

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P13-89-390

С. А. Корнев

**ИМПУЛЬСНЫЙ ВЗРЫВОЭМИССИОННЫЙ
ИСТОЧНИК ИОНОВ
С ОДНОИМПУЛЬСНЫМ РЕЖИМОМ ПИТАНИЯ
ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ МОДИФИКАЦИИ
МАТЕРИАЛОВ**

Направлено в Оргкомитет III Международной
конференции "Модификация материалов импульсами
энергии и пучками частиц", Дрезден, ГДР,
сентябрь 1989 года

1989

В настоящее время для поверхностной модификации материалов применяются импульсные источники ионов^{/1/}. Наиболее общепринятыми схемами источников ионов диодного типа являются взрывоэмиссионные схемы с двухимпульсным режимом питания^{/2/}. В них первый импульс напряжения отрицательной полярности необходим для формирования катодной плазмы, а второй импульс напряжения положительной полярности — для вытягивания ионного пучка.

Исследования методов формирования плазменных ступков в вакуумных условиях привели к идее взрывоэмиссионного ионного источника с одноимпульсным режимом питания (источник запитывается импульсом положительной полярности)^{/3/}. Первые экспериментальные его исследования показали его работоспособность^{/4/} и простоту по сравнению с известными источниками ионов.

В данной работе рассматривается вариант источника ионов такого типа для поверхностной модификации материалов.

Ионный источник для поверхностной модификации материалов включает в себя генератор импульсного напряжения типа Аркадьева-Маркса, вакуумный диод и камеру облучения.

Генератор импульсного напряжения имеет следующие параметры:

- 1) амплитуда импульсного напряжения..... 100–300 кВ
- 2) энергоспас генератора..... 10 + 125 Дж
- 3) длительность импульса напряжения..... 300 нс
- 4) частота следования импульсов..... 0,2 Гц

Импульс напряжения на выходе генератора имеет положительную полярность.

Вакуумный диод содержит вакуумную камеру из нержавеющей стали, проходной высоковольтный изолятор из капролона, анодную ножку с инициатором анодной плазмы и катода из металлической мелкоструктур-

ной сетки с коэффициентом прозрачности $K \sim 0,6$. Камера облучения стыкуется с вакуумной камерой и содержит подложки для размещения облучаемых образцов. Перед облучаемым образцом устанавливается соответствующий коллиматор. Величина тока пучка, падающего на образец нормально по отношению к основной плоскости, измеряется интегрирующим поясом Роговского, а напряжение на источнике, определяющем кинетическую энергию частиц пучка, — высокоомным делителем напряжения. Все сигналы регистрируются на широкополосном двухлучевом осциллографе. Давление остаточного газа в диоде и в камере облучения составляет $P \sim 5 \cdot 10^{-5}$ Торр.

Сорт ионов определяется материалом инициатора анодной плазмы. Для получения ионов углерода используется углеродно-волоконистый инициатор ^{5/}, для получения трехкомпонентных потоков ионов Nb, Ti, Cu — многожильный сверхпроводящий кабель с частично травленной медной матрицей ^{6/} и др. Как следует из работы, данный ионный источник позволяет подучать многокомпонентные ионы, что имеет важное значение для технологических экспериментов.

В зависимости от функционального назначения источник ионов взрывоэмиссионного типа может быть как планарным, так и коаксиальным. Для работоспособности источника ионов необходимо выполнить условия формирования анодной плазмы, которые для планарного и коаксиального диодов соответственно имеют вид

$$E_{\Pi} = \frac{K \cdot U}{D} \geq E_{\text{пор.}} = 10^7 \text{ В/см,} \quad (1)$$

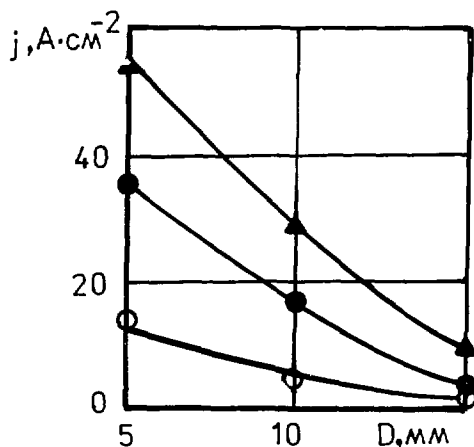
$$E_{\text{к}} = \frac{K \cdot U}{r \ln R/r} \geq E_{\text{пор.}} = 10^7 \text{ В/см,} \quad (2)$$

где E_{Π} , $E_{\text{к}}$ — средняя напряженность электрического поля в планарном и коаксиальных диодах; K — коэффициент усиления электрического поля на инициаторе анодной плазмы; U — напряжение на диоде; r , R — радиус анода и катода; $E_{\text{пор.}}$ — пороговая напряженность электрического поля в диоде, при которой формируется анодная плазма за счет взрывных эффектов.

Величина токоотбора пучка ионов подчиняется закону Чайльда — Ленгмюра, а регулировка плотности тока пучка осуществляется изменением расстояния между анодом и катодом. На рисунке приведена зависимость плотности тока ионов углерода от напряжения на диоде.

Необходимо отметить, что рассмотренный в работе источник ионов пригоден для вакуумного напыления покрытий толщиной $0,5 + 100$ мкм. Импульсный характер массопереноса вещества (время массопереноса меньше диффузионных времен изменения стехиометрического соотношения элементов) позволяет получать многокомпонентные пленки из одной рас-

пыляемой мишени. Такой источник ионов использовался для напыления пленок высокотемпературных сверхпроводников $Y-Ba-Cu-O^{177}$. Последние эксперименты по получению пятикомпонентных пленок высокотемпературных сверхпроводников $Bi-Ca-Sr-Cu-O$ показали хорошие результаты. В обоих типах сверхпроводников сохраняется стехиометрическое соотношение $Y-Ba-Cu$ и $Bi-Ca-Sr-Cu$ при переносе материала с мишени на подложку.



Зависимость плотности тока ионов углерода j от расстояния D между анодом и катодом при напряжении на диоде
 ○ - 100 кВ; ● - 200 кВ;
 ▲ - 300 кВ.

В заключение можно сделать следующие выводы:

- рассмотренный источник ионов взрывозамиссионного типа по своей конструкции и принципу действия существенно проще импульсных источников ионов этого класса;
- источник ионов позволяет формировать как однокомпонентные, так и многокомпонентные потоки ионов;
- регулировку плотности тока пучка ионов можно осуществлять изменением расстояния между анодом и катодом согласно закону Чайльда - Ленгмюра;
- источник ионов пригоден для напыления однокомпонентных и многокомпонентных покрытий, при этом распыляемой мишенью является сам инициатор анодной плазмы.

Литература

И. А.Н. Диденко, А.Е. Лигачев, И.Б. Куракин. Воздействие пучков заряженных частиц на поверхность металлов и сплавов. Москва, Энергоатомиздат, 1987.

2. И.Ф. Исаков, Е.И. Логачев, В.С. Лопатин и др. Тезисы докладов V Всесоюзного симпозиума по сильноточной электронике. 1984, ч. II, с. 60, Томск, ИСЭ СО АН СССР.
3. С.А. Корнев. Труды II семинара молодых ученых ОИИИ в области экспериментальной физики. P15-85-862, с.4, 1985, Душана, ОИИИ.
4. С.А. Корнев. Тезисы докладов III Всесоюзного семинара "Плазменная электроника", с. 93, 1988, Харьков, ХФТИ АН УССР.
5. С.А. Корнев и др. Препринт ОИИИ 13-88-292, 1988, Душана.
6. И. Вавра, С.А. Корнев. Препринт ОИИИ 13-87-751, 1987, Душана.
7. С.А. Корнев, Д. Валентович, В.В. Сиколенко. Тезисы докладов I всесоюзного совещания по высокотемпературной сверхпроводимости, т.3, с. 166, 1988, Харьков, ФИИИТ АН УССР.

Рукопись поступила в издательский отдел
31 мая 1989 года.

Корнев С.А.

P13-89-390

Импульсный взрывозмиссионный источник ионов
с одноимпульсным режимом питания
для поверхностной модификации материалов

Рассматривается вариант взрывозмиссионного источника ионов с запиткой одним импульсом положительной полярности для поверхностной модификации материалов. Источник ионов состоит из вакуумного диода и генератора импульсного напряжения типа генератора Аркадьева - Маркса. Давление остаточного газа в диоде $P \sim 5 \cdot 10^{-5}$ Торр. Сорт ионов определяется материалом инициатора анодной плазмы. Для получения ионов углерода используется углеродно-волоконистый инициатор, для ионов ниобия и титана - ниобий-титановый кабель со стравленной медной матрицей и др. Регулировка плотности тока ионов осуществляется изменением диодного промежутка в соответствии с законом Чайльда - Ленгмюра. Для ионов углерода плотность тока $j \sim 6 \text{ A/cm}^2$ при напряжении $U \sim 100 \text{ кВ}$ и $j \sim 32 \text{ A/cm}^2$ при $U \sim 300 \text{ кВ}$.

Работа выполнена в Общественном научно-методическом отделении ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1989

Перевод автора

Korenev S.A.

P13 -89-390

Pulse Explosion Ion Beam Source with One Pulse
Regime Supply for Surface Modification of Materials

A variant of explosion ion beam source with one positive pulse supply for surface modification of materials is described. Ion source consists of vacuum diode and pulse generator Arcadiev - Marx type. Residual gas pressure was $\sim 5 \cdot 10^{-5}$ torr in the diode. The sort of ions was fixed by materials initiator anode plasma. To produce carbon ions a carbon-fibrous initiator is used for niobium and titanium-niobium - titanium cable with picking copper matrix. The ions density current regulation is realized by change of diode gap in the correspondence with Child - Langmuir law. For carbon ions the current density is $j \sim 6 \text{ A/cm}^2$ for voltage $U \sim 100 \text{ kV}$ and $j \sim 32 \text{ A/cm}^2$ for voltage $U \sim 300 \text{ kV}$.

The investigation has been performed at the Scientific-Methodical Division, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1989

10 коп.

Редактор Т.Я.Жабицкая. Макет Н.А.Киселевой.

Подписано в печать 13.06.89.

Формат 60x90/16. Офсетная печать. Уч.-изд.листов 0,68.

Тираж 430. Заказ 42179.

**Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.
Дубна Московской области.**