

З. Э. Буачидзе, И. В. Василищева, В. Н. Морозов, В. А. Плетнев,
А. С. Семенов, П. В. Шапкин

СОЗДАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ВОЛНОВОДОВ НА ОСНОВЕ CdS_xSe_{1-x}

Методом диффузии созданы и исследованы волноводы на основе твердых растворов CdS_xSe_{1-x} с потерями 9—13 дБ/см. Определен профиль показателя преломления этих волноводов. Фотохимическим травлением на поверхности волноводов записаны дифракционные решетки с разрешением 10^3 лин/мм с глубиной гофра 40 нм.

Создание монолитных интегрально-оптических схем требует поиска различных универсальных материалов для тонкопленочных волноводов и разработки на их основе функциональных элементов и устройств интегральной оптики. Такие материалы должны быть пригодны для создания как активных, так и пассивных элементов.

Полупроводниковое соединение CdS_xSe_{1-x} является одним из тех материалов, на основе которых возможно создание разнообразных волноводных элементов и устройств, объединенных в общей схеме. На основе указанного соединения созданы полупроводниковые лазеры с оптической и электронной накачками [1], фотоприемники [2] и волноводы [3]. Этот материал обладает хорошими акусто- и электрооптическими свойствами [2], что позволяет использовать его для создания тонкопленочных модуляторов света. Большой интерес представляет возможность значительного изменения показателя преломления соединения под действием внешнего оптического сигнала [4, 5], что обеспечивает эффективное управление лучом, распространяющимся по волноводной структуре [6].

Принципиальная возможность создания диффузионных волноводов на основе твердых растворов CdS_xSe_{1-x} была показана еще в [3], однако ряд технологических трудностей, связанных с получением оптически однородных образцов достаточного большого размера, сдерживал исследование таких волноводов. Не были изучены параметры волновода, не определен профиль показателя преломления.

В данной работе исследованы основные характеристики волноводов на основе CdS_xSe_{1-x} и показана их пригодность для создания пассивных элементов интегральной оптики.

Для изготовления волноводов использовались объемные блочные слитки CdS диаметром 25 мм, выращенные методом газотранспортной реакции. Слиток разрезался на пластины, ориентированные по плоскости 0001. Обработка поверхностей пластины проводилась с помощью механической (различные алмазные абразивы) и химико-механической полировок. Химико-механическая полировка осуществлялась на шлифовальном станке, вращающийся диск которого был обтянут тканью, непрерывно смачиваемой химическим травителем. Использовался травитель следующего состава: концентрированная $HCl:C_2H_5OH=1:1$.

Диффузия Se в образцы CdS проходила в кварцевой ампуле в атмосфере аргона. В ампулу помещались также навески серы, селена и порошка сульфида кадмия. Последний препятствовал термическому испарению приповерхностного слоя. Лучшие результаты были получены в следующем режиме диффузии: давление паров серы и селена 1,5 и 1,4 атм соответственно, температура и время диффузии 700 °C и 21 ч.

Ввод излучения He—Ne-лазера ($\lambda=0,63$ мкм) в волновод CdS_xSe_{1-x} и вывод из него осуществлялись призмами из GaP (показатель преломления $n=3,30$). Изучение модового состава волновода проводилось с помощью гониометра Г-5, позволяющего определить углы ввода излучения с точностью до 30'.

Расчет профиля показателя преломления волноводного слоя был проведен методом ВКБ. Восстановление профиля осуществлялось с помощью ступенчатой аппроксимации функции $n(z)$ [7], которая не требует машинных расчетов и обеспечивает удовлетворительную точность.

Результаты расчета для волновода, в котором возбуждались 13 мод, приведены на рис. 1. Глубина диффузионного слоя составляла ~ 12 мкм. На поверхности волновода $x=0,8$. Потери излучения ($\lambda=0,63$ мкм) составляли для различных волноводов 9—13 дБ/см. Кроме того, несмотря на одинаковость условий диффузии, получаемые толщины волноводных слоев в различных образцах заметно отличались (10—17 мкм). Было отмечено, что в подложках CdS с меньшей плотностью вакансий и дислокаций образуются диффузионные волноводы с меньшей толщиной и потерями излучения. Минимальная плотность дислокаций в подложках составляла 10^6 см⁻².

Была проведена запись решетчатой структуры на поверхности волновода. Для этого с помощью He—Cd-лазера ($\lambda=0,44$ мкм) на поверхность волновода проецировалась интерференционная картина в виде набора параллельных полос. Поскольку длина волны записывающего излучения лежит в области собственного поглощения материала волновода, то фотохимическое травление обеспечивает создание на поверхности волновода дифракционной решетки рельефного типа. В качестве травителя использовался 15 %-ный водный раствор соляной кислоты.

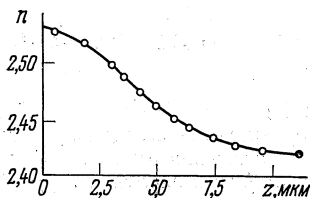


Рис. 1. Профиль показателя преломления диффузионного волновода CdS_xSe_{1-x}

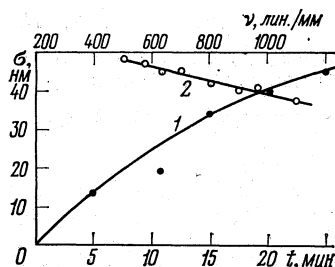


Рис. 2. Зависимость амплитуды гофра от времени экспозиции (1) и от пространственной частоты (2) дифракционной решетки

Профиль полученных решетчатых структур близок к синусоидальному. По измеренной дифракционной эффективности была определена амплитуда модуляции толщины волновода σ (2σ — полная глубина гофра). Установлено, что глубина гофра решеток линейно зависит от времени экспозиции. Отметим также, что глубина гофра, определяемая скоростью травления твердых растворов CdS_xSe_{1-x} , увеличивается с уменьшением концентрации Se.

На рис. 2 показана зависимость амплитуды гофра от времени экспозиции (1) и от пространственной частоты дифракционной решетки ν (2). Как следует из рис. 2, методом фотохимического травления можно создавать решетчатые структуры с разрешением более 10^3 лин/мм.

Таким образом, созданы диффузионные волноводы на основе CdS_xSe_{1-x} с потерями ~ 10 дБ/см. Дальнейшее снижение уровня потерь связано с выращиванием более совершенных крупноблочных кристаллов или монокристаллов CdS с меньшей плотностью дислокаций.

1. О. В. Богданкевич, С. А. Дарзник, П. Г. Елисеев. Полупроводниковые лазеры. — М.: Наука, 1976.
2. И. К. Кикоин. Таблицы физических величин. Справочник. — М.: Наука, 1976.
3. H. F. Taylor, W. E. Martin, D. B. Hall, V. N. Smiley. *Appl. Phys. Letts.*, 21, 95 (1972).
4. П. Д. Березин, З. Э. Буачидзе, А. С. Семенов, Н. П. Удалов, П. В. Шапкин. *Квантовая электроника*, 6, 1580 (1979).
5. Р. Г. Маев, И. А. Полуэктов, В. И. Пустовойт. *ФТТ*, 14, 2012 (1972).
6. П. Д. Березин, А. Ф. Денисов, И. Н. Компанец и др. *Краткие сообщения по физике*, 9, 8 (1976).
7. Е. Т. Аксенов, А. А. Липовский. *ЖТФ*, 50, 842 (1980).

Физический институт
им. П. Н. Лебедева АН СССР, Москва

Поступило в редакцию
25 июня 1982 г.

Z. E. Vuachidze, I. V. Vasilishcheva, V. N. Morozov, V. A. Pletnyov, A. S. Semyonov, P. V. Shapkin. **Development and Studies of Thin-Film CdS_xSe_{1-x} Waveguides.**

The diffusion method has been employed to develop and study waveguides utilizing CdS_xSe_{1-x} solid solutions with losses of 9–13 dB/cm. The refractive index profile has been determined for these waveguides. Diffraction gratings with the resolution of 10^3 line/mm and corrugation depth of 40 nm have been recorded at the waveguide surface by means of photochemical etching.

«Квантовая электроника», 9, № 11 (1982)

УДК 535.51:535.853

П. И. Ламекин, К. Г. Предко

ИЗМЕНЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЛИНЗОВЫМИ СИСТЕМАМИ

Исследовано изменение направления колебаний и степени линейности поляризации при распространении лазерного излучения через линзовые системы. Показано, что в этом случае после прохождения через анализатор распределение интенсивности по сечению пучка становится неоднородным.

В реальных устройствах лазерной техники линейно-поляризованное излучение часто проходит через различные линзовые системы: микрообъективы, конденсоры, простые линзы. Обычно считается, что хорошо изготовленные объективы не вносят изменений в поляризационную структуру пучка [1]. Однако, как видно из рис. 1,