

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2601903

СПОСОБ НАПЫЛЕНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРОЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СТРУКТУР МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники" (ТУСУР) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2015108566

Приоритет изобретения **11 марта 2015 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **17 октября 2016 г.**

Срок действия патента истекает **11 марта 2035 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ившин



Автор(ы): *Троян Павел Ефимович (RU), Жидик Юрий Сергеевич (RU), Гумерова Гюзель Исаевна (RU)*



(51) МПК
C23C 14/35 (2006.01)
H01J 37/317 (2006.01)
H01J 37/34 (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015108566/02, 11.03.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 11.03.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 11.03.2015

(43) Дата публикации заявки: 27.09.2016 Бюл. № 27

(45) Опубликовано: 10.11.2016 Бюл. № 31

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: JP 2007213401 A, 13.09.2007. JP 2005290442 A, 20.10.2005. RU 1237780 U1, 10.01.2013. RU 2364661 C2, 20.08.2009. US 2002195336 A1, 26.12.2002. RU 2482217 C1, 20.05.2013. RU 2107971 C1 27.03.1998.

Адрес для переписки:

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, ТУСУР,
 патентно-информационный отдел

(72) Автор(ы):

Троян Павел Ефимович (RU),
 Жидик Юрий Сергеевич (RU),
 Гумерова Гюзель Исаевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники" (ТУСУР) (RU)

(54) СПОСОБ НАПЫЛЕНИЯ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТЬ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРОЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СТРУКТУР МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

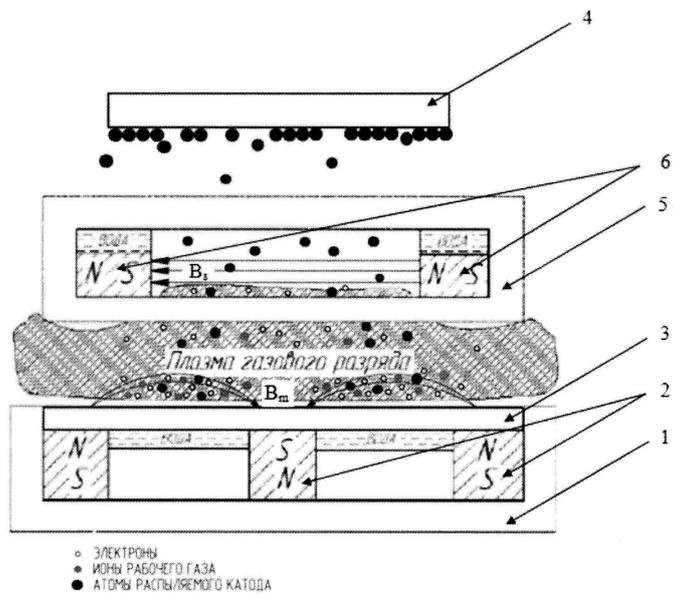
(57) Реферат:

Способ включает формирование в известной магнетронной распылительной системе планарного типа магнитного поля, зажигание разряда в скрещенных электрическом и магнитном полях, распыление материала катода и его осаждение на поверхность полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры. Между магнетронным источником и полупроводниковой гетероэпитаксиальной структурой расположена магнитная система, отклоняющая проходящие через нее высокоэнергичные заряженные частицы плазмы газового разряда. Магнитная система, отклоняющая проходящие через нее высокоэнергичные заряженные частицы плазмы

газового разряда, может быть выполнена в виде прямоугольного корпуса из стали с закрепленными в нем с двух противоположных сторон магнитов таким образом, чтобы созданное ими магнитное поле во внутренней части системы было направлено ортогонально движению осаждаемых на поверхность полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры атомов. Достигается отклонение магнитной системой в процессе напыления высокоэнергичных заряженных частиц от поверхности полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры для предотвращения ее бомбардировки и, соответственно, образование в ней радиационных дефектов. 1 ил.

RU 2 601 903 C2

RU 2 601 903 C2





FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C23C 14/35 (2006.01)
H01J 37/317 (2006.01)
H01J 37/34 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2015108566/02, 11.03.2015
(24) Effective date for property rights:
11.03.2015
Priority:
(22) Date of filing: 11.03.2015
(43) Application published: 27.09.2016 Bull. № 27
(45) Date of publication: 10.11.2016 Bull. № 31
Mail address:
634050, g. Tomsk, pr. Lenina, 40, TUSUR, patentno-
informatcionnyj otdel

(72) Inventor(s):
Trojan Pavel Efimovich (RU),
ZHidik JURij Sergeevich (RU),
Gumerova Gjuzel Isaevna (RU)
(73) Proprietor(s):
Federalnoe gosudarstvennoe bjudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
professionalnogo obrazovanija "Tomskij
gosudarstvennyj universitet sistem upravlenija
i radioelektroniki" (TUSUR) (RU)

(54) **METHOD FOR DEPOSITION OF THIN-FILM COATINGS ON SURFACE OF SEMICONDUCTOR HETEROEPITAXIAL STRUCTURES BY MAGNETRON SPUTTERING**

(57) Abstract:

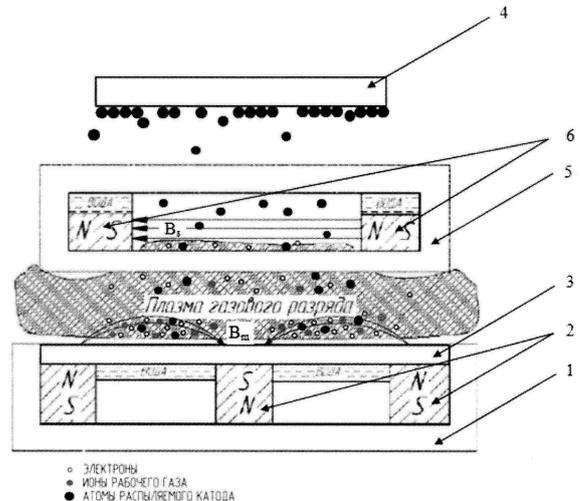
FIELD: physics.

SUBSTANCE: proposed method comprises generating in a known magnetron sputtering system of planar type a magnetic field, igniting a discharge in crossed electric and magnetic fields, sputtering a cathode material and its deposition on the surface of a semiconductor heteroepitaxial structure. Between the magnetron source and the semiconductor heteroepitaxial structure there is a magnetic system deflecting passing through it high-energy charged particles of gas discharge plasma. Magnetic system deflecting passing through it high-energy charged particles of gas discharge plasma can be made in the form of a rectangular steel housing with fixed in it on two opposite sides magnets in such a way, that created by them magnetic field in the inner part of the system is directed perpendicular to the movement of atoms deposited on the surface of the semiconductor heteroepitaxial structure.

EFFECT: provide is deviation by the magnetic

system during sputtering of high-energy charged particles from the surface of the semiconductor heteroepitaxial structure to prevent its bombardment and, consequently, formation of radiation defects in it.

1 cl, 1 dwg



RU 2 601 903 C2

RU 2 601 903 C2

Изобретение относится к области электронной техники, а именно к технологии изготовления полупроводниковых приборов на основе гетероэпитаксиальных, структур с использованием магнетронного ионно-плазменного распыления для получения тонкопленочных покрытий, наносимых на поверхность гетероэпитаксиальных структур без создания в них радиационных дефектов.

Известно классическое устройство планарного магнетронного типа для ионно-плазменного напыления пленок в вакууме, включающее в себя анод, катод-мишень и магнитную систему, состоящую из наборных магнитных блоков и установленную с нерабочей стороны мишени, средство охлаждения магнитной системы и мишени. Мишень изготавливается из материала, состав которого соответствует составу наносимой пленки на подложку [1].

Указанное устройство обладает существенным недостатком: при нанесении покрытий на поверхность гетероэпитаксиальной полупроводниковой пластины последняя подвергается значительной бомбардировке высокоэнергичными заряженными частицами плазмы, что вызывает в ее структуре появление радиационных дефектов. Такие дефекты в последующем являются причиной ухудшения характеристик изготовленных полупроводниковых гетероструктурных приборов.

Также известен способ удержания заряженных частиц плазмы в замкнутой конфигурации силовых линий магнитного поля, образованной парой планарных магнетронов, расположенных напротив друг друга и имеющих противоположные полярности полюсов магнитных систем [2]. Такой вариант магнетронной распылительной системы благодаря направлению силовых линий магнитного поля от поверхности одного катода к другому (эффект электрического зеркала) препятствует уходу заряженных частиц из пространства между катодами и их попаданию на подложку, расположенную за пределами замкнутых силовых линий магнитного поля и являющуюся анодом.

Недостатком данного технического решения является то, что оснащение магнетронной распылительной системы, выполненной из двух расположенных напротив друг друга планарных магнетронов, требует применения специальной нетиповой вакуумной камеры. Это делает невозможным применение данного метода локализации плазмы для большинства современных вакуумных установок ионно-плазменного напыления, используемых в промышленности, либо требует внесения значительных изменений в их конструкции.

Задача, на решение которой направлено заявленное изобретение, заключается в разработке способа нанесения покрытий на поверхность полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры без образования в ней радиационных дефектов во время напыления на ее поверхность тонкопленочных покрытий ионно-плазменными методами.

Поставленная задача решается за счет того, что заявленный способ напыления тонкопленочных покрытий на поверхность полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры методом магнетронного распыления, включающий формирование в известной магнетронной распылительной системе планарного типа магнитного поля, зажигание разряда в скрещенных электрическом и магнитном полях, распыление материала катода и его осаждение на поверхность полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры, отличается тем, что между магнетронным источником и полупроводниковой гетероэпитаксиальной структурой расположена магнитная система, отклоняющая проходящие через нее высокоэнергичные заряженные частицы плазмы газового разряда. Магнитная система, отклоняющая проходящие через нее высокоэнергичные заряженные

частицы плазмы газового разряда, выполнена в виде прямоугольного корпуса из стали с закрепленными в нем с двух противоположных сторон магнитов таким образом, чтобы созданное ими магнитное поле во внутренней части системы было направлено ортогонально движению осаждаемых на поверхность полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры атомов распыляемой мишени.

Достижимый технический результат заключается в отклонении магнитной системой в процессе напыления высокоэнергетичных заряженных частиц от поверхности полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры, предотвращая ее бомбардировку и, соответственно, образование в ней радиационных дефектов.

Сущность изобретения поясняется чертежом (Фиг.). Цифрой 1 обозначена магнетронная распылительная система планарного типа, включающая в себя магнитную систему 2 и распыляемый катод 3, охлаждаемые проточной водой и расположенные таким образом, что силовые линии магнитного поля замыкаются над распыляемым катодом. Цифрой 4 обозначена полупроводниковая гетероэпитаксиальная структура, на поверхность которой производится напыление. Цифрой 5 обозначена отклоняющая магнитная система, выполненная в виде прямоугольного корпуса из стали с закрепленными в нем с двух противоположных сторон постоянными магнитами 6, внешнее магнитное поле которых замыкается на корпусе. Кроме того, постоянные магниты расположены таким образом, чтоб созданное ими магнитное поле во внутренней части системы B_s было однородно по всему промежутку и направлено ортогонально движению осаждаемых на поверхность полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры атомов распыляемого катода 3. С целью недопущения перегрева постоянных магнитов выше температуры Кюри реализовано их охлаждение проточной водой.

Способ осуществляется следующим образом. После подачи постоянного напряжения между катодом 3 магнетронной распылительной системы 1 и анодом, являющимся держателем полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры 4, на поверхность которой необходимо произвести напыление покрытия, в камере зажигается тлеющий разряд. Плазма тлеющего разряда локализуется у поверхности распыляемого катода 3 а рочным магнитным полем B_m , создаваемым постоянными магнитами 2 магнетронной распылительной системы. Электроны двигаются в скрещенных электрическом и магнитном полях над поверхностью катода по сложным циклоидальным траекториям, ионизуя атомы рабочего газа. Образовавшиеся ионы ускоряются в катодном падении потенциала по направлению к катоду 3 и распыляют его поверхность. Эмитированные при этом вторичные электроны поддерживают горение разряда. Распыленные атомы катода движутся по направлению к поверхности полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры 4, осаждаясь на которую формируют покрытие.

Помимо распыленных атомов катода по направлению к поверхности полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры 4 движутся высокоэнергичные заряженные частицы плазмы газового разряда. Проходя сквозь магнитное поле B_s , сформированное во внутренней части отклоняющей системы, однородное по всему промежутку и направленное ортогонально движению попавших в нее заряженных частиц, последние под действием силы Лоренца отклоняются от поверхности полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры в зависимости от своей массы и заряда. Таким образом, предотвращается бомбардировка поверхности полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры высокоэнергетическими частицами плазмы газового разряда и, соответственно, предотвращается образование

в ней радиационных дефектов при напылении покрытий методом магнетронного распыления.

Практически предлагаемый способ может быть реализован на большинстве промышленных установок магнетронного напыления при их оснащении описанной отклоняющей магнитной системой. Так, при напылении низкоомных оптически прозрачных электропроводящих пленок $\text{In}_2\text{O}_3:\text{SnO}_2$ (ИТО) на поверхность слоя p-GaN гетероэпитаксиальной структуры AlGaInN на Al_2O_3 магнетронной распылительной системой планарного типа с величиной магнитного поля на поверхности распыляемого катода $B_m=0,25$ Тл и плотностью ионного тока на мишени 14 мА/см^2 значения температуры электронов и их концентрации, измеренные методом одиночного ленгмюровского зонда вблизи поверхности гетероэпитаксиальной структуры, отстоящей от поверхности распыляемого катода на расстоянии 4,5 см, составили 60000 К и $6 \cdot 10^{12} \text{ м}^{-3}$ соответственно. Введение магнитной отклоняющей системы с величиной магнитного поля во внутренней части системы $B_s=0,15$ Тл позволило уменьшить энергию электронов в пять раз, а концентрацию плазмы у поверхности гетероэпитаксиальной структуры снизить более чем в тринадцать раз.

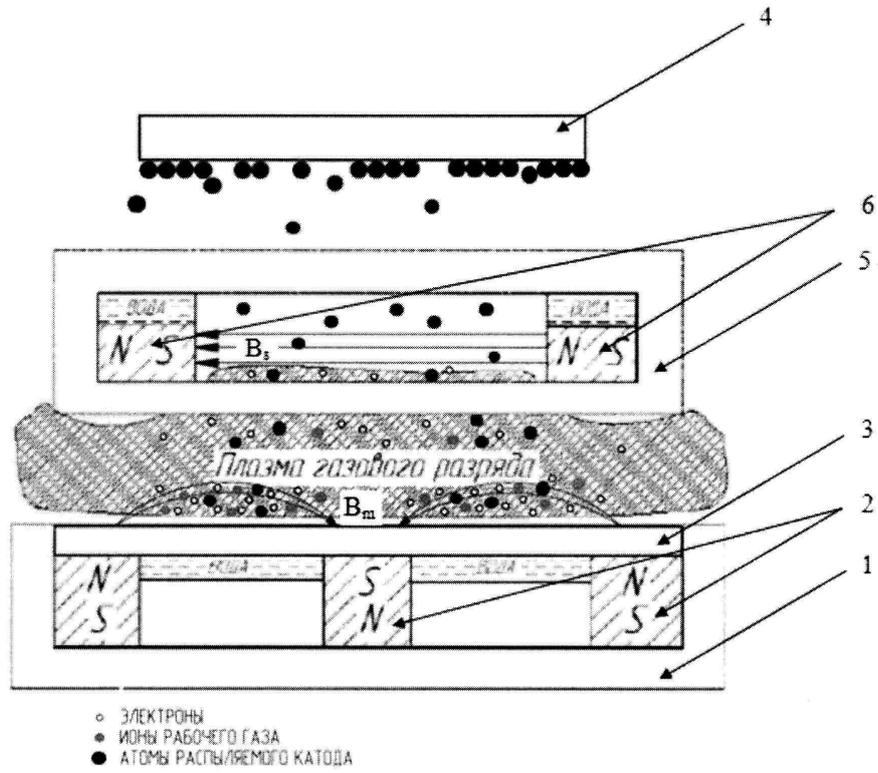
Источники информации

1. Ананьин П.С., Кривобоков В.П., Кузьмин О.С., Легостаев В.Н. Магнетронная распылительная система. Патент РФ №2107971 на изобретение по заявке №96113838/09 от 09.07.1996. Опубликовано 27.03.1998.
2. Кузмичев А.И. Магнетронные распылительные системы. Кн 1. Введение в физику и технику магнетронного распыления. - Киев: Аверс, 2008. - С. 158-163.

Формула изобретения

Способ магнетронного напыления тонкопленочных покрытий на поверхность полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры, включающий формирование в магнетронной распылительной системе планарного типа магнитного поля, зажигание разряда в скрещенных электрическом и магнитном полях, распыление материала катода и его осаждение на поверхность полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры, отличающийся тем, что во время напыления предотвращают образование в полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуре радиационных дефектов посредством магнитной системы, отклоняющей проходящие через нее высокоэнергичные заряженные частицы плазмы газового разряда, которую располагают между магнетронной распылительной системой и полупроводниковой гетероэпитаксиальной структурой, при этом упомянутую магнитную систему выполняют в виде прямоугольного стального корпуса с закрепленными в нем с двух противоположных сторон магнитами с возможностью создания ими магнитного поля во внутренней части отклоняющей системы, направленного ортогонально направлению движения осаждаемых на поверхность полупроводниковой гетероэпитаксиальной структуры атомов материала катода.

Способ напыления тонкопленочных покрытий на поверхность полупроводниковых гетеро-эпитаксиальных структур методом магнетронного распыления



Авторы:

Троян Павел Ефимович

Жидик Юрий Сергеевич

Гумерова Гюзель Исаевна

Сведения об изменениях или дополнениях
отражаются в Приложении к патенту

