

С. О. ПАРАШКОВ, А. Б. СОТСКИЙ, В. И. СОКОЛОВ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»Учреждение образования
«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. А. А. Кулешова»Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ЛАЗЕРНЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ РАН»

Могилев, Беларусь; Москва, Россия

Фазовая маска (ФМ) представляет собой диэлектрическую пленку, на поверхности которой создана рельефная дифракционная решетка. В докладе моделируется отражательная способность ФМ в виде полимерной волноводной пленки, расположенной на кварцевой подложке (рис. 1). Анализ проводится с позиций использования ФМ в качестве рефрактометра.

Из литературы известно, что поверхность гофрированного диэлектрического волновода может эффективно отражать свет. Но до настоящего времени этот эффект исследовался применительно к созданию дифракционных зеркал и частотных фильтров. Ниже показано, что он может иметь и сенсорные приложения.

Исследована ФМ с хлорсодержащей полимерной пленкой толщиной $d_f = 7 \text{ мкм}$, показатель преломления которой $n_f = 1,65 - i10^{-6}$. Дифракционная решетка на поверхности пленки имеет треугольный профиль рельефа, период которого $d = 0,6 \text{ мкм}$, а высота $h = 0,2 \text{ мкм}$. Поверхность решетки контактирует с жидкостью, имеющей показатель преломления n . Возбуждение ФМ осуществляется со стороны подложки гауссовым пучком ТЕ поляризации. Пучок падает из воздуха. Его ось составляет угол θ с нормалью к поверхности подложки. Пучок имеет длину волны $\lambda = 0,6328 \text{ мкм}$ и радиус $w = 300 \text{ мкм}$. Подложка представляет собой плоскопараллельную пластину, толщина и показатель преломления которой равны соответственно $d_s = 1500 \text{ мкм}$ и $n_s = 1,457 - i10^{-7}$.

Для расчета дифракционного поля использовали метод Галеркина, в котором базисными функциями служат локальные моды рельефной дифракционной решетки. Построение этих мод на основании теоремы Флоке осуществлено без использования рядов Фурье для диэлектрической проницаемости решетки, что обеспечило быструю сходимость решения (практически стопроцентная сходимость достигнута при числе локальных мод, не превышающем 7).

Расчеты показали, что зависимости $R(\theta)$ и $T(\theta)$, где R и T – энергетические коэффициенты отражения и прохождения пучка нулевого дифракционного порядка, имеют резонансный вид в окрестности значений θ , определяемых условием фазового синхронизма $\beta = \sin(\theta) + \lambda d^{-1}$, где β – безразмерная постоянная распространения моды пленки (описанная пленка направляет 17 ТЕ мод). Это явствует из рис. 1, где представлены данные зависимости, рассчитанные при $n = 1,3321$.

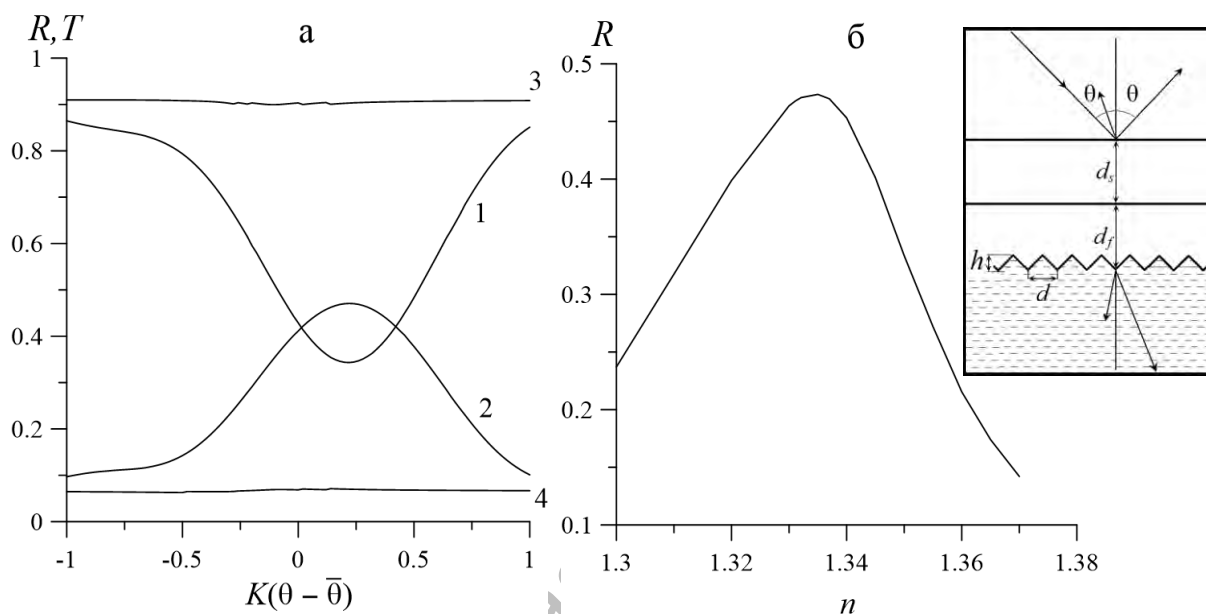


Рис. 1. Результаты расчетов: а – угловые зависимости энергетических коэффициентов прохождения (1, 3) и отражения (2, 4) пучков нулевого дифракционного порядка при возбуждении основной (3, 4, $K = 1000 \text{ град}^{-1}$, $\bar{\theta} = 36,492 \text{ град}$) и семнадцатой (1, 2, $K = 20 \text{ град}^{-1}$, $\bar{\theta} = 25,161 \text{ град}$) ТЕ мод пленки; б – зависимость $R(n)$ для 17-й моды при $\theta = 25,161 \text{ град}$. На вставке – геометрия ФМ

Согласно рис. 1, а, эффект резонансного отражения пучка от фазовой маски более выражен для высшей моды, поле которой эффективнее взаимодействует с дифракционной решеткой по сравнению с основной модой. Но по этой же причине высшая мода испытывает более сильное затухание, вызванное преобразованием ее излучения в нулевой дифракционный порядок. В результате резонанс для высшей моды наблюдается в более широком угловом диапазоне. Как следует из рис. 2. б зависимость $R(n)$ также имеет резонансный характер. На линейном участке данной зависимости параметр чувствительности датчика $dR/dn = 12,9$. Это значение примерно на два порядка превосходит аналогичные значения для решеточных рефрактометров, не использующих волноводный эффект.