

УДК 681.7.063

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФРАКЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОПУСКАЮЩЕЙ БРЭГГОВСКОЙ РЕШЕТКИ В ТРЁХМЕРНОМ СЛУЧАЕ

Попова В.А. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – ведущий инженер, кандидат технических наук Иванов С.А.
(Университет ИТМО)

Введение. В данной работе рассматриваются устройства дополненной реальности, где в качестве элемента передающего демонстрируемое изображение в глаз пользователя выступает волновод. Изображение с микропроектора попадает на объектив, от каждой точки изображения свет в параллельных лучах под определённым углом попадает на брэгговскую решётку. Посредством дифракции света происходит ввод и вывод лучей в волновод под углами больше, чем угол полного внутреннего отражения. Брэгговские решётки обладают высокой угловой и спектральной селективностью, то есть от одной решётки дифракция происходит только для света падающего из узкого поля зрения. Преимуществом таких систем являются отсутствие посторонних бликов, передача многоцветного изображения в одном волноводе, возможность увеличить выходной зрачок, использование несимметричного ввода и вывода изображения. Недостаток систем – малое поле зрения. Для увеличения поля зрения производится мультиплексирование решёток – запись нескольких решёток в материале. Для реализации мультиплексирования необходимо подобрать углы поворота решёток относительно друг друга таким образом, чтобы отклонение от средней яркости не превышали 10% по всему расширенному полю зрения. Зависимость дифракционной эффективности одной брэгговской решётки от угла падения в случае распространения света в плоскости записи описана в статье [1]. Эта зависимость определяет размер горизонтального поля зрения. Для описания вертикального поля зрения и дифракционной эффективности от угла падения в плоскости, перпендикулярной плоскости записи, используется векторная теория [2,3]. Расчёт зависимости дифракционной эффективности решётки от двух углов ориентации волнового вектора падающего света необходим для реализации мультиплексирования.

Основная часть. Расчёт дифракционной эффективности в режиме дифракции Брэгга производится при задании длины волны падающего света, периода брэгговской решётки, среднего показателя преломления материала и амплитуды его модуляции. Результат расчёта – график зависимости дифракционной эффективности от двух углов ориентации волнового вектора падающего света относительно вектора нормали к поверхности материала голограммы. Алгоритм расчёта состоит из следующих шагов:

- 1) Решение системы уравнений Максвелла для напряжённости магнитного и электрического поля в области голограммы. Система уравнений сводится к системе дифференциальных уравнений первого порядка для амплитуд магнитной и электрической напряжённостей. Общее решение для каждой амплитуды требует вычисления собственных чисел и векторов матрицы коэффициентов системы. Матрица коэффициентов системы составляется из данных о материале голограммы и падающей на неё волны.
- 2) Из общего решения для амплитуд, найденного в предыдущем шаге, строится система линейных алгебраических уравнений. Система отражает удовлетворение граничных условий – равенства тангенсальных компонент полей по обе стороны от границы сред. Решение системы реализуется методом исключений Гаусса. Из решения системы найдены выражения для амплитуд дифрагированного поля, удовлетворяющие граничным условиям задачи.
- 3) Расчёт дифракционной эффективности как отношения квадрата модуля амплитуды к квадрату модуля падающей волны.

Выводы. Данный алгоритм осуществляет расчёт зависимости дифракционной эффективности одной брэгговской решётки от двух углов ориентации вектора падающей волны. По виду графиков полученной зависимости вычисляются углы, на которые требуется

повернуть решётку относительно другой. Угол поворота соответствует величине сдвига одного графика дифракционной эффективности относительно другого вдоль оси, соответствующей углу в горизонтальной (плоскости записи) или в вертикальной плоскости.

Список использованных источников:

1. Kogelnik H. Coupled wave theory for thick hologram gratings //Bell System Technical Journal. – 1969. – Т. 48. – №. 9. – С. 2909-2947.
2. Syms R. R. A. Practical volume holography. – Oxford University Press, USA, 1990. – №. 24. – С. 2-27.
3. Moharam M. G., Gaylord T. K. Three-dimensional vector coupled-wave analysis of planar-grating diffraction //JOSA. – 1983. – Т. 73. – №. 9. – С. 1105-1112.