



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
G02B 30/60 (2020.02); G09G 3/02 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2018133095, 18.09.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
18.09.2018

Дата регистрации:  
14.04.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.09.2018

(43) Дата публикации заявки: 18.03.2020 Бюл. № 8

(45) Опубликовано: 14.04.2020 Бюл. № 11

Адрес для переписки:

195220, Санкт-Петербург, пр-кт Науки, 17,  
корп. 2, кв. 45, Большакову Александру  
Афанасьевичу

(72) Автор(ы):

Большаков Александр Афанасьевич (RU),  
Никонов Анатолий Владимирович (RU),  
Сгибнев Артур Алексеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Большаков Александр Афанасьевич (RU)

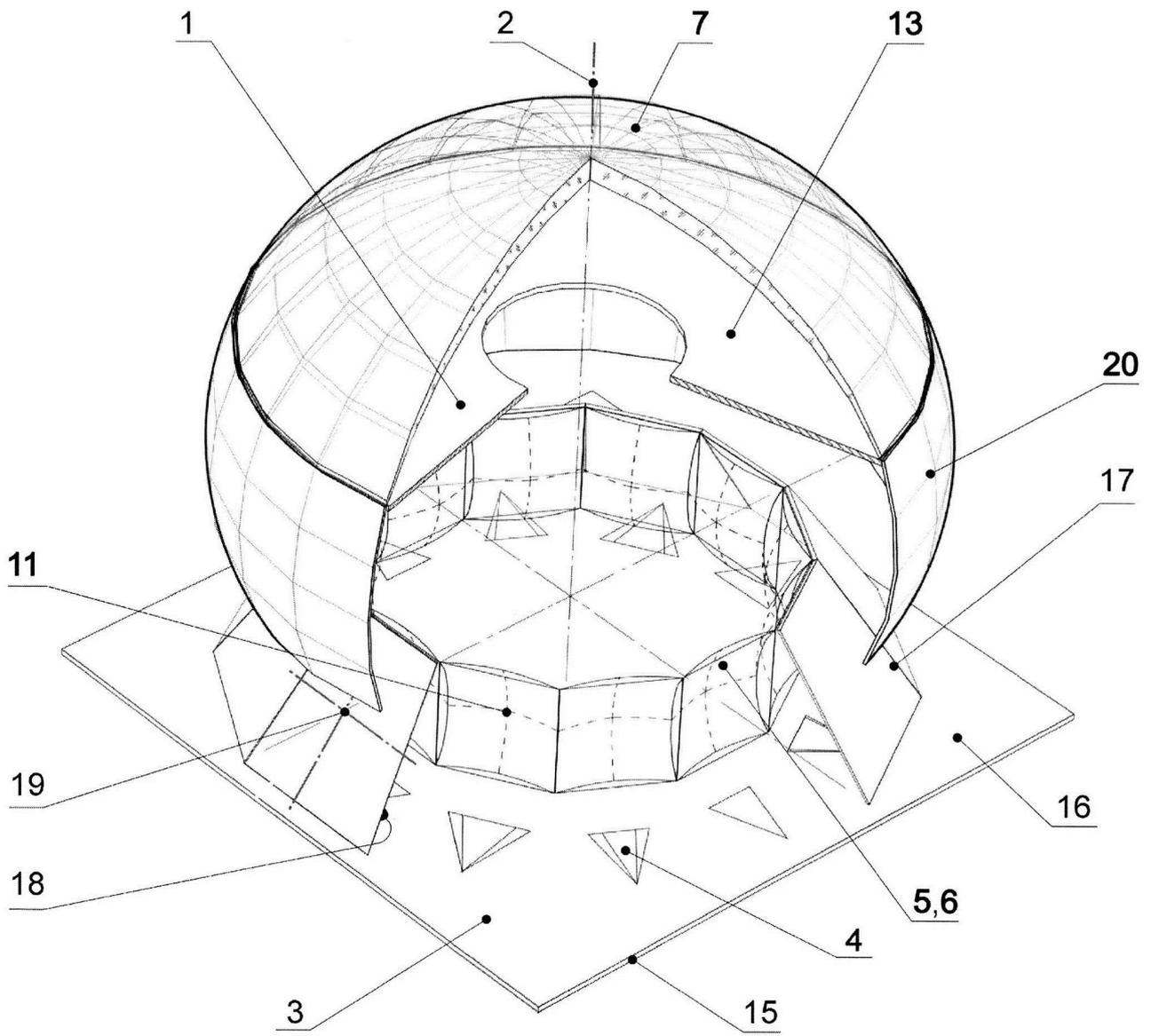
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2526901 C1, 27.08.2014. RU  
2447467 C2, 10.04.2012. US 6554430 B2,  
29.04.2003. US 2011/0102745 A1, 05.05.2011.

## (54) ОБЪЕМНЫЙ ДИСПЛЕЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области отображения информации и касается устройства воспроизведения трехмерных изображений. Технический результат заключается в обеспечении возможности воспроизведения полноцветных объемных изображений, в том числе с круговым обзором в реальном масштабе времени без использования сверхскоростной обработки данных и скоростных проекционных средств, а также без применения индивидуальных средств стереонаблюдения. Объемный дисплей включает оптическую систему, состоящую из проектора, выполненного в виде прямой призмы, в основании которой лежит правильный многоугольник с возможностью вывода растровых образов на поверхность одного из

своих оснований, зеркального многогранника, экранного элемента, выполняющего роль диафрагмы, системы объективов, выполненной в виде набора линз, расположенных по граням прямой многогранной призмы, в основании которой лежит правильный многоугольник, центр которого совпадает с осью дисплея, причем каждому из растровых образов соответствует собственная линза набора с возможностью передачи этого образа в центр экранного элемента, выполненного из непрозрачного материала, с возможностью ограничения наблюдаемой ширины этих растровых образов, проекционную оптику, которая дополнительно оснащена системой формирующих линз. 6 з.п. ф-лы, 13 ил.



Фиг. 11

RU 2718777 C2

RU 2718777 C2



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*G09G 3/02* (2006.01)  
*G02B 30/60* (2020.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*G02B 30/60* (2020.02); *G09G 3/02* (2020.02)

(21)(22) Application: **2018133095, 18.09.2018**

(24) Effective date for property rights:  
**18.09.2018**

Registration date:  
**14.04.2020**

Priority:

(22) Date of filing: **18.09.2018**

(43) Application published: **18.03.2020 Bull. № 8**

(45) Date of publication: **14.04.2020 Bull. № 11**

Mail address:

**195220, Sankt-Peterburg, pr-kt Nauki, 17, korp. 2,  
kv. 45, Bolshakovu Aleksandru Afanasevichu**

(72) Inventor(s):

**Bolshakov Aleksandr Afanasevich (RU),  
Nikonov Anatolij Vladimirovich (RU),  
Sgibnev Artur Alekseevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Bolshakov Aleksandr Afanasevich (RU)**

(54) **VOLUMETRIC DISPLAY**

(57) Abstract:

FIELD: image forming devices.

SUBSTANCE: invention relates to displaying information and relates to a device for reproducing three-dimensional images. Volumetric display includes an optical system consisting of a projector made in the form of a straight prism, in base of which there is a regular polygon with possibility of output of raster images on the surface of one of its bases, mirror polyhedron, screen element, performing the role of diaphragm, a system of lenses, made in the form of a set of lenses located along the faces of a straight polyhedral prism, in the base of which there is a regular polygon, whose centre coincides with the axis of the display, wherein each of the bitmap images corresponds

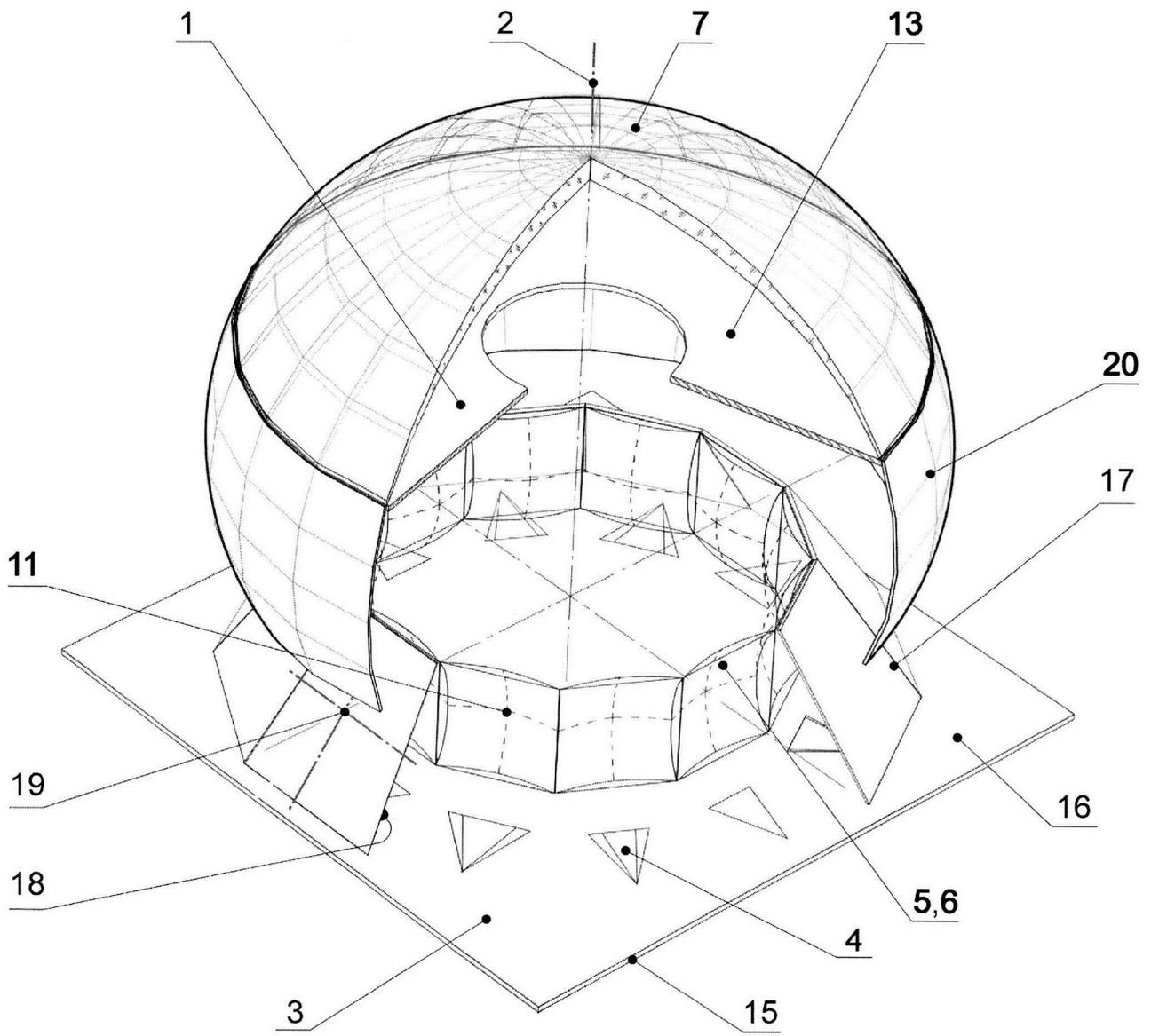
to the kit own lens with the possibility of transmitting said image to the center of the screen element made from opaque material, with the possibility of limiting the observed width of these raster images, projection optics, which is additionally equipped with a system of forming lenses.

EFFECT: technical result is enabling reproduction of full-colour three-dimensional images, including with round-robin view in real time without using ultra-high speed data processing and high-speed projection means, as well as without using individual means of stereo monitoring.

7 cl, 13 dwg

**C 2**  
**7 1 8 7 7 7**  
**R U**

**R U**  
**2 7 1 8 7 7 7**  
**C 2**



Фиг. 11

RU 2718777 C2

RU 2718777 C2

Изобретение относится к средствам отображения информации и может быть использовано для вывода полноцветных трехмерных объектов и сцен, наблюдаемых вкруговую или в ограниченном секторе обзора без применения индивидуальных средств визуализации. Изобретение может найти применение, в частности, в системах коммуникации, навигации, машинного проектирования и конструирования, для визуализации томографической информации и проведения сложных операций в медицине, при моделировании трехмерных задач в науке и технике, в компьютерных тренажерах и играх, в искусстве, рекламе, развлекательных мероприятиях и т.п.

Предлагаемый объемный дисплей может быть использован для:

- демонстрации объемных полноцветных динамических реальных и виртуальных объектов для массовой неоснащенной аудитории на выставках и бьеннале;

- организации трансляций публичных выступлений и шоу в формате псевдо-голографических изображений для экстерриториальных групп зрителей в режиме реального времени, а также в режиме воспроизведения записи;

- объемной визуализации обстановки в контролируемом воздушном или подводном пространстве в режиме реального времени;

- организации презентаций в форматах 3D "дополненная реальность" и 3D "дополненная виртуальность" для массовой неоснащенной аудитории;

- разработки и демонстрации дизайнерских и архитектурных решений на основе трехмерных автостереоскопических дисплеев с круговым обзором индивидуального и студийного использования;

- применения в медицине (хирургия, диагностика, магниторезонансная или рентгеновская томография) в виде круговых трехмерных дисплеев с функцией управления изображением объекта;

- школ и других учебных заведений в виде слайдпроектора с обзором 360° в качестве объемных виртуальных наглядных пособий;

- домашних коллекций объемных круговых фотографий, виртуальных скульптур и архитектурных ансамблей, изображений реальной и фантастической техники, знаковых и арт-объектов.

Разработка систем трехмерного отображения реального мира существенно влияет на различные сферы деятельности человека и инициирует создание и развитие целого ряда научных направлений и технологий. Поэтому попытки разработки эффективных автостереоскопических дисплеев не прекращаются в течение многих лет.

Важными факторами, существенно влияющими на распространенность применения объемных дисплеев, являются стоимость, качество изображения, возможность одновременного просмотра без использования специальных средств (различные очки и т.п.). Из-за появившихся в последнее время дополнительных возможностей физической реализации технология получения объемных изображений вновь заинтересовала разработчиков. Однако, для успешного широкого использования цветной объемной динамической визуализации требуется решить ряд задач, устраняющих существующие противоречия.

Первое, и наиболее существенное из этих противоречий - противоречие между требуемым качеством изображения и потоком данных, необходимым для его обеспечения. Несмотря на применение лучших вычислительных ресурсов и проекционных устройств из арсенала современной техники, цветность и размер получаемого изображения остаются серьезно ограниченными, затруднена или невозможна работа в режиме реального времени. Этот недостаток в определенной степени типичен для всех известных в настоящее время технических решений дисплеев.

Кроме того, разным классам автостереоскопических дисплеев присущи и собственные недостатки.

Из уровня развития техники известны одноракурсные автостереоскопические дисплеи с параллаксным барьером, использующие, например, вертикальный полосовой поляризационный фильтр [1-3], а также дисплеи с линзовым растровым фильтром [4, 5]. Оптические фильтры этих устройств (параллаксный барьер или растровая линза) используются для пространственного разделения стереопар по зонам видения. Стереоскопическое изображение наблюдатель может видеть только в том случае, когда оба его глаза расположены в соответствующих зонах. Ширина каждой из зон не превышает межзрачкового расстояния, при этом смещение глаз относительно центра зоны на два и более сантиметра приводит к деструкции наблюдаемого изображения. Если зритель изменяет положение и выходит из зоны видения, стереоэффект инвертируется или теряется. Строгая фиксация положения головы относительно зон видения обычно вызывает чувство дискомфорта и быструю утомляемость зрителя.

Основным недостатком этих устройств является необходимость фиксации головы зрителя в зонах избирательного стереоскопического видения.

Известны многоракурсные автостереоскопические дисплеи [6], в которых зоны видимости образованы воспроизведением 6 и более ракурсов единой трехмерной сцены. Причем все смежные изображения этой группы образуют стереопары, а разделение ракурсов по зонам видимости производится использованием, например, наклонного линзового растра. При угле наклона растра около 10 градусов появляется возможность раздельного воспроизведения до девяти ракурсов объекта. В этом случае разрешение каждого из ракурсных изображений снижается по горизонтали и по вертикали примерно в три раза. Наклонный линзовый растр применяется в дисплеях SynthaGram американской фирмы StereoGraphics, дисплеях 3DWOW голландской фирмы Philips и аналогичных дисплеях других фирм, например, SuperD (HDL-46). Однако многоракурсный способ формирования изображений требует применения мощных вычислительных средств, существенно уменьшает разрешающую способность единичного изображения и не обеспечивает достаточного угла обзора демонстрируемой сцены [7].

Известны также устройства создания объемного голографического изображения с использованием когерентного лазерного излучения [8]. Голограмма - наиболее совершенный, однако и наиболее сложный способ получения автостереоскопического изображения. Несмотря на множество патентов, например, патенты США №4359758 и №4484219 или патент РФ №2115148, практическая реализация голографического дисплея сопряжена с множеством технических трудностей, в первую очередь, с решением задачи скоростной обработки данных, быстрой записи и стирания голограмм на объемных средах. Эта задача решена только частично, обработка одного кадра голографического изображения требует сверхмощных вычислительных средств и больших временных затрат, что существенно затрудняет вывод движущегося изображения. Поток данных, требуемый для воссоздания полноценного образа методом голографии достигает величины порядка 3 ТБ/с ( $24 \cdot 10^{12}$  бит в сек). Как хранить и, тем более, передавать такое количество информации, пока не известно, причем, необходимость применения источников лазерного излучения при съемке контента, затрудняет, а иногда и исключает участие в этом процессе биологических объектов.

Кроме этого, известные голографические дисплеи воспроизводят пока изображения ограниченной цветности и аналогично многоракурсным дисплеям, не обеспечивают кругового обзора объектов демонстрации. Размеры обслуживающей голографию

аппаратуры огромны по сравнению с размерами формируемого изображения, а необходимость применения лазеров для съемки и демонстрации привносит дополнительные неудобства и затрудняет производство натуральных съемок.

Исходя из этих недостатков, можно сделать вывод, что голографические дисплеи в классическом понимании, т.е. использующие явление интерференции на дифракционных решетках, даже при успешном решении перечисленных выше задач относительно продолжительное время останутся на стадии лабораторных исследований и пока не имеют реальных перспектив широкого распространения.

Этих недостатков лишены устройства, основанные на оптико-механическом принципе, так называемые волюметрические дисплеи, в которых для отображения данных используется рассеяние излучения на быстро перемещающихся телах [9]. Если светорассеивающее тело движется с частотой, превышающей видимую для человека частоту мельканий, а сканирование его поверхности синхронизовано с движением тела, то для наблюдателя происходит усреднение последовательно освещаемых точек, и из их совокупности формируется объемное изображение. Быстрое сканирование иницирующим лучом двухмерной плоскости позволяет сформировать светящуюся точку в заданном месте светорассеивающего тела, что обеспечивает две координаты, а движение собственно светорассеивающего тела обеспечивает третью координату формируемого светового макета объекта демонстрации. Движение тела может быть возвратно-поступательным, что реализуется труднее [9, 10, 11], или вращательным [12]. Формируемый таким образом световой макет имеет все визуальные характеристики реального трехмерного изображения и потому не требует применения индивидуальных средств и не ограничивает зрителей в выборе позиции наблюдения. При этом не возникает усталости, присущей использованию стереочков, а также перескоков изображения, часто сопровождающих перемещение зрителей относительно многокурсных автостереоскопических дисплеев, т.е. достигается достаточная реалистичность восприятия объекта демонстрации.

К категории волюметрических принадлежит известный из уровня техники цветной объемный дисплей «Perspecta Spatial 3D». Впервые коммерческий вариант работающего в реальном времени трехмерного дисплея «Perspecta Spatial 3D Platform» продемонстрирован в 2002 г. американской компанией Actuality Systems, Inc. ([www.actuality-systems.com](http://www.actuality-systems.com)). В дисплее использовался светорассеивающий дисковый экран диаметром около 25 см, который со скоростью 15 об/сек вращался в свободном пространстве внутри прозрачной полусферы высотой 50 см. Из описания этого изобретения [13] известен трехмерный объемный дисплей, включающий передающую оптику с линзами переноса и полевыми линзами, двигатель, опорную структуру (платформу), соединенную с двигателем, плоский проекционный экран, расположенный на опорной структуре так, что ось вращения находится в его плоскости и проекционный объектив, расположенный по оси вращения таким образом, чтобы ось объектива составляла с осью вращения угол около  $5^\circ$ . При работе дисплея линза переноса получает луч света от источника света и передает луч света на полевую линзу, полевая линза передает луч света на проекционный объектив, который проецирует луч света на проекционный экран, двигатель вращает опорную структуру, проекционный экран и проекционный объектив вокруг общей оси вращения.

В состав устройства могут также входить три дополнительных зеркала, закрепленных на опорной структуре так, что первое зеркало получает луч света от проекционного объектива и направляет луч света на второе зеркало, второе зеркало направляет луч света на проекционный экран или на третье зеркало (при его наличии), которое

направляет луч света на проекционный экран.

Основным недостатком этого решения является необходимость высокой скорости формирования и вывода изображений частных сечений объекта демонстрации. При недостаточной скорости этого процесса из-за уменьшения количества выводимых сечений резко падает качество изображения и/или снижаются его колористические характеристики.

Вывод изображения в дисплее «Perspecta Spatial 3D» осуществлялся с использованием цифрового трехчипового видеопроектора DLP фирмы Texas Instruments, Inc. [14], наиболее быстродействующего из существующих (производительность до 22 Гб/сек). Проектор работает на основе применения MEMS: микроэлектромеханических систем и способен выводить до 1000 полноцветных изображений форматом 1024×748 пикселей в секунду, т.е. около 40 кадров на один оборот экрана. Однако, для обеспечения расчетных характеристик этого явно недостаточно, поэтому разработчикам Perspecta пришлось отказаться от градаций серого, требующих больших затрат времени, соответственно, от цветовых оттенков, требующих 24 битного представления, свести формируемое изображение сечений объекта к 3 битной схеме (три основных, три дополнительных цвета плюс белый и черный). Это дало возможность в три раза повысить скорость вывода и получить до 198 сечений (размером 660×660 пикселей) за один оборот экрана при скорости его вращения порядка 15 об/сек.

Основная сложность создания 3D дисплеев заключается в том, что без применения специальных мер, формирование трехмерных сцен даже небольшого размера требует слишком больших скоростей отображения информации, пока недоступных современной технике.

Кроме указанного выше недостатка, свойственного практически всем существующим моделям волюметрических дисплеев, решение по патенту США №6554430 обладает еще рядом недостатков, к которым относятся, в первую очередь, жесткие требования к производительности графического процессора и систем хранения и передачи данных. Последнее осложнено еще и тем, что для построения изображения объемной модели объекта рассматриваемое устройство выводит последовательную серию его двумерных азимутальных сечений, что предполагает наличие математической модели объекта и обработку данных «на проход» для расчета текущих сечений объекта демонстрации. Производительность наиболее быстродействующего из современных графических процессоров не превышает величины 202.8 Гб/с, что на порядок меньше требуемой производительности вывода.

Резюмируя, можно утверждать, что реализация устройства требует применения дорогостоящих, сложных и поэтому не всегда надежных обслуживающих систем, выполненных на пределе возможностей современной техники, однако не обеспечивает в полной мере качество получаемого трехмерного изображения, например, используемая в проекторе матрица DMD не отличается высокой надежностью и долговечностью (служит 2÷3 года).

Также известным аналогом является дисплей Seelinder [15] с полным круговым обзором.

Трехмерное изображение формируется вращением нескольких одномерных вертикальных массивов светодиодов за цилиндрическим параллаксным барьером. При этом достигается угол обзора в 1 градус и разрешение в 1254 на 256 пикселей. Однако для работы этого дисплея требуются специализированное оборудование. Эта система не воспроизводит вертикальной перспективы и параллакса, требует для работы несколько проекторов, либо специализированного оборудования.

Также недостатками этого дисплея является использование вращающихся частей со сложным движением для формирования объемного изображения, которое обладает плохим качеством.

В качестве ближайшего аналога к заявленному устройству выбран объемный дисплей [16], содержащий рассеивающий экран, закрепленный по центру оси вращения платформы, проектор, воспроизводящий растровые образы трехмерной сцены, которые передаются на экран через проекционную оптику и систему зеркал, размещенную соосно платформе и выполненную в виде неподвижного осесимметричного зеркального многогранника, в основании которого находится правильный многоугольник. При этом зеркальными выполнены внешние поверхности боковых граней многогранника, проекционная оптика закреплена на вращающейся платформе, а проектор выполнен в виде многогранника подобного зеркальному многограннику, при этом средние линии боковых граней проектора параллельны средним линиям соответствующих боковых граней зеркального многогранника и удалены от оси вращения платформы на расстояние, равное удвоенному расстоянию от нее средних линий зеркального многогранника, а внутренние поверхности боковых граней проектора выполнены с возможностью воспроизведения на них растровых образов трехмерной сцены.

Недостатки ближайшего аналога заключаются в избыточности конструкции дисплея. Реализация устройства требует применения дорогостоящих и сложных в изготовлении элементов, таких как проекционная оптика, а также наличия большого количества вращающихся элементов накладывает дополнительные ограничения на использование и широкое распространение устройства и повышает требования к безопасности при конструировании устройства.

Задачей, на решение которой направлено заявленное изобретение, является создание надежного и долговечного объемного дисплея с высоким качеством получаемого трехмерного изображения.

Технический результат, который может быть получен при реализации заявленного изобретения, заключается в обеспечении возможности воспроизведения полноцветных объемных объектов или сцен с полным круговым обзором в реальном масштабе времени без использования сверхскоростной обработки данных и скоростных проекционных средств, без применения индивидуальных средств стереонаблюдения, а также без использования избыточных вращающихся элементов дисплея.

Сущность изобретения заключается в том, что объемный дисплей содержит экранный элемент, размещенный по центру оси дисплея, неподвижный проектор, воспроизводящий на своей поверхности растровые образы трехмерной сцены, которые передаются в центр экранного элемента через проекционную оптику, включающую систему объективов. Система объективов выполнена в виде набора линз, расположенных по граням прямой многогранной призмы, в основании которой находится правильный многоугольник, центр которого совпадает с осью дисплея, причем каждому из растровых образов соответствует собственная линза набора, обладающая возможностью передачи этого образа в центр экранного элемента, выполненного из непрозрачного материала с возможностью ограничения наблюдаемой ширины этих растровых образов, т.е. с возможностью разделения (сепарирования) этих растровых образов за счет отверстия, выполненного в экранном элементе, пропускающем только предусмотренные для заданного ракурса растровые образы.

Проекционная оптика дополнительно оснащена системой формирующих линз, при этом линзы проекционной оптики могут быть выполнены в виде линз Френеля или менисковой асферической линзы четвертого порядка.

В объемном дисплее линзы системы объективов могут быть размещены по граням неполной прямой призмы с основанием в виде незамкнутого правильного многоугольника, а проектор выполнен в виде неполной прямой призмы с возможностью вывода растровых образов на внутреннюю боковую поверхность граней призмы, в основании которой имеется незамкнутый правильный многоугольник, соосный и подобный многоугольнику системы объективов. При этом экранный элемент выполнен неподвижным с прямоугольным отверстием по центру, напротив которого и оппозитно системе объективов размещена система формирующих линз, причем неполные призмы проектора и системы объективов содержат одинаковое количество граней, не превышающее одну треть от числа граней призмы, в основании которой находится замкнутый многоугольник, совпадающий сторонами с соответствующим незамкнутым многоугольником призмы проектора и призмы системы объективов.

Объемный дисплей может быть выполнен таким образом, что линзы системы объективов размещены по граням неполной прямой призмы, с основанием в виде незамкнутого многоугольника, а проектор выполнен в виде четырехугольной призмы с возможностью вывода растровых образов на поверхность одного из собственных оснований и оснащен системой зеркал, выполненной в виде неполной многогранной усеченной пирамиды с зеркальным покрытием внутренних боковых граней и с правильным незамкнутым многоугольником в своем большем основании, соосном и подобном многоугольнику системы объективов. Экранный элемент выполнен неподвижным с прямоугольным отверстием по центру, напротив которого и оппозитно системе объективов размещена система формирующих линз, а растровые образы на поверхности проектора размещены напротив геометрических центров, обращенных к ним соответствующих граней зеркальной пирамиды. Неполная призма системы объективов и неполная зеркальная пирамида содержат одинаковое количество граней, не превышающее одну треть от числа граней призмы или пирамиды, в основании которых лежат замкнутые многоугольники, совпадающие сторонами с соответствующими незамкнутыми многоугольниками неполной призмы системы объективов и неполной зеркальной пирамиды.

В объемном дисплее проектор может быть выполнен в виде правильной прямой призмы с возможностью вывода растровых образов на внутреннюю боковую поверхность граней призмы, в основании которой содержится замкнутый правильный многоугольник с центром по оси дисплея, подобный многоугольнику системы объективов и охватывающий его. При этом экранный элемент выполнен в виде прямого цилиндра с отверстиями в своих основаниях, а система формирующих линз выполнена соосной оси дисплея и охватывающей экранный элемент. Призма проектора, призма системы объективов и система формирующих линз смещены вдоль оси дисплея так, что геометрические центры соответствующих граней этих призм и оптические центры формирующих линз размещены на одной прямой.

В объемном дисплее проектор может быть выполнен в виде четырехугольной призмы с возможностью вывода растровых образов на поверхность одного из своих оснований. При этом он оснащен системой зеркал, выполненной в виде многогранной усеченной пирамиды с зеркальным покрытием внутренних боковых граней и с правильным замкнутым многоугольником в своем большем основании, подобным, охватывающим и соосным многоугольнику призмы системы объективов. Экранный элемент выполнен в виде прямого цилиндра с отверстиями в своих основаниях. Система формирующих линз выполнена охватывающей экранный элемент и соосной оси дисплея, а зеркальная пирамида, призма системы объективов и система формирующих линз смещены вдоль

оси дисплея так, что геометрические центры формирующих линз размещены на одной прямой. Растровые образы на поверхности проектора размещены напротив геометрических центров, обращенных к ним соответствующих граней зеркальной пирамиды.

5 Объемный дисплей также может содержать экранный элемент, выполненный с возможностью вращения вокруг оси дисплея, при этом дополнительно в его боковой поверхности расположены пары оппозитных прямоугольных отверстий.

В объемном дисплее проекционная оптика может быть дополнена соосным оси дисплея криволинейным зеркалом, которое выполнено или в виде шарового пояса, или  
10 в виде параболоида вращения с зеркальным покрытием внутренних поверхностей. Зеркало охватывает систему объективов и установлено с возможностью получать растровые образы от линз системы объективов и через экранный элемент направлять их в систему формирующих линз.

Для лучшего понимания изобретения далее приводится его подробное описание со  
15 ссылкой на фигуры:

- на фиг. 1 представлен один из вариантов конструкции дисплея (здесь и ниже на фигурах все элементы проекционной оптики условно показаны прозрачными);
- на фиг. 2 - вид сверху на вариант устройства по фигуре 1, демонстрирующий размещение элементов и положение их центров относительно оси дисплея;
- 20 - на фиг. 3 - приведен вариант конструкции дисплея, снабженной усеченной зеркальной пирамидой;
- на фиг. 4 представлен вид сверху на вариант устройства согласно фиг. 3, демонстрирующий размещение элементов и относительное положение центров элементов проекционной оптики и оси дисплея;
- 25 - на фиг. 5 представлена схема кругового дисплея, оснащенного неподвижным экранным элементом с отверстием по центру;
- на фиг. 6 - представлен вариант исполнения объемного дисплея с неподвижным экранным элементом и горизонтально расположенным проектором, который снабжен усеченной зеркальной пирамидой;
- 30 - на фиг. 7 - приведена схема объемного дисплея, оснащенного подвижным (с возможностью вращения) цилиндрическим экранным элементом;
- на фиг. 8 - представлено вертикальное сечение варианта исполнения дисплея по схеме на фиг. 7;
- на фиг. 9 - объемный дисплей с цилиндрическим вращающимся экранным элементом  
35 и горизонтальным четырехугольным проектором, оснащенным усеченной зеркальной пирамидой;
- на фиг. 10 представлен вид сбоку на схему дисплея по фигуре 9;
- на фиг. 11 - приведен вариант исполнения объемного дисплея с неподвижным экранным элементом, горизонтально расположенным проектором, зеркальной  
40 пирамидой и криволинейным зеркалом;
- на фиг. 12 - вид сверху на объемный дисплей, представленный на фиг. 11 и дополненный указанием границ зон размещения растровых образов, а также местоположений центров элементов проекционной оптики;
- на фиг. 13 - вид сбоку на объемный дисплей, представленный на фиг. 11.

45 Объемный дисплей включает экранный элемент 1, закрепленный по центру оси дисплея 2, многогранный неподвижный проектор 3, на котором воспроизводятся растровые образы 4 трехмерной сцены. Проекционная оптика 5 включает набор проекционных линз 6 и систему формирующих линз 7. Позицией 8 обозначены

внутренние боковые грани призмы проектора 3, на которых в некоторых вариантах исполнения воспроизводятся растровые образы 4. В отдельных вариантах исполнения объемного дисплея экранный элемент 1 может быть выполнен в виде подвижного прямого перфорированного цилиндра 9 с оппозитными отверстиями 10.

5 Из центра 11 элемента проекционной оптики 5 через ось дисплея 2 проходит прямая 12 размещения центров элементов проекционной оптики.

Экранный элемент 1 может представлять непрозрачный экран 13 с вырезанным в нем отверстием 14.

10 Проектор 3 может быть выполнен в виде четырехугольной призмы 15 с основанием 16, на котором воспроизводятся растровые образы 4 трехмерной сцены.

Проектор 3 может быть оснащен усеченной зеркальной пирамидой 17, которая установлена так, что внутренние грани этой пирамиды соотносятся геометрическими центрами 19 граней 18 пирамиды 17 - с центрами растровых образов 4. Причем неполная призма системы объективов 6 и неполная зеркальная пирамида 17 содержат одинаковое 15 количество граней, не превышающее одну треть от числа граней призмы или пирамиды, в основании которых находятся замкнутые многоугольники, совпадающие сторонами с соответствующими незамкнутыми многоугольниками неполной призмы системы объективов 6 и неполной зеркальной пирамиды 17.

20 Проекционная оптика 5 может быть дополнена криволинейным зеркалом 20 в виде шарового пояса или параболоида вращения с зеркальным покрытием внутренних поверхностей.

Допустимое расположение растровых образов трехмерной сцены 4 на неподвижном проекторе 3 ограничивается границами зон размещения 21.

25 Отраженный растровый образ 22, который наблюдатель воспринимает в качестве объемного изображения, формируется при совмещении растровых образов 4 с использованием проекционной оптики 5, состоящей из системы объективов 6 и системы формирующих линз 7.

30 Рассмотрим работу предлагаемого устройства на примере исполнения объемного дисплея с неподвижным проектором, который выполнен в виде, например, трех секций (фиг. 1). В вариантах исполнения дисплея количество таких секций на один дисплей этим предложением не регламентируется и определяется исключительно допустимой азимутальной дискретностью создаваемого трехмерного образа.

35 Предварительно записанные или получаемые в процессе демонстрации кадры съемки демонстрируемого предмета с 3 ракурсов (например, с 3 видеокамер), попадают на внутренние боковые грани призмы проектора 8. Эти грани могут быть составлены из LCD-панелей с собственной или внешней подсветкой. При использовании устройства для демонстрации только статичных изображений (объемных слайдов) в качестве источников опорных образов могут использоваться статичные фотографии объекта с 40 необходимых ракурсов, напечатанные на определенном носителе (например, на фото пленке или фотобумаге) и удерживаемые в правильном положении (т.е. по граням многогранного проектора 3 специальными направляющими или прозрачными обоями). Такие источники изображения в зависимости от свойств их носителя могут работать в отраженном или проходящем свете, получаемом от осветительной системы.

45 Во время работы дисплея, растровые образы трехмерной сцены 4, формируемые неподвижным проектором 3, проходят через проекционную оптику 5, при этом центры растровых образов 4 в каждой из секций дисплея должны находиться на одной прямой 12 с центрами элементов проекционной оптики 11. Совмещенные с использованием системы линз изображения разных секций попадают на экранный элемент 1, в роли

которого выступает непрозрачная пластина-диафрагма 13 с отверстием 14, который отсекает (сепарирует) лишние боковые образы, оставляя лишь образ в необходимом для просмотра ракурсе. Далее, при проходе через систему формирующих линз 7 увеличенный совмещенный образ становится доступным и воспринимается наблюдателем в качестве объемного. На фиг. 2 проиллюстрирован факт, что место пересечения всех частичных (по секциям или ветвям оптики дисплея) прямых размещения центров элементов проекционной находится на вертикальной оси 2 дисплея.

Другой вариант исполнения дисплея - объемный дисплей с неподвижным проектором 3, который выполнен в виде четырехугольной призмы 15, на основании 16 которой воспроизводятся растровые образы трехмерной сцены 4, которые при отражении от внутренних боковых граней 19 усеченной зеркальной пирамиды 17 передаются на проекционную оптику 5. При этом неполная призма системы объективов 6 и неполная зеркальная пирамида 17 содержат одинаковое количество граней, не превышающее одну треть от числа граней призмы или пирамиды, в основании которых лежат замкнутые многоугольники, совпадающие сторонами с соответствующими незамкнутыми многоугольниками неполной призмы системы объективов 6 и неполной зеркальной пирамиды 17.

Далее образы имеют возможность прохода через центр экранного элемента 1, в роли которого выступает непрозрачная пластина-диафрагма 13 с отверстием 14. Экранный элемент (аналогично предыдущей схеме) имеет возможность отсекал лишние образы. Прошедшие через экранный элемент образы через систему формирующих линз проецируются на сетчатку глаз наблюдателя, создавая эффект объема.

В варианте исполнения дисплея с полным круговым обзором (фиг. 5) принцип формирования трехмерного изображения аналогичен приведенным выше (фиг. 1÷4). Аналогично фиг. 1 предварительно записанные или получаемые в процессе демонстрации кадры съемки демонстрируемого предмета, например, с 12 ракурсов (с 12 видеокамер), выводятся на внутренние боковые грани призмы проектора. Во время работы дисплея неподвижным проектором 3, который может быть выполнен в виде объединенного массива дисплеев в форме многогранной призмы, формируются экранные образы. Эти экранные образы, формируемые после прохода через систему объективов 6, являющуюся частью проекционной оптики 5 (при этом центры элементов проекционной оптики 11 должны совпадать с центрами экранов проекторов по прямой размещения центров элементов проекционной оптики 12), передаются на экранный элемент 1, в роли которого выступает непрозрачная пластина-диафрагма 13 с отверстием 14, которое отсекает лишние боковые образы, оставляя лишь образ в необходимом для просмотра ракурсе. Далее, после прохода через систему формирующих линз 7 увеличенный образ становится доступным для наблюдателя и воспринимается им в качестве объемного.

На фиг. 6 представлен полно-круговой дисплей с использованием проектора 3, который выполнен в виде четырехугольной призмы 15, на основании 16 которой воспроизводятся растровые образы трехмерной сцены 4. Последние, отражаясь от внутренних боковых граней 19 усеченной зеркальной пирамиды 17, проецируются на проекционную оптику 5. Далее экранные образы 4 попадают на экранный элемент 1, в роли которого выступает непрозрачная пластина-диафрагма 13 с отверстием 14, который отсекает лишние образы. Проходя через систему формирующих линз эти образы проецируются на сетчатку глаз наблюдателя, создавая эффект объема.

В следующей компоновке объемного дисплея (фиг. 7, 8) для соблюдения более жестких требований к ограничению боковых изображений предлагается использовать подвижный прямой перфорированный цилиндр 9 с оппозитными отверстиями 10 для сепарации

изображений. Принцип работы в целом подобен предыдущим модификациям: кадры съемки демонстрируемого предмета с 12 ракурсов выводятся на внутренние боковые грани призмы проектора 8. При работе дисплея образы, формируемые неподвижными проекторами 3, проходят через проекционную оптику 5, 6. Далее объединенные с использованием системы линз образы попадают на экранный элемент 1, в роли которого выступает прямой перфорированный цилиндр 9 с оппозитными отверстиями 10, который при вращении отсекает боковые образы, оставляя лишь образ в необходимом для просмотра ракурсе. Последнее происходит за счет того, что когда при повороте цилиндра 9 центры его оппозитных отверстий 10 занимают азимутальное направление на один из глаз наблюдателя, то этот глаз видит только растровый образ 4, соответствующий этому направлению. Другой глаз наблюдателя видит другой растровый образ, соответствующий направлению на этот глаз. За счет того, что наблюдатель воспринимает мерцание с частотой выше определенного порога как непрерывное изображение, то два параллаксных растровых образа, воспринимается наблюдателем как объемный объект. Далее, проходя через систему формирующих линз 7, увеличенный образ, воспринимаемый как объемный, становится доступным для наблюдателя. На фиг. 8 условно показано местоположение прямых размещения центров элементов проекционной оптики 12 и их пересечение в центре дисплея по его вертикальной оси 2. В определенном положении цилиндра 9 эта прямая 12 проходит через оппозитные отверстия 10 экранного элемента.

На фиг. 9 представлен дисплей с вращающимся цилиндром, с использованием проектора 3, который выполнен в виде четырехугольной призмы 15, на основании 16 которой воспроизводятся растровые образы трехмерной сцены 4, которые, отражаясь от внутренних боковых граней 18 усеченной зеркальной пирамиды 17 через проекционную оптику 5, передаются на экранный элемент 1, в роли которого выступает прямой перфорированный цилиндр 9 с оппозитными отверстиями 10. При вращении цилиндр 9 отсекает боковые изображения, оставляя лишь образы в необходимом для просмотра ракурсе, которые после прохода через систему формирующих линз, проецируются на сетчатку глаз наблюдателя, создавая эффект объема.

Среди всего спектра сфер применения объемных дисплеев наиболее востребованными являются демонстрации объемных полноцветных динамических реальных и виртуальных объектов на выставках, а также организация презентаций в форматах 3D. Оптимальным по составу для этого является модификация объемного дисплея, схема которого представлена на фиг. 11÷13. Преимуществом этого варианта исполнения конструкции является большой сагиттальный угол обзора, т.к. в качестве сепарирующего элемента конструкции выступает зеркальный параболоид 20. В этой модификации отсутствует необходимость использования подвижного цилиндра, т.к. роль отсекающей диафрагмы в ней играет неподвижный экран 13.

Формируемое при этом изображение для наблюдателя воспринимается вынесенным за пределы дисплея и воспринимается «висящим» в воздухе, что усиливает эффект восприятия объема для пользователя.

Дисплей включает экранный элемент 1, закрепленный по центру оси дисплея 2, горизонтально расположенный неподвижный проектор 3, выполненный в виде четырехугольной призмы 15, на основании которой 16 воспроизводятся растровые образы трехмерной сцены 4, расположение которых ограничивается зонами размещения 21, проекционную оптику 5, включающую набор линз 6 и систему формирующих линз 7, на которые образы передаются с криволинейного зеркала 20, при этом прямая размещения центров элементов проекционной оптики 12 проходит из центра элемента

проекционной оптики 11 через ось дисплея 2. Наблюдателю передается отраженный растровый образ 22.

Экранный элемент 1 может представлять неподвижный непрозрачный экран 13, в котором выполнено отверстие 14. Проектор представляет четырехугольную призму 15 с торцевыми гранями 16, на поверхности которой установлена усеченная зеркальная пирамида 17 так, чтобы внутренние грани зеркальной пирамиды 18 соотносились геометрическими центрами 19 с центрами растровых образов 4.

Рассмотрим подробнее принцип работы этого вида исполнения дисплея. Источником изображений для неподвижного проектора 3, выполненного в виде четырехугольной призмы 15, в объемном дисплее может являться, например, LCD-монитор, в котором на одном из оснований призмы 16 отображаются заранее подготовленные, расположенные в круговую относительно центра оси дисплея 2, растровые образы трехмерной сцены 4 демонстрируемого объекта, размещение которых разграничивается зонами размещения растровых образов 21. Образы трехмерной сцены могут быть как заранее подготовленными кадрами объекта, снятого с различных ракурсов с фиксированным шагом, либо отображаться в реальном времени после прохождения предварительной программной обработки этого видео, которая не относится к сути описываемого изобретения. В этом случае образы демонстрируемого объекта могут сниматься «по кругу», например, через каждые 10 градусов. Практически установлено, что для лучшего восприятия объема демонстрируемого объекта азимутальный шаг съемки экранных образов в основном должен находиться в диапазоне 4–6 градусов, однако этот диапазон этим описанием не регламентируется, в каждом конкретном применении этот шаг может варьироваться за пределами рекомендуемого диапазона. Над дисплеем 3 на основании 16 устанавливается усеченная зеркальная пирамида 17, на внутреннюю поверхность грани которых нанесено поверхностное зеркаление 18. В качестве зеркальной пирамиды также может использоваться полая алюминиевая призма с полированными гранями. При этом необходимо, чтобы центры кадров образов совпадали с центрами зеркальных граней 19 зеркальной пирамиды 17. Далее, внутри усеченной пирамиды с поверхностным зеркалением 17 устанавливаются линзы проекционной оптики 5. Важно отметить, что при этом геометрические центры граней зеркальной пирамиды 19 также должны совпадать с центрами соответствующих элементов проекционной оптики 11, а все оптическая система 5, 6 должна располагаться вокруг центра оси дисплея 2. При этом геометрические центры элементов дисплея в каждой из его секций располагаются на прямой 12. Отражаясь от внутренних граней зеркального многогранника и проходя через оптическую систему, экранные образы отражаются в зеркальном слое криволинейного зеркала 20 и komponуются в объединенные образы, проходят через экранный элемент 1, представляющий ограничительную диафрагму (неподвижный непрозрачный экран 13 с отверстием 14). Диафрагма предназначена для виньетирования базовых образов при азимутальном смещении наблюдателя от линии главного луча ветви (секции). Это обеспечивает возможность при азимутальном перемещении наблюдателя в любую точку пространства наблюдать неразрывный ряд совмещенных, переходящих друг в друга изображений. Диафрагма отсекает ненужные и мешающие восприятию демонстрируемого объекта растровые образы для определенной точки обзора наблюдателя. С использованием системы формирующих линз 7, которые могут представлять сферические линзы Френеля или менисковую асферическую линзу четвертого порядка, формируемые образы многократно увеличиваются, и наблюдатель может видеть отраженный объемный образ 22, получаемый при работе описываемого варианта объемного дисплея.

Приведенный пример реализации показывает перспективность использования заявленного изобретения для перечисленных применений. Пример позволяет наглядно проиллюстрировать факт, что для формирования и демонстрации трехмерных изображений в некоторых вариантах исполнения дисплея отсутствует необходимость использовать существенные вычислительные мощности и скоростные устройства вывода, а также движущиеся элементы (вращающийся экран), что позволяет повысить качество изображения и надежность работы дисплея, одновременно существенно упростив конструкцию и тем самым снизив стоимость устройства. Именно такой технический результат достигается применением предлагаемого изобретения.

Из-за того, что правый и левый глаза наблюдателя имеют несколько разные азимутальные углы в системе координат дисплея (на расстоянии 1.2 м угловая разница положения глаз составляет примерно  $3^\circ$ ), суммарные изображения, получаемые глазами наблюдателя, также будут несколько разные. При соблюдении правильной последовательности размещения опорных образов на гранях проектора 8 или в основании четырехугольной призмы 16 (в зависимости от реализации), левый глаз наблюдателя получит изображения объекта немного с левой стороны, а правый, соответственно, с правой. Два этих изображения, составляющие псевдостереопару, интерпретируются мозгом как объемное изображение объекта. Любому азимутальному положению наблюдателя вокруг дисплея соответствует собственная стереопара, т.е. перемещаясь по кругу, наблюдатель без применения специальных средств наблюдения увидит объемный объект с соответствующей стороны. При приближении наблюдателя к дисплею разница азимутальных положений его глаз в системе координат дисплея возрастает, следовательно, он увидит изображения с большими различиями или стереопару с большим параллаксом, что соответствует приближению наблюдателя к реальному объекту. Таким образом, при перемещении относительно изображения, формируемого предлагаемым объемным дисплеем, наблюдатель будет испытывать ощущения, аналогичные ощущениям при перемещении относительно реального объекта.

Преимущество предлагаемого объемного дисплея заключается в свойстве его оптической системы формировать составные изображения из двух опорных, не используя для этого перемещаемые энергоемкие детали. В описании указывались варианты исполнения дисплея, снабженные вращающимся экранным элементом, которые предназначены для применения в сферах, в которых предъявляются повышенные требования к сепарации изображений. Однако отметим, что проекционная оптика дисплея при этом по-прежнему неподвижна (фиг. 7÷10), а перфорированный цилиндр может быть очень легким, не требующим больших затрат энергии для движения и не создающим дополнительных угроз безопасности потребителя. К преимуществам этого предложения следует отнести возможность использования в дисплее простых, дешевых и безопасных компонентов. Из этого следует упрощение конструкции и уменьшение ее стоимости для конечного пользователя. Оптическая система предлагаемого дисплея для различных модификация, для каждого углового положения наблюдателя создает собственное составное изображение, которые наряду с дискретными опорными изображениями равномерно (по кругу) заполняет изображениями объекта все азимутальные направления. Если в качестве опорных растровых образов выбрать сечения или проекции демонстрируемого объекта, взятые через равные угловые промежутки так, чтобы их количество по кругу равнялось количеству граней проектора, и воспроизвести их на этих гранях, то для любого азимутального положения наблюдателя будут существовать переходящие друг в друга изображения объекта, соответствующие текущему его угловому положению относительно дисплея.

Для конструкции объемного дисплея следуют требования, предъявляемые к элементам оптической системы. В конструкции, при которой проектор выполнен в виде массива дисплеев, дисплеи должны быть подобны и соосны внутренней оптической системе (фиг. 5), а при исполнении, в котором проектор может быть выполнен в виде одного дисплея, центры опорных изображений должны быть соосны с центрами зеркальных граней усеченных пирамид, из которых состоит зеркальный многогранник (фиг. 6).  
5 Приведенные выше свойства оптической системы дисплея позволяют полностью исключить использование вычислительных операций для формирования промежуточных изображений, заполняющих пространство между опорными растровыми образами, т.к. эти изображения формируются оптической системой дисплея, а вычислительные средства подготовки и вывода изображения могут быть использованы для создания и вывода опорных растровых образов более высокого качества.

Дополнительным положительным свойством дисплея является то, что и опорные растровые образы, и составные изображения не изменяют азимутальную ориентацию, т.к. в конструкции дисплея отсутствуют вращающиеся оптические элементы, при этом для варианта конструкции с вращающимся экранным элементом, следует отметить, что последний выполняет лишь функцию диафрагмы, которая отсекает «лишние» изображения для заданного угла обзора. Вследствие этого, а также из-за малости изменений длин траекторий и проекционных углов, проецируемое изображение не требует предварительной математической обработки и оптической коррекции, что также содействует достижению заявленного технического результата.

Также вариант конструкции с вращающимся экранным элементом (фиг. 7÷10) в этом устройстве не требует жесткого согласования углов поворота экранного элемента с выводом текущего изображения, т.е. процессы вращения экранного элемента и вывода изображения являются независимыми, что упрощает устройство и облегчает управление им, повышая при этом надежность предлагаемого дисплея и содействуя более качественному отображению трехмерных образов.

При демонстрации динамических сцен каждый из источников изображения, в комплексе составляющих проектор, должен обновлять изображение со скоростью вывода порядка 25 кадров/с. Такая скорость вывода может быть реализована даже низкоскоростным из существующих средств отображения информации, что позволяет выбрать среди них наиболее надежные и качественные. Многогранный проектор может быть составлен, например, из LCD-панелей от простых бытовых устройств. Несмотря на невысокие скорости, эти экраны зарекомендовали себя как надежные устройства вывода изображения с длительными сроками эксплуатации, собственной подсветкой и хорошей цветопередачей.

Как следует из изложенного, объемный дисплей не требует серьезной математической обработки изображений, что обеспечивает возможность использования в качестве опорных образов результаты видео- или фотосъемки реальных объектов или сцен с определенных ракурсов.

Таким образом, заявляемое изобретение полностью соответствует поставленной задаче создания надежного и долговечного объемного дисплея с высоким качеством получаемого трехмерного изображения.

Предлагаемый объемный дисплей может воспроизводить трехмерный образ демонстрируемого объекта, видимый вкруговую без использования индивидуальных средств, не налагая существенных ограничений на цветность и качество получаемого изображения. При использовании фото- и видеокадров в качестве опорных образов, применение предлагаемого изобретения позволяет не подвергать изображения серьезной

математической обработке на проход. Если одновременно с демонстрацией реальной сцены или объекта (субъекта) осуществлять передачу текущих опорных образов в эфир (или по выделенным линиям), то для организации трансляций таких сцен на широкую экстерриториальную аудиторию ограничения практически отсутствуют.

5 На основе изложенного можно сделать вывод, что предполагаемое изобретение обеспечивает решение поставленной в описании задачи и достижение заявленного технического результата.

Приведенные выше модификации дисплея изложены с единственной целью проиллюстрировать предлагаемое изобретение. Специалистам понятно, что возможны  
10 различные модификации, добавления и замены, не выходящие из объема и смысла настоящего изобретения, раскрытого в прилагаемой формуле изобретения.

#### ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1. Пат. 2164702 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> G02В 27/26. Устройство для демонстрации стереоскопических изображений / Никонов А.В., Долгов В.М., Долгов  
15 Ю.М., Никонов А.А. (все RU); заявитель и патентообладатель Саратовский государственный технический университет - №99106816/28; заявл. 05.04.99; опубл. 27.03.01.

2. Пат. 2260829 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> G02В 27/26. Устройство для демонстрации стереоскопических изображений/ Никонов А.В., Долгов В.М., Долгов  
20 Ю.М. (все RU); заявитель и патентообладатель Саратовский государственный технический университет - №2002112530/28; заявл. 13.05.02; опубл. 10.02.04.

3. Пат.2447467 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> G02В 27/22. Автостереоскопический дисплей / Честак Сергей (KR), Ким Дае-Сик (KR); заявитель и патентообладатель  
25 Самсунг Электронике Ко., ЛТД. - №2009113551/28; заявл. 10.10.07; опубл. 10.04.12, Бюл. №10.

4. Woodgate G., Harrold J., Jacobs A., Mosley R., Ezra D. Flat panel autostereoscopic displays - characterization and enhancement // Proc. SPIE. Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems VII. 2000. Vol. 3957. P. 153-164.

5. Morishima H., Nose H., Taniguchi N., Inoguchi K., Matsumura S. Rear cross lenticular 3-D display without eyeglasses // Proc. SPIE. Stereoscopic Displays and Virtual Reality Systems VII. 1998. Vol. 3295. P. 193-202.

6. Мухин И.А., Украинский О.В. Получение многоакурсного телевизионного изображения на матричном дисплее // Труды учебных заведений связи. Вып. 174. - СП  
35 6, 2006. - С. 201-206.

7. Fans S. Novel 3-D stereoscopic imaging technology. Proc. SPIE, v. 2177, pp. 180-195 (1994).

8. Hilaire P., Benton S., Lucente M. Synthetic aperture holography: a novel approach to three-dimensional displays. Journal of Optical Society of America, v. 9, pp. 1969-1977 (1992).

9. Image Processing for 3D Information Displays (edited by V. V. Petrov). Proceedings of SPIE,  
40 v. 5821 (2005).

10. I.N. Kompanets, S.A. Gonchukov. 3-D medium based displays. Proc. SPIE, v. 5821, 134-145 (2005).

11. Barry G. Blundell, Adam J. Schwarz Volumetric three-dimensional display systems // John Wiley & Sons Inc (NY). 2013. 330p.

12. Шэндл Д. Наконец-то реальная трехмерность! Электроника. 1990,18, с. 7-9.

13. "Волюметрический трехмерный дисплей", Патент US №6554430 В2, кл. G03В 21/28, G09G 5/10, публ. 29.04.2003 г.

14. www.dlp.com.

15. T. Endo, Y. Kajiki, T. Honda, and M. Sato, «Cylindrical 3-D video display observable from all directions») в Proceedings of Pacific Graphics, 2000.

16. Большаков А. А., Никонов А.В. Объемный дисплей и способ формирования трехмерных изображений / (19) RU (11) 2526901 (13) C1 // Заявка: 2013103443/28, 25.01.2013; Опубликовано: 27.08.2014; Бюл. №21.

Список обозначений

Экранный элемент - 1, ось дисплея - 2, неподвижный проектор - 3, растровые образы трехмерной сцены (растровые образы) - 4, проекционная оптика (объединено) - 5, система объективов (набор линз) - 6, система формирующих линз - 7, внутренние боковые грани призмы проектора - 8, подвижный прямой перфорированный цилиндр - 9, оппозитные отверстия - 10, центр элемента проекционной оптики - 11, прямая размещения центров элементов проекционной оптики - 12, неподвижный непрозрачный экран - 13, отверстие в неподвижном экране - 14, четырехугольная призма - 15, основание четырехугольной призмы - 16, усеченная зеркальная пирамида - 17, внутренние боковые грани зеркальной пирамиды - 18, геометрический центр грани зеркальной пирамиды - 19, криволинейное зеркало - 20, граница зоны размещения растрового образа - 21, отраженный растровый образ - 22.

#### (57) Формула изобретения

1. Объемный дисплей, содержащий экранный элемент, размещенный по центру оси дисплея, неподвижный проектор, воспроизводящий на своей поверхности растровые образы трехмерной сцены, которые передаются в центр экранного элемента через проекционную оптику, включающую систему объективов, отличающийся тем, что система объективов выполнена в виде набора линз, расположенных по граням прямой многогранной призмы, в основании которой лежит правильный многоугольник, центр которого совпадает с осью дисплея, причем каждому из растровых образов соответствует своя линза набора с возможностью передачи этого образа в центр экранного элемента, выполненного из непрозрачного материала с возможностью ограничения наблюдаемой ширины этих растровых образов, проекционная оптика дополнительно оснащена системой формирующих линз, при этом линзы проекционной оптики могут быть выполнены в виде линз Френеля.

2. Объемный дисплей по п. 1, отличающийся тем, что линзы системы объективов размещены по граням неполной прямой призмы с основанием в виде незамкнутого правильного многоугольника, проектор выполнен в виде неполной прямой призмы с возможностью вывода растровых образов на внутреннюю боковую поверхность граней призмы, в основании которой лежит незамкнутый правильный многоугольник, соосный и подобный многоугольнику системы объективов, а экранный элемент выполнен неподвижным с прямоугольным отверстием по центру, напротив которого и оппозитно системе объективов размещена система формирующих линз, причем неполные призмы проектора и системы объективов содержат одинаковое количество граней, не превышающее одну треть от числа граней призмы, в основании которой лежит замкнутый многоугольник, совпадающий сторонами с соответствующим незамкнутым многоугольником призмы проектора и призмы системы объективов.

3. Объемный дисплей по п. 1, отличающийся тем, что линзы системы объективов размещены по граням неполной прямой призмы с основанием в виде незамкнутого многоугольника, проектор выполнен в виде четырехугольной призмы с возможностью вывода растровых образов на поверхность одного из своих оснований и оснащен системой зеркал, выполненной в виде неполной многогранной усеченной пирамиды с

зеркальным покрытием внутренних боковых граней и с правильным незамкнутым многоугольником в своем большем основании, соосным и подобным многоугольнику системы объективов, экранный элемент выполнен неподвижным с прямоугольным отверстием по центру, напротив которого и оппозитно системе объективов размещена система формирующих линз, а растровые образы на поверхности проектора размещены напротив геометрических центров обращенных к ним соответствующих граней зеркальной пирамиды, причем неполная призма системы объективов и неполная зеркальная пирамида содержат одинаковое количество граней, не превышающее одну треть от числа граней призмы или пирамиды, в основании которых лежат замкнутые многоугольники, совпадающие сторонами с соответствующими незамкнутыми многоугольниками неполной призмы системы объективов и неполной зеркальной пирамиды.

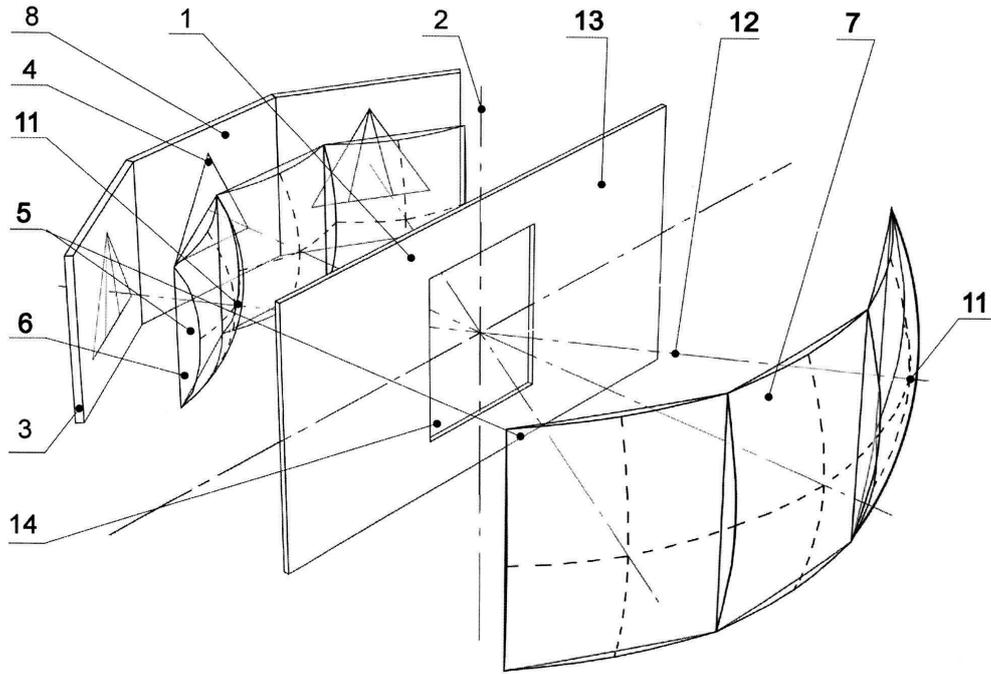
4. Объемный дисплей по п. 1, отличающийся тем, что проектор выполнен в виде правильной прямой призмы с возможностью вывода растровых образов на внутреннюю боковую поверхность граней призмы, в основании которой лежит замкнутый правильный многоугольник с центром по оси дисплея, подобный многоугольнику системы объективов и охватывающий его, экранный элемент выполнен в виде прямого цилиндра с отверстиями в своих основаниях, а система формирующих линз выполнена соосной оси дисплея и охватывающей экранный элемент, причем призма проектора, призма системы объективов и система формирующих линз смещены вдоль оси дисплея так, что геометрические центры соответствующих граней этих призм и оптические центры формирующих линз размещены на одной прямой.

5. Объемный дисплей по п. 1, отличающийся тем, что проектор выполнен в виде четырехугольной призмы с возможностью вывода растровых образов на поверхность одного из своих оснований, оснащен системой зеркал, выполненной в виде многогранной усеченной пирамиды с зеркальным покрытием внутренних боковых граней и с правильным замкнутым многоугольником в своем большем основании, подобным, охватывающим и соосным многоугольнику призмы системы объективов, экранный элемент выполнен в виде прямого цилиндра с отверстиями в своих основаниях, система формирующих линз выполнена охватывающей экранный элемент и соосной оси дисплея, причем зеркальная пирамида, призма системы объективов и система формирующих линз смещены вдоль оси дисплея так, что геометрические центры соответствующих граней пирамиды, призмы и оптические центры формирующих линз размещены на одной прямой, а растровые образы на поверхности проектора размещены напротив геометрических центров обращенных к ним соответствующих граней зеркальной пирамиды.

6. Объемный дисплей по п. 4 или 5, отличающийся тем, что экранный элемент выполнен с возможностью вращения вокруг оси дисплея и дополнительно в его боковой поверхности расположены пары оппозитных прямоугольных отверстий.

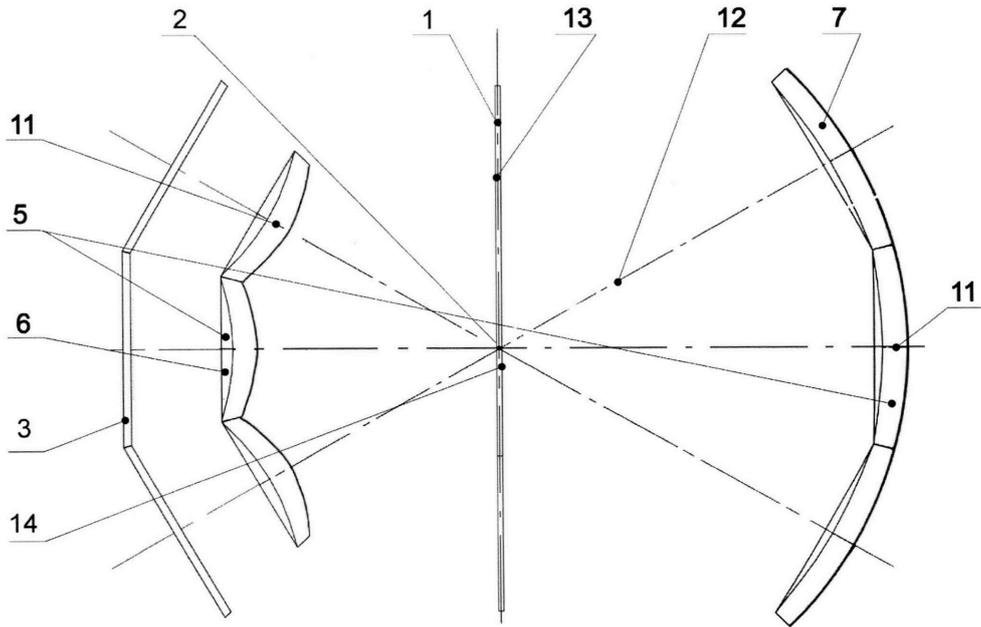
7. Объемный дисплей по п. 4 или 5, отличающийся тем, что проекционная оптика дополнена соосной оси дисплея криволинейным зеркалом, выполненным в виде шарового пояса или параболоида вращения с зеркальным покрытием внутренних поверхностей, охватывающим систему объективов и установленным с возможностью получать растровые образы от линз системы объективов и через экранный элемент направлять их в систему формирующих линз.

1

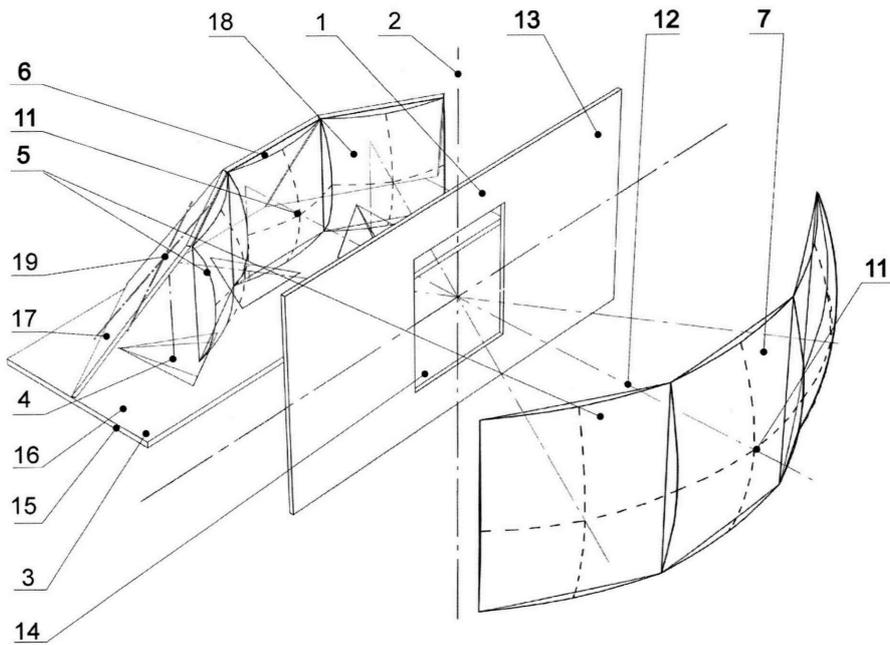


Фиг. 1

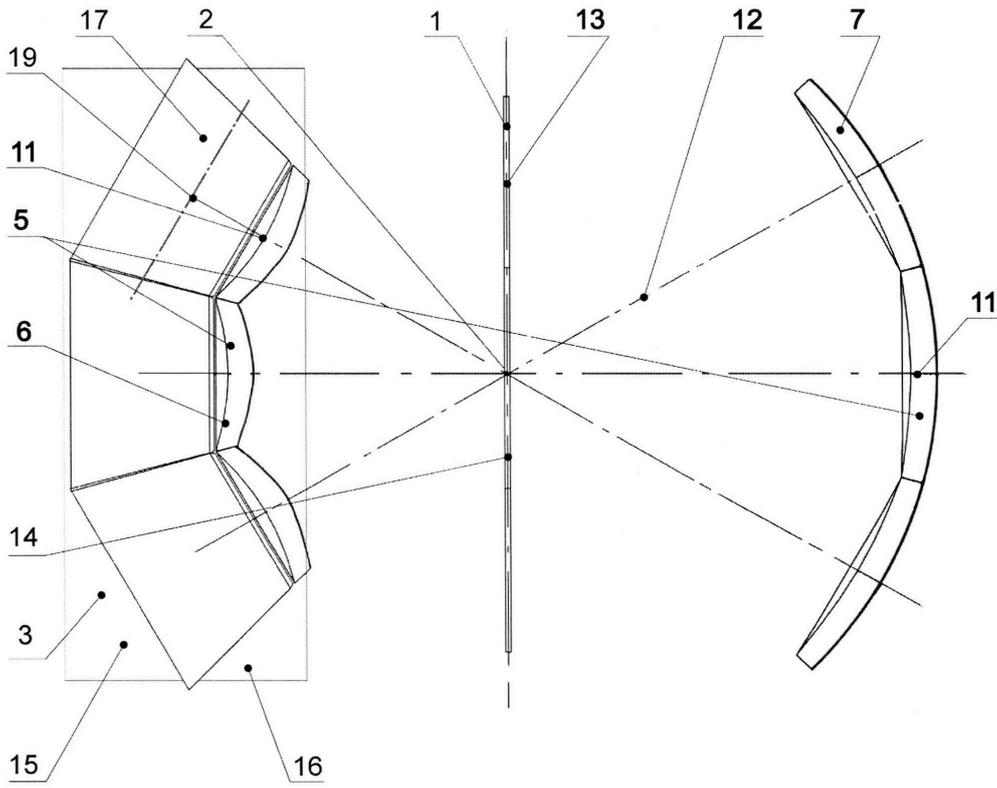
2



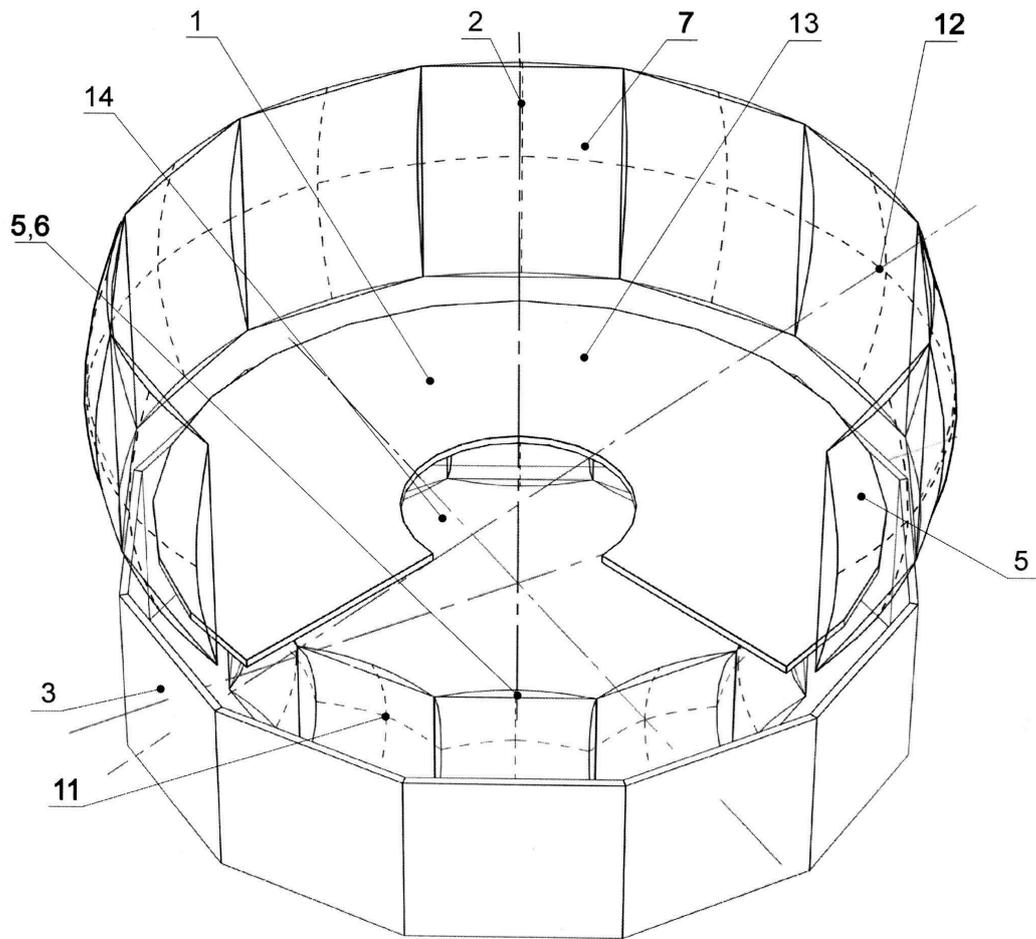
Фиг. 2



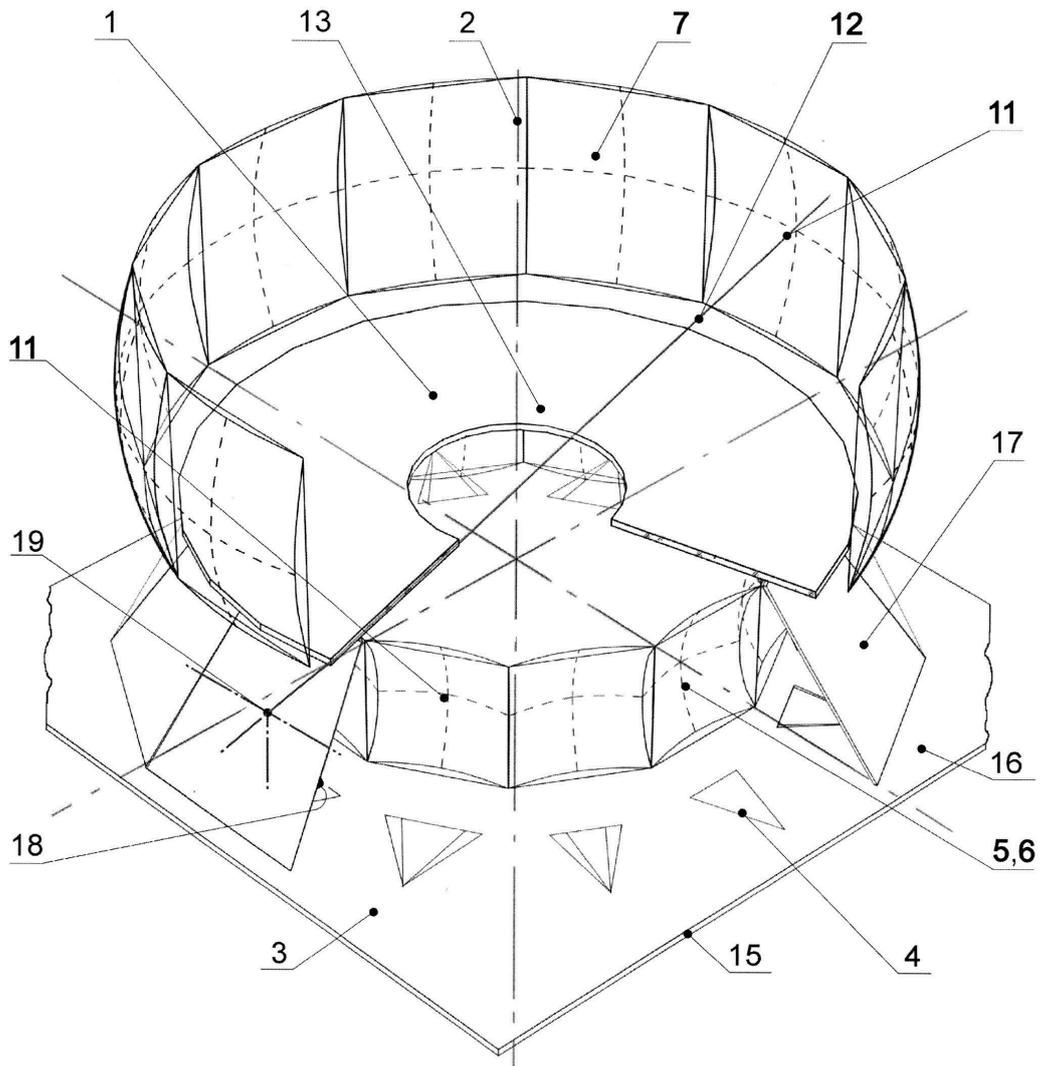
Фиг. 3



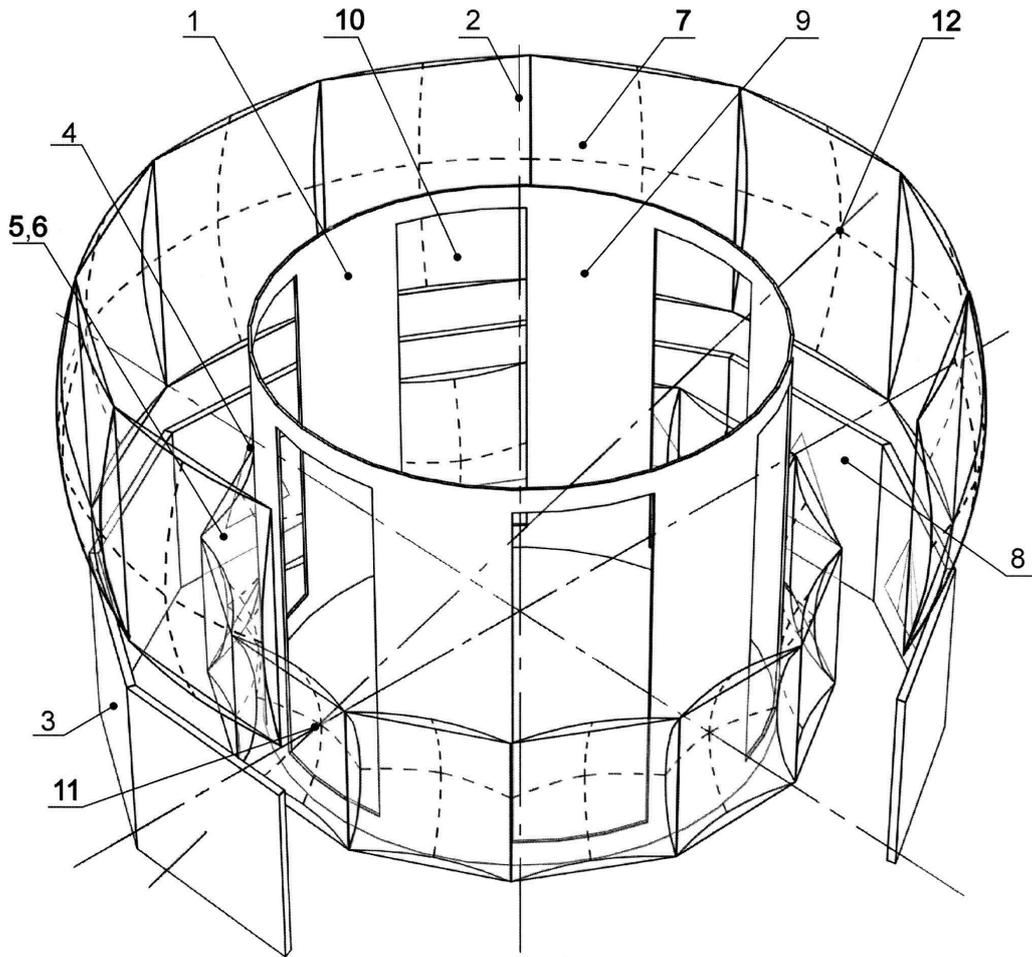
Фиг. 4



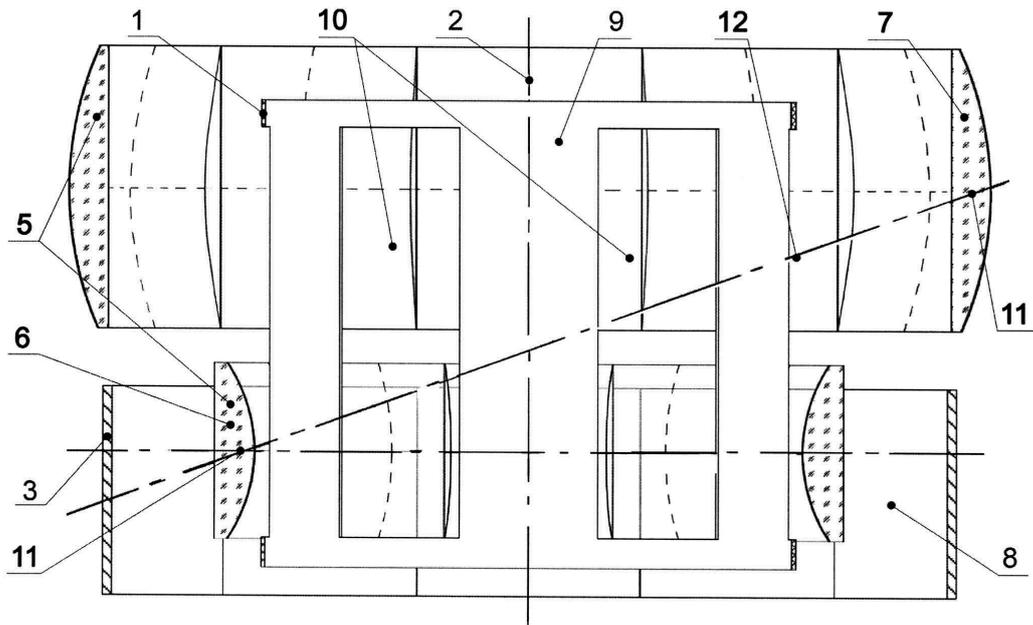
Фиг. 5



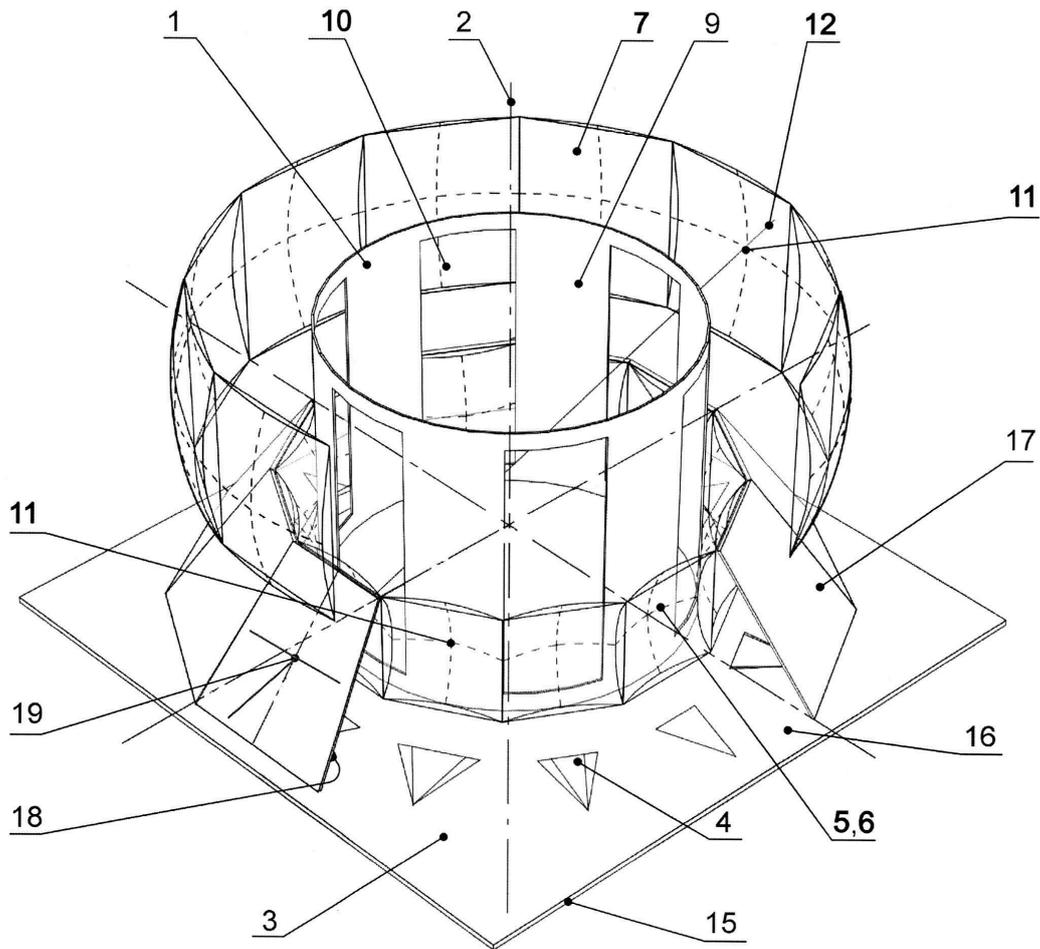
Фиг. 6



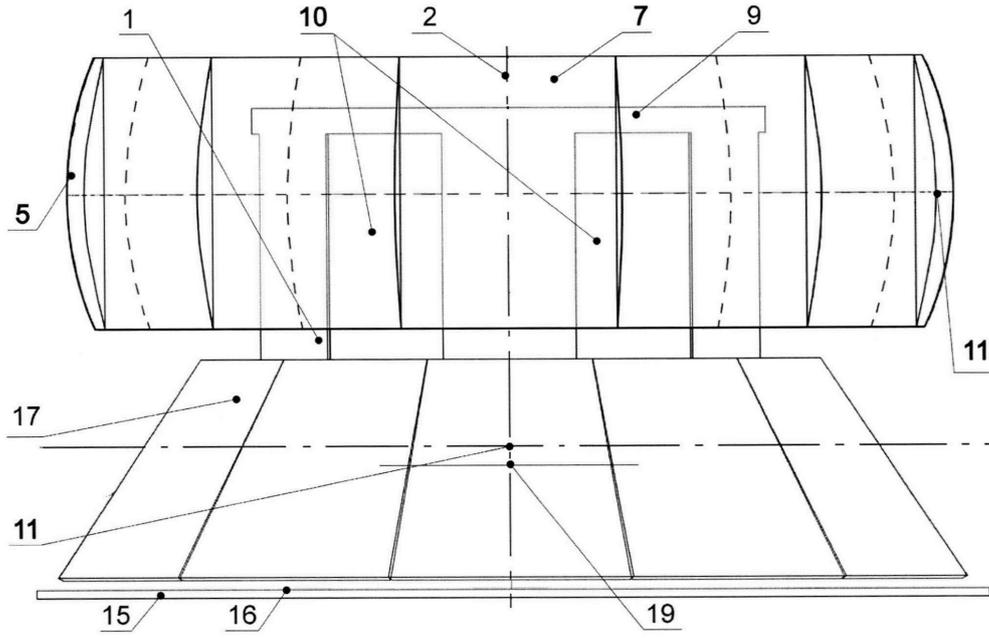
Фиг. 7



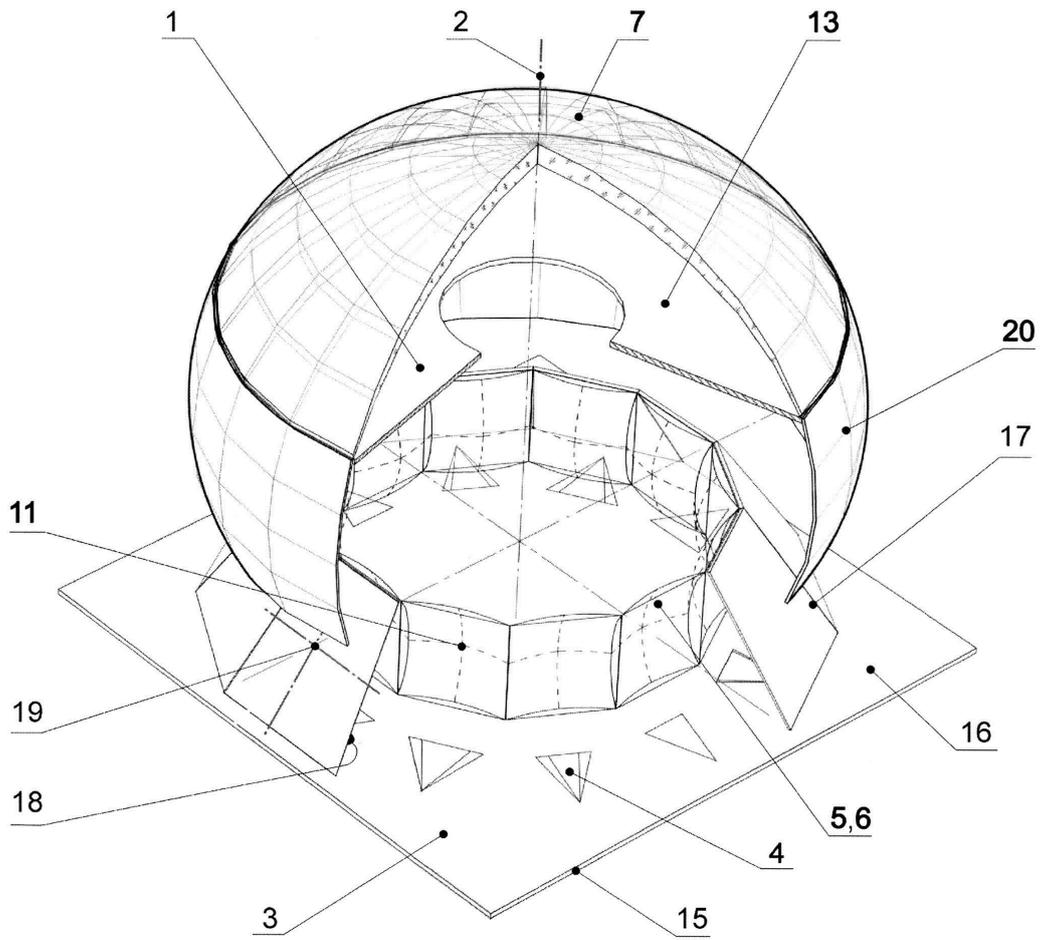
Фиг. 8



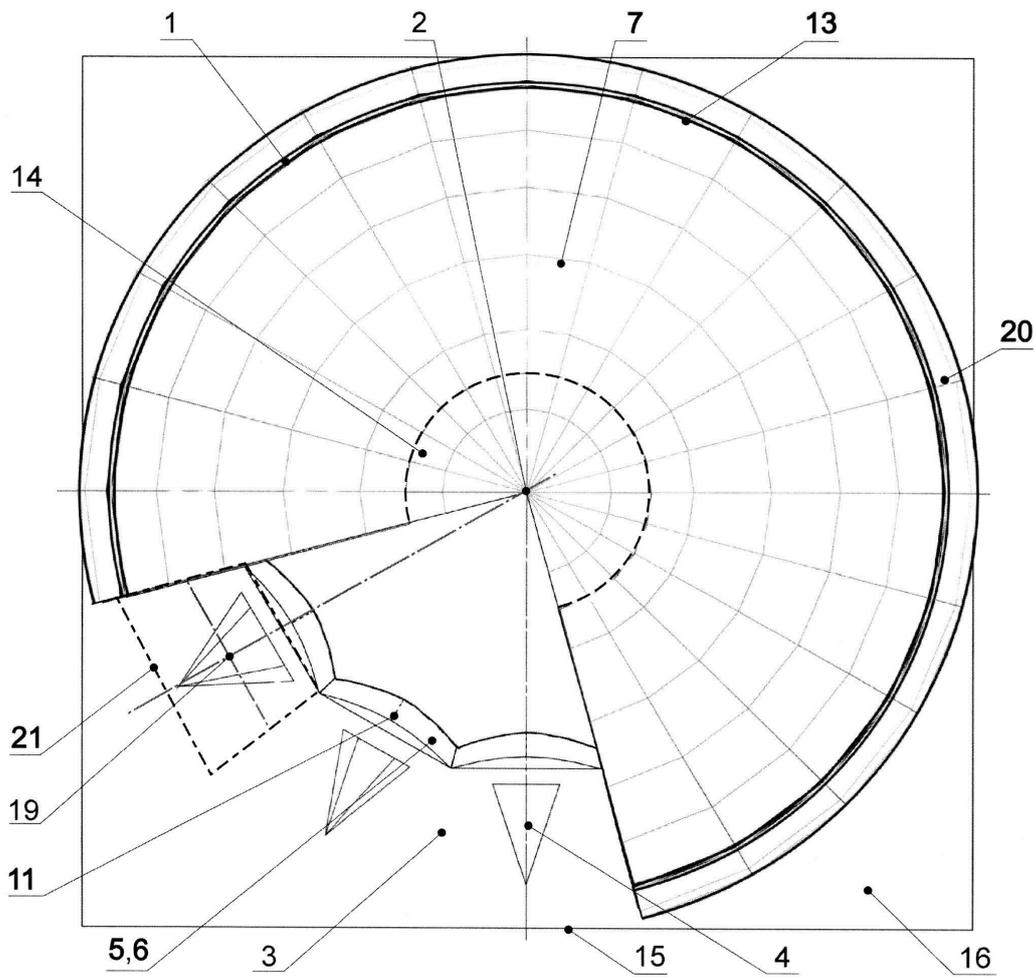
Фиг. 9



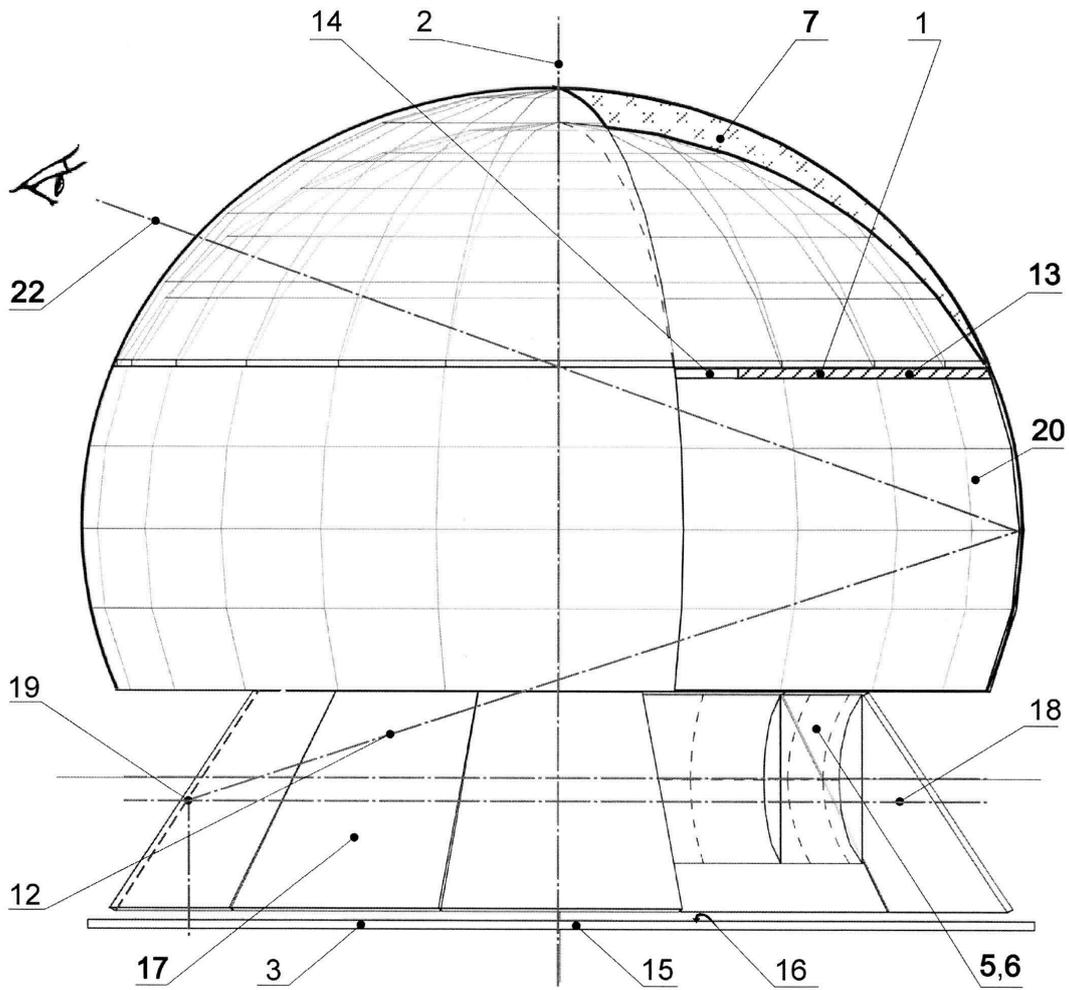
Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12



Фиг. 13