

ЗАГЛУБЛЕННЫЕ КАНАЛЬНЫЕ ВОЛНОВОДЫ В ФИЛЬТРАХ ТЕ-МОД ($\lambda = 0.85$ мкм)

С.М.Локтев, Н.М.Лындин, Д.Х.Нурлигареев, В.А.Сычугов, А.В.Тищенко

Интегрально-оптический поляризатор (ИОП) является важным элементом многих интегрально-оптических устройств. Известны различные типы ИОП [1-4]. Хорошие характеристики имеют поляризаторы в виде структуры канальный волновод—буферный слой из прозрачной пленки—металлическое покрытие. Требования, предъявляемые к параметрам буферного слоя, усложняют процесс создания ИОП [5-7]. В связи с этим большой интерес представляет упрощенная структура поляризатора канальный заглубленный волновод—металлическая пленка [8]. Роль буферного слоя в данном устройстве играет область с уменьшенным показателем преломления, образующаяся при заглублении волновода. ИОП такого типа, предложенный авторами работы [8], был реализован как отдельный элемент, допускающий жесткую стыковку с оптическим волокном, и на длине волны $\lambda = 0.63$ мкм имел коэффициент экстинкции 44 дБ. На длине волны $\lambda = 0.85$ мкм характеристики ИОП не были оптимальными и составили соответственно 30 и 6 дБ при длине поляризатора 1 см.

Задача интеграции на одной подложке ИОП с другими элементами вызывает необходимость проведения исследования параметров ИОП как элемента интегрально-оптической цепи. В частности, с требованием повышения плотности оптических цепей связана задача минимизации продольных размеров ИОП при сохранении достигнутых значений коэффициента экстинкции и вносимых потерь.

Для проведения исследований нами был создан рабочий модуль, представляющий собой участок одномодовой интегрально-оптической цепи, на котором осуществляется эффективное подавление TM_{00} -моды, при малых вносимых потерях TE_{00} -моды.

Исследовалось влияние условий изготовления волновода (прямая диффузия) и условий его заглубления (обратная диффузия) на величину коэффициента экстинкции и вносимых потерь на длине волны $\lambda = 0.85$ мкм. Рабочий модуль изготавливался в соответствии с методикой, описанной в работе [8], и представлял собой заглубленный канальный волновод длиной 8 мм, в котором могли распространяться только основные TE_{00} - и TM_{00} -моды и на часть которого была напылена металлическая пленка. Напыление производилось через металлическую маску с шириной щели 3 мм. Маска располагалась на высоте ≈ 50 мкм от поверхности образца, что обеспечивало плавное увеличение толщины алюминиевой пленки от нуля до 1000 Å на длине ≈ 50 мкм, тем самым достигалось эффективное снижение потерь, возникающих на переходных участках между обычным диэлектрическим волноводом и волноводом с металлическим слоем на поверхности [6,9].

Для измерения характеристик модуля использовалась установка, схема которой представлена на рис. 1. Два полупроводниковых лазера 1 и 2 с перекрывающимися линиями излучения ($\lambda = 0.85$ мкм) размещались на

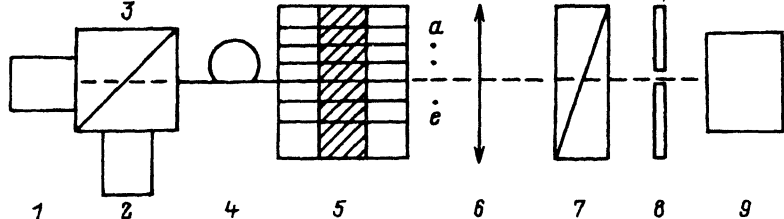


Рис. 1. Оптическая схема измерений.

1, 2 — полупроводниковый лазер; 3 — делительный кубик; 4 — одномодовое волокно; 5 — исследуемый образец с набором канальных волноводов $a, b, в, г, д, е$; 6 — объектив; 7 — анализатор; 8 — диафрагма; 9 — фотоприемник.

независимых микропозиционерах. Посредством делительного кубика 3 взаимно перпендикулярно поляризованное излучение этих лазеров вводилось в одномодовое волокно 4, и его мощность для двух поляризаций была одинакова с точностью $\approx 2\%$. Прошедшее через волокно 4 излучение, степень поляризации которого не превышала 1%, а мощность была стабилизирована на уровне P_0 , вводилось затем в модуль.

Измерение мощности излучения, прошедшего через устройство 5, P_{TM} для TM -поляризации и P_{TE} для TE -поляризации производилось при соответствующем положении анализатора 7. Изображение выходного торца устройства проецировалось на диафрагму 8 перед фотоприемником 9 с помощью длиннофокусного высокоапертурного объектива 6.

Для измерения мощности излучения P_p , рассеянного на переходе волокно—канальный волновод, на диафрагму проецировалось изображение переднего торца образца.

Коэффициент экстинкции K_e , вносимые потери K_n и потери, возникающие при стыковке, $K_{ст}$ находились по формулам

$$K_e = 10 \lg (P_{TE} / P_{TM}), \quad (1)$$

$$K_n = 10 \lg \left[(P_0 - P_p) / (2P_{TE}) \right], \quad (2)$$

$$K_{ст} = 10 \lg \left[P_0 / (P_0 - P_p) \right]. \quad (3)$$

Погрешность при определении потерь и коэффициента экстинкции определялась главным образом нестабильностью мощности излучения полупроводниковых лазеров и не превышала 0.2 и 0.5 дБ соответственно.

Полные потери на стыковку заглубленных канальных волноводов в стекле с одномодовым оптическим волокном составляли от 0.5 до 1.3 дБ и были обусловлены в основном неидеальностью торца рабочего модуля и рассогласованием полей мод волокна и канального волновода.

Измеренная зависимость величины вносимых потерь K_n для TE -поляризации от времени прямой диффузии t_d при временах заглубления t_3 10 (кривая 1), 15 (кривая 2) и 20 мин (кривая 3) представлена на рис. 2. Увеличение времени прямой диффузии в диапазоне от 1 до 2-мин приводит к резкому снижению вносимых потерь от 17–22 до 0.4–0.8 дБ. Процесс заглубления, как видно из рис. 2, приводит к незначительному снижению вносимых потерь в случае малых времен прямой диффузии ($t_d \approx 1$ мин) и практически не влияет на потери в случае времен диффузии $t_d \approx 2$ мин.

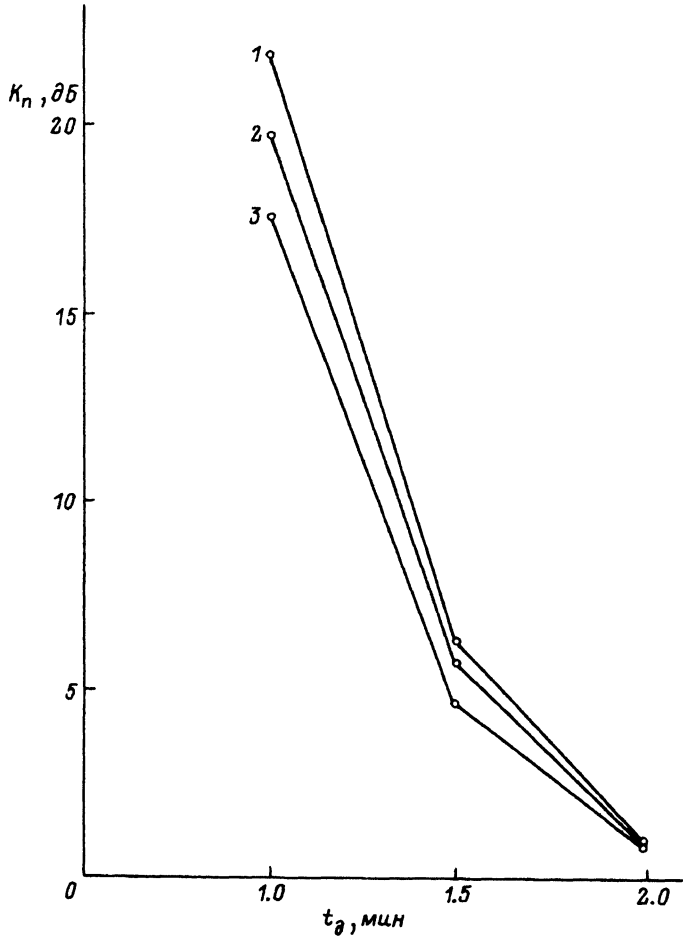


Рис. 2.

Полученная зависимость качественно соответствует приведенной в работе [6] расчетной зависимости нормализованной постоянной затухания от нормализованной толщины волновода и объясняется уменьшением (с увеличением времени t_d) проникновения поля TE_{00} -моды в поглощающий слой. На затухание TM_{00} -моды существенное влияние оказывает наличие поверхностной электромагнитной волны (ПЭВ), которая может распространяться вдоль границы раздела поглощающий материал–волновод. В работах [5–7] теоретически показано, что при соответствующем подборе параметров волноводов и поглощающего металлического слоя возможно достижение фазового синхронизма TM -мод с ПЭВ, при этом зависимость величины вносимых потерь этих мод от параметров волновода имеет резонансный вид. В нашем случае эффективность связи TM_{00} -моды с ПЭВ контролировалась выбором диффузионных параметров процесса изготовления заглубленного волновода. На рис. 3 приведены значения коэффициента экстинкции K_e в зависимости от времени заглубления t_z при времени прямой диффузии 1.5 (1) и 2.0 мин (2). При времени прямой диффузии, равном 1 мин, данные не приведены, по-

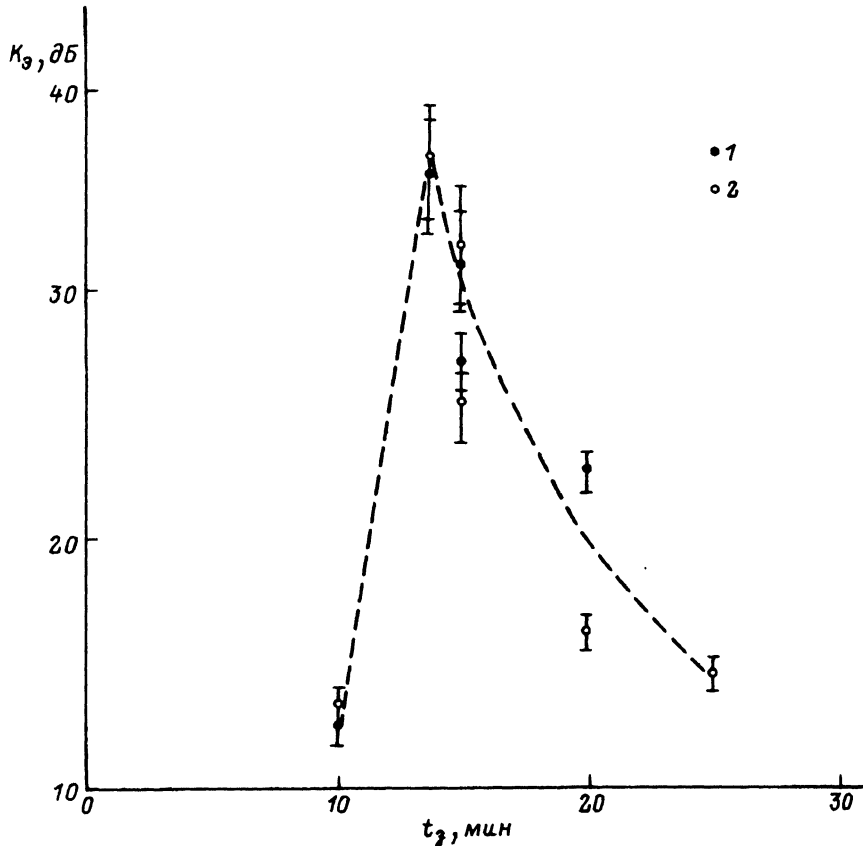


Рис. 3.

сколько не представляют практического интереса ввиду сильного затухания рабочей TE -поляризации.

Представленные данные свидетельствуют, что коэффициент экстинкции имеет максимум, величина и положение которого слабо зависят от времени прямой диффузии. В области, близкой к максимуму, коэффициент экстинкции находится в сильной зависимости от времени заглабления, о чем свидетельствуют большая величина среднего стандартного отклонения (на рис. 3 соответствует длине вертикальных отрезков) для различных каналов одного образца и различие средних значений K_0 для разных образцов, изготовленных при близких значениях времени прямой диффузии и заглабления.

Для исследуемого модуля наибольший коэффициент экстинкции достигал величины ≈ 40 дБ при вносимых потерях для TE -поляризации 1 дБ. Тем самым показана реальная возможность создания на основе заглабленного канального волновода в стекле ИОП, эффективно работающего на длине волны $\lambda = 0.85$ мкм с малыми вносимыми потерями и большими значениями коэффициента экстинкции.

Анализ данных, представленных на рис. 2 и 3, позволяет предложить двухэтапную схему поиска условий изготовления ИОП с оптимальными параметрами. На первом этапе определяется максимальное время

прямой диффузии, при котором сохраняется односторонний режим работы ИОП с минимальными потерями для TE -поляризации. На втором этапе подбирается время заглупления, соответствующее максимальному значению коэффициента экстинкции. Метод двухстадийной ионообменной диффузии широко применяется для создания заглупленных волноводов в различных стеклах и материалах с использованием различных ионов.

Ввиду того что механизм возникновения резонансных потерь для TM -поляризованного излучения не зависит от конкретного механизма, приводящего к образованию волноводного слоя, мы считаем, что разработанный в настоящей работе подход может быть использован при создании ИОП на основе других материалов.

Список литературы

- [1] Findakly T., Chen B. // Electron. Lett. 1984. Vol. 20. N 3. P. 128–129.
- [2] Bristow J.P.G., Nutt A.C.G., Laybourn P.J.R. // Electron. Lett. 1984. Vol. 20. N 25/26. P. 1047–1048.
- [3] Grand G., Valette S. // Electron. Lett. 1984. Vol. 20. N 18. P. 730–731.
- [4] Ctyroky J., Henning H.-J. // Electron. Lett. 1986. Vol. 22. N 14. P. 756–757.
- [5] Polky J.N., Mitchell G.L. // JOSA. 1974. Vol. 64. P. 274–279.
- [6] Yamamoto Y., Kamiya T., Yanai H. // IEEE J. Quant. El. 1975. Vol. QE-11. N 9. P. 729–736.
- [7] Rashleigh S.C. // Opt. and Quant. Electron. 1976. Vol. 8. P. 49–60.
- [8] Дуанов Е.М., Лындин Н.М., Сычугов В.А., Тищенко А.В. // Квантовая электрон. 1987. Т. 14. № 6. С. 1151–1152.
- [9] Kaminow I.P., Mammel W.L., Weber H.P. // Appl. Opt. 1974. Vol. 13. N 2. P. 396–405.

Институт общей физики
Москва

Поступило в Редакцию
24 февраля 1992 г.

04;10;12
© 1992 г.

Журнал технической физики, т. 62, в. 12, 1992

ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПО ГЕНЕРАЦИИ МОЩНЫХ ИОННЫХ ПУЧКОВ В ПЛАЗМОНАПОЛНЕННОМ ДИОДЕ

В.М.Быстрицкий, С.В.Григорьев, А.В.Харлов

Введение

Одна из основных проблем в генерации мощных ионных пучков (МИП) связана с источником МИП — анодной плазмой. Наиболее распространенными источниками анодной плазмы для ионных диодов являются так называемые пассивные источники, в которых плазма образуется при поступлении импульса напряжения на диод за счет пробоя диэлектрических включений на поверхности анода. Такой источник дает многокомпонентный состав ионов, к тому же имеется значительная задержка между началом импульса напряжения и появлением ионного тока [1], что значительно ухудшает эффективность генерации МИП. В связи с этим представляют интерес исследования работы магнитно-изолированного ионного диода (МИД) с активным источником анодной плазмы, позволяющим устранить временную задержку начала генерации ионного пучка и получать МИП с контролируемыми параметрами. В этом случае динамика