

ПОЛЕВАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ ЭМИССИЯ ТОЧЕЧНОГО УГЛЕРОДНОГО КАТОДА

© 2016 г. С.М. ЛУПЕХИН

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им.проф. М.А. Бонч-Бруевича
e-mail: sml50@mail.ru

Актуальность создания полевых электронных эмиттеров, используемых в качестве эффективных катодов для вакуумной электроники, общеизвестна [1,2]. Особый интерес вызывают эмиссионные свойства катодов из углеродных нитей в силу достаточно высокой эмиссионной стабильности этих катодов в условиях технического вакуума [3] и возможности создания источника электронов с предельно малой (диаметром $\sim 10^{-6}$ м) эмиссионной поверхностью для электронной микроскопии и микрофокусных рентгеновских источников.

В настоящей работе приведены результаты исследований полевой электронной эмиссии (ПЭЭ) углеродного катода из одиночной полиакрилонитрильной нити. Построены вольт - амперные характеристики катода. Экспериментально установлено, что данный тип электронного эмиттера диаметром 7 мкм устойчиво работает в диапазоне рабочих напряжений $U_{ac} = 0.8 - 3.5$ кВ. В случае максимального напряжения (3.5 кВ) плотность тока с катода достигала значения $j \sim 10^2$ А/см². Исследование проводилось в условиях технического вакуума.

Вольт – амперные характеристики углеродного точечного эмиттера (катода) исследовались в вакуумном диоде при давлении остаточных газов $P = 10^{-5} - 10^{-7}$ Торр и расстоянии между катодом и анодом $D_{ac} = 1.0$ мм. Анод изготовлен в виде медного диска диаметром $D_A = 30$ мм.

Катод изготовлен из одиночной ПАН углеродной нити диаметром $D_c = 7$ мкм. Длина нити $L_c = 5$ мм. При данном соотношении диаметра нити к его высоте возможна раскочка нити в сильном электрическом поле [4]. Поэтому углеродная нить помещалась в жесткий диэлектрический канал, из которого была выдвинута торцевая эмиссионная поверхность нити, состоящая из фибрилл диаметром $\sim 10^{-9}$ м и высотой $\sim 10^{-7}$ м.

Таким образом, общая геометрия катода позволила сформировать у его эмиссионной поверхности электрическое поле напряженностью $E \sim 10^7$ В/см [5] в заданном диапазоне рабочих напряжений и зазоре анод – катод $D_{ac} = 1.0$ мм. В нашем случае использована диодная система, которая имеет геометрические размеры $\sim 10^{-3} - 10^{-2}$ м, что много больше диаметра эмиссионной поверхности ($\sim 10^{-6}$ м), поэтому эмиссионный источник можно считать точечным.

Эмиссионные свойства катода исследованы в диапазоне постоянных рабочих напряжений $U_{ac} = 0.8 - 3.5$ кВ. Установлено, что для указанной области напряжений эмиссионный ток катода составлял $I = 2 - 100$ мкА при $D_{ac} = 1.0$ мм.

Вольт – амперная характеристика (ВАХ) катода представлена на рис. 1. ВАХ имеет следующие особенности. При минимальных рабочих напряжениях $U_{ac} = 0.8 - 1.6$ кВ эмиссионная характеристика нелинейна. Далее, в интервале $U_{ac} = 1.6 - 3.2$ кВ эмиссионная способность катода линейно возрастает и переходит далее в нелинейный режим при $U_{ac} = 3.2 - 3.5$ кВ. Можно предположить, что существ-

вание линейной зависимости связано с переходов в указанном интервале напряжений в режим некоторого ограничения эмиссионной способности рабочей поверхности.

Флуктуация эмиссионного тока в процессе измерения вольт – амперных характеристик не превышала 5%.

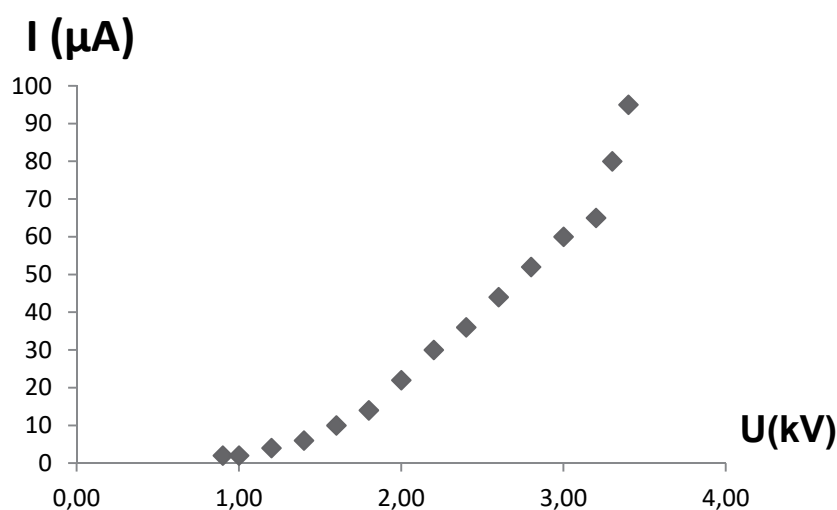


Рис. 1. Вольт-амперная характеристика точечного углеродного катода при расстоянии катод – анод $D_{ac} = 1$ мм.

Необходимо отметить, что в процессе исследований эмиссионных характеристик точечного углеродного катода зарегистрирована предельно высокая плотность тока для данного эмиссионного источника, которая при относительно малом рабочем напряжении $U_{ac} = 3.5$ кВ составляет $j = 2.6 \cdot 10^2$ А/см². Установлено также, что данный тип катода имеет рабочий ресурс около ста часов. Катод устойчиво работает в условиях технического вакуума при достаточно большом межэлектродном промежутке катод–анод $D_{ac} = 1.0$ мм. Наряду с миниатюрными размерами, простой и технологичной конструкцией данный эмиссионный источник может быть использован в растровой электронной микроскопии, в рентгеновских микрофокусных источниках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шешин Е.П.* Структура поверхности и автоэмиссионные свойства углеродных материалов. – М.: МФТИ, 2001. – 287 с.
2. *Елецкий А.В.* Холодные полевые эмиттеры на основе углеродных нанотрубок // Успехи физических наук. – 2010, т. 180, вып. 9, с. 897-930.
3. *Белянин А.Ф., Борисов В.В., Тимофеев М.А., Ламский А.Н.* Ненакаливаемые катоды на основе углеродных наноструктурированных слоистых структур // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2013, № 4, с. 31-36.
4. *Лупехин С.М., Ибрагимов А.А.* О некоторых особенностях полевой электронной эмиссии одиночной углеродной нити с наноструктурной эмиссионной поверхностью // Журнал технической физики. – 2012, т. 82, вып. 1, с. 120-124.
5. *Лупехин С.М., Ибрагимов А.А.* Полевая электронная эмиссия катодов из углеродных нитей с наноструктурной эмиссионной поверхностью. // Журнал технической физики. – 2011, т. 81, вып. 6, с. 109-112.