



УКРАЇНА

(19) UA (11) 94799 (13) C2  
(51) МПК (2011.01)  
H01J 27/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ІОННО-ЕЛЕКТРОННОЇ ОБРОБКИ ПОВЕРХОНЬ У ВАКУУМІ

1

2

(21) a200909968

(22) 30.09.2009

(24) 10.06.2011

(46) 10.06.2011, Бюл. № 11, 2011 р.

(72) ДУДІН СТАНІСЛАВ ВАЛЕНТИНОВИЧ, РА-  
ФАЛЬСЬКИЙ ДМИТРО В'ЯЧЕСЛАВОВИЧ(73) ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИ-  
ТЕТ ІМЕНІ В.Н. КАРАЗІНА(56) Q.Ji, L.Ji, Y. Chen and K.-N. Leung Combined  
electron- and ion-beam imprinter and it's applications  
Appl. Phys. Lett. 20, 4618 (2004).

SU 1570549 A1; 20.03.1995

GB 1500095 A; 08.02.1978

RU 81027 U1; 27.02.2009

JP 60235343 A; 22.11.1985

(57) Пристрій для іонно-електронної обробки по-  
верхонь у вакуумі, що складається з високочастот-

ного джерела іонів та електронів, яке містить діе-  
лектричну розрядну камеру з розміщеним в ній  
потенціальним електродом, з'єднаним через роз-  
діловий конденсатор з джерелом ВЧ напруги, ВЧ  
індуктор, розміщений навкруги діелектричної роз-  
рядної камери, іонно-оптичну систему, виконану у  
вигляді одного заземленого електрода-сітки з  
площею, меншою за площу потенціального елект-  
рода, та вакуумної камери з розміщеною в ній мі-  
шенню, що містить поверхню для обробки бомбар-  
дуванням іонами та електронами, який  
**відрізняється** тим, що зазначена мішень з'єднана  
з керованим джерелом постійної напруги з можли-  
вістю регулювання співвідношення електричних  
струмів електронів та іонів, що бомбардують об-  
роблювану поверхню мішені.

Винахід належить до електровакуумних при-  
ладів з іонним пучком, зокрема до іонних джерел з  
використанням високочастотного збудження, і мо-  
же бути використаний у іонно-плазмових техноло-  
гіях для обробки поверхонь у вакуумі іонами інерт-  
них та хімічно активних газів при виготовленні  
виробів мікро- та наноелектроніки, мікромеханіки  
та оптики.

Відомі пристрої для іонної обробки поверхонь  
у вакуумі [1], що складаються з вакуумної камери,  
в якій розташована мішень з оброблюваними зра-  
зками, та джерела іонів, що включає газорозрядну  
камеру, в якій за допомогою газових розрядів різ-  
них типів (дугового, тліючого, високочастотного)  
створюється плазма, і іонно-оптичну систему  
(ІОС), яка слугує для "витягання" та прискорення  
іонів. Для прискорення іонів до ІОС, що складається  
з декількох перфорованих електродів, під'єдна-  
ні один або декілька додаткових джерел живлення  
постійного струму. Відомо, що іонно-променева  
обробка поверхонь в вакуумі потребує нейтраліза-  
ції як позитивного об'ємного заряду, так і струму  
іонів, особливо у випадку обробки діелектричних  
поверхонь. Зазвичай для цього використовують  
спеціальний нейтралізатор, що емітує електрони.  
Нейтралізатор є окремим пристроєм, дію якого

засновано на термоелектронній емісії або на емісії  
електронів з газових розрядів різних типів [1, 2].  
Недоліками такої системи з нейтралізатором є  
потреба в додаткових джерелах живлення та об-  
межений ресурс розжарюваних катодів. Відомі  
вільні від цих недоліків пристрої [3, 4], які можуть  
одночасно емітувати іони та електрони, що дозво-  
ляє уникнути використання окремого нейтраліза-  
тора.

Найближчим аналогом винаходу є пристрій,  
описаний в патенті [4], в якому для створення пла-  
зми в газорозрядній камері використовують висо-  
кочастотний розряд індукційного типу, а для прис-  
корення іонів застосовують односітчасту ІОС з  
живленням ВЧ напругою, завдяки чому описане  
високочастотне джерело іонів дозволяє одночасно  
емітувати, окрім іонів, електрони, що виключає  
необхідність використання окремого нейтраліза-  
тора.

Найближчий аналог пристрою для іонно-  
електронної обробки поверхонь у вакуумі скла-  
дається з високочастотного джерела іонів та елект-  
ронів, яке включає діелектричну розрядну камеру з  
розміщеним в ній потенціальним електродом, з'єд-  
наним через розділовий конденсатор з джерелом  
ВЧ напруги, ВЧ індуктор, розміщений навкруги

(19) UA (11) 94799 (13) C2

діелектричної розрядної камери, іонно-оптичну систему, виконану у вигляді одного заземленого електрода-сітки з площею, меншою за площу потенціального електрода, та вакуумної камери з розміщеною в ній мішенню, оброблювана поверхня якої бомбардується іонами та електронами.

Недоліком цієї конструкції є відсутність можливості регулювання співвідношення електричних струмів іонів та електронів на поверхню мішені, що забезпечувало б необхідну якість оброблюваної поверхні.

В основу винаходу поставлено технічну задачу створення пристрою для іонно-електронної обробки поверхонь у вакуумі з можливістю регулювання співвідношення електричних струмів електронів та іонів, що бомбардують поверхню мішені, у широкому діапазоні, включаючи випадок рівності цих струмів.

Для вирішення поставленої задачі у пристрої, що складається з високочастотного джерела іонів та електронів, яке містить діелектричну розрядну камеру з розміщеним в ній потенціальним електродом, з'єднаним через розділовий конденсатор з джерелом ВЧ напруги, ВЧ індуктор, розміщений навкруги діелектричної розрядної камери, іонно-оптичну систему, виконану у вигляді одного заземленого електрода-сітки з площею, меншою за площу потенціального електрода, та вакуумної камери з розміщеною в ній мішенню, оброблювана поверхня якої бомбардується іонами та електронами, згідно з винаходом, для регулювання співвідношення електричних струмів електронів та іонів, що бомбардують оброблювану поверхню мішені, зазначена мішень виконана з'єднаною з керованим джерелом постійної напруги.

Технічний результат, що може бути одержаний при здійсненні винаходу, полягає у можливості впливу на якість оброблюваної поверхні шляхом регулювання співвідношення електричних струмів електронів та іонів, що потрапляють на поверхню мішені, у широкому діапазоні, включаючи випадок рівності цих потоків.

Суть винаходу пояснюється кресленнями, де на фіг.1 представлена схема пристрою для іонно-електронної обробки поверхонь у вакуумі. Пристрій включає діелектричну розрядну камеру 1 циліндричної форми, ВЧ індуктор 2, що охоплює камеру зовні, потенціальний електрод 3, виконаний у вигляді циліндра з подовжніми розрізами для запобігання екрануванню магнітного потоку індуктора, заземлений електрод-сітку 4, що відокремлює об'єм розрядної камери від металевої вакуумної камери 8, у якій знаходиться мішень 5. До мішені прикладений потенціал від керованого джерела постійної напруги 6. Струм в ланцюгу мішені 6 вимірюється міліамперметром 10. Потенціальний електрод 3 підключений до ВЧ генератора 7 через розділовий конденсатор 9. ВЧ генератор живлення індуктора на кресленні не показаний.

Пристрій працює таким чином: після відкачування атмосферного повітря з камери 1, проводиться напуск робочого газу і створення плазми шляхом подачі ВЧ напруги на індуктор 2 від ВЧ

генератора. Потім від ВЧ генератора 7 через ємність 9 подається ВЧ напруга заданої амплітуди між потенціальним електродом 3 і заземленим електродом-сіткою 4. Оскільки площа електрода-сітки менше площі потенціального електрода, основне падіння потенціалу, приблизно рівне амплітуді ВЧ напруги на потенціальному електроді, зосереджено в шарі біля поверхні електрода-сітки. Іони, що прискорені з плазми у напрямку сітки 4, проходять через отвори в сітці у вигляді паралельного пучка іонів. У ті проміжки часу, коли змінний потенціал плазми наближується до нуля, електрони також проходять через ІОС до камери 8. Подання на мішень 5 потенціалу від джерела живлення 6, з подальшим вимірюванням величини та полярності електричного струму у ланцюгу мішені 5 за допомогою міліамперметра 10, встановлює необхідне співвідношення електронного та іонного струмів, що потрапляють на мішень. Потенціал мішені, при якому струм на мішень дорівнює нулю відповідає випадку рівності іонного та електронного потоків на оброблювану поверхню, тобто повністю скомпенсованому пучку. При більш позитивних потенціалах мішені 5 кількість іонів, що потрапляють до мішені зменшується, а електронів - збільшується; при більш негативних потенціалах відбувається зворотне: кількість електронів у пучку зменшується до повного зникнення. Ця ситуація відповідає повністю некомпенсованому пучку іонів.

Проводилися випробування експериментального пристрою, який було виконано відповідно до винаходу, з розрядною камерою діаметром 40 мм і довжиною 80 мм та чотиривитковим індуктором, підключеним до ВЧ генератора з частотою 13,56 МГц і потужністю до 1 кВт. Площа електрода-сітки складала 3 см<sup>2</sup>, геометрична прозорість 15%. Діаметр отворів сітки був 0,3 мм, товщина сітки 0,18 мм. Щільність струму іонів на вході ІОС дорівнювала 10 мА/см<sup>2</sup>. Потенціальний електрод було виготовлено у вигляді охолоджуваного фланця діаметром 80 мм і циліндричної частини з розрізами. Мішень діаметром 50 мм була розміщена в металевій вакуумній камері на відстані 50 мм від ІОС. Струм мішені вимірювався за допомогою міліамперметра. Робочим газом служив аргон під тиском в камері 10<sup>-3</sup> Торр. Результати випробувань наведені на фіг.2, де зображена залежність вимірюваного струму мішені від її потенціалу, коли амплітуда ВЧ напруги на потенціальному електроді дорівнює 100 В. Як видно з діаграми, за рахунок зміни потенціалу мішені можна змінювати іонний струм на мішень у межах 0-3 мА, та електронний струм - у межах 0-12 мА.

Джерела інформації:

1. Ian G. Brown, The Physics and Technology of Ion Sources: Second, Revised and Extended Edition, (Wiley-VCH, New York, 2004).
2. Huashun Zhang, Ion Sources (Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1999).
3. Q.Ji, L.Ji, Y. Chen and K.-N. Leung, Appl. Phys. Lett. 20, 4618 (2004).
4. А. С. №1570549, СССР, МПК<sup>6</sup> H01J27/16, опуб. 20.03.1995.

