



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2009133172/28**, **24.01.2008**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.01.2008

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
06.02.2007 HU P0700132

(43) Дата публикации заявки: **20.03.2011** Бюл. № 8

(45) Опубликовано: **20.05.2012** Бюл. № 14

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 5539568 A**, **23.07.1996. JP 5127103 A**,
25.05.1993. TW 459142 B, **11.10.2001. SU 305527 A1**, **04.06.1971.**

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: **07.09.2009**

(86) Заявка РСТ:
EP 2008/000518 (24.01.2008)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2008/095609 (14.08.2008)

Адрес для переписки:

**105064, Москва, а/я 88, "Патентные
поверенные Квашнин, Сапельников и
партнеры", пат.пов. В.П.Квашнину, рег.№ 4**

(72) Автор(ы):

**БАРОЧИ Аттила (HU),
ЭРДЕЙ Габор (HU),
КОППА Пал (HU),
ЛЕРИНЦ Эмеке (HU),
РЕМЕНЬИ Юдит (HU),
УЙХЕЛЬИ Ференц (HU)**

(73) Патентообладатель(и):

БАЙЕР ИННОВЕЙШН ГМБХ (DE)

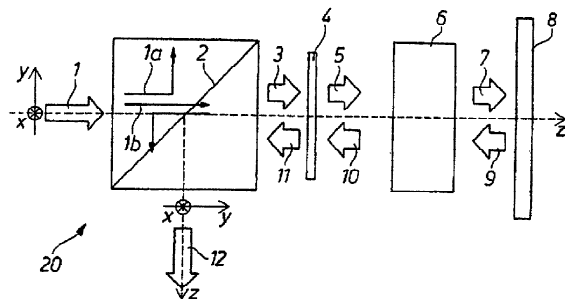
**(54) СИСТЕМА ФАЗОВОГО МОДУЛЯТОРА, СОДЕРЖАЩАЯ РАСЩЕПИТЕЛЬ ПУЧКА И
ФАЗОВЫЙ МОДУЛЯТОР ЛИНЕЙНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ, И СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ
СВЕТОВОГО ПУЧКА, ПАДАЮЩЕГО НА ТАКОЙ ФАЗОВЫЙ МОДУЛЯТОР И
ОТРАЖЕННОГО ОТ НЕГО**

(57) Реферат:

Изобретение относится к фазовым модуляторам отражающего типа. Система фазового модулятора содержит поляризационный расщепитель пучка и фазовый модулятор отражающего типа, подходящий для модулирования линейно поляризованного света по меньшей мере одного определенного состояния поляризации, при этом поддерживая указанное состояние поляризации. Система фазового модулятора

содержит оптический вращатель, расположенный вдоль оптического пути между поляризационным расщепителем пучка и фазовым модулятором и поворачивающий состояние поляризации пучка света, идущего к фазовому модулятору и обратно от него на суммарный угол 90°, причем состояние поляризации пучка света, падающего на фазовый модулятор, соответствует указанному определенному состоянию поляризации. Технический результат - уменьшение выходных

потерь, обеспечение разделения светового пучка. 2 н. и 10 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1

RU 2 4 5 1 3 1 3 C 2

RU 2 4 5 1 3 1 3 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2009133172/28, 24.01.2008**(24) Effective date for property rights:
24.01.2008

Priority:

(30) Convention priority:
06.02.2007 HU P0700132(43) Application published: **20.03.2011 Bull. 8**(45) Date of publication: **20.05.2012 Bull. 14**(85) Commencement of national phase: **07.09.2009**(86) PCT application:
EP 2008/000518 (24.01.2008)(87) PCT publication:
WO 2008/095609 (14.08.2008)

Mail address:

**105064, Moskva, a/ja 88, "Patentnye poverennye
Kvashnin, Sapel'nikov i partnery", pat.pov.
V.P.Kvashninu, reg.№ 4**

(72) Inventor(s):

**BAROChI Attila (HU),
EhRDEJ Gabor (HU),
KOPPA Pal (HU),
LERINTs Ehmeke (HU),
REMEN'I Judit (HU),
UJKhEL'I Ferents (HU)**

(73) Proprietor(s):

BAJER INNOVEJSShN GMBKh (DE)

(54) PHASE MODULATOR SYSTEM, HAVING BEAM SPLITTER AND LINEAR POLARISATION PHASE MODULATOR, AND METHOD OF SPLITTING LIGHT BEAM INCIDENT ON SAID PHASE MODULATOR AND REFLECTED THEREFROM

(57) Abstract:

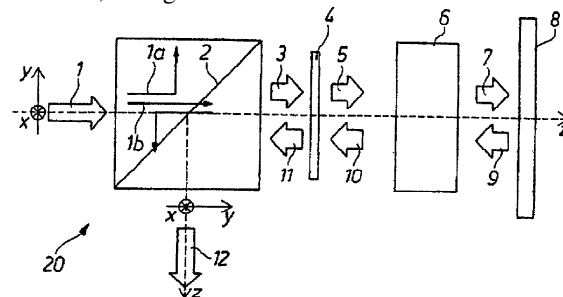
FIELD: physics.

SUBSTANCE: phase modulator system has a polarising beam splitter and a reflector-type phase modulator which is suitable for modulating linearly polarised light of at least one defined polarisation state, while maintaining said polarisation state. The phase modulator system has an optical rotator lying along the optical path between the polarising beam splitter and the phase modulator and which rotates the polarisation state of the light beam travelling to and from the phase modulator by a sum angle of 90°. The polarisation state of the light beam incident on the phase modulator corresponds to said

defined polarisation state.

EFFECT: reduced output losses and enabling light beam splitting.

12 cl, 2 dwg

**Фиг. 1**

Настоящее изобретение относится к оптической установке для снижения потерь выходной энергии системы фазового модулятора, содержащей фазовый модулятор отражающего типа, подходящий для модулирования линейно поляризованного света, оставляя его состояние поляризации неизменным. Кроме того, изобретение относится к способу разделения светового пучка, падающего на такой фазовый модулятор и отраженного от него.

Известные системы фазового модулятора могут включать в себя фазовые модуляторы, в том числе фазовые модуляторы пропускающего типа (пропускающие падающий свет) и фазовые модуляторы отражающего типа (отражающие падающий свет). Настоящее изобретение относится к применению фазовых модуляторов отражающего типа. Некоторые области применения требуют специальных фазовых модуляторов, которые отражают или пропускают падающий световой пучок, имеющий определенную поляризацию, не изменяя этой определенной поляризации. Эта определенная поляризация может быть линейной поляризацией или круговой поляризацией. Эти два вида фазовых модуляторов далее называются соответственно фазовыми модуляторами линейной или круговой поляризации. Такие фазовые модуляторы имеются в продаже и широко используются в различных областях применения.

Менее дорогие варианты конструкции фазовых модуляторов LPM и CPM требуют, чтобы падающий пучок света был перпендикулярен поверхности фазового модулятора, следовательно, в случае фазового модулятора отражающего типа падающий пучок света отражается назад по тому же оптическому пути. В большинстве областей применения необходимо разделить отраженный модулированный пучок света от падающего пучка света, поскольку только фазово-модулированный световой пучок следует вывести для дальнейшего использования.

В традиционных установках сдвига фазы разделение падающего пучка света и отраженного модулированного пучка света в целом обеспечивается путем применения расщепителя нейтрального пучка. Такая установка описана, например, в работе Jacek Kasperski et al. (Optic Express 9664, Vol.14, No. 21), где в качестве фазового модулятора LPM используется дисплей LCoS (жидкий кристалл на кремнии). Входящий пучок света проходит через устройство управления поляризацией, которое представляет собой $\lambda/2$ -пластину для получения требуемого состояния линейной поляризации, и затем проходит через расщепитель нейтрального пучка, направляющего только половину пучка на дисплей LCoS. Отраженный модулированный пучок вновь проходит через расщепитель пучка, то есть лишь четверть первоначального пучка может быть выведена из системы, и такие высокие выходные потери являются недостатком традиционных систем фазового модулятора LPM.

В патенте США US 5539567 раскрыта система фазового модулятора для решения проблемы разделения падающего пучка света от отраженного пучка света при освещении фазового модулятора CPM светом с круговой поляризацией. Для создания света с круговой поляризацией входной пучок света направляется на расщепитель поляризованного пучка (PBS), в котором р-поляризованная компонента испытывает внутреннее отражение и выходит из PBS в направлении четвертьволновой пластины и который предназначен для преобразования линейно поляризованного света в свет с круговой поляризацией. Фазовый модулятор CPM отражает назад свет с круговой поляризацией, не изменяя его круговую поляризацию. Когда пучок света вновь проходит через четвертьволновую пластину, его поляризация преобразуется обратно в

линейную поляризацию, но поскольку пучок прошел через четвертьволновую пластину дважды, его поляризация теперь повернута на 90° и потому может пройти через PBS. Следовательно, фазово-модулированный выходной пучок света выходит из системы фазового модулятора в другом месте и под другим углом по сравнению с входным светом.

Вышеописанная установка не предназначена для использования совместно с фазовым модулятором LPM, поскольку четвертьволновая пластина создает свет с круговой поляризацией, что делает этот пучок непригодным для фазового модулятора LPM.

Было бы желательно иметь аналогичную оптическую установку с низкими выходными потерями, которую можно было бы использовать с фазовым модулятором LPM.

Таким образом, целью изобретения является обеспечение оптической установки для уменьшения выходных потерь системы фазового модулятора, содержащей фазовый модулятор LPM отражающего типа.

Другой целью изобретения является обеспечение способа для разделения светового пучка, падающего на фазовый модулятор LPM и отраженного от него.

Достижение вышеуказанных целей обеспечивается системой фазового модулятора по п.1 и способом по п.8.

Дополнительные подробности, относящиеся к изобретению, станут очевидны из прилагаемых чертежей и описываемого варианта выполнения.

Фиг.1 - схематический вид варианта выполнения системы оптического фазового модулятора согласно изобретению.

Фиг.2 - иллюстративная последовательность схем, показывающих состояние поляризации пучка света на различных этапах прохождения через систему фазового модулятора.

На фиг.1 приведен схематический вид варианта выполнения системы 20 оптического фазового модулятора согласно изобретению. Система 20 фазового модулятора содержит поляризационный расщепитель 2 пучка (PBS), $\lambda/2$ -пластину 4, оптический вращатель 6 и фазовый модулятор 8 LPM отражающего типа, расположенный на оптическом пути пучка 1, 3, 5, 7, 9, 10, 11, 12 света, пересекающего систему 20.

Оптический путь может проходить по любой требуемой линии между PBS 2 и фазовым модулятором 8 в зависимости от области применения. Создание требуемого оптического пути посредством зеркал, оптических волноводов и т.д. известно из уровня техники и поэтому подробно не рассматривается.

В контексте настоящего изобретения под оптическим вращателем понимается поляризационный вращатель, поворачивающее состояние поляризации линейно поляризованного пучка света на данный угол в данном направлении, то есть направление поворота не зависит от направления распространения света. Угол поворота оптического вращателя 6 согласно изобретению составляет 45° . Оптический вращатель 6 может быть, например, любым оптически активным материалом (хиральным веществом) с соответствующим образом подобранной толщиной, либо это может быть фарадеевский вращатель с углом поворота 45° .

С другой стороны, $\lambda/2$ -пластина 4 является другим типом поляризационного вращателя: поворот пучка света, проходящего через $\lambda/2$ -пластину туда и обратно, не складывается, то есть направление поворота зависит от направления распространения света. В результате направление поляризации линейно поляризованного света,

пересекающего такую пластину туда и обратно, не изменяется.

Фазовым модулятором 8 LPM может быть, например, VAN (вертикально выровненный нематический) жидкий кристалл, в одном из практических вариантов реализации жидкий кристалл на кремниевой (LCoS) структуре.

Входной пучок 2 направляется на PBS 2, где он разделяется на s-, поляризованную компоненту 1a и p-поляризованную компоненту 1b. S-поляризованная компонента 1a отражается и выходит из системы или, в альтернативном варианте, она может быть выведена для дальнейшего использования, тогда как p-поляризованная компонента 1b проходит через PBS 2 и выходит в виде пучка 3 света. В другом предпочтительном варианте выполнения p-поляризованный пучок 1 света создается перед тем, как его направляют в PBS 2, и проходит через PBS 2 без каких-либо потерь.

Согласно предпочтительному варианту выполнения выходящий p-поляризованный пучок 3 света проводят через $\lambda/2$ -пластину 4. $\lambda/2$ -пластина 4 может быть расположена в любом месте на оптическом пути между PBS 2 и фазовым модулятором 8 и служит для регулирования угла поляризации выходящего пучка 5 света относительно фазового модулятора 8. При прохождении через $\lambda/2$ -пластину 4 в прямом направлении линейная поляризация p-поляризованного пучка 3 света поворачивается на данный угол, чтобы соответствовать углу поляризации, который требуется фазовому модулятору 8.

Пучок 5 света распространяется в направлении оптического вращателя 6, который поворачивает поляризацию на 45° . В результате прохождения через $\lambda/2$ -пластину 4 и оптический вращатель 6 на 45° поляризация пучка 7 света, падающего на фазовый модулятор 8 LPM, соответствует определенному состоянию поляризации фазового модулятора 8, которое не меняется при отражении назад падающего пучка 7 света. Когда отраженный фазово-модулированный пучок 9 света, проходящий в обратном направлении, вновь поворачивается на 45° оптическим вращателем 6, поляризация выходящего пучка 10 света будет перпендикулярна поляризации пучка 5 света. Кроме того, когда пучок 10 света проходит через $\lambda/2$ -пластину 4 в обратном направлении, его поляризация поворачивается в обратном направлении на тот же данный угол, что и при прохождении этой пластины в прямом направлении. Таким образом, получается s-поляризованный пучок 11 света, который отражается от PBS 2, когда повторно входит в него, и может быть выведен из системы 20 фазового модулятора в виде выходного s-поляризованного пучка 12 света в другом месте и под другим углом по сравнению с выходным пучком 1 света, входящим в систему 20.

Состояния поляризации пучка света (1, 3, 5, 7, 9, 10, 11, 12), проходящего через систему 20 фазового модулятора, приведены на схемах, фиг.2. Стрелки указывают направление поляризации (ось y, соответствующая вертикально поляризованному или p-поляризованному состоянию), тогда как числа под каждой схемой указывают позицию, которой обозначен соответствующий пучок света. Соответственно, первая схема показывает состояние поляризации входного пучка света 1, который является p-поляризованным (вертикально поляризованным) пучком света согласно предпочтительному варианту выполнения. Как видно из второй диаграммы, пучок 3 света, выходящий из PBS 2, имеет такую же поляризацию, что и входной пучок 1 света. На третьей схеме показано, что поляризация пучка 5 света была повернута $\lambda/2$ -пластиной на данный угол α относительно состояния поляризации пучка 3 света. Требуемый угол α может быть легко выставлен путем изменения ориентации $\lambda/2$ -пластины поворотом ее вокруг оси Z. Поляризация пучка 7 света поворачивается оптическим вращателем 6 по часовой стрелке на 45° относительно пучка 5 света, то

есть поляризация пучка 7 света повернута на угол $\alpha + 45^\circ$ от первоначальной р-поляризации входного пучка света 1. Угол поворота $\lambda/2$ -пластины выбирается таким образом, чтобы суммарный поворот р-поляризованного пучка приводил к состоянию поляризации, соответствующему определенному состоянию поляризации фазового модулятора 8 LPM, которое отражается назад без изменения. Состояние поляризации фазово-модулированных пучков 9, 10, 11 и 12 света, проходящих в обратном направлении, изображено штриховыми стрелками, чтобы сделать схемы более понятными. Как видно на пятой схеме, поляризация пучка 9 света, отраженного назад из фазового модулятора 8 LPM, остается неизменной относительно поляризации падающего пучка 7 света, в то время как его фаза подверглась модуляции. При прохождении через оптический вращатель 6 в обратном направлении поляризация пучка 10 света поворачивается в том же направлении по часовой стрелке еще на 45° , что означает, что поляризация пучка 10 света находится по углом $\alpha + 90^\circ$ по отношению к оси Y, поскольку направление поворота оптического вращателя 6 не зависит от направления распространения. Иначе обстоит дело в случае $\lambda/2$ -пластины, которая поворачивает поляризацию пучка 10 света в обратном направлении на тот же угол α , но на этот раз против часовой стрелки. Таким образом, поляризация полученного в результате пучка 11 света перпендикулярна поляризации р-поляризованного входного пучка 1 света. Поэтому s-поляризованный пучок 11 света отражается назад под некоторым углом, когда вновь входит в PBS 2, создавая фазово-модулированный s-поляризованный выходной пучок 12 света, как показано на последней диаграмме.

Роли входного и выходного пучков 1 и 12 света могут поменяться на противоположные вместе с направлением распространения, то есть если в систему 20 фазового модулятора на s-поляризованный пучок 11 света подается в систему 20 фазового модулятора 20 на выходной стороне PBS, то на входной стороне можно получить р-поляризованный пучок света.

$\lambda/2$ -пластина 4 и оптический вращатель 6 могут поворачиваться вокруг оптической оси системы 20 для обеспечения лучшего пропускания света. Однако общий коэффициент пропускания системы 20 определяется преимущественно коэффициентом отражения фазового модулятора 20, который может быть относительно высок, обычно около 70%. Скорость модуляции также определяется фазовым модулятором 8 и обычно достигает 6-9 мс. Фазовый модулятор 8 LPM предпочтительно является модулятором света в виде матрицы пикселей, имеющим, например, разрешение приблизительно 1920×1200 . Если фазовый модулятор 8 является дисплеем типа VAN, суммарное изменение коэффициента пропускания оптической системы в зависимости от фазовой модуляции довольно мало, в вышеприведенном варианте выполнения суммарное изменение коэффициента пропускания составляет $\pm 10\%$ для фазовой модуляции, равной 1,3 π .

$\lambda/2$ -пластина 4 может не использоваться, если PBS 2 и фазовый модулятор 8 отъюстированы относительно друг друга так, что пучок 3 поляризованного света, выходящий из PBS 2, идет под углом 45° относительно определенного состояния поляризации, требуемого фазовым 8 модулятором. Однако зачастую невозможно механически отъюстировать компоненты до требуемой степени, и в этом случае может быть выполнено послесборочное согласование компонентов посредством вставки соответствующей $\lambda/2$ -пластины 4 в каком-нибудь месте на оптическом пути между PBS 2 и фазовым модулятором 8. Угол поворота $\lambda/2$ -пластины предпочтительно находится между (-45°) и $(+45^\circ)$, более предпочтительно между (-23°) и $(+23^\circ)$.

Вышеописанные варианты выполнения приведены лишь в качестве

иллюстративных примеров и не должны считаться накладывающими ограничения на изобретение. Специалисту в данной области техники должны быть очевидны различные видоизменения, не выходящие за рамки объема правовой защиты, определяемого прилагаемой формулой.

5

Формула изобретения

1. Система (20) фазового модулятора, содержащая расщепитель пучка и фазовый модулятор (8) отражающего типа, подходящий для модулирования линейно-поляризованного света по меньшей мере одного определенного состояния поляризации, при этом поддерживая указанное состояние поляризации,
 при этом расщепитель пучка и фазовый модулятор (8) расположены вдоль оптического пути пучка (1, 3, 5, 7, 9, 10, 11, 12) света,
 отличающаяся тем, что расщепитель пучка является поляризационным расщепителем (2) пучка, а система (20) фазового модулятора дополнительно содержит оптический вращатель (6), расположенный вдоль оптического пути между поляризационным расщепителем (2) пучка и фазовым модулятором (8) и поворачивающий состояние поляризации пучка (5, 9) света, идущего к фазовому модулятору (8) и обратно от него на суммарный угол 90° ,
 причем состояние поляризации пучка (7) света, падающего на фазовый модулятор (8), соответствует указанному определенному состоянию поляризации.
2. Система фазового модулятора по п.1, в которой вдоль оптического пути между поляризационным расщепителем (2) пучка и фазовым модулятором (8) помещена $\lambda/2$ -пластина (4), причем $\lambda/2$ -пластина (4) поворачивает состояние поляризации пучка (3) света, идущего к фазовому модулятору (8), на заранее выбранный угол (α) и поворачивает состояние поляризации пучка (10) света, идущего к поляризационному расщепителю (2) пучка, на тот же угол (α), но в противоположном направлении.
3. Система фазового модулятора по п.2, в которой $\lambda/2$ -пластина помещена между поляризационным расщепителем (2) пучка и оптическим вращателем (6).
4. Система фазового модулятора по п.2, в которой $\lambda/2$ -пластина помещена между оптическим вращателем (6) и сместителем (8) фазы.
5. Система фазового модулятора по п.1, в которой оптический вращатель (6) является оптически активным веществом.
6. Система фазового модулятора по п.1, в которой оптический вращатель (6) является вращателем Фарадея с углом поворота 45° .
7. Система фазового модулятора по любому из пп.1-6, в которой фазовый модулятор (8) является модулятором света типа матрицы пикселей, предпочтительно жидкокристаллической структуры вертикально выровненного нематического типа, еще более предпочтительно жидким кристаллом вертикально выровненного нематического типа на кремниевой структуре.
8. Способ разделения входного пучка света от фазово-модулированного пучка света в системе фазового модулятора, содержащей фазовый модулятор, выполненный с возможностью работы в режиме отражения и подходящий для модулирования линейно-поляризованного света по меньшей мере одного определенного состояния линейной поляризации, при этом поддерживая указанное определенное состояние линейной поляризации, отличающийся тем, что предусматривает стадии:
 - а) обеспечения пучка света, имеющего первое состояние поляризации, путем обеспечения прохождения входного пучка света через поляризационный расщепитель

50

пучка;

b) поворота указанного первого состояния поляризации указанного пучка света на 45° в первом направлении оптическим вращателем;

с) отражения указанного пучка света фазовым модулятором для получения фазово-модулированного отраженного пучка света, причем состояние поляризации пучка света, падающего на фазовый модулятор, соответствует указанному определенному состоянию поляризации;

d) поворота состояния поляризации отраженного пучка света на 45° в указанном первом направлении оптическим вращателем для получения пучка света, имеющего состояние поляризации, ортогональное указанному первому состоянию поляризации; и

e) разделения светового пучка, имеющего указанное второе состояние поляризации, от входного пучка света путем обеспечения прохождения пучка света через указанный поляризационный расщепитель пучка.

9. Способ по п.8, в котором способ дополнительно предусматривает стадии:

f) поворота состояния поляризации пучка света, идущего от поляризационного расщепителя пучка к фазовому модулятору на угол α $\lambda/2$ -пластиной; и

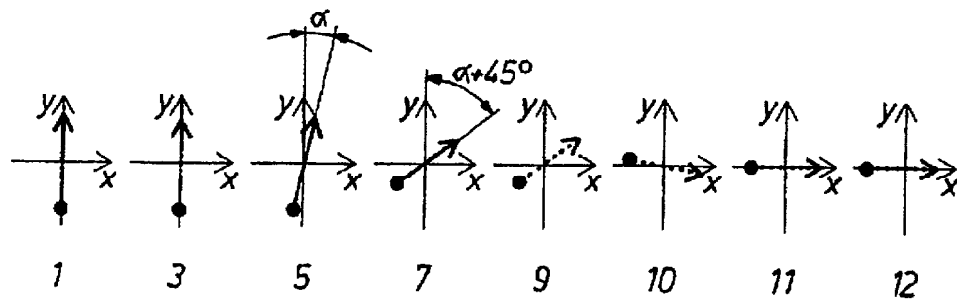
g) поворота состояния поляризации пучка света, идущего от фазового модулятора к поляризационному расщепителю пучка на угол $(-\alpha)$ указанной $\lambda/2$ -пластиной, причем угол α находится в диапазоне между

(-45°) и $(+45^\circ)$, предпочтительно между (-20°) и $(+20^\circ)$.

10. Способ по п.9, в котором стадия f) выполняется между стадиями a) и b), а стадия g) выполняется между стадиями d) и e).

11. Способ по п.9, в котором стадия f) выполняется между стадиями b) и c), а стадия g) выполняется между стадиями c) и d).

12. Способ по любому из пп.8-11, в котором фазовый модулятор является модулятором света типа матрицы пикселей, предпочтительно жидкокристаллической структуры вертикально выровненного нематического типа, еще более предпочтительно жидким кристаллом вертикально выровненного нематического типа на кремниевой структуре.



Фиг. 2