МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ СКАНИРУЮЩИЙ ЗОНДОВЫЙ МИКРОСКОП "ФЕМТОСКАН XI" IMPROVED FEMTOSCAN XI SCANNING PROBE MICROSCOPE

И.В.Яминский^{1,2,3} д.ф.-м.н., проф. МГУ имени М.В.Ломоносова физического и химического факультетов, генеральный директор Центра перспективных технологий, директор Энергоэффективных технологий (ORCID: 0000-0001-8731-3947), А.И.Ахметова^{1,2,3}, инженер НИИ ФХБ имени А.Н.Белозерского МГУ, ведущий специалист Центра перспективных технологий и Энергоэффективных технологий (ORCID: 0000-0001-6363-8202), С.И.Орешкин¹, научный сотрудник ГАИШ МГУ имени М.В.Ломоносова (ORCID:0000-0003-4767-8671) I.V.Yaminskiy^{1,2,3}, Doctor of Sc. (Physics and Mathematics), Prof. of Lomonosov Moscow State University, Physical and Chemical departments, Director of Advanced Technologies Center, Director of Energy Efficient Technologies, A.I.Akhmetova^{1,2,3}, Engineer of A.N. Belozersky Institute of Physico-Chemical Biology, Leading Specialist of Advanced Technologies Center and of Energy Efficient Technologies, S.I.Oreshkin¹, Researcher

DOI: 10.22184/1993-8578.2019.12.6.370.372

Получено: 09.09.2019 г.

Визуализацию живой клетки можно осуществить с помощью атомно-силовой микроскопии, однако деформация мягкой и чувствительной поверхности образца за счет взаимодействия с кантилевером приводит к некоторым затруднениям. Осуществить бесконтактное сканирование можно с помощью капиллярной микроскопии, которая позволяет визуализировать поверхность клетки с разрешением 3–6 нм и практически без силового воздействия [1, 2, 3].

Living cell may be visualized using the atomic force microscopy, however, deformation of soft and sensitive surface of a sample due to interaction with a cantilever leads to certain difficulties. Capillary microscopy allows a contactless scanning of a cell surface with a resolution of 3–6 nm without, virtually, force interaction [1, 2, 3].

Для реализации установки, в которой режимы зондовой и капиллярной микроскопии были бы совмещены, разработана конструкция модернизированного сканирующего зондового микроскопа "ФемтоСкан XI".

Модернизированный микроскоп состоит из сканера, измерительной головки (рис.2), держателя капилляра и держателя кантилевера. Конструкция микроскопа, которая совмещает режимы сканирования с использованием как кантилевера, так и капилляра, приведена на рис.1.

Для работы в режиме капиллярной микроскопии образец помещается в чашку с электролитом и размещается на сканере с XY перемещением. Стекланный или кварцевый капилляр устанавливается над поверхностью образца. В качестве

электролита может выступать физиологический раствор или раствор хлорида натрия (калия). Во внутреннюю полость капилляра вставлен электрод в виде тонкой Ag-проволоки, покрытой слоем AgCl. С внешней стороны капилляра располагается второй Ag/AgCl-электрод, к которому прикладывается напряжение смещения V_0 , поддерживающее ионный ток между внутренним и внешним электродами. Вдали от поверхности образца ионный ток I максимален и не зависит от величины зазора между образцом и кончиком капилляра.

Зонд изготавливается из кварцевого или стеклянного капилляра с помощью пуллера (Sutter Instrument). В зависимости от условий нагрева, скорости и усилия вытяжки можно получить капилляры с выходным отверстием 5–100 нм.

¹ МГУ имени М.В.Ломоносова / Lomonosov Moscow State University.

² ООО НПП "Центр перспективных технологий" / Advanced Technologies Center.

³ ООО "Энергоэффективные технологии" / Energy Efficient Technologies.

Рис.1. Конструкция для сканирующей зондовой и капиллярной микроскопии

Fig.1. Installation for the scanning probe and capillary microscopy

Рис.2. Измерительная головка с установленным держателем кантилевера (режим атомно-силовой микроскопии)

Fig.2. Measuring head with the cantilever holder installed (atomic force microscopy mode)

The improved FemtoScan XI scanning probe microscope was designed to combine probe and capillary microscopy modes in a single installation.

The improved microscope consists of a scanner, a measuring head (see Fig.1), a capillary holder and a cantilever holder. The design of the microscope which combines both scanning modes using a cantilever and a capillary is shown in Fig.1.

In the capillary mode a sample was placed into a cup with an electrolyte and inserted to a scanner with XY movement. Glass or quartz capillary is placed above the sample surface. A normal physiological solution or a saline solution (KSL solution) is used as an electrolyte. A thin silver wire AgCl-coated electrode is inserted into the inner cavity of the capillary. The second Ag/AgCl electrode is mounted on the external side of the capillary and shift voltage V_0 is applied to it to support the ion current between the inner and outer electrodes. The ion current has

a maximum value far from the sample surface and does not depend on a distance between a sample and a capillary.

A probe is made of a quartz or glass capillary using a puller (Sutter Instrument). Capillaries with orifices of 5-100 nm are made according to heat, rate and drawing force conditions. A capillary is inserted symmetrically into the puller holders and is fixed firmly on both sides with fasteners.

The capillary radius may be reliably controlled by changing the parameters in a puller, such as heat, filament, velocity, delay and pull, which allows of producing the capillaries of desirable shapes and dimensions. We changed the "heat" parameter (which means the heat transferred by the laser to the capillary) in order to show that the visible radius of the capillary decreases with heating. It is a well known effect used in production of capillaries when a huge quantity of heat permits to make

the capillaries of a smaller size. Besides, the capillary radius may be adjusted within the region of 7-150 nm by changing the laser power when pulling. The adjustment of other four parameters (filament, velocity, delay and pull) leads to more precise control of the radius to be produced.

The design of a measuring head includes a laser, a photodiode, electronic component boards, laser and photodiode control units, adjustment screws, a cantilever holder and a capillary holder. So, the installation operates both in a scanning probe microscopy mode and in a capillary one (see Fig.3).

Research of local chemical reactions in deposited films will be prolonged within a frame of the joint Russian and Iranian project. ■

The reported study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research within the framework of Scientific Project No.17-52-560001.

Рис.3. Модернизированный сканирующий зондовый микроскоп "ФемтоСкан XI", установленный на инвертированный оптический микроскоп Nikon TI-U

Fig.3. The improved FemtoScan XI scanning probe microscope installed on the inverted-stage Nikon TI-U optical microscope

Капилляр вставляется симметричным образом в держатели пуллера и жестко фиксируется с двух сторон крепежными элементами.

Радиус капилляра можно надежно контролировать при помощи изменения параметров вытягивания в пуллере: heat, filament, velocity, delay и pull, которые могут быть настроены для получения капилляров с желаемыми формами и размерами. Мы изменяли параметр heat (тепло,

сообщаемое лазером капилляру), показывая, что видимый радиус уменьшается с увеличением тепла. Этот эффект хорошо известен при производстве капилляров, когда большее количество теплоты позволяет создавать капилляры меньшего размера. Также радиус капилляра может быть изменен в пределах 7-150 нм простой настройкой мощности лазера во время вытягивания. Изменение остальных четырех параметров (filament, velocity, delay, и pull) может дать более точный контроль над радиусом.

Конструкция измерительной головки включает лазер, фотодиод, платы электронных компонентов, платы управления лазером и фотодиодом, юстировочные винты, держатель кантилевера и держатель капилляра. Таким образом, установка позволяет проводить исследования как в режиме зондовой микроскопии, так и капиллярной микроскопии (рис.3).

С помощью разработанной установки сканирующей зондовой и капиллярной микроскопии продолжены исследования локальных химических реакций в осажденных тонких пленках в рамках совместного российско-иранского проекта.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-52-560001.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Yaminsky I., Akhmetova A., Meshkov G., Salehi F. Combined capillary and probe microscopy. Nanoindustry, 1 (80): 44-48, 2018.
2. Akhmetova A.I., Yaminsky I.V. Scanning capillary microscopy. Nanoindustry, 7 (78): 42-47, 2017.
3. Yaminsky I.V. Scanning capillary microscopy. Nanoindustry, 1 (63): 76-79, 2016.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

Переход от невозобновляемой к возобновляемой энергии – это то, что происходит во всем мире из-за нагрузки на экологию, которую ископаемое топливо оказывает на планету. Солнечные панели являются одним из наиболее удобных вариантов решения, поскольку они маленькие, просты в изготовлении (по сравнению с гидроэлектростанциями), энергия Солнца поступает на Землю каждый день, и ее стоит использовать.

Повышение эффективности солнечных элементов часто включает в себя замену базовых материалов, в которых достигается более эффективный механизм генерации.

Другой тип солнечных батарей, хоть и не обладающий такой высокой эффективностью, может использоваться для поглощения намного большего количества света, чем среднестатистический солнечный элемент, – это

солнечные элементы, использующие оптически прозрачные тонкие пленки. Разработаны полностью прозрачные солнечные панели. Их эффективность не так высока, но один из ключевых трюков с этими панелями заключается в том, что под панелью размещено зеркало. Солнечный свет проходит сквозь панели, генерируя электричество, а затем отражается от зеркала и проходит через солнечную панель во второй раз, генерируя электричество повторно. Таким образом, хоть эффективность панели в расчете на один фотон так высока, но за счет повторного его использования результирующая эффективность пленочной солнечной панели вполне оправдана для практического внедрения.

Источник: <https://www.azonano.com>

14–16 апреля 2020

Москва, КВЦ «Сокольники»

Единственная
в России выставка
вакуумной техники
и криогенного
оборудования

Вакуумное
оборудование

Криогенное
оборудование

Оборудование
для нанесения
функциональных
покрытий

ЗАБРОНИРУЙТЕ СТЕНД
vacuumtechexpo.com

Организатор

Международная
Выставочная
Компания

+ 7 (495) 252 11 07
vacuumtechexpo@mvk.ru

При поддержке