

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202390366** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки  
**2023.08.31**

(22) Дата подачи заявки  
**2023.02.16**

(51) Int. Cl. *A61B 1/055* (2006.01)  
*G02B 13/00* (2006.01)  
*G02B 23/24* (2006.01)  
*G02B 27/00* (2006.01)

---

(54) **АПОХРОМАТИЧЕСКАЯ РЕЛЕЙНАЯ СИСТЕМА СТЕРЖНЕВЫХ ЛИНЗ С  
УМЕНЬШЕННЫМ СФЕРОХРОМАТИЗМОМ И ЭНДОСКОП С УЛУЧШЕННОЙ  
РЕЛЕЙНОЙ СИСТЕМОЙ**

---

(31) **17/681,488**

(32) **2022.02.25**

(33) **US**

(71) Заявитель:  
**КАРЛ СТОРЦ ИМАДЖИНГ, ИНК.  
(US)**

(72) Изобретатель:  
**Дакетт III Джордж Э. (US)**

(74) Представитель:  
**Рыбина Н.А. (RU)**

---

(57) Представлена система ретрансляции изображения, включающая противоположную пару узлов стержневых линз, расположенных симметрично относительно центрального воздушного пространства. Стержневые линзы включают менисковую линзу, расположенную непосредственно рядом с центральным воздушным пространством и выпуклой поверхностью, обращённую к воздушному пространству, первую линзу с положительной оптической силой с выпуклой поверхностью, расположенной рядом с внутренней поверхностью менисковой линзы, стержневую линзу, прилегающую к первой линзе с положительной силой, и вторую линзу с положительной оптической силой, расположенную рядом со стержневой линзой; система ретрансляции разработана таким образом, что свет в широком спектре приходит в общий фокус, а также корректирует сферическую aberrацию в широком спектре. Также представлен эндоскоп, использующий эту релейную систему.

---

**A1**

**202390366**

**202390366**

**A1**

# **АПОХРОМАТИЧЕСКАЯ РЕЛЕЙНАЯ СИСТЕМА СТЕРЖНЕВЫХ ЛИНЗ С УМЕНЬШЕННЫМ СФЕРОХРОМАТИЗМОМ И ЭНДОСКОП С УЛУЧШЕННОЙ РЕЛЕЙНОЙ СИСТЕМОЙ**

## **ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

**[0001]** Изобретение относится к области получения медицинских изображений и более конкретно к конструкциям эндоскопов для улучшения характеристик при флуоресцентной визуализации и визуализации в видимом свете.

## **ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

**[0002]** Эндоскопы, и в частности жёсткие эндоскопы, часто используют систему ретрансляции изображения, в которой свет изображения от объекта собирается на дистально расположенной объективной линзе, а затем передаётся системой ретрансляции через удлинённый вал на проксимальную сторону вала, где расположено глазное яблоко или система восприятия изображения. Со времён инноваций Х. Хопкинса эндоскопические релейные системы часто включают ряд релейных линз (обычно попарно). Эти системы релейных линз традиционно состояли в основном из стержневых линз, см. например, патент США № 3,257,902. Релейные системы со стержневыми линзами имеют много преимуществ перед системами, использовавшимися до Хопкинса, но также создают свои собственные проблемы, среди которых оптические aberrации, которые могут быть внесены и умножены для каждой стержневой линзы, используемой в системе. В частности, в эндоскопических системах может преобладать сферохроматизм, особенно при

использовании меньших  $f$ -чисел для обеспечения передачи большего количества света от дистального к проксимальному концу эндоскопического ствола, что обычно желательно. Сферохроматизм приводит к продольной хроматической аберрации, различной для разных длин волн в разных зонах поверхности линзы. Этот сферохроматизм приводит к появлению изображений, которые расфокусированы для определённых длин волн в данной фокальной плоскости, даже если первичные хроматические аберрации хорошо скорректированы.

**[0003]** В некоторых эндоскопических процедурах используются флуоресцирующие агенты или аутофлуоресценция для улучшения визуализации тканей. Флуоресцирующий агент, такой как краситель, может быть введён или иным образом внедрён в ткань. Затем на ткань направляется возбуждающий свет. Под воздействием возбуждающего света флуоресцирующий агент флуоресцирует (излучает свет, обычно с большей длиной волны, чем возбуждающий свет), что позволяет датчику обнаружить этот излучаемый свет. Датчик собирает данные изображения, и изучение собранных изображений может показать присутствие и концентрацию флуоресцирующего агента в наблюдаемой ткани. Кроме того, может возникнуть явление, известное как аутофлуоресценция, при котором ткань флуоресцирует в определённых условиях без флуоресцирующего агента. Такая аутофлуоресценция также может быть обнаружена. Изображение на основе обнаруженного флуоресцирующего света, известное как "флуоресцентная визуализация" (FI), полезно в медицинской диагностике и тестировании, а также во многих других научных областях, и оно может быть объединено с визуализацией в

видимом свете для многих целей, в том числе для улучшения визуализации и точности хирургических операций.

**[0004]** Типичный эндоскоп 2 известного уровня техники, как показано на ФИГ. 1, обычно включает первую линзу для формирования изображения (например, объектив), за которой следует ряд несущих линз (например, реле), которые захватывают и передают оптическое изображение изнутри закрытой области 1 наружу. Проксимальный конец эндоскопа 2 может быть присоединён, посредством прямого соединения или адаптера, к головке камеры 3 или окуляру для просмотра. Головка камеры 3 обычно включает линзы для приёма оптического изображения и формирования реального оптического изображения на датчике изображения. Цифровое изображение, захваченное датчиком изображения, может затем передаваться на блок управления камерой (CCU) или другой подобный модуль для анализа и отображения.

**[0005]** Зачастую эндоскопы, используемые для применения FI, например, для применения с широко используемым красителем индоцианином зелёным (ICG), разрабатываются и развёртываются в основном для получения изображений в видимом свете. Как таковые, они обычно не предназначены для поддержания постоянного фокуса между инфракрасным и видимым светом. Сферохроматизм особенно неприятен в системах, предназначенных для использования в очень широком диапазоне длин волн. Использование эндоскопов для FI и визуальной визуализации часто расширяет используемый диапазон длин волн от 400-750 нм (видимый свет от фиолетового до красного) до 400-950 нм (видимый спектр плюс БИК-спектр) или шире. Для выполнения FI визуализации в таких прицелах часто

используется соответствующий оптический фильтр для блокировки возбуждающего света и пропускания флуоресцирующего света. Однако, как упоминалось ранее, такие эндоскопы обычно оптимизированы для обычного наблюдения в видимом свете. Поэтому из-за свойств оптических элементов оптического прицела, включая систему релейных линз, инфракрасная флуоресценция фокусируется в другой плоскости, чем видимый свет. Это происходит в основном из-за хроматической аберрации, возникающей во всей оптической системе и, в частности, в системе ретрансляции изображения, которая еще более усугубляется из-за сферохроматизма, особенно когда используется быстрая система ретрансляции, то есть система с малыми  $f$ -числами. Существуют подходы к компенсации возникающей разницы фокусных расстояний. Решения для камерных головок включают те, в которых используется несколько датчиков, причем датчики, связанные с определенными диапазонами длин волн (например, один для видимого света и один для инфракрасного света), расположены в разных фокальных плоскостях. Входящий свет изображения направляется на соответствующий датчик с помощью дихроичного делителя луча. Различные спектральные полосы детектируются на нескольких датчиках, каждый из которых имеет соответствующую фокальную плоскость, в результате чего получаются два независимо снятых изображения с фокусом. Этот подход является невыгодным только частично из-за сложности и стоимости, связанной с необходимостью использования нескольких датчиков изображения. Другой серьезной проблемой является то, что каждый отдельный эндоскоп, используемый с такой головкой камеры, включает оптику, которая может быть специфичной для данной марки, модели и производства эндоскопа. Каждый

конкретный эндоскоп будет иметь различное количество хроматических ошибок, что требует от любой головки камеры, используемой с ним, специальной компенсации ошибок, связанных с конкретным эндоскопом. Очень трудно создать одну головку камеры, способную компенсировать различные модели эндоскопов. Другое решение для головки камеры раскрыто в патенте США № 10,806,332 В2 "Fluorescence Imaging Scope with Reduced Chromatic Aberration" на имя изобретателя настоящей заявки, выданном 10 октября 2020 года и включённым сюда посредством ссылки. В данной ссылке изобретатель предлагает ряд оптических элементов, включая призмы для расщепления луча, для разделения различных диапазонов длин волн, которые фокусируются в определённой фокальной плоскости, так что различные диапазоны проходят отдельно, и разделённые лучи затем проходят независимые эффективные оптические расстояния, в этот момент они рекомбинируются и фокусируются на одном датчике изображения, при этом все FI и видимые спектры захватываются в фокусе.

**[0006]** Другие попытки компенсировать фокальные различия, такие как, например, в патенте США № 8773756, выданном Тесар и др., включают использование оптического соединителя, который разделяет свет на два пути, путь видимого спектра и путь БИК-спектра. Для компенсации хроматической разницы фокусных расстояний в каждом из двух путей используются разные оптические элементы. Однако, как и в случае с решениями для камерных головок, такие системы не могут компенсировать различия между различными эндоскопами или компенсировать разнообразие хроматических aberrаций во всем желаемом спектре. Например, существует хроматическая aberrация, в том же направлении, что и ИК

свет, в глубоком синем диапазоне видимого спектра, не учитываемая системой Tesar, в результате чего глубокий синий диапазон видимого изображения не может быть идеально сфокусирован в той же плоскости, что и остальной видимый свет. Дисперсионные свойства оптических материалов, используемых в эндоскопах, и длинные пути стекла через такие оптические материалы делают традиционную коррекцию всего спектра от фиолетового или темно-синего до инфракрасного особенно сложной. Наконец, хроматическая aberrация включает в себя как продольную хроматическую aberrацию, так и поперечную хроматическую aberrацию из-за косо падающего света из пространства объекта. Методы, использующие линзы или призмы для коррекции продольной хроматической aberrации, часто вносят нежелательную поперечную хроматическую aberrацию. Другая система коррекции на основе релейной линзы представлена в заявке на патент США № 17/129,391, "Релейная система со стержневой линзой с уменьшенной хроматической aberrацией", поданной настоящим изобретателем 21 декабря 2020 года и включенной в настоящий документ посредством ссылки. В этом предыдущем изобретении изобретателя представлены несколько выгодных конструкций стержневых линз для уменьшения хроматической aberrации в системе реле и упрощения оптической системы по сравнению с ранее известными системами, такими как система Tesar.

**[0007]** Поскольку решения на стороне эндоскопа, такие как специально разработанные релейные и/или объективные системы, имеют определенные преимущества перед решениями на головке камеры, например, позволяют использовать эти корректирующие эндоскопы с множеством совместимых головок

камеры, необходимы устройства и методы для решения проблем, связанных с хроматическими aberrациями, в частности, сферохроматизмом, во всем спектре от фиолетового до красного для оптических прицелов, предназначенных для изображения видимого света, и от фиолетового до инфракрасного диапазона волн для оптических прицелов FI-vis, что позволяет надежно получать сфокусированные изображения широкого спектра. Следует также отметить, что когда релейные системы исключительно быстрые (что обычно желательно, когда это возможно) и/или требуется большое количество релейных систем для передачи оптической информации от дистального конца оптического прицела к проксимальному концу, сферохроматизм отдельных релейных систем накапливается в общей релейной системе, что приводит к дальнейшему ухудшению изображения и/или требует еще более сложного объектива, чтобы попытаться компенсировать агрегированную aberrацию. Поэтому, в частности, необходимы решения для эндоскопов, в частности системы, в которых необходимые сферохроматические коррекции осуществляются в самих линзах реле, уменьшая, таким образом, сферохроматизм, присутствующий в общих системах предшествующего уровня техники в широком видимом диапазоне (например, от 400-700 нм) и/или во всем спектре, который может использоваться как при видимой, так и при флуоресцентной визуализации (например, от 400-900 нм). Кроме того, необходимы эндоскопы для широкодиапазонной визуализации без дорогих и медленных оптических элементов, таких как механизмы автофокусировки или адаптеры и системы обработки для коррекции хроматической aberrации.

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

**[0008]** Задачей настоящего изобретения является улучшение визуализации для эндоскопических устройств во всем видимом спектре от фиолетового до красного и/или во всем видимом спектре, а также в ближней инфракрасной области (БИК). Для достижения этой цели различные аспекты изобретения обеспечивают усовершенствование устройств и оптических систем, в частности, релейных линз, которые улучшают визуализацию эндоскопов как в FI, так и в видимом свете. Раскрыты апохроматические релейные линзы и связанные с ними системы, которые корректируют сферохроматизм во всем видимом спектре и/или от фиолетового (около 400 нм) до инфракрасного (около 900 нм) спектра, который является диапазоном, обычно используемым в видимой и флуоресцентной визуализации для эндоскопических процедур. В частности, раскрыты конкретные конструкции релейных линз и систем, в которых используется меньшее количество оптических элементов, чем это было возможно до сих пор, что обеспечивает значительное снижение сферохроматизма по сравнению с любыми ранее известными системами. Кроме того, некоторые варианты воплощения позволяют использовать более экономичные детали, чем это возможно в других современных системах, снижая стоимость и одновременно упрощая производство как самих систем релейных линз, так и эндоскопических устройств, в которых они могут быть использованы.

**[0009]** Согласно первому аспекту изобретения, предоставляется релейная система для эндоскопа. Релейная система включает противоположную пару узлов

стержневых линз, расположенных симметрично относительно центрального воздушного пространства, при этом каждый узел стержневых линз включает оптические элементы, состоящие по существу из менисковой линзы, первой линзы, стержневой линзы и второй линзы. Менисковая линза расположена непосредственно рядом с центральным воздушным пространством и выпуклой поверхностью обращена к воздушному пространству. Первая линза имеет положительную силу, её выпуклая поверхность расположена рядом с внутренней поверхностью менисковой линзы и в некоторых вариантах реализации сформирована из материала с аномальной частичной дисперсией. Стержневая линза прилегает к первой линзе с положительной мощностью и имеет первую поверхность и вторую поверхность, причём и первая, и вторая поверхности являются поверхностями, пропускающими луч, а вторая поверхность является плоской. Вторая линза является планочно-выпуклой и также имеет положительную оптическую силу с двумя гранями, причём планарная грань прилегает ко второй, планарной грани стержневой линзы. Этот блок релейных линз, состоящий из менисковой линзы, первой линзы с положительной силой, стержневой линзы и второй линзы с положительной силой, вместе обеспечивает коррекцию хроматической аберрации путём манипулирования светом в непрерывном спектре от фиолетовой области спектра через, по крайней мере, красную область спектра, чтобы прийти к общему фокусу в общей плоскости изображения, и при этом сферическая аберрация хорошо корректируется по всему спектру.

**[0010]** Согласно некоторым вариантам реализации изобретения, спектр, в котором происходит коррекция хроматической аберрации и сферической аберрации,

находится преимущественно в видимом и ближнем инфракрасном спектрах. В некоторых вариантах осуществления изобретения спектр находится в диапазоне 400-900 нм. В других воплощениях спектр находится преимущественно в видимом диапазоне, т.е. примерно от 400-700 нм.

**[0011]** Согласно одному из аспектов некоторых вариантов осуществления, стержневая линза может иметь две планарные поверхности, и в этом случае первая линза, имеющая положительную силу, является плосковыпуклой линзой, причём её планарная поверхность прилегает к первой, планарной поверхности стержневой линзы.

**[0012]** В некоторых вариантах реализации первая линза с положительной силой представляет собой выпукло-вогнутую линзу.

**[0013]** Согласно одному из аспектов некоторых вариантов осуществления изобретения, первая линза с положительной силой состоит из материала, обладающего аномальной частичной дисперсией. В некоторых вариантах осуществления первая линза с положительной силой состоит из фторсодержащего стекла, фосфатного стекла или фторфосфатного стекла и имеет показатель преломления от 1,43 до 1,55 при длине волны 587 нм.

**[0014]** В некоторых вариантах реализации изобретения все четыре оптических элемента, то есть менисковая линза, первая линза с положительной оптической силой, стержневая линза и вторая линза с положительной оптической силой, скреплены вместе, образуя единый блок.

**[0015]** Один из аспектов некоторых вариантов осуществления изобретения заключается в том, что вторая линза с положительной оптической силой имеет более

высокий показатель преломления и более низкое число Abbe, чем эти значения стержневой линзы.

**[0016]** В некоторых вариантах осуществления изобретения каждый блок стержневых линз имеет рабочее  $f$ -число менее шести. Сама релейная система, в некоторых вариантах реализации, может содержать ограничитель диафрагмы в центральном воздушном пространстве между блоками стержневых линз.

**[0017]** Согласно второму аспекту изобретения, предусмотрен эндоскоп, включающий вал с дистальным и проксимальным концом. Объективная линза или система линз собирает свет от объекта исследования и передает его в систему ретрансляции изображения. Система ретрансляции включает по меньшей мере одну пару стержневых линз в соответствии с одним или несколькими вариантами реализации изобретения, раскрытыми выше. Система реле передает свет изображения на проксимальную группу линз, которая фокусирует изображение, включающее свет с длиной волны в широком спектре в видимом диапазоне и, в некоторых вариантах реализации, в NIR-диапазоне, на одной плоскости изображения.

**[0018]** Конкретные варианты воплощения включают по меньшей мере 5 пар релейных линз, по меньшей мере одна из которых является корректирующей парой, как описано ранее.

**[0019]** Другим аспектом некоторых вариантов осуществления изобретения является электронный датчик изображения, размещенный в плоскости изображения эндоскопа для захвата изображений предметной сцены, передаваемых системой ретрансляции.

**[0020]** Эти и другие особенности изобретения будут очевидны из следующего описания предпочтительных вариантов осуществления, рассматриваемых вместе с сопроводительными чертежами.

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

**[0021]** Настоящее изобретение станет более понятным из подробного описания, приведённого в настоящем документе, и сопроводительных чертежей, которые приведены только для иллюстрации и, таким образом, не являются ограничивающими настоящее изобретение, и где:

**[0022]** ФИГ. 1 представляет собой схему эндоскопической системы предшествующего уровня техники .

**[0023]** ФИГ. 2 представляет собой блок-схему устройства эндоскопа, включающего оптический прицел и присоединённую головку камеры.

**[0024]** ФИГ. 3 представляет собой схему частичного поперечного сечения оптической релейной системы в соответствии с некоторыми вариантами реализации изобретения.

**[0025]** ФИГ. 4 представляет собой график, показывающий зависимость длины волны от фокусного сдвига, достижимого с помощью оптической ретрансляционной системы ФИГ. 3 в соответствии со значениями таблицы 1 в одном примерном варианте реализации.

**[0026]** ФИГ. 5 представляет собой график, показывающий зависимость длины волны от фокусного сдвига, достижимого с помощью варианта оптической

ретрансляционной системы ФИГ. 3 в соответствии со значениями таблицы 2 в другом примере воплощения.

**[0027]** ФИГ. 6 представляет собой график, показывающий зависимость длины волны от фокусного сдвига, достижимого с помощью варианта оптической ретрансляционной системы ФИГ. 3 в соответствии со значениями таблицы 3 в другом примере воплощения.

**[0028]** ФИГ. 7 представляет собой схему частичного поперечного сечения оптической релейной системы в соответствии с другими вариантами реализации изобретения, где обе поверхности стержневой линзы являются плоскими.

**[0029]** ФИГ. 8 представляет собой график, показывающий зависимость длины волны от фокусного сдвига, достижимого с помощью варианта оптической ретрансляционной системы ФИГ. 7 в соответствии со значениями таблицы 4 в другом примере воплощения.

**[0030]** ФИГ. 9 представляет собой график, показывающий зависимость длины волны от фокусного сдвига, достижимого с помощью варианта оптической ретрансляционной системы ФИГ. 7 в соответствии со значениями таблицы 5 в другом примере воплощения.

**[0031]** На ФИГ. 10 показаны данные для различных оптических ретрансляционных систем, сравнивающие сферическую абберацию в диапазоне длин волн для различных систем.

**[0032]** На ФИГ. 11 показаны кривые MFT для различных релейных систем, сравнивая возможности настоящего изобретения по сравнению с релейными системами предшествующего уровня техники.

**[0033]** ФИГ. 12 представляет собой аппаратную блок-схему системы, включающей пример устройства захвата изображения в соответствии с одним из вариантов осуществления изобретения.

#### ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ПРИМЕРОВ ВОПЛОЩЕНИЯ

**[0034]** Как используется в данном документе, первые элементы (например, датчики и линзы), которые "оптически расположены" по отношению к другим элементам, означают положение первых элементов вдоль общего оптического пути, который включает первые и другие элементы. Например, группа линз, оптически расположенная между датчиком изображения и объективом, означает, что группа линз занимает часть оптического пути, по которому проходит свет (например, от объектива к датчику изображения) для захвата изображений или видео.

**[0035]** Поскольку цифровые камеры и датчики FI и соответствующие схемы для захвата и обработки сигнала хорошо известны, настоящее описание будет направлено, в частности, на элементы, составляющие часть или непосредственно взаимодействующие со способом и устройством в соответствии с изобретением. Элементы, конкретно не показанные или не описанные в настоящем документе, выбираются из известных в данной области. Некоторые аспекты описываемых вариантов осуществления изобретения представлены в программном обеспечении. Учитывая систему, показанную и описанную в соответствии с изобретением в следующих материалах, программное обеспечение, специально не показанное, не описанное и не предложенное в настоящем документе, которое полезно для

осуществления изобретения, является обычным и находится в пределах обычного уровня техники.

**[0036]** ФИГ. 2 представляет собой блок-схему эндоскопического устройства 100 в соответствии с одним из примеров воплощения изобретения. Эндоскопическое устройство 100 ("устройство 100", "эндоскоп 100") включает вал 102, соединённый с проксимальным элементом 101. Проксимальный элемент 101 может быть наглазником, включающим окуляр, позволяющий пользователю видеть видимый свет, проходящий через вал 102. Наглазник также может служить в качестве крепёжного элемента для соединения оптического прицела с головкой камеры 216, содержащей один из нескольких датчиков изображения, посредством байонетного соединения или другой системы соединения, известной в данной области техники. В качестве альтернативы элемент головки камеры может быть интегрирован в шахту через проксимальный элемент 101. На приведённых схемах опущены различные структурные компоненты, поддерживающие изображённые элементы, а также другие компоненты, такие как источники освещения, источники флуоресцентного возбуждения и элементы управления, которые известны в данной области техники и не показаны, чтобы не затемнять соответствующие детали примерных вариантов осуществления изобретения. Слева показан дистальный конец стержня 102 эндоскопа, включая покровное стекло 202, которое в данном варианте обращено непосредственно вдоль продольной оси стержня 102, но также может быть расположено под углом относительно продольной оси, как известно в данной области техники. Позади или на проксимальной стороне покровного стекла 202 показано предпочтительное положение объектива 204, который обычно установлен

напротив покровного стекла 202 или очень близко к нему и предпочтительно собран вместе с покровным стеклом. Хотя для объектива 204 предпочтительно использовать широкоугольную линзу, это не является ограничивающим фактором, и в различных вариантах осуществления изобретения может использоваться любая подходящая линза. Объективная линза 204 может быть частью группы объективов 104, которая может включать одну или несколько дополнительных линз 103. Конкретное количество и расположение линз в шахте эндоскопа 102 будет варьироваться в широких пределах в зависимости от применения. На проксимальной стороне объектива 204 или группы объективов 104 расположена или прикреплена оптическая система 107, которая служит для прохождения света по стволу 102 в проксимальном направлении. Релейная система 107, включающая пары стержневых линз, приспособлена для направления света изображения для создания телецентрического внутреннего пространства изображения на проксимальном конце одной или нескольких стержневых линз, где расположена проксимальная группа линз 214, как более подробно описано ниже. Кроме того, вал 102 обычно является жестким, но известны также варианты конструкции вала, позволяющие использовать стержневые линзы в полугибком вале, в котором гибкие шарниры присутствуют в одном или нескольких местах вдоль вала между стержневыми линзами, в то время как вал является жестким вдоль частей, содержащих стержневую линзу. Такая конструкция вала может быть использована в различных вариантах осуществления изобретения.

**[0037]** Релейная система 107 корректируется с учётом сферической и хроматической аберрации, в частности сферохроматизма, множества линз эндоскопа

таким образом, что первая порция света с первым спектром длин волн и вторая порция света со вторым спектром длин волн, отличным от первого, фокусируются на практически одной и той же плоскости изображения. Узел 214 располагается в телецентрическом внутреннем пространстве изображения проксимальнее системы реле стержневых линз 107. Проксимальная группа линз 214 предпочтительно расположена внутри проксимального элемента 101 устройства 100, но может частично охватывать объем вала 102 и проксимального элемента 101 или может быть элементом головки камеры или окуляра 216.

**[0038]** Как правило, система реле линз 107 интегрирована в эндоскопическое устройство 100 и, в частности, в вал 102, и предназначена для коррекции оптических аберраций, включая сферохроматизм. Окуляр или узел датчика изображения и связанная с ним электроника (вместе составляющие камеру) могут быть интегрированы в устройство или могут быть отдельными и съёмными, например, съёмный окуляр или съёмная головка камеры. Таким образом, в различных вариантах осуществления изобретение может представлять собой эндоскопическое устройство или систему визуализации, включающую эндоскопическое устройство 100.

**[0039]** ФИГ. 3 представляет собой репрезентативную схему частичного поперечного сечения оптической релейной линзовой системы 300 в соответствии с некоторыми вариантами осуществления изобретения для использования в эндоскопическом устройстве 100. Следует отметить, что на рисунке показаны общие формы описанных оптических элементов и не следует понимать, что они представляют собой фактические измеренные в масштабе значения отдельных или

общих элементов. Как показано в таблицах ниже, каждый раскрытый вариант воплощения несколько различается по конкретной форме и размеру каждого элемента. Изображённая релейная система 300 может быть использована, например, в качестве релейной системы стержневой линзы 107 в системе на ФИГ. 2. Релейная система 300 включает противоположную пару узлов стержневых линз 301, расположенных симметрично относительно центрального воздушного пространства. Более одной такой пары могут быть использованы последовательно для обеспечения общей релейной системы с большей длиной, и настоящее изобретение особенно полезно в системах, где используется несколько пар стержневых линз в сборе. Центральное воздушное пространство между блоками стержневых линз 301 может содержать ограничитель диафрагмы. Преимущество различных вариантов осуществления настоящего изобретения состоит в том, что на каждый узел стержневых линз 301 приходится только четыре оптических элемента, и каждый узел стержневых линз может быть полностью сцементирован вместе, что может упростить конструкцию и сборку общей релейной системы внутри вала 102.

**[0040]** Каждый узел стержневой линзы 301, согласно варианту реализации, показанному на ФИГ. 3, включает менисковую линзу 302, расположенную рядом с противоположным узлом стержневой линзы. Выпукло-выпуклая линза 304 с положительной оптической силой имеет первую выпуклую поверхность, расположенную рядом с внутренней поверхностью менисковой линзы 302, и вторую выпуклую поверхность на противоположной стороне. В других вариантах реализации вместо выпукло-вогнутой линзы 304 могут использоваться другие линзы. Стержневая линза 306 имеет первую вогнутую поверхность, расположенную

рядом со второй выпуклой поверхностью выпукло-вогнутой линзы 304. Противоположная наружная поверхность стержневой линзы 306 представляет собой плоскую поверхность, и к ней прилегает планочно-выпуклая линза 308 с положительной оптической силой, имеющая выпуклую поверхность, обращённую в сторону от плоской поверхности стержневой линзы 306.

**[0041]** Представленная диаграмма световых лучей показывает путь, пройденный светом 310, проходящим от плоскости объекта, изображённой слева, к плоскости изображения, изображённой справа. Следует отметить, что световые лучи 310 показаны только в иллюстративных целях и не должны рассматриваться как точные пути, по которым световые лучи будут проходить через систему. Менисковая линза 302, выпукло-вогнутая линза 304, стержневая линза 306 и планочно-выпуклая линза 308 вместе выполняют коррекцию оптических aberrаций, манипулируя светом 310 в желаемом широком спектре, например, от синей области до ближней ИК-области, чтобы он был по существу свободен от сферохроматизма и имел по существу одинаковую эффективную длину оптического пути и, таким образом, приходил в общий фокус в общей плоскости изображения. Это позволяет одновременно получать изображения во всем спектре с изображением, по существу свободным от aberrаций, вызванных сферохроматизмом. Каждый стержневой объектив в сборе 301 не имеет дополнительных оптических манипуляционных элементов, кроме перечисленных, которые вместе обеспечивают коррекцию хроматизма и сферохроматизма, достаточную для одновременной съёмки во всем желаемом спектре в изображённой общей плоскости съёмки, или последовательной или отдельной съёмки (например, съёмки в видимом и инфракрасном диапазонах)

без корректировки фокусировки для видимого и инфракрасного спектров. Последовательная визуализация иногда используется в различных методах FI, например, в методах, где сцена изображения сначала освещается белым светом, а затем возбуждающим флуорофором. Величина сферохроматизма и хроматической aberrации может варьироваться в зависимости от материалов, размеров и кривизны различных оптических манипуляционных элементов. В зависимости от  $f$ -числа системы, величина сферохроматизма и коррекции фокусного положения из-за хроматической aberrации, достаточная для одновременной визуализации в желаемом спектре, может составлять менее 15 микрон в спектральном диапазоне от 400 до 900 нм. Особым преимуществом настоящего изобретения является то, что в оптической системе могут быть использованы меньшие  $f$ -числа, что позволяет собирать и передавать больше света от освещенной сцены, чем это было возможно до сих пор, не внося значительных aberrаций из-за сферохроматизма в желаемых широких диапазонах длин волн. В предпочтительных вариантах осуществления изобретения рабочее  $f$ -число для релейной системы составляет 6 или менее. Кроме того, в зависимости от количества реле в системе, эта коррекция фокусного положения, а также сферохроматизм могут варьироваться, поскольку соответствующие ошибки накапливаются в нескольких реле. Более предпочтительно, коррекция общей aberrации в 10 микрон фокусного сдвига в этом диапазоне достижима в некоторых вариантах реализации с использованием релейной системы ФИГ. 3.

**[0042]** Менисковая линза 302 предпочтительно изготовлена из кронового стекла, имеющего коэффициент преломления более 1,70 и число Abbe от 32 до 45.

Предпочтительно, первая линза 304 с положительной силой, которая обычно представляет собой двояковыпуклую линзу, но может быть и другой линзой с положительной силой, изготовлена из материала с аномальной частичной дисперсией. Например, для этой линзы могут быть использованы различные типы кронового стекла, предпочтительные материалы выбираются из фосфатного стекла, флюоритового стекла, флюорофосфатного стекла. Предпочтительно использовать относительно высокое число Abbe. Например, в раскрытых здесь примерах воплощений используется кротовое стекло с числом Abbe приблизительно 77 и 91. Например, первая положительная силовая линза 304 в некоторых вариантах реализации имеет число Abbe 76,98. Стержневая линза 306 в некоторых вариантах реализации, например, как показано на ФИГ. 3, представляет собой планово-вогнутую линзу. Наличие одной или нескольких плоских поверхностей может быть выгодно для упрощения производства (и минимизации соответствующих расходов) стержневого линзового элемента. Планочно-выпуклая линза 308 имеет положительную оптическую силу и предпочтительно выбирается таким образом, чтобы её коэффициент преломления был больше, чем у стержневой линзы 306. Оптические свойства поверхностных элементов одного из возможных вариантов реализации воплощения, показанного на ФИГ. 3, приведены в таблице 1.

**[0043]** ТАБЛИЦА 1 - Сводка данных о поверхности для одного варианта реализации воплощения ФИГ. 3

Поверхность	Радиус	Толщина	Индекс	Abbe	Clear Diam
				нет.	
Obj	Бесконечность	9.705	Воздух		3.27

1	17.7736	1.500	1.762	26.52	5.4
2	Бесконечность	31.450	1.618	49.83	5.4
3	16.2181	3.001	1.497	81.55	5.4
4	-7.8661	1.125	1.757	47.82	5.4
5	-12.0670	0.450	Воздух		5.4
СТО	Бесконечность	0.450	Воздух		4.37
7	12.0670	1.125	1.757	47.82	5.4
8	7.8661	3.001	1.497	81.55	5.4
9	-16.2181	31.450	1.618	49.83	5.4
10	Бесконечность	1.500	1.762	26.52	5.4
11	-17.7736	9.705	Воздух		5.4
ИМА	Бесконечность				3.27

**[0044]** ФИГ. 4 представляет собой график, показывающий значения фокусного сдвига и, таким образом, коррекцию хроматической аберрации, достижимую для заданных длин волн с помощью релейной системы ФИГ. 3 в соответствии с примером реализации со свойствами, указанными в таблице 1. По вертикальной оси показана длина волны света в микрометрах от 0,4 до 0,9 (от 400 до 900 нанометров), а по горизонтальной оси показан фокусный сдвиг, обеспечиваемый релейной системой с использованием одной пары стержневых линз 301 в общем оптическом узле эндоскопа. Как видно на графике, фокусное смещение изменяется по спектру и составляет около 2 микрометров на длине волны 405 нанометров и имеет кривую до около 3,5 микрометров фокусного смещения на длине волны 900

нанометров, с фокусным смещением, равным нулю на длине волны 587,6 нм, для общего фокусного смещения около 1,5 микрометров от одного конца изображённого спектра к другому. Этот фокусный сдвиг, обеспечиваемый изобретательской оптической релейной системой, минимизирует дисперсию фокусного положения в зависимости от длины волны, которая обычно присутствует из-за хроматической aberrации обычной релейной пары стержневых линз.

**[0045]** Возможны другие варианты реализации релейной конструкции, показанной на ФИГ. 3, в зависимости от потребностей системы. Оптические свойства поверхностных элементов другого варианта реализации воплощения, показанного на ФИГ. 3, приведены в таблице 2.

**[0046]** ТАБЛИЦА 2 - Сводка данных о поверхности для другого варианта реализации воплощения, показанного на ФИГ. 3

Поверхность	Радиус	Толщина	Индекс	Abbe нет.	Clear Diam
Obj	Бесконечность	9.497	Воздух		3.27
1	19.7759	1.500	1.847	23.78	5.40
2	Бесконечность	31.651	1.618	49.83	5.40
3	14.5975	3.000	1.529	76.98	5.40
4	-8.6055	1.132	1.835	43.13	5.40
5	-12.9535	0.450	Воздух		5.40
СТО	Бесконечность	0.450	Воздух		4.37
7	12.9535	1.132	1.835	43.13	5.40
8	8.6055	3.000	1.529	76.98	5.40

9	-14.5975	31.651	1.618	49.83	5.40
10	Бесконечность	1.500	1.847	23.78	5.40
11	-19.7759	9.497	Воздух		5.40
IMA	Бесконечность				3.27

**[0047]** ФИГ. 5 представляет собой график, показывающий коррекцию хроматической аберрации, достижимую с помощью релейной системы ФИГ. 3 в соответствии с одним из примеров реализации со свойствами, указанными в таблице 2. Как видно на графике, фокусное смещение изменяется по спектру и составляет около -1,3 микромметра на длине волны 405 нанометров и демонстрирует кривую до около 2,2 микромметра фокусного смещения на длине волны 900 нанометров, с фокусным смещением около -0,3 микромметра в диапазоне 650 нанометров и нулём при 587,6 нм, для общего фокусного смещения около 3,5 микромметра от одного конца изображённого спектра к другому. Этот фокусный сдвиг, обеспечиваемый изобретательской оптической релейной системой, минимизирует дисперсию фокусного положения в зависимости от длины волны, которая обычно присутствует из-за хроматической аберрации обычной релейной пары стержневых линз.

**[0048]** Другой вариант конструкции реле, показанный на ФИГ. 3, представлен с оптическими свойствами его поверхности, приведёнными в таблице 3.

**[0049]** ТАБЛИЦА 3 - Сводка данных о поверхности для одного варианта реализации воплощения, показанного на ФИГ. 3

Поверхность	Радиус	Толщина	Индекс	Abbe нет.	Clear Diam
Obj	Бесконечность	9.398	Воздух		3.27
1	22.5067	1.500	1.963	24.11	5.4
2	Бесконечность	31.757	1.618	49.83	5.4
3	16.5703	3.000	1.529	76.98	5.4
4	-8.5082	1.125	1.835	42.71	5.4
5	-12.9618	0.450	Воздух		5.4
СТО	Бесконечность	0.450	Воздух		4.37
7	12.9618	1.125	1.835	42.71	5.4
8	8.5082	3.000	1.529	76.98	5.4
9	-16.5703	31.757	1.618	49.83	5.4
10	Бесконечность	1.500	1.963	24.11	5.4
11	-22.5067	9.398	Воздух		5.4
IMA	Бесконечность				3.27

**[0050]** ФИГ. 6 представляет собой график, показывающий коррекцию хроматической аберрации, достижимую с помощью релейной системы ФИГ. 3 в соответствии с одним из примеров реализации со свойствами, указанными в таблице 3. Как видно на графике, фокусное смещение изменяется по спектру и составляет около -1,3 микрометра на длине волны 405 нанометров и имеет кривую до около 2,5 микрометров фокусного смещения на длине волны 750 нанометров, с нулевым фокусным смещением при 587,6 нм, для общего фокусного смещения около 3,8

микрометров от одного конца изображённого спектра к другому, изображённый спектр охватывает в основном видимый спектр от 400 нм до 750 нм. Этот фокусный сдвиг, обеспечиваемый изобретательской оптической системой реле, минимизирует дисперсию фокусного положения в зависимости от длины волны, которая обычно присутствует из-за хроматической аберрации обычной пары стержневых линз реле.

**[0051]** ФИГ. 7 представляет собой репрезентативную схему частичного поперечного сечения оптической релейной линзовой системы 700 в соответствии с дополнительными вариантами осуществления изобретения для использования в эндоскопическом устройстве 100. Следует отметить, что на рисунке показаны общие формы описанных оптических элементов и не следует понимать, что они представляют собой фактические измеренные в масштабе значения отдельных или общих элементов. Как показано в таблицах ниже, каждый раскрытый вариант воплощения несколько различается по конкретной форме и размеру каждого элемента. Основное конструктивное отличие данной оптической конструкции от конструкции, показанной на ФИГ. 3, заключается в том, что в данной конструкции используется стержневой элемент 706, имеющий две плоские поверхности. Это отличие может упростить производство и снизить затраты, связанные с изготовлением стержневого элемента 706 и изготовлением релейной системы 700. Релейная система 700 включает противоположную пару узлов стержневых линз 701, расположенных симметрично относительно центрального воздушного пространства. Как и в описанных выше вариантах осуществления изобретения, более одной такой пары могут быть использованы последовательно для обеспечения общей релейной системы большей длины, и настоящее изобретение особенно

выгодно в системах, в которых используется несколько пар узлов стержневых линз. Центральное воздушное пространство между блоками стержневых линз 701 может содержать ограничитель диафрагмы, и каждый блок стержневых линз может быть полностью цементирован вместе, что может упростить конструкцию и сборку общей релейной системы внутри вала 102.

**[0052]** Каждый узел стержневых линз 701, согласно варианту реализации, показанному на ФИГ. 7, включает менисковую линзу 702, расположенную рядом с противоположным узлом стержневых линз. Первая plano-выпуклая линза 704 с положительной силой имеет первую выпуклую поверхность, расположенную рядом с внутренней поверхностью менисковой линзы 702, и вторую плоскую поверхность на противоположной стороне. В других вариантах реализации вместо plano-выпуклой линзы 704 могут использоваться другие линзы. Стержневой элемент 706 имеет первую plano-поверхность, расположенную рядом со второй plano-поверхностью plano-выпуклой линзы 704. Противоположная, внешняя поверхность стержневой линзы 706 является plano-поверхностью, и к ней прилегает plano-выпуклая линза 708 с положительной оптической силой и имеющая выпуклую поверхность, обращённую в сторону от plano-поверхности стержневой линзы 706.

**[0053]** Представлена диаграмма световых лучей, показывающая путь, пройденный светом 710 от плоскости объекта, изображённой слева, до плоскости изображения, изображённой справа. Следует отметить, что световые лучи 310 показаны только в иллюстративных целях и не должны рассматриваться как точные пути, по которым световые лучи будут проходить через систему. Менисковая линза

702, плосковыпуклая линза 704, стержневой элемент 706 и плосковыпуклая линза 708 вместе выполняют коррекцию оптических aberrаций, управляя светом 710 в желаемом широком спектре, например, от синей области до ближней ИК-области, чтобы он был по существу свободен от сферохроматизма и имел по существу одинаковую эффективную длину оптического пути и, таким образом, приходил в общий фокус в общей плоскости изображения. Это позволяет одновременно получать изображения во всем спектре с изображением, по существу свободным от aberrаций, вызванных сферохроматизмом. Каждый узел стержневых линз 701 не имеет дополнительных оптических манипуляционных элементов, кроме перечисленных, которые вместе обеспечивают коррекцию хроматизма и сферохроматизма, достаточную для одновременной съёмки во всем желаемом спектре в изображенной общей плоскости съёмки, или последовательной или отдельной съёмки (например, съёмки в видимом и инфракрасном диапазонах) без корректировки фокусировки для видимого и инфракрасного спектров. Последовательная визуализация иногда используется в различных методах ФИ, например, в методах, где сцена изображения сначала освещается белым светом, а затем возбуждающим флуорофором. Величина сферохроматизма и хроматической aberrации может варьироваться в зависимости от материалов, размеров и кривизны различных оптических манипуляционных элементов. В зависимости от f-числа системы, величина сферохроматизма и коррекции фокусного положения из-за хроматической aberrации, достаточная для одновременной визуализации в желаемом спектре, может составлять менее 15 микрон в спектральном диапазоне от 400 до 900 нм. Особым преимуществом настоящего изобретения

является то, что в оптической системе могут быть использованы меньшие  $f$ -числа, что позволяет собирать и передавать больше света от освещённой сцены, чем это было возможно до сих пор, не внося значительных aberrаций из-за сферохроматизма в желаемых широких диапазонах длин волн. В предпочтительных вариантах осуществления изобретения рабочее  $f$ -число для системы реле составляет 6 или менее. Кроме того, в зависимости от количества реле в системе, эта коррекция фокусного положения, а также сферохроматизм могут варьироваться, поскольку соответствующие ошибки накапливаются в нескольких реле. Более предпочтительно, коррекция общей aberrации в 10 микрон фокусного сдвига в этом диапазоне достижима в некоторых вариантах реализации с использованием релейной системы ФИГ. 7.

**[0054]** Менисковая линза 702 предпочтительно изготовлена из стекла, имеющего показатель преломления более 1,70 и число Abbe от 32 до 35. Предпочтительно, первая линза 704 положительной силы, которая обычно представляет собой планочно-выпуклую линзу, но может быть и другой линзой положительной силы, изготовлена из материала с аномальной частичной дисперсией. Например, для этой линзы могут быть использованы различные типы кронового стекла, предпочтительные материалы выбираются из фосфатного стекла, флюоритового стекла или флюорофосфатного стекла. Предпочтительно использовать относительно высокое число Abbe. Например, в примерах воплощений, раскрытых в настоящем документе, используется крональное стекло с числом Abbe приблизительно 91. Например, первая положительная силовая линза 704 в некоторых вариантах воплощения имеет число Abbe 90,90. Стержневая линза

706 в некоторых вариантах реализации, например, как показано на ФИГ. 7, представляет собой плоскостную линзу. Наличие двух плоских поверхностей может быть выгодно для упрощения производства (и минимизации соответствующих расходов) стержневого линзового элемента. Плоскостно-выпуклая линза 708 имеет положительную оптическую силу и предпочтительно выбирается таким образом, чтобы ее коэффициент преломления был больше, чем у стержневого элемента 706. Оптические свойства поверхностных элементов одного из возможных вариантов реализации воплощения, показанного на ФИГ. 7, приведены в таблице 4.

**[0055]** ТАБЛИЦА 4 - Сводка данных о поверхности для одного варианта реализации воплощения, показанного на ФИГ. 7

Поверхность	Радиус	Толщина	Индекс	Abbe нет.	Clear Diam
Obj	Бесконечность	10.469	Воздух		3.27
1	21.0803	1.500	1.923	20.88	5.4
2	Бесконечность	30.302	1.620	36.26	5.4
3	Бесконечность	3.000	1.456	90.90	5.4
4	-7.8025	1.509	1.738	32.33	5.4
5	-12.8158	0.450	Воздух		5.4
СТО	Бесконечность	0.450	Воздух		4.37
7	12.8158	1.509	1.738	32.33	5.4
8	7.8025	3.000	1.456	90.90	5.4
9	Бесконечность	30.302	1.620	36.26	5.4
10	Бесконечность	1.500	1.923	20.88	5.4

11	-21.0803	10.469			5.4
ИМА	Бесконечность				3.27

**[0056]** ФИГ. 8 представляет собой график, показывающий коррекцию хроматической аберрации, достижимую с помощью релейной системы ФИГ. 7 в соответствии с одним из примеров реализации со свойствами, указанными в таблице 4. Как видно на графике, фокусное смещение изменяется по спектру и составляет около -4,5 микрон на длине волны 405 нанометров и демонстрирует кривую до около 7,8 микрон фокусного смещения на длине волны 900 нанометров, с фокусным смещением около -2 микрон в диапазоне 675 нанометров и нулем при 587.6 нм, что составляет общий фокусный сдвиг около 12,3 микрон от одного конца изображённого спектра к другому, причём изображённый спектр охватывает в основном видимый и инфракрасный спектры от 400 нм до 900 нм. Этот фокусный сдвиг, обеспечиваемый изобретательской оптической релейной системой, минимизирует дисперсию фокусного положения в зависимости от длины волны, которая обычно присутствует из-за хроматической аберрации обычной релейной пары стержневых линз.

**[0057]** Другой вариант конструкции реле, показанный на ФИГ. 7, представлен с оптическими свойствами его поверхностных элементов, приведёнными в таблице 5.

**[0058]** ТАБЛИЦА 5 - Сводка данных по альтернативным поверхностям для одного варианта реализации воплощения, показанного на ФИГ. 7

Поверхность	Радиус	Толщина	Индекс	Abbe нет.	Clear Diam
Obj	Бесконечность	9.674	Воздух		3.27
1	21.5394	1.500	1.923	20.88	5.4
2	Бесконечность	31.481	1.620	36.26	5.4
3	Бесконечность	3.000	1.456	90.90	5.4
4	-7.9378	1.125	1.801	34.97	5.4
5	-12.0681	0.450	Воздух		5.4
СТО	Бесконечность	0.450	Воздух		4.37
7	12.0681	1.125	1.801	34.97	5.4
8	7.9378	3.000	1.456	90.90	5.4
9	Бесконечность	31.4812	1.620	36.26	5.4
10	Бесконечность	1.500	1.923	20.88	5.4
11	-21.5394	9.674			5.4
IMA	Бесконечность				3.27

**[0059]** ФИГ. 9 представляет собой график, показывающий коррекцию хроматической аберрации, достижимую в основном видимом спектре с помощью релейной системы ФИГ. 7 в соответствии с примером реализации со свойствами, указанными в таблице 5. Как видно на графике, фокусное смещение изменяется по спектру и составляет около -1,8 микрон на длине волны 405 нанометров и имеет кривую до около 4,5 микрон фокусного смещения на длине волны 750 нанометров, с нулевым фокусным смещением при 587,6 нм, для общего фокусного

смещения около 6,3 микронетров от одного конца изображённого спектра к другому, этот изображённый спектр охватывает в основном видимый спектр от 400 нм до 700 нм. Этот фокусный сдвиг, обеспечиваемый изобретательской оптической релейной системой, минимизирует дисперсию фокусного положения в зависимости от длины волны, которая обычно присутствует из-за хроматической аберрации обычной пары стержневых линз.

**[0060]** Некоторые преимущества раскрытых релейных систем, представленных в настоящем документе, проиллюстрированы в сравнении с другими системами на ФИГ. 10. Показатель сферической аберрации (в волнах) представлен в зависимости от длины волны в видимом и NIR спектре от 400-900 нм. Для настоящего изобретения представлены данные 1001, представленные ромбовидными маркерами, которые показывают очень низкое, относительно постоянное значение сферической аберрации по всему спектру. Напротив, данные 1002 для обычной ахроматической оптической системы, известной в данной области техники, показаны маркерами в форме треугольника, демонстрирующими явное изменение величины сферической аберрации в том же диапазоне длин волн. Аналогично, данные 1003, представленные X-образными маркерами, показывают сферическую аберрацию для одного из вариантов реализации, раскрытых в ранее рассмотренной заявке на патент США № 17/129,391 на имя настоящего изобретателя, также демонстрирующей значительную сферическую аберрацию по всему спектру. Данные, показанные квадратными маркерами, представляют сферическую аберрацию по всему спектру для одного из вариантов реализации, раскрытых Тесаром в ранее рассмотренном патенте США № 8,773,756,

демонстрируя как значительную вариацию, так и значительную абберацию по всему диапазону. Таким образом, ясно видно, что настоящее изобретение предлагает заметные улучшения в коррекции хроматической абберации из-за широкого диапазона длин волн, необходимого для формирования изображений в видимом и NIR свете, а также в поддержании минимальной вариации и абсолютной сферической абберации в том же спектре.

**[0061]** Другая метрика, с помощью которой можно продемонстрировать преимущества настоящего изобретения по сравнению с уровнем техники, показана на кривых MTF (модульной передаточной функции) по оси, показанных на ФИГ. 11 для теоретической релейной системы, в которой изображение передаётся в общей сложности пять раз, то есть используется 5 пар релейных линз. MFT оптической системы показана в зависимости от частоты в ци/мм. Опять же, ромбовидные маркеры представляют настоящее изобретение, треугольные маркеры представляют данные обычной ахроматической оптической системы, X-образные маркеры соответствуют патентной заявке США 17/129,391 Дакетта, а квадратные маркеры соответствуют системе, предложенной Тесаром в патенте США 8,773,756. Дифракционный предел 1101 показан сплошной линией, которая, как видно, очень близко и почти перекрывает, вплоть до того, что часто затушевывается, данные, полученные в соответствии с настоящим изобретением. Напротив, каждая из других систем значительно отклоняется от дифракционного предела в диапазоне пространственных частот от 0 до 400 ци/мм.

**[0062]** На ФИГ. 12 представлена блок-схема системы, включающей устройство захвата изображения и устройство эндоскопа с улучшенной коррекцией

хроматической аберрации, как описано выше. Изобретение применимо к более чем одному типу устройств с возможностью захвата изображения, например, к эндоскопам с поддержкой FI, другим устройствам медицинской визуализации FI. Предпочтительным вариантом является система прицела для получения изображений, такая как эндоскоп.

**[0063]** Как показано на схеме системы эндоскопического устройства, источник света 8 освещает предметную сцену 9 видимым светом и/или флуоресцентным возбуждающим светом, который может находиться за пределами видимого спектра в ультрафиолетовом диапазоне или инфракрасном/ближнем инфракрасном диапазоне, или в обоих. Источник света 8 может включать один светоизлучающий элемент, сконфигурированный для обеспечения света во всем желаемом спектре, или светоизлучающий элемент видимого света и один или несколько светоизлучающих элементов флуоресцентного возбуждения. Кроме того, источник света 8 может включать волоконную оптику, проходящую через корпус оптического прицела, или другие светоизлучающие устройства, такие как светодиоды или лазерные диоды, расположенные на передней части оптического прицела или рядом с ней.

**[0064]** Как показано на чертеже, свет 10, отраженный от (или, альтернативно, как в случае флуоресценции, возбуждающий свет 8, поглощенный и впоследствии испущенный) объекта съёмки, вводится в оптический узел 11, где свет фокусируется для формирования изображения на твердотельном датчике(ах) 222 и/или датчике(ах) 223 флуоресцирующего света.

**[0065]** Оптическая сборка 11 включает оптическую релейную систему, сконструированную в соответствии с методиками, представленными в настоящем документе. Например, могут быть использованы варианты воплощения ФИГ. 3 или ФИГ. 7, или другие варианты воплощения. На головке камеры может быть установлена дополнительная группа линз, как описано в отношении ФИГ. 2. Как обсуждалось выше, части оптического узла могут быть воплощены в головке камеры или другом первом оптическом устройстве, в то время как другие части находятся в эндоскопе или другом оптическом устройстве, или оптический узел 11 может содержаться в одном устройстве формирования изображения. Датчик изображения 222 (который может включать отдельные массивы датчиков R, G и B) и датчик флуоресцирующего света 223 преобразуют падающий видимый и невидимый свет в электрический сигнал путём интегрирования заряда для каждого элемента изображения (пикселя). Следует отметить, что датчик флуоресцирующего света 223 показан как дополнительная пунктирная рамка, поскольку в вариантах осуществления изобретения датчик изображения 222 RGB может использоваться для обнаружения только изображений белого света или также для обнаружения флуоресцирующего света (например, NIR, ICG, FI). Последняя схема может быть использована, когда флуоресцирующий свет находится в спектре, обнаруживаемом датчиком изображения 222, который находится в спектре видимого света, обычно обнаруживаемом массивами датчиков RGB, или рядом с ним.

**[0066]** Конечно, возможны альтернативные варианты реализации настоящей изобретательской системы релейных линз. Например, оптическая сборка 11 может включать дихроичный элемент разделения луча и может направлять одну полосу

спектра на один датчик для визуальной визуализации и другую полосу на другой датчик для визуализации флуоресценции. Поскольку настоящее изобретение позволяет решить проблемы, связанные с хроматической аберрацией в релейных системах, узел 28 датчика изображения головки камеры не нужно регулировать, чтобы обеспечить фокусировку видимого и флуоресцентного изображений.

**[0067]** Датчик изображения 222 и датчик флуоресцирующего света 223 могут представлять собой активный пиксельный комплементарный металлооксидный полупроводниковый датчик (CMOS APS) или прибор с зарядовой связью (CCD).

**[0068]** Общее количество света 10, попадающего на датчик изображения 222 и/или датчик флуоресцирующего света 223, регулируется интенсивностью источника света 8, апертурой оптического узла 11 и временем, в течение которого датчик изображения 222 и датчик флуоресцирующего света 223 интегрируют заряд. Контроллер экспозиции 40 реагирует на количество света, доступного в сцене, в зависимости от интенсивности и пространственного распределения оцифрованных сигналов, соответствующих интенсивности и пространственному распределению света, сфокусированного на датчике изображения 222 и датчике флуоресцирующего света 223.

**[0069]** Контроллер экспозиции 40 также управляет испусканием флуоресцентного возбуждающего света от источника света 8 и может управлять видимыми и флуоресцентными светоизлучающими элементами, чтобы они были включены одновременно или чередовались, чтобы кадры с флуоресцентным светом могли быть сняты в отсутствие видимого света, если этого требует используемая схема флуоресцентной визуализации. Контроллер 40 экспозиции может также

управлять апертурой оптического блока 11 и, косвенно, временем, в течение которого датчик 222 изображения и датчик 223 флуоресцентного света интегрируют заряд. Связь управления от контроллера экспозиции 40 к генератору синхронизации 26 показана пунктирной линией, поскольку управление обычно не прямое.

**[0070]** Как правило, контроллер экспозиции 40 имеет различную схему синхронизации и экспозиции для каждого из датчиков 222 и 223. В связи с различными типами измеряемых данных, контроллер экспозиции 40 может управлять временем интеграции датчиков 222 и 223, интегрируя датчик 222 до максимально допустимого значения в пределах фиксированной частоты кадров 60 Гц или 50 Гц (стандартная частота кадров для видео США и Европы, соответственно), в то время как датчик флуоресцирующего света 223 может управляться для изменения времени интеграции от небольшой части времени кадра датчика 222 до многих кратных значений времени кадра датчика 222. Частота кадров датчика 222 обычно управляет процессом синхронизации таким образом, что кадры изображений, полученные с помощью датчика 223, повторяются или интерполируются для синхронизации во времени с частотой 50 или 60 кадров в секунду датчика 222.

**[0071]** Аналоговые сигналы от датчика изображения 222 и датчика флуоресцентного света 223 обрабатываются процессором аналоговых сигналов 22 и подаются на аналого-цифровой (A/D) преобразователь 24 для оцифровки аналоговых сигналов датчика. Оцифрованные сигналы, каждый из которых представляет собой потоки изображений или представления изображений на основе данных, подаются на процессор изображений 30 в виде сигнала изображения 27 и

первого сигнала флуоресцентного света 29. В вариантах, в которых датчик изображения 222 также функционирует для обнаружения флуоресцирующего света, данные о флуоресцирующем свете включаются в сигнал изображения 27, обычно в один или более из трех цветовых каналов.

**[0072]** Схема обработки изображения 30 включает схему, выполняющую функции цифровой обработки изображений для обработки и фильтрации полученных изображений, как известно в данной области техники. Схема обработки изображения может включать отдельные, параллельные конвейеры для обработки данных изображения видимого света и данных изображения ФИ отдельно. Такие схемы известны в данной области техники и не будут далее описываться здесь.

**[0073]** Схема обработки изображений 30 может обеспечивать алгоритмы, известные в данной области, для объединения изображений в видимом свете с изображениями FI в комбинированном изображении, и дальнейшего выделения или подчеркивания изображений FI для легкого различения присутствия флуоресцирующих элементов на изображении.

**[0074]** Генератор синхронизации 26 вырабатывает различные тактовые сигналы для выбора строк и пикселей и синхронизирует работу датчика изображения 222 и флуоресцентного датчика 223, аналогового сигнального процессора 22 и АЦП 24. Узел 28 датчика изображения включает в себя датчик изображения 222 и флуоресцентный датчик 223, регулятор 20, процессор аналогового сигнала 22, АЦП 24 и генератор синхронизации 26. Функциональные элементы блока 28 датчика изображения могут быть изготовлены в виде единой интегральной схемы, как это обычно делается в случае КМОП-датчиков

изображения, или они могут быть отдельно изготовленными интегральными схемами.

**[0075]** Системный контроллер 50 управляет общей работой устройства захвата изображения на основе программы, хранящейся в программной памяти 54. Эта память также может использоваться для хранения пользовательских настроек и других данных, которые должны быть сохранены при выключении камеры.

**[0076]** Системный контроллер 50 управляет последовательностью сбора данных, направляя контроллер экспозиции 40 на установку интенсивности источника света 8, диафрагмы оптической сборки 11, управление различными фильтрами в оптической сборке 11 и временем, которое может потребоваться для получения потоков изображений на основе видимого света и флуоресцирующего света. В некоторых вариантах оптический узел 11 включает оптический фильтр, сконфигурированный для ослабления возбуждающего света и пропускания флуоресцирующего света. Шина данных 52 включает в себя путь для сигналов адреса, данных и управления.

**[0077]** Обработанные данные изображения непрерывно передаются в видеокодер 80 для получения видеосигнала. Этот сигнал обрабатывается контроллером дисплея 82 и выводится на дисплей 88. Этот дисплей обычно представляет собой жидкокристаллический дисплей с подсветкой светоизлучающими диодами (LED LCD), хотя используются и другие типы дисплеев. Данные обработанного изображения могут также храниться в системной памяти 56 или другом внутреннем или внешнем запоминающем устройстве.

**[0078]** Пользовательский интерфейс 60, включая все или любую комбинацию изображений 88, пользовательских входов 64 и индикатора состояния 62, управляется комбинацией программ, выполняемых на системном контроллере 50. Пользовательские входы обычно включают некоторую комбинацию клавиатур, компьютерных указательных устройств, кнопок, кулисных переключателей, джойстиков, поворотных дисков или сенсорных экранов. Системный контроллер 50 управляет графическим интерфейсом пользователя (GUI), представленным на одном или нескольких дисплеях (например, на дисплее 88). В частности, системный контроллер 50, как правило, имеет возможность переключения режимов, вводимых пользователем (обычно через кнопку на самом эндоскопе или головке камеры, но возможно и через интерфейс GUI), и в ответ передаёт команды для настройки схем обработки изображений 30 на основе заранее определённых настроек, хранящихся в памяти системы. Предпочтительно система, используемая с любым из представленных здесь вариантов устройства, обеспечивает возможность переключения между по меньшей мере двумя режимами, режимами видимого света и FI, и более предпочтительно включает комбинированный режим, в котором FI изображения комбинируются или накладываются на видимые изображения подходящим способом, известным в данной области техники. Такие настройки могут включать различные настройки для различных моделей прицелов, которые могут быть прикреплены к головке камеры или другому устройству формирования изображения, содержащему узел 28 датчика изображения.

**[0079]** Схема обработки изображения 30 является одним из трёх программируемых логических устройств, процессоров или контроллеров в данном

варианте реализации, в дополнение к системному контроллеру 50 и контроллеру экспозиции 40. Схема обработки изображения 30, контроллер 50, контроллер экспозиции 40, системная и программная память 56 и 54, видеокодер 80 и контроллер дисплея 82 могут быть размещены в блоке управления камерой (CCU) 70.

**[0080]** CCU 70 может отвечать за питание и управление источником света 8, узлом 28 датчика изображения и/или оптическим узлом 11. В некоторых вариантах отдельный модуль фронтальной камеры может выполнять некоторые функции обработки изображений схемы обработки изображений 30.

**[0081]** Хотя такое распределение функционального управления устройством формирования изображения между несколькими программируемыми логическими устройствами, процессорами и контроллерами является типичным, эти программируемые логические устройства, процессоры или контроллеры могут комбинироваться различными способами без ущерба для функциональной работы устройства формирования изображения и применения изобретения. Эти программируемые логические устройства, процессоры или контроллеры могут включать в себя одно или несколько программируемых логических устройств, цифровых сигнальных процессоров, микроконтроллеров или других цифровых логических схем. Хотя была описана комбинация таких программируемых логических устройств, процессоров или контроллеров, должно быть очевидно, что одно программируемое логическое устройство, цифровой сигнальный процессор, микроконтроллер или другая цифровая логическая схема может быть назначена для

выполнения всех необходимых функций. Все эти варианты могут выполнять одну и ту же функцию и попадают в объем настоящего изобретения.

**[0082]** Используемые здесь термины "включающий", "в том числе", "несущий", "имеющий", "содержащий", "включающий" и т.п. следует понимать как открытые, то есть означающие, включая, но не ограничиваясь ими. Любое использование порядковых терминов, таких как "первый", "второй", "третий" и т.д., в формуле изобретения для модификации элемента формулы, само по себе не означает приоритета, старшинства или порядка одного элемента формулы над другим, или временного порядка выполнения действий способа. Скорее, если специально не указано иное, такие порядковые термины используются просто как обозначения, позволяющие отличить один элемент формулы, имеющий определённое название, от другого элемента, имеющего такое же название (но без использования порядкового термина).

**[0083]** Хотя изобретение и его преимущества были описаны подробно, следует понимать, что различные изменения, замены и переделки могут быть сделаны в настоящем документе без отступления от объёма изобретения, определённого прилагаемой формулой изобретения. Описанные здесь комбинации признаков не должны толковаться как ограничивающие, и признаки могут быть использованы в любой рабочей комбинации или подкомбинации в соответствии с изобретением. Поэтому данное описание следует рассматривать как письменное обоснование, согласно патентному законодательству США и любым соответствующим иностранным патентным законам, любой рабочей комбинации или некоторой подкомбинации описанных здесь признаков.

**[0084]** Более того, объем настоящей заявки не предназначен для ограничения конкретными вариантами осуществления способа, машины, производства, композиции вещества, средств, методов и шагов, описанных в спецификации. Как специалист в данной области легко поймёт из раскрытия изобретения, согласно изобретению могут быть использованы способы, машины, производства, композиции вещества, средства, методы или этапы, существующие в настоящее время или которые будут разработаны позднее, которые выполняют по существу ту же функцию или достигают по существу того же результата, что и соответствующие варианты осуществления, описанные здесь. Соответственно, прилагаемая формула изобретения предназначена для включения в свой объем таких способов, машин, производств, композиций вещества, средств, методов или этапов.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Релейная система для эндоскопа включает в себя:
- противоположную пару узлов стержневых линз, расположенных симметрично относительно центрального воздушного пространства, где каждый узел стержневых линз включает оптические элементы, состоящие по существу из:
- менисковой линзы, расположенной непосредственно рядом с центральным воздушным пространством и имеющая выпуклую поверхность, обращённую к воздушному пространству, и внутреннюю вогнутую поверхность напротив него;
  - первая линза с положительной оптической силой с выпуклой поверхностью, расположенной рядом с внутренней поверхностью менисковой линзы, и второй поверхностью;
  - стержневую линзу, примыкающую к первой линзе с положительной оптической силой, имеющую первую поверхность, примыкающую ко второй поверхности первой линзы, и вторую поверхность, причём как первая, так и вторая поверхности стержневой линзы являются поверхностями, пропускающими луч; и
  - вторая линза с положительной оптической силой с внутренней поверхностью, прилегающей ко второй поверхности стержневой линзы, и внешней выпуклой поверхностью,
- где менисковая линза, первая линза с положительной оптической силой, стержневая линза и вторая линза с положительной оптической

1                    силой вместе обеспечивают коррекцию хроматической аберрации  
2                    путём манипулирования светом в непрерывном спектре от  
3                    фиолетовой области спектра через по меньшей мере красную область  
4                    спектра, чтобы прийти к общему фокусу в общей плоскости  
5                    изображения, и где сферическая аберрация хорошо корректируется  
6                    по всему спектру.

7

8                    2. Релейная система по п. 1, в которой спектр простирается от фиолетовой  
9                    области спектра до ближней инфракрасной (NIR) области спектра.

10                    3. Релейная система по п. 1, в которой спектр находится в диапазоне 400-700  
11                    нм.

12                    4. Релейная система по п. 2, в которой спектр находится в диапазоне 400-900  
13                    нм.

14                    5. Релейная система по п.1, в которой вторая поверхность стержневой линзы,  
15                    пропускающая луч, является планарной, а вторая линза, имеющая  
16                    положительную силу, является планочно-выпуклой линзой, где ее  
17                    внутренняя поверхность является планарной и примыкает ко второй,  
18                    планарной поверхности стержневой линзы.

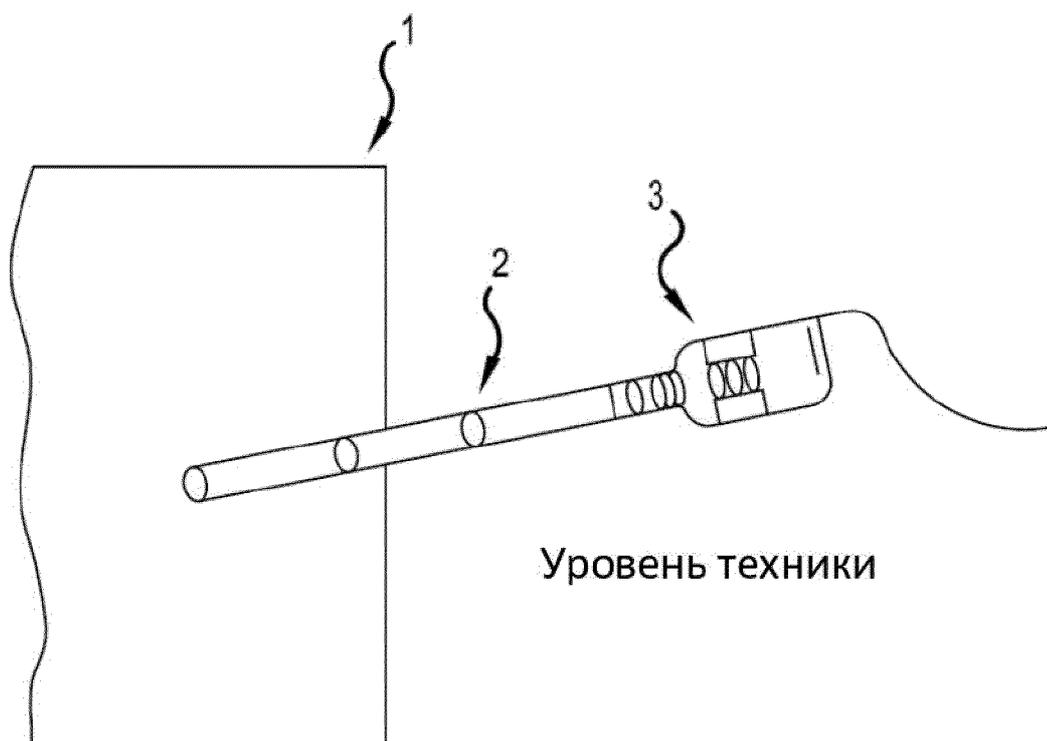
19                    6. Релейная система по п. 5, в которой стержневая линза имеет две плоские  
20                    поверхности, пропускающие луч, а первая линза, имеющая положительную  
21                    силу, является планочно-выпуклой линзой, причём её вторая плоская  
22                    поверхность прилегает к первой плоской поверхности стержневой линзы.

- 1 7. Релейная система по п. 1, в которой первая линза с положительной силой  
2 представляет собой двояковыпуклую линзу.
- 3 8. Релейная система по п. 1, в которой первая линза с положительной  
4 мощностью состоит из материала с аномальной частичной дисперсией.
- 5 9. Релейная система по п. 8, в которой первая линза с положительной  
6 мощностью состоит из материалов, выбранных из группы, состоящей из  
7 фторсодержащего стекла, фосфатного стекла и фторфосфатного стекла; и  
8 где первая линза с положительной мощностью имеет показатель  
9 преломления между 1,43 и 1,55 при длине волны 587 нм.
- 10 10. Релейная система по п. 1, в которой все элементы каждого узла стержневой  
11 линзы скреплены вместе.
- 12 11. Релейная система по п. 1, в которой вторая линза с положительной  
13 оптической силой имеет более высокий коэффициент преломления и более  
14 низкое число Abbe, чем стержневая линза.
- 15 12. Релейная система по п. 1, в которой каждый узел стержневых линз имеет  
16 рабочее число  $f$  меньше шести.
- 17 13. Релейная система по п. 1, в которой центральное воздушное пространство  
18 между блоками стержневых линз дополнительно включает в себя  
19 ограничитель диафрагмы.
- 20 14. Эндоскоп включает в себя:  
21 шахту с дистальным концом и проксимальным концом;  
22 объективную линзу на дистальном конце шахты или рядом с ним для сбора  
23 света от сцены объекта; систему реле для передачи захваченного света от

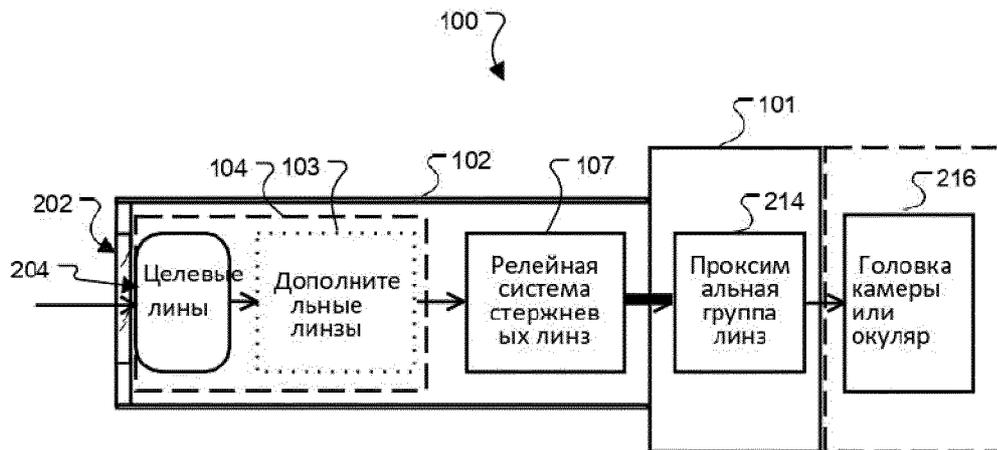
1 дистального конца к проксимальному концу шахты, система реле включает  
2 в себя:  
3                   противоположной пары корректирующих стержневых линз,  
4 расположенных симметрично относительно центрального воздушного  
5 пространства, где каждая корректирующая стержневая линза в сборе  
6 включает оптические элементы, состоящие по существу из:  
7                   менисковая линза, расположенная непосредственно рядом с  
8                   центральным воздушным пространством и имеющая выпуклую  
9                   поверхность, обращённую к воздушному пространству, и  
10                  внутреннюю вогнутую поверхность напротив него;  
11                  первая линза с положительной оптической силой с выпуклой  
12                  поверхностью, расположенной рядом с внутренней поверхностью  
13                  менисковой линзы, и второй поверхностью;  
14                  стержневой линзы, примыкающей к первой линзе с  
15                  положительной оптической силой, имеющей первую поверхность,  
16                  примыкающую ко второй поверхности первой линзы, и вторую  
17                  поверхность, причём и первая, и вторая поверхности стержневой  
18                  линзы являются поверхностями, пропускающими луч; и  
19                  вторая линза с положительной оптической силой с внутренней  
20                  поверхностью, прилегающей ко второй поверхности стержневой  
21                  линзы, и внешней выпуклой поверхностью,  
22                  где менисковая линза, первая линза с положительной оптической  
23                  силой, стержневая линза и вторая линза с положительной оптической

- 1                    силой вместе обеспечивают коррекцию хроматической аберрации  
2                    путём манипулирования светом в непрерывном спектре от  
3                    фиолетовой области спектра через по меньшей мере красную область  
4                    спектра, чтобы прийти к общему фокусу в общей плоскости  
5                    изображения, и где сферическая аберрация хорошо корректируется  
6                    по всему спектру;
- 7                    проксимальная группа линз для фокусировки света, передаваемого системой  
8                    ретрансляции, на общую плоскость изображения.
- 9                    15. Эндоскоп по п. 14, в котором система реле включает по меньшей мере пять  
10                    противоположных пар узлов стержневых линз, и по меньшей мере один из  
11                    пяти узлов стержневых линз является узлом корректирующей стержневой  
12                    линзы.
- 13                    16. Эндоскоп по п. 15, в котором каждый из пяти или более узлов стержневых  
14                    линз представляет собой узел корректирующих стержневых линз.
- 15                    17. Эндоскоп по п. 14, дополнительно включающий датчик изображения,  
16                    расположенный в общей плоскости изображения для получения  
17                    изображения сфокусированного, ретранслированного света.
- 18                    18. Эндоскоп по п. 14, в котором  $f$ -число узлов стержневых линз меньше шести.
- 19                    19. Релейная система по п. 14, в которой первая линза с положительной  
20                    мощностью состоит из материала с аномальной частичной дисперсией.
- 21                    20. Релейная система по п. 19, в которой первая линза с положительной  
22                    мощностью состоит из материалов, выбранных из группы, состоящей из  
23                    фторсодержащего стекла, фосфатного стекла и фторфосфатного стекла; и в

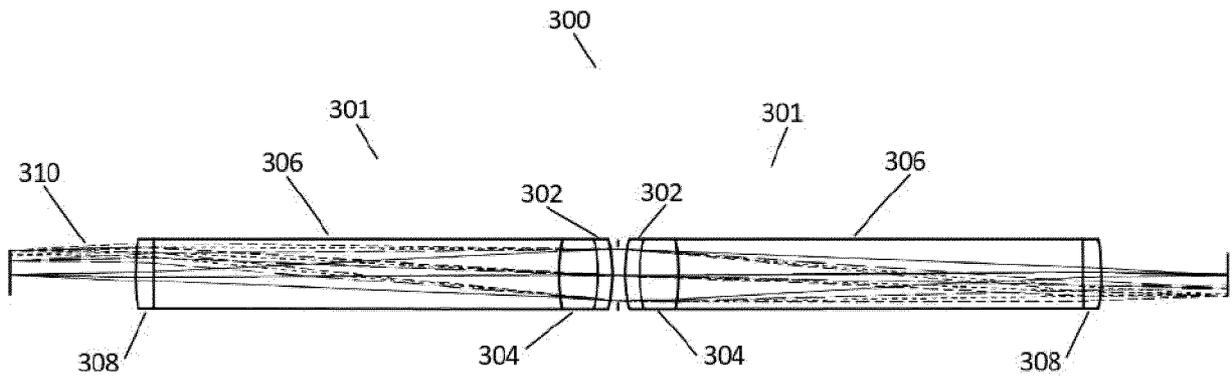
- 1 которой первая линза с положительной мощностью имеет показатель
- 2 преломления между 1,43 и 1,55 при длине волны 587 нм.



ФИГ. 1

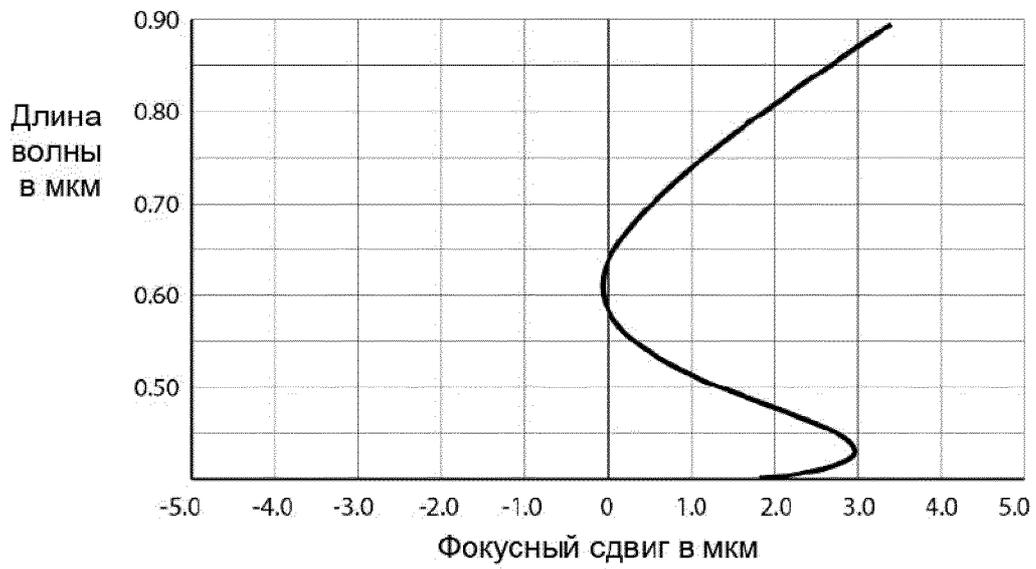


ФИГ. 2

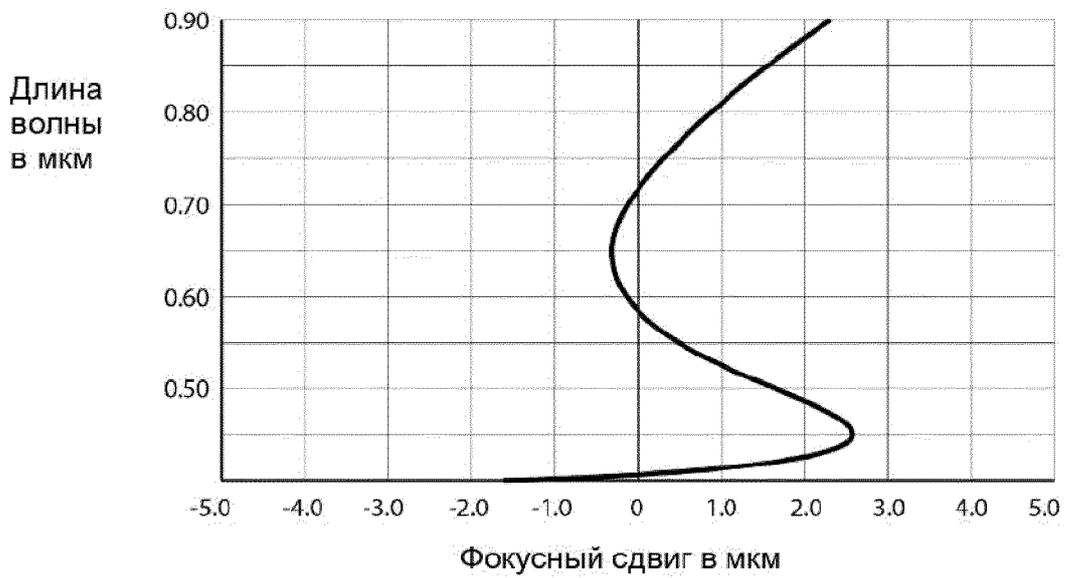


ФИГ. 3

4/10



ФИГ. 4

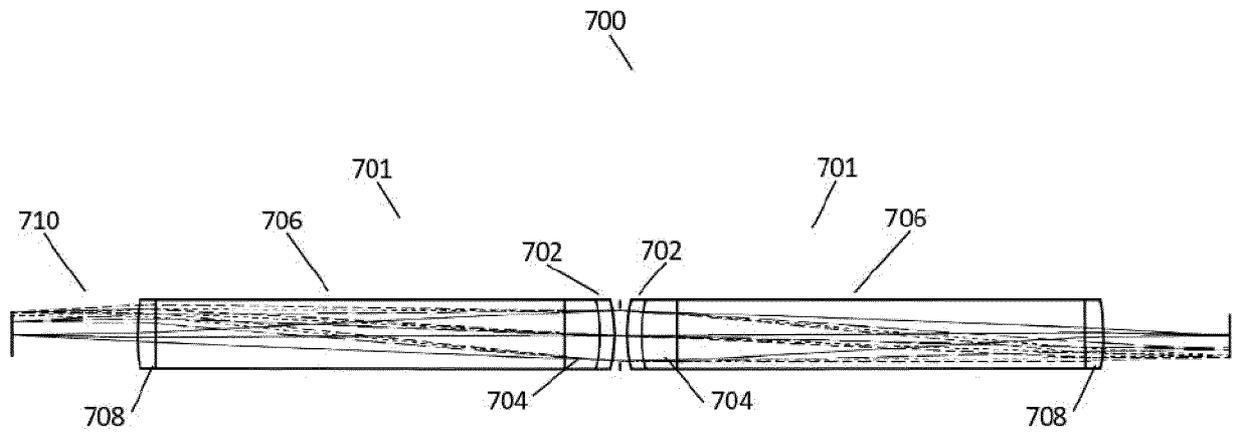


ФИГ. 5



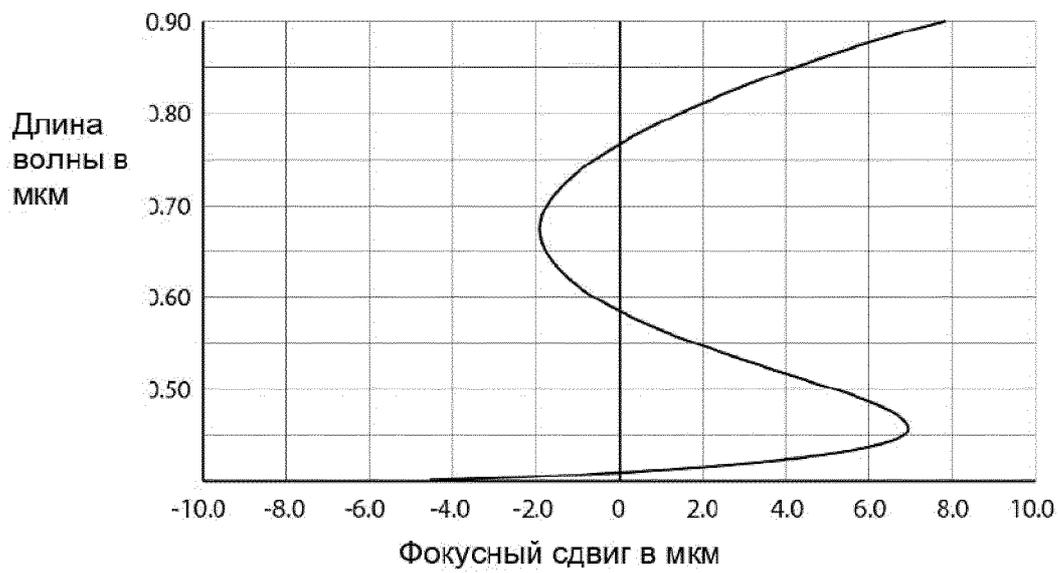
ФИГ. 6

6/10

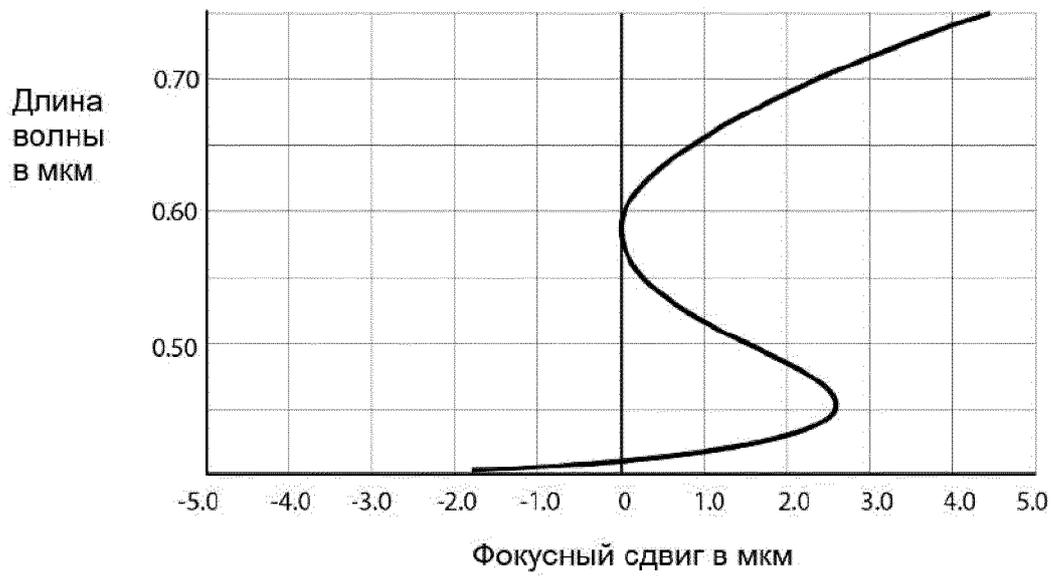


ФИГ. 7

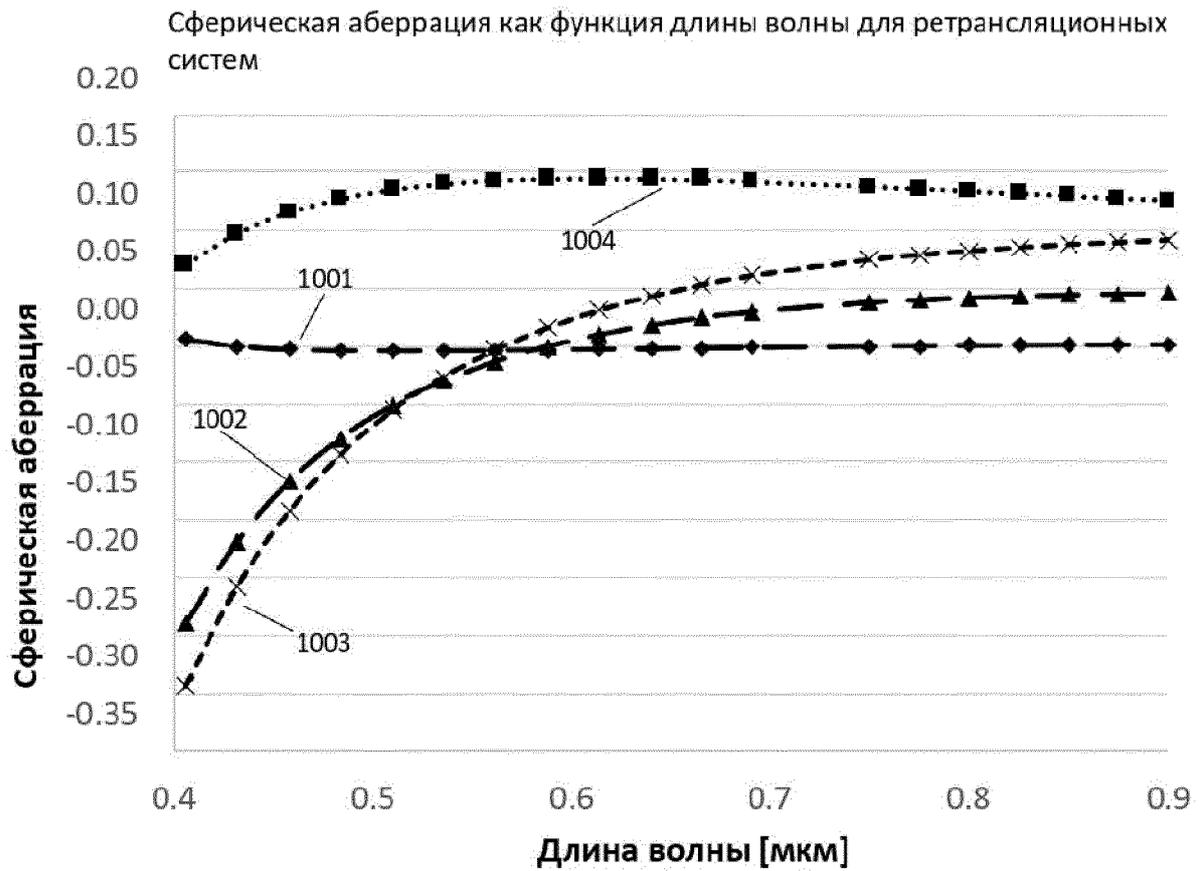
7/10



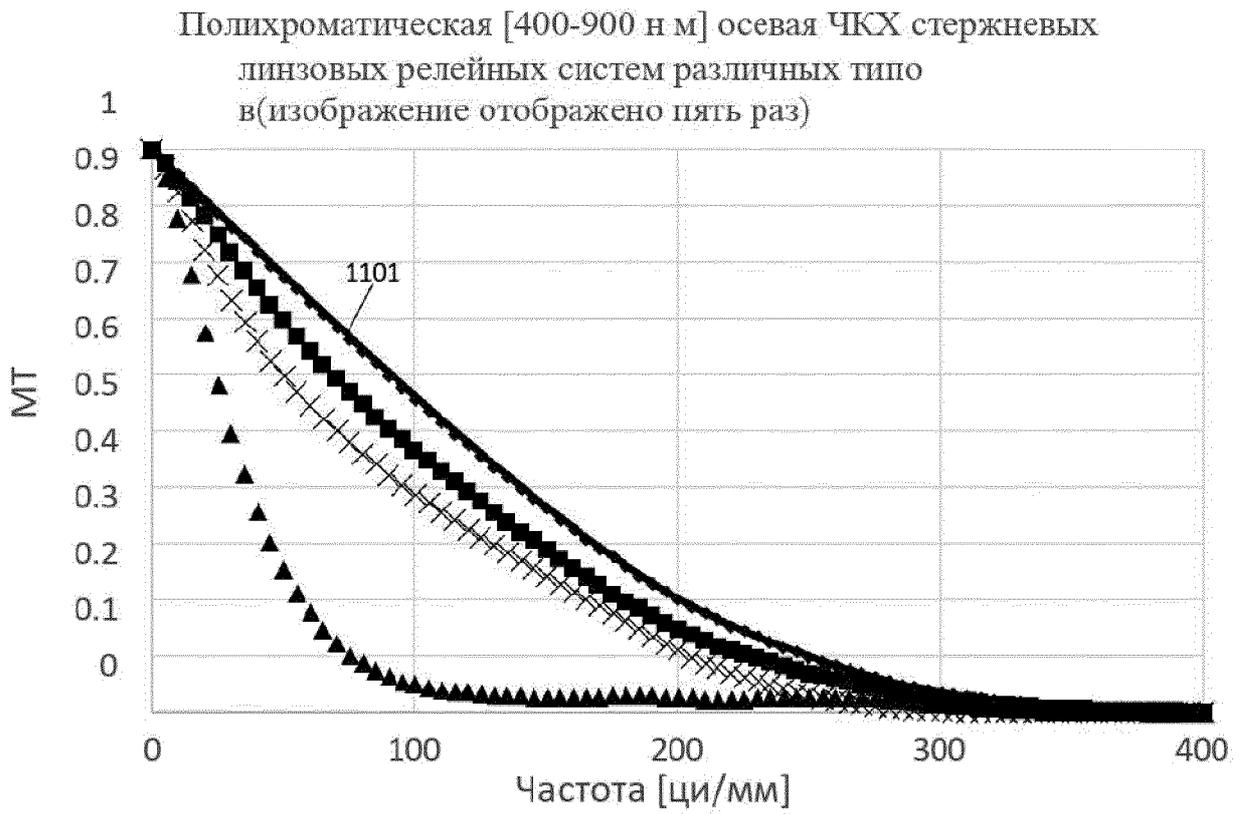
ФИГ. 8



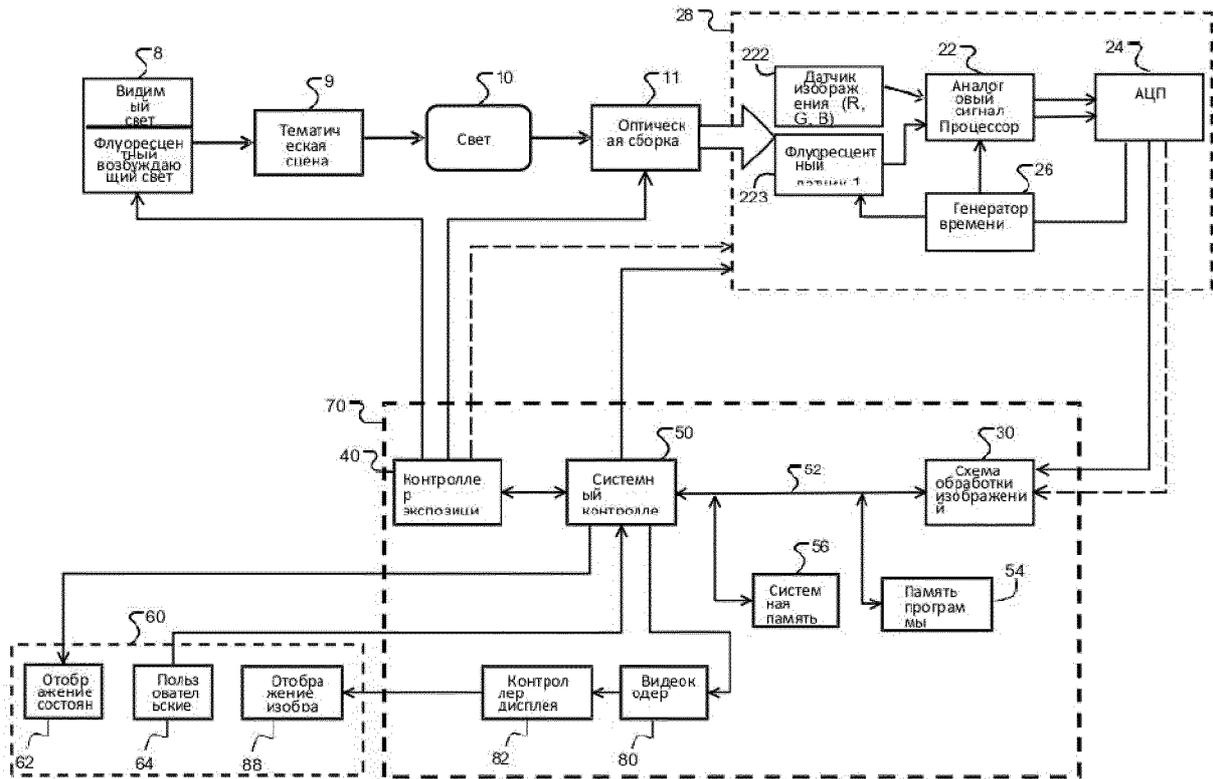
ФИГ. 9



ФИГ. 10



ФИГ. 11



ФИГ. 12

**ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ**  
(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

**202390366**

**А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:**

*A61B 1/055 (2006.01)*  
*G02B 13/00 (2006.01)*  
*G02B 23/24 (2006.01)*  
*G02B 27/00 (2006.01)*

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

**Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:**

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)  
A61B 1/00, 1/04, 1/55, G02B 13/00, 23/24, 27/00, H04N 7/18

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)  
ЕАПАТИС, Espacenet, Google Patents, «Поисковая платформа» Роспатент

**В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ**

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
X	RU 2120224 C1 (АО "ВНИИМП-ВИТА") 1998.10.20, со строки 38 левого столбца стр. 3 по строку 4 правого столбца стр. 3, фиг. 1	1-6, 10, 14
A		7-9, 11-13, 15-20
A	RU 2037859 C1 (АО "ВНИИМП-ВИТА") 1995.06.19, весь документ	1-20
A	US 9817227 B2 (WINTER & IBE OLYMPUS) 2017.11.14, весь док	1-20
A	US 5519532 A (LINVATEC CORP) 1996.05.21, весь документ	1-20

последующие документы указаны в продолжении

\* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники

«D» - документ, приведенный в евразийской заявке

«E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее

«O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.

"P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения

«X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности

«Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории

«&» - документ, являющийся патентом-аналогом

«L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **26/07/2023**

Уполномоченное лицо:  
Заместитель начальника отдела механики,  
физики и электротехники



М.Н. Юсупов