

Без такой предварительной обработки описываемые в статье эффекты не наблюдались.

На рис. 2 представлены спектральные зависимости фотооткликов структуры при двух напряженных смещения (кривые а и б), а также их отношения (кривая в). Измерения проводились при модуляции светового потока с частотой 130 Гц. Из рисунка видно, что в области коротких длин волн смещение всего на 0.2 В приводит к двукратному изменению фотоотклика, тогда как в области длинных волн сигнал практически не меняется с напряжением. Полевая зависимость фотоотклика для света с длиной волны 0.4 мкм представлена кривой г, а ее производная по напряжению $\frac{\partial I_{\phi}}{\partial U}$ - кривой д. Полуширина последней близка к величине $\frac{4kT}{q}$, что согласуется с описанной выше моделью.

Описанная структура может быть использована в колориметрических устройствах и анализаторах спектрального состава излучения благодаря высокой чувствительности к излучению и эффективности управления спектральной зависимостью фотоотклика напряжением.

Институт проблем
материаловедения
АН УССР
Черновицкой отделение

Поступило в Редакцию
21 июня 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 18 26 сентября 1989 г.
07

ЭФФЕКТ ОТОБРАЖЕНИЯ ГИЛЬБЕРТ-ОБРАЗА ПУЧКА ИЗЛУЧЕНИЯ В ИЗОБРАЖЕНИЯХ ФРЕНЕЛЯ ДИФРАКЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ

Э.Н. Балашова, М.В. Неофитный,
В.А. Свич

Известно явление безлинзового отображения Фурье-образа пучка в зоне дифракции Френеля [1-5]. Однако реализовать безлинзовое преобразование Гильберта в указанной зоне дифракции до сих пор не удавалось. С другой стороны, в различных теневых приборах, устройствах распознавания образцов [6-8] существует необходимость данного преобразования.

В настоящей работе сообщается об эффекте наблюдения Гильберт-образа пучка излучения в изображениях Френеля как амплитудной, так и фазовой дифракционной структуры, состоящей из двух участков с различными значениями отношения поперечных размеров штрихов к периоду T их расположения. Геометрия дифракционной структуры, у которой $T, T - d \gg \lambda$, где λ -

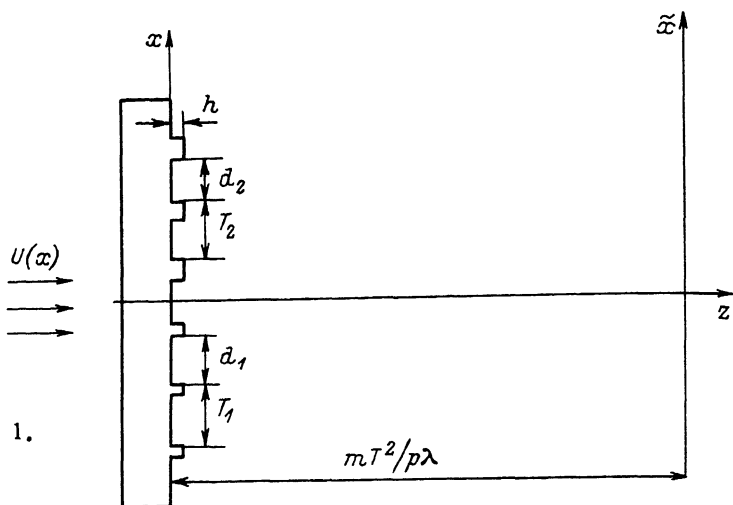


Рис. 1.

длина волны излучения, изображена на рис. 1. Данный эффект состоит в том, что Гильберт-образ пучка отображается в распределении интенсивности дифрагированного поля в некотором дискретном множестве плоскостей наблюдения, определяемых следующим образом

$$z = \frac{mT^2}{p\lambda}, \quad (1)$$

где $m, p = 1, 2, 3 \dots$. Множество значений отношений поперечных размеров штрихов к периоду их расположения является дискретным и удовлетворяет соотношениям

$$\frac{d_1}{T} = 1 - \frac{1}{2|q|}, \quad (2)$$

$$\frac{d_2}{T} = 1 - \frac{3}{2|q|}, \quad (3)$$

где $|q| = 14, 15, 16, \dots, (14+K)$, K - целое, положительное число.

В случае выполнения (2), (3) поля, рассеянные двумя разнородными участками структуры при формировании нескольких, рядом расположенных дифракционных полос в плоскостях, согласно (1), имеют разность хода равную или близкую к $\lambda/2$. Указанный факт позволяет выделить знаковую функцию $\text{sgn}(x)$ в выражении для комплексной амплитуды пропускания дифракционной структуры и тем самым выполнить необходимое условие осуществления преобразования Гильберта.

На рис. 2 приведены численные результаты, позволяющие провести сравнение распределений интенсивности излучения в дифракционных полосах, образующихся на расстоянии от струк-

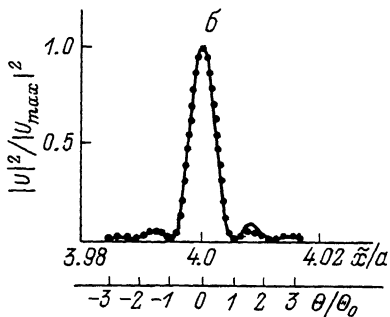
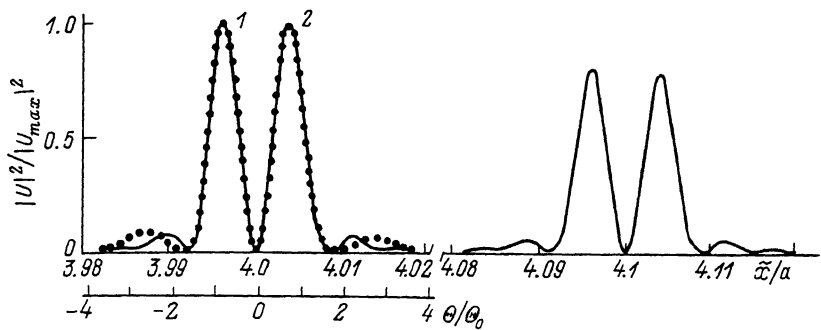


Рис. 2. Относительное распределение интенсивности излучения, $N=10$, $\frac{h}{\lambda} = 0.2$, $\theta = \frac{\tilde{x}}{z}$, $\theta_0 = \lambda/2a$; а - $q = 15$, б - $q = 20$.

туры, задаваемом (1) при $\rho=1$, $m=1$, с Гильберт-образом и диаграммой направленности, полученными в дальней зоне при падении пучка с функцией амплитудного распределения вида

$$U(x) = \text{rect}_a(x), \quad (4)$$

где $2a$ - характерный размер пучка, причем $a = NT$, N - число периодов в пределах каждого из разнородных участков структуры. Расчеты выполнены с использованием дифракционного интервала Фурье-оптики. Сплошными кривыми показаны относительные распределения интенсивности в дифракционных полосах зоны Френеля. Точки на рис. 2, а соответствуют первому дифракционному порядку решетки со сбоем периода [6], выполняющей в дальней зоне преобразование Гильберта пучка вида $\tilde{U}(\omega)$, где знак уголок над функцией означает преобразование Фурье этой функции по частоте ω , равной $\frac{2\pi\tilde{x}}{\lambda z}$. На рис. 2, б точками показана диаграмма направленности пучка (4) в дальней зоне при отсутствии дифракционной структуры. Для сравнения с соответствующими распределениями дальней зоны при дифракционных полосах зоны Френкеля приведена угловая координата θ/θ_0 .

Из графика на рис. 2, а следует, что при $|q| = 15$ относительные угловые распределения интенсивности в рядом расположенных полосах совпадают друг с другом и с распределением в изображении Гильберт-образа в дальней зоне. В плоскостях наблюдения, согласно (1), при $\rho=1$ контрастные Гильберт-полосы расположены с периодом T и их число совпадает с числом

Гильберт-порядков в дальней зоне. Для различных q ниже даны значения числа l рядом расположенных Гильберт-полос, полученных при падении пучка (4):

q	15	20	25	30	35	40	45	50
l	7	9	11	13	15	17	19	21

Из этих данных следует, что при увеличении q происходит увеличение числа Гильберт-полос. В плоскостях наблюдения, соответствующих $\rho \neq 1$, Гильберт-полосы располагаются с периодом T/ρ и происходит их мультиплицирование с коэффициентом, равным ρ . Число наиболее контрастных Гильберт-полос зависит от уровня кривизны волнового фронта падающего пучка и может служить его мерой. Расчеты показали, что уменьшение числа наиболее контрастных Гильберт-полос на одну при $\rho=1, m=1$ соответствует изменению уровня кривизны пучка на 0.16λ .

Функции данного дифракционного элемента не ограничиваются описанным интегральным преобразованием Гильберта. Наряду с дифракционными полосами, которые образуются суперпозицией полей, сдвинутых на $\lambda/2$, в изображениях Френеля существуют полосы, полученные в результате синфазного сложения волн от обоих участников структуры. Последнее обстоятельство позволяет реализовать Фурье-образ падающего пучка. Пример отображения Фурье-образа пучка показан на рис. 2, б. Видно, что угловые распределения интенсивности в полосе Френеля и диаграмме направленности пучка в дальней зоне совпадают. Установлено, что преобразование Гильберта производит операцию визуализации и оконтуривания Фурье-образа падающего пучка. Из рис. 2 следует, что на участках кривой распределения Гильберт-образа, расположенных относительно максимумов 1 и 2 слева и справа соответственно, наблюдается отображение функции $\hat{u}(\omega)$.

Обнаруженный эффект отображения Гильберт-образа пучка позволяет упростить существующие схемы теневых приборов для диагностики фазовых объектов [6-8], совместив в одном дифракционном элементе функции фильтров Гильберта, Фурье и фокусирующего устройства. Исключение из данных схем традиционного фокусирующего устройства расширяет диапазон их применения в сторону больших размеров фазовых объектов и плотностей мощности зондирующих пучков излучения.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Е п и ш и н В.А., Н е о ф и т н ы й М.В. // Квант. электрон. 1982. Т. 9. № 4. С. 718-725.
- [2] Е п и ш и н В.А., Н е о ф и т н ы й М.В. В кн.: Импульсная фотометрия. Л.: Машиностроение, 1984. В. 8. С. 33-35.

- [3] Епишин В.А., Заславский В.Я., Нефитин М.В. // Труды НИИТЛ АН СССР. 1986. с. 200-205.
- [4] Kolodziejczyk A. // Opt. Acta. 1985. V. 32. N 6. P. 741-746.
- [5] Смирнов А.П. // Опт. и спектр. 1987. Т. 62. В. 3. С. 636-643.
- [6] Сороко Л.М. Гильберт-оптика. М.: Наука, 1981. 159 с.
- [7] Городецкая В.И., Кособурд Т.П., Маркус Ф.А. В сб.: Всесоюз. конф. „Оптическое изображение и регистрирующие среды“, Тезисы докладов, Л. 1982, с. 78-79.
- [8] Arbuзов V.A., Poleshuk A.G., Fedorov V.A. // Opt. and Quant. Electron. 1977. V. 9. N 6. P. 455-458.

Харьковский государственный университет им. А.М. Горького

Поступило в Редакцию 6 июня 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 18
Об.2; 12

26 сентября 1989 г.

ФОРМИРОВАНИЕ $p-n$ ПЕРЕХОДОВ МЕТОДОМ ПРЯМОГО СРАЩИВАНИЯ КРЕМНИЕВЫХ ПЛАСТИН (ПСК)

В.М. Волле, В.Б. Воронков, И.В. Грехов,
В.А. Козлов

На сегодняшний день технология формирования кремниевых структур с $p-n$ переходами располагает широким арсеналом сложнейших технологических процессов. Однако большинство из них может быть сведено к комбинациям нескольких базовых методов, которыми являются диффузия, эпитаксия, ионная имплантация. В научных публикациях последних лет сообщается о разработке еще одного нового технологического процесса [1-4], получившего в англоязычной литературе название *SDB*-метода (silicon to silicon direct bonding method), который может в ближайшее время по праву дополнить отмеченный ряд базовых способов формирования полупроводниковых структур на *Si*. Данный метод позволяет осуществить „низкотемпературное“ прямое сращивание кремниевых пластин и открывает широкие возможности конструирования и изготовления кремниевых приборов. Сведения об электрических характеристиках $p-n$ структур, изготовленных методом прямого сращивания кремния, и особенности технологического процесса представлены в имеющихся зарубежных публикациях весьма ограничено в связи с новизной метода, а отечественные публикации по этой тематике нам не известны. Учитывая важность данного метода для технологии производства кремниевых приборов, целью настоящей работы являлась раз-