



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
C23C 14/35 (2019.02)

(21)(22) Заявка: 2018125087, 09.07.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
09.07.2018

Дата регистрации:  
11.06.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.07.2018

(45) Опубликовано: 11.06.2019 Бюл. № 17

Адрес для переписки:

660036, г. Красноярск, ул. Академгородок, 50,  
стр. 38, ФИЦ КНЦ СО РАН, отдел патентной  
и изобретательской работы

(72) Автор(ы):

Юшков Василий Иванович (RU),  
Турпанов Игорь Александрович (RU),  
Патрин Геннадий Семенович (RU),  
Кобяков Александр Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Федеральный  
исследовательский центр "Красноярский  
научный центр Сибирского отделения  
Российской академии наук" (ФИЦ КНЦ СО  
РАН, КНЦ СО РАН) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2540318 C2, 10.02.2015. SU  
1707084 A1, 23.01.1992. SU 1665717 A1,  
09.02.1995. UA 7111 C2, 15.11.2000. US 7678240  
B2, 16.03.2010.

## (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области нанесения металлических и полупроводниковых пленок в вакууме поочередным или одновременным распылением наносимого материала и может быть использовано для покрытия деталей, используемых в изделиях электронной, приборостроительной и оптической отраслей промышленности. Устройство для ионно-плазменного напыления пленок содержит вакуумную камеру, в которой расположены анод, термокатод, мишень и подложкодержатель, и магнитную систему, расположенную снаружи вакуумной камеры и выполненную в виде колец Гельмгольца. Анод и термокатод размещены в отдельных нишах, при этом в открытом торце

ниши термокатада установлен экран, имеющий узкое отверстие размером 80×15 мм, подложка расположена параллельно мишени и снабжена магнитоуправляемой заслонкой. Над мишенью установлен экран, оснащенный передвижной заслонкой. Мишень имеет систему охлаждения. Обеспечивается увеличение функциональных возможностей установки, что приводит к увеличению качества пленок, росту производительности, обеспечивает большую экономичность процесса, в том числе дает возможность в одном технологическом цикле напылять три различных материала как отдельными монослоями, так и их сплавами. 1 з.п. ф-лы, 2 ил.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*C23C 14/35 (2019.02)*

(21)(22) Application: **2018125087, 09.07.2018**

(24) Effective date for property rights:  
**09.07.2018**

Registration date:  
**11.06.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **09.07.2018**

(45) Date of publication: **11.06.2019** Bull. № 17

Mail address:

**660036, g. Krasnoyarsk, ul. Akademgorodok, 50,  
str. 38, FITS KNTS SO RAN, otdel patentnoj i  
izobretatelskoj raboty**

(72) Inventor(s):

**Yushkov Vasilij Ivanovich (RU),  
Turpanov Igor Aleksandrovich (RU),  
Patrin Gennadij Semenovich (RU),  
Kobyakov Aleksandr Vasilevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe  
nauchnoe uchrezhdenie "Federalnyj  
issledovatel'skij tsentr "Krasnoyarskij nauchnyj  
tsentr Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj akademii  
nauk" (FITS KNTS SO RAN, KNTS SO RAN)  
(RU)**

(54) **DEVICE FOR ION-PLASMA SPUTTERING**

(57) Abstract:

FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: invention relates to application of metal and semiconductor films in vacuum by alternating or simultaneous spraying of applied material and can be used for coating parts used in products of electronic, instrument-making and optical industries. Device for ion-plasma sputtering of films contains a vacuum chamber, in which there is an anode, a thermal cathode, a target and a substrate holder, and a magnetic system located outside the vacuum chamber and made in the form of Helmholtz rings. Anode and thermal cathode are arranged in separate recesses, at that in open end face of heat cathode niche there is a screen having

narrow hole with size of 80×15 mm, the substrate is located parallel to the target and is equipped with a magnetically controlled gate. Screen equipped with a movable shutter is installed above the target. Target has cooling system.

EFFECT: enabling increase in the installation functional capabilities, which increases the films quality, increases productivity, ensures the process high efficiency, including enables to spray three different materials in one technological cycle by separate monolayers and their alloys.

1 cl, 2 dwg

Изобретение относится к области нанесения металлических и полупроводниковых пленок в вакууме поочередным или одновременным распылением наносимого материала и может быть использовано для покрытия деталей, применяемых в изделиях электронной, приборостроительной и оптической промышленности.

5 Известна установка для ионно-плазменного распыления [SU 247001, опубл. 26.01.1970], содержащая вакуумную камеру, подложку, мишень из распыляемого материала и ионизационную систему, выполненную в виде двух одинаковых электродов - термокатодов.

10 Недостатками указанного устройства являются отсутствие возможности напыления нескольких материалов в одном технологическом процессе, запыление катода распыляемым материалом, быстрое изнашивание термокатодов, отсутствие системы нагрева подложек, загрязнение чистых подложек в процессе отпыления мишени, отсутствие магнитной системы, позволяющей создавать плазму высокой интенсивности, что снижает качество распыления.

15 Известно устройство для ионно-плазменного травления и нанесения тонких пленок [RU 2540318, опубл. 10.02.2015], содержащее вакуумную камеру, в которой расположены анод, выполненный в виде полого прямоугольного параллелепипеда, в отверстиях оснований которого находятся мишень и подложкодержатель, два спиральных термокатода, имеющие полукруглые отражатели, установленные параллельно мишени  
20 и подложке. Магнитная система представлена двумя соленоидами, связанными магнитопроводом и установленными рядом с отражателями снаружи камеры.

Недостатками указанного устройства являются отсутствие у подложкодержателя системы нагрева подложек, системы контроля их температуры и заслонок у термокатодов, что приводит к загрязнению распыляемыми материалами термокатодов,  
25 а также получаемых образцов при формировании многослойных структур. Отсутствие системы охлаждения мишеней не позволяет использовать данное устройство для работы с легкоплавкими материалами.

Наиболее близким техническим решением, принятым за прототип, является установка [Попович, Б.А. Установка ионно-плазменного распыления / Б.А. Попович, М.Н. Калинычев, А.Д. Матвеев, А.Е. Семенов, В.И. Шишкин// Электронная техника. - серия  
30 1, Электроника СВЧ. - 1973. - выпуск 5. - с. 117-119], которая имеет систему распыления, состоящую из трех независимо управляемых электродов: источника электронов (вольфрамовый термокатод), анода и мишени. Катод помещен в отдельную камеру (ионизатор), сообщающуюся с рабочей камерой небольшим отверстием. Магнитное  
35 поле создается кольцевым соленоидом, расположенным снаружи рабочей камеры.

Недостатками указанного устройства являются отсутствие заслонки подложкодержателя, позволяющей производить отпыление мишени перед началом процесса, а расположение подложек под углом к мишени заметно влияет на рост пленок, что отражается на их структуре и физических характеристиках. Отсутствие системы  
40 охлаждения мишеней не позволяет производить распыление легкоплавких материалов, для которых критичны высокие температуры, возникающие в процессе распыления мишени. К недостаткам установки также можно отнести пошаговую систему перевода мишеней (через 90 градусов), требующую затрат дополнительного времени для получения многослойных структур.

45 Техническим результатом заявляемого изобретения является увеличение функциональных возможностей установки, что приводит к увеличению качества пленок, росту производительности, обеспечивает большую экономичность процесса, в том числе дает возможность в одном технологическом цикле напылять три различных

материала, как отдельными монослоями, так и их сплавами.

Данный технический результат достигается за счет того, что в устройстве для ионно-плазменного напыления, содержащем вакуумную камеру, в которой расположены анод и термокатод, магнитную систему, мишень и подложкодержатель, новым является то, что анод и термокатод расположены в отдельных нишах, в открытом торце ниши термокатода установлен экран, имеющий узкое отверстие, подложка расположена параллельно мишени и снабжена магнитоуправляемой заслонкой, сверху мишени имеется экран, оснащенный передвижной заслонкой, которая может иметь различную конфигурацию, при этом мишень имеет систему охлаждения, а магнитная система представлена кольцами Гельмгольца.

Таким образом, перечисленные выше отличительные от прототипа признаки позволяют сделать вывод о соответствии заявляемого технического решения критерию «новизна». Признаки, отличающие заявляемое техническое решение от прототипа, не выявлены в других технических решениях и, следовательно, обеспечивают заявляемому решению соответствие критерию «изобретательский уровень».

Устройство для ионно-плазменного напыления тонких пленок поясняется фигурами 1 «Рабочая камера, вид сверху» и 2 «Рабочая камера, вид сбоку со стороны анода».

Вакуумная камера 1 выполнена из немагнитной нержавеющей стали и представляет собой цилиндр  $\varnothing 220$  мм со съёмными крышкой 2 и дном 3, крепящимися к корпусу камеры при помощи фланцевых соединений.

По бокам камеры под углами  $90^\circ$  относительно друг друга, на одинаковой высоте расположены четыре ниши 4а-4г. Одна из них (4а) фланцевым соединением крепится к системе откачки высокого вакуума. Противоположно ей расположена ниша 4б, оснащенная смотровым окном 5  $\varnothing 120$  мм. В двух оставшихся нишах 4в, 4 г вакуумной камеры  $\varnothing 150$  мм диаметрально противоположно друг другу и перпендикулярно нишам смотрового окна 4б и откачной системы 4а расположены термокатод 6 с экраном и анод 7. Катод 6 выполняется в виде спирали из вольфрамовой проволоки диаметром от 0,6 до 1,5 мм., диаметр спирали 14 мм., а длина 15 мм. Анод 7 имеет форму круглого выпуклого блюда с плоским дном  $\varnothing 80$  мм и расположен в своей нише с открытым торцом. В свою очередь, наличие экрана 8 у термокатода, выполненного из вольфрамовой фольги и имеющего узкое отверстие  $80 \times 15$  мм, значительно продлевает срок службы указанного узла, а также положительно сказывается на формировании геометрии формы плазмы. Рабочий газ Ag через натекаль 9 подается в нишу термокатода и через узкое отверстие в плоскости экрана выходит в рабочую камеру 1, что способствует увеличению плотности ионной плазмы. Ниши катода и анода оснащены рубашками охлаждения 10 (проточная техническая вода), предотвращающими их перегрев. Расположение в отдельных нишах и противоположно друг другу позволяет катоду 6 и аноду 7 не запляться распыляемыми материалами.

Ортогонально катоду 6 и аноду 7 и напротив друг друга на крышке 2 и на дне камеры 3 расположены подложкодержатель 11 и мишень 12, плоскости которых параллельны. На крепящемся к внутренней стороне крышки подложкодержателе 11 помимо «гнезд», предназначенных для загрузки подложек, размещаются нагреватель подложки 13 (галогеновая лампа) и терморпара 14.

Параллельно подложкодержателю установлена магнитоуправляемая заслонка 15, предотвращающая загрязнение подложек во время отпыления материалов мишени и приводимая в движение при помощи электромагнита 16. Мишень 12 выполнена из однородного материала в виде плоского параллелепипеда с квадратом в основании, на который в определенных местах 17 размещают два различных материала заданной

геометрии. Вся мишень размещается в корпусе, сверху которого имеется экран, оснащенный передвижной заслонкой 18, имеющей подвижность в плоскости 19, параллельной плоскости мишени. Задача данной заслонки, перемещаясь вперед и назад, поочередно открывать позиции мишени 20, на которых расположены распыляемые материалы 17. Перемещение передвижной заслонки 18 осуществляется при помощи кулисы 21, соединенной с поворотным механизмом 22, имеющим штангу 23 и привод 24.

Основной массив мишени имеет водяное охлаждение 25, которое позволяет избежать перегрева уплотняющих элементов камеры во время работы с высоким напряжением и обеспечивает возможность использовать материалы мишени критичные к повышенным температурам.

Магнитная система представлена катушками Гельмгольца 26, расположенными снаружи камеры параллельно друг другу и перпендикулярно электрическому полю.

В данном устройстве пространство между мишенью и подложкодержателем и область непосредственного формирования плазмы высокой плотности совмещены. Данная конструкция является одной из разновидностей устройств для ионно-плазменного напыления по трех электродной схеме. Плазма в предлагаемом устройстве, создается в скрещенных электрическом и магнитном полях.

Дно камеры имеет три отверстия. Одно по центру 27 и два 28, 29 диаметрально противоположно. Первое 27 расположено в центре дна и предназначено для ввода системы, обеспечивающей работу мишени. Второе отверстие 28 расположено ближе к краю крышки со стороны смотрового окна. Данное отверстие необходимо для ввода привода поворотного механизма 24 передвижной заслонки. Третье отверстие 29, предназначено для установки ионной лампы измерения высокого вакуума в рабочей камере.

Устройство для ионно-плазменного напыления работает следующим образом.

Объем вакуумной камеры 1, содержащий анод 7 и катод 6, откачивают до давления  $10^{-4}$  Па. Затем включается термокатод и плавно повышается ток до 88 А, катод при этом разогревается до температуры эмиссии электронов. За время разогрева катода происходит и его обезгаживание в высоком вакууме. Одновременно с началом разогрева катода 6 начинается нагрев подложек в подложкодержателе 11, для чего включается нагреватель подложек 13 и постепенным увеличением тока накала лампы достигается необходимая температура. Отслеживание температуры подложек производится при помощи термопары 14, расположенной на поверхности подложкодержателя в непосредственной близости от подложек. При достижении заданных параметров на катоде 6 и подложкодержателе 11 производится напуск инертного газа Аг до рабочего давления  $10^{-1}$  Па. В дальнейшем весь процесс осуществляется при проточном инертном газе. Между термокатодом 6 и анодом 7 подается напряжение 40 В, на аноде 7 устанавливается ток 4 А, включается магнитная система, и возникает несамостоятельный тлеющий разряд, после чего между мишенью 12 и катодом 6 подается высокое напряжение 600-1000 В. Положительные ионы инертного газа, источником которых является плазма тлеющего разряда, ускоряются в электрическом поле и бомбардируют мишень 12 с энергией, необходимой для распыления атомов материала.

Все это время магнитоуправляемая заслонка 15, находится в положении «закрыто» во избежание преждевременного оседания атомов распыляемого материала на подложки, размещенные на подложкодержателе 11, и их «загрязнения». После отпыления выбранного материала магнитоуправляемая заслонка 15 переводится в положение «открыто» 30, и происходит процесс осаждения выбранного материала на поверхность

подложки. Время и скорость напыления материала, а также температура подложки определяются экспериментально. После того, как будет закончен процесс напыления одного материала, магнитоуправляемая заслонка 15 возвращается в положение «закрыто». Затем происходит переход передвижной заслонки 17 по экрану сборной мишени 31 на позицию того материала, который заложен в технологическом процессе. Процесс отпыления и напыления материала происходит по тому же алгоритму, как и в предыдущем случае.

После окончания процесса напыления останавливается поток рабочего газа, отключается магнитная система, отключается ток анода 7, медленно убирается ток накала катода 6, отключается питание нагрева подложек 13, производится выдержка образцов в высоком вакууме для их остывания до комнатной температуры, рабочая камера 1 отсекается от диффузионного насоса задвижкой. В камеру напускается воздух, и через съемную крышку 2 производится выемка готовых образцов.

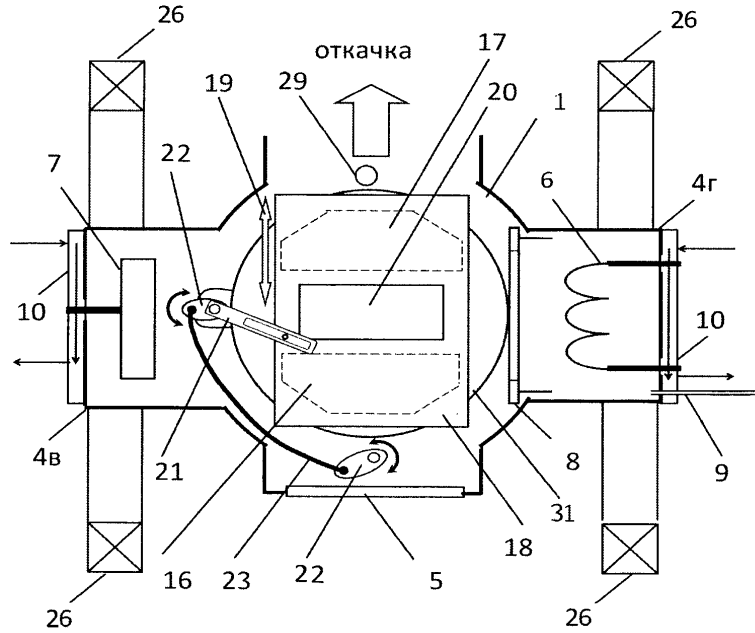
Аналогичным способом данная установка работает и при получении сплавных композиций, с той лишь разницей, что вместо передвижной заслонки с окном, открывающим только один распыляемый материал, необходимо установить передвижную заслонку с окном, открывающим два материала на составной мишени. А порядок расположения материалов на составной мишени и порядок их открывания необходимо предусмотреть заранее, во время составления технологического процесса.

Устройство для ионно-плазменного напыления позволяет получать более качественные пленки с заданными свойствами, имеет защиту электродов от загрязнения распыляемыми материалами, позволяет работать с легкоплавкими материалами, а также дает возможность в одном технологическом цикле напылять три различных материала, как отдельными монослоями, так и их сплавами, что увеличивает функционал устройства и его экономичность.

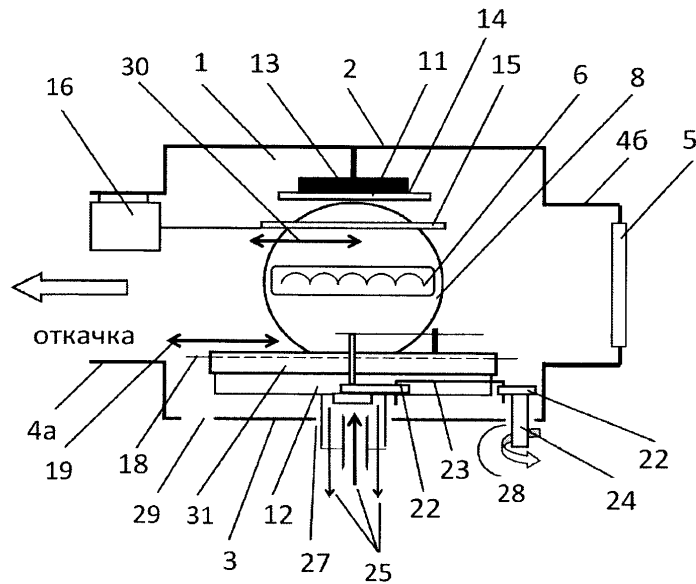
#### (57) Формула изобретения

1. Устройство для ионно-плазменного напыления пленок, содержащее вакуумную камеру, в которой расположены анод, термокатод, мишень и подложкодержатель, и магнитную систему, расположенную снаружи вакуумной камеры, отличающееся тем, что анод и термокатод размещены в отдельных нишах, при этом в открытом торце ниши термокатаода установлен экран, имеющий узкое отверстие размером 80×15 мм, подложка расположена параллельно мишени и снабжена магнитоуправляемой заслонкой, сверху мишени установлен экран, оснащенный передвижной заслонкой, при этом мишень имеет систему охлаждения, а магнитная система выполнена в виде колец Гельмгольца.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что передвижная заслонка может иметь различную конфигурацию.



Фиг. 1



Фиг. 2