Алмазный преобразователь энергии бета-распада на основе p-i-n 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] , *Лупарев 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 p-i-n 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 p-i-n структуры с учетом технологических возможностей синтеза алмаза. Будет проведено сравнение результатов моделирования и первых экспериментальных реализаций алмазных p-i-n 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.