

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики полупроводников

**Процессы автоэлектронной эмиссии в сканирующей туннельной
микроскопии**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 412 группы

направления 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

факультета nano- и биомедицинских технологий

Паяшева Замира Михайловича

Научный руководитель

Доцент кафедры физики полупроводников СГУ,

к.ф.-м.н, доцент _____ В. Ф. Кабанов
должность, уч. степень, уч. звание, подпись, дата инициалы, фамилия

Зав. кафедрой

Заведующий кафедрой физики полупроводников СГУ,

д.ф.-м.н., профессор _____ А. И. Михайлов
должность, уч. степень, уч. звание, подпись, дата инициалы, фамилия

Саратов, 2017 год

ВВЕДЕНИЕ

Под автоэлектронной эмиссией понимается испускание частиц, допустим электронов, из твердого тела или какой-либо другой среды, на которые оказывает действие внешнее электрическое поле. Наибольший интерес представляет эмиссия электронов в вакуум. Тело, из которого соответственно выходят электроны, называется катодом. Электроны не могут сами покинуть поверхность катода, так как для этого надо совершить работу против внутренних сил, которые, в свою очередь, удерживают их на границе раздела катод–вакуум. Таким образом, для того чтобы высвободить электроны из катода, им необходимо затратить энергию. По способу, которым эта энергия передается катоду, эмиссионные процессы называются термоэмиссией, то есть когда энергия передается электронам при нагревании катода за счет тепловых колебаний решетки или вторичной электронной эмиссией, то есть когда эта энергия передается под воздействие другим частиц (электронами или ионами, бомбардирующими катод).[1]

Актуальностью данной работы является то что в 21 веке очень высоко проявлен интерес к исследованиям автоэлектронной эмиссии, который вызван развитием наноэлектроники и вакуумной микроэлектроники. В настоящее время хорошо изучена автоэмиссия из катодов макроскопических размеров, которые включают в свою структуру множество нано- и микроострий. Для получения катодов, которые являются более перспективными для применения, важным является значительное снижение величин напряженности электрического поля, которое требуется для автоэмиссии, т.е. эффект низкополевой эмиссии.

Целью дипломной работы является исследование процессов автоэлектронной эмиссии в сканирующей туннельной микроскопии.

Для выполнения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Анализ литературных источников;

- Провести теоретические расчеты для зонда из W и построить соответствующие ВАХ для данного материала;
- Провести эксперимент на установке с использованием зонда соответствующего материала (W);
- Построить соответствующие ВАХ из полученных данных.
- Провести соответствующий анализ экспериментальных ВАХ.

Структура бакалаврской работы состоит из введения, трех глав, заключения и библиографического описания (10 источников).

Общая характеристика работы

Во **введении** обосновывается тема, объясняется актуальность данной тематики, формулируется цель работы, состоящая

В **первой главе** «Теоретическая часть» проводится обзор научной литературы по данной тематике. Рассматривается механизм автоэлектронной эмиссии, методика СТМ и теория Фаулера – Нордгейма.

Во **второй главе** «Практическая часть» приведен расчет по формуле Фаулера – Нордгейма

$$j = \frac{e^3}{8\pi h} \frac{\varepsilon^2}{\varphi t^2(\varepsilon, \varphi)} \exp\left(-\frac{8\pi\sqrt{2m}}{3he} \frac{\varphi^{3/2}}{\varepsilon} \theta(\varepsilon, \varphi)\right)$$

где, соответственно: h - Постоянная Планка; e - заряд электрона; m - масса электрона; π - число пи; φ - потенциал работы выхода электронов из металла; $t(\varepsilon, \varphi)$, $\theta(\varepsilon, \varphi)$ – специальные функции которые учитывают влияние на величину тока АЭЭ степени понижения треугольного потенциального барьера за счет сил зеркального изображения.

Для того чтобы рассчитать теоретическое значение формфактора β была выбрана β для острейшего автоэммиттера в форме параболоида вращения, где R -расстояние между анодом и катодом, а r -является радиусом закругления автоэммиттера.

$$\beta = \frac{2}{r \cdot \ln\left(\frac{2R}{r}\right)},$$

В данной работе в дальнейшем в эксперименте мы был использован метод постоянной высоты, и за расстояние между зондом и металлической подложкой мы принимали $R=1$ нм.

Затем были рассчитаны соответствующие значения тока при $U=1 - 5$ В и построены вольт – амперные характеристики.

В **третьей главе** «Экспериментальная часть» приведены краткое описание СЗМ НАНОЭДЬЮКАТОР II и упрощенная схема упрощенная схема СЗМ НАНОЭДЬЮКАТОР II. Затем по полученным данным были

построены вольт – амперные характеристики и экспериментальные графики в координатах Фаулера – Нордгейма. Затем по формуле

$$\lg\left(\frac{I}{V^2}\right) = 10,88 - 0,297 \frac{\varphi^{\frac{3}{2}}}{\beta} \theta(y) \frac{1}{V} + \lg\left(\frac{S\beta^2}{\varphi t^2(y)}\right),$$

исходя из экспериментальных графиков в координатах Фаулера – Нордгейма были рассчитаны экспериментальные значения формфакторов и найдено среднее значение.

Заключение

В данной работе был произведен литературный обзор статей и книг, связанных с автоэлектронной эмиссией и СТМ. Также на СЗМ НАНОЭДЬЮКАТОР II был осуществлен эксперимент, в результате которого были получены данные и построены экспериментальные вольт – амперные характеристики. Затем по формуле (16) были рассчитаны экспериментальные значения формфактора, среднее значение которого равно $\beta_{cp}=0,27*10^6 \text{ м}^{-1}$.

В процессе работы по формуле Фаулера – Нордгейма были произведены расчеты и построены соответствующие теоретические вольт – амперные характеристики. В результате теоретических расчетов в диапазоне r равным 0,2 - 0,6 нм были рассчитаны значения формфактора и найдено среднее его значение равное $\beta_{cp} = 0,26*10^6 \text{ м}^{-1}$, зависимое от R и r .

Относительное отклонение полученного теоретического значения от экспериментального составляет величину порядка 1%.

Список использованных источников

- 1 Фурсей, Г. Н. Автоэлектронная эмиссия / Г. Н. Фурсей. СПб: Изд-во: 2000 г, 7 с.
- 2 Батраков, А. В. Эмиссионная электроника / А. В. Батраков. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008, 143 с.
- 3 <https://lab.bmstu.ru/stm>
- 4 <https://mipt.ru/upload/medialibrary/b97/chapter5.pdf>.
- 5 Миронов, В. Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии / , В. Л. Миронов. Нижний Новгород: Изд-во: РАН ИФМ, 2004 г., 110 с.
- 6 Лифшиц, В. Г. Современные приложения сканирующей туннельной микроскопии для анализа и модификации поверхности /В. Г. Лифшиц. Владивосток: Изд-во: ДГУ, 2001 г. 6 с.
- 7 Маслова, Н. С. Сканирующая туннельная микроскопия атомной структуры, электронных свойств и поверхностных химических реакций / Н. С. Маслова, В. И. Панов. М.: Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, январь 1989 г.т. 157, вып. 1,195 с.
- 8 Ревокатова, И. И. Вакуумная туннельная микроскопия – новый метод изучения поверхности твердых тел / И. И Ревокатова ,Л. И. Силин. январь 1984 г., т. 142. вып 1, 4 с.
- 9 Делоне, Н.Б. Туннельный эффект / Н.Б. Делоне // Соросовский образовательный журнал. 2000. Т.6, № 1. С. 79-84.
- 10 Щука, А.А. Электроника: учеб.пособие/ А.А. Щука; под ред. А.С. Сигова. СПб.: БХВ – Петербург, 2005. 800 с.