

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПУШКИ ДЛЯ АВТОЭМИССИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ СВЕТА С КАТОДОМ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН

Лешуков М.Ю.*, Шешин Е.П.

Московский физико-технический институт, Россия,

Институтский пер. 9, г. Долгопрудный 141704, Московская область, Россия

* Факс: +7 (095) 409-95-43, E-mail: mike@lafeet.mipt.ru

Введение

Эффективность катодолуминесцентного источника света непосредственно зависит от эффективностей основных его составляющих: электронной пушки и люминесцентного покрытия. Снижение энергопотребления и увеличение эффективности катодолуминесцентных ламп обеспечивается применением в лампе автокатодов из углеродных волокон. Такие автокатоде не требуют накала, они не инерционны, устойчивы к температурным колебаниям, для них характерны высокая плотность эмиссионного тока и высокая крутизна вольтамперной характеристики. Автокатоде из углеродных волокон могут долговременно работать в техническом вакууме порядка 10^{-4} Па.

Целью данной работы является разработка эффективной электронно-оптической системы для катодолуминесцентного источника света с автоэмиссионным катодом на основе полиакрилонитрильных углеродных волокон [1].

Электронно-оптическая система источника света с автокатодом

Электронно-оптическая система катодолуминесцентной лампы состоит из электронной пушки и люминесцентного экрана, на который нанесен люминофор, т.е. представляет собой триодную конструкцию, основой которой является катодно-модуляторный узел (КМУ), состоящий из автоэмиссионного катода и вытягивающего электрода (модулятора).

Автоэмиссионный катод выполнен из пучка полиакрилонитрильных углеродных волокон, заключенного в диэлектрическую оболочку из стекла. Диаметр отдельного углеродного волокна около 7 мкм (в пучке содержится около 300 волокон).

На анод лампы подается положительное высокое напряжение $+U_A$. Потенциал катода заземляется. На модулятор подается положительное управляющее напряжение $+U_M$. Электроны вытягиваются модулятором и ускоряются анодным напряжением. Люминофор светится под действием электронов высоких энергий.

Электронно-оптическая система лампы должна обеспечивать высокий коэффициент

использования эмитируемого катодом автоэлектронного тока. Ранее уже была представлена прототипная конструкция электронной пушки с автокатодом на основе пучка углеродных волокон [2]. Ее недостатком является значительный (10-20%) токоперехват на модуляторе, то есть существенная часть электронного потока с автокатада попадает на управляющий электрод (рис. 1а), тем самым, снижая эффективность электронного прожектора. Рабочие напряжения $+U_M$ на модуляторе для такой конструкции составляли от 1,5 до 2,0 кВ.

С целью повышения эффективности электронного прожектора была проведена модернизация катодно-модуляторного узла лампы. Предложена новая конструкция электронной пушки (рис. 1б), в которой практически отсутствует «токоперехват» (менее 1%), в отличие от

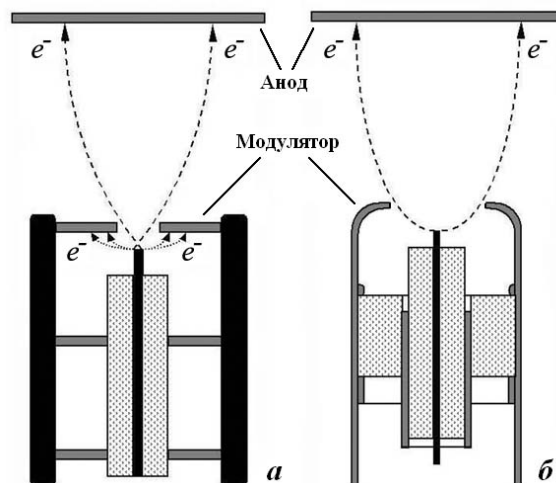


Рис. 1. Катодно-модуляторный узел: а — прототипная конструкция; б — новая оптимизированная конструкция

КМУ прототипной конструкции, где часть электронов непременно задерживается управляющим электродом (рис. 1а).

Снятие серии вольт-амперных характеристик (рис. 2) для новой конструкции электронной пушки показало, что при анодном напряжении $+10$ кВ (рабочий режим катодолуминесцентных ламп) максимальное модуляторное напряжение составляет 1200-1300 В при токе катода 100 мкА.

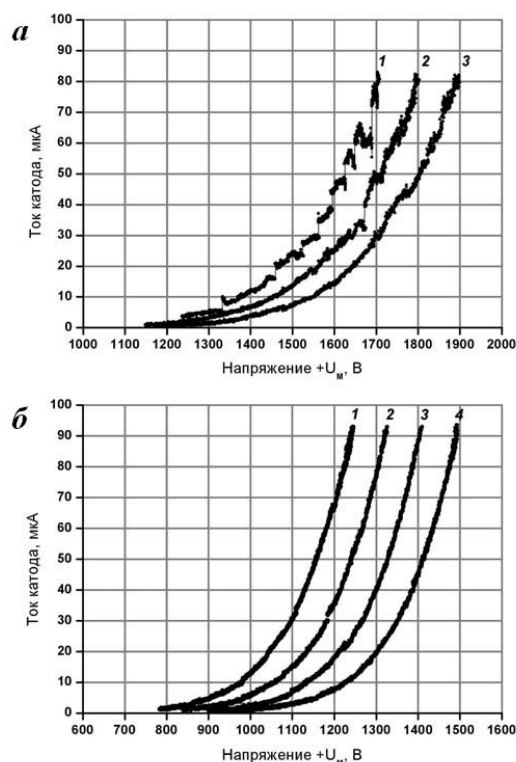


Рис. 2. Зависимость тока катода от напряжения на модуляторе для КМУ прототипной конструкции (а) и оптимизированной конструкции (б) при различных значениях анодного напряжения: 1 — $U_A = +10$ кВ, 2 — $U_A = +9$ кВ, 3 — $U_A = +8$ кВ, 4 — $U_A = +7$ кВ

Формирование эмитирующей поверхности автокатаода из углеродных волокон

Создание развитой эмитирующей поверхности автокатаода обеспечивается не только внутренним строением углеродного волокна, но и соответствующей формовкой автокатаода. Необходимо придать пучку волокон такую геометрическую форму, которая обеспечила бы максимальное количество равномерно распо-

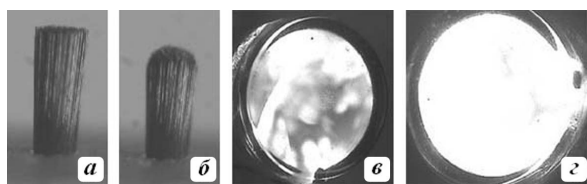


Рис. 3. Неформованный пучок углеродных волокон (а) и его автоэмиссионное изображение (в). Пучок углеродных волокон, подверженный плазмохимическому травлению (б), и его автоэмиссионное изображение (г)

ложенных по его поверхности эмиссионных центров, дающих примерно одинаковый вклад в общий эмиссионный ток.

Плазмохимическим методом травления [3] удалось получить соответствующую структуру пучка углеродных волокон. На рис. 3 представ-

лены структуры пучков углеродных волокон необработанного катода и катода, подверженного плазмохимическому травлению, а также соответствующие им автоэмиссионные изображения на аноде.

При плазмохимическом травлении пучок углеродных волокон приобретает закругленную форму: «выступающие» волокна отсутствуют, а периферийные — укорочены. При этом существенно улучшается однородность свечения люминесцентного экрана лампы.

Полученные данные свидетельствуют о том, что работает значительно большее число волокон, а эмиссионные центры после формовки катода более равномерно распределены по поверхности катода.

Выводы

Разработана эффективная электронно-оптическая система с автоэмиссионным катодом на основе полиакрилонитрильных углеродных волокон. Модернизация конструкции электронной пушки позволила существенно уменьшить управляющие напряжения и устранить большой токоперехват управляющего электрода.

Снижение управляющих напряжений до уровня менее 1500 В указывает на возможность построения схемы управления с использованием существующих высоковольтных транзисторов.

С помощью предварительной плазмохимической обработки пучка углеродных волокон удалось качественно повлиять на равномерность автоэмиссионного изображения.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Международного научно-технического центра (МНТЦ, проект № 2901).

Литература

1. Baturin A.S., Leshukov M.Yu., Chadaev N.N., Sheshin E.P. Characterizations of light sources with carbon fiber cathodes. // *Applied Surface Science* 215 (2003), p. 260-264.
2. Baturin A.S., Eskin I.N., Trufanov A.I et al. Electron gun with field emission cathode of carbon fiber bundle. // *J. Vac. Sci. Technol. B.* 21(1) 2003, p. 354-357.
3. Latham R.V. and Salim M.A. // *J. Phys. E: Sci. Instrum.* 1986. V. 20, p. 181-188.