

ПОВЫШЕНИЕ ДВУЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЯ В АНИЗОТРОПНЫХ ОДНОМОДОВЫХ ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДАХ С ЭЛЛИПТИЧНОЙ НАПРЯГАЮЩЕЙ ОБОЛОЧКОЙ

© 2012 г. А. Г. Андреев*, канд. экон. наук; С. В. Буреев**, аспирант;
М. А. Ероньян**, доктор техн. наук; А. В. Комаров**; И. И. Крюков*, канд. техн. наук;
Т. В. Мазунина*, аспирантка; А. А. Полосков*; Е. В. Тер-Нерсесянц**;
М. К. Цибиногина*, канд. хим. наук

* ОАО “Пермская научно-производственная приборостроительная компания”, г. Пермь

** ОАО “Научно-исследовательский и технологический институт оптического материаловедения ВНИЦ “ГОИ им. С.И. Вавилова”, Санкт-Петербург

E-mail: eronyan@mail.ru

Исследовано влияние конструктивных особенностей анизотропных одномодовых кварцевых волоконных световодов с эллиптической боргерманосиликатной напрягающей оболочкой на двулучепреломление. Обнаружено, что с повышением эллиптичности напрягающей оболочки и температуры вытягивания растет вклад гидростатического механизма в анизотропию напряженного состояния сердцевины.

Ключевые слова: анизотропный одномодовый световод, эллиптическая оболочка, двулучепреломление, длина биений, сохранение поляризации излучения.

Коды OCIS: 060.2420.

Поступила в редакцию 06.04.2012.

Одной из наиболее важных характеристик анизотропных одномодовых кварцевых волоконных световодов (ВС) является сохранение поляризации излучения, что обеспечивается двулучепреломлением материала сердцевины. Существуют два принципиально разных по конструкции и технологии изготовления типа световодов, в которых двулучепреломление создается анизотропией напряжений. Наиболее распространенная в промышленности конструкция световодов типа “Panda”, или “Bow-tie”, обеспечивает анизотропию напряжений в сердцевине за счет двух изолированных напрягающих элементов из борсодержащего кварцевого стекла. В значительно меньших объемах производятся анизотропные световоды с эллиптической напрягающей оболочкой (ЭНО), так как, несмотря на простоту технологии их изготовления, они уступают своим аналогам по поляризационной устойчивости.

Индукруемые в ВС напряжения возникают при вытягивании волокна и в процессе его охлаждения с того момента, когда материал сердцевины становится твердым. Величина двулучепреломления обусловливается двумя механизмами [1]. На первой стадии в жидком

материале напрягающих элементов, окруженных твердой оболочкой, происходят объемные изменения. Затем, после его отверждения, в нем возникают упругие напряжения. Гидростатический и упругий компоненты механизма формирования двулучепреломления в разной степени реализуются в ВС этих двух типов. В световодах “Bow-tie” двулучепреломление преимущественно (более 70%) определяется гидростатическим механизмом, в то время как в ВС с ЭНО вклад этого компонента в двулучепреломление существенно меньше [1].

Цель настоящей работы заключалась в исследованиях, направленных на увеличение двулучепреломления анизотропных одномодовых ВС с эллиптической боргерманосиликатной напрягающей оболочкой.

Заготовки для вытягивания световодов изготавливали известным двухстадийным способом [2]. На первом этапе модифицированным методом химического парофазного осаждения формировали осесимметричную структуру осажденных внутри кварцевой трубы слоев оболочек и сердцевины. Затем, после нарезания двух канавок с диаметрально противоположных сторон круглой предзаготовки, произ-

водили высокотемпературное кругление, при котором легкоплавкая напрягающая оболочка принимала эллиптичную форму (рис. 1).

Составы всех оболочек обеспечивали в световоде постоянный показатель преломления, равный показателю преломления кварцевого стекла [3]. Содержание B_2O_3 в ЭНО было на уровне 17 мол.%. Разность показателей преломления сердцевины, легированной диоксидом германия, и изолирующей оболочки, измеренная в заготовке на рефрактометре Р-101, равна 0,007. Глубину нарезания канавок изме-

няли с целью получения требуемой эллиптичности напрягающей оболочки.

Волокна диаметром 125 мкм вытягивали на установке, снабженной графитовым нагревателем, и одновременно наносили на них эпоксиакрилатное покрытие толщиной порядка 40 мкм. Длина волны отсечки высших мод находилась в пределах 1,35–1,45 мкм. Длину биений ортогональных мод (L_b) измеряли методом спектрального сканирования на длине волны $\lambda \approx 1,55$ мкм. Двулучепреломление (B) световодов рассчитывали по формуле $B = \lambda/L_b$. Эллиптичность (ϵ) напрягающей оболочки определяли по отношению разности к сумме большой (a) и малой (b) осей: $\epsilon = (a - b)/(a + b)$.

Результаты экспериментального исследования влияния ЭНО на двулучепреломление, представленные точками на рис. 2, свидетельствуют о наличии двух линейных участков, обозначенных штриховыми прямыми.

При малых значениях ϵ наблюдается установленная ранее пропорциональная зависимость от нее двулучепреломления [4] –

$$B = C(\Delta\alpha)(T_g - T_o)\epsilon,$$

где C – константа, $\Delta\alpha$ – разность коэффициентов термического расширения эллиптической оболочки и кварцевого стекла, T_g и T_o – температура размягчения ЭНО и комнатная температура соответственно.

При эллиптичности напрягающей оболочки более 0,45 характер зависимости резко усиливается. Это связано, скорее всего, с появлением гидростатического компонента в анизотропии напряженного состояния, так как при такой эллиптичности напрягающей оболочки малая ось эллипса по размеру соответствует диаметру изолирующей оболочки. ЭНО разделяется на два изолированных сектора, способствуя тем самым возникновению гидростатического механизма наведения анизотропии нараженного состояния.

Благодаря наличию гидростатического компонента в анизотропии напряжения двулучепреломление растет с увеличением температуры вытягивания ВС. Так, при эллиптичности напрягающей оболочки, равной 0,52, увеличение температуры вытягивания с 2050 до 2150 °C приводит к изменению двулучепреломления с 0,00066 до 0,00072.

Таким образом, разделение ЭНО на два изолированных сектора способствует существенному повышению двулучепреломления ВС.

* * * * *

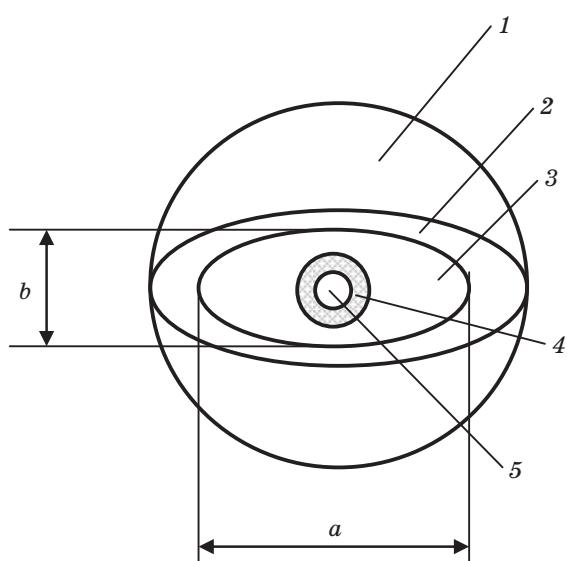


Рис. 1. Структура поперечного среза заготовки. 1 – наружная оболочка (SiO_2), 2 – буферная оболочка ($SiO_2 + P_2O_5 + F$), 3 – напрягающая оболочка ($SiO_2 + B_2O_3 + GeO_2$), 4 – изолирующая оболочка ($SiO_2 + GeO_2 + F$), 5 – сердцевина ($SiO_2 + GeO_2$).

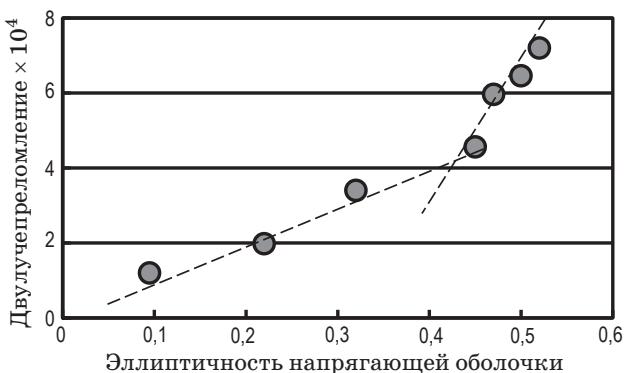


Рис. 2. Влияние эллиптичности напрягающей оболочки на двулучепреломление.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ourmazd A., Malcolm P., Varnham M. P., Birch R. D., Payne D. N.* Thermal properties of highly birefringent optical fibers and performs // *Appl. Opt.* 1983. V. 22. № 15. P. 2374–2379.
 2. Ероньян М.А., Комаров А.В., Кондратьев Ю.Н., Ромашова Е.И., Серков М.М., Хохлов А.В. Тонкие анизотропные одномодовые волоконные световоды с эллиптической напрягающей оболочкой // Оптический журнал. 2000. Т. 57. № 10. С. 104–105.
 3. Буреев С.В., Дукельский К.В., Ероньян М.А., Злобин П.А., Комаров А.В., Левит Л.Г., Страхов В.И., Хохлов А.В. Технология крупногабаритных заготовок анизотропных одномодовых световодов с эллиптической оболочкой // Оптический журнал, 2007. Т. 74. № 4. С. 85–87.
 4. *Varnham M.P., Payne D.N., Barlow A.J., Birch R.D.* Analitic solution for the birefringence produced by thermal stress in polarization-maintaining optical fibers // *J. Lightwave Technology*. 1983. V. LT-1. № 2. P. 332–339.
-