



(51) МПК

G02B 27/01 (2006.01)*G02B 5/18* (2006.01)*G02B 5/32* (2006.01)*G03H 1/02* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015147012/28, 02.11.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.11.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 02.11.2015

(45) Опубликовано: 27.05.2016 Бюл. № 15

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для Одинокова
С.Б. (каф. РЛ-2)

(72) Автор(ы):

Одинокое Сергей Борисович (RU),
Злоказов Евгений Юрьевич (RU),
Соломашенко Артем Борисович (RU),
Бетин Александр Юрьевич (RU),
Град Янина Александровна (RU),
Маркин Владимир Васильевич (RU),
Николаев Владимир Вячеславович (RU)

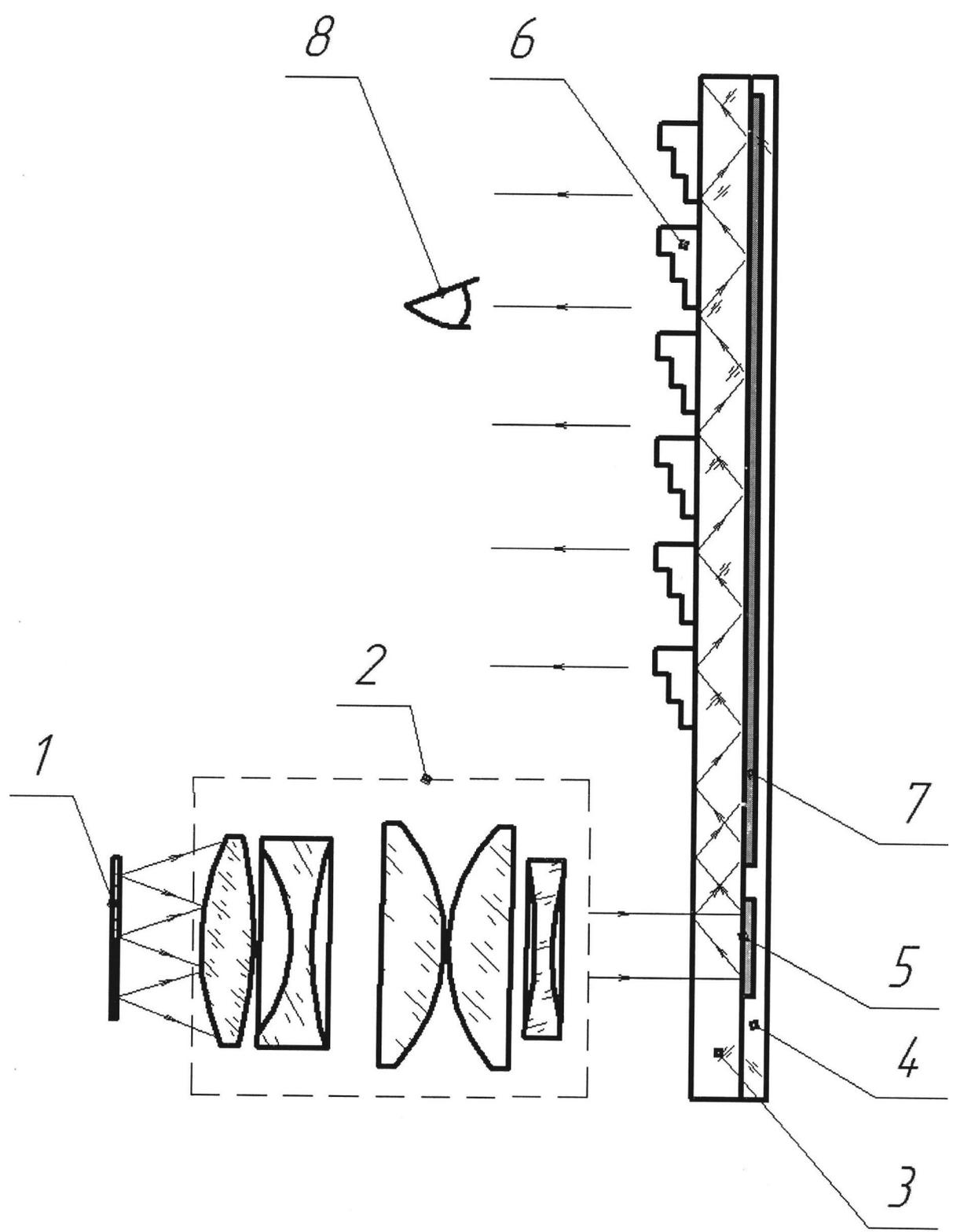
(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ
им. Н.Э. Баумана) (RU)

(54) ОПТИЧЕСКАЯ СХЕМА ГОЛОГРАФИЧЕСКОГО ИНДИКАТОРА ЗНАКО-СИМВОЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННОГО ДИФРАКЦИОННОГО ОПТИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА

Формула полезной модели

Оптическая схема голографического индикатора знако-символьной информации, содержащая последовательно установленные на оптической оси OLED-дисплей в качестве источника излучения знако-символьной информации, коллимирующий объектив, световодную пластинку, Брэгговскую отражательную дифракционную решетку для ввода излучения знако-символьной информации в указанную пластинку для последующего распространения внутри пластинки под действием полного внутреннего отражения и полученный на двух противоположных поверхностях пластинки двухкомпонентный комбинированный дифракционный оптический элемент в виде дифракционных решеток переменной дифракционной эффективности для вывода излучения из пластинки в зрачок наблюдателя с одной стороны пластинки и голографического зеркала с функцией пропускания света от окружающей обстановки в зрачок наблюдателя через пластинку с другой ее стороны, отличающаяся тем, что в оптической схеме присутствует совокупность голографического зеркала и вводной Брэгговской отражательной дифракционной решетки, работающих как спектральные фильтры за счет высокой спектрально-угловой селективности.



Область техники

Полезная модель относится к области голографических дисплеев, формирующих изображение, и, более конкретно, к коллиматорным оптическим индикаторам, формирующим для зрителя наблюдателя знако-символьную информацию на фоне окружающей обстановки.

Уровень техники

Использование дифракционных оптических элементов (ДОЭ) в нашлемных системах отображения информации вывело их на качественно новый этап развития, позволив существенно снизить массогабаритные параметры при увеличении выходного зрачка таких систем. Дисплеи и индикаторы на основе световодных пластин и ДОЭ становятся на данный момент важной и неотъемлемой частью многих систем отображения информации и визуализации, особенно в системах отображения для автомобилей, самолетов и систем, где наблюдаемое изображение накладывается на изображение реальной сцены. Преимуществом систем отображения информации на основе ДОЭ и световодных пластин является то, что они обеспечивают выходной зрачок большого размера при сравнительно малом размере коллимирующей оптической системы, что позволяет существенно снизить массогабаритные параметры голографического дисплея или индикатора.

В зарубежных патентах (российские патенты по тематике полезной модели не обнаружены) предложены различные варианты построения дисплеев и индикаторов на основе дифракционных оптических элементов.

В патентной заявке США корейской компании SAMSUNG ELECTRONICS - US 2004004767 WEARABLE DISPLAY SYSTEM ADJUSTING MAGNIFICATION OF AN IMAGE (МПК G02B 27/01; G02B 27/02; G02B 27/22; G02B 5/18; G02B 5/32; H04N 5/64; G02B 27/00; G02B 6/00; (IPC 1-7): G02B 27/44; G02B 5/18, опубл. 2004-01-08) представлена схема цветного дисплея на основе стеклянной пластины, посредством которой формируемое оптической системой изображение передается наблюдателю. Данный дисплей состоит из источника формирования изображения 450, оптической системы 400 с переменным фокусным расстоянием, дифракционных решеток 410 и 430 для ввода и вывода излучения из стеклянной подложки 420. За счет того, что излучение распространяется внутри подложки удается уменьшить продольные габариты такого дисплея. Для минимизации потерь на полное внутреннее отражение (ПВО) при прохождении излучения внутри подложки на обе ее поверхности нанесено непрозрачное отражающее алюминиевое покрытие.

Недостатком данного дисплея является ограниченный размер выходного зрачка, а также наличие непрозрачного алюминиевого покрытия, которое может ограничивать поле зрения наблюдателя.

В патенте США израильской компании YEDA RESEARCH & DEVELOPMENT - US 5966223 PLANAR HOLOGRAPHIC OPTICAL DEVICE (МПК G02B 5/32; G02B 6/124; G02B 6/26; G02B 6/28; G02B 6/34; G03H 1/00; G03H 1/22; G03H 1/24; G02B 6/43; (IPC 1-7): G02B 27/44; G02B 5/18; G02B 5/32, опубл. 1999-10-12) и патенте США израильских компаний YEDA RESEARCH AND DEVELOPMENT и ELOP ELECTRO OPTICS INDUSTRIES - US 6580529 HOLOGRAPHIC OPTICAL DEVICES (МПК G02B 5/32; (IPC 1-7): G02B 5/32; G03H 1/00; G03H 1/22, опубл. 2003-06-17) представлен монохромный дисплей, включающий в себя источник излучения 2 для формирования необходимой информации, коллимирующий объектив 4, а также стеклянную пластинку 6, на которой получены три дифракционные решетки (ДР) H_1 , H_2 и H_3 различного периода. Первая ДР H_1 вводит излучение в подложку под углом полного внутреннего отражения. Вторая

решетка H_2 «разворачивает» падающее на нее излучение на 90 градусов, реализуя при этом принцип мультиплексирования зрачков по одной координате. Третья ДР H_3 обеспечивает вывод излучения из подложки в сторону наблюдателя, а также реализует принцип мультиплексирования зрачков по другой координате. Дифракционная эффективность второй и третьей решеток переменная для обеспечения равной интенсивности пучков излучения, выходящих из пластинки 6. На обе поверхности пластинки нанесено непрозрачное отражающее покрытие 10 и 12 для того, чтобы избежать посторонних засветок и нежелательных переотражений.

Таким образом, данный дисплей не позволяет одновременно наблюдать выводимую информацию и окружающую обстановку, что является его серьезным недостатком.

В патенте США финской компании NOKIA - US 6805490 METHOD AND SYSTEM FOR BEAM EXPANSION IN A DISPLAY DEVICE (МПК G02B 5/18; G02B 6/00; G02B 6/34; (IPC1-7): G02B 6/38, опубл. 2004-10-19) представлена планарная волноводная структура для дисплеев. Она представляет собой прозрачную подложку, на одной поверхности которой получена ДР, как и в предыдущих случаях, но отличительной особенностью является применение поляризационного покрытия на второй стороне. Благодаря этому возможно направлять на решетку излучение определенной поляризации, что позволяет уменьшить обратное отражение в -1 и -2 порядки дифракции, тем самым увеличив длину волновода, и соответственно размеры выходного зрачка дисплея.

В силу использования дифракционных решеток для ввода и вывода излучения из волновода вопрос дисперсионного размытия изображения при использовании данной структуры в дисплее не решен.

В этом же патенте US 6805490 представлена подложка, состоящая из двух склеенных пластин с различными показателями преломления, с полученными на поверхности первой пластины дифракционными решетками для ввода и вывода излучения из подложки. Такая двухкомпонентная структура может быть использована в двухцветных дисплеях за счет наличия двух склеенных пластин 30 и 50. Благодаря тому, что они обладают различными показателями преломления, излучение с большей длиной волны испытывает ПВО уже в первой пластине (в первом слое 30), а излучение более короткой длины волны, дифрагировавшее на меньший угол, испытывает ПВО во втором слое 50. Дополнительно между двумя слоями нанесена тонкая пленка 40, обладающая показателем преломления ниже, чем первый слой 30, для уменьшения потерь на ПВО при отражениях для большей длины волны в первом слое. Излучение более короткой длины волны при этом проходит через слой 30 и пленку 40, не претерпевая отражения. Подобная структура при учете точного подбора толщин и показателей преломления обоих слоев позволяет обеспечить то, что излучение различных длин волн, претерпевая ПВО в своем слое, падает на дифракционную решетку H_2 в одну и ту же точку и выводится из нее наблюдателю. Это позволяет устранить двоение при наложении изображений двух цветов. Такая структура является прозрачной, позволяет уменьшить продольные габариты системы отображения и увеличить выходной зрачок.

Недостатком же данного дисплея является то, что в силу использования дифракционных решеток для ввода и вывода излучения из волновода вопрос дисперсионного размытия изображения может быть решен только при использовании в качестве источников излучения полупроводниковых лазеров, что существенно увеличивает габариты самого дисплея. При использовании источника излучения типа OLED с широким спектром излучения для каждой цветовой компоненты будет

наблюдаться спектральное размытие в силу достаточно большой длины пластины и количества переотражений излучения в ней.

В патентной заявке США компании ROCKWELL COLLINS - US 2014140654 TRANSPARENT WAVEGUIDE DISPLAY (МПК G02F 1/29, опубл. 2014-05-22)

5 представлена схема малогабаритного монохромного дисплея на основе Брэгговских решеток (в основном переключаемых, с наличием электродов управления режимами работы решетки). Дисплей включает в себя микродисплей типа LCOS, LED, OLED и т.п. в зависимости от варианта реализации, оптический узел для ввода излучения в подложку и как минимум две стеклянные подложки с полученными на их поверхности
10 переключаемыми Брэгговскими решетками для ввода и вывода излучения из пластин. Некоторые из вариантов реализации этих решеток могут работать в пассивном (непереключаемом) режиме, т.е. без приложения к ним напряжения. Также между подложками находится тонкая полуволновая пленка для обеспечения определенного типа поляризации излучения, распространяющегося в подложках. Переключаемые
15 Брэгговские решетки обладают высокой (до 90%) дифракционной эффективностью и хорошим пропусканием на просвет, но в отличие от статических непереключаемых решеток (параметры которых не изменяются), переключаемые решетки гораздо более сложны в изготовлении, т.к. требуют наличия электродов. В различных реализациях переключаемые Брэгговские решетки толщиной до 3 мкм могут использоваться как
20 пропускающие решетки для вывода излучения (за счет дифракции) из подложки (преимущественно в пассивном режиме работы), для расширения пучка в одном из направлений (в активном режиме работы), а также как отражательные решетки типа голографических зеркал. Кроме того, есть возможность построения по такой схеме многоцветных дисплеев в том случае, если в каждой пластинке будет распространяться
25 и выводиться излучение только определенной спектральной составляющей, причем RGB-слои переключаемых Брэгговских решеток должны быть согласованы с RGB-источником излучения и переключаться последовательно.

В большинстве применений таких дисплеев, построенных по такой схеме, в качестве источника излучения предпочтительно использовать лазерный источник излучения в
30 сочетании с LCOS дисплеем или узкополосный микродисплей (в пределах ± 5 нм). В то же время в качестве источника излучения можно использовать OLED-дисплей в тех случаях, когда оптические характеристики устройства (разрешение, яркость, цветовая гамма) не так важны. Это является недостатком использования такой реализации дисплея, т.к. использование широкополосного OLED источника вызывает спектральное
35 размытие проецируемого наблюдателю изображения и снижает разрешение устройства в целом.

Один из вариантов данного устройства является наиболее близким аналогом (прототипом) к предлагаемому топографическому индикатору, т.к. может содержать в своем составе микродисплей типа OLED, оптический узел ввода излучения и
40 пропускающую двухкомпонентную структуру, включающую в себя стеклянные подложки с дифракционными решетками, соединенные (или склеенные) между собой. Данные решетки являются Брэгговскими дифракционными решетками (в основном переключаемыми с возможностью работы в активном и пассивном режимах, в том числе с возможностью работы в качестве голографического зеркала), предназначенными
45 для вывода излучения из подложки.

К основным недостаткам данной схемы прототипа можно отнести сложность изготовления переключаемых Брэгговских решеток в силу наличия в их составе электродов, на которые подается напряжение в активном режиме их работы, что

дополнительно усложняет схему самого дисплея и соответственно существенно повышает его стоимость по сравнению со статическими дифракционными решетками. Другим недостатком данного устройства в случае использования в нем в качестве источника излучения OLED-дисплея является ухудшение его оптических характеристик (разрешения, яркости, цветового размытия).

Раскрытие полезной модели

Задачей полезной модели являлось создание голографического индикатора знако-символьной информации с устранением недостатка прототипа, а именно: сохранение его оптических характеристик (обеспечение высокого разрешения и отсутствие цветового размытия) при использовании OLED-дисплея с широким спектром излучения в качестве источника формирования информации.

Для устранения недостатков прототипа необходимо, с одной стороны, использовать традиционные (непереключаемые, т.е. без электродов) дифракционные решетки, которые могут быть не только Брэгговскими, а многоуровневыми рельефно-фазовыми, что позволит дополнительно снизить сложность изготовления дисплея. Совместно с дифракционными решетками для вывода излучения в индикаторе предлагается дополнительно использовать спектральный фильтр для уменьшения хроматических aberrаций и цветового размытия, а с другой стороны, сохранить на световодной подложке зеркальное или подобное покрытие для уменьшения потерь на отражении, но обеспечив его прозрачность. Этого можно добиться благодаря использованию двухкомпонентной комбинированной структуры ДОО, включающей в себя на одной поверхности подложки пропускающую дифракционную решетку для вывода излучения из пластины и на другой - голографическое зеркало с высокой спектрально-угловой селективностью для получения чистых цветов. Это позволит существенно снизить хроматические aberrации и цветовое размытие изображения монохромных систем отображения, возникающие из-за большого количества переотражений излучения внутри световодной пластины подложки при использовании OLED-дисплея в качестве источника формирования необходимой информации. Это, в свою очередь, позволяет в отличие от работы схемы прототипа сохранить приемлемое разрешение индикатора при использовании OLED-дисплея.

Техническим результатом полезной модели является построение оптической схемы голографического индикатора на основе стеклянной подложки (световодной пластины) с комбинированным двухкомпонентным ДОО, состоящим из дифракционной решетки (которая может быть как брэгговской, так и рельефно-фазовой) на одной стороне подложки и голографического зеркала на другой. Наличие в составе индикатора голографического зеркала и Брэгговской отражательной дифракционной решетки для ввода излучения, работающих как спектральные фильтры за счет высокой спектральной селективности, позволяет использовать OLED-дисплей с широким спектром излучения (до 60 нм) в качестве источника формирования знако-символьной информации без ухудшения оптических характеристик устройства, так как компенсирует дисперсионное размытие изображения, возникающее в обычных схемах при использовании источников света типа OLED с относительно широкой спектральной полосой излучения.

Технический результат достигается за счет того, что оптическая схема голографического индикатора знако-символьной информации содержит последовательно установленные на оптической оси OLED-дисплей в качестве источника излучения знако-символьной информации, коллимирующий объектив, световодную пластинку, Брэгговскую отражательную дифракционную решетку для ввода излучения знако-символьной информации в указанную пластинку для последующего

распространения излучения внутри пластинки под действием полного внутреннего отражения и полученный на двух противоположных рабочих поверхностях пластинки двухкомпонентный комбинированный дифракционный оптический элемент в виде дифракционных решеток переменной дифракционной эффективности для вывода излучения из пластинки в зрачок наблюдателя с одной стороны пластинки и голографического зеркала с функцией пропускания света от окружающей обстановки в зрачок наблюдателя через пластинку с другой ее стороны. При этом в оптической схеме присутствует совокупность голографического зеркала и вводной Брэгговской отражательной дифракционной решетки, работающих как спектральные фильтры за счет высокой спектрально-угловой селективности.

Перечень фигур

На ФИГ. 1 представлена схема голографического индикатора знако-символьной информации на основе комбинированного двухкомпонентного ДОЭ.

На ФИГ. 2 изображена послойная схема комбинированного двухкомпонентного ДОЭ, состоящего из дифракционной решетки для вывода излучения из подложки и голографического зеркала.

На ФИГ. 3 представлены экспериментальные графики спектра отражения голографического зеркала для разных длин световых волн и разных углов их падения.

Осуществление полезной модели В качестве источника формирования знако-символьной информации в предлагаемом голографическом индикаторе (ФИГ. 1) использован OLED-дисплей 1, излучающий в зеленой области спектра с достаточно широкой спектральной полосой (до 60 нм). Испускаемые источником излучения 1 пучки лучей коллимируют объективом 2, а затем через вводную Брэгговскую отражательную дифракционную решетку (ДР) 5 вводят в стеклянную подложку (световодную пластинку) 3, внутри которой излучение распространяется под действием ПВО. Особенностью данной системы является то, что на поверхности подложки получены комбинированные двухкомпонентные ДОЭ (ФИГ. 2), представляющие собой дифракционные решетки (ДР) 6 для вывода излучения в зрачок 8 наблюдателя с одной стороны подложки и голографическое зеркало 7 как спектральный фильтр - с другой стороны, голографическое зеркало обычно покрыто защитным стеклом 4.

Отражательная ДР 5 предназначена для ввода пучков излучения, идущего после коллимирующего объектива 2 в пластинку 3 под углами ПВО. Данная ДР 5 обладает спектральной и угловой селективностью, т.е. вводит в пластинку 3 излучение, идущее под определенными углами и определенного спектрального состава, поэтому она так же, как и голографическое зеркало, выполняет функции спектрального фильтра при вводе излучения в пластинку 3. ДР 5 получена на слое бихромированного желатина (БХЖ). Конкретные рабочие параметры ДР 5: толщина - 35 мкм; рабочая длина волны излучения - 530 нм; дифракционная эффективность - выше 0,7.

Попадая изнутри на поверхность пластинки 3, на которой расположены ДР 6, часть излучения дифрагирует в идущий в сторону зрачка 8 наблюдателя «+1»-порядок. «0»-порядок излучения продолжает распространяться в пластинке 3. Для выравнивания по полю яркости наблюдаемого изображения ДР 6 должны обладать переменной дифракционной эффективностью, что обеспечивается за счет изменения глубины поверхностного рельефа решетки 6. Таким образом, выводная решетка 6 разбита на зоны, в каждой из которых получена решетка с определенной глубиной рельефа. В этих зональных решетках дифракционная эффективность зависит от зоны расположения решетки в общей структуре.

На ФИГ. 2 послойно изображена схема комбинированного двухкомпонентного

ДОЭ, состоящего из дифракционной решетки 6 с переменной эффективностью η , увеличивающейся по мере распространения излучения внутри подложки к ее краю, для вывода излучения из подложки 3, голографического зеркала 7 и защитного стекла 4. Голографическое зеркало 7 имеет коэффициент отражения $\rho(\lambda, \theta)$, зависящий от длины волны и угла падения излучения (см. ФИГ. 3). Таким образом, при падении на зеркало излучения определенной длины волны λ с широким спектральным диапазоном $\lambda \pm \Delta\lambda_1$ зеркало отражает излучение уже более узкого спектрального диапазона $\lambda \pm \Delta\lambda_2$.

Голографическое зеркало 7 представляет собой прозрачную стеклянную пластинку с полученной на слое бихромированного желатина структурой. Толщина материала зеркала составляет 35 мкм; рабочая длина волны излучения - 530 нм; коэффициент отражения на рабочей длине волны - выше 0,75. Такое голографическое зеркало прозрачно на просвет, но в силу наличия у материала спектральной и угловой селективности способно отражать падающее под рабочим углом излучение с узким (около 20 нм) спектральным диапазоном $\Delta\lambda_2$.

Применение голографического зеркала 7 и вводной Брэгговской отражательной решетки 5 с высокой спектрально-угловой селективностью позволяет снизить хроматические аберрации и дисперсионное размытие изображения монохромных систем отображения, возникающие из-за большого количества переотражений излучения внутри световодной пластинки 3 при использовании широкополосного OLED-дисплея 1 в качестве источника формирования необходимой знако-символьной информации.

Голографическое зеркало имеет узкий спектр отражения для определенной спектральной составляющей. Спектральная селективность голографического зеркала δ_λ определяется соотношением (1):

$$\delta_\lambda = \frac{\delta_\alpha \cdot \lambda_0}{\text{tg} \Theta_0} \quad (1)$$

где δ_α - величина угловой селективности, которая может быть определена из соотношения (2);

$$\delta_\alpha = \frac{\xi_r}{\left(\frac{\pi n}{\lambda_0}\right) T \sin \Theta_0} \quad (2)$$

где n - средний показатель преломления регистрирующей среды ($n=1,52$);

T - толщина регистрирующей среды ($T=35$ мкм);

Θ_0 - угол Брэгга в регистрирующей среде (для отражательного зеркала, у которого направление плоскостей пучностей параллельно слою фотоматериала $\Theta_0=90^\circ$);

ξ_r - коэффициент пропорциональный угловому отклонению да от угла Брэгга

Значение коэффициента ξ_r изменяется в диапазоне от 0 до 3. В первом случае обеспечивается максимально возможная дифракционная эффективность - 100%, а во втором она равна 0. Для предварительной оценки спектральной селективности голографического зеркала примем $\xi_r=1,5$.

Для углов распространения излучения в пластине порядка 45...55 градусов теоретическая спектральная селективность голографического зеркала, полученного на слое бихромированного желатина толщиной 35 мкм, составляет около 5 нм, что свидетельствует о возможности его использования в качестве спектрального фильтра.

На ФИГ. 3 представлен экспериментальный график спектра отражения

голографического зеркала для разных длин волн и углов падения. Из графика видно, что при угле падения 50 градусов коэффициент отражения голографического зеркала максимальный и составляет 0,75 для длины волны излучения 530 нм, а для углов падения 45 и 55 градусов коэффициент отражения составляет более 0,6. Ширина отраженного спектра для угла падения 50 градусов составляет 25 нм, а для диапазона углов от 45 до 55 градусов - 35 нм. Для длин волн менее 500 нм и более 550 нм это излучения практически полностью гасится, и коэффициент отражения составляет менее 0,1, что свидетельствует о возможности использования голографического зеркала в качестве спектрального фильтра.

Для сравнения величин спектрального размытия изображения, наблюдаемого через индикатор с топографическим зеркалом 7 и без него, вычисляли, на какой угол дифрагирует в пластинке 3 пучок излучения с различной шириной спектра при нормальном падении на вводную решетку 5, и оценивали для каждого случая размер размытия точечного источника. Расчет проводится для рабочей длины волны и для крайних длин волн излучения OLED-дисплея 1 с шириной спектра 60 нм и при наличии голографического зеркала 7 с шириной спектра отражения 35 нм.

Запишем формулу дифракционной решетки:

$$d_{\text{реш}} \cdot (n \sin(\theta) + n_{\text{ст}} \sin(\alpha_i)) = m \lambda \quad (3)$$

где λ - рабочая длина волны; $n_{\text{ст}}$ - показатель преломления стекла; $d_{\text{реш}}$ - период вводной и выводной решеток; m - порядок дифракции ($m=1$); θ - угол падения излучения на пластину (падение нормальное $\theta=90^\circ$); n - показатель преломления воздуха ($n=1$); α_i - угол дифракции для i -ой длины волны излучения.

Соответственно

$$d_{\text{реш}} n_{\text{ст}} \sin(\alpha_i) = \lambda_i$$

$$\alpha_i = \arcsin\left(\frac{\lambda_i}{d_{\text{реш}} n_{\text{ст}}}\right) \quad (4)$$

Расстояние между соседними переотражениями для i -ых длин волн равно

$$L_i = 2d_{\text{пл}} \operatorname{tg}(\alpha_i) \quad (5)$$

где $d_{\text{пл}}$ - толщина пластины;

Количество переотражений, которые при этом испытывает излучение, распространяясь в пластине длиной $L_{\text{пл}}$ под действием ПВО, составляет

$$N_i = \frac{L_{\text{пл}}}{L_i} \quad (6)$$

Для световодной пластины длиной 80 мм, показателя преломления стекла 1,51, толщины подложки 2 мм, периода дифракционных решеток 0,5 мкм по формулам (4)-(7) можно вычислить, что изображение точечного источника, формируемого OLED-дисплеем с шириной спектра 60 нм при наблюдении его через крайнюю, самую удаленную от вводной решетки, область световодной пластины длиной 80 мм будет размываться в линию длиной 2,4 мм и более, а при наличии голографического зеркала с шириной спектра отражения 35 нм это размытие будет составлять величину до 1,7 мм (то есть на 30% меньше).

Таким образом, показано, что сочетание в едином комбинированном дифракционном оптическом элементе дифракционной решетки с переменной эффективностью, необходимой для вывода излучения из световодной пластинки, непереключаемой

брэгговской отражательной решетки для ввода излучения в пластинку, и голографического зеркала как дополнительного спектрального фильтра, позволяет достичь технического результата, а именно позволяет использовать OLED-дисплей с широким спектром излучения (до 60 нм) в качестве источника формирования знако-символьной информации без ухудшения оптических характеристик устройства, при этом значительно уменьшает дисперсионное размытие изображения в монохромных индикаторах знако-символьной информации при использовании источников света типа OLED с относительно широкой спектральной полосой излучения.

10

(57) Реферат

Полезная модель относится к области голографических дисплеев, формирующих изображение, и, более конкретно, к коллиматорным оптическим индикаторам, формирующим для зрачка наблюдателя знако-символьную информацию на фоне окружающей обстановки. Технический результат - построение оптической схемы голографического индикатора на основе стеклянной подложки (световодной пластинки) с комбинированным двухкомпонентным ДОЭ, состоящим из многоуровневой рельефно-фазовой дифракционной решетки на одной стороне подложки и голографического зеркала на другой. Технический результат достигается за счет того, что оптическая схема голографического индикатора знако-символьной информации содержит последовательно установленные на оптической оси OLED-дисплей в качестве источника излучения знако-символьной информации, коллимирующий объектив, световодную пластинку, Брэгговскую отражательную дифракционную решетку для ввода излучения знако-символьной информации в указанную пластинку для последующего распространения излучения внутри пластинки под действием полного внутреннего отражения и полученный на двух противоположных рабочих поверхностях пластинки двухкомпонентный комбинированный дифракционный оптический элемент в виде дифракционных решеток переменной дифракционной эффективности для вывода излучения из пластинки в зрачок наблюдателя с одной стороны пластинки и голографического зеркала с функцией пропускания света от окружающей обстановки в зрачок наблюдателя через пластинку с другой ее стороны. При этом указанные дифракционные решетки на одной поверхности пластинки являются многоуровневыми рельефно-фазовыми решетками, а также в схеме присутствует совокупность голографического зеркала и вводной Брэгговской отражательной дифракционной решетки, работающих как спектральные фильтры за счет высокой спектрально-угловой селективности. 3 ил.

40

45

Реферат

Оптическая схема голографического индикатора знако-символьной информации на основе комбинированного дифракционного оптического элемента

Полезная модель относится к области голографических дисплеев, формирующих изображение, и, более конкретно, к коллиматорным оптическим индикаторам, формирующим для зрителя наблюдателя знако-символьную информацию на фоне окружающей обстановки. Технический результат - построение оптической схемы голографического индикатора на основе стеклянной подложки (световодной пластинки) с комбинированным двухкомпонентным ДОЭ, состоящим из многоуровневой рельефно-фазовой дифракционной решетки на одной стороне подложки и голографического зеркала на другой. Технический результат достигается за счет того, что оптическая схема голографического индикатора знако-символьной информации содержит последовательно установленные на оптической оси OLED-дисплей в качестве источника излучения знако-символьной информации, коллимирующий объектив, световодную пластинку, Брэгговскую отражательную дифракционную решетку для ввода излучения знако-символьной информации в указанную пластинку для последующего распространения излучения внутри пластинки под действием полного внутреннего отражения и полученный на двух противоположных рабочих поверхностях пластинки двухкомпонентный комбинированный дифракционный оптический элемент в виде дифракционных решеток переменной дифракционной эффективности для вывода излучения из пластинки в зрачок наблюдателя с одной стороны пластинки и голографического зеркала с функцией пропускания света от окружающей обстановки в зрачок наблюдателя через пластинку с другой ее стороны. При этом указанные дифракционные решетки на одной поверхности пластинки являются многоуровневыми рельефно-фазовыми решетками, а также в схеме присутствует совокупность голографического зеркала и вводной Брэгговской отражательной дифракционной решетки, работающих как спектральные фильтры за счет высокой спектрально-угловой селективности. 3 ил.

2015147012

МПК G02B 27/01, G02B 27/10, G02B 6/00

Оптическая схема голографического индикатора знако-символьной информации на основе комбинированного дифракционного оптического элемента

Область техники

Полезная модель относится к области голографических дисплеев, формирующих изображение, и, более конкретно, к коллиматорным оптическим индикаторам, формирующим для зрителя наблюдателя знако-символьную информацию на фоне окружающей обстановки.

Уровень техники

Использование дифракционных оптических элементов (ДОЭ) в нашлемных системах отображения информации вывело их на качественно новый этап развития, позволив существенно снизить массогабаритные параметры при увеличении выходного зрачка таких систем. Дисплеи и индикаторы на основе световодных пластин и ДОЭ становятся на данный момент важной и неотъемлемой частью многих систем отображения информации и визуализации, особенно в системах отображения для автомобилей, самолетов и систем, где наблюдаемое изображение накладывается на изображение реальной сцены. Преимуществом систем отображения информации на основе ДОЭ и световодных пластин является то, что они обеспечивают выходной зрачок большого размера при сравнительно малом размере коллимирующей оптической системы, что позволяет существенно снизить массогабаритные параметры голографического дисплея или индикатора.

В зарубежных патентах (российские патенты по тематике полезной модели не обнаружены) предложены различные варианты построения дисплеев и индикаторов на основе дифракционных оптических элементов.

В патентной заявке США корейской компании SAMSUNG ELECTRONICS - US2004004767 WEARABLE DISPLAY SYSTEM ADJUSTING MAGNIFICATION OF AN IMAGE (МПК G02B27/01; G02B27/02; G02B27/22; G02B5/18; G02B5/32; H04N5/64; G02B27/00; G02B6/00; (IPC1-7): G02B27/44; G02B5/18, опубл.2004-01-08) представлена схема цветного дисплея на основе стеклянной пластины, посредством которой формируемое оптической системой изображение передается наблюдателю. Данный дисплей состоит из источника формирования изображения 450, оптической системы 400 с переменным фокусным расстоянием, дифракционных решеток 410 и 430 для ввода и вывода излучения из стеклянной подложки 420. За счет того, что излучение распространяется внутри подложки удается уменьшить продольные габариты такого дисплея. Для минимизации потерь на полное внутреннее отражение (ПВО) при

прохождении излучения внутри подложки на обе ее поверхности нанесено непрозрачное отражающее алюминиевое покрытие.

Недостатком данного дисплея является ограниченный размер выходного зрачка, а также наличие непрозрачного алюминиевого покрытия, которое может ограничивать поле зрения наблюдателя.

В патенте США израильской компании YEDA RESEARCH & DEVELOPMENT - US5966223 PLANAR HOLOGRAPHIC OPTICAL DEVICE (МПК G02B5/32; G02B6/124; G02B6/26; G02B6/28; G02B6/34; G03H1/00; G03H1/22; G03H1/24; G02B6/43; (IPC1-7): G02B27/44; G02B5/18; G02B5/32, опубл.1999-10-12) и патенте США израильских компаний YEDA RESEARCH AND DEVELOPMENT и ELOP ELECTRO OPTICS INDUSTRIES - US6580529 HOLOGRAPHIC OPTICAL DEVICES (МПК G02B5/32; (IPC1-7): G02B5/32; G03H1/00; G03H1/22, опубл.2003-06-17) представлен монохромный дисплей, включающий в себя источник излучения 2 для формирования необходимой информации, коллимирующий объектив 4, а также стеклянную пластинку 6, на которой получены три дифракционные решетки (ДР) H_1 , H_2 и H_3 различного периода. Первая ДР H_1 вводит излучение в подложку под углом полного внутреннего отражения. Вторая решетка H_2 «разворачивает» падающее на нее излучение на 90 градусов, реализуя при этом принцип мультиплексирования зрачков по одной координате. Третья ДР H_3 обеспечивает вывод излучения из подложки в сторону наблюдателя, а также реализует принцип мультиплексирования зрачков по другой координате. Дифракционная эффективность второй и третьей решеток переменная для обеспечения равной интенсивности пучков излучения, выходящих из пластинки 6. На обе поверхности пластинки нанесено непрозрачное отражающее покрытие 10 и 12 для того, чтобы избежать посторонних засветок и нежелательных переотражений.

Таким образом, данный дисплей не позволяет одновременно наблюдать выводимую информацию и окружающую обстановку, что является его серьезным недостатком.

В патенте США финской компании NOKIA - US6805490 METHOD AND SYSTEM FOR BEAM EXPANSION IN A DISPLAY DEVICE (МПК G02B5/18; G02B6/00; G02B6/34; (IPC1-7): G02B6/38, опубл.2004-10-19) представлена планарная волноводная структура для дисплеев. Она представляет собой прозрачную подложку, на одной поверхности которой получена ДР, как и в предыдущих случаях, но отличительной особенностью является применение поляризационного покрытия на второй стороне. Благодаря этому возможно направлять на решетку излучение определенной поляризации, что позволяет

уменьшить обратное отражение в -1 и -2 порядки дифракции, тем самым увеличив длину волновода, и соответственно размеры выходного зрачка дисплея.

В силу использования дифракционных решеток для ввода и вывода излучения из волновода вопрос дисперсионного размытия изображения при использовании данной структуры в дисплее не решен.

В этом же патенте US6805490 представлена подложка, состоящая из двух склеенных пластин с различными показателями преломления, с полученными на поверхности первой пластины дифракционными решетками для ввода и вывода излучения из подложки. Такая двухкомпонентная структура может быть использована в двухцветных дисплеях за счет наличия двух склеенных пластин 30 и 50. Благодаря тому, что они обладают различными показателями преломления, излучение с большей длиной волны испытывает ПВО уже в первой пластине (в первом слое 30), а излучение более короткой длины волны, дифрагировавшее на меньший угол, испытывает ПВО во втором слое 50. Дополнительно между двумя слоями нанесена тонкая пленка 40, обладающая показателем преломления ниже, чем первый слой 30, для уменьшения потерь на ПВО при отражениях для большей длины волны в первом слое. Излучение более короткой длины волны при этом проходит через слой 30 и пленку 40, не претерпевая отражения. Подобная структура при учете точного подбора толщин и показателей преломления обоих слоев позволяет обеспечить то, что излучение различных длин волн, претерпевая ПВО в своем слое, падает на дифракционную решетку H_2 в одну и ту же точку и выводится из нее наблюдателю. Это позволяет устранить двоение при наложении изображений двух цветов. Такая структура является прозрачной, позволяет уменьшить продольные габариты системы отображения и увеличить выходной зрачок.

Недостатком же данного дисплея является то, что в силу использования дифракционных решеток для ввода и вывода излучения из волновода вопрос дисперсионного размытия изображения может быть решен только при использовании в качестве источников излучения полупроводниковых лазеров, что существенно увеличивает габариты самого дисплея. При использовании источника излучения типа OLED с широким спектром излучения для каждой цветовой компоненты будет наблюдаться спектральное размытие в силу достаточно большой длины пластины и количества переотражений излучения в ней.

В патентной заявке США компании ROCKWELL COLLINS - US2014140654 TRANSPARENT WAVEGUIDE DISPLAY (МПК G02F1/29, опубл.2014-05-22) представлена схема малогабаритного монохромного дисплея на основе Брэгговских решеток (в основном переключаемых, с наличием электродов управления режимами

работы решетки). Дисплей включает в себя микродисплей типа LCOS, LED, OLED и т.п. в зависимости от варианта реализации, оптический узел для ввода излучения в подложку и как минимум две стеклянные подложки с полученными на их поверхности переключаемыми Брэгговскими решетками для ввода и вывода излучения из пластин. Некоторые из вариантов реализации этих решеток могут работать в пассивном (непереключаемом) режиме, т.е. без приложения к ним напряжения. Также между подложками находится тонкая полуволновая пленка для обеспечения определенного типа поляризации излучения, распространяющегося в подложках. Переключаемые Брэгговские решетки обладают высокой (до 90%) дифракционной эффективностью и хорошим пропусканием на просвет, но в отличие от статических непереключаемых решеток (параметры которых не изменяются), переключаемые решетки гораздо более сложны в изготовлении, т.к. требуют наличия электродов. В различных реализациях переключаемые Брэгговские решетки толщиной до 3 мкм могут использоваться как пропускающие решетки для вывода излучения (за счет дифракции) из подложки (преимущественно в пассивном режиме работы), для расширения пучка в одном из направлений (в активном режиме работы), а также как отражательные решетки типа голографических зеркал. Кроме того, есть возможность построения по такой схеме многоцветных дисплеев в том случае, если в каждой пластинке будет распространяться и выводиться излучение только определенной спектральной составляющей, причем RGB-слои переключаемых Брэгговских решеток должны быть согласованы с RGB-источником излучения и переключаться последовательно.

В большинстве применений таких дисплеев, построенных по такой схеме, в качестве источника излучения предпочтительно использовать лазерный источник излучения в сочетании с LCOS дисплеем или узкополосный микродисплей (в пределах ± 5 нм). В то же время в качестве источника излучения можно использовать OLED-дисплей в тех случаях, когда оптические характеристики устройства (разрешение, яркость, цветовая гамма) не так важны. Это является недостатком использования такой реализации дисплея, т.к. использование широкополосного OLED источника вызывает спектральное размытие проецируемого наблюдателю изображения и снижает разрешение устройства в целом.

Один из вариантов данного устройства является наиболее близким аналогом (прототипом) к предлагаемому голографическому индикатору, т.к. может содержать в своем составе микродисплей типа OLED, оптический узел ввода излучения и пропускающую двухкомпонентную структуру, включающую в себя стеклянные подложки с дифракционными решетками, соединенные (или склеенные) между собой. Данные решетки являются Брэгговскими дифракционными решетками (в основном

переключаемыми с возможностью работы в активном и пассивном режимах, в том числе с возможностью работы в качестве голографического зеркала), предназначенными для вывода излучения из подложки.

К основным недостаткам данной схемы прототипа можно отнести сложность изготовления переключаемых Брэгговских решеток в силу наличия в их составе электродов, на которые подается напряжение в активном режиме их работы, что дополнительно усложняет схему самого дисплея и соответственно существенно повышает его стоимость по сравнению со статическими дифракционными решетками. Другим недостатком данного устройства в случае использования в нем в качестве источника излучения OLED-дисплея является ухудшение его оптических характеристик (разрешения, яркости, цветового размытия).

Раскрытие полезной модели

Задачей полезной модели являлось создание голографического индикатора знаково-символьной информации с устранением недостатка прототипа, а именно: сохранение его оптических характеристик (обеспечение высокого разрешения и отсутствие цветового размытия) при использовании OLED-дисплея с широким спектром излучения в качестве источника формирования информации.

Для устранения недостатков прототипа необходимо, с одной стороны, использовать традиционные (непереключаемые, т.е. без электродов) дифракционные решетки, которые могут быть не только Брэгговскими, а многоуровневыми рельефно-фазовыми, что позволит дополнительно снизить сложность изготовления дисплея. Совместно с дифракционными решетками для вывода излучения в индикаторе предлагается дополнительно использовать спектральный фильтр для уменьшения хроматических aberrаций и цветового размытия, а с другой стороны, сохранить на световодной подложке зеркальное или подобное покрытие для уменьшения потерь на отражении, но обеспечив его прозрачность. Этого можно добиться благодаря использованию двухкомпонентной комбинированной структуры ДОО, включающей в себя на одной поверхности подложки пропускающую дифракционную решетку для вывода излучения из пластины и на другой - голографическое зеркало с высокой спектрально-угловой селективностью для получения чистых цветов. Это позволит существенно снизить хроматические aberrации и цветное размытие изображения монохромных систем отображения, возникающие из-за большого количества переотражений излучения внутри световодной пластинки подложки при использовании OLED-дисплея в качестве источника формирования необходимой информации. Это, в

ZZ



свою очередь, позволяет в отличие от работы схемы прототипа сохранить приемлемое разрешение индикатора при использовании OLED-дисплея.

Техническим результатом полезной модели является построение оптической схемы голографического индикатора на основе стеклянной подложки (световодной пластинки) с комбинированным двухкомпонентным ДОЭ, состоящим из дифракционной решетки (которая может быть как брэгговской, так и рельефно-фазовой) на одной стороне подложки и голографического зеркала на другой. Наличие в составе индикатора голографического зеркала и Брэгговской отражательной дифракционной решетки для ввода излучения, работающих как спектральные фильтры за счет высокой спектральной селективности, позволяет использовать OLED-дисплей с широким спектром излучения (до 60 нм) в качестве источника формирования знако-символьной информации без ухудшения оптических характеристик устройства, так как компенсирует дисперсионное размытие изображения, возникающее в обычных схемах при использовании источников света типа OLED с относительно широкой спектральной полосой излучения.

Технический результат достигается за счет того, что оптическая схема голографического индикатора знако-символьной информации содержит последовательно установленные на оптической оси OLED-дисплей в качестве источника излучения знако-символьной информации, коллимирующий объектив, световодную пластинку, Брэгговскую отражательную дифракционную решетку для ввода излучения знако-символьной информации в указанную пластинку для последующего распространения излучения внутри пластинки под действием полного внутреннего отражения и полученный на двух противоположных рабочих поверхностях пластинки двухкомпонентный комбинированный дифракционный оптический элемент в виде дифракционных решеток переменной дифракционной эффективности для вывода излучения из пластинки в зрачок наблюдателя с одной стороны пластинки и голографического зеркала с функцией пропускания света от окружающей обстановки в зрачок наблюдателя через пластинку с другой ее стороны. При этом в оптической схеме присутствует совокупность голографического зеркала и вводной Брэгговской отражательной дифракционной решетки, работающих как спектральные фильтры за счет высокой спектрально-угловой селективности.

Перечень фигур

На ФИГ.1 представлена схема голографического индикатора знако-символьной информации на основе комбинированного двухкомпонентного ДОЭ.

На ФИГ.2 изображена послойная схема комбинированного двухкомпонентного ДОЭ, состоящего из дифракционной решетки для вывода излучения из подложки и голографического зеркала.

На ФИГ.3 представлены экспериментальные графики спектра отражения голографического зеркала для разных длин световых волн и разных углов их падения.

Осуществление полезной модели

В качестве источника формирования знако-символьной информации в предлагаемом голографическом индикаторе (ФИГ.1) использован OLED-дисплей 1, излучающий в зеленой области спектра с достаточно широкой спектральной полосой (до 60 нм). Испускаемые источником излучения 1 пучки лучей коллимируют объективом 2, а затем через вводную Брэгговскую отражательную дифракционную решетку (ДР) 5 вводят в стеклянную подложку (световодную пластинку) 3, внутри которой излучение распространяется под действием ПВО. Особенностью данной системы является то, что на поверхности подложки получены комбинированные двухкомпонентные ДОЭ (ФИГ.2), представляющие собой дифракционные решетки (ДР) 6 для вывода излучения в зрачок 8 наблюдателя с одной стороны подложки и голографическое зеркало 7 как спектральный фильтр – с другой стороны, голографическое зеркало обычно покрыто защитным стеклом 4.

Отражательная ДР 5 предназначена для ввода пучков излучения, идущего после коллимирующего объектива 2 в пластинку 3 под углами ПВО. Данная ДР 5 обладает спектральной и угловой селективностью, т.е. вводит в пластинку 3 излучение, идущее под определенными углами и определенного спектрального состава, поэтому она так же, как и голографическое зеркало, выполняет функции спектрального фильтра при вводе излучения в пластинку 3. ДР 5 получена на слое бихромированного желатина (БХЖ). Конкретные рабочие параметры ДР 5: толщина – 35 мкм; рабочая длина волны излучения – 530 нм; дифракционная эффективность – выше 0,7.

Попадая изнутри на поверхность пластинки 3, на которой расположены ДР 6, часть излучения дифрагирует в идущий в сторону зрачка 8 наблюдателя «+1»-порядок. «0»-порядок излучения продолжает распространяться в пластинке 3. Для выравнивания по полю яркости наблюдаемого изображения ДР 6 должны обладать переменной дифракционной эффективностью, что обеспечивается за счет изменения глубины поверхностного рельефа решетки 6. Таким образом, выводная решетка 6 разбита на зоны, в каждой из которых получена решетка с определенной глубиной рельефа. В этих зональных решетках дифракционная эффективность зависит от зоны расположения решетки в общей структуре.

На ФИГ.2 послойно изображена схема комбинированного двухкомпонентного ДОЭ, состоящего из дифракционной решетки 6 с переменной эффективностью η , увеличивающейся по мере распространения излучения внутри подложки к ее краю, для вывода излучения из подложки 3, голографического зеркала 7 и защитного стекла 4. Голографическое зеркало 7 имеет коэффициент отражения $\rho(\lambda, \theta)$, зависящий от длины волны и угла падения излучения (см. ФИГ.3). Таким образом, при падении на зеркало излучения определенной длины волны λ с широким спектральным диапазоном $\lambda \pm \Delta\lambda_1$ зеркало отражает излучение уже более узкого спектрального диапазона $\lambda \pm \Delta\lambda_2$.

Голографическое зеркало 7 представляет собой прозрачную стеклянную пластинку с полученной на слое бихромированного желатина структурой. Толщина материала зеркала составляет 35 мкм; рабочая длина волны излучения – 530 нм; коэффициент отражения на рабочей длине волны – выше 0,75. Такое голографическое зеркало прозрачно на просвет, но в силу наличия у материала спектральной и угловой селективности способно отражать падающее под рабочим углом излучение с узким (около 20 нм) спектральным диапазоном $\Delta\lambda_2$.

Применение голографического зеркала 7 и вводной Брэгговской отражательной решетки 5 с высокой спектрально-угловой селективностью позволяет снизить хроматические aberrации и дисперсионное размытие изображения монохромных систем отображения, возникающие из-за большого количества переотражений излучения внутри световодной пластинки 3 при использовании широкополосного OLED-дисплея 1 в качестве источника формирования необходимой знако-символьной информации.

Голографическое зеркало имеет узкий спектр отражения для определенной спектральной составляющей. Спектральная селективность голографического зеркала δ_λ определяется соотношением (1):

$$\delta_\lambda = \frac{\delta_\alpha \cdot \lambda_0}{\text{tg}\Theta_0} \quad (1)$$

где δ_α - величина угловой селективности, которая может быть определена из соотношения (2);

$$\delta_{\alpha} = \frac{\xi_r}{\left(\frac{\pi n}{\lambda_0}\right) T \sin \Theta_0} \quad (2)$$

где n – средний показатель преломления регистрирующей среды ($n=1,52$);

T – толщина регистрирующей среды ($T=35$ мкм);

Θ_0 – угол Брэгга в регистрирующей среде (для отражательного зеркала, у которого направление плоскостей пучностей параллельно слою фотоматериала $\Theta_0=90^{\circ}$);

ξ_r – коэффициент пропорциональный угловому отклонению δ_{α} от угла Брэгга

Значение коэффициента ξ_r изменяется в диапазоне от 0 до 3. В первом случае обеспечивается максимально возможная дифракционная эффективность – 100%, а во втором она равна 0. Для предварительной оценки спектральной селективности голографического зеркала примем $\xi_r=1,5$.

Для углов распространения излучения в пластине порядка 45...55 градусов теоретическая спектральная селективность голографического зеркала, полученного на слое бихромированного желатина толщиной 35 мкм, составляет около 5 нм, что свидетельствует о возможности его использования в качестве спектрального фильтра.

На ФИГ.3 представлен экспериментальный график спектра отражения голографического зеркала для разных длин волн и углов падения. Из графика видно, что при угле падения 50 градусов коэффициент отражения голографического зеркала максимальный и составляет 0,75 для длины волны излучения 530 нм, а для углов падения 45 и 55 градусов коэффициент отражения составляет более 0,6. Ширина отраженного спектра для угла падения 50 градусов составляет 25 нм, а для диапазона углов от 45 до 55 градусов – 35 нм. Для длин волн менее 500 нм и более 550 нм это излучения практически полностью гасится, и коэффициент отражения составляет менее 0,1, что свидетельствует о возможности использования голографического зеркала в качестве спектрального фильтра.

Для сравнения величин спектрального размытия изображения, наблюдаемого через индикатор с голографическим зеркалом 7 и без него, вычисляли, на какой угол дифрагирует в пластинке 3 пучок излучения с различной шириной спектра при нормальном падении на вводную решетку 5, и оценивали для каждого случая размер размытия точечного источника. Расчет проводится для рабочей длины волны и для крайних длин волн излучения OLED-дисплея 1 с шириной спектра 60 нм и при наличии голографического зеркала 7 с шириной спектра отражения 35 нм.

Запишем формулу дифракционной решетки:

$$d_{\text{реш}} \cdot (n \sin(\theta) + n_{\text{см}} \sin(\alpha_i)) = m \lambda \quad (3)$$

где λ - рабочая длина волны; $n_{ст}$ - показатель преломления стекла; $d_{реш}$ - период вводной и выводной решеток; m - порядок дифракции ($m=1$); θ - угол падения излучения на пластину (падение нормальное $\theta = 90^\circ$); n - показатель преломления воздуха ($n=1$); α_i - угол дифракции для i -ой длины волны излучения.

Соответственно

$$d_{реш} n_{ст} \sin(\alpha_i) = \lambda_i$$

$$\alpha_i = \arcsin\left(\frac{\lambda_i}{d_{реш} n_{ст}}\right) \quad (4)$$

Расстояние между соседними переотражениями для i -ых длин волн равно

$$L_i = 2d_{пл} \operatorname{tg}(\alpha_i) \quad (5)$$

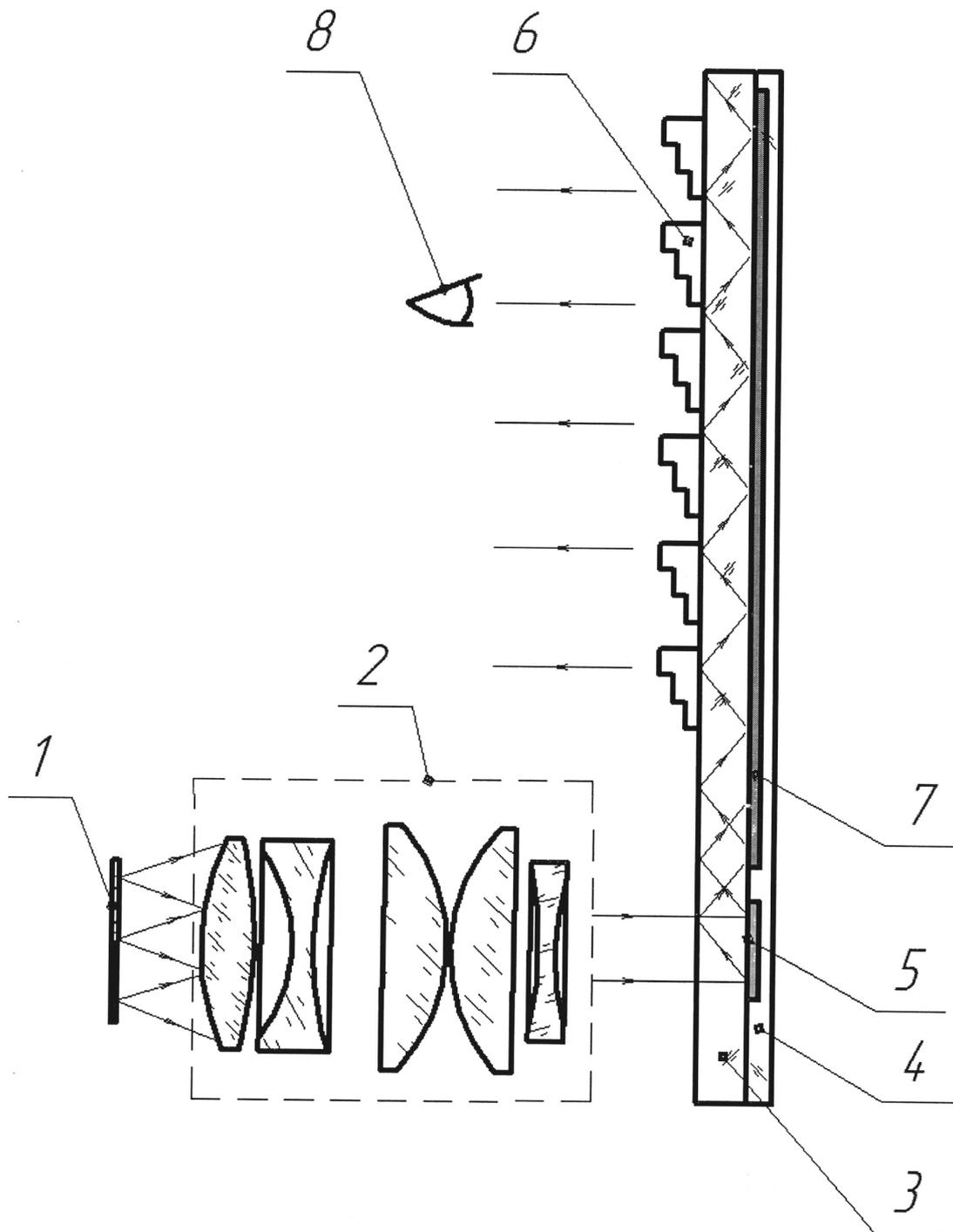
где $d_{пл}$ - толщина пластины;

Количество переотражений, которые при этом испытывает излучение, распространяясь в пластине длиной $L_{пл}$ под действием ПВО, составляет

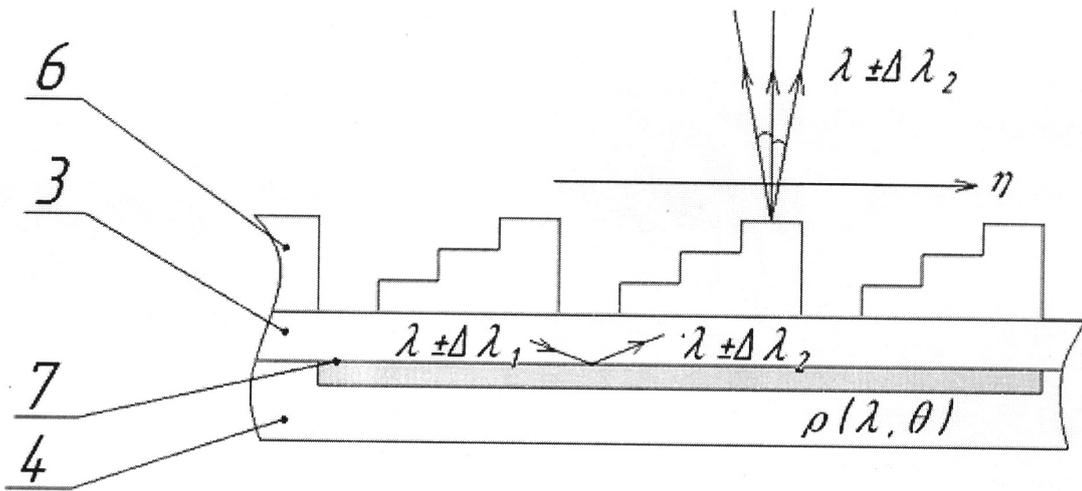
$$N_i = \frac{L_{пл}}{L_i} \quad (6)$$

Для световодной пластины длиной 80 мм, показателя преломления стекла 1,51, толщины подложки 2 мм, периода дифракционных решеток 0,5 мкм по формулам (4)-(7) можно вычислить, что изображение точечного источника, формируемого OLED-дисплеем с шириной спектра 60 нм при наблюдении его через крайнюю, самую удаленную от вводной решетки, область световодной пластины длиной 80 мм будет размываться в линию длиной 2,4 мм и более, а при наличии голографического зеркала с шириной спектра отражения 35 нм это размытие будет составлять величину до 1,7 мм (то есть на 30% меньше).

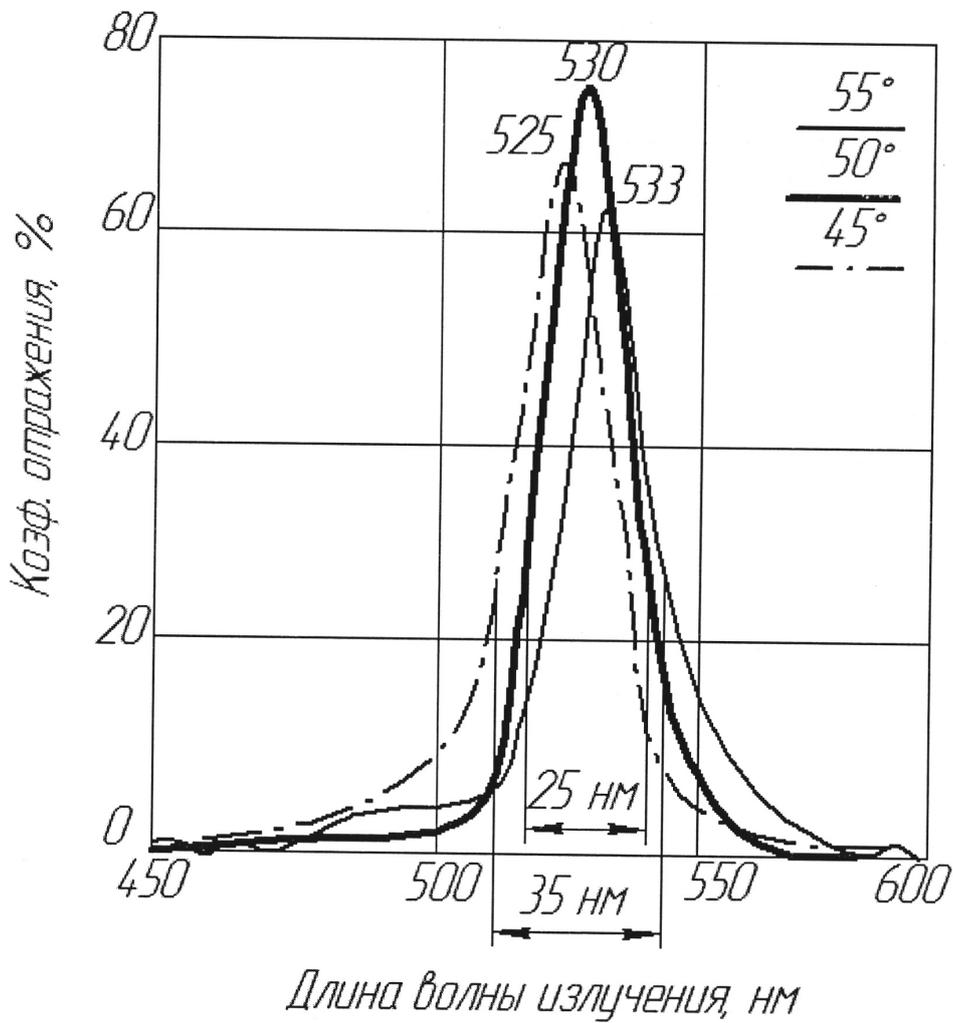
Таким образом, показано, что сочетание в едином комбинированном дифракционном оптическом элементе дифракционной решетки с переменной эффективностью, необходимой для вывода излучения из световодной пластинки, непереключаемой брэгговской отражательной решетки для ввода излучения в пластинку, и голографического зеркала как дополнительного спектрального фильтра, позволяет достичь технического результата, а именно позволяет использовать OLED-дисплей с широким спектром излучения (до 60 нм) в качестве источника формирования знако-символьной информации без ухудшения оптических характеристик устройства, при этом значительно уменьшает дисперсионное размытие изображения в монохромных индикаторах знако-символьной информации при использовании источников света типа OLED с относительно широкой спектральной полосой излучения.



ФИГ. 1



ФИГ. 2



ФИГ. 3