

01; 07

© 1991

ФАЗОВЫЕ ДИФРАКЦИОННЫЕ РЕШЕТКИ
С ЗАДАНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ
ИНТЕНСИВНОСТИ ПО ПОРЯДКАМЛ.Л. Д о с к о л о в и ч, В.В. К о т л я р,
В.А. С о й ф е р

Многопорядковые фазовые дифракционные решетки с одинаковой интенсивностью света в порядках требуются для целого ряда практических задач. Такие решетки используются, например, как делительные оптические элементы в сдвиговых интерферометрах [1], как мультиплицирующие элементы для лазерной дефектоскопии [2].

Существующие методы расчета фазового профиля периода дифракционных решеток, формирующих порядки с равной интенсивностью света имеют ряд недостатков. В [3] для расчета бинарной фазовой многопорядковой дифракционной решетки с заданным распределением интенсивности по порядкам предлагается решать численно в диалоговом режиме нелинейную систему алгебраических уравнений, размерность которой зависит от числа порядков, и которая не всегда имеет решение. Причем в результате решения такой системы нулевой порядок дифракции всегда существенно отличается по энергии от остальных рабочих порядков решетки. Бинарный характер фазовых решеток не позволяет превысить эффективность в рабочих порядках более 80 % [4].

В [5] предложено использовать для расчета фазового профиля периода многопорядковой дифракционной решетки известный итеративный алгоритм Герчберга-Секстона [6]. Этот метод расчета позволяет получить непрерывное (небинарное) распределение фазы по периоду решетки. Теоретическая эффективность рассчитанных этим методом решеток (включая нулевой порядок дифракции, который здесь не выделяется среди рабочих порядков) может достигать 90 %, однако среднеквадратичное отклонение полученного распределения интенсивности света по порядкам от требуемого не удается получить ниже 10-15%.

В данной работе предложена новая модификация итеративного алгоритма Герчберга-Секстона, которая позволяет рассчитывать пропускание дифракционных решеток, для которых среднее отклонение интенсивности света в порядках от требуемого можно снизить до долей процента, при этом дифракционная эффективность решетки остается на уровне 85%.

Адаптивная процедура, позволяющая с высокой точностью выравнивать энергию в порядках, заключается в следующем. Если в алгоритме [6] на n -м шаге итераций функция интенсивности

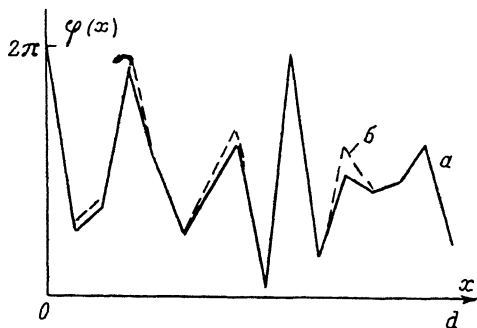


Рис. 1. Рассчитанные распределения фазы по периоду для дифракционной решетки, формирующей восемь порядков с равной интенсивностью: а – по методу Герцберга–Секстона, б – по предложенному методу.

света в Фурье-плоскости $I_n(x)$ заменяется на функцию $\tilde{I}_n(x)$ по правилу

$$\tilde{I}_n(x) = \begin{cases} I_0, & x = x_k = \lambda f d^{-1} k, \quad k = \overline{-L, L} \\ 0, & x \neq x_k, \end{cases} \quad (1)$$

то в предлагаемом алгоритме замена (1) выглядит следующим образом:

$$\tilde{I}_n(x) = \begin{cases} (\alpha + 1)I_0 - \alpha I_n(x), & x = x_k \\ I_n(x), & x \neq x_k, \end{cases} \quad (2)$$

где $\alpha > 0$, λ – длина волны света, f – фокусное расстояние линзы, формирующей спектр Фурье, d – период решетки.

Данная процедура позволяет ускорить процесс схождения рассчитанной интенсивности $I_n(x)$ к требуемой I_0 при $x = x_k$, хотя при этом несколько снижается эффективность рассчитанной решетки, поскольку замена (2) не ограничивает поведения функции интенсивности пространственного спектра в точках, отличных от x_k .

Наиболее оптимальным оказалось совместное применение замен (1) и (2) в следующей комбинации. Первые несколько итераций алгоритма Герцберга–Секстона (пока погрешность отклонения рассчитанной интенсивности в порядках от требуемой убывает быстро) выполняются с заменой (1), а далее рекомендуется перейти к замене (2) с последующим нарастанием значения параметра α .

В качестве примера работы алгоритма на рис. 1 показаны распределения фазы по периоду дифракционной решетки, дающей 8

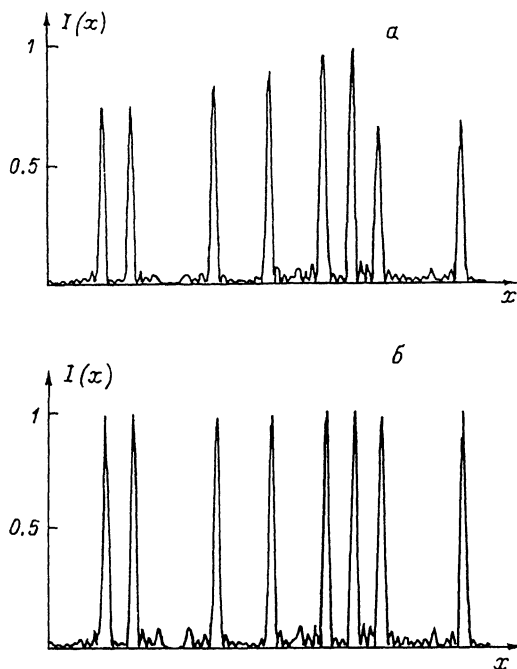


Рис. 2. Распределение интенсивности света в Фурье-плоскости, сформированное решетками: а – решеткой, фаза которой показана на рис. 1, а; б – решеткой с фазой на рис. 1, б.

несимметрично расположенных порядков с равной энергией: а – по методу [5] с заменой (1) за 9 итераций (после 9 итераций отклонение энергии в порядках от постоянного начало возрастать), б – по предложенному методу с заменой (2) за 14 итераций.

Из рис. 1 видно незначительное отличие двух фазовых функций, которые, однако, приводят к существенно различным картинам дифракции.

Распределения интенсивности света в Фурье-плоскости для этих двух решеток, состоящих из 4 периодов показаны на рис. 2: а – для решетки с фазой периода, показанной на рис. 1, а; б – для решетки с фазой периода, показанной на рис. 1, б. Среднеквадратичное отклонение полученных интенсивностей в порядках от требуемого постоянного значения составило: рис. 2, а – 14.5 %, рис. 2, б – 0.4 %. Энергетическая эффективность решеток (т.е. часть от полной энергии, попадающая в полезные порядки с учетом их ширины) составила: рис. 2, а – 88 %, рис. 2, б – 86 %.

- [1] Котляр В.В., Соифер В.А. Сб. тезисов Всесоюзного симпозиума по интерферометрии, Куйбышев, 1990. С. 48.
- [2] Белопухов В.Н., Волостников В.Г., Котляр В.В. и др. // Труды ФИАН. 1989. № 198. С. 111-115.
- [3] Бобров С.Т., Котлецов Б.Н., Миных В.И. и др. В кн.: Голографические системы, Новосибирск: НЭТИ. 1978. В. 2. С. 123-129.
- [4] Бобров С.Т., Туркевич Ю.Г. // Компьютерная оптика, М.: МЦНТИ. 1989. В. 4. С. 39-45.
- [5] Березный А.Е., Комаров С.В., Прохоров А.М., Сисакян И.Н., Соифер В.А. // ДАН СССР. 1986. Т. 287. № 3. С. 623-627.
- [6] G e r s c h b e r g R.W., S a x t o n W.D. // Optik. 1972. V. 35. N 2. P. 237-246.

Поступило в Редакцию
30 июля 1991 г.