

## ВЛИЯНИЕ НАГРЕВА И ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА АВТОЭЛЕКТРОННУЮ ЭМИССИЮ ИЗ АЛМАЗНЫХ МИКРОИГЛ

Андержанов И.Р., Логинов А.Б.

*МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия*E-mail: [ilnur.anderzhanov.06@mail.ru](mailto:ilnur.anderzhanov.06@mail.ru)

Выдающиеся свойства присущие алмазу, такие как высокая механическая прочность, рекордная теплопроводность и химическая инертность, являются привлекательными для создания эффективных автоэмиссионных катодов [1,2]. Начиная с 1990-х годов активно исследуются автокатоды на основе различных алмазных и алмазоподобных тонких пленок [1]. В последнее время также наблюдается высокий интерес к исследованию алмазных автокатодов, имеющих форму острия [2]. Высокая электропроводность, необходимая для обеспечения эмиссионного тока, может достигаться в таких острийных катодах за счет наличия дефектов, которые, как правило, сосредоточены в приповерхностной области. В то же время в своем объеме, такие эмиттеры могут сохранять присущие алмазу механические и термические свойства, которые обеспечивают высокую стабильность и интенсивность автоэлектронной эмиссии.

В данной работе представлены результаты исследования влияния нагрева и лазерного излучения на автоэмиссионные свойства алмазных иглоподобных кристаллитов (микроигл) с нанометровым радиусом окончания. Измерения проводились в диодной конфигурации при приложении постоянного напряжения с использованием анода в виде стальной пластины, либо в виде плоского люминофорного экрана, для исследования пространственного распределения эмитированных электронов. В качестве источника оптического излучения использовался непрерывный лазер с длиной волны 532 нм. В результате исследований показано, что в процессе автоэлектронной эмиссии возникает достаточно высокое падение напряжения внутри таких микроигл, связанное с относительно низкой концентрацией носителей тока, которая может быть существенно увеличена за счет нагрева или освещения поверхности эмиттера. Было установлено, что изменение уровня автоэмиссионного тока при нагреве эмиттера от комнатной температуры до 500°C может составлять более одного порядка величины. Относительное увеличение тока под действием лазерного излучения составило 13% при максимальном использованном значении плотности мощности лазера 400 Вт/см<sup>2</sup>. Установлено, что изменение тока под действием лазерного излучения связано с его поглощением в объеме иглы с участием электронных уровней, находящихся в запрещенной зоне алмаза и связанных с примесями или структурными дефектами.

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект № 19-72-10067).

**Литература**

1. Zhirnov V., Hren J. Electron emission from diamond films // MRS Bulletin. 1198, № 23, p. 42.
2. Terranova M. L., Orlanducci S., Rossi M., Tamburri E. Nanodiamonds for field emission: state of the art // Nanoscale. 2015, № 7, p. 5094.

## ПРОВОДИМОСТЬ КРЕМНИЕВЫХ НАНОНИТЕЙ НА ПОСТОЯННОМ И ПЕРЕМЕННОМ ТОКЕ ПРИ ВНЕДРЕНИИ БАКТЕРИЙ

Гусев Д.В.<sup>1</sup>, Русаков Д.М.<sup>1</sup>, Назаровская Д.А.<sup>2</sup> Студент<sup>1</sup>, Аспирант<sup>2</sup>*МГУ им. М.В. Ломоносова, физический факультет, Москва, Россия*E-mail: [gusev.dv19@physics.msu.ru](mailto:gusev.dv19@physics.msu.ru)

В настоящее время актуальной является проблема диагностики и контроля инфекционных заболеваний. Листерия, вызванная бактерией *Listeria monocytogenes*, становится все более распространенным, и летальный исход от этого заболевания достигает около 20% [1]. Для обнаружения бактерий листерии важно учитывать их уникальное строение, включая белок InlB, который является основным показателем патогенности бактерии [3]. Традиционные методы диагностики не всегда точны, поэтому ключевой задачей является разработка более надежных методов диагностики листериоза. Одним из возможных подходов является применение метода импедансной спектроскопии для регистрации изменения проводимости кремния вследствие нанесения бактерий на его поверхность.

В качестве опытного образца было предложено использовать кремниевые нанонити, полученные методом металл-стимулированного химического травления (МСХТ) пластины с-Si p-типа проводимости [2]. Для исследования проводимости и влияния бактерий на неё, на образцы кремниевых нанонитей термически напылялись алюминиевые контакты. Напыление происходило таким образом, чтобы при распылении частицы алюминия оседали на поверхности нанонитей и не проникали в область между нанонитями, и не происходило замыкание контактов с кремниевой подложкой. Для этого образец располагался под углом 70 градусов к тиглю с алюминием. Для определения влияния бактерий на проводимость кремниевых нанонитей было проведено сравнение проводимостей образца нанонитей с нанесённой дистиллированной водой и с водным раствором бактерий. Использовались растворы бактерий в дистиллированной воде с концентрациями от  $10^5$  до  $10^9$  КОЕ/мл.

Показано, что добавление бактерий листерии в дистиллированной воде приводит к значительному изменению проводимости структуры. Определен сенсорный отклик нанонитей к бактериям листерии на постоянном и переменном токе. Обнаружено, что сенсорный отклик монотонно увеличивается с ростом концентрации бактерий от  $10^5$  до  $10^7$  КОЕ/мл. При этом увеличение нелинейное, сначала происходит резкий рост сенсорного отклика с увеличением концентрации бактерий, но потом зависимость приближается к насыщению. Предложена эквивалентная схема замещения для исследуемой структуры и даны предположения, как элементы эквивалентной схемы описывают процессы в структуре. Обнаружено существенное изменение сопротивления резистора эквивалентной схемы при несущественных изменениях ёмкости конденсатора.

[1] A. Oevermann, A. Zurbriggen, and M. Vandeveld, "Rhombencephalitis caused by listeria monocytogenes in humans and ruminants: A zoonosis on the rise?" *Interdiscip. Perspect. Infect. Dis.*, vol. 2010, 2010, doi: 10.1155/2010/632513.

[2] M. B. Gongalsky, A. A. Koval, S. N. Schevchenko, K. P. Tamarov, and L. A. Osminkina, "Double Etched Porous Silicon Films for Improved Optical Sensing of Bacteria," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 164, no. 12, pp. B581–B584, 2017, doi: 10.1149/2.1821712jes.

[3] S. Jadhav, M. Bhavne, and E. A. Palombo, "Methods used for the detection and subtyping of *Listeria monocytogenes*," *J. Microbiol. Methods*, vol. 88, no. 3, pp. 327–341, 2012, doi: 10.1016/j.mimet.2012.01.002.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ БАРЬЕРОВ ШОТТКИ Pt-N-ОКИСЕЛ-N-GaAs

Гылыджева А. А., Бегенджова Г. М.

*Туркменский ГУ им. Махтумкули, физический факультет, Ашхабад, Туркменистан*

E-mail: [ayjemalgylyjova13@gmail.com](mailto:ayjemalgylyjova13@gmail.com), [begenjovagulshat65@gmail.com](mailto:begenjovagulshat65@gmail.com)

Барьеры Шоттки металл-полупроводник на основе арсенида галлия (GaAs) давно привлекают внимание исследователей, как перспективные структуры для создания фотоприемников коротковолнового излучения [1,2].