

10;11

Рентгеновский метод исследования эмиссионной поверхности взрывного катода

© М.А. Поляков, Г.Н. Фурсей, Л.А. Широчин, А.А. Контонистов

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. М.А. Бонч-Бруевича (СПбГУТ)
E-mail: lshir@LS4126.spb.edu

Поступило в Редакцию 17 декабря 2007 г.

Представлены результаты импульсной радиографии отпечатков электронного пучка на аноде диода со взрывоэмиссионным катодом. Показано, что данная методика может дать объективную информацию о характере эмиссионного пятна на поверхности взрывного эмиттера и позволяет провести предварительные оценки возможности его использования для формирования электронных пучков в конкретной диодной конфигурации.

PACS: 52.80.-s, 52.80.Qj

Исследования распределения токов автоэлектронной и взрывной электронной эмиссий по поверхности катода всегда являлись важнейшей задачей физической электроники, так как позволяли сделать обоснованные выводы не только о механизмах процессов, но и о возможностях использования таких источников в конкретных диодных системах. При исследованиях взрывной электронной эмиссии (ВЭЭ) использовались высокоскоростные электронно-оптические преобразователи (ЭОП) и фотоэлектронные умножители (ФЭУ), контролирующие развитие свечения на катоде и во всем диодном зазоре [1]. В режиме автоэлектронной эмиссии (АЭЭ) таким классическим прибором

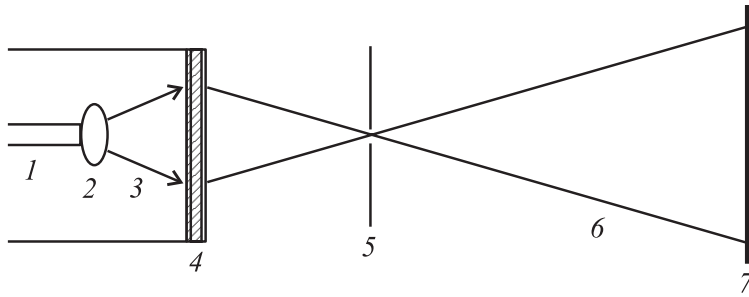


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 — катод; 2 — облако катодной плазмы; 3 — электронный пучок; 4 — бериллиевый анод с пленкой тяжелого металла; 5 — диафрагма лохкамеры; 6 — рентгеновское излучение, прошедшее через диафрагму лохкамеры; 7 — приемник рентгеновского излучения.

является проектор Мюллера [2]. Однако использование проектора в режимах ВЭЭ, даже в наносекундном диапазоне импульсов, затруднено, так как большие значения плотностей энергии, выделяющейся на любом люминоформном слое, регистрирующем свечение пучка, приведут к его разрушению.

Для оценки возможностей использования взрывоэмиссионных катодов в наносекундных режимах длительности импульсов мы применили схему, представленную на рис. 1. Исследуемый катод 1 помещается в вакуумную трубку, на анод 4 которой, выполненный из прозрачного для рентгеновского излучения металла, с вакуумной стороны наносится слой тяжелого металла, в котором и возникает излучение. Толщина слоя выбирается исходя из параметров анодного напряжения. С внешней стороны трубки организуется лохкамера — металлический корпус, в одной из стенок которого установлена диафрагма с малым отверстием 5. Материал, толщина корпуса и диафрагмы выбираются из условия полного поглощения неиспользованного рентгеновского излучения (см., например, [3]). У противоположной стенки корпуса устанавливается приемник излучения 7, прошедшего через отверстие в диафрагме.

На рис. 2, а представлен рентгеновский снимок катода диаметром $D = 0.7 \text{ mm}$ из углеродистого материала — полиакрилонитрильного

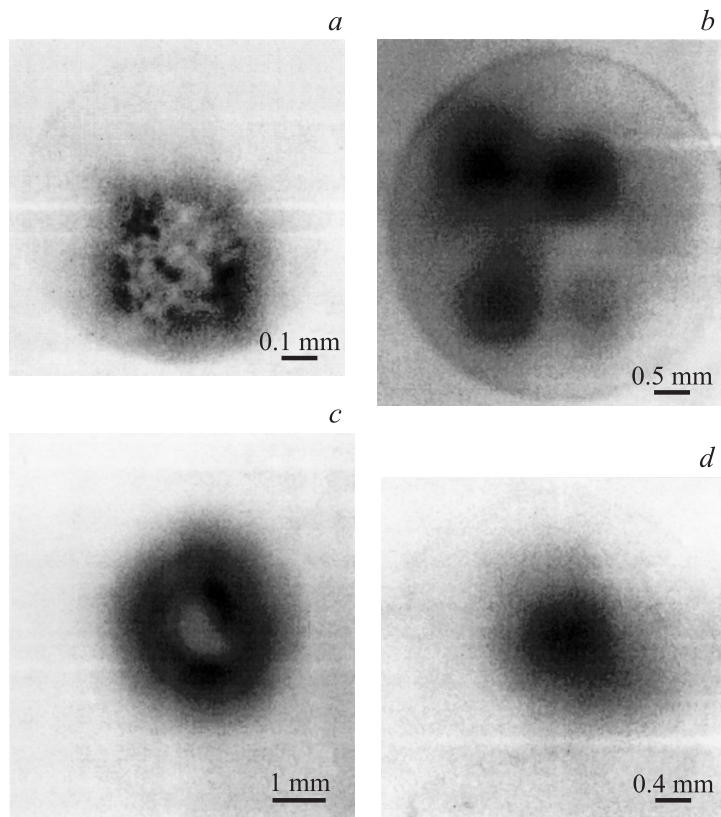


Рис. 2. Радиографические изображения взрывоэмиссионных катодов.

(ПАН) углеродного волокна [4]. На диод подавались импульсы напряжением $U = 40 \text{ kV}$, длительностью $t = 70 \text{ ns}$, при диодном зазоре $d = 2 \text{ mm}$. Видно, что эмиссия происходит из дискретных эмиссионных центров. Оценки, проведенные по формуле для размеров рентгеновских пятен, наблюдаемых с помощью лохкамеры [3], показывают, что размеры регистрируемых отдельных центров эмиссии составляют величину $r \sim 10 \mu\text{m}$, хотя при известной величине скорости разлета катодной плазмы $v \approx 2 \cdot 10^6 \text{ cm/s}$ [1] она покрывает практически всю поверхность

эмиттера. Очевидно, что в этих режимах величина катодного скачка потенциала в плазме ВЭЭ достаточно велика, чтобы генерируемый пучок проходил через катодную плазму практически без рассеяния, передавая информацию о размерах зоны, в которой инициируется и поддерживается эмиссионный процесс.

На рис. 2, *b* представлены снимки, полученные на композиционном углеродном материале в форме таблетки $D = 0.8$ см, полученной прессованием порошка — продукта холодной деструкции графита [5]. Параметры импульсов напряжения: $U = 45$ кВ, $t = 20$ нс, диодный зазор $d = 1.5$ мм. Видно, что эмитируют отдельные области размером $r \sim (1-1.5)$ мм.

Качественно другая картина может быть получена в том же режиме при создании на эмиттере области резкого усиления внешнего поля. В центре указанной таблетки было высверлено отверстие диаметром 2 мм, что привело к появлению на краях отверстия области усиления поля. На рис. 2, *c* представлен снимок, полученный для этого катода при тех же параметрах напряжения и геометрии диода, — практически однородное кольцо. Таким образом, был получен цилиндрический электронный пучок с высокой воспроизводимостью изображения от импульса к импульсу.

И наконец, приведем картину, из которой следует, что на том же катоде, варьируя диодный зазор ($d = 3$ см, $U = 30$ кВ), можно сформировать практически однородное круглое пятно в центре анода (рис. 2, *d*). Аналогичный результат можно получить, подбирая напряжение на диоде.

Таким образом, представленные результаты позволяют говорить об относительно простой методике предварительной проверки возможности применения различных по конфигурации и материалам взрывоэмиссионных катодов. Очевидно, что детальные измерения токов катода, в сочетании с методикой фотометрирования получаемых рентгеновских снимков, позволят сделать обоснованные выводы о распределении инициирующих эмиссионных центров на катодах при ВЭЭ, распределении плотности тока в них, оценить возможности их использования в конкретных диодных системах для получения электронных пучков различных параметров в желаемой конфигурации.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 06-08-00339 и 07-02-00372.

Список литературы

- [1] *Месяц Г.А., Проскуровский Д.И.* Импульсный электрический разряд в вакууме. Новосибирск: Наука, 1984. 256 с.
- [2] *Елинсон М.И., Васильев Г.Ф.* Автоэлектронная эмиссия. М.: Физматгиз, 1958. 272 с.
- [3] *Иванов С.А., Шукин Г.А.* Рентгеновские трубки технического назначения. Л.: Энергоатомиздат, 1989. 201 с.
- [4] *Фитцер Э.* Углеродные волокна и углекомпозиаты. М.: Мир, 1988. 336 с.
- [5] *Petrick V.I.* Patent N 2128624, Russia.