

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 036847

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.12.28

(51) Int. Cl. G02B 5/20 (2006.01)

(21) Номер заявки
201892611

(22) Дата подачи заявки
2016.06.09

(54) ОПТИЧЕСКИЙ ФИЛЬТР И СПОСОБ ЕГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

(43) 2019.05.31

(56) US-A-6066272
US-A1-2011001252

(86) PCT/EP2016/063174

(87) WO 2017/211420 2017.12.14

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ФИЛДПОЙНТ (САЙПРЕС) ЛТД.
(CY)

(72) Изобретатель:
Коруга Джюро (CY)

(74) Представитель:
Хмара М.В., Липатова И.И.,
Новоселова С.В., Пантелеев А.С.,
Ильмер Е.Г., Осипов К.В. (RU)

(57) Оптический фильтр может содержать основу, содержащую оптически прозрачный матричный материал и нанوفотонный материал с икосаэдрической или додекаэдрической симметрией, диспергированный в матричном материале.

036847 B1

036847 B1

036847

B1

Область техники, к которой относится изобретение

Различные варианты изобретения относятся к оптическим фильтрам, к облучающим устройствам, содержащим оптические фильтры, и к способам изготовления оптических фильтров.

Предшествующий уровень техники

Распространение оптического излучения (далее - излучение) через сложные диэлектрические системы в последние несколько лет стало предметом интенсивных исследований. Среди сложных диэлектрических систем внимание ученых привлекли квазикристаллы, в особенности квазикристаллы Фибоначчи, обладающие экстраординарными характеристиками в отношении взаимодействия с излучением (Luca Dal Negro, 2003).

Посредством взаимодействия с квазикристаллами, особенно с квазикристаллами Фибоначчи, можно сгенерировать излучение с четко определенным состоянием поляризации и с четко определенным распределением углового момента. Это, в свою очередь, открывает благоприятные возможности четко определенного взаимодействия пучка излучения, сгенерированного подобным образом, с веществом, например с биологической тканью.

Излучение с четко определенным состоянием поляризации и четко определенным распределением углового момента может быть получено посредством оптических фильтров.

Чтобы полностью реализовать рассмотренные возможности, требуются прочные и стабильные оптические фильтры, оптические свойства которых не ухудшаются со временем.

Сущность изобретения

Согласно одному аспекту изобретения предложен оптический фильтр, который может содержать основу, содержащую оптически прозрачный матричный материал и нанопотонный материал с икосаэдрической или додекаэдрической симметрией, диспергированный в матричном материале.

Согласно другому аспекту изобретения предложен способ изготовления оптического фильтра. Данный способ может включать формирование жидкой смеси, содержащей матричный материал и нанопотонный материал с икосаэдрической или додекаэдрической симметрией, суспендированный в смеси, заливку смеси в заливочную форму, осуществление отверждения смеси в заливочной форме с формированием, в результате, оптического фильтра и извлечение оптического фильтра из заливочной формы.

Перечень фигур, чертежей

На чертежах сходные обозначения на различных видах относятся к тем же самым частям и компонентам. Чертежи могут быть выполнены без строгого соблюдения масштаба, поскольку основное внимание уделяется пояснению принципов изобретения. В дальнейшем описании различные варианты изобретения рассматриваются со ссылками на прилагаемые чертежи, на которых

на фиг. 1 схематично изображено облучающее устройство, содержащее оптический фильтр согласно изобретению;

на фиг. 2 показана часть оптического фильтра;

на фиг. 3 приведена таблица, поясняющая взаимоотношение между энергией и симметрией для икосаэдрической группы;

на фиг. 4А представлена схематичная иллюстрация линейно поляризованного излучения;

на фиг. 4В - схематичная иллюстрация распределения углового момента для линейно поляризованного излучения, проиллюстрированного на фиг. 4А;

на фиг. 5 - схематичная иллюстрация гиперполяризованного излучения;

на фиг. 6 - спектр гиперполяризованного излучения;

на фиг. 7 - спектр линейно поляризованного излучения после прохождения через обычный желтый фильтр;

на фиг. 8 - оба спектра по фиг. 6 и 7;

на фиг. 9 схематично изображена часть коллагеновой фибриллы;

на фиг. 10А-10D показаны спектры, полученные методом магнитооптической спектроскопии с пространственным разрешением (МСПР) для кожи левой (вверху) и правой (внизу) рук тестируемых людей с отличным (фиг. 10А), очень хорошим (фиг. 10В), нормальным (фиг. 10С) и ненормальным (фиг. 10D) биофизическим состоянием кожи;

на фиг. 11А представлен МСПР-спектр кожи левой руки тестируемого человека с нормальным биофизическим состоянием кожи перед облучением линейно поляризованным излучением;

на фиг. 11В - МСПР-спектр кожи правой руки тестируемого человека с нормальным биофизическим состоянием кожи перед облучением гиперполяризованным излучением;

на фиг. 12А - МСПР-спектр кожи левой руки тестируемого человека с нормальным биофизическим состоянием кожи после облучения линейно поляризованным излучением, прошедшим через обычный желтый фильтр;

на фиг. 12В - МСПР-спектр кожи правой руки тестируемого человека с нормальным биофизическим состоянием кожи после облучения гиперполяризованным излучением;

на фиг. 13А - МСПР-спектр кожи левой руки тестируемого человека с ненормальным биофизическим состоянием кожи перед облучением линейно поляризованным излучением;

на фиг. 13В - МСПР-спектр кожи правой руки тестируемого человека с ненормальным биофизическим состоянием кожи;

ским состоянием кожи перед облучением гиперполяризованным излучением;

на фиг. 14А - МСПР-спектр кожи левой руки тестируемого человека с ненормальным биофизическим состоянием кожи после облучения линейно поляризованным излучением, прошедшим через обычный желтый фильтр;

на фиг. 14В - МСПР-спектр кожи правой руки тестируемого человека с ненормальным биофизическим состоянием кожи после облучения гиперполяризованным излучением;

на фиг. 15 - блок-схема варианта способа изготовления оптического фильтра;

на фиг. 16 - вариант шагов, выполняемых при формировании жидкой смеси, содержащей матричный материал и нанопотонный материал, суспендированный в смеси;

на фиг. 17А-17D показаны спроецированные на экран световые пятна для различных типов излучения.

Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения

Чертежи, на которые приводятся ссылки в дальнейшем подробном описании, служат в качестве иллюстраций конкретных деталей и вариантов, в которых может быть реализовано изобретение.

Выражение "в качестве примера" и его эквиваленты означают "служащее примером или иллюстрацией". Любые варианты или конструкции, описываемые в качестве "примеров", не должны обязательно интерпретироваться как предпочтительные или превосходящие другие варианты или конструкции.

На фиг. 1 схематично изображено, в качестве примера, облучающее устройство 100. Это устройство может содержать источник 102 излучения и оптический фильтр 104. Источник 102 излучения может быть сконфигурирован с возможностью испускать диффузный неполяризованный пучок 106 излучения, т.е. пучок излучения, состоящий из фотонов различных энергий, поляризации которых взаимно некоррелированы. Чтобы преобразовать неполяризованный пучок 106 излучения в поляризованный пучок 108, облучающее устройство 100 может дополнительно содержать поляризующий элемент 110, расположенный между источником 102 излучения и оптическим фильтром 104. Поляризующий элемент 110 сконфигурирован с возможностью пропускать оптические волны определенной поляризации и блокировать оптические волны других поляризаций. В результате излучение, прошедшее через поляризующий элемент 110, имеет четко определенную поляризацию.

В примере облучающего устройства поляризующий элемент 110 может быть сконфигурирован, как линейный поляризующий элемент, т.е. как поляризующий элемент, который преобразует падающий пучок 106 излучения в линейно поляризованный пучок 108 излучения. Это схематично проиллюстрировано на фиг. 1.

Линейно поляризующий элемент 110 может быть сконфигурирован как поглощающий или светоделительный поляризатор. В поглощающем поляризаторе оптические волны с нежелательными состояниями поляризации поглощаются поляризатором. Светоделительные поляризаторы сконфигурированы так, чтобы разделять падающий пучок излучения на два пучка излучения с различными состояниями поляризации.

В отличие от поглощающих поляризаторов светоделительным поляризаторам не требуется рассеивать энергию пучка излучения с нежелательными состояниями поляризации; как следствие, они способны взаимодействовать с высокоинтенсивными пучками излучения.

Деление пучка на два пучка с различными состояниями поляризации может быть реализовано за счет отражения. Если излучение отражается под углом от границы раздела двух прозрачных материалов, коэффициенты отражения являются различными для излучения, поляризованного в плоскости падения, и излучения, поляризованного перпендикулярно к этой плоскости. При определенном угле падения все отраженное излучение поляризовано в плоскости, перпендикулярной плоскости падения. Данный угол падения известен как угол Брюстера. Поляризатор, основанный на такой схеме поляризации, именуется брюстеровским поляризующим элементом.

В одном варианте линейный поляризующий элемент 110 может быть сконфигурирован как брюстеровский поляризующий элемент. В данном варианте пучок линейно поляризованного излучения может быть получен при простой схеме, причем, как было упомянуто, поскольку не требуется никакого рассеяния энергии излучения в поляризующем элементе 110, он способен взаимодействовать с высокоинтенсивными пучками излучения.

На фиг. 2 схематично показана часть оптического фильтра 104. Этот фильтр 104 может содержать основу 112, содержащую оптически прозрачный матричный материал 116 и нанопотонный материал 118 с икосаэдрической или додекаэдрической симметрией, диспергированный в матричном материале 116.

Нанопотонный материал 118 может содержать нанопотонные частицы 120, диспергированные в матричном материале 116. Нанопотонный материал 120 может содержать молекулы фуллерена, такого как C_{60} или более высокие фуллерены с икосаэдрической/додекаэдрической симметрией.

Выражение "нанопотонный материал 118 диспергирован в матричном материале 116" в данном описании означает, что, по меньшей мере, некоторые из нанопотонных частиц 120 внедрены в матричный материал 116, т.е. что они полностью окружены матричным материалом. В примере оптического фильтра 104 большинство нанопотонных частиц 120 или даже все нанопотонные частицы 120 внедрены в матричный материал 116. При этом в данном фильтре 104 нанопотонный материал 118 однородно распределен по матричному материалу 116.

Поскольку нанофотонный материал 118 диспергирован в матричном материале 116, он весьма эффективно защищен от внешних влияний. Это предотвращает изменения нанофотонной составляющей оптического фильтра 104 во времени, которые неизбежно привели бы к изменениям оптических свойств оптического фильтра 104. Таким образом, обеспечивается получение прочного и стабильного оптического фильтра с надежно гарантированными оптическими свойствами.

Массовая доля нанофотонного материала 118 в основе 112 может составлять от $1 \cdot 10^{-3}$ до 0,3. В одном варианте эта массовая доля может составлять около $1,75 \cdot 10^{-3}$.

Матричный материал 116 может быть оптически прозрачным в видимом и/или в инфракрасном диапазонах длин волн.

Матричный материал может содержать, по меньшей мере, стекло и/или пластик. Пластик может представлять собой термопласт. В примере оптического фильтра 104 матричный материал 116 может содержать полиметилметакрилат (ПММА) или полностью состоять из него. ПММА - это прочный и легкий материал. Он имеет плотность 1,17-1,20 г/см³, т.е. вдвое меньшую, чем у стекла. Кроме того, ПММА имеет высокую (до 90%) пропускающую способность для излучения, что имеет особое значение при его использовании в качестве матричного материала 116 оптического фильтра.

Далее будет рассмотрен принцип функционирования оптического фильтра 104. Как было упомянуто, нанофотонный материал 118 может содержать фуллерены, например C_{60} . Молекула C_{60} состоит из 60 атомов углерода, упорядоченных с образованием 12 пятиугольников и 20 шестиугольников.

В C_{60} имеются химические связи с двумя различными длинами. Первая связь расположена вдоль стороны двух шестиугольников, а вторая связь - между стороной шестиугольника и стороной пятиугольника, причем длина первой связи больше, чем второй.

C_{60} - это молекула, которая проявляет как классические, так и квантовомеханические свойства (см. Markus Arndt et al., Wave-particle duality, Science, Vol. 401, pp. 680-682, 1999). C_{60} имеет диаметр около 1 нм. Молекулы C_{60} вращаются в твердом веществе, например в кристалле или в тонкой пленке, со скоростью около $3 \cdot 10^{10}$ об/с, а в растворе - со скоростью около $1,8 \cdot 10^{10}$ об/с. Вращение молекулы C_{60} является анизотропным (во всех направлениях). Кластеры C_{60} представляют собой молекулярные кристаллы (квазикристаллы) Фибоначчи.

Квазикристаллы - это неперiodические структуры, построенные в соответствии с простым детерминированным правилом. Квазикристалл Фибоначчи - это детерминированная аperiодическая структура, которая образована сложением в стопу двух различных соединений А и В согласно схеме Фибоначчи: $S_{j+1} = \{S_{j-1}, S_j\}$ для $j \geq 1$ при $S_0 = \{B\}$ и $S_1 = \{A\}$. Последовательности низшего порядка - это $S_2 = \{BA\}$, $S_3 = \{ABA\}$, $S_4 = \{BAABA\}$ и т.д.

В дополнение к своей пространственной структуре, которая сконфигурирована согласно схеме Фибоначчи, C_{60} имеет также энергетические собственные состояния, которые соответствуют схеме Фибоначчи. Эти состояния вместе с соответствующими элементами симметрии C_{60} отображены в таблице на фиг. 3. Одно из ключевых свойств C_{60} основано на энергетических собственных состояниях T_{1g} , T_{2g} , T_{1u} и T_{2u} для элементов симметрии C_5 , C_5^2 , S_{10} и S_{10}^3 , которые совместимы с правилом "золотого сечения".

В математике отношение двух чисел соответствует золотому сечению Φ , если это отношение равно отношению их суммы к большему из этих чисел. Математически Φ можно выразить следующим образом:

$$\Phi = (1 + \sqrt{5})/2 \approx 1,62$$

В результате резонансного испускания указанных собственных состояний C_{60} падающее линейно поляризованное излучение преобразуется в гиперполяризованное излучение. Другими словами, гиперполяризованное излучение может генерироваться как резонансное испускание энергетических собственных состояний T_{1g} , T_{2g} , T_{1u} и T_{2u} C_{60} . Фотоны с этими энергетическими состояниями, имеющими симметрии C_5 , C_5^2 , S_{10} и S_{10}^3 (см. фиг. 3), упорядочены не вдоль прямой линии (in linear plane), но по криволинейной зависимости с углом, который следует правилу Фибоначчи ("подобно подсолнуху").

Различия между линейно поляризованным и гиперполяризованным излучениями будут пояснены со ссылками на фиг. 4А, 4В и 5.

На фиг. 4А схематично иллюстрируется природа линейно поляризованного излучения для фотонов 122а, 122b, 122с, соответствующих трем различным длинам волн и трем смежным плоскостям, параллельным направлению распространения фотонов. Фотоны упорядочены по длинам волн, но, однако, не упорядочены по их угловым моментам (левому и правому). Это схематично иллюстрируется фиг. 4В. На фиг. 4В обозначения 124а и 124b относятся к фотонам, имеющим различные угловые моменты. Как можно легко понять из фиг. 4В, угловые моменты фотонов в линейно поляризованном излучении являются полностью диффузными.

Фиг. 5 схематично иллюстрирует природу гиперполяризованного излучения 126. На фиг. 5 фотоны, соответствующие различным длинам волн, упорядочены и по длинам волн, и по угловому моменту вдоль соответствующих спиралей, исходящих из центральной точки 128.

Спиральный паттерн фотонов с различными угловыми моментами аналогичен паттерну семян подсолнуха. Семена в подсолнухе расположены по спиральям, одна часть которых соответствуют левой спирали, а другая часть - правой спирали. Количества семян в правых спиральях и их количества в левых

спиралях являются числами Фибоначчи. Схема Фибоначчи для генерирования таких чисел была описана выше применительно к квазикристаллам. Эта схема основана на фундаментальной последовательности Фибоначчи, соответствующей следующим числам: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55... Каждое следующее число в последовательности Фибоначчи может быть вычислено путем сложения двух непосредственно предшествующих чисел этой последовательности. Предел отношения числа в последовательности Фибоначчи к непосредственно предшествующему числу задается золотым сечением Φ .

Количества правых спиралей и левых спиралей, ассоциированных с угловым моментом в гиперполяризованном излучении, проиллюстрированном фиг. 5, также задаются последовательностью Фибоначчи. Более конкретно, на фиг. 5 представлены 21 левая спираль и 34 правых спиралей, причем оба этих числа входят в последовательность Фибоначчи. С учетом этого гиперполяризованное излучение именуется также "золотым излучением".

В дополнение, как также можно видеть из фиг. 5, в каждой спирали фотоны 130a, 130b, 130c, соответствующие различным длинам волн, линейно поляризованы в смежных параллельных плоскостях.

Гиперполяризованное излучение с описанными характеристиками генерируется в результате взаимодействия линейно поляризованного излучения 108 (сформированного поляризирующим элементом 110) с нанопотонным материалом 118, присутствующим в оптическом фильтре 104. Более конкретно, гиперполяризованное излучение генерируется в результате взаимодействия с нанопотонным материалом 118 с икосаэдрической симметрией, таким как S_{60} , или с нанопотонным материалом с додекаэдрической симметрией, присутствующим в оптическом фильтре 104.

Спектр излучения (зависимость интенсивности в произвольных единицах от длины волны в нанометрах) после прохождения через оптический фильтр 104, т.е. спектр гиперполяризованного излучения, показан на фиг. 6. Для сравнения на фиг. 7 показан аналогичный спектр линейно поляризованного излучения после прохождения через обычный желтый фильтр. Оба этих спектра представлены вместе на фиг. 8, на которой спектр гиперполяризованного излучения обозначен как 131a, а спектр линейно поляризованного излучения, прошедшего через обычный желтый фильтр, - как 131b.

Кривые интенсивности на фиг. 6-8 приведены для интервала длин волн 200-1100 нм, т.е. от ультрафиолетовой (УФ) до ближней инфракрасной (ИК) области.

Как показано на фиг. 6 и 8, оптический фильтр 104 не пропускает излучение с длинами волн короче 400 нм и имеет низкое пропускание в синей области спектра. Оптический фильтр 104 имеет максимальное пропускание примерно у 740 нм, что способствует эффективному стимулированию биологической ткани как следствие большей глубины проникновения излучения по сравнению с излучением в синей и УФ областях.

Как показано на фиг. 7 и 8, референтный (обычный желтый) фильтр не пропускает излучение с длинами волн короче 475 нм (излучение в УФ и синей областях) и имеет максимальное пропускание примерно у 720 нм, что близко к длине волны, соответствующей максимальному пропусканию оптического фильтра 104.

Хотя оптический фильтр 104 согласно изобретению и референтный (обычный желтый) фильтр имеют максимальное пропускание на близких длинах волн, оптический фильтр 104 согласно изобретению обладает более высоким суммарным пропусканием в красной и ИК областях, т.е. в спектральном интервале 660-1100 нм, как это явно следует из фиг. 8.

По этой причине оптический фильтр 104 согласно изобретению позволяет реализовать более эффективное стимулирование биологической ткани, чем референтный (обычный желтый) фильтр. Еще более важное преимущество оптического фильтра 104 согласно изобретению применительно к стимулированию биологической ткани обусловлено его способностью генерировать гиперполяризованное излучение, взаимодействие которого с биологической тканью, в частности с коллагеном, в отличие от линейно поляризованного излучения имеет, в основном, квантово-механическую природу.

Коллаген является внеклеточным белком, составляющим до 30% кожи человека. Коллаген и вода (составляющая до 60-65% кожи человека) - это основные компоненты кожи. Поэтому биофизическое состояние кожи человека определяется, в основном, взаимодействием между водой и коллагеном.

На фиг. 9 схематично изображена часть коллагеновой фибриллы 132, содержащей множество молекул 134 коллагена, условно представленных в виде стрелок. Как можно видеть из фиг. 9, молекулы коллагена локализованы в рядах R1-R6. Длина L индивидуальной молекулы коллагена составляет около 300 нм. Зазор G67 между соседними молекулами 134 коллагена в смежных рядах равен 67 нм. Зазор G35 между соседними молекулами 134 коллагена в одном ряду равен 35 нм.

Биофизическое состояние коллагена определяется колебательными состояниями пептидных плоскостей. Колебание одной пептидной плоскости определяется колебаниями двух смежных с ней плоскостей. Отношение частот колебаний смежных плоскостей задается золотым сечением Φ . Поэтому на колебательное поведение пептидных плоскостей коллагена можно влиять посредством фотонов, упорядоченных по их угловым моментам согласно закону Фибоначчи, например посредством гиперполяризованного излучения.

Коллаген во внеклеточном пространстве связан посредством белков интегрин и цитоскелета, с ядром клетки и, следовательно, с ДНК. Поэтому существует возможность воздействия на ядро клетки по-

средством гиперполяризованного излучения путем промежуточного воздействия на коллаген во внеклеточном пространстве.

Влияние гиперполяризованного излучения на состояние кожи человека было исследовано на 30 тестируемых людях. Перед воздействием на кожу тестируемых людей гиперполяризованным излучением состояние их кожи на левой и правой руках характеризовалось методом магнитооптической спектроскопии с пространственным разрешением (МСПР). Затем после воздействия на кожу тестируемых людей гиперполяризованным излучением и (в качестве сравнительного примера) линейно поляризованным излучением в течение 10 мин кожа снова характеризовалась посредством МСПР с целью исследовать соответствующие влияния на кожу линейно поляризованного и гиперполяризованного излучений.

МСПР - это диагностический метод, основанный на взаимодействии электромагнитного излучения с валентными электронами в материале образца и пригодный для исследования электронных свойств этого материала. В частности, могут быть определены парамагнитные и диамагнитные свойства материала образца (связанные с присутствием непарных/парных электронов).

Далее будут кратко рассмотрены физические основы МСПР. Более подробные сведения об МСПР можно найти в следующих публикациях:

D. Koruga et al.,

"Epidermal Layers Characterisation by Opto-Magnetic Spectroscopy Based on Digital Image of Skin", *Acta Physica Polonica*, Vol. 121, No. 3, pp. 606-610 (2012); D. Koruga et al., "Water Hydrogen Bonds Study by Opto-Magnetic Fingerprint", *Acta Physica Polonica*, Vol. 117, No. 5, pp. 777-781 (2010); L. Matija, "Nanophysical approach to diagnosis of epithelial tissues using Opto-magnetic imaging spectroscopy", pp. 156-186 in "Nanomedicine", Eds. Alexander Seifalian, Achala del Mel and Deepak M. Kalaskar, ONE CENTRAL PRESS, Manchester, UK (2015); P.-O. Milena et al., "Opto-Magnetic Method for Epstein-Barr Virus and Cytomegalovirus Detection in Blood Plasma Samples", *Acta Physica Polonica*, Vol. 117, No. 5, pp. 782-785 (2010).

Оптическое излучение, являясь электромагнитной волной, состоит из электрической волны и магнитной волны, перпендикулярных одна другой. Поляризация излучения позволяет разделять магнитные и электрические волны. Конкретный тип поляризации, имеющий место для излучения, падающего под углом Брюстера, был рассмотрен выше. Этот угол является характеристичным для материалов, присутствующих в облучаемом образце.

Поскольку можно селективно детектировать электрическую компоненту, магнитную компоненту можно определить путем вычитания интенсивности отраженного поляризованного излучения (электрической компоненты) из интенсивности отраженного белого света. Из полученной таким способом магнитной компоненты можно вывести магнитные свойства анализируемого образца.

Типичные спектры, полученные методом МСПР, содержат положительные и отрицательные пики, причем негативные пики характеризуют диамагнитные свойства материала образца, а положительные пики - парамагнитные свойства этого материала.

Результаты измерений кожи левой и правой рук 30 тестируемых людей, полученных посредством МСПР, представлены на фиг. 10А-10D. На приведенных графиках абсцисса соответствует разности длин волн, выраженной в нанометрах, а ордината - интенсивности в произвольных единицах (п.е.). Верхние графики на этих фигурах - это результаты для левых рук, а нижние графики - результаты для соответствующих правых рук.

На фиг. 10А представлены результаты тестируемого человека, чья кожа характеризуется как имеющая "отличное" биофизическое состояние, поскольку на соответствующих графиках видны довольно четкие пики, схожие для обеих рук. Как "отличное" было классифицировано биофизическое состояние кожи 4 тестируемых людей.

На фиг. 10В представлены результаты тестируемого человека, чья кожа характеризуется как имеющая "очень хорошее" биофизическое состояние, поскольку на соответствующих графиках видны достаточно четкие пики, схожие для обеих рук. Как "очень хорошее" было классифицировано биофизическое состояние кожи 16 тестируемых людей.

На фиг. 10С представлены результаты тестируемого человека, чья кожа характеризуется как имеющая "нормальное" биофизическое состояние. Как можно видеть, пики на фиг. 10С по сравнению с отличным и очень хорошим состояниями, проиллюстрированными на фиг. 10А и 10В, выражены менее четко. Кроме того, имеются значительные различия между спектрами обеих рук тестируемого человека. Как "нормальное" было классифицировано биофизическое состояние кожи 8 тестируемых людей.

На фиг. 10D представлены результаты тестируемого человека, чья кожа характеризуется как имеющая "ненормальное" биофизическое состояние. Как можно видеть, пики на фиг. 10D по сравнению с отличным и очень хорошим состояниями, проиллюстрированными на фиг. 10А и 10В, выражены менее четко. Кроме того, имеются очень заметные различия между спектрами. Как "ненормальное" было классифицировано биофизическое состояние кожи 2 тестируемых людей.

Поскольку спектры, полученные для тестируемых людей, имеющих отличное или очень хорошее биофизическое состояние кожи, не подходят для сравнения эффектов, достижимых при облучении линейно поляризованным и гиперполяризованным излучением (т.к. такое состояние кожи едва ли можно улучшить), подробное рассмотрение далее будет относиться только к тестируемым людям с нормальным и ненормальным биофизическими состояниями кожи.

На фиг. 11А и 11В представлены МСПР-спектры, характеризующие биофизическое состояние кожи соответственно левой и правой рук тестируемого человека с нормальным биофизическим состоянием кожи перед облучением. На фиг. 12А и 12В представлены МСПР-спектры, характеризующие биофизическое состояние кожи соответственно левой и правой рук тестируемого человека с нормальным биофизическим состоянием кожи после облучения линейно поляризованным излучением и гиперполяризованным излучением соответственно. Более конкретно, на фиг. 12А представлен МСПР-спектр кожи левой руки после облучения линейно поляризованным излучением, а на фиг. 12В - МСПР-спектр кожи правой руки после облучения гиперполяризованным излучением.

Влияние линейно поляризованного излучения на биофизическое состояние кожи тестируемого человека с нормальным биофизическим состоянием кожи может быть оценено путем сравнения фиг. 11А и 12А.

Как показано на этих фигурах, разности длин волн (РДВ) для пиков до и после облучения являются близкими. Это указывает на то, что коллаген и комплекс коллаген-вода в коже соответствующего человека стабильны.

Что касается пиков в интервале РДВ 103-110 нм, имеет место изменение формы и интенсивности (с -4,3 до -9,15 п.е.). Это указывает на нормальный зазор в коллагене, соответствующий 35 нм.

В интервале РДВ 110-120 нм имеет место небольшое изменение формы и интенсивности (с 6,25 до 10,94 п.е. и с 21,6 до 23,56 п.е.). Имеет место также небольшой сдвиг соответствующего пика со 121,4 до 119,1 нм. Это указывает, что комплекс коллаген-вода стабилен.

В интервале РДВ 120-130 нм интенсивность пика изменяется с -21,7 до -19,6 п.е. Это указывает, что динамика зазора в коллагене, соответствующего 67 нм, является неудовлетворительной.

Влияние гиперполяризованного излучения на биофизическое состояние кожи тестируемого человека с нормальным биофизическим состоянием кожи может быть оценено путем сравнения фиг. 11В и 12В.

Как показано на этих фигурах, разности длин волн (РДВ) для пиков до и после облучения являются близкими. Это указывает на то, что коллаген и комплекс коллаген-вода в коже соответствующего человека стабильны.

Что касается пиков в интервале РДВ 103-110 нм, имеет место огромное изменение формы и интенсивности (от -11,0 до -20,25 п.е.). Это указывает на очень хорошую динамику зазора в коллагене, соответствующего 35 нм.

В интервале РДВ 110-120 нм отсутствуют какие-либо изменения формы и интенсивности соответствующего пика. РДВ для этого пика также не изменяется. Это указывает на очень высокую стабильность комплекса коллаген-вода.

В интервале РДВ 120-130 нм интенсивность пика изменяется от -21,4 до -25,6 п.е. Это указывает на достаточно хорошую динамику зазора в коллагене, соответствующего 67 нм.

На фиг. 13А и 13В представлены МСПР-спектры, характеризующие биофизическое состояние кожи соответственно левой и правой рук тестируемого человека с ненормальным биофизическим состоянием кожи перед облучением. На фиг. 14А и 14В представлены МСПР-спектры, характеризующие биофизическое состояние кожи соответственно левой и правой рук тестируемого человека с ненормальным биофизическим состоянием кожи после облучения линейно поляризованным излучением и гиперполяризованным излучением соответственно. Более конкретно, на фиг. 14А представлен МСПР-спектр кожи левой руки после облучения линейно поляризованным излучением, а на фиг. 14В - МСПР-спектр кожи правой руки после облучения гиперполяризованным излучением.

Влияние линейно поляризованного излучения на биофизическое состояние кожи тестируемого человека с ненормальным биофизическим состоянием кожи может быть оценено путем сравнения фиг. 13А и 14А.

Как показано на этих фигурах, разности длин волн (РДВ) для пиков до и после облучения являются близкими. Это указывает на то, что коллаген и комплекс коллаген-вода в коже соответствующего человека находятся в неудовлетворительном состоянии.

Что касается пиков в интервале РДВ 103-110 нм, имеет место изменение формы и интенсивности (от -8,2 до -15 п.е.), однако, с большим (равным 8 нм) сдвигом РДВ от 104 до 112 нм. Это указывает на неудовлетворительную динамику зазора в коллагене, соответствующего 35 нм.

В интервале РДВ 110-120 нм имеют место значительные изменения формы и интенсивности (от 20,00 до 27,15 п.е.).

В дополнение, появляется новый пик у РДВ около 130 нм. Кроме того, имеет место сдвиг отрицательного пика со 124,00 до 136,20 нм при очень сильном изменении интенсивности (с -19,4 до -31,5 п.е.). Это указывает на нестабильность комплекса коллаген-вода. Кроме того, увеличивается диапазон РДВ, что указывает на неудовлетворительную динамику зазора в коллагене, соответствующего 67 нм.

Влияние гиперполяризованного излучения на биофизическое состояние кожи тестируемого человека с ненормальным биофизическим состоянием кожи может быть оценено путем сравнения фиг. 13В и 14В.

Как показано на этих фигурах, имеет место огромный (равный 10 нм) сдвиг пиков по разности длин волн (РДВ) до и после облучения. Это указывает на нестабильность как коллагена, так и комплекса коллаген-вода в коже соответствующего человека.

Что касается пиков в интервале РДВ 103-110 нм, имеет место значительное изменение спектра, соответствующее наличию заметных положительного и отрицательного пиков. Это означает, что облучение кожи гиперполяризованным излучением позволяет обеспечить очень хорошую динамику зазора в коллагене, соответствующего 35 нм.

В интервале РДВ 110-120 нм имеется огромный (10 нм) сдвиг по РДВ и изменения интенсивности и формы пиков. Это указывает на нестабильность комплекса коллаген-вода. Кроме того, значения РДВ для двух правых пиков смещены со 123 до 132 нм и со 132 до 142 нм. Это указывает, что динамика зазора в коллагене, соответствующего 67 нм, является неудовлетворительной.

Рассмотренные измерения показывают, что для людей с нормальным и ненормальным биофизическими состояниями кожи облучение кожи гиперполяризованным излучением обеспечивает лучшие результаты, особенно в области малых РДВ.

Эффективность преобразования линейно поляризованного излучения в гиперполяризованное излучение посредством оптического фильтра 104 составляет в настоящее время примерно 62%. Ожидается, что более высокая эффективность преобразования приведет к улучшению описанных результатов.

Далее будет описан способ изготовления оптического фильтра 104 согласно изобретению.

Пример этого способа иллюстрируется блок-схемой по фиг. 15. Способ 200 может включать следующие операции:

формируют жидкую смесь, содержащую матричный материал и нанофотонный материал с икосаэдрической или додекаэдрической симметрией, суспендированный в смеси (операция 202);

заливают жидкую смесь в заливочную форму (операция 204);

осуществляют отверждение смеси в заливочной форме, формируя оптический фильтр (операция 206); и

извлекают оптический фильтр из заливочной формы (операция 208).

Блок-схема на фиг. 16 иллюстрирует пример операции 202 формирования жидкой смеси, содержащей матричный материал и нанофотонный материал, суспендированный в смеси. Данная операция может включать следующие шаги:

получают первую жидкую первичную смесь, содержащую матричный материал (шаг 202-1);

перемешивают первую первичную смесь в течение первого периода времени (шаг 202-2);

примешивают нанофотонный материал, растворенный в растворителе, к первой первичной смеси, формируя, тем самым, вторую первичную смесь (шаг 202-3); и

перемешивают вторую первичную смесь в течение второго периода времени, способствуя испарению растворителя и формируя жидкую смесь, содержащую матричный материал и нанофотонный материал, суспендированный в смеси (шаг 202-4).

Нанофотонный материал, имеющий икосаэдрическую или додекаэдрическую симметрию, может содержать C_{60} . Матричный материал может содержать полиметилметакрилат (ПММА).

Первая первичная смесь может содержать полиметилметакрилат и метилметакрилат (ММА). Массовая доля ПММА в первой первичной смеси может составлять от 0,7 до 0,9. Массовая доля ММА в первой первичной смеси может составлять от 0,1 до 0,3.

Первый период времени может составлять около 24 ч. Второй период времени может составлять 96 ч. Перемешивание второй первичной смеси может производиться при повышенной температуре, например, составляющей 60-75°C, чтобы способствовать испарению растворителя, например толуола.

Процесс отверждения смеси может включать ее нагревание в заливочной форме с первой температуры, например равной 25°C, до второй температуры, например равной 90°C, и последующее охлаждение смеси до третьей температуры, например равной 25°C, в течение заданного периода времени. Заданный период времени может составлять 120-140 ч. Выбор столь длительного периода позволяет эффективно предотвратить образование трещин в оптическом фильтре, формируемом способом согласно изобретению.

Описанным способом могут быть изготовлены заготовки в форме пластин с размерами, составляющими, например, 1200×1100×2,5 мм³. Из такой заготовки можно вырезать оптические фильтры с диаметром, составляющим, например, 50 мм.

На фиг. 17А-17Д проиллюстрированы проекции на экран излучений различных типов.

На фиг. 17А представлен экран, освещенный рассеянным излучением окружающей среды.

На фиг. 17В представлен экран, освещенный пучком линейно поляризованного излучения. Видно, что проецируемое пятно излучения имеет белую центральную зону, соответствующую поляризованной составляющей пучка излучения. Эта зона окружена красным кольцом, образованным частично поляризованным излучением в ближней ИК области, смещенным в красную область как следствие неполной по-

ляризации.

На фиг. 17C представлен экран, освещенный пучком линейно поляризованного излучения, прошедшего через обычный желтый фильтр. Видно, что проецируемое пятно излучения имеет белую центральную зону, соответствующую поляризованной составляющей пучка излучения. Как следствие присутствия в фильтре примесей, эта зона окружена желтым и красным кольцами частично поляризованного излучения.

На фиг. 17D представлен экран, освещенный пучком гиперполяризованного излучения, прошедшего через оптический фильтр согласно изобретению. В этом случае отсутствует яркая центральная белая зона, поскольку линейно поляризованное излучение было преобразовано в гиперполяризованное излучение, которое имеет на экране вид красного и желтого пятна.

Далее различные аспекты изобретения будут проиллюстрированы примерами.

Пример 1 относится к объекту, который является оптическим фильтром. Данный фильтр может содержать основу, содержащую оптически прозрачный матричный материал и нанопотонный материал с икосаэдрической или додекаэдрической симметрией, диспергированный в матричном материале.

Согласно примеру 2 в объекте примера 1 нанопотонный материал может содержать молекулы фуллерена.

Согласно примеру 3 в объекте примера 2 нанопотонный материал может содержать молекулы фуллерена C_{60} .

Согласно примеру 4 в объекте любого из примеров 1-3 матричный материал может являться оптически прозрачным в видимом и/или инфракрасном частотном диапазонах.

Согласно примеру 5 в объекте любого из примеров 1-4 матричный материал может содержать по меньшей мере стекло и/или пластик.

Согласно примеру 6 в объекте примера 5 пластик может представлять собой термопласт.

Согласно примеру 7 в объекте примера 6 термопласт может представлять собой полиметилметакрилат.

Согласно примеру 8 в объекте любого из примеров 1-7 массовая доля нанопотонного материала в основе может составлять от 110^{-3} до 0,3.

Согласно примеру 9 в объекте примера 8 массовая доля нанопотонного материала может составлять $1,75 \cdot 10^{-3}$.

Пример 10 относится к объекту, который является облучающим устройством. Данное устройство может содержать источник излучения и оптический фильтр согласно любому из примеров 1-9.

Согласно примеру 11 объект примера 10 может дополнительно содержать поляризующий элемент, расположенный между источником излучения и оптическим фильтром.

Согласно примеру 12 в объекте примера 11 поляризующий элемент может быть сконфигурирован, как линейный поляризующий элемент.

Согласно примеру 13 в объекте примера 12 линейный поляризующий элемент может быть сконфигурирован, как брюстеровский поляризующий элемент.

Объектом примера 14 является способ изготовления оптического фильтра согласно любому из примеров 1-9. Данный способ может включать формирование жидкой смеси, содержащей матричный материал и нанопотонный материал с икосаэдрической или додекаэдрической симметрией, суспендированный в смеси; заливку смеси в заливочную форму; осуществление отверждения смеси в заливочной форме с формированием, в результате, оптического фильтра и извлечение оптического фильтра из заливочной формы.

Согласно примеру 15 в объекте примера 14 формирование жидкой смеси может включать получение первой жидкой первичной смеси, содержащей матричный материал; перемешивание первой первичной смеси в течение первого периода времени; примешивание к первой первичной смеси нанопотонного материала, растворенного в растворителе, с формированием, тем самым, второй первичной смеси и перемешивание второй первичной смеси в течение второго периода времени с испарением, в результате, растворителя и с формированием жидкой смеси, содержащей матричный материал и нанопотонный материал, суспендированный в смеси.

Согласно примеру 16 в объекте примера 14 или 15 перемешивание второй первичной смеси может производиться при температуре, превышающей комнатную температуру.

Согласно примеру 17 в объекте любого из примеров 14-16 нанопотонный материал может содержать C_{60} и/или более высокие фуллерены, и/или иной материал с икосаэдрической и додекаэдрической симметрией.

Согласно примеру 18 в объекте любого из примеров 14-17 матричный материал может содержать полиметилметакрилат.

Согласно примеру 19 в объекте примера 18 первая первичная смесь может содержать полиметилметакрилат и метилметакрилат.

Согласно примеру 20 в объекте примера 19 массовая доля полиметилметакрилата в первой первичной смеси может составлять от 0,7 до 0,9.

Согласно примеру 21 в объекте примера 19 или 20 массовая доля метилметакрилата в первой пер-

вичной смеси может составлять от 0,1 до 0,3.

Согласно примеру 22 в объекте любого из примеров 14-21 процесс отверждения смеси может включать ее нагревание в заливочной форме с первой температуры до второй температуры и последующее охлаждение со второй температуры до третьей температуры.

Хотя изобретение было проиллюстрировано на чертежах и описано применительно к конкретным вариантам, специалистам в соответствующей области будет понятно, что в изобретение могут быть внесены различные изменения, не выходящие за пределы его объема, определяемого прилагаемой формулой. Таким образом, объем изобретения определяется его формулой, которая охватывает различные модификации, в том числе эквивалентные замены его признаков.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления оптического фильтра, содержащего основу, содержащую оптически прозрачный матричный материал и нанофотонный материал с икосаэдрической или додекаэдрической симметрией, диспергированный в матричном материале, причем способ включает следующие операции:

формируют жидкую смесь, содержащую матричный материал и нанофотонный материал с икосаэдрической или додекаэдрической симметрией, суспендированный в смеси;

заливают жидкую смесь в заливочную форму;

осуществляют отверждение смеси в заливочной форме, формируя оптический фильтр; и

извлекают оптический фильтр из заливочной формы,

при этом формирование жидкой смеси включает следующие шаги:

получают первую жидкую первичную смесь, содержащую матричный материал;

перемешивают первую первичную смесь в течение первого периода времени;

примешивают к первой первичной смеси нанофотонный материал, растворенный в растворителе, формируя, тем самым, вторую первичную смесь; и

перемешивают вторую первичную смесь в течение второго периода времени, способствуя испарению растворителя и формируя жидкую смесь, содержащую матричный материал и нанофотонный материал, суспендированный в смеси,

при этом матричный материал содержит полиметилметакрилат, а первая первичная смесь содержит полиметилметакрилат и метилметакрилат.

2. Способ по п.1, в котором вторую первичную смесь перемешивают при температуре, превышающей комнатную температуру.

3. Способ по п.1 или 2, в котором нанофотонный материал содержит C_{60} и/или более высокие фуллерены и/или иные материалы с икосаэдрической и додекаэдрической симметрией.

4. Способ по любому из пп.1-3, в котором массовая доля полиметилметакрилата в первой первичной смеси составляет от 0,7 до 0,9.

5. Способ по любому из пп.1-4, в котором массовая доля метилметакрилата в первой первичной смеси составляет от 0,1 до 0,3.

6. Способ по любому из пп.1-5, в котором отверждение смеси включает ее нагревание в заливочной форме с первой температуры до второй температуры и последующее охлаждение со второй температуры до третьей температуры.

7. Облучающее устройство, содержащее

источник излучения;

оптический фильтр, изготовленный посредством способа по любому из пп.1-6, содержащий основу, содержащую оптически прозрачный матричный материал и нанофотонный материал с икосаэдрической или додекаэдрической симметрией, диспергированный в матричном материале; и

брюстеровский поляризатор, расположенный между источником излучения и оптическим фильтром.

8. Устройство по п.7, в котором нанофотонный материал содержит молекулы фуллерена.

9. Устройство по п.8, в котором нанофотонный материал содержит молекулы фуллерена C_{60} .

10. Устройство по любому из пп.7-9, в котором матричный материал является оптически прозрачным в видимом и/или в инфракрасном частотном диапазонах.

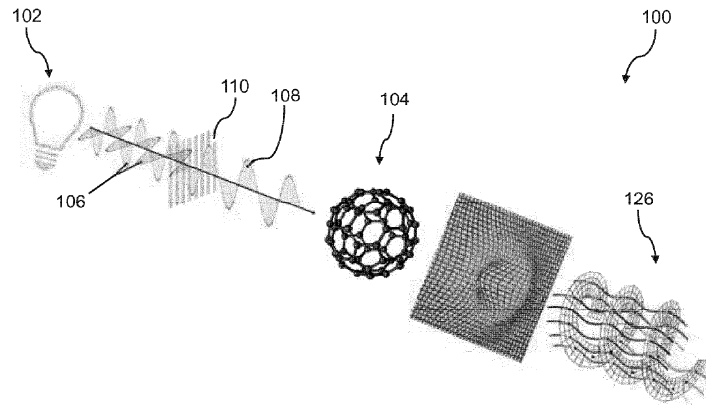
11. Устройство по любому из пп.7-10, в котором матричный материал содержит, по меньшей мере, стекло и/или пластик.

12. Устройство по п.11, в котором пластик представляет собой термопласт.

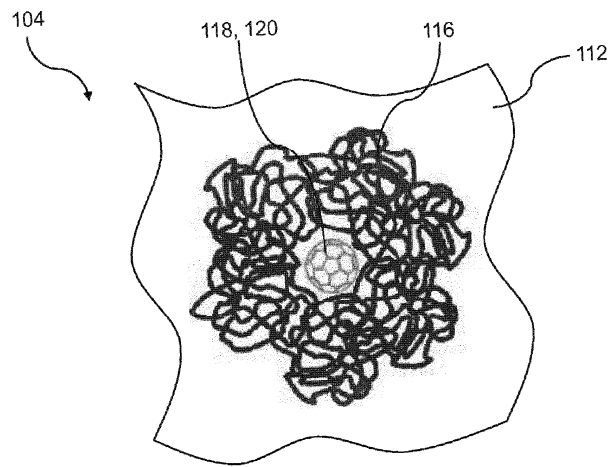
13. Устройство по п.12, в котором термопласт является полиметилметакрилатом.

14. Устройство по любому из пп.7-13, в котором массовая доля нанофотонного материала в основе составляет от $1 \cdot 10^{-3}$ до 0,3.

15. Устройство по п.14, в котором указанная массовая доля нанофотонного материала составляет $1,75 \cdot 10^{-3}$.



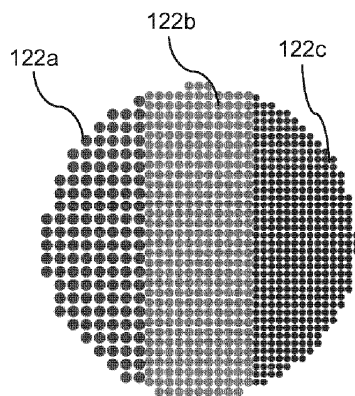
Фиг. 1



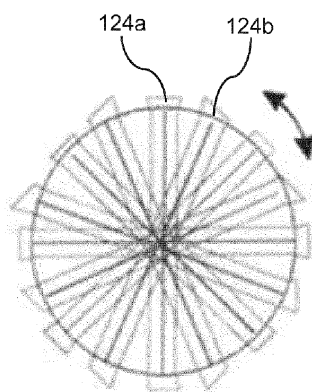
Фиг. 2

U/I_h	E	$12C_3$	$12C_3^2$	$20C_3$	$15C_2$	i	$12S_{10}$	$12S_{10}^2$	$20S_6$	15σ	III	IV
A_g	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	(R_x, R_y, R_z)	$x^2 + y^2 + z^2$
T_{1g}	3	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	0	-1	3	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	0	-1		
T_{2g}	3	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	0	-1	3	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	0	-1		
G_g	4	-1	-1	1	0	4	-1	-1	1	0		
H_g	5	0	0	-1	1	5	0	0	-1	1		
A_u	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	(x, y, z)	(x^3, y^3, z^3)
T_{1u}	3	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	0	-1	-3	$-\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	$-\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	0	1		$[x(z^2 - y^2), y(z^2 - x^2),$
T_{2u}	3	$\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	$\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	0	-1	-3	$-\frac{1}{2}(1 + \sqrt{5})$	$-\frac{1}{2}(1 - \sqrt{5})$	0	1		$z(x^2 - y^2), xyz]$
G_u	4	-1	-1	1	0	-4	1	1	-1	0		
H_u	5	0	0	-1	1	-5	0	0	1	-1		

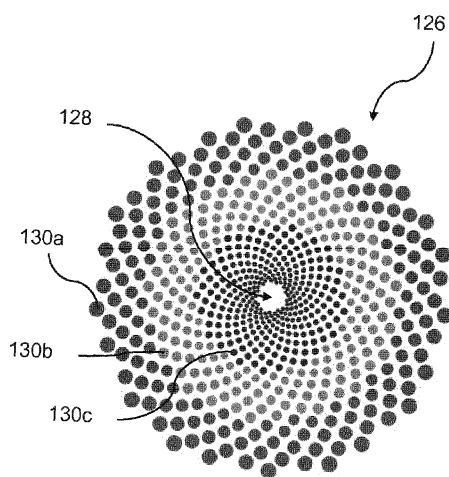
Фиг. 3



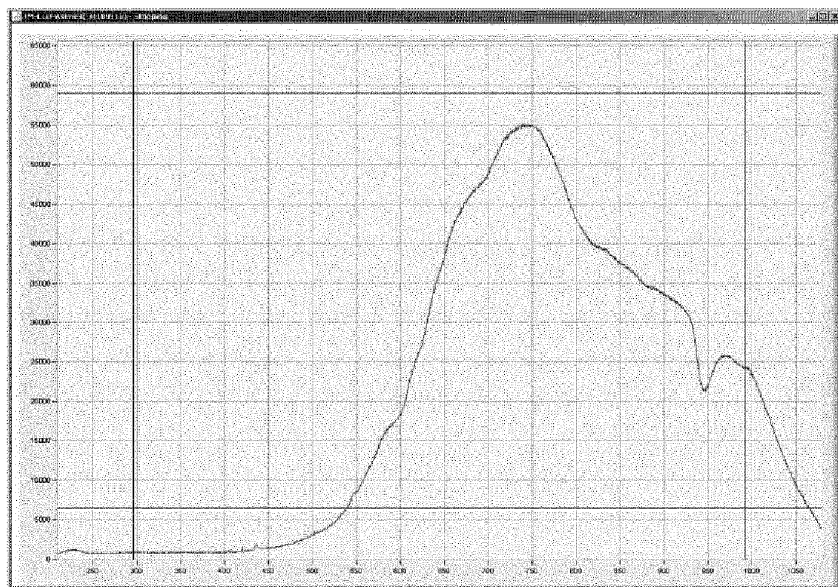
Фиг. 4А



Фиг. 4В

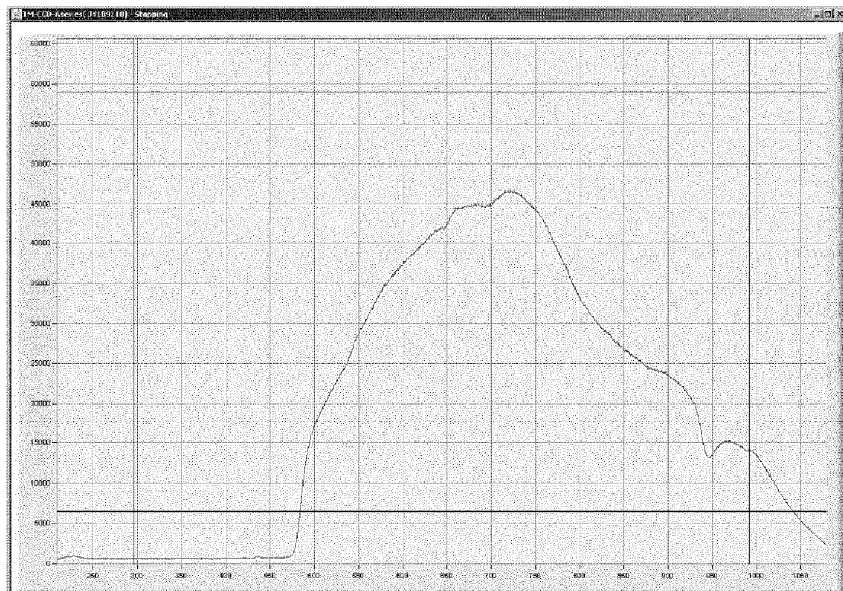


Фиг. 5



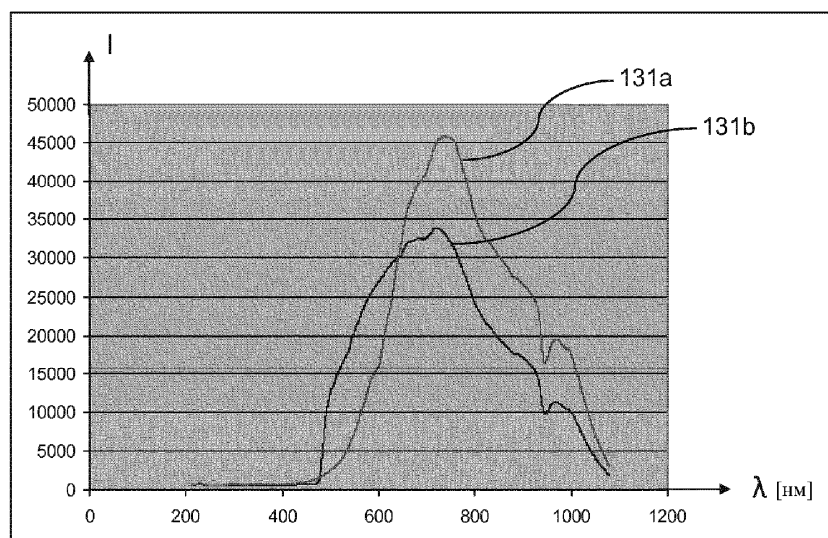
Длина волны (нм)

Фиг. 6

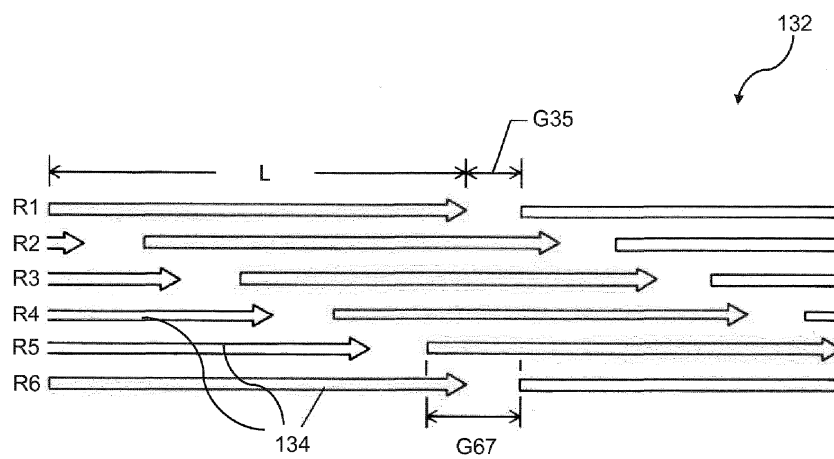


Длина волны (нм)

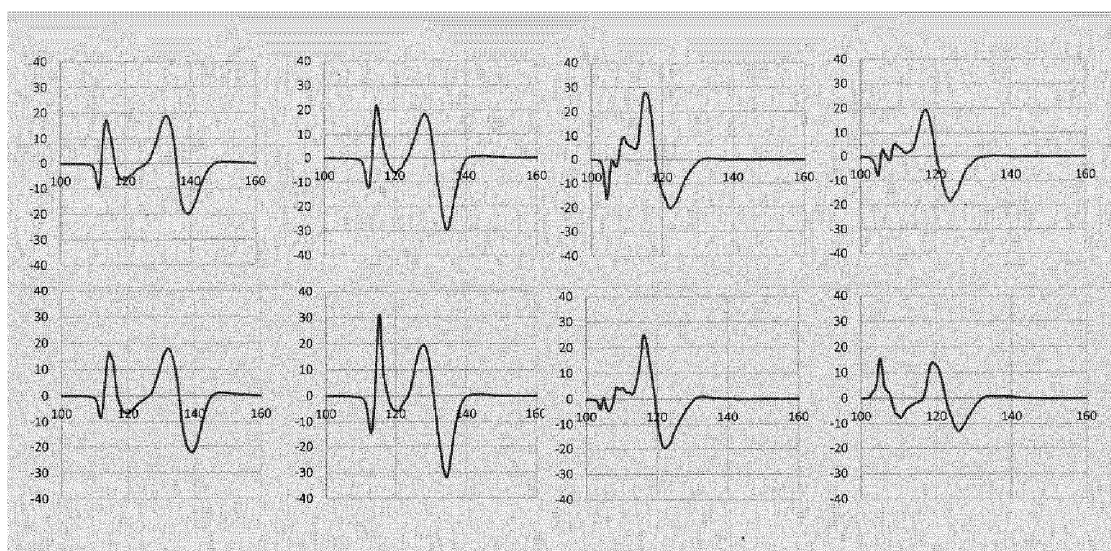
Фиг. 7



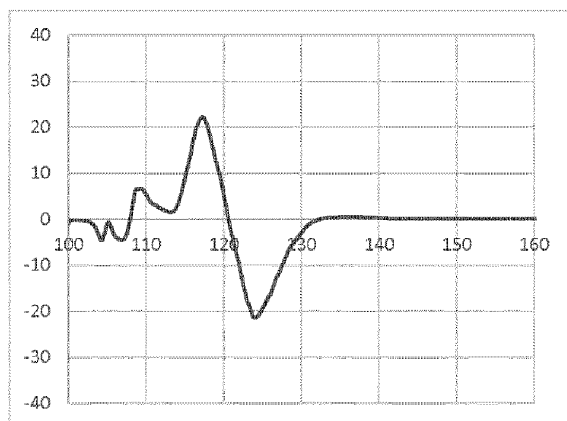
Фиг. 8



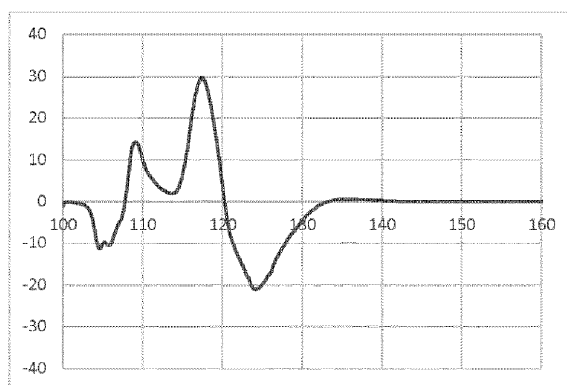
Фиг. 9



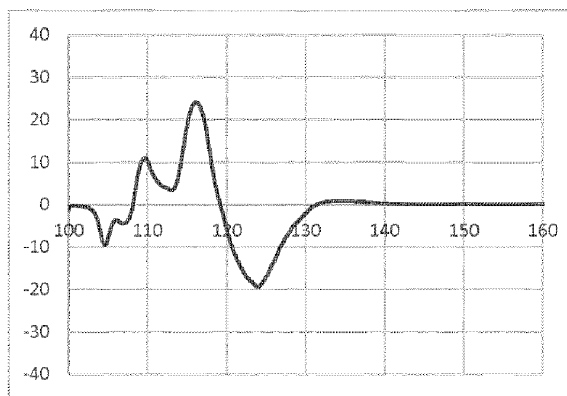
Фиг. 10A-D



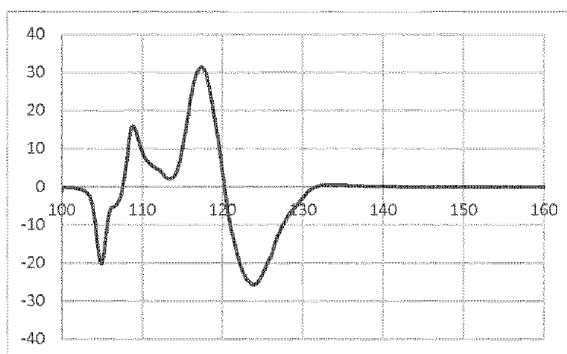
Фиг. 11А



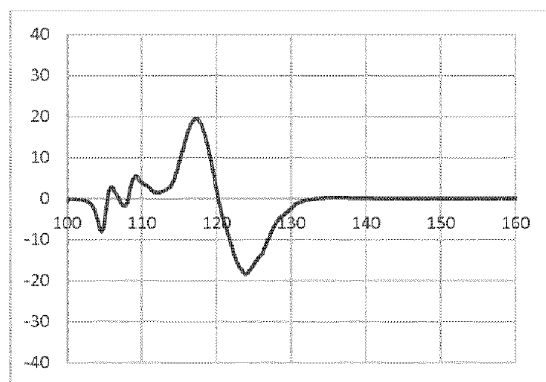
Фиг. 11В



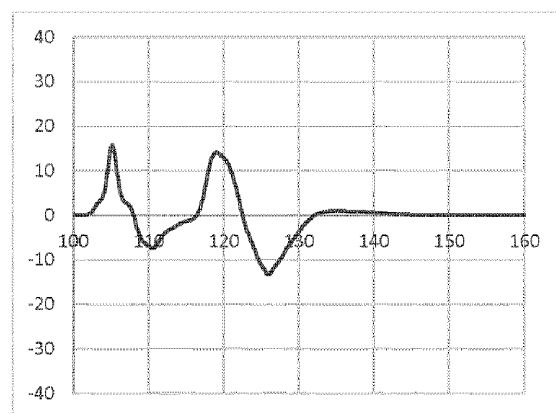
Фиг. 12А



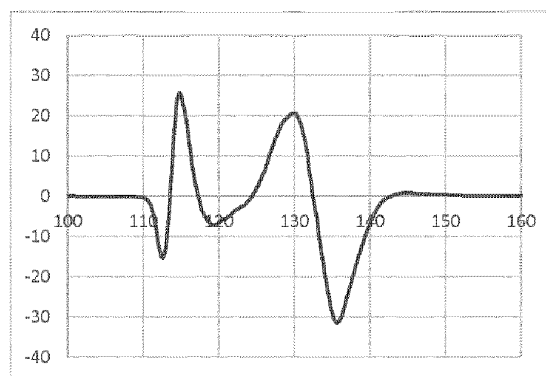
Фиг. 12В



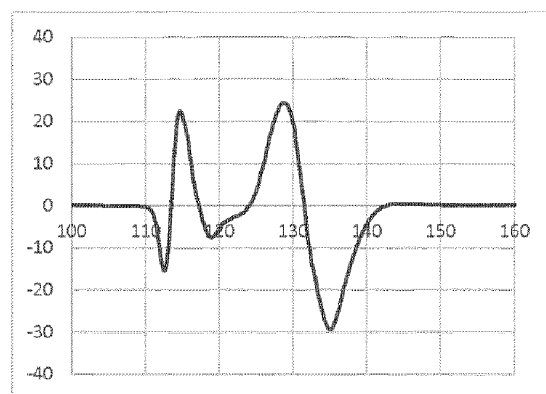
Фиг. 13А



Фиг. 13В



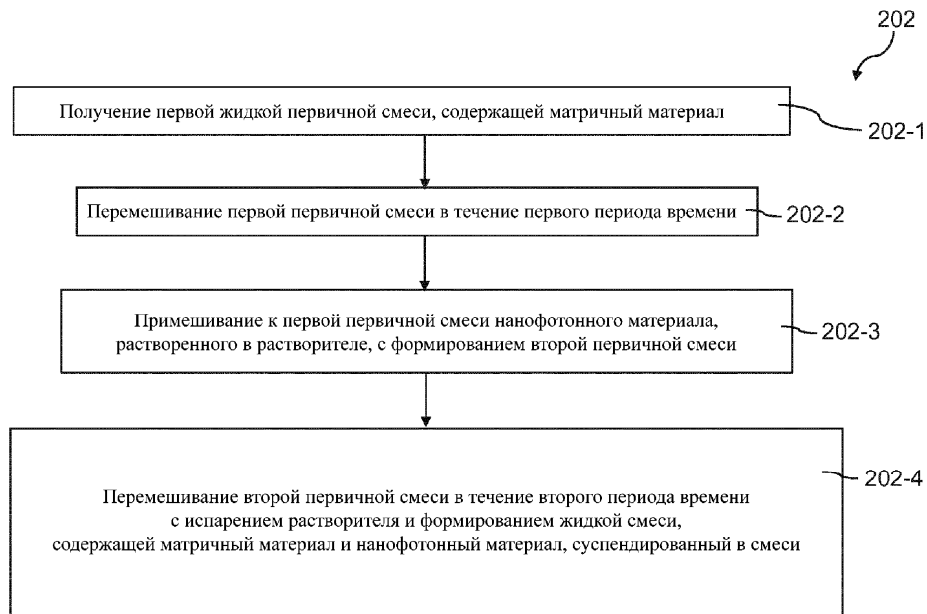
Фиг. 14А



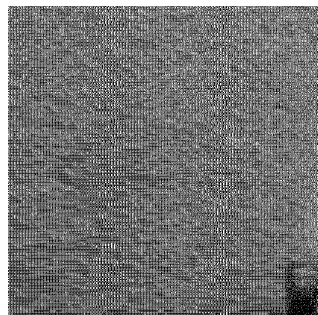
Фиг. 14В



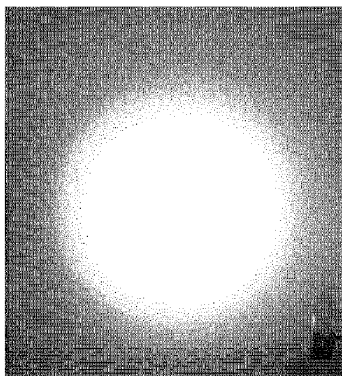
Фиг. 15



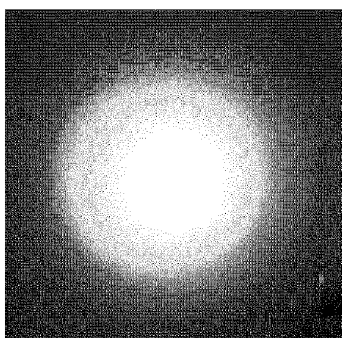
Фиг. 16



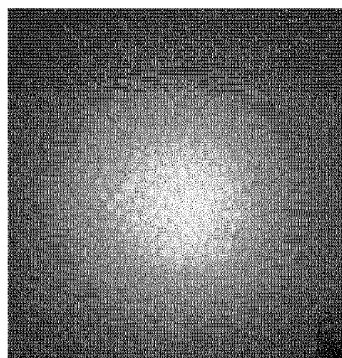
Фиг. 17А



Фиг. 17В



Фиг. 17С



Фиг. 17D

