



КАК СОЗДАЕТСЯ ВЫДАЮЩЕЕСЯ ИЗОБРЕТЕНИЕ

Д. Соколов / sokolov@ntmdt.ru

Практически каждый изобретатель хочет остаться в истории. Путь для этого – создание пионерского или значимого изобретения, которое позже сможет дать начало новому направлению в науке и технике. Можно ли запрограммировать себя на это или хотя бы определить направления, по которым следует двигаться? Один из вариантов – объединение известных методик, приводящее к принципиально новым результатам. Целесообразно рассмотреть такой подход на примере сканирующей зондовой микроскопии.

Первый сканирующий туннельный микроскоп – STM (US4343993) – был запатентован 10.08.1982 года, а 09.02.1986 года получен патент на атомно-силовой микроскоп АСМ (US4724318). За создание туннельного микроскопа Г.Рореру и Г.Биннигу в 1986 году присуждена Нобелевская премия по физике, что свидетельствует о высокой оценке этого изобретения. Закономерен вопрос: как дальше действовать изобретателям в указанной области?

Чтобы добиться результатов, можно, конечно, совершенствовать существующие схемы, но важно создавать и принципиально новые решения. Справедливости ради следует упомянуть американского физика Р.Янга, который еще в 1971 году предложил, по сути, схему первого сканирующего зондового микроскопа (СЗМ) и в 1972 году даже продемонстрировал трехкоординатное перемещение образца пьезодвигателем с погрешностью 1 нм. Тем не менее, его изобретения несколько опередили время и не могли быть реализованы из-за недостаточной элементной базы.

Современная схема АСМ имеет приоритет от 27.09.1990 года и 08.09.1992 года она была защищена патентом US5144833, авторы которого объединили зондовый метод с оптической регистрацией перемещения зонда. В результате было создано выдающееся изобретение (рис.1). Представленный оригинал схемы из патента позволяет продемонстрировать, что выдающиеся изобретения могут быть понятны и начинающему изобретателю. Зонд сканирует поверхность образца. Гибкая консоль, закрепленная на держателе, отклоняется вверх, если под иглой

присутствует бугорок, и опускается вниз, если имеется ямка. При этом зеркало изменяет свое угловое положение. Сфокусированный объективом луч от лазера попадает на зеркало, изменяет свое направление и поступает на фотоприемник, который может быть выполнен в виде нескольких секций. Изменение освещенности секций переводится в электрический сигнал, характеризующий размер бугорка и ямки. При этом в качестве бугорка можно зафиксировать центр атома,

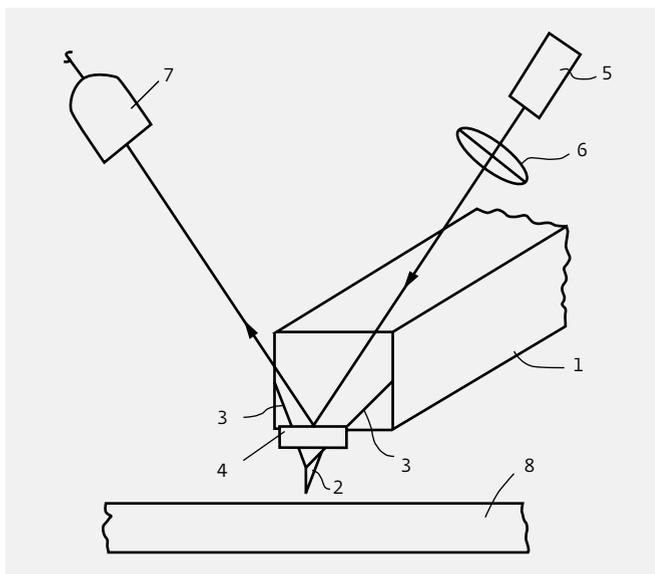


Рис.1. Современная схема АСМ: 1 – держатель; 2 – зонд, игла; 3 – гибкая консоль; 4 – зеркало; 5 – лазер; 6 – объектив; 7 – фотоприемник; 8 – поверхность образца



а в качестве ямки – межатомное расстояние. Соответственно, расстояние от бугорка до бугорка будет равно, например, постоянной кристаллической решетки исследуемого образца.

Первый коммерческий СТМ был представлен компанией Digital Instrument в 1987 году, а в 1989 году ею же создан первый коммерческий АСМ Multimode. Оба микроскопа базировались на первых изобретениях IBM. (Важно отметить, что основные изобретения в данной области принадлежат этой корпорации, и она до сих пор выдает на них лицензии.) Таким образом, была создана сканирующая зондовая микроскопия, с развитием которой многие специалисты связывают возникновение нанотехнологии. В настоящее время СТМ, АСМ и другие подобные изделия, использующие для измерений и модификации поверхности в нанодиапазоне зонды, получили общее название – СЗМ.

Прошло немного времени, и началось массовое объединение методик сканирующей зондовой микроскопии с другими вариантами исследования поверхности и взаимодействия с ней. Например, 29.10.1985 года был получен патент US4550257, положивший начало нанолитографии: туннельные методы были объединены с технологиями литографии. Элементы на подложках формировались из газовой фазы под воздействием туннельного тока с энергией, необходимой для диссоциации на их рабочей поверхности молекул газа.

Эффективный способ травления с нанометровыми размерами был предложен 22.12.1989 года (US5021672). После отработки процессов нанолитография стала применима для создания нанометровых элементов. (Справедливости ради следует заметить, что примерно в это же время появились работы по высоковольтной электронной нанолитографии, обеспечивающей создание элементов шириной 15–30 нм.)

21.01.1991 года был получен патент US 4987312 на способ изменения положения атомов на поверхности подложки за счет притяжения кончиком иглы атома и перемещения его в нужное место. В результате в зондовой нанолитографии возникли отсутствовавшие в предыдущих технологиях новые возможности. Одни из первых нанотехнологических комплексов (НТК), объединившие неразрушающую, ограниченную по площади измерения зондовую методику с широкопольной высоковольтной электронной микроскопией, включали совместное использование зондовых и электронных микроскопов (US4798989, 17.01.1989; US4874945, 17.10.1989; US5081353, 14.01.1992). Несколько позднее НТК были усложнены за счет введения

практически всех известных высоковакуумных технологий (JP5203406, 10.08.1993; US5440122, 08.08.1995; EP1329686, 23.07.2003). В результате возникли многофункциональные НТК.

11.19.1987 года была опубликована заявка EP0245660, по которой зонд нагревался, поверхность образца сканировалась, и по изменению температуры определялись температурные характеристики изучаемой поверхности. 22.08.1990 года была подана заявка EP038323 на туннельный акустический микроскоп, позволявший обнаруживать возникающие вследствие напряжений внутри образца локальные акустические волны. В результате возникли новые зондовые методики исследования материалов.

05.08.1990 года появился сканирующий ионный микроскоп (US4924091) – прообраз электрохимических и жидкостных зондовых микроскопов, давший толчок развитию нового направления (например, US4935634, 19.06.1990; EP0564088, 06.10.1993; US5831153, 03.11.1998; RU2210731, 20.08.2003; RU2210818, 20.08.2003).

05.08.1991 года подана заявка EP0448985 на сканирующий электростатический микроскоп, в котором локальное измерение емкости позволяло охарактеризовать материал в каждой точке. Это решение позже вошло во многие технологические приложения зондовых микроскопов.

16.04.1996 года была предпринята попытка объединить зондовые способы измерения свойств поверхности с масочной литографией (US5508527). Использование СЗМ позволяло оценить размещение реперных знаков шаблона и подложки. Несколько позже изобретатели стали объединять зондовые методики с химическими технологиями (например, RU2206882, 20.06.2003), где распределение высокодисперсных наполнителей проводилось с использованием плазмохимического травления и последующего анализа на зондовом микроскопе "ямки" травления. Позднее разработчики объединили СЗМ с масспектрометром (WO03/008941, 30.01.2003), что позволило с нанометровой точностью определять состав поверхности образца.

Объединение зондовых и биологических методик (RU2267787, 10.01.2006; RU2339036, 20.11.2008) позволило анализировать в нанометровом диапазоне биологические структуры, в частности, измерять взаимодействие вирус-антитело. В патенте RU2287129, 10.03.2006 СЗМ был совмещен с микротомом, в котором проводился срез полимера или биологического объекта, и с помощью зонда сразу же осуществлялось исследование образовавшейся поверхности. В патентах RU2233490, 27.07.2004



и RU2282257, 20.08.2006 срез биологического объекта и его анализ предлагалось проводить уже при глубокой заморозке жидким азотом, что принципиально изменило варианты исследований – отпали необходимость переноса измеряемого объекта в растровый электронный микроскоп, его откачки и проведения сложных высоковакуумных измерений. Оказалось также возможным (RU2258901, 20.08.2005), размещая СЗМ в гелиевом криостате, объединить его с технологиями сверхвысокой заморозки.

Много находок было сделано при объединении зондовых и оптических методик. Еще в начале 1990-х годов СЗМ стали совмещать с оптическими микроскопами. При этом использование последних позволяло последовательно наблюдать зону взаимодействия зонда с образцом (US5142145, 25.08.1992; US5117110, 26.05.1992), а также следить в процессе измерений за изменениями в этой зоне (EP0405973, 02.01.1991; EP0509856, 21.10.1992; EP0527448, 17.02.1993). Одновременно началось объединение зондовых измерений с оптической спектроскопией. В частности, были запатентованы фотоакустический спектрометр, совмещенный с СТМ (US4921346, 01.05.1990), растровый туннельный спектроскоп, способ получения спектральной информации (US5025153, 18.06.1991; EP0408009, 16.01.1991), совмещенный с СЗМ (EP0391040, 10.10.1990) спектроскоп.

Стали появляться сканирующие ближнепольные оптические микроскопы (СБОМ), способные создавать оптические изображения в диапазоне размеров, не попадающих под дифракционные ограничения оптической микроскопии. Когда в качестве атомно-силовых датчиков (рис.2) начали применять используемые в часах обыкновенные кварцевые резонаторы с приклеенными на них оптическими волокнами, это стало очередным революционным достижением в области СЗМ (US6006594, 28.12.1999).

В этих решениях резонатор с зондом колеблется вблизи поверхности образца. Измеряя амплитуду кончика зонда при перемещении его над такой поверхностью можно получить ее профиль. Если при этом подавать лазерное излучение через оптоволокно (рис.3), а потом после прохода через образец принимать его фотоэлектронным умножителем (ФЭУ), можно получить оптическое изображение образца в диапазоне, меньшем предела дифракционного разрешения оптических микроскопов.

Объединение методик продолжается и в настоящее время. Созданы атомарные весы с использованием СЗМ, в которых исследуемая масса меняет

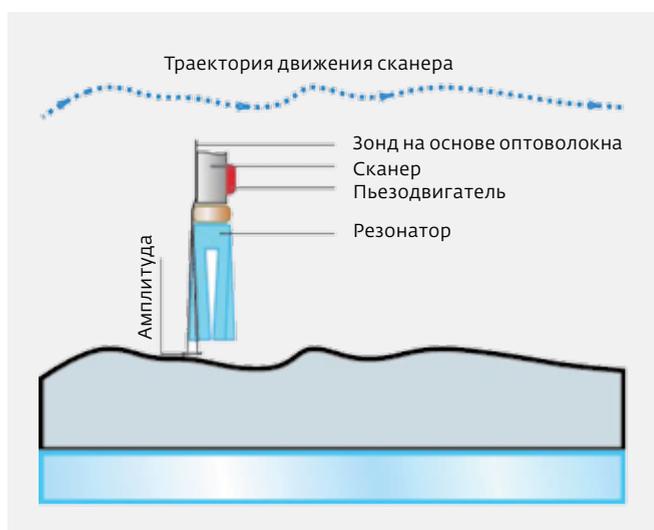


Рис.2. Применение кварцевых резонаторов в качестве атомно-силового датчика СБОМ

фиксируемые зондом резонансные характеристики упругих элементов (RU2407021, 20.12.2010). С помощью зонда СЗМ, на котором закреплена создающая магнитное поле углеродная нанотрубка (УНТ), проводятся магнитные исследования в нанодиапазоне (WO2004038430, 05.06.2004). Если для реализации состояния "ключ-замок" УНТ заменить молекулой со специальной концевой группой, возможен анализ биологических объектов с определенными комплементарными группами.

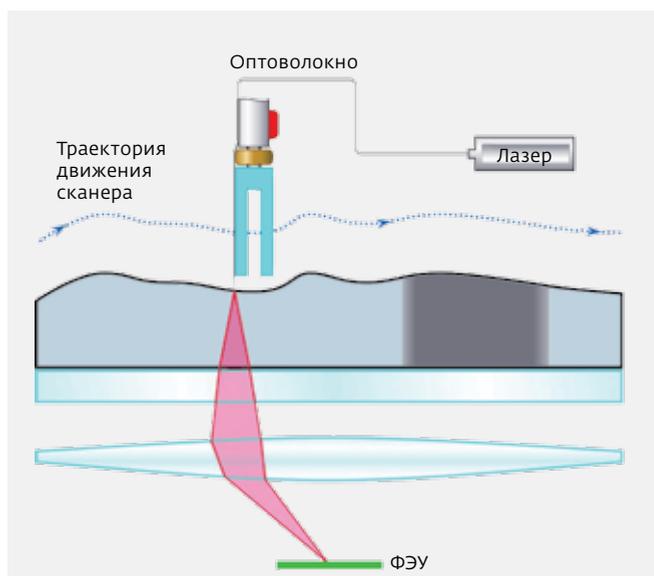


Рис.3. Лазерное излучение, принятое после прохода через образец фотоэлектронным умножителем



Несколько более подробно следует рассказать об объединении рамановской спектроскопии (US5257085, 26.10.1993; DE102010005723, 28.07.2011; WO2010083984, 29.07.2010) со сканирующей зондовой микроскопией (US6002471, 14.12.1999; US67000152, 02.03.2004; WO2008/028521, 13.03.2008; US8286260, 09.10.12; US2009/0249520; CN101923054, 22.10.2010; US2011/0055985, 03.03.2011). Представленные подходы интересны тем, что обе известные методики могут быть взяты практически в неизменном виде.

Кратко остановимся на эффекте Рамана. В 1918 году Л.И.Мандельштам предсказал эффект комбинационного рассеяния (КР). Практически через десять лет он же совместно с Г.С.Ландсбергом зарегистрировал новые линии спектра, возникшие в результате модуляции рассеянного света колебаниями атомов кристаллической решетки в оптическом диапазоне частот. Об открытии в конце апреля 1928 года авторы сообщили на коллоквиуме и опубликовали результаты в советском и двух немецких журналах. Тем не менее Нобелевской премии в 1930 году был удостоен индийский физик Ч.В.Раман, который чуть позже советских ученых начал заниматься исследованием этого излучения, обнаружил эффект КР и опубликовал работы по данной тематике. В результате присуждения Нобелевской премии и появления в известных зарубежных изданиях этих работ эффект получил название "эффект Рамана".

Важно подчеркнуть, что в логике развития сканирующей зондовой микроскопии объединение ее и методики рамановской спектроскопии привело к принципиально новым результатам. При освещении объекта лазерным сфокусированным лучом (рис.4) на кончике АСМ-зонда создается градиент электрического поля. В результате происходит локальное усиление рамановского излучения и формируется усиленный сигнал КР. Благодаря этому идентификация молекул вещества может проходить с существенно более высоким пространственным разрешением.

Следует отметить, что объединение известных методик часто происходит при максимальном использовании уже наработанного материала. Например, при совместном применении сверхвысокой гелиевой заморозки с СЗМ, гелиевый транспортный криостат может применяться практически без изменений. Правда, СЗМ приходится сильно уменьшать в диаметре, чтобы его можно было провести через стандартное отверстие гелиевого криостата с диаметром менее 20 мм.

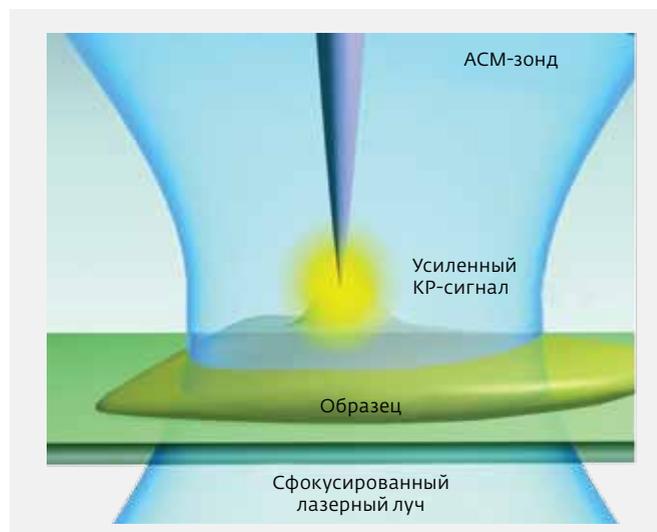


Рис.4. Формирование усиленного сигнала КР

При объединении с криотомом СЗМ использовался в стандартной комплектации, а вносимые в криотом изменения были минимальны (RU2233490, 27.07.2004). В случае комплекса СЗМ-рамановский спектрометр главное условие – открытый оптический доступ к зоне воздействия зонда на образец – уже ранее неоднократно обеспечивалось в СЗМ. Разумеется, все усовершенствования объединенных схем будут иметь более сложные конфигурации, что является естественным путем развития новых методик.

В этой связи целесообразно рекомендовать изобретателям: если придумано гениальное изобретение, и у авторов нет сомнений в возможности его реализации, важно сразу подать заявку. В результате удастся получить приоритет с момента ее подачи. Через 18 месяцев, а по ходатайству авторов и ранее, формула изобретения публикуется. Даже при отсутствии положительного решения по закону запатентовать его больше никто не сможет. В результате у авторов будет больше серьезных аргументов, чем при споре Мандельштама с Раманом за приоритет.

Итак, можно сделать вывод, что выдающиеся изобретения могут появляться при объединении известных методик, что часто обеспечивает принципиально новые решения. При этом за счет использования уже готовых приборов затраты на создание таких комплексов могут быть минимальны. ■

Автор выражает благодарность И.Мягкову за ценные замечания при подготовке данного материала.



HOW OUTSTANDING INVENTIONS ARE CREATED

D. Sokolov / sokolov@ntmtdt.ru

Almost each inventor wishes to be imprinted in human history. And the main route for this purpose – creation of a pioneer or important invention, which can give rise to a new direction in science and engineering. Whether it is possible to program your success in this matter or at least to define basic directions of further steps? One of good decisions – to use a complex of well known techniques, leading to principally new results. It is expedient to consider such approach by an example of scanning probe microscopy.

The first scanning tunnel microscope – STM (US4343993) has been patented on 10.08.1982, and on 09.02.1986 inventors received a patent for atomic-force microscope – AFM (US4724318). For creation of a tunnel microscope H. Rohrer and G. Binnig received in 1986 the Nobel Prize in Physics, and that testifies to significant meaning of this invention. Thus, it is reasonable to ask a question: what are the next routes of inventors in this area?

To obtain good results, of course, it is possible, for example, to improve existing design, but it is also important to suggest principally new solutions. For the sake of justice it is necessary to mention the American physicist R. Young, which already in 1971 suggested (as a matter of fact) design of the first scanning probe microscope (SPM), and in 1972 even demonstrated three-coordinate displacement of a sample by a piezo-driver with accuracy of 1 nanometer (nm). Nevertheless, his inventions were a little bit ahead of his time and could not be implemented because of an insufficient base of corresponding elements.

Modern design of AFM has a patent priority of 27.09.1990, and on 08.09.1992 it has been protected by patent US5144833, authors of which integrated a probe method with optical sensing of probe displacement. As a result, inventors have created a really outstanding invention (Fig. 1). The represented design from the patent allows to demonstrate that outstanding inventions can be clear enough even to an inventor-beginner. The probe scans a surface of a sample. The flexible cantilever, mounted on a header, deflects up when the probe meets a knob, and goes down when it meets a groove. And a corresponding mirror changes its angular position. The focused laser beam goes to the mirror, changes its direction and comes into a photo-detector, which can consist of several sections. Change of illuminance of sections is transformed into an electric signal, which characterizes size of a knob or a groove. And a knob can reflect a center of an atom, and a groove – corresponding interatomic distance. Accordingly, the distance from one knob to another will be equal, for example, to a lattice distance of an examined sample.

Fig. 1. Modern design of AFM.

Header – 1; probe, needle – 2; flexible cantilever – 3; mirror – 4, laser – 5, lens – 6, photo-detector – 7; surface of a sample – 8

The first commercial STM has been represented by the company Digital Instrument in 1987, and in 1989 it creates the first commercial AFM Multimode. Both microscopes based on the first inventions of IBM. (It is important to mark out that main inventions in this area belong to this corporation, and it grants corresponding licenses till now.) Thus, scanning probe microscopy (as a branch of science) has been created. Many specialists associate appearance of nanotechnologies with development of SPM-technologies. Currently STM, AFM and other similar equipment, using special probes for measurement and modification of surfaces in nanoscale dimensions, received a general name – SPMs.

After a while mass unification of techniques of scanning probe microscopy with other variants of surface analysis and interaction takes place. For example, 29.10.1985 is a date of issue of the patent US4550257, launching nano-lithography – tunnel methods have been integrated with corresponding lithography techniques. Elements on substrates created from a gas phase

under the influence of a tunnel current with corresponding energy, necessary for dissociation of gas molecules on a working surface.

The efficient method of etching with nanoscale dimensions was developed on 22.12.1989 (US5021672). After fine-tuning of corresponding processes nano-lithography became applicable for creation of nanoscale elements. (For the sake of justice it is necessary to notice that works on high-voltage electron nano-lithography, providing creation of elements with width of 15-30 nm, have appeared approximately at the same time).

On 21.01.1991 inventors have received the patent US4987312 for a method of change of position of atoms on a surface of a substrate due to their attraction by a tip of a needle and their subsequent relocation to a proper place. As a result, new possibilities (absent in previous techniques) appeared exactly in probe nano-lithography. One of the first nanotech complexes (NTC), united non-destructing, restricted by area of measurements, probe technique with wide-field high-voltage electronic microscopy, included joint use of probe and electron microscopes (US4798989, 17.01.1989; US4874945, 17.10.1989; US5081353, 14.01.1992). A little bit later NTCs have been sophisticated due to introduction of almost all known high-vacuum techniques (JP5203406, 10.08.1993; US5440122, 08.08.1995; EP1329686, 23.07.2003). As a result, multifunctional NTCs have been created.

On 11.19.1987 the specific patent application EP0245660 have appeared, according to it, a probe was heated, sample surface was scanned, and corresponding change of temperature allowed to determine temperature characteristics of a studied surface. On 22.08.1990 inventors submitted the patent application EP0383323 for a tunnel acoustic microscope, allowing to detect arising (due to stresses in a sample) local acoustic waves. As a result, new probe methods of research of materials have appeared.

On 05.08.1990 a scanning ion microscope (patent US4924091) have appeared – it is a prototype of electrochemical and liquid probe microscopes, it launched development of a new direction in science (for example, US4935634, 19.06.1990; EP0564088, 06.10.1993; US5831153, 03.11.1998; RU2210731, 20.08.2003; RU2210818, 20.08.2003).

On 05.08.1991 scientists submitted a patent application EP0448985 for a scanning electrostatic microscope, in which local measurement of capacity allowed to characterize a specific material in each its point. This solution later was included into many technological applications of probe microscopes.

On 16.04.1996 specialists attempted to integrate probe methods of measurement of properties of a surface with mask-type lithograph (US5508527). Use of SPM allowed to evaluate runaway (misregistration) of registration marks of a pattern and a substrate. A bit later inventors began to integrate probe techniques with chemical techniques (for example, RU2206882, 20.06.2003), where distribution of finely dispersed fillers was executed with use of plasmochemical etching and subsequent analysis of etch pits with use of a probe microscope. Later developers integrated SPM with a mass spectrometer (WO03/008941, 30.01.2003), that allowed to determine content of sample surface with nanoscale accuracy.



Integration of probe and biological techniques (RU2267787, 10.01.2006; RU2339036, 20.11.2008) allowed to analyze in nanoscale dimensions biological structures, in particular to measure interaction virus-antibody. In patent RU2287129, 10.03.2006 SPM has been combined with a microtome, in which polymers or biological object was sliced, then analysis of created surface took place with use of a probe. In patents RU2233490, 27.07.2004 and RU2282257, 20.08.2006 cutting of a biological object and its analysis is carried out already at deep freezing in liquid nitrogen, and that essentially changed variants of research - displacement of a measured object into a scanning electronic microscope, its vacuuming and corresponding sophisticated high-vacuum measurements are not required any more. It is also possible (RU2258901, 20.08.2005), placing SPM into a helium cryostat, to integrate it with techniques of ultrahigh freezing.

Many discoveries have been made at integration of probe and optical techniques. Already in the early nineties SPM was combined with optical microscopes. Thus, use of the last allowed to observe continuously a zone of interaction of a probe with a sample (US5142145, 25.08.1992; US5117110, 26.05.1992) and also to trace in the course of measurements specific changes in this zone (EP0405973, 02.01.1991; EP0509856, 21.10.1992; EP0527448, 17.02.1993). Simultaneously specialists start to unite probe measurements with optical spectroscopy. In particular, a photo-acoustic spectrometer, combined with STM (US4921346, 01.05.1990), a raster tunnel spectroscopy, a method of acquisition of spectral information (US5025153, 18.06.1991; EP0408009, 16.01.1991) and a combined with SPM (EP0391040, 10.10.1990) spectroscopy have been patented.

Scanning near-field optical microscopes (SNFOM) are also appeared. They can create optical images in a range of dimensions, not restricted by diffraction limitations of optical microscopy. When scientists start to use as atom-force transmitters (Fig. 2) common quartz resonators (from clocks) with glued to them optical fibers - this became the next revolutionary achievement in the area of SPM usage (US6006594, 28.12.1999).

Fig. 2. Application of quartz resonators as atom-force transmitters (SNFOM)

Scanner movement trajectory
Probe on the basis of an optical fiber
Scanner; Piezo-driver
Resonator
Amplitude

In these solutions a resonator with a probe waves to and fro a sample surface. Measuring amplitude of probe tip movement over such surface it is possible to receive a surface profile. At laser beam supply through an optical fiber (Fig. 3) and its receiving (when it passes through a sample) with use of a photoelectronic multiplier (PEM), it is possible to receive an optical image of the sample in a range smaller than a limit of diffraction-limited resolution of optical microscopes.

Fig. 3. Laser beam, passing through a sample, is received by a photoelectronic multiplier (PEM)

Scanner movement trajectory
Optical fiber
Laser
PEM (photoelectronic multiplier)

Currently integration of different techniques also takes place. For example, specialists have created atomic scales with use of SPM, in this equipment examined mass changes sensed by a probe resonance characteristics of elastic elements (RU2407021, 20.12.2010). Magnetic analysis in nanoscale (WO2004038430, 05.06.2004) is carried out with use of a probe of SPM, on which a carbon nanotube (CNT), creating a magnetic field, is mounted. At replacement of CNT by a molecule with a special end group for implementation of the state "key-lock" it is possible to analyze biological objects with certain complimentary groups.

Integration of Raman spectroscopy (US5257085, 26.10.1993; DE102010005723, 28.07.2011; WO2010083984, 29.07.2010) with

scanning probe microscopy (US6002471, 14.12.1999; US67000152, 02.03.2004; WO2008/028521, 13.03.2008; US8286260, 09.10.12; US2009/0249520; CN101923054, 22.10.2010; US2011/0055985, 03.03.2011) must be represented here in more details. Introduced approaches are interesting by the fact, that both well known techniques can be taken practically in their initial form.

Here are some details of the Raman effect history. In 1918 L. I. Mandelshtam predicted the effect of Raman scattering (RS). Practically ten years later he (jointly with G. S. Landsberg) has registered new lines of spectrum, as a result of modulation of scattered light by oscillations of atoms of a crystalline lattice in an optical band. Authors represented their discovery at the end of April of 1928 at a colloquium and published results in Soviet and two German journals. Nevertheless, the Nobel Prize of 1930 was awarded to the Indian physicist C. V. Raman, who a little bit later then the Soviet scientific started his research of this phenomenon, discovered the RS-effect and published own works, pertaining to this topic. As a result of awarding of the Nobel Prize and appearance of works in well known foreign journals this effect received the name "Raman effect".

It is important to underline that development of scanning probe microscopy and its integration with methods of Raman spectroscopy led to essentially new results. At object illumination by a focused laser beam (Fig. 4) electric field gradient is created on AFM-probe tip. As a result, local strengthening of Raman scattering takes place, and strengthened RS-signal is formed. Due to this effect identification of molecules of substance can be carried out with significantly higher spatial resolution.

Fig. 4. Formation of a strengthened RS-signal

AFM-probe
Strengthened RS-signal
Sample
Focused laser beam

It is necessary to mark out that integration of well known techniques often takes place at maximum use of already obtained material. For example, at joint application of super-high helium freezing with SPM - a helium transport cryostat can be applied practically without changes. However, diameter of SPM must be significantly decreased to pass it through a standard hole of a helium cryostat (with a diameter of less than 20 mm).

At integration of SPM with a cryotome it was used in its standard execution, and brought into cryotome changes were minimum (RU2233490, 27.07.2004). In the case of use of the complex "SPM-Raman spectrometer" the main condition - open optical access to a zone of probe influence on a sample - previously already repeatedly was provided in SPM. Of course, all improvements of integrated design will lead to more complex configurations, and that is a common path of development of new techniques.

Thereupon it is reasonable to recommend to inventors: if you invent something new and do not have doubts regarding possibilities of its practical implementation, it is important to submit a patent application ASAP. As a result it is possible to receive a patent priority from the moment of submission. In 18 months (and on request of authors even earlier) the formula of invention is published. Even in the absence of a positive answer, according to the law nobody will be authorized to patent it. As a result authors will have more serious arguments, than in dispute of Mandelshtam vs. Raman for a priority.

In whole, it is possible to draw a conclusion that outstanding inventions can appear as a result of integration of well known techniques, and that often gives essentially new results. Thus, due to use of already tested ready solutions corresponding expenditures for creation of such complexes can be minimum. ■

The author expresses his gratitude to I. Mjagkov for valuable remarks at preparation of this paper.