

УДК 778.38:535.4

Е.А.Пшеная-Северин (5 курс, каф. ФЭ),  
С.Н.Гуляев, ст. преп.

## СИНТЕЗ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ РАСЩЕПИТЕЛЕЙ ЛАЗЕРНОГО ПУЧКА

ABSTRACT. In this paper we describe a computer simulation method of the hologram repeated recording process that a feasible for the laser beam splitter synthesis.

В настоящее время в когерентной оптике широко используют регулярные дифракционные структуры, дискретно рассеивающие свет в некотором телесном угле. Профиль таких структур можно рассчитать с помощью компьютера, а сама структура может быть реализована с помощью довольно сложной и дорогой технологии-фотолитографии [1].

Несравненно более простым и дешевым методом является синтез подобных структур аналоговыми способами, например, с применением голографии [2]. При этом синтез дифракционной структуры опирается на физические законы, лежащие в основе записи и преобразования когерентных световых пучков голограммой. Простые голографические структуры, записанные с помощью только двух плоских волн, способны расщеплять входной пучок лишь в малое количество выходных пучков примерно одинаковой интенсивности ( $n = 3$ ) [3]. Основным способом увеличения числа  $n$  является, во-первых, увеличение количества интерферирующих волн при записи голограммы и, во-вторых, использовании нелинейности отклика записывающей среды.

Увеличить число интерферирующих волн можно следующим способом. Амплитудное пропускание голограммы в линейном случае пропорционально интенсивности падающей волны, т.е. квадрату амплитуды падающей волны. Т.о. при освещении голограммы, записанной двумя плоскими волнами, нормальной плоской волной за ней будут распространяться уже три плоских волны. Дифракционный спектр голограммы, записанной тремя волнами, будет содержать пять волн. Итогом продолжения этого процесса будет являться значительное увеличение количества волн ( $n$ ), между которыми делиться энергия падающего пучка. Дополнительное увеличение  $n$  можно получить при переходе от одномерной дифракции к двумерному случаю.

Использование нелинейности отклика регистрирующей среды можно пояснить на примере фазовой голограммы которая вносит некоторый набег фазы в падающий пучок. В простейшем приближении набег фазы линейно связан с интенсивностью света при записи голограммы двумя плоскими пучками. В этом случае комплексную амплитуду света прошедшего через голограмму при освещении ее плоской волной единичной амплитуды можно представить как:

$$A = e^{iw \cos(kx)} = \sum_{m=-\infty}^{m=\infty} i^m J_m(w) e^{imkx} \quad (1)$$

где  $x$  - координата,  $k$  - волновое число,  $J_m$  - функция Бесселя первого рода порядка  $m$ ,  $w$  - глубина фазовой модуляции, определяемая физикой процессов записи голограммы, например, это может быть величина определяемая высотой поверхностного рельефа. Как видно из формулы (1) фазовая структура, при достаточной величине  $w$ , имеет богатый дифракционный спектр величина интенсивности членов которого, т.е. плоских волн определяется функциями Бесселя.

Из вышеизложенного ясно, что в основе синтеза дифракционных структур - расщепителей лазерного пучка лежит многократная перезапись голограмм. В процессе

эксперимента можно применять как амплитудный так и фазовый способ записи голограмм.

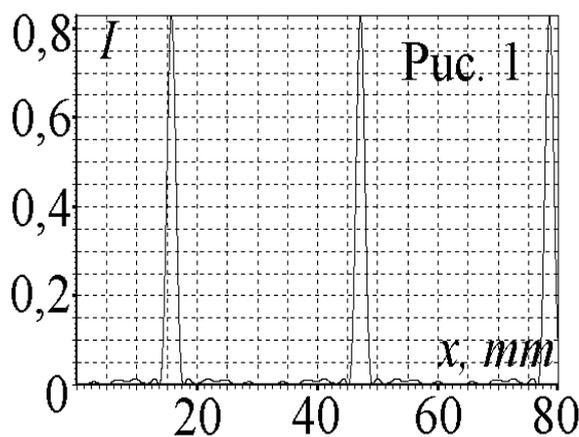
Оба способа имеют свои преимущества и недостатки. Синтез голографических расщепителей лазерного пучка исследовался экспериментальными средствами, однако теории описывающей протекающие процессы и позволяющий оптимизировать метод создано не было. Поэтому задачей данной работы стояла разработка математической модели создания голографических структур – рассеивающих световую энергию по дискретным направлениям.

Модель предполагает использование амплитудных голограмм поскольку они обладают наименьшим уровнем шума и позволяют производить по крайней мере несколько этапов перезаписи. Последний же этап синтеза дифракционной структуры заканчивается переводом амплитудной голограммы в фазовую поскольку та обладает большой дифракционной эффективностью и малыми потерями света.

Оптическая схема на которую опирается теоретическая модель представляет двухлинзовую схему, обычно используемую для оптической обработки информации. Она позволяет собрать пучки идущие с одной голограммы на другую при осуществлении этапа перезаписи.

Все расчеты проводились для одномерного случая. Программа была составлена на языке Паскаль. Для амплитудных голограмм предполагалась линейная зависимость коэффициента пропускания от интенсивности. Коэффициент пропорциональности каждый раз выбирался таким образом, чтобы обеспечить запись во всем динамическом диапазоне голограммы. На каждом этапе перезаписи производился расчет пространственного распределения интенсивности света по координате  $x$  и дифракционный спектр голограммы, на основе дифракционного спектра предшествующей голограммы. Расчет интенсивности производился по рекуррентным формулам. Для записи первой голограммы использовались две плоские волны с одинаковыми амплитудами. Вычисление дифракционного спектра фазовой голограммы на последнем этапе синтеза связана с вычислением набора функций Бесселя, что вытекает из формулы (1). Для этого использовался метод обратной рекурсии.

На рис. 1 дано пространственное распределение интенсивности в плоскости голограммы на пятом этапе, создаваемое амплитудной голограммой, полученной на четвертом этапе. На рис. 2 показан дифракционный спектр фазовой голограммы пятого этапа. Интенсивность плоских волн плавно спадает с увеличением угла дифракции при достаточно большом количестве дифрагированных волн. Однако энергетическая эффективность такой структуры мала, т.к. интенсивность нулевого порядка составляет порядка 80% от общей интенсивности дифрагированного света. Вызвано это тем, что участки голограммы, вносящие возмущение в падающую световую волну, занимают небольшую площадь



относительно общей

площади голограммы, как это видно из рис. 1.

Улучшение свойств рассчитанных дифракционных структур можно осуществить путем введения дополнительного нелинейного трансформирования голограмм в промежутках между этапами перезаписи и введением пространственной фильтрации в оптическую схему.

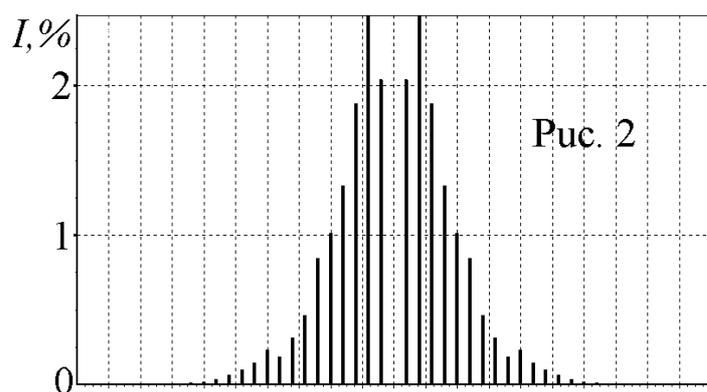


Рис. 2

ЛИТЕРАТУРА:

1. С.Т. Бобров, Б.Н. Котлецов, В.И. Минаков, Ю.Г. Туркевич *Голографические измерительные системы*, Н.НЭТИ., 123-129 (1978).
2. М.М.Бутусов, А.И. Иоффе, *Квантовая электроника*, v.3, 969-974 (1976).
3. L.P.Voivin, *Appl, Opt*, v.11, 1782-1792 (1972)