УКРАЇНА (19) **UA** (11) **90122** (13) **U**

(51) МПК
C23C 14/22 (2006.01)
C23C 14/35 (2006.01)
C23C 14/34 (2006.01)
C23C 14/48 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2013 15146**
(22) Дата подання заявки: **24.12.2013**
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **12.05.2014**
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **12.05.2014, Бюл.№ 9**

(72) Винахідник(и):
Коваленко Валентина Володимирівна (UA),
Заяць Юрій Львович (UA),
Пшінько Павло Олександрович (UA),
Коваленко Сергій Володимирович (UA)

(73) Власник(и):
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА,
вул. Ак. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ-10, 49010 (UA)

(54) СПОСІБ НАДАННЯ ДОДАТКОВОЇ ЕНЕРГІЇ КАТОДУ В ПРОЦЕСІ ІОННО-ПЛАЗМОВОГО НАПИЛЮВАННЯ

(57) Реферат:

Спосіб надання додаткової енергії катоду в процесі іонно-плазмового напилювання включає застосування у робочій камері катода, анода, магнітної системи з охолодженням, розпилення матеріалу катода за рахунок бомбардування його атомами газів або їх сумішшю при наданні катоду-мішені додаткової енергії у розрахунок на атом речовини згідно з формулою (0,1-1,1) k $T_{пл}$, де $T_{пл}$ - температура плавлення речовини мішені, K; $k=8{,}625\cdot10^{-5}$ еВ/ат·K, при розпиленні матеріалу катода за рахунок бомбардування його атомами, що належать матеріалу катода, або іншими атомами газів та їх сумішшю. Катоду-мішені додають додаткову енергію за рахунок утворення тріщин в матеріалі катода або застосуванням композитних катодів з нещільно прилягаючими елементами, або локальним зменшенням перерізу проходження заряду.

UA 90122 U

Корисна модель належить до плазмової техніки й призначена для вакуумного іонно-плазмового нанесення тонких плівок металів, їхніх сполук і керамік на тверду поверхню.

Відомий спосіб отримання функціональних плівок в магнетронній системі, що розпилює із плоским катодом-мішенню [K. Wasa, S. Hayakawa. Handbook of sputter deposition technology / USA: "Noyes Publications", 1992. c. 44], що включає розпилення матеріалу катода за рахунок бомбардування його атомами газів та їх сумішей, охолодження магнітної системи.

Недоліком відомого способу є недостатня кількість факторів керування магнітним і температурним полями в області робочої зони магнетрону. Недоліком є також нерівномірність використання катодів-мішеней. Наступним недоліком такої схеми магнетрона є обмеження кількості хімічних речовин для використання як катода-мішені внаслідок високих значень кількості роботи (енергії), витраченої на розпилення їхніх атомів.

Найбільш близьким аналогом до корисної моделі, що заявляється, є спосіб іонно-плазмового напилювання (варіанти) й пристрій для його здійснення (варіанти) [Патент України № 83263 С2 МПК (2006) С23С 14/22, С23С 14/35, С23С 14/34, С23С 14/48 заяв. № а200605704 от 24.05.2006, опубл. 25.06. 2008, Бюл. № 12, 2008 р.]. Спосіб іонно-плазмового напилювання для одержання плівок зносостійких і функціональних матеріалів, який включає застосування у робочій камері катода, анода, магнітної системи з охолодженням, розпилення матеріалу катода за рахунок бомбардування його атомами газів або їх сумішшю, який відрізняється тим, що катоду-мішені додають додаткову енергію у розрахунок на атом речовини згідно з формулою (0,1-1,1) k $T_{пл}$, де $T_{пл}$ - температура плавлення речовини мішені, К; $k=8{,}625\cdot10^{-5}$ еВ/ат·К, а розпилення матеріалу катода здійснюють за рахунок бомбардування його атомами, що належать матеріалу катода, або іншими атомами газів та їх сумішшю.

При цьому додавання енергії катода-мішені здійснюють до критичних температур фазових, структурних, магнітних й інших перетворень у матеріалі катода-мішені, з забезпеченням необхідного "стрибка" електроопору й енергії самодифузії в матеріалах.

Спосіб іонно-плазмового напилювання для одержання плівок зносостійких і функціональних матеріалів, який включає застосування у робочій камері катода, анода, магнітної системи з охолодженням, розпилення матеріалу катода за рахунок бомбардування його атомами, що належать матеріалу катода, або іншими атомами газів та їх сумішшю, який відрізняється тим, що катоду-мішені імпульсно додають додаткову енергію у розрахунку на атом речовини з параметрами, що змінюються в інтервалах: частота від 5 до 50 Гц; енергія - від E_1-E_2=0,001 до 0,3 еВ/ат, де E_1 і E_2 - відповідно найвища та найнижча енергії у розрахунок на атом речовини, що додаються катоду-мішені, а розпилення матеріалу катода здійснюють за рахунок бомбардування його атомами, що належать матеріалу катода, або іншими атомами газів та їх сумішшю.

При цьому додавання енергії катода-мішені здійснюють до критичних температур фазових, структурних, магнітних й інших перетворень у матеріалі катода-мішені для наступної пульсації.

Спосіб іонно-плазмового напилювання для одержання плівок зносостійких і функціональних матеріалів, який відрізняється тим, що матеріал катода-мішені попередньо піддають одній або декільком у комплексі таких обробок: гартують, деформують, наклепують або здійснюють абразивну обробку зі збільшенням кількості поверхневих дефектів.

Вище наведені способи не дозволяють додавати додаткову енергію катоду у найшвидший та ефективний спосіб.

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення ефективності розпилювання при сполученні переваг іонно-плазмового й магнетронного способів напилювання, тобто забезпечення можливості осадження плівок із плазми, утвореної іонами матеріалу катода або молекулами й іонами додатково введеного газу або сполученням перерахованих способів, а також застосування як матеріалів катода-мішені речовин та сполук, які не піддаються розпиленню у звичайних способах та установках іонно-плазмового напилювання.

Поставлена задача вирішується тим, що в запропонованому способі надання додаткової енергії катоду в процесі іонно-плазмового напилювання, який включає застосування у робочої камері катода, анода, магнітної системи з охолодженням, розпилення матеріалу катода за рахунок бомбардування його атомами газів або їх сумішшю при наданні катоду-мішені додаткової енергії у розрахунок на атом речовини згідно з формулою (0,1-1,1) k $T_{пл}$, де $T_{пл}$ - температури плавлення речовини мішені, К; $k=8{,}625\cdot10^{-5}$ еВ/ат·К, при розпиленні матеріалу катода за рахунок бомбардування його атомами, що належать матеріалу катода, або іншими атомами газів та їх сумішшю, що згідно з корисною моделлю катоду мішені додають додаткову енергію за рахунок або утворення тріщин в матеріалі катода, або застосуванням композитних катодів з нещільно прилягаючими елементами або локальним зменшенням перерізу проходження заряду.

Приклад використання способу надання додаткової енергії катоду в процесі іонно-плазмового напилювання.

Зразки підкладок напилювали титаном та інтерметалідам Ti-Al при робочій напрузі магнетрону порядку 1000 В. Діаметр мішені 30 мм. Значення питомої потужності становили порядку 40 Вт/см^2, при робочому тиску 2 Па. Корисна потужність магнетрона (Р) дорівнювала 300 Вт. Матеріал катода - титан марки ВТ-1 з концентрацією водню 0,001 % ат, алюміній марки АМц. Як робочий газ використовували аргон високої чистоти. Результати випробувань представлені в таблиці. Температура катода-мішені вимірювалася за допомогою термопари та за формулою $Tk=8,625\cdot10^{-5}(t+273)$ може бути переведена в енергію у розрахунок на атом речовини, еВ/ат.

Таблиця

№	Структура катоду	Температура катода-мішені, °С	Швидкість осадження, нм/с
За найближчим аналогом	Титан, що штучно нагрітий	882±50	120
1	Титановий катод з наявними тріщинами	900	130
2	Композитний титановий катод з нещільним приляганням елементів	1000	150
3	Ti-Al катод з щільно прилягаючими елементами Al і Ti	50	На підкладку іде осадження лише алюмінію
4	Ti-Al катод з нещільно прилягаючими елементами	510	Осадження інтерметаліду Ti-Al, 150

З таблиці видно, що підвищення температури катода-мішені, зокрема при використанні композитного катода з нещільним приляганням елементів (або локальним зменшенням перерізу проходження заряду) збільшує швидкість розпилення і осадження матеріалу катода навіть у порівнянні з звичайним рівномірним підігрівом катоду.

Використання запропонованого способу дозволяє більш ефективно регулювати температуру мішені й одночасно уникати перегріву магнітної системи, розширити область використання катодів, що важко розпилюються за рахунок збільшення електропровідності керамік. Наявність додаткової енергії катода-мішені дозволяє підвищити ефективність процесу розпилення й регулювати напруженість магнітного поля в локальній області, при цьому сполучаючи переваги іонно-плазмового й магнетронного способу напилювання плівок.

Відомо, що електропровідність й, як наслідок, робота виходу іонів для напівпровідників і діелектриків залежить від температури. Теплота сублімації металевих кристалів залежить від енергії активації самодифузії. В разі наявності на катоді різнорідних за формою (площиною прилягання до джерела заряду), хімічним та структурним складом елементів, їх заряд не буде однаковим та з часом виникає пробій (виникнення дуги) між елементами композитних катодів, або у внутрішньому просторі тріщин катода, як наслідок зростає його температура та ефективний коефіцієнт дифузії у деяких речовинах може на чотири порядки перевищувати "нормальний", при цьому пропорційно зростає ефективність розпилювання матеріалу катода або катода-мішені. Іншим варіантом дії технічного рішення є підвищення температури катода за рахунок зменшення ефективного перерізу проходження заряду між елементами катода.

Наприклад, розпилення титанового сплаву з вмістом титану 99,999 % (ат), при наявності тріщин в матеріалі катода, збільшує швидкість осадження більш ніж в тридцять разів, порівняно із температурою розпилення 50 °С.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб надання додаткової енергії катоду в процесі іонно-плазмового напилювання, що включає застосування у робочій камері катода, анода, магнітної системи з охолодженням, розпилення матеріалу катода за рахунок бомбардування його атомами газів або їх сумішшю при наданні катоду-мішені додаткової енергії у розрахунок на атом речовини згідно з формулою (0,1-1,1) k $T_{пл}$, де $T_{пл}$ - температура плавлення речовини мішені, К; $k=8,625\cdot10^{-5}$ еВ/ат·К, при розпиленні матеріалу катода за рахунок бомбардування його атомами, що належать матеріалу катода, або

іншими атомами газів та їх сумішшю, який **відрізняється** тим, що катоду-мішені додають додаткову енергію за рахунок утворення тріщин в матеріалі катода або застосуванням композитних катодів з нещільно прилягаючими елементами, або локальним зменшенням перерізу проходження заряду.

Комп'ютерна верстка А. Крижанівський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601