

УДК 537.5; 539.8

DOI: 10.17223/00213411/62/7/31

Е.В. НЕФЁДЦЕВ, С.А. ОНИЩЕНКО, А.В. БАТРАКОВ

МЕСТА ИНИЦИИРОВАНИЯ ВЗРЫВОЭМИССИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПОВЕРХНОСТИ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ И КРУПНОЗЕРНИСТОЙ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ МЕДИ *

Приведены результаты исследования мест инициирования вакуумного пробоя на электролитически полированной поверхности монокристаллической и крупнозернистой поликристаллической меди. Выявлено совпадение мест катодной эрозии с местами дислокационных выходов.

Ключевые слова: взрывоэмиссионный центр, вакуумный пробой, дислокационная структура.

Введение

Известно, что электрическая прочность практически значимых миллиметровых и сантиметровых плоских вакуумных промежутков (ВП) на два порядка ниже величины $E_0 \sim 20\text{--}30$ МВ/см, соответствующей началу интенсивной автоэлектронной эмиссии с идеальной поверхности катода. Возникновению самостоятельного разряда в вакуумном промежутке предшествует появление сгустков плазмы на катоде – катодных факелов, функционирование и расширение которых поддерживается совокупностью микровзрывов [1–3]. После формулировки понятия взрывной электронной эмиссии [4] количество дискуссий вокруг вопроса о механизме вакуумного пробоя и стадиях его развития резко сократилось [5]. Согласно статистическим данным [6], резкий всплеск количества статей в научных журналах по вакуумной изоляции и разрядам в вакууме в 1960-х годах сменился спадом и в 1990-х годах достиг минимума, сократившись приблизительно в 2.5 раза. С одной стороны, понятие взрывной электронной эмиссии гармонично сочеталось с хорошо обоснованной моделью инициирования микровзрывов локальным тепловым перегревом микроострий, концентрирующим на себе электрическое поле. С другой стороны, снижение научного интереса к теме инициирования вакуумного пробоя можно объяснить компенсирующим ростом интереса к практическому использованию взрывной эмиссии, в результате чего было создано множество уникальных технологических устройств, среди них: малогабаритные рентгеновские и электронные импульсные трубки, генераторы сверхмощных СВЧ- и рентгеновских импульсов, сильноточные вакуумные и плазмонаполненные электронные пушки. Стабильная работа перечисленных импульсных устройств обусловлена циклическим воспроизводством автоэмиссионных центров на поверхности катода в виде острых гребней и игл по периметрам микрократеров, наработанных за предшествующие импульсы.

Начало XXI века характеризуется новым, экстремально высоким ростом научного интереса к теме инициирования вакуумного пробоя: в 2000–2010-х годах происходило соответственно утроение и удвоение числа публикаций в научных журналах по отношению к каждой предыдущей декаде [6]. Проблема предельных возможностей вакуумных промежутков в удержании высоких электрических полей встала с новой силой, поскольку ограниченность электрической прочности вакуума не всегда можно компенсировать увеличением габаритов устройств (пусть даже за счет сильного удорожания). В частности, эта проблема является основной при проектировании современных линейных ускорителей частиц [7] и высокомоощных источников микроволнового излучения [8].

Явление взрывной эмиссии, в принципе, не противоречит многим давно известным механизмам инициирования перегретой микрозоны на поверхности катода, обусловленным наличием на электродах каких-либо геометрических или химических неоднородностей: случайных микроострий, незакрепленных частиц, открытых пор, диэлектрических пленок, включений вторых фаз и др.

* Экспериментальная часть работы выполнена при поддержке РФФИ, проект № 18-08-00230-а. При выполнении работы использовалось научное оборудование Томского регионального центра коллективного пользования научным оборудованием.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>