



РАЗВИТИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ БИОНАНОСКОПИИ

THE DEVELOPMENT OF BIONANOSCOPY INSTRUMENTAL METHODS

И.В.Яминский^{1,2,3}, д.ф.-м.н., проф., 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), Г.Б.Мешков¹, к.ф.-м.н., ст. науч. сотрудник (ORCID: 0000-0003-3930-3730) / yaminskiy@nanoscopy.ru

I.V.Yaminskiy^{1,2,3}, Doctor of Sc. (Physics and Mathematics), Prof., Director of Advanced Technologies Center, Director of Energy Efficient Technologies, (ORCID: 0000-0001-8731-3947), A.I.Akhetova^{1,2,3}, Engineer of A.N.Belozersky Institute of Physico-Chemical Biology, Leading Specialist of Advanced Technologies Center and of Energy Efficient Technologies, (ORCID: 0000-0001-6363-8202), G.B.Meshkov¹, Cand. of Sc. (Physics and Mathematics), Senior Researcher, (ORCID: 0000-0003-3930-3730) ISBN 000-545-55444

DOI: 10.22184/1993-8578.2019.12.3-4.186.188

Получено: 06.05.2019 г.

Основными тенденциями развития сканирующей зондовой микроскопии за три десятилетия ее существования можно назвать развитие инструментальной части (перенос макроскопических методик измерений на микро- и наномасштабы), а также широкое проникновение сканирующей зондовой микроскопии в различные области науки и технологии, такие как физику, химию, биологию, медицину, материаловедение, геологию и др. Эти две тенденции, как правило, идут рука об руку, и их развитие сильно зависит от другого важного фактора – развития методик проведения исследований, включающих приготовление образца и подложки, выбор режима работы микроскопа, обработку, анализ и интерпретацию полученных данных.

The development of instrumental methods of scanning probe microscopy over the three decades indicates the wide spreading of scanning probe microscopy in various areas of science and technology, such as physics, chemistry, biology, medicine, materials science, geology and others. Besides, transfer of macroscopic measurement techniques to the micro and nano-scale is the second tendency the modern use of scanning probe microscopy. These two trends, as a rule, go hand in hand, and their development strongly depends on another important factor – the development of research methods, including sample and substrate preparation, the choice of the microscope operation mode, processing, analysis and interpretation of the data obtained.

Развитие техники сканирующей зондовой микроскопии и ее становление в качестве междисциплинарного направления далеки от завершения, поэтому решающую роль в получении экспериментальных данных играет опыт и навыки специалиста, проводящего измерения.

Наша научная группа имеет многолетний успешный опыт по применению сканирующей зондовой

микроскопии в изучении биологических систем: бактериальных клеток и биопленок, клеток высших организмов, белковых кристаллов, комплексов ДНК и РНК с белками. В 2016 и 2017 годах успешно выполнен проект по обнаружению низких концентраций бактерий и вирусов в водных средах с помощью методов сканирующей зондовой микроскопии и пьезоэлектрических биосенсоров. Методика "атомных весов"

¹ МГУ имени М.В.Ломоносова / Lomonosov Moscow State University, Physical and Chemical departments.

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

³ ООО "Энергоэффективные технологии" / Energy Efficient Technologies.



позволяет регистрировать одиночные микрочастицы и наночастицы, в том числе единичные бактерии, за счет использования метода резонансного взвешивания.

Коллектив лаборатории имеет многолетний опыт разработки экспериментальных установок для сканирующей зондовой микроскопии и их применения для исследования углеродных материалов, полимеров и биополимеров, биологических систем и объектов. С помощью сканирующей зондовой микроскопии изучены молекулярные механизмы сборки и разборки вирусных частиц.

Разработаны методы визуализации клеточных структур. Создан атлас изображений, полученных методом атомно-силовой микроскопии для растительных вирусов. Впервые методами атомно-силовой микроскопии продемонстрированы взаимодействия бактериофагов с клетками бактерий. Разработаны новые методы по идентификации бактериальных клеток на основе биоспецифического взаимодействия фрагментов клеток с органическими пленками. Изучен молекулярный механизм ассоциации молекул фибрина. Разработаны новые методы экологически чистого синтеза наночастиц с помощью экстрактов растений и наночастиц биологического происхождения [1-3].

Обнаружены новые виды наноструктурирования поверхности полимерных жидких кристаллов при их термическом нагреве [4, 5].

Обнаружено экситонное возбуждение в наноструктурах тетраэдрического углерода. Проведено систематическое исследование дефектов и особенностей на поверхности высокоориентированного пиролитического графита [6].

Также у научной группы есть успешный опыт выполнения крупных проектов под руководством профессора И.В.Яминского. Среди них:

1. Проект "Расширение производства аналитических приборов для исследований в материаловедении, биологии и медицине". Общий бюджет проекта – 390 млн руб. Финансирование при поддержке АО "РОСНАНО" и собственных средств Заявителя. Расширение производства высокочувствительных сенсоров для анализа химических и биологических веществ. Научные исследования для улучшения технических параметров устройств и приборов. Основной разработкой являются сканирующие зондовые микроскопы серии "ФемтоСкан" – прецизионные приборы, использующие принцип механического движения зонда (кантилевера) для исследования поверхности образца с точностью порядка одного нанометра. Дополнительная

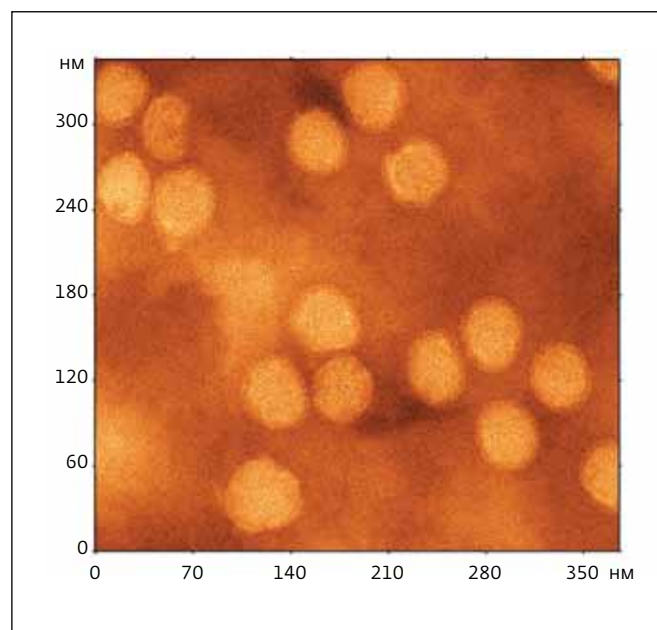


Рис.1. Изображения вируса клещевого энцефалита. Просвечивающая электронная микроскопия. Получено совместно с Федеральным научным центром исследований и разработки иммунобиологических препаратов им. М.П.Чумакова РАН

Fig.1. Images of tick-borne encephalitis virus. Transmission electron microscopy. Received in conjunction with the Chumakov Federal Scientific Center for Research and Development of Immune-and- Biological Products of RAS

продукция – атомные весы, способные зафиксировать присутствие частиц различных веществ на уровне отдельных атомов [7].

В результате выполнения проекта был совершен в 2012 году первый успешный выход компании из инвестиционного проекта РОСНАНО [8].

2. Проект "Кантилеверные биосенсоры". Объем финансирования 600 тыс. долл. США. Заказчик – LG Electronics (Южная Корея). 2012–2015 гг. Успешно выполнен.
3. В 2019 году осуществлена поставка девяти многофункциональных сканирующих зондовых микроскопов "ФемтоСкан" в Федеральное государственное автономное учреждение "Фонд новых форм развития образования" (г. Москва), тер. Инновационного центра "Сколково", Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Кемеровский государственный сельскохозяйственный институт, Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М.Горбатова РАН, ФГБОУ ВО "Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия". Бюджет проекта – 24,5 млн руб.



В 2018 году сканирующий зондовый микроскоп "ФемтоСкан" получил Гран-при и золотую медаль международного форума-выставки "РосБиоТех-2018". В настоящее время многофункциональный сканирующий зондовый микроскоп "ФемтоСкан" и программное обеспечение "ФемтоСкан Онлайн" успешно работают более чем в 100 организациях – научных центрах, университетах и коммерческих компаниях.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCE

1. Love A.J., Sinitsyna O.V., Shaw J., Yaminsky I.V., Kalinina N.O., Taliansky M.E. A Genetically Modified Tobacco Mosaic Virus that can Produce Gold Nanoparticles from a Metal Salt Precursor // *Frontiers in Plant Science*. 2015. V. 6. No 984. PP. 1–10.
2. Love J., Makarov V., Yaminsky I., Kalinina N., Taliansky M.E. The use of tobacco mosaic virus and cowpea mosaic virus for the production of novel metal nanomaterials // *Virology*. 2014. No 449. PP. 133–139.
3. Makarov V.V., Makarova S.S., Love A.J., Sinitsyna O.V., Dudnik A.O., Yaminsky I.V., Taliansky M.E., Kalinina N.O. Biosynthesis of stable iron oxide nanoparticles in aqueous extracts of *Hordeum vulgare* and *Rumex acetosa* plants // *Langmuir*. 2014. 30(20). PP. 5982–5988.
4. Sinitsyna O.V., Bobrovsky A.Yu, Meshkov G.B., Yaminsky I.V., Shibaev V.P. Surface relief changes in cholesteric cyclosiloxane oligomer films at different temperatures // *Journal of Physical Chemistry B*. 2015. V. 119. No 39. PP. 12708–12713.
5. Sinitsina O., Bobrovsky A., Yaminsky I., Shibaev V. Peculiarities and mechanism of surface topography changes in photochromic cholesteric oligomer-based films // *Colloid and Polymer Sciences*. 2014. V. 292, 7. PP. 1567–1575.
6. Sinitsyna O.V., Meshkov G.B., Grigorieva A.V. et al. Blister formation during graphite surface oxidation by hummers' method. *Beilstein journal of nanotechnology*. 2018. Vol. PP. 407–414.
7. <http://www.rusnano.com/projects/portfolio/atc>
8. <http://www.rusnano.com/about/press-centre/news/75792>

КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



Цена 975 руб.

МЕТАЛЛ/ПОЛУПРОВОДНИК СОДЕРЖАЩИЕ НАНОКОМПОЗИТЫ

Под ред. Л.И. Трахтенберга, М.Я. Мельникова

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2019. – 624 с.
ISBN 978-5-94836-464-3

В учебном пособии представлены различные физико-химические, электрофизические и эксплуатационные свойства композиционных материалов, содержащих металлические и полупроводниковые наночастицы. Материал можно условно разбить на несколько блоков, в которых рассматриваются строение наночастиц и их поведение при воздействии электрического, магнитного и электромагнитного полей. Также уделено внимание исследованию биологических систем и применению наноматериалов в медицине. Ряд явлений, обсуждаемых в книге, интересны не только с научной точки зрения, но и сулят заметный практический выход, а в некоторых случаях уже эффективно используются в промышленных масштабах. В заключении рассматриваются актуальные проблемы, связанные с воздействием нанобъектов на организм человека вследствие биологической активности наночастиц, обусловленной их высокой проникающей способностью и эффективным взаимодействием с живой клеткой.

Все вопросы, обсуждаемые в книге, представлены высококвалифицированными специалистами, активно работающими в разных областях нанотехнологий. Наряду с учебным и обзорным материалом, излагаются и оригинальные исследования авторов, обобщающие их работы нескольких последних лет.

Предлагаемое пособие будет полезно читателям широкого круга интересов от студентов и аспирантов до преподавателей и научных сотрудников, интересующихся различными аспектами теории и практики явлений, протекающих в нанокompозитах.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; ☎ +7 495 956-3346; ✉ knigi@technosfera.ru, sales@technosfera.ru

Н А Н О В О Й В Ы С О Т Е

Организаторы

A large graphic on a blue background. It features a red star at the top left, with a white trail leading to it. Below the star are two white paper airplanes flying towards the right. A thick, curved trail in the colors of the Russian flag (white, blue, red) arcs across the middle. In the background, a white grid of a globe is visible. At the bottom, the text "МАКС 2019" is written in large, bold letters. The "А" in "МАКС" is white and has a white circle around it, with three white streaks trailing from its right side. "2019" is in a bright blue color.

МАКС 2019

ЖУКОВСКИЙ • 27 АВГУСТА - 1 СЕНТЯБРЯ