

07;12

## Оптическое удлинение световодов в фотополимеризующихся композициях

© А.Л. Лонин, С.Н. Менсов

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского  
E-mail: mensov@rf.unn.runnet.ru*Поступило в Редакцию 23 ноября 2001 г.*

Исследуется возможность формирования волноведущего канала оптическим способом из прозрачных слабопоглощающих фотополимеризующихся композиций при самоканализации излучения, выходящего из торца световода. Рассматривается влияние диаграммы направленности излучения с торца световода (т.е. модового состава излучения) на процесс формирования канала. Экспериментально получено удлинение до 1 см многомодового волокна диаметром 50  $\mu\text{m}$ .

При построении оптоволоконных сетей возникает проблема стыковки оптических волокон с источниками излучения, фотоприемниками и т.п. Во избежание значительных энергетических потерь, связанных с нарушением однородности волноведущего канала в месте соединения, необходимо обеспечить точное механическое позиционирование согласуемых элементов, что требует использования трудоемких технологий [1]. В качестве альтернативного способа создания согласующих элементов, исключающего необходимость позиционирования по одной (продольной) координате, можно предложить оптическое наращивание волокна в нелинейных средах с памятью — прозрачных фотополимеризующихся композициях. Известно, что в них под действием света происходит необратимый переход от жидкого мономера к твердому полимеру, сопровождающийся возрастанием показателя преломления. [2]. Так же в этих средах возможно оптическое самоформирование световода при самоканализации лазерного пучка [3]. Тогда, используя излучение на выходе исходного световода, аналогичным образом можно наращивать волноведущий канал непосредственно в месте его дальнейшего применения.

Удлинение световода проводилось экспериментально с помощью схемы, показанной на рис. 1. Излучение He-Ne лазера  $I$  (длина

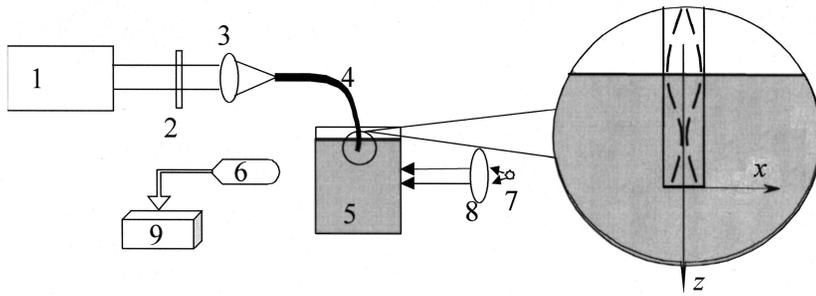


Рис. 1.

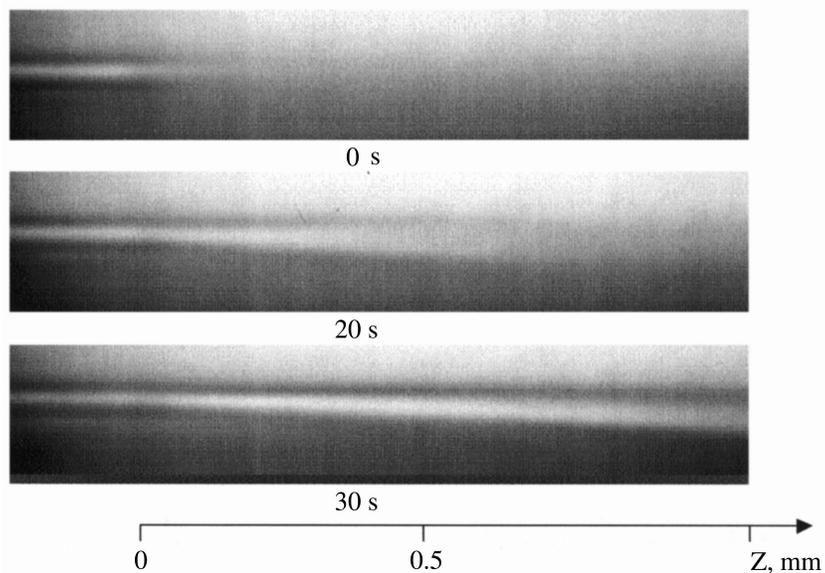
волны  $\lambda = 0.63 \mu\text{m}$ ) фокусировалось объективом 3 на торец оптоволокну 4, наращивание которого производилось в кювете с фотополимеризующейся композицией 5. Процесс формирования полимерного трека регистрировался видеокамерой 6. При этом подсветка трека осуществлялась с помощью не вызывающего реакции полимеризации инфракрасного излучения светодиода 7, коллимированного линзой 8. Обработка изображения, зафиксированного камерой, проводилась с помощью ЭВМ 9. Аттenuатор 2 позволял изменять интенсивность светового пучка в пределах от 5 до  $100 \text{ mW/mm}^2$ .

В качестве нелинейной среды использовалась фотополимеризующаяся композиция на основе ОКМ-2 [2]. Для нее показатель преломления мономера  $n_m = 1.46$ , а его максимальное изменение при полной полимеризации  $\Delta n_{\text{max}} = 5\%$ . Изменение показателя преломления такой нелинейной среды можно описать экспозиционной характеристикой вида [4]:

$$\Delta n(x, z, t) = \Delta n_{\text{max}} \left( 1 - \exp \left[ - \left( - \frac{H(x, z, t)}{H_0} \right)^\gamma \right] \right),$$

где  $\Delta n$  — текущая добавка к показателю преломления среды,  $H$  — экспозиция,  $H_0$  — нормировочный коэффициент, определяющий временной масштаб процесса полимеризации,  $\gamma$  — параметр контраста характеристики.

Особенностью данной композиции является уменьшение величины параметра  $\gamma$  с ростом интенсивности иницирующего излучения [4]. В пределах изменения интенсивности света от 10 до  $100 \text{ mW/mm}^2$



**Рис. 2.**

$\gamma$  меняется от 4 до 1. Другой существенной особенностью предлагаемого способа является тот факт, что распределение комплексной амплитуды поля на выходе исходного световода имеет в отличие от гауссова пучка [3] более сложную структуру и, следовательно, другой характер дифракционной расходимости. В случае одномодового режима расходимость зависит также от положения выходного сечения в исходном световоде [1].

Для изучения влияния отмеченных выше факторов было проведено экспериментальное исследование процесса удлинения световода путем применения различных типов волокон и возбуждения излучения в них светом различной интенсивности. Также проводилось численное моделирование способом, аналогичным описанному в [3]. При этом рассматривались только радиально-симметричные моды. Параметры излучения учитывались путем задания начального условия к параболическому уравнению для комплексной амплитуды электрического поля в фотополимере в виде распределения амплитуды света в выходном сечении

наращиваемого световода (плоскость  $x$  на рис. 1). Предполагалось, что это распределение такое же, каким оно было бы в этом сечении в случае продолжающегося световода, что справедливо для слабонаправляющего волокна [1], у которого показатели преломления сердцевины и оболочки мало отличаются.

Результаты исследования процесса наращивания волноведущего канала с торца волокна показывают, что при малых интенсивностях иницирующего излучения формирование полимерного трека происходит вне зависимости от выходного распределения поля в наращиваемом волокне. Во всех случаях образуется канал одинаковой ширины порядка размеров исходного волокна. Отличия существуют только в профиле распределения показателя преломления на начальном участке формируемого канала (т.е. на расстояниях, много меньших дифракционной длины  $ka^2$ , где  $k$  — волновое число,  $a$  — диаметр волокна). Поперечные размеры полимерного трека оказываются непостоянными вдоль его оси  $z$ . Пределы изменения ширины становятся уже с ростом контраста фотополимеризующейся композиции. Для излучения с большей мощностью, как и в случае образования световода с помощью гауссова пучка [3], форма канала просто повторяет профиль распределения интенсивности расходящегося иницирующего пучка.

В качестве примера на рис. 2 представлены фотографии полимерного трека, формирующегося с торца возбуждаемого светом интенсивностью  $20 \text{ mW/mm}^2$  (что соответствует  $\gamma \approx 2$ ) многомодового световода со ступенчатым профилем показателя преломления с диаметром сердцевины  $50 \mu\text{m}$ , в различные моменты времени после начала экспозиции. Вариации его поперечных размеров не заметны на приведенном изображении ввиду их малости относительно ширины трека.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 01–03–33040.

## Список литературы

- [1] Снайдер А., Лав Дж. Теория оптических волноводов. М.: Радио и связь, 1987. 656 с.
- [2] Абакумов Г.А., Менсов С.Н., Семенов А.В. и др. // ВМС. 2000. Сер. Б. Т. 42. С. 1252–1256.
- [3] Вдовин В.А., Лонин А.Л., Менсов С.Н. // ЖТФ. 2001. Т. 71. Вып. 7. С. 67–71.
- [4] Абакумов Г.А., Менсов С.Н., Семенов А.В. // Оптика и спектроскопия. 1999. Т. 86. № 6. С. 1029–1032.