

Электромагнитная изоляция СВЧ-устройств с использованием массивов УНТ

Рязанов Р.М.¹, Родионов Д.В.^{1,2}, Котляров Е.Ю.^{1,2}, Савицкий А.И.¹, Кицюк Е.П.¹

r.m.ryazanov@gmail.com

¹ НПК «Технологический центр», Москва, Зеленоград, Россия

² НИУ МИЭТ, Москва, Зеленоград, Россия

Рост скорости передачи данных в телекоммуникациях приводит к увеличению рабочих частот оборудования. Технологии миллиметрового диапазона должны соответствовать повышающимся требованиям, поскольку системы 5G могут использовать Е-диапазон (71–76 ГГц и 81–86 ГГц) как дополнение к нижнему диапазону. В этой связи разрабатываются новые компактные схемы и системы миллиметрового диапазона.

В интегрированных СВЧ-схемах остро стоят проблемы электромагнитных помех и роста потерь в волноводных системах [1]. Одним из направлений их решения является применение углеродных нанотрубок (УНТ) для электромагнитного экранирования. УНТ благодаря высокому аспектному соотношению и высоким электро- и теплопроводностям рассматриваются как перспективный материал для создания функциональных композитов. Добавление УНТ позволяет варьировать параметры рассеяния электромагнитного излучения СВЧ-диапазона [1, 2].

Формирование экранирующих структур из массивов УНТ, например разделительных стенок между критическими участками многокристальной сборки, может стать эффективным решением. Нами проведено исследование изоляции СВЧ-сигнала массивами УНТ. Для этого на кварцевых подложках с использованием стандартных микроэлектронных процессов были изготовлены тестовые структуры с микрополосковыми линиями (МПЛ), представляющие собой упрощенный фрагмент СВЧ-тракта. В зазоре между МПЛ формировались стенки из массива вертикальноориентированных УНТ высотой от 5 до 10 мкм, выращенных методом плазмохимического осаждения [3].

Для количественной оценки характеристик электромагнитной изоляции УНТ-стенкой проводились измерения S-параметров тестовых структур до и после формирования стенки-экрана в диапазоне частот 1–50 ГГц с помощью стенда на базе векторного анализатора цепей. Продemonстрировано улучшение СВЧ изоляции на 8–10 дБ по сравнению с тестовой структурой без УНТ в диапазоне 1–10 ГГц. При дальнейшем увеличении частоты данный эффект постепенно снижался до значений 1–2,5 дБ, что может быть связано с недостаточной высотой УНТ-стенки.

Полученные результаты указывают на перспективность использования упорядоченных массивов УНТ в качестве компактного средства радиочастотной изоляции для миниатюрных СВЧ-устройств.

Исследование проведено при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект FNRМ-2024-0001).

Ссылки

1. B. Crank, B. Fricker, A. Hubbard, H. Hitawala, F.I. Muna, O.S. Okunlola, A. Doherty, A. Hutleen, L. Powers, G. Purtell, P. Giri, H. Spitz, M. Schulz, Appl Sci (2025), **15(15)**, 8696.
2. I. Vrdoljak, I. Miličević, O. Romić, R. Bušić, J. Compos. Sci. (2025), **9(12)**, 663.
3. E.P. Kitsyuk, Y.O. Vasilevskaya, O.V. Volovlikova, E.M. Eganova, A.A. Dudin, Carbon (2024), **229**, 119509.