

УДК 681.586.5

## Плазмонный сенсор на оптическом волокне с сохранением поляризации

*К.А. Томышев<sup>1,2</sup>, О.В. Бутов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup>Институт радиотехники и электроники им.В.А.Котельникова РАН

В данной работе представлен новый высокостабильный волоконно-оптический датчик, работающий на эффекте поверхностного плазмонного резонанса.

Датчики, работа которых основана на эффекте поверхностного плазмонного резонанса находят все большее применение в биологии и медицине. В последнее время в печати появляется огромное количество работ, посвященных созданию плазмонных волоконных датчиков. Среди них особый интерес представляют конструкции, основанные на использовании, так называемых, наклонных брэгговских решеток (TFBG) [1].

Наклонная брэгговская решетка возбуждает моды оболочки оптического волокна. На металлизированной поверхности волоконного световода вытекающие оболочечные моды возбуждают плазмоны, скорость распространения которых существенно зависит от диэлектрической проницаемости внешней среды. Наиболее эффективной оказывается перекачка энергии в плазмон оболочечных мод, фазовая скорость которых вдоль поверхности волоконного световода совпадает со скоростью распространения плазмона. Такой эффект поверхностного плазмонного резонанса находит отражение в спектре пропускания волоконного датчика в виде «перетяжки» (рис.1). Спектральное положение «перетяжки», очевидно, зависит от показателя преломления внешней среды. Этот принцип лежит в основе построения плазмонного датчика.

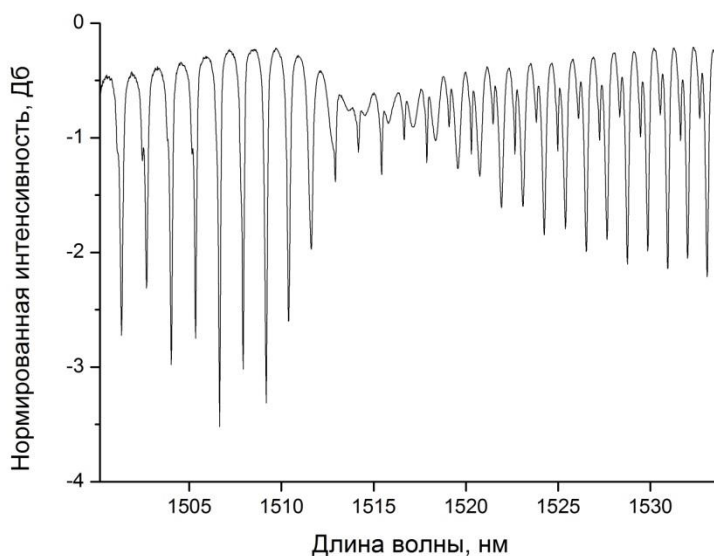


Рис. 1. Спектр пропускания брэгговского плазмонного сенсора на основе волокна с сохранением поляризации.

Несмотря на все достижения последних лет в данной области, к настоящему моменту промышленных волоконных сенсоров создано не было. Это обусловлено целым рядом нерешенных задач, одна из которых – влияние поляризации проходящего по световоду излучения на показания датчика. В схеме с применением наклонных брэгговских решеток, лишь одна из линейных составляющих поляризации может эффективно возбуждать плазмоны на поверхности волокна. При использовании стандартного волоконного световода поляризация возбуждающего излучения может испытывать хаотические изменения, особенно при изгибе световода, что делает выходной сигнал крайне неустойчивым. Для решения этой проблемы нами было впервые

предложено использовать для данной задачи специальное оптическое волокно с сохранением поляризации (PMF). В таком волокне вектор поляризации линейно поляризованного света может сохраняться вдоль всего участка волокна даже при значительных его изгибах. В этом типе световода нами были записаны наклонные брэгговские решетки в плоскости одной из осей волокна.

Поверхность участка волокна с записанной в нем решеткой была покрыта слоем золота толщиной примерно 35 нм. Покрытие датчика слоем золота осуществлялось методом термического испарения металла в вакуумной камере. Отметим, что толщина слоя золота, равно как и его равномерность, крайне важна для работы датчика. Для обеспечения равномерного нанесения золота на всю поверхность сенсора волоконный световод вращался вдоль своей оси в процессе испарения металла [2].

Для получения поляризованного оптического излучения на входе датчика нами было изготовлено волокно-поляризатор, являющееся разновидностью PMF, в котором одна из осей обладает высоким коэффициентом затухания сигнала, другая обладает малыми потерями. Благодаря этому ортогональная поляризация подавляется, и на выходе из такого волокна выходит линейно поляризованное излучение. Участок волокна-поляризатора длиной 1 м был приварен к сенсорному участку волокна.

Схема экспериментальной установки по исследованию макета сенсора, чувствительного к показателю преломления приведена, на рис.2. Спектр пропускания образца, погруженного в воду, приведен на рис.1. В качестве тестовых жидкостей использовались также водные растворы изопропилового спирта и глицерина различной концентрации. Было показано, что стабильность показаний такого датчика даже при малых изгибах подводящего световода по меньшей мере на порядок превосходит аналогичный датчик, изготовленный в изотропном волоконном световоде. Воспроизводимость измерений показателя преломления при механических изгибах подводящего световода составила величину не хуже, чем  $2 \cdot 10^{-4}$  RIU.

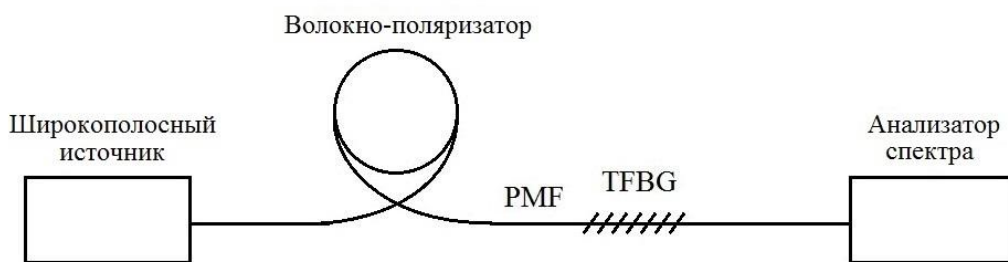


Рис. 2. Экспериментальная установка

Таким образом, в нашей конструкции мы решили одну из серьезных проблем такого датчика – его чувствительность к поляризации проходящего света – путем использования волокна с сохранением поляризации. Такие датчики открывают широкие перспективы для их использования в реальных высокочувствительных сенсорных системах, в том числе в качестве биосенсоров для медицинской диагностики.

### Литература

1. Albert J., Shao L.-Y., Caucheteur C. Tilted fiber Bragg grating sensors // Laser Photonics Rev. 2013. V.7. №.1. P.83
2. Butov O.V., Golant K.M., Tomyshev K.A. Recoating of Fiber Bragg Gratings with metals //11-th International Symposium on SiO<sub>2</sub>, Advanced Dielectrics and Related Devices. 2016. Nice, France.