

УДК 681.7.068

АНАЛИЗ СЕРДЦЕВИН В ЦЕНТРЕ БИКОНИЧЕСКОГО СУЖЕНИЯ ОДНОМОДОВОГО ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО РАЗВЕТВИТЕЛЯ

Басиладзе Г.Д., Бержанский В.Н., Долгов А.И., Милюкова Е.Т.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: roton@crimea.edu, domain@home.cris.net*

Представлены результаты исследования поперечных срезов, сделанных в центре биконически суженных двухканальных волноводных структур. Структуры получены путем сплавления с растяжением двух одномодовых кварцевых волокон с разной концентрацией GeO₂ в сердцевинах. Показано, что поперечные размеры сердцевин в сужении различны. Предполагается, что наблюдаемая в экспериментах по сплавлению биконически суженных одномодовых разветвителей 2x2 зависимость максимума межволноводной связи в сужении от режима его сплавления обусловлена изменением соотношения размеров сердцевин.

Ключевые слова: сплавной биконически суженный разветвитель, сердцевина в сечении разветвителя.

ВВЕДЕНИЕ

Принятая в литературе теоретическая модель сплавного биконически суженного одномодового разветвителя 2x2 [1] построена на предположении, что диаметры сердцевин и оболочек волокон при сужении уменьшаются в одинаковой пропорции. При этом считается, что площади сечений сердцевин уменьшаются настолько, что перестают выполнять канализирующую функцию и ими можно пренебречь. Модель широко используют при расчетах и объяснении механизма перекачки оптической мощности между волокнами разветвителя. Однако в отдельных случаях, без учета роли размерного фактора сердцевин и их канализирующей функции, объяснить природу свойств разветвителя до конца не удается. Так, в литературе [2, 3] уже отмечалось некоторое несоответствие отдельных теоретических результатов, полученных с учетом и без учета сердцевин в биконическом сужении. Кроме того, в [4] показано, что в результате растяжения сплаваемого из идентичных волокон разветвителя сердцевин в образуемой двухканальной волноводной структуре одновременно с сужением увеличивают свои поперечные размеры по отношению к суживающемуся волокну. Целью настоящей работы являлся анализ сердцевин в центре биконического сужения разветвителя сплавленного из волокон с несколько отличающимися концентрациями германия в сердцевинах и эффективности связи между волокнами разветвителя при их растяжении во время сплавления.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованные в работе волноводные структуры разветвителей формировались из стандартных одномодовых кварцевых волокон SMF 28e производства компании

Corning и MCSM DLPC9 – компании Draka Comteq. Сердцевин (диаметры сердцевин практически одинаковы ≈ 9 мкм) легированы GeO₂. Оцененная с помощью рентгеновского энергодисперсионного спектроанализатора ЭДС-1 (приставка к электронному микроскопу РЭМ-106) разница содержания Ge в сердцевинах, составила величину около 1%.

Два отрезка этих волокон с очищенными на длине ≈ 50 мм от буферной оболочки участками скручивались друг с другом и затем сплавлялись в электрической дуге при осевом растяжении области их сплавления. Длина разогреваемого участка волокон составляла примерно 8 мм. Температура регулировалась изменением мощности дуги. Скорость растяжения волокон выбиралась из интервала 5 - 20 мм/мин. В процессе сплавления разветвителя регистрировались интенсивности излучения с обоих его портов на двух длинах волн 1310 нм и 1550 нм.

На рис. 1 и рис. 2 приведены графики, иллюстрирующие перекачку света с длинами волн 1310 и 1550 нм между двумя волокнами по мере их сплавления с растяжением. Сплавления выполнены при разных температурах и скоростях растяжения.

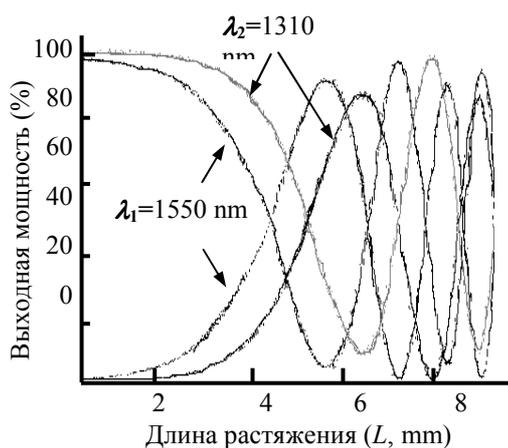


Рис. 1. Ход перекачки оптических мощностей на длинах волн 1550 и 1310 нм при сплавлении разветвителя в режиме получения симметричной волноводной структуры

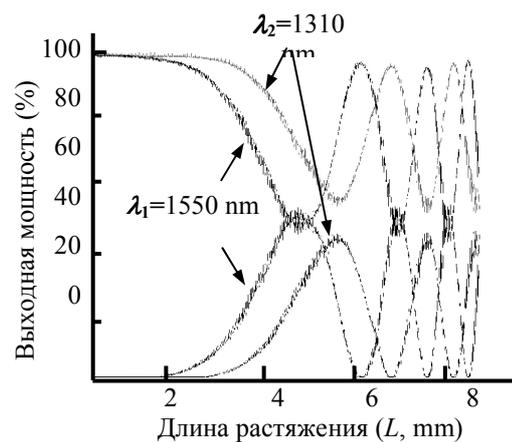


Рис. 2. Ход перекачки оптических мощностей на длинах волн 1550 и 1310 нм при сплавлении разветвителя в режиме получения асимметричной волноводной структуры

Рис. 1 показывает пример почти полной перекачки из возбужденного на входе волокна (начало перекачки с отметки 100 оси ординат) в волокно ответвления (начало перекачки с отметки 0 на оси ординат) и обратно. Достижимая эффективность связи $\approx 97\%$ (почти симметричная волноводная структура). Рис. 2 демонстрирует пример хода перекачки с максимально достигаемой эффективностью связи между волокнами $\approx 50\%$ (несимметричная волноводная структура). Следует

отметить также, что при отдельных режимах сплавления и растяжения связь между волокнами могла не появляться на протяжении всего процесса удлинения сплавляемой области, вплоть до ее разрыва.

Одной из возможных причин наблюдаемого эффекта может быть протекающая с разной интенсивностью диффузия GeO_2 из сердцевин в оболочки сплавляемых волокон. В результате появляется зависящая от температурного и скоростного режима растяжения разница между поперечными размерами сердцевин, которые в исходных волокнах практически были равны. Другой возможной причиной могло быть несимметричное изменение геометрии оболочек волокон, вызванное разной их вязкостью. Следует подчеркнуть, что проявление зависимости скорости диффузии от концентрации отмечалось ранее в [5] на примере планарных технологий.

Для проверки предположений были исследованы поперечные срезы волноводных структур. Срез делался в наиболее тонкой области биконического сужения разветвителя. Толщина этой области могла составлять 40-60 мкм и менее. Поэтому для получения гладких поверхностей срезов применялся специально разработанный способ их укрепления и полировки. Исследования срезов проводились с использованием оптического и электронного микроскопов.

Анализ структур с гантелевидной формой поперечного сечения, полученных с остановкой растяжения до достижения первого максимума перекачки мощности, не давал гарантированных подтверждений ни одному из выдвинутых предположений. На срезах таких структур лишь угадывалось еле заметное увеличение одной из сердцевин. Асимметрия же формы среза не обнаруживались. Достаточно четко различия размеров сердцевин проявлялись у структур круглой формы, полученных при большей температуре за пределами первого максимума перекачки мощности. Асимметрия же формы среза и в этих случаях не обнаруживалась.

На рис. 3 приведены три оптических изображения поперечного среза волноводной структуры суженной до размера ≈ 30 мкм. Для обеспечения равномерной засветки обеих сердцевин сужения его волоконные входы возбуждались источником белого света с возможностью регулировки интенсивности возбуждения каждого из волокон.

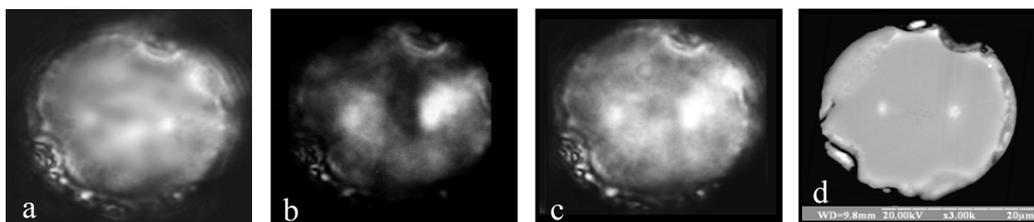


Рис. 3. Оптические (a, b, c) и электронная (d) фотографии среза биконической волноводной структуры диаметром ≈ 30 мкм

На рис. 3а свет подается только в волокно SMF 28e. Реализуется случай, когда справедливо принято в модели [1] допущение об отсутствии канализирующих свойств сердцевин в биконическом сужении разветвителя - свет распределен по всему сечению волокна. В тоже время на рис. 3б, где свет подается только в волокно Draka, это свойство сердцевин сохраняется. Кроме того, в этом случае заметно, что канализирующее свойство сердцевин волокна SMF 28e до конца не теряется. На рис. 3с - свет подается в оба волокна. В результате мы видим наложение двух картин (а + б). Фотография этого же среза, но сделанная с помощью электронного микроскопа РЭМ-106, показана на рис. 3д. Видно, что правое светлое пятно на срезе, отображающее примесь германия в области сердцевин волокна Draka, расширено больше, чем пятно, отображающее соседнюю сердцевину волокна SMF 28e.

Более четкая электронная фотография приведена на рис. 4а (диаметр сечения ≈ 60 мкм). Для сравнения, на рис. 4б приведена оптическая фотография этого среза из работы [6], где сердцевин различаются по размерам полей их свечения при возбуждении волокон белым светом.

ВЫВОДЫ

Таким образом, из представленных фотографий следует, что диффузии GeO_2 в оболочку кварцевого волокна при сужении области сплавления разветвителя в нашем случае проходит интенсивнее в сердцевине с большей концентрацией примеси. При этом канализирующие свойства сердцевин могут сохраняться вплоть до диаметра сужения разветвителя ≈ 30 мкм. Демонстрируемая же с помощью графиков зависимость эффективности межволноводной связи от режима сплавления образца может быть объяснена, если допустить, что изменение режима приводит к изменению соотношения между размерами сердцевин.

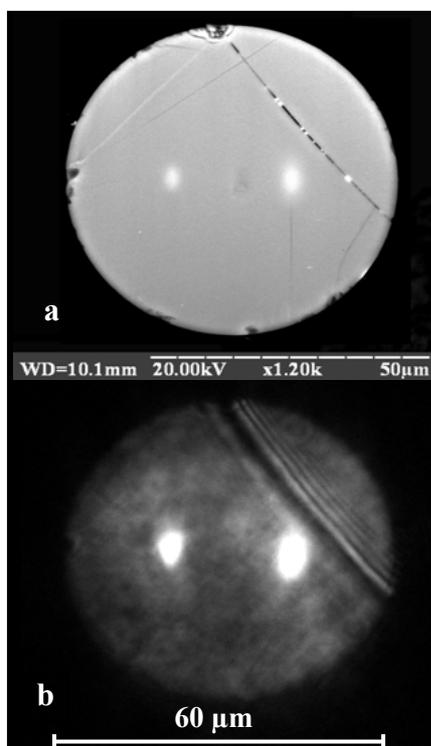


Рис. 4. Электронная (а) и оптическая (б) фотографии среза биконической волноводной структуры

Список литературы

1. Bures J. et al. Analyse d'un Coupler Bidirectionnel a Fibres Optiques Monomodes Fusionnees // Appl.Opt.- 1983.- V.22.- P. 1918-1922.
2. J.V. Wright, Variational analysis of fused tapered couplers // Electronics Letters.- 1985.- V. 21, N 23.- P. 1064-1065.
3. Kin S. Chiang, Effects of cores in fused tapered single-mode fiber couplers // Optics Lett.- 1987.- Vol. 12, N 6. - P. 431-433.
4. McLandrich M.N. Core dopant profiles in weakly fused single mode fibres // Electron. Lett.- 1988.- Vol. 24.- P. 8-10.
5. Kirchhof J., Unger S., Knappe B. Diffusion processes in lightguide materials // Proc. Optical Fiber Communications Conference, OFC 2000, Baltimore, Maryland, USA.- 2000.- Vol. 2.- P. 212-214.
6. Basiladze G.D., Berzhansky V.N., Dolgov A.I. Asymmetry behaviour of cores at optical splitter making // Intern. Conf. "Functional Materials" (ICFM-2007), Ukraine, Crimea, Partenit, Oct. 1-6, 2007 : Abstr.- [Simferopol], 2007. – P. 194.

Басиладзе Г.Д., Бержанський В.Н., Долгов О.І., Мільюкова О.Т. Аналіз серцевин у центрі біконічного звуження одномодового волоконно-оптичного розгалужувача // Учені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – 2008. – Серія «Фізика». - Т. 21 (60). - № 1. - С. 172 - 176.

Наведено результати дослідження поперечних зрізів, зроблених в центрі біконічно звужених двоканальних хвилеводних структур. Структури одержані сплавленням з розтягненням двох одномодових кварцових волокон з різною концентрацією GeO₂ у серцевинах. Показано, що поперечні розміри серцевин у звуженні різні. Передбачається, що залежність максимуму міжхвилеводного зв'язку в звуженні від режиму його сплавлення, яка спостерігається в експериментах із сплавлення біконічно звужених одномодових розгалужувачів 2x2, обумовлена зміною співвідношення розмірів серцевин.

Ключові слова: сплавний біконічно звужений розгалужувач, серцевина в перетині розгалужувача.

Basiladze G.D., Berzhansky V.N., Dolgov A.I., Miljukova E.T. The analysis of cores in center of biconical narrowing single-mode fiber-optical splitter // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. – 2008. – Series «Fizika». – V. 21 (60). - № 1. – С. 172 - 176.

Results of research of the cross-section cuts made in the center of biconical narrowed two-channel waveguide structures are presented. Structures are received by fusing together with a stretching of two single-mode quartz fibers with different concentration GeO₂ in cores. It is shown, that the cross-section sizes of cores in narrowing are various. It is supposed, that observable in experiments on fusing of biconical narrowed single-mode splitters 2x2 dependence of interwaveguide connection maximum in from fusing conditions caused by change of a parity of the cores sizes .

Keywords: fusing biconical the narrowed splitter, a core in section of a splitter.

Поступила в редакцію 3.11.2008 г.