

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/м² [3], мощность генератора до 10^3 Вт/м² [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 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