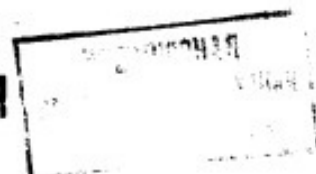




ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ  
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ  
ПРИ ГКНТ СССР

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



1

(21) 4749055/10

(22) 16.10.89

(46) 30.08.91. Бюл. № 32

(72) Э.Н. Балашова, Я.К. Лукашевич, М.В. Неофитный, В.А. Свич и Д.И. Сафиуллин

(53) 535.853.31 (088.8)

(56) Сороко Л.М. Гильберт-оптика. - М.: Наука, 1981, с. 58.

Авторское свидетельство СССР  
№ 1601600, кл. G 02 B 27/42, 1988.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ  
ГИЛЬБЕРТ-ОБРАЗА ПУЧКА ИЗЛУЧЕНИЯ

(57) Изобретение относится к оптике и может использоваться для выполнения преобразования Гильберта волнового пучка в зоне дифракции Френеля при проведении диагностики фазовых объектов, классификации образов. Целью изобретения является сокращение габаритов путем получения Гильберт-образа в зоне дифракции Френеля при одновременном устранении зависимости качества формирования от смещения центра дифракционной структуры относительно оси пучка. Устройство содержит фазовую дифракци-

2

онную структуру 1 с прямоугольным профилем штрихов-каналов 2 и блок регистрации дифракционных изображений с приемниками 4 излучения. При этом каналки 2 выполнены одинаковыми по ширине и глубине и расположены с одинаковым периодом  $T$  на всей поверхности структуры 1, а округленное до ближайшего целого отношение  $T/d$  связано с другими параметрами устройства соотношением  $T/d = 1/m \{ \rho \cdot x_{рм} / T - 0,25 [ 1 - (-1)^{рм} ] \}$ , где  $m = 1, 2, 3, \dots \leq N/4$ ;  $N$  - число каналок 2;  $\rho = 1, 2, 3, \dots < mT/\lambda N$ ;  $\lambda$  - длина волны излучения;  $x_{рм}$  - координаты расположения приемников 4 излучения, выбранные за пределами линейной апертуры структуры и отсчитываемые в противоположные стороны относительно проекции центра структуры 1 на плоскость блока 3 регистрации, расположенную на расстоянии  $z_{рм}$  от структуры 1, определяемом согласно выражению  $z_{рм} = mT^2/\rho\lambda$ , а глубина каналок 2 удовлетворяет соотношению  $0,05 \lambda \leq h \leq 0,45 \lambda$ . 4 ил.

Изобретение относится к оптике и может использоваться для выполнения преобразования Гильберт-образа волнового пучка в зоне Френеля при проведении диагностики фазовых объектов, классификации образов.

Целью изобретения является сокращение габаритов путем получения Гильберт-образа в зоне дифракции Френеля при одновременном устранении зависимости качества формирования от смещения центра дифракционной структуры относительно оси пучка.

На фиг. 1 представлена схема устройства; на фиг. 2 и 3 приведены численные результаты, позволяющие провести сравнение относительных распределений интенсивности излучения в 20-й дифракционной полосе, образующейся в зоне дифракции Френеля на расстоянии  $z_{11}$  от структуры, с Гильберт-образом, полученным в дальней зоне; на фиг. 4 - иллюстрация поведения Гильберт-образа при смещении центра дифракционной структуры относительно оси пучка.

Устройство содержит фазовую дифракционную структуру 1 с прямоугольным профилем штрихов-каналов 2 и блок 3

регистрации дифракционных изображений с приемниками 4 излучения. При этом канавки 2 выполнены одинаковыми по ширине  $d$  и глубине  $h$  и расположены с одинаковым периодом  $T$  на всей поверхности структуры 1, а округленное до ближайшего целого отношение  $T/d$  связано с другими параметрами устройства соотношением

$$\frac{T}{d} = \frac{1}{m} \left\{ \frac{x_{pm} p}{T} - 0,25 [1 - (-1)^{pm}] \right\},$$

где  $m = 1, 2, 3, \dots \leq N/4$ ;  $N$  – число канавок 2;

$p = 1, 2, 3, \dots < \frac{m T}{\lambda N} \cdot \lambda$  – длина волны излучения;  $x_{pm}$  – координаты расположения приемников 4 излучения блока 3 регистрации, выбранные за пределами линейной апертуры структуры 1 и отсчитываемые в противоположные стороны относительно проекции центра дифракционной структуры 1 на плоскость блока 3 регистрации, расположенную на расстоянии  $z_{pm}$  от структуры 1, определяемом согласно выражению

$$z_{pm} = \frac{m T^2}{p \lambda},$$

а глубина  $h$  канавок 2 удовлетворяет соотношению

$$0,05 \lambda \leq h \leq 0,45 \lambda.$$

Работа устройства основана на эффекте формирования Гильберт-образа пучка излучения в изображениях Френеля дифракционной структуры с указанной геометрией.

Дифрагированное на структуре 1 поле можно представить в виде суперпозиции полей, рассеянных прямоугольными канавками 2. Диапазон изменения отношения периода  $T$  расположения канавок к их ширине  $d$  выбран из условия получения вблизи координат  $x_{pm}$  сдвига фаз полей, рассеянных симметрично расположенными относительно центра дифракционной структуры 1 канавками 2 на  $\lambda/2$ .

По отношению к дифракционной полосе, номер которой задается округленным до ближайшего целого числом  $\frac{m T}{d}$ , поля, рассеянные симметричными канавками 2, сдвинуты по фазе на  $\lambda/2$ . Указанный факт позволяет выделить в выражении для комплексной амплитуды дифрагированного поля произведение функции амплитудно-фазового распределения  $U(x_n)$  падающего пучка 5 и знаковой функции  $\text{sgn}(x_n)$ , где  $n$  – номер канавки, отсчитываемый относительно центра дифракционной структуры 1, и тем самым выполнить необходимые условия для осуществления преобразования Гильберта. При этом вблизи координат наблюдения  $x_{pm}$  выражение для комплексной амплитуды дифрагированного поля преобразуется с

точностью до постоянного комплексного множителя в свертку Фурье-образов падающего пучка и знаковой функции. Данная свертка и представляет собой преобразование Гильберта от  $\hat{U}(x)$ , где знак уголок над функцией обозначает преобразование Фурье этой функции по частоте  $\omega = \frac{2\pi x}{\lambda z}$ . Необ-

ходимое условие формирования Гильберт-образа не выполняется при значениях  $z_{pm}$ ,  $x_{pm}$ , отличных от указанных дискретных множеств значений. Так, например, вблизи плоскостей наблюдения  $z_{pm}$  дифракционное изображение является слабоконтрастным и не отображает Гильберт-образа. За пределами координат  $x_{pm}$  поля, рассеянные канавками 2 структуры 1, имеют разность хода, отличную от  $\lambda/2$ , что приводит к искажению картины формируемого изображения. При этом в плоскостях наблюдения  $z_{pm}$  возможна реализация других интегральных преобразований, например, при синфазном сложении рассеянных полей формируется Фурье-образ падающего пучка.

Графики на фиг. 2 получены при падении пучка 5 с функцией амплитудного распределения вида  $U(x) = \text{rect}_a \left( \frac{x}{a} \right)$ , где  $2a$  – характерный размер пучка, причем  $a = NT/2$ ,  $N = 20$ . Относительные распределения интенсивности на фиг. 3 получены при падении пучка  $U(x) = \sin \left( \frac{\pi x}{d} \right)$ . Отношение периода  $T$  расположения канавок 2 к их ширине  $d$  выбрано равным 20. Точки на фиг. 2 и 3 соответствуют второму дифракционному порядку решетки в виде двух разнородных участков, выполняющей в дальней зоне при  $\frac{d_1}{T} = 0,75$ ,  $\frac{d_2}{T} = 0,25$  преобразование Гильберта. Расчеты выполнены с использованием дифракционного интеграла Фурье-оптики. Отношение глубины канавки  $h$  штриха к длине волны излучения  $\lambda$  выбрано равным 0,25. Для сравнения с соответствующим распределением дальней зоны при дифракционной полосе Френеля приведена угловая координата  $\Theta/\Theta_0$ , где  $\Theta_0 = \lambda/2a$ ,  $\Theta = x/z_{pm}$ . Видно, что относительные угловые распределения интенсивности в полосе Френеля и в изображении Гильберта, полученные в дальней зоне, достаточно хорошо совпадают.

Устройство позволяет сформировать Гильберт-образ пучка в Френелевской зоне и одновременно устранить зависимость формируемого распределения интенсивности от смещения центра дифракционной

структуры относительно оси пучка. Последний факт дает возможность упростить схемы теневых приборов для диагностики фазовых объектов, совместив в одном дифракционном элементе функции фильтра Гильберта и фокусирующего устройства. Исключение из данных схем фокусирующего устройства расширяет диапазон их применения в сторону больших размеров фазовых объектов и плотностей мощности зондирующих пучков излучения. В частности, устройство может использоваться для формирования Гильберт-образа пучка большой интенсивности в ИК-диапазоне. Децентрировка дифракционной структуры в рассматриваемом случае не приводит к заметному изменению картины распределения интенсивности Гильберт-образа. Это подтверждается графиками на фиг. 4, полученными при падении пучка с равномерным распределением интенсивности на дифракционную структуру, состоящую из 20 канавок. Результаты получены в плоскости  $z_{11}$  при  $\frac{T}{d}$ , равном 20. Из

приведенных графиков следует, что смещение  $\Delta x$  центра дифракционной структуры 1 относительно оси пучка 5 не приводит к появлению сильного фона в изображении Гильберта.

П р и м е р. При формировании Гильберт-образа пучка диаметром 20 мм на длине волны  $\lambda = 10,6$  мкм в плоскости  $z_{11}$  дифракционную структуру необходимо выполнять с шагом  $T = 1$  мм и шириной прямоугольных канавок  $h$  равной 50 мкм. При этом Гильберт-образ пучка формируется в 10-й полосе изображения Френеля. Дифракционная структура для формирования Гильберт-образа пучка диаметром 40 мм в 50-й полосе изображения Френеля изготовлена путем нарезки штрихов на делительной машине. Ширина и период расположения штрихов выбраны равными соответственно 20 мкм и 1 мм. В качестве подложки использовались медное зеркало, поверхность которого обработана алмазным точением, и

сплав АМЦ. Размер заштрихованной поверхности составлял 100x100 мм.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Устройство для формирования Гильберт-образа пучка излучения, содержащее фазовую дифракционную структуру с прямоугольным профилем штрихов-канавок и блок регистрации дифракционных изображений с приемниками излучения, отличающееся тем, что, с целью сокращения габаритов путем получения Гильберт-образа в зоне дифракции Френеля при одновременном устранении зависимости качества формирования от смещения центра дифракционной структуры относительно оси пучка, прямоугольные канавки дифракционной структуры выполнены одинаковыми по ширине и глубине и расположены с одинаковым периодом на всей поверхности дифракционной структуры, а округленное до ближайшего целого отношение периода  $T$  расположения прямоугольных канавок к их ширине  $d$  связано с другими параметрами устройства соотношением

$$\frac{T}{d} = \frac{1}{m} \left\{ \frac{x_{pm} \cdot p}{T} - 0,25 [1 - (-1)^{pm}] \right\},$$

где  $m = 1, 2, 3, \dots \leq N/4$ ;  $N$  - число канавок;  $p$

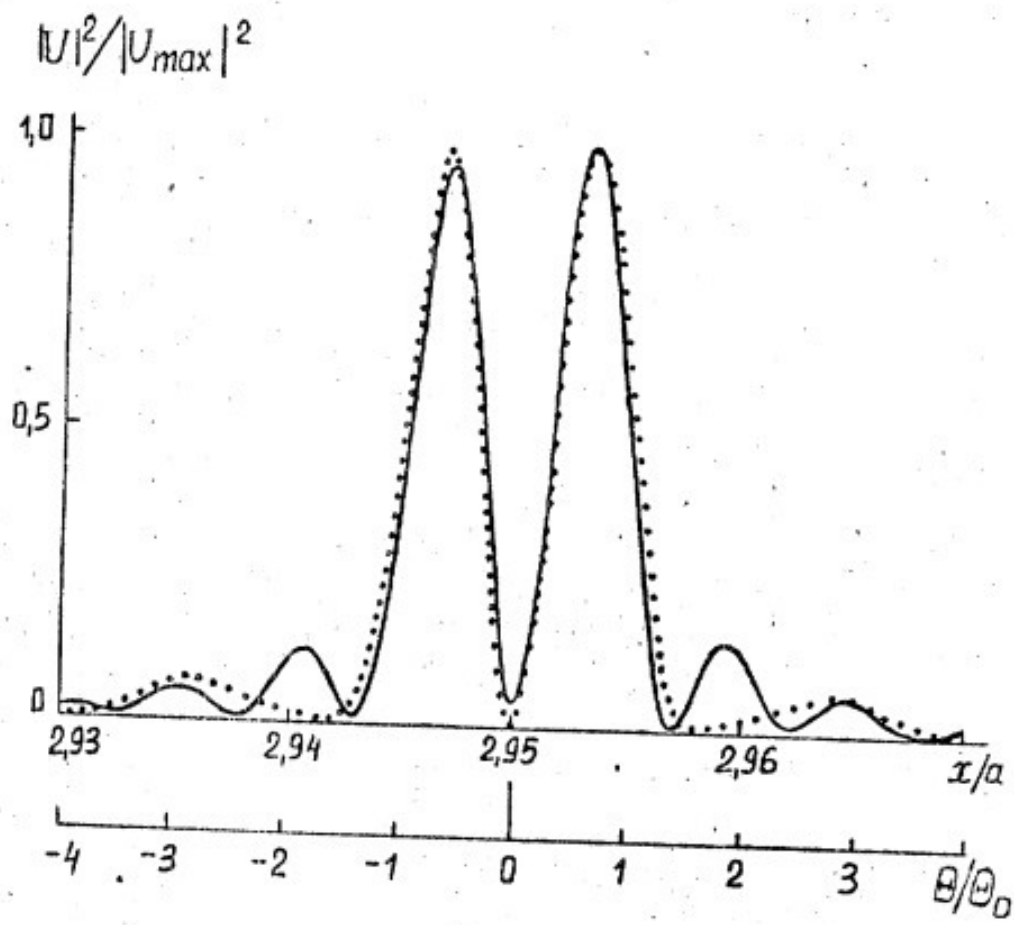
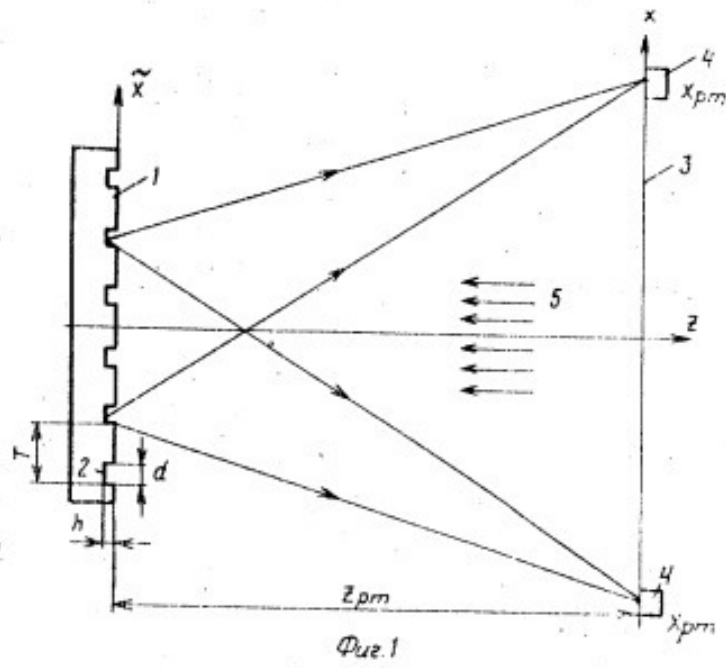
$= 1, 2, 3, \dots < \frac{mT}{\lambda N}$ ;  $\lambda$  - длина волны излучения;

$x_{pm}$  - координаты расположения приемников излучения блока регистрации, выбранные за пределами линейной апертуры дифракционной структуры и отсчитываемые в противоположные стороны относительно проекции центра дифракционной структуры на плоскость блока регистрации, расположенную на расстоянии  $z_{pm}$  от структуры, определяемом согласно выражению

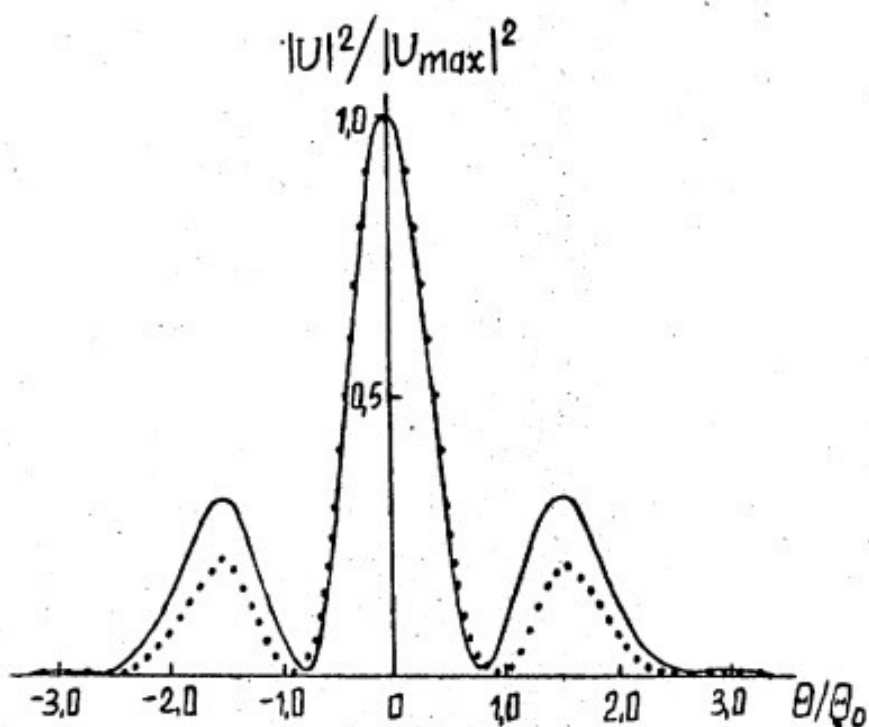
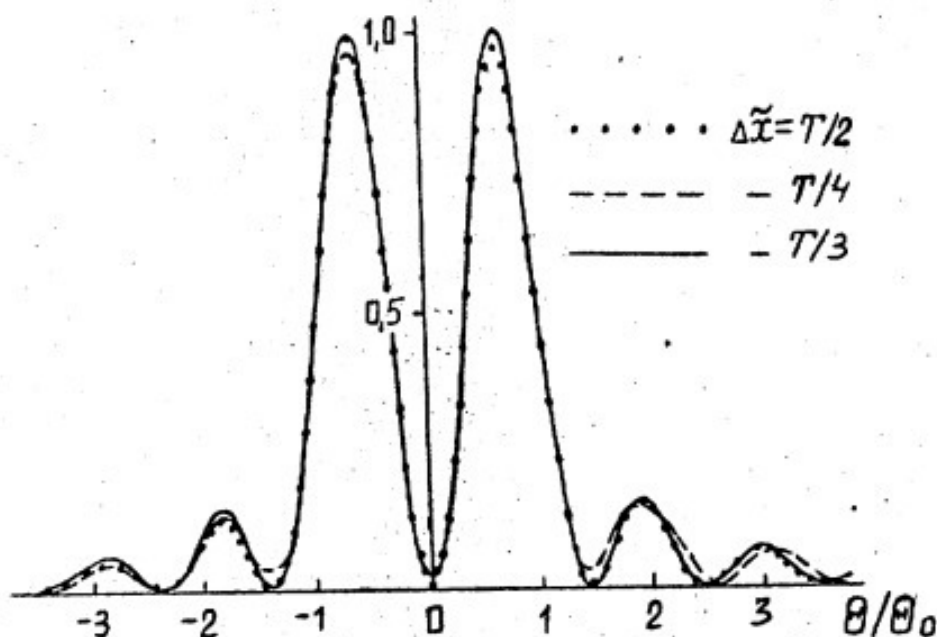
$$z_{pm} = \frac{mT^2}{p\lambda},$$

а глубина канавок  $h$  удовлетворяет соотношению

$$0,05 \lambda \leq h \leq 0,45 \lambda.$$



Фиг. 2

Фиг. 3  $|U|^2/|U_{max}|^2$ 

Фиг. 4

Редактор С. Никитина

Составитель В. Кравченко  
Техред М. Моргентал

Корректор М. Максимишинец

Заказ 2919

Тираж 329

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101