

Алмазный преобразователь энергии бета-распада на основе р-і-п структуры с легированием бором и азотом

Тарелкин С.А.^{1,2,3}, *Квашнин Г.М.*¹, *Буга С.Г.*^{1,4}, *Приходько Д.Д.*^{1,4}, *Голованов А.В.*^{1,2},
Лунарев Н.В.^{1,2}, *Тимошенко В.О.*^{1,4}, *Корнилов Н.В.*¹

sergey.tarelkin@gmail.com

¹ ФГБНУ ТИСНУМ, Троицк, Москва, Россия

² ФГБУ ВНИИОФИ, Москва, Россия

³ НИТУ МИСИС, Москва, Россия

⁴ МФТИ, Долгопрудный, Россия

Большое количество исследований посвящено использованию униполярных алмазных устройств для силовой электроники (диоды Шоттки и транзисторы) [1,2], показано, что диодные структуры хорошо подходят для прямого преобразования энергии бета-распада изотопов (алмазная батарейка) [3]. Благодаря большой ширине запрещенной зоны и хорошей чистоте материала достигается низкий ток утечки и высокая (близкая к 100%) степень сбора зарядов (вторичных электрон-дырочных пар). Однако общий КПД преобразования оказывается небольшим (до 10%) из-за низкой высоты барьера Шоттки на интерфейсе алмаз-металл. Переход к PIN структурам позволил бы увеличить высоту барьера до 4В, что позволяет говорить о КПД преобразования вплоть до 30% [4]. Алмазные PIN структуры в настоящий момент обычно создают с использованием роста алмаза из газовой фазы с добавлением фосфора для создания материала n-типа. Хорошие результаты по легированию фосфором достигаются только с использованием монокристаллических подложек с ориентацией (111). Однако для создания донорной проводимости также возможно использование алмазных слоев или подложек, легированных азотом [5].

В данном исследовании проведено численное моделирование режимов работы р-і-п структур на основе легированного азотом алмаза в качестве преобразователей энергии изотопа Ni-63. Будут представлены зависимости выходных характеристик и эффективности преобразования от температуры работы устройства и геометрии преобразователя (толщин подложки и слоев). На основе моделирования предложена оптимальная геометрия р-і-п структуры с учетом технологических возможностей синтеза алмаза. Будет проведено сравнение результатов моделирования и первых экспериментальных реализаций алмазных р-і-п структур.

Ссылки

1. Blank V.D. et al. Power high-voltage and fast response Schottky barrier diamond diodes // *Diamond and Related Materials*. 2015. Vol. 57. P. 32–36.
2. Pham T.-T. et al. Deep-Depletion Mode Boron-Doped Monocrystalline Diamond Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor // *IEEE Electron Device Lett.* 2017. Vol. 38, № 11. P. 1571–1574.
3. Bormashov V. et al. Development of nuclear microbattery prototype based on Schottky barrier diamond diodes // *Phys. Status Solidi A*. 2015. Vol. 212, № 11. P. 2539.
4. Shimaoka T. et al. Ultrahigh conversion efficiency of betavoltaic cell using diamond pn junction // *Appl. Phys. Lett.* 2020. Vol. 117, № 10. P. 103902.
5. Buga S.G. et al. Hall measurements on nitrogen-doped Ib-type synthetic single crystal diamonds at temperatures 550–1143 K // *Applied Physics Letters*. 2024. Vol. 124, № 10. P. 102107.