

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2701468

### Прозрачный проводящий оксид с наночастицами золота

Патентообладатель: *федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики" (Университет ИТМО) (RU)*

Авторы: *Ширшнев Павел Сергеевич (RU), Ширшнев-Ващенко Елена Валерьевна (RU), Сокура Лилия Александровна (RU), Панов Дмитрий Юрьевич (RU), Романов Алексей Евгеньевич (RU), Бугров Владислав Евгеньевич (RU)*

Заявка № 2018146002

Приоритет изобретения 25 декабря 2018 г.

Дата государственной регистрации в  
Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 26 сентября 2019 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 25 декабря 2038 г.



Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*H01L 51/50 (2019.02); B82B 3/00 (2019.02)*

(21)(22) Заявка: 2018146002, 25.12.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
25.12.2018

Дата регистрации:  
26.09.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.12.2018

(45) Опубликовано: 26.09.2019 Бюл. № 27

Адрес для переписки:

197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр.,  
49, Университет ИТМО, ОИС и НТИ

(72) Автор(ы):

Ширшнев Павел Сергеевич (RU),  
Ширшнева-Ващенко Елена Валерьевна (RU),  
Сокура Лилия Александровна (RU),  
Панов Дмитрий Юрьевич (RU),  
Романов Алексей Евгеньевич (RU),  
Бугров Владислав Евгеньевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Санкт-Петербургский  
национальный исследовательский  
университет информационных технологий,  
механики и оптики" (Университет ИТМО)  
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 20100203454 A1, 12.08.2010. EA  
21647 B1, 31.08.2015. RU 172493 U1, 11.07.2017.  
US 20110133157 A1, 09.06.2011. WO 2018109724  
A1, 21.06.2018.

(54) Прозрачный проводящий оксид с наночастицами золота

(57) Реферат:

Использование: для усиления  
электролюминесценции полупроводников.  
Сущность изобретения заключается в том, что  
слой оксида цинка, легированного ионами  
алюминия в концентрации 1,5-3,5 молярных  
процента с толщиной от 100 до 200 нм и слою  
наночастиц с размерами 38-42 нм с максимальной

концентрацией  $1,25 \cdot 10^{16}$  на  $\text{см}^3$ , наночастицы  
являются наночастицами золота, а их центры  
находятся на расстоянии 70-120 нм друг от друга  
с образованием трехмерной решетки. Технический  
результат: обеспечение возможности усиления  
электролюминесценции полупроводников,  
излучающих на длинах волны 590-630 нм.

RU  
2 701 468  
C1

RU  
2 701 468  
C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H01L 51/50* (2006.01)  
*B82B 3/00* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*H01L 51/50 (2019.02); B82B 3/00 (2019.02)*

(21)(22) Application: **2018146002, 25.12.2018**

(24) Effective date for property rights:  
**25.12.2018**

Registration date:  
**26.09.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **25.12.2018**

(45) Date of publication: **26.09.2019** Bull. № 27

Mail address:  
**197101, Sankt-Peterburg, Kronverkskij pr., 49,  
Universitet ITMO, OIS i NTI**

(72) Inventor(s):

**Shirshnev Pavel Sergeevich (RU),  
Shirshneva-Vashchenko Elena Valerevna (RU),  
Sokura Liliya Aleksandrovna (RU),  
Panov Dmitrij Yurevich (RU),  
Romanov Aleksej Evgenevich (RU),  
Bugrov Vladislav Evgenevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij natsionalnyj  
issledovatel'skij universitet informacionnykh  
tehnologij, mekhaniki i optiki" (Universitet  
ITMO) (RU)**

(54) **TRANSPARENT CONDUCTIVE OXIDE WITH GOLD NANOPARTICLES**

(57) Abstract:

FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: use for amplification of electroluminescence of semiconductors. Substance of invention consists in the fact that zinc oxide layer doped with aluminum ions in concentration of 1.5–3.5 mol% with thickness from 100 to 200 nm and layers of nanoparticles with size of 38–42 nm with maximum concentration of  $1.25 \cdot 10^{16}$  per  $\text{cm}^3$ , nanoparticles are

nanoparticles of gold, and their centres are located at distance of 70–120 nm from each other with formation of three-dimensional lattice.

EFFECT: possibility of amplifying electroluminescence of semiconductors emitting at wavelengths of 590–630 nm.

1 cl

RU 2 701 468 C1

RU 2 701 468 C1

Изобретение относится к оптоэлектронике, к составам покрытий полупроводниковых материалов, усиливающих электролюминесценцию, на базе которых могут быть созданы мощные излучающие светодиоды диапазона 590-630 нм. На данный момент известно, что при электролюминесценции полупроводников возможно усиление интенсивности люминесценции при нахождении рядом с полупроводником (расстояние до 200 нм) металлических наноструктур, в частности сферических наночастиц, с частотой плазмонного резонанса, совпадающей с частотой излучения гетероперехода полупроводника. Также известно явление плазмонного резонанса решетки, которое характерно тем, что в зависимости от расстояния между наночастицами изменяется частота плазмонного резонанса - то есть частота усиления электролюминесценции

Также известно, что оксид цинка является уникальным материалом в качестве покрытий для светодиодов: это теплопроводящий и электропроводящий материал, обладает высоким показателем преломления, то есть способен рассеивать проходящее через него оптическое излучение на очень широкие углы, что важно при его использовании в светодиодах осветительной техники. В предлагаемом патенте используется возникновение локализованных плазмонных мод в периодической структуре, вызванное упорядоченным расположением наночастиц золота в матрице из ZnO:Al.

Известно покрытие, (патент № US 20130098442 A1, опубликован 25 апреля 2013 года), состоящее из двумерного массива наночастиц золота, сформированного на поверхности фиксирующего органического слоя, состоящего из молекул, связывающихся с металлом (лигандов) электрохимическим методом представляющее собой ближнепольный резонатор для увеличения эффективности устройств оптоэлектроники (солнечных панелей, оптических сенсоров) за счет возбуждения локализованного плазмонного резонанса в диапазоне длин волн от 599 нм до 880 нм, от 592 нм до 850 нм и от 599 нм до 630 нм (в зависимости от вида лигандов, определяющих период решетки из наночастиц и размера наночастиц золота). Недостатком покрытия является сложность его применения в качестве слоя в структуре светодиода, из-за электрохимического метода получения покрытия и наличие органических молекул в структуре покрытия, что трудно совместимо с технологией получения светодиода и его условиями эксплуатации - в частности, нагревании при работе.

Известно покрытие, (патент № US 20110133157 A1, опубликован 9 июня 2011 года), состоящее из наноразмерных слоев серебра и золота, сформированных на поверхности слоя InGaN/GaN квантовых ям в свою очередь сформированных на подложке сапфир/ GaN, где слой золота граничит со слоем InGaN/GaN квантовых ям, а слой серебра с воздухом, представляющее собой усиливающий электролюминесценцию нитридного светодиода слой за счет возбуждения поверхностных плазмонных мод на границе металл/ полупроводник и варьирования длины волны возбуждения плазмонных мод в диапазоне длин волн от 442 нм до 563 нм за счет изменения толщин одного металлического слоя относительно другого, приводящего к увеличению скорости излучательной рекомбинации и внутренней квантовой эффективности светодиода зеленого свечения. Недостатком покрытия является отсутствие эффекта усиления электролюминесценции гетероструктур на длине волны 590-630 нм.

Известно покрытие, взятое в качестве прототипа (патент № RU 2671236), состоящее из слоя прозрачного полупроводникового оксида цинка, легированного ионами алюминия, и наночастиц серебра. Недостатком прототипа является отсутствие эффекта усиления электролюминесценции гетероструктур на длине волны 590-630 нм.

Изобретение решает задачу усиления электролюминесценции полупроводников на

длинах волн 590-630 нм. Поставленная задача решается за счет достижения технического результата, заключающегося в повышении интенсивности излучения светодиодов с предложенным покрытием. Данный технический результат достигается тем, что прозрачный проводящий оксид, содержащий слой оксида цинка, легированного ионами алюминия в концентрации 1,5-3,5 молярных процента с толщиной от 100 до 200 нм и слои наночастиц с размерами 38-42 нм с максимальной концентрацией  $1,25 \cdot 10^{16}$  на  $\text{см}^3$ , отличается тем, что наночастицы являются наночастицами золота, а их центры находятся на расстоянии 70-120 нм друг от друга с образованием трехмерной решетки.

Сущность заявляемого изобретения поясняется следующим.

В основе изобретения лежит эффект «решеточного» плазмонного резонанса. При соблюдении определенного расстояния между металлическими наночастицами меняется частота плазмонного резонанса этих наночастиц, так как происходит электромагнитное взаимодействие между ними.

В изобретении используются слой оксида цинка, легированного ионами алюминия, и слои наночастиц золота.

При расстоянии менее 200 нм металлических наночастиц золота от излучающих полупроводников за счет эффекта плазмонного усиления уменьшается время рекомбинации электронов и дырок, что ведет в свою очередь к повышению интенсивности люминесценции, так как увеличивается количество носителей, попадающих за единицу времени в зону проводимости и переходящих обратно в валентную зону полупроводника за счет излучательного перехода.

Многочисленными экспериментами установлено и подтверждено данными моделирования, что при расстоянии наночастиц между центрами друг друга в 110-130 нм и при их размерах 38-42 нм происходит сдвиг частоты плазмонного резонанса наночастиц золота с диапазона 530-570 нм в диапазон 590-630 нм при образовании ими трехмерной решетки. Получено экспериментальное усиление электролюминесценции светодиода, излучающего на длинах волн 590-630 нм с покрытием из патентуемого вещества в 2 раза по сравнению со светодиодом, излучающим на этих же длинах волн без патентуемого покрытия. Таким образом, изобретение обеспечивает решение задачи по усилению электролюминесценции светодиода на длинах волн 590-630 нм.

#### (57) Формула изобретения

Прозрачный проводящий оксид, содержащий слой оксида цинка, легированного ионами алюминия в концентрации 1,5-3,5 молярных процента с толщиной от 100 до 200 нм и слои наночастиц с размерами 38-42 нм с максимальной концентрацией  $1,25 \cdot 10^{16}$  на  $\text{см}^3$ , отличающийся тем, что наночастицы являются наночастицами золота, а их центры находятся на расстоянии 70-120 нм друг от друга с образованием трехмерной решетки.