

А. Б. Поллер^{1}*

О свойствах матриц из полимерных микроволокон с люминофорами при преобразовании лазерных импульсов

¹ Институт лазерной физики СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: lablis@mail.ru

Аннотация. Полимерные оптические волокна из полиметилметакрилата (ПММА) диаметром (0,2 – 0,5) мм используются для внутриобъектовой волоконно – оптической связи. При введении люминофоров в такие волокна они применяются для преобразования и передачи оптических импульсов в различных телекоммуникационных и сенсорных системах. Целью работы являются исследование методов получения микроволокон из ПММА с диаметром менее 50 мкм с фотоустойчивыми люминофорами и разработка модели матрицы из таких микроволокон, подключаемых к фотолинейкам для контроля пространственных параметров падающих на матрицу лазерных пучков.

Ключевые слова: полимерные оптические волокна, люминесцентные преобразователи оптических сигналов, фотолинейки

A. B. Poller^{1}*

On the Properties of Matrices Made of Polymer Microfibers with Phosphors during the Conversion of Laser Pulses

¹ Institute of Laser Physics SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: lablis@mail.ru

Abstract. Polymer optical fibers made of polymethylmethacrylate (PMMA) with a diameter of (0,2 – 0,5) mm are used for intra-object fiber-optic communication. When phosphors are introduced into such fibers, they are used to convert and transmit optical pulses in various telecommunications and sensor systems. The aim of the work is to study methods for obtaining microfibers from PMMA with a diameter of less than 50 microns with photostable phosphors and to develop a model of a matrix of such microfibers connected to photolines to control the spatial parameters of laser beams incident on the matrix.

Keywords: polymer optical fibers, luminescent optical signal converters, photolines

Введение

Полимерные оптические волокна из полиметилметакрилата (ПММА) диаметром (0,2 – 0,5) мм используются для внутриобъектовой волоконно – оптической связи. При введении люминофоров в такие волокна они применяются для преобразования и передачи оптических импульсов в различных телекоммуникационных и сенсорных системах. Целью работы является исследование методов получения микроволокон из ПММА с диаметром менее 50 мкм с фотоустойчивыми люминофорами и разработка модели матрицы из таких микроволокон, подключаемых к фотолинейкам для контроля пространственных параметров падающих на матрицу лазерных пучков.

Исследовательский стенд для экструдерного получения волокон из оптических полимеров представлен на рис. 1.

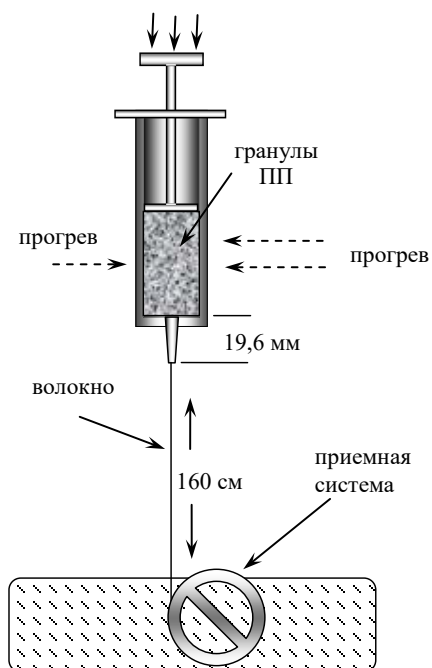


Рис. 1. Стенд для вытяжки полимерных волокон

В состав приемной системы стенда входит вращающийся стеклянный цилиндр, внутри которого размещаются лампы УФ подсветки для полимеризации волокон.

Вид полимерного фотонно-кристаллического волновода диаметром $2R_0$ с наполнением из изготовленных экструдированных однородных волокон диаметром r_b показан на рис 2.

Результаты исследований свойств полимерных ТГц волноводов из экструдированных микроволокон изложены в наших публикациях [1, 2].

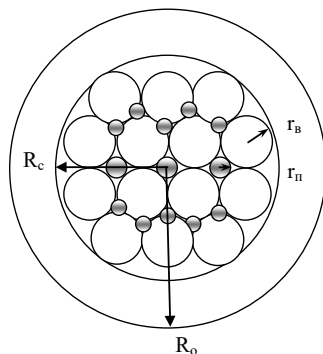


Рис. 2. Структура полимерного ТГц волновода из экструдированных микроволокон из ПММА

Результаты

После синтеза фотоустойчивых полимерных структур с люминофорами [3, 4] были выполнены экспериментальные исследования по выпуску волокон из ПММА с добавкой люминофоров из серии кумаринов.

Для получения пучков микроволокон композит ПММА с люминофором размещается в камере экструдера. Процесс экструдирования заключается в нагреве экструдера до заданной температуры и создании давления на плунжер путем помещения на него грузов. После разогрева экструдера и создания давления на плунжер начинается процесс экструзии, он заключается в закреплении волокна из разогретого ПММА с люминофором за вращающийся кварцевый цилиндр для намотки получившегося волокна. С помощью регулировки оборотов вращения цилиндра, температуры и давления на плунжер мы можем получить различные диаметры волокон или пучки микроволокон. Экспериментально получены пучки из 20 – 30 микроволокон, диаметр микроволокон длиной в десятки сантиметров в разных пучках изменялся от 10 мкм до нескольких десятков мкм.

При боковом падении импульсного УФ пучка P_i на микроволокно с люминофором излучение люминесценции распространяется за счет полного внутреннего отражения, на выходе торцов волокна длиной L имеем сигналы мощностью P_i , величина которых зависит от квантовой эффективности люминофора и координат площади облучения на длине L .

При объединении микроволокон в матрицу из вертикально расположенных волокон, торцы которых стыкуются с фотодиодами быстродействующих фотодиодов, имеем следующие физические свойства преобразования УФ сигналов.

А. Не пропускать оптическое излучение через матрицу в области поглощения фотонов люминофором $\delta\lambda$.

Б. Преобразовывать в спектральной области $\delta\lambda$ короткие импульсы $\tau_{\text{вх}}$ с длительностью меньше времени кинетики (возбуждения) люминофора $\tau_{\text{кин}}$ в импульсы на выходе микроволокон с длительностью $\tau_{\text{вых}} = \tau_{\text{вх}} + \tau_{\text{кин}}$.

В. Понижать спектр выходного оптического импульса на выходе микроволокна на 70 – 80 нм относительно спектра облучающего лазерного пучка.

Г. Открывает возможность пространственного контроля положения принятого лазерного импульса.

Примем модель матрицы из микроволокон в прямоугольном виде, размером g по горизонтали и h по вертикали. Размер лазерного пучка круглого сечения на длине волны λ с диаметром d и гауссовым распределением яркости на поверхности матрицы должен соответствовать неравенствам $d \leq g$ и $d \leq h$.

При симметричном расположении пучка в центре матрицы набор из n выходных сигналов люминесценции на длине волны $\lambda_{\text{лм}}$ мощностью $P_{1\text{в}}, \dots, P_{i\text{в}}, \dots, P_{n\text{в}}$ с верхних торцов микроволокон и набор из n выходных сигналов $P_{1\text{н}}, \dots, P_{i\text{н}}, \dots, P_{n\text{н}}$ с нижних торцов микроволокон должны удовлетворять равенству $P_{i\text{в}} = P_{i\text{н}}$.

При смещении лазерного пучка вниз будет наблюдаться неравенство $P_{i\text{в}} \leq P_{i\text{н}}$, при смещении лазерного пучка вверх $P_{i\text{в}} \geq P_{i\text{н}}$.

Точность определения пространственных размеров пучка обусловлена диаметром используемых микроволокон и размером фотоячеек в используемой фотолинейке. Точность тем выше, чем меньше диаметр микроволокна и размер фотоячейки.

Заключение

Установлено что матрица из микроволокон с люминофорами различных типов обладает свойством изменять спектр и временные характеристики лазерного импульса. Объединение выходов микроволокон матрицы с фотолинейками с большим количеством фотоячеек открывает возможность пространственного контроля положения принятого лазерного импульса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поллер Б.В., Клементьев В.М., Бритвин А.В., Коломников Ю.Д., Коняев С.И., Поллер А.Б., Ванда О.А. О характеристиках моделей терагерцовых полимерных фотонно-кристаллических волноводов и нанокompозитных жидкокристаллических преобразователей лазерных и тепловых излучений на свертке матрицы полимерных микроволокон. ГЕО-Сибирь – 2011. – Т.5. Специализированное приборостроение, метрология, теплофизика, микротехника, нанотехнологии. – Ч.2: сб. матер. VII Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь – 2011», 19–29 апреля 2011 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2011. – С. 138 – 141.
2. Experimental characteristics of polymer terahertz photonic crystal fiber for laser control / Poller B.V., Britvin A.V., Povazhaev A.V., Poller A.B., Chesnokov E.N. // В книге: Modern problems of laser physics. The VII International Symposium and Young Scientists School. – 2016. – С. 224–225.
3. Бритвин А.В., Никитенко Н.С., Плюсин В.Ф., Поллер Б.В., Поллер А.Б., Шахов Н.В. О фотостабильности акрилатных и полиметилметакрилатных планарно-волоконных структур с люминофорами COUMARIN 7, 47, 120; POPOP; NOL8 для ультрафиолетовых информационных систем // Оптика и спектроскопия. – 2022. – Т. 130. № 2. – С. 311–316. DOI: 10.21883/OS.2022.02.52001.2201-21.
4. Бритвин А. В., Никитенко Н. С., Поллер А. Б., Поллер Б. В., Шахов Н.В. Характеристики трендов в динамике излучения полимерных планарно-волноводных структур с люминофорами для ультрафиолетовых информационных систем при длительных натуральных испытаниях // Проблемы информатики. – 2022. – №3. – С. 5–13.

© А. Б. Поллер, 2023