

Модель одномодового световода, оптимизированного для передачи мощного лазерного излучения

Р.Р. Кашина^{1,2,*}, А.А. Поносова¹, А.С. Смирнов³,
И.С. Азанова^{1,2}, А.Б. Волынцев¹,

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет

² ПАО «Пермская научно-производственная приборостроительная компания»

³ Пермский национальный исследовательский политехнический университет

*E-mail: ranoxan@mail.ru

DOI:10.31868/RFL2018.110-111

В работе представлены результаты моделирования волноводных свойств волокон с увеличенным диаметром поля основной моды. Показано, что одномодовые световоды с оптимизированным профилем показателя преломления обеспечивают достаточную устойчивость к изгибам при диаметре сердцевинны 20 мкм. Для оптимизированного профиля показателя преломления минимальные потери при изгибе диаметром 15 см составили 0,001 дБ/м, а длина волны отсечки 956 нм.

Ключевые слова: иттербиевые световоды; волоконные лазеры, LMA, большой диаметр поля моды

Мощные волоконные лазеры на основе иттербиевых световодов востребованы в науке, военной технике, а также во многих отраслях промышленности [1]. Препятствием для генерации мощного лазерного излучения и его передачи на расстояния порядка нескольких десятков метров является появление нежелательных нелинейных эффектов [2], которые могут быть снижены за счет использования световодов с увеличенным диаметром поля основной моды.

Увеличение размера поля моды и сохранение одномодового режима распространения излучения по световоду возможно при одновременном увеличении геометрических размеров световедущей сердцевинны и уменьшении разницы показателей преломления сердцевинны и оболочки. Однако в световодах с такой конструкцией возникают колоссальные изгибные оптические потери, которые делают передачу излучения по световоду невозможной.

Наилучшие результаты по устойчивости к изгибам достигнуты в Брэгговских световодах [3]. Потери на рабочей длине волны 1080 нм составили 0.01 дБ/м при радиусе изгиба 20 см. Однако технологически сложно обеспечить высокую воспроизводимость профиля показателя преломления Брэгговских световодов от преформы к преформе, что препятствует их внедрению в серийное производство.

Технологически легко реализуемыми являются световоды с профилем показателя преломления (ППП) с провалом у сердцевинны, как продемонстрировано в работах [4,5,6].

Целью данной работы является выбор наиболее подходящей конструкции световода, сочетающий макроизгибные потери с радиусом изгиба до 15 см и длиной волны отсечки 970 ± 50 нм.

Моделирование проводилось в программном обеспечении (ПО) Optiwave. Данное ПО позволяет определить длину волны отсечки и величину макроизгибных потерь для заданного профиля показателя преломления. Для определения сходимости результатов моделирования с результатами,

полученными на практике, была проведена оценка теоретических и экспериментальных значений длины волны отсечки и изгибных потерь для световода со ступенчатым показателем преломления.

Проведено теоретическое исследование изменения длины волны отсечки и изгибных потерь на рабочей длине волны иттербиевых лазеров (1080 нм) в зависимости от параметров провала (ширины и глубины), а также в зависимости от показателя преломления сердцевинки (рис. 1).

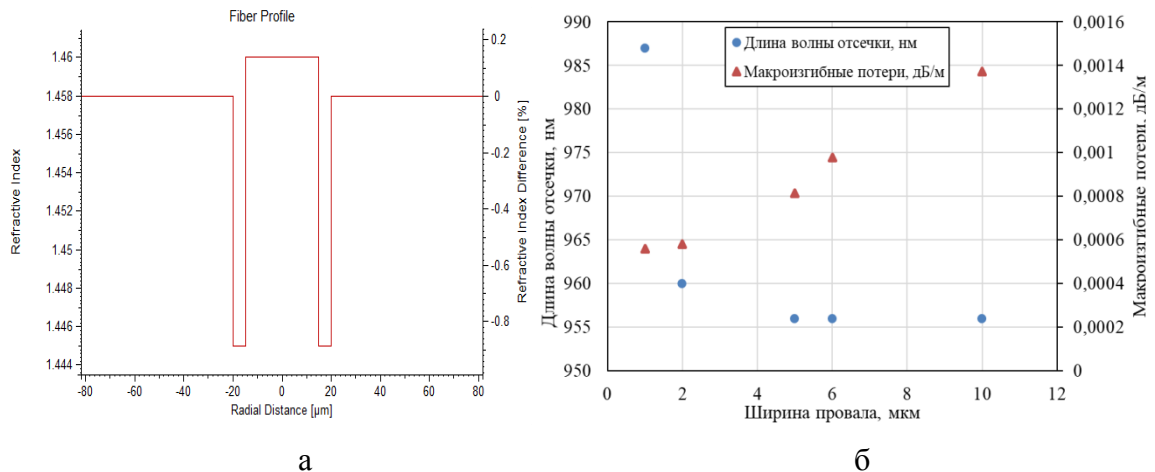


Рис.1. (а) Радиальное распределение профиля показателя преломления с провалом у сердцевинки; (б) зависимость длины волны отсечки и макроизгибных потерь от ширины провала.

Для оптимизированного ППП минимальные потери при изгибе диаметром 15 см составили 0.001 дБ/м, а длина волны отсечки 956 нм. При увеличении провала длина волны отсечки уменьшается до ширины 5 мкм. Последующее увеличение ширины провала приводит к появлению мод более высокого порядка.

Таким образом в работе представлен ППП с провалом у сердцевинки, который позволяет световоду оставаться работоспособным при увеличении диаметра сердцевинки до 20 мкм.

Литература

- [1] Курков А.С. Волоконные лазеры: принципы построения и основные свойств, Ульяновск: издательский центр УлГУ, Ульяновск УлГУ, 2012.
- [2] Устимчик Е.В. // Исследование оптических свойств одномодовых активных и пассивных волокон с большим эффективным размером поля моды. Автореферат на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. М: Изд-во МФТИ. 2014. 23 с.
- [3] Лихачев М.Е., Семенов С.Л. и др. *Квантовая электроника*, том **36**, номер 7, с. 581 – 586 (2006)
- [4] Maitreyee S., Sourav Das C. et al. *Photonics Technology Letters* Vol. **28**, Issue: 9. P. 1022 – 1025 (2016)
- [5] Bobkov K., Andrianov A. et al.. *Optics Express*. Vol. **25**, No. 22, P. 26958–26972 (2017)
- [6] Yingbo C., Yu Y. et al. *Optics Letters*. Vol. **41**, No 6, P. 1225 – 1228 (2016)