

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОТОБРАЖЕНИЯ ОТПЕЧАТКА ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА ОПТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ НА ЭКРАНЕ ПК

*В.Н. Борискин, В.В. Закутин, Н.Г. Решетняк, С.К. Романовский, В.П. Ромасько,
И.А. Чертищев, А.В. Семенов¹*

*Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»,
Харьков, Украина;*

¹*Институт монокристаллов НАН Украины, Харьков, Украина*

Рассмотрен программно-аппаратный комплекс для изучения работы магнетронной пушки в различных режимах. Для визуализации отображения отпечатка электронного пучка применен цифровой фотоаппарат Canon G9. Управление фотоаппаратом, запись и вывод изображений на экран монитора компьютера производятся с помощью программы Remote Shooting.

ВВЕДЕНИЕ

Для анализа работы магнетронной пушки со вторично эмиссионным катодом необходимо проводить измерения амплитудо-временных и вольт-амперных характеристик тока пучка. Помимо измерений амплитуды тока электронов и плотности распределения частиц важной является возможность визуального наблюдения за формой поперечного сечения электронного пучка. Методы визуализации пучка в сочетании с применением цифровых видеокамер могут быть использованы для измерения геометрических размеров пучка.

В экспериментальной технике используется излучение электромагнитных волн в видимой или рентгеновской областях спектра, возникающее при взаимодействии электронов с твердой или газообразной мишенью, в частности: свечение ионизируемого пучком газа, свечение флуоресцирующего экрана, оптическое свечение возбужденного полупроводника, тепловое свечение металлов, тормозное рентгеновское излучение, переходное излучение в оптическом диапазоне и т.д. Для визуализации формы поперечного распределения частиц в пучке наиболее приемлемым является использование переходного оптического излучения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Эксперименты по получению оптического изображения профиля пучка проводились на установке, блок схема которой приведена на Рис.1. Для питания магнетронной пушки используется импульсный модулятор с полным разрядом накопительного конденсатора [1]. Запуск импульсного модулятора производится при помощи генератора импульсов Г5-82.

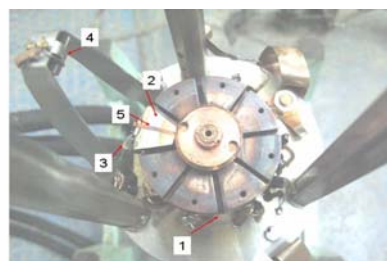
В результате разряда конденсатора на выходе модулятора формируется импульс напряжения с выбросом и длительной плоской частью (до 50 мкс).

Импульс напряжения от импульсного модулятора подается на катод магнетронной пушки. На спаде импульса напряжения (длительность спада ~ 0,5 мкс) происходит генерация электронного пучка магнетронной пушки, работающей в скрещенных полях.



Рис.1. Структурная схема автоматизированной системы оптического отображения профиля пучка

Магнетронная пушка имеет вторично-эмиссионный алюминиевый холодный катод и цилиндрический анод из нержавеющей стали. Электронный пучок попадает на медный охлаждаемый цилиндр Фарадея разбитый на восемь сегментов. На одном из этих сегментов закреплена мишень (1) для визуального наблюдения пучка на этом сегменте. Внешний вид цилиндра Фарадея с мишенью представлен на Рис.2. На мишени закреплён юстировочный флажок (медная полоска толщиной 1 мм), для того, чтобы можно было определить размер пучка при визуальном наблюдении. Для юстировки оптической системы внутрь вакуумной камеры введена подсветка. Все детали и элементы измерительной системы выполнены из немагнитных материалов.



*Рис.2. Внешний вид цилиндра Фарадея.
1 – цилиндр Фарадея, 2 – мишень, 3 – подсветка,
4 – зеркало, 5 – юстировочный флажок*

В процессе исследований проводились измерения амплитудных и временных характеристик импульсов напряжения на катоде магнетронной пушки

и тока пучка на цилиндре Фарадея. Сигналы через омические делители поступали на компьютерную измерительную систему для дальнейшей обработки в цифровом виде. Компьютерная измерительная система (КИС) позволяет обрабатывать импульсы от 1 до 32, определять их амплитуду, длительность, стабильность по амплитуде. Полученные данные выводятся на экран компьютера, погрешность измерений составляет ~2% [2].

Изображение пучка с мишени на цилиндре Фарадея через систему зеркал и линз выводится из вакуумной камеры для визуального наблюдения. Для наблюдения за электронным пучком использовался цифровой фотоаппарат Canon G9 (4), закрепленный совместно с окуляром для наблюдений в юстировочном тубусе. Управление фотоаппаратом и запись изображений производится компьютером (ПК) при помощи программы Remote Shooting. Интерфейс программы Remote Shooting показан на Рис.3.



Рис.3. Интерфейс программы Remote Shooting

Когда сигнал из ПК (нажатие виртуальной кнопки Release на интерфейсе программы Remote Shooting) подается на затвор фотоаппарата (4) срабатывает вспышка (5). Световой сигнал поступает на фотоприемник (3), который электрически связан с блоком синхронизации (2). В результате на выходе схемы синхронизации формируется импульс (~ 8 В), подаваемый на вход генератора импульсов Г5-82. При этом генератор Г5-82 переведен в ждущий режим.

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ПЛЕНОК nc-SiC:Eu

Осаждение пленок выполняли на оригинальной установке прямого ионного осаждения, подробно описанной в [3]. Поток ионов углерода и кремния, соотношение между которыми в потоке однозначно определялось составом испаряемого в плазме катода, с заданной энергией осаждали на подложку. В данной работе состав ионного потока имел равное отношение ионов Si и C, что обеспечивало в осаждаемой пленке состав, близкий к стехиометрическому в карбиде кремния. Средняя энергия осаждаемых ионов составляла 100 эВ, температуру подложек поддерживали 790°C резистивным нагревателем,

размещенным в подложкодержателе. Осаждение выполняли на подложки из Cu, Si, Al₂O₃, при давлении в камере не более 10⁻³ Па. Средняя скорость осаждения составляла 1...3 мкм/мин. Время осаждения 20...30 с. Параллельно пучку ионов на подложку подавался атомарный поток Eu из резистивного испарителя из вольфрама. Исходным веществом служил оксид европия, который при испарении частично восстанавливался до Eu.

Таким образом, мы получили на подложке пленку нанокристаллического карбида кремния кубического политипа nc-SiC-3C, легированного Eu. Толщина пленки была 400 нм. Суммарная концентрация Eu составляла около 5%. Легирующая примесь Eu преимущественно могла размещаться между нанокристаллами nc-SiC (размер 5...8 нм) и частично сегрегировать.

На Рис.4 приведены спектральные характеристики излучения пленки карбида кремния с включениями европия.

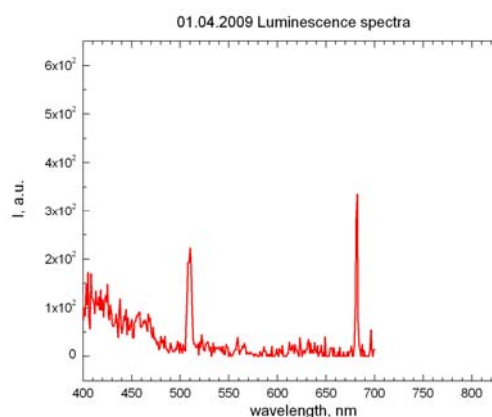


Рис.4. Спектральные характеристики излучения пленки nc-SiC:Eu

ПОЛУЧЕНИЕ ОТПЕЧАТКА ПУЧКА

Для получения отображения пучка использовались несколько режимов работы магнетронной пушки.

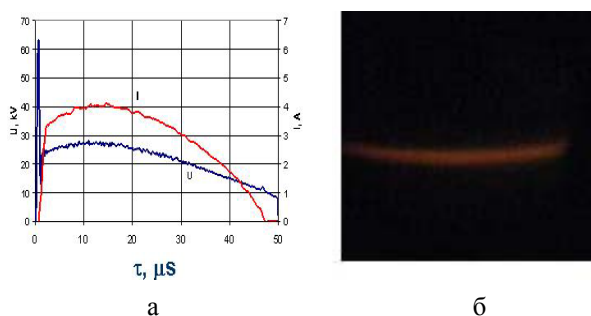


Рис.5. Амплитудно-временные характеристика импульса напряжения и тока пучка ($I_n = 20$ А)(а); визуальное отображение профиля пучка (б)

На Рис.5 приведены амплитудно-временные характеристики импульса напряжения на катоде и тока пучка на наблюдаемом сегменте соответствующее ему визуальное отображение пучка.

На Рис.6 приведено обработанное визуальное отображение пучка. Такая обработка дает информацию о распределении яркости пучка в радиальном и продольном направлениях.

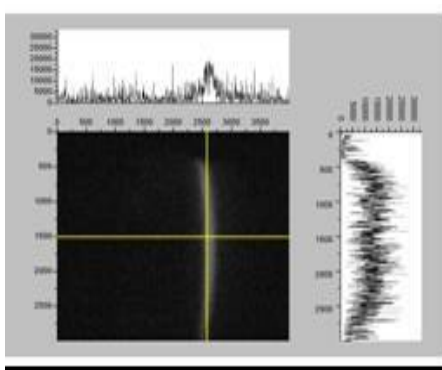


Рис. 6. Обработка профиля пучка

Исследовалась возможность использования в качестве экрана пластинки в виде сегмента на цилиндре Фарадея с поперечным размером 17 мм из следующих материалов:

- нержавеющая сталь;
- медь с нанесенным слоем SiC;
- медь с нанесенным слоем SiC с включениями Европия.

На фото, полученных с образца с включениями Европия наблюдались цвета, присущие линиям на спектре, приведенном на Рис.4 [4].

ВЫВОДЫ

Создана автоматизированная система отображения отпечатка пучка на экране ПК. Удалось произвести запуск импульсного модулятора от цифрового фотоаппарата. Это позволило сопоставить ампли-

тудно-временные характеристики электронного пучка с его визуальным отображением. Таким образом, можно установить влияние амплитуды тока на яркость свечения пучка на мишени. При обработке отпечатка пучка можно, зная светимость и площадь поверхности, оценить количество частиц, попавших на мишень, а также оценить однородность пучка в продольном направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Н. Довбня, В.В. Закутин, Н.Г. Решетняк и др. Импульсный модулятор для питания мощной магнетронной пушки со вторично-эмиссионным катодом // *ВАНТ. Серия "Ядерно-физические исследования"*. 2008, №5, с.57-59.
2. Н.И. Айзацкий, В.Н. Борискин, В.А. Гурин и др. Многоканальная система для исследования процессов генерации импульсных вторично-эмиссионных электронных пучков // *ВАНТ. Серия "Ядерно-физические исследования"*. 2004, №1, с.118-119.
3. А.В. Семенов, А.В. Лопин, В.М. Пузиков // *Поверхность, рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. 2004, №9, с.99-106.
4. В.П. Колобков, Г.Т. Петровский. Спектрально-люминесцентные характеристики редкоземельных элементов во фтороберилатных стёклах // *ОМП*. 1971, №3, с.53-60.

Статья поступила в редакцию 17.10.2009 г.

COMPUTER-AIDED SYSTEM TO IMAGE A PRINT OF ELECTRON BEAM ON PC SCREEN BY OPTICAL TECHNIQUE

V.N. Boriskin, V.V. Zakutin, N.G. Reschetnyak, S.K. Romanovsky, V.P. Romasko, I.A. Chertischev, A.V. Semenov

Soft hardware complex to study parameters of magnetron gun in various modes was presented. Digital camera Canon G9 was applied to display an image of electron beam print. Camera control, record and images displaying are carried out using Remote Shooting program.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВІДОБРАЖЕННЯ ВІДБИТКУ ЕЛЕКТРОННОГО ПУЧКУ ОПТИЧНИМ МЕТОДОМ НА ЕКРАНІ ПК

В.Н. Борискін, В.В. Закутін, Н.Г. Решетняк, С.К. Романовський, В.П. Ромасько, І.А. Чертіщев, А.В. Семенов

Розглянуто програмно-апаратний комплекс для вивчення роботи магнетронної гармати в різних режимах. Для візуалізації відображення відбитка електронного пучка використано цифровий фотоапарат Canon G9. Управління фотоапаратом, запис та виведення зображень на екран монітора комп'ютера здійснюється за допомогою програмами Remote Shooting.