

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ОТКЛИКА ОТ КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ПЛАСТИКОВ ДЛЯ 3D ПЕЧАТИ С ВКЛЮЧЕНИЯМИ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Кулешов Г.Е., Трофимов Е.А., Бадьин А.В.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

Развитие и миниатюризация современной электроники способствует переходу на все более высокие рабочие частоты, что способствует всестороннему развитию СВЧ и КВЧ техники. В следствии этого возникает острая потребность в материалах, эффективно действующих на данных частотах. В качестве радиоматериалов высокочастотного диапазона наиболее хорошо себя зарекомендовали себя ферриты структуры шпинели; в СВЧ диапазоне – гексаферриты, карбонильное железо или углеродные материалы [1, 2]; в КВЧ диапазоне в основном используются лишь различные типы углеродосодержащих материалов [2]. Широкое использование углерода обусловлено его уникальной структурой, благодаря чему существуют целые классы углеродных материалов (одностенные и многостенные углеродные нанотрубки, графены, фуллерены, луковичные структуры, наноалмазы и др.), обладающие самыми разнообразными свойствами [3]. Помимо этого, использование углеродосодержащих филаментов в аддитивной технологии 3D печати позволяет создавать сложные композиционные структуры, эффективно взаимодействующие с электромагнитным излучением КВЧ диапазона. Целью данного исследования является моделирование электромагнитного отклика от композиционных структур на основе пластиков для 3D печати с углеродными нанотрубками и определение возможности использования исследуемых структур в качестве поглотителей электромагнитного излучения КВЧ диапазона.

Моделирование проводилось в плосковолновом приближении в специально написанной программе, а также в специализированном программного пакете для электромагнитного анализа CST Studio Suite. В качестве материала для моделирования выступали композиты на основе АБС-пластика с содержанием МУНТ (средний диаметр нанотрубок 9,4 нм) от 1 до 5 масс.%, которые ранее были экспериментально исследованы. плоского материала Расчет проводился как в свободном пространстве по схеме «на проход», так и на металле. В качестве моделей использовались однослойные и двухслойные материалы, как с плоской поверхностью, так и сложной структуры.

Для покрытия металлизированных поверхностей перспективно использовать композиты на основе АБС пластика и 4 масс.% МУНТ (при толщине $d=0,75$ мм $R<20\%$ на частотах 115–258 ГГц) или 3 масс.% МУНТ-3 (при толщине $d=0,2$ мм $R<10\%$ на частотах 130-200 ГГц). К основному слою на металле выгоднее добавлять пористый согласующий слой, чем ребристый. Добавление слоя (толщиной 1 мм) с воздушными полусферами ($r=1$ мм) на слой композита основе АБС пластика и 4 масс.% МУНТ-2 уменьшает максимальную величину коэффициента отражения с 20% до 4,6% во всем диапазоне частот.

Для использования в качестве поглотителя в свободном пространстве перспективно использовать композит на основе АБС пластика и 1 масс.% МУНТ-2 (при толщине $d=4$ мм $R<10\%$, $T<9\%$ на частотах 115-258 ГГц). В свободном пространстве выгоднее использовать рифление чем сферические поры на поверхности. Нанесение ребристости из АБС пластика или из композита с 1 масс.% МУНТ уменьшает максимальную величину коэффициента отражения с 10% до 0,9% или до 0,35% соответственно во всем диапазоне частот.

Библиографические ссылки

1. Acharya S. et. al. / J. of App. Phys. 2020. Vol. 128. No 104902.
2. Kazakova M.A. et. al. / Composites Science and Technology. 2021. Vol. 13 (8). No 1191.
3. Kuleshov G., Badin A. / IOP Mat. Sci. and Eng. 2019. Vol. 525(1). No 012030.