

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2701467

Прозрачный проводящий оксид

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

Авторы: *Ширишев Павел Сергеевич (RU), Ширишева-Ващенко Елена Валерьевна (RU), Сокура Лилия Александровна (RU), Снежная Женеьевна Геннадьевна (RU), Романов Алексей Евгеньевич (RU), Бугров Владислав Евгеньевич (RU)*

Заявка № 2018146001

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: 2018146001, 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):

Ширишев Павел Сергеевич (RU),
Ширишева-Ващенко Елена Валерьевна (RU),
Сокура Лилия Александровна (RU),
Снежная Женевьева Геннадьевна (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 20110133157 A1, 09.06.2011. RU
2011153983 A, 20.07.2013. WO 2018109724 A1,
21.06.2018. US 9871225 B2, 16.01.2018. WO
2009057317 A1, 07.05.2009.

(54) Прозрачный проводящий оксид

(57) Реферат:

Использование: для усиления
электролюминесценции полупроводников.
Сущность изобретения заключается в том, что
слой оксида цинка с максимальной толщиной 200
нм, легированный ионами алюминия в
концентрации от 3 до 4 молярных процентов и со
слоями наночастиц серебра с максимальной
концентрацией $1,25 \cdot 10^{16}$ на см^3 , центры

наночастиц находятся на расстоянии 110-130 нм
друг от друга и образуют трехмерную решетку,
наночастицы имеют размеры 38-42 нм, причем
длина волны усиления зависит от молярной
концентрации алюминия n в соотношении длина
волны в нанометрах $\lambda = 530 + 40 \cdot (n - 3)$. Технический
результат: обеспечение возможности усиления
электролюминесценции полупроводников,
излучающих на длинах волн 530-570 нм.

RU 2 701 467 C1

RU 2 701 467 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: **2018146001, 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),
Snezhnaya Zheneveva Gennadevna (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**

(57) Abstract:

FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: invention can be used to amplify electroluminescence of semiconductors. Essence of the invention is that a zinc oxide layer with maximum thickness of 200 nm, doped with aluminum ions in concentration of 3 to 4 mol percent and with layers of silver nanoparticles with maximum concentration of $1.25 \cdot 10^{16}$ per cm^3 , centres of nanoparticles are at

distance of 110–130 nm from each other and form a three-dimensional lattice, nanoparticles have size of 38–42 nm, wherein amplification wavelength depends on molar concentration of aluminum n in ratio of wavelength in nanometers $\lambda = 530 + 40 \cdot (n - 3)$.

EFFECT: enabling amplification of electroluminescence of semiconductors emitting at wavelengths of 530–570 nm.

1 cl

RU 2 701 467 C1

RU 2 701 467 C1

Изобретение относится к оптоэлектронике, к составам покрытий полупроводниковых материалов, усиливающих электролюминесценцию, на базе которых могут быть созданы мощные излучающие светодиоды диапазона 530-570 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 с 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 серебра в матрице из ZnO:Al.

Известно вещество покрытия из полиметилметакрилата (пмма) для светодиодов диапазона 400-1200 нм, патент RU 172493U1, опубликован 11 июля 2017 года, с наночастицами серебра для усиления электролюминесценции в 3-4 раза. Недостатком аналога является низкая температура размягчения пмма 160°C и температура воспламенения 260°C, что делает его малоприменимым при использовании в мощных светодиодах. Недостатком аналога является низкий показатель преломления покрытия -1.49, что затрудняет выход света из полупроводниковых структур вследствие появления эффекта полного внутреннего отражения и понижает угол рассеяния света.

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 использование двух типов наночастиц, что приводит к усложнению и удорожанию технологии такого покрытия.

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 530-570 нм.

Изобретение решает задачу усиления электролюминесценции полупроводников на длинах волн 530-570 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 и слой наночастиц серебра с концентрацией $1,25 \cdot 10^{16}$ на см^3 , при этом оксид цинка легирован ионами алюминия, а максимальная толщина слоя ZnO составляет 200 нм, отличается тем, что

концентрация ионов алюминия составляет 3-4 молярных процента, центры наночастиц находятся на расстоянии 110-130 нм друг от друга и образуют трехмерную решетку, а наночастицы серебра имеют размеры 38-42 нм, причем длина волны усиления зависит от молярной концентрации алюминия n в соотношении: длина волны в нанометрах =

5 $530+40 \cdot (n-3)$.

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 серебра. При расстоянии менее 200 нм металлических наночастиц серебра 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

10 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 в диапазон 530-570 нм при образовании ими решетки. Период решетки, а значит и длина волны усиления электролюминесценции зависит от концентрации алюминия в оксиде цинка в соотношении длина волны в нанометрах $\lambda=530+40 \cdot (n-3)$, где n - молярная концентрация алюминия в пленке оксида цинка в диапазоне от 3 до 4%. Получено экспериментальное усиление электролюминесценции светодиода, излучающего на

15 длинах волн 530-570 нм с покрытием из патентуемого вещества в 3 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 530-570 нм, регулировке длины волны усиления.

30

(57) Формула изобретения

Прозрачный проводящий оксид, содержащий слой оксида цинка и слои наночастиц серебра с максимальной концентрацией $1,25 \cdot 10^{16}$ на см^3 , при этом оксид цинка легирован ионами алюминия, а максимальная толщина слоя ZnO составляет 200 нм, отличающийся тем, что концентрация ионов алюминия составляет 3-4 молярных процента, центры наночастиц находятся на расстоянии 110-130 нм друг от друга и образуют трехмерную решетку, а наночастицы серебра имеют размеры 38-42 нм, причем длина волны усиления зависит от молярной концентрации алюминия n в соотношении длина волны в нанометрах $\lambda=530+40 \cdot (n-3)$.

40

45