

## Краткие сообщения

09

### Исследование влияния глубины рельефа на дифракционную эффективность отражающей и пропускающей рельефно-фазовых дифракционных решеток

© А.М. Настас, М.С. Иову

Институт прикладной физики АН Молдавии,  
MD-2028 Кишинев, Молдавия  
e-mail: nastas\_a@usm.md; nastas\_am@rambler.ru

(Поступило в Редакцию 10 октября 2014 г.)

Численно-компьютерным методом исследовано влияние глубины рельефа на дифракционную эффективность (ДЭ) идеальных отражающих и пропускающих рельефно-фазовых дифракционных решеток (ДР) с синусоидальным профилем. Показано, что для дифракции как в прошедшем свете, так и в отраженном зависимость ДЭ от глубины рельефа изменяется по кривой с максимумом. Для пропускающих решеток установлено, что глубина рельефа, соответствующая максимальному значению ДЭ, экспоненциально уменьшается с ростом показателя преломления.

#### Введение

В настоящее время дифракционные структуры находят широкое практическое применение. Их используют в защитных голографических технологиях, в оптоэлектронике для улучшения эффективности ввода излучения, в спектроскопии, в микро-оптоэлектронных различных измерительных системах. Преимущественно используются рельефно-фазовые дифракционные структуры, работающие в прошедшем и отраженном свете. Для создания рельефных дифракционных структур часто используют интерференционную фотолитографию. Для оптической голографии характерна синусоидальная модуляция физико-химических свойств регистрирующей среды. Поэтому поверхностный рельеф, как правило, является синусоидальным.

Для оптимизации условий формирования рельефных дифракционных структур в конкретной регистрирующей среде представляет интерес изучение зависимости дифракционной эффективности от глубины поверхностного рельефа.

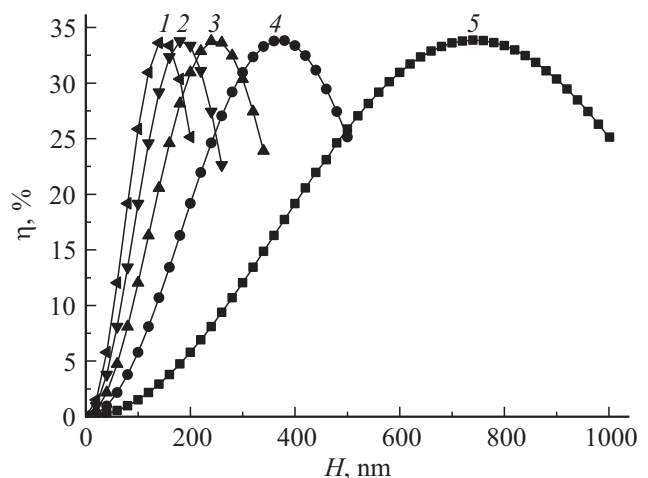
Цель настоящей работы состояла в численно-компьютерном расчете зависимости дифракционной эффективности от глубины рельефа как пропускающих, так и отражающих рельефно-фазовых дифракционных решеток (ДР).

#### Результаты

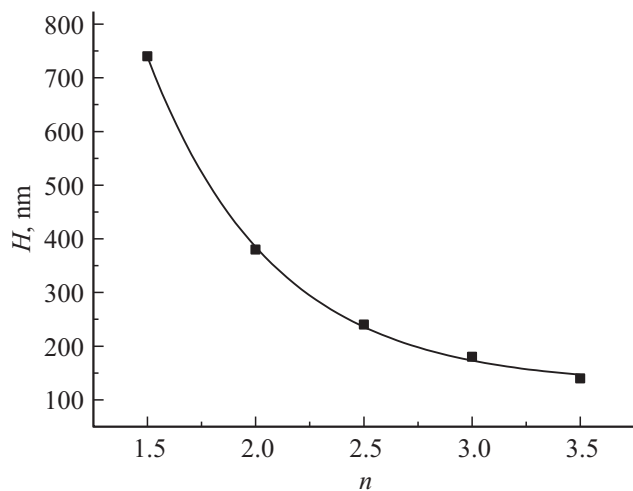
При расчетах рассматривались ДР с синусоидальным профилем и периодом решетки, равным  $2\mu\text{m}$ . Предполагалось перпендикулярное падение считывающего лазерного пучка с длиной волны  $\lambda = 0.6328\mu\text{m}$ .

Так как период решетки превышал длину волны считывающего излучения при решении прямой оптической задачи, использовалось приближение Кирхгофа [1]. Для проведения расчетов был модернизирован [2,3] численно-компьютерный алгоритм расчета (программа написана на языке Паскаль) дифракционной эффективности (ДЭ), разработанный нами ранее для анализа рельефных дифракционных структур, полученных на поверхности фототермопластического носителя [4,5].

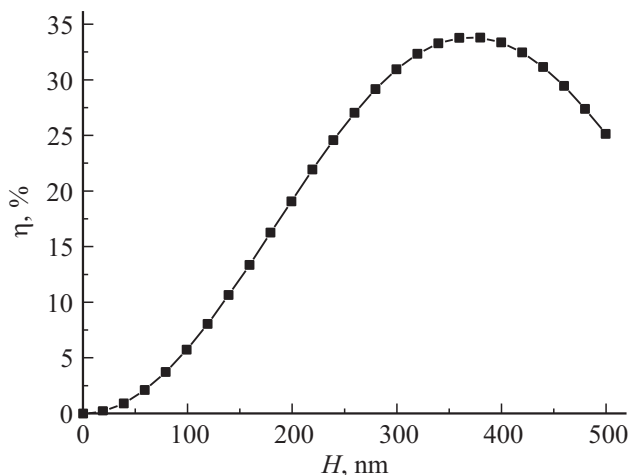
При расчете рельефно-фазовых решеток предполагалось, что пропускающие решетки не поглощают свет, а отражающие решетки полностью отражают свет, т. е. в обеих модификациях рассматривались идеальные решетки.



**Рис. 1.** Зависимость дифракционной эффективности (дифракция в прошедшем свете) от глубины рельефа рельефно-фазовой решетки. Показатель преломления решетки равен 3.5 — кривая 1, 3 — кривая 2, 2.5 — кривая 3, 2 — кривая 4, 1.5 — кривая 5.



**Рис. 2.** Зависимость глубины рельефа дифракционной решетки (дифракция в прошедшем свете), при которой достигается максимальное значение ДЭ, от показателя преломления материала решетки.



**Рис. 3.** Зависимость дифракционной эффективности идеальной отражающей рельефной решетки от глубины рельефа.

ки. Значение дифракционной эффективности рассчитывалось в первом порядке дифракции.

На рис. 1 представлено семейство расчетных зависимостей ДЭ  $\eta$  от глубины поверхностного рельефа  $H$  для рельефно-фазовых пропускающих ДР в материалах с различным показателем преломления  $n$ .

Из рисунка видно, что для всех рассмотренных значений показателя преломления зависимость  $\eta = f(H)$  описывается кривой с максимумом. Максимальное значение ДЭ одинаково для всех кривых и составляет 33.9%. Как следует из рисунка, глубина поверхностного рельефа, при которой достигается максимальное значение ДЭ, уменьшается с ростом показателя преломления материала, в котором сформирована ДР.

На базе данных рис. 1 построена зависимость глубины рельефа, при которой ДЭ достигает 33.9%, от  $n$

материала решетки (рис. 2). Следует отметить, что данная зависимость с высокой точностью может быть аппроксимирована экспонентой

$$H = 8205 \exp(-n/0.58) + 128,$$

где  $n$  — показатель преломления регистрирующей среды. Так, например, для полимеров  $n \sim 1.5$  глубины рельефа  $H$ , при которой ДЭ достигает 33.9%, равна  $\sim 740$  nm, а для халькогенидных стеклообразных полупроводников  $n \sim 2.5$  и  $H \sim 240$  nm.

Также была рассчитана зависимость ДЭ от глубины поверхностного рельефа для идеальной отражающей ДР. Данная зависимость представлена на рис. 3. Из рисунка видно, что, как и в предыдущем случае, зависимость  $\eta = f(H)$  описывается кривой с максимумом. Максимум ДЭ 33.9% достигается при  $H \sim 370$  nm.

Следует отметить, что, согласно использованной методике расчета в случае реальной рельефно-фазовой ДР, ход кривой  $\eta(H)$ , полученной в отраженном свете, тождественен ходу кривой  $\eta(H)$  для идеальной отражающей ДР и не должен зависеть от материала, в котором сформирована ДР. При этом величина  $H$ , соответствующая максимальному значению ДЭ, останется неизменной, а значение ДЭ уменьшится.

## Заключение

1. Показано, что как для пропускающей, так и для отражающей идеальной синусоидальной рельефно-фазовой ДР, расчетная зависимость ДЭ от глубины рельефа описывается кривой с максимумом.

2. Для пропускающих ДР установлено, что расчетная глубина рельефа, обеспечивающая максимальное значение ДЭ 33.9%, экспоненциально уменьшается с ростом показателя преломления материала решетки.

3. Согласно проведенным расчетам установлено, что максимальное значение ДЭ идеальной отражающей ДР, равное 33.9%, достигается при глубине рельефа, равной 370 nm.

## Список литературы

- [1] Гудмен Дж. Введение в фурье-оптику. М.: Мир, 1970. 364 с.
- [2] Nastas Andrian, Iaseniuc Oxana, Iovu Mihail // Certificat AGEPI Seria: PC (program pentru calculator) Nr. de inregistrare: 3670 Data inregistrarii: 05.04.2013, Nr. cererii: 934.
- [3] Настас А.М., Иову М.С. // ЖТФ. 2015. Вып. 3. С. 146–147.
- [4] Настас А.М. // Опт. и спектр. 2003. Т. 95. № 6. С. 997–1001.
- [5] Настас А.М. // Опт. и спектр. 2003. Т. 95. № 1. С. 156–162.