

**ОБРАЗОВАНИЕ ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ ПРИ КОНТАКТЕ МЕТАЛЛ-ПОЛУПРОВОДНИК**

Малых Д.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, М. С. Дунаевский (ФТИ им. А.Ф. Иоффе)

**Введение.** Создание приборов для эффективного использования возобновляемых источников энергии, например, механической энергии окружающей среды, является актуальной задачей мировой энергетики. Потенциальным решением этой проблемы являются трибоэлектрические наногенераторы, преобразующие трение в электроэнергию. В качестве подобных материалов рассматриваются комбинации полимеров, металлов, полупроводников [1,2], причем последние позволяют существенно увеличить выходные характеристики наногенераторов: плотность тока – до  $10^5$  А/м<sup>2</sup> [3], мощность генератора до  $10^3$  Вт/м<sup>2</sup> [4].

Экспериментально показано, что эффективность генерации зависит от таких параметров, как плотность поверхностных состояний, степень и тип легирования, наличие и толщина поверхностного оксида. Однако, механизм генерации трибоэлектрических зарядов является дискуссионной темой. Первый подход рассматривает туннелирование электронов через поверхностный оксид с учетом закрепления уровня Ферми на поверхностных состояниях [4,6]. Альтернативную точку зрения предлагает профессор Z. L. Wang. Приводя аналогию образования триботока с генерацией фототока, он связывает полярности генерируемых зарядов между собой, что впоследствии назвали трибовольтаическим эффектом [5]. Целью данной работы является определение преобладающего механизма генерации трибоэлектричества на паре металл-полупроводник, а также зависимости эффективности генерации от параметров материалов зонда и образца, состояния и структуры их поверхностей.

**Основная часть.** Для решения задачи использовались методы сканирующей зондовой микроскопии. В результате сканирования в контактном режиме определялась величина тока короткого замыкания от силы нажатия на поверхность и напряжение холостого хода, путем подбора которого происходило зануление трибоэлектрического тока. Исследование проводилось с использованием кремниевого зонда с алмазным покрытием, а также алюминиевым и медным зондами, полупроводниковыми образцами служили Si, GaAs, InP, InAs с различными уровнями и типами легирования.

**Выводы.** Получено, что полупроводники АЗВ5 имеют на 1–2 порядка большую плотность тока, чем в Si, что связано с большей плотностью поверхностных состояний. Это делает их более подходящими для создания трибоэлектрических наногенераторов. Было определено, что полярность трибоэлектрического тока определяется соотношением работы выхода зонда и положением поверхностного закрепления уровня Ферми.

**Список использованных источников:**

1. Wu, C. Triboelectric Nanogenerator: A Foundation of the Energy for the New Era / C. Wu, A.C. Wang, W. Ding [et al] // *Advanced Energy Materials*. – 2019. – Vol. 9(1). – P. 1-25. doi:10.1002/aenm.201802906
2. Yang, R. Semiconductor-based dynamic heterojunctions as an emerging strategy for high direct-current mechanical energy harvesting / R. Yang, R. Xu, W. Dou [et al] // *Nano Energy*. – 2021. – Vol. 83. – P. 1-29. doi:10.1016/j.nanoen.2021.105849
3. Sharov, V. A. InP/Si heterostructure for high-current hybrid triboelectric/photovoltaic generation / V. A. Sharov, P. A. Alekseev, P. A. Borodin [et al] // *ACS Applied Energy Materials*. – 2019. – Vol. 2(6). – P. 4395 – 4401. doi:10.1021/acsaem.9b00576

4. Lin, S. Surface States Enhanced Dynamic Schottky Diode Generator with Extremely High Power Density Over  $1000 \text{ W m}^{-2}$  / S. Lin, R. Shen, T. Yao [et al] // *Advanced Science*. – 2019. – Vol. 6(24). – P.1 – 6. doi:10.1002/advs.201901925
5. Zheng, M. Scanning Probing of the Tribovoltaic Effect at the Sliding Interface of Two Semiconductors / M. Zheng, S. Lin, L. Xu [et al] // *Advanced Materials*. – 2020. – Vol. 32(21). – P. 1–7. doi:10.1002/adma.202000928
6. Liu, J. Tribo-Tunneling DC Generator with Carbon Aerogel/Silicon Multi-Nanocontacts / J. Liu, M. I. Cheikh, R. Bao [et al] // *Advanced Electronic Materials*. – 2019. – Vol. 5(12). – P. 1 – 7. doi:10.1002/aelm.201900464