

ИЗУЧЕНИЕ СЕНСОРНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БИОПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ С ВНЕДРЕННЫМ ИНДИКАТОРОМ БРОМТИМОЛОВЫЙ СИНИЙ

М.А. Демченков, V курс, Институт информатики, инноваций и бизнес-систем ВГУЭС
Н.Н. Номоконова – научный руководитель, д-р. техн. наук, проф. каф. Эл ИИИБС
А.А. Сергеев, м.н.с. ИАПУ ДВО РАН

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, Владивосток

Целью работы является изучение сенсорных свойств материалов на основе биополимерных покрытий с внедренным индикатором «Бромтимоловый Синий». Обнаружение токсичных газов (NH_3 , HCl , SO_2 , CO и др) в режиме реального времени на сегодняшний день является актуальной областью исследований, в связи с тем что высокие концентрации этих ядовитых веществ представляют большую угрозу для здоровья человека и экологического состояния окружающей среды [1-3]. В настоящее время разработано огромное количество сенсоров, в основе работы которых лежат разные принципы обнаружения ядовитых газов. В данной работе для исследования сенсорных характеристик биополимерных покрытий с внедренным индикатором «Бромтимоловый синий» был создан оптический химический сенсор с призмным элементом связи. Он представляет собой герметичную камеру, изготовленную из алюминия, внутри которой помещается образец. Оптические химические сенсоры являются своего рода детекторами, которые способны регистрировать летучие аналиты в окружающей среде. В отличие от других устройств, которые применяются для обнаружения летучих химических соединений, оптические химические сенсоры имеют ряд преимуществ, таких как: высокая чувствительность, быстрое время срабатывания и регенерации, устойчивость к электромагнитным помехам [1,4]. Их принцип работы основан на изменении интенсивности лазерного излучения волноводной моды распространяющейся через исследуемую газообразную или жидкую среду (находящуюся рядом с датчиком), на длинах волн, характерных для данного вещества.

На рисунке 1 схематически показан поперечный разрез трехслойного оптического химического сенсора на основе планарного волновода с призмным элементом связи.

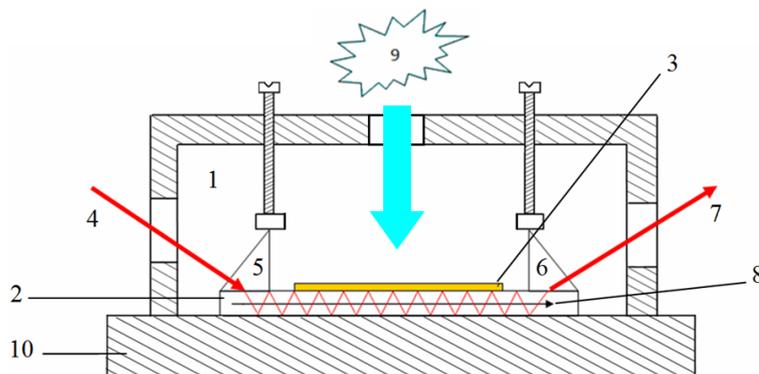


Рисунок 1 – Поперечный разрез оптического химического сенсора.

1 - покровный слой (воздух); 2 – волновод; 3 – сенсорный слой; 4, 7 - вводимое и выводимое излучение лазера; 5, 6 - призмы ввода и вывода лазерного излучения; 8 - направляемая волноводная мода; 9 – анализируемая газовая среда; 10 – подложка

Он образован тремя средами: воздухом 1, волноводом 2 и сенсорным слоем 3 с показателями преломления сред n_1 , n_2 и n_3 соответственно. Для обеспечения

направляющих свойств показатели преломления n_i сред волновода выбираются из условия: $n_2 > n_3 > n_1$.

В оптико-лучевом приближении лазерное излучение, введенное в регулярный волновод, распространяется вдоль волновода в виде плоских волн,двигающихся по зигзагообразному пути и испытывающих многократное полное внутреннее отражение на границах волновода. Основное условие для получения многократного полного внутреннего отражения является то, что показатель преломления волноводного слоя (сенсорного слоя) должен быть меньше, чем показатель преломления подложки. В данной работе при создании чувствительного слоя использовался метод послойной электростатической самоорганизации противоположно заряженных полиэлектролитов [5]. В отличие от большинства синтетических полиэлектролитов, демонстрирующих линейный тип роста толщины покрытий, получаемых методом «слой-за-слоем» путем самоорганизации противоположно заряженных полиэлектролитов, многослойные пленки широко распространенных полисахаридов – хитозана (катионный компонент) и каррагинанов (анионный компонент) - характеризуются экспоненциальным типом роста, что связано с неполной компенсацией заряда предыдущего слоя. Количество нанесенных бислоев полиэлектролитов позволяет с высокой точностью контролировать толщину чувствительного слоя, даже в том случае если необходимо получить достаточно большую толщину многослойной плёнки [5].

Для проверки возможности использования многослойного полимерного покрытия в системах мониторинга химических веществ в окружающей среде был выбран аммиак. Аммиак, наряду с другими ядовитыми газами, является приоритетным загрязнителем окружающей среды. В качестве аналита был выбран кислотно-основной индикатор «Бромтимоловый синий», используемый для регистрации аммиака.

На рисунке 2 приведены спектры поглощения биополимерных покрытий с внедренным индикатором «Бромтимоловый Синий».

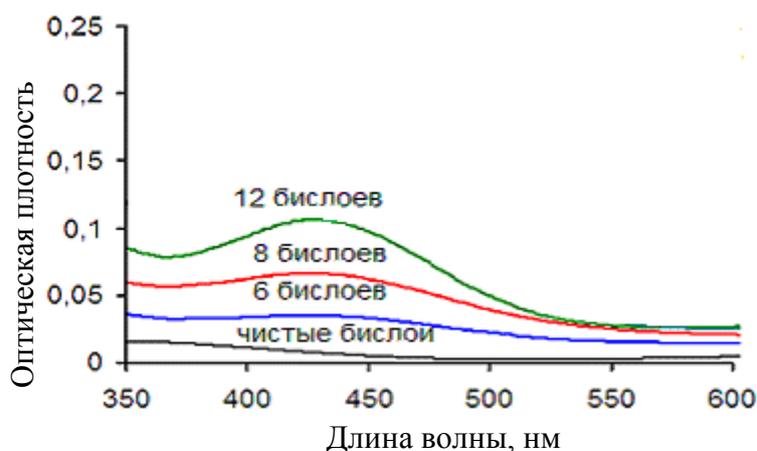


Рисунок 2– Спектры поглощения биополимерных покрытий с внедренным индикатором «Бромтимоловый Синий»

Оптическая плотность, определялась по формуле $A = \lg\left(\frac{1}{T}\right)$, где T – оптическое пропускание образца.

На рисунке 3 продемонстрированы графики сенсорных откликов биополимерных покрытий 8-ми и 12-ю бислоями с внедренным индикатором «Бромтимоловый Синий» на присутствие аммиака в окружающей среде.

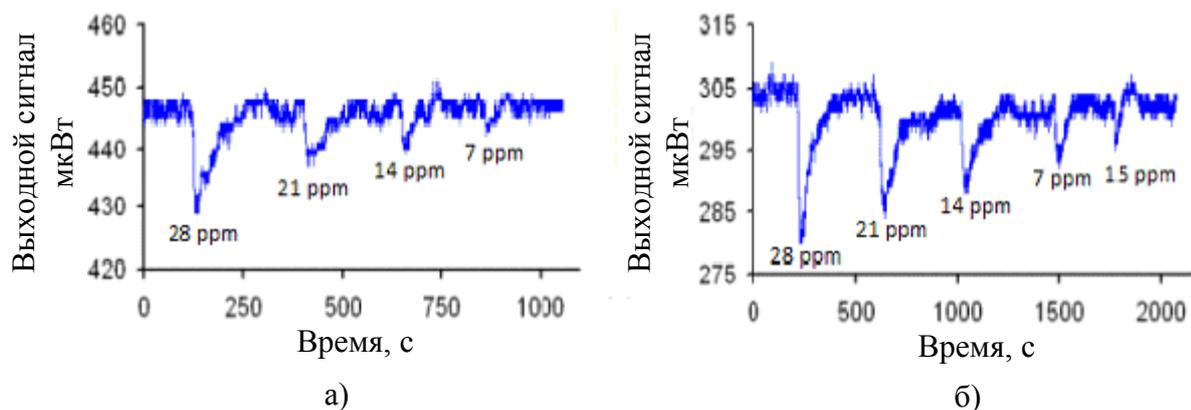


Рисунок 3– Графики сенсорных откликов образцов на основе биополимерных покрытий с внедренным индикатором «Бромтимоловый Синий» на присутствие разных концентраций аммиака в окружающей среде (а) – 8 бислоёв, (б) – 12 бислоёв

Таким образом, количество бислоев биополимерного покрытия влияет на чувствительность сенсорного слоя, т.е. чем больше бислоев тем выше чувствительность образца. Стоит отметить, что время срабатывания (отклика) каждого из образцов на присутствие аммиака в окружающей среде примерно одинаковое (около 1 сек), но при этом, время восстановления (регенерации) чувствительного слоя разное, это связано напрямую с толщиной сенсорного покрытия рис. 4.

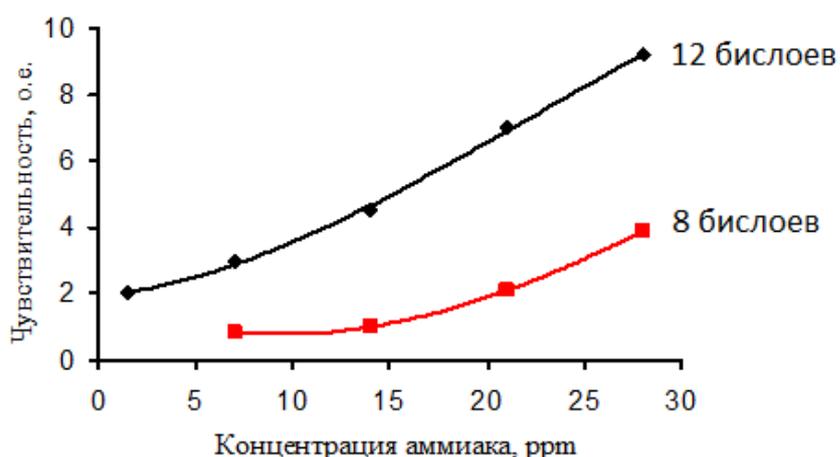


Рисунок 4– Сравнительная характеристика чувствительности образцов биополимерных покрытий с внедренным индикатором «Бромтимоловый Синий»

Выводы: Исследована принципиальная возможность использования биополимерных покрытий с внедренным красителем «Бромтимоловый Синий» для создания химических сенсоров. Чувствительность сенсорного биополимерного покрытия прямо пропорционально напрямую зависит от количества бислоев. Время восстановления биополимерного покрытия обратно пропорционально зависит от толщины сенсорного слоя.

Список использованных источников:

1. Lambeck P.V. Integrated optical sensors for the chemical domain // Meas. Sci. Technol. 2006, V.17., P. R93–R116.

2. Otsuki S., Adachi K., Taguchi T. A novel fiber optic gas sensing configuration using extremely crived optical fibers and an attempt for optical humidity detection // *Sens. Actuators B.* – 1998. – Vol. 53. – P. 91–96.
3. Yimit A., Itoh K., Murabayashi M. Detection of ammonia in the ppt range based on a composite optical waveguide pH sensor // *Sensors and Actuators B.* – 2003. - Vol. 88. - P. 239-245.
4. Егоров А. А., Егоров М. А., Чехлова Т. К., Тимакин А. Г. Интегрально-оптический химический сенсор с аналого-цифровым преобразованием сигнала // *Ж. Радиоэлектроники.* - 2011. - №2. - С. 0421100114\0010
5. Bratskaya S., Marinin D., Simon F., Synytska A., Zschoche S., Busscher H. J., Jager D., and van der Mei H. C. Adhesion and viability of two enterococcal strains on covalently grafted chitosan and chitosan/ κ -carrageenan multilayers // *Biomacromolecules.* 2007. V.8., N.9., P.2960-2968.