

мум направлен по биссектрисе первого квадранта) можно создать токами на двух взаимноперпендикулярных прямых $\vartheta^1 = 0$ и $\vartheta^2 = \pi/2$ ($q=2$). Условие на четыре числа (4) будет выполнено, если диаграмма будет не слишком узкой. Численный расчет показал, что аппроксимируемы только диаграммы с $\beta \leq 1.76$, т.е. с полушириной (по уровню $1/e$) больше 98° . Диаграмма Π -образная может быть аппроксимирована (но, разумеется, не реализована), если ее полуширина не меньше 90° .

Если $F(\vartheta^1)$ должна быть аппроксимирована совместным действием токов на прямых и еще некоторых других токов, создающих заданную диаграмму $F_0(\vartheta^1)$, то необходимое и достаточное условие будет, вообще говоря, мягче. Сформулированным после (4) свойством должны тогда обладать не $2q$, а $2q + 1$ неотрицательных числа — к $2q$ чисел в (4) добавляется число $|F_0(\vartheta^1)|$, где F_0 построено из F_0 по формуле (2).

Институт радиотехники
и электроники АН СССР,
Москва

Поступило в Редакцию
12 января 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 11

12 июня 1989 г.

06.3; 07

ЗАПИСЬ НАЛОЖЕННЫХ ГОЛОГРАММ ОПОРНЫМИ ВОЛНАМИ, КОДИРОВАННЫМИ ПРИ ПОМОЩИ МНОГОКАНАЛЬНОГО ФАЗОВОГО ВОЛНОВОДНОГО МОДУЛЯТОРА

Ю.А. Б ы к о в с к и й, В.Г. Ж е р е г и,
Ю.Н. К у л ь ч и н, Ю.Д. П о р я д и н,
В.Л. С м и р н о в, Н.Н. Ф о м и ч е в

Пространственно-временное кодирование световых волн открывает возможности ассоциативного поиска и ввода информации, мультиплицирования изображений, увеличения объема голографической памяти и т.д. в оптических процессорах [1-4]. Как правило, кодирование волн производится при помощи управляемых транспарантов [2, 5, 6]. Однако эффективность таких устройств, особенно для обработки информации в реальном времени, пока еще не достаточна, что сдерживает развитие оптических вычислительных средств [3]. В настоящее время разработаны и созданы малогабаритные и быстродействующие интегрально-оптические модуляторы света, которые уже нашли ряд применений при обработке периодических электрических сигналов [7-9]. Широкая полоса частот (до ~ 1 ГГц) и низкие управляющие напряжения делают такие устройства перспективными для создания на их основе пространственно-временных модуляторов света. Поэтому целью настоящей работы явилось исследование возможности использования многоканального фазового волноводного

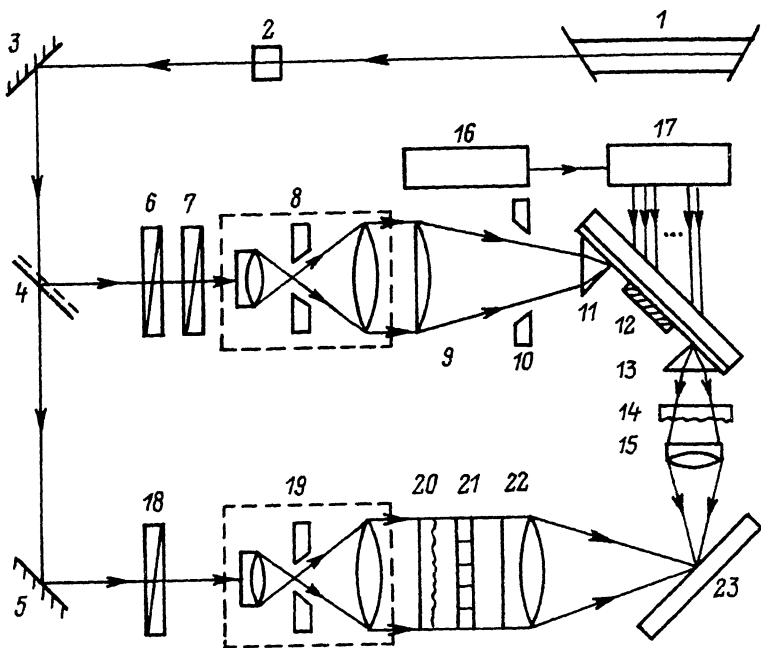


Рис. 1. 1—He-Ne лазер; 2 — оптический затвор; 3—5 — зеркала; 6, 7, 18 — поляризаторы; 8, 19 — коллиматоры; 9 — цилиндрическая линза; 10 — щелевая диафрагма; 11, 13 — призмы связи; 12 — система канальных волноводов модулятора; 14, 20 — диффузные рассеиватели; 15, 22 — Фурье-объективы; 16 — источник полуволнового напряжения; 17 — коммутатор каналов; 21 — экран с отверстиями; 23 — голограмма.

модулятора света для кодирования опорных волн при записи наложенных голограмм.

Многоканальный волноводный модулятор представлял собой систему канальных волноводов, сформированных между прямолинейными границами электродов из Al , нанесенных на поверхность одномодового планарного волновода из $Ti:LiNO_3$, Y - среза. Размещение и конфигурация электродов подбирались таким образом, чтобы в каждом канале можно было производить независимую модуляцию фазы каналируемой волны за счет поперечного эффекта Поккельса [9]. Каналы, общим числом 26, ориентировались по нормали к оптической оси кристалла, период их следования 40 мкм, длина 1 см, ширина 7 мкм. Для излучения с длиной волны $\lambda = 0.63$ мкм полуволновое напряжение в каналах составило $U_{\lambda/2} \approx 4.5$ В. Ввод и вывод излучения в модуляторе производились призмами связи из $LiNbO_3$.

В волноводе возбуждалась TM_0 -мода с плоским волновым фронтом в направлении оптической оси кристалла, которая интенсивно поглощалась под электродами, вследствие чего излучение могло распространяться только по каналам. Коммутацией подключения каналов к источнику полуволнового напряжения формировались фазоманипулированные по пространству световые сигналы. В таком режиме работы многоканальный волноводный модулятор представлял собой одномерный управляемый фазовый транспарант. В работах [4, 5] показано, что для кодирования световых волн с использованием фазовых транспарантов, наиболее подходящими оказываются псевдослучайные M -последовательности, обладающие хорошими корреляционными свойствами. Уровень шумов от взаимных помех при записи наложенных голограмм опорными волнами, кодированными такими последовательностями, определяется величиной отношения боковых выбросов функции взаимной корреляции сигналов к основному выбросу функции автокорреляции, и составляет величину $\alpha = (1.4-5.1)/\sqrt{N}$ где N — длина последовательности (в нашем случае число каналов) [4, 11]. Как видно, корреляционные свойства сигналов, кодированных M -последовательностями, возрастают с увеличением N . Кроме того, в пределах одного семейства последовательностей можно всегда выбрать такие последовательности, которые по отношению друг к другу демонстрировали бы хорошие корреляционные качества [10, 11].

В данной работе для кодирования световых сигналов использовались M_2^4 — последовательности длиной в 15 элементов, что позволяло полностью разместить их на базе модулятора. Согласно [4], для таких последовательностей значения для α находятся в пределах от 0.3 до 1.3. Экспериментально измеренное распределение интенсивности поля сигналов взаимной корреляции M_2^4 — последовательностей показало, что значения для α находятся в пределах от 0.21 до 0.96. В связи с этим для минимизации величины перекрестных помех кодирование опорных волн производилось двумя последовательностями (100011110101100) и (0011000111101011), для которых измеренное значение $\alpha = 0.21$. Для двух наложенных голограмм такое значение α , согласно [1, 4], должно обеспечить отношение сигнал/шум в восстановленном изображении ~ 1.25 .

Схема установки для записи наложенных голограмм Фурье кодированными опорными волнами приведена на рис. 1. В качестве объектов голографирования выбирались поочередно открываемые отверстия в непрозрачном экране (рис. 2,а). При записи голограмм в опорном и предметном лучах использовалось диффузное освещение, которое не ухудшает корреляционных характеристик опорных волн [1, 5], но позволяет обеспечить равномерное распределение интенсивности в плоскости регистрации. Запись голограмм площадью $\sim 1 \text{ см}^2$ производилась на фотопластинках типа ВР-Л. Экспозиция каждой наложенной голограммы подбиралась таким образом, чтобы их дифракционная эффективность после отбеливания была одинаковой $\sim 6\%$. Кодирование опорных волн осуществлялось при использовании 15 каналов модулятора, для чего апертура волны, вводимой в вол-

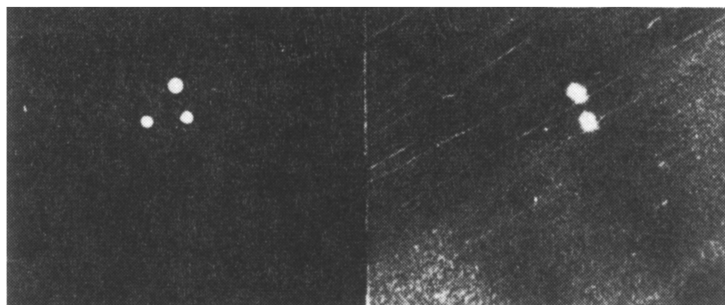
α δ  β 

Рис. 2. а - фотография экрана с отверстиями; б - фотография изображения, записанного с использованием последовательности (10011110101100); в - фотография изображения, записанного с использованием последовательности (01000111101011).

новод, ограничивалась щелевой диафрагмой. На рис. 2,б,в приведены фотографии восстановленных с голограммы двух наложенных изображений. Как видно, изображения достаточно хорошо разделяются и интенсивность мешающих изображений не превосходит интенсивности диффузного фона. Измеренное отношение сигнал/шум в восстановленном изображении оказалось несколько выше полученной оценки и составило 1.31.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что волноводные многоканальные фазовые модуляторы могут использоваться как управляемые транспаранты в устройствах кодирования опорных волн. Увеличение числа каналов в модуляторах позволит в дальнейшем использовать M -последовательности с большими длинами, а значит, формировать световые сигналы с улучшенными корреляционными свойствами, что позволит увеличить плотность записи информации на голограммах.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] К о л ь е р Р., Б е р к х а р т К., Л и н Л. Оптическая голография. М.: Мир. 1973. 686 с.

- [2] Оптическая голография. / Под ред. Г. Колфилда. М.: Мир. 1982. Т. 1,2, 730 с.
- [3] Акаев А.А., Майоров С.А. Оптические методы обработки информации. М.: Высшая школа. 1988. 237 с.
- [4] Морозов В.Н. // Квантовая электроника. 1977. Т. 4. № 18. С. 1694-1701.
- [5] Васильев А.А., Компанец И.Н., Котова С.П., Морозов В.Н. // Автометрия. 1979. № 1. С. 10-19.
- [6] Вовк Ю.В., Щепеткин Ю.А. // Автометрия. 1979. № 1. С. 60-65.
- [7] Тейлор Х.Ф. // ТИИЭР. 1987. Т. 75. № 11. С. 97-110.
- [8] Семенов А.С., Смирнов В.Л., Шмалько А.В. // Квантовая электроника. 1987. Т. 14. № 7. С. 1319-1360.
- [9] Букреев И.Н., Венедиктов В.В., Горбатовский М.В., Демина Т.П., Кашинцев М.А., Порядин Ю.Д., Паппэ Г.Е., Фомичев Н.Н., Шимко А.А. // Квантовая электроника. 1988. Т. 15. № 6. С. 1292-1296.
- [10] Шумоподобные сигналы в системах передачи информации. / Под ред. В.Б. Пестрякова. М.: Советское радио. 1973. 423 с.
- [11] Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. М.: Радио и связь. 1985. 384 с.

Московский инженерно-физический институт

Поступило в Редакцию
20 февраля 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 11

12 июня 1989 г.

05.2

ТЕОРИЯ ТОРМОЖЕНИЯ ДОМЕННОЙ ГРАНИЦЫ В ФЕРРИТАХ-ГРАНАТАХ С РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫМИ ИОНАМИ

Б.А. Иванов, С.Н. Ляхимец

Известно, что при добавлении редкоземельных ионов (РЗИ) в магнетики интенсивность магнитной релаксации (в частности, декремент затухания спиновых волн δ_K , см. [1] и коэффициент трения η доменной границы (ДГ), см. [2]) резко увеличивается. Мы покажем, что вклад в η определяется модуляцией уровней РЗИ в переменном эффективном (обменном) поле, связанном с движущейся ДГ, т.е. механизмом продольной (или медленной) релаксации (ПР).

1. Рассмотрим РЗИ в феррите-гранате (ФГ). В n -уровневой модели гамильтониан РЗИ, находящегося в α -й кристаллографи-