

ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ

УДК 621.3.029.6

DOI: 10.17223/00213411/66/1/36

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ПРИ НАКЛОННОМ ПАДЕНИИ НА ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНУЮ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПЛАСТИНУ*

Б.А. Беляев^{1,2,3}, А.С. Волошин^{1,2,3}, Г.Е. Селютин⁴, И.В. Говорун^{1,3}, Р.Г. Галеев^{1,5}¹ Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева, г. Красноярск, Россия² Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия³ Институт физики им. Л.В. Киренского ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия⁴ Институт химии и химической технологии ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск, Россия⁵ АО «НПП «Радиосвязь», г. Красноярск, Россия

С помощью электродинамического анализа 3D-модели плоскопараллельной идеальной диэлектрической пластины исследовано распространение плоских линейно-поляризованных электромагнитных волн при отклонении их угла падения φ от перпендикуляра к плоскости пластины. Обнаружено, что при параллельной поляризации, когда вектор электрического поля волны располагается в плоскости падения, а вектор магнитного поля параллелен плоскости пластины, добротность наблюдаемого полуволнового резонанса с ростом φ сначала падает до минимума при приближении к углу Брюстера, а затем растет, стремясь к бесконечности при $\varphi \rightarrow 90^\circ$. В случае перпендикулярной поляризации, когда в плоскости падения располагается вектор магнитного поля, а вектор электрического поля параллелен плоскости пластины, добротность полуволнового резонанса с ростом φ постоянно увеличивается, также стремясь к бесконечности при $\varphi \rightarrow 90^\circ$. Однако зависимости наблюдаемого монотонного увеличения резонансных частот с ростом угла падения идентичны для обеих поляризаций. Результаты эксперимента на плоскопараллельной пластине из сверхвысокомолекулярного полиэтилена, имеющего относительную диэлектрическую проницаемость 2.5, проведенного с использованием широкополосных рупорных антенн, хорошо согласуются с электродинамическим расчетом 3D-модели.

Ключевые слова: диэлектрическая пластина, плоская электромагнитная волна, наклонное падение волны, амплитудно-частотная характеристика, полуволновой резонанс, добротность, угол Брюстера.

Введение

В монографии [1] представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований распространения электромагнитных волн, падающих на слоистые конструкции из диэлектрических пластин, на границах раздела которых сформированы периодические структуры из полосковых проводников. Такие конструкции, называемые частотно-селективными поверхностями (ЧСП), в настоящее время активно изучаются [2–5], что обусловлено возможностью создания на их основе полосно-пропускающих фильтров в диапазонах от субмикронных до дециметровых длин волн [6–9]. В ЧСП элементарные ячейки из полосковых проводников, образующих периодические 2D-структуры на поверхности диэлектрика, являются резонаторами, проявляющими свойства параллельных или последовательных колебательных контуров [10, 11]. Именно поэтому, используя многослойные конструкции из таких структур, можно создавать антенны [12, 13] и различные полосно-пропускающие фильтры [14–16]. Важно отметить, что длина волны на центральной частоте полосы пропускания фильтров на ЧСП не только много больше периода решеток, но и много больше толщины диэлектрических слоев. Поэтому основные потери СВЧ-мощности в таких конструкциях определяются добротностью полосковых проводников, которая, как правило, значительно меньше добротности используемых диэлектрических материалов, что и отражается на невысоких электрических характеристиках исследованных фильтров.

К более перспективным фильтрам на слоистых структурах следует отнести конструкции, в которых сами диэлектрические слои являются высокодобротными резонаторами, а 1D- или 2D-структуры из полосковых проводников на их поверхностях служат зеркалами с заданной отража-

* Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, государственное задание FEFE-2020-0013.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>