

ИЗМЕРЕНИЕ СИЛОВЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ТОНКИХ ПЛЕНКАХ НА ОСНОВЕ МИКРОКАНТИЛЕВЕРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

В настоящее время в ведущих странах уделяется значительное внимание широкому спектру задач биохимического контроля сфер жизнедеятельности человека и животных. Для диагностики биологических агентов применяются преимущественно методы иммунохимического анализа, использующие специальные метки, необходимые для выработки аналитического сигнала; в процесс анализа вводится дополнительный цикл определения количества связавшихся меток. В результате время анализа увеличивается, и функционирование сенсора в режиме постоянного мониторинга становится невозможным.

В России и за рубежом ведутся активные исследования в области создания "электронного носа" и "электронного языка" – искусственных измерительных систем, действующих подобно органам человека – носу и языку. Актуальна задача создания экстренной прикроватной диагностики пациентов, которую затруднительно реализовать без непрерывного контроля веществ в средах, содержащих посторонние примеси. Примерами устройств, с помощью которых можно организовать такой контроль, могут служить кварцевые микровесы или системы поверхностного плазмонного резонанса, однако

остается нерешенной проблема неспецифического связывания в случае их использования для анализа веществ в многокомпонентных средах.

Эта проблема становится разрешимой в случае использования микрокантилеверов, появление которых во многом обусловлено интенсивным развитием атомно-силовой микроскопии [1]. Устройства с микромеханическими преобразователями зарекомендовали себя в качестве полноценного научного инструмента для исследований межмолекулярных взаимодействий в монослойных пленках адсорбированных

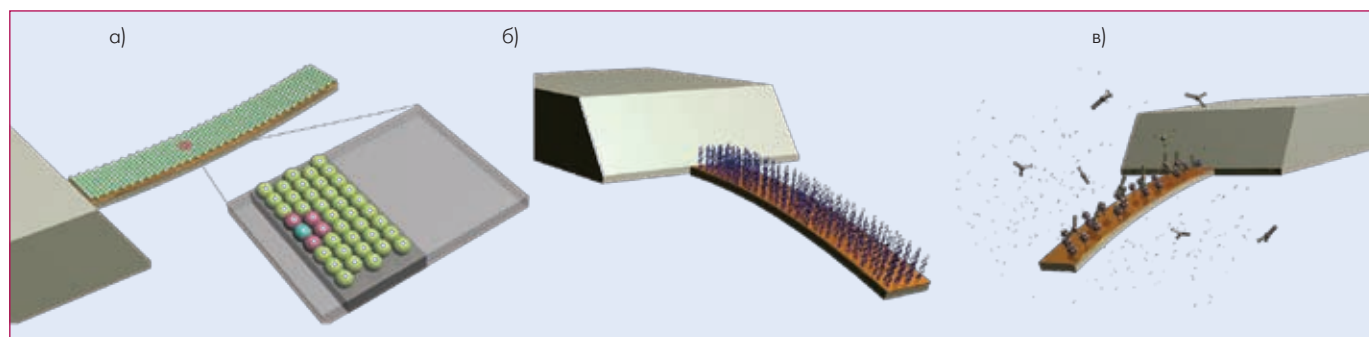


Рис.1 Микроконсоль с белковым рецепторным слоем (а), микроконсоль с низкомолекулярным рецептором (б), архитектура силового иммунохимического микроконсольного сенсора (в)

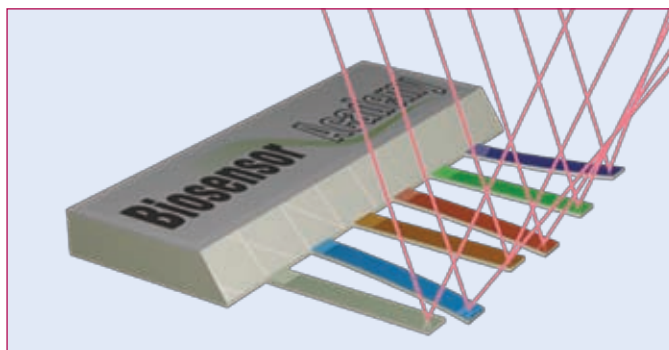


Рис.2 Массив микроконсоль, имеющих индивидуальные рецепторные слои. Каждая микроконсоль отклоняется в соответствии с величиной изменения поверхностной энергии рецептора. Отклонения фиксируются с помощью лазерно-оптического датчика наноперемещений, заимствованного из атомно-силового микроскопа

низкомолекулярных веществ [2], молекулярных комплексов [3], антител [4], ферментов [5], ДНК, аптамеров [6], белков [7], набухающих полимерных пленок [8].

Условием для корректной работы силового микроконсольного датчика является специфичность одной из его поверхностей к исследуемому сорбированному веществу [9]. Как правило, датчик имеет одну плоскость, специфичную к сорбату, в то время как другая остается к нему инертной (рис.1).

Способ использования микрокантилеверов заключается в том, что при связывании определяемого вещества с рецептором на поверхности кантилевера происходит статическая деформация кремниевой консоли, величина изгиба которой прецизионно определяется с помощью лазерно-оптической системы (рис.2). Как следствие изменения в сенсорном слое поверхностной энергии в нем возникают силы избыточного давления или поверхностного натяжения. В связи с этим, показатель направления изгиба кантилевера в микромеханических анализаторах является существенным, так как характеризует набор доминирующих факторов, отвечающих за энергетическое состояние системы в целом [2].

Существенная, не имеющая альтернативных аналогов особенность кантилевера, — способность прямого измерения натяжения в пленках, помещенных на одну из его сторон. В этом случае степень влияния неспецифического связывания на аналитический сигнал вследствие низких энергий неспецифических связей и, следовательно, их незначительного вклада в поверхностное натяжение рецепторной пленки, заметно уменьшается [10].

Благодаря этому получаемая о состоянии исследуемых объектов информация уникальна и, вообще говоря, отличает-

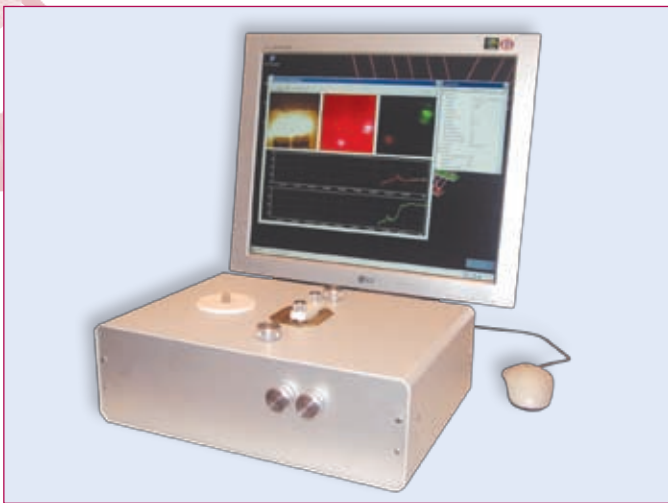


Рис.3 Биохимический анализатор на основе микрокантилеверных систем

ся от той, которую дают распространенные методы анализа массы, оптических и электрических свойств пленок.

Уникальность информации состоит в том, что она непосредственно характеризует энергию межмолекулярных взаимодействий внутри пленки, преобразующуюся в статический изгиб кантилевера (энергию аналитического сигнала). Поверхностные силы в молекулярных пленках на твердых подложках могут быть обусловлены электростатическим взаимодействием отдельных молекул или их комплексов [3].

Существующий в России исследовательский коллектив (ООО "Академия биосенсоров", Москва, www.biosensora-cademy.com) состоит преимущественно из молодых ученых МГУ им. М.В.Ломоносова, ИФХЭ РАН им. А.Н.Фрумкина, ИНЭОС РАН им. А.Н.Несмеянова, эффективно занимающихся разработками в области биосенсорных технологий на основе микрокантилеверных систем.

В частности, в ООО "Академия биосенсоров" разработан универсальный прибор – анализатор на основе микрокантилеверов (рис.3), позволяющий с высокой точностью определять биологические или химические агенты в жидких средах.

Прибор позволяет использовать одновременно четыре микрокантилеверных датчика с чувствительностью определения степени их отклонения до 1 нм. Может служить основой для создания прямого (label-free) высокоточного медицинского анализатора, позволяющего осуществлять гормональный контроль, анализ лекарств, детектирование антител, бактерий, вирусов в сыворотке крови в режиме реального времени.

Используя массив кантилеверов, модифицированных различными рецепторными слоями, прибор позволяет проводить анализ одной пробы одновременно на содержание в ней нескольких веществ. Управление прибором в перспективе можно будет осуществлять через Интернет или локальную сеть, что позволит удаленно проводить анализ в режиме реального времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Темкина Н., Филонов А., Яминский И. – Наноиндустрия, 2007, № 6, с. 26–29.
2. Yaminsky I., Gorelkin P., Kiselev G. – Japanese Journal of Applied Physics, 2006, v. 45, № 3B, p. 2316–2318.
3. Ji H.-F., Thundat T., Dabestani R., Brown G.M., Britt P.F., Bonnesen P.V. – Anal. Chem., 2001, v. 73, № 7, p. 1572–1576.
4. Grogan C., Raiteri R., O'Connor G.M., Glynn T.J., Cunningham V., Kane M., Charlton M., Leech D. – Biosensors & Bioelectronics, 2002, v. 17, p. 201–207.
5. Yan X., Xu X.K., Ji H.-F. – Anal. Chem., 2005, v. 77, № 19, p. 6197–6204.
6. Savran C.A., Knudsen S.M., Ellington A.D., Manalis S.R. – Anal Chem., 2004, v. 76, № 11, p. 3194–3198.
7. Украинцев Е.В., Киселев Г.А., Кудринский А.А., Лисичкин Г.В., Яминский И.В. – Высокомолекулярные соединения, 2007, т. 49, № 1, с. 125–129.
8. Toda M., Itakura A.N., Beuscher K., Graf K., Berger R. – e-J. Surf. Sci. Nanotech., 2006, v. 4, p. 96–99.
9. Lavrik N.V., Sepaniak M.J., Datskos P.G. – Rev. of Sci. Ins., 2004, v. 75, № 7, p. 2229–2253.
10. Braun T., Ghatkesar Krishna M., Backmann N., Lang H.P., Gerber C., Hegner M. Nanomechanical Biosensors for Membrane Proteins. – International Conference on Nanoscience and Technology 2006, Switzerland, Basel, 2006.

НОВЫЕ КНИГИ

Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника. Мировые достижения – 2008 год.

Сборник под ред. д.т.н., профессора П.П. Мальцева. – М.: Техносфера, 2008. – 416 с., ISBN 978-5-94836-180-2

Издание является продолжением серии публикаций издательства "Техносфера" по мировым достижениям в области нанотехнологий. Книга включает материалы, опубликованные в 2006-2008 гг. в журнале "Нано- и микросистемная техника" и сгруппированные по разделам: наноматериалы, наноэлектроника, нанодатчики и наноустройства, диагностика наноструктур и наноматериалов, нанобиотехнология, применение нанотехнологий в медицине.

В иллюстрированном издании представлены примеры реализации и применения технологии формирования наноструктур, методов исследования наноматериалов, метрологического обеспечения и основ технологии наносистемной техники.

По просьбе читателей в книгу введен раздел АНГЛО-РУССКИЙ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ ПО МИКРО- И НАНОСИСТЕМНОЙ ТЕХНИКЕ.

Сборник представляет интерес для ученых, инженеров и преподавателей высшей школы, аспирантов и студентов, специализирующихся в области нанотехнологий, наноматериалов, наноэлектроники, микро- и наносистемной техники.

Как заказать наши книги?

По почте: 125319 Москва, а/я 91

По тел./факсу: (495) 956-3346, 234-0110

E-mail: knigi@technosphera.ru; sales@technosphera.ru

