

## РАЗРАБОТКА ФОТОННО-КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА С БОЛЬШОЙ СЕРДЦЕВИНОЙ

А.Г. Коробейников, К.В. Дукельский, Е.В. Тер-Нерсесянц, Ю.А. Гатчин

Предлагается технология получения фотонно-кристаллического оптического волокна с большой сердцевиной.

**Ключевые слова:** микроструктурированные световоды, оптическое волокно.

В последнее время большое внимание уделяется разработке и исследованию специальных волокон для передачи мощного лазерного излучения в многомодовом режиме, с повышенной радиационной стойкостью и высокой числовой апертурой [1–3]. Такие световодные волокна, имеющие диаметр светопроводящей сердцевины более 10 мкм, называются световодами с большой сердцевиной. Для снижения затухания излучения, проходящего по фотонно-кристаллическому оптическому волокну с большой сердцевиной (микроструктурированному световоду), применяются специальные технологические приемы. Одномодовые и многомодовые световоды могут быть реализованы путем последовательного получения и исследования образцов с различными значениями диаметров сердцевины, шага структуры и количества образующих сердцевину элементов. В ходе исследований были отработаны завершающие технологические операции, позволившие получить необходимые микроструктурированные световоды.

Чтобы обеспечить простоту и удобство (технологичность) исходной сборки для вытяжки световода, был применен двухстадийный метод перетяжки поликапиллярной структуры. Надо учитывать, что диаметр световода, удобного для эксплуатации, составляет в среднем 200 мкм, а диаметр воздушных отверстий в укладке, расположенной вокруг большой сердцевины, составляет в среднем около 3 мкм, что в несколько раз меньше диаметра сердцевины (в среднем 20 мкм). Такое же соотношение между размерами структурных элементов и наружным диаметром должно иметь место и в исходной заготовке для вытяжки световода. Если внешний диаметр заготовки будет составлять около 20 мм, то диаметр центрального кварцевого штабика будет составлять около 2 мм, а диаметры окружающих его капилляров будут иметь размер около 300 мкм, что затрудняет ручную сборку структуры в заготовке. Для одностадийного способа получения волокна необходимо иметь толщину исходной заготовки менее 10 мм, поэтому применялся двухстадийный метод перетяжки поликапиллярной структуры, несмотря на то, что при одностадийном методе достигается хорошее спекание.

Вначале в опорной кварцевой трубе диаметром 20 мм формировалась структура, образованная центральным кварцевым штабиком и периферийными капиллярами, собранными в плотную гексагональную структуру с некоторым числом порядков окружения и значением диаметра структурных элементов в пределах 1–2 мм (рис. а). Из такой заготовки вытягивалось первичное волокно (предволокно) диаметром 3 мм с сечением, изображенным на рис. б. Диаметр сердцевины в предволокне составлял 10–20 мкм. Полученное предволокно помещалось в качестве сердцевины в центр сборки, аналогичной изображенной на рис. а, и происходило вторичное перетягивание заготовки с получением конечного элемента (рис. в).

Таким способом были получены световоды с большим диаметром сердцевины и с воздушной оболочкой, образованной одним циклом отверстий (волокна с подвешенной сердцевиной), и с оболочкой, имеющей от 2 до 7 циклов отверстий (собственно световоды с большой сердцевиной).

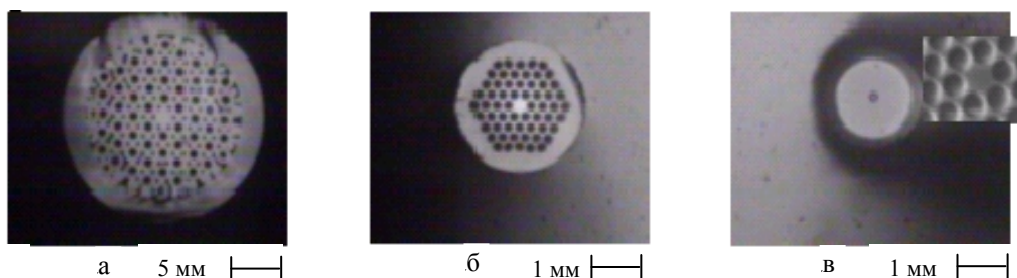


Рис. Двухстадийная перетяжка для поликапиллярной структуры: а – исходная заготовка, б – предволокно, в – микроструктурированное волокно. На вставке показана центральная часть волокна с дополнительным увеличением

1. Issa N.A. High numerical aperture in multimode microstructured optical fibers // *Appl. Opt.* – 2004. – V. 43. – P. 6191–6197.
2. Ranka J.K., Windeler R.S., Stentz A.J. Optical properties of high-delta air silica microstructure optical fibers // *Opt. Lett.* 2000. – V. 25. – № 11. – P. 796–798.
3. Wadsworth W.J., Percival R.M., Bouwmans G., Knight J.C., Russell P.S.J. High power air-clad photonic crystal fibre laser // *Opt. Express.* – 2003. – № 11. – P. 48–53

Коробейников Анатолий Григорьевич – СПбГУ ИТМО, д.т.н., проф., Korobeynikov\_A\_G@mail.ru; Дукельский Константин Владимирович – СПбГУ ИТМО, к.т.н., доц., KDukel@GOI.ru; Тер-Нерсесянц Егизие Вавикович – СПбГУ ИТМО, аспирант, volokno@goi.ru; Гатчин Юрий Арменакович – СПбГУ ИТМО, д.т.н., проф., gatchin@mail.ifmo.ru