

## ОСОБЕННОСТИ ПАТЕНТОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НАНОТЕХНОЛОГИИ

*В своей статье руководитель патентной службы ЗАО «Нанотехнология-МДТ» Д.Ю.Соколов попытался обобщить более чем десятилетний опыт патентования фирмой объектов нанотехнологии и, в частности, зондовой микроскопии.*

Переход к реализации идей нанотехнологии во многом был связан с созданием Биннигом и Рорером сканирующего туннельного и атомно-силового микроскопов в середине 80-х гг. прошлого века. Эти устройства, названные сканирующими зондовыми микроскопами (СЗМ), позволили осуществлять воздействие на отдельные атомы вещества.

Сканирующий зондовый микроскоп в общем виде представляет собой держатель зонда с зондом, держатель образца с образцом, систему их предварительного сближения, сканирующее устройство (сканер), обеспечивающее перемещение зонда относительно образца или наоборот, а также модуль анализа и управления\*.

\* Миронов В. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Техносфера. М., 2004.

Изобретения в сканирующей зондовой микроскопии можно условно разделить на несколько областей. Рассмотрим некоторые из них.

### Сканирующие зондовые микроскопы общего назначения

Сегодня существует несколько тысяч патентов, выданных на сканирующие зондовые микроскопы различного назначения, в том числе туннельные, атомно-силовые, ближкопольные оптические и т.п. Поэтому патентование очередной разработки СЗМ, не имеющей специального назначения, – довольно трудная задача. Можно еще пытаться получать патенты на СЗМ, снабженные модулями, повышающими простоту наладки, эксплуатации и ремонта, уменьшающими погрешность измерения и т.д., но с каждым годом это становится все труднее.

Из 65 патентов, полученных нами за последние 10 лет, таких было только три. Эти патенты имеют узкую область притязаний из-за того, что для их получения пришлось предельно конкретизировать отличительные признаки в первом пункте формулы изобретения. Следовательно, главные усилия необходимо направлять на получение патентов на нетрадиционные решения в зондовой микроскопии. Основное внимание в следующих разделах будет уделено трудностям патентования таких решений.

### Сканирующие зондовые микроскопы специального назначения

Одной из специфических областей зондовой микроскопии являются микроскопы специального назначения (электрохимические, жидкостные, низкотемпературные и т.п.). Получение первичных патентов в этой области не представляет труда, что нельзя сказать о вторичных патентах. Дело в том, что специальные СЗМ часто используются в условиях с жесткими ограничениями по габаритам, условиям юстировки, вспомогательным устройствам. Например, низкотемпературные СЗМ, предназначенные для эксплуатации в криостатах, должны иметь габариты, ограниченные диаметром горловины криостата, а это вполне определенная величина – 50 – 100 мм. Вместе с тем механический доступ к СЗМ возможен только сверху, а оптическое наблюдение сбоку. При этом блоки СЗМ также часто имеют вполне определенные параметры (сканеры  $\sim \varnothing 10 \times 30$  мм, пружинные подвесы с минимальной жесткостью и т.п.).

При таких жестких ограничениях решения независимых групп разработчиков могут быть очень похожими. Уже после завершения одной из разработок низкотемпературного СЗМ был обнаружен практически полностью повторяющий его прототип – патент США № 5410910. Если складывается такая ситуация, ее можно рассматривать как подтверждение правильности выбора решений, и если есть время на изменение конструкции, то нужно взять известное решение за прототип и попытаться видоизменить его, хотя бы в частных признаках. Это решаемая задача. Уже после обнаружения прототипа в разрабатываемой конструкции была проведена доработка наиболее важных узлов с их предельной детализацией и получен патент РФ № 2271583, не имеющий широкой защиты, но тем не менее защищающий конкретное техническое решение.

Аналогичная ситуация была с электрохимическим СЗМ, в котором накладываются ограничения на размеры и массу резервуара с жидкостью, закрепленного на сканере, на способ закрепления резервуара только через эластичные элементы, на возможность оптического доступа и т.п. В этом случае также после обнаружения релевантного прототипа (европейский патент № 0564088) были проведены детальные усовершенствования основных узлов и получен патент РФ № 2210818, защищающий конкретное техническое решение.

Таким образом, при разработке СЗМ специального назначения особенно важен очень тщательный патентный поиск, предваряющий разработку.

### Основные блоки СЗМ

Трудность патентования основных блоков СЗМ (системы предварительного сближения, сканирующие устройства, зонды) связана с тем, что зондовая микроскопия, как уже отмечалось, развивается третье десятилетие, и на каждую функциональную систему получены десятки, а иногда и сотни патентов. Однако постоянное развитие нанотехнологии ставит новые задачи, которые не всегда удается решить прежними

способами.

Например, сканирующие устройства чаще всего изготавливают из пьезотрубок с электродами, расположенными на их боковых поверхностях. При создании электрических полей в различных фрагментах пьезотрубок пьезокерамика, изменяя свои размеры, может осуществлять двухкоординатное (X, Y) перемещение образца или зонда, закрепленного на одном торце пьезотрубки, а также перемещение (Z), перпендикулярное плоскости XY. Таким пьезосканером долгое время успешно решались задачи координатной развертки в зондовой микроскопии, пока не появилась необходимость вращения торца пьезотрубки и качания его плоскости. При этом альтернативы пьезотрубкам были невелики. Решение нашлось благодаря четырем сквозным пазам, выполненным с торца пьезотрубки примерно на половину ее длины. Причем каждый фрагмент пьезотрубки приобрел самостоятельность, что позволило вращать и качать ее торец. Вместе с тем увеличился диапазон X, Y перемещений, что позволяет использовать такой пьезосканер в традиционных СЗМ. Таким образом, новые задачи определили оригинальное решение, которое одновременно способствовало получению патента РФ № 2248028 и использованию его в традиционных устройствах.

Аналогичный подход был использован и для другого варианта пьезосканера, в котором выход из-под известных патентов был осуществлен соединением нескольких пьезосканеров с возможностью их изгиба в противофазе (патент РФ № 2227363). При этом возник новый эффект – плоскопараллельное перемещение торца сканера, чего не было у прототипов. Этот пьезосканер, помимо использования в специальных устройствах, может найти применение и в обычных СЗМ.

Другой пример касается зондов для сканирующих зондовых микроскопов. Замена зондов требует специальной квалификации и времени. Особенно это касается СЗМ специального назначения, где затруднен доступ к зоне измерений. Эта задача была решена расположением зондов на диске по радиусам и возможностью вращения этого диска относительно измеряемого объекта (патент РФ № 2244256). При этом зонды могли поочередно воздействовать на рабочую зону объекта. Здесь также имеется возможность использования специального устройства (многозондового модуля) в СЗМ общего назначения.

Таким образом, постановка задачи следующего уровня позволяет находить оригинальные решения, используемые и для решения традиционных задач.

### **Вспомогательные устройства, обеспечивающие работу СЗМ**

Трудность патентования вспомогательных устройств, обеспечивающих работу СЗМ (системы демпфирования, устройства загрузки зондов, тестовые структуры и т.п.), объясняется тем, что эти устройства уже давно применяются и запатентованы в различных областях техники, не связанных с нанотехнологией. С другой стороны, СЗМ, работающие с нанометровыми размерами объектов, предъявляют известным устройствам специфические требования. Например, системы виброгашения для СЗМ должны обеспечивать защиту от вибраций в широком диапазоне частот, иначе отдельные механические блоки СЗМ будут возбуждаться на своих резонансных частотах, что приведет к снижению точности воздействия на объекты. Возникает широкий спектр технических решений, позволяющих создать оригинальные конструкции. Это и многозвенные демпфирующие подвесы, и покрытие пружин подвесов вязким составом, и использование магнитных гасителей колебаний. Успешное решение данной проблемы было достигнуто в демпфере по патенту РФ № 2244178.

Аналогичная ситуация сложилась при патентовании транспортной системы для загрузки зондов и образцов в условиях сверхвысокого вакуума. Большое число транспортных систем было разработано для установок молекулярно-лучевой эпитаксии, комплексов ионной, электронной и рентгеновской литографии. Однако в зондовой микроскопии есть обязательное условие – замена зондов и образцов, желательно с помощью одного и того же манипулятора. Это условие и определило оригинальное решение в патенте РФ № 2158454, в котором одни и те же захваты манипулятора являются многофункциональными и используются для работы с различными объектами.

К вспомогательным, но очень важным объектам, обеспечивающим функционирование СЗМ, можно отнести тестовые структуры для их градуировки. Известно получение наносфер на основе запатентованных технологий синтеза искусственных опалов с последующим формированием опаловых матриц. Одно из специальных требований зондовой микроскопии заключается в создании проводящего слоя на поверхности опаловых сфер. Это требование во многом и определило возможность получения патента РФ № 2244254 на тестовую структуру.

В отличие от предыдущей области, где необходима новая задача для решения частной проблемы, здесь эта задача возникает сама по себе за счет специфики СЗМ. Новым решением при этом является модификация известных подходов специфическими требованиями СЗМ.

### **Комплексы и способы, объединяющие зондовые и традиционные технологии**

Создание комплексов, объединяющих зондовые и традиционные технологии, позволяет открывать новые области в нанотехнологии, однако запатентовать такие устройства иногда бывает сложно. Например, при объединении СЗМ с известным устройством, учитывая, что оба используются по прямому назначению, экспертизе не всегда очевиден новый сверхсуммарный результат. Поэтому в таких случаях целесообразно попытаться признаки одного устройства использовать в работе другого и наоборот.

Например, нами было осуществлено объединение СЗМ с криотомом – устройством, осуществляющим срез биологического объекта в замороженном состоянии, после чего СЗМ проводил измерение среза. При этом каждое устройство имело свои функциональные подвижки, необходимые для выполнения своих основных задач. Но оказалось, что эти подвижки можно использовать одновременно в каждом устройстве, например, для расширения функциональных возможностей комплекса. В таком виде это устройство и было запатентовано (патент РФ № 2233490).

В случае объединения технологий при патентовании также имеются трудности доказательства

сверхсуммарного эффекта. Например, в патенте РФ № 2206882 производился срез полимера с высокодисперсным наполнителем (нанонаполнителем), его травление в плазме с последующим измерением размеров канавок. В этом случае, чтобы уйти от противопоставления известных методов, используемых по прямому назначению, пришлось ввести второе травление, выполняемое с учетом первичного измерения с помощью СЗМ глубины канавок. При этом также улучшилось качество измерений.

Другой пример. В патенте РФ № 2267787 зондовый микроскоп измеряет размеры кластеров на тестовых полях, образованных вирусами и антителами, на основании чего можно сделать вывод о наличии в организме определенных вирусов. В этом случае для получения патента была объединена биотехнология формирования тестовых полей со спецификой их одновременного измерения в зондовой микроскопии. Таким образом, общая рекомендация патентования в этой области заключается в обеспечении взаимовлияния признаков объединенных технических решений.

### **Высокотехнологичные наноконструкции с использованием СЗМ**

Патенты на высокотехнологичные сверхвысоковакуумные и низкотемпературные наноконструкции (нанофабрики) имеют схожие черты с предыдущей областью. Здесь также можно использовать взаимовлияние признаков различных процессов. Отличие заключается в том, что наноконструкции обычно предназначены для производства нанопродукции, а это, как правило, новые объекты, что важно при защите патентов и упрощает их получение. Однако существует трудность, состоящая в том, что создание нанофабрик – дорогостоящий и длительный процесс, а целесообразность патентования на начальной стадии разработки не ниже, чем для других устройств. При этом процессы, используемые в наноконструкциях, достаточно сложны и разнообразны. Поэтому очень важно в первичных материалах заявки приводить убедительные доводы достижимости результатов, хотя бы в виде ссылок на литературу, описывающую используемые процессы.

В патенте РФ № 2308782 на наноконструкцию было приведено 38 ссылок на литературу, подтверждающих возможность реализации промежуточных технических операций.

### **Устройства и способы изготовления (подготовки) объектов для зондовой микроскопии**

Большинство патентов в этой области получено на устройства и способы изготовления зондов для туннельной и атомно-силовой микроскопии. Обязательной характеристикой таких зондов является минимальный радиус их закругления, обеспечивающий максимальное разрешение зондовых измерений.

В последнее время получило распространение формирование на конце зонда дополнительного, еще более острого элемента: углеродного острия (вискера), нанотрубки и т.п. Но несмотря на значительное число таких патентов, получение новых патентов в этой области не представляет труда. Дело в том, что многие известные электрофизические, оптические и другие воздействия в той или иной мере влияют на качество острия.

В патенте РФ № 2220429 были использованы основные и дополнительные воздействия на зонд электронными пучками, а также ультразвуковые и оптические воздействия. Устанавливая определенную зависимость друг от друга этих процессов и их взаимовлияние, удалось обойти известные аналоги. При этом, выбирая параметры процессов в широком диапазоне, есть возможность не раскрывать ноу-хау.

Еще пример. Термоэлектронная подготовка вольфрамового зонда в вакууме связана с формированием его острия с нанометровым закруглением. Однако распыление вольфрама покрывает все элементы конструкции проводящим слоем, что ухудшает процесс подготовки зонда и увеличивает радиус его закругления. Только определенные соотношения размеров конструктивных элементов устройства позволяют минимизировать этот отрицательный эффект, а их можно не приводить, что и было использовано при получении патента РФ № 2208845.

Другой вариант способа изготовления зонда был основан на использовании кварцевого резонатора и приклейки к его плечам магнитных иголок. Диаметр таких иголок составляет менее 100 мкм, и в процессе приклейки их очень сложно удержать в нужном положении. Однако магнитные свойства иголок позволяют им самостоятельно ориентироваться вдоль одной оси, для чего нужны вполне определенные соотношения их диаметров, длины и степени намагниченности. Эти значения также были предметом ноу-хау в патенте РФ № 2208763.

Тот же подход сокрытия ноу-хау можно использовать и при подготовке образцов к работе. Подготовка кремния для получения перестроенной его кристаллической структуры (7 × 7) связана с определенным температурным режимом нагрева и охлаждения кремния, а также с отсутствием в окружающем пространстве посторонних примесей. Оптимальным решением было пропустить ток через пластинку кремния и нагреть ее до нужной температуры. При этом выбор соотношений между размерами держателей кремния для минимизации их нагрева и соответственно уменьшения испарения является определяющим для решения поставленной задачи. Эти соотношения и удалось скрыть в патенте РФ № 2218562.

На основании изложенного можно сделать вывод: наряду с общими требованиями, такими как новизна, изобретательский уровень и промышленная применимость, каждая область имеет свою специфику.

Для специальных СЗМ необходим углубленный патентный поиск.

Для основных и вспомогательных устройств СЗМ целесообразна модификация известных решений на основе новых задач.

Для комплексов, использующих СЗМ, важно взаимовлияние признаков различных процессов.

Для высокотехнологических наноконструкций необходимы убедительные доказательства их применимости, а в патентах на высокотехнологичные процессы есть возможность сокрытия ноу-хау.