

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Московский физико-технический институт  
(государственный университет)  
Кафедра вакуумной электроники

## Автоэлектронная эмиссия

Лабораторная работа по курсу  
вакуумная электроника

Выполнил: студент 654гр.  
Нехаев А.С.

г. Долгопрудный  
2018 год

# Содержание

1. Цель работы	2
2. Теоретическая часть	3
3. Техника эксперимента	3
4. Практическая часть	4
5. Вывод	6

# 1. Цель работы

- 1) Изучить особенности автоэлектронной эмиссии и её применения.
- 2) Ознакомиться с техникой автоэлектронной микроскопии и областями её применения, а также методикой получения острий для автоэмиссионных микроскопов.
- 3) Исследовать автоэмиссионные свойства катода из углеродных волокон и причины нестабильности автоэмиссионного тока в нем.

## 2. Теоретическая часть

Автоэлектронная эмиссия - это явление испускания электронов в вакуум под воздействием сильного электрического поля порядка  $10^7$  В/см с поверхности твердого поля. Для уменьшения необходимого напряжения катоду придают форму тонкого острия. Суть явления состоит в туннелировании электронов сквозь потенциальный барьер в результате его искривления под воздействием электрического поля.

Для нахождения плотности тока автоэлектронной эмиссии используется формула Фаулера-Нордгейма

$$j = \frac{A' E^2}{\varphi} \cdot e^{-\frac{B' \cdot \varphi^{\frac{3}{2}}}{E}}, \quad (1)$$

где  $A' = \frac{e^3}{8\pi\hbar} e^{0.739 \cdot \frac{8\pi}{3e} \left(\frac{2m\varphi^3}{\hbar E}\right)^{\frac{1}{2}}}$ ,  $B' = 0.965 \cdot \frac{8\pi}{3e} \left(\frac{2m\varphi^3}{\hbar E}\right)^{\frac{1}{2}}$ . Эта формула выведена для  $T = 0$ , но так как при комнатной температуре  $\varphi \gg kT$  применима и в нашем случае. Также, построив ВАХ в координатах Фаулера-Нордгейма возможно вычислить форм-фактор катода по формуле

$$\tan(\alpha) = -0.683 \cdot \frac{\varphi^{\frac{3}{2}}}{\beta}, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – угол наклона получившейся кривой. Основными механизмами нестабильности автоэлектронной эмиссии являются: разрушение поверхности катода ионами остаточных газов, абсорбция и десорбция атомов остаточных газов, разрушение катода пондеромоторными силами, смещение элементов катода за счет электростатического отталкивания.

## 3. Техника эксперимента

В качестве катода выступал пучок углеродных волокон, стравленный предварительно коронным разрядом, в результате электрическое поле для всех волокон пучка было почти одинаковым. Исследуемые автокатоды находились в отпаянной стеклянной лампе. На анод подавалось высокое напряжение, а катод заземлялся.

## 4. Практическая часть

- 1) Сняли зависимость автоэмиссионного тока катода из углеродных трубок от приложенного напряжения

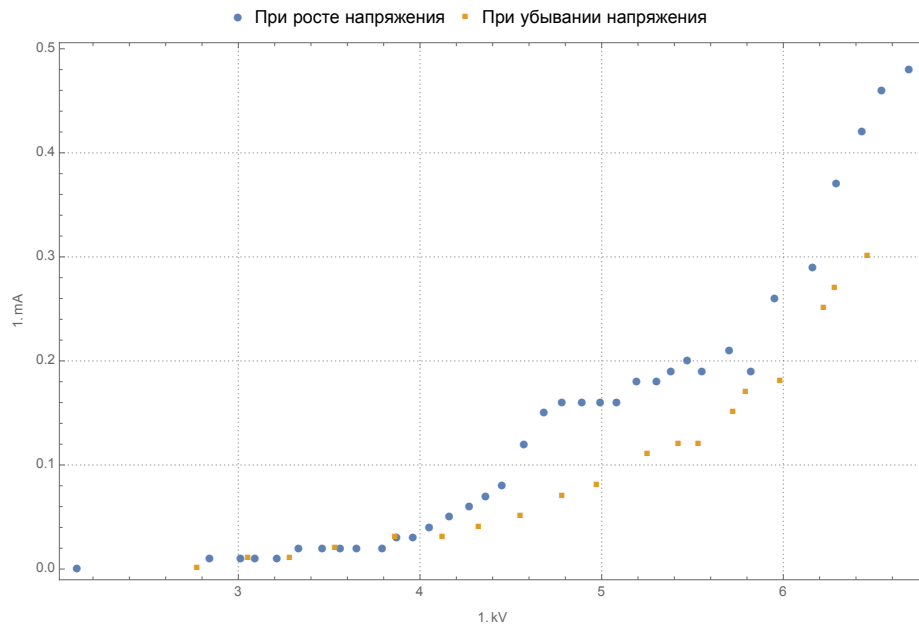


Рис. 1: График зависимости автоэмиссионного тока от напряжения

По графику можно определить, что ВАХ системы отличалась при возрастании и убывании напряжения.

- 2) Построили полученную зависимость в координатах Фаулера-Нордгейма

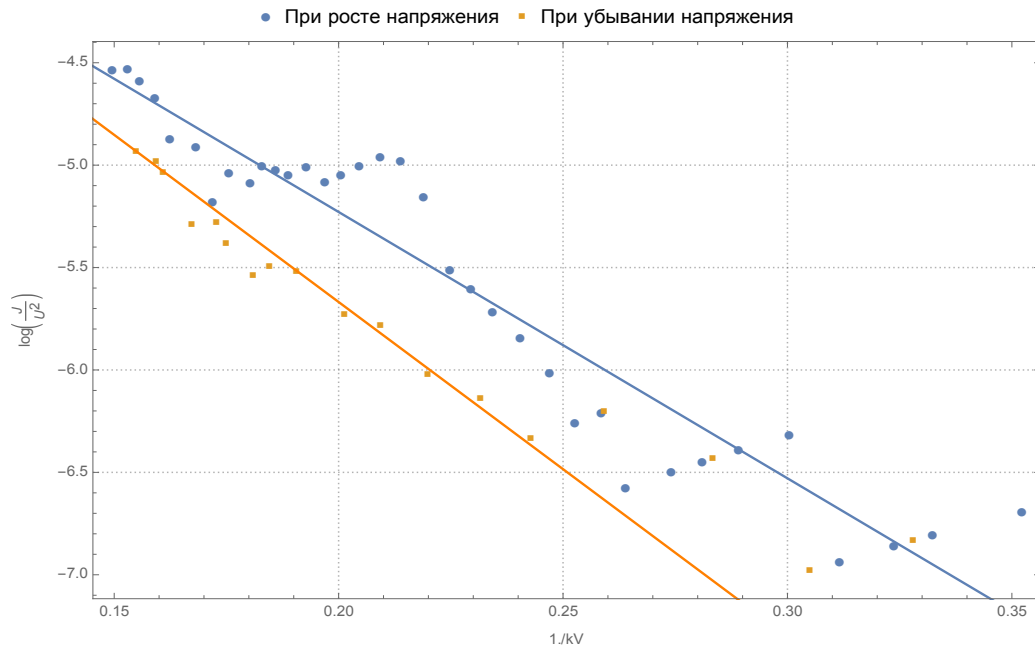


Рис. 2: График зависимости давления от времени

По полученным кривым можно выяснить, что основную роль в нестабильности тока имело изменение размеров эмиссионных центров, так как значение величины  $A +$

$2\ln(B)$ , где  $A$  – смещение кривой ФН, а  $B$  - её коэффициент наклона, осталось почти постоянным в течение снятия ВАХ.

Форм фактор для возрастания и убывания соответственно равен  $\beta = -\frac{0.683\varphi^{\frac{3}{2}}}{\tan(\alpha)}$

## 5. Вывод

- 1) Изучили особенности автоэлектронной эмиссии и её применения.
- 2) Ознакомились с техникой автоэлектронной микроскопии и областями её применения, а также методикой получения острий для автоэмиссионных микроскопов
- 3) Исследовали автоэмиссионные свойства катода из углеродных волокон и определили причину неустойчивости автоэмиссионного тока такого катода.