

УДК 681.7.068

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СЕРДЦЕВИН ВОЛОКОН В УСЛОВИЯХ СЛАБОГО И СИЛЬНОГО СПЛАВЛЕНИЯ 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: domain@crimea.edu*

Экспериментально исследованы биконические сужения одномодовых волоконно-оптических разветвителей, сплавленных при различных технологических режимах из пары волокон с разной концентрацией GeO_2 в сердцевинах. Установлено, что обусловленное различием концентраций германия асимметричное изменение размеров сердцевин вдоль сужений волокон зависит от технологического режима сплавления разветвителя.

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

ВВЕДЕНИЕ

Спектральные характеристики одномодовых сплавных волоконно-оптических разветвителей существенным образом зависят от параметров волокон в сплавленном биконическом сужении. Степень асимметрии волокон регулируется изменением структуры стекла [1], показателя преломления [2], формы поперечного сечения [3]. Асимметрия вызывает фазовое рассогласование мод в биконическом сужении, которое приводит к снижению эффективности волноводной связи и сглаживанию спектральной зависимости коэффициента деления между каналами разветвителя [4]. С целью изготовления спектрально независимого разветвителя нами был выбран такой способ сплавления одномодовых оптических волокон, при котором возникающая асимметрия сердцевин в биконическом сужении достигается за счет некоторой разницы концентраций легирующего элемента (Ge). Как показано в [5] при таком способе важную роль в изменении эффективности волноводной связи между волокнами играет режим их сплавления. Целью настоящей работы являлось изучение динамики изменения асимметрии волокон при вариации режимов сплавления и ее влияния на волноводную связь между волокнами разветвителя.

1. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Для сплавления разветвителей, как и в работе [5], использовались стандартные одномодовые кварцевые волокна SMF 28e производства компании Corning и MCSM DLPC9 – компании Draka Comteq. Сердцевины (диаметры сердцевин практически одинаковы ≈ 9 мкм) легированы GeO_2 . Оцененная с помощью рентгеновского энергодисперсионного спектроанализатора ЭДС-1 (приставка к электронному микроскопу РЭМ-106) разница содержания Ge в сердцевинах составила величину около 1%. Следует отметить, что в сравнение с другими, опробованными в

экспериментах парами волокон, в паре волокон SMF 28e и MCSM наиболее четко обнаруживался эффект асимметричного расширения сердцевин.

Два отрезка таких 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 около 8 мм. В процессе сплавления, производился мониторинг оптических сигналов с длинами волн 1310 и 1550 нм, поступающих с волоконных выводов разветвителя на фотоприемники компьютеризированной измерительной системы. По графикам зависимостей интенсивности световых сигналов от времени растяжения (при выбранной для эксперимента постоянной скорости растяжения), которые отображались в реальном времени на мониторе компьютера, определялась эффективность волноводной связи между сужающимися по мере растяжения волокнами разветвителя.

Изготавливались 4 образца разветвителя. Для каждого из образцов применялся свой режим сплавления, определяемый одной из двух температур T_n и T_v и одной из двух скоростей растяжения V_n и V_v . T_n и T_v – температуры обеспечивающие соответственно режим слабого и сильного сплавления волокон разветвителя, V_n и V_v отличаются примерно в 3 раза и соответствуют минимальной и максимальной скорости растяжения. Время растяжения образцов при сплавлении составляло около 160 с при V_n и около 600 с при V_v . Длина биконического сужения после сплавления для всех образцов составляла около 20 мм.

Поперечные срезы 4-х образцов биконических структур, изготовленных при 4-х различных технологических режимах сплавления, исследовались с помощью электронного микроскопа РЭМ-106. Эти срезы выполнялись пошагово через (1-2) мм вдоль сужений. В процессе исследования каждого среза определялись приведенные радиусы сердцевин и оболочек волокон. Полученные данные использовались для построения зависимостей, показывающих изменение этих параметров вдоль полученных сужений в зависимости от технологического режима изготовления разветвителя.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1 приведены зависимости перекачки оптической энергии между волокнами, полученные при сплавлении каждого из четырех образцов. По оси абсцисс отложено время t процесса сплавления волокон образца при их осевом растяжении, по оси ординат – относительные интенсивности I световых потоков на выходе разветвителя.

Из сравнения зависимостей, полученных при разных скоростях растяжения, видно, что для обеих температур сплавления с уменьшением скорости растяжения снижается эффективность волноводной связи между волокнами. В то же время по аналогичным рисункам из работы [5] мы видим, что существуют промежуточные режимы сплавления, при которых эффективность волноводной связи может достигать почти стопроцентного уровня. Другими словами – возможны условия, при которых достижимы любые заданные коэффициенты деления разветвителя.

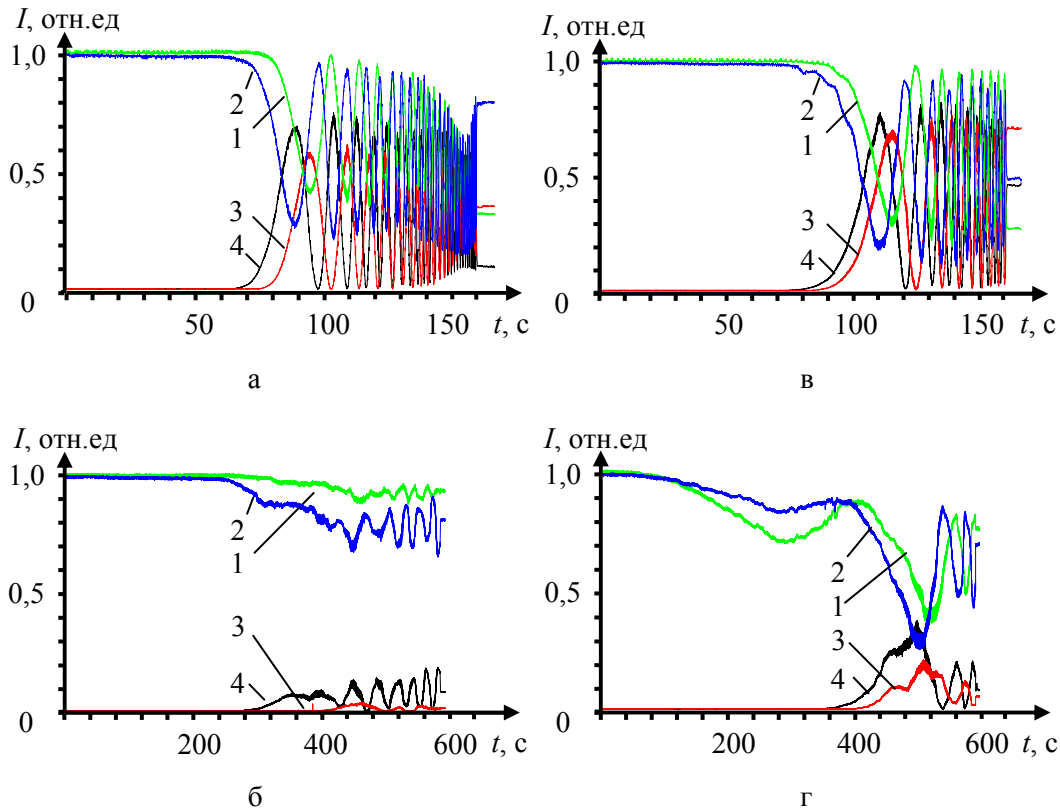


Рис. 1. Динамика перекачки световой энергии в разветвителях при сплавлении с режимами: а - T_B, V_B ; б - T_B, V_H ; в - T_H, V_B ; г - T_H, V_H (1 и 2 – кривые изменения интенсивности света на выходе основного канала, соответственно, на $\lambda = 1310$ и 1550 нм, а 3 и 4 – на выходе канала ответвления, соответственно, на $\lambda = 1310$ и 1550 нм).

На рис. 2 приведены зависимости, иллюстрирующие изменения приведенного радиуса R_B волокна вдоль биконического сужения для образцов, полученных при указанных четырех режимах. По оси абсцисс отложено положение среза относительно центра биконического сужения при различных режимах. Вертикальная пунктирная линия обозначает границу высокотемпературного теплового поля, в зоне действия которого волокна находятся в размягченном состоянии и с растяжением меняют свои размерные параметры. Зависимости позволяют оценить изменение размерных параметров волокон в процессе их сужения при использованных режимах сплавления разветвителей. Эти данные, в частности, использованы при построении зависимостей, приведенных на рис. 3.

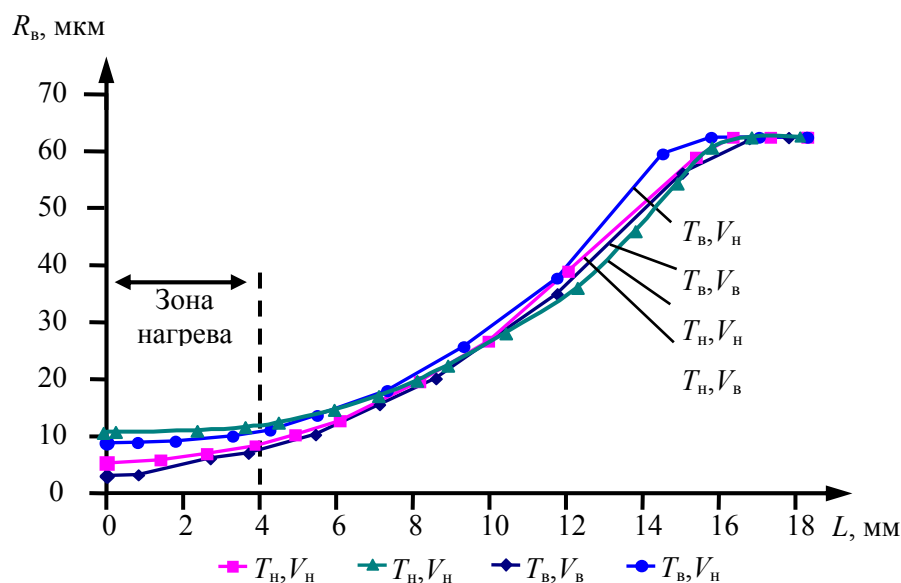


Рис. 2. Изменение приведенных радиусов волокон R_B вдоль длины L биконического сужения при разных режимах сплавления.

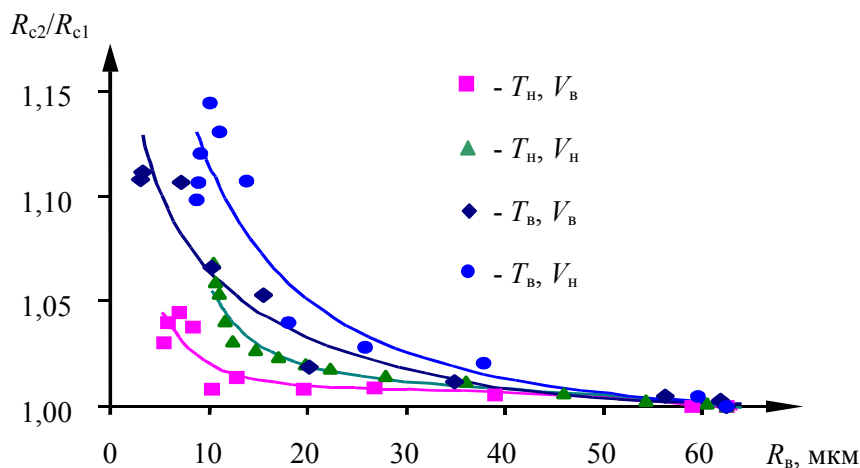


Рис. 3. Изменение соотношения приведенных радиусов сердцевин R_{C1} и R_{C2} волокон SMF 28e и MCSM, соответственно, в зависимости от приведенного радиуса волокна R_B в сечении биконического сужения.

Зависимости на рис. 3 показывают ход возрастания асимметрии сердцевин волокон от приведенного радиуса волокон R_B при различных режимах процесса сплавления. R_{C1} и R_{C2} – приведенные радиусы сердцевин волокон, соответственно, с

меньшим и большим содержанием Ge. Видно, что асимметрия между сердцевинами существенно меняется с изменением режима сплавления. Причем в волокне MCSM с большим содержанием германия во всех случаях происходит более быстрое проникновение материала из сердцевины в оболочку. Такому проникновению способствуют, как увеличение температуры, так и уменьшение скорости растяжения. Вместе с тем видно, что чем выше температура сплавления и ниже скорость растяжения, тем при больших поперечных размерах волокон в сужении начинает появляться асимметрия. Она также нарастает ускоренно по мере утончения волокон.

Анализ рис. 1 и рис. 3 позволяет сделать вывод, что природа изменения эффективности волноводной связи между волокнами в зависимости от режима сплавления разветвителя напрямую связана с меняющейся при этом динамикой нарастания асимметрии между сердцевинами волокон, которая определяется режимом сплавления разветвителя. Из рис. 3. видно, что выбором режимов сплавления, потенциально, можно обеспечить любую разницу соотношений диаметров сердцевины в диапазоне от 0 до 26 % и тем самым изменять эффективность волноводной связи между волокнами разветвителя от 0 до 100 %.

ВЫВОДЫ

Таким образом, экспериментально показано, что как в условиях сильного, так и в условиях слабого сплавления разветвителя из волокон отличающихся концентрацией германия в сердцевинах его асимметрия может меняться в достаточно широких пределах в зависимости от скорости растяжения волокон при сплавлении. Результаты экспериментов показывают также, что изменение эффективности волноводной связи между волокнами с изменением условий сплавления разветвителя обусловлено изменением при этом степени достигаемой асимметрии между сердцевинами волокон.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Украины (НИР № 252/06).

Список литературы

1. Katsumi Morishita. Fused fiber couplers made wavelength insensitive by the glass structure change / Katsumi Morishita, Nobuyuki Ohta // *J. Lightw. Technol.* – 2008. – V. 26, No. 13. – P. 1915–1920.
2. Pan C.-L. Wavelength-flattened fibre couplers produced by UV-trimming of fused hybrid fibres / C.-L. Pan, C.-Yu. Cheng, W. Jang // *Electron. Lett.* – 2004. – V. 40, No. 15. – P. 929-931.
3. Healy N. Asymmetric robust evanescent coupler on singlemode fibre / N. Healy, D.F. Murphy, C.D. Hussey // *Electron. Lett.* – 2005. – V. 41, No. 19. – P. 1047-1048.
4. Mortimore D.B. Wavelength-flattened fused couplers // *Electron. Lett.* – 1985. – V. 21, No. 17. – P. 742-743.
5. Басиладзе Г.Д. Анализ сердцевины в центре биконического сужения одномодового волоконно-оптического разветвителя / Г.Д. Басиладзе, В.Н. Бержанский, А.И. Долгов, Е.Т. Милукова // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Физика».* – 2008. – Т. 21 (60), № 1. – С. 172–176.

Басиладзе Г.Д. Перетворення сердцевин волокон в умовах слабого і сильного сплавлення оптичного розгалужувача / Г.Д. Басиладзе, В.Н. Бержанський, О.І. Долгов, О.Т. Мілюкова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія: Фізико-математичні науки. – 2010. – Т. 23(62), № 1. Ч. I. – С. 75-80.

Експериментально досліджено біконічні звуження одномодових волоконно-оптичних розгалужувачів, сплавлених при різних технологічних режимах з пари волокон з різною концентрацією GeO_2 в сердцевинах. Установлено, що обумовлена різницею концентрацій германія асиметрична зміна розмірів сердцевин уздовж звужень волокон залежить від технологічного режиму сплавлення розгалужувача.

Ключові слова: сплавний біконічно звужений розгалужувач, сердцевина в перерізі розгалужувача.

Basiladze G.D. Transformation of the fiber cores under conditions of weak and strong fusing of optical coupler / G.D. Basiladze, V.N. Berzhansky, A.I. Dolgov, E.T. Milyukova // Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. – Series: Physics and Mathematics Sciences. – 2010. – Vol. 23(62), No. 1. P. I. – P. 75-80.

Biconical tapers of single-mode-fiber couplers made by the fused biconical-taper method under different technological conditions out of two fibers with different concentration GeO_2 in cores were experimentally investigated. It was determined that due to the different concentration of germanium asymmetrical change of dimensions of cores along fiber tapers depends on technological condition of coupler fusing.

Keywords: fused biconical taper coupler, a core in section of a splitter.

Поступила в редакцію 02.04.2010 г.