

УДК 533.933

ИССЛЕДОВАНИЯ РАСХОДИМОСТИ И ЭНЕРГЕТИКИ ИОННОГО ПУЧКА СЕТОЧНОГО ИСТОЧНИКА

Сивец А.И., Моор К.Д., Никитин А.В., Леонович Н.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Котов Д.А. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. В ходе эксперимента изучена расходимость ионного пучка, построены графики распределения энергии ионов и тормозной характеристики. Установлено, что 90% ионов сконцентрированы в области диаметром 140 мм, при этом разброс их энергии составляет 180 В. Максимальная концентрация ионов наблюдается при энергии 1300 В. Разработана методика сравнения сеточныхборок на основе ключевых параметров.

Ключевые слова: ионный сеточный источник, расходимость, распределение энергии ионов

Введение. Исследование параметров ионных пучков, формируемых сеточными источниками, играет ключевую роль в развитии технологий плазменной обработки, ионного травления и ускорительной техники [1, 2]. Одним из важных аспектов является изучение расходимости пучка и распределения энергии ионов, поскольку эти характеристики непосредственно влияют на воспроизводимость и точность технологических процессов [3].

В данной статье рассматриваются экспериментальные исследования расходимости ионного пучка, а также анализ его энергетических параметров. Особое внимание уделено определению углового распределения частиц, разбросу энергий и их максимальному значению.

Основная часть.

В ходе эксперимента использовалась вакуумная установка производства Изовак Lidiz с двумя типами откачки: форвакуумная и криогенная, в составе которой находится трехсеточный ионный источник радиусом 60 мм. Сетки, которые используются в ионном источнике, называются экстрагирующей, ускоряющей и защитной. Экстрагирующая сетка задает энергетику выходящих ионов, ускоряющая – ускоряет поток ионов, защитная – защищает источник от обратного потока материала с поверхности мишени.

Для измерения параметров пучка применялись два измерительных зонда: токоизмерительный и сеточный. На рисунке 2 представлен график зависимости плотности тока от позиции зонда относительно центра.

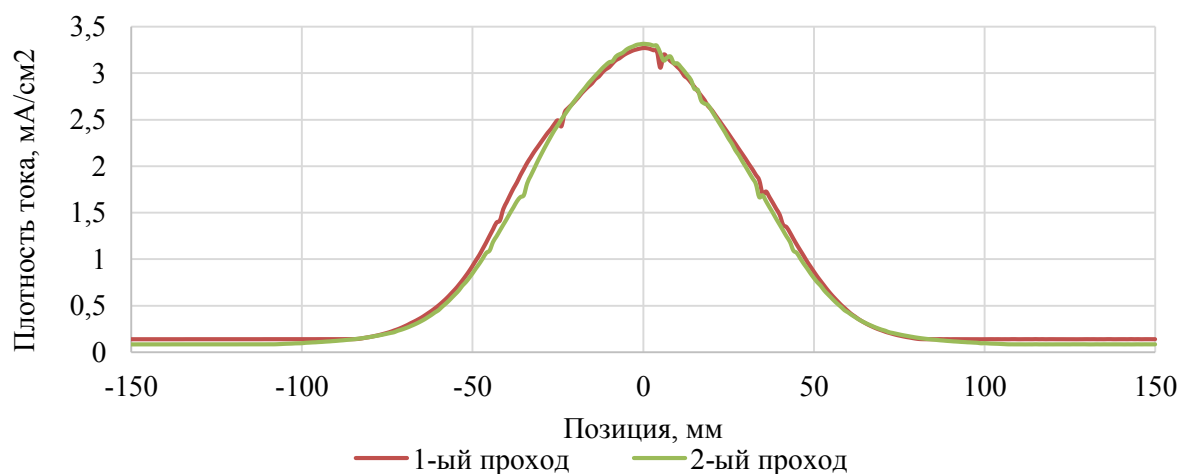


Рисунок 2 – График зависимости плотности тока от позиции зонда

Токоизмерительный зонд использовался для измерения количества ионов, прилетающих в апертуру зонда и плотности тока на расстоянии 390 мм от сеточного ионного источника при подаче аргона объемом 16 см³/мин при давлении $9,2 \cdot 10^{-2}$ Па. Зонд передвигался по поверхности мишени, радиус которой составляет 150 мм. Мощность, подаваемая на сеточный ионный источник, равнялась 600 Вт. Согласно полученным данным, основная масса ионов, до 90%, сосредоточена в пределах диаметра 140 мм, а максимальная плотность тока достигает 3,3 mA/cm². Анализ зависимости плотности

тока от позиции зонда показывает, что большая часть заряженных частиц сосредоточена в центральной зоне пучка, что свидетельствует о его малой расходимости ионов.

Энергетические характеристики ионов исследовались при помощи сеточного зонда, с помощью которого был получен график тормозной характеристики (рисунок 3а). Методом дифференцирования тормозной характеристики получен график распределения энергии ионов (рисунок 3б).

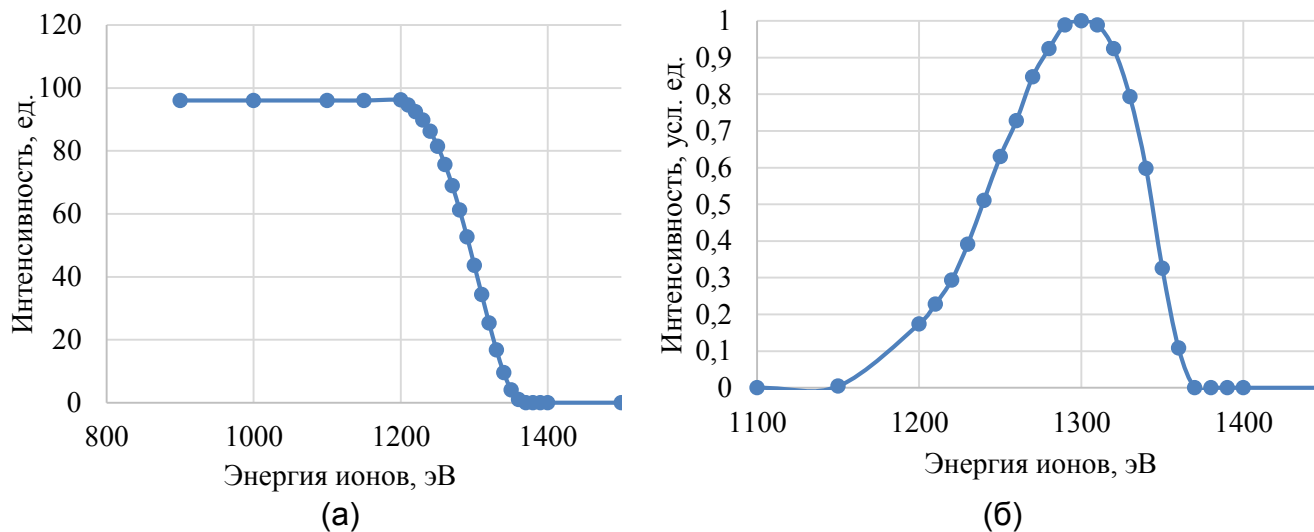


Рисунок 3 – Тормозная характеристика (а); распределение ионов по энергии (б)

Согласно этим данным, разброс энергии ионов составляет 180 эВ, основная часть ионов находится в диапазоне от 1200 до 1380 эВ, а их максимальная концентрация достигается при энергии 1300 эВ. Это подтверждает высокую эффективность формирования ионного потока при данных параметрах работы источника.

Заключение. В ходе эксперимента исследована расходимость и энергетика ионного пучка, формируемого сеточным источником. Установлено, что 90% ионов сосредоточены в области диаметром 140 мм, что свидетельствует о низкой расходимости. Определено, что максимальная плотность тока составляет 3,3 мА/см², а разброс энергии ионов достигает 180 В. Максимальная концентрация ионов наблюдается при энергии 1300 В.

Анализ графиков позволил выявить основные закономерности распределения плотности тока и энергии ионов, что подтверждает эффективность работы сеточного источника. Разработанная методика оценки параметров позволяет проводить дальнейшую оптимизацию источников для применения в технологиях плазменной обработки и ионного травления.

Список использованных источников:

1. Brown I. G. (ed.). *The physics and technology of ion sources*. – John Wiley & Sons, 2004.
2. Lee D., Hershkowitz N. Ion collection by planar Langmuir probes: Sheridan's model and its verification // *Physics of plasmas*. – 2007. – Т. 14. – №. 3.
3. Merino M., Cichocki F., Ahedo E. A collisionless plasma thruster plume expansion model // *Plasma Sources Science and Technology*. – 2015. – Т. 24. – №. 3. – С. 035006.

UDC 533.933

INVESTIGATION OF THE DIVERGENCE AND ENERGY CHARACTERISTICS OF THE ION BEAM FROM A GRID SOURCE

Sivets A.I., Moor K.D., Nikitsin A.V., Leonovich N.V.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kotov D.A. – Cand. of Tech. Sci., associate professor

Annotation. During the experiment, the divergence of the ion beam was studied, and graphs of the ion energy distribution and stopping characteristics were constructed. It was established that 90% of the ions are concentrated in a region with a diameter of 140 mm, with their energy spread being 180 V. The maximum ion concentration is observed at an energy of 1300 V. A methodology for comparing grid assemblies based on key parameters was developed.

Keywords: Ion grid source, divergence, ion energy distribution.