

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 621.372.8 : 535

Н. Н. Каменев, В. И. Наливайко

(Новосибирск)

ДИФРАКЦИОННЫЕ ДЕМУЛЬТИПЛЕКСОРЫ
ДЛЯ ТРЕХМЕРНЫХ ИНТЕГРАЛЬНО-ОПТИЧЕСКИХ СХЕМ

Продемонстрирована возможность создания на основе планарного волновода преобразователя монохроматического светового пучка в линейку параллельных световых пучков одинаковой интенсивности. Вводные и выводные дифракционные элементы преобразователя сформированы в тонких слоях As_2S_3 . Реализован случай слабого взаимодействия волноводной моды с выводными решетками. Приводятся технические характеристики экспериментального образца. Указаны возможные применения.

Для реализации трехмерных оптических связей в интегрально-оптических схемах актуально создание устройства, которое преобразует световой пучок, введенный в планарный волновод, в несколько пучков одинаковой интенсивности, выходящих из волновода ортогонально его поверхности. Такой демультиплексор может быть также одним из элементов оптического процессора с переменной логической структурой [1].

О разработке демультиплексора в планарном волноводе на основе решетчатых структур сообщено в [2—4]. В этих работах речь идет о расщеплении спектрально-уплотненного светового пучка по длинам волн в плоскости волновода. В нашем сообщении рассматривается трехмерный делитель монохроматического излучения.

Конструктивно предлагаемое устройство состоит из волновода, вводной и выводных дифракционных решеток (рис. 1). Применялись планарные волноводы, полученные диффузией ионов серебра в подложку из оксидного стекла и имевшие от одной до четырех мод [5].

Вводной и выводные элементы демультиплексора представляют собой тонкие дифракционные решетки рельефного типа. Для их изготовления на пленки As_2S_3 толщиной 0,4—0,6 мкм, напыленные термическим испарением в вакууме, проецировалась интерференционная картина, создаваемая скрещенными пучками аргонового лазера. После экспонирования дифракционная эффективность (ДЭ) повышалась в процессе преобразования решетчатой структуры,

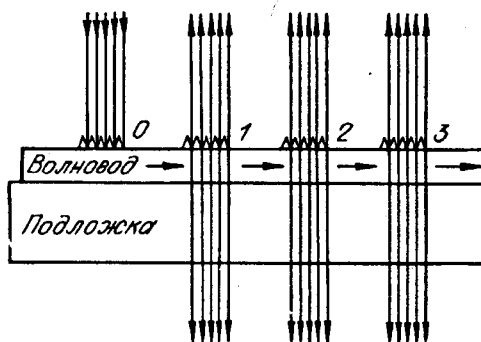


Рис. 1. Подложка с волноводом, вводной (0) и выводными (1, 2, 3, ...) решетками

обусловленной периодическим изменением показателя преломления, в рельефную решетку с помощью селективного травления поверхности [5]. Чтобы добиться асимметрии профиля штрихов и получить после травления решетку «с блеском», образец устанавливался в интерференционном поле так, что его поверхность составляла с одним из скрещивающихся пучков небольшой угол δ .

Тонкая дифракционная решетка выводит волноводную моду в виде двух световых пучков симметрично относительно плоскости волновода, как показано на рис. 1. Варьируя толщину напыленных слоев As_2S_3 и подбирая режим селективного травления, можно добиться необходимого соотношения интенсивностей световых пучков, выведенных в полупространство над волноводом и через подложку [5].

Период решетчатых структур d рассчитывался по известной формуле для дифракции на тонкой решетке. С учетом волноводного распространения дифрагированного света в среде с показателем преломления, равным 1,52, для волны длиной 0,6328 мкм при нормальном падении период составлял 0,42 мкм. Угол схождения скрещивающихся пучков 2Θ находился из соотношения

$$2\Theta + \delta = \arccos[\cos\delta - \lambda/d].$$

Чтобы получить решетки, для которых $d = 0,42$ мкм, при использовании излучения с $\lambda = 0,488$ мкм и $\delta = 5^\circ$, между пучками устанавливался угол $2\Theta = 95^\circ$, и в дальнейшем экспериментально уточнялся угол δ .

Для эффективной работы устройства вводная решетка должна иметь максимально возможную величину ДЭ. Теоретически эта величина для тонкой решетки синусоидального и прямоугольного профилей штрихов может составлять 33,9 и 40,4 % соответственно [6]. Для решеток «с блеском» (пилообразный профиль штрихов) эта величина может достигать 100 % [7]. В наших экспериментах величина ДЭ была порядка 50 %. Выводные решетки высокоэффективного демультиплексора для обеспечения одинаковой интенсивности всех выведенных световых пучков должны быть оптимизированы по величине ДЭ. При этом необходимо учитывать количество выводных элементов, их длину в направлении распространения волноводной моды и потери излучения в волноводе. Получение линейки требует последовательного изготовления каждой решетки с заранее рассчитанными параметрами и точного позиционирования образца при записи. Реализация такого варианта демультиплексора чрезвычайно трудоемкая задача.

При слабом взаимодействии волноводной моды с решеткой (ДЭ порядка 1 %) одинаковая интенсивность вывода всеми элементами реализуется сравнительно просто — при одинаковой ДЭ всех выводных решеток. На рис. 2 приведены такой вариант демультиплексора и изображение на экране световых пучков, выведенных этим устройством в полупространство над волноводом на расстоянии 10 см. Луч He—Ne-лазера падает на демультиплексор справа. На снимке виден трек волноводной моды, частично рассеиваемой на каждом выводном элементе и выходящей через торец волновода — яркое пятно слева. Для избавления от засветки рассеянным излучением при съемке часть волновода и вводная решетка закрыты полоской черной бумаги. Вводные элементы образца экспонировались индивидуально до получения максимальной величины ДЭ. В процессе экспозиции проводился неразрушающий контроль величины ДЭ излучением с длиной волны 0,6328 мкм. Выводные

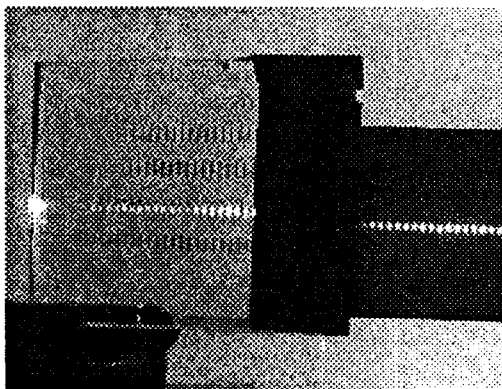


Рис. 2. Экспериментальный образец интегрально-оптического демультиплексора и выведенные им пучки

решетки получались за один прием в пучках с плоскими волновыми фронтами. Для устранения влияния отраженных лучей от обратной стороны подложки в процессе записи решеток применялась стеклянная призма с иммерсионным слоем.

Вводные решетки образца имеют размеры 1×1 мм. Выводные элементы располагаются с периодом 0,7 мм и имеют ширину 0,2 мм. Неравномерность величины ДЭ для 16 выводных элементов не превышает 5%. Энергия, выведенная в полупространство над волноводом, составляет 16% от энергии волноводной моды. Соотношение интенсивностей, выведенных в полупространство над волноводом и через подложку, равно 5:1.

Необходимо отметить, что пленки As_2S_3 обладают уникальным сочетанием волноводных свойств с возможностью записи в их объеме голографических решеток [8]. Поэтому применение этих покрытий даст возможность в дальнейшем упростить конструкцию демультиплексора, сделав его однослойным. Кроме того, формирование в объеме таких слоев решетчатых структур брэгговского типа позволит, сохранив планарность конструкции, увеличить эффективность устройства и упростить технологию его изготовления, исключив трудно контролируемый процесс травления поверхности.

Продемонстрирована возможность создания в планарном волноводе преобразователя монохроматического светового пучка в линейку световых пучков. Такой делитель может быть полезен при разработке трехмерных интегрально-оптических схем. Набор подобных демультиплексоров в сочетании с линейкой полупроводниковых лазеров позволит изготовить матричный источник управляемых световых пучков, который может быть применен для реализации принципа ассоциативной обработки информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басов Н. Г., Волчков В. Г., Компанец И. Н. и др. Способы реализации оптического процессора с переменными операторами // Квантовая электроника.—1978.—5, № 3.
2. Livens A. C., Katie A., Yard A. et al. Chirped-grating demultiplexers in dielectric wave guides // Appl. Phys. Lett.—1977.—30, N 10.—P. 519.
3. Быковский Ю. А., Мочалкина О. Р., Смирнов В. Л. и др. Интегрально-оптический демультипликатор с матрицей волноводных фотоприемников // Письма в ЖТФ.—1978.—4, вып. 9.
4. Rice R. R., Zeno J. D., Brian D. A. et al. Guided wave optical systems and devices II // Proc. SPIE.—1979.—176.—P. 133.
5. Балагуров А. Я., Доценко В. И., Морозов В. Н. и др. Волноводные голограммы двумерных объектов // Автометрия.—1986.—№ 2.
6. Кольер Р., Беркхарт К., Лин Л. Оптическая голография.—М.: Мир, 1973.
7. Hutley M. C. Blazed interference diffraction gratings for the ultra-violet // Opt. Acta.—1975.—22, N 1.—P. 1.
8. Андриеш А. М., Быковский Ю. А., Коломейко Э. П. и др. Волноводные структуры и функциональные элементы интегрально-оптических схем на основе объемных голографических решеток в тонких пленках As_2S_3 // Квантовая электроника.—1977.—4, № 3.

Поступило в редакцию 9 марта 1993 г.