



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

C08L 83/04 (2006.01)

C08K 3/10 (2006.01)

C08K 3/34 (2006.01)

C09K 11/08 (2006.01)

H01L 33/50 (2010.01)

H01L 33/56 (2010.01)

B82Y 15/00 (2011.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014142241, 10.07.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.07.2013Дата регистрации:
10.10.2017

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
11.07.2012 US 61/670,178

(43) Дата публикации заявки: 27.08.2016 Бюл. № 24

(45) Опубликовано: 10.10.2017 Бюл. № 28

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 11.02.2015(86) Заявка РСТ:
IB 2013/055655 (10.07.2013)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2014/009890 (16.01.2014)Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

ДЕ ЛАТ Антониус Вильгельмус Мария
(NL),
КОЛЕ Рулоф (NL),
БОМЕР Марсель Рене (NL)

(73) Патентообладатель(и):

КОНИНКЛЕЙКЕ ФИЛИПС Н.В. (NL)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 6819049 B1, 16.11.2004. US
2011068321 A1, 24.03.2011. US 2012045850 A1,
23.02.2012. RU 2010125150 A, 27.12.2011.(54) СИЛИКОНОВОЕ ИЗДЕЛИЕ, ОСВЕТИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР, СОДЕРЖАЩИЙ СИЛИКОНОВОЕ
ИЗДЕЛИЕ, И СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА СИЛИКОНОВОГО ИЗДЕЛИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к светопреобразующему силиконовому изделию для осветительного прибора, содержащему его осветительному прибору и к способу производства указанного изделия. Силиконовое изделие содержит светопропускающий полимерный материал из группы полисилоксанов, люминесцентный материал и частицы наполнителя. Люминесцентный материал содержит частицы, имеющие по меньшей мере в одном измерении размер в нанометровом диапазоне, квантовые точки, квантовые стержни или квантовые тетраподы. Люминесцентный материал выполнен с возможностью поглощения света первого спектрального диапазона и

преобразования части поглощенного света в свет второго спектрального диапазона. Частицы наполнителя представляют светопропускающий инертный материал, такой как оксид алюминия, оксид титана, диоксид кремния или глина. Частицы наполнителя являются смешивающимися с частицами люминесцентного материала и обеспеченными в указанном полимерном материале. Частицы люминесцентного материала распределены вдоль поверхности частиц наполнителя. Изобретение обеспечивает повышение эффективности преобразования света и эффективности осветительного устройства. 3 н. и 9 з.п. ф-лы, 4 ил., 1 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

C08L 83/04 (2006.01)*C08K 3/10* (2006.01)*C08K 3/34* (2006.01)*C09K 11/08* (2006.01)*H01L 33/50* (2010.01)*H01L 33/56* (2010.01)*B82Y 15/00* (2011.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2014142241, 10.07.2013**(24) Effective date for property rights:
10.07.2013Registration date:
10.10.2017

Priority:

(30) Convention priority:
11.07.2012 US 61/670,178(43) Application published: **27.08.2016** Bull. № 24(45) Date of publication: **10.10.2017** Bull. № 28(85) Commencement of national phase: **11.02.2015**(86) PCT application:
IB 2013/055655 (10.07.2013)(87) PCT publication:
WO 2014/009890 (16.01.2014)Mail address:
**129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, stroenie 3,
OOO "Yuridicheskaya firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**DE LAT Antonius Vilkhelmus Mariya (NL),
KOLE Rulof (NL),
BOMER Marsel Rene (NL)**

(73) Proprietor(s):

KONINKLEJKE FILIPS N.V. (NL)(54) **SILICONE PRODUCT, LIGHTING DEVICE, CONTAINING SILICONE PRODUCT, AND METHOD FOR SILICONE PRODUCT MANUFACTURE**

(57) Abstract:

FIELD: lighting.

SUBSTANCE: silicone product contains light-transmitting polymeric material from the group of polysiloxanes, luminescent material and filler particles. The luminescent material contains particles with nanometer range size at least in one dimension in, quantum dots, quantum rods or quantum tetrapodes. The luminescent material is adapted to absorb the light of the first spectral range and convert a portion of the absorbed light into the light of the second spectral range.

The filler particles are light-transmitting inert material, such as alumina, titania, silica or clay. The filler particles are miscible with the particles of the luminescent material and provided in said polymeric material. The luminescent material particles are distributed along the surface of the filler particles.

EFFECT: increased efficiency of light conversion and lighting device efficiency.

12 cl, 4 dwg, 1 ex

ОБЛАСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Изобретение относится к силиконовым изделиям, которые содержат люминесцентный материал. Изобретение также относится к осветительному прибору, содержащему силиконовое изделие, и к способу производства силиконового изделия, содержащего

ПРЕДПОСЫЛКИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Во многих применениях освещения, особенно в применениях освещения, в которых используют светоизлучающие диоды (СИД), используют силикон для оптических элементов, таких как, например, линзы или световоды для направления света к окну

выхода света или улучшения вывода света из СИД. Силиконы являются достаточно стабильными при применении в СИД и способны выдерживать относительно высокие световые дозы и высокие температуры применений СИД. Такие оптические элементы могут быть легко произведены из силиконовой смолы.

Люминесцентные квантовые точки являются перспективным материалом для создания осветительных блоков, которые излучают определенный цвет света, таких как, например, осветительные блоки, которые излучают белый свет. Люминесцентные квантовые точки поглощают часть света, излучаемого, например, СИД, и преобразуют этот свет в свет другого цвета. Квантовые точки обеспечивают высокую эффективность и относительно длительный срок службы, если квантовые точки хорошо пространственно разделены в матричном материале. Вследствие полезных характеристик силикона квантовые точки предпочтительно заделаны в силикон.

Однако квантовые точки и аналогичные люминесцентные материалы (такие как квантовые стержни или квантовые тетраподы) не могут быть легко распределены в силиконе. Известно, что квантовые точки могут быть легко распределены в жидкостях типа толуола и в некоторых акриловых смесях без образования кластеров квантовых точек - в таких жидкостях квантовые точки будут хорошо пространственно разделены. Квантовые точки представляют собой очень маленькие частицы, и во время производства их необходимо добавлять к силиконовой смоле в виде смеси растворителя и квантовых точек. Квантовые точки несовместимы с силиконовыми смолами, и когда их смешивают с силиконовой смолой, возникает флокуляция квантовых точек. Другими терминами, используемыми для флокуляции, являются агрегация, агломерация и кластерообразование. Если квантовые точки образуют агломераты, в которых их взаимное разделение составляет меньше, чем несколько нанометров (например, меньше чем 7 нанометров), квантовая эффективность квантовых точек падает, и наблюдается более быстрая деградация параметров при облучении. Кроме того, квантовые точки могут быть еще до некоторой степени подвижны в пределах силиконовой смолы, и флокуляция может медленно продолжаться, приводя к даже более низкой квантовой эффективности. Полагают, что снижение квантовой эффективности является результатом возникновения концентрационного тушения вследствие возбуждения и/или переноса заряда между квантовыми точками. Кроме того, нежелательные химические реакции между соседними квантовыми точками также могут вызвать деградацию агрегатов квантовых точек.

Опубликованная патентная заявка US 2012/0045850 раскрывает материал, содержащий квантовые точки, которые лучше совместимы со многими материалами, такими как вода. Решение по этой патентной заявке может привести к материалу, который является более совместимым с силиконом. Решение по цитируемой патентной заявке заключается в создании частиц диоксида кремния, заделывающих квантовые точки. Так как частицы диоксида кремния являются частью многих силиконовых рецептов, полученные

покрытые диоксидом кремния квантовые точки могут быть легко замешаны в силиконовые смолы.

В подходе по US 2012/0045850 в реакционной смеси получения наночастиц диоксида кремния присутствует вода. Что касается большого числа квантовых точек, то присутствие воды или снижает квантовую эффективность непосредственно и/или ускоряет деградацию свойств, преобразование света может быть низким или снижаться слишком быстро со временем. Вероятно, что использование, например, воды на этапах создания наночастиц диоксида кремния приводит к созданию неизлучающих свет квантовых точек. Таким образом, квантовые точки, заделанные в наночастицы диоксида кремния, по процитированному патенту показывают относительно небольшую эффективность преобразования света, и, когда наночастицы диоксида кремния из процитированной патентной заявки используют в силиконе, эффективность преобразования света, как можно ожидать, должна быть относительно низкой.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Задачей настоящего изобретения является обеспечение силиконового изделия, которое содержит люминесцентные частицы нанометрового размера, которые имеют при применении относительно большую квантовую эффективность.

Первый аспект изобретения предусматривает силиконовое изделие. Второй аспект изобретения предусматривает осветительный прибор. Третий аспект изобретения предусматривает способ производства силиконового изделия, содержащего иммобилизованный люминесцентный материал. Преимущественные варианты осуществления определены в зависимых пунктах.

Силиконовое изделие в соответствии с первым аспектом изобретения содержит полимерный материал, люминесцентный материал и частицы наполнителя. Полимерный материал содержит материал из группы полисилоксанов, причем полимерный материал является светопропускающим. Люминесцентный материал содержит частицы, которые по меньшей мере в одном измерении имеют размер в нанометровом диапазоне. Люминесцентный материал выполнен с возможностью поглощения света первого спектрального диапазона и преобразования части поглощенного света в свет второго спектрального диапазона. Частицы наполнителя представляют собой светопропускающий инертный материал. Частицы наполнителя, смешивающиеся с люминесцентным материалом. Частицы наполнителя обеспечены в полимерном материале. Частицы люминесцентного материала распределены вдоль поверхности частиц наполнителя.

Другим термином, часто используемым для полимерного материала, содержащего материал из группы полисилоксанов, является силикон. Полисилоксаны являются полимерными материалами с общей формулой $[R_2SiO]_m$, где R представляет собой органическую группу, такую как, например, метил, этил или фенил. Главная цепочка молекул представляет собой неорганическую цепочку кремний-кислород ...-Si-O-Si-O-Si-O-....

Частицы наполнителя и частицы люминесцентного материала являются смешивающимися, что означает, что и частицы люминесцентного материала, и частицы наполнителя остаются распределенными в растворителе, не подвергаясь сильной агломерации, агрегации и/или флокуляции. В практическом варианте осуществления это означает, что частицы наполнителя и частицы люминесцентного материала могут быть гомогенно смешаны в по меньшей мере одном типе растворителя. На последующем этапе коллоидная стабильность люминесцентных частиц снижается, заставляя их флокулировать. Вследствие присутствия частиц наполнителя с избыточной площадью

поверхности люминесцентные частицы будут флокулировать на поверхность частиц наполнителя. Такой процесс, при котором один тип частиц флокулирует на другой тип частиц, называют гетерофлокуляцией. Люминесцентный материал и частицы наполнителя не имеют тенденции избегать друг друга в растворителе. Если бы люминесцентный материал и частицы наполнителя были несмешивающимися, была бы получена неомогенная смесь в растворителе, и, необязательно, люминесцентный материал и/или частицы наполнителя флокулировали.

Международный союз специалистов по теоретической и прикладной химии (IUPAC) различает разные типы стабильности для коллоидной системы (смеси частиц, которые диспергированы в жидкой среде). В данном изобретении принимают, что силиконовое изделие является коллоидно-стабильным. Определение «коллоидно-стабильный» относится к возможности получать гомогенный раствор, в котором как люминесцентный материал, так и частицы наполнителя растворены и/или диспергированы гомогенно. Частицы как наполнителя, так и люминесцентного материала являются коллоидно-стабильными в группе жидкостей. В соответствии с IUPAC коллоидно-стабильный означает, что «частицы не агрегируют со значительной скоростью». Агрегат представляет собой в общем случае группу частиц (которые могут быть атомами или молекулами), удерживаемых вместе тем или иным образом. Агрегация представляет собой процесс или результат образования агрегатов. Когда коллоидная система является коллоидно-нестабильной (то есть скорость агрегации не является пренебрежимо малой), образование агрегатов называют коагуляцией или флокуляцией. Эти термины часто используют взаимозаменяемо, но некоторые авторы предпочитают вводить различие между коагуляцией, предполагающей образование компактных агрегатов, приводящих к макроскопическому разделению коагулята, и флокуляцией, предполагающей образование свободной или открытой пространственной структуры («сети»), которая может быть или может не быть разделена микроскопически. Во многих ситуациях свободную структуру, образованную таким путем, называют флоком. Скорость агрегации обычно определяют по частоте столкновений и вероятности когезии во время столкновения. Если столкновения обусловлены Броуновским движением, процесс называют перикинетической агрегацией; если гидродинамическими движениями (например, конвекцией или седиментацией), можно говорить об ортокинетической агрегации. В контексте настоящего изобретения различие между «коагуляцией» или «флокуляцией» не является значимым. Как только люминесцентный материал агрегирует, квантовая эффективность падает, и это предотвращается с помощью изобретения.

В результате изобретения внутри полимерного материала, содержащего полисилоксан, люминесцентные частицы распределены вдоль поверхности частиц наполнителя. Таким образом, тенденция частиц люминесцентного материала агломерировать, агрегировать и/или флокулировать внутри полимерного материала, содержащего полисилоксан, уменьшена или даже полностью остановлена, так как частицы люминесцентного материала расположены на поверхности частиц наполнителя. Другими словами, в пределах полимерного материала люминесцентные частицы иммобилизованы, так как они находятся в контакте с частицами наполнителя, и они больше не двигаются в направлении друг друга в (отвержденном) полимерном материале, и, следовательно, они более не агрегируют. Тенденция к образованию гомоагрегатов отсутствует. Таким образом, большинство частиц люминесцентного материала не соприкасается с другими частицами люминесцентного материала, что означает, что они хорошо пространственно отделены друг от друга. Как обсуждалось ранее, хорошее пространственное разделение частиц люминесцентного материала

приводит к относительно высокой квантовой эффективности. Следовательно, силиконовое изделие проявляет, будучи облученным светом, который поглощается и преобразуется люминесцентным материалом, относительно высокую эффективность преобразования цвета.

5 Частицы люминесцентного материала имеют в по меньшей мере одном измерении размер в нанометровом диапазоне. Это означает, например, что если частицы являются по существу сферическими, их диаметр находится в нанометровом диапазоне. Или это означает, например, если они имеют форму стержня, что размер поперечного сечения проволоки в одном направлении находится в нанометровом диапазоне. Размер в
10 нанометровом диапазоне означает, что размер в этом по меньшей мере одном измерении составляет по меньшей мере меньше чем 100 нанометров, то есть меньше чем 0,1 микрометра и больше чем или равен 0,5 нанометра. В варианте осуществления размер в одном измерении меньше чем 50 нанометров. В другом варианте осуществления размер в одном измерении находится в диапазоне от 2 до 20 нанометров. Большая
15 часть люминесцентного материала с размером в нанометровом диапазоне в по меньшей мере одном измерении проявляет квантовое ограничение, которое означает, что цвет излучаемого материалом света (вследствие поглощения света) сильно зависит от их размера. Это применимо к большинству квантовых точек, однако отдельные квантовые точки не проявляют квантового ограничения. Также квантовые точки, которые не
20 проявляют квантового ограничения, подвержены тем же самым эффектам, что и квантовые точки, рассмотренные в разделе предшествующего уровня техники (флокуляция в силиконе).

В варианте осуществления возможно, чтобы частицы наполнителя были не полностью смешивающимися с (силиконовым) полимерным материалом так, что частицы
25 наполнителя агломерируют, агрегируют и/или флокулируют до некоторой степени. Однако флокуляция частиц наполнителя не обязательно негативно влияет на эффективность частиц люминесцентного материала. Частицы люминесцентного материала распределены вдоль поверхности частиц наполнителя, и, по сути, когда частицы наполнителя касаются друг друга, частицы люминесцентного материала все
30 еще пространственно отделены от других частиц люминесцентного материала частицами наполнителя.

«Распределенные вдоль поверхности частиц наполнителя» означает, что частицы люминесцентного материала находятся в контакте с поверхностью частиц наполнителя и что на различных частях поверхности могут быть найдены люминесцентные частицы.
35 Нахождение в контакте друг с другом в неявном виде подразумевает, что люминесцентные частицы и частицы наполнителя объединены или имеют некий вид связывания как результат химической реакции. Частицы все еще являются индивидуальными частицами и могут быть идентифицированы отдельно. Частицы являются смежными в том смысле, что «они имеют общую границу или оконечную
40 точку», или они примыкают в том смысле, что «лежат рядом друг с другом или находятся в контакте» и, следовательно, частицы являются соседними.

Более того, в контексте данного документа «светопропускающий» означает, что свет пропускается через материал; другими словами, если луч света падает на поверхность материала, то по меньшей мере некоторое количество света излучается
45 на той же самой или другой поверхностях материала. Следовательно, поглощается не весь свет, например, поглощается не более чем 15% света. В другом варианте осуществления «светопропускающий» означает, что поглощается не более чем 10% света. В еще одном варианте осуществления «светопропускающий» означает, что

поглощается не более чем 10% света. Следует отметить, что «прозрачный» и «просвечивающийся» представляют собой определения, подпадающие под объем определения «светопропускающий». В контексте настоящего изобретения частицы наполнителя представляют собой светопропускающий материал, но следует отметить, что силиконовое изделие как целое может поглощать свет, например люминесцентные частицы поглощают свет определенного цвета и преобразуют часть поглощенного света в свет другого цвета.

Инертные материалы представляют собой материалы, которые не реагируют по меньшей мере с теми материалами, которые используются в контексте настоящего изобретения, при обстоятельствах, описанных в контексте данного документа. Таким образом, инертные материалы не являются химически реакционноспособными. Это не исключает, что при определенных обстоятельствах инертные материалы не могут быть вовлечены в химическую реакцию, но тогда, чтобы содействовать реакциям, необходимы большие количества энергии от нагревания, давления или излучения и часто используются катализаторы.

Необязательно, частицы наполнителя больше, чем частицы люминесцентного материала. Если частицы наполнителя больше, то они имеют относительно большую поверхность в сравнении с размером частиц люминесцентного материала и, следовательно, когда частицы люминесцентного материала распределены вдоль поверхности частиц наполнителя, они пространственно хорошо разделены. Таким образом, вероятность, что частицы люминесцентного материала находятся слишком близко друг к другу, так что их квантовая эффективность падает, является небольшой. Кроме того, в пределах полимерного материала частицы могут двигаться (пока полимерный материал не отвержден до твердого состояния), и более крупные частицы двигаются намного медленнее, чем более мелкие частицы. Таким образом, более мелкие люминесцентные частицы, которые находятся в контакте с более крупными частицами наполнителя, перемещаются намного медленнее по полимерному материалу, и, следовательно, лучше иммобилизованы, и не агрегируют. Следует отметить, что размер частиц наполнителя не может стать слишком большим. Очень большие частицы наполнителя имеют относительно небольшую величину площади поверхности на грамм материала и, следовательно, между частицами люминесцентного материала, которые находятся в контакте с поверхностью одной частицы наполнителя, может присутствовать меньший промежуток между частицами люминесцентного материала. В варианте осуществления размер частиц наполнителя находится ниже 5 микрометров, или в другом варианте осуществления ниже 1 микрометра, или в добавочном варианте ниже 500 нанометров. В еще одном необязательном варианте осуществления ниже 250 нанометров, и в добавочном необязательном варианте осуществления менее чем 100 нанометров.

Необязательно, частицы наполнителя не меньше частиц люминесцентного материала. Необязательно, люминесцентный материал содержит по меньшей мере один элемент из квантовых точек, квантовых стержней и квантовых тетраподов. Следовательно, частицы, которые проявляют квантовое ограничение и имеют по меньшей мере в одном измерении размер в нанометровом диапазоне, представляют собой квантовые точки, квантовые стержни или квантовые тетраподы. Материалы такого необязательного варианта осуществления несовместимы с силиконовыми смолами и, следовательно, с полимерным материалом, содержащим полисилоксан.

Необязательно, по меньшей мере 60% частиц люминесцентного материала отделено достаточно далеко от других частиц люминесцентного материала, чтобы предотвратить

снижение квантовой эффективности этих частиц. В одном варианте осуществления по меньшей мере 75% частиц люминесцентного материала отделено достаточно далеко друг от друга. В другом варианте осуществления по меньшей мере 90% частиц люминесцентного материала отделено достаточно далеко друг от друга. «Отделено достаточно далеко друг от друга» означает, что эти частицы по меньшей мере не соприкасаются друг с другом, и может означать в необязательном варианте осуществления, что концентрационное тушение не возникает. Кроме того, наблюдается, что когда люминесцентные частицы расположены очень близко друг к другу, например на расстоянии 7 нанометров, квантовая эффективность падает. Эффект такого необязательного варианта осуществления состоит в том, что квантовая эффективность и, следовательно, эффективность преобразования цвета силиконового изделия в целом являются относительно высокими. В варианте осуществления частицы люминесцентного материала, которые отделены достаточно далеко друг от друга, имеют по меньшей мере расстояние 10 нанометров между частицами без других частиц люминесцентного материала между ними.

Необязательно, частицы наполнителя являются частицами диоксида кремния, или частицы наполнителя содержат материал одного из материалов групп оксида алюминия, оксида титана, диоксида кремния или глины. Частицы диоксида кремния часто используются в полимерных материалах, которые содержат полисилоксан, и могут быть легко смешаны с такими полимерными материалами. В общем случае частицы диоксида кремния имеют показатель преломления, который близок к показателю преломления полимерных материалов, которые содержат полисилоксан, и, следовательно, свет не сильно отражается на межфазных границах между частицами диоксида кремния и полисилоксановым материалом, а такие межфазные границы отражают не много света. Таким образом, силиконовое изделие остается относительно прозрачным и не сильно рассеивает свет. В других вариантах осуществления рассеивание света требуется, и материалы, используемые для частиц наполнителя, имеют показатель преломления, который отличается в большей степени от показателя преломления полимерного материала, содержащего полисилоксан. Прозрачные частицы глины часто имеют относительно плоскую форму, которая приводит к относительно большой наружной поверхности, вдоль которой частицы люминесцентных материалов могут быть распределены, и, следовательно, получается хорошее пространственное разделение частиц люминесцентного материала.

Необязательно, частицы люминесцентного материала содержат первый слой органического материала на их поверхности. Необязательно, частицы наполнителя содержат второй слой органического материала на их поверхности. Первый слой и/или второй слой наносятся соответственно на частицы люминесцентного материала и/или частицы наполнителя, чтобы сделать их смешивающимися в растворителях, используемых в процессах приготовления. Необязательно, по меньшей мере один из первого слоя и второго слоя органического материала является монослоем органического материала. Монослой представляет собой количество органического материала, необходимое для образования плотноупакованного слоя толщиной в одну молекулу. В особенности, когда первый слой и/или второй слой представляют собой сходные органические слои, частицы наполнителя и частицы люминесцентного материала лучше смешиваемы друг с другом в растворителе, и, следовательно, частицы люминесцентного материала могут быть обработаны, будучи лучше пространственно разделенными вдоль поверхности частиц наполнителя; другими словами, частицы люминесцентного материала не имеют тенденции флокулировать или агломерировать.

Необязательно, не более чем 20% поверхности частиц наполнителя покрыто частицами люминесцентного материала. Когда меньше чем 20% поверхности частиц наполнителя покрыто частицами люминесцентного материала, частицы люминесцентного материала, вероятно, будут хорошо пространственно разделены.

5 Может быть проверено, удовлетворяет ли силиконовое изделие условию такого необязательного варианта осуществления, путем получения изображений силиконового изделия с помощью просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ), определения размера частиц наполнителя и расчета их соответствующей площади поверхности, определения числа частиц люминесцентного материала на поверхности частиц
10 наполнителя, определения размера частиц люминесцентного материала, расчета поверхности частиц наполнителя, покрытой люминесцентными частицами, и расчета относительной величины поверхности частиц наполнителя, покрытой люминесцентными частицами. Следует отметить, что относительная величина поверхности частиц наполнителя, покрытой частицами люминесцентного материала, представляет собой
15 среднее значение и что поверхность отдельных частиц наполнителя может быть покрыта на более высокий процент. В другом необязательном варианте осуществления не более чем 10% поверхности частиц наполнителя покрыто частицами люминесцентного материала. В еще одном необязательном варианте не более чем 5% поверхности частиц наполнителя покрыто частицами люминесцентного материала.

20 Необязательно, относительное количество люминесцентного материала составляет по меньшей мере 0,05 массовых процентов силиконового изделия и относительное количество люминесцентного материала составляет не более чем 10 массовых процентов силиконового изделия. Такое относительное количество частиц люминесцентного материала в целом является достаточным, чтобы обеспечить требуемое преобразование
25 света такими люминесцентными частицами (что, конечно, также зависит от конфигурации светоизлучающего устройства). Кроме того, в изобретении, если их относительное количество ниже 10 массовых процентов, частицы люминесцентного материала могут быть преимущественно распределены вдоль поверхности частиц наполнителя без нахождения в контакте с другими частицами люминесцентного
30 материала.

Необязательно, относительное количество частиц наполнителя составляет не более чем 40 массовых процентов силиконового изделия, а относительное количество частиц наполнителя составляет по меньшей мере удвоенное относительное количество люминесцентного материала, выраженное как массовый процент силиконового изделия.
35 В практическом варианте осуществления количество частиц наполнителя должно быть ниже 40 массовых процентов, чтобы сохранить полезные свойства полимерного материала, который содержит полисилоксан.

Необязательно, наибольший размер частиц наполнителя составляет меньше чем 5 микрометров. В другом необязательном варианте наибольший размер частиц
40 наполнителя составляет меньше чем 1 микрометр. В еще одном варианте осуществления наибольший размер частиц наполнителя составляет меньше чем 500 нанометров. «Наибольший размер» в контексте данного документа означает размер поперечного сечения частицы наполнителя в определенном направлении, а во всех других направлениях размер поперечного сечения меньше, чем наибольший размер. Таким
45 образом, если частицы наполнителя являются по существу сферическими, то диаметр частиц составляет меньше чем 500 нанометров. Если частицы наполнителя имеют форму стержня, то длина стержня составляет меньше чем 500 нанометров. Если частицы наполнителя имеют плоскую форму, любая линия, которая может быть проведена на

плоской поверхности, короче чем 500 нанометров.

Необязательно, полимерный материал имеет первый показатель преломления, а частицы наполнителя имеют второй показатель преломления. Наибольший размер частиц наполнителя составляет меньше чем 100 нанометров, если абсолютная разница между первым показателем преломления и вторым показателем преломления составляет больше чем 0,3. Чем больше разница в показателях преломления между двумя типами материала, тем больше отражение, и на межфазовых границах между двумя материалами происходит преломление, что приводит к диффузии света, который пропускается через силиконовое изделие. В конкретных вариантах осуществления это нежелательно и требуется, чтобы силиконовое изделие было по существу прозрачным. Это может быть получено путем использования материалов приблизительно с одинаковым показателем преломления, что означает, что разность показателей преломления составляет меньше чем 0,1, или что может быть получено путем снижения размера частиц наполнителя в зависимости от разницы в показателях преломления. Числа, представленные в этом необязательном варианте осуществления, приводят к силиконовому изделию, которое диффундирует/рассеивает свет только до ограниченной степени. Дополнительно следует отметить, что прозрачность необязательно зависит только от разницы в показателях преломления. Она также зависит от размера частиц и объемной доли частиц. Если силиконовое изделие, например, нанесено тонким слоем, например, 1 микрометр, слой может быть еще прозрачным, когда в слое присутствует 20 нм TiO_2 . Кроме того, относительное количество частиц наполнителя также вносит вклад в степень прозрачности.

Необязательно, силиконовое изделие представляет собой смолу, а силикон представляет собой силиконовую смолу. Когда силиконовое изделие представляет собой смолу, оно, до некоторой степени, является эластичным/жидким и может быть преобразовано в различные формы. За счет специфических обработок смола может быть отверждена так, что может быть получено твердое силиконовое изделие.

В соответствии со вторым аспектом изобретения предоставлен осветительный прибор, который содержит источник света и силиконовое изделие в соответствии с первым аспектом изобретения. Силиконовое изделие расположено с возможностью приема света от источника света.

Осветительный прибор в соответствии со вторым аспектом изобретения обеспечивает такие же преимущества, как и силиконовое изделие в соответствии с первым аспектом изобретения, и имеет подобные варианты осуществления с подобными эффектами, как и соответствующие варианты осуществления силиконового изделия.

В соответствии с третьим аспектом изобретения предложен способ производства силиконового изделия, содержащего иммобилизованный люминесцентный материал. Способ включает этапы: i) получения смеси частиц наполнителя из светопропускающего инертного материала и люминесцентного материала, содержащего частицы, проявляющие квантовое ограничение и имеющие по меньшей мере в одном измерении размер в нанометровом диапазоне, причем частицы люминесцентного материала расположены на поверхности частиц наполнителя; ii) смешения смеси с полимерным материалом, содержащим материал из группы полисилоксанов.

Способ в соответствии с третьим аспектом изобретения предоставляет такие же преимущества, что и силиконовое изделие в соответствии с первым аспектом изобретения, и имеет подобные варианты осуществления с подобными эффектами, что и соответствующие варианты осуществления силиконового изделия.

Необязательно, этап получения смеси содержит подэтапы: а) получения первой

гомогенной смеси частиц наполнителя в первом растворителе, b) получения второй гомогенной смеси люминесцентного материала во втором растворителе, c) смешения первой гомогенной смеси со второй гомогенной смесью с получением третьей гомогенной смеси и d) флокулирования люминесцентного материала на частицы наполнителя посредством изменения состава растворителя третьей гомогенной смеси или посредством изменения свойства растворителя третьей гомогенной смеси.

Способ получения смеси начинается с получения первой гомогенной смеси и второй гомогенной смеси. Такие смеси могут быть получены напрямую от производителя таких гомогенных смесей, или могут быть приготовлены, например, разбавлением исходного раствора в том же растворителе, что и растворитель исходного раствора. Затем такие гомогенные смеси смешивают с получением третьей гомогенной смеси. Третьи гомогенные смеси также могут быть получены, если первый растворитель и второй растворитель не вызывают агрегации или флокуляции люминесцентного материала и частиц наполнителя. Затем на этапе флокуляции люминесцентного материала на частицы наполнителя третий растворитель или добавки добавляют к третьей гомогенной смеси, что вызывает изменение состава растворителя третьей гомогенной смеси так, что люминесцентный материал флокулирует к поверхности частиц наполнителя, и комбинация частиц наполнителя с люминесцентным материалом флокулирует. В качестве альтернативы, меняют свойство состава растворителя третьей гомогенной смеси, например, посредством изменения температуры состава растворителя так, что люминесцентный материал флокулирует на частицы наполнителя. Часто для этого процесса используется термин «гетерофлокуляция». Затем в необязательном варианте осуществления удаляют растворители (первый растворитель и/или второй растворитель). Это может быть сделано, например, путем испарения растворителей. В качестве альтернативы, растворители удаляют после смешения полученной смеси частиц наполнителя и люминесцентного материала с полимерным материалом.

Способ получения смеси частиц наполнителя и люминесцентного материала является эффективным и действенным путем получения силиконового изделия из изобретения. Очевидно, что частицы люминесцентного материала хорошо распределены вдоль поверхности частиц наполнителя и что большая часть частиц люминесцентного материала не расположена слишком близко друг к другу.

Следует отметить, что первый растворитель и второй растворитель могут представлять собой один и тот же растворитель.

Эти и другие аспекты изобретения очевидны и будут разъяснены со ссылкой на варианты осуществления, описанные в дальнейшем.

Специалисту в данной области техники будет понятно, что два или более из упомянутых выше вариантов выбора, вариантов реализации и/или аспектов изобретения могут быть комбинированы любым способом, предполагаемым полезным.

Модификации и вариации изделия и/или способа, которые соответствуют описанным модификациям и вариациям изделия, могут быть осуществлены специалистом в данной области техники на основе настоящего описания.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ НА ЧЕРТЕЖАХ:

ФИГ. 1 схематично показывает вариант осуществления силиконового изделия,

ФИГ. 2 схематично показывает вариант осуществления частицы наполнителя с двумя частицами люминесцентного материала, находящимися в контакте с поверхностью частицы наполнителя,

ФИГ. 3 схематично показывает осветительный прибор в соответствии со вторым

аспектом изобретения, и

ФИГ. 4 схематично представляет вариант осуществления способа производства силиконового изделия.

Следует отметить, что элементы, обозначенные одинаковыми номерами позиций на разных фигурах, имеют одинаковые структурные признаки и одинаковые функции. В тех случаях, когда функция и/или структура такого элемента объяснена, нет необходимости повторного его разъяснения в подробном описании.

Фигуры являются чисто схематическими и нарисованы не в масштабе. В частности, для большей ясности некоторые размеры сильно преувеличены.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

Первый вариант осуществления показан на ФИГ. 1. ФИГ. 1 схематично показывает на виде в поперечном разрезе вариант осуществления силиконового изделия 100.

Схематичное представление ФИГ. 1 является увеличением, также с помощью пунктирной линии прочерчена виртуальная граница изделия 100, однако, в фактическом варианте осуществления показанное увеличение представляет собой только фрагмент намного большего количества силиконового изделия (силиконового продукта) 100. Кроме того, показанное силиконовое изделие 100 может представлять собой твердый материал или может представлять собой смолу, которая содержит другие молекулы (не показаны) для создания полужидкого состояния материала (такими материалами, например, являются мономеры, макромономеры, олигомеры или реакционноспособные соединения).

Силиконовое изделие 100 содержит молекулы 110 полимера из группы полисилоксанов. Часто термин «силикон» используется вместо «материала из группы полисилоксанов». Полисилоксаны представляют собой полимерный материал с общей формулой $[R_1R_2SiO]_m$, где R_1 и R_2 представляют собой органическую группу, такую как, например, метил, этил или фенил. R_1 может быть равен R_2 . Главная цепочка молекул представляет собой неорганическую цепочку кремний-кислород ...-Si-O-Si-O-Si-O-.... На ФИГ. 1 молекулы 110 полимера нарисованы в виде линий неправильной формы, которые представляют цепочку кремний-кислород. Материал, образованный молекулами 110 полимера, является светопропускающим, что означает, что свет может пропускаться через материал; другими словами, материалом поглощается не очень много света, например поглощается не более чем 15% света. В другом варианте осуществления «светопропускающий» означает, что поглощается не более чем 10% света. Следует отметить, что материал может быть чистым (прозрачным) или может быть пропускающим диффузный свет (просвечивающимся).

Силиконовое изделие 100 дополнительно содержит частицы 120 наполнителя. Частицы наполнителя являются светопропускающими. Таким образом, когда только частицы 120 наполнителя будут обеспечены в материале из молекул 110 полисилоксана, их сочетание все еще будет оставаться светопропускающим. Следует отметить, что частицы наполнителя могут влиять на оптические характеристики материала. Например, если разница между показателем преломления частиц наполнителя и показателем преломления материала из молекул 110 полисилоксана является относительно большой и если размер частиц наполнителя сравним с длиной волны (видимого) света или больше, частицы наполнителя частично отражают свет, который падает на них, и частично пропускают и отражают свет; это приводит к более диффузному/просвечивающему силиконовому изделию 100.

Частицы 120 наполнителя представляют собой инертный материал. В контексте данного документа инертные материалы представляют собой материалы, которые не

вступают в реакцию по меньшей мере с теми материалами, которые используются в контексте данного документа, при обстоятельствах, описанных в данном документе. Следовательно, инертные материалы не являются химически реакционноспособными. Это не исключает, что при определенных обстоятельствах инертные материалы могут
 5 быть вовлечены в химическую реакцию, но в таких ситуациях необходимы большие количества энергии от нагревания, давления или излучения, также часто используются катализаторы, чтобы содействовать реакциям с инертными материалами. Таким образом, материал частиц 120 наполнителя не реагирует с молекулами 110 полисилоксана, с материалами, добавленными к молекулам 100 полисилоксана, чтобы
 10 получить смолу, и т.д., при нормальных атмосферных условиях, во время применения осветительного блока и/или в комбинации с последними обсужденными материалами (такими как люминесцентные материалы). Как будет рассмотрено далее, частицы 120 наполнителя могут иметь слой органического материала на их поверхности. В некоторых случаях этот слой может вступать в реакцию с молекулой 110 полимера, когда
 15 силиконовое изделие 110 отверждается.

Преимущественным материалом для частиц наполнителя является диоксид кремния. Диоксид кремния (SiO_2) часто используется в материале, который содержит полисилоксан, и во многих оптических применениях количество диоксида кремния, используемого в силиконе, может достигать максимума при 30 или даже 40 массовых
 20 процентах (мас. %) от общей массы силиконовой смолы. Другими подходящими материалами, из которых могут быть изготовлены прозрачные инертные частицы, являются материалы из групп оксида алюминия, оксида титана, диоксида кремния или, например, глины. Могут быть использованы определенные типы прозрачных глин, и обычно такие частицы имеют относительно плоскую форму и, следовательно,
 25 относительно большую наружную поверхность, вдоль которой могут быть распределены люминесцентные частицы 130. Плоские частицы обеспечивают подходящее пространственное разделение люминесцентных частиц 130.

Силиконовое изделие 100 также содержит люминесцентный материал, который содержит люминесцентные частицы 130 из материала, который проявляет квантовое
 30 ограничение и имеет по меньшей мере в одном измерении размер в нанометровом диапазоне. Квантовое ограничение означает, что частицы имеют оптические свойства, которые зависят от размера частиц. Люминесцентные частицы 130 выполнены с возможностью поглощения части света, который падает на них, и преобразования части поглощенного света в свет другого цвета. Люминесцентные частицы 130
 35 люминесцентного материала имеют в по меньшей мере одном измерении размер, который находится в нанометровом диапазоне. Это означает, например, что если частицы 130 являются по существу сферическими, то их диаметр находится в нанометровом диапазоне. Или это означает, например, что если они имеют форму
 40 стержня, то размер поперечного сечения стержня в одном направлении находится в нанометровом диапазоне. Размер в нанометровом диапазоне означает, что их размер по меньшей мере меньше чем 100 нанометров, то есть меньше чем 0,1 микрометра и больше или равен 0,5 нанометра. В варианте осуществления размер в одном измерении составляет меньше чем 50 нанометров. В другом варианте осуществления размер в
 45 одном измерении находится в интервале от 2 до 20 нанометров. Примерами подходящих люминесцентных частиц 130 являются квантовые точки, квантовые стержни и квантовые тетраподы. В другом варианте осуществления люминесцентные частицы 130 не проявляют квантового ограничения. Например, легированные марганцем (Mn) квантовые точки ZnSe проявляют свечение ионов Mn и, соответственно, свечение этих

квантовых точек независимо от размера квантовых точек.

Квантовые точки представляют собой маленькие кристаллы полупроводникового материала и обычно имеют ширину или диаметр только несколько нанометров. При возбуждении падающим светом квантовая точка излучает свет цвета, определяемого размером и материалом кристалла. Свет конкретного цвета может быть вследствие этого получен за счет подгонки размера точек. Наиболее известные квантовые точки с излучением в видимом диапазоне основаны на селениде кадмия (CdSe) с оболочкой, такой как сульфид кадмия (CdS) и сульфид цинка (ZnS). Также могут быть использованы не содержащие кадмия квантовые точки, такие как фосфид индия (InP) и сульфид меди-индия (CuInS₂) и/или сульфид серебра-индия (AgInS₂). Квантовые точки проявляют очень узкую полосу излучения (например, с шириной 50 нанометров или даже 25 нанометров, выраженную в виде значения полной ширины (кривой) на уровне полумаксимум (FWHM)), и, следовательно, они проявляют насыщенные цвета. Кроме того, цвет света может быть легко настроен путем подбора размера квантовых точек. Любой тип квантовой точки, известный в данной области техники, может быть использован в настоящем изобретении. Другие примеры материалов, из которых изготавливают квантовые точки, представляют собой: ZnSe, кремний, CuInS, углерод, ZnO и легированные Mn материалы. Другие типы наноразмерных люминесцентных материалов представляют собой серебряные кластеры или другие кластеры благородных металлов "магических размеров". Квантовые стержни, как правило, состоят из ядра квантовой точки CdSe, окруженного имеющей форму стержня оболочкой из CdS, которая может иметь соотношения геометрических размеров от 2 до 20. Также может быть ядро квантовой точки InP, окруженное имеющей форму стержня оболочкой подобных размеров. В другом случае стержень содержит имеющий форму стержня нанокристалл CdSe или InP, окруженный несколькими монослоями материалов неорганической оболочки типа CdS или ZnS. Тетрапод содержит ядро, например, CdSe или InP, окруженное оболочкой из материала, который предпочтительно наращивается на некоторых гранях нанокристалла так, что образуется нанокристалл в форме тетрапода. И, наконец, недавно представленные нанопластинки (Itherria et al., Nature Materials 2011) также включены в качестве люминесцентных наноматериалов. Такие материалы представляют собой пластинки лишь из нескольких (2-20) монослоев, например, CdSe или InP, и имеют намного большие размеры в двух других направлениях. Квантовое ограничение, следовательно, имеет место только в одном направлении.

Люминесцентные частицы 130 и частицы 120 наполнителя являются хорошо смешивающимися друг с другом. Это означает, что они не проявляют тенденции отходить друг от друга, когда они, например, растворены в среде/жидкости, в которой они способны свободно перемещаться. На следующем этапе люминесцентные частицы приводятся к флокулированию. В этом процессе они гетерофлокулируют на поверхность частиц наполнителя, и они будут оставаться там. Следовательно, когда люминесцентные частицы 130 приводятся в контакт с частицами 120 наполнителя, они остаются в контакте с частицами наполнителя. Когда люминесцентные частицы 130 находятся в несовместимой текучей среде или смоле, они проявляют тенденцию агломерировать, агрегировать и/или флокулировать, однако, когда они находятся на поверхности материала наполнителя, они остаются преимущественно на своих местах. Часто для описания хорошей смешиваемости двух материалов используется термин «химическое сродство». В практических вариантах осуществления это означает, что и частицы 120 наполнителя и люминесцентные частицы 130 могут быть гомогенно смешаны в по меньшей мере одном типе растворителя. В другом практическом варианте осуществления

частицы 120, 130 все совместимы с более чем одним растворителем.

В силиконовом изделии 100 люминесцентные частицы 130 распределены вдоль наружных поверхностей частиц 120 наполнителя. Это означает, что люминесцентные частицы 130 соприкасаются с частицей 120 наполнителя. Оба материала остаются в
5 контакте друг с другом в силиконовом изделии 100. Вследствие этого люминесцентные частицы остаются гомогенно распределенными в силиконовом изделии. В общем случае люминесцентные частицы 130, которые проявляют квантовое ограничение и имеют один размер в нанометровом диапазоне, являются плохо смешивающимися с материалом, который содержит молекулы 110 полисилоксана. В частности, это приводит
10 к тому, что люминесцентные частицы 130 остаются в силиконовом изделии 100 в контакте с частицами 120 наполнителя. Когда люминесцентные частицы 130 находятся в контакте с частицами 120 наполнителя, они более не имеют тенденции флокулировать или агломерировать и, следовательно, остаются пространственно разделены. Когда люминесцентные частицы 130 хорошо пространственно разделены, они обеспечивают
15 полезную эффективность преобразования цвета; следовательно, их квантовая эффективность относительно высока. Следует отметить, что в другом варианте осуществления частицы наполнителя могут быть пористыми и что люминесцентные частицы присутствуют не только на «наружной» поверхности частиц наполнителя, но и на «внутренних» поверхностях частиц наполнителя.

В варианте осуществления по меньшей мере 60% люминесцентных частиц 130 отделены достаточно далеко от других люминесцентных частиц 130 для предотвращения
20 снижения квантовой эффективности этих частиц. В варианте осуществления по меньшей мере 75% люминесцентных частиц 130 отделены достаточно далеко от других люминесцентных частиц 130. В еще одном варианте осуществления по меньшей мере
25 90% люминесцентных частиц 130 отделены достаточно далеко от других люминесцентных частиц 130. «Отделены достаточно далеко друг от друга» означает, что эти частицы по меньшей мере не соприкасаются друг с другом, и они разнесены на расстояние, которое предупреждает концентрационное тушение. Эффект такого
30 варианта осуществления состоит в том, что квантовая эффективность, а, следовательно, и эффективность преобразования света силиконового изделия 100 в целом остается высокой. В варианте осуществления люминесцентные частицы 130, которые отделены достаточно далеко от других люминесцентных частиц 130, имеют по меньшей мере
расстояние 7 нанометров между друг другом без других люминесцентных частиц 130 между ними. Однако в некоторых случаях, как показано на ФИГ. 1, в местоположении
35 132 некоторые люминесцентные частицы все еще могут находиться в контакте друг с другом или в пределах расстояния 7 нанометров друг от друга.

Как показано на ФИГ. 1, в варианте осуществления частицы 120 наполнителя больше, чем люминесцентные частицы 130. Однако размер частиц 120 наполнителя может быть равен размеру люминесцентных частиц 130. Если частицы 120 наполнителя больше,
40 чем люминесцентные частицы 130, люминесцентные частицы 130 будут лучше пространственно разделены частицами наполнителя.

Относительное количество частиц 120 наполнителя в силиконовом изделии составляет ниже 40 мас. %, а в другом варианте ниже 30 мас. %. Относительное количество люминесцентных частиц 130 преимущественно зависит от требований по
45 преобразованию света. В варианте осуществления их относительное количество находится между 0,1 мас. % и 10 мас. %. В другом практическом варианте осуществления их относительное количество находится между 0,5 мас. % и 5 мас. %. Для получения полезного пространственного разделения люминесцентных частиц 130 в силиконовом

изделии 100 относительное количество частиц 120 наполнителя должно быть больше относительного количества люминесцентных частиц 130 (при выражении в массовых процентах). Даже более хорошее пространственное разделение люминесцентных частиц 130 получается в силиконовом изделии 100, если относительное количество частиц 120 наполнителя на 10 мас. % больше, чем относительное количество люминесцентных частиц 130.

Следует отметить, что на ФИГ. 1 формы поперечного сечения частиц 120 наполнителя и люминесцентных частиц 130 являются круглыми или эллиптическими. Нарисованные формы являются чисто схематическими, и частицы 120 наполнителя и люминесцентные частицы 130 могут иметь совершенно другие формы.

Необязательно, не более чем 20% или не более чем 10% поверхности частиц 230 наполнителя покрыто частицами 130 люминесцентного материала. Чтобы определить относительную величину поверхности частиц 230 наполнителя, покрытую частицами 130 люминесцентного материала, разумно допустить, что частицы наполнителя являются сферическими и непористыми. Кроме того, на основе изображения в ПЭМ можно определить для образца силиконового изделия средний размер частиц наполнителя, средний размер частиц люминесцентного материала и среднее число частиц люминесцентного материала, находящихся в контакте с частицами наполнителя. Исходя из этих чисел можно определить, насколько велика средняя поверхность средней сферической частицы наполнителя. Кроме того, площадь, покрытая одной частицей люминесцентного материала, является проекцией площади поверхности одной частицы люминесцентного материала на поверхность частицы наполнителя. Например, если средний диаметр частиц наполнителя из оксида кремния составляет, например, 100 нм, средняя площадь поверхности таких частиц составляет $1 \cdot 10^{-14} \text{ м}^2$. Если средний диаметр частиц квантовых точек составляет, например, 7 нм, площадь поверхности частиц наполнителя из оксида кремния составляет $4 \cdot 10^{-17} \text{ м}^2$. Когда среднее количество квантовых точек на одной частице наполнителя из диоксида кремния составляет 10, средняя площадь покрытия равна $0,04=4\%$.

ФИГ. 2 схематично показывает вариант осуществления частицы 220 наполнителя с двумя частицами 230 люминесцентного материала, находящимися в контакте с поверхностью частицы 220 наполнителя. Силиконовое изделие 100 на ФИГ. 1 может содержать множество таких частиц 220 наполнителя и люминесцентных частиц 230. Чертеж ФИГ. 2 представляет вид в поперечном сечении частицы 220 наполнителя и люминесцентных частиц 230. Частица 220 наполнителя имеет на виде в поперечном сечении форму, подобную шестиугольнику, а в других вариантах осуществления форма поперечного сечения может быть другой. Поверхность частицы 220 наполнителя содержит первый слой 222 органического материала. Первый слой 222 может представлять собой монослой, что означает, что он является слоем, который имеет толщину только в одну молекулу. Люминесцентные частицы 230 находятся в контакте с частицей 220 наполнителя, что означает, что люминесцентные частицы 230 распределены вдоль поверхности частицы 220 наполнителя. Поверхность люминесцентных частиц 230 содержит второй органический слой 232. В варианте осуществления изобретения второй органический слой 232 является монослоем.

На ФИГ. 2 свет 242 схематично обозначен стрелкой. Свет 242 падает на одну из люминесцентных частиц 230 и по меньшей мере частично поглощается соответствующими люминесцентными частицами 230. Соответствующая люминесцентная частица преобразует поглощенный свет в свет 244 другой длины волны. Другая люминесцентная частица 230 принимает свет 246, и эта другая люминесцентная частица

230 может быть выполнена с возможностью преобразования поглощенного света в еще одну длину волны 248. Следует отметить, что в контексте изобретения могут быть использованы различные люминесцентные частицы 230. Они могут отличаться по цвету света, который излучается, и этот цвет строго зависит от размера частицы 230. Все люминесцентные частицы 230 проявляют квантовое ограничение и имеют размер в определенном измерении, который находится в нанометровом диапазоне.

На ФИГ. 2 размер люминесцентной частицы 230 обозначен как d_2 . На виде в поперечном сечении ширина люминесцентной частицы 230 находится в нанометровом диапазоне, что означает, что ширина находится в диапазоне от 1 до 100 нанометров.

Вид в поперечном сечении ФИГ. 2 может представлять собой поперечное сечение сферической люминесцентной частицы или поперечное сечение, например, частицы в форме проволоки. Другие формы поперечного сечения также возможны. На ФИГ. 2 также обозначен максимальный размер частицы 220 наполнителя как $d_{1\max}$.

Максимальный размер означает, что нет другой линии, которая пересекает частицу 220 наполнителя, пересекающей частицу по большей длине, чем максимальный размер. В варианте осуществления размер частиц наполнителя ниже чем 5 микрометров, или в другом варианте осуществления ниже 1 микрометра, или в еще одном варианте ниже 500 микрометров. В еще одном необязательном варианте осуществления - ниже 250 нанометров, а в еще одном необязательном варианте - меньше чем 100 нанометров.

Когда частицы наполнителя имеют меньший размер, общая площадь поверхности частицы наполнителя больше, и, следовательно, частицы люминесцентного материала распределены вдоль относительно большей поверхности, что увеличивает вероятность того, что частицы люминесцентного материала будут лучше пространственно разделены. Чем меньше частицы наполнителя, тем больше их площадь поверхности, выраженная в виде $m^2/грамм$. Однако предпочтительно, когда частицы наполнителя по меньшей мере в два или в три раза больше частиц люминесцентного материала, чтобы получить хорошее пространственное разделение частиц люминесцентного материала, которые находятся в контакте с одной частицей наполнителя.

ФИГ. 3 схематично показывает осветительный прибор 500 в соответствии со вторым аспектом изобретения. Осветительный прибор содержит корпус 302, который имеет окно выхода света, на котором расположен светопропускающий слой 301. В примере светопропускающий слой может представлять собой рассеиватель. В еще одном варианте осуществления светопропускающий слой представляет собой слой микроколлиматоров. Внутри корпуса расположен твердотельный излучатель 306 света, который выполнен с возможностью излучения света первого спектра в направлении окна выхода света в корпусе. Внутреннее пространство корпуса 302 заполнено силиконовым изделием 304 в соответствии с первым аспектом изобретения. Силиконовое изделие 304 предусмотрено внутри корпуса для обеспечения лучшего вывода света от твердотельного излучателя 306 света и обеспечения преимущественного направления выводимого света к окну выхода света. Люминесцентные частицы силиконового изделия 304 принимают свет первого спектра и поглощают по меньшей мере часть этого света. Люминесцентные частицы преобразуют часть поглощенного света в свет второго спектра. В зависимости от количества люминесцентных частиц в силиконовом изделии 304 первый спектр и второй спектр будут излучаться во внешнюю среду при определенном соотношении, которое определяет цвет света, излучаемого осветительным прибором 300.

Осветительный прибор 300 является относительно эффективным. Люминесцентный материал в силиконовом изделии 304 обеспечивает высокую квантовую эффективность, и силиконовое изделие 304 способствует выведению света из твердотельного излучателя

306 света, и, следовательно, не слишком много света улавливается в твердотельном излучателе 306 света. Примеры твердотельного излучателя света представляют собой светоизлучающие диоды (СИД), органический(е) светоизлучающий(е) диод(ы) (ОСИД) или, например, лазерные диоды. Следует отметить, что изобретение не ограничено осветительными приборами 300, внутреннее пространство которых полностью заполнено силиконовым изделием 304. В конкретном варианте осуществления внутреннее пространство частично заполнено силиконом и частично заполнено силиконовым изделием в соответствии с первым аспектом изобретения.

ФИГ. 4 схематично представляет вариант осуществления способа 400 производства силиконового изделия, содержащего иммобилизованный люминесцентный материал. На этапе 402 получают смесь частиц наполнителя из светопропускающего инертного материала и люминесцентного материала. Люминесцентный материал содержит частицы, проявляющие квантовое ограничение, и имеет по меньшей мере в одном измерении размер в нанометровом диапазоне. В смеси частицы люминесцентного материала находятся на поверхности частиц наполнителя. На следующем этапе 404 смесь, полученную на этапе 402, смешивают с полимерным материалом, который содержит материал из группы полисилоксанов. Люминесцентный материал также может содержать материал, который имеет, в по меньшей мере одном измерении, размер в нанометровом диапазоне, но не проявляет квантового ограничения. Частицы люминесцентного материала находятся на поверхности частиц наполнителя и, следовательно, иммобилизованы. Это означает, что когда смесь смешивают с полимерным материалом, частицы люминесцентного материала не флокулируют или не агрегируют и остаются на поверхности частиц наполнителя, и, следовательно, квантовая эффективность люминесцентного материала не подвергается негативному воздействию, когда он внесен в полимерный материал.

Этап 402 получения смеси частиц наполнителя и люминесцентного материала необязательно может быть поделен на следующие этапы:

- получения 406 первой гомогенной смеси частиц наполнителя в первом растворителе,
- получения 408 второй гомогенной смеси частиц наполнителя во втором растворителе,
- смешения 410 первой гомогенной смеси со второй гомогенной смесью с получением третьей гомогенной смеси,
- флокулирования 412, 414 люминесцентного материала на частицы наполнителя посредством изменения 412 состава растворителя третьей гомогенной смеси или изменения 414 свойства растворителя третьей гомогенной смеси.

На обсужденных выше этапах частицы наполнителя могут представлять собой частицы гидрофобизированного диоксида кремния, а первый растворитель часто представляет собой подходящий неполярный или слабополярный растворитель. Примеры подходящего материала для первого растворителя включают: толуол, ксилол, бутилацетат или гексаметилдисилоксан, или более длинные спирты, такие как н-деканол. Если частицы люминесцентного материала представляют собой квантовые точки, их обычно разбавляют из исходного раствора во втором растворителе с образованием стабильной дисперсии. Вторым растворителем может быть тем же самым растворителем, что и первый растворитель, или по меньшей мере одним растворителем подобного типа.

Изменение 412 состава растворителя третьей гомогенной смеси может быть выполнено путем добавления третьего растворителя к третьей гомогенной смеси. Растворители, которые являются более полярными, чем первый растворитель и второй

растворитель, являются эффективными для осуществления флокуляции. Также некоторые конкретные другие неполярные растворители могут вызвать флокуляцию люминесцентного материала на частицы наполнителя. Примером более полярного растворителя является пропиленкарбонат. Температура кипения пропиленкарбоната относительно высока (240°C), что является преимуществом, когда растворители удаляют из смеси путем термической обработки; первый растворитель и второй растворитель будут удалены перед тем, как будет удален третий растворитель, и, таким образом, вероятность того, что частицы люминесцентного материала останутся на поверхности частиц наполнителя, повышается. Необязательно, на этапе смешения 404 полученной на этапе 402 смеси с полимерным материалом, содержащим материал из группы полисилоксанов, третий растворитель все еще может присутствовать в полученной смеси. Часто полимерный материал также содержит четвертый растворитель, и когда смесь полимерного материала и смеси люминесцентных частиц на поверхности частиц наполнителя отверждают, в предпочтительном варианте осуществления четвертый растворитель удаляют перед удалением третьего растворителя.

Альтернативно, свойство растворителя третьих гомогенных смесей может быть изменено 414 посредством изменения температуры третьей гомогенной смеси. С подходящими растворителями нагревание или охлаждение приводит к флокуляции квантовых точек и, следовательно, к флокулированию люминесцентного материала на частицах наполнителя. Например, люминесцентные частицы являются коллоидно-стабильными в следующих растворителях при комнатной температуре, но флокулируют при -18°C: простой диметиловый эфир дипропиленгликоля, изобутилацетат, метилизобутилкетон и н-амилацетат.

Дополнительно и необязательно, третью гомогенную смесь высушивают 416. Сушка может быть, например, выполнена посредством тепловой обработки и/или за счет создания вакуума.

За этапом смешения 404 смеси частиц наполнителя и люминесцентного материала с полимерным материалом может следовать этап отверждения 420 смеси, полученной на этапе 404.

Следует отметить, что, если не показано другое, порядок этапов способа может быть разным или некоторые этапы могут быть выполнены параллельно. Например, этапы 406 и 408 получения первой гомогенной смеси и получения второй гомогенной смеси могут быть выполнены параллельно или в другом порядке.

При сравнительном испытании производили два образца. Первый образец производили в соответствии с уровнем техники в области способов производства силиконового изделия, содержащего люминесцентный материал, а второй образец производили в соответствии с изобретением.

Первый образец производили следующим образом: В 1 мл толуола разбавляли 15 мкл исходного раствора квантовых точек (10% масс./об.). Разбавленный раствор добавляли к 70% силикона (KJR9226) в растворе толуола. Слои силиконового изделия приготавливали путем капельного литья. В частности, для получения изображения в просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) приготавливали тонкий слой путем быстрого удаления избытка жидкости на окне ПЭМ за счет использования капиллярных сил. Слои отверждали 5 минут при 50°C, 5 минут при 100°C и 30 минут при 150°C. На изображении в ПЭМ наблюдалось, что квантовые точки образуют кластеры, например, с диаметром около 100 нм. В образце обнаружены двухмерные и трехмерные кластеры. Найдено ограниченное количество квантовых точек в виде одиночных квантовых точек.

Второй образец производили следующим образом: 0,1 г диоксида кремния (WP-300) диспергировали в 1 мл 1-деканола (т.кип. 233°C). В 1 мл 1-деканола разбавляли 15 мкл исходного раствора квантовых точек (10% масс./об.). Эти две дисперсии добавляли друг к другу. В количестве 0,2 мл добавляли пропиленкарбонат, что было достаточным, чтобы вызвать флокуляцию квантовых точек. Затем образец оставляли перемешиваться на 15 минут. Потом добавляли 0,6 мл силиконовой смолы (KJR9226-50% в фенетоле (т.кип. 170°C)). Слои силиконового изделия приготавливали путем капельного литья. В частности, для получения изображения в просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) приготавливали тонкий слой путем быстрого удаления избытка жидкости на окне ПЭМ за счет использования капиллярных сил. Слои отверждали 5 минут при 50°C, 5 минут при 100°C и 30 минут при 150°C. На изображении ПЭМ наблюдалось, что почти не присутствовали какие-либо свободные квантовые точки и что квантовые точки прикреплены к частицам диоксида кремния. Большинство квантовых точек разнесены на некоторое расстояние от других квантовых точек, и только незначительное количество квантовых точек образовывало небольшие кластеры квантовых точек на поверхности частиц диоксида кремния.

Следует отметить, что упомянутые выше варианты осуществления иллюстрируют, а не ограничивают изобретение, и что специалист в данной области техники будет способен создать много альтернативных вариантов осуществления без отклонения от объема прилагаемой формулы изобретения.

В формуле изобретения любые ссылочные обозначения, помещенные в круглые скобки, не следует истолковывать как ограничивающие этот пункт формулы. Использование глагола «содержит» и его спряжения не исключает присутствия элементов или этапов, отличных от указанных в формуле изобретения. Единственное число элемента не исключает присутствия множества таких элементов. Изобретение может быть реализовано за счет аппаратных средств, содержащих несколько отдельных элементов. В пункте формулы на изделие, перечисляющем несколько средств, несколько из таких средств может быть воплощено одним и тем же признаком. Лишь тот факт, что некоторые меры перечислены во взаимно разных зависимых пунктах, не указывает на то, что не может быть с пользой использовано сочетание таких мер.

(57) Формула изобретения

1. Силиконовое изделие (100, 304), предназначенное для преобразования света, содержащее:

- полимерный материал (110), содержащий материал из группы полисилоксанов, причем полимерный материал (110) является светопропускающим;
 - люминесцентный материал (130, 230), содержащий частицы, имеющие по меньшей мере в одном измерении (d2) размер в нанометровом диапазоне, в частности квантовые точки, квантовые стержни или квантовые тетраподы, причем люминесцентный материал (130, 230) выполнен с возможностью поглощения света первого спектрального диапазона и преобразования части поглощенного света в свет второго спектрального диапазона;
 - частицы (120, 220) наполнителя из светопропускающего инертного материала, смешивающиеся с люминесцентным материалом (130, 230), в частности материалов оксида алюминия, оксида титана, диоксида кремния или глины, причем частицы (120, 220) наполнителя обеспечены в полимерном материале;
- причем частицы люминесцентного материала (130, 230) распределены вдоль поверхности частиц (120, 220) наполнителя.

2. Силиконовое изделие (100, 304) по п. 1, в котором частицы (120, 220) наполнителя имеют большую поверхность по сравнению с частицами люминесцентного материала (130, 230).

3. Силиконовое изделие (100, 304) по п. 1, в котором люминесцентный материал (130, 230) содержит по меньшей мере одно из квантовых точек, квантовых стержней и квантовых тетраподов.

4. Силиконовое изделие (100, 304) по п. 1, в котором по меньшей мере 60% частиц люминесцентного материала (130, 230) не соприкасаются с частицами люминесцентного материала (130, 230) для предотвращения снижения квантовой эффективности этих частиц.

5. Силиконовое изделие (100, 304) по п. 1, в котором частицы (120, 220) наполнителя являются частицами диоксида кремния, или частицы (120, 220) наполнителя содержат материал из одного из оксида алюминия, оксида титана, диоксида кремния или глины.

6. Силиконовое изделие (100, 304) по п. 1, в котором не более чем 10% поверхности частиц (120, 220) наполнителя покрыто частицами люминесцентного материала (130, 230).

7. Силиконовое изделие (100, 304) по п. 1, в котором относительное количество люминесцентного материала (130, 230) составляет по меньшей мере 0,05 массового процента силиконового изделия (100, 304), а относительное количество люминесцентного материала (130, 230) составляет не более чем 10 массовых процентов силиконового изделия (100, 304).

8. Силиконовое изделие (100, 304) по п. 1, в котором относительное количество частиц наполнителя (120, 220) составляет не более чем 40 массовых процентов силиконового изделия (100, 304), а относительное количество частиц (120, 220) наполнителя равно по меньшей мере удвоенному относительному количеству люминесцентного материала (130, 230), выраженному в массовых процентах силиконового изделия (100, 304).

9. Силиконовое изделие (100, 304) по п. 1, причем силиконовое изделие (100, 304) является смолой, а полимерный материал (110) является силиконовой смолой.

10. Осветительный прибор (300), содержащий:

- источник (306) света;

- силиконовое изделие (100, 304) по п. 1, расположенное с возможностью приема света от источника (306) света.

11. Способ (400) производства силиконового изделия, предназначенного для преобразования света, содержащего иммобилизованный люминесцентный материал, причем способ (400) содержит этапы:

- получения (402) смеси частиц наполнителя из светопропускающего инертного материала, в частности материалов оксида алюминия, оксида титана, диоксида кремния или глины, и люминесцентного материала, содержащего частицы, проявляющие квантовое ограничение и имеющие по меньшей мере в одном измерении размер в нанометровом диапазоне, в частности квантовые точки, квантовые стержни или квантовые тетраподы, причем частицы люминесцентного материала находятся на поверхности частиц наполнителя,

- смешения (404) смеси с полимерным материалом, содержащим материал из группы полисилоксанов.

12. Способ (400) производства силиконового изделия по п. 11, в котором этап получения смеси содержит этапы:

- получения (406) первой гомогенной смеси частиц наполнителя в неполярном или слабополярном первом растворителе,

- получения (408) второй гомогенной смеси люминесцентного материала в неполярном или слабополярном втором растворителе,

- смешения (410) первой гомогенной смеси со второй гомогенной смесью с получением третьей гомогенной смеси, и

- 5 - флокулирования (412, 414) люминесцентного материала на частицы наполнителя посредством изменения состава растворителя или свойства растворителя третьей гомогенной смеси посредством третьего растворителя, более полярного, чем первый и второй растворители.

10

15

20

25

30

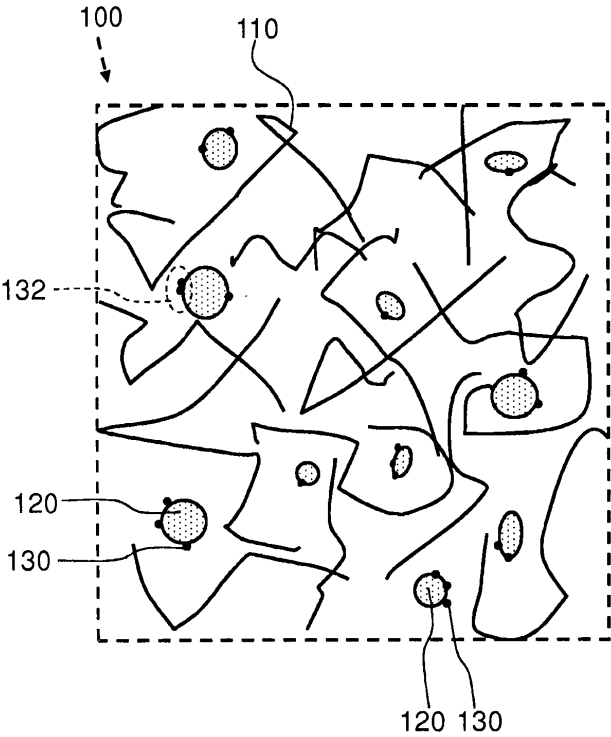
35

40

45

1

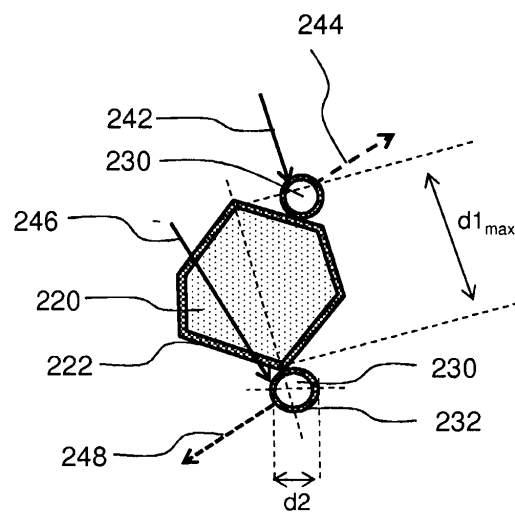
1/4



ФИГ.1

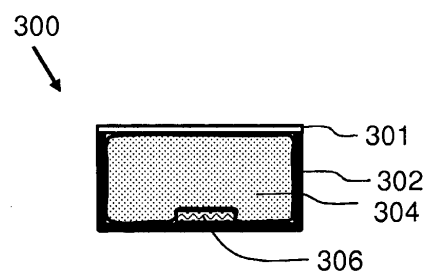
2

2/4



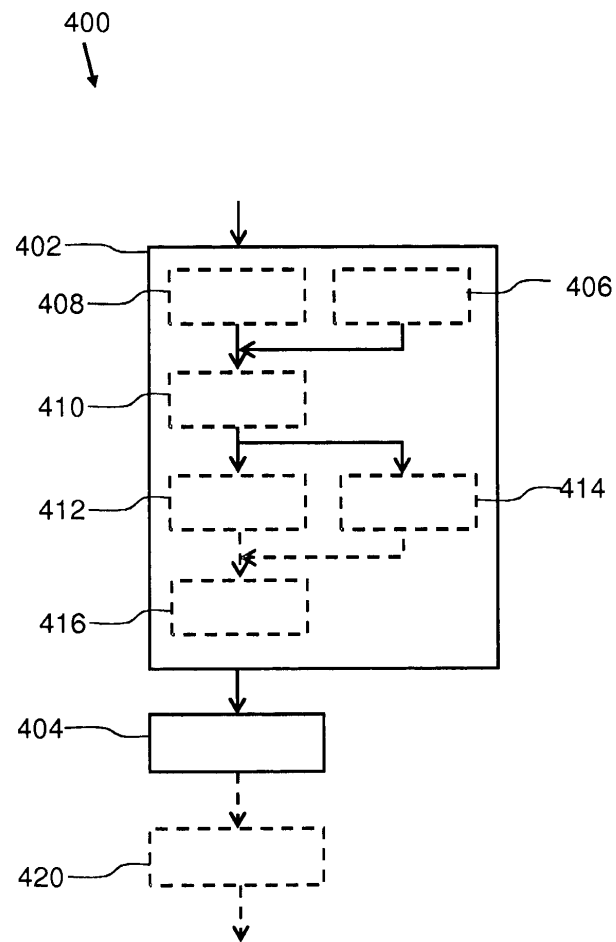
ФИГ.2

3/4



ФИГ.3

4/4



ФИГ.4