

решение которой позволяет оценить погрешности задания весов разрядов и вычислить корректирующие поправки характеристики преобразования [1, 2, 6]. Аналогичные системы могут быть сформированы и для учета нелинейных эффектов дискретного делителя [8].

1. Смолов В. Б., Угрюмов Е. П., Шмидт В. К. и др. Микроэлектронные цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи/Под ред. В. Б. Смолова.— Л.: Энергия, 1976.
2. Вьюхин В. Н., Касперович А. Н. Вопросы проектирования аналого-цифровых преобразователей предельной разрядности // Автометрия.— 1985.— № 5.
3. Williams T. B. The calibration of a DAC using differential measurements // IEEE Trans. on Instrum. and Measurements.— 1982.— IM-31, N 4.— P. 261.
4. Кондалев А. И., Багацкий В. А., Романов В. А., Фабричев В. А. Преобразователи формы информации для малых ЭВМ/Под ред. А. И. Кондалева.— Киев: Наук. думка, 1985.
5. А. с. 1302435 СССР. Цифроаналоговый преобразователь с автоматической коррекцией нелинейности/А. А. Ворогов, Р. И. Грушвицкий, А. Х. Мурсаев, В. Б. Смолов.— Оpubл. 7.04.87. Бюл. № 13.
6. А. с. 1305851 СССР. Параллельно-последовательный аналого-цифровой преобразователь/А. А. Ворогов, Р. И. Грушвицкий, А. Х. Мурсаев и др.— Оpubл. 23.04.87. Бюл. № 15.
7. Смолов В. Б., Мурсаев А. Х., Ворогов А. А., Могнонов П. Б. Модифицированный алгоритм автокоррекции нелинейности цифроаналоговых преобразователей и его реализация // Гибридные вычислительные машины и комплексы.— 1987.— Вып. 10.
8. А. с. 1325694 СССР. Способ калибровки линейности цифроаналогового преобразователя/В. Б. Смолов, А. Х. Мурсаев, Р. И. Грушвицкий, Б. А. Манчев.— Оpubл. 23.07.87. Бюл. № 27.

Поступило в редакцию 27 июня 1988 г.

УДК 621.372.8 : 666.11.01

В. А. НИКИТИН, И. А. ПРОХОРОВА, Е. Б. ХОТНЯНСКАЯ, Н. А. ЯКОВЕНКО
(Краснодар)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СТЕКОЛ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕГРАЛЬНО-ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Для создания различных интегрально-оптических элементов и устройств необходимо поиск новых материалов и технологических процессов, позволяющих формировать волноводные структуры.

Наряду с оптическими стеклами (К8, БК, КФ, ЛК и др.), широко используемыми в качестве подложек при изготовлении пассивных интегрально-оптических волноводов [1, 2], в последнее время находят применение светочувствительные стекла, которые могут быть эффективны при создании фотоуправляемых интегрально-оптических волноводов [3, 4].

Цель настоящей работы — исследование возможности формирования интегрально-оптических волноводов на светочувствительном стекле с одновременным созданием на его основе оптического элемента связи интегральной схемы со световодами.

В качестве подложки в процессе изготовления интегрально-оптических волноводов использовалось светочувствительное стекло С83-1, содержащее 74,2 % SiO₂, 10,6 % Li₂O, 8,5 % Al₂O₃, 4,2 % K₂O, 2,5 % ZnO с добавкой 0,04 % Ag₂O (фотоувствительный компонент) и 0,04 % Sb₂O₃ (сенсibilизатор и термовосстановительный реагент).

Волноводы формировались при помощи ионного обмена $Li^+ \leftrightarrow K^+$ и $Li^+ \leftrightarrow Ag^+$ из расплавов KNO₃ и смеси AgNO₃ + NaNO₃. Для этого подложки светочувствительного стекла помещались в расплав соответствующих солей, находящихся при температуре 300—350 °С, и выдерживались в них от 0,5 мин до 5 ч. Таким образом были получены как одномодовые, так и многомодовые (до 34 мод на $\lambda = 0,633$ мкм) планарные волноводы. Методом призмной связи с помощью гониометра Г5 измерены эффективные показатели преломления волноводных мод n^* .

© 1999 Иикитин В. А., Прохорова И. А., Хотнянская Е. Б., Яковенко Н. А.

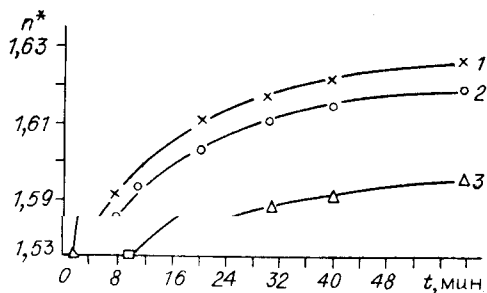


Рис. 1. Зависимость n^* от времени диффузии для стекол С83-1 (1—3) и К8 (4):

1 — $\text{AgNO}_3 + \text{NaNO}_3 = 10 : 1$; 2 — $\text{AgNO}_3 + \text{NaNO}_3 = 1 : 10$; 3 — $\text{AgNO}_3 + \text{NaNO}_3 = 1 : 100$; 4 — $\text{AgNO}_3 + \text{NaNO}_3 = 1 : 10$ (при $T = 300^\circ\text{C}$)



Рис. 1 характеризует изотермические зависимости эффективных показателей преломления TE_0 -моды ионообменных волноводов от времени диффузии в стекле С83-1. Здесь же приведена зависимость n^* волноводов, создаваемых в стекле К8 при тех же условиях.

Анализ графиков показывает, что n^* волноводов, сформированных на стекле С83-1, значительно больше, чем волноводов, получаемых на стекле К8, и достигает значений $n^* = 1,627$. Это обусловлено более высоким содержанием ионов щелочных металлов в стекле С83-1 по сравнению со стеклом К8.

Используя стандартный метод Вентцеля — Крамерса — Бриллюэна, по полученным значениям n^* рассчитывался показатель преломления n_0 на поверхности волновода и определялось $\Delta n = n_0 - n_\infty$, где n_∞ — показатель преломления подложки. Максимальное изменение показателя преломления волноводов, сформированных при помощи ионного обмена из расплавов AgNO_3 и NaNO_3 , достигало $\Delta n = 0,12$.

Однако световые потери, обусловленные в основном коллоидной окраской, составили 3—5 дБ/см. Снижением температуры ионного обмена $\text{Li}^+ \leftrightarrow \text{Ag}^+$ до 220°C удастся значительно уменьшить коллоидную окраску и получить волноводы с потерями 1 дБ/см на длине волны 0,633 мкм при $\Delta n = 0,09$.

Волноводы, получаемые в результате ионного обмена $\text{Li}^+ \leftrightarrow \text{K}^+$ из расплава KNO_3 , не имеют коллоидной окраски, поэтому потери в них менее 1 дБ/см.

Наличие в составе стекла С83-1 окислов серебра и сурьмы обуславливает его светочувствительность и позволяет создавать в нем углубления различной формы по методике, описанной в [5].

С целью создания оптического элемента связи интегральной схемы со световодами, осуществляющими ввод и вывод оптического излучения, пластинка из стекла С83-1 подвергалась облучению ультрафиолетовым излучением ($\lambda = 0,300-0,350$ мкм) через заданный фотошаблон. При этом в результате облучения при температуре около 550°C по всему объему облученной части стекла возникают коллоидные частицы серебра, которые коагулируют и образуют кристаллические зародыши. Затем температура повышается на 50°C . Стеклянная подложка выдерживается при этой температуре до образования возможно большего числа микрокристаллов. Закристаллизованная часть стекла обладает повышенной растворимостью в слабом растворе HF по сравнению с необлученной и незакристаллизованной. Это позволяет получать в стекле углубления различной конфигурации и ширины. Эти углубления можно использовать для укладки оптических волокон в процессе их стыковки как друг с другом, так и с интегрально-оптическими волноводами. На рис. 2 приведен внешний вид многомодовых оптических волокон диаметром 125 мкм и с диаметром световедущей жилы 50 мкм, уложенных в направляющие канавки, полученные в стекле С83-1.

Применение единого фотошаблона в процессе изготовления интегрально-оптических волноводов и указанных канавок для оптических волокон позволяет довольно просто достигнуть высокой точности их совмещения.

Таким образом, использование светочувствительных стекол дает возможность на единой подложке формировать волноводные структуры и создавать систему канавок для укладки и фиксации оптических волокон, стыкуемых с интегральной схемой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дорош В. С., Одувалина И. А., Хотнянская Е. Б. и др. Исследование оптических свойств диффузионных волноводов на стеклах // ЖТФ.— 1983.— 53, № 9.
2. Петровский Г. Т., Агафонова К. А., Мишин А. В. и др. Многомодовые планарные волноводы, полученные методом ионообменной обработки стекла в расплавах // Физика и химия стекла.— 1982.— 8, № 3.

3. Барков А. П., Дорош В. С., Прохорова И. А. и др. Фотоуправляемые оптические волноводы на основе ситалловых стекол/КубГУ.— Краснодар, 1984.— Рукопись деп. в ВИНТИ, № 5409.
4. Петровский Г. Т., Агафонова К. А., Мишин А. В. и др. Фотоуправляемые планарные волноводы на основе фотохромного стекла // Квантовая электрон.— 1981.— 8, № 10.
5. Иванов В. Н., Никитин В. А., Никитина Е. П. и др. Получение полосковых волноводов с прогнозируемой формой поперечного сечения методом электростимулированной диффузии // ЖТФ.— 1983.— 53, № 10.

Поступило в редакцию 25 мая 1988 г.

УДК 535.317.1

Ю. А. БЫКОВСКИЙ, Ю. Н. КУЛЬЧИН, В. Л. СМЕРНОВ
(Москва)

ЗАПИСЬ НАЛОЖЕННЫХ ГОЛОГРАММ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДОВ

Использование пространственно-модулированных (кодированных) опорных волн сделало возможным проведение таких операций оптической обработки информации, как ассоциативный поиск, мультиплицирование изображений, запись наложенных голограмм и т. д. [1, 2]. В настоящее время предложен ряд способов кодирования опорных волн. Они включают в себя изменение угла наклона опорной волны по отношению к плоскости голограммы [3] и использование протяженных источников опорного луча таких, как диффузные экраны [1] и пространственные модуляторы света [4, 5]. Однако все известные способы усложняют устройства обработки, требуют больших управляющих напряжений и в ряде случаев не удовлетворяют требованиям по быстродействию и надежности [6].

Ранее, в [7, 8], сообщалось об использовании пространственно-неоднородных опорных волн, излучаемых из многомодовых волоконных световодов (ВС), для записи фурье-голограмм. Волновой фронт излучения из многомодовых ВС по своей структуре близок к фронту волны, формирующейся после прохождения когерентного излучения через диффузные экраны, которые являются идеальными средствами кодирования. Современное развитие элементной базы волоконно-оптических линий связи, а также технологии производства оптических волокон открывает перспективы по совершенствованию устройств обработки информации, уменьшению габаритов, увеличению надежности и быстродействия. Поэтому цель настоящей работы — изучение возможности использования многомодовых ВС для кодирования опорных волн при записи наложенных голограмм.

Задача кодирования опорного луча состоит в получении δ -коррелированных волн, т. е. волн, для которых функция автокорреляции (АК) близка к δ -функции, а функция взаимной корреляции (ВК) — к нулю [1]. Для удовлетворения этому условию необходимо иметь протяженный источник опорной волны, который является аналогом источника белого шума. В таком случае фаза волны, излучаемой протяженным источником, меняется случайным образом в интервале от 0 до 2π и имеет множество градаций. При прохождении когерентного излучения по многомодовому волоконному световоду каждая мода претерпевает случайные изменения фазы как в результате многократных отражений от границы раздела сердцевина — оболочка, так и из-за рассеяния на неоднородностях световода [9]. Это приводит к тому, что различные моды приобретают случайные распределенные в интервале от 0 до 2π фазовые сдвиги по отношению друг к другу. Поэтому при формировании усредненной по всему ансамблю возможных состояний освещенности выходного торца ВС, представляющей результат интерференции направляемых волн со случайными фазами, ее пространственная структура будет пропорциональна числу мод, сходящихся в данной точке под данным углом по отношению к оси световода. Так как их число пропорционально разности пространственных частот или углов, под которыми моды распространяются в ВС, то, используя [10], можно показать, что средний размер спеклов, формируемых на излучающем торце, будет иметь значение

$$\Delta_s \approx \frac{3\pi}{2} \frac{(\beta_{lm})_c}{\beta_{01}^2}, \quad (1)$$

где β_{01} — константа распространения LP_{01} моды, а $(\beta_{lm})_c$ — константа распространения моды отсечки [9].