

## Создание волоконно-оптических структур с хитозановыми плёнками для детектирования кислотности

Л.И. Гафурова<sup>1,2</sup>, О.В. Иванов<sup>1</sup>, Д.Д. Бакуров<sup>1,2</sup>, М.А. Абельмас<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ульяновский филиал Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Гончарова, 48/2, Ульяновск, Россия, 432071

<sup>2</sup>Ульяновский государственный технический университет, Северный Венец 32, Ульяновск, Россия, 432027

### Аннотация

Создана и исследована волоконная структура на основе вставки оптического волокна с тонкой сердцевинной между стандартными волокнами. Волоконная вставка с тонкой сердцевинной возбуждает моды оболочки и обеспечивает обмен энергией между различными модами волокна. На стыке стандартного и нестандартного волокна происходит накопление разностей фаз между модами сердцевинной и оболочки, распространяющимися через структуру. Чувствительность структуры к кислотности среды обеспечивается за счёт нанесения полимерной плёнки хитозана.

### Ключевые слова

Волоконно-оптический датчик, тонкие плёнки, хитозан, датчик кислотности

Современные оптоволоконные технологии позволяют создавать компактные и надежные волоконно-оптические датчики, используемые для измерения широкого круга физических и технологических параметров. Оптоволоконные структуры со вставками нестандартных волокон привлекают значительный интерес для применения в датчиках благодаря простоте их создания, хорошей чувствительности и возможности измерения химических параметров внешней среды [1,2]. Чувствительность структур со вставками волокон может быть значительно увеличенным путем возбуждения оболочечных мод и наложением на оболочку волокна покрытия из материала с показателем преломления выше, чем показатель преломления оболочки [3].

В данной работе создается и исследуется волоконно-оптическая структура на основе стандартных волокон SMF-28, между которыми вварено волокно SM600, покрытое хитозановой пленкой (Рисунок 1). Волокно SM600 фирмы Fibergore имеет следующие параметры: радиус сердцевинной ~ 2.2 мкм, числовая апертура ~ 0.12, длина волны отсечки ~ 600 нм. Ввод излучения во вставку и вывод из нее осуществляется через стандартное волокно SMF-28 фирмы Corning (радиус сердцевинной ~ 4.2 мкм, относительная разница между показателями преломления сердцевинной и оболочки ~ 36%, числовая апертура ~ 0.14, длина волны отсечки ~ 1260 нм). Длина вставки составляет 8 см.

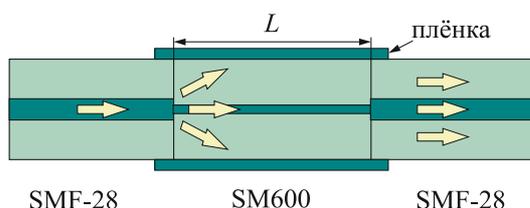


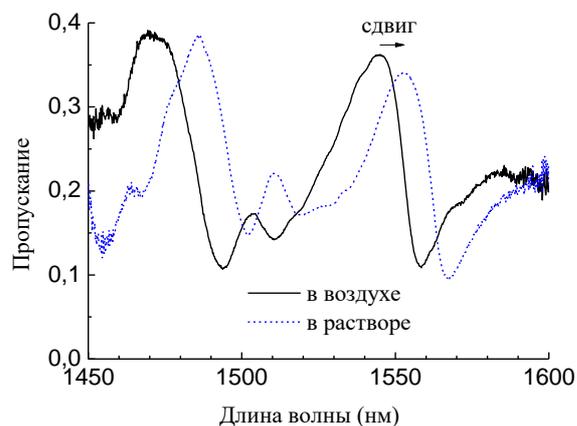
Рисунок 1: Схема распространения света в волоконно-оптической структуре



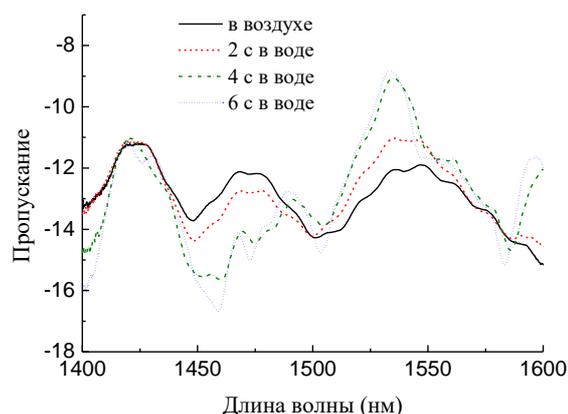
Рисунок 2: Волокно с хитозановой плёнкой сразу после вытяжки

Для увеличения поверхностного поля мод на волокно наносится тонкая пленка хитозана. Чтобы электромагнитное поле проникало в пленку, ее показатель преломления должен быть больше показателя преломления оболочки волокна. На длине волны около 1500 нм. показатель

преломления хитозана равен 1.45, а кварца – 1.44, т.о. требуемое соотношение выполняется. Раствор хитозана (1%) приготавливался растворением порошка хитозана в 1-процентном растворе уксусной кислоты на паровой бане в течении одного часа при постоянном помешивании. Нанесение пленки происходит погружением волокна в раствор хитозана и вытягиванием с образованием плёнки (Рисунок 2). Используемые режимы нанесения позволяют получить пленки толщиной до десятков микрометров. Хитозановая пленка покрывает вставку специального волокна, защищенного от внешнего полимерного покрытия, и прилегает к внешней оболочке волокна. Измеренная в оптическом микроскопе толщина полученной нами пленки составила 10 мкм.



**Рисунок 3:** Сравнение спектров волоконной структуры в воздухе и в растворе



**Рисунок 4:** Спектры волоконной структуры в процессе растворения хитозана в воде

Измерены спектры пропускания структуры при погружении волокна в раствор хитозана. В результате увеличения показателя преломления внешней среды изменяются постоянные распространения оболочечных мод оптического волокна. Вследствие этого происходит смещение спектральных провалов в область больших длин волн (Рисунок 3).

Было обнаружено, что при погружении волокна с пленкой хитозана в воду происходит растворение пленки хитозана. На Рисунке 4 изображено, как происходит эволюция спектра пропускания в процессе растворения хитозановой пленки в воде. В эксперименте волокно с высохшим хитозановым покрытием опускалось в воду с  $\text{pH}=7$ , после чего каждые 2 секунды проводилось измерение спектра. Из полученных спектров видно, что понадобилось около 6 секунд для полного растворения хитозана, о чем можно судить по отсутствию дальнейших спектральных изменений. Для создания волоконно-оптического датчика кислотности необходимо получить нерастворимую хитозановую пленку, которая может разбухать и менять свой показатель преломления в растворах в зависимости от их кислотности.

## Литература

- [1] Бейли, Д. Волоконная оптика. Теория и практика / Д. Бейли, Э. Райт. – М.: Кудиц-Образ, 2006. – 320 с.
- [2] Иванов, О.В. Оболочечные моды волоконных световодов и длиннопериодные волоконные решетки / О.В. Иванов, С.А. Никитовю – М.: Физмалит, 2012. – 252 с.
- [3] Villar, I.D. Deposition of overlays by electrostatic self-assembly in long-period fiber gratings / I.D. Villar, M. Achaerandio, I.R. Matías, F.J. Arregui // Opt. Lett. – 2005. – Vol. 30. – P. 720.