

УДК 537.8
DOI: 10.7868/S25000640240203

ФОТОННЫЙ КРИСТАЛЛ НА ОСНОВЕ ПЕРИОДИЧЕСКИ НАНЕСЕННОЙ НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПОДЛОЖКУ НАНОРАЗМЕРНОЙ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПЛЕНКИ

© 2024 г. В.М. Мухортов¹, С.И. Масычев¹

Аннотация. Предложена и исследована конструкция микрополоскового фотонного кристалла на однородной диэлектрической подложке, которая отличается тем, что ширина токоведущего проводника микрополосковой линии остается неизменной по всей длине, в то время как сегнетоэлектрическая пленка, на которую нанесен полосковый проводник, периодически вытравлена. Для теоретического анализа исследованного фотонного кристалла использована коммерческая программа Microwave Office с добавлением разработанных дополнительных программ, позволяющих проводить электродинамический анализ многослойных диэлектрических структур. Проведен электродинамический расчет характеристик исследованного фотонного кристалла – частотных зависимостей коэффициентов передачи и отражения его матрицы рассеяния. Для решения задачи был использован электродинамический метод, известный как метод моментов. Расчет проводился при соблюдении так называемого четвертьволнового условия, которое является необходимым для получения оптимальных характеристик фотонного кристалла. Проведен анализ частотных характеристик коэффициентов матрицы рассеяния исследованного фотонного кристалла, показано наличие эквидистантно расположенных фотонных запрещенных зон в его частотном спектре. Проведено моделирование влияния параметров исследованного фотонного кристалла на появление в его частотном спектре фотонных запрещенных зон. Установлено, что основными параметрами, которые оказывают доминирующее влияние на появление фотонных запрещенных зон в частотном спектре анализируемой структуры с периодически вытравленной наноразмерной пленкой, являются толщина сегнетоэлектрической пленки, величина диэлектрической постоянной пленки, а также толщина металлизации проводников микрополосковой линии. Показаны преимущества предложенной конструкции фотонного кристалла над известными микрополосковыми аналогами. Предложенная конструкция для своей реализации требует несравненно меньших технологических усилий и затрат, нежели фотонные кристаллы на композитной подложке с аналогичными характеристиками. Указаны возможные области применения исследованной структуры с периодически вытравленной наноразмерной сегнетоэлектрической пленкой.

Ключевые слова: фотонный кристалл, фотонная запрещенная зона, сегнетоэлектрическая тонкая пленка, микрополосковая линия.

A PHOTONIC CRYSTAL BASED ON A NANOSCALE FERROELECTRIC FILM PERIODICALLY DEPOSITED ON A DIELECTRIC SUBSTRATE

V.M. Mukhortov¹, S.I. Masyshev¹

Abstract. The design of a microstrip photonic crystal on a homogeneous dielectric substrate has been proposed and studied, which is characterized in that the width of the current-carrying conductor of the microstrip line remains unchanged along its entire length, while the ferroelectric film on which the strip conductor is deposited is periodically etched. For the theoretical analysis of the studied photonic crystal, the commercial

¹ Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук (Federal Research Centre the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41, e-mail: mukhortov1944@mail.ru, simasychev@rambler.ru

Microwave Office program was used with the addition of developed supplementary programs that allow electrodynamic analysis of multilayer dielectric structures. An electrodynamic calculation of the characteristics of the studied photonic crystal – the frequency dependences of the transmission and reflection coefficients of its scattering matrix – was carried out. To solve the problem, an electrodynamic method known as the method of moments was used. The calculation was carried out subject to the so-called quarter-wave condition, which is necessary to obtain optimal characteristics of the photonic crystal. An analysis of the frequency characteristics of the coefficients of the scattering matrix of the studied photonic crystal has been carried out, and the presence of equidistant photonic band gaps in its frequency spectrum has been shown. The influence of the parameters of the studied photonic crystal on the appearance of photonic band gaps in its frequency spectrum was simulated. It has been established that the main parameters that have a dominant influence on the appearance of photonic band gaps in the frequency spectrum of the analyzed structure with a periodically etched nano-sized film are the thickness of the ferroelectric film, the dielectric constant of the film, and the thickness of the metallization of the microstrip line conductors. The advantages of the proposed photonic crystal design over the known microstrip analogues are shown. In particular, it was noted that the proposed design for its implementation requires incomparably less technological effort and costs than photonic crystals on a composite substrate with similar characteristics. Possible areas of application of the studied structure with periodically etched nano-sized ferroelectric film are indicated.

Keywords: photonic crystal, photonic band gap, ferroelectric thin film, microstrip line.