



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

G02B 27/01 (2025.01); G02B 27/0172 (2025.01); G02B 27/30 (2025.01)

(21)(22) Заявка: 2024139866, 26.12.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.12.2024

Дата регистрации:
29.04.2025

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.12.2024

(45) Опубликовано: 29.04.2025 Бюл. № 13

Адрес для переписки:

105005, Москва, вн. тер. г. Муниципальный
округ Басманный, 2-я Бауманская ул., 5, стр.
1, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Амелина Ксения
Евгеньевна

(72) Автор(ы):

Соломашенко Артем Борисович (RU),
Афанасьева Ольга Леонидовна (RU),
Тимашова Лариса Николаевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

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

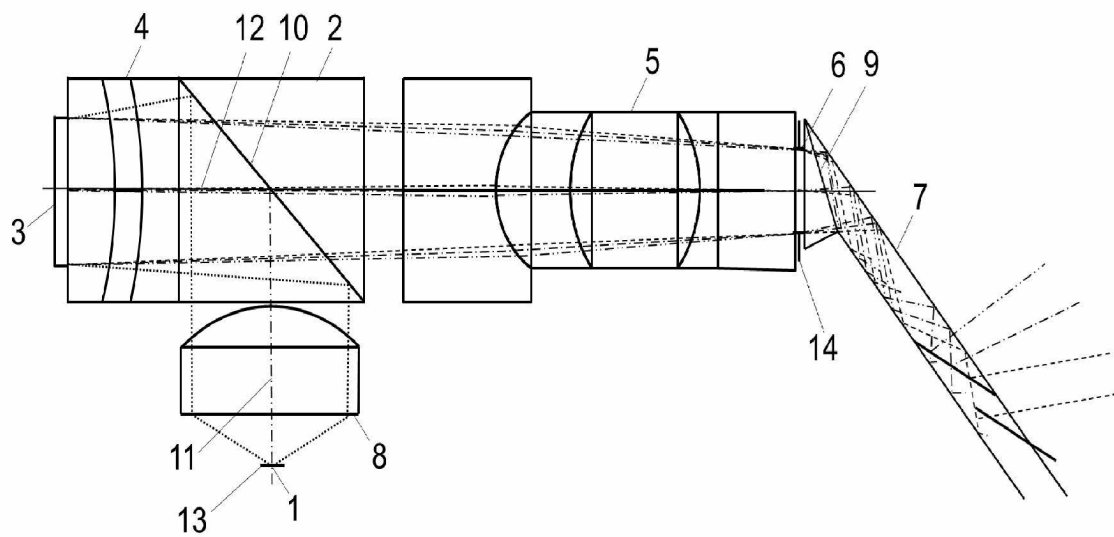
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2677257 C2, 16.01.2019. RU
2757816 C2, 21.10.2021. RU 2621975 C2,
08.06.2017. US 10746989 B2, 18.08.2020. US 2022/
0335865 A1, 20.10.2022.

(54) ОПТИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ УСТРОЙСТВА ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области носимых устройств отображения символично-графической информации и дополненной реальности. Техническим результатом, на достижение которого направлено изобретение, является повышение равномерности яркости выводимого изображения. Оптический модуль устройства дополненной реальности содержит источник излучения и связанный с ним осветительный объектив, дисплей, окуляр, поляризационную светоделительную призму с светоделительным элементом, первой оптической осью, связанной с источником излучения и осветительным объективом, и второй оптической осью, связанной с дисплеем и совпадающей с оптической осью окуляра, волноводную пластину и связанную с ней вводную призму, между дисплеем и

поляризационной светоделительной призмой введена коллективная линза, оптическая ось которой совпадает со второй оптической осью поляризационной светоделительной призмы, а фокусное расстояние коллективной линзы равно удвоенной сумме толщин поляризационной светоделительной призмы и окуляра, окуляр выполнен с плоскими передней поверхностью окуляра и задней поверхностью окуляра, дисплей вынесен за грань поляризационной светоделительной призмы в переднюю фокальную плоскость окуляра, выходной зрачок окуляра выполнен совпадающим с плоскостью изображения источника излучения, а в плоскости выходного зрачка окуляра установлена апертурная диафрагма. 1 з.п. ф-лы, 1 ил.





FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

G02B 27/01 (2025.01); G02B 27/0172 (2025.01); G02B 27/30 (2025.01)(21)(22) Application: **2024139866, 26.12.2024**(24) Effective date for property rights:
26.12.2024Registration date:
29.04.2025

Priority:

(22) Date of filing: **26.12.2024**(45) Date of publication: **29.04.2025** Bull. № 13

Mail address:

**105005, Moskva, vn. ter. g. Munitsipalnyj okrug
Basmannyj, 2-ya Baumanskaya ul., 5, str. 1, MGTU
im. N.E. Baumana, Amelina Kseniya Evgenevna**

(72) Inventor(s):

**Solomashenko Artem Borisovich (RU),
Afanaseva Olga Leonidovna (RU),
Timashova Larisa Nikolaevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Moskovskii gosudarstvennyi
tekhnicheskii universitet imeni N.E. Baumana
(natsionalnyi issledovatel'skii universitet)»
(MGTU im. N.E. Baumana) (RU)**(54) **AUGMENTED REALITY DEVICE OPTICAL MODULE**

(57) Abstract:

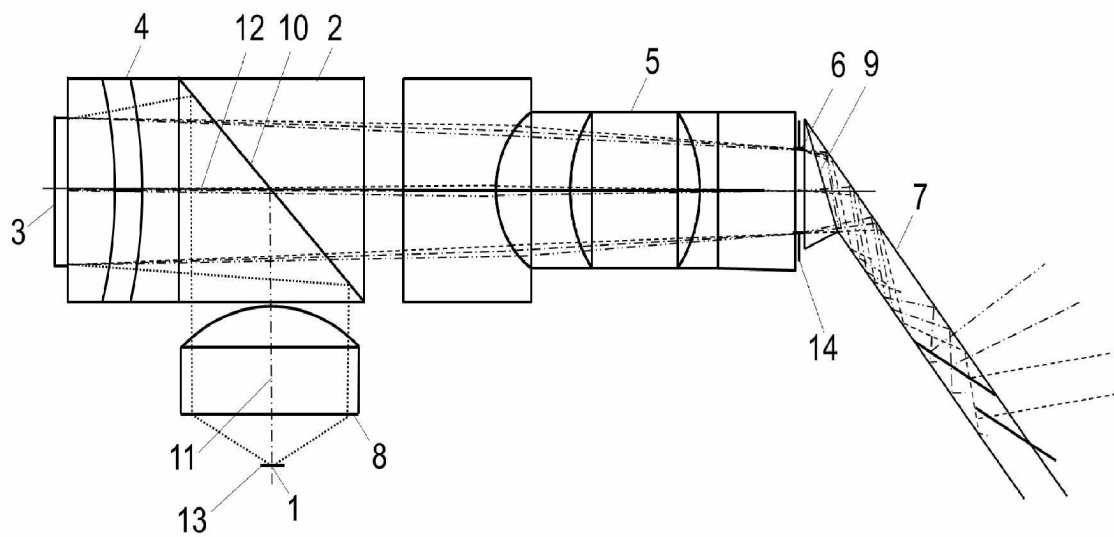
FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to portable devices for displaying symbolic-graphic information and augmented reality. Optical module of augmented reality device comprises a radiation source and an associated lighting lens, display, eyepiece, polarizing beam-splitting prism with beam-splitting element, a first optical axis associated with the radiation source and the illumination lens, and a second optical axis associated with the display and aligned with the optical axis of the eyepiece, waveguide plate and input prism connected to it, collective lens is introduced between display and polarizing beam-splitting prism, optical axis of which coincides with the second optical axis of the polarizing

beam-splitting prism, and the focal distance of the collective lens is equal to the doubled sum of the thicknesses of the polarizing beam-splitting prism and the eyepiece, the eyepiece is made with a flat front surface of the eyepiece and the back surface of the eyepiece, display is placed beyond the edge of the polarizing beam-splitting prism into the front focal plane of the eyepiece, the exit pupil of the eyepiece is made coinciding with the plane of the image of the radiation source, and an aperture diaphragm is installed in the plane of the exit pupil of the eyepiece.

EFFECT: high uniformity of brightness of the output image.

2 cl, 1 dwg



Изобретение относится к области носимых устройств отображения символично-графической информации и дополненной реальности, более конкретно, к оптическим просветным дисплеям отображения требуемой для пользователя информации на фоне окружающей обстановки.

5 Из изобретения по патенту US 10746989 B2 МПК G02B27/14, G02B27/01, опубл. 18.08.2020 известен проекционный дисплей, содержащий проектор с изогнутым отражателем и поляризационным светоделителем и устройство объединения лучей, при этом поляризационный светоделитель луча выполнен с возможностью передачи луча от источника изображения на изогнутый отражатель таким образом, что проектор
10 обеспечивает формирование и прохождение коллимированного луча, световод, предназначенный для передачи коллимированного луча, сконфигурирован для расширения зрачка, связанного с коллимированным лучом в первом направлении, когда коллимированный луч проходит через световод, отражаясь от четырех удлиненных сторон световода, а устройство объединения лучей настроено на прием
15 коллимированного луча от световода и расширение зрачка во втором направлении.

Несмотря на то, что это устройство обладает хорошей компактностью, оно характеризуется большими потерями в оптической схеме (зависящих, главным образом, от особенностей преобразования луча в четвертьволновых пластинах и поляризаторах этой схемы), и, соответственно приводящих к яркости изображения, при этом попытки
20 устранения этого эффекта за счет использования более мощных светодиодных источников излучения приводят к неконтролируемому нагреву и высокому энергопотреблению.

Из изобретения по патенту RU 2677257 C2 МПК G02B27/01, опубл. 16.01.2019 Бюл. № 2, известна оптическая система, содержащая светопроводящую подложку, имеющую
25 по меньшей мере две основные поверхности и края, оптическую призму, имеющую по меньшей мере первую, вторую и третью поверхности для введения световых волн, имеющих заданное поле зрения, в подложку с обеспечением полного внутреннего отражения, по меньшей мере одну частично отражающую поверхность, расположенную в подложке и ориентированную непараллельно по отношению к основным поверхностям
30 подложки, для вывода световых волн из подложки, при этом по меньшей мере один из краев подложки наклонен под косым углом по отношению к основным поверхностям, вторая поверхность призмы прилегает к наклоненному краю подложки, и часть подложки, расположенная рядом с наклоненным краем, выполнена по существу прозрачной, характеризующаяся тем, что выполнена таким образом, что световые
35 волны входят в призму через первую поверхность призмы, проходят призму без отражения и входят в подложку через наклоненный край.

В различных вариантах схемы реализации оптической системы не учитывается широкий телесный угол индикатрисы подсвета дисплея светодиодным источником (который может достигать 120 градусов), а значит и отражения от него, что неминуемо
40 приводит к существенному виньетированию лучей (особенно крайних) и как следствие к неравномерности яркости наблюдаемого изображения в пределах выходного зрачка и рабочего углового поля.

Из материалов заявки CN 112859343 A МПК G02B27/01, G02B27/14, G02B27/28, опубл. 28.05.2021, известно устройство отображения дополненной реальности, приближенное к глазу, содержащее источник отображения, систему коллимации и линзу
45 оптического волновода с поляризационной решеткой Х-образной формы, при этом источник отображения расположен на главной оптической оси коллиматорной системы и сконфигурирован для загрузки и вывода изображения и включает в себя

микросветодиодный микродисплей со светообъединяющей призмой и микросветодиодным микродисплеем красного света, микросветодиодным микродисплеем зеленого света и микросветодиодным микродисплеем синего света, микросветодиодный микродисплей красного света и микросветодиодный микродисплей синего света расположены напротив друг друга и прикреплены к верхней поверхности и нижней поверхности светообъединяющей призмы, микросветодиодный микродисплей зеленого света и светоизлучающая поверхность светообъединяющей призмы расположены напротив друг друга и прикреплены к светоприемной поверхности с светообъединяющей призмы, светообъединяющая призма используется для объединения выходящих лучей микросветодиодного микродисплея красного света, микросветодиодного микродисплея зеленого света и микросветодиодного микродисплея синего света в один луч, коллиматорная система располагается на светоизлучающей поверхности источника изображения и используется для коллимации и коррекции изображения, выводимого источником изображения, а затем передачи изображения на линзу оптического волновода с поляризационной решеткой Х-образной формы, линза оптического волновода с поляризационной решеткой в форме буквы Х расположена на выходящем световом пути коллимационной системы и используется для передачи света к человеческим глазам.

Несмотря на то, что такая схема отображения дополненной реальности позволяет получить яркое изображение, а применение линзового объектива в качестве коллимирующей системы дает большие возможности в плане разнообразных вариантов практического применения, это техническое решение характеризуется сложностью в целом и сложностью блока формирования изображения в частности, большими габаритами (наличие трех микродисплеев) и длительностью проведения юстировки.

Из полезной модели по патенту CN 215769226 U МПК G02B27/28, G02B27/01, опубл. 08.02.2022, известна система отображения дополненной реальности, содержащая источник изображения, линзу в сборе, включающую первую поляризационную расщепляющую призму, четвертьволновую пластину и линзу, при этом первая поляризационная расщепляющая призма расположена с одной стороны источника изображения и имеет первую светоделительную поверхность, четвертьволновая пластина расположена с одной стороны первой поляризационной расщепляющей призмы обратно к источнику изображения, а линза расположена с одной стороны четвертьволновой пластины обратно к первой поляризационной расщепляющей призме, волноводная пластина расположена сбоку от узла формирования изображения линзы, падающая поверхность волноводной пластины параллельна главной оптической оси узла формирующей изображение линзы, а световые лучи, испускаемые источником изображения, последовательно проникают через первую призму поляризационного светоделиителя и четвертьволновую пластину, а затем отражаются обратно на первую светоделительную поверхность через линзу, чтобы пройти через первую светоделительную поверхность, отразиться и вертикально войти в волноводную пластину. Также из материалов заявки CN 108490609 A МПК G02B27/01, G02B5/30, опубл. 04.09.2018 известен модуль отображения дополненной реальности, содержащий микродисплей на органических светодиодах, систему окуляров и планарный волновод на основе металлической проволочной сетки, планарный волновод состоит из светопрозрачной секции и секции формирования изображения, в свою очередь, включающей поляризатор на основе металлической проволочной сетки, расположенный между каждыми двумя стеклянными пластинами из группы стеклянных пластин, при этом система окуляров используется для формирования коллимированного светового

пучка из изображения, отображаемого микродисплеем на органических светодиодах, и передачи коллимированного светового пучка в планарный волновод, светопрозрачная секция используется для ввода светового пучка изображения в планарный волновод в режиме рефракции и передачи светового пучка изображения в секцию формирования изображения, откуда, в свою очередь, выходит падающий световой пучок и, с помощью поляризатора из металлической проволоочной сетки, проецируется в глаз для наблюдения и позволяет наблюдателю увидеть увеличенное виртуальное изображение.

Поскольку в конструкции используются два оригинальных поляризационных светоделительных элемента со своими нестандартными схемами ввода светового пучка, то эти технические решения могут быть использованы в крайне ограниченном варианте применения.

Из материалов заявки WO 2024/038458 A1 МПК G02B27/01, G02B17/08, G02B6/00 известен проектор изображений для ввода коллимированного изображения в входной зрачок световода, содержащий пространственный модулятор света с изменением поляризации, осветительное устройство для освещения пространственного модулятора света поляризованным освещением, поляризационно-селективный элемент, коллимирующую оптику с поляризационной катадиоптрической компоновкой, при этом поляризационная катадиоптрическая компоновка содержит соединенные последовательно первую четвертьволновую пластину, выполненную в виде частичного отражателя первую оптическую поверхность, вторую четвертьволновую пластину и выполненную в виде поляризационно-избирательного отражателя вторую оптическую поверхность, по крайней мере одна из указанных первой и второй оптических поверхностей выполнена в виде неплоской поверхности с оптической силой, которая воздействует на свет один раз как поверхность преломляющей линзы и один раз как отражающая линза.

Это техническое решение характеризуется малыми габаритами, однако наличие поглощающих покрытий приводит к большим потерям.

Наиболее близким по технической сущности является описанный в изобретении по заявке US 2018/0143440 A1 МПК G02B27/01, G06T19/00, G02B17/22, H04N13/00, G02B5/04, F21V8/00, опубл. 24.05.2018, оптический модуль устройства дополненной реальности, содержащий источник излучения и связанный с ним светоделительный объектив, дисплей, окуляр, поляризационную светоделительную призму с светоделительным элементом, первой оптической осью, связанной с источником излучения и светоделительным объективом, и второй оптической осью, связанной с дисплеем и совпадающей с оптической осью окуляра, волноводную пластину и связанную с ней вводную призму.

Несмотря на небольшие габариты, этот оптический модуль характеризуется большими потерями излучения в процессе прохождения луча в оптическом модуле, а также неравномерностью яркости выводимого изображения.

Техническим результатом, на достижение которого направлено изобретение, является повышение равномерности яркости выводимого изображения. Кроме того, оптический модуль характеризуется тем, что в его конструкции используется меньшее количество оптических элементов в виде четвертьволновых пластин и поляризаторов, характеризующихся большими потерями излучения, за счет чего снижаются потери в целом в процессе прохождения пучков лучей в оптическом модуле. Технический результат достигается за счет того, что в состав оптического модуля устройства дополненной реальности, содержащего источник излучения и связанный с ним осветительный объектив, дисплей, окуляр, поляризационную светоделительную призму с светоделительным элементом, первой оптической осью, связанной с источником

излучения и осветительным объективом, и второй оптической осью, связанной с дисплеем и совпадающей с оптической осью окуляра, волноводную пластину и связанную с ней вводную призму, между дисплеем и поляризационной светоделительной призмой введена коллективная линза, оптическая ось которой совпадает со второй оптической осью поляризационной светоделительной призмы, а фокусное расстояние коллективной линзы равно удвоенной сумме толщин поляризационной светоделительной призмы и окуляра, окуляр выполнен с плоскими передней поверхностью окуляра и задней поверхностью окуляра, дисплей вынесен за грань поляризационной светоделительной призмы в переднюю фокальную плоскость окуляра, выходной зрачок окуляра выполнен совпадающим с плоскостью изображения источника излучения, а в плоскости выходного зрачка окуляра установлена апертурная диафрагма.

Изобретение поясняется фигурами:

Фиг.1 - Изображение схемы оптического модуля дополненной реальности.

В общем случае оптический модуль дополненной реальности показан на фиг.1 (изображена структурная схема устройства в основном варианте).

Введены следующие обозначения:

1 – источник излучения;

2 – поляризационная светоделительная призма;

3 – дисплей;

4 – коллективная линза;

5 – окуляр;

6 – апертурная диафрагма;

7 – волноводная пластина.

8 – осветительный объектив;

9 – вводная призма;

10 – поляризационный светоделительный элемент;

11 – первая оптическая ось поляризационной светоделительной призмы;

12 – вторая оптическая ось поляризационной светоделительной призмы;

13 – передняя фокальная плоскость осветительного объектива;

14 – плоскость выходного зрачка окуляра 5.

В процессе работы излучение светодиодного источника излучения 1 с одним или несколькими светодиодами (может быть, например, источник излучения монохромного зеленого цвета), помещенного в передней фокальной плоскости осветительного объектива 13 (может быть одиночной плосковыпуклой линзой) преобразуется в осветительном объективе 8 в параллельный пучок лучей, который после прохождения через осветительный объектив 8 (оптическая ось которого совпадает с первой оптической осью поляризационной светоделительной призмы) распространяется в направлении первой оптической оси поляризационной светоделительной призмы 11 и приходит на поляризационную светоделительную призму 2, где вводится в одну из граней поляризационной светоделительной призмы 2. Осветительный объектив 8 может быть выполнен с плоскими наружными поверхностями и являться состоящим из склеенных друг с другом плосковыпуклой и плосковогнутой линз. Рядом с этой гранью может располагаться рассеивающий фильтр (матовый рассеиватель), использование которого позволяет достичь большей однородности излучения, освещающего дисплей.

Поляризационная светоделительная призма 2 представляет собой прямоугольный параллелепипед (куб) из стекла, в котором на поверхности входа и выхода излучения нанесено просветляющее покрытие, оптимизированное для определенного диапазона длин волн, а на боковые поверхности нанесено матовое или поглощающее покрытие,

и состоит из двух одинаковых прямоугольных призм, соединенных друг с другом гипотенузными гранями через поляризационный светоделительный элемент 10.

Параллельный пучок, введенный в поляризационную светоделительную призму 2, попадает на отражающую грань поляризационного светоделительного элемента 10 (отражает излучение с S-поляризацией и пропускает излучение с Р-поляризацией), после чего он отражается в сторону дисплея 3, распространяясь при этом в направлении второй оптической оси поляризационной светоделительной призмы 12.

После выхода из ближайшей к дисплею боковой грани поляризационной светоделительной призмы 2 параллельный пучок попадает на коллективную линзу 4, расположенную между поляризационной светоделительной призмой 2 и дисплеем 3, которая формирует сходящийся пучок лучей, освещающий дисплей 3. Коллективная линза 4 для получения сходящегося пучка лучей, освещающего дисплей 3 выполнена с плоскими наружными поверхностями и является составной, состоящей из плосковыпуклой и плосковогнутой линз, соединенных посредством клеевого соединения, при этом она обращена к дисплею 3 положительной линзой, а оптическая ось коллективной линзы 4 совпадает со второй оптической осью поляризационной светоделительной призмы 12. В качестве дисплея может быть использован как специально разработанный, так и стандартный серийно выпускаемый дисплей подсветного типа, в наиболее предпочтительном варианте стандартный серийно выпускаемый дисплей Lcos типа (жидкокристаллический дисплей на кремниевой основе).

Коллективная линза 4, расположенная перед дисплеем 3, работает в двойном ходе лучей – при формировании освещающего пучка и при формировании изображения. Отраженный от дисплея 3 пучок лучей преобразуется коллективной линзой 4 и проходит через поляризационную светоделительную призму 2 с поляризационным светоделительным элементом 10 в окуляр 5. Для улучшения качества передачи отраженного пучка лучей в окуляр 5 элементы оптического модуля расположены так, что окуляр 5 работает в сходящемся освещающем пучке с помощью коллективной линзы 4, дисплей 3 находится за гранями поляризационной светоделительной призмы 2 в передней фокальной плоскости окуляра 5, передняя и задняя поверхности окуляра 5 выполнены плоскими, выходной зрачок окуляра 5 выполнен совпадающим с плоскостью изображения источника излучения, а плоскость выходного зрачка окуляра 14 совпадает с плоской задней поверхностью окуляра. Для обеспечения расположения плоскости выходного зрачка окуляра 14 на плоской задней поверхности окуляра 5 геометрия и материал коллективной линзы 4 выбираются таким образом, чтобы фокусное расстояние коллективной линзы 4 было бы равно удвоенной сумме толщин поляризационной светоделительной призмы 2 и окуляра 5. Благодаря такому расположению коллективная линза 4 фокусирует излучение на задней плоской поверхности окуляра 5. В плоскости выходного зрачка окуляра 14 устанавливают апертурную диафрагму 6 для экранирования наименее информативных пучков лучей.

Таким образом, применение дополнительной коллективной линзы для обеспечения не телецентрического хода лучей и уменьшения выноса выходного зрачка позволяет повысить равномерность яркости изображения в пределах зрачка окуляра 5 и далее, а установка в плоскости зрачка окуляра 14 апертурной диафрагмы 6 позволяет экранировать «паразитные» пучки лучей и дополнительно повысить равномерность яркости изображения в пределах зрачка окуляра 5 и далее за счет устранения неинформативной или наименее информативной части пучка лучей.

После выхода с апертурной диафрагмы 6 пучок лучей через вводную призму 9, согласованную оптически с волноводной пластиной 7, вводится в волноводную пластину

7, одна или несколько из наклонных отражающих граней которой обращены в сторону пользователя, и через эти грани пучок лучей выводится пользователю, благодаря чему пользователь получает возможность наблюдения дополнительных изображений и знако-графической информации на фоне окружающего пространства.

5

(57) Формула изобретения

1. Оптический модуль устройства дополненной реальности, содержащий источник излучения и связанный с ним осветительный объектив, дисплей, окуляр, поляризационную светоделительную призму с поляризационным светоделительным
10 элементом, первой оптической осью, связанной с источником излучения и осветительным объективом, и второй оптической осью, связанной с дисплеем и совпадающей с оптической осью окуляра, волноводную пластину и связанную с ней вводную призму, отличающийся тем, что между дисплеем и поляризационной светоделительной призмой введена коллективная линза, оптическая ось которой совпадает со второй оптической
15 осью поляризационной светоделительной призмы, а фокусное расстояние коллективной линзы равно удвоенной сумме толщин поляризационной светоделительной призмы и окуляра, окуляр выполнен с плоскими передней поверхностью окуляра и задней поверхностью окуляра, дисплей вынесен за грань поляризационной светоделительной призмы в переднюю фокальную плоскость окуляра, выходной зрачок окуляра выполнен
20 совпадающим с плоскостью изображения источника излучения, а в плоскости выходного зрачка окуляра установлена апертурная диафрагма.

2. Оптический модуль по п.1, отличающийся тем, что коллективная линза выполнена с плоскими наружными поверхностями и является составной, состоящей из плосковыпуклой и плосковогнутой линз, соединенных посредством клеевого соединения.

25

30

35

40

45

