

УДК 535.421,537.874.6,537.876.4

ПРОХОЖДЕНИЕ СВЕТА ЧЕРЕЗ ПЛЕНКУ С СУБВОЛНОВЫМИ ЩЕЛЯМИ

В. Е. Бабичева^{1,*}, Ю. Е. Лозовик^{2,1}

Исследован эффект аномально большого прохождения электромагнитной волны через периодический массив субволновых щелей в металлической пленке. Проведено сравнение численного моделирования с теоретическим и полуаналитическим расчетами аномального прохождения через пленку из серебра. Рассмотрено прохождение через пленку из идеально проводящего металла с субволновыми щелями и обнаружено аномальное прохождение через нее.

Ключевые слова: дифракционная решетка, плазмонные колебания, аномальное прохождение, усиление полей.

Аномальное прохождение через периодические массивы субволновых отверстий является объектом интенсивного исследования последнее десятилетие [1, 2]. При определении коэффициента прохождения электромагнитной волны через периодический массив субволновых щелей в металлической пленке (рис. 1) возможно построение теоретической модели, учитывающей поверхностные свойства реальных металлов как на верхней и нижней поверхностях структуры, так и в щели в рамках однодогового приближения [3]. Эта модель допускает сведение коэффициентов прохождения во всех дифракционных порядках к феноменологическому описанию в виде формулы Фабри–Перо. Результаты расчетов с помощью теоретической модели в рамках однодогового приближения приведены на рис. 2.

Также на рис. 2 построен коэффициент прохождения волны через периодический массив субволновых щелей в пленке из серебра, полученный с помощью численного моделирования методом конечных разностей во временной области. Полуаналитическая модель заключается в использовании формулы Фабри–Перо (для коэффициента

¹ Московский физико-технический институт, Институтский пер. 9, Долгопрудный, Россия, 141700.

² Институт спектроскопии РАН, ул. Физическая 5, Троицк, Россия, 142190.

* E-mail: babicheva@td.lpi.ru.

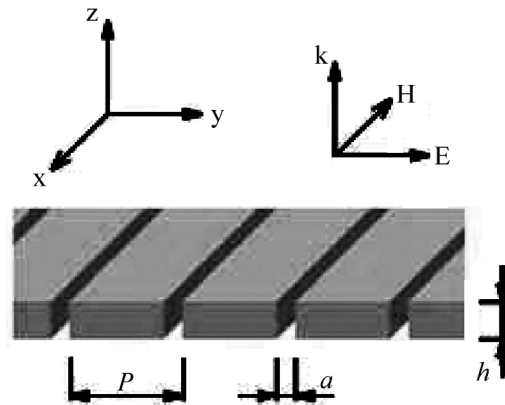


Рис. 1: Геометрические параметры массива щелей: h – толщина пленки, P – период структуры, a – ширина щели, падение нормальное, ТМ поляризация.

прохождения через пленку), в которой все коэффициенты получены в результате численного моделирования. Проведено сравнение результатов численного моделирования с теоретическими расчетами аномального прохождения через пленку из серебра и получено качественное согласие (см. рис. 2). На основании полученных результатов сделан вывод о корректности использования одномодового приближения [3], описываемого формулой Фабри–Перо.

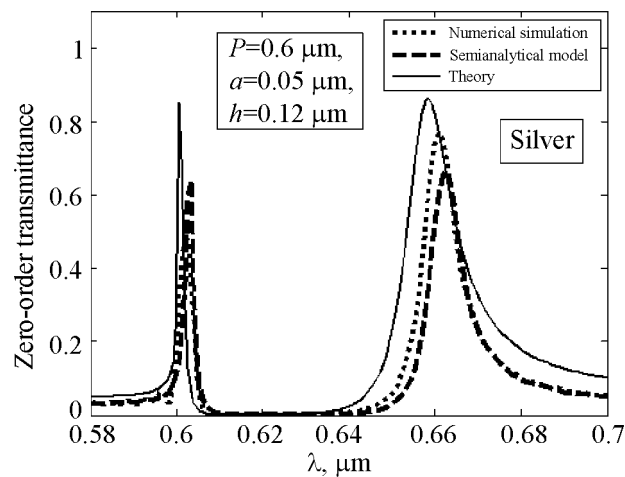


Рис. 2: Коэффициент прохождения в нулевом порядке дифракции для структуры из серебра. Сравнение результатов численного моделирования, полуаналитической модели и теоретического расчета.

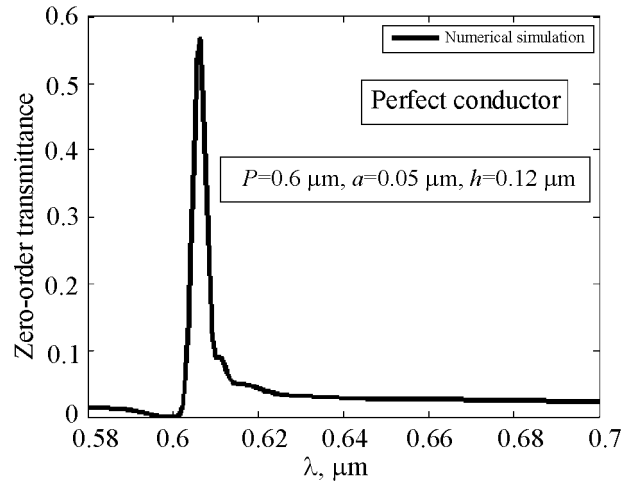


Рис. 3: Коэффициент прохождения в нулевом порядке дифракции для периодического массива субволновых щелей в пленке из идеально проводящего металла (численное моделирование методом конечных разностей) в зависимости от длины волны.

Численное моделирование обнаружило пики аномального прохождения в зависимости коэффициента прохождения от длины волны для периодического массива субволновых щелей в пленке из идеально проводящего металла, в котором не существует поверхностных плазмонов (рис. 3).

Для различных толщин пленки из серебра проведена серия численных моделирований, в которой показано исчезновение пика аномального прохождения при увеличении толщины пленки. Связывание поверхностных плазмонов с проходящей собственной модой в щели приводит к равенству нулю коэффициента прохождения на определенной длине волны, то есть играет отрицательную роль в явлении аномального прохождения [4].

В области длин волн, близких к периоду решетки, наблюдается узкая полоса пропускания, что позволяет применять данное явление в частотных фильтрах и наносенсорах.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- [1] T. W. Ebbesen, H. J. Lezec, H. F. Ghaemi, T. Thio, and P. A. Wolff, *Nature* **391**, 667 (1998).
- [2] J. A. Porto, F. J. Garcia-Vidal and J. B. Pendry, *Phys. Rev. Lett.* **83**, 2845 (1999).
- [3] H. Lochbihler, *Phys. Rev. B* **50**, 4795 (1994).

[4] Q. Cao and Ph. Lalanne, Phys. Rev. Lett. **88**, 057403 (2002).

По материалам 3 Всероссийской молодежной школы-семинара “Инновационные аспекты фундаментальных исследований по актуальным проблемам физики”, Москва, ФИАН, октябрь 2009 г.

Поступила в редакцию 27 августа 2010 г.