

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 199472

ФОТОСЕНСОР НА ОСНОВЕ ГИБКОЙ МЕМБРАНЫ С НИТЕВИДНЫМИ НАНОКРИСТАЛЛАМИ

Патентообладатель: *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет ИТМО" (RU)*

Авторы: *Бердников Юрий Сергеевич (RU), Неплох Владимир Владимирович (RU), Мухин Иван Сергеевич (RU)*

Заявка № 2020120992

Приоритет полезной модели 25 июня 2020 г.

Дата государственной регистрации в
Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации 02 сентября 2020 г.
Срок действия исключительного права
на полезную модель истекает 25 июня 2030 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H01L 31/04 (2020.05); B82Y 10/00 (2020.05)

(21)(22) Заявка: 2020120992, 25.06.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.06.2020Дата регистрации:
02.09.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.06.2020

(45) Опубликовано: 02.09.2020 Бюл. № 25

Адрес для переписки:

109431, Москва, ул. Привольная, 70, ООО "Джи
Пи Джи"

(72) Автор(ы):

Бердников Юрий Сергеевич (RU),
Неплюх Владимир Владимирович (RU),
Мухин Иван Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

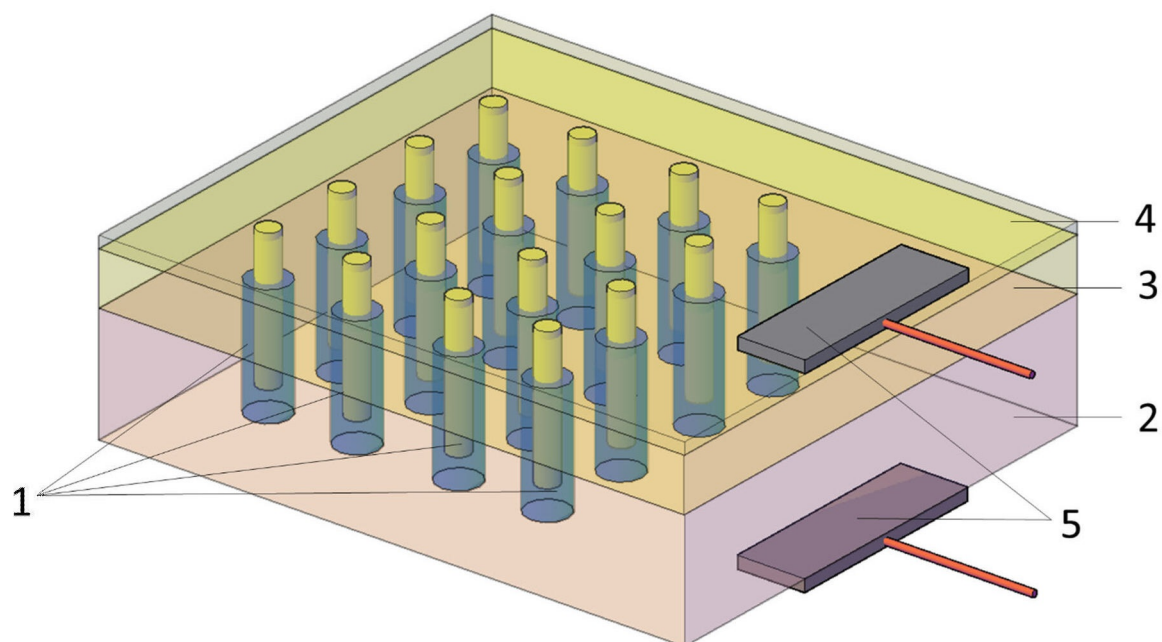
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Национальный
исследовательский университет ИТМО" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 8932940 B2, 13.01.2015. US 8816324
B2, 28.08.2014. US 2013/269762 A1, 26.08.2014.
WO 2002073699 A3, 19.09.2002. RU 197477 U1,
30.04.2020. RU 2517924 C2, 10.06.2014.

(54) ФОТОСЕНСОР НА ОСНОВЕ ГИБКОЙ МЕМБРАНЫ С НИТЕВИДНЫМИ НАНОКРИСТАЛЛАМИ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к области оптоэлектронных устройств и может использоваться в качестве высокоэффективного фотосенсора. Техническим результатом полезной модели является повышение эффективности работы гибких фотосенсоров за счет снижения процесса рекомбинации генерируемых носителей заряда. Технический результат достигается при использовании фотосенсора на основе гибкой мембраны с нитевидными нанокристаллами, содержащего массив нанокристаллов, представляющих собой ядро одного типа проводимости и оболочку с фотоактивной областью и слоем другого типа проводимости,

встроенных в гибкую полимерную матрицу и отделенных от ростовой подложки, при этом гибкая полимерная матрица содержит два слоя, один из которых является нижним проводящим слоем, а второй – верхним изолирующим слоем, причем на верхний изолирующий слой нанесен верхний электрод, оболочка нитевидных нанокристаллов частично покрывает длину ядра нитевидных нанокристаллов, нижний проводящий слой гибкой полимерной матрицы расположен в области оболочки нитевидных нанокристаллов, а изолирующий слой гибкой полимерной матрицы и верхний электрод расположены в области ядра нитевидных нанокристаллов. 3 з. п. ф-лы; 2 ил.



Фиг. 1

RU 199472 U1

RU 199472 U1

Полезная модель относится к области оптоэлектронных устройств и может использоваться в качестве высокоэффективного фотосенсора.

Известна конструкция фотосенсора (US 2015280034 А, 01.10.2015), состоящая из полупроводниковой подложки, служащей нижним электродом, полупроводниковых нитевидных нанокристаллов со структурой ядро-оболочка, содержащей р-п переход, и верхнего электрода, осуществляющего контакт к оболочкам нитевидных нанокристаллов.

В данном техническом решении эффективность работы фотосенсора достигается за счет возможности формирования монокристаллических структур из массивов вертикальных нитевидных нанокристаллов с одинаковой ориентацией, обеспечиваемой в процессе синтеза от кристаллической подложки. Такие подложки являются важными конструктивными элементами предлагаемых устройств, через которые при достаточном уровне легирования может осуществляться электрический контакт к основаниям нитевидных нанокристаллов.

В то же время описанная выше структура фотосенсора, содержащая кристаллическую подложку как один из основных элементов, не подразумевает создание гибких устройств, что ограничивает функциональные возможности и повышает стоимость изготовления оптоэлектронных устройств.

В отношении фотосенсоров на основе гибкой мембраны с нитевидными нанокристаллами стоит отметить следующее.

Эффективность функционирования таких фотосенсоров зависит как от эффективности поглощения фотонов падающего излучения, так и от эффективности транспортировки носителей заряда внутри наноструктуры.

Например, известна конструкция фотосенсора (US 8932940, 13.01.2015), принятая за наиболее близкий аналог к заявляемому решению, состоящая из массива III-V нитевидных нанокристаллов со структурой ядро-оболочка, содержащей радиальный р-п переход. Массив III-V нитевидных нанокристаллов встроен в гибкую полимерную матрицу, которая отделена от полупроводниковой подложки. При этом сверху и снизу непроводящей гибкой полимерной матрицы установлены контакты для снятия электрического заряда.

Согласно данному решению, контакт к нитевидным нанокристаллам осуществляется через ограниченную площадь - только через их вершины. Этот факт, а также увеличенная длина нитевидных нанокристаллов и наличие верхнего и нижнего контактов снижают эффективность транспортировки носителей заряда ввиду снижения подвижности носителей заряда и возрастания процессов рекомбинации, либо приводят к поглощению излучения.

В итоге, при использовании подобной структуры фотосенсора возникает необходимость выбора длины нитевидных нанокристаллов и толщины гибкой полимерной мембраны, что приводит к ограничению использования таких гибких мембран в оптоэлектронных устройствах.

Дополнительным недостатком указанного решения является сложность изготовления верхнего и нижнего контактов с низким омическим сопротивлением. Кроме того, использование таких контактов подразумевает выполнение оболочки нитевидных нанокристаллов с высокой степенью легирования, что также отражается на повышении сложности изготовления и стоимости производства.

Технической проблемой, решаемой настоящей полезной моделью, является создание конструкции фотосенсора на основе гибкой мембраны, которая устраняет недостатки выше рассмотренных аналогов и при этом позволяет снизить стоимость производства.

Техническим результатом полезной модели является повышение эффективности работы гибких фотосенсоров за счет снижения процессарекомбинации генерируемых носителей заряда.

Технический результат достигается при использовании фотосенсора на основе гибкой мембраны с нитевидными нанокристаллами, содержащего массив нанокристаллов, представляющих собой ядро одного типа проводимости и оболочку с фотоактивной областью и слоем другого типа проводимости, встроенных в гибкую полимерную матрицу и отделенных от ростовой подложки, при этом гибкая полимерная матрица содержит два слоя, один из которых является нижним проводящим слоем, а второй – верхним изолирующим слоем, причем на верхний изолирующий слой нанесен верхний электрод, оболочка нитевидных нанокристаллов частично покрывает длину ядра нитевидных нанокристаллов, нижний проводящий слой гибкой полимерной матрицы расположен в области оболочки нитевидных нанокристаллов, а изолирующий слой гибкой полимерной матрицы и верхний электрод расположены в области ядра нитевидных нанокристаллов.

Нижний проводящий слой гибкой полимерной матрицы выполнен оптически непрозрачным, является первым электродом, характеризуется высокой электрической проводимостью и осуществляет контакт с оболочками нитевидных нанокристаллов.

Изолирующий слой, расположенный в области ядер нитевидных нанокристаллов, обладает высокой оптической прозрачностью.

Верхний электрод выполнен оптически полупрозрачным и расположен поверх изолирующего слоя гибкой полимерной матрицы в области ядра нитевидных нанокристаллов.

В данном случае нижний проводящий слой охватывает всю боковую поверхность нитевидных нанокристаллов, а верхний прозрачный электрод при этом охватывает верхушки ядер нитевидных нанокристаллов. Таким образом, площадь контакта к нитевидным нанокристаллам значительно увеличивается, что способствует повышению эффективности транспортировки носителей заряда и поглощению света в широком спектральном диапазоне. При этом фотосенсор обладает гибкостью и может быть расположен на поверхности любой формы.

На фиг. 1 приведен общий вид заявляемого фотосенсора.

На фиг. 2 представлен вид заявляемого фотосенсора в поперечном сечении.

Массив III-V нитевидных нанокристаллов 1 инкапсулирован в гибкую полимерную матрицу, состоящую из трех слоев 2, 3, 4. Нижний проводящий слой 2 – объемный электрод из непрозрачного проводящего полимера - расположен вокруг оболочек нитевидных нанокристаллов. Прозрачный изолирующий полимерный слой 3 расположен поверх электрода 2 и вокруг открытых ядер нитевидных нанокристаллов, освобожденных от оболочек. Верхний прозрачный электрод 4 нанесен поверх изолирующего полимерного слоя 3 и контактирует с верхушками ядер нитевидных нанокристаллов (фиг. 1).

В качестве верхнего электрода, контактирующего с нитевидными кристаллами, могут быть использованы полупрозрачные металлические слои, проводящие оксиды или иные материалы, подбираемые в каждом конкретном случае.

Внутри нитевидных нанокристаллов 1 сформирована радиальная гетероструктура, состоящая из ядра 6 и оболочки 7 с разными типами легирования. На нижнем 2 и верхнем 4 электродах расположены контактные площадки 5 для соединения гибкой полимерной мембраны при помощи проводов 8 с внешней электрической цепью (фиг. 2).

Принцип работы фотосенсора заключается в следующем. Поглощение падающего

излучения в оптически активном материале нитевидных кристаллов 1 приводит генерации носителей заряда. Формирование электрического тока происходит при разделении генерируемых носителей заряда при приложении разности потенциалов к нижнему 2 и верхнему 4 электродам. В рабочем режиме электрический ток с одной стороны собирается со всех оболочек 7 инкапсулированных нитевидных нанокристаллов 1 при помощи нижнего проводящего слоя 2, а с другой стороны - растекается через верхний электрод 4 к вершинам ядер нанокристаллов. При этом внутри нитевидных нанокристаллов ток течёт от ядра 6 к оболочке 7. Вывод тока во внешний участок электрической цепи осуществляется через контактные площадки 5 и подсоединенные к ним провода 8.

Эффективное поглощение света осуществляется за счет высокой плотности нитевидных нанокристаллов 1. При этом высокая разница в показателях преломления полупроводникового материала нитевидных кристаллов 1 и проводящего полимера, используемого для получения непрозрачного электрода 2, подавляет утечки электромагнитной энергии в материал проводящего полимера. Массив выступающих ядер 6 нитевидных нанокристаллов 1 обладает естественными антиотражающими свойствами, способствующими деформированию фронта падающей световой волны в множественные точечные центры рассеянного излучения, которое может быть эффективно захвачено материалом нитевидного нанокристалла 1 и поглощено в активной области, поскольку материалы ядра 6 и оболочки 7 оптически прозрачны в требуемом спектральном диапазоне.

Нанесение верхнего прозрачного электрода облегчено естественной планаризацией контактной поверхности нитевидных нанокристаллов, реализуемой в результате отделения кристаллов от ростовой подложки: основания всех нитевидных нанокристаллов после отделения находятся на одном уровне вне зависимости от морфологических особенностей кристаллов, таких как длина, диаметр, форма и поверхностная плотность структур.

Таким образом, в предлагаемой полезной модели благодаря увеличению площади электрического контакта к нитевидным нанокристаллам сокращается путь транспортировки носителей заряда, значительно снижаются рекомбинационные потери, в результате чего достигается снижение контактного сопротивления, повышение эффективности работы фотосенсора и снижение стоимости производства.

(57) Формула полезной модели

1. Фотосенсор на основе гибкой мембраны с нитевидными нанокристаллами, характеризующийся тем, что содержит массив нанокристаллов, представляющих собой ядро одного типа проводимости и оболочку с фотоактивной областью и слоем другого типа проводимости, встроенных в гибкую полимерную матрицу и отделенных от ростовой подложки, при этом гибкая полимерная матрица содержит два слоя, один из которых является нижним проводящим слоем, а второй – верхним изолирующим слоем, причем на верхний изолирующий слой нанесен верхний электрод, оболочка нитевидных нанокристаллов частично покрывает длину ядра нитевидных нанокристаллов, нижний проводящий слой гибкой полимерной матрицы расположен в области оболочки нитевидных нанокристаллов, а изолирующий слой гибкой полимерной матрицы и верхний электрод расположены в области ядра нитевидных нанокристаллов.

2. Фотосенсор по п. 1, характеризующийся тем, что нижний проводящий слой гибкой полимерной матрицы выполнен оптически непрозрачным.

3. Фотосенсор по п. 1, характеризующийся тем, что изолирующий слой выполнен

оптически прозрачным.

4. Фотосенсор по п. 1, характеризующийся тем, что верхний электрод выполнен оптически полупрозрачным.

5

10

15

20

25

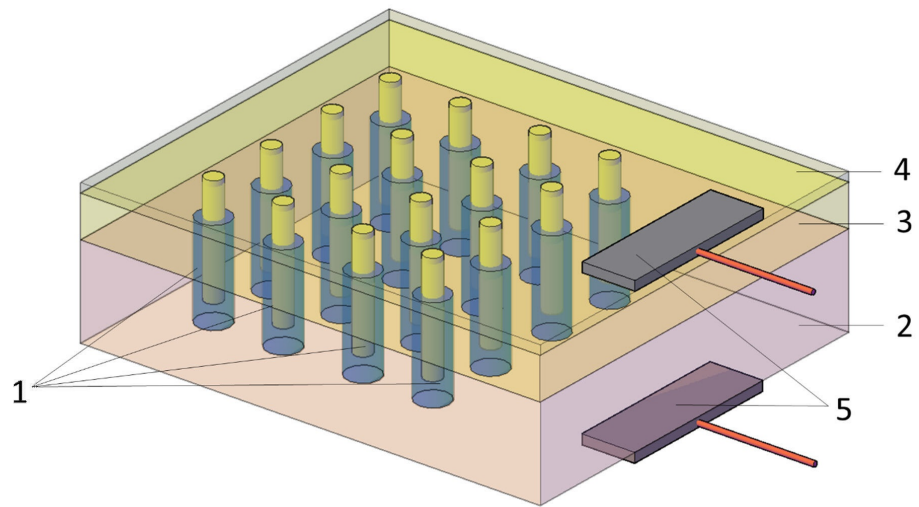
30

35

40

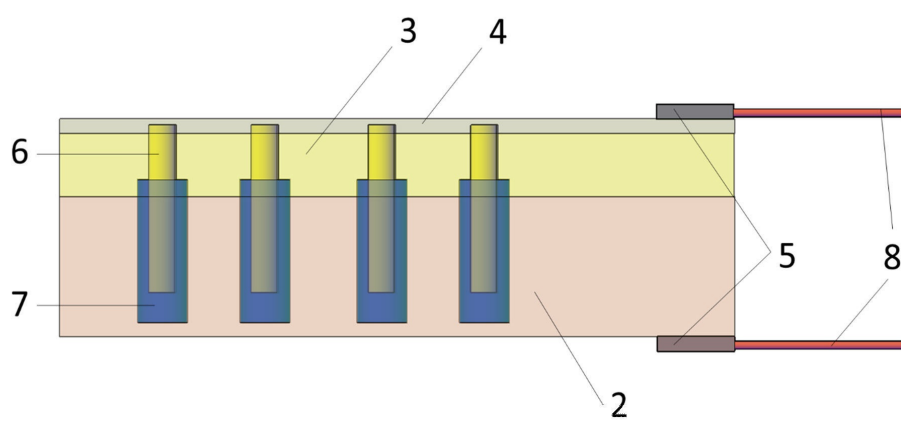
45

1



Фиг. 1

2



Фиг. 2