

# Ячейки с большим аспектным отношением автоэммиттеров: экспериментальное исследование и перспективы использования в ЭОС, в том числе с ленточными пучками

С.П. Морев, А.Н. Дармаев, Д.А. Комаров, К.В. Кузьмич, С.П. Масленников, Э.К. Муравьев, В.М. Саблин

АО Научно-производственное предприятие «Торий»

**Аннотация:** Представлены результаты экспериментального исследования крупноструктурной эмиссионной катодной ячейки с автоэммиттерами из различных материалов, предназначенной для ЭОС электровакуумного прибора. На основе численного моделирования показана возможность транспортировки без потерь электронного потока, сформированного однорядной девятилучевой автоэмиссионной катодной матрицей в протяженном прямоугольном канале  $0.9 \times 8$  мм<sup>2</sup>.

**Ключевые слова:** Автоэмиссионные катоды, электронно-оптическая система, миллиметровый диапазон

## 1. Введение

Крупноструктурные автоэмиссионные эмиттеры с большим аспектным отношением представляют интерес для разработки приборов миллиметрового диапазона, так как позволяют получать необходимые величины тока при наращивании в электронной пушке числа игольчатых эмиттеров [1].

В докладе приведены результаты использования таких эмиттеров для формирования электронных потоков в ЭОС электровакуумных приборов.

## 2. Экспериментальные исследования одиночной ячейки

Были рассмотрены одиночные автоэмиссионные катодные ячейки с эмиттерами из различных материалов. Отношение высоты острия к радиусу кривизны вершины составляло величину  $(h/r)=50-700$ , в зависимости от размеров острий, диаметр отверстия сетки  $D=490$  мкм, толщина сетки 140 мкм (рис.1, табл.1).

Таблица 1. Параметры образцов

	вольфрам	молибден	СУ-2000
Размер	величина	величина	величина
D, мкм	480	480	480
Δ, мкм	140	140	140
h, мкм	690-1500	435-850	420-1450
r, мкм	2.0-20.0	3.5-21.0	2.0-11.0

Экспериментально исследовался макет электронной пушки (рис.2а) в которой размещалась одиночная ячейка (рис. 1) с катодом из разных материалов (рис. 2б).

На управляющую сетку и анод пушки подавался одинаковый потенциал и, вследствие этого, электронный поток распространялся в эквипотенциальном пространстве. Токи на сетку и анод, а также ток катода регистрировались независимо.

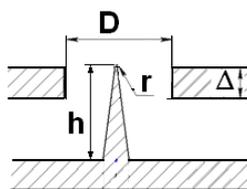


Рисунок 1. Автоэмиссионная ячейка

Схема измерений представлена на рис. 2в. Измерения проводились при давлении  $p = 10^{-7}$  Торр в режиме питания автоэмиссионной ячейки от источника постоянного напряжения.

Увеличение напряжения на сетке и аноде осуществлялось с длительными временными паузами для устранения влияния переходных процессов, определяемых параметрами схемы. Величина тока при возникновении пробоев ограничивалась балластным сопротивлением  $R_6$ .

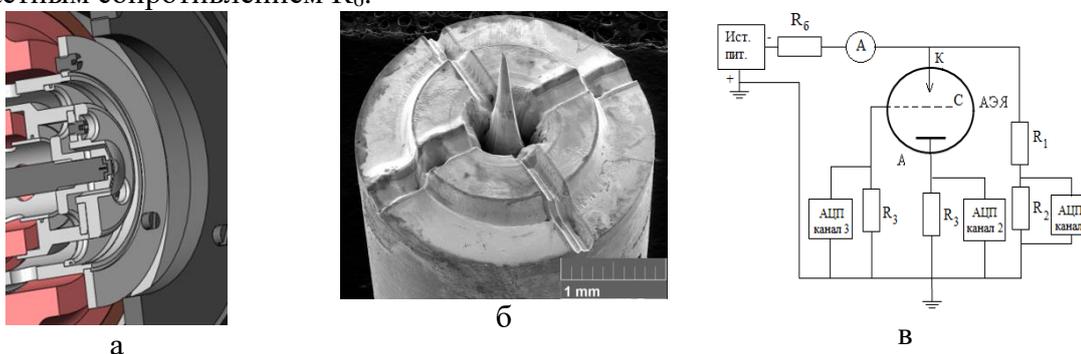


Рисунок 2. Фрагмент экспериментального макета электронной пушки (а), фото эмиттера (б) и схема измерений (в)

Графики изменения напряжения и токов на электродах ячейки во время «активировки» катода и связанных с ней пробоев для одного из циклов измерений работы ячейки представлены на рис. 3.

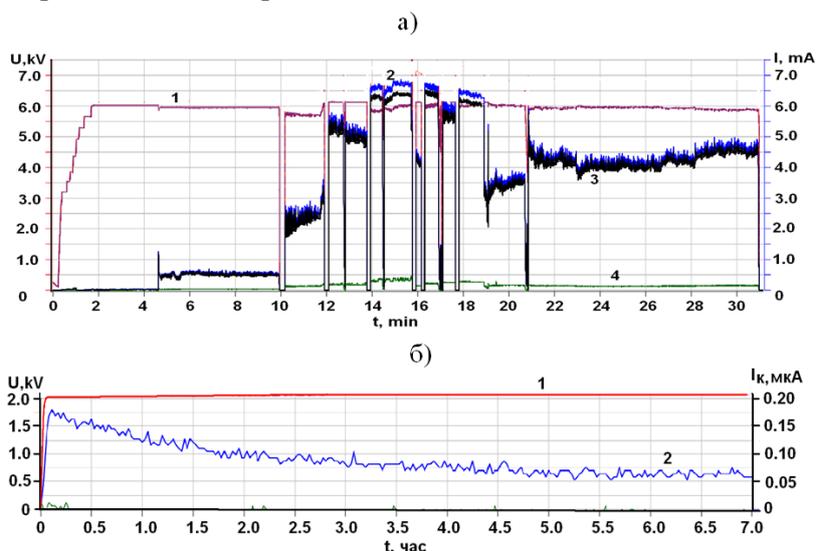


Рисунок 3. Изменение потенциала сетки и анода (1), тока на анод (2), тока катода (3) и тока на сетку (4) от времени для ячейки с вольфрамовым эмиттером (а) и с эмиттером из стеклогуглерода. Для вольфрама  $r=14.0$  мкм,  $h=1290$  мкм, для стеклогуглерода  $r=1.0$  мкм,  $h=1430$  мкм

Максимальные значения достигнутых катодных токов составили 1.5 мА при напряжении 2500 В для стеклоуглерода, 4.5 мА при напряжении 4300 В для молибдена и 5.0 мА при напряжении 6000 В для вольфрама. Токи на сетку составляли от 1 до 3% катодного тока.

Общее время испытаний автоэмиссионной ячейки в непрерывном режиме составило 7 часов. Фотографии острия вольфрамового катода до и после проведения экспериментальных измерений представлены на рис. 4.

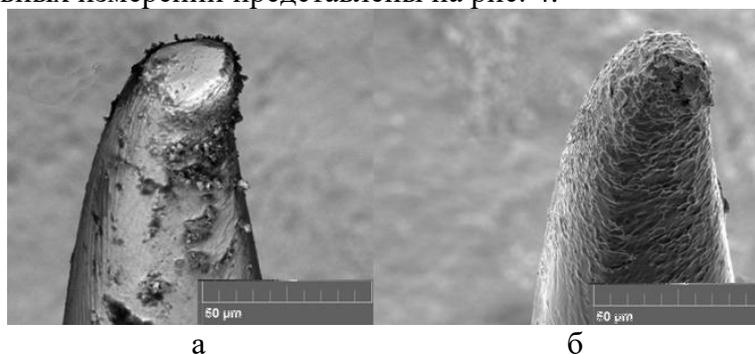


Рисунок 4. Фото вершины катода до испытаний (а) и после испытаний (б)

### 3. Расчет электронно-оптической системы

Рассматривалась электронно-оптическая система, включающая в себя тетродную электронную пушку с девятью расположенными в один ряд вольфрамовыми катодами. Размеры автоэммиттеров и ячеек были выбраны такими же, как для экспериментальных исследований.

Электронная пушка полностью погружена в однородное магнитное поле фокусирующей системы на основе постоянных магнитов.

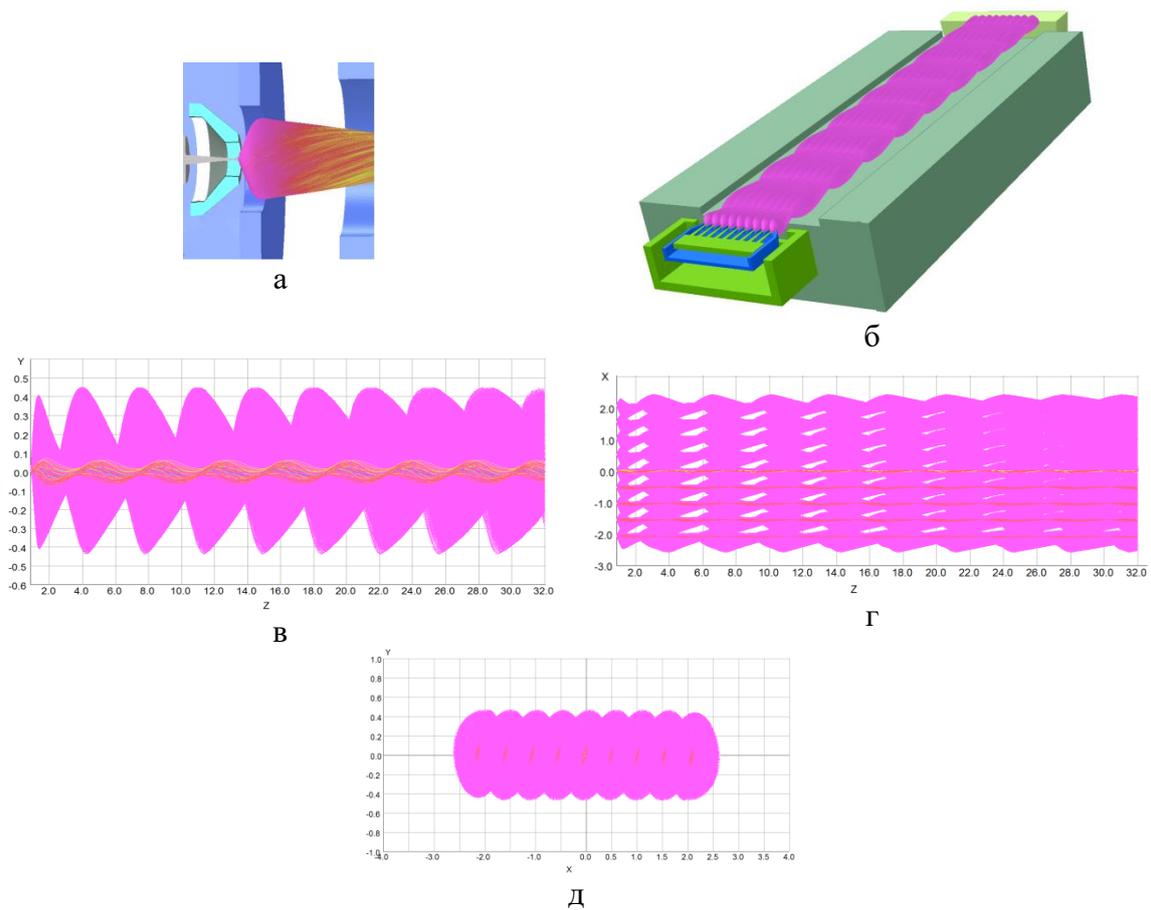
В таблице 2 представлены основные параметры ЭОС.

Таблица 2. Параметры ЭОС

Ток пучка, мА	36
Напряжение на аноде, кВ	20
Напряжение на управляющем электроде, кВ	4,3
Микропервеанс, $\text{мкА/В}^{3/2}$	0,013
Размер канала, мм	0,9x8,0
Амплитуда магнитного поля $B_0$ , Т	0,8
Плотность тока на катоде, $\text{А/см}^2$	2,2
Заполнение	0,7
Число пучков	9

На рис. 5 представлен результат расчета ЭОС с автоэмиссионной катодной матрицей в магнитной фокусирующей системе на постоянных магнитах с однородным магнитным полем. Для наглядности верхняя половина пушки и канала транспортировки сделана прозрачной.

Как показали результаты расчетов, электронный поток проходит через прямоугольный канал транспортировки  $0,9 \times 8,0 \text{ мм}^2$  длиной 30 мм без потерь



**Рисунок 5.** Фрагмент парциальной пушки (а) и канала транспортировки (б), траектории девяти лучевого потока в y-z координатах (в), в x-z координатах (г) и x-y координатах (д) при  $z=4.0\text{мм}$

### Список литературы

1. Darmaev A.N., Komarov D.A., Morev S.P. and ets. Proc. IVEC-2017, 24-26 April, London, United Kingdom, 2017, p. 26