

УДК 536.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРА ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА ИЗЛУЧЕНИЯ НА БАЗЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК ТЕРМОЭЛЕКТРИКОВ

Сединин А.Д. (Университет ИТМО), Тхоржевский И.Л. (Университет ИТМО),
Тукмакова А.С. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – к.т.н, доцент Новотельнова А.В.
Университет ИТМО

В работе представлена компьютерная модель терагерцового фильтра, выполненного на базе тонких термоэлектрических плёнок полуметаллов. Моделируемое устройство представляет собой частотно-избирательную поверхность, работающую в режиме отражения, с вырезанными периодическими крестообразными элементами. Поверхность выполнена из пленки $Bi_{88}Sb_{12}$ толщиной 150 нм на диэлектрической подложке толщиной 21 мкм. Проведена оптимизация геометрии устройства. Получены амплитудные спектры отражения и показана достижимость резонанса на требуемой частоте. Проведено исследование температурного отклика устройства.

Введение.

В последние годы наблюдается существенный рост числа исследований, посвящённых различным применениям излучения терагерцового диапазона. Помимо очевидного применения в астрономии, терагерцовое излучение широко применяются в неинвазивной медицинской диагностике, неразрушающей дефектоскопии и сетях связи пятого поколения. Существует задача детектирования терагерцового излучения. Традиционно используемые детекторы сложны в изготовлении и сопровождаются трудностью в обслуживании. Например, сверхпроводящие детекторы терагерцового излучения требуют экстремально низких температур для создания эффекта сверхпроводимости. Помимо этого, существует проблема недостатка точности и быстродействия современных детекторов. Использование термоэлектрических материалов (твёрдые растворы на основе висмута и сурьмы) может исправить существующие недостатки. Эти материалы обладают чувствительностью к излучению терагерцового диапазона. Устройства на их основе будут способны работать при комнатном диапазоне температур без дополнительного охлаждения детектора.

Основная часть.

Методом математического моделирования в программной среде Comsol Multiphysics проводилось исследование работы тонкопленочного фильтра. Математическая модель основана на волновом уравнении и уравнении Фурье. Источником теплоты выступают электромагнитные потери, появляющиеся в плёнке при поглощении ТГц излучения, описываемые моделью диэлектрических потерь. Фильтр представлял собой частотно-избирательную поверхность, нанесённую на диэлектрическую подложку. Элементарная ячейка фильтра – квадрат из полуметалла $Bi_{88}Sb_{12}$ с вырезанным на поверхности греческим крестом. Сечение квадрата порядка 1-1.5 мм², толщина пленки 150 нм, толщина подложки 21 мкм. Материалы подложки: слюда и полиимид. Моделированное излучение представляло собой периодический гармонический сигнал мощностью 30 мВт. Для подтверждения резонансного характера полосы пропускания были получены амплитудные спектры пропускания. Выбрана оптимальная геометрия устройства. Получена зависимость температуры пленки от времени воздействия ТГц излучением.

Выводы. Подобрана геометрия фильтра, обладающая наилучшей полосой пропускания и добротностью в требуемом диапазоне частот. Показана возможность увеличения температурного отклика в элементе частотно-избирательной поверхности в сравнении со сплошной пленкой такого же сечения.

Сединин А.Д. (автор)
Тхоржевский И.Л. (автор)
Тукмакова А.С. (автор)
Новотельнова А.В. (научный руководитель)