

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С  
ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация  
Интеллектуальной Собственности  
Международное бюро



(10) Номер международной публикации  
**WO 2010/073107 A1**

(43) Дата международной публикации  
01 июля 2010 (01.07.2010)

РСТ

- (51) Международная патентная классификация:  
*H04N 15/00* (2006.01) *G06T 17/00* (2006.01)
- (21) Номер международной заявки: РСТ/IB2009/007865
- (22) Дата международной подачи:  
22 декабря 2009 (22.12.2009)
- (25) Язык подачи: Русский
- (26) Язык публикации: Русский
- (30) Данные о приоритете:  
2008151367 25 декабря 2008 (25.12.2008) RU
- (71) Заявитель (для всех указанных государств, кроме US): STUNNY 3D, LLC (STUNNY 3D, LLC) [RU/RU]; 4-й километр Ильинской дороги, д. 8, кв. 409, Архангельское, Красногорский р-он, Московская обл., 143420, Arkhangelskoe (RU).
- (72) Изобретатель; и
- (75) Изобретатель/Заявитель (только для US): ЕЖОВ Василий Александрович (EZHOV, Vasily Alexandrovich) [RU/RU]; ул. Перекорская, 30-80, Москва, 117461, Moscow (RU).
- (81) Указанные государства (если не указано иначе, для каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

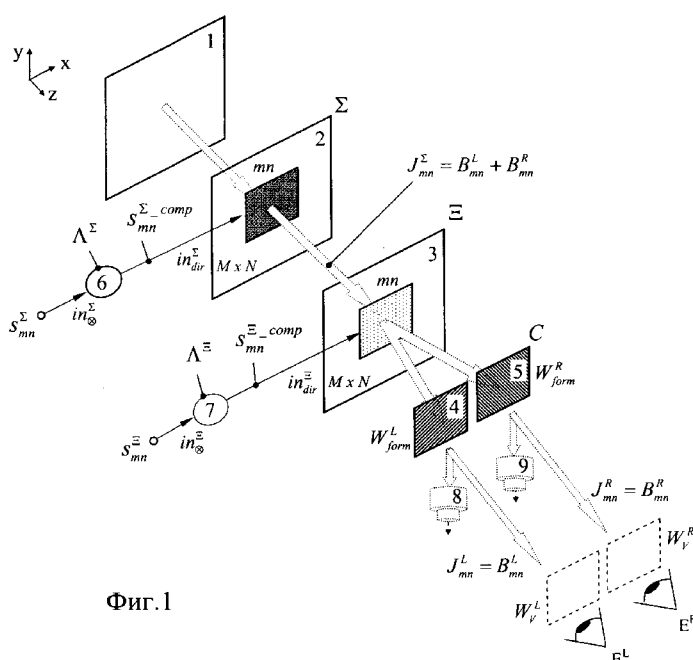
- (84) Указанные государства (если не указано иначе, для каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), европейский патент (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована:

- с отчётом о международном поиске (статья 21.3)
- до истечения срока для изменения формулы изобретения и с повторной публикацией в случае получения изменений (правило 48.2(h))

(54) Title: METHOD FOR FORMING AND OBSERVING STEREO IMAGES HAVING MAXIMUM SPATIAL RESOLUTION AND A DEVICE FOR CARRYING OUT SAID METHOD

(54) Название изобретения : СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЙ С МАКСИМАЛЬНЫМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ



Фиг.1

(57) Abstract: The invention relates to stereoscopic displays and can be used for producing flat screen stereoscopic monitors and television sets with the option of observing a stereo image both with glasses and without glasses and with maximum spatial resolution equal to the full resolution of display matrices, and retaining the option of observing monoscopic images with full resolution. The required separation of two angles of approach to the stereo image in a pair of observation windows (zones) is ensured with the aid of virtually any type of display matrix, the transmission characteristics of which are linearized in order to relate the two angles of approach with the aid of reverse or inverse functions which are deduced in accordance with a calibrating curve which is defined as the relationship between two corresponding light intensity dependences in a pair of observation windows (zones) and the amplitude of an input calibrating signal.

(57) Реферат:

[продолжение на следующей странице]



---

Изобретение относится к стереоскопическим дисплеям, и может быть использовано для создания плоскпанельных стереоскопических мониторов и телевизоров с возможностью наблюдения стереоизображения как в очках, так и без них с максимальным пространственным разрешением, равным полному разрешению дисплейных матриц, и с сохранением возможности наблюдать моноскопические изображения с полным разрешением. Требуемая сепарация двух ракурсов стерео изображения в паре окон (зон) наблюдения обеспечивается с помощью дисплейной матрицы практически любого типа, передаточная характеристика которой линейризуется для отношения двух ракурсов с помощью обратных либо инверсных функций, выведенных по калибровочной кривой, определенной как отношение двух соответствующих зависимостей интенсивности света в паре окон (зон) наблюдения от амплитуды входного калибровочного сигнала.

**СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ И НАБЛЮДЕНИЯ  
СТЕРЕОИЗОБРАЖЕНИЙ С МАКСИМАЛЬНЫМ ПРОСТРАНСТВЕННЫМ  
РАЗРЕШЕНИЕМ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ  
(ВАРИАНТЫ)**

Изобретение относится к технике формирования и наблюдения трехмерных изображений, точнее, к стереоскопической видеотехнике, и может быть использовано для создания стереоскопических и автостереоскопических (безочковых) телевизоров и мониторов на основе различных оптических структур с реализацией максимального пространственного разрешения в каждом ракурсе стереоизображения, равного полному пространственному разрешению оптических структур, в том числе для создания плоских автостереоскопических дисплеев на жидкокристаллических (ЖК) матрицах практически любого типа при автокомпенсации нелинейности передаточных характеристик матриц.

Известен способ [1] формирования и наблюдения стереоизображений с максимальным пространственным разрешением с использованием пассивных поляризационных стереоочков, заключающийся в том, что с помощью оптического источника генерируют световую волну, с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам вещественно-амплитудного первого оптического модулятора модулируют величину интенсивности световой волны в  $mn$ -м элементе вещественно-амплитудного первого оптического модулятора в соответствии с суммой величин  $B_{mn}^L$  и  $B_{mn}^R$  яркости  $mn$ -х элементов изображений левого и правого ракурсов, где  $m = 1, 2, \dots, M$ ,  $n = 1, 2, \dots, N$ , а  $M \cdot N$  – полное число элементов в изображении каждого из ра-

курсов, с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам фазово-поляризационного второго оптического модулятора в  $mn$ -м элементе поперечного сечения светового потока осуществляют поляризационную кодирующую модуляцию в соответствии с тригонометрическими функциями вида  $\arctg$ ,  $\arccotg$ ,  $\arcsin$ ,  $\arccos$  от алгебраических соотношений между величинами  $B_L^{mn}$  и  $B_R^{mn}$  яркости  $mn$ -ых элементов изображений соответственно левого и правого ракурсов, с помощью первого и второго оптических анализаторов поляризации со взаимно комплементарными поляризационными характеристиками осуществляют поляризационное декодирование, формируя первый и второй световые потоки с величинами интенсивности  $J_{mn}^L$  и  $J_{mn}^R$ , равными величинам  $B_{mn}^L$  и  $B_{mn}^R$  яркости  $mn$ -х элементов изображений левого и правого ракурсов соответственно в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах формирования, и наблюдают левый и правый ракурсы стереоизображения в левом  $W_V^L$  и правом  $W_V^R$  окнах наблюдения (окнах пассивных стереочков), которые оптически связаны соответственно с левым  $W_{form}^L$  и правым  $W_{form}^R$  окнами формирования.

Основное достоинство известного способа [1] – максимальная информативность стереотображения, поскольку любым  $mn$ -м элементом матричного экрана ( $mn$ -ми элементами первого и второго оптических модуляторов) воспроизводятся одновременно два элемента изображения –  $mn$ -й элемент изображения левого ракурса и  $mn$ -й элемент изображения правого ракурса (фактически на экране с  $M \cdot N$  разрешимыми элементами одновременно воспроизводятся два изображения, каждое с числом  $M \cdot N$  разрешимых элементов), что позволяет реализовать стереоизображение с максимальным пространственным разрешением, равным полному разрешению матричного экрана дисплея.

Недостатком известного технического решения является необходимость для наблюдателя использовать специальное средство просмотра стереоизоб-

ражений – пассивные стереоочки, что снижает удобство (комфорт) просмотра, особенно при длительном (многочасовом) наблюдении.

Известен способ [2] автостереоскопического (безочкового) формирования и наблюдения стереоизображений с максимальным пространственным разрешением, заключающийся в том, что с помощью оптического источника формируют световую волну, с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строками и  $N$  столбцам вещественно-амплитудного первого оптического модулятора модулируют величину интенсивности световой волны в  $mn$ -м элементе первого оптического модулятора прямо пропорционально сумме величин  $B_L^{mn}$  и  $B_R^{mn}$  яркости  $mn$ -х элементов изображений левого и правого ракурсов, с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строками и  $N$  столбцам фазово-поляризационного второго оптического модулятора осуществляют поляризационное кодирование световой волны в  $mn$ -м элементе фазово-поляризационного второго оптического модулятора в соответствии с тригонометрическими функциями от алгебраических соотношений между величинами  $B_L^{mn}$  и  $B_R^{mn}$ , создавая взаимно комплементарные начальные поляризационные состояния между смежными  $2i$  и  $(2i-1)$  столбцами фазово-поляризационного второго оптического модулятора, где  $i = 1, 2, \dots, N$ , с помощью адресуемого по  $N$  столбцам пространственно-селективного оптического декодера осуществляют поляризационное декодирование, сдвигая фазу или изменяя состояние поляризации световой волны на соответствующие взаимно комплементарные величины между его смежными  $2k$  и  $(2k-1)$  столбцами, где  $k = 0, 1, 2, \dots, N$ , при этом при этом в левую  $Z_{form}^L$  зону формирования направляют  $N$  световых пучков, первые  $N/2$  из которых проходят через  $N/2$  нечетных  $(2i-1)$ -х столбцов фазово-поляризационного второго оптического модулятора и через  $N/2$  четных  $2k$ -х столбцов пространственно-селективного поляризационного декодера, а остальные  $N/2$  световых пучков проходят через  $N/2$  четных  $2i$ -х столбцов фазово-поляризационного второго оптического модулятора и через  $N/2$  нечетных

$(2k - 1)$ -х столбцов пространственно-селективного поляризационного декодера, а в правую зону  $Z_{form}^R$  формирования направляют  $N$  световых пучков, первые  $N / 2$  из которых проходят через  $N / 2$  нечетных  $(2i - 1)$ -х столбцов фазово-поляризационного второго оптического модулятора и через  $N / 2$  нечетных  $(2k - 1)$ -х столбцов пространственно-селективного поляризационного декодера, а остальные  $N / 2$  световых пучков проходят через  $N / 2$  четных  $2i$ -х столбцов фазово-поляризационного второго оптического модулятора и через  $N / 2$  четных  $2k$ -х столбцов пространственно-селективного поляризационного декодера, и наблюдают левый и правый ракурсы стереоизображения соответственно в левой  $Z_V^L$  и правой  $Z_V^R$  зонах наблюдения, оптически связанных соответственно с левой  $Z_{form}^L$  и правой  $Z_{form}^R$  зонами формирования.

Известно устройство [2] для осуществления известного способа автостереоскопического (безочкового) формирования и наблюдения стереоизображений с максимальным пространственным разрешением, содержащее источник информационного сигнала, оптически связанные между собой источник светового потока и электрически адресуемый оптический блок, содержащий последовательно расположенные на одной оптической оси секцию оптического сумматора, секцию оптического шифратора и секцию пространственно-селективного оптического декодера, а также первый и второй функциональные блоки, выходы которых подключены к управляющим входам секций оптического сумматора и оптического шифратора соответственно, а входы — к соответствующим выходам источника стереовидеосигнала, при этом апертура  $m$ -го элемента секции оптического сумматора оптически связана с апертурой  $m$ -го элемента секции оптического шифратора, в смежных  $(2i - 1)$ -й и  $2i$ -й столбцах секции оптического шифратора и в смежных  $(2k - 1)$ -м и  $2k$ -м столбцах пространственно-селективного оптического декодера начальные оптические состояния рабочего вещества являются взаимно комплементарными между смежными столбцами, ось симметрии зоны форми-

рования одного из ракурсов является общей линией пересечения  $N$  плоскостей, из которых первые  $N/2$  плоскостей проходят через оси симметрии нечетных  $(2k-1)$ -х столбцов секции оптического шифратора и оси симметрии четных  $2i$ -х столбцов секции пространственно-селективного оптического декодера, а остальные  $N/2$  плоскостей проходят через оси симметрии четных  $2k$ -х столбцов секции оптического шифратора и оси симметрии нечетных  $(2i-1)$ -х столбцов секции пространственно-селективного оптического декодера, а ось симметрии зоны формирования другого из ракурсов является общей линией пересечения  $N$  плоскостей, из которых первые  $N/2$  плоскостей проходят через оси симметрии четных  $2k$ -х столбцов секции оптического шифратора и оси симметрии четных  $2i$ -х столбцов секции пространственно-селективного оптического декодера, а остальные  $N/2$  плоскостей проходят через оси симметрии нечетных  $(2k-1)$ -х столбцов секции оптического шифратора и оси симметрии нечетных  $(2i-1)$ -х столбцов секции пространственно-селективного оптического декодера, где  $n, i, k = 1, 2, \dots, N$ ,  $m = 1, 2, \dots, M$ .

Известные способ и устройство [2] обеспечивают просмотр стереоизображения без помощи стереочков при реализации максимально полного разрешения  $M \cdot N$  экрана для каждого из двух одновременно отображаемых ракурсов.

Однако осуществление известных технических решений [1, 2] возможно только в тех случаях, когда известна аналитическая зависимость состояния поляризации света от степени электрически управляемой оптической анизотропии рабочего вещества, конкретно, от величины электрически управляемого двулучепреломления (ЭУДП) в одном случае или от способности вращать плоскость поляризации - степени электрически управляемой оптической активности (ЭУОА) - в другом случае, либо в при такой комбинации эффектов ЭУДП и ЭУОА, когда возможно отдельно учесть и аналитически описать действие каждого из этих эффектов на состояние поляризации света.

Первый случай имеет место, например, при использовании в качестве рабочего вещества фазово-поляризационного оптического модулятора ориентированного слоя нематического ЖК с положительной или отрицательной диэлектрической анизотропией  $\Delta\epsilon$  при простой конфигурации прозрачных электродов, подводящих управляющее напряжение к краевым границам ЖК слоя, что ведет к появлению силовых линий напряженности управляющего электрического поля только в направлении, ортогональном к краевым плоскостям ЖК слоя, и проявлению только эффекта ЭУДП в отсутствие закрутки ЖК молекул. В этом случае есть возможность аналитически определить зависимость состояния поляризации света от величины электрически управляемой фазовой задержки  $\delta$  между обыкновенным и необыкновенным лучами в ЖК слое. Второй случай реализуется при использовании ЖК твист-структуры с  $90^\circ$ -ной закруткой ЖК молекул при аналогичной простой конфигурации силовых линий управляющего электрического поля; тогда есть возможность аналитически определить состояние поляризации выходного света через электрически изменяемую величину угла  $\phi$  поворота плоскости поляризации в ЖК слое.

Однако затруднения в аналитических вычислениях алгоритма поляризационного кодирования возникают уже при простых комбинациях ЭУДП и ЭУОА, поскольку необходимо учитывать характер взаимодействия этих эффектов между собой, в частности, неинвариантность эффекта ЭУОА относительно состояний поляризации света, меняющихся вследствие действия ЭУДП. В то же время современная тенденция развития плоскпанельной дисплейной техники состоит в достижении высокого разрешения, контраста (динамического диапазона), быстродействия и больших углов обзора отображения за счет преимущественного использования ЖК матриц (слоев) с усложненной начальной и рабочей ориентацией ЖК молекул, с трехмерной структурой силовых линий управляющего электрического поля, что ведет к крайне сложным комбинациям различных электрооптических эффектов. Например, комбинируются различные виды эффекта ЭУОА (закрутка ЖК



молекул в спиралеподобные структуры с существенно разным значением угла поворота для отдельных молекул) с различными проявлениями эффекта ЭУДП (дополнительная переориентация определенных групп ЖК молекул, как единого целого, на определенные углы). Разработано множество разновидностей подобных ЖК структур, для которых крайне сложно аналитически рассчитать зависимость состояния поляризации выходного света от приложенного управляющего напряжения, и, следовательно, проблематично аналитически задать (вычислить) алгоритм поляризационного кодирования либо аналитически определить передаточную характеристику поляризационного оптического шифратора для осуществления известных технических решений [1, 2].

Другим недостатком известных технических решений является сложность учета паразитных нелинейностей передаточных характеристик оптических структур (снижающих качество стереоизображения) при расчете алгоритма поляризационного кодирования (передаточной функции фазово-поляризационного оптического модулятора). Поскольку такие алгоритм и передаточной функция принципиально являются нелинейными функциональными зависимостями, то весьма затруднительно аналитически на фоне такой функциональной нелинейности выявить паразитную нелинейность, и тем более трудно выделить ряд паразитных нелинейностей. Это особенно проблематично для случая ЖК структур, работающих на основе комбинации электрооптических эффектов, поскольку для разных электрооптических эффектов может по-разному интерпретироваться нелинейность одного и того же происхождения. В частности, искажение однородности ориентации ЖК молекул вследствие искажения («выпучивания») силовых линий электрического поля на границах прозрачных электродов может трактоваться как функциональная или, наоборот, как паразитная нелинейность в зависимости от того, какое направление силовых линий является рабочим для данного электрооптического эффекта. Например, в случае ЖК твист-структур, когда рабочим направлением является направление силовых линий электрического

поля между электродами на противоположных краевых границах ЖК слоя (в направлении поперек ЖК слоя), «выпучивание» силовых линий, приводящее к появлению продольных (вдоль границ ЖК слоя) составляющих силовых линий, является паразитным эффектом. Однако, например, при формировании ЖК-структур по методу IPS (in-plane switching - переключение в плоскости) рабочим направлением силовых линий является преимущественно направление между соседними электродами на одной и той же краевой границе ЖК слоя ( в направлении вдоль границ ЖК слоя), и здесь эффект «выпучивания» силовых линий на краях электродов является основным положительным вкладом в механизм работы электрооптического эффекта.

Поэтому класс реально используемых эффектов оптической модуляции для поляризационного кодирования в известных технических решений ограничен фактически только двумя электрооптическими эффектами (ЭУОА и ЭУДП) при условии их отдельного функционирования, когда есть возможность построения математических моделей посредством решения известного уравнения эллиптической поляризации света, при этом не учитываются паразитные нелинейности в передаточных характеристиках структур.

Кроме того, поляризационное кодирование является частным случаем оптического кодирования общего вида, которое в принципе можно осуществлять на любом оптическом эффекте, с помощью которого можно создать два взаимно комплементарных (дополняющих друг друга или взаимно противоположные друг другу) состояния оптического кодирования. Однако аналитический расчет общего случая оптического кодирования проблематичен, поскольку надо создавать математическую модель каждого конкретного эффекта оптической модуляции или комбинации таких эффектов с учетом нелинейностей характеристик, что требует большого объема дополнительных исследований.

Наряду с этим, осуществление оптической модуляции для ввода суммы величин  $B_L^{''''} + B_R^{'''}$  только на эффекте поглощения светового потока за счет его вещественно-амплитудной модуляции с помощью ЖК слоя, расположенного

между поляризатором и анализатором, ограничивает сверху величину оптической эффективности модуляции значением менее 50%, поскольку таковой величиной является максимальная собственная оптическая эффективность линейного поляризатора по отношению к неполяризованному свету оптического источника. Но только прямая вещественно-амплитудная модуляция световой волны, связанная с прямым поглощением ее энергии в точке модуляции, поддается достаточно простым расчетам, а использование косвенной модуляции световой волны (ведущей к искомым вариациям ее интенсивности после прохождения ряда оптических компонентов), крайне сложна для использования в известных технических решениях ввиду как сложности аналитического расчета совместного действия оптических компонентов, так и вследствие появления сопутствующей (помимо вещественно-амплитудной) модуляции светового потока при отказе от использования выходного поляризатора, действие которой (с целью ее компенсации) на результирующие вариации интенсивности в окнах наблюдения очень сложно учесть аналитически, что не позволяет использовать ряд оптических структур с высокой оптической эффективностью в известных технических решениях.

Задачей изобретения в способе и устройстве является улучшение качества стереоизображения за счет его реализации на различных оптимизированных оптических структурах с автокомпенсацией паразитных нелинейных составляющих передаточных характеристик оптических структур независимо от степени их сложности.

Поставленная задача решается тем, что в первом варианте способа, в котором с помощью оптического источника генерируют световую волну, с помощью матрично-адресуемого первого оптического модулятора осуществляют суммирующую модуляцию световой волны в  $mn$ -м элементе первого оптического модулятора в соответствии с суммой величин  $B_{mn}^L$  и  $B_{mn}^R$  яркости  $mn$ -х элементов изображений левого и правого ракурсов, с помощью матрично-адресуемого второго оптического модулятора осуществляют кодирующую модуляцию световой волны в соответствии с нелинейными

функциями от алгебраических соотношений между величинами  $B_{mn}^L$  и  $B_{mn}^R$  яркости  $mn$ -х элементов изображений левого и правого ракурсов, с помощью первого и второго оптических анализаторов со взаимно комплементарными параметрами оптического декодирования кодирующей модуляции формируют первый и второй световые потоки с величинами интенсивности  $J_{mn}^L$  и  $J_{mn}^R$ , равными величинам  $B_{mn}^L$  и  $B_{mn}^R$  яркости  $mn$ -х элементов изображений левого и правого ракурсов в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах формирования, оптически связанных с левым  $W_v^L$  и правым  $W_v^R$  окнами наблюдения, в которых наблюдают левый и правый ракурсы стереоизображения, согласно изобретению с помощью матрично-адресуемого оптического модулятора однородного действия осуществляют прямую суммирующую модуляцию за счет модуляции величины интенсивности световой волны либо косвенную суммирующую модуляцию за счет модуляции остальных физических характеристик световой волны - направления распространения либо величины угла сходимости-расходимости либо спектральных характеристик либо состояния поляризации либо величины фазы либо за счет модуляции комбинации остальных характеристик световой волны в  $mn$ -ом элементе оптического модулятора однородного действия, подавая на его управляющий вход компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Sigma-comp}$  суммирования с амплитудой, прямо пропорциональной значениям функции  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации суммирующей модуляции, с помощью матрично-адресуемого оптического модулятора разностного действия осуществляют прямую делительную модуляцию за счет модуляции интенсивности световой волны либо косвенную делительную модуляцию за счет модуляции остальных физических характеристик световой волны в  $mn$ -ом элементе оптического модулятора разностного действия, подавая на его управляющий вход компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Xi-comp}$  деления с амплитудой, прямо пропорциональной значениям функции линеаризации  $\Lambda^{\Xi}$  делительной модуляции, и формируют модулированные по интенсивно-

сти световые потоки в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах формирования с помощью соответственно первого и второго оптических конвертеров с взаимно-комплементарными параметрами конверсии делительной модуляции, с одинаковыми параметрами конверсии косвенной суммирующей модуляции и с одинаковыми параметрами оптического пропускания как прямой делительной составляющей, так и прямой суммирующей составляющей интенсивности светового потока, при этом функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линейаризации суммирующей модуляции и функцию  $\Lambda^{\Xi}$  линейаризации делительной модуляции определяют по результатам проведения соответствующих калибровочных процедур с регистрацией величин интенсивности светового потока в окнах  $W_{form}^L$ ,  $W_{form}^R$  формирования.

Поставленная задача решается также тем, что во втором варианте способа, в котором с помощью оптического источника генерируют световую волну, с помощью матрично-адресуемого первого оптического модулятора осуществляют суммирующую модуляцию световой волны в  $mn$ -м элементе первого оптического модулятора в соответствии с суммой величин  $B_{mn}^L$  и  $B_{mn}^R$  яркости  $mn$ -х элементов изображений левого и правого ракурсов, с помощью матрично-адресуемого второго оптического модулятора осуществляют кодирующую модуляцию световой волны в  $mn$ -м элементе второго оптического модулятора в соответствии с нелинейными функциями от алгебраических соотношений между величинами  $B_{mn}^L$  и  $B_{mn}^R$  яркости  $mn$ -х элементов изображений левого и правого ракурсов, задавая взаимно комплементарные значения начальных оптических параметров модуляции в смежных  $2i$  и  $(2i - 1)$  столбцах второго оптического модулятора, с помощью адресуемого по  $N$  столбцам пространственно-периодического оптического анализатора, задавая взаимно-комплементарные параметры оптического анализа для его смежных  $2k$  и  $(2k - 1)$  столбцов, формируют первую и вторую группы световых пучков с величинами интенсивности  $J_{mn}^L$  и  $J_{mn}^R$ , равными величинам

$B_{mn}^L$  и  $B_{mn}^R$  яркости  $mn$ -х элементов изображений левого и правого ракурсов соответственно в левой  $Z_{form}^L$  и правой  $Z_{form}^R$  зонах формирования, при этом в одну из зон формирования направляют одну группу  $N$  световых пучков, первые  $N/2$  из которых проходят через  $N/2$  четных  $2i$ -х столбцов второго оптического модулятора и  $N/2$  четных  $2k$ -х столбцов пространственно-периодического оптического анализатора, а остальные  $N/2$  плоскостей проходят через  $N/2$  нечетных  $(2i-1)$ -х столбцов второго оптического модулятора и  $N/2$  нечетных  $(2k-1)$ -х столбцов пространственно-периодического оптического анализатора, а в другую из зон формирования направляют другую группу  $N$  световых пучков, первые  $N/2$  из которых проходят через  $N/2$  нечетных  $(2i-1)$ -х столбцов второго оптического модулятора и  $N/2$  четных  $2k$ -х столбцов пространственно-периодического оптического анализатора, а остальные  $N/2$  плоскостей проходят через  $N/2$  четных  $2i$ -х столбцов второго оптического модулятора и  $N/2$  нечетных  $(2k-1)$ -х столбцов пространственно-периодического оптического анализатора, и наблюдают левый и правый ракурсы стереоизображения соответственно в левой  $Z_V^L$  и правой  $Z_V^R$  зонах наблюдения, оптически связанных соответственно с левой  $Z_{form}^L$  и правой  $Z_{form}^R$  зонами формирования, согласно изобретению с помощью матрично-адресуемого оптического модулятора однородного действия осуществляют прямую суммирующую модуляцию за счет модуляции величины интенсивности световой волны либо косвенную суммирующую модуляцию за счет модуляции остальных физических характеристик световой волны, подавая на его управляющий вход компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Sigma-comp}$  суммирования с амплитудой, прямо пропорциональной значениям функции  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации суммирующей модуляции, с помощью матрично-адресуемого оптического модулятора разностного действия осуществляют прямую делительную модуляцию за счет модуляции интенсивности световой волны либо косвенную делительную модуляцию за счет

модуляции остальных физических характеристик световой волны, задавая при этом взаимно комплементарные значения характеристик делительной модуляции в смежных  $2i$  и  $(2i - 1)$  столбцах оптического модулятора разностного действия, и подавая на его управляющий вход компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Xi-comp}$  деления, амплитуда которого прямо пропорциональна значениям функции  $\Lambda^{\Xi}$  линеаризации делительной модуляции, формируют первую и вторую группы модулированных по интенсивности световых пучков с помощью адресуемого по  $N$  столбцам пространственно-периодического оптического конвертера, характеризующегося взаимно-комплементарными параметрами конверсии делительной модуляции для его смежных  $2k$  и  $(2k - 1)$  столбцов, одинаковыми параметрами конверсии косвенной суммирующей модуляции, одинаковыми параметрами оптического пропускания как прямой делительной составляющей, так и прямой суммирующей составляющей интенсивности светового потока для всех его  $N$  столбцов, при этом функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации суммирующей модуляции и функцию  $\Lambda^{\Xi}$  линеаризации делительной модуляции определяют по результатам калибровочных процедур с регистрацией величин интенсивности светового потока в окнах  $W_{form}^L$ ,  $W_{form}^R$  формирования.

Поставленная задача решается также за счет того, что в устройстве, содержащем источник стереовидеосигнала, оптический источник и оптически связанные между собой оптический источник и электрически управляемый оптический блок, включающий в себя расположенные последовательно на одной оптической оси адресуемую по  $M$  строкам и  $N$  столбцам секцию оптического сумматора, адресуемую по  $M$  строкам и  $N$  столбцам секцию оптического шифратора и адресуемую по  $N$  столбцам секцию пространственно-селективного оптического декодера, а также первый и второй функциональные блоки, выходы которых подключены к управляющим входам секции оптического сумматора и секции оптического шифратора соответствен-

но, а входы — к выходам источника стереовидеосигнала, при этом апертура  $m$ -го элемента секции оптического сумматора оптически связана с апертурой  $m$ -го элемента секции оптического шифратора, при этом в смежных  $(2i-1)$ -х и  $2i$ -х столбцах секции оптического шифратора и смежных  $(2k-1)$ -х и  $2k$ -х столбцах пространственно-селективного оптического декодера начальные оптические состояния рабочего вещества являются взаимно комплементарными, ось симметрии одной из зон  $Z_{form}^L$ ,  $Z_{form}^R$  формирования является общей линией пересечения одной группы  $N$  плоскостей, из которых первые  $N/2$  плоскостей проходят через оси симметрии нечетных  $(2k-1)$ -х столбцов секции оптического шифратора и оси симметрии четных  $2i$ -х столбцов секции пространственно-селективного оптического декодера, а остальные  $N/2$  плоскостей проходят через оси симметрии четных  $2k$ -х столбцов секции оптического шифратора и оси симметрии нечетных  $(2i-1)$ -х столбцов секции пространственно-селективного оптического декодера, а ось симметрии другой из зон  $Z_{form}^L$ ,  $Z_{form}^R$  формирования является общей линией пересечения другой группы  $N$  плоскостей, из которых первые  $N/2$  плоскостей проходят через оси симметрии четных  $2k$ -х столбцов секции оптического шифратора и оси симметрии нечетных  $(2i-1)$ -х столбцов секции пространственно-селективного оптического декодера, а остальные  $N/2$  плоскостей проходят через оси симметрии нечетных  $(2k-1)$ -х столбцов оптического шифратора и оси симметрии четных  $2i$ -х столбцов пространственно-селективного оптического декодера, согласно изобретению электрически управляемый матрично-адресуемый оптический блок выполнен с возможностью взаимной перестановки вдоль оптической оси секций оптического сумматора, оптического шифратора и пространственно-селективного оптического декодера или/и их компонентов, которые выполнены соответственно в виде оптического суммирующего модулятора, оптического делительного модулятора и оптического селектора, каждый из которых содержит по крайней мере один слой рабочего вещества с двумя взаим-



но комплементарными произвольными оптическими состояниями и произвольной характеристикой перехода между ними, первый функциональный блок выполнен с передаточной функцией  $T^{\Sigma}$ , являющейся обратной функцией к передаточной функции  $\Phi^{ch-1}$  первого оптоэлектронного канала, входом которого является управляющий вход суммирующего оптического модулятора, а оптическим выходом первого оптоэлектронного канала является любая из зон  $Z_{form}^L$ ,  $Z_{form}^R$  формирования, второй электронный функциональный блок выполнен с передаточной функцией  $T^{\Xi}$ , являющейся обратной функцией к передаточной функции  $\Phi^{ch-2}$  второго оптоэлектронного канала, входом которого является управляющий вход делительного оптического модулятора, а оптическим выходом второго оптоэлектронного канала являются апертуры обеих зон  $Z_{form}^L$ ,  $Z_{form}^R$  формирования, при этом значения передаточных функций первого и второго оптоэлектронных каналов соответствуют величинам оптической интенсивности.

В способе и устройстве с использованием любого из эффектов модуляции светового потока осуществляют суммирующую и делительную модуляцию светового потока, характеристики которых линеаризуют по результатам проведения калибровочных процедур, регистрируя интенсивность света в окнах (зонах) формирования при подаче калибровочных сигналов на управляющие входы суммирующего и делительного оптических модуляторов, в результате чего совместно обеспечиваются линейное воспроизведение как суммы величин  $B_L^{mn} + B_R^{mn}$  яркости  $mn$ -х элементов изображений левого и правого ракурсов одинаковым образом в обоих окнах формирования, так и отношения величин  $B_L^{mn} / B_R^{mn}$  между двумя окнами формирования в величинах оптической интенсивности  $J_{mn}^L$  и  $J_{mn}^R$  соответственно, из чего следует реализация искомой сепарации ракурсов (формирование) стереоизображения:  $J_{mn}^L = B_L^{mn}$  и  $J_{mn}^R = B_R^{mn}$ .

Техническим результатом решения поставленной задачи в способе и устройстве является улучшение качества стереоизображения за счет его реализации на различных оптимизированных оптических структурах с автокомпенсацией паразитных нелинейных составляющих передаточных характеристик оптических структур независимо от степени их сложности.

В первом, втором и четвертом частных вариантах реализации способа, а также в первом частном варианте выполнения устройства используется вещественно-амплитудная суммирующая модуляция. Во втором, четвертом, пятом и шестом частных вариантах реализации способа используется фазово-поляризационная делительная модуляция, в том числе в комбинации с вещественно-амплитудной модуляцией. Во втором и третьем частных вариантах реализации способа используются соответственно спектральная и дифракционная (угловая) делительная модуляция. В четвертом частном варианте реализации способа используется бистабильная делительная модуляция.

Дополнительным техническим результатом решения поставленной задачи в пятом, шестом частных вариантах реализации способа и в первом частном варианте выполнения устройства является увеличение оптической эффективности оптоэлектронных каналов формирования изображения.

Изобретение поясняется описанием вариантов его осуществления с иллюстрацией следующими чертежами.

Фиг. 1 – структурная схема осуществления первого варианта способа.

Фиг. 2 – схема калибровки (измерения функции нелинейности) и определения (вычисления) функции линеаризации для первого варианта способа.

Фиг. 3, 4 – иллюстрация осуществления способа как совместного действия двух оптоэлектронных каналов, линеаризованных по интенсивности светового потока.

Фиг. 5, 6 – схема реализации первого варианта способа.

Фиг. 7 – схема реализации второго варианта способа..

Фиг. 8, 9 – схема реализации первого частного варианта реализации первого варианта способа.

Фиг. 10, 11 – иллюстрация процедуры линеаризации суммирующей модуляции методом взятия обратной функции.

Фиг. 12 – иллюстрация процедуры линеаризации суммирующей модуляции методом обратных величин.

Фиг. 13, 14 – иллюстрация процедуры линеаризации делительной модуляции методом взятия обратной функции.

Фиг. 15 – иллюстрация процедуры линеаризации делительной модуляции методом вычисления обратных величин.

Фиг. 16, 17 – схема осуществления первого частного варианта реализации второго варианта способа.

Фиг. 18, 19 – схема осуществления калибровки и иллюстрация селекции ракурсов для первого частного варианта реализации второго варианта способа.

Фиг. 20 – иллюстрация возникновения вторичных зон формирования.

Фиг. 21-23 – схема осуществления, калибровки и графики линеаризации модуляции для второго частного варианта реализации первого варианта способа.

Фиг. 24-27 – схема осуществления, калибровки и графики линеаризации для третьего частного варианта реализации первого варианта.

Фиг. 28-31 – схема осуществления, калибровки и графики линеаризации для четвертого частного варианта реализации первого варианта способа.

Фиг. 32, 33 – схема осуществления пятого частного варианта реализации первого варианта способа.

Фиг. 34 – матричное представление двумерной функции линеаризации делительной модуляции в пятом частном варианте реализации способа.

Фиг. 35 – иллюстрация возникновения асимметрии в графиках суммирующей модуляции при наличии нелинейной зависимости между суммирующей и делительной модуляцией.

Фиг. 36, 37 – схема осуществления шестого частного варианта реализации первого варианта способа.

Фиг. 38 – матричное представление двумерных функций линеаризации в шестом частном варианте реализации первого варианта способа.

Фиг. 39, 40 – схема реализации устройства для осуществления способа.

Фиг. 41-43 – оптические состояния суммирующего и делительного оптических модуляторов, а также оптического селектора в устройстве.

Фиг. 44, 45 – схема и пояснение работы первого частного варианта выполнения устройства.

Фиг. 46-49 – иллюстрация принципа работы фазово-поляризационных ЖК ячеек, которые предпочтительно использовать для осуществления делительной модуляции.

Фиг. 50 – иллюстрация с помощью сферы Пуанкаре общности описания свойств анизотропных оптических элементов.

Фиг. 51, 52 – иллюстрация принципа работы бесполяроидных ЖК ячеек, которые возможно использовать для осуществления суммирующей модуляции.

Способ (первый вариант) формирования и наблюдения стереоскопических изображений с максимальным пространственным разрешением заключается в том, что с помощью оптического источника 1 (фиг.1) генерируют световую волну, с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам оптического модулятора 2 однородного действия, вызывающего однородную модуляцию интенсивности световой волны в виде одинаковых по величине и по знаку изменений интенсивности световой волны в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах формирования, осуществляют прямую суммирующую модуляцию  $\Sigma$  за счет модуляции величины интенсивности световой волны либо косвенную суммирующую модуляцию  $\Sigma$  за счет модуляции остальных физических характеристик световой волны - направления распространения либо величины угла сходимости-расходимости либо спек-

тральных характеристик либо состояния поляризации либо величины фазы либо за счет модуляции комбинации остальных характеристик световой волны в  $mn$ -ом элементе оптического модулятора 2 однородного действия ( $m = 1, 2, \dots M; n = 1, 2, \dots N$ ), подавая на его управляющий вход  $in_{dir}^{\Sigma}$  компенсирующий сигнал суммирования  $s_{mn}^{\Sigma-comp}$ , с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам оптического модулятора 3 разностного действия, вызывающего разностную модуляцию интенсивности световой волны в виде одинаковых по величине, но разных по знаку изменений интенсивности световой волны в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах формирования, осуществляют прямую делительную модуляцию  $\Xi$  за счет модуляции интенсивности световой волны либо косвенную делительную модуляцию  $\Xi$  за счет модуляции остальных физических характеристик световой волны - направления распространения либо величины угла сходимости-расходимости либо спектральных характеристик либо состояния поляризации либо величины фазы либо за счет модуляции комбинации остальных характеристик световой волны в  $mn$ -ом элементе делительного оптического модулятора 3, подавая на его управляющий вход  $in_{dir}^{\Xi}$  компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Xi-comp}$  деления, формируют модулированные по интенсивности световые потоки в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах формирования с помощью соответственно первого 4 и второго 5 оптических конвертеров с взаимно-комплементарными параметрами конверсии делительной модуляции, с одинаковыми параметрами конверсии косвенной суммирующей модуляции и с одинаковыми параметрами оптического пропускания как прямой делительной составляющей, так и прямой суммирующей составляющей интенсивности светового потока, и наблюдают левый и правый ракурсы стереоизображения соответственно в левом  $W_v^L$  и правом  $W_v^R$  окнах наблюдения, оптически связанных соответственно с левым  $W_{form}^L$  и правым  $W_{form}^R$  окнами формирования.

Компенсирующий сигнал суммирования  $s_{mn}^{\Sigma-comp}$  в его первом частном варианте  $s_{(1)mn}^{\Sigma-comp}$  имеет амплитуду, прямо пропорциональную величине функции линеаризации  $\Lambda^{\Sigma}$  суммирующей модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте, взятой от произведения суммы  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркостей  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов,

$$s_{(1)mn}^{\Sigma-comp} \approx \Lambda_{(1)}^{\Sigma} \{B_{mn}^L + B_{mn}^R\}, \quad (1)$$

а во втором  $s_{(2)mn}^{\Sigma-comp}$  частном варианте сигнал имеет амплитуду, прямо пропорциональную произведению суммы  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркостей  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов на функцию линеаризации  $\Lambda^{\Sigma}$  суммирующей модуляции в ее втором частном варианте  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma}$

$$s_{(2)mn}^{\Sigma-comp} \approx (B_{mn}^L + B_{mn}^R) \cdot \Lambda_{(2)}^{\Sigma}, \quad (2)$$

Компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Xi-comp}$  деления в его первом частном варианте  $s_{(1)mn}^{\Xi-comp}$  имеет амплитуду, прямо пропорциональную значениям функции  $\Lambda^{\Xi}$  линеаризации делительной модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Xi}$  частном варианте, взятой от отношения величин  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  яркостей в  $mn$ -м элементах изображений левого и правого ракурсов

$$s_{(1)mn}^{\Xi-comp} \approx \Lambda_{(1)}^{\Xi} \{B_{mn}^L / B_{mn}^R\}, \quad (3)$$

а во втором  $s_{(2)mn}^{\Xi(L/R)-comp}$  частном варианте сигнал имеет амплитуду, прямо пропорциональную произведению отношения  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  величин яркостей в  $mn$ -м элементах изображений левого и правого ракурсов на функцию  $\Lambda^{\Xi}$  линеаризации делительной модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Xi}$  частном варианте

$$s_{(2)mn}^{\Xi-comp} \approx (B_{mn}^L / B_{mn}^R) \cdot \Lambda_{(2)}^{\Xi}, \quad (4)$$

Функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации суммирующей модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте определяют как функцию  $F^{-1}\{\Phi_{(1)}^{\Sigma}\}$ , обратную к калибро-

вочной функции  $\Phi^\Sigma$  нелинейности суммирующей модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^\Sigma$  частном варианте

$$\Lambda_{(1)}^\Sigma = F^{-1} \left\{ \Phi_{(1)}^\Sigma \right\} , \quad (5)$$

функцию  $\Lambda^\Sigma$  линеаризации суммирующей модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^\Sigma$  частном варианте определяют как функцию  $F^{reciprocal} \left\{ \Phi_{(2)}^\Sigma \right\}$ , значения которой являются обратными величинами  $1/\Phi_{(2)}^\Sigma$  к значениям калибровочной функции  $\Phi^\Sigma$  нелинейности суммирующей модуляции в ее втором  $\Phi_{(1)}^\Sigma$  частном варианте

$$\Lambda_{(1)}^\Sigma = F^{reciprocal} \left\{ \Phi_{(2)}^\Sigma \right\} = 1 / \Phi_{(2)}^\Sigma , \quad (6)$$

функцию  $\Lambda^\Xi$  линеаризации делительной модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^\Xi$  частном варианте определяют как функцию  $F^{-1} \left\{ \Phi_{(1)}^\Xi \right\}$ , обратную к калибровочной функции  $\Phi^\Xi$  нелинейности делительной модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^\Xi$  частном варианте

$$\Lambda_{(1)}^\Xi = F^{-1} \left\{ \Phi_{(1)}^\Xi \right\} , \quad (7)$$

а функцию  $\Lambda^\Xi$  линеаризации делительной модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^\Xi$  частном варианте определяют как функцию  $F^{reciprocal} \left\{ \Phi_{(2)}^\Xi \right\}$ , значения которой являются обратными величинами  $1/\Phi_{(2)}^\Xi$  к значениям калибровочной функции  $\Phi^\Xi$  нелинейности делительной модуляции в ее втором  $\Phi_{(2)}^\Xi$  частном варианте

$$\Lambda_{(2)}^\Xi = F^{reciprocal} \left\{ \Phi_{(2)}^\Xi \right\} = 1 / \Phi_{(2)}^\Xi , \quad (8)$$

где калибровочная функция  $\Phi^\Xi$  нелинейности суммирующей модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^\Sigma$  частном варианте равна совокупности калибровочных значений

однородно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Sigma}$  интенсивности светового потока на выходе любого из окон  $W_{form}^L, W_{form}^R$  формирования (фиг.2)

$$\Phi_{(1)}^{\Sigma} = J_{calib}^{\Sigma} \quad , \quad (9)$$

при подаче на управляющий вход  $in_{dir}^{\Sigma}$  оптического модулятора 2 однородного действия линейно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib\_lin}^{\Sigma}$  суммирующей модуляции, а калибровочная функция нелинейности суммирующей модуляции в ее втором частном варианте  $\Phi_{(2)}^{\Sigma}$  равна отношению последовательности калибровочных значений однородно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Sigma}$  интенсивности светового потока на выходе любого из окон  $W_{form}^L, W_{form}^R$  формирования к последовательности соответствующих значений амплитуды монотонно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib}^{\Sigma}$  суммирующей модуляции

$$\Phi_{(1)}^{\Sigma} \approx J_{calib}^{\Sigma} / s_{calib}^{\Sigma} \quad , \quad (10)$$

калибровочная функция нелинейности делительной модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^{\Xi(L/R)}$  частном варианте равна частному от деления совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(L)}$  интенсивности светового потока в левом окне  $W_{form}^L$  формирования на совокупность калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(R)}$  интенсивности светового потока в правом окне  $W_{form}^R$  формирования

$$\Phi_{(1)}^{\Xi(L/R)} \approx J_{calib}^{\Xi(L)} / J_{calib}^{\Xi(R)} \quad , \quad (11)$$

при подаче на управляющий вход  $in_{dir}^{\Xi}$  оптического модулятора 4 разностного действия линейно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib\_lin}^{\Xi}$  делительной модуляции, а калибровочная функция нелинейности делительной модуляции в ее втором  $\Phi_2^{\Xi(L/R)}$  частном варианте равна отношению совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей



щей  $J_{calib}^{\Xi(L)}$  интенсивности светового потока в левом окне  $W_{form}^L$  формирования к совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(R)}$  интенсивности светового потока в правом окне  $W_{form}^R$  формирования, деленному на совокупность соответствующих значений амплитуды монотонно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib}^{\Xi}$  делительной модуляции

$$\Phi_{(2)}^{\Xi(L/R)} = \frac{J_{calib}^{\Xi(L)} / J_{calib}^{\Xi(R)}}{s_{calib}^{\Xi}}. \quad (12)$$

Расположения левого  $E^L$  и правого  $E^R$  глаз наблюдателя во время наблюдения стереоизображения соответствуют расположению левого  $W_{form}^L$  и правого  $W_{form}^R$  окон наблюдения, например, левому и правому окнам пассивных стереоочков, которыми снабжен наблюдатель. Апертуры левого и правого окон формирования пространственно совмещены с апертурами соответственно левого  $W_V^L$  и правого  $W_V^R$  окон наблюдения, когда каждый из двух оптических конвертеров является оптическим элементом соответствующего окна стереоочков.

Символы  $W^L$  и  $W^R$  ( $Z^L$  и  $Z^R$ ) на фигурах чертежа обозначают пространственное совмещение левого окна  $W_{form}^L$  формирования с левым окном  $W_V^L$  наблюдения (левой зоны  $Z_{form}^L$  формирования с левой зоной  $Z_V^L$  наблюдения) и правого окна  $W_{form}^R$  формирования с правым окном  $W_V^R$  наблюдения (правой зоны  $Z_{form}^R$  формирования с правой зоной  $Z_V^R$  наблюдения).

Компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Sigma-comp}$  суммирования получают на выходе функционального блока 5 с передаточной функцией, равной функции  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации суммирующей модуляции, при подаче на вход функционального блока 5 исходного сигнала  $s_{mn}^{\Sigma}$  суммирования, амплитуда которо-

го прямо пропорциональна сумме  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркостей  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов

$$s_{mn}^{\Sigma} \approx B_{mn}^L + B_{mn}^R, \quad (13)$$

Компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Xi-comp}$  деления получают на выходе функционального блока 7 с передаточной функцией, равной функции  $\Lambda^{\Xi}$  линеаризации делительной модуляции, при подаче на вход функционального блока 7 исходного сигнала  $s_{mn}^{\Xi}$  делительной модуляции с амплитудой, прямо пропорциональной частному  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  от деления величины яркости  $mn$ -го элемента изображения левого ракурса на величину яркости  $mn$ -го элемента изображения правого ракурса

$$s_{mn}^{\Xi} \approx B_{mn}^L / B_{mn}^R. \quad (14)$$

Калибровочные значения интенсивности регистрируют с помощью фотоприемников 8, 9, выходные сигналы которых поступают в вычислительные блоки 10, 11, в которых в соответствии с соотношениями (7-10) вычисляются калибровочная функция нелинейности  $\Phi^{\Xi}$  делительной модуляции и калибровочная функция нелинейности  $\Phi^{\Sigma}$  суммирующей модуляции, по которым, в свою очередь, в вычислительных блоках 12, 13 в соответствии с соотношениями (5-8) вычисляются функция  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации суммирующей модуляции и функция  $\Lambda^{\Xi}$  линеаризации делительной модуляции, по которым задают передаточные функции функциональных блоков 6, 7 в процессе наблюдения формируемого стереоизображения.

При пространственно-инвариантных (одинаковых для всех  $M \cdot N$  элементов изображения каждого из ракурсов) калибровочной функции  $\Phi^{\Sigma}$  нелинейности суммирующей модуляции и калибровочной функции  $\Phi^{\Xi}$  нелинейности делительной модуляции каждое из калибровочных значений однородно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Sigma}$  и разностно-модулированной со-

ставляющей  $J_{calib}^{\Xi(L)}$  интенсивности светового потока регистрируется с пространственным суммированием (интегрированием) интенсивности светового потока (апертурой фотоприемника либо линзой на апертуру фотоприемника) по всей площади каждого из окон формирования. При пространственно-неинвариантных калибровочных функциях  $\Phi^{\Sigma}$  нелинейности суммирующей модуляции и функции  $\Phi^{\Xi}$  нелинейности делительной модуляции для каждой парциальной области пространственной инвариантности регистрируется отдельная калибровочная функция нелинейности.

Предпочтительно выбирать фотоприемники 8, 9 с наиболее близкими передаточными характеристиками к соответствующим характеристикам восприятия светового потока изображения зрительным аппаратом наблюдателя.

При совмещении во времени процесса наблюдения стереоизображения с процессом калибровки (с процессом регистрации калибровочных значений интенсивности, вычислением соответствующих функций нелинейности и задание по ним передаточных функций линеаризации) световые потоки из левого  $W_{form}^L$  и правого  $W_{form}^R$  окон формирования поступают одновременно как в левое  $W_v^L$  и правое  $W_v^R$  окна наблюдения, так и в апертуры фотоприемников 8, 9.

Величины яркостей  $mn$ -х элементов изображения левого  $B_{mn}^L$  и правого  $B_{mn}^R$  ракурсов соответствуют значениям яркости соответствующих элементов трехмерной сцены (стереоизображение которой формируется и наблюдается в соответствии с способом), интегрированными по апертурному углу объективов левой и правой снимающих видеокамер, т.е.  $B_{mn}^L$  и  $B_{mn}^R$  численно равны значениям интенсивности светового потока, поступающим в апертуру объективов левой и правой видеокамер от  $mn$ -го элемента отображаемой трехмерной сцены.

Эквивалентным является рассмотрение в способе компенсированного сигнала  $s_{mn}^{\Xi(R/L)-comp}$  деления для отношения  $B_{mn}^R / B_{mn}^L$  яркостей правого и левого ракурсов

$$s_{mn}^{\Xi(L/R)-comp} \approx (B_{mn}^R / B_{mn}^L) \cdot \Lambda_{\Xi}, \quad (15)$$

при котором для реализации каждого (например, левого) ракурса в соответствующем (левом  $W_{form}^L$ ) окне формирования оптическая конверсия вида разностной модуляции осуществляется в противоположной полярности по сравнению с рассмотрением сигнала в форме  $s_{mn}^{\Xi(L/R)-comp} = s_{mn}^{\Xi-comp}$  вида (3,4) путем, например, взаимно перестановки оптических конвертеров 4 и 5, а калибровочные функции определяются в соответствии с соотношениями

$$\Phi_{(1)}^{\Xi(R/L)} \approx \frac{J_{calib}^{\Xi(R)} / J_{calib}^{\Xi(L)}}{s_{calib}^{\Xi}}, \quad (16)$$

$$\Phi_{(2)}^{\Xi(R/L)} = \frac{F^{-1} \{ J_{calib}^{\Xi(R)} / J_{calib}^{\Xi(L)} \}}{s_{calib}^{\Xi}}. \quad (17)$$

Достижение сепарации ракурсов формируемого стереоизображения в способе иллюстрируется рассмотрением совместной работы двух линеаризованных оптоэлектронных каналов (фиг. 3), выходами которых являются два окна  $W_{form}^L$ ,  $W_{form}^R$  формирования (либо два окна  $W_v^L$ ,  $W_v^R$  наблюдения), где вход одного из оптоэлектронных каналов, предназначенного для передачи суммирующей модуляции, соответствует входу  $in_{\otimes}^{\Sigma}$  (фиг.1) функционального блока 6, а вход второго оптоэлектронного канала, предназначенного для передачи делительной модуляции, соответствует входу  $in_{\otimes}^{\Xi}$  функционального блока 7, а выходом оптоэлектронных каналов являются апертуры окон  $W_{form}^L$ ,  $W_{form}^R$  формирования. При линеаризованном по интенсивности светового потока оптоэлектронном канале суммирующей модуляции (за счет компенсации исходной нелинейности передачи суммы  $B_L^{mn} + B_R^{mn}$  действием функции линеаризации  $\Lambda_{\Xi}$  суммирующей модуляции)

сумма интенсивностей  $J_{mn}^L + J_{mn}^R$  светового потока в обоих окнах  $W_{form}^L, W_{form}^R$  формирования равна сумме яркостей элементарных изображений левого и правого ракурсов

$$J_L^{mn} + J_R^{mn} = B_L^{mn} + B_R^{mn} \quad (18)$$

При линейаризованном по интенсивности светового потока оптоэлектронном канале передачи делительной модуляции (за счет компенсации исходной нелинейности передачи отношения  $B_L^{mn} / B_R^{mn}$  действием функции линейаризации делительной модуляции) отношение интенсивностей светового потока в левом и правом окнах  $W_{form}^L, W_{form}^R$  формирования есть

$$J_{mn}^L / J_{mn}^R \approx B_{mn}^L / B_{mn}^R \quad (19)$$

Совместное решение системы уравнений (18) и (19) приводит к выполнению соотношения (20)

$$J_{mn}^L \approx B_{mn}^L ; \quad J_{mn}^R \approx B_{mn}^R, \quad (20)$$

из которого следует достижение искомой сепарации ракурсов стереоизображения между левым  $W_{form}^L$  и правым  $W_{form}^R$  окнами формирования (формирование стереоизображения с возможностью его наблюдения), поскольку интенсивность  $nm$ -го элемента поперечного сечения светового потока в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах наблюдения соответствуют величинам яркостей  $B_{mn}^L, B_{mn}^R$   $nm$ -х элементов изображений левого и правого ракурсов стереоизображения.

С позиции физических представлений роль линейаризованного по интенсивности суммирующего оптоэлектронного канала передачи суммирующей модуляции состоит в реализации одинаковых результирующих изменений интенсивности светового потока в обоих окнах  $W_{form}^L, W_{form}^R$  формирования прямо пропорционально изменениям суммарной величины  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$ , а роль линейаризованного по интенсивности оптоэлектронного канала передачи делительной модуляции – перераспределять световой поток (по величине ин-

тенсивности) прямо пропорционально изменениям величины отношения  $(B_{mn}^L / B_{mn}^R)$  в левом окне  $W_{form}^L$  формирования и прямо пропорционально изменениям величины отношения  $(B_{mn}^R / B_{mn}^L)$  в правом окне  $W_{form}^R$  формирования, не внося при этом изменений в суммарное значение интенсивности светового потока в обоих окнах  $W_{form}^L$ ,  $W_{form}^R$  формирования. При выборе в соответствии с соотношением (1) формы сигнала  $s_{mn}^\Sigma$  суммирования любое положительное приращение амплитуды последнего на управляющем входе линейаризованного оптоэлектронного канала суммирующей модуляции вызывает линейно связанное с указанным приращением амплитуды  $s_{mn}^\Sigma$  положительное приращение величины интенсивности в обоих окнах  $W_{form}^L$ ,  $W_{form}^R$  формирования (фиг. 4), т.е. вызывает величину приращения интенсивности в каждом окне, прямо пропорциональную величине приращения суммы яркостей обоих ракурсов  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$ . При выборе в соответствии с выражениями (3, 4) формы сигнала  $s_{mn}^\Xi$  деления любое положительное приращение амплитуды последнего на управляющем входе линейаризованного оптоэлектронного канала делительной модуляции вызывает линейно связанное с указанным приращением амплитуды  $s_{mn}^\Xi$  положительное приращение величины интенсивности светового потока в одном из окон формирования, например, в левом  $W_{form}^L$  окне формирования, и соответствующее отрицательное приращение (убывание) величины интенсивности светового потока в другом, правом  $W_{form}^R$  окне формирования. Например, при близкой к нулю яркости  $B_{mn}^R$   $mn$ -го элемента изображения правого ракурса значение интенсивности света на выходе оптоэлектронного канала суммирующей модуляции соответствует только яркости  $B_{mn}^L$   $mn$ -го элемента изображения левого ракурса, и весь световой поток тем самым направляется в левое окно  $W_{form}^L$  формирования, поскольку подача на управляющий вход оптоэлектронного канала передачи делительной модуляции сигнала (амплитуда которого прямо пропорциональна

$B_{mn}^L / B_{mn}^R$ ) с максимальной амплитудой ведет к максимальному (в пределах динамического диапазона обоих оптоэлектронных каналов) приращению интенсивности света в левом окне  $W_{form}^L$  формирования и к гашению светового потока в правом окне  $W_{form}^R$  формирования. Наоборот, при близкой к нулю яркости  $B_{mn}^L$   $mn$ -го элемента изображения левого ракурса и максимальной яркости  $B_{mn}^R$   $mn$ -го элемента изображения правого ракурса весь световой поток будет направлен аналогичным образом в правое окно  $W_{form}^R$  формирования. Наконец, любое заданное соотношение между величинами  $B_{mn}^L$  и  $B_{mn}^R$  ведет к перераспределению в том же соотношении энергии светового потока между левым  $W_{form}^L$  и правым  $W_{form}^R$  окнам формирования, что указывает с физической точки зрения на достижение искомой сепарации ракурсов (формирование стереоизображения) при реализации способа.

Максимальная степень сепарации ракурсов стереоизображения (стереоизображение с максимальным контрастом, динамическим диапазоном) реализуется при выборе в качестве крайних точек динамического диапазона изменения суммирующей модуляции экстремальных (минимального и максимального) значений изменения ее параметра, и при выборе в качестве крайних точек динамического диапазона изменения делительной модуляции - взаимно комплементарных значений ее параметра. Тогда оптические конвертеры 4, 5, настроенные на реализацию одинакового значения интенсивности светового потока в обоих окнах  $W_{form}^L$ ,  $W_{form}^R$  формирования для любого значения параметра суммирующей модуляции, сформируют при одном из крайних значений параметра суммирующей модуляции минимальное значение интенсивности светового потока в обоих окнах  $W_{form}^L$ ,  $W_{form}^R$  формирования и максимальное значение интенсивности - при другом крайнем значении параметра суммирующей модуляции. В то же время при реализации первого из взаимно комплементарных значений делительной модуляции один из оп-

тический конвертеров (например, оптический конвертер 4), настроенный на реализацию максимального значения интенсивности светового потока при первом из взаимно комплементарных значений параметра делительной модуляции, реализует максимальное значение интенсивности светового потока в левом окне  $W_{form}^L$  формирования, а другой оптический конвертер 5, настроенный на реализацию минимального значения интенсивности светового потока при первом из взаимно-комплементарных значений параметра делительной модуляции, реализует в правом окне  $W_{form}^R$  наблюдения минимальное (в пределе – близкое к нулевому) значение интенсивности светового потока. Минимальное и максимальное значения светового потока меняются местами в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окне наблюдения в случае реализации второго из взаимно комплементарных значений параметра делительной модуляции.

Способ (второй вариант) формирования и наблюдения стереоизображений с максимальным пространственным разрешением заключается в том, что с помощью оптического источника 14 (фиг. 5, 6) генерируют световую волну, с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам оптического модулятора 15 однородного действия, вызывающего однородную модуляцию интенсивности световой волны в виде одинаковых по величине и по знаку изменений интенсивности световой волны в левой  $Z_{form}^L$  и правой  $Z_{form}^R$  зонах формирования, осуществляют прямую суммирующую модуляцию за счет модуляции величины интенсивности световой волны либо косвенную суммирующую модуляцию за счет модуляции остальных физических характеристик световой волны - направления распространения либо величины угла сходимости-расходимости либо спектральных характеристик либо состояния поляризации либо величины фазы либо за счет модуляции комбинации остальных характеристик световой волны в  $mn$ -ом элементе оптического модулятора 15 однородного действия ( $m = 1, 2, \dots M$ ;  $n = 1, 2, \dots N$ ), подавая на его управляющий вход  $in_{dir}^{\Sigma}$  компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Sigma-comp}$



суммирования вида в его первом частном варианте  $s_{(1)mn}^{\Sigma-comp}$  (1) с амплитудой, прямо пропорциональной величине функции  $\Lambda^{\Sigma}$  линейаризации суммирующей модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте, взятой от произведения суммы  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркостей  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов, либо подают компенсирующий сигнал суммирования в его втором частном варианте  $s_{(2)mn}^{\Sigma-comp}$  (2) с амплитудой, прямо пропорциональной произведению суммы  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркостей  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов на функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линейаризации суммирующей модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma}$  частном варианте (2), с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам оптического модулятора 16 разностного действия, вызывающего разностную модуляцию интенсивности световой волны в виде одинаковых по величине, но разных по знаку изменений интенсивности световой волны в левой  $Z_{form}^L$  и правой  $Z_{form}^R$  зонах формирования, осуществляют прямую делительную модуляцию за счет модуляции интенсивности световой волны либо косвенную делительную модуляцию за счет модуляции остальных физических характеристик световой волны - направления распространения либо величины угла сходимости-расходимости либо спектральных характеристик либо состояния поляризации либо величины фазы либо за счет модуляции комбинации остальных характеристик световой волны в  $mn$ -ом элементе оптического модулятора 16 разностного действия, задавая при этом взаимно комплементарные значения характеристик делительной модуляции в смежных  $2i$  и  $(2i-1)$  столбцах оптического модулятора 16 разностного действия, где  $i = 1, 2, \dots, N$ , и подавая на его управляющий вход  $in_{dir}^{\Xi}$  компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Xi-comp}$  деления в его первом частном варианте  $s_{(1)mn}^{\Xi-comp}$  (3) с амплитудой, прямо пропорциональной значениям функции  $\Lambda^{\Xi}$  линейаризации делительной модуляции в ее

первом  $\Lambda_{(1)}^{\Xi}$  частном варианте, взятой от отношения величин  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  яркостей в  $mn$ -м элементах изображений левого и правого ракурсов, либо подавая компенсирующий сигнал деления в его втором частном варианте  $S_{(2)mn}^{\Xi, comp(L/R)}$  (4) с амплитудой, прямо пропорциональной произведению отношения  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  величин яркостей в  $mn$ -м элементах изображений левого и правого ракурсов на функцию  $\Lambda^{\Xi}$  линеаризации делительной модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Xi}$  частном варианте, формируют первую и вторую группы модулированных по интенсивности световых пучков в левой  $Z_{form}^L$  и правой  $Z_{form}^R$  зонах формирования соответственно с помощью адресуемого по  $N$  столбцам пространственно-периодического оптического конвертера 17 с взаимно-комплементарными параметрами конверсии делительной модуляции для его смежных  $2k$  и  $(2k-1)$  столбцов, где  $k = 1, 2, \dots, N$ , с одинаковыми параметрами конверсии косвенной суммирующей модуляции, с одинаковыми параметрами оптического пропускания как прямой делительной составляющей, так и прямой суммирующей составляющей интенсивности светового потока для всех его  $N$  столбцов, при этом в левую  $Z_{form}^L$  зону формирования направляют одну группу  $N$  световых пучков, первые  $N/2$  из которых проходят через  $N/2$  четных  $2i$ -х столбцов оптического модулятора 16 разностного действия и  $N/2$  четных  $2k$ -х столбцов пространственно-периодического оптического конвертера 17, а остальные  $N/2$  световых пучков проходят через  $N/2$  нечетных  $(2i-1)$ -х столбцов оптического модулятора 16 разностного действия и  $N/2$  нечетных  $(2k-1)$ -х столбцов пространственно-периодического оптического конвертера 17, а в правую зону  $Z_{form}^R$  формирования направляют другую группу  $N$  световых пучков, первые  $N/2$  из которых проходят через  $N/2$  нечетных  $(2i-1)$ -х столбцов оптического модулятора 16 разностного действия и  $N/2$  четных  $2k$ -х столбцов пространственно-периодического оптического конвертера 17, а остальные

$N/2$  световых пучков проходят через  $N/2$  четных  $2i$ -х столбцов оптического модулятора 16 разностного действия и  $N/2$  нечетных  $(2k-1)$ -х столбцов пространственно-периодического оптического конвертера 17, и наблюдают левый и правый ракурсы стереоизображения соответственно в левой  $Z_V^L$  и правой  $Z_V^R$  зонах наблюдения, оптически связанных соответственно с левой  $Z_{form}^L$  и правой  $Z_{form}^R$  зонами формирования, при этом функцию  $\Lambda^\Sigma$  линейризации суммирующей модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^\Sigma$  частном варианте определяют как функцию  $F^{-1}\{\Phi_{(1)}^\Sigma\}$  (5), обратную к калибровочной функции  $\Phi^\Sigma$  нелинейности суммирующей модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^\Sigma$  частном варианте, функцию линейризации суммирующей модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^\Sigma$  частном варианте определяют как функцию  $F^{reciprocal}\{\Phi_{(2)}^\Sigma\}$  (6), значения которой являются обратными величинами  $1/\Phi_{(2)}^\Sigma$  к значениям калибровочной функции  $\Phi^\Sigma$  нелинейности суммирующей модуляции во втором  $\Phi_{(1)}^\Sigma$  частном варианте, функцию линейризации  $\Lambda^\Xi$  делительной модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^\Xi$  частном варианте определяют как функцию  $F^{-1}\{\Phi_{(1)}^\Xi\}$  (7), обратную к калибровочной функции  $\Phi^\Xi$  нелинейности делительной модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^\Xi$  частном варианте, а функцию  $\Lambda^\Xi$  линейризации делительной модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^\Xi$  частном варианте определяют как функцию  $F^{reciprocal}\{\Phi_{(2)}^\Xi\}$  (8), значения которой являются обратными величинами  $1/\Phi_{(2)}^\Xi$  к значениям калибровочной функции  $\Phi^\Xi$  нелинейности делительной модуляции в ее втором  $\Phi_{(1)}^\Xi$  частном варианте, где калибровочная функция  $\Phi^\Xi$  нелинейности суммирующей модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^\Sigma$  частном варианте равна совокупности калибровочных значений однородно-модулированной составляющей  $J_{calib}^\Sigma$  (9) интенсивности светово-

го потока на выходе любого из окон  $W_{form}^L, W_{form}^R$  формирования при подаче на управляющий вход  $in_{dir}^\Sigma$  оптического модулятора 16 однородного действия линейно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib\_lin}^\Sigma$  суммирующей модуляции, а калибровочная функция  $\Phi^\Sigma$  нелинейности суммирующей модуляции в ее втором  $\Phi_{(2)}^\Sigma$  частном варианте равна отношению (10) последовательности калибровочных значений однородно-модулированной составляющей  $J_{calib}^\Sigma$  интенсивности светового потока на выходе любого из окон  $W_{form}^L, W_{form}^R$  формирования к последовательности соответствующих значений амплитуды монотонно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib}^\Sigma$  суммирующей модуляции, калибровочная функция  $\Phi^\Sigma$  нелинейности делительной модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^{\Xi(L/R)}$  частном варианте равна частному (11) от деления совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(L)}$  интенсивности светового потока в левом окне  $W_{form}^L$  формирования на совокупность калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(R)}$  интенсивности светового потока в правом окне  $W_{form}^R$  формирования при подаче на управляющий вход  $in_{dir}^\Xi$  оптического модулятора 4 разностного действия линейно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib}^\Xi$  делительной модуляции, а калибровочная функция  $\Phi^\Xi$  нелинейности делительной модуляции в ее втором  $\Phi_2^{\Xi(L/R)}$  частном варианте равна отношению (12) совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(L)}$  интенсивности светового потока в левом окне  $W_{form}^L$  формирования к совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(R)}$  интенсивности светового потока в правом окне  $W_{form}^R$  формирования, деленному на совокупность со-

ответствующих значений амплитуды монотонно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib}^{\Xi}$  делительной модуляции.

Компенсирующий делительный сигнал  $s_{mn}^{\Xi-comp}$  (1) получают на выходе функционального блока 18 с передаточной функцией, равной функции  $\Lambda_{\Sigma}$  линеаризации суммирующей модуляции при подаче на его вход  $in_{\otimes}^{\Sigma}$  исходного сигнала суммирования  $s_{mn}^{\Sigma}$ , амплитуда которого прямо пропорциональна сумме  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркости  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов,

Компенсирующий делительный сигнал  $s_{mn}^{\Xi-comp}$  (2) получают на выходе функционального блока 19 с передаточной функцией, равной функции  $\Lambda^{\Xi}$  линеаризации делительной модуляции, при подаче на его вход  $in_{\otimes}^{\Xi}$  исходного сигнала  $s_{mn}^{\Xi}$  деления, амплитуда которого прямо пропорциональна отношению  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  величин яркости  $mn$ -х элементов левого и правого ракурсов.

Регистрация калибровочных значений интенсивности светового потока осуществляется с помощью фотоприемников 20, 21 (фиг.7), установленных в зонах  $Z_{form}^L, Z_{form}^R$  формирования, при подаче калибровочных сигналов суммирующей  $s_{calib}^{\Sigma}$  и делительной  $s_{calib}^{\Xi}$  модуляции соответственно на управляющий вход  $in_{dir}^{\Sigma}$  оптического модулятора 15 однородного действия и управляющий вход  $in_{dir}^{\Xi}$  оптического модулятора 17 разностного действия.

Выходные сигналы фотоприемников 20, 21 поступают в вычислительные блоки 22, 23, в которых в соответствии с соотношениями (9-12) вычисляются калибровочная функция  $\Phi_{\Xi}$  нелинейности делительной модуляции и калибровочная функция  $\Phi_{\Sigma}$  нелинейности суммирующей модуляции, исходя из которых в вычислительных блоках 24, 25 в соответствии с соотношениями (5-8) вычисляются обратная функция  $\Phi_{\Xi}^{-1}$  нелинейности делительной моду-

ляции и обратная величина  $\Phi_{\Sigma}^{reciprocal}$  к функции  $\Phi_{calib}^{\Sigma}$ , тем самым определяются функции  $\Lambda^{\Xi}$ ,  $\Lambda^{\Sigma}$  линейризации делительной и суммирующей модуляции, по которым в процессе наблюдения стереоизображения задают передаточные функции функциональных блоков 19 и 18 соответственно.

Левый  $E^L$  и правый  $E^R$  глаза наблюдателя расположены соответственно в  $Z_V^L$  и правой  $Z_V^R$  зонах наблюдения, сформированных в пространстве взаимным пересечением совокупности оптических пучков, выделенных с помощью пространственно-периодического оптического конвертера 17, что позволяет наблюдать стереоизображение без использования специальных средств (стереоочков). Имеется непрерывное множество позиций таких двумерных зон  $Z_V^L$ ,  $Z_V^R$  наблюдения, соответствующих разным положениям глаз наблюдателя вдоль оси  $Z$  (в пределах глубины пространства, определяемого протяженностью трехмерных зон  $Z_{form}^L, Z_{form}^R$  формирования ракурсов стереоизображения). Среднее расстояние  $Z_0$  от глаз  $E^L, E^R$  наблюдателя (от зон  $Z_V^L, Z_V^R$  наблюдения) до плоскости  $C$  оптической конверсии определяется соотношением (фиг.6)

$$Z_0 / B = z_0 / b, \quad (21)$$

где  $B$  – расстояние между центрами глаз наблюдателя (между центрами зон наблюдения),  $z_0$  – расстояние между плоскостью  $\Xi$  расположения оптического модулятора 17 разностного действия до плоскости  $C$  расположения пространственно-периодического оптического конвертера 19,  $b$  – период расположения  $m$ -х элементов изображения (фиг.6).

Частным вариантам реализации способа, соответствующим различным частным вариантам выполнения оптических модуляторов 2, 15 однородного действия, оптических модуляторов 3, 16 разностного действия, оптических конвертеров 4, 5, 17, соответствуют различные частные варианты функций  $\Phi^{\Sigma}$ ,  $\Phi^{\Xi}$  нелинейности суммирующей модуляции и делительной модуляции,

вид и размерность (число аргументов, от которых зависит функция  $\Phi$  нелинейности) которой определяются физическим механизмом взаимодействия составляющих суммирующей модуляции и делительной модуляции. В соответствии с изобретением не требуется знания указанных физических механизмов - аналитических выражений, связывающих изменения оптических параметров суммирующей модуляции и делительной модуляции, от величины амплитуды управляющего сигнала, либо знания аналитически заданной взаимосвязи между указанными оптическими параметрами. Необходимая и достаточная информация для последующей линеаризации передаточных функций оптоэлектронных каналов извлекается из результатов регистрации зависимостей значений интенсивности на выходе окон  $W_{form}^L$ ,  $W_{form}^R$  (зон  $Z_{form}^L$ ,  $Z_{form}^R$ ) формирования от амплитуд калибровочных сигналов  $s_{calib}^\Sigma$  и  $s_{calib}^\Xi$  суммирования и деления.

Прямая суммирующая либо прямая делительная модуляция световой волны соответствует непосредственному изменению интенсивности световой волны с помощью оптических модуляторов 2, 15 однородного действия либо оптических модуляторов 3, 16 разностного действия в соответствующих плоскостях  $\Sigma$  и  $\Xi$  их расположения (например, за счет изменения вещественно-амплитудного коэффициента поглощения в рабочем веществе  $m$ -го элемента каждого из них). Это соответствует прямой (без конвертирующего действия со стороны оптических конвертеров 4, 5, 17) реализации соответствующих вариаций интенсивности в обоих окнах  $W_{form}^L$ ,  $W_{form}^R$  (обоих зонах  $Z_{form}^L$ ,  $Z_{form}^R$ ) формирования. Роль оптических конвертеров 4, 5, 17 в этом случае состоит в пропуске без изменения соответствующих суммарно-модулированных и делительно-модулированных составляющих интенсивности светового потока. Вещественная амплитуда  $A$  световой волны описывается вещественно-амплитудным множителем в записи  $A \exp(-i\theta)$  комплексной амплитуды световой волны, где  $\theta$  - фаза световой волны. При

модуляции величины вещественной амплитуды  $A$  световой волны соответствующая модуляция ее интенсивности  $J$  равна  $|A|^2$ .

Косвенная суммирующая либо делительная модуляция световой волны соответствует модуляции остальных (т.е. с исключением вариаций вещественной амплитуды) физических характеристик световой волны, и роль оптических конвертеров 4, 5, 17 в этом случае состоит в конверсии модулируемых физических характеристик световой волны в соответствующие вариации интенсивности светового потока в окнах  $W_{form}^L, W_{form}^R$  (зонах  $Z_{form}^L, Z_{form}^R$ ) формирования, при этом параметры конверсии одинаковы (однородны) для суммирующей модуляции в обоих окнах  $W_{form}^L, W_{form}^R$  (зонах  $Z_{form}^L, Z_{form}^R$ ) формирования, а для делительной модуляции параметры конверсии взаимно комплементарны (взаимно дополнительные либо противоположные) между двумя окнами  $W_{form}^L, W_{form}^R$  (зонами  $Z_{form}^L, Z_{form}^R$ ) формирования.

Первый (предпочтительный) частный вариант реализации первого варианта способа (фиг. 8) состоит в том, что с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам вещественно-амплитудного оптического модулятора 26 осуществляют прямую суммирующую модуляцию  $\Sigma\{A\}$  за счет модуляции вещественной амплитуды  $A$  (прямой модуляции интенсивности  $J$ ) световой волны в  $mn$ -ом элементе вещественно-амплитудного оптического модулятора 26, с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам фазово-поляризационного оптического модулятора 27 осуществляют косвенную делительную модуляцию  $C\{P\}$  за счет модуляции состояния поляризации  $P$  световой волны в  $mn$ -ом элементе фазово-поляризационного оптического модулятора 27, с помощью первого и второго поляризационных конвертеров 28, 29 со взаимно комплементарными поляризационными параметрами осуществляют конверсию косвенной (поляризационной) делительной модуляции  $C\{P\}$  в делительную составляющую интенсивности светового потока, формируя в левом окнах  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах форми-



рования световые потоки  $mn$ -х элементов изображения соответственно левого  $B_{mn}^L$  и правого  $B_{mn}^R$  ракурсов, при этом на управляющий вход вещественно-амплитудного оптического модулятора 26 подают компенсирующий электронный сигнал  $u_{mn}^{c-\Sigma}$  суммирования в его первом частном варианте  $u_{(1)mn}^{\Sigma-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной величине функции  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации суммирующей модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте, взятой от произведения суммы  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркости  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов,

$$u_{(1)mn}^{\Sigma-comp} \approx \Lambda_{(1)}^{\Sigma} \{ B_{mn}^L + B_{mn}^R \}, \quad (22)$$

либо компенсирующий электронный сигнал суммирования в его втором частном варианте  $u_{(2)mn}^{\Sigma-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной произведению суммы  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркости  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов на функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации суммирующей модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma}$  частном варианте

$$u_{(2)mn}^{\Sigma-comp} \approx (B_{mn}^L + B_{mn}^R) \cdot \Lambda_{(2)}^{\Sigma}, \quad (23)$$

на управляющий вход фазово-поляризационного оптического модулятора 27 подают компенсирующий электронный сигнал  $u_{mn(L/R)}^{\Xi-comp}$  деления в его первом частном варианте  $s_{(1)mn(L/R)}^{\Xi-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной значениям функции линеаризации  $\Lambda^{\Xi}$  делительной модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Xi}$  частном варианте, взятой от отношения величин  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  яркости в  $mn$ -м элементах изображений левого и правого ракурсов

$$u_{(1)mn}^{\Xi-comp} \approx \Lambda_{(1)}^{\Xi} \{ B_{mn}^L / B_{mn}^R \}, \quad (24)$$

а амплитуда компенсированного электронного сигнала деления в его втором частном варианте  $u_{(2)mn}^{\Xi-comp}$  прямо пропорциональна произведению отношения  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  величин яркости в  $mn$ -м элементах изображений левого и правого

ракурсов на функцию  $\Lambda^{\Xi}$  линейаризации делительной модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Xi}$  частном варианте

$$u_{(2)mn}^{\Xi-comp} \approx (B_{mn}^L / B_{mn}^R) \cdot \Lambda_{(2)}^{\Xi}, \quad (25)$$

при этом функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линейаризации суммирующей модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте определяют как функцию  $F^{-1}\{\Phi_{(1)}^{\Sigma}(u)\}$ , обратную к калибровочной функции  $\Phi^{\Sigma}$  нелинейности суммирующей модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте

$$\Lambda_{(1)}^{\Sigma}(u) = F^{-1}\{\Phi_{(1)}^{\Sigma}(u)\}, \quad (26)$$

функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линейаризации суммирующей модуляции в ее втором частном варианте  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma}$  определяют как функцию  $F^{reciprocal}\{\Phi_{(2)}^{\Sigma}(u)\}$ , значения которой являются обратными величинами  $1/\Phi_{(2)}^{\Sigma}(u)$  к значениям калибровочной функции  $\Phi^{\Sigma}$  нелинейности суммирующей модуляции в ее втором  $\Phi_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте

$$\Lambda_{(2)}^{\Sigma}(u) = F^{reciprocal}\{\Phi_{(2)}^{\Sigma}(u)\} = 1 / \Phi_{(2)}^{\Sigma}(u), \quad (27)$$

функцию  $\Lambda^{\Xi}$  линейаризации делительной модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Xi}$  частном варианте определяют как функцию  $F^{-1}\{\Phi_{(1)}^{\Xi}(u)\}$ , обратную к калибровочной функции  $\Phi^{\Xi}$  нелинейности делительной модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^{\Xi}$  частном варианте

$$\Lambda_{(1)}^{\Xi}(u) = F^{-1}\{\Phi_{(1)}^{\Xi}(u)\}, \quad (28)$$

а функцию  $\Lambda^{\Xi}$  линейаризации делительной модуляции во ее втором частном варианте  $\Lambda_{(2)}^{\Xi}$  определяют как функцию  $F^{reciprocal}\{\Phi_{(2)}^{\Xi}\}$ , значения которой являются обратными величинами  $1/\Phi_{(2)}^{\Xi}$  к значениям калибровочной функции нелинейности делительной модуляции во втором  $\Phi_{(2)}^{\Xi}$  частном варианте

$$\Lambda_{(2)}^{\Xi}(u) = F^{reciprocal} \left\{ \Phi_{(2)}^{\Xi}(u) \right\} = 1 / \Phi_{(2)}^{\Xi}(u) , \quad (29)$$

где калибровочная функция  $\Phi^{\Sigma}$  нелинейности суммирующей модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте равна совокупности калибровочных значений однородно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Sigma}(u)$  интенсивности светового потока на выходе любого из окон  $W_{form}^L, W_{form}^R$  формирования (фиг. 2)

$$\Phi_{(1)}^{\Sigma}(u) = J_{calib}^{\Sigma}(u) , \quad (30)$$

при подаче на управляющий вход  $in_{dir}^{\Sigma}$  оптического модулятора 26 однородного действия линейно-меняющегося электронного калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma}$  суммирующей модуляции, а калибровочная функция  $\Phi^{\Sigma}$  нелинейности суммирующей модуляции в ее втором частном варианте  $\Phi_{(2)}^{\Sigma}$  равна отношению последовательности калибровочных значений однородно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Sigma}$  интенсивности светового потока на выходе любого из окон  $W_{form}^L, W_{form}^R$  формирования к последовательности соответствующих значений амплитуды линейно-меняющегося электронного калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma}$  суммирующей модуляции

$$\Phi_{(2)}^{\Sigma}(u) \approx J_{calib}^{\Sigma}(u) / u_{calib\_lin}^{\Sigma} , \quad (31)$$

калибровочная функция  $\Phi^{\Xi}$  нелинейности делительной модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^{\Xi(L/R)}(u)$  частном варианте равна частному от деления совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(L)}(u)$  интенсивности светового потока в левом окне  $W_{form}^L$  формирования на совокупность калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(R)}(u)$  интенсивности светового потока в правом окне  $W_{form}^R$  формирования

$$\Phi_{(1)}^{\Xi(L/R)}(u) \approx J_{calib}^{\Xi(L)}(u) / J_{calib}^{\Xi(R)}(u) , \quad (32)$$

при подаче на управляющий вход  $in_{dir}^{\Xi}$  оптического модулятора 27 разностного действия линейно-меняющегося электронного калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Xi}$  делительной модуляции, а калибровочная функция  $\Phi^{\Xi}$  нелинейности делительной модуляции в ее втором  $\Phi_2^{\Xi(L/R)}(u)$  частном варианте равна отношению совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(L)}(u)$  интенсивности светового потока в левом окне  $W_{form}^L$  формирования к совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(R)}(u)$  интенсивности светового потока в правом окне  $W_{form}^R$  формирования, деленному на совокупность соответствующих значений амплитуды линейно-меняющегося электронного калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Xi}$  делительной модуляции

$$\Phi_{(2)}^{\Xi(L/R)}(u) = \frac{F^{-1} \{ J_{calib}^{\Xi(L)}(u) / J_{calib}^{\Xi(R)}(u) \}}{u_{calib\_lin}^{\Xi}} . \quad (33)$$

при этом пределы изменения амплитуды электронного калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma}$  суммирующей модуляции меняется в пределах, соответствующих изменению интенсивности  $J_{calib}^{\Sigma}(u)$  светового потока от минимального до максимального калибровочных значений, а пределы изменения амплитуды электронного калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Xi}$  делительной модуляции соответствуют изменению калибровочных значений делительной составляющей  $J_{calib}^{\Xi}(u)$  интенсивности светового потока от минимального до максимального значений при постоянной (предпочтительно – максимальной) величине интенсивности светового потока на входе фазополяризационного оптического модулятора 27.

Компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Sigma-comp}$  суммирования получают на выходе функционального блока 30 с передаточной функцией, равной функции  $\Lambda^{\Sigma}(u)$  линеаризации суммирующей модуляции, при подаче на вход

функционального блока 30 исходного сигнала  $u_{mn}^{\Sigma}$  суммирования, амплитуда которого прямо пропорциональна сумме  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркости  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов:  $u_{mn}^{\Sigma} \approx B_{mn}^L + B_{mn}^R$ .

Компенсирующий сигнал  $s_{mn(L/R)}^{\Xi-comp}$  деления получают на выходе функционального блока 31 с передаточной функцией, равной функции  $\Lambda^{\Xi}(u)$  линейаризации делительной модуляции, при подаче на вход функционального блока 31 исходного сигнала  $u_{mn}^{\Xi}$  делительной модуляции с амплитудой, прямо пропорциональной частному  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  от деления величины яркости  $mn$ -го элемента изображения левого ракурса на величину яркости  $mn$ -го элемента изображения правого ракурса:  $u_{mn}^{\Xi} \approx B_{mn}^L / B_{mn}^R$ .

Выходные сигналы фотоприемников 32, 33 поступают в вычислительные блоки 34, 34, в которых в соответствии с соотношениями (30-33) вычисляются калибровочная функция нелинейности  $\Phi_{\Xi}(u)$  делительной модуляции и калибровочная функция нелинейности  $\Phi_{\Sigma}(u)$  суммирующей модуляции, по которым в вычислительных блоках 36, 37 в соответствии с соотношениями (26-29) вычисляются обратная функция  $\Phi_{\Xi}^{-1}$  нелинейности делительной модуляции и обратная величина  $\Phi_{\Sigma}^{reciprocal}$  к функции  $\Phi_{\Sigma}^{\Sigma}$ , тем самым определяются функции  $\Lambda^{\Xi}$ ,  $\Lambda^{\Sigma}$  линейаризации делительной и суммирующей модуляции, по которым в процессе наблюдения стереоизображения задают передаточные функции функциональных блоков 31 и 30 соответственно.

Процедура линейаризации вещественно-амплитудной суммирующей модуляции ( $\Sigma\{A\}$ -модуляции) и поляризационной делительной модуляции ( $\Xi\{P\}$ -модуляции) для первого частного варианта реализации первого варианта способа осуществляются отдельно.

Для линейаризации  $\Sigma\{A\}$ -модуляции на управляющий вход  $in_{dir}^{\Sigma}$  вещественно-амплитудного оптического модулятора 26 (далее -  $\Sigma\{A\}$ -модулятора)

подают калибровочный электронный сигнал  $u_{calib\_lin}^{\Sigma} \Sigma\{A\}$  - модуляции, характеризующийся линейно-нарастающей с течением времени  $t$  амплитудой (фиг.10), при этом на управляющем входе  $in_{dir}^{\Xi}$  фазово-поляризационного модулятора 27 (далее -  $\Xi\{P\}$  - модулятора) величина амплитуды электронного калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma}$  равна 0 (что соответствует отсутствию  $\Xi\{P\}$  - модуляции). Первому и второму частным вариантам  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma}$  и  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma}$  функции  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации  $\Sigma\{A\}$  - модуляции соответствуют первый и второй частные варианты процедуры линеаризации  $\Sigma\{A\}$  - модуляции.

При использовании функции  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации  $\Sigma\{A\}$  - модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте значения интенсивности  $J_{calib}^{\Sigma(L)}$  и  $J_{calib}^{\Sigma(R)}$  светового потока соответственно в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах формирования представлены калибровочными значениями однородно-модулированной составляющей ( $\Sigma\{A\}$  -составляющей) интенсивности  $J_{calib}^{\Sigma}$  светового потока (фиг.11), которая в общем виде является нелинейной функцией от значений напряжения  $u$  линейно-меняющегося по амплитуде калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma} \Sigma\{A\}$  -модуляции, подаваемого на управляющий вход  $in_{dir}^{\Sigma} \Sigma\{A\}$  - модулятора (обозначаемый на чертеже как сигнал-аргумент  $u = u_{calib\_lin}^{\Sigma}$ , принадлежащий входу  $in_{dir}^{\Sigma}$ , т.е.  $u = u_{calib\_lin}^{\Sigma} \subset in_{dir}^{\Sigma}$ ), и поэтому отображается кривой с отклонениями от наклонной прямой 38 (являющейся графиком прямой пропорциональной зависимости), причем вид кривой функции  $J_{calib}^{\Sigma}$  одинаков для обоих окон  $W_{form}^L$ ,  $W_{form}^R$  формирования (график  $I_{11}$ ). Линеаризация  $\Sigma\{A\}$  - модуляции за счет использования первого  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma}$  частного варианта функции линеаризации осуществляется через вычисление (взятие) обратной функции от функции  $\Phi_{(1)}^{\Sigma}(u)$  нелинейности  $\Sigma\{A\}$  -модуляции, которая в соответствии с соотношениями (30, 28) равна совокупности значений  $\Sigma\{A\}$  -

модулированной составляющей интенсивности светового потока  $J_{calib}^{\Sigma}$ . Графический путь получения обратной функции состоит в получении графика обратной функции за счет взаимной перестановки аргумента и значений исходной функции (относительно которой берется обратная функция), т.е. величины аргумента  $u_{calib\_lin}^{\Sigma}$  откладываются вдоль оси ординат, а значения  $J_{calib}^{\Sigma}$  - вдоль оси абсцисс для получения графика обратной функции (график  $II_{II}$ ), который в таком виде переносится в исходные координаты (график  $III_{II}$ ) для получения итогового графика обратной функции  $\Lambda_{(I)P}^{\Sigma} = F^{-1} \{ \Phi_{(I)P}^{\Sigma}(u) = J_{calib}^{\Sigma}(u) \}$ . Для получения компенсированной (с скорректированной нелинейностью)  $\Sigma\{A\}$ -составляющей  $J_{calib}^{\Sigma-comp}(u)$  интенсивности светового потока (график  $IV_{II}$ ) на управляющий вход  $in_{dir}^{\Sigma}$  электронного блока  $\Sigma\{A\}$ -модулятора подается компенсирующий электронный сигнал  $u_{calib\_lin}^{\Sigma-comp}$  вида

$$u_{calib\_lin}^{\Sigma-comp} = \Lambda_{(I)}^{\Sigma} \{ u_{calib\_lin}^{\Sigma-comp} \} \quad (34)$$

как результат взятия обратной функции от исходного калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma-comp}$ , в результате чего компенсирующий электронный сигнал (26) приобретает нелинейные свойства, обратные по отношению к нелинейным свойствам  $\Sigma\{A\}$ -модуляции. Результатом действия  $\Sigma\{A\}$ -модулятора под управлением компенсирующего сигнала (26) является формирование компенсированной  $\Sigma\{A\}$ -составляющей  $J_{calib}^{\Sigma-comp}(u)$  интенсивности светового потока, в которой уже отсутствует нелинейность, характерная для  $\Sigma\{A\}$ -модуляции и присутствующая в исходной  $\Sigma\{A\}$ -составляющей  $J_{calib}^{\Sigma}$  интенсивности светового потока, т.е реализуется график  $IV_{II}$  прямой пропорциональной зависимости  $\Sigma\{A\}$ -составляющей  $J_{calib}^{\Sigma-comp}(u)$  интенсивности от амплитуды исходного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma}$ , подаваемого на вход  $in_{\otimes}^{\Sigma}$  электрон-

ного блока с передаточной функцией  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma}$  (и обозначаемого на чертеже как сигнал-аргумент  $u = u_{calib\_lin}^{\Sigma}$ , принадлежащий входу  $in_{\otimes}^{\Sigma}$ , т.е.  $u = u_{calib\_lin}^{\Sigma} \subset in_{\otimes}^{\Sigma}$ ). Аналитически получение прямо пропорциональной зависимости описывается как

$$J_{calib}^{\Sigma\_comp} = \Lambda_{(1)}^{\Sigma} \{ J_{calib}^{\Sigma}(u) \} = J_{calib}^{-1(\Sigma)} \{ J_{calib}^{\Sigma}(u) \} = u \quad (35)$$

где  $J_{calib}^{-1(\Sigma)}$  есть обратная функция к функции  $J_{calib}^{\Sigma}$ , и взятие обратной функции от исходной функции есть аргумент  $u$  исходной функции, т. е. сама переменная  $u$ , описывающая изменение напряжение сигнала, вызывающего изменения  $J_{calib}^{\Sigma}$ , (изменения сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma}$  с линейно-меняющейся амплитудой), т.е. вдоль оси ординат (вертикальной) графика  $IV_{II}$  фактически откладываются значения  $u$ . Одновременно  $u$  является аргументом, сопоставляемым самим значениям сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma}$  и откладываемым вдоль оси аргументов (горизонтальной) графика  $IV_{II}$ , и, поскольку зависимость  $u$  от  $u$  линейна, отсюда следует линейность графической зависимости, описываемой (27).

При подаче информационного сигнала  $u_{mn}^{\Sigma} \approx B_{mn}^L + B_{mn}^R$  на вход  $in_{\otimes}^{\Sigma}$  электронного блока (соответствующее обозначение  $u_{mn}^{\Sigma} \approx B_{mn}^L + B_{mn}^R \subset in_{\otimes}^{\Sigma}$  на чертеже – график  $V_{II}$ ) с передаточной функцией  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma}$  результирующая суммарная интенсивность  $J_{mn}^{L\_comp} + J_{mn}^{R\_comp}$  светового потока в двух окнах формирования

$$\begin{aligned} J_{mn}^{L\_comp} + J_{mn}^{R\_comp} &= \Lambda_{(1)}^{\Sigma} \{ \Phi_{(1)}^{\Sigma}(B_{mn}^L + B_{mn}^R) \} = \\ &= \Phi_{(1)}^{-1(\Sigma)} \{ \Phi_{(1)}^{\Sigma}(B_{mn}^L + B_{mn}^R) \} = B_{mn}^L + B_{mn}^R \end{aligned} \quad (36)$$

прямо пропорциональна  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  (соответствует графику  $V_{II}$  в виде прямой линии) в соответствии с тем же алгоритмом линеаризации, рассмотренным на примере сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma}$  с линейно-меняющейся амплитудой (график



$IV_{II}$ ), что означает осуществление искомой линеаризации  $\Sigma\{A\}$ -модуляции по отношению к имеющего произвольную форму сигналу в виде суммы величин  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$ , поскольку величина  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  фактически откладывается вдоль оси аргументов и оси ординат графика  $V_{II}$  вследствие компенсации нелинейности  $\Sigma\{A\}$ -модуляции при прохождении сигнала произвольной формы через электронный блок с передаточной функцией  $\Lambda_{(1)}^\Sigma$ , и действие функции  $\Lambda_{(1)}^\Sigma$  линеаризации на нелинейность  $\Sigma\{A\}$ -модуляции инвариантно относительно формы подаваемого сигнала: все отклонения последнего (т.е. отклонения амплитуды  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$ ) от линейной зависимости в случае сигнала  $u_{calib\_lin}^\Sigma$  одинаковы как для оси абсцисс, так и оси ординат, откуда следует линейность описываемой (36) графической зависимости вида

$$J_{calib}^{\Sigma\_comp} = \Lambda_{(1)}^\Sigma \{ J_{calib}^\Sigma(u) \} = J_{calib}^{-1(\Sigma)} \{ J_{calib}^\Sigma(u) \} = u. \quad (37)$$

При использовании функции линеаризации в ее втором  $\Lambda_{(2)}^\Sigma$  частном варианте значения интенсивности  $J_{calib}^{\Sigma(L)}$  и  $J_{calib}^{\Sigma(R)}$  светового потока соответственно в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах формирования по-прежнему представлены кривой  $J_{calib}^\Sigma$  (фиг.12) с существенными отклонениями от наклонной прямой 38, являющейся графиком прямой пропорциональной зависимости (график  $I_{I2}$ ) при подаче на управляющий вход  $in_{dir}^\Sigma$   $\Sigma\{A\}$ -модулятора линейно-меняющегося калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^\Sigma$   $\Sigma\{A\}$ -модуляции. Функция нелинейности  $\Sigma\{A\}$ -модуляции в ее втором частном варианте  $\Phi_{(2)}^\Sigma(u)$  равна частному от деления  $J_{calib}^\Sigma(u)$  на величину аргумента  $u$  этой функции (график  $II_{I2}$ ) и характеризуется отклонениями от прямой  $1\{u_{calib}^\Sigma\}$ , которая является графическим представлением единичного линейного коэффициента передачи значений калибровочного сигнала  $u_{calib}^\Sigma$   $\Sigma\{A\}$ -модуляции. Функция линеаризации  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma\_A}(u)$  представлена кривой (график

$III_{12}$ ), которая является зеркально симметричной кривой функции  $\Phi_{(2)}^{\Sigma}(u)$  относительно прямой  $1\{u_{calib}^{\Sigma}\}$  вследствие определения значений функции  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma-A}(u)$  как обратных величин по отношению к значениям функции  $\Phi_{(2)}^{\Sigma}(u)$ .

Для получения компенсированной (с скорректированной нелинейностью)  $\Sigma\{A\}$ -составляющей  $J_{calib}^{\Sigma-comp}(u)$  интенсивности светового потока (график  $IV_{12}$ ) на управляющий вход  $in_{dir}^{\Sigma}$  электронного блока  $\Sigma\{A\}$ -модулятора подается компенсирующий электронный сигнал  $u_{calib\_lin}^{\Sigma-comp}$  вида

$$u_{calib\_lin}^{\Sigma-comp} = \Lambda_{(2)}^{\Sigma} \{u_{calib\_lin}^{\Sigma-comp}\} \quad (38)$$

как результат перемножения функций, одна из которых описывает калибровочные значения  $J_{calib}^{\Sigma}$  интенсивности светового потока в любом из окон формирования, а другая функция — функцию линеаризации в ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma}$  варианте, которая равна значениям функции нелинейности  $\Sigma\{A\}$ -модуляции, которая, в свою очередь, равна обратным величинам от величин  $J_{calib}^{\Sigma}$  интенсивности - в соответствии с общей формулой (6), умноженным на значения  $u$  напряжения калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma}$

$$J_{calib}^{\Sigma-comp} = J_{calib}^{\Sigma} \cdot \Lambda_{(2)}^{\Sigma-A} = J_{calib}^{\Sigma} \cdot (1 / \Phi_{(2)}^{\Sigma-A}) = J_{calib}^{\Sigma} \cdot \frac{u}{J_{calib}^{\Sigma}} = u \quad (39)$$

Отсюда следует прямая пропорциональная зависимость величин интенсивности  $J_{calib}^{\Sigma-comp}(u)$ , поскольку одновременно  $u$  является аргументом, сопоставляемым самим значениям сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma}$  и откладываемым вдоль оси аргументов (горизонтальной) графика  $IV_{12}$  (вид которого аналогичен виду графика  $IV_{11}$ ).

При подаче информационного сигнала  $u_{mn}^{\Sigma} \approx B_{mn}^L + B_{mn}^R$  на вход  $in_{\otimes}^{\Sigma}$  электронного блока с передаточной функцией  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma}$  результирующая суммарная

интенсивность  $J_{mn}^{L-comp} + J_{mn}^{R-comp}$  светового потока в двух окнах  $W_{form}^L$ ,  $W_{form}^R$  формирования

$$\begin{aligned} J_{mn}^{L-comp} + J_{mn}^{R-comp} &= \Lambda_{(2)}^{\Sigma-a} \cdot \Phi_{(1)}^{\Sigma-A} \{ (B_{mn}^L + B_{mn}^R) \} = \\ &= \frac{u}{J_{calib}^{\Sigma}} \cdot J_{mn}^{\Sigma} \{ B_{mn}^L + B_{mn}^R \} = B_{mn}^L + B_{mn}^R \end{aligned} \quad (40)$$

прямо пропорциональна  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  (соответствует графику  $V_{l2}$  в виде прямой линии), поскольку при делении функции на функцию нелинейность компенсируется, а результатом деления является поправочный множитель к величине напряжения, который соответствует изменениям величины  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$ .

Для линеаризации  $\Xi\{P\}$ -модуляции на управляющий вход  $in_{dir}^{\Xi}$   $\Xi\{P\}$ -модулятора подаются калибровочный электронный сигнал  $u_{lin}^{\Xi}$  деления с линейно нарастающей амплитудой (фиг. 13), при этом значение напряжения на управляющем входе  $in_{dir}^{\Sigma}$   $\Xi\{P\}$ -модулятора выбирается постоянным, предпочтительно соответствующим максимальному постоянному значению интенсивности светового потока, поступающего на вход  $\Xi\{P\}$ -модулятора (для получения максимального динамического диапазона и точности для калибровочных значений интенсивности). Первому  $\Lambda_{(1)}^{\Xi-P}$  и второму  $\Lambda_{(2)}^{\Xi-P}$  частным вариантам функции  $\Lambda^{\Xi}$  линеаризации  $\Xi\{P\}$ -модуляции соответствуют первый и второй частные варианты процедуры линеаризации  $\Xi\{P\}$ -модуляции.

При использовании функции линеаризации  $\Lambda^{\Xi}$  в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Xi-P}$  частном варианте значения интенсивности  $J_{calib}^{\Xi(L)}$  и  $J^R$  светового потока соответственно в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах формирования представлены калибровочными значениями  $\Xi\{P\}$ -составляющей  $J_{calib}^{\Xi}$  светового потока (фиг. 14), которая для наглядности иллюстрации последующего осуществления алгоритма линеаризации отношения интенсивностей  $J_{calib}^{\Xi(L/R)} = J_{calib}^{\Xi(L)} / J_{calib}^{\Xi(R)}$

представлена линейной функцией от значений напряжения  $u$  калибровочного сигнала  $u_{calib}^{\Xi\{P\}}$ -модуляции, подаваемого на управляющий вход  $in_{dir}^{\Xi\{P\}}$   $\Xi\{P\}$ -модулятора (обозначаемый на чертеже как сигнал-аргумент  $u = u_{calib\_lin}^{\Xi}$ , принадлежащий входу  $in_{dir}^{\Xi}$ , т.е.  $u = u_{calib\_lin}^{\Xi} \subset in_{dir}^{\Xi}$ ), и графически отображена прямой  $J_{calib}^{\Xi(L)}\{u_{calib\_lin}^{\Xi}\}$  для левого окна формирования (график  $I_{14}$ ) с положительной производной и прямой  $J_0^{\Xi} - J_{calib}^{\Xi}\{u_{calib\_lin}^{\Xi}\}$  для правого окна формирования (график  $II_{14}$ ) с отрицательной производной.

Графическая зависимость отношения  $J_{calib}^{\Xi(L/R)}$  (график  $III_{14}$ ) является нелинейной даже при линейных графических зависимостях для  $J_{calib}^{\Xi(L)}$  и  $J_{calib}^{\Xi(R)}$ , поскольку  $J_{calib}^{\Xi(L/R)}(u)$  вида

$$J_{calib}^{\Xi(L/R)}(u) = J_{calib}^{\Xi(L)}(u) / J_{calib}^{\Xi(R)}(u) = J_{calib}^{\Xi(L)}(u) / J_{max}^{\Xi} - J_{calib}^{\Xi}(u) \quad (41)$$

есть гиперболическая зависимость от величины  $u$  напряжения с максимальным значением  $J_{max}^{\Xi} / J_{min}^{\Xi}$ , где  $J_{max}$  и  $J_{min}$  - постоянные величины, равная максимальному и минимальному значениям калибровочной интенсивности света. Линеаризация  $\Xi\{P\}$ -модуляции за счет использования первого  $\Lambda_{(1)}^{\Xi-P}$  частного варианта функции линеаризации осуществляется через вычисление (взятие) обратной функции от функции  $\Phi_{(1)}^{\Xi-P}(u)$  нелинейности  $\Xi\{P\}$ -модуляции. Функция  $\Phi_{(1)}^{\Xi-P}(u)$  в соответствии с соотношением (32) для случая отношения интенсивностей между левым  $W_{form}^L$  и правым  $W_{form}^R$  окнами формирования равна  $\Phi_{(1)}^{\Xi(L/R)}(u) \approx J_{calib}^{\Xi(L)}(u) / J_{calib}^{\Xi(R)}(u)$ , т.е ее графиком фактически является график  $III_{14}$ . График  $IV_{14}$  функции, обратной к функции  $\Phi_{(1)}^{\Xi-P}(u)$ , является графиком функции линеаризации в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Xi}$  частном варианте.

Для получения компенсированной (с скорректированной нелинейностью)  $\Xi\{P\}$ -составляющей  $J_{calib}^{\Xi-comp}(u)$  интенсивности светового потока (график

$V_{II}$ ) на управляющий вход  $in_{dir}^{\Sigma}$  электронного блока  $\Xi\{P\}$ -модулятора подается компенсирующий электронный сигнал  $u_{calib\_lin}^{\Xi\_comp}$  вида

$$u_{calib\_lin}^{\Xi\_comp} = \Lambda_{(1)}^{\Xi\_P} \left\{ u_{calib\_lin}^{\Xi\_comp} \right\} \quad (42)$$

как результат взятия (вычисления) обратной функции от исходного калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Xi\_comp}$ , в результате чего компенсирующий электронный сигнал (41) приобретает нелинейные свойства, обратные по отношению к нелинейным свойствам  $\Xi\{P\}$ -модуляции. Результатом действия  $\Xi\{P\}$ -модулятора под управлением компенсирующего сигнала (33) является формирование компенсированной  $\Xi\{P\}$ -составляющей  $J_{calib}^{\Xi\_comp}(u)$  интенсивности светового потока, в которой уже отсутствует нелинейность, характерная для  $\Xi\{P\}$ -модуляции и присутствующая в исходной  $\Xi\{P\}$ -составляющей  $J_{calib}^{\Xi(L)}(u) / J_{calib}^{\Xi(R)}(u)$  интенсивности светового потока, т.е. реализуется график  $V_{I4}$  прямой пропорциональной зависимости  $\Xi\{P\}$ -составляющей  $J_{calib}^{\Xi(L)}(u) / J_{calib}^{\Xi(R)}(u)$  интенсивности от амплитуды исходного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Xi}$ , подаваемого на вход  $in_{\otimes}^{\Xi}$  электронного блока с передаточной функцией  $\Lambda_{(1)}^{\Xi}$ . Аналитически получение прямо пропорциональной зависимости описывается как

$$\begin{aligned} J_{calib}^{\Xi\_comp} &= \Lambda_{(1)}^{\Xi\_P} \left\{ J_{calib}^{\Xi(L)}(u) / J_{calib}^{\Xi(R)}(u) \right\} = \Lambda_{(1)}^{\Xi\_P} \left\{ J_{calib}^{\Xi(L/R)}(u) \right\} = \\ &= J_{calib}^{-1\_ \Xi(L/R)} \left\{ J_{calib}^{\Xi(L/R)}(u) \right\} = u \end{aligned} \quad (43)$$

где  $J_{calib}^{-1\_ \Xi(L/R)}$  есть обратная функция к функции  $J_{calib}^{\Xi(L/R)}$ , и взятие обратной функции от исходной функции есть аргумент  $u$  исходной функции, т.е. вдоль оси ординат (вертикальной) графика  $V_{I4}$  фактически откладываются значения  $u$ . Одновременно  $u$  является аргументом, сопоставляемым самим значениям сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma}$  и откладываемым вдоль оси аргументов (горизонтальной) графика  $V_{I4}$ . Зависимость  $u$  от  $u$  является линейной, отсюда следует линейность графической зависимости, описываемой (42).

При подаче сигнала  $u_{mn}^{\Xi} \approx B_{mn}^L + B_{mn}^R$  на вход  $in_{\otimes}^{\Xi}$  электронного блока с передаточной функцией  $\Lambda_{(1)}^{\Xi-P}$  результирующее компенсированное отношение интенсивностей  $J_{mn}^{\Xi(L/R)-comp}$  между двумя окнами  $W_{form}^L$ ,  $W_{form}^R$  формирования

$$\begin{aligned} J_{mn}^{\Xi(L/R)-comp} &= \Lambda_{(1)}^{\Xi-P} \left\{ \Phi_{(1)}^{\Xi-P} (B_{mn}^L / B_{mn}^R) \right\} = J_{calib}^{-1 \Xi(L/R)} \left\{ J_{mn}^{\Xi(L/R)} (B_{mn}^L / B_{mn}^R) \right\} = \\ &= J_{calib}^{-1 \Xi(L/R)} \left\{ B_{mn}^L / B_{mn}^R \cdot J_{calib}^{\Xi(L/R)}(u) \right\} = B_{mn}^L / B_{mn}^R \cdot J_{calib}^{-1 \Xi(L/R)} \left\{ J_{calib}^{\Xi(L/R)}(u) \right\} = \\ &= B_{mn}^L(u) / B_{mn}^R(u) \end{aligned} \quad (44)$$

прямо пропорционально  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  - соответствует графику  $VI_{14}$  в виде прямой линии, что означает осуществление искомой линеаризации  $\Xi\{P\}$ -модуляции по отношению к имеющего произвольную форму сигналу в виде отношения величин  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$ .

При использовании функции линеаризации в ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Xi-P}$  частном варианте значения интенсивности  $J_{calib}^{\Sigma(L)}$  и  $J_{calib}^{\Sigma(R)}$  светового потока соответственно в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах формирования (фиг. 15) по-прежнему представлены (даже при линейных графических зависимостях для  $J_{calib}^{\Xi(L)}$  и  $J_{calib}^{\Xi(R)}$  - графики  $I_{15}$  и  $II_{15}$ ) нелинейной графической зависимостью отношения  $J_{calib}^{\Xi(L/R)}$  (график  $III_{15}$ ) при подаче на управляющий вход  $in_{dir}^{\Xi}$   $\Xi\{P\}$ -модулятора линейно-меняющегося калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Xi}$ .

Функция нелинейности  $\Xi\{P\}$ -модуляции в ее втором  $\Phi_{(2)}^{\Xi-P}(u)$  частном варианте равна частному от деления  $J_{calib}^{\Xi(L/R)}(u)$  на величину аргумента  $u$  этой функции (график  $IV_{15}$ ) и характеризуется отклонениями от прямой  $1\{u_{calib}^{\Xi}\}$ , которая является графическим представлением единичного линейного коэффициента передачи значений калибровочного сигнала  $u_{calib}^{\Xi}$   $\Xi\{P\}$ -модуляции. Функция  $\Lambda_{(2)}^{\Xi-P}(u)$  линеаризации представлена кривой (график  $V_{15}$ ), которая зеркально симметрична кривой функции  $\Phi_{(2)}^{\Xi-P}(u)$  относительно

прямой  $1\{u_{calib}^{\Xi}\}$  вследствие определения значений функции  $\Lambda_{(2)}^{\Xi-P}(u)$  как обратных величин по отношению к значениям функции  $\Phi_{(2)}^{\Xi-P}(u)$ .

Для получения компенсированной  $\Xi\{P\}$ -составляющей  $J_{calib}^{\Xi-comp}(u)$  интенсивности светового потока (график  $VI_{15}$ ) на управляющий вход  $in_{dir}^{\Sigma}$  электронного блока  $\Xi\{P\}$ -модулятора подается компенсирующий электронный сигнал  $u_{calib\_lin}^{\Xi-comp}$  вида

$$u_{calib\_lin}^{\Sigma-comp} = \Lambda_{(2)}^{\Xi-P} \{u_{calib\_lin}^{\Xi-comp}\} \quad (45)$$

как результат перемножения функций, одна из которых описывает калибровочные значения отношения  $J_{calib}^{\Xi(L/R)} = J_{calib}^{\Xi(L)} / J_{calib}^{\Xi(R)}$  интенсивностей светового потока между двумя окнами  $W_{form}^L, W_{form}^R$  формирования, а другая функция – функцию линеаризации в ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Xi-P}$  варианте, которая равна значениям функции нелинейности  $\Xi\{P\}$ -модуляции, которая, в свою очередь, равна отношению (8) величины  $J_{calib}^{\Xi(L/R)}$  интенсивности, деленной на значения  $u$  напряжения калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma}$

$$J_{calib}^{\Xi(L/R)-comp} = J_{calib}^{\Xi(L/R)} \cdot \Lambda_{(2)}^{\Xi} = J_{calib}^{\Xi(L/R)} \cdot (1 / \Phi_{(2)}^{\Sigma}) = J_{calib}^{\Xi(L/R)} \cdot \frac{u}{J_{calib}^{\Xi(L/R)}} = u \quad (46)$$

Отсюда следует прямая пропорциональная зависимость величин интенсивности  $J_{calib}^{\Xi(L/R)-comp}(u)$ , поскольку одновременно  $u$  является аргументом, сопоставляемым самим значениям сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma}$  и откладываемым вдоль оси аргументов (горизонтальной) графика  $VI_{15}$ . При подаче информационного сигнала  $u_{mn}^{\Xi} \approx B_{mn}^L + B_{mn}^R$  на вход  $in_{\otimes}^{\Sigma}$  электронного блока с передаточной функцией  $\Lambda_{(2)}^{\Xi}$  результирующее отношение интенсивностей  $J_{mn}^{\Xi(L/R)}$  светового потока в двух окнах  $W_{form}^L, W_{form}^R$  формирования

$$J_{mn}^{\Xi(L)-comp} / J_{mn}^{\Xi(R)-comp} = J_{mn}^{\Xi(L/R)-comp} = \Lambda_{(2)}^{\Xi} \cdot \Phi_{(2)}^{\Xi} \{(B_{mn}^L / B_{mn}^R)\} = \quad (47)$$

$$= \frac{u}{J_{calib}^{\Xi(L/R)}} \cdot J_{mn}^{\Xi(L/R)} \left\{ B_{mn}^L / B_{mn}^R \right\} = B_{mn}^L / B_{mn}^R$$

прямо пропорционально  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  (соответствует графику VII<sub>12</sub> в виде прямой линии), поскольку при делении функции  $J_{mn}^{\Xi(L/R)}$  на функцию  $J_{calib}^{\Xi(L/R)}$  нелинейность компенсируется, а результатом деления является поправочный множитель к величине напряжения, который соответствует изменениям величины  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$ .

Первый (предпочтительный) частный вариант реализации второго варианта способа (фиг. 16, 17) состоит в том, что в  $mn$ -м элементе поперечного сечения светового потока с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам вещественно-амплитудного оптического модулятора 39 осуществляют прямую суммирующую модуляцию  $\Sigma\{A\}$  за счет модуляции вещественной амплитуды  $A$  световой волны в  $mn$ -ом элементе вещественно-амплитудного оптического модулятора 39, с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам фазово-поляризационного оптического модулятора 40 осуществляют косвенную делительную модуляцию  $C\{P\}$  за счет модуляции состояния поляризации  $P$  световой волны в  $mn$ -ом элементе фазово-поляризационного оптического модулятора 40, формируют модулированные по интенсивности световые потоки в левой  $Z_{form}^L$  и правой  $Z_{form}^R$  зонах формирования, задавая при этом взаимно ортогональные значения характеристик поляризационной делительной модуляции в смежных  $2i$ -х и  $(2i - 1)$ -х столбцах фазово-поляризационного оптического модулятора 40, формируют первую и вторую группы модулированных по интенсивности световых пучков с помощью пространственно-периодического фазо-поляризационного конвертера 41, включающего в себя статический фазо-поляризационный транспарант 41<sub>1</sub> со электрической адресацией по  $N$  столбцам с взаимно-ортогональными параметрами анализа состояния поляризации для его смежных  $2k$ -х и  $(2k - 1)$ -х столбцов и линейный поляриза-



тор  $41_2$ , где  $i, k = 1, 2, \dots, N$ , осуществляют конверсию поляризационной делительной модуляции  $C\{P\}$  в соответствующие вариации делительной составляющей интенсивности светового потока, и формируя первую и вторую группы из  $N$  модулированных по интенсивности световых пучков, при этом в одну из зон формирования направляют одну группу  $N$  световых пучков, первые  $N/2$  из которых проходят через  $N/2$  четных  $2i$ -х столбцов фазово-поляризационного оптического модулятора 40 и  $N/2$  четных  $2k$ -х столбцов статического фазово-поляризационного транспаранта  $41_1$ , а остальные  $N/2$  световых пучков проходят через  $N/2$  нечетных  $(2i-1)$ -х столбцов фазово-поляризационного оптического модулятора 40 и  $N/2$  нечетных  $(2k-1)$  столбцов статического фазово-поляризационного транспаранта  $41_1$ , а в другую из зон формирования направляют другую группу  $N$  световых пучков, первые  $N/2$  которых проходят через  $N/2$  нечетных  $(2i-1)$ -х столбцов фазово-поляризационного оптического модулятора 40 и  $N/2$  четных  $2k$ -х столбцов статического фазово-поляризационного транспаранта  $41_1$ , а остальные  $N/2$  световых пучков проходят через  $N/2$  четных  $2i$ -х столбцов фазово-поляризационного оптического модулятора 40 и  $N/2$  нечетных  $(2k-1)$  столбцов статического фазово-поляризационного транспаранта  $41_1$ , при этом на управляющий вход вещественно-амплитудного оптического модулятора 39 подают компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Sigma-comp}$  суммирования в его первом частном варианте  $u_{(1)mn}^{\Sigma-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной величине функции линеаризации суммирующей модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma-A}$  частном варианте, взятой от произведения суммы  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркостей  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов (22), либо компенсирующий электронный сигнал суммирования в его втором частном варианте  $u_{(2)mn}^{\Sigma-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной произведению суммы  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркости  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов на функцию линеаризации суммирующей моду-

ляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma-A}$  частном варианте (23), на управляющий вход фазово-поляризационного оптического модулятора 40 подают компенсирующий электронный сигнал  $u_{mn}^{\Xi-comp}$  деления в его первом частном варианте  $u_{(1)mn}^{\Xi-comp}$ , амплитуда которого прямо пропорциональна значениям функции линеаризации  $\Lambda^{\Xi-P}$  делительной модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Xi-P}$  частном варианте, взятой от отношения величин  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  яркости в  $mn$ -м элементах изображений левого и правого ракурсов (24), а амплитуда компенсированного электронного сигнала деления в его втором частном варианте  $u_{(2)mn}^{\Xi-comp}$  прямо пропорциональна произведению отношения  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  величин яркости в  $mn$ -м элементах изображений левого и правого ракурсов на функцию линеаризации  $\Lambda^{\Xi-P}$  делительной модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Xi-P}$  частном варианте (25), при этом функцию линеаризации суммирующей модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma-P}$  частном варианте определяют как функцию  $F^{-1} \{ \Phi_{(1)}^{\Sigma-P}(u) \}$ , обратную к калибровочной функции  $\Phi^{\Sigma-P}$  нелинейности суммирующей модуляции в первом  $\Phi_{(1)}^{\Sigma-P}$  частном варианте (26), функцию линеаризации суммирующей модуляции в ее втором частном варианте  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma-A}(u)$  определяют как функцию  $F^{reciprocal} \{ \Phi_{(2)}^{\Sigma-A}(u) \}$ , значения которой являются обратными величинами  $1/\Phi_{(2)}^{\Sigma-A}(u)$  к значениям калибровочной функции  $\Phi^{\Sigma-A}$  нелинейности суммирующей модуляции в ее втором  $\Phi_{(2)}^{\Sigma-A}(u)$  частном варианте (27), функцию линеаризации делительной модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Xi-P}(u)$  частном варианте определяют как функцию  $F^{-1} \{ \Phi_{(1)}^{\Xi-P}(u) \}$ , обратную к калибровочной функции  $\Phi^{\Xi-P}$  нелинейности делительной модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^{\Xi-P}(u)$  частном варианте (28), а функцию линеаризации делительной модуляции во ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Xi-P}(u)$  частном варианте определяют как функцию

$F^{reciprocal} \left\{ \Phi_{(2)}^{\Xi}(u) \right\}$ , значения которой являются обратными величинами  $1/\Phi_{(2)}^{\Xi-P}(u)$  к значениям калибровочной функции нелинейности суммирующей модуляции во втором  $\Phi_{(2)}^{\Xi-P}(u)$  частном варианте (29), где калибровочная функция нелинейности суммирующей модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^{\Sigma-P}(u)$  частном варианте равна совокупности калибровочных значений однородно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Sigma}(u)$  интенсивности светового потока на выходе любого из окон  $W_{form}^L, W_{form}^R$  формирования (30) при подаче на управляющий вход  $in_{dir}^{\Sigma}$  вещественно-амплитудного оптического модулятора 39 линейно-меняющегося электронного калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma}$  суммирующей модуляции, а калибровочная функция нелинейности суммирующей модуляции в ее втором  $\Phi_{(2)}^{\Sigma-A}(u)$  частном варианте равна отношению последовательности калибровочных значений однородно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Sigma}$  интенсивности светового потока на выходе любой из зон  $Z_{form}^L, Z_{form}^R$  формирования к последовательности соответствующих значений амплитуды линейно-меняющегося электронного калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma}$  суммирующей модуляции (31), калибровочная функция нелинейности делительной модуляции в ее первом частном варианте для случая отношения интенсивностей между левой  $Z_{form}^L$  и правой  $Z_{form}^R$  зонами формирования  $\Phi_{(1)}^{\Xi-P(L/R)}(u)$  равна частному от деления совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(L)}(u)$  интенсивности светового потока в левой зоне  $Z_{form}^L$  формирования на совокупность калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(R)}(u)$  интенсивности светового потока в правой зоне  $Z_{form}^R$  формирования (32) при подаче на управляющий вход  $in_{dir}^{\Xi}$  фазово-поляризационного модулятора 40 линейно-меняющегося электронного калибровочного сигнала

$u_{calib\_lin}^{\Xi}$  делительной модуляции, а калибровочная функция нелинейности делительной модуляции в ее втором  $\Phi_{(2)}^{\Xi-P(L/R)}(u)$  частном варианте равна отношению совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(L)}(u)$  интенсивности светового потока в левой  $Z_{form}^L$  формирования к совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(R)}(u)$  интенсивности светового потока в правой зоне  $Z_{form}^R$  формирования, деленному на совокупность соответствующих значений амплитуды линейно-меняющегося электронного калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Xi}$  делительной модуляции (33), при этом пределы изменения амплитуды электронного калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Sigma}$  суммирующей модуляции меняется в пределах, соответствующих изменению интенсивности  $J_{calib}^{\Sigma}(u)$  светового потока от минимального до максимального калибровочных значений, а пределы изменения амплитуды электронного калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Xi}$  делительной модуляции соответствуют изменению калибровочных значений делительной составляющей  $J_{calib}^{\Xi}(u)$  интенсивности светового потока от минимального до максимального значений при постоянной (предпочтительно – максимальной) величине интенсивности светового потока на входе фазово-поляризационного оптического модулятора 40.

Компенсирющий сигнал  $s_{mn}^{\Sigma-comp}$  суммирования получают на выходе функционального блока 42 с передаточной функцией, равной функции  $\Lambda^{\Sigma-A}(u)$  линеаризации суммирующей модуляции, при подаче на вход функционального блока 42 исходного сигнала  $u_{mn}^{\Sigma}$  суммирования, амплитуда которого прямо пропорциональна сумме  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркостей  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов:  $u_{mn}^{\Sigma} \approx B_{mn}^L + B_{mn}^R$ .

Компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Xi-comp}$  деления получают на выходе функционального блока 43 с передаточной функцией, равной функции  $\Lambda^{\Xi-P}(u)$  линеаризации делительной модуляции, при подаче на вход функционального блока 43 исходного сигнала  $u_{mn}^{\Xi}$  делительной модуляции с амплитудой, прямо пропорциональной частному  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  от деления величины яркости  $mn$ -го элемента изображения левого ракурса на величину яркости  $mn$ -го элемента изображения правого ракурса:  $u_{mn}^{\Xi} \approx B_{mn}^L / B_{mn}^R$ .

Процедуры калибровки и линеаризации (фиг.18) для первого частного варианта реализации второго варианта способа аналогичны соответствующим процедурам для первого частного варианта реализации первого варианта способа, иллюстрируемые фиг. 10-15 и соответствующие соотношениям (34-47). Для регистрации калибровочных значений интенсивности используют фотоприемники 42, 43, апертуры которых находятся соответственно в левой  $Z_{form}^L$  и правой  $Z_{form}^R$  зонах формирования.

Сепарация элементов левого и правого изображений, условно обозначенных (фиг.19) круговым элементом 45 и треугольным элементом 46, характеризующихся соответственно ортогональной составляющей и параллельной составляющей общей поляризации, реализуемой в плоскости  $C \{P\}$ , относительно оси поляризации анализатора поляризации  $41_2$ , осуществляется при его совместном действии с фазово-поляризационным транспарантом  $41_1$ , в результате чего элементы 44 и 45 группируются в разных зонах формирования. Для выявления технической сущности способа достаточно рассматривать только центральную пару зон  $Z_{form}^L, Z_{form}^R$  формирования, однако одновременно также формируются периферийные пары зон формирования (фиг.20), сепарация в которых (например, в периферийной паре первого порядка  $Z_1^L, Z_1^R$  зон формирования) осуществляется аналогично центральной паре  $Z_{form}^L, Z_{form}^R$  зон формирования, которая является парой зон формирования нулевого порядка.

Во втором частном варианте реализации первого варианта способа с помощью оптического генератора 47 (фиг.21) формируют световой поток с первым спектром  $R_1, G_1, B_1$ , с помощью вещественно-амплитудного оптического модулятора 48 осуществляют суммирующую модуляцию  $\Sigma\{A\}$  за счет модуляции вещественной амплитуды  $A$  светового потока, с помощью частотно-оптического модулятора 49 осуществляют косвенную делительную модуляцию ( $\Xi\{\lambda\}$ -модуляцию) в форме управляемого изменения длины волны  $\lambda$  света с переходом от первого спектра  $R_1, G_1, B_1$  к второму спектру  $R_2, G_2, B_2$  при изменении напряжения на его управляющем входе от первого (минимального) до второго (максимального) значения, с помощью первого и второго частотно-оптических анализаторов 50, 51 осуществляют конверсию  $C\{\lambda \rightarrow J\}$  косвенной делительной модуляции в делительную составляющую интенсивности светового потока за счет гребенчатой частотной фильтрации, формируя в левом окнах  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах формирования световые потоки  $m$ -х элементов изображения соответственно левого  $B_{mn}^L$  и правого  $B_{mn}^R$  ракурсов, при этом спектральные характеристики  $R^L, G^L, B^L$  и  $R^R, G^R, B^R$  соответственно первого и второго частотно-оптических анализаторов 50, 51 соответствуют первому  $R_1, G_1, B_1$  и второму  $R_2, G_2, B_2$  спектрам, при этом на управляющий вход вещественно-амплитудного оптического модулятора 48 подают компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Sigma-comp}$  суммирования, а на управляющий вход частотно-оптического модулятора 49 подают компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Xi(L/R)-comp}$  деления.

Компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Sigma-A-comp}$  суммирования вида (1,2) получают на выходе функционального блока 52 с передаточной функцией, равной функции  $\Lambda^{\Sigma-A}$  линеаризации суммирующей  $\Sigma\{A\}$ -модуляции, удовлетворяющей соотношениям (5,6) при подаче на вход функционального блока 52 исходного сигнала  $s_{mn}^{\Sigma}$  суммирования (13).

Компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Xi-\lambda-comp}$  деления получают на выходе функционального блока 53 с передаточной функцией, равной функции  $\Lambda^{\Xi-\lambda}$  линеаризации делительной  $\Xi\{\lambda\}$ -модуляции, удовлетворяющей соотношениям (7, 8) при подаче на вход функционального блока 53 исходного сигнала  $s_{mn}^{\Xi}$  деления (14).

Спектр  $R_1, G_1, B_1$  светового потока, прошедшего частотно-оптический модулятор 49 при отсутствии напряжения на его управляющем входе ( $u=0$ ), соответствует спектральной характеристике  $R^L, G^L, B^L$  первого частотно-оптического анализатора 51. При подаче максимального управляющего напряжения ( $u = u_{\max}$ ) на управляющий вход частотно-оптического модулятора 49 прошедший его световой поток характеризуется спектром  $R_2, G_2, B_2$ , соответствующим спектральной характеристике  $R^R, G^R, B^R$  второго частотно-оптического анализатора 50. При промежуточном значении управляющего напряжения ( $u = u_{\text{int}}$ ) прошедший световой поток имеет спектр  $R_i, G_i, B_i$ . Следовательно, при подаче  $u=0$  световой поток имеет максимальную интенсивность на выходе первого частотно-оптического анализатора 51 и минимальную интенсивность на выходе второго частотно-оптического анализатора 51, а при подаче  $u = u_{\max}$  - наоборот, тем самым реализуется взаимная комплементарность (взаимная дополняемость либо противоположность) оптических характеристик конверсии  $\Xi\{\lambda\}$  в соответствующую составляющую интенсивности светового потока.

Регистрация калибровочных значений интенсивности осуществляют с помощью фотоприемников 54, 55 (фиг. 22). Калибровочные процедуры определения функции линеаризации  $\Lambda^{\Sigma-A}$  вещественно-амплитудной суммирующей модуляции и функции  $\Lambda^{\Xi-\lambda}$  линеаризации спектральной делительной модуляции аналогична калибровочным процедурам, которые иллюстрируются фиг.10-15 и соответствуют соотношениям (34-47). Например, отно-

шение интенсивностей  $J_{calib}^{\Xi-\lambda(L)} / J_{calib}^{\Xi-\lambda(R)} = J_{calib}^{\Xi-\lambda(L/R)}$  светового потока в левом и правом окнах формирования имеет вид графика  $I_{23}$  (фиг.23) при подаче на управляющий вход  $in_{dir}^{\Xi}$  частотно-оптического анализатора 49 калибровочного сигнала с линейно-меняющейся амплитудой ( $u_{calib\_lin}^{\Xi-\lambda} \subset in_{dir}^{\Xi-\lambda}$ ). Функцию  $\Lambda^{\Xi-\lambda}$  линейаризации спектральной делительной модуляции получают, например, за счет вычисления обратных величин (8) от функции нелинейности  $\Phi^{\Xi-\lambda}$  спектральной делительной модуляции (график  $II_{23}$ ). При подаче на управляющий вход электронного блока 53 компенсирующего калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Xi-\lambda\_comp} \subset in_{\otimes}^{\Xi-\lambda}$  вида реализуется линейная зависимость компенсированного отношения интенсивностей  $J_{calib}^{\Xi-\lambda(L/R)\_comp}$  на выходах левого и правого окон формирования от напряжения  $u$  сигнала (график  $III_{23}$ ), а при подаче компенсирующего информационного сигнала  $u_{mn}^{\Xi} \subset in_{\otimes}^{\Xi-\lambda}$  вида (4) - линейная зависимость компенсированного значения интенсивности  $J_{mn}^{\Xi-\lambda(L/R)}$  информационной спектральной делительной модуляции (график  $IV_{23}$ ). Тем самым реализуется сепарация ракурсов стереоизображения в соответствии с (18-20).

В третьем частном варианте реализации второго варианта способа с помощью оптического источника 56 (фиг.24) формируют коллимированный (параллельный) световой поток, с помощью суммирующего дифракционного оптического модулятора (далее  $\Sigma\{\alpha\}$ -модулятора) 57 осуществляют суммирующую дифракционную модуляцию  $\Sigma\{\alpha\}$  за счет изменения угла отклонения  $\alpha$  светового потока в первом поперечном направлении (вдоль координаты  $y$ ), с помощью делительного дифракционного оптического модулятора (далее  $\Xi\{\beta\}$ -модулятора) 58 осуществляют делительную дифракционную модуляцию  $\Xi\{\beta\}$  за счет изменения угла отклонения  $\beta$  светового потока в втором поперечном направлении (вдоль координаты  $x$ ), с помощью несимметричного в двух взаимно ортогональных поперечных направлениях жа-



люзного оптического элемента 59 осуществляют в первом поперечном направлении выделение составляющей  $J^\Sigma$  светового потока, соответствующей в обоих окнах формирования суммирующей дифракционной модуляции  $\Sigma\{\alpha\}$ , во втором поперечном направлении – выделение составляющей светового потока, соответствующей делительной дифракционной модуляции  $\Xi\{\beta\}$ , при этом на управляющие входы  $\Sigma\{\alpha\}$ -модулятора 57 и  $\Xi\{\beta\}$ -модулятора 58 подают компенсирующий электронный сигнал  $u_{mn}^{\Sigma-\alpha-comp}$  суммирования и компенсирующий электронный сигнал  $u_{mn}^{\Xi-\beta-comp}$  деления соответственно.

Компенсирующий сигнал  $u_{mn}^{\Sigma-\alpha-comp}$  суммирования вида (1,2) получают на выходе функционального блока 60 с передаточной функцией, равной функции  $\Lambda^{\Sigma-\alpha}$  линеаризации суммирующей  $\Sigma\{\alpha\}$ -модуляции, удовлетворяющей соотношениям (5,6) при подаче на вход функционального блока 60 исходного сигнала  $s_{mn}^\Sigma$  суммирования с амплитудой вида (13). Компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Xi-\beta-comp}$  деления получают на выходе функционального блока 61 с передаточной функцией, равной функции  $\Lambda^{\Xi-\beta}$  линеаризации делительной  $\Xi\{\beta\}$ -модуляции, удовлетворяющей соотношениям (7, 8) при подаче на вход функционального блока 61 исходного сигнала  $s_{mn}^\Xi$  деления с амплитудой вида (14).

Изменение угла  $\alpha$  (фиг. 25) отклонения светового потока при изменении амплитуды компенсирующего электронного сигнала  $u_{mn}^{\Sigma-\alpha-comp}$  суммирования ведет к изменению степени перекрытия светового потока вертикальным (в направлении координаты  $y$ ) сечением 59<sub>1</sub> несимметричного жалюзного элемента 59, при этом степень перекрытия одинакова для обеих зон  $Z_{form}^L$ ,  $Z_{form}^R$  формирования. При изменении амплитуды компенсирующего электронного сигнала  $s_{mn}^{\Xi-\beta-comp}$  деления изменение угла  $\beta$  отклонения светового потока

ведет к разной (взаимно противоположной) степени перекрытия светового потока для левой  $Z_{form}^L$  и правой  $Z_{form}^R$  зон формирования, поскольку, например, при увеличении угла  $\beta$  в какой степени коэффициент пропускания горизонтального сечения 59<sub>2</sub> несимметричного жалюзного элемента 59 для одной из зон формирования увеличивается, в такой же степени коэффициент пропускания для другой из зон формирования уменьшается.

Калибровочные процедуры получения функции  $\Lambda^{\Sigma-\alpha}$  линеаризации  $\Sigma\{\alpha\}$ -модуляции и функции  $\Lambda^{\Xi-\beta}$  линеаризации  $\Xi\{\beta\}$ -модуляции аналогичны соответствующим процедурам для других частных вариантов реализации первого либо второго вариантов способа, иллюстрируемых фиг.10-15 и описанных соотношениями (34-47). Например, после получения калибровочных значений отношения  $J_{calib}^{\Xi-\beta(L/R)-comp}$  интенсивностей в левой и правой зонах формирования (фиг. 26) осуществляется определение функции  $\Lambda^{\Xi-\beta}$  линеаризации  $\Xi\{\beta\}$ -модуляции путем вычисления обратных величин к соответствующим значениям функции  $\Phi^{\Xi-\beta}$  нелинейности, что приводит к линеаризации  $\Xi\{\beta\}$ -составляющей информационных вариаций интенсивности  $J_{mn}^{\Xi-\beta(L/R)}$  светового потока в зависимости от амплитуды компенсирующего электронного информационного сигнала  $u_{mn}^{\Xi-\beta}$  деления.

Для параллельного формирования всех  $M \cdot N$  элементов стереоизображения используется матрица 62 несимметричных жалюзных элементов 59 (фиг. 27), выполненных, например, нанотехнологическими средствами либо голографическим методом.

В четвертом частном варианте реализации первого варианта способа с помощью аналогового вещественно-амплитудного оптического модулятора 63 (фиг.28) осуществляют суммирующую модуляцию  $\Sigma\{A\}$  за счет аналоговой модуляции вещественной амплитуды  $A$  светового потока, с помощью бистабильного поляризационного модулятора 64 осуществляют бис-

табильную поляризационную делительную модуляцию  $\Xi\{P_{Bi}\}$  (далее  $\Xi\{P_{Bi}\}$ -модуляцию) за счет широтно-импульсной (ШИМ) модуляции между двумя взаимно ортогональными состояниями поляризации, с помощью первого 65 и второго 66 поляризационных конвертеров со взаимно комплементарными состояниями поляризации осуществляют аналоговую поляризационную конверсию  $C\{P_{Bi} \rightarrow J\}$  делительной модуляции в бистабильные вариации делительной составляющей интенсивности светового потока, при этом функцию  $\Lambda_{analog}^{\Sigma-A}$  линейаризации аналоговой суммирующей модуляции определяют в соответствии с соотношениями (26, 27), а функцию  $\Lambda_{Bi}^{\Sigma-P}$  линейаризации  $\Xi\{P_{Bi}\}$ -модуляции определяют в первом варианте  $\Lambda_{(1)Bi}^{\Xi-P}$  как обратную к функции  $\Phi_{Bi}^{\Xi-P}$  нелинейности  $\Xi\{P_{Bi}\}$ -модуляции в первом  $\Phi_{(1)Bi}^{\Xi-P}$  варианте

$$\Lambda_{(1)Bi}^{\Xi-P}(u) \approx F^{-1}\{\Phi_{(1)Bi}^{\Xi-P}(u)\}, \quad (48)$$

где  $\Phi_{(1)Bi}^{\Xi-P}$  определяют как совокупность результатов частного  $\tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L/R)}(u)$  от деления усредненных во времени калибровочных значений  $\Xi\{P_{Bi}\}$ -составляющей интенсивности светового потока в левом окне формирования  $\tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)}(u)$  к усредненным во времени калибровочным значениям  $\Xi\{P_{Bi}\}$ -составляющей интенсивности светового потока в правом окне формирования  $\tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(R)}(u)$

$$\Phi_{Bi}^{\Xi-P}(u) \approx \tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)}(u) / \tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(R)}(u) = \tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L/R)}(u), \quad (49)$$

где

$$\begin{aligned} \tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)}(u) &= \int_t J_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)} dt, \quad \tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(R)}(u) = \int_t J_{calib\_Bi}^{\Xi-P(R)} dt \\ \tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L/R)}(u) &= \int_t J_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)} dt / \int_t J_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)} dt, \end{aligned} \quad (50)$$

при подаче на управляющий вход бистабильного поляризационного модулятора 64 калибровочного широтно-импульсного сигнала  $u_{calib\_lin\_Bi}^{\Xi-P}$  с линейно-меняющейся шириной импульсов, а функцию линеаризации  $\Xi\{P_{Bi}\}$ -модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)Bi}^{\Xi-P}$  варианте определяют как совокупность величин, каждая из которых является обратной величиной к соответствующему значению функции нелинейности в ее втором  $\Phi_{(2)Bi}^{\Xi-P}$  варианте

$$\Lambda_{(2)Bi}^{\Xi-P}(u) \approx 1 / \Phi_{(2)Bi}^{\Xi-P}(u) , \quad (51)$$

где функция нелинейности в ее втором  $\Phi_{(2)Bi}^{\Xi-P}$  варианте равна

$$\Phi_{(2)Bi}^{\Xi-P} \approx \frac{\tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)}(u) / \tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(R)}(u)}{\tilde{u}_{calib\_lin\_Bi}^{\Xi-P}} = \frac{\tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L/R)}(u)}{\tilde{u}_{calib\_lin\_Bi}^{\Xi-P}} \quad (52)$$

при этом

$$\tilde{u}_{calib\_lin}^{\Xi-P} = \int_0^T u_{calib\_lin\_Bi}^{\Xi-P} dt . \quad (53)$$

Компенсирующий сигнал сигнал  $u_{mn}^{\Sigma-A-comp}$  суммирования вида (1,2) получают на выходе электронного блока 67 с передаточной функцией, соответствующей функции  $\Lambda_{analog}^{\Sigma-A}$  линеаризации аналоговой суммирующей модуляции, удовлетворяющей соотношениям (5,6) при подаче на вход функционального блока 67 исходного сигнала суммирования с амплитудой вида (13).

Компенсирующий бистабильный сигнал  $s_{mn\_Bi}^{\Xi-P-comp}$  деления получают на выходе ШИМ-преобразователя 68 с передаточной функцией, соответствующей функции  $\Lambda_{Bi}^{\Sigma-P}$  линеаризации бистабильной делительной модуляции, удовлетворяющей соотношениям (40, 44) при подаче на вход ШИМ-преобразователя 68 исходного сигнала  $s_{mn}^{\Xi}$  деления с амплитудой вида (14).

С помощью ШИМ-преобразователя 68 преобразуют значение аналогового калибровочного электронного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Xi}$  с линейно-меняющейся амплитудой в импульсы переменной длительности с постоянной амплитудой,

достаточной для приведения в действие бистабильного поляризационного модулятора 64.

Особенность процедуры получения значений функции нелинейности бистабильной делительной поляризационной модуляции при широтно-импульсной модуляции интенсивности светового потока (фиг. 29) состоит в регистрации интенсивности калибровочных оптических импульсов в двух окнах  $W_{form}^L, W_{form}^R$  формирования с помощью быстродействующих фотоприемников 69, 70 с выходами, подключенными к входам временных интеграторов 71, 72 при подаче на управляющий вход бистабильного оптического модулятора 64 калибровочного электронного сигнала в виде последовательности  $u_{calib\_lin}^{\Xi\_Bi}$  электрических импульсов с линейно-меняющейся (линейно-нарастающей) шириной, вырабатываемых ШИМ-преобразователем 68 при подаче на его вход сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Xi\_Bi}$ . Отклик бистабильного оптического модулятора 64 во времени состоит в попеременной реализации двух взаимно ортогональных состояний поляризации, одно из которых соответствует нулевому логическому уровню амплитуды управляющих электрических импульсов, а другое – единичному логическому уровню амплитуды. Например, при первой величине  $u_1$  аналогового калибровочного сигнала (подаваемого на вход ШИМ-преобразователя 68) последний вырабатывает электрический импульс с малой шириной  $T_1$ , что приводит к кратковременной реализации вертикального (относительно плоскости чертежа фиг. 30) состояния поляризации бистабильного оптического модулятора 64, и соответственно, к кратковременному (в течение времени  $T_1$ ) появлению светового импульса в левом окне формирования и к появлению в правом окне формирования светового импульса с комплементарной длительностью  $T - T_1$  вследствие действия поляризационных конвертеров 65, 66 с взаимно ортогональными поляризационными характеристиками. При второй величине  $u_2$  аналогового калибровочного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Xi}$  (где  $u_2 > u_1$ ) в следующем такте ШИМ-

преобразователь 68 вырабатывает электрический импульс с большей шириной  $T_2$ , что приводит к появлению в левом окне формирования светового импульса большей (с временем  $T_2$ ) длительности. а в правом окне наблюдения – импульса уменьшенной длительности  $T - T_2$ . После регистрации интенсивности оптических импульсов фотоприемниками 69, 70 соответствующие электронные сигналы поступают на входы временных интеграторов 71, 72, характеризующегося постоянной времени  $T$  интегрирования, соответствующей периоду следования импульсов в калибровочном электронном сигнале  $u_{calib\_lin}^{\Xi}$ . Электронные сигналы на выходах временных интеграторов 71, 72 являются аналоговыми сигналами, огибающие которых соответствуют усредненным во времени калибровочным значениям делительной составляющей интенсивности  $\tilde{J}_{calib}^{\Xi(L)}$  и  $\tilde{J}_{calib}^{\Xi(R)}$  светового потока (фиг.31) соответственно в левом и правом окнах формирования (графики  $I_{31}$ ). Интегрирование во времени калибровочных значений интенсивности позволяет обеспечить линеаризацию с использованием аналоговых передаточных функций, аналоговых функции нелинейности и аналоговых функций линеаризации для бистабильной поляризационной делительной модуляции, которые вычисляются с помощью аналоговых либо цифровых функциональных блоков аналогично другим частным вариантам реализации способа в соответствии с выражениями (49, 50, 52).

При просмотре стереоизображения за счет работы бистабильного поляризационного модулятора 64 в окна  $W_{form}^L, W_{form}^R$  формирования (в глаза наблюдателя, находящиеся в окнах  $W_v^L, W_v^R$  наблюдения) поступают световые импульсы, изменение ширины которых линейно связано с изменением отношения яркостей  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$ . Зрение человека характеризуется кратковременной оптической памятью, обеспечивающей временное интегрирование поступающих световых импульсов, т.е. позволяющая воспринимать световые импульсы неизменного уровня с переменной длительностью как непрерывный

световой поток с интенсивностью, пропорциональной длительности оптического импульса постоянного уровня интенсивности, если частота поступления оптических импульсов в каждый глаз наблюдателя выше критического значения (частота поступления не ниже 50-60 Гц, исходя из которой выбрана кадровая частота телевизионных систем), то световая энергия распределяется между двумя окнами  $W_{form}^L, W_{form}^R$  формирования за счет бистабильной ШИМ, при этом в первое из окон формирования посылается световой импульс длительностью  $T_{mn}$ , прямо пропорциональной отношению  $B_{L.}^{mn} / B_R^{mn}$ , в то же время в второе окно формирования посылается световой импульс с длительностью  $T - T_{mn}$ . В результате интегрирующего действия зрения человека при линейном увеличении длительности оптического импульса в первом окне наблюдения левый глаз будет воспринимать эквивалентное линейное нарастание интенсивности светового потока, пропорциональное увеличению отношения  $B_{L.}^{mn} / B_R^{mn}$ . Во втором окне наблюдения в это время правый глаз будет наблюдать понижение усредненной во времени интенсивности светового потока (в соответствии с отношением  $B_R^{mn} / B_{L.}^{mn}$ ). Воспринимаемые левым (или правым) глазом усредненные во времени величины интенсивности светового потока графически будут соответствовать прямым, ординаты которых численно равны интегралам по длительности  $T$  – фиг. 31, график  $I_{31}$ . Это означает, что выполняется соотношение (19) для наблюдаемых интенсивностей светового потока. Поскольку одновременно с помощью аналогового вещественно-амплитудного оптического модулятора 63 осуществляют модуляцию суммирующей составляющей светового потока пропорционально сумме яркостей  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  (проведя предварительно в соответствии с соотношениями (7-10) калибровку с линеаризацией суммирующей модуляции), то выполняется также и соотношение (18) для интенсивностей световых потоков в окнах наблюдения, что приводит к выполнению соотношения (20), т.е. к искомой сепарации ракурсов (формированию) стереоизображения.

При вычислении функций нелинейности следует учитывать известные характеристики нелинейного восприятия зрением человека изменений яркости (интенсивности) поступающего в глаза световых потоков.

Первый, второй, третий и четвертый частные варианты реализации второго варианта способа осуществляются аналогично соответствующим частным вариантам реализации первого варианта способа, особенность состоит только в том, что регистрация калибровочных значений интенсивности осуществляется в зонах  $Z_{form}^L$ ,  $Z_{form}^R$  формирования (вместо окон  $W_{form}^L$ ,  $W_{form}^R$  формирования).

В первом, втором, третьем и четвертом частных вариантах реализации способа отсутствует нелинейное взаимодействие между физическими параметрами  $\Sigma$ -модуляции и  $\Xi$ -модуляции, что позволяет проводить для них отдельные (взаимно независимые) калибровочные процедуры, ведущие к получению соответственно одномерной функции линеаризации  $\Sigma$ -модуляции и одномерной функции линеаризации  $\Xi$ -модуляции, аргументами каждой из которых являются значения только собственных калибровочных сигналов – сигнала (задания  $\Sigma$ -модуляции) и сигнала (задания  $\Xi$ -модуляции).

Отсутствие нелинейного взаимодействия в первом, втором и четвертом частных вариантах реализации способа имеет место при разноименных параметрах  $\Sigma$ -модуляции и  $\Xi$ -модуляции (вещественно-амплитудная модуляция для  $\Sigma$ -модуляции и поляризационная либо спектральная модуляция  $\Xi$ -модуляции), не взаимодействующие нелинейно вследствие использования разных физических характеристик светового потока (световой волны). Отсутствие нелинейного взаимодействия в третьем частном варианте реализации способа имеет место при одноименных параметрах (дифракционная модуляция)  $\Sigma$ -модуляции и  $\Xi$ -модуляции, но действующих взаимно независимо вследствие использования двух взаимно ортогональных направлений в пространстве. В общем случае нелинейное взаимодействие  $\Sigma$ -модуляции и  $\Xi$ -модуляции отсутствует при их осуществлении с помощью соответствующей



щих различающихся между собой степеней свободы математического пространства модуляционных параметров.

Напротив, использование одной и той же степени свободы пространства модуляционных параметров при реализации  $\Sigma$ -модуляции и  $\Xi$ -модуляции ведет к появлению их нелинейного взаимодействия, характер и физическая реализация которого определяется выбором конкретного вида оптического модулятора суммирующего действия и/или оптического модулятора разностного действия.

В пятом частном варианте реализации первого варианта способа с помощью амплитудно-поляризационного оптического модулятора 73 (фиг.32) осуществляют суммирующую модуляцию  $\Sigma\{A; P\}$  за счет модуляции вещественной амплитуды  $A$  (в качестве основной суммирующей модуляции) светового потока в комбинации с модуляцией состояния его поляризации  $P$  (в качестве сопутствующей суммирующей модуляции), с помощью поляризационного модулятора 74 осуществляют делительную поляризационную модуляцию  $\Xi\{P\}$  светового потока за счет модуляции состояния его поляризации  $P$  (в качестве основной делительной модуляции) с помощью поляризационных конвертеров 75, 76 со взаимно комплементарными поляризационными характеристиками осуществляют конверсию  $C\{P \rightarrow J\}$  делительной поляризационной модуляции в соответствующие вариации делительной составляющей интенсивности светового потока и сопутствующей суммирующей поляризационной модуляции в соответствующие вариации суммарной составляющей интенсивности светового потока.

Особенностью пятого частного варианта реализации способа является присутствие двух (основного  $A$  и сопутствующего  $P$ ) физических параметров  $\Sigma$ -модуляции, где сопутствующий параметр  $\Sigma$ -модуляции (состояние поляризации светового потока) является одноименным с основным параметром  $\Xi$ -модуляции. Основным параметром  $\Sigma$ -модуляции (либо  $\Xi$ -модуляции) является тот из ее параметров, который целенаправленно ис-

пользуется для реализации операции суммирования яркостей левого и правого ракурсов, и его использования достаточно для реализации вычисления суммы величин (либо отношения величин) яркостей левого и правого ракурсов. На достижение требуемой характеристики основного параметра  $\Sigma$ -модуляции (либо  $\Xi$ -модуляции) направлен расчет формы информационного сигнала  $s_{mn}^{\Sigma}$  ( $s_{mn}^{\Xi}$ ), подаваемого на управляющий вход  $\Sigma$ -модулятора ( $\Xi$ -модулятора). Сопутствующим параметром  $\Sigma$ -модуляции (либо  $\Xi$ -модуляции) является тот физический параметр светового потока (световой волны), присутствие которого не является необходимым для реализации вычисления суммы величин (либо отношения величин) яркостей левого и правого ракурсов, а связано с особенностями конкретного выполнения  $\Sigma$ -модулятора ( $\Xi$ -модулятора).

Наличие сопутствующей поляризационной модуляции в составе  $\Sigma$ -модуляции в пятом частном варианте реализации первого варианта способа ведет к появлению асимметрии в графиках калибровочных величин интенсивности суммирующей составляющей интенсивности светового потока между двумя окнами  $W_{form}^L$ ,  $W_{form}^R$  формирования (фиг. 35) в случае проведения отдельной калибровочной процедуры для  $\Sigma$ -модуляции, что является принципиальным отличием от результатов проведения калибровочной процедуры в отсутствие сопутствующих параметров  $\Sigma$ -модуляции, где соответствующие графические зависимости являются симметричными. В качестве иллюстрации причины появления асимметрии на графики  $I_{35}$  и  $II_{35}$ , (соответствующие величинам интенсивности в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах формирования) наложены представлены графические зависимости для калибровочных величин составляющих  $\Sigma$ -модуляции в случае как отдельной основной модуляции в виде только модуляции вещественной амплитуды светового потока (отдельно представленных на графиках  $III_{35}$  и  $IV_{35}$  для левого и правого окон формирования) и в случае отдельной сопутствующей поляризационной модуляции. На парах графиков  $V_{35}$ ,  $VI_{35}$  и  $VII_{35}$ ,  $VIII_{35}$  (соответствующие

щих левому  $W_{form}^L$  и правому  $W_{form}^L$  окнам формирования) представлено графическое построение результата совместного действия основной и сопутствующей  $\Sigma$ -модуляции на величину интенсивности светового потока, откуда видна принципиальная асимметрия графических зависимостей изменения интенсивности светового потока между левым  $W_{form}^L$  и правым  $W_{form}^L$  окнами формирования в случае проведения самостоятельной калибровочной процедуры для  $\Sigma$ -модуляции.

Поскольку сопутствующий параметр  $\Sigma$ -модуляции является одноименным с параметром (единственным и основным) для  $\Xi$ -модуляции, то для восстановления симметрии графиков для  $\Sigma$ -модуляции обеспечивается проведением совместной калибровочной процедуры для  $\Sigma$ -модуляции и  $\Xi$ -модуляции, после проведения которой симметрия  $\Sigma$ -модуляции обеспечивается за счет взаимной компенсации поляризационных параметров  $\Sigma$ -модуляции и  $\Xi$ -модуляции, а получаемая совокупность компенсационных значений поляризационного параметра  $\Xi$ -модуляции является совокупностью точек отсчета информационной составляющей  $\Xi$ -модуляции, разных для разных значений амплитуды управляющего сигнала. Совместная калибровочная процедура ведет к двумерности функции, описывающей калибровочные значения интенсивности  $J_{calib}^{\Xi(\Sigma)}(u_{calib}^{\Xi}; u_{calib}^{\Sigma})$  нелинейности  $\Xi$ -модуляции, становящейся функцией двух переменных – собственного калибровочного сигнала  $u_{calib}^{\Sigma}$  деления и перекрестного калибровочного сигнала  $u_{calib}^{\Xi}$  суммирования. В процессе совместной калибровки (с помощью регистрации интенсивностей светового потока фотоприемниками 77, 78 (фиг.33) определяют величины сигнала  $u_{calib}^{\Xi}$ , обеспечивающие указанную компенсацию при каждом разрешимом значении амплитуды сигнала  $u_{calib}^{\Sigma}$ . В функциональном блоке 79 осуществляется сравнение интенсивностей в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах формирования для фиксации, одинаковые значение которых индицирует указанную компенсацию, и соответствующие

значения калибровочных сигналов (подаваемых на управляющие входы вещественного-амплитудного модулятора 73 и поляризационного модулятора 74) запоминаются. Затем осуществляется отдельная калибровочная процедура для  $\Xi$ -модуляции, при которой сохраненные в памяти функционального блока 76 значения калибровочных сигналов  $\Xi$ -модуляции являются начальными значениями для отсчета калибровочных значений амплитуд для собственно  $\Xi$ -модуляции. После проведения обеих калибровочных процедур в памяти функционального блока 79 сохранены два множества калибровочных значений, одно из которых (относящееся к  $\Sigma$ -модуляции) является одномерным -  $J_{calib}^{\Sigma-A}(u_{calib}^{\Sigma})$  и используется для вычисления одномерной функции нелинейности и одномерной функции линеаризации  $\Sigma$ -модуляции в соответствии с соотношениями (26, 27), а другое -  $J_{calib}^{\Xi\{\Sigma\}}(u_{calib}^{\Xi}; u_{calib}^{\Sigma})$ , является двумерным (представлено, например, выборкой данных из таблицы - фиг.34), и используется для вычисления двумерных функции нелинейности и функции линеаризации  $\Xi$ -модуляции. Полученные функции линеаризации являются данными для задаваемых передаточных функций электронных блоков 78 и 79, последний из которых имеет два входа – один для ввода собственного информационного сигнала  $\Xi$ -модуляции, другой для ввода информационного сигнала  $\Xi$ -модуляции.

Шестой частный вариант реализации первого варианта способа характеризуется использованием амплитудно-поляризационного модулятора 80 (фиг.36) для осуществления основной вещественно-амплитудной модуляции и сопутствующей поляризационной модуляции в качестве составляющих  $\Sigma\{A, P\}$ -модуляции, а также амплитудно-поляризационного модулятора 81 для осуществления основной поляризационной модуляции и сопутствующей вещественно-амплитудной модуляции в качестве составляющих  $\Xi\{P, A\}$ -модуляции, обе из которых -  $\Sigma\{A, P\}$ -модуляция и  $\Xi\{P, A\}$ -модуляция - конвертируются с помощью поляризационных конвертеров 82, 83 в соответствующие вариации интенсивности в левом и правом окнах формирования, ре-

гистрируемые фотоприемниками 83, 84, при подаче на управляющие входы амплитудно-поляризационного модулятора 80 и амплитудно-поляризационного модулятора 81 соответствующих калибровочных сигналов.

Осуществляются совместные калибровочные процедуры для получения двумерной функции нелинейности  $\Sigma$ -модуляции и двумерной функции нелинейности  $\Xi$ -модуляции, по которым вычисляются двумерные функции линеаризации  $\Sigma$ -модуляции и  $\Xi$ -модуляции, являющиеся передаточными функциями электронных блоков 84, 85 (фиг. 37, 38), каждый из которых имеет два входа.

В общем случае  $\Sigma$ -модуляция и/или  $\Xi$ -модуляция характеризуются набором параметров, из которых часть параметров относится к основным параметрам, остальные – к сопутствующим параметрам. Для учета взаимодействия соответствующих параметров  $\Sigma$ -модуляции и/или  $\Xi$ -модуляции используются совместные калибровочные процедуры для всех пар взаимодействующих параметров, в результате получают многомерные функции нелинейности и вычисляют соответствующие функции линеаризации)  $\Sigma$ -модуляции и/или  $\Xi$ -модуляции.

Устройство для формирования и наблюдения стереоизображений с максимальным разрешением содержит источник 86 стереовидеосигнала (фиг. 39), первый 87 и второй 88 функциональные блоки, оптический источник 89 и расположенные последовательно на оптической оси электрически адресуемый по  $M$  строкам и  $N$  столбцам оптический суммирующий модулятор 90, электрически адресуемый по  $M$  строкам и  $N$  столбцам оптический делительный модулятор 91, электрически адресуемый по  $N$  столбцам оптический селектор 92, каждый из которых выполнен с двумя взаимно комплементарными произвольными оптическими состояниями и произвольной однозначной характеристикой перехода между этими состояниями, апертура  $m \times n$ -ого элемента суммирующего оптического модулятора 90 оптически сопря-

жена с апертурой  $m$ -ого элемента делительного оптического модулятора 91, при этом смежные  $(2k-1)$ -й и  $2k$ -й столбцы делительного оптического модулятора 91 и смежные  $(2i-1)$ -й и  $2i$ -й столбцы оптического селектора 92 выполнены с возможностью установки соответственно первого и второго взаимно комплементарных состояний рабочего вещества между смежными столбцами, ось симметрии зоны формирования одного из ракурсов является общей линией пересечения  $N$  плоскостей, из которых первые  $N/2$  плоскостей проходят через оси симметрии нечетных  $(2k-1)$ -х столбцов делительного оптического модулятора 91 и оси симметрии четных  $2i$ -х столбцов оптического селектора 92, а остальные  $N/2$  плоскостей проходят через оси симметрии четных  $2k$ -х столбцов делительного оптического модулятора 91 и оси симметрии нечетных  $(2i-1)$ -х столбцов оптического селектора 92, ось симметрии зоны формирования другого из ракурсов является общей линией пересечения  $N$  плоскостей, из которых первые  $N/2$  плоскостей проходят через оси симметрии четных  $2k$ -х столбцов делительного оптического модулятора 91 и оси симметрии четных  $2i$ -х столбцов оптического селектора 92, а остальные  $N/2$  плоскостей проходят через оси симметрии нечетных  $(2k-1)$ -х столбцов делительного оптического модулятора 91 и оси симметрии нечетных  $(2i-1)$ -х столбцов оптического селектора 92, где  $n, i, k = 1, 2, \dots, N$ ,  $m = 1, 2, \dots, M$ , выход источника 86 стереовидеосигнала подключен к входам первого 87 и второго 88 функциональных блоков, выход первого из которых подключен к входу суммирующего оптического модулятора 90, а выход второго - к управляющему входу делительного оптического модулятора 91, причем первый функциональный блок 87 выполнен с передаточной функцией  $T^\Sigma$ , являющейся обратной функцией к передаточной функции  $\Phi^{ch-1}$  первого оптоэлектронного канала

$$T^\Sigma = F^{-1} \{ \Phi^{ch-1} \} , \quad (54)$$

входом которого является управляющий вход суммирующего оптического модулятора 90, а оптическим выходом – любая из зон  $Z_{form}^L$ ,  $Z_{form}^R$  формирования, второй электронный функциональный блок 88 выполнен с передаточной функцией  $T^{\Xi}$ , являющейся обратной функцией к передаточной функции  $\Phi^{ch-2}$  второго оптоэлектронного канала

$$T^{\Xi} = F^{-1} \{ \Phi^{ch-2} \} , \quad (55)$$

входом которого является управляющий вход делительного оптического модулятора 91, оптическим выходом – апертуры обеих зон  $Z_{form}^L$ ,  $Z_{form}^R$  формирования, а значениями передаточных функций первого и второго оптоэлектронных каналов являются значения оптической интенсивности.

Однозначность произвольной характеристики (функции) перехода между двумя произвольными взаимно комплементарными оптическими состояниями означает наличие только одного значения у этой характеристики (функции) для каждой величины ее аргумента.

Начальное оптическое состояние рабочего вещества является одинаковым во всех элементах  $\Sigma_{mn}$  суммирующего оптического модулятора (фиг. 41), а для смежных столбцов с элементами  $\Xi_{mn}$  делительного оптического модулятора (фиг.42) и для смежных столбцов  $C_n$  оптического селектора (фиг. 43) начальные состояния рабочего вещества являются взаимно комплементарными.

Работа устройства соответствует осуществлению второго варианта способа, где функция нелинейности суммирующей модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте равна передаточной функции  $\Phi^{ch-1}$  первого оптоэлектронного канала, функция линеаризации суммирующей модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте равна передаточной функции  $T^{\Sigma}$  электронного функционального блока 87, функция нелинейности делительной модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^{\Xi}$  частном варианте равна передаточной функции  $\Phi^{ch-2}$  вто-

рого оптоэлектронного канала, а функция линеаризации делительной модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Xi}$  частном варианте равна передаточной функции  $T^{\Xi}$  электронного функционального блока 87.

Процедура линеаризации сквозной передаточной функции первого и второго оптоэлектронных каналов устройства осуществляется в соответствии с графическими зависимостями, представленными на фиг. 10, 11, 13, 14, исходя из регистрации калибровочных значений по схеме, иллюстрируемой фиг. 18, и используя структурную схему вычисления функций линеаризации по примеру, представленному на фиг. 9. В результате проведения линеаризации работа устройства будет осуществляться в соответствии с соотношениями (26, 27), из которых следует достижение искомой сепарации ракурсов стереоизображения в соответствии с выражением (20).

Оптическое состояние  $S$  рабочего вещества описывается обобщенной комплексной функцией вида

$$S = K \exp(-i\Theta) , \quad (56)$$

где  $K$  - вещественно-амплитудный коэффициент пропускания (поглощения),  $\Theta$  - обобщенная фаза, физический смысл которой определяется конкретным выбором оптических характеристик рабочего вещества, используемых для формирования передаточной функции оптоэлектронного канала устройства. Взаимная комплементарность двух оптических состояний соответствует их взаимной дополнительности либо взаимной противоположности, которые в каждом конкретном случае приобретают вид конкретных соотношений между теми или иными оптическими параметрами рабочего вещества. Двум взаимно комплементарным оптическим состояниям рабочего вещества, т.е. исходному состоянию  $S$  и комплементарного ему состоянию  $S^*$ , соответствуют два комплексно-сопряженных значения функции (50), где  $S^* = K \exp(i\Theta)$ , которые также могут сопровождаться не только взаимно противоположными знаками обобщенной фазы  $\Theta$ , но и сопровождаться (либо заменяться) двумя экстремальными (максимальным и минимальным) значениями вещественно-



амплитудного коэффициента  $K$  пропускания. Для оптической характеристики, представленной вариациями только вещественно-амплитудного коэффициента  $K$  пропускания (обобщенная фаза  $\Theta$  равна 0) два взаимно ком-плементарных оптических состояния рабочего вещества соответствуют мак-симальному и минимальному значениям  $K$  оптического пропускания. Для оптически анизотропного рабочего вещества при  $\Theta_\delta = 2\pi\delta$ , где  $\delta$  - фазовая задержка между обыкновенным и необыкновенным лучом, два взаимно ком-плементарных оптических состояния соответствуют значениям  $\delta$ , при кото-рых два значения  $\Theta_\delta$  различаются на  $\pi/2$ . Для оптически активного рабоче-го вещества  $\Theta_\varphi = \varphi$ , где  $\varphi$  - угол оптической активности, соответствующий изменению углового положения поляризационного состояния (плоскости по-ляризации либо эллипса поляризации), и два взаимно ком-плементарных оп-тических состояния соответствуют двум значениям  $\varphi$ , различающимся на  $90^\circ$ . Величина  $K$  может быть спектрально зависимой (являться функцией длины волны  $\lambda$  света) либо зависеть от величины угла к нормали плоскости суммирующего оптического модулятора 90 либо делительного оптического модулятора 91 (для селективного по углу рабочего вещества). Для рабочего вещества с управляемой оптической толщиной  $\Theta_{d,\lambda} = 2\pi dn / \lambda$ , где  $d$  - вели-чина физической толщины,  $n$  - величина показателя преломления рабочего вещества. Например, максимальное значение вещественно-амплитудного коэффициента поглощения светового потока ком-плементарно его минималь-ному (нулевому) значению, при использовании поляризационных селекторов (анализаторов) с взаимно ортогональными поляризационными характери-стками в случае линейной поляризации взаимно ком-плементарными значе-ниями анизотропной оптической толщины делительного оптического моду-лятора являются ее значения, соответствующие нулевому и  $180^\circ$ -ному (ве-личиной  $\pi$ ) начальным фазовым сдвигам для обыкновенного и необыкно-венного лучей в рабочем веществе, а в случае циркулярной поляризации - нулевому 0 и  $90^\circ$ -ному ( $\pi/2$ ) начальным фазовым сдвигам, которые приводят

к реализации разностной делительной модуляции между окнами формирования. К значениям фазового сдвига могут прибавляться алгебраически любые величины, кратные фазовому сдвигу величиной  $2\pi$ , без влияния на итоговую взаимную комплементарность оптических состояний.

Суммирующий оптический модулятор, делительный оптический модулятор и оптический селектор могут быть взаимно переставлены в способе и устройстве вдоль направления распространения светового потока (вдоль оптической оси) с образованием частных вариантов реализации технических решений, для которых операции суммирования, деления и конверсии (пространственной селекции) пространственных оптических сигналов инвариантны относительно перестановки, в том числе вследствие универсальности калибровочных процедур линеаризации оптоэлектронных каналов,

Первый частный вариант выполнения устройства (характеризующийся обращенным порядком расположения оптических компонентов по сравнению с первым частным вариантом реализации второго варианта способа), содержит последовательно расположенные вдоль оптической оси оптический источник 93 (фиг. 44), оптический селектор 94, делительный оптический модулятор 95 и суммирующий оптический модулятор 96, при этом оптический источник 93 выполнен в виде последовательно расположенных параболического рефлектора  $93_1$ , точечного источника  $93_2$  света, расположенного в фокусе параболического рефлектора  $93_1$ , и пропускающе-отражающего (трансфлективного) слоя (transflective layer)  $93_3$  холестерического ЖК с циркулярной закруткой молекул, оптический селектор 94 выполнен со слоем рабочего вещества в виде электрически адресуемого двупреломляющего слоя ЖК со значениям фазовой задержки  $\pi/2$  и  $3\pi/2$  соответственно в  $(2i-1)$ -х и  $2i$ -х столбцах, оптический делительный модулятор 95 выполнен в виде последовательно расположенных слоя рабочего вещества в виде электрически адресуемого слоя со значениям фазовой задержки 0 и  $\pi$  соответственно в  $(2k-1)$ -х и  $2k$ -х столбцах первого линейного поляризатора 97, оптический суммирующий модулятор 96 выполнен в виде в виде после-

довательно расположенных слоя рабочего вещества в виде электрически адресуемого слоя ЖК твист-структуры с  $90^0$ -ной закруткой молекул и второго линейного поляризатора 98, направление поляризации которого ортогонально направлению поляризации первого поляризатора 97. Каждый из электрически адресуемых ЖК слоев находится между двумя прозрачными электродами 99, 100, к которым прикладывается напряжение  $u_{control}$  управления оптическим состоянием слоя.

Устройство работает следующим образом. Оптический источник 93 генерирует циркулярно-поляризованную световую волну (например, с левосторонним вращением плоскости поляризации). Рассматриваемое выполнение оптического источника 93 позволяет обеспечить близкую к 100% эффективность преобразования неполяризованного света от точечного источника 93<sub>2</sub> в циркулярно-поляризованный свет за счет того, что пропускающее-отражающий слой 93<sub>3</sub> холестерического ЖК пропускает, например, только левоциркулярно-поляризованную составляющую светового потока, а остальные его составляющие отражаются от слоя 93<sub>3</sub> холестерического ЖК обратно на рефлектор 93<sub>1</sub>, причем в результате отражения от рефлектора 93<sub>1</sub> циркулярно-поляризованный свет меняет первоначальное направление циркуляции вектора поляризации световой волны на обратное, что обеспечивает итерационную процедуру конвертации неполяризованного света в левоциркулярный свет при малом поглощении его энергии. Левоциркулярно-поляризованная световая волна после прохождения оптического селектора 94 разбивается на N световых пучков, из которых любая пара  $2i$  и  $2i-1$  смежных световых пучков (проходящих через  $2i$  и  $2i-1$  столбцы оптического селектора 94 соответственно) характеризуется взаимно ортогональными направлениями вектора поляризации световой волны, поскольку сегменты рабочего вещества  $2i$  и  $2i-1$  столбцов характеризуются соответственно  $\pi/2$  и  $3\pi/2$  значениями фазового сдвига между обычным и необыкновенным лучами. В начальном состоянии рабочее вещество делительного оптического модулятора 95 характеризуется значениями фазового сдвига 0 и  $\pi$

в сегментах, соответствующих столбцам  $2k - 1$  и  $2k$ , поэтому в исходном состоянии устройства (когда суммирующий оптический модулятор 96 открыт, т.е. его слой рабочего вещества во всех его  $mn$ -х элементах обеспечивает поворот на  $90^0$  плоскости линейной поляризации проходящей световой волны при нулевом управляющем напряжении на управляющем входе  $in_{dir}^{\Sigma}$ ) в левую зону формирования будут проходить световые потоки как от столбцов  $(2i - 1)$  оптического селектора 94 через столбцы  $(2k - 1)$  делительного оптического модулятора 95, так и от столбцов  $2i$  через столбцы  $2k$ , поскольку направление поляризации светового потока для данных оптических путей параллельно направлению оси поляризации поляризатора 97. В правую зону формирования в исходном состоянии устройства световые потоки проходить не будут, поскольку для всех комбинаций  $i$  и  $k$ , соответствующих оптическим путям, ведущим в правую зону формирования, поляризация проходящего светового потока будет ортогональна направлению оси поляризации линейного поляризатора 97. При подаче на управляющий вход  $in_{dir}^{\Xi}$  делительного оптического модулятора 95 калибровочного электронного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Xi}$  будет происходить снижение интенсивности (вплоть до полного погашения) светового потока в левом окне формирования и увеличение интенсивности (до максимальной величины) – в правом окне формирования вследствие изменения величин фазовых задержек в сегментах рабочего вещества делительного оптического модулятора ( $\pi \rightarrow 2\pi = 0$  для столбца  $2k$  и  $0 \rightarrow \pi$  для столбца  $2k - 1$ ) вплоть до полного погашения светового потока в левом окне формирования и максимизации его интенсивности в правом окне формирования при изменении амплитуды  $u_{calib\_lin}^{\Xi}$  от 0 до максимального значения. Это означает, что делительный оптический модулятор 95 является оптическим модулятором разностного действия, с помощью которого реализуется делительная модуляция при подаче на управляющий вход  $in_{dir}^{\Xi}$  делительного оптического модулятора 95 компенсирующего сигнала  $u_{mn}^{\Xi-comp}$  деления, поскольку перед этим была проведена калибровочная процедура для делитель-

ной модуляции, что соответствует проведению калибровочной процедуры для первого оптоэлектронного канала, входом которого является управляющий вход  $in_{dir}^{\Xi}$  делительного оптического модулятора 95, а выходом – обе зоны формирования. Схема проведения калибровочной процедуры соответствует схеме, показанной на фиг. 16-18, и используются соотношения (26, 27) для вычисления передаточной функции  $T^{\Sigma}$ , обратной к функции  $\Phi^{ch-1}$  нелинейности первого оптоэлектронного канала при подстановке функции  $\Phi^{ch-1}$  вместо функции  $\Phi^{\Sigma}$ , а результатом (вместо функции  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации) будет передаточная функция  $T^{\Sigma}$ .

При подаче калибровочного электронного сигнала  $u_{calib\_lin}^{\Xi}$  на управляющий вход  $in_{dir}^{\Sigma}$  суммирующего оптического модулятора 96 последний функционирует как модулятор однородного действия, вызывающий одинаковые (одного знака и одинаковой величины) вариации интенсивности светового потока в обоих окнах формирования. Аналогично определяется функция линеаризации второго оптоэлектронного канала – в соответствии с соотношениями (28, 29), где вместо функции  $\Phi^{\Xi}$  нелинейности подставляется функция  $\Phi^{ch-2}$ , тогда результатом вычисления вместо функции  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации будет передаточная функция  $T^{\Xi}$ . При подаче электронного компенсирующего сигнала  $u_{mm}^{\Sigma-comp}$  на управляющий вход  $in_{dir}^{\Sigma}$  суммирующего оптического модулятора 96 осуществляется суммирующая модуляция. В итоге в первом частном варианте устройства осуществляется соответствующий вариант способа.

Цветное стереоизображение реализуется в способе и устройстве за счет создания пространственной триады смежных цветовых пикселей R,G,B в каждом  $mn$ -ом элементе суммирующего или делительного оптических модуляторов с индивидуальной матричной адресацией каждого цветового пикселя (с соответствующим утроением числа адресных столбцов в оптических модуляторах по сравнению с черно-белым изображением). Калибровочные

процедуры не изменяются по сравнению со случаем черно-белого стереотображения.

Для подстройки в пространстве поперечного положения зон наблюдения (в соответствии с положением глаз наблюдателя) можно использовать поперечный сдвиг пространственно-селективного оптического декодера (оптического селектора) относительно суммирующего и делительного оптических модуляторов, например, с помощью пьезоэлектрического преобразователя.

Конкретные примеры выполнения оптического суммирующего модулятора, оптического делительного модулятора, оптических конвертеров (селекторов) в способе и устройстве (в частных вариантах их реализации) в основном определяются типом и структурой рабочего вещества, варьирование оптических параметров которого используются для модуляции характеристик световой волны (светового потока).

Предпочтительно использовать ЖК материал в качестве рабочего вещества вследствие возможности выполнения на его основе всех оптических компонентов для осуществления способа и устройства, что приводит в том числе к возможности взаимной компенсации хроматической дисперсии ЖК вещества (и к соответствующему увеличению динамического диапазона стереоизображения) при зеркально симметричном выполнении ЖК структур соседних оптических компонентов. Наиболее распространенным рабочим веществом в ЖК матрицах формирователей изображения является нематический ЖК, на основе которого реализуются как двупреломляющие структуры (S-, В- ячейки) [ 3 ], на которых реализуется эффект электрически управляемого двулучепреломления (ЭУДП), так и оптически активные - вращающие плоскость поляризации света (Т-ячейки или твист-, супертвист-структуры) с различными углами  $\alpha$  закрутки, на которые реализуется эффект электрически управляемой оптической активности (ЭУОА), которые при положительном знаке диэлектрической анизотропии  $\Delta\epsilon$  ( $\Delta\epsilon > 0$ ) ЖК вещества выполняются в виде гомогенно-ориентированных структур (фиг. 46), т.е. с начальной (при нулевой напряженности  $E$  управляющего электрического поля)

ориентацией ЖК молекул преимущественно вдоль (параллельно) плоскости ЖК слоя, при этом  $\Delta\varepsilon = \varepsilon_e - \varepsilon_o$ , где  $\varepsilon_e$  и  $\varepsilon_o$  - диэлектрическая проницаемость ЖК слоя для необыкновенного и обыкновенного лучей. Для эффекта ЗУДП при изменении напряженности  $E$  управляющего электрического поля (обусловленного приложением управляющего напряжения  $u_{control}$  к прозрачным электродам 101, 102) происходит изменение величины  $\Delta\varepsilon$ , что приводит к фазовой либо поляризационной модуляции светового потока, проходящего элементарную нематическую ЖК ячейку - в зависимости от ориентации входного поляризатора 103. При использовании поляризационной модуляции последнюю можно преобразовать в вариации интенсивности света, вводя анализатор 104 поляризации. Использование эффекта ЭУОА обеспечивает управляемый (величиной напряжения  $u_{control}$ ) поворот плоскости поляризации, при этом характерные величины начального поворота составляют  $90^0$ ,  $180^0$ ,  $270^0$ , а для эффекта ЭУДП начальный и конечный угол поворота всегда равен 0. Основным недостатком элементарных ЖК ячеек с эффектом ЭУДП является недостаточно высокий контраст изображения (не более 30-40 : 1) из-за хроматической дисперсии ЖК, основным недостатком элементарных ЖК ячеек с ЭУОА – малые углы обзора (падение контраста изображения для углов поля зрения более  $20-30^0$ ). Для получения высокого контраста (динамического диапазона) изображения (несколько сотен к одному) в сочетании с широкими углами обзора (до  $120^0$  и более) используются усложненные ЖК структуры [ 4 ] с гомогенной ориентацией (фиг. 47) – IPS (in-plane switching), FFS (fringe-field switching) с  $\Delta\varepsilon > 0$ , либо с гомеотропной (вертикальной) ориентацией ЖК молекул (VA - vertical alignment) структуры с отрицательным знаком диэлектрической анизотропии ( $\Delta\varepsilon < 0$ ) и их модификации – многодоменные структурами с вертикальной ориентацией: MVA (multi-domain VA), PVA (protrusion-type VA), где одному элементу ЖК структуры соответствует несколько разноориентированных доменов, каждый из которых обеспечивает требуемые угловые характеристики отображения в своем

телесном угле. В данных нематических ЖК-структурах используются разные комбинации эффектов ЭУДП и ЭУОА, управляемые сложными конфигурациями силовых линий напряженности  $E$  электрического поля. Наряду с аналоговыми используются бистабильные (многостабильные) ЖК структуры как на основе нематических ЖК, например, с эффектами зенитальной и азимутальной бистабильности (фиг. 48) за счет придания соответствующей формы одному из управляющих электродов 105, что дает два или более низких энергетических уровня (одинаково энергетически выгодных) для нескольких конфигураций ЖК молекул в пределах одного слоя, что позволяет дискретно переводить ЖК слой в разные конфигурации путем подачи управляющего напряжения требуемой формы (используется флексоэлектрический эффект при поверхностной стабилизации ЖК на несимметричной поверхности управляющего электрода 105). Одной из наиболее перспективных бистабильных ЖК структур является структура на ферроэлектрическом ЖК (фиг. 49), характеризующегося спонтанной поляризацией, к которому относится ЖК структура «смектик-С<sup>\*</sup>», состоящая из слоев хиральных (chiral) ЖК молекул, в которых имеет место наклонное расположение директора ЖК (направления преимущественной ориентации ЖК слоя) относительно плоскостей слоев, что в итоге создает отражательную и вращательную асимметрию у ЖК слоев, ведущие к появлению спонтанной поляризации - возникновению ЖК доменов 106 с определенным направлением  $P$  поляризации. Изменение управляющего напряжения при превышении порогового значения ( $E > E_{th}$ ) вызывает скачкообразное изменение направления  $P$  поляризации.

Поляризатор 103 и анализатор 104 поляризации могут быть выполнены внутри ЖК слоя, например, в виде тонкой кристаллической пленки [6], а также с использованием поляризующих лиотропных (lyotropic) ЖК [7], оптические характеристики которых, в том числе возможная сопутствующая суммирующая либо делительная модуляция.

При отсутствии анализатора поляризации 104 все аналоговые ЖК структуры из рассмотренных ЖК структур можно использовать в качестве базо-



вых ячеек для фазово-поляризационной делительной модуляции, например, в первом и пятом частном варианте реализации способа и для реализации оптического селектора в первом частном варианте выполнения устройства. Бистабильная ферроэлектрическая ЖК структура может использоваться для осуществления широтно-импульсной оптической делительной модуляции в четвертом частном варианте реализации способа, при этом достигаются скорости переключения в единицы и десятки микросекунд, рабочие частоты коммутации составляют единицы и десятки килогерц, что с запасом обеспечивает слитное восприятие зрением наблюдателя светового потока ракурсов стереоизображения при отсутствии мерцаний.

К комбинации эквивалентной оптической активности и эквивалентного фазового сдвига можно свести результат действия на световую волну от любой, сколь угодно сложной анизотропной оптической структуры, т.е. представить результат действия этой структуры на световую волну в виде действия эквивалентной структуры, состоящей из последовательно расположенных фазовой пластинки и пластинки с оптической активностью, имеющих произвольные ориентации оптических осей и произвольные значения оптического сдвига и угла оптической активности, и все возможные значения поляризации итогового светового потока определяются г.м.т. на сфере Пуанкаре [ 5 ], соответствующие всем возможным вариантам ориентации эллипса поляризации (фиг. 50), эллиптичность  $\chi$  которого определяется только величиной эквивалентного фазового сдвига  $\delta$ , а итоговая угловая ориентация эллипса поляризации определяется комбинацией величин углов  $\psi$  и  $\varphi$ , где величина угла  $\psi$  определяется эквивалентной величиной фазового сдвига  $\delta$ , а величина  $\varphi$  - степенью эквивалентной оптической активности. Поэтому изобретение распространяется на всевозможные двупреломляющие (включая ЖК) структуры при их использовании в качестве фазово-поляризационных модуляторов при реализации делительной модуляции. Компенсаторные анизотропные оптические пленки с заданными спектральными и дифракцион-

ными характеристиками позволяют расширить угловое поле обзора и улучшить контраст изображения за счет компенсации градиента показателя преломления (коэффициента рефракции- refraction) дисперсии ЖК вещества. При этом могут использоваться двупреломляющие оптические элементы с фокусирующими свойствами (например, поляризационные микролинзы) для подстройки положения зон наблюдения вдоль оси  $Z$ , в том числе использующие градиент электрического поля вдоль границы прозрачного электрода для подстройки фокусного расстояния как за счет подстройки показателя преломления, так и за счет подстройки оптической толщины слоя рабочего вещества. Дифракционные и спектральные характеристики компенсаторных оптических пленок, а также рефракционные свойства рабочего вещества фокусирующего оптического слоя (распределение показателя преломления вдоль слоя) учитываются в процессе калибровочных процедур.

Для осуществления вещественно-амплитудной (прямой) суммирующей модуляции в первом, втором и четвертом частных вариантах реализации способа, а также в первом частном варианте выполнения устройства используется любая из рассмотренных ЖК структур при наличии анализатора поляризации 104. Однако присутствию поляризатора 103 (обязательное для функционирования рассмотренных монокристаллических ЖК структур) ведет к 50% потере энергии света в случае использования источника неполяризованной световой волны. Для осуществления бесполяроидной вещественно-амплитудной модуляции света с использованием ЖК используют, например, электрически управляемую ЖК решетку 107 (фиг. 51), которая имеет период  $d$ , величина которого сравнима с длиной  $\lambda$  светового потока, и которая характеризуется переменным коэффициентом рассеяния светового потока в направлении нормали к поверхности ЖК слоя, в частности, с этой целью используют различные варианты структурирования ЖК вещества в полимерных матрицах - PDLC (polymer-dispersed liquid crystal), где ЖК имеет вид капель, вкрапленных упорядоченным образом в слой полимера 108 (фиг. 52), образующих управляемую дифракционную решетку, которая рассеивает

свет при нулевом управляющем напряжении  $u_{control}$  и пропускает свет при достижении управляющим напряжением  $u_{control}$  значения, при котором показатель преломления  $n_{LC}$  ЖК вещества становится равным показателю преломления  $n_p$  полимерного материала. Такие структуры могут быть использованы для реализации суммирующей модуляции в первом, третьем и четвертом частных вариантах реализации способа и для выполнения суммирующего оптического модулятора в первом частном варианте выполнения устройства, поскольку эти структуры не создают сопутствующую суммирующую модуляцию. Для реализации прямой делительной модуляции в виде вариаций интенсивности (в качестве элемента оптического модулятора разностного действия) может быть, например, использован светоделительный оптический элемент 109 (фиг. 53), на грань которого направляют под разными углами (вплоть до достижения полного внутреннего отражения TIR) поляризованный либо неполяризованный входной световой пучок. В результате комбинации эффектов преломления и отражения образуются выходные отраженный и проходящий световые пучки, общая интенсивность которых в первом приближении равна интенсивности входного светового пучка, а разность между величинами интенсивностей выходных пучков определяется величиной угла падения на грань входного светового пучка [5].

Роль оптических конвертеров и оптического селектора в случае прямой суммирующей и /или делительной модуляции состоит как в пропуске без изменения соответственно суммарной составляющей и/или делительной составляющей интенсивности светового потока, так и (для частных вариантов реализации технических решений) в возможном ограничении сверху или снизу предельных интенсивностей данных составляющих для задания требуемого динамического диапазона изменения яркости изображения либо состоит в коррекции характеристики изменения промежуточных величин интенсивности для придания этой характеристике монотонного характера.

Для увеличения оптической эффективности используют также бесполяридную ЖК структуру с эффектом «гость-хозяин», где модуляция интенсивности света осуществляется молекулам дихроичного красителя, внедренного в слой ЖК и меняющих свою ориентацию (и, соответственно, коэффициент вещественно-амплитудного пропускания светового потока) при изменении ориентации ЖК молекул под действием поля управляющего напряжения. Такой тип рабочего вещества создает сопутствующую поляризационную модуляцию, и может использоваться, например, в четвертом и пятом частных вариантах реализации способа.

Переменный вещественно-амплитудный коэффициент пропускания  $K$  может быть реализован, например, на эффекте полного внутреннего отражения на границе двух сред, на эффекте динамического рассеяния в ЖК, эффекте электросмачивания (electriwetting), на электрохромном эффекте и других электрически инициируемых оптических эффектах. Можно также использовать генерирующие световой поток матричные структуры, например, любые плазменные либо светодиодные (в том числе на OLED – organic light emitting diodes) панели в качестве вещественно-амплитудного суммирующего модулятора, функционально совмещенного с оптическим источником.

Во втором частном варианте реализации способа в качестве суммирующего и делительного оптических модуляторов, а также в качестве оптического конвертера могут быть использованы гребенчатые оптические фильтры, выполненные в виде различных интерференционных, дифракционных, голографических структур, электро-, фотохромных материалов, фотонных кристаллов (оптических структур с периодическим изменением диэлектрической постоянной вдоль оптической оси). Линейчатый спектр светового потока можно получить, например, с помощью многослойного интерференционного фильтра, являющегося составной частью генератора светового потока. Примерами конкретной реализации гребенчатого частотного фильтра также являются напыленные многослойные интерференционные фильтры. Использование линейчатого оптического спектра с спектральными линиями шири-

ной в несколько десятков нанометров позволяет достичь нормальной яркости и цветопередачи изображения.

В третьем частном варианте реализации способа в качестве суммирующего и делительного оптических модуляторов можно использовать акусто-оптические модуляторы на объемных или поверхностных акустических волнах, а в качестве жалюзного оптического конвертера - трехмерные голографические решетки (в том числе на принципах поляризационной голографии), либо микроструктуры, выполненные методом направленного напыления.

Рабочее вещество оптических модуляторов может иметь структуру составного слоя, который включает в себя смежные слои с рабочим веществом разного типа либо смесь разнотипных рабочих веществ в одном слое. При этом наличие оптических компенсаторных слоев в составе оптической структуры формирования изображения – суммирующего либо делительного оптических модуляторов, а также в составе оптического конвертера (пространственно-селективного оптического декодера) для реализации максимального угла обзора и/или максимального динамического диапазона (в формируемом изображении) автоматически учитывается при проведении калибровочной процедуры линеаризации, поскольку любая возможная функция нелинейности любого из слоев будет включена в общую функцию нелинейности оптоэлектронных каналов.

Для осуществления изобретения можно использовать любую физически реализуемую оптическую структуру с двумя или более взаимно комплементарными оптическими состояниями, переход между которыми описывается произвольной однозначной физически реализуемой функцией.

Физическая природа управляющих информационных, калибровочных сигналов, а также сигналов матричной адресации, может быть произвольной (электронные, оптические, в том числе в ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра, оптоэлектронные, магнитооптические, ультразвуковые и др. сигналы). Для получения сигнала требуемой физического природы (как для матричной адресации, так и для информационных сигналов) достаточно

использовать соответствующий преобразователь рода сигнала. Например, для формирования оптических сигналов матричной адресации можно использовать оптически управляемые пространственно-временные модуляторы света. Функциональные блоки могут выполнены, например, в виде электронных цифровых вычислительных блоков либо оптоэлектронных аналоговых вычислителей, в том числе в виде интегральнооптических модулей. Оптическим источником (источником световой волны) может быть любой источник некогерентного либо когерентного излучения (лазер, в том числе непрерывного либо импульсного излучения), а также источник света с частичной когерентностью (светодиоды), в том числе волноводные оптические источники с выходом светового потока через неоднородную боковую поверхность волновода.

## ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1. Ежов В.А. Способ формирования стереоизображений с объединенным предъявлением ракурсов и устройство для его реализации. – Патент РФ № 2306680, МКИ H04N 15/00, опублик. 20.09.2007.
2. Ежов В.А. Способ наблюдения стереоизображений с полным разрешением для каждого ракурса и устройство для его реализации. - Международная заявка PCT/RU2008/000233, МКИ G02B 27/22, опублик. 30.10.2008.
3. Блинов Л.М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. – М., Наука, 1974.
4. Yang D.-K., Wu S.-T. Fundamentals of liquid crystal devices. – Wiley Publishing House, 2006.
5. Борн М. Вольф Э. Основы оптики. – М., Наука, 1974.
6. Ukai Y. et al. Current and future properties of in-cell polarizer technology. - Journal of the SID, 2005, v.13, № 1, pp.17-24.
7. Paukshto M. et al. Optics of sheared LC polarizer... - Journal of the SID, 2005, v.13, № 9, pp.765-772.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ формирования и наблюдения стереоизображений с максимальным пространственным разрешением, заключающийся в том, что с помощью оптического источника генерируют световую волну, с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам первого оптического модулятора осуществляют суммирующую модуляцию световой волны в  $mn$ -м элементе первого оптического модулятора в соответствии с суммой величин  $B_{mn}^L$  и  $B_{mn}^R$  яркости  $mn$ -х элементов изображений левого и правого ракурсов, где  $m = 1, 2, \dots, M$ ,  $n = 1, 2, \dots, N$ , с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам второго оптического модулятора осуществляют кодирующую модуляцию световой волны в  $mn$ -м элементе второго оптического модулятора в соответствии с нелинейными функциями от алгебраических соотношений между величинами  $B_{mn}^L$  и  $B_{mn}^R$  яркости  $mn$ -х элементов изображений левого и правого ракурсов, с помощью первого и второго оптических анализаторов со взаимно комплементарными параметрами оптического декодирования формируют первый и второй световые потоки с величинами интенсивности  $J_{mn}^L$  и  $J_{mn}^R$ , равными величинам  $B_{mn}^L$  и  $B_{mn}^R$  яркости  $mn$ -х элементов изображений левого и правого ракурсов в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах формирования, оптически связанных с левым  $W_v^L$  и правым  $W_v^R$  окнами наблюдения, в которых наблюдают левый и правый ракурсы стереоизображения, отличающийся тем, что с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам оптического модулятора однородного действия, вызывающего однородную модуляцию интенсивности световой волны в виде одинаковых по величине и по знаку изменений интенсивности световой волны в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах формирования, осуществляют прямую суммирующую модуляцию за счет модуляции величины интенсивности световой волны либо косвенную

суммирующую модуляцию за счет модуляции остальных физических характеристик световой волны - направления распространения либо величины угла сходимости или расходимости либо спектральных характеристик либо состояния поляризации либо величины фазы либо за счет модуляции комбинации остальных физических характеристик световой волны в  $mn$ -ом элементе оптического модулятора однородного действия, подавая на его управляющий вход компенсирующий сигнал суммирования  $s_{mn}^{\Sigma-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной значениям функции  $\Lambda^{\Sigma}$  линейаризации суммирующей модуляции, с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам оптического модулятора разностного действия, вызывающего разностную модуляцию интенсивности световой волны в виде одинаковых по величине, но разных по знаку изменений интенсивности световой волны в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах формирования, осуществляют прямую делительную модуляцию за счет модуляции интенсивности световой волны либо косвенную делительную модуляцию за счет модуляции остальных физических характеристик световой волны - направления распространения либо величины угла сходимости или расходимости либо спектральных характеристик либо состояния поляризации либо величины фазы либо за счет модуляции комбинации остальных физических характеристик световой волны в  $mn$ -ом элементе оптического модулятора разностного действия, подавая на его управляющий вход компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Xi-comp}$  деления с амплитудой, прямо пропорциональной значениям функции  $\Lambda^{\Xi}$  линейаризации делительной модуляции, и формируют модулированные по интенсивности световые потоки в левом  $W_{form}^L$  и правом  $W_{form}^R$  окнах формирования с помощью соответственно первого и второго оптических конвертеров с взаимно комплементарными параметрами конверсии делительной модуляции, с одинаковыми параметрами конверсии суммирующей модуляции и с одинаковыми параметрами оптического пропускания как прямой делительной



составляющей, так и прямой суммирующей составляющей интенсивности светового потока.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что подают компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Sigma-comp}$  суммирования в его первом частном варианте  $s_{(1)mn}^{\Sigma-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной функции  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации суммирующей модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте, взятой от произведения суммы  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркостей  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов:  $s_{(1)mn}^{\Sigma-comp} \approx \Lambda_{(1)}^{\Sigma} \{B_{mn}^L + B_{mn}^R\}$ , либо подают компенсирующий сигнал суммирования в его втором частном варианте  $s_{(2)mn}^{\Sigma-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной произведению суммы  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркости  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов на функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации суммирующей модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma}$  частном варианте:  $s_{(2)mn}^{\Sigma-comp} \approx (B_{mn}^L + B_{mn}^R) \cdot \Lambda_{(2)}^{\Sigma}$ , а компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Xi-comp}$  деления подают в его первом частном варианте  $s_{(1)mn}^{\Xi-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной значениям функции  $\Lambda^{\Xi}$  линеаризации делительной модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Xi}$  частном варианте, взятой от отношения величин  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  яркости в  $mn$ -м элементах изображений левого и правого ракурсов:  $s_{(1)mn}^{\Xi-comp} \approx \Lambda_{(1)}^{\Xi} \{B_{mn}^L / B_{mn}^R\}$ , либо подают компенсирующий сигнал деления в его втором частном варианте  $s_{(2)mn}^{\Xi-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной произведению отношения  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  величин яркости в  $mn$ -м элементах изображений левого и правого ракурсов на функцию  $\Lambda^{\Xi}$  линеаризации делительной модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Xi}$  частном варианте:  $s_{(2)mn}^{\Xi-comp} \approx (B_{mn}^L / B_{mn}^R) \cdot \Lambda_{(2)}^{\Xi}$ , где функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации суммирующей модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте

определяют как функцию  $F^{-1}\{\Phi_{(1)}^{\Sigma}\}$ , обратную к калибровочной функции  $\Phi^{\Sigma}$  нелинейности суммирующей модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте:  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma} = F^{-1}\{\Phi_{(1)}^{\Sigma}\}$ , а функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линейзации суммирующей модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma}$  частном варианте определяют как функцию  $F^{reciprocal}\{\Phi_{(2)}^{\Sigma}\}$ , значения которой являются обратными величинами  $1/\Phi_{(2)}^{\Sigma}$  к значениям калибровочной функции  $\Phi^{\Sigma}$  нелинейности суммирующей модуляции во втором  $\Phi_{(2)}^{\Sigma}$  частном варианте:  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma} = F^{reciprocal}\{\Phi_{(2)}^{\Sigma}\} = 1/\Phi_{(2)}^{\Sigma}$ , функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линейзации делительной модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте определяют как функцию  $F^{-1}\{\Phi_{(1)}^{\Sigma}\}$ , обратную к калибровочной функции  $\Phi^{\Sigma}$  нелинейности делительной модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте:  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma} = F^{-1}\{\Phi_{(1)}^{\Sigma}\}$ , а функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линейзации делительной модуляции в ее втором частном варианте  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma}$  определяют как функцию  $F^{reciprocal}\{\Phi_{(2)}^{\Sigma}\}$ , значения которой являются обратными величинами  $1/\Phi_{(2)}^{\Sigma}$  к значениям калибровочной функции нелинейности делительной модуляции в ее втором  $\Phi_{(2)}^{\Sigma}$  частном варианте:  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma} = F^{reciprocal}\{\Phi_{(2)}^{\Sigma}\} = 1/\Phi_{(2)}^{\Sigma}$ , при этом калибровочная функция  $\Phi^{\Sigma}$  нелинейности суммирующей модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте равна совокупности калибровочных значений однородно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Sigma}$  интенсивности светового потока на выходе любого из окон  $W_{form}^L$ ,  $W_{form}^R$  формирования:  $\Phi_{(1)}^{\Sigma} = J_{calib}^{\Sigma}$  при подаче на управляющий вход оптического модулятора однородного действия линейно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib\_lin}^{\Sigma}$  суммирующей модуляции, а калибровочная функция  $\Phi^{\Sigma}$  нелинейности суммирующей модуляции в ее втором  $\Phi_{(2)}^{\Sigma}$  частном варианте равна отношению последовательности калибровочных значений однородно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Sigma}$

интенсивности светового потока на выходе любого из окон  $W_{form}^L$ ,  $W_{form}^R$  формирования к последовательности соответствующих значений амплитуды монотонно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib}^\Sigma$  суммирующей модуляции:  $\Phi_{(1)}^\Sigma \approx J_{calib}^\Sigma / s_{calib}^\Sigma$ , калибровочная функция  $\Phi^\Xi$  нелинейности делительной модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^\Xi$  частном варианте равна частному от деления совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(L)}$  интенсивности светового потока в левом окне  $W_{form}^L$  формирования на совокупность калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(R)}$  интенсивности светового потока в правом окне  $W_{form}^R$  формирования:  $\Phi_{(1)}^\Xi \approx J_{calib}^{\Xi(L)} / J_{calib}^{\Xi(R)}$  при подаче на управляющий вход оптического модулятора разностного действия линейно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib\_lin}^\Xi$  делительной модуляции, а калибровочная функция  $\Phi^\Xi$  нелинейности делительной модуляции в ее втором  $\Phi_2^\Xi$  частном варианте равна отношению совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(L)}$  интенсивности светового потока в левом окне  $W_{form}^L$  формирования к совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(R)}$  интенсивности светового потока в правом окне  $W_{form}^R$  формирования, деленному на совокупность соответствующих значений амплитуды монотонно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib}^\Xi$  делительной модуляции:  $\Phi_{(2)}^\Xi = \frac{J_{calib}^{\Xi(L)} / J_{calib}^{\Xi(R)}}{s_{calib}^\Xi}$ .

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что подают компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Sigma-comp}$  суммирования в его первом частном варианте  $s_{(1)mn}^{\Sigma-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной функции  $\Lambda^\Sigma$  линеаризации

суммирующей модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте, взятой от произведения суммы  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркостей  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов:  $s_{(1)mn}^{\Sigma-comp} \approx \Lambda_{(1)}^{\Sigma} \{B_{mn}^L + B_{mn}^R\}$ , либо подают компенсирующий сигнал суммирования в его втором частном варианте  $s_{(2)mn}^{\Sigma-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной произведению суммы  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркости  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов на функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линейаризации суммирующей модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma}$  частном варианте:  $s_{(2)mn}^{\Sigma-comp} \approx (B_{mn}^L + B_{mn}^R) \cdot \Lambda_{(2)}^{\Sigma}$ , а компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Xi-comp}$  деления подают в его первом частном варианте  $s_{(1)mn}^{\Xi-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной значениям функции  $\Lambda^{\Xi}$  линейаризации делительной модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Xi}$  частном варианте, взятой от отношения величин  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  яркости в  $mn$ -м элементах изображений левого и правого ракурсов:  $s_{(1)mn}^{\Xi-comp} \approx \Lambda_{(1)}^{\Xi} \{B_{mn}^L / B_{mn}^R\}$ , либо подают компенсирующий сигнал деления в его втором частном варианте  $s_{(2)mn}^{\Xi-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной произведению отношения  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  величин яркости в  $mn$ -м элементах изображений левого и правого ракурсов на функцию  $\Lambda^{\Xi}$  линейаризации делительной модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Xi}$  частном варианте:  $s_{(2)mn}^{\Xi-comp} \approx (B_{mn}^L / B_{mn}^R) \cdot \Lambda_{(2)}^{\Xi}$ , где функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линейаризации суммирующей модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте определяют как функцию  $F^{-1} \{ \Phi_{(1)}^{\Sigma} \}$ , обратную к калибровочной функции  $\Phi^{\Sigma}$  нелинейности суммирующей модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте:  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma} = F^{-1} \{ \Phi_{(1)}^{\Sigma} \}$ , а функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линейаризации суммирующей модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma}$  частном варианте определяют как функцию  $F^{reciprocal} \{ \Phi_{(2)}^{\Sigma} \}$ , значения которой являются обратными величинами  $1/\Phi_{(2)}^{\Sigma}$  к значениям

калибровочной функции  $\Phi^\Sigma$  нелинейности суммирующей модуляции во втором  $\Phi_{(2)}^\Sigma$  частном варианте:  $\Lambda_{(2)}^\Xi = F^{reciprocal} \{ \Phi_{(2)}^\Xi \} = 1 / \Phi_{(2)}^\Xi$ , функцию  $\Lambda^\Xi$  линейаризации делительной модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^\Xi$  частном варианте определяют как функцию  $F^{-1} \{ \Phi_{(1)}^\Xi \}$ , обратную к калибровочной функции  $\Phi^\Xi$  нелинейности делительной модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^\Xi$  частном варианте:  $\Lambda_{(1)}^\Xi = F^{-1} \{ \Phi_{(1)}^\Xi \}$ , а функцию  $\Lambda^\Xi$  линейаризации делительной модуляции в ее втором частном варианте  $\Lambda_{(2)}^\Xi$  определяют как функцию  $F^{reciprocal} \{ \Phi_{(2)}^\Xi \}$ , значения которой являются обратными величинами  $1/\Phi_{(2)}^\Xi$  к значениям калибровочной функции нелинейности делительной модуляции в ее втором  $\Phi_{(2)}^\Xi$  частном варианте:  $\Lambda_{(2)}^\Xi = F^{reciprocal} \{ \Phi_{(2)}^\Xi \} = 1 / \Phi_{(2)}^\Xi$ , при этом калибровочная функция  $\Phi^\Sigma$  нелинейности суммирующей модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^\Sigma$  частном варианте равна совокупности калибровочных значений однородно-модулированной составляющей  $J_{calib}^\Sigma$  интенсивности светового потока на выходе любого из окон  $W_{form}^L, W_{form}^R$  формирования:  $\Phi_{(1)}^\Sigma = J_{calib}^\Sigma$  при подаче на управляющий вход оптического модулятора однородного действия линейно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib\_lin}^\Sigma$  суммирующей модуляции, а калибровочная функция  $\Phi^\Xi$  нелинейности суммирующей модуляции в ее втором  $\Phi_{(2)}^\Sigma$  частном варианте равна отношению последовательности калибровочных значений однородно-модулированной составляющей  $J_{calib}^\Sigma$  интенсивности светового потока на выходе любого из окон  $W_{form}^L, W_{form}^R$  формирования к последовательности соответствующих значений амплитуды монотонно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib}^\Sigma$  суммирующей модуляции:  $\Phi_{(1)}^\Sigma \approx J_{calib}^\Sigma / s_{calib}^\Sigma$ , калибровочная функция  $\Phi^\Xi$  нелинейности делительной модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^\Xi$  частном варианте равна частному

от деления совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(L)}$  интенсивности светового потока в левом окне  $W_{form}^L$  формирования на совокупность калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(R)}$  интенсивности светового потока в правом окне  $W_{form}^R$  формирования:  $\Phi_{(1)}^{\Xi} \approx J_{calib}^{\Xi(L)} / J_{calib}^{\Xi(R)}$  при подаче на управляющий вход оптического модулятора разностного действия линейно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib\_lin}^{\Xi}$  делительной модуляции, а калибровочная функция  $\Phi^{\Xi}$  нелинейности делительной модуляции в ее втором  $\Phi_2^{\Xi}$  частном варианте равна отношению совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(L)}$  интенсивности светового потока в левом окне  $W_{form}^L$  формирования к совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(R)}$  интенсивности светового потока в правом окне  $W_{form}^R$  формирования, деленному на совокупность соответствующих значений амплитуды монотонно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib}^{\Xi}$  делительной модуляции:  $\Phi_{(2)}^{\Xi} = \frac{J_{calib}^{\Xi(L)} / J_{calib}^{\Xi(R)}}{s_{calib}^{\Xi}}$ .

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что значения функции  $\Lambda^{\Sigma}$  линейаризации суммирующей модуляции зависят от значений сигнала деления и/или значения функции  $\Lambda^{\Xi}$  линейаризации делительной модуляции зависят от значений сигнала суммирования.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что суммирующую модуляцию осуществляют за счет модуляции интенсивности светового потока с помощью вещественно-амплитудного оптического модулятора, делительную оптическую модуляцию осуществляют за счет модуляции состояния поляризации светового потока с помощью фазово-поляризационного модулятора с произвольной однозначной характеристикой перехода между

двумя взаимно комплементарными фазово-поляризационными оптическими состояниями, и осуществляют конверсию делительной модуляции в делительную составляющую интенсивности светового потока с помощью первого и второго поляризационных конвертеров со взаимно комплементарными поляризационными параметрами.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что с помощью оптического источника генерируют световой поток с первым спектром, с помощью вещественно-амплитудного оптического модулятора осуществляют амплитудную суммирующую модуляцию за счет модуляции интенсивности светового потока, делительную модуляцию осуществляют в форме спектральной делительной модуляции с переходом от первого спектра к второму спектру с помощью частотно-оптического модулятора при изменении напряжения на его управляющем входе от первого до второго значения, с помощью первого и второго частотно-оптических анализаторов осуществляют конверсию спектральной делительной модуляции в делительную составляющую интенсивности светового потока, при этом спектральные характеристики первого и второго частотно-оптических анализаторов соответствуют первому и второму спектрам.

7. Способ по п. 1, отличающийся тем, что с помощью оптического источника формируют коллимированный световой поток, с помощью суммирующего дифракционного оптического модулятора осуществляют суммирующую дифракционную модуляцию за счет изменения угла отклонения светового потока в первом поперечном направлении, с помощью делительного дифракционного оптического модулятора осуществляют делительную дифракционную модуляцию за счет изменения угла отклонения светового потока в втором поперечном направлении, и с помощью несимметричного в двух взаимно ортогональных поперечных направлениях жалюзного оптического конвертера осуществляют в первом поперечном направлении выделение составляющей светового потока, соответствующей суммирующей дифракционной модуляции в левом и правом окнах

формирования, а во втором поперечном направлении – выделение составляющей светового потока, соответствующей делительной дифракционной модуляции между левым и правым окнами формирования.

8. Способ по п. 1, отличающийся тем, что с помощью аналогового вещественно-амплитудного оптического модулятора осуществляют суммирующую модуляцию за счет аналоговой модуляции интенсивности светового потока, с помощью бистабильного поляризационного модулятора осуществляют бистабильную поляризационную делительную модуляцию за счет широтно-импульсной модуляции между двумя взаимно комплементарными состояниями поляризации, с помощью первого и второго поляризационных конвертеров со взаимно комплементарными состояниями поляризации осуществляют аналоговую поляризационную конверсию делительной модуляции в бистабильные вариации делительной составляющей интенсивности светового потока, при этом функцию  $\Lambda_{Bi}^{\Sigma-P}$  линеаризации бистабильной поляризационной делительной модуляции определяют в первом  $\Lambda_{(1)Bi}^{\Xi-P}$  варианте как функцию  $F^{-1}\{\Phi_{(1)Bi}^{\Xi-P}\}$ , обратную к функции нелинейности бистабильной поляризационной делительной модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)Bi}^{\Xi-P}$  варианте:  $\Lambda_{(1)Bi}^{\Xi-P} \approx F^{-1}\{\Phi_{(1)Bi}^{\Xi-P}\}$ , которую определяют как совокупность результатов частного от деления усредненных во времени калибровочных значений делительной составляющей интенсивности светового потока в левом окне формирования  $\tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)}(u)$  к усредненным во времени калибровочным значениям делительной составляющей интенсивности  $\tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(R)}(u)$  светового потока в правом окне формирования:

$$\Phi_{Bi}^{\Xi-P}(u) \approx \tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)}(u) / \tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(R)}(u), \quad \text{где} \quad \tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)}(u) = \int_t J_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)} dt,$$

$$\tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(R)}(u) = \int_t J_{calib\_Bi}^{\Xi-P(R)} dt, \quad \text{при подаче на управляющий вход бистабильного поляризационного модулятора калибровочного широтно-импульсного сигнала}$$



$u_{calib\_lin\_Bi}^{\Xi-P}$  с линейно-меняющейся шириной импульсов, а функцию линеаризации бистабильной поляризационной делительной модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)Bi}^{\Xi-P}$  варианте определяют как совокупность величин, каждая из которых является обратной величиной к соответствующему значению функции нелинейности бистабильной поляризационной делительной модуляции в ее втором  $\Phi_{(2)Bi}^{\Xi-P}$  варианте:  $\Lambda_{(2)Bi}^{\Xi-P}(u) \approx 1 / \Phi_{(2)Bi}^{\Xi-P}(u)$ , которая есть совокупность результатов частного от деления усредненных во времени калибровочных значений делительной составляющей интенсивности светового потока в левом окне формирования  $\tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)}(u)$  к усредненным во времени калибровочным значениям делительной составляющей интенсивности  $\tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(R)}(u)$  светового потока в правом окне формирования, деленных на усредненные во времени  $\tilde{u}_{calib\_lin\_Bi}^{\Xi-P}$  значения калибровочного сигнала  $\tilde{u}_{calib\_lin\_Bi}^{\Xi-P}$  с монотонно-меняющейся длительностью импульсов:

$$\Phi_{(2)Bi}^{\Xi-P} \approx \frac{\tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)}(u) / \tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(R)}(u)}{\tilde{u}_{calib\_lin\_Bi}^{\Xi-P}}, \text{ где } \tilde{u}_{calib\_lin}^{\Xi-P} = \int_0^T u_{calib\_lin\_Bi}^{\Xi-P} dt.$$

9. Способ по п. 1, отличающийся тем, что суммирующую и/или делительную модуляцию осуществляют за счет комбинации аналоговой и бистабильной либо многостабильной модуляции характеристик светового потока.

10. Способ формирования и наблюдения стереоизображений с максимальным пространственным разрешением, заключающийся в том, что с помощью оптического источника генерируют световую волну, с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам первого оптического модулятора осуществляют суммирующую модуляцию световой волны в  $mn$ -м элементе первого оптического модулятора в соответствии с суммой величин  $B_{mn}^L$  и  $B_{mn}^R$  яркости  $mn$ -х элементов изображений левого и правого ракурсов, с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам

второго оптического модулятора осуществляют кодирующую модуляцию световой волны в  $mn$ -м элементе второго оптического модулятора в соответствии с нелинейными функциями от алгебраических соотношений между величинами  $B_{mn}^L$  и  $B_{mn}^R$  яркости  $mn$ -х элементов изображений левого и правого ракурсов, задавая взаимно комплементарные значения начальных оптических параметров модуляции в смежных  $2i$ -х и  $(2i-1)$ -х столбцах второго оптического модулятора, где  $m, n, i = 1, 2, \dots, N$ , с помощью адресуемого по  $N$  столбцам пространственно-периодического оптического анализатора, задавая взаимно комплементарные параметры оптического анализа для смежных  $2k$ -х и  $(2k-1)$ -х столбцов пространственно-периодического оптического анализатора, где  $k = 1, 2, \dots, N$ , формируют первую и вторую группы световых пучков с величинами общей интенсивности  $J_{mn}^L$  и  $J_{mn}^R$ , равными величинам  $B_{mn}^L$  и  $B_{mn}^R$  яркости  $mn$ -х элементов изображений левого и правого ракурсов соответственно в левой  $Z_{form}^L$  и правой  $Z_{form}^R$  зонах формирования, при этом в одну из зон формирования направляют первую группу  $N$  световых пучков, первые  $N/2$  которых проходят через  $N/2$  четных  $2i$ -х столбцов второго оптического модулятора и  $N/2$  четных  $2k$ -х столбцов пространственно-периодического оптического анализатора, а остальные  $N/2$  световых пучков проходят через  $N/2$  нечетных  $(2i-1)$ -х столбцов второго оптического модулятора и  $N/2$  нечетных  $(2k-1)$ -х столбцов пространственно-периодического оптического анализатора, а в другую из зон формирования направляют вторую группу  $N$  световых пучков, первые  $N/2$  которых проходят через  $N/2$  нечетных  $(2i-1)$ -х столбцов второго оптического модулятора и  $N/2$  четных  $2k$ -х столбцов пространственно-периодического оптического анализатора, а остальные  $N/2$  световых пучков проходят через  $N/2$  четных  $2i$ -х столбцов второго оптического модулятора и  $N/2$  нечетных  $(2k-1)$ -х столбцов пространственно-периодического оптического анализатора, и наблюдают

левый и правый ракурсы стереоизображения соответственно в левой  $Z_V^L$  и правой  $Z_V^R$  зонах наблюдения, оптически связанных соответственно с левой  $Z_{form}^L$  и правой  $Z_{form}^R$  зонами формирования, отличающийся тем, что с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам оптического модулятора однородного действия осуществляют прямую суммирующую модуляцию за счет модуляции величины интенсивности световой волны либо косвенную суммирующую модуляцию за счет модуляции остальных физических характеристик световой волны - направления распространения либо величины угла сходимости или расходимости либо спектральных характеристик либо состояния поляризации либо величины фазы либо за счет модуляции комбинации остальных физических характеристик световой волны в  $mn$ -ом элементе оптического модулятора однородного действия, подавая на его управляющий вход компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Sigma-comp}$  суммирования с амплитудой, прямо пропорциональной значениям функции  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации суммирующей модуляции, с помощью матрично-адресуемого по  $M$  строкам и  $N$  столбцам оптического модулятора разностного действия осуществляют прямую делительную модуляцию за счет модуляции интенсивности световой волны либо косвенную делительную модуляцию за счет модуляции остальных физических характеристик световой волны - направления распространения либо величины угла сходимости или расходимости либо спектральных характеристик либо состояния поляризации либо величины фазы либо за счет модуляции комбинации остальных физических характеристик световой волны в  $mn$ -ом элементе оптического модулятора разностного действия, задавая при этом взаимно комплементарные значения характеристик делительной модуляции в смежных  $2i$ -х и  $(2i-1)$ -х столбцах оптического модулятора разностного действия, где  $i = 1, 2, \dots, N$ , и подавая на его управляющий вход компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Xi-comp}$  деления с амплитудой, прямо пропорциональной величине функции  $\Lambda^{\Xi}$  линеаризации делительной

модуляции, первую и вторую группы из  $N$  модулированных по интенсивности световых пучков формируют с помощью адресуемого по  $N$  столбцам пространственно-периодического оптического конвертера, характеризующегося взаимно-комплементарными параметрами конверсии делительной модуляции для его смежных  $2k$ -х и  $(2k - 1)$ -х столбцов, одинаковыми параметрами конверсии суммирующей модуляции, одинаковыми параметрами оптического пропускания как прямой делительной составляющей, так и прямой суммирующей составляющей интенсивности светового потока для всех  $N$  столбцов пространственно-периодического оптического конвертера.

11. Способ по п. 2, отличающийся тем, что подают компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Sigma-comp}$  суммирования в его первом частном варианте  $s_{(1)mn}^{\Sigma-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной функции  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации суммирующей модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma}$  частном варианте, взятой от произведения суммы  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркостей  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов:  $s_{(1)mn}^{\Sigma-comp} \approx \Lambda_{(1)}^{\Sigma} \{B_{mn}^L + B_{mn}^R\}$ , либо подают компенсирующий сигнал суммирования в его втором частном варианте  $s_{(2)mn}^{\Sigma-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной произведению суммы  $B_{mn}^L + B_{mn}^R$  величин яркости  $mn$ -ых элементов изображения левого и правого ракурсов на функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линеаризации суммирующей модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma}$  частном варианте:  $s_{(2)mn}^{\Sigma-comp} \approx (B_{mn}^L + B_{mn}^R) \cdot \Lambda_{(2)}^{\Sigma}$ , а компенсирующий сигнал  $s_{mn}^{\Xi-comp}$  деления подают в его первом частном варианте  $s_{(1)mn}^{\Xi-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной значениям функции  $\Lambda^{\Xi}$  линеаризации делительной модуляции в ее первом  $\Lambda_{(1)}^{\Xi}$  частном варианте, взятой от отношения величин  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  яркости в  $mn$ -м элементах изображений левого и правого ракурсов:  $s_{(1)mn}^{\Xi-comp} \approx \Lambda_{(1)}^{\Xi} \{B_{mn}^L / B_{mn}^R\}$ , либо

подают компенсирующий сигнал деления в его втором частном варианте  $s_{(2)mn}^{\Xi-comp}$  с амплитудой, прямо пропорциональной произведению отношения  $B_{mn}^L / B_{mn}^R$  величин яркости в  $mn$ -м элементах изображений левого и правого ракурсов на функцию  $\Lambda^{\Xi}$  линейаризации делительной модуляции в ее втором частном варианте:  $s_{(2)mn}^{\Xi-comp} \approx (B_{mn}^L / B_{mn}^R) \cdot \Lambda_{(2)}^{\Xi}$ , где функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линейаризации суммирующей модуляции в ее первом частном варианте определяют как функцию  $F^{-1}\{\Phi_{(1)}^{\Sigma}\}$ , обратную к калибровочной функции  $\Phi^{\Sigma}$  нелинейности суммирующей модуляции в ее первом частном варианте:  $\Lambda_{(1)}^{\Sigma} = F^{-1}\{\Phi_{(1)}^{\Sigma}\}$ , а функцию  $\Lambda^{\Sigma}$  линейаризации суммирующей модуляции в ее втором частном варианте определяют как функцию  $F^{reciprocal}\{\Phi_{(2)}^{\Sigma}\}$ , значения которой являются обратными величинами  $1/\Phi_{(2)}^{\Sigma}$  к значениям калибровочной функции  $\Phi^{\Sigma}$  нелинейности суммирующей модуляции во втором частном варианте:  $\Lambda_{(2)}^{\Sigma} = F^{reciprocal}\{\Phi_{(2)}^{\Sigma}\} = 1/\Phi_{(2)}^{\Sigma}$ , функцию  $\Lambda^{\Xi}$  линейаризации делительной модуляции в ее первом частном варианте определяют как функцию  $F^{-1}\{\Phi_{(1)}^{\Xi}\}$ , обратную к калибровочной функции  $\Phi^{\Xi}$  нелинейности делительной модуляции в ее первом частном варианте:  $\Lambda_{(1)}^{\Xi} = F^{-1}\{\Phi_{(1)}^{\Xi}\}$ , а функцию  $\Lambda^{\Xi}$  линейаризации делительной модуляции в ее втором частном варианте определяют как функцию  $F^{reciprocal}\{\Phi_{(2)}^{\Xi}\}$ , значения которой являются обратными величинами  $1/\Phi_{(2)}^{\Xi}$  к значениям калибровочной функции нелинейности делительной модуляции в ее втором частном варианте:  $\Lambda_{(2)}^{\Xi} = F^{reciprocal}\{\Phi_{(2)}^{\Xi}\} = 1/\Phi_{(2)}^{\Xi}$ , при этом калибровочная функция  $\Phi^{\Sigma}$  нелинейности суммирующей модуляции в ее первом частном варианте равна совокупности калибровочных значений однородно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Sigma}$  интенсивности светового потока на

выходе любой из зон  $Z_{form}^L$ ,  $Z_{form}^R$  формирования:  $\Phi_{(1)}^\Sigma = J_{calib}^\Sigma$  при подаче на управляющий вход оптического модулятора однородного действия линейно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib\_lin}^\Sigma$  суммирующей модуляции, а калибровочная функция  $\Phi^\Xi$  нелинейности суммирующей модуляции в ее втором  $\Phi_{(2)}^\Sigma$  частном варианте равна отношению последовательности калибровочных значений однородно-модулированной составляющей  $J_{calib}^\Sigma$  интенсивности светового потока на выходе любой из зон  $Z_{form}^L$ ,  $Z_{form}^R$  формирования к последовательности соответствующих значений амплитуды монотонно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib}^\Sigma$  суммирующей модуляции:  $\Phi_{(1)}^\Sigma \approx J_{calib}^\Sigma / s_{calib}^\Sigma$ , калибровочная функция  $\Phi^\Xi$  нелинейности делительной модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)}^\Xi$  частном варианте равна частному от деления совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(L)}$  интенсивности светового потока в левой зоне  $Z_{form}^L$  формирования на совокупность калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(R)}$  интенсивности светового потока в правой зоне  $Z_{form}^R$  формирования:  $\Phi_{(1)}^\Xi \approx J_{calib}^{\Xi(L)} / J_{calib}^{\Xi(R)}$  при подаче на управляющий вход оптического модулятора разностного действия линейно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib\_lin}^\Xi$  делительной модуляции, а калибровочная функция  $\Phi^\Xi$  нелинейности делительной модуляции в ее втором  $\Phi_2^\Xi$  частном варианте равна отношению совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(L)}$  интенсивности светового потока в левой зоне  $Z_{form}^L$  формирования к совокупности калибровочных значений разностно-модулированной составляющей  $J_{calib}^{\Xi(R)}$  интенсивности светового потока в правой зоне  $Z_{form}^R$  формирования, деленному на совокупность соответствующих значений амплитуды

монотонно-меняющегося калибровочного сигнала  $s_{calib}^{\Xi}$  делительной модуляции:  $\Phi_{(2)}^{\Xi} = \frac{J_{calib}^{\Xi(L)} / J_{calib}^{\Xi(R)}}{s_{calib}^{\Xi}}$ .

12. Способ по п. 2, отличающийся тем, что значения функции  $\Lambda^{\Sigma}$  линейризации суммирующей модуляции зависят от значений сигнала деления и/или значения функции  $\Lambda^{\Xi}$  линейризации делительной модуляции зависят от значений сигнала суммирования.

13. Способ по п. 2, отличающийся тем, что суммирующую модуляцию осуществляют за счет модуляции интенсивности светового потока с помощью вещественно-амплитудного оптического модулятора, делительную оптическую модуляцию осуществляют за счет модуляции состояния поляризации светового потока с помощью фазово-поляризационного модулятора с произвольной однозначной характеристикой перехода между двумя взаимно комплементарными фазово-поляризационными оптическими состояниями, и осуществляют конверсию делительной модуляции в делительную составляющую интенсивности светового потока с помощью первого и второго поляризационных конвертеров со взаимно комплементарными поляризационными параметрами.

14. Способ по п. 2, отличающийся тем, что с помощью оптического источника генерируют световой поток с первым спектром, с помощью вещественно-амплитудного оптического модулятора осуществляют амплитудную суммирующую модуляцию за счет модуляции интенсивности светового потока, делительную модуляцию осуществляют в форме спектральной делительной модуляции с переходом от первого спектра к второму спектру с помощью частотно-оптического модулятора при изменении напряжения на его управляющем входе от первого до второго значения, с помощью первого и второго частотно-оптических анализаторов осуществляют конверсию спектральной делительной модуляции в делительную составляющую интенсивности светового потока, при этом спектральные

характеристики первого и второго частотно-оптических анализаторов соответствуют первому и второму спектрам.

15. Способ по п. 2, отличающийся тем, что с помощью оптического источника формируют коллимированный световой поток, с помощью суммирующего дифракционного оптического модулятора осуществляют суммирующую дифракционную модуляцию за счет изменения угла отклонения светового потока в первом поперечном направлении, с помощью делительного дифракционного оптического модулятора осуществляют делительную дифракционную модуляцию за счет изменения угла отклонения светового потока в втором поперечном направлении, и с помощью несимметричного в двух взаимно ортогональных поперечных направлениях жалюзного оптического конвертера осуществляют в первом поперечном направлении выделение составляющей светового потока, соответствующей суммирующей дифракционной модуляции в левой и правой зонах формирования, а во втором поперечном направлении – выделение составляющей светового потока, соответствующей делительной дифракционной модуляции между левой и правой зонами формирования.

16. Способ по п. 2, отличающийся тем, что с помощью аналогового вещественно-амплитудного оптического модулятора осуществляют суммирующую модуляцию за счет аналоговой модуляции интенсивности светового потока, с помощью бистабильного поляризационного модулятора осуществляют бистабильную поляризационную делительную модуляцию за счет широтно-импульсной модуляции между двумя взаимно комплементарными состояниями поляризации, с помощью первого и второго поляризационных конвертеров со взаимно комплементарными состояниями поляризации осуществляют аналоговую поляризационную конверсию делительной модуляции в бистабильные вариации делительной составляющей интенсивности светового потока, при этом функцию  $\Lambda_{Bi}^{\Sigma-P}$  линеаризации бистабильной поляризационной делительной модуляции определяют в первом



$\Lambda_{(1)Bi}^{\Xi-P}$  варианте как функцию  $F^{-1}\{\Phi_{(1)Bi}^{\Xi-P}\}$ , обратную к функции нелинейности бистабильной поляризационной делительной модуляции в ее первом  $\Phi_{(1)Bi}^{\Xi-P}$  варианте:  $\Lambda_{(1)Bi}^{\Xi-P} \approx F^{-1}\{\Phi_{(1)Bi}^{\Xi-P}\}$ , которую определяют как совокупность результатов частного от деления усредненных во времени калибровочных значений делительной составляющей интенсивности светового потока в левой зоне формирования  $\tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)}(u)$  к усредненным во времени калибровочным значениям делительной составляющей интенсивности  $\tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(R)}(u)$  светового потока в правой зоне формирования:

$$\Phi_{Bi}^{\Xi-P}(u) \approx \tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)}(u) / \tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(R)}(u), \quad \text{где} \quad \tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)}(u) = \int_t J_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)} dt,$$

$$\tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(R)}(u) = \int_t J_{calib\_Bi}^{\Xi-P(R)} dt, \quad \text{при подаче на управляющий вход бистабильного поляризационного модулятора калибровочного широтно-импульсного сигнала}$$

$u_{calib\_lin\_Bi}^{\Xi-P}$  с линейно-меняющейся шириной импульсов, а функцию линеаризации бистабильной поляризационной делительной модуляции в ее втором  $\Lambda_{(2)Bi}^{\Xi-P}$  варианте определяют как совокупность величин, каждая из которых является обратной величиной к соответствующему значению функции нелинейности бистабильной поляризационной делительной модуляции в ее втором  $\Phi_{(2)Bi}^{\Xi-P}$  варианте:  $\Lambda_{(2)Bi}^{\Xi-P}(u) \approx 1 / \Phi_{(2)Bi}^{\Xi-P}(u)$ , которая есть совокупность результатов частного от деления усредненных во времени калибровочных значений делительной составляющей интенсивности светового потока в левой зоне формирования  $\tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)}(u)$  к усредненным во времени калибровочным значениям делительной составляющей интенсивности  $\tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(R)}(u)$  светового потока в правой зоне формирования, деленных на усредненные во времени  $\tilde{u}_{calib\_lin\_Bi}^{\Xi-P}$  значения калибровочного

сигнала  $\tilde{u}_{calib\_lin\_Bi}^{\Xi-P}$  с монотонно-меняющейся длительностью импульсов:

$$\Phi_{(2)Bi}^{\Xi-P} \approx \frac{\tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(L)}(u) / \tilde{J}_{calib\_Bi}^{\Xi-P(R)}(u)}{\tilde{u}_{calib\_lin\_Bi}^{\Xi-P}}, \text{ где } \tilde{u}_{calib\_lin}^{\Xi-P} = \int_0^T u_{calib\_lin\_Bi}^{\Xi-P} dt.$$

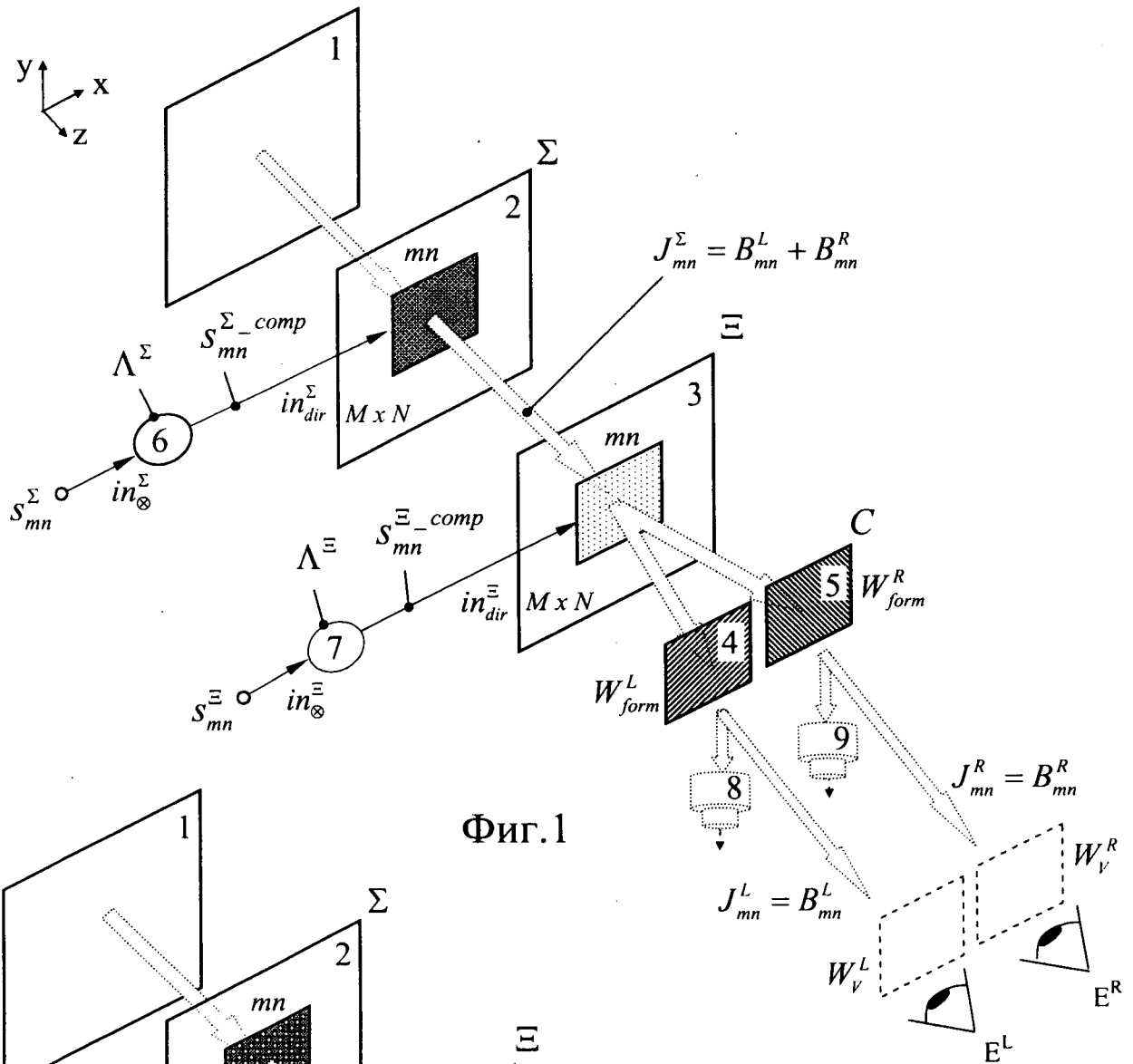
17. Способ по п. 2, отличающийся тем, что суммирующую и/или делительную модуляцию осуществляют за счет комбинации аналоговой и бистабильной либо многостабильной модуляции характеристик светового потока.

18. Устройство для формирования и наблюдения стереоизображений с максимальным пространственным разрешением, содержащее источник стереовидеосигнала, оптически связанные между собой оптический источник и электрически управляемый оптический блок, включающий в себя расположенные последовательно на одной оптической оси адресуемую по  $M$  строкам и  $N$  столбцам секцию оптического сумматора, адресуемую по  $M$  строкам и  $N$  столбцам секцию оптического шифратора и адресуемую по  $N$  столбцам секцию пространственно-селективного оптического декодера, а также первый и второй функциональные блоки, выходы которых подключены к управляющим входам секции оптического сумматора и секции оптического шифратора соответственно, а входы — к соответствующим выходам источника стереовидеосигнала, при этом апертура  $mn$ -го элемента секции оптического сумматора оптически связана с апертурой  $mn$ -го элемента секции оптического шифратора, а в смежных  $(2i-1)$ -х и  $2i$ -х столбцах секции оптического шифратора и в смежных  $(2k-1)$ -х и  $2k$ -х столбцах секции пространственно-селективного оптического декодера начальные оптические состояния рабочего вещества являются взаимно комплементарными между смежными столбцами, ось симметрии одной из зон  $Z_{form}^L$ ,  $Z_{form}^R$  формирования является общей линией пересечения одной группы  $N$  плоскостей, из которых первые  $N/2$  плоскостей проходят через оси симметрии нечетных  $(2k-1)$ -х столбцов секции оптического шифратора и

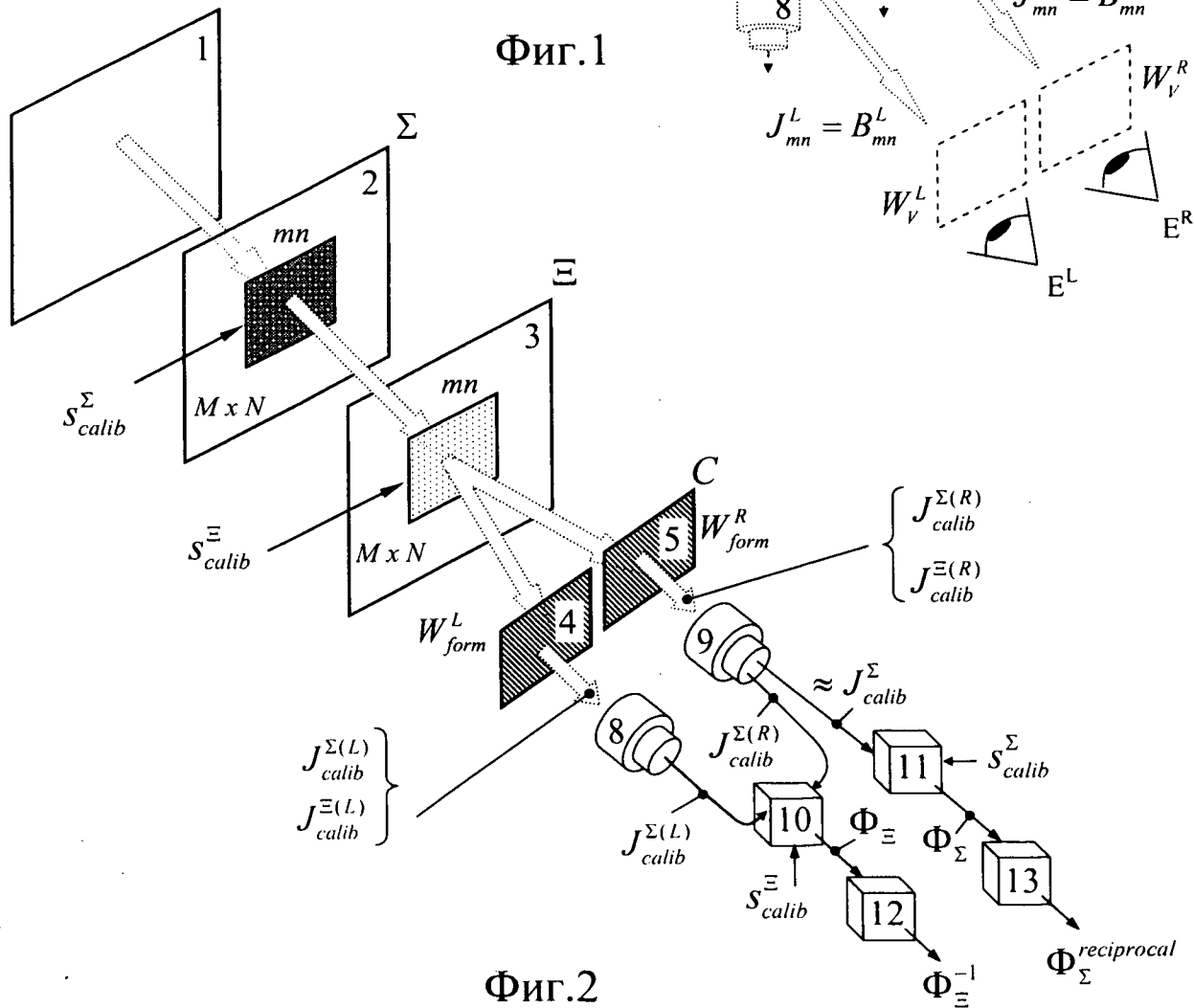
оси симметрии четных  $2i$ -х столбцов секции пространственно-селективного оптического декодера, а остальные  $N/2$  плоскостей проходят через оси симметрии четных  $2k$ -х столбцов секции оптического шифратора и оси симметрии нечетных  $(2i-1)$ -х столбцов секции пространственно-селективного оптического декодера, а ось симметрии другой из зон  $Z_{form}^L$ ,  $Z_{form}^R$  формирования является общей линией пересечения другой группы  $N$  плоскостей, из которых первые  $N/2$  плоскостей проходят через оси симметрии четных  $2k$ -х столбцов секции оптического шифратора и оси симметрии четных  $2i$ -х столбцов секции пространственно-селективного оптического декодера, а остальные  $N/2$  плоскостей проходят через оси симметрии нечетных  $(2k-1)$ -х столбцов секции оптического шифратора и оси симметрии нечетных  $(2i-1)$ -х столбцов секции пространственно-селективного оптического декодера, где  $n = 1, 2, \dots, N$ ,  $m = 1, 2, \dots, M$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ ,  $k = 1, 2, \dots, N$ , отличающееся тем, что электрически управляемый матрично-адресуемый оптический блок выполнен с возможностью взаимной перестановки вдоль оптической оси секций оптического сумматора, оптического шифратора и пространственно-селективного оптического декодера или/и их компонентов, которые выполнены соответственно в виде суммирующего оптического модулятора, делительного оптического модулятора и оптического селектора, каждый из которых содержит по крайней мере один слой рабочего вещества с двумя взаимно комплементарными произвольными оптическими состояниями и произвольной однозначной характеристикой перехода между этими состояниями, первый функциональный блок выполнен с передаточной функцией  $T^\Sigma$ , являющейся обратной функцией к передаточной функции  $\Phi^{ch-1}$  первого оптоэлектронного канала:  $T^\Sigma = F^{-1} \{ \Phi^{ch-1} \}$ , входом которого является управляющий вход суммирующего оптического модулятора, а оптическим выходом первого оптоэлектронного канала является любая из зон  $Z_{form}^L$ ,  $Z_{form}^R$ .

формирования, второй электронный функциональный блок выполнен с передаточной функцией  $T^{\Xi}$ , являющейся обратной функцией к передаточной функции  $\Phi^{ch-2}$  второго оптоэлектронного канала:  $T^{\Xi} = F^{-1} \{ \Phi^{ch-2} \}$ , входом которого является управляющий вход делительного оптического модулятора, а оптическим выходом второго оптоэлектронного канала являются апертуры обеих зон  $Z_{form}^L$ ,  $Z_{form}^R$  формирования, при этом значения передаточных функций первого и второго оптоэлектронных каналов соответствуют величинам оптической интенсивности.

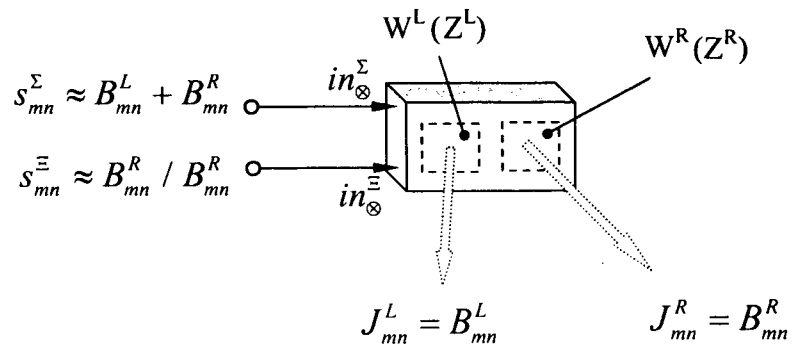
19. Устройство по п. 18, отличающееся тем, что суммирующий оптический модулятор и/или делительный оптический модулятор и/или оптический селектор включают в себя по крайней мере один вспомогательный компенсаторный либо вспомогательный фокусирующий либо вспомогательный поляризующий оптический слой либо комбинацию вспомогательных оптических слоев, каждый из которых является стационарным либо управляемым, передаточные функции которых являются спектрально-зависимыми либо дифракционно-зависимыми либо рефракционно-зависимыми членами, содержащимися в значениях передаточных функций первого и второго оптоэлектронных каналов.



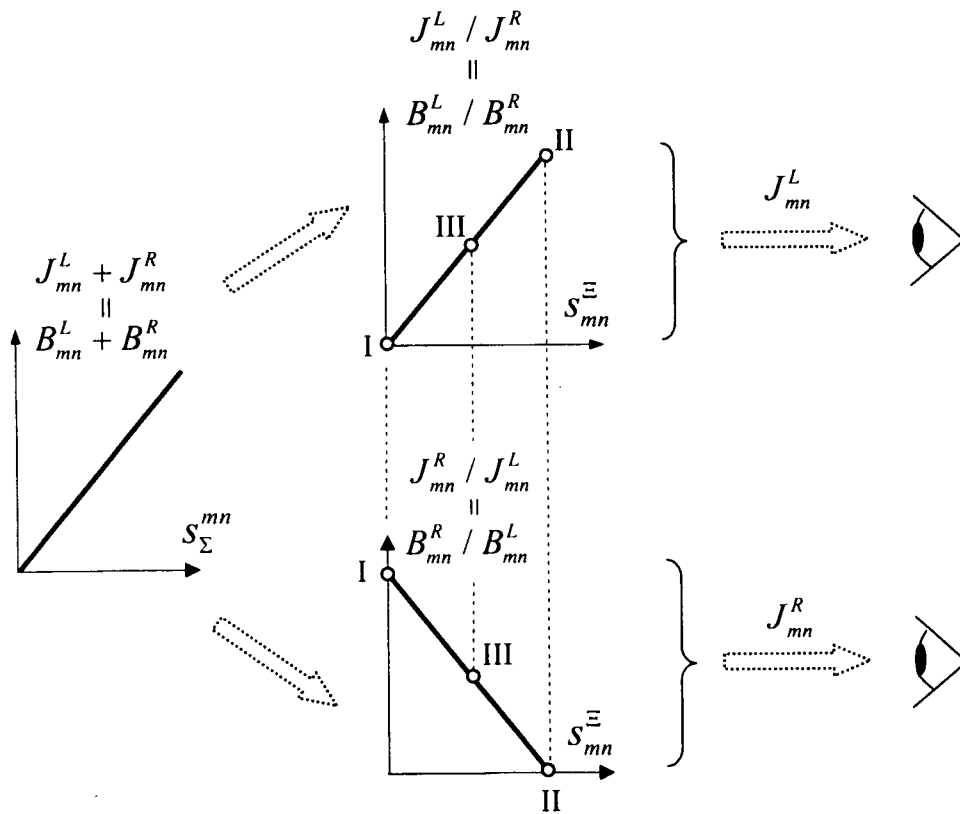
Фиг.1



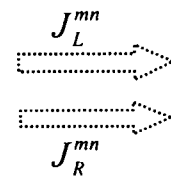
Фиг.2



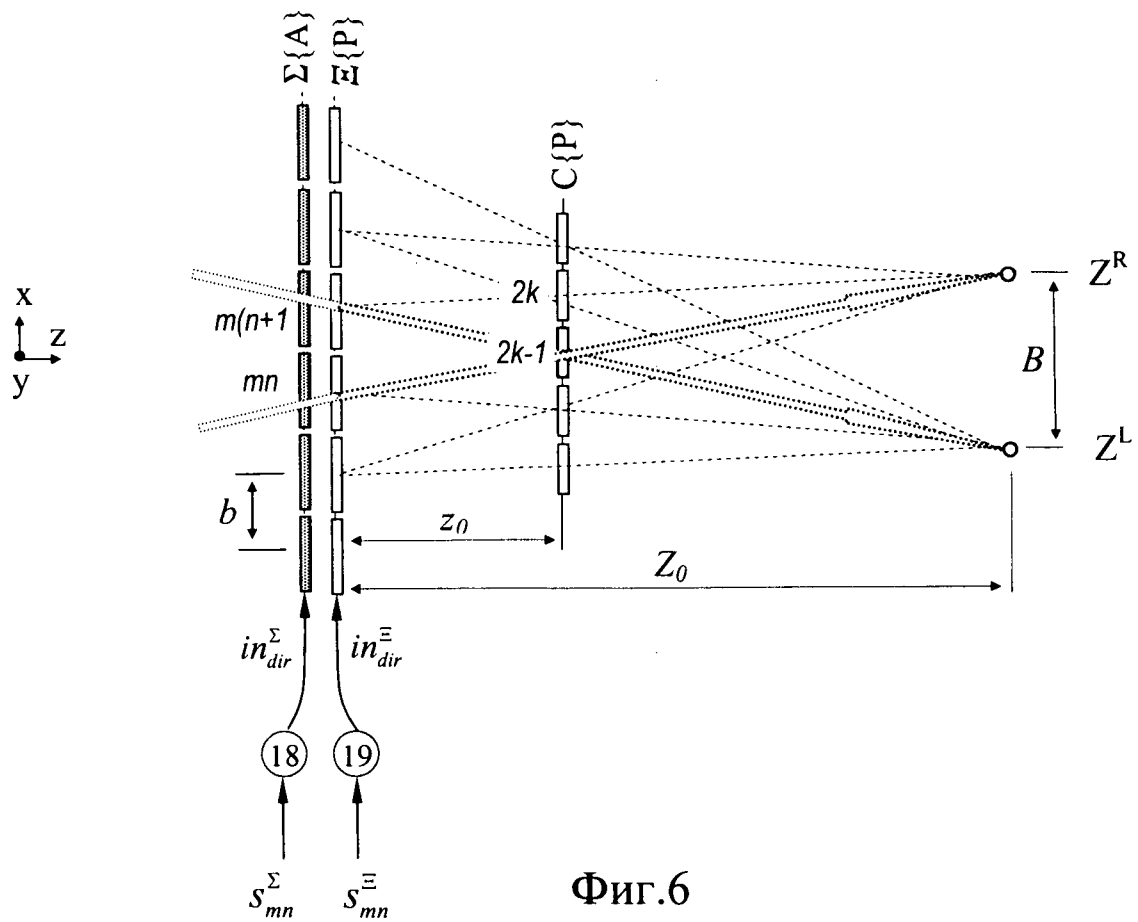
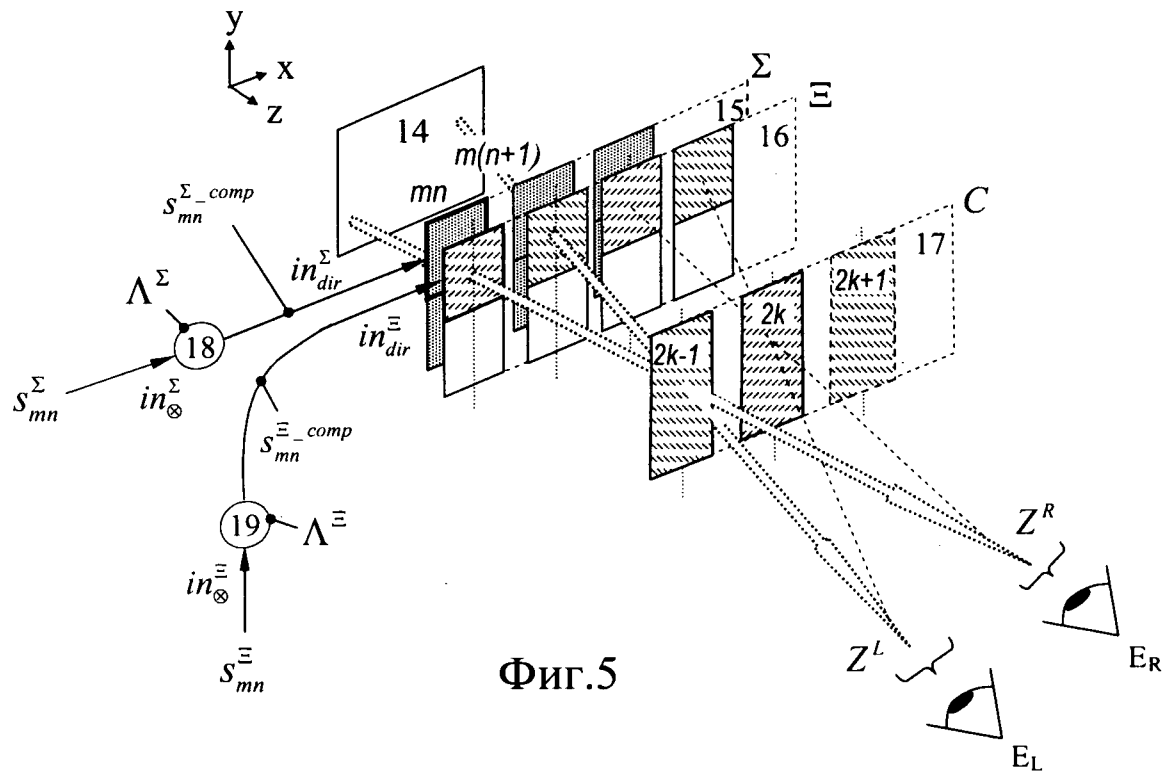
Фиг.3

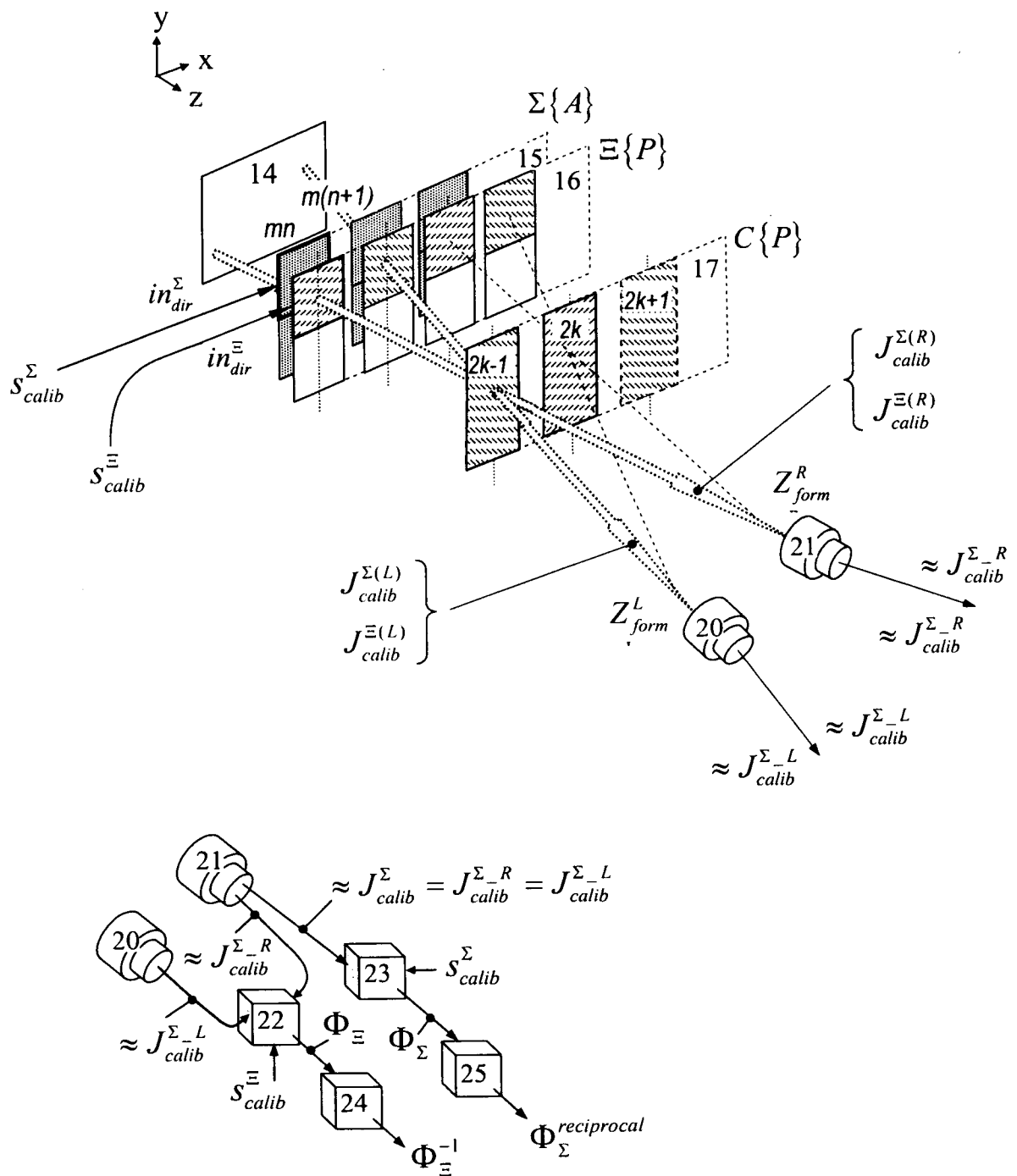


I	II	III
$B_L^{mn} \approx 0$	$B_L^{mn} \approx J_L^{mn}(\text{max})$	$B_L^{mn} \approx J_L^{mn}(\text{middle})$
$B_R^{mn} \approx J_R^{mn}(\text{max})$	$B_R^{mn} \approx 0$	$B_R^{mn} \approx J_R^{mn}(\text{middle})$



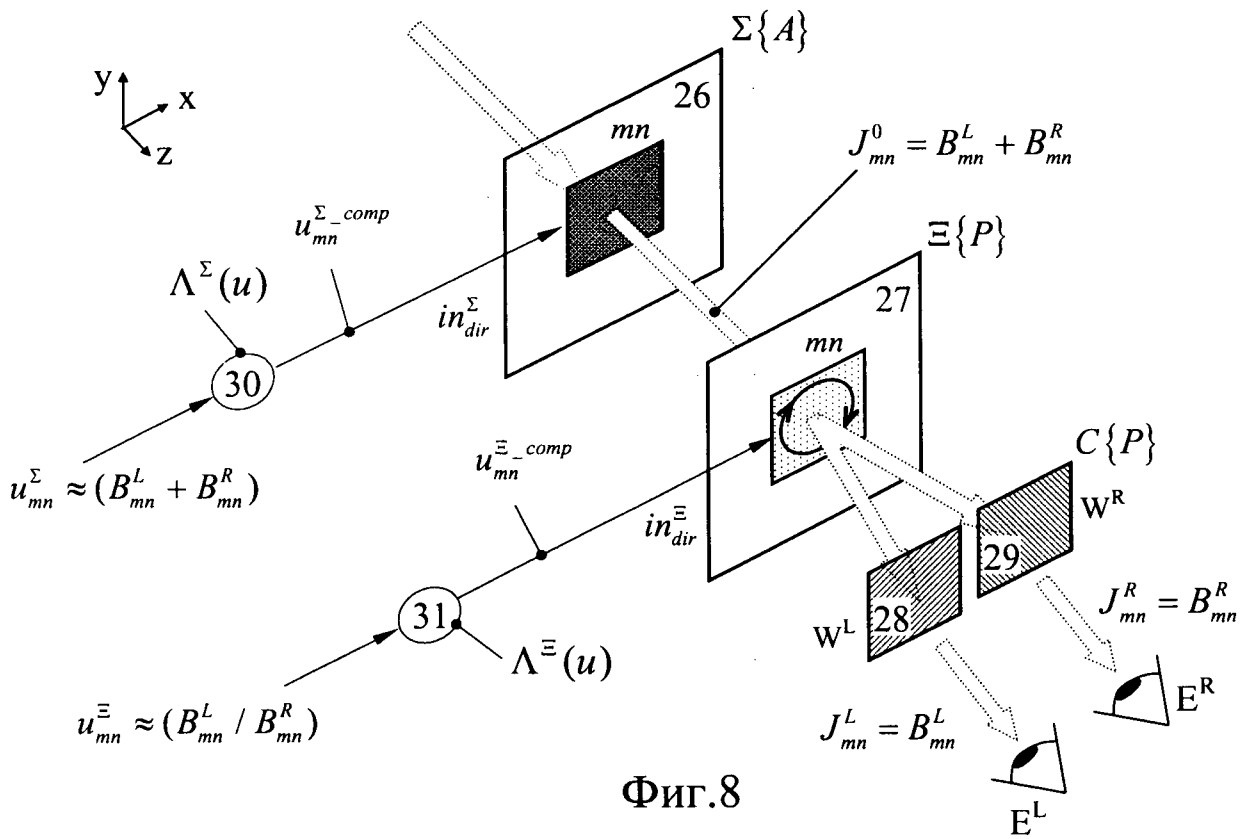
Фиг.4



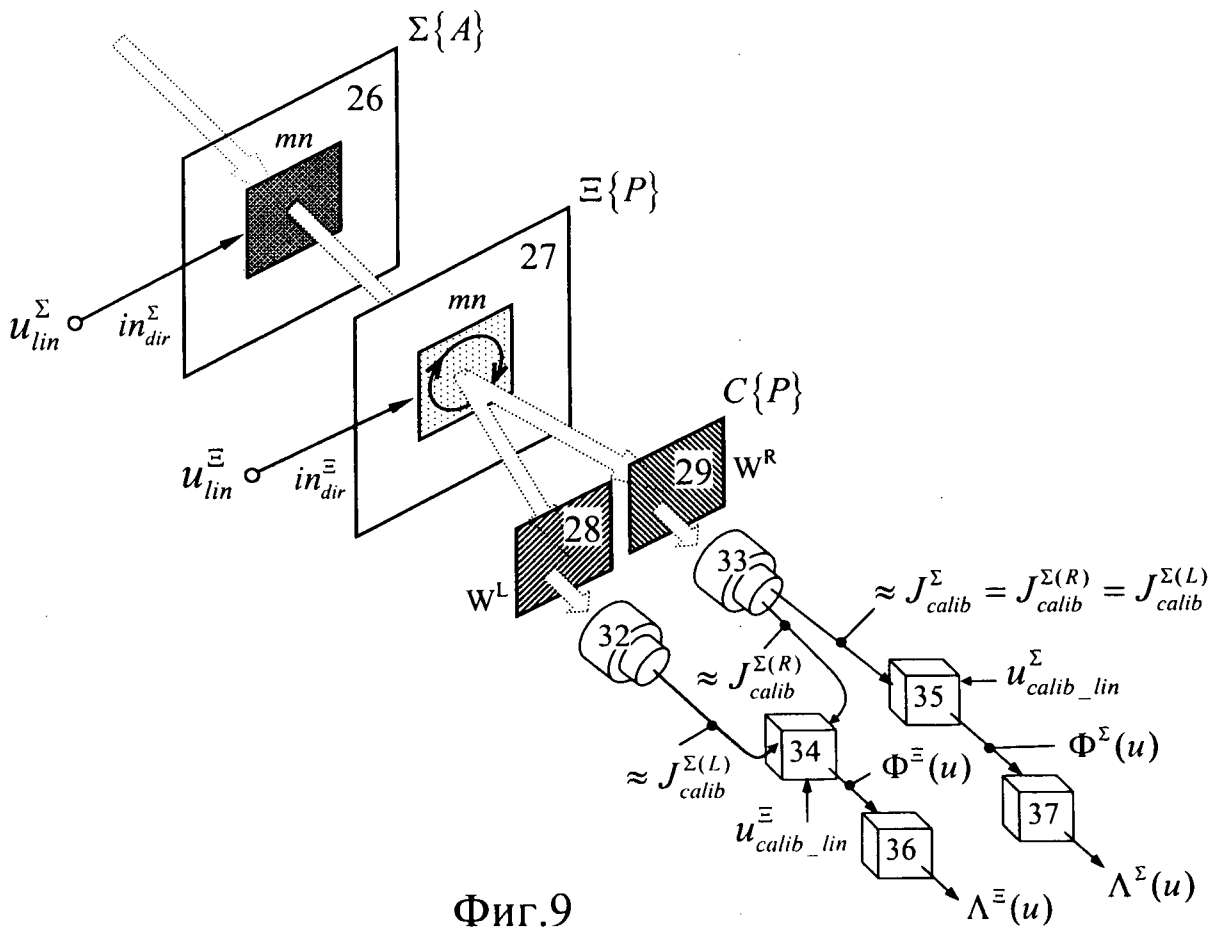


Фиг.7

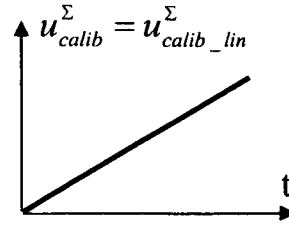
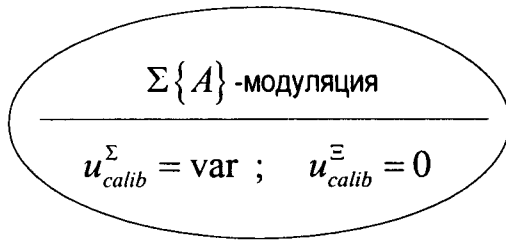




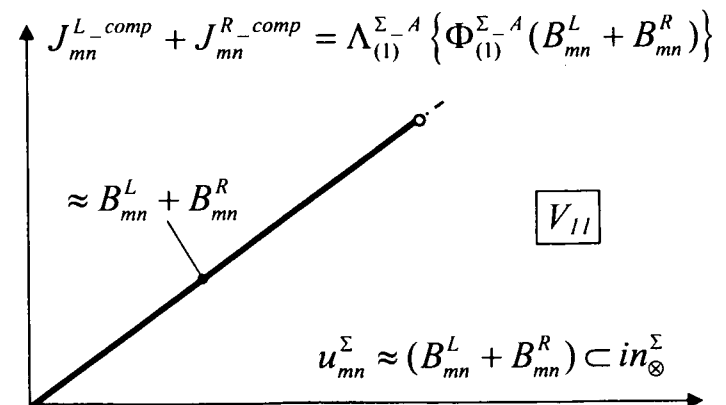
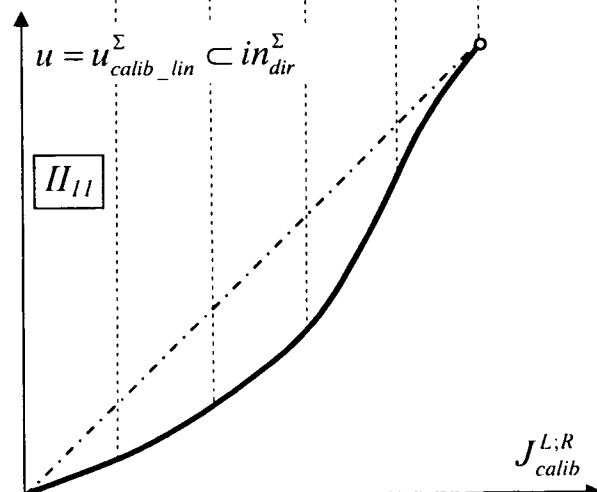
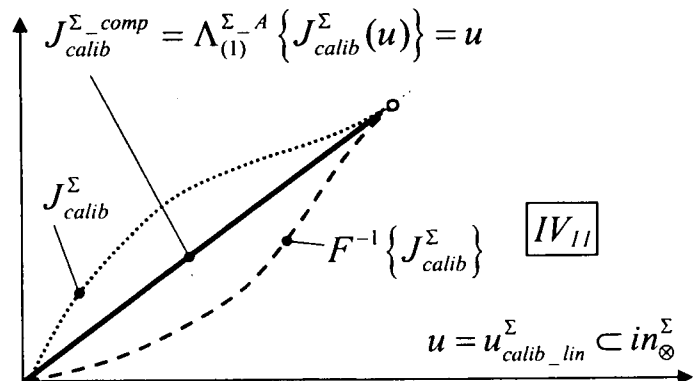
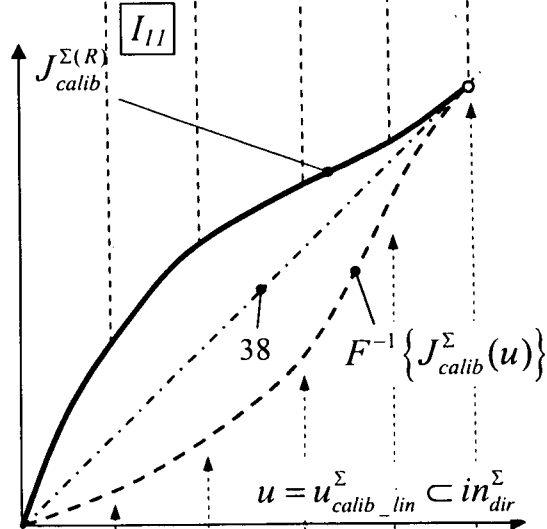
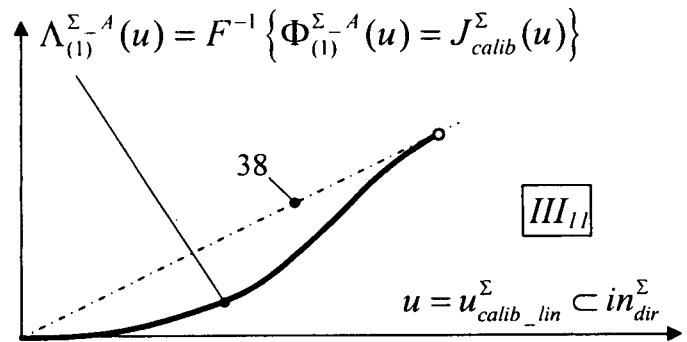
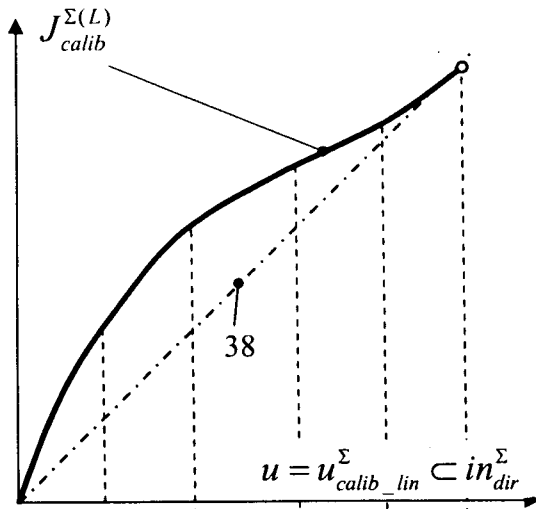
Фиг.8



Фиг.9



Фиг.10

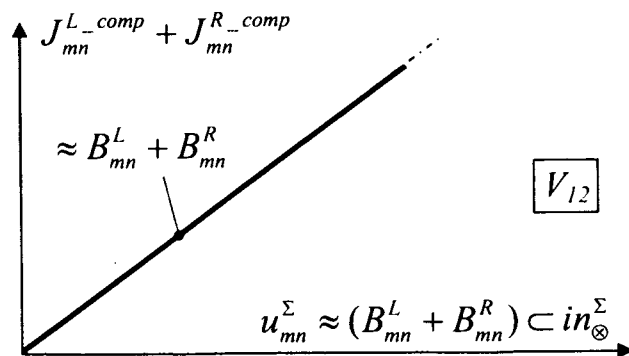
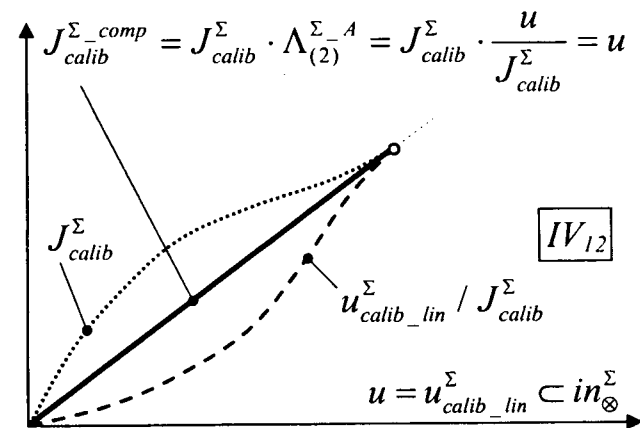
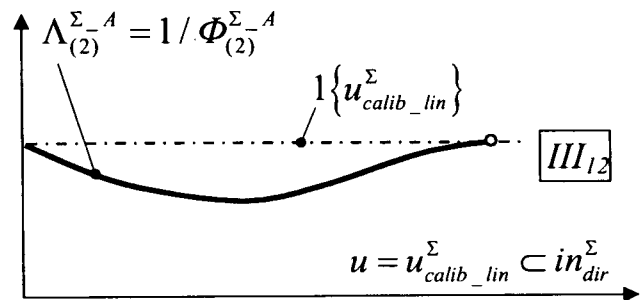
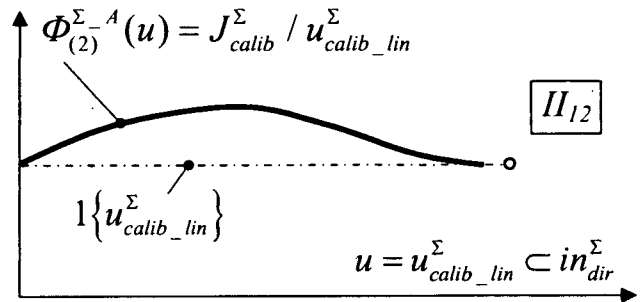
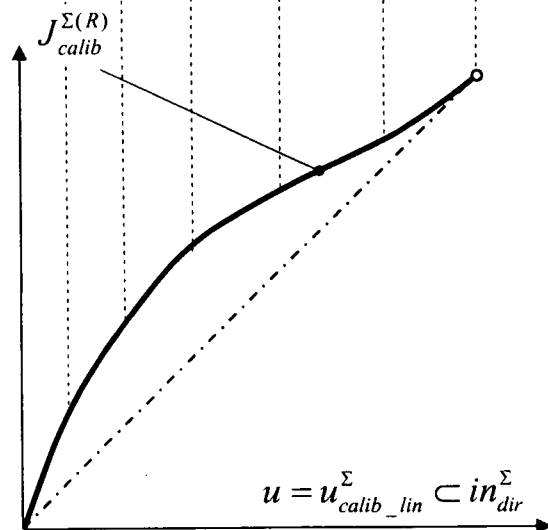
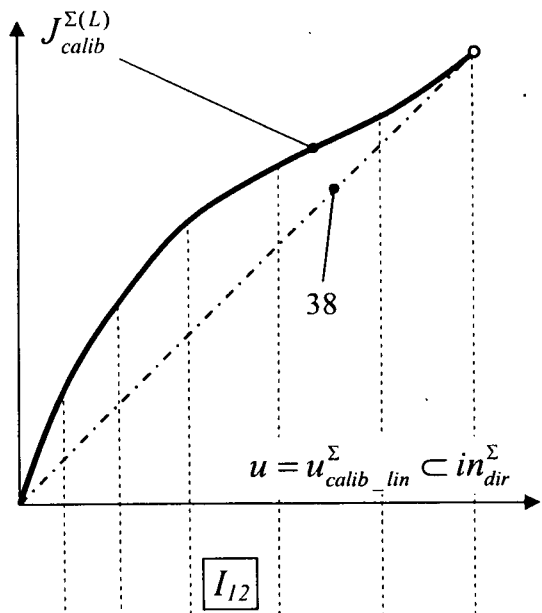


Фиг.11

$$\Sigma\{A\} \text{ -модуляция}$$


---


$$u_{calib}^{\Sigma} = \text{var} ; \quad u_{calib}^{\Xi} = 0$$

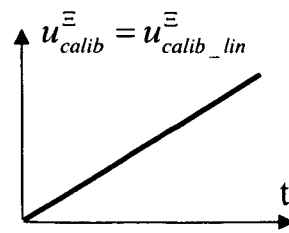


Фиг.12

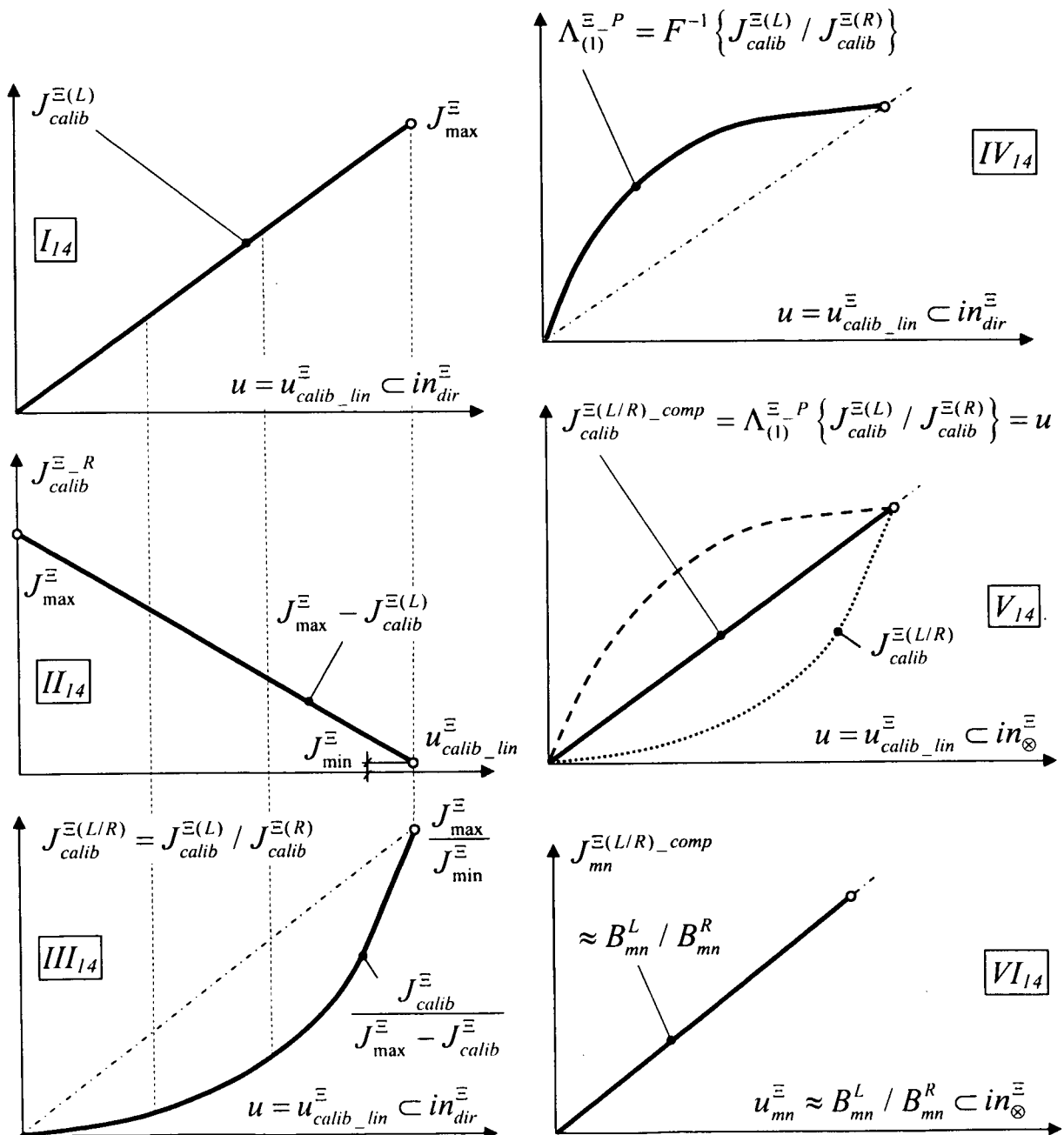
$$\Xi\{P\} - \text{модуляция}$$


---

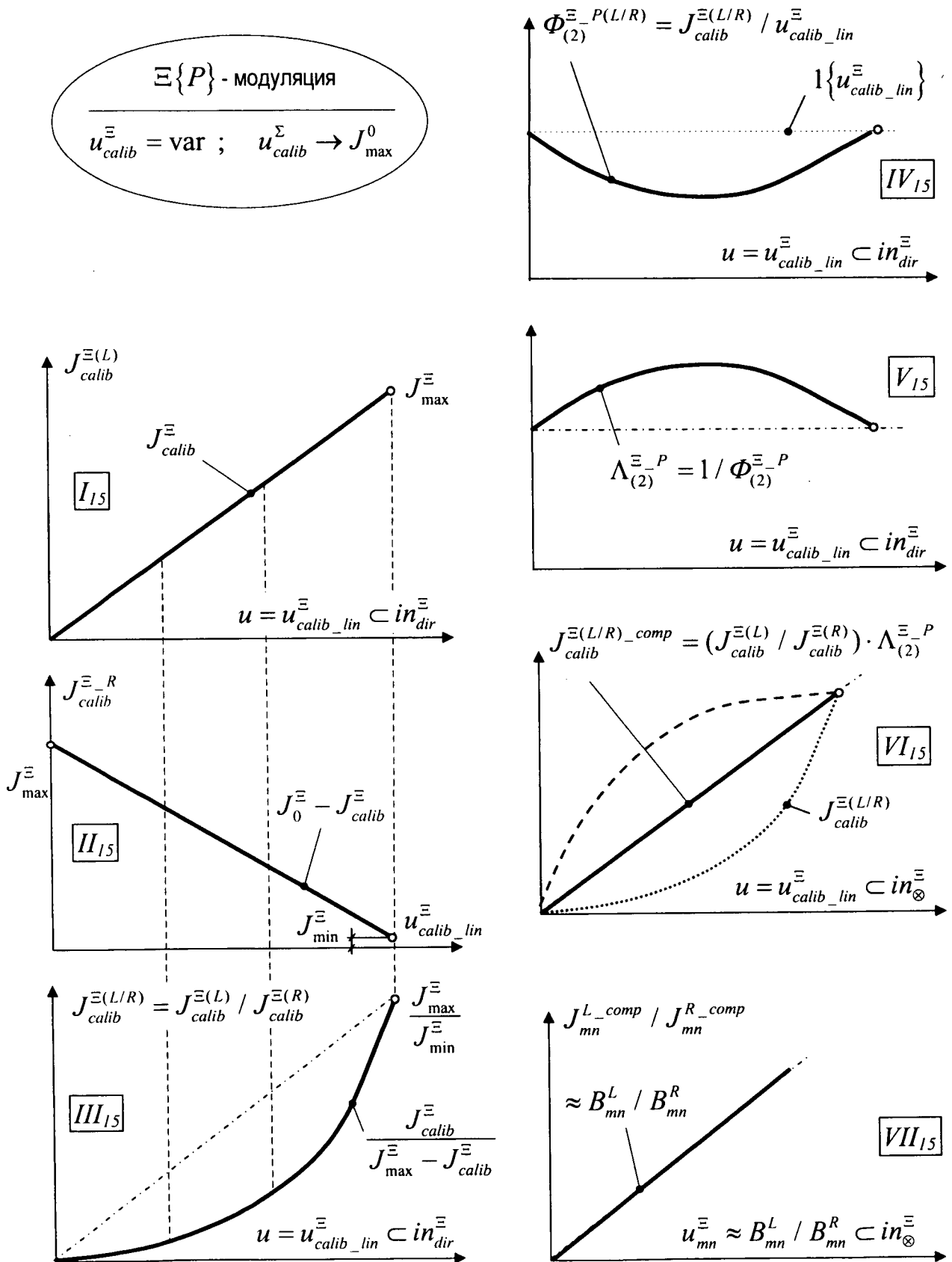

$$u_{calib}^{\Xi} = \text{var} ; \quad u_{calib}^{\Sigma} \rightarrow J_{\max}^0$$



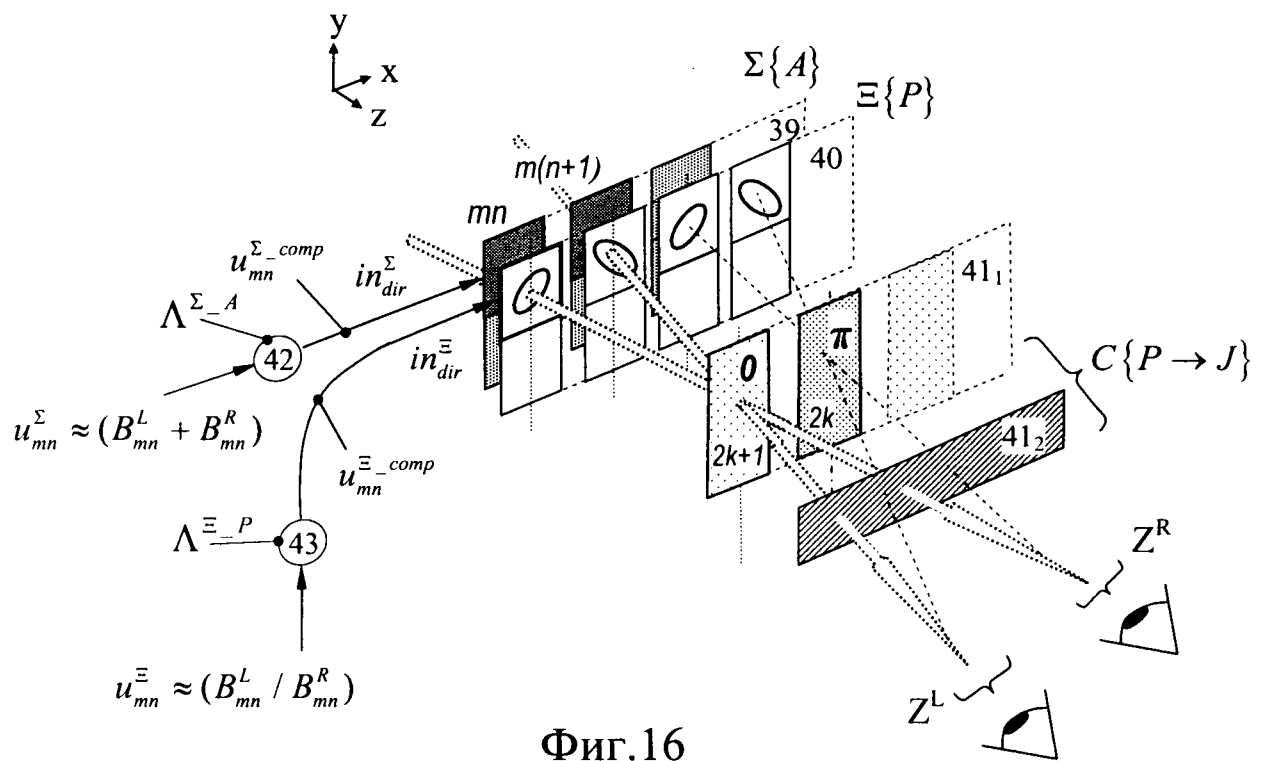
Фиг.13



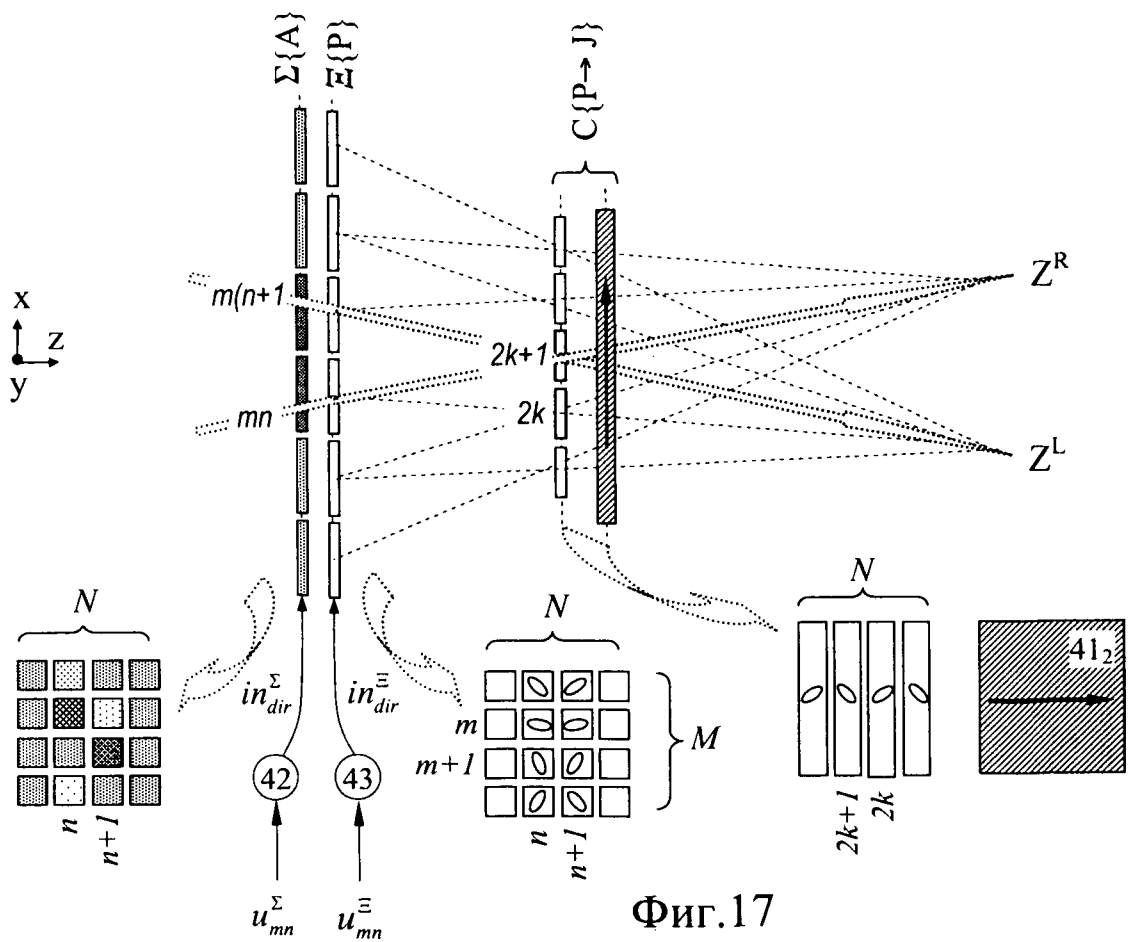
Фиг.14



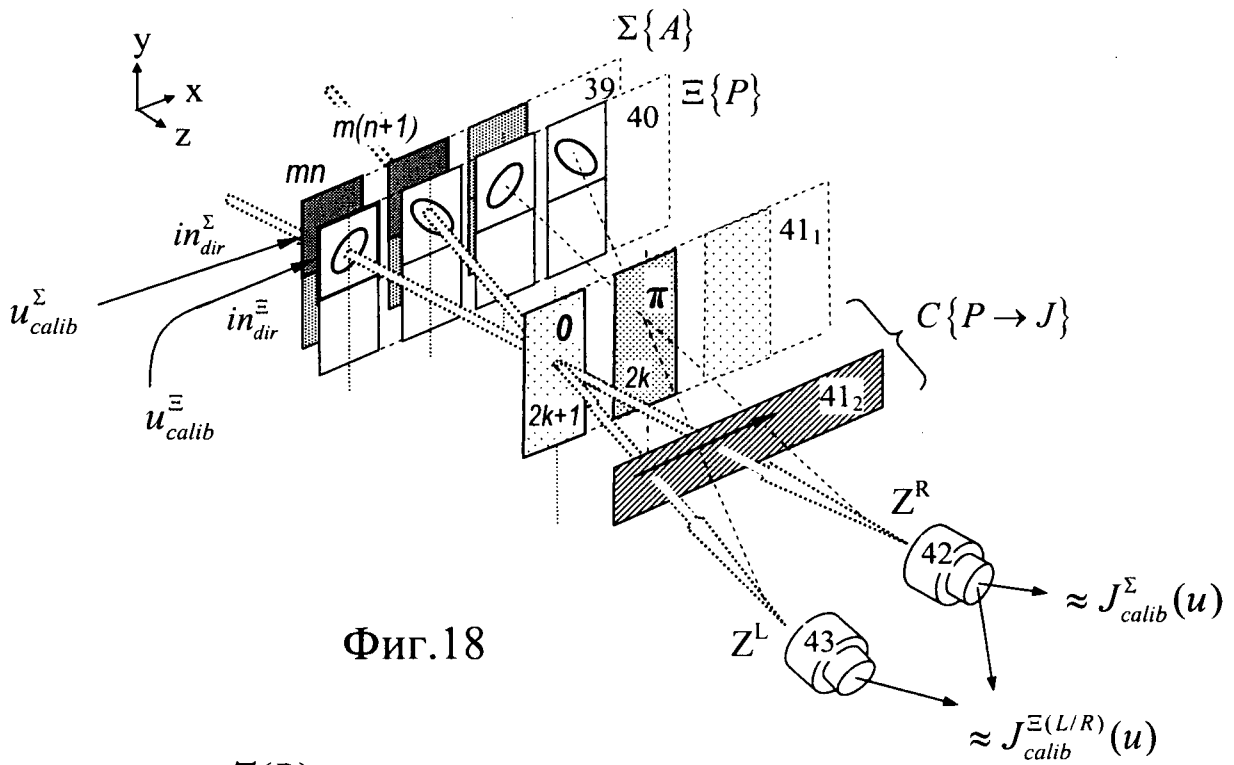
Фиг.15



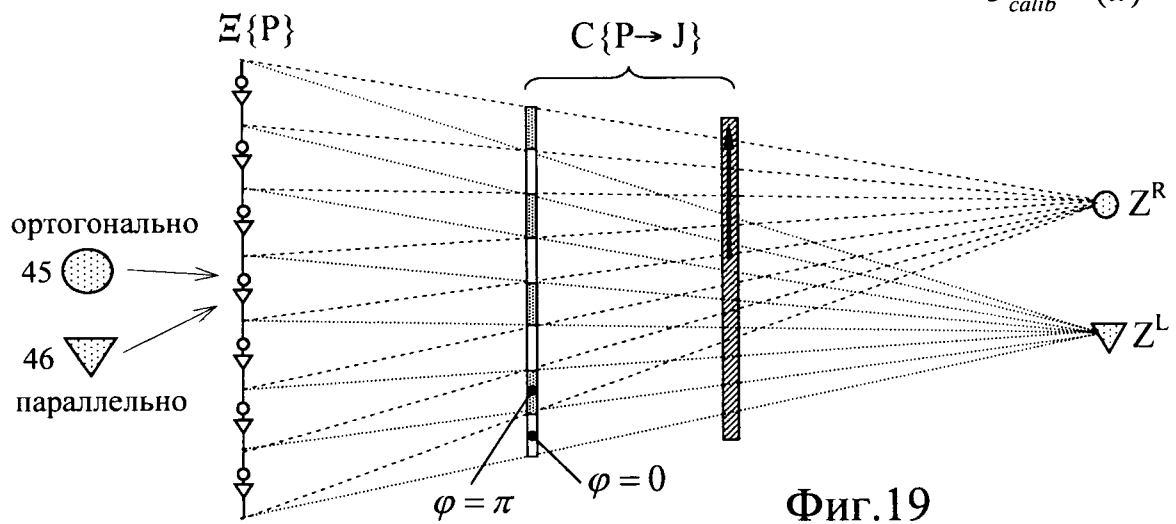
Фиг.16



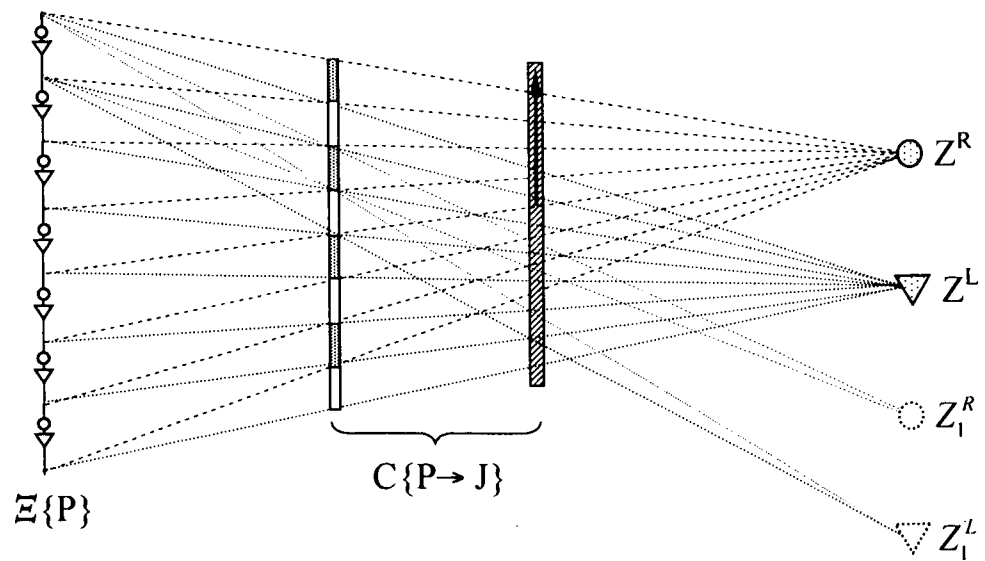
Фиг.17



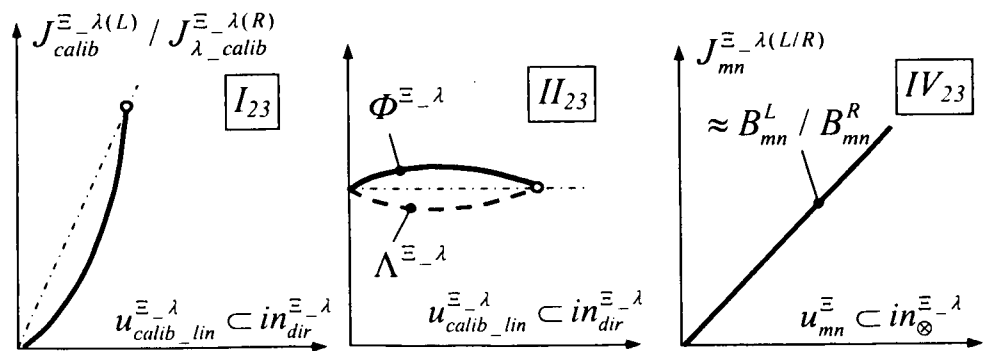
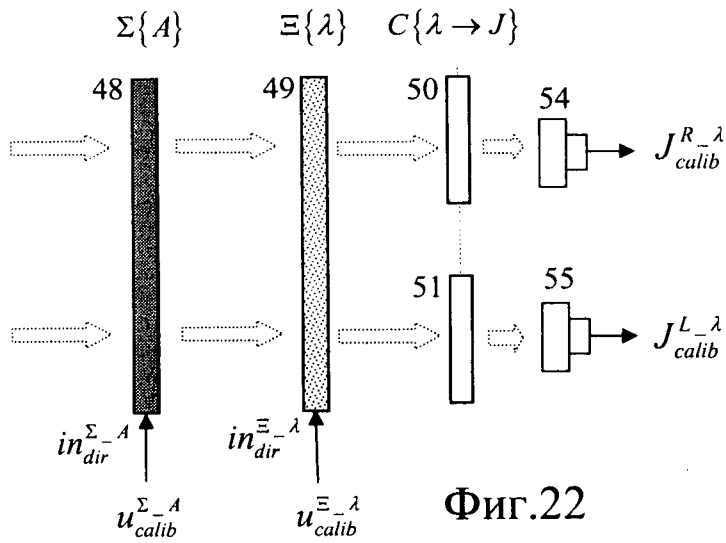
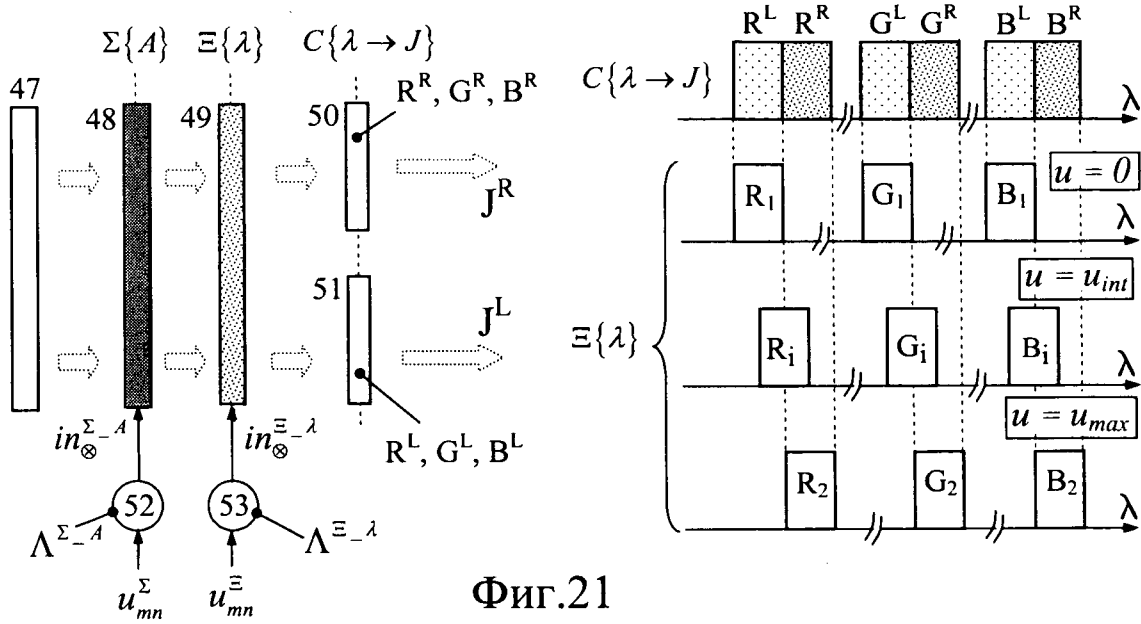
Фиг.18



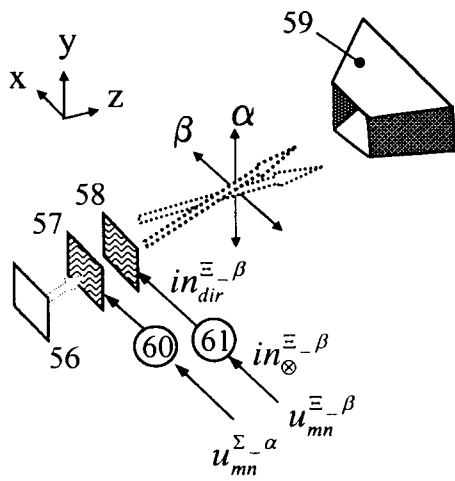
Фиг.19



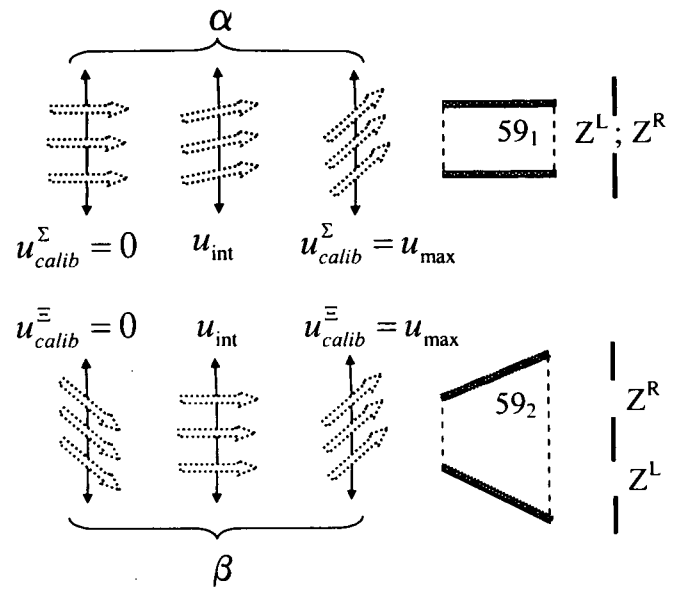
Фиг.20



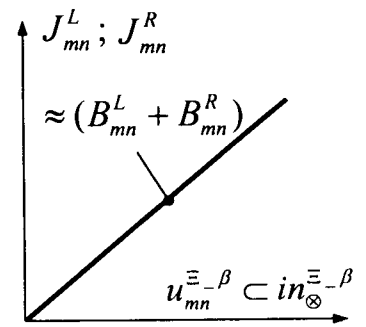
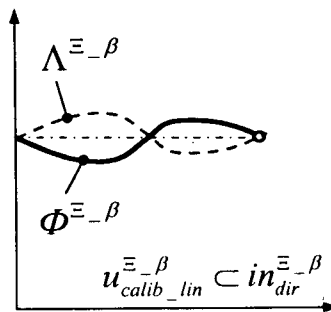
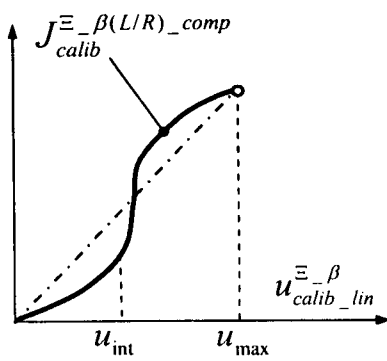




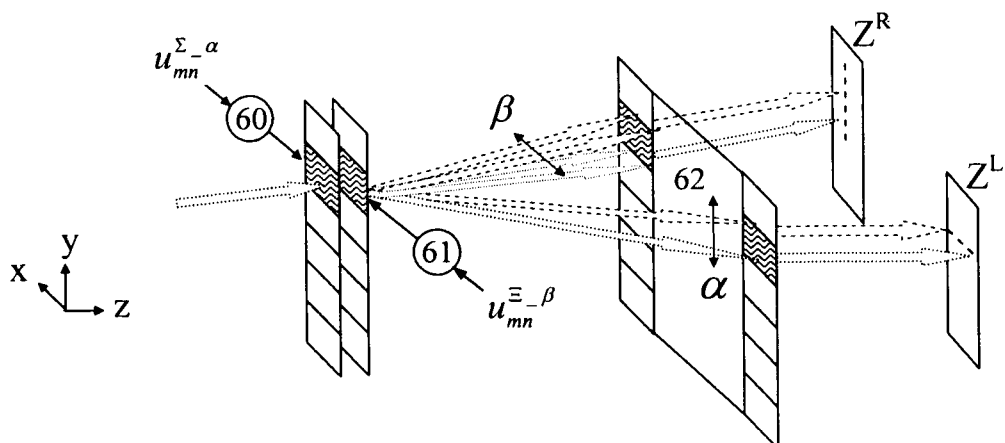
Фиг.24



Фиг.25

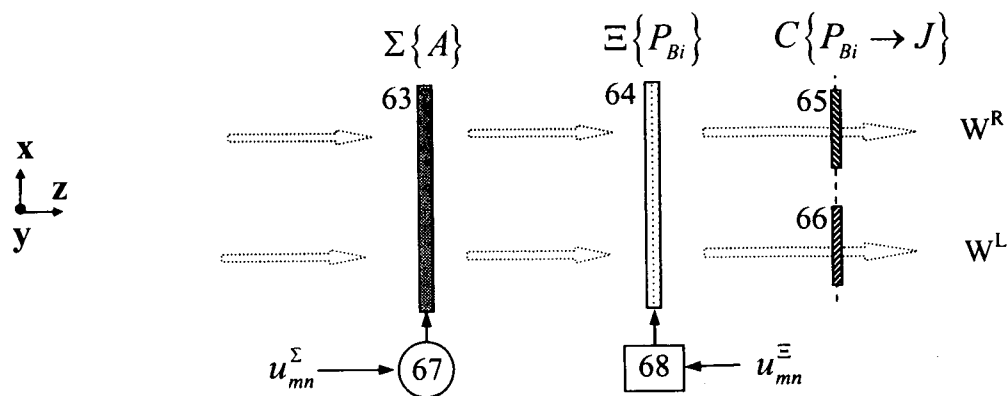


Фиг.26

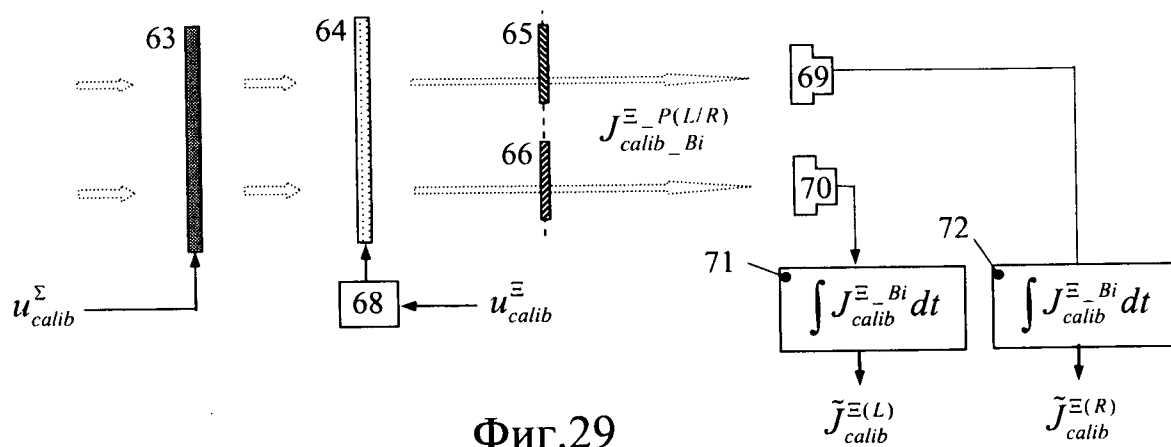


Фиг.27

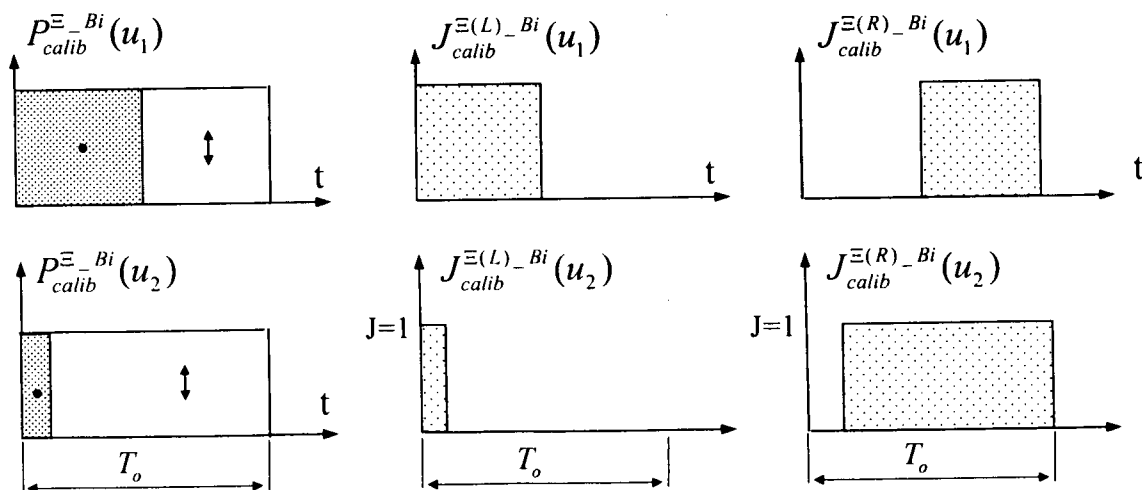
14/22



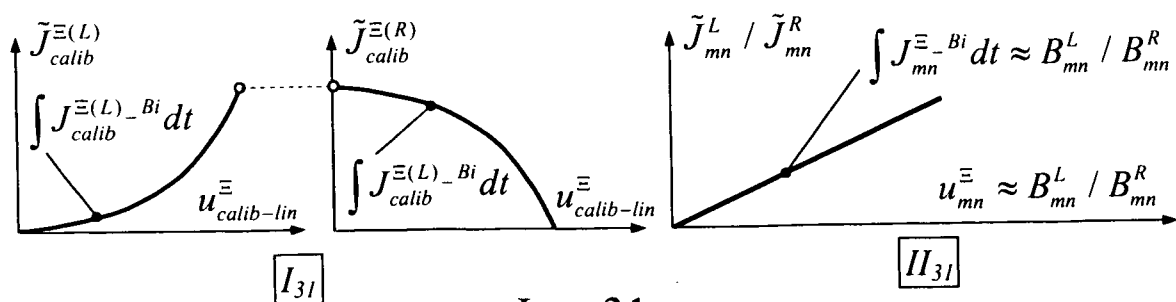
Фиг.28



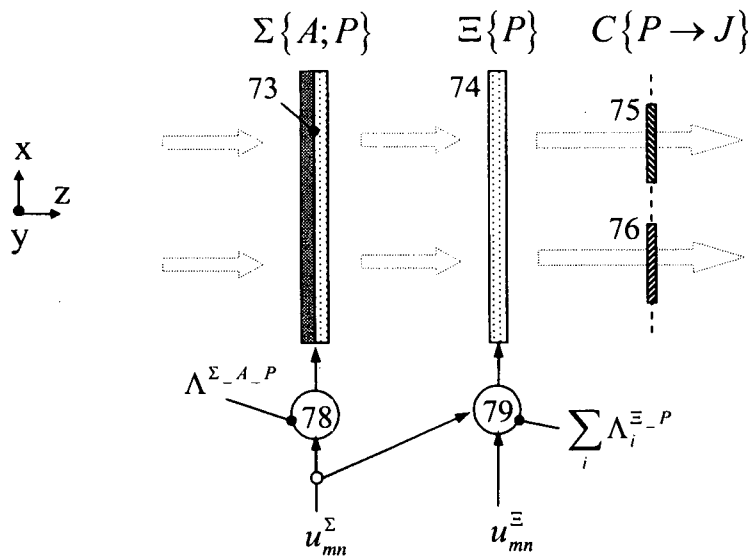
Фиг.29



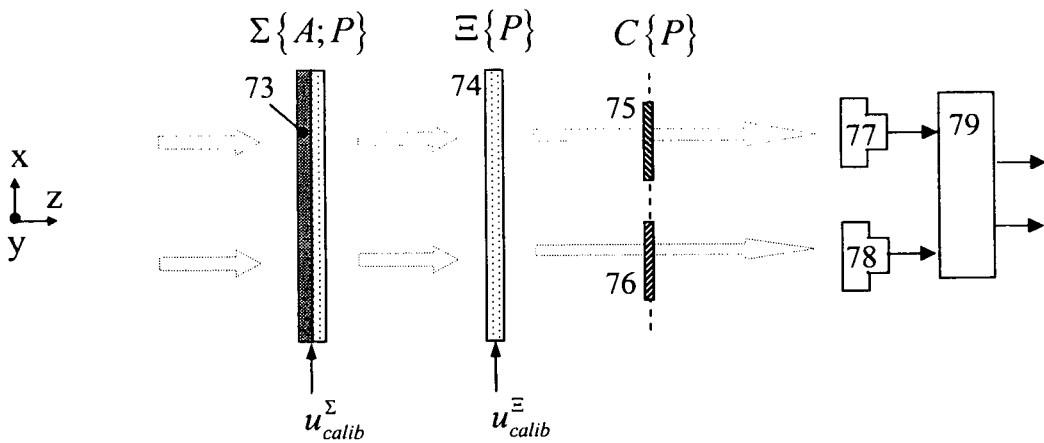
Фиг.30



Фиг.31



Фиг.32

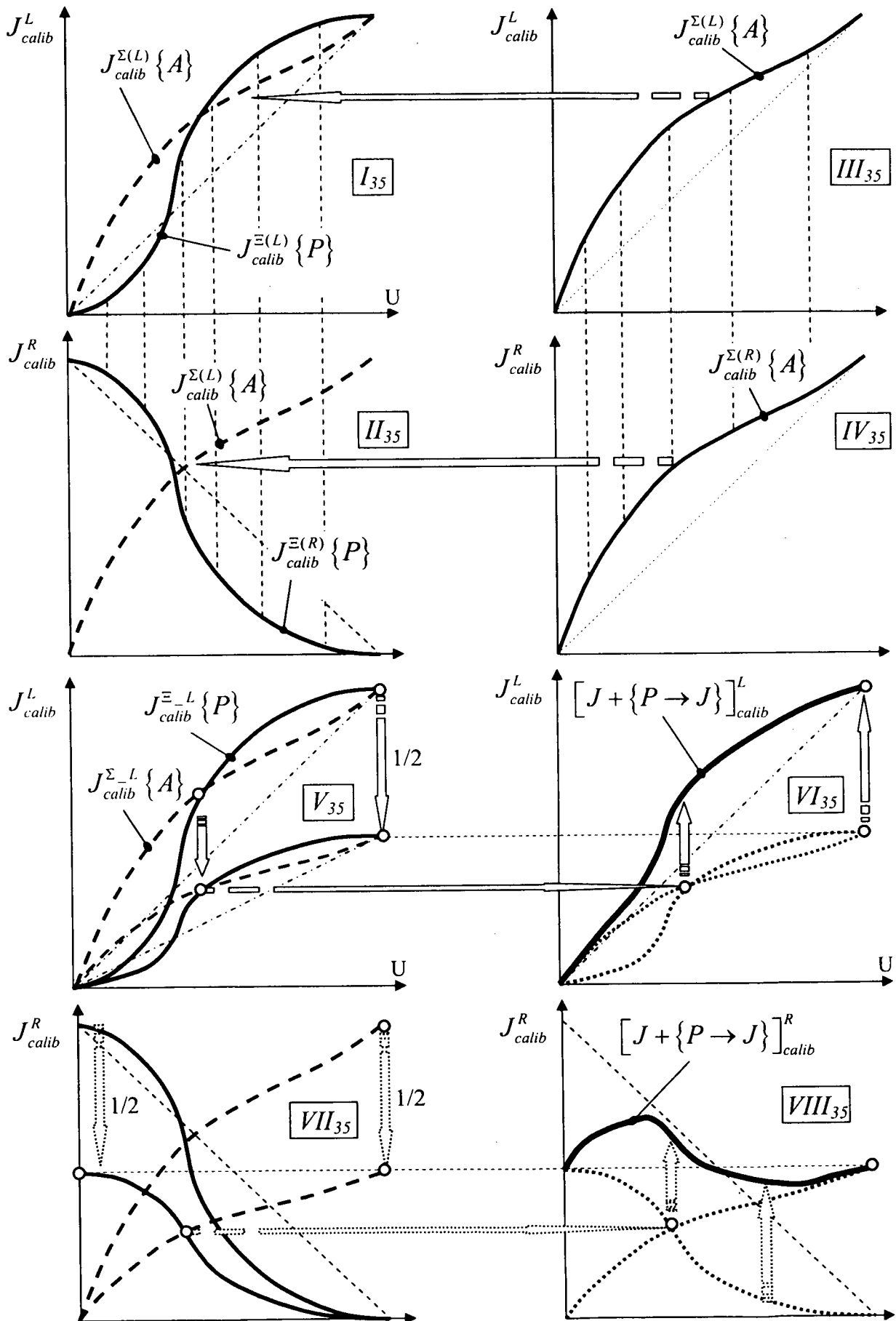


Фиг.33

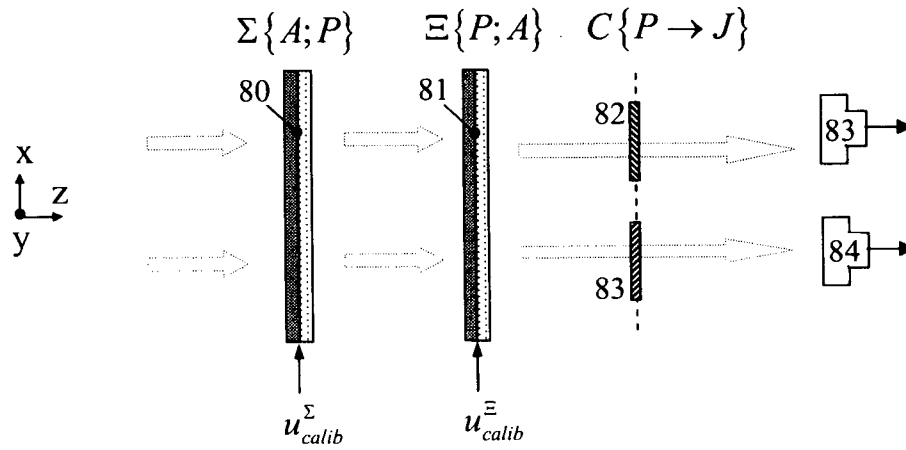
$u_1^{\Sigma}$	$\Lambda_1^{\Xi}$	$u_1^{\Xi}$	$\Lambda_1^{\Xi}\{u_1^{\Xi}\}$
$u_2^{\Sigma}$	$\Lambda_2^{\Xi}$	$u_2^{\Xi}$	$\Lambda_1^{\Xi}\{u_2^{\Xi}\}$
...	...	...	...
$u_j^{\Sigma}$	$\Lambda_j^{\Xi}$	$u_i^{\Xi}$	$\Lambda_i^{\Xi}\{u_i\}$

$\left. \vphantom{\begin{matrix} u_1^{\Sigma} \\ u_2^{\Sigma} \\ \dots \\ u_j^{\Sigma} \end{matrix}} \right\} \Lambda_{total}^{\Xi} = \sum_i \Lambda_i^{\Xi}$

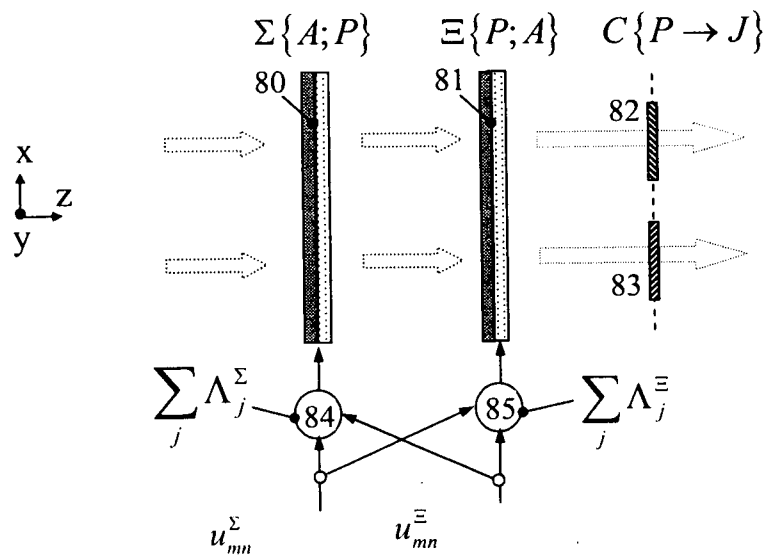
Фиг.34



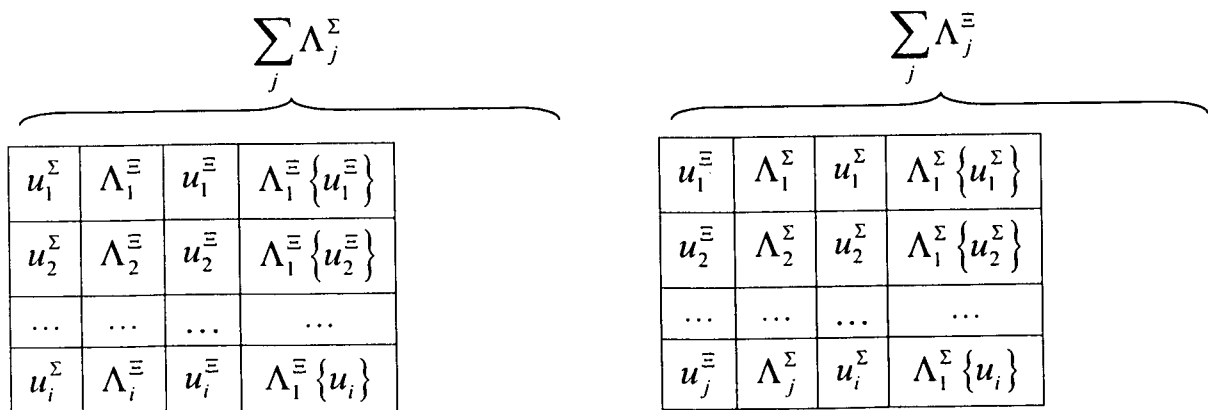
Фиг.35



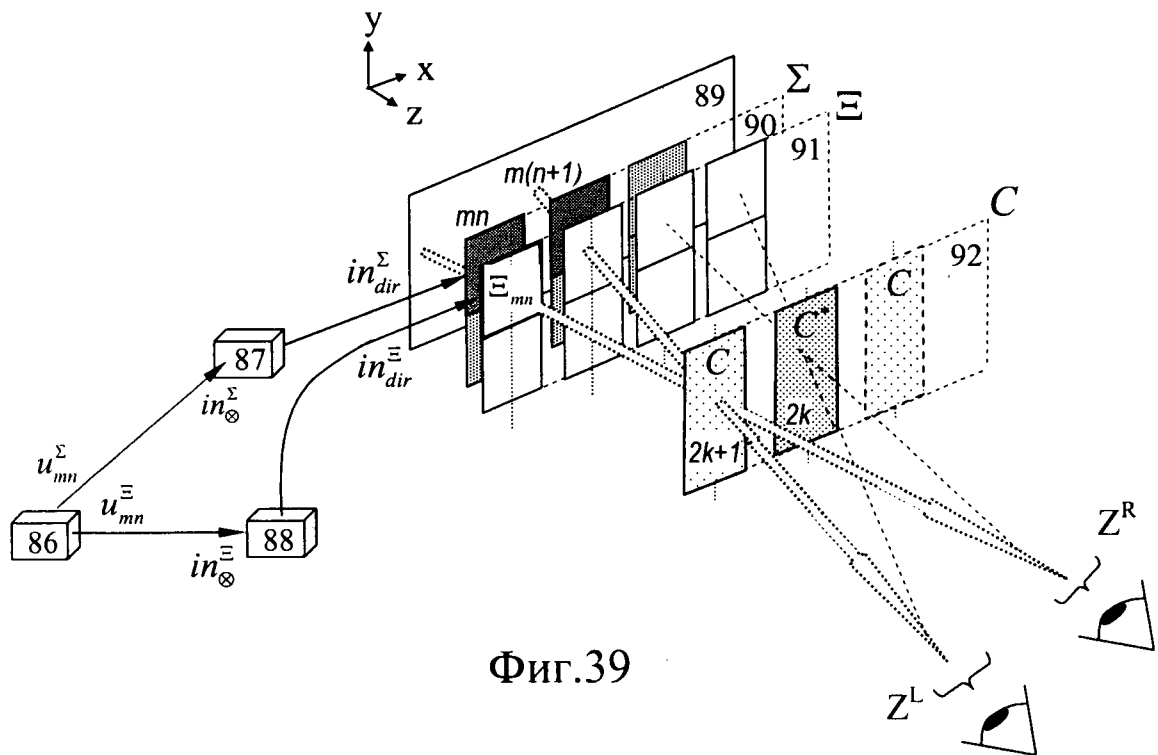
Фиг.36



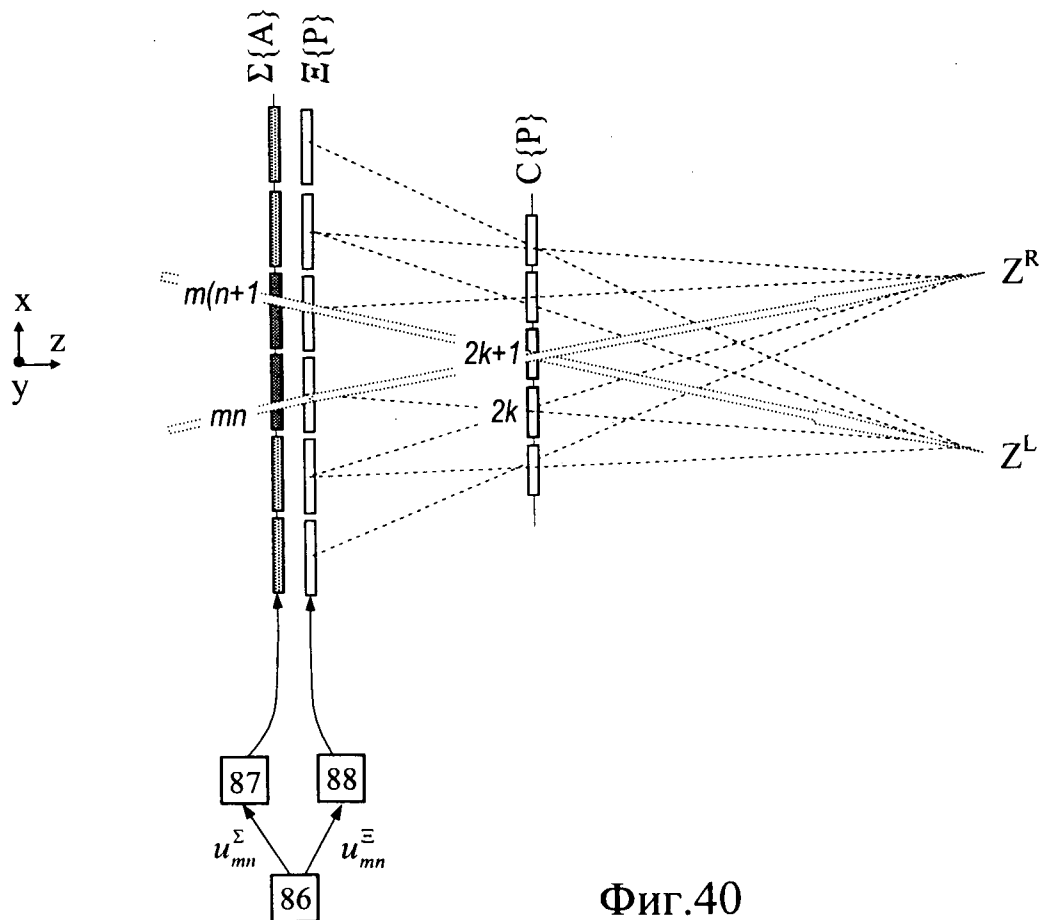
Фиг.37



Фиг.38



Фиг.39



Фиг.40

$\Sigma_{11}$	$\Sigma_{12}$	...	$\Sigma_{1n}$	$\Sigma_{1(n+1)}$	...
$\Sigma_{21}$	$\Sigma_{22}$	...	$\Sigma_{2n}$	$\Sigma_{2(n+1)}$	...
...	...	...	...	...	...
$\Sigma_{m1}$	$\Sigma_{m2}$	...	$\Sigma_{mn}$	$\Sigma_{m(n+1)}$	...
$\Sigma_{(m+1)1}$	$\Sigma_{(m+1)2}$	...	$\Sigma_{(m+1)n}$	$\Sigma_{(m+1)(n+1)}$	...
...	...	...	...	...	...

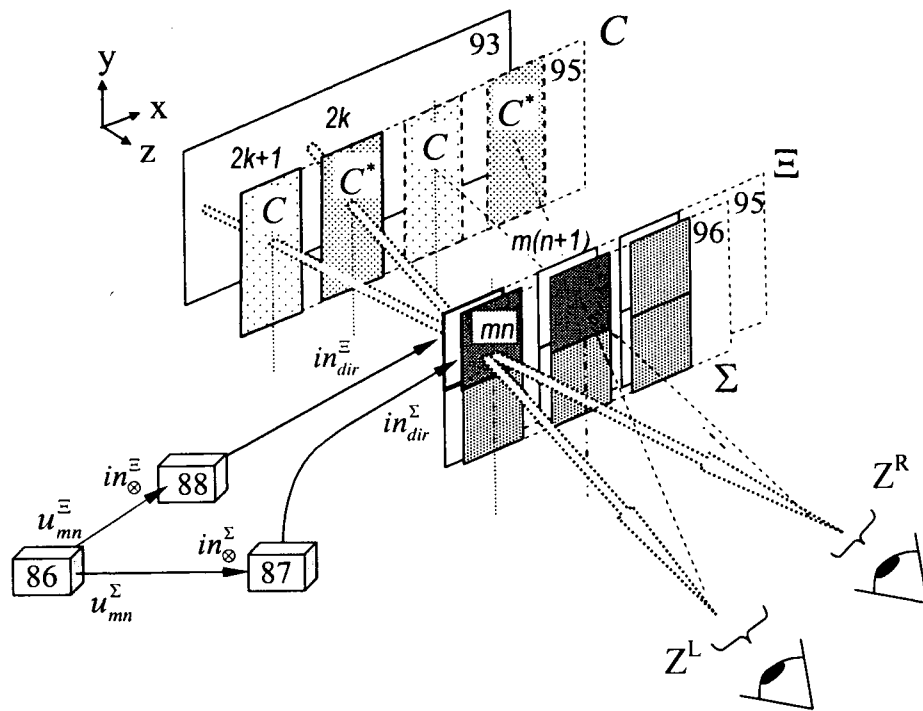
Фиг.41

$[u]_{11}$	$[u]_{12}^*$	...	$[u]_{1n}$	$[u]_{1(n+1)}^*$	...
$[u]_{21}$	$[u]_{22}^*$	...	$[u]_{2n}$	$[u]_{2(n+1)}^*$	1...
...	...	...	...	...	...
$[u]_{m1}$	$[u]_{m2}^*$	...	$[u]_{mn}$	$[u]_{m(n+1)}^*$	...
$[u]_{(m+1)1}$	$[u]_{(m+1)2}^*$	...	$[u]_{(m+1)n}$	$[u]_{(m+1)(n+1)}^*$	...
...	...	...	...	...	...

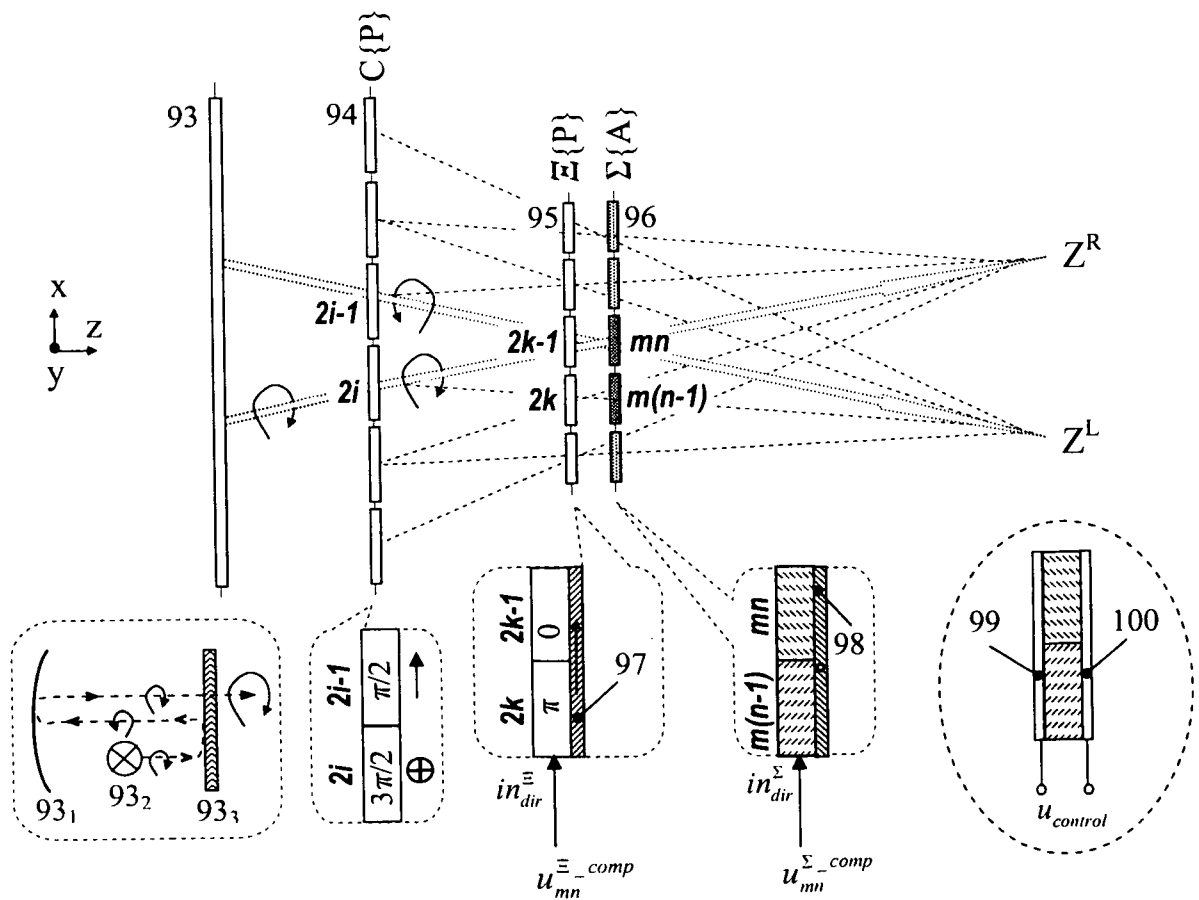
Фиг.42

$C_{11}$	$C_{12}^*$	...	$C_{1n}$	$C_{1(n+1)}^*$	...
		...			...
		...			...
		...			...
		...			...
		...			...
		...			...

Фиг.43

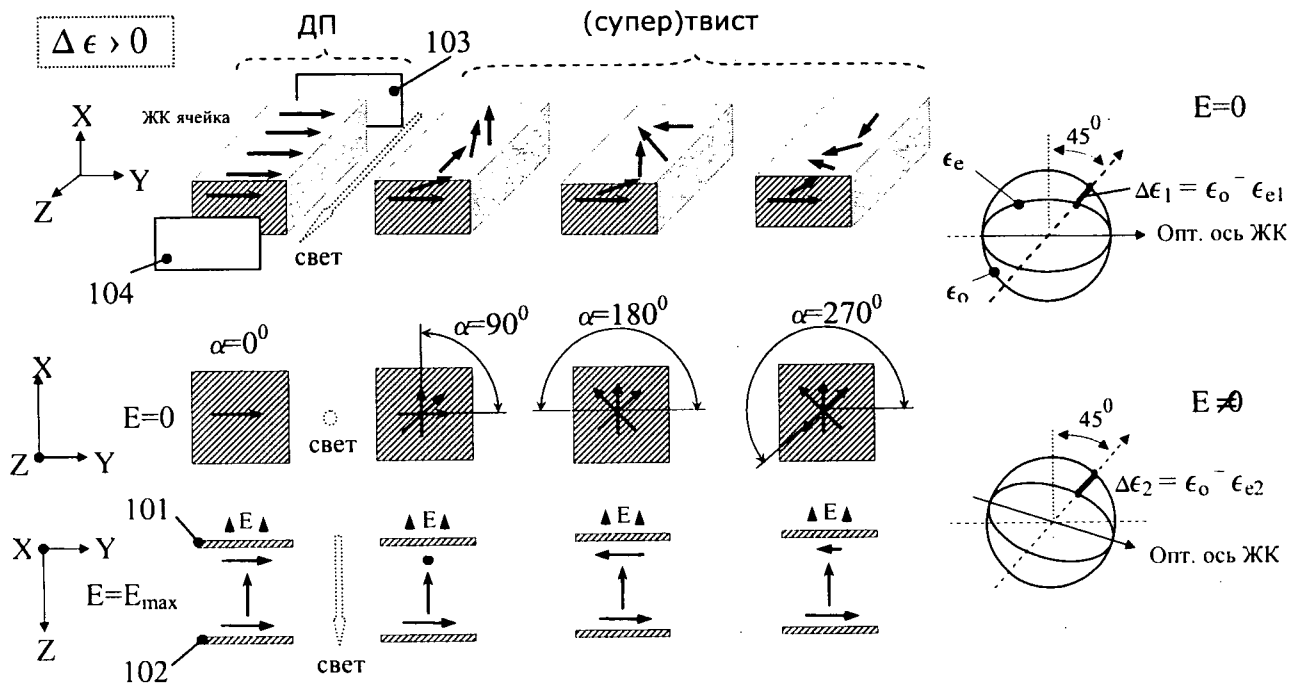


Фиг.44

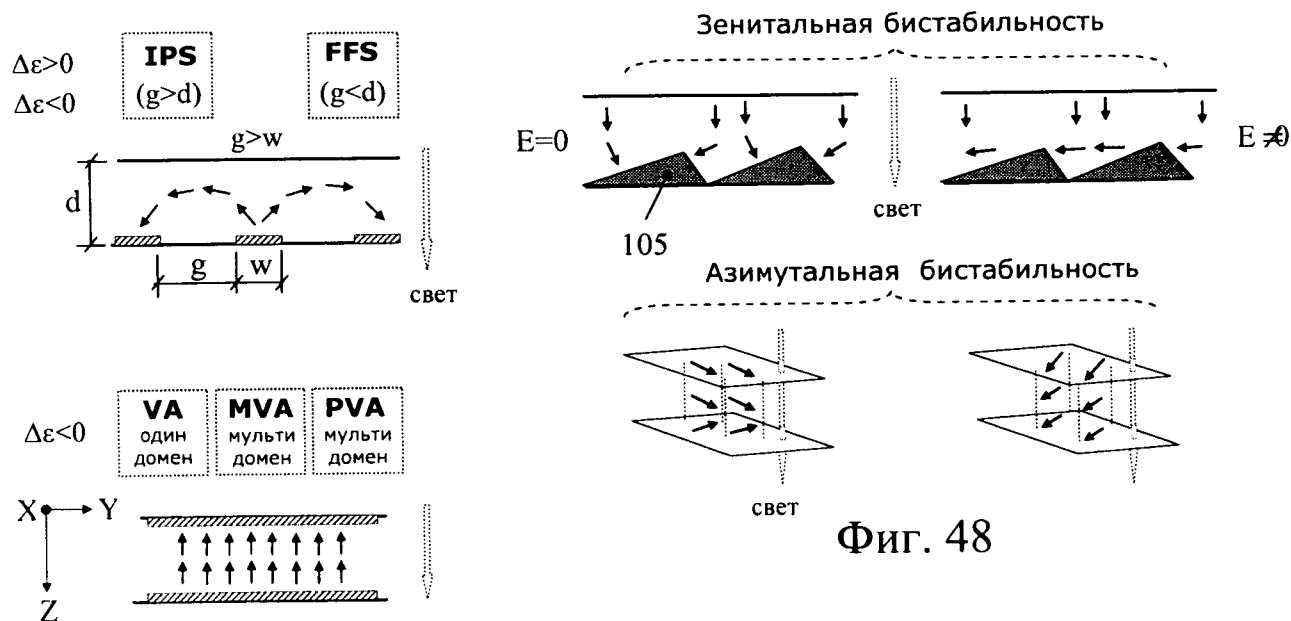


Фиг. 45

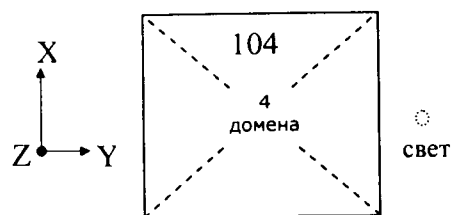




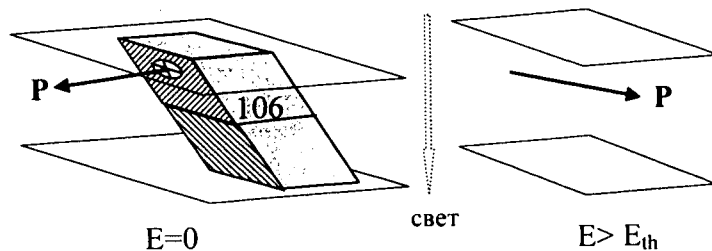
Фиг.46



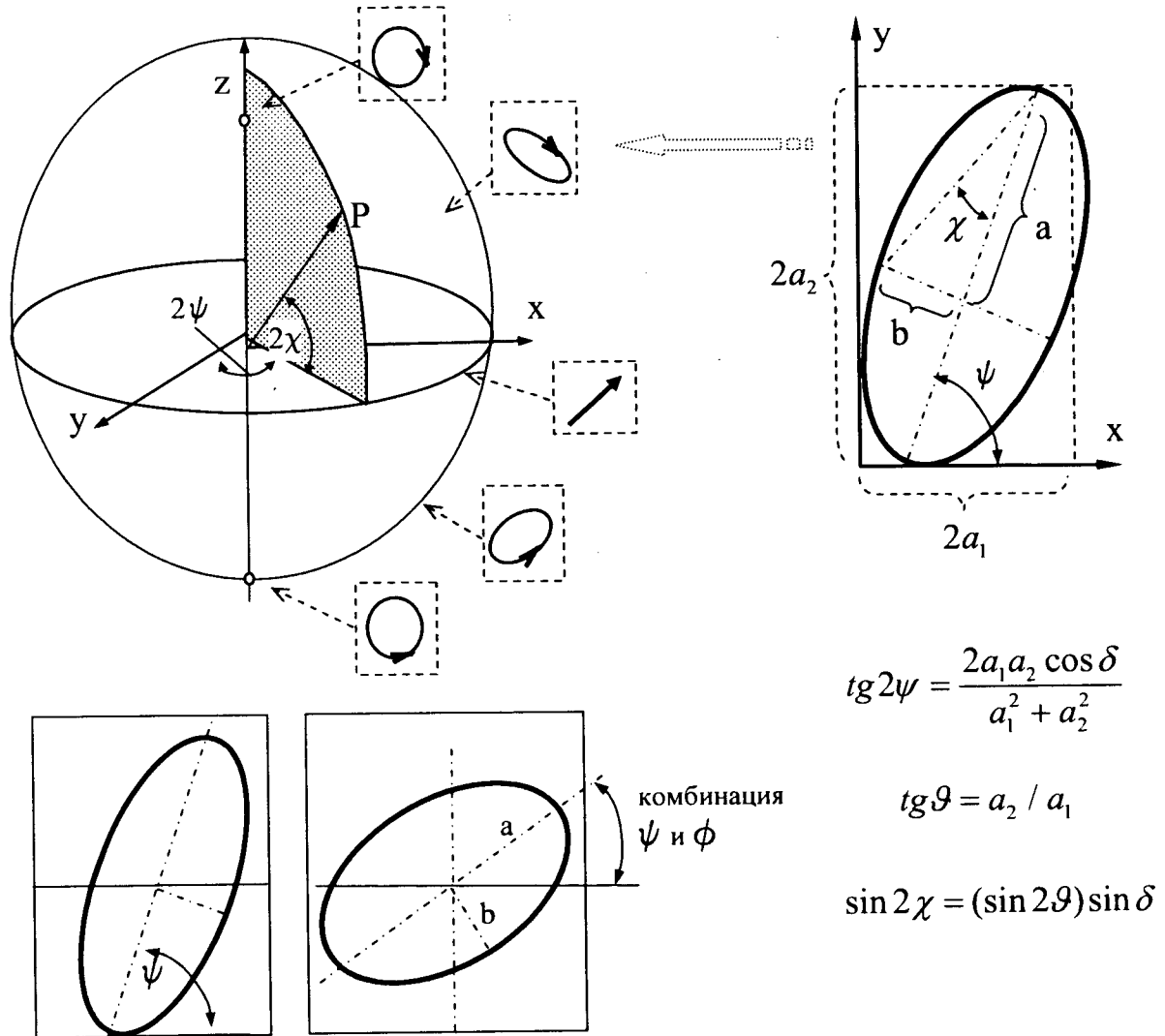
Фиг. 48



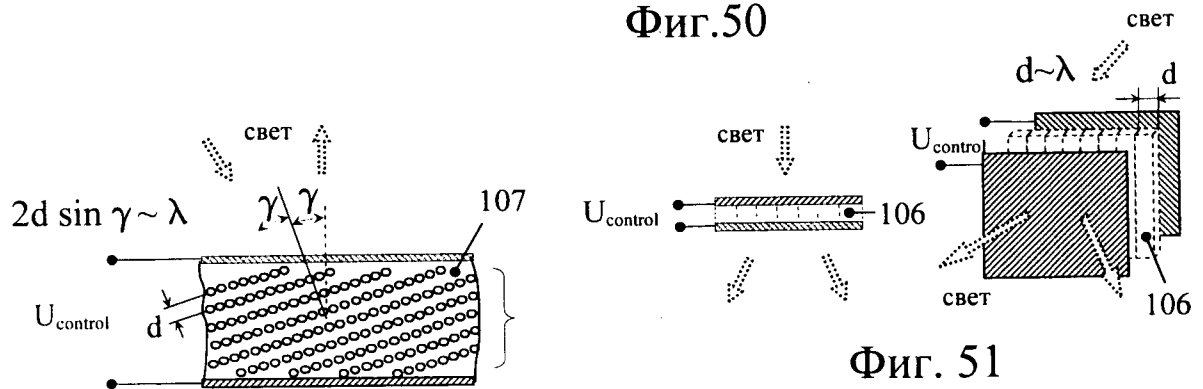
Фиг. 47



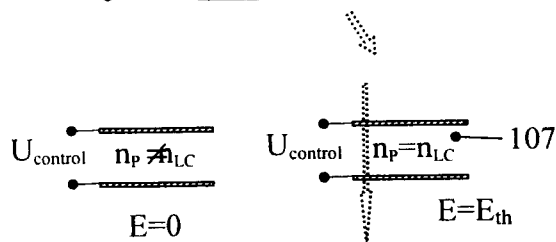
Фиг. 49



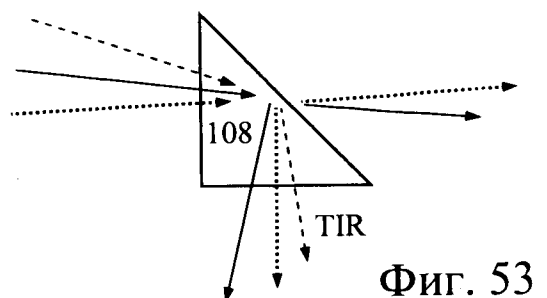
Фиг.50



Фиг. 51



Фиг. 52



Фиг. 53

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2009/007865

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

**H04N 15/00** (2006.01)**G06T 17/00** (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B 27/00, 27/22, 27/26, G03B 35/18-35/26, H04N 13/00-13/04, 15/00, G06T 15/00, 17/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

PAJ, Esp@cenet, PCT Online, USPTO DB, RUPTO

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2008/130277 A1 (EZHOV VASILY ALEKSANDROVICH) 30.10.2008	1-19
A	RU 2306680 C1 (EZHOV VASILY ALEKSANDROVICH) 20.09.2007	1-19
A	RU 2097940 CI (AKTSIONERNOE OBSHESTVO ZAKRYTOGO TIPA "RAKURS-ZD") 27.1 1.1997	1-19
A	US 2007/0195163 AI (SERGUEI CHESTAK et al.) 23.08.2007	1-19



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 April 2010

Date of mailing of the international search report

22 April 2010

Name and mailing address of the ISA/

RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

# ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Международная заявка №  
PCT/IB 2009/007865

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ: **H04N 15/00 (2006.01)**  
**G06T 17/00 (2006.01)**

Согласно Международной патентной классификации МПК

## В. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации):

G02B 27/00, 27/22, 27/26, G03B 35/18-35/26, H04N 13/00-13/04, 15/00, G06T 15/00, 17/00

Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки:

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины): PAJ, Esp@cenet, PCT Online, USPTO DB, RUPTO

## С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:

Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	WO 2008/130277 A1 (ЕЖОВ ВАСИЛИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ) 30.10.2008	1-19
A	RU 2306680 C1 (ЕЖОВ ВАСИЛИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ) 20.09.2007	1-19
A	RU 2097940 C1 (АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЗАКРЫТОГО ТИПА "РАКУРС-ЗД") 27.11.1997	1-19
A	US 2007/0195163 A1 (SERGUEI CHESTAK et al.) 23.08.2007	1-19

☐ последующие документы указаны в продолжении графы С. ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении

### \* Особые категории ссылочных документов:

A документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным

E более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее

L документ, подвергающий сомнению притязание (я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)

O документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.

P документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета

T более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение

X документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности

Y документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста

& документ, являющийся патентом-аналогом

Дата действительного завершения международного поиска: 15 апреля 2010 (15.04.2010)

Дата отправки настоящего отчета о международном поиске: 22 апреля 2010 (22.04.2010)

Наименование и адрес ISA/RU  
ФГУ ФИПС  
РФ, 123995, Москва, Г-59, ГСП-5, Бережковская наб.,  
30,1  
Факс: (499) 243-3337

Уполномоченное лицо:  
К. Гавриков  
Телефон № (499) 240-25-91