

Рис. 2

Таким образом, привлечение аналитической связи между амплитудой и фазой при формировании начального приближения итерационных алгоритмов позволяет существенно ускорить процедуру восстановления изображения объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фишер J. R. Phase retrieval algorithms: a comparison // Appl. Opt.—1982.— V. 21, N 15.— P. 2758.
2. Бакалов В. П. Двумерные пространственно-ограниченные непрерывные сигналы, восстанавливаемые по амплитудному спектру // Автометрия.— 1985.— № 2.
3. Бакут П. А., Ряхин А. Д., Свиридов К. Н., Устинов Н. Д. О возможности однозначного восстановления изображения объекта по модулю его пространственного спектра // Оптика и спектроскопия.— 1985.— Т. 58, вып. 4.
4. Аблеков В. К., Колядин С. А., Фролов А. В. Высокора разрешающие оптические системы.— М.: Машиностроение, 1985.

Поступила в редакцию 8 октября 1986 г.

УДК 621.372.029.7

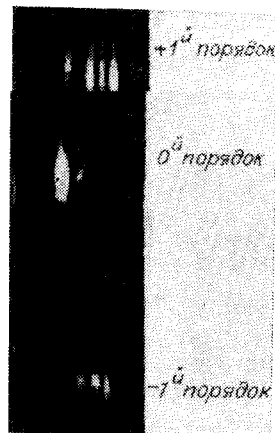
А. В. КАЗАКЕВИЧ, В. Ф. ЛАМЕКИН, А. В. МИРОНОС,
В. Л. СМЕРНОВ
(Москва)

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗБИРАТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ СТРУКТУР, СФОРМИРОВАННЫХ ВОЛНОВОДНЫМИ СВЕТОВЫМИ ПУЧКАМИ

Решение задач оптической обработки информации (ООИ) голографическими методами на основе элементов интегральной оптики (ИО) позволило реализовать новые принципы и способы ООИ, основанные на волноводном распространении света в диэлектрических волноводах [1—3]. Ранее [4] показана возможность управления селективными свойствами волноводных голограмм (ВГ), записанных внешними пучками путем варьирования геометрии записи и величины фотоиндуцированного изменения показателя преломления. Однако ряд задач ООИ предполагает



Рис. 2. Восстановленное изображение пучка на TE_0 -моду



использование ВГ, сформированных и восстановленных непосредственно в волноводном тракте.

В данной работе приводятся результаты исследования пространственно-угловой избирательности голографических структур, полученных при регистрации интерференционной картины двух волноводных пучков составного волновода. В качестве составного волновода в работе использовался пятимодовый диффузионный стеклянный волновод, полученный путем ионного обмена в расплаве KNO_3 , на поверхность которого нанесен слой фоточувствительного халькогенидного стекла As_2S_3 (ХС) толщиной $\sim 0,2$ мкм. Наиболее интересными с точки зрения практического применения являются фокусирующие голографические элементы. В связи с этим исследовались ВГ, записанные сферическими пучками.

Для формирования ВГ применялась двухлучевая схема записи (рис. 1). Ввод и вывод излучения в диффузионный волновод осуществлялся с помощью призмных элементов связи. В приведенной оптической схеме линза фокусировала опорный I_r и объектный I_o лазерные пучки и одновременно, изменяя направление распространения световых лучей, обеспечивала их взаимодействие в волноводе в области расположения фоточувствительного слоя ХС (Ф). Светоделительная пластинка и зеркало позволяли изменять угол падения пучка I_o в плоскости XOZ и тем самым возбуждать различные моды волновода при фиксированном положении волновода относительно опорного пучка. Размер сформированной на длине волны $\lambda = 0,51$ мкм ВГ составлял ~ 300 мкм, что определялось углом между записывающими пучками $\Theta = 7,3^\circ$ и их апертурами $\sim 0,1$ мм.

Поскольку при записи использовались пучки со сферическими волновыми фронтами, то каждый из них в волноводе распространялся в виде набора мод. Наиболее эффективно в объектном луче возбуждалась мода с индексом 2, а в опорном — с индексом 1. В результате ВГ представляла собой сложный фазовый рельеф, образованный при взаимодействии мод волновода, составляющих пучки I_r и I_o . Периодические структуры, составляющие ВГ, отличаются как периодом

$$d_{ij} = \frac{2\pi}{\sqrt{\beta_i^2 + \beta_j^2 + 2\beta_i\beta_j \cos \Theta}}, \quad (1)$$

где β_i — постоянные распространения волноводных мод; i и j — номера соответствующих мод; Θ — угол между пучками, так и фотоиндуцированным изменением показателя преломления, зависящим от эффективности возбуждения и степени локализации в пленке ХС интерферирующих мод. Кроме того, небольшое отличие постоянных распространения мод волновода приводит к биениям интенсивности вдоль оси Z в области взаимодействия световых пучков. Период биений z_{ij} определяется в дан-

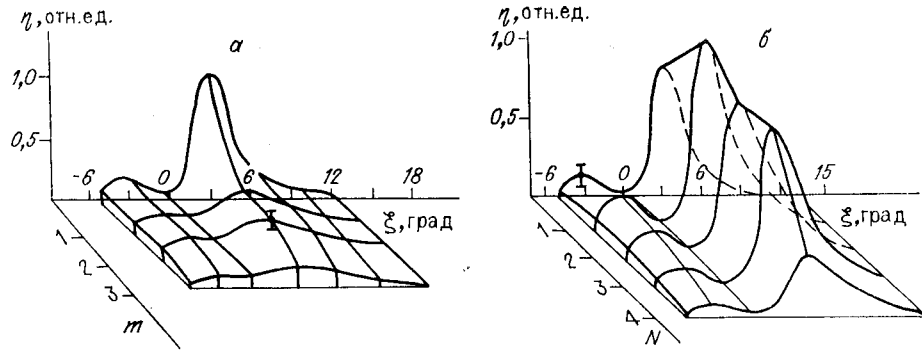


Рис. 3. Угловая зависимость дифракционной эффективности волноводных голограмм при считывании различными модами ($N=0$) (а): ξ — угол в плоскости YOZ , отсчитываемый от оси OZ ; m — индекс считывающей моды; угловая зависимость дифракционной эффективности волноводных голограмм различных мод при считывании TE_0 -модой ($m=0$) (б): N — индекс восстановленной моды

ном случае следующим образом:

$$z_{ij} = \frac{\lambda}{n_j^* - n_i^*},$$

где n_q^* — эффективный показатель преломления моды q . Для исследуемой структуры $z_{ij} \sim 600$ мкм, что превышает размер голограммы. При формировании ВГ больших размеров и (или) голограмм, осуществляющих связь мод с $i \gg j$ (в том числе и с излучательными модами), следует учитывать наличие биений.

Считывание осуществлялось пучком света длиной волны $\lambda = 0,63$ мкм с плоским волновым фронтом. Фотография картины в дальней зоне, полуплоской при восстановлении ВГ TE_0 -модой, приведена на рис. 2. Как видно из рисунка, при считывании составной фазовой голографической структуры восстанавливались практически все моды волновода.

Зависимость дифракционной эффективности (ДЭ) ВГ от угла падения считывающего луча в плоскости волновода (угол ξ) и от индексов считывающей и восстановленной мод (m и N соответственно) изображена на рис. 3. На рисунке для сравнения приведены ДЭ +1-го порядка для угла Брегга $\xi_B = 4,56^\circ$ и -1-го порядка для $\xi_B = -4,56^\circ$. В окрестности $\xi = 0^\circ$ интенсивности обоих пучков сравниваются (режим дифракции Рамана — Ната). Ширина брегговского резонанса по половинному уровню ДЭ (см. рис. 3) ВГ составляет $\sim 1,1^\circ$, в то время как избирательность объемной голограммы толщиной 300 мкм характеризуется более узкой зависимостью ДЭ от угла падения считывающего пучка $-0,1^\circ$ [5]. Это, по-видимому, объясняется тем, что с фазовым профилем взаимодействует не весь световой пучок, а лишь часть, проникающая в покровный слой. По мере взаимодействия часть излучения, распространяющегося в пленке ХС, дифрагирует. При этом за счет перераспределения мощности происходит восстановление поперечного распределения поля моды волновода, в результате чего локализованная в области ВГ световая волна при считывании непрерывно «подкачивается».

Особенности распространения света в составном волноводе оказывают влияние не только на угловую селективность ВГ, но и на преобразование мод, происходящее на сложном фазовом рельефе голограммы. Конверсия волноводных мод на исследуемой голографической структуре представлена на рис. 4 для углов $\xi_B = \pm 4,56^\circ$. Увеличение ДЭ ВГ при считывании TE_0 обусловлено повышением степени локализации поля моды в покровном слое ХС при уменьшении индекса моды [6]. Максимумы на восстановленных модах с $N=2$ (рис. 4, а) и $N=1$ (рис. 4, б) связаны с наиболее эффективным их возбуждением на стадии регистрации ВГ.

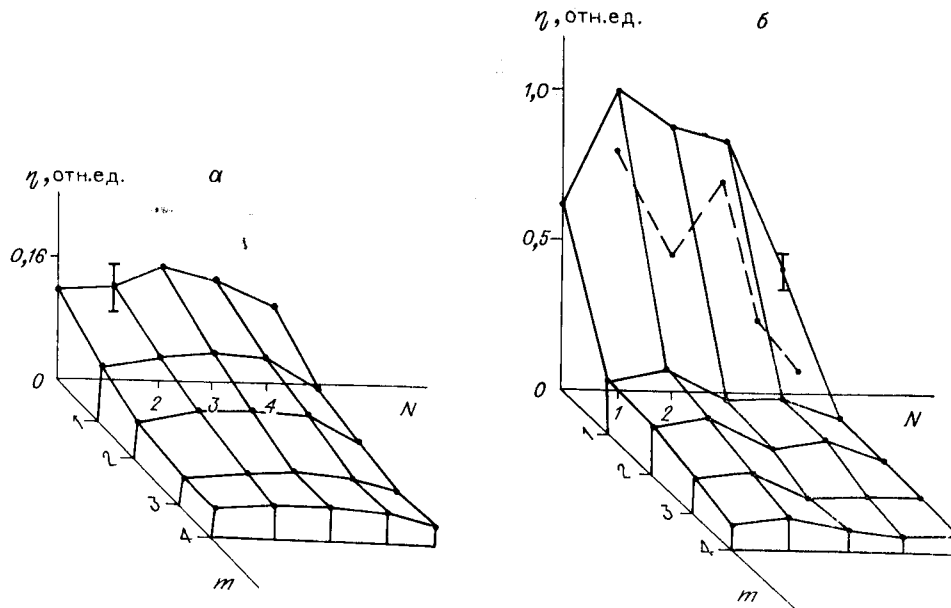


Рис. 4. Угловая зависимость дифракционной эффективности волноводных голограмм от индексов считывающих m и восстановленных N мод для углов $\xi = -4,56^\circ$ (а) и $\xi = 4,56^\circ$ (б): штриховой линией изображена дифракционная зависимость волноводной голограммы с $N = 1$ от индекса считывающей моды с учетом степени локализации в области фазового профиля голограммы, рассчитанной по формуле (1)

Степень локализации поля моды в области голографической структуры можно оценить с помощью параметра A_q для исследуемой системы ТПВ — диффузионный волновод [6].

Распределение показателя преломления диффузионного волновода $n_2(z)$ измерялось в соответствии с [7] и при вычислении интеграла в выражении для A_q [6] аппроксимировалось ломаной [8]. Для исследуемой волноводной структуры получены соотношения параметра A_q для различных мод волновода:

$$A_0 : A_1 : A_2 : A_3 : A_4 = 1 : 0,3 : 0,21 : 0,14 : 0,09$$

— и тем самым учтено различие проникновения полей мод в покровный слой составного волновода (см. рис. 4, б, штриховая линия).

Таким образом, при взаимодействии волноводных пучков, распространяющихся в виде набора мод, в фоточувствительном покровном слое формируется сложный фазовый рельеф. Отметим, что при интерференции мод с одинаковыми постоянными распространения регистрируется голографическая структура, аналогичная периодическим структурам в объемной голографии [3], что обеспечивает дополнительные по сравнению с объемной голографией возможности для реализации устройств ООИ на основе принципов ИО. Угловая избирательность ВГ, сформированных волноводными модами в покровном слое составного волновода, определяется, как и в случае традиционной голографии, углом между записывающими пучками, размерами пучков и величиной фотоиндуцированного изменения показателя преломления. Однако ВГ на составном волноводе менее избирательны по сравнению с объемными аналогами. ВГ, записанные в ТПВ, по-видимому, не должны уступать по селективным свойствам объемным голограммам. Однако в этом случае необходимо учитывать перекрытие полей взаимодействующих по толщине волновода мод при записи, а также считывающей моды с фазовым профилем ВГ. Что касается конверсии мод на ВГ, то эффективность записи и считывания в волноводной составной структуре существенным образом зависит от индекса

моды из-за различной степени локализации светового поля в покровном слое.

Авторы выражают благодарность В. Н. Дроздовскому и Н. В. Гусак за помощь в проведении и обработке эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вебер К. М. Интегрально-оптические методы численной обработки данных // ТИИЭР.— 1984.— Т. 72, № 7.
2. Бекер Р. А., Вудворт Ч. Э. Широкополосные электрооптические волноводные аналого-цифровые преобразователи // Там же.
3. Мирвицкий Д. И., Будаган И. Ф., Дубровин В. Ф. Микроволноводная оптика и голография.— М.: Наука, 1983.
4. Казакевич А. В., Ламекин В. Ф., Миронос А. В., Смирнов В. Л. Волноводные голограммы на составных волноводных структурах // Автометрия.— 1986.— № 6.
5. Гальперн А. Д., Парамонов А. А. О влиянии условий записи и восстановления на угловую селективность голограмм // Оптика и спектроскопия.— 1983.— Т. 55, вып. 5.
6. Спихальский А. А. Повышение процесса эффективности дифракции на гофрированных участках оптических волноводов // Квантовая электрон.— 1984.— Т. 11, № 9.
7. Колосовский Е. А., Петров Д. В., Царев А. В. Численный метод восстановления профиля показателя преломления диффузионного волновода // Квантовая электрон.— 1981.— Т. 8, № 12.
8. Marcuse D. Direct index measurement of diffused channel waveguides // IEEE J. Quant. Electron.— 1973.— V. QE-9, N 10.— P. 1000.

Поступила в редакцию 11 августа 1986 г.

УДК 681.3.06.51

Е. А. ВАЩЕНКО, В. И. ЖУК, Т. И. КАЛАГИНА

(Москва)

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ И ИСПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММ МНОГОМЕРНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ

Введение. К системам математического обеспечения многомерной регистрации спектров в ядерной физике низких и средних энергий традиционно предъявлялись требования повышения «универсальности» и «гибкости», вызванные разнообразием спектрометрических задач и необходимостью их оперативного изменения [1—3]. Этим требованиям пытались удовлетворить, создавая комплексы модульных программ с параметрическим управлением (настройкой) [2]. Но «универсальность» таких комплексов даже в пределах некоторого класса задач регистрации спектров недостижима, поскольку всегда имеется часть задачи, изменение которой требует разработки отдельных, иногда существенных частей программы вручную. Облегчить изменение программ можно при помощи высокоуровневых процедурных языков программирования задач регистрации спектров (см., например, [4, 5]). Однако эти языки не избавляют от необходимости переделки программ и обладают ограниченными возможностями. Альтернативой созданию таких комплексов фиксированных программ является автоматическое построение изменяемой части программ на основе описания задачи регистрации спектров. Это позволит в максимальной степени сократить трудозатраты и сроки построения программ регистрации спектров при постановке новых экспериментов. В данной статье описываются принципы построения системы СПЕКТР-А автоматического формирования и исполнения программ для некоторого класса задач многомерной регистрации спектров.