

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ОТЧЁТ  
О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Термоэлектронный диод:  
изготовление и измерение ВАХ

Работу выполнили:  
студенты Б04-107 группы

Луговцов Г.С. и Козлов А.К.

Долгопрудный 2022

## Реферат

В работе был изготовлен диод, работающий по принципу термоэлектронной эмиссии, катод которого состоял из вольфрамовой проволоки, анод – из куска листового никеля. Металлические детали скреплялись между собой с помощью контактной сварки, после чего диод помещали в вакуум и измерялась его вольт-амперная характеристика. Полученные результаты говорят о том, что эмиссионные характеристики диода можно предсказать теоретической моделью, которая представлена в работе.

## Содержание

Введение . . . . .	4
1 Методика . . . . .	5
1.1 Изготовление термоэлектронного диода . . . . .	5
1.1.1 Материалы и детали . . . . .	5
1.1.2 Сборка диода . . . . .	5
1.2 Измерение характеристик диода . . . . .	6
1.2.1 Прогрев катода . . . . .	6
1.2.2 Измерение серии ВАХ катода . . . . .	6
2 Обсуждение результатов . . . . .	7
Заключение . . . . .	11
Список использованных источников . . . . .	12

## Введение

Как известно из курса общей физики, существует такое явление, как термоэлектронная эмиссия – возможность высвобождения электронов проводником при нагреве. На этом принципе предлагается построить диод: с разогретого катода будут вылетать электроны, которые будут под действием электрического поля между катодом и анодом попадать на анод. Это позволит фиксировать течение тока между катодом и анодом.

Но возникает ряд вопросов при изготовлении такого диода и дальнейшем его использовании в схемотехнике: как измерить его ВАХ, как зависит величина протекающего тока от температуры катода и какое у диода сопротивление? Ответы на эти вопросы найдены в этой работе.

# 1 Методика

## 1.1 Изготовление термоэлектронного диода

### 1.1.1 Материалы и детали

Собранный в работе диод состоит из нескольких основных компонентов:

а) *Катод* изготавливается из вольфрамовой проволоки диаметром  $d_k = 0.15$  мм.

б) *Анод* изготавливается из листового никеля толщиной  $d_a = 0.2$  мм.

в) *Траверсы* изготавливаются из никелевой проволоки диаметром  $d = 1$  мм.

г) *Металлостеклянная ножка*.

Монтаж всех частей производился с помощью электроконтактной сварки.

### 1.1.2 Сборка диода

Анод вырезается из листа никеля, далее с помощью электроконтактной сварки крепится на ножку при помощи траверс, которые изготавливаются из никелевой проволоки.

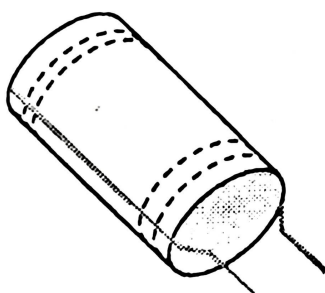


Рисунок 1.1 — Крепление траверс на анод

Катод изготавливается из вольфрамовой проволоки и крепится на соответствующий вывод ножки с одной стороны и на натягивающую траверсу с другой. В результате мы получаем диод, изображённый на рис. 1.2.

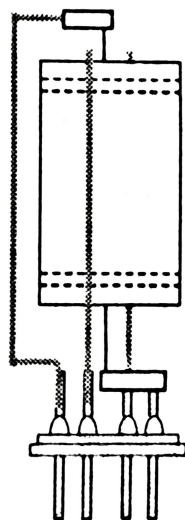


Рисунок 1.2 — Вид диода в сборе

## 1.2 Измерение характеристик диода

Для измерений диод устанавливается в вакуумную камеру лабораторной вакуумной установки, затем происходит откачка вакуумной камеры до высокого вакуума ( $10^{-6} - 10^{-7}$  Торр).

### 1.2.1 Прогрев катода

Сначала необходимо прогреть катод и измерить зависимость напряжения накала катода от тока накала. Целью прогрева является определение значения тока накала, при котором ток анода достигает значения 10 мкА.

### 1.2.2 Измерение серии ВАХ катода

Далее были проведены серии из 10 вольт-амперных характеристик диода при различных токах накала катода. Непосредственно перед началом измерения каждой характеристики необходимо дождаться установления температуры катода.

## 2 Обсуждение результатов

В результате выполнения работы были получены следующие экспериментальные зависимости:

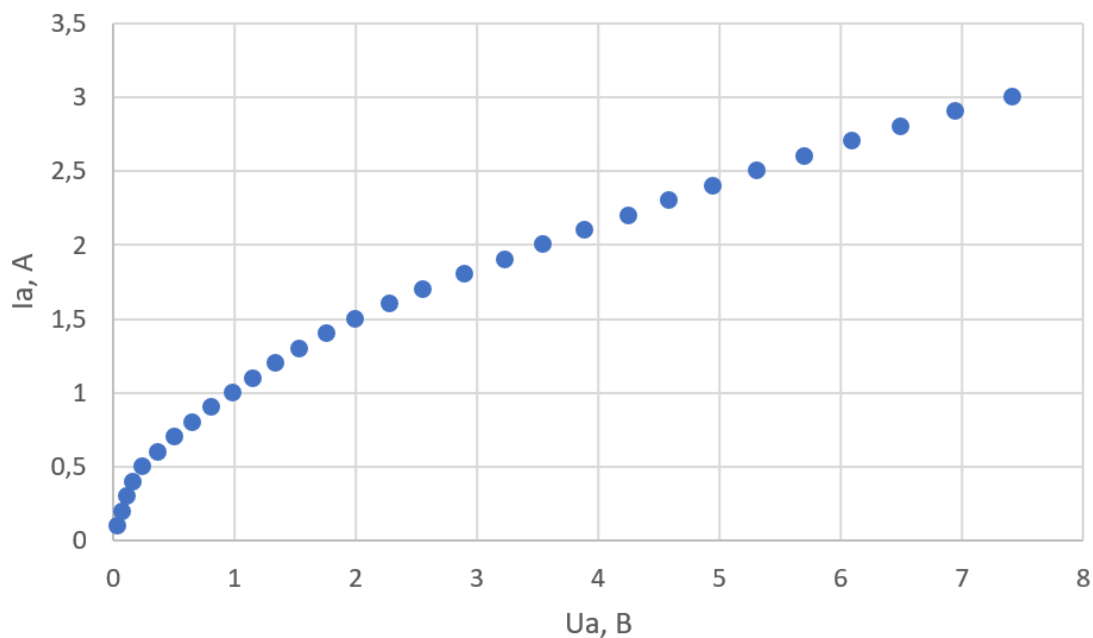


Рисунок 2.1 — График зависимости тока накала от напряжения накала

$I$ , А	$U$ , В	$I_{\text{нас}}$ , мА	$H$ , мкА/Вт
2.4	4.95	0.343	28.9
2.5	5.31	1.06	80
2.6	5.7	3.36	227
2.7	6.1	9.8	595
2.8	6.49	26.8	1470
2.9	6.69	70	3430
3	7.43	129	5780

Таблица 2.1 — Расчёт КПД

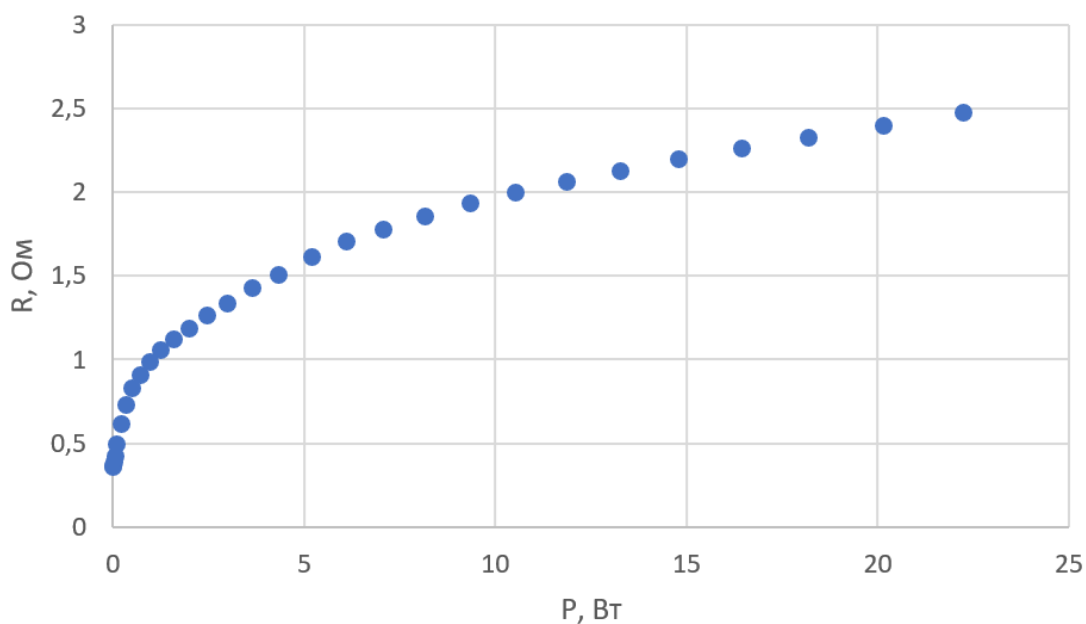


Рисунок 2.2 — График зависимости сопротивления катода от приложенной мощности

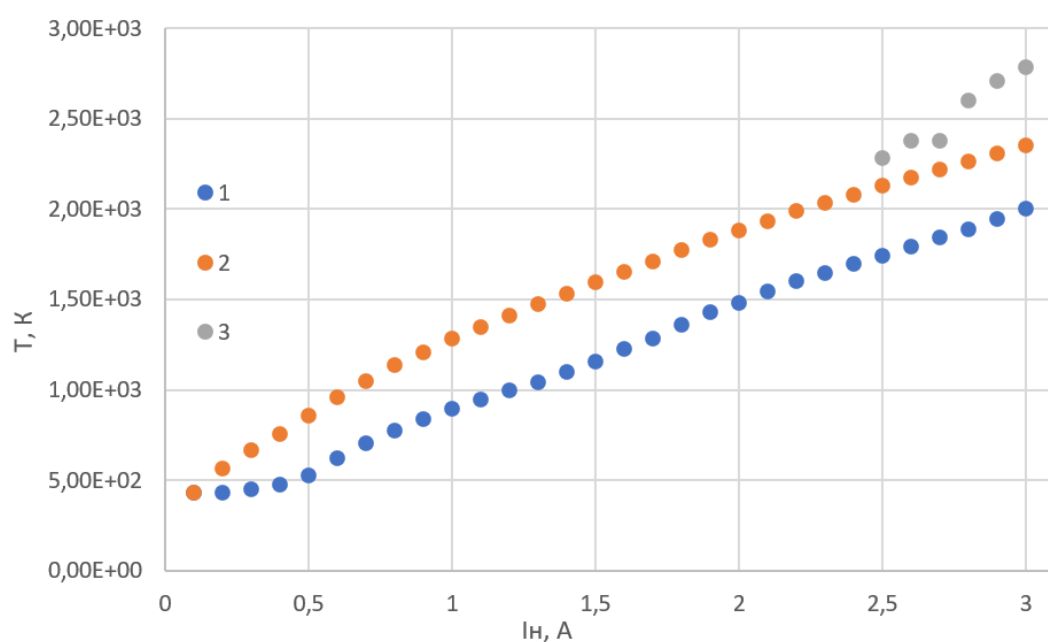


Рисунок 2.3 — График зависимости температуры катода от тока накала: 1 — на основании измерения сопротивления катода; 2 — на основании расчётов с использованием уравнения энергетического баланса; 3 — на основании расчётов с использованием уравнения Ричардсона-Дэшмана.



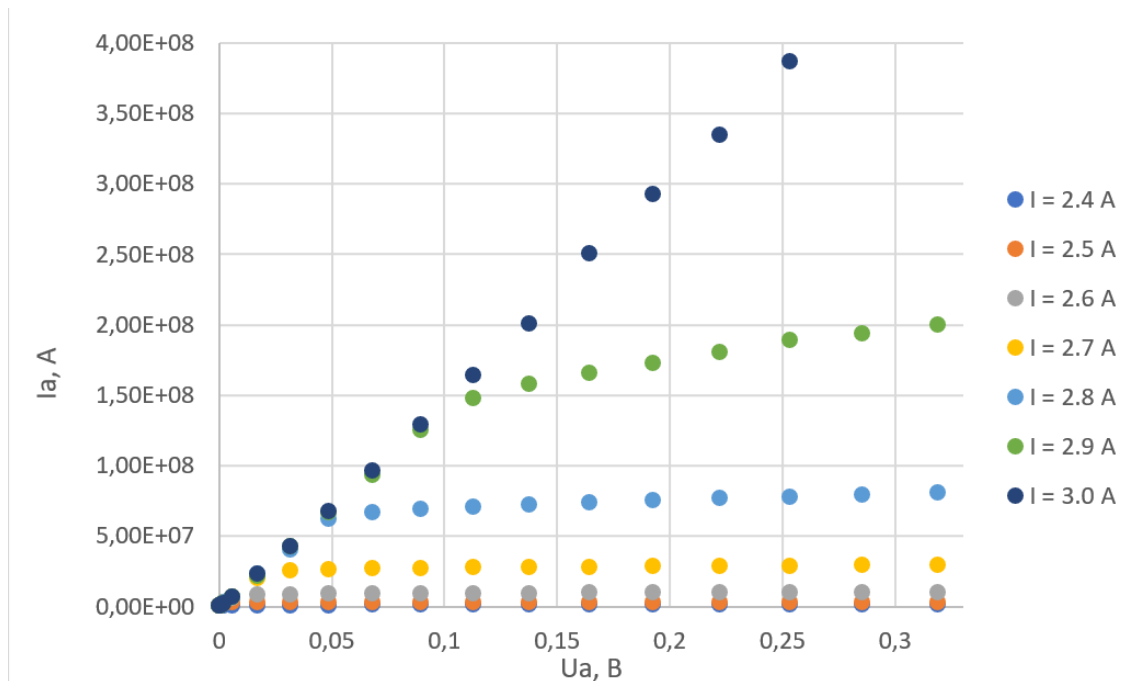


Рисунок 2.4 — График зависимости анодного тока от анодного напряжения при различных значениях тока накала  $I_H$  в координатах  $\lg I_A$  от  $\lg V_A$ .

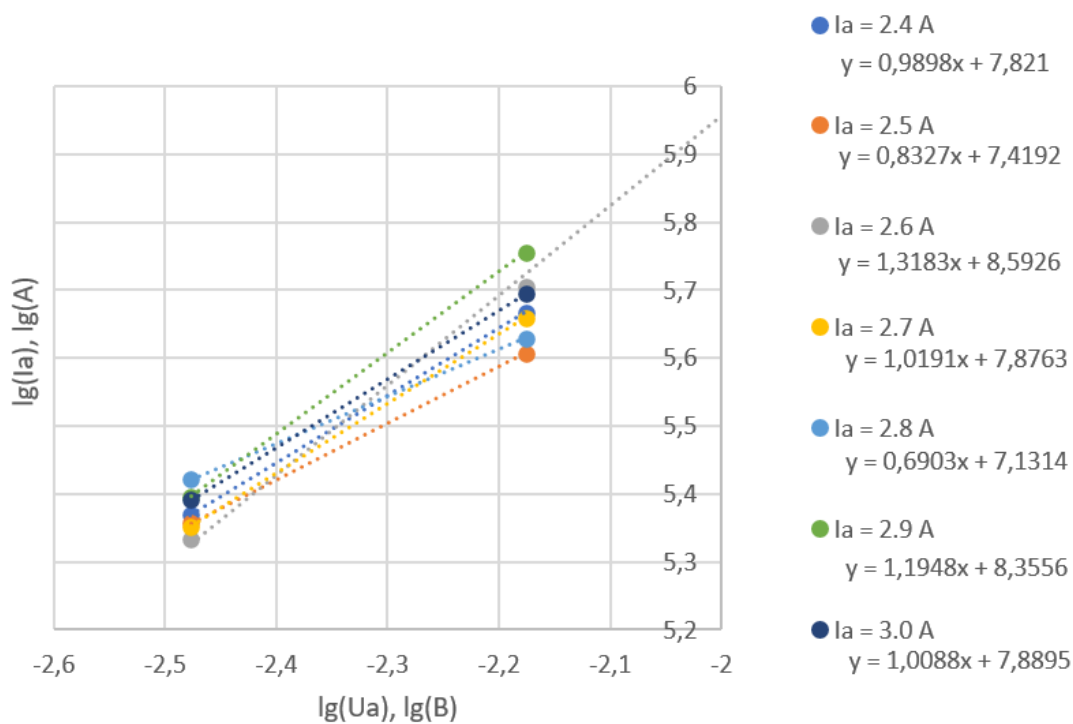


Рисунок 2.5 — Аппроксимация прямой.

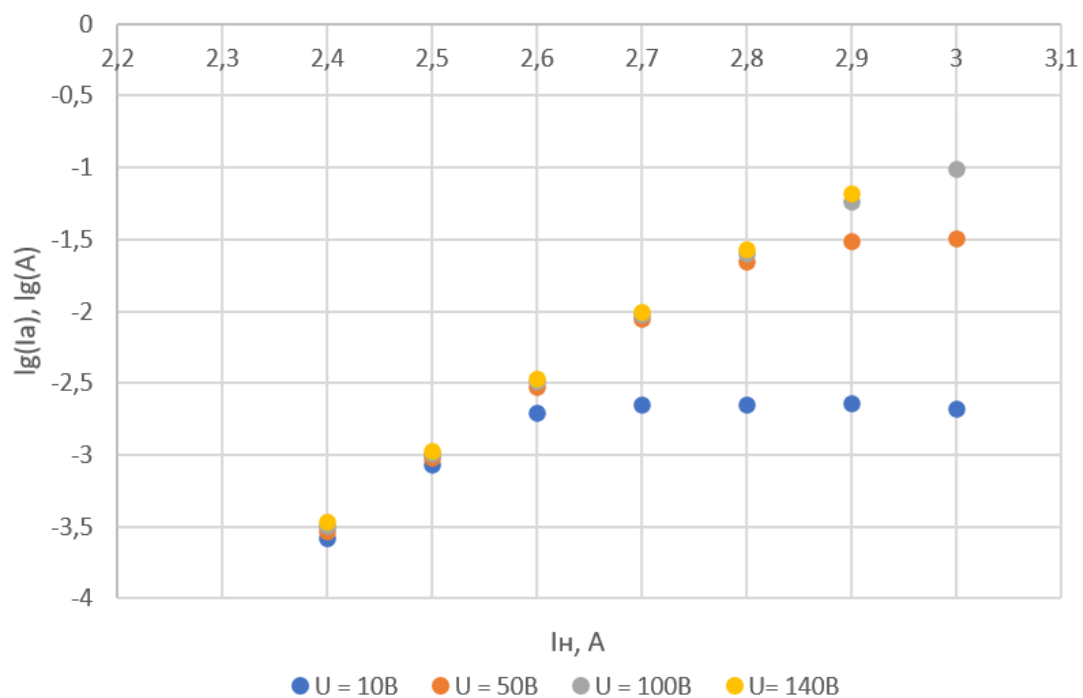


Рисунок 2.6 — График зависимости анодного тока от тока накала при различных значениях напряжения на аноде  $V_A$  в координатах  $\log I_A$  от  $I_H$ .

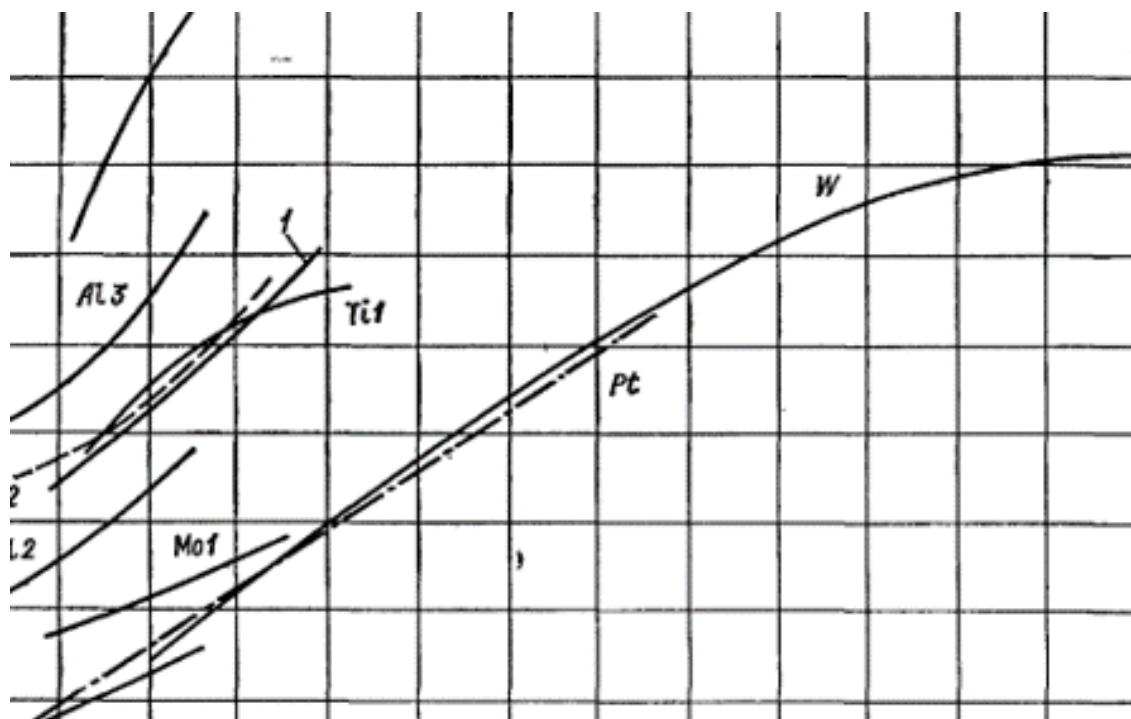


Рисунок 2.7 — Схематичный график зависимости степени черноты от температуры для разных металлов.

## Заключение

Все полученные зависимости хорошо описываются теоретической моделью, описанной в [1], что свидетельствует о качественно собранном диоде и возможностью применения этой модели к дальнейшим исследованиям.

## **Список использованных источников**

1. *Батурин, А.С.* Термоэлектронный диод. Лабораторная работа по курсу Вакуумная электроника / А.С. Батурин, П.А. Стариков, Е.П. Шешин. — М.: МФТИ, 2008. — 43 с.