

ФОКУСИРОВКА СВЕТА В ПОЛОСКОВЫХ ВОЛНОВОДАХ

И.Г. Войтенко, В.П. Редько, А.В. Томов

Основным компонентом интегрально-оптических схем, выполняющим функцию канализирования оптического излучения, является полосковый волновод, который изготавливается в подложке ионным обменом в расплаве солей через маску или методом диффузии металлов, в результате чего образуется полноводная область с повышенной по отношению к материалу подложки диэлектрической проницаемостью ϵ . Авторами работ [1, 2] указывалось, что поперечное распределение ϵ в полосковых волноводах, полученных ионным обменом из расплава $AgNO_3$ в стекле, подчиняется закону, близкому к параболическому. Известно также [3], что среда с параболическим распределением обладает свойством периодической фокусировки распространяющегося в ней света. Таким образом, можно утверждать, что подобный эффект должен наблюдаться и в полосковых волноводах.

Настоящая работа посвящена экспериментальному подтверждению и исследованию фокусирующих свойств полосковых волноводов.

Полосковые волноводы создавались в подложках из стекла КВ методом ионного обмена в расплаве $AgNO_3-NaNO_3$ через маску с „окнами“ различной ширины d . В качестве маскирующего материала использовался алюминий. Возбуждение полосковых волноводов осуществлялось посредством призмного ввода TE_0 модой планарного волновода, участок которого создавался на подложке. При этом в полосковом волноводе возбуждалось несколько волноводных мод, интерференция которых, по-видимому, и приводит к появлению периодической фокусировки света. Для визуального исследования волноводного трека применялся люминесцентный метод, основанный на свойстве волноводной области, полученной в стекле активацией ионами серебра, люминесцировать под воздействием коротковолно-

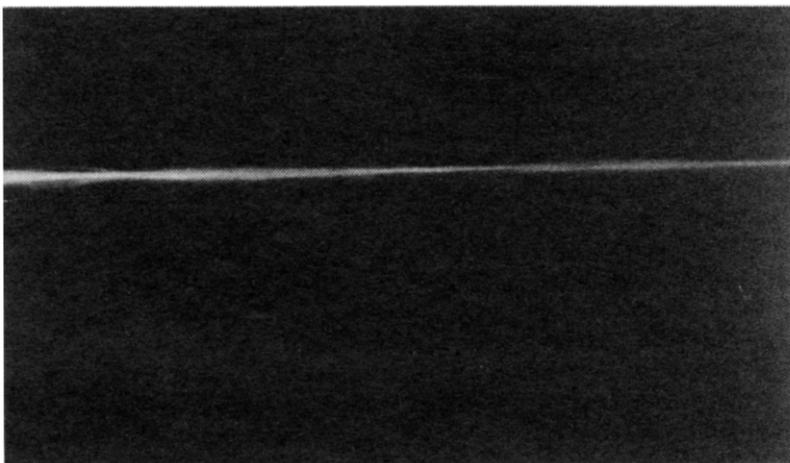


Рис. 1. Фотография распространения света в полосковом волноводе ($T = 370$ мкм).

вого излучения. При этом интенсивность люминесценции в любой точке волновода пропорциональна интенсивности света в данной точке. Преимущество этого метода заключается в том, что он позволяет убрать фоновую засветку поля зрения микроскопа соответствующими светофильтрами. В эксперименте для возбуждения полосковых волноводов использовалось излучение с длиной волны 0.4416 мкм.

Наличие периодической фокусировки света наблюдалось в полосковых волноводах при $d \approx 25$ мкм, что связано, по-видимому, с особенностями ионного обмена через маску. Картина распространения света в полосковом волноводе с $d = 7.2$ мкм показана на рис. 1. Период фокусировки T измерялся с помощью окулярного микрометра и изменялся от 330 до 3500 мкм в зависимости от технологических параметров.

Для получения зависимости величины T от концентрации $AgNO_3$ в расплаве C , ширины „окна“ в маске d и времени проведения ионного обмена t эксперимент проводился по методике, описанной в [4]. Для этого входные параметры C , d , t независимо друг от друга варьировались по случайному закону в пределах: 0.4 мол. % $\leq C \leq 2.5$ мол.%; 7 мкм $\leq d \leq 25$ мкм; 1 час $\leq t \leq 5$ час. Верхние пределы изменения параметров C и t выбирались так, чтобы уровень потерь при распространении света в волноводе был достаточно мал. Учитывался также тот факт, что при дальнейшем увеличении концентрации $AgNO_3$ в расплаве величина приращения показателя преломления волноводной области меняется незначительно. Ионный обмен проводился при температуре 350 °С. Полученные входные параметры и измеренные значения T составляли матрицу,

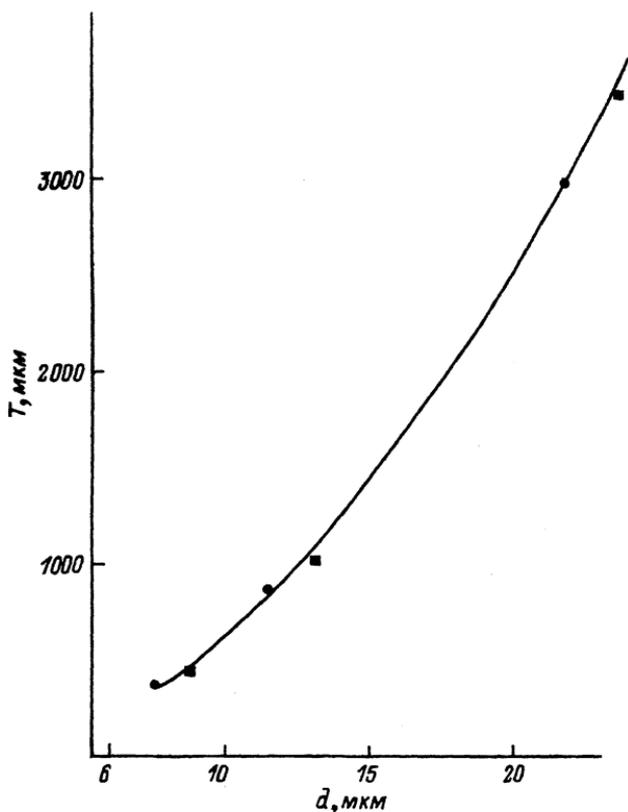


Рис. 2. Зависимость T от d при $C=1.25$ мол.%, $t=4$ часа; данные эксперимента: $C=1.25$ мол.%, $t=4$ часа (точки); $C=0.75$ мол.%, $t=2$ часа (квадраты).

которая обрабатывалась по алгоритму обработки результатов пассивного эксперимента [4]. На основании этого получена полиномиальная модель вида $T=f(C, d, t)$, представляющая собой регрессионный полином второй степени. Анализ полученной модели показал, что наиболее сильная зависимость наблюдается между периодом T и шириной „окна“ в маске d . На рис. 2 представлен график этой зависимости, рассчитанный по полиномиальной модели при фиксированных значениях $C=1.25$ мол.% и $t=4$ часа. Там же приведены значения T , полученные экспериментально при этих же и отличающихся значениях концентрации и времени. Видно, что изменение этих параметров не оказывает существенного влияния на величину периода фокусировки.

Обнаруженное свойство ионообменных полосковых волноводов позволяет значительно расширить их функциональные возможности без изменения их геометрии и технологии изготовления. Например, отрезки таких волноводов могут использоваться в интегрально-оптических схемах в качестве микролинз, т. к. по сути являются ин-

тегрально—оптическими аналогами градианов. Возможно также применение этого свойства полосковых волноводов при решении различных задач оптического согласования.

Л и т е р а т у р а

- [1] Л ы н д и н Н.М., С а р к и с о в Ю.Н., С ы ч у г о в В.А., Ф е д о р о в Ю.Ф., Ш и п у л о Г.П., Б е з п е р с т о в а И.С., П а л ь ч у н Т.В. — Квантовая электроника, 1980, т. 7, № 1, с. 134–141.
- [2] С ы ч у г о в В.А., Т и щ е н к о А.В. — Квантовая электроника, 1981, т. 8, № 4, с. 779–783.
- [3] А д а м с М. Введение в теорию оптических волноводов, М.: Мир, 1984, с. 512.
- [4] Т у м а н о в Н.В., С о к о л о в а Н.Г., С е в а с т ь я н о в П.В. — Стандарты и качество, 1981, № 9, с. 68–70.

Поступило в Редакцию
14 января 1988 г.