

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВТОРИЧНОЙ ЭЛЕКТРОН-ЭЛЕКТРОННОЙ ЭМИССИИ С ПОВЕРХНОСТИ ВАКУУМНЫХ КАМЕР

И. Н. Мешков, А. Ю. Рудаков

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

В Объединенном институте ядерных исследований в Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Джелепова на стенде «Рекуператор» проводится эксперимент по измерению коэффициента вторичной электрон-электронной эмиссии (КВЭЭ) с образцов, покрытых нитридом титана (TiN_2). Эта работа связана с проблемой образования электронных облаков в вакуумных камерах ускорителей и практически важна для проекта NICA. Результаты эксперимента по измерению КВЭЭ позволят выбрать наиболее подходящий материал покрытия вакуумных камер. В данном эксперименте сравнивались пластины-образцы из нержавеющей стали X18H9T с напылением нитрида титана и без напыления.

The experiment to measure secondary electron yield (SEY) of the samples coated with titanium nitride (TiN_2) is in progress at the test-bench «Recuperator». This work is related to the problem of the electron clouds formation in vacuum chamber surface. This effect plays an important role in limiting the performance of the collider NICA. The results of the experiment to measure SEY will allow us to choose the most suitable coating material of vacuum chambers. In this experiment we compared samples of stainless steel coated with titanium nitride and uncoated ones.

PACS: 29.40.-n

1. ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Стенд «Рекуператор» (рис. 1) состоит из вакуумной камеры, находящейся внутри соленоидов, создающих продольное магнитное поле величиной до 300 Гс. Пучок первичных электронов, образованных электронной пушкой, прошедших диафрагму, попадает на пластину-образец. Позиционирование первичных электронов на пластину-образец осуществляется катушками коррекции, создающими поперечное магнитное поле B_{\perp} , и элек-

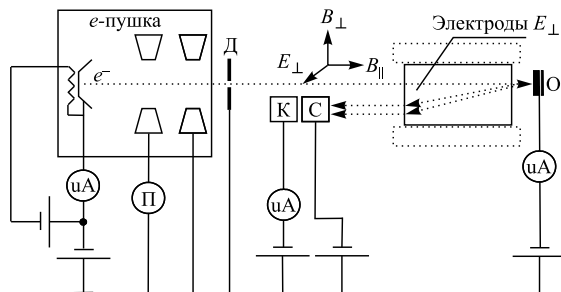


Рис. 1. Схема эксперимента по измерению КВЭЭ на стенде «Рекуператор». Д — диафрагма; К — коллектор; С — супрессор; О — пластина-образец

тродами с поперечным электрическим полем E_{\perp} . Электроны пучка проходят скрещенные поля B_{\perp} и E_{\perp} , не отклоняясь, так как $B_{\perp} = \beta E_{\perp}$ (фильтр Вина). Вторичные электроны с пластины-образца испытывают в скрещенных полях B_{\perp} и E_{\perp} отклонение из-за их противоположно направленной скорости и попадают в коллектор.

2. ИЗМЕРЕНИЕ КВЭЭ

КВЭЭ с поверхностей образцов измерялся в вакууме $\sim 10^{-8}$ Торр при следующих условиях:

1. Образцы «подвешивались» под отрицательный потенциал. При этом потенциал катода и образца изменялся так, что сохранялась величина энергии электронов, падающих на пластину-образец.

2. Очистка пластин-образцов производилась пучком электронов, имеющих
 - а) ту же энергию, что и при измерении КВЭЭ;
 - б) энергию в диапазоне от 50 эВ до потенциала катода с шагом 50 эВ.

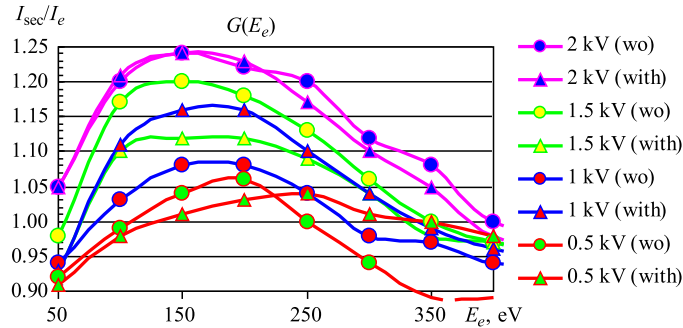


Рис. 2. Зависимость КВЭЭ от энергии падающих электронов при разных значениях $E_{дин}$: wo — образец без покрытия (контрольный); with — образец с покрытием TiN. Очистка пластины производилась только на энергии измерения КВЭЭ

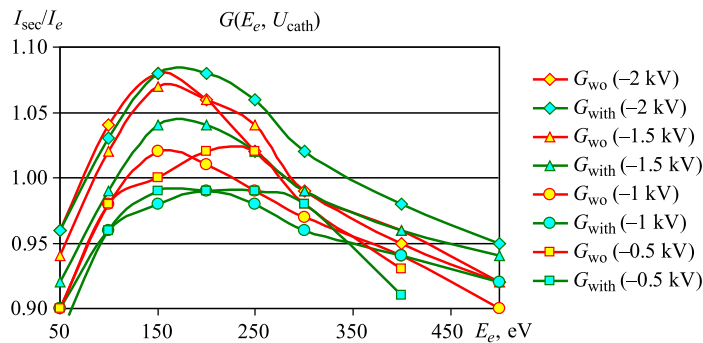


Рис. 3. Зависимость КВЭЭ от энергии падающих электронов при разных значениях $E_{дин}$. Предварительная очистка производилась по всему измеряемому спектру энергий. Плотность заряда при очистке $q/S \approx 10$ мКл/мм²

3. Ток электронного пучка:

а) постоянный — при очистке пластин-образцов и измерении КВЭЭ;

б) импульсный — при измерении тока вторичных электронов без очистки образца.

В этом режиме ток первичных электронов не измерялся.

Максимальный КВЭЭ соответствует энергии электронов, падающих на пластину-образец, $E_e \approx 150$ эВ. При этом КВЭЭ зависит также от начальной энергии электронов $E_{дин}$, генерируемых электронной пушкой. Оказалось, что с ростом $E_{дин}$ максимальное значение КВЭЭ возрастает (рис. 2, 3).

3. ОЧИСТКА ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

На рис. 4 и 5 представлены кривые зависимости КВЭЭ от плотности заряда чистящего электронного пучка при вакууме 10^{-8} Торр. Видно, что для очистки поверхности требуется плотность заряда 0,5–1 мКл/мм².

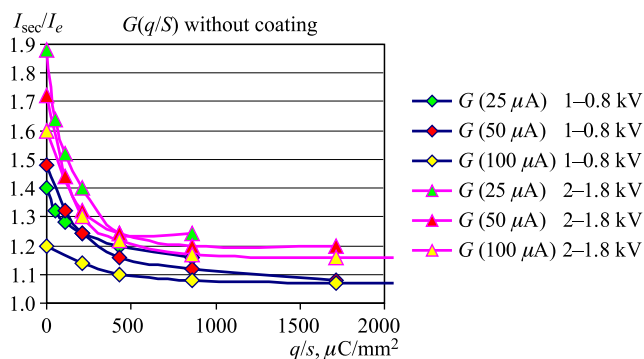


Рис. 4. Зависимость КВЭЭ от плотности заряда чистящего электронного пучка, пластина без покрытия

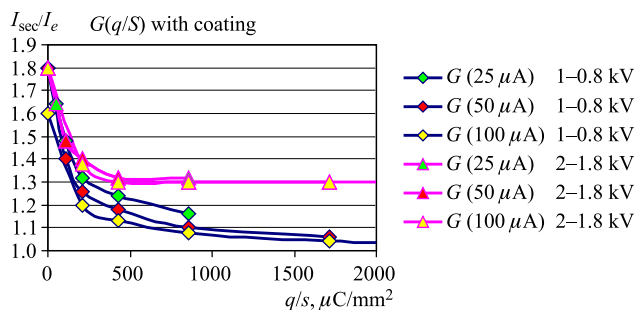


Рис. 5. Зависимость КВЭЭ от плотности заряда чистящего электронного пучка, пластина с покрытием

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный эксперимент носит в настоящее время методический характер. Скорость абсорбции остаточного газа сопоставима со скоростью очистки. Вакуум $\sim 10^{-8}$ Торр, по-видимому, не является достаточным для исследования КВЭЭ, но позволяет отработать методики очистки электронным пучком. Для более точной картины

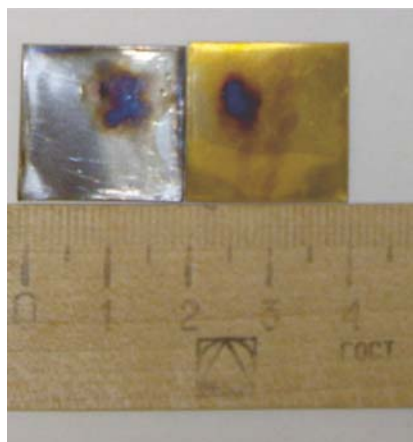


Рис. 6. Пластины-образцы после проведения экспериментов по измерению КВЭЭ. Черные пятна — слой углерода

КВЭЭ при десорбции-абсорбции необходимо создать вакуумные условия, как и в коллайдере NICA, $\sim 10^{-11}$ Торр. Активацию пластин-образцов для исследования КВЭЭ желательно проводить омическим нагревом. Электронный пучок, используемый в эксперименте для активации, выбивает атомы углерода (рис. 6), оседающие на поверхности образцов, тем самым искажая результаты измерений.