

Таким образом, исследование показывает присутствие значительного количества электронов в ионном потоке. Следовательно, соотношение между отрицательной и положительной компонентой потока является важной характеристикой в процессах синтеза нанопокровтий, напыляемых ионными источниками.

Автор благодарит Борисова А.А. (НГУ) за помощь в проведении эксперимента и обсуждении результатов. Работа выполнена в рамках Проекта СAE-НГУ: «Нелинейная фотоника и квантовые технологии».

Список публикаций:

[1] Patterson M. M. et al // *Plasma Sources Sci. Technol.* 2007. С. 16-257.

[2] Edelberg E. A., Aydil E. S. // *J. Appl. Phys.* 1999. № 9(86). С. 4799.

[3] Janes J., Huth C. // *J. Vac. Sci. Technol.* 1992. № 10(91). С. 3086.

Исследование электрического спектра ионного пучка источника типа End-hall

Захаров Степан Алексеевич

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет

Александр Степанович Золкин, к.ф.-м.н.

stepan.zakharov96@gmail.com

Ионные источники применяются сегодня для широкого круга задач, связанных с созданием новых материалов, исследованиями в ядерной физике, ионной микроскопии и многих других [1]. Наиболее важным параметром, который необходимо учитывать при работе с ионными источниками, является энергетическое распределение ионов в пучке источника. Именно средняя энергия ионов оказывает непосредственное влияние на характер и интенсивность физико-химических процессов, происходящих в мишени, следовательно, и на результат исследования [2]. Поэтому и необходимо знать функцию распределения ионов по энергиям для каждого конкретного ионного источника. Одним из самых точных и простых в реализации методов определения данной функции является метод задерживающего потенциала, который заключается в применении многосеточного зонда для измерения ионного тока пучка.

В данной работе проводятся измерения энергетического спектра ионного источника типа End-hall с помощью зонда задерживающего потенциала.

Можно выделить 2 параметра, которые необходимо знать для получения функции распределения ионов по энергиям: напряжение на задерживающей сетке V_{ion} и Ток коллектора ионов I_{ion} . Ток коллектора дает информацию о количестве частиц с определенным значением энергии в пучке. Зависимость $I_{ion}(V_{ion})$ выражена в формуле [1]:

$$I_{ion}(V_{ion}) = \frac{e^2 n P}{m_i} \int_{eV_{ion}}^{+\infty} f(E) dE$$

где I_{ion} - ионный ток, V_{ion} - напряжение на задерживающей сетке, e – заряд частицы, n – концентрация частиц, P – апертура зонда, E – энергия частиц.

Продифференцировав данное выражение, можно получить функцию распределения частиц плазмы по энергиям. В анализе экспериментальных данных использовалась упрощенная формула вида:

$$\frac{dI_{ion}}{dV_{ion}} \propto -f(E)$$

Для получения энергетического спектра ионного источника была экспериментально получена зависимость $I_{ion}(V_{ion})$. Производная по напряжению данной зависимости с точностью до константы является распределением ионов в пучке по энергиям.

Зонд, примененный в работе, построен по классической четырехсеточной схеме [5], представленной на *рис. 1*

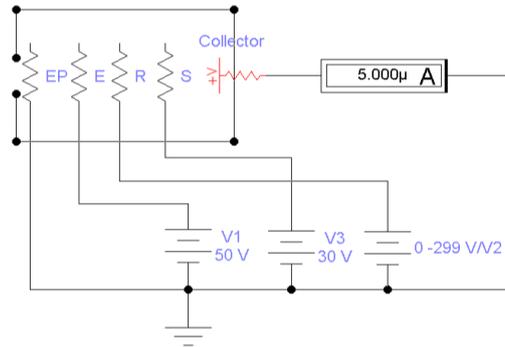


рис.1 Принципиальная схема многосеточного зонда для измерения распределения ионов по энергиям. EP – выравнивающая сетка; E – входная сетка; R – задерживающая сетка; S – подавляющая сетка; Collector – коллектор ионов; V1-V3 – источники питания; A – амперметр.

Для использованной конструкции зонда погрешность определения энергии составила 15%. Её основной источник – неоднородность потенциала в ячейке сетки [3], подтвержденная моделированием распределения потенциала методом конечных элементов.

На рис. 2 представлены энергетические спектры ионного источника для различных анодных напряжений.

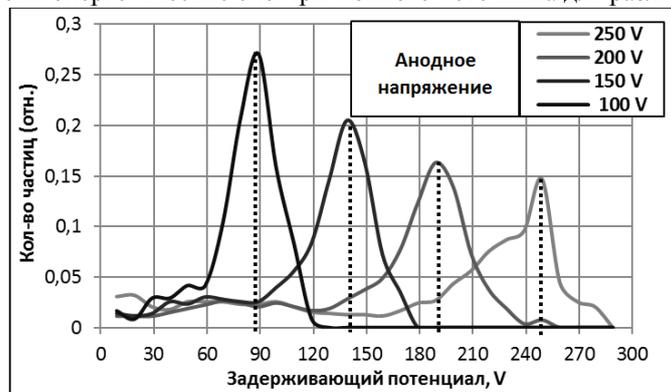


рис.2 Энергетический спектр ионов для ионного источника типа End-hall. Параметры ионного источника: $U_a = 100-250V$, $I_a = 0,5A$, $U_c = 30V$, $I_c = 8A$.

Можно заметить, что в области малых и средних энергий (100-150 эВ) ширина на полувысоте пика составляет примерно 30 В, что выходит за пределы инструментальной погрешности зонда. Данный эффект вызван неоднородностью распределения потенциала в ионном источнике. На высоких энергиях (более 200 эВ) уширение пика еще более выражено: ширина на полувысоте для эксперимента с анодным напряжением 250 В составляет 60В.

Выявлен эффект генерации ионной компоненты с энергиями 60-100 эВ при анодном напряжении 150-250В. Количество ионов с данными значениями энергий составляет 15-27% от общего числа, в зависимости от анодного напряжения.

С помощью многосеточного зонда получены энергетические спектры ионного потока для источника типа End-Hall. Установлено, что при увеличении анодного напряжения происходит увеличение разброса по энергиям и генерация низкоэнергетической компоненты. Проведенное исследование позволит детально изучить механизм генерации ионов в источнике и получить ионные пучки с требуемыми параметрами, необходимые для напыления нанопленок оптических систем.

Список публикаций:

[1] E. V. Heubel L. F. Velásquez-García Batch-Fabricated Mems Retarding Potential Analyzer For High-accuracy Ion Energy Measurements// 2013. Institute of Technology. Cambridge. Massachusetts. USA.
 [2] H. K. Fang, C. Z Cheng Retarding Potential Analyzer (RPA) for Sounding Rocket// National Cheng Kung University, Taiwan.
 [3] B. Ferda Retarding Potential Analyzer Theory and Design// 2015. Boston.