Электронное облучение для подавления остаточной проводимости нелегированного CVD алмаза

Тимошенко В.О. [1] , *Приходько Д.Д.* [1] , *Тарелкин С.А.* [1] , *Лупарев Н.В.* [1] , *Корнилов Н.В.* [1] , *Дроздова Т.Е.* [1] , *Жолудев С.И.* [1]

timoshenko.vo@phystech.edu

[1] ФГБНУ Технологический институт сверхтвердых и новых углеродных материалов, Москва, Россия

Нелегированный CVD алмаз является перспективным материалом для применения в электронике. Важным технологическим применением данного материла является создание детекторов для различных типов излучения. Одним из наиболее трудных в реализации является создание детекторов для регистрации минимально ионизирующих частиц (MIP). MIP слабо взаимодействует с материалом, выделяет небольшое количество энергии и, следовательно, создает небольшое количество свободных носителей заряда Чтобы эффективно обнаруживать эти частицы, детектор должен обладать высокой чувствительностью и низким «темновым» током утечки.

Таким образом, для создания детекторов требуется беспримесный непроводящий алмаз. Однако, в последних исследованиях, проведенных нашей командой, была обнаружена остаточная проводимость в нелегированном CVD алмазе, вызванная фоновой примеси бора в концентрации 10^{13} см$^{-3}$ (~0.05 ppb), что ниже порога обнаружения всех оптических методов.

Из литературы известно, что облучение алмаза электронами высоких энергий (2 МэВ) позволяет уменьшить концентрацию оптически активного бора за счет его электрическом компенсации донорными центрами вакансионной природы [1]. Однако исследования были проведены только для сравнительно высоких концентраций бора и доз облучения электронами (~10^{17} см$^{-2}$), а для контроля результатов использовались спектры поглощения в ИК диапазоне.Целью данной работы было исследование подавления остаточной проводимости нелегированного монокристаллического CVD-алмаза с помощью облучения высокоэнергетичными электронами с малой дозой.Для контроля проводимости были исследованы электрофизические свойства алмаза при помощи установки LakeShore HMS 7700 в диапазоне температур 300–1000 K. На образцы напылялись омические контакты в геометрии Ван-дер-Пау. До облучения удельное сопротивление образцов при комнатной температуре достигало ~ 6 кОм·см, после облучения данная величина увеличилась до ~ 20 ГОм·см. По температурной зависимости удельного сопротивления облученного образца в пределах от 300K до 600K можем сделать вывод, что остаточная проводимость также связана с наличием активных центров бора. Однако при дальнейшем повышении температуры до 1000K провести измерения удельного сопротивления оказалось невозможным, так как сопротивление образца превысило сопротивление подложки. Таким образом, облучение электронами и дальнейший отжиг алмаза при 1000K позволяет полностью подавить остаточную проводимость.

Благодаря β- облучению нелегированного CVD-алмаза, выращенном в ФГБНУ ТИСНУМ, удалось подавить проводимость, вызванную наличием бора в концентрации 10^{13} см$^{-3}$. Так как при последующем отжиге образец не дает утечек, то можем сделать вывод, что данный метод является надежным способом подавления фоновой проводимости в нелегированном CVD алмазе. Дальнейшее развитие нашей работы включает в себя испытания детектора высокоэнергетических частиц с целью обнаружить корреляцию между дозой облучения и свойствами алмазного детектора.

Ссылки

1 Collins A. T. (1977): Inst. Phys. Conf. Ser. No. 31, Chapter 4, p. 346