

НЕЛИНЕЙНЫЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ОТКЛИК И МЕХАНИЗМЫ ПЕРЕНОСА ЗАРЯДА В НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ГРАФИТОПОДОБНЫХ УГЛЕРОДНЫХ ПЛЁНКАХ

Ненашев Г. В.¹, Врублевский И. А.², Алешин А. Н.¹

Научный руководитель – доктор. физ.-мат. наук, зав. лабораторией Алешин А. Н.¹

ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Virison95@gmail.com

Введение

Графитоподобные углеродные пленки обладают уникальными структурными и электрическими свойствами, что делает их перспективными для применения в микроэлектронике, системах накопления энергии и сенсорных устройствах. Однако вопрос нелинейного диэлектрического отклика этих пленок под действием постоянного электрического смещения на низких частотах изучен недостаточно. Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что механизмы переноса заряда в нанокристаллических и аморфных углеродных пленках включают прыжковую проводимость, туннелирование и термоэлектронную эмиссию. Предыдущие работы фокусировались преимущественно на структурных характеристиках и базовой проводимости [1, 2].

Основная часть

Суть предлагаемого решения состоит в получении тонких графитоподобных углеродных пленок методом электронно-лучевого испарения на кварцевые подложки с никелевым слоем с последующим отжигом в вакууме при температуре 700 °С. Данный технологический режим обеспечивает формирование sp^2 -гибридизированных нанокластеров размером около 9,5 нм в аморфной матрице. Исследования вольт-амперных характеристик выявили режим проводимости, ограниченный пространственным зарядом, с участием ловушек локализованных состояний. Методом импедансной спектроскопии выявлены два перекрывающихся релаксационных процесса, которые описываются эквивалентной электрической схемой, состоящей из последовательного резистора и двух параллельных ветвей с резистивными элементами и элементами постоянной фазы. Установлена выраженная нелинейная зависимость реальной и мнимой частей комплексной диэлектрической проницаемости от величины приложенного постоянного смещения. С ростом смещения наблюдается уменьшение реальной части проницаемости и значительное увеличение мнимой части на низких частотах, что связано с активацией дополнительных каналов проводимости через туннелирование между нанокластерами.

Выводы

Результаты исследований открывают возможности практического использования графитоподобных углеродных пленок в качестве материала для конденсаторов, частотно-зависимых накопителей энергии и низкочастотных сенсоров.

Литература

1. Moshnikov V., Muratova E., Vrublevsky I., Maximov A., Bessonov V., Parfenovich S., Tuchkovsky A., Kozodaev D. Charge carrier transport and localized states in graphite-like amorphous carbon films at room temperatures // Materials 2025. Vol. 18, no. 17. P. 3977. <https://doi.org/10.3390/ma18173977>.
2. Brus V., Ilashchuk M., Orletskyi I., Solovan M., Parkhomenko G., Babichuk I., Schopp N., Andrushchak G., Mostovyi A., Maryanchuk P. Coupling between structural properties and charge transport in nano-crystalline and amorphous graphitic carbon films, deposited by electron-beam evaporation // Nanotechnology 2020. Vol. 31, P. 505706. <https://doi.org/10.1088/1361-6528/abb5d4>.

Ненашев Г. В. _____

Алешин А. Н. _____