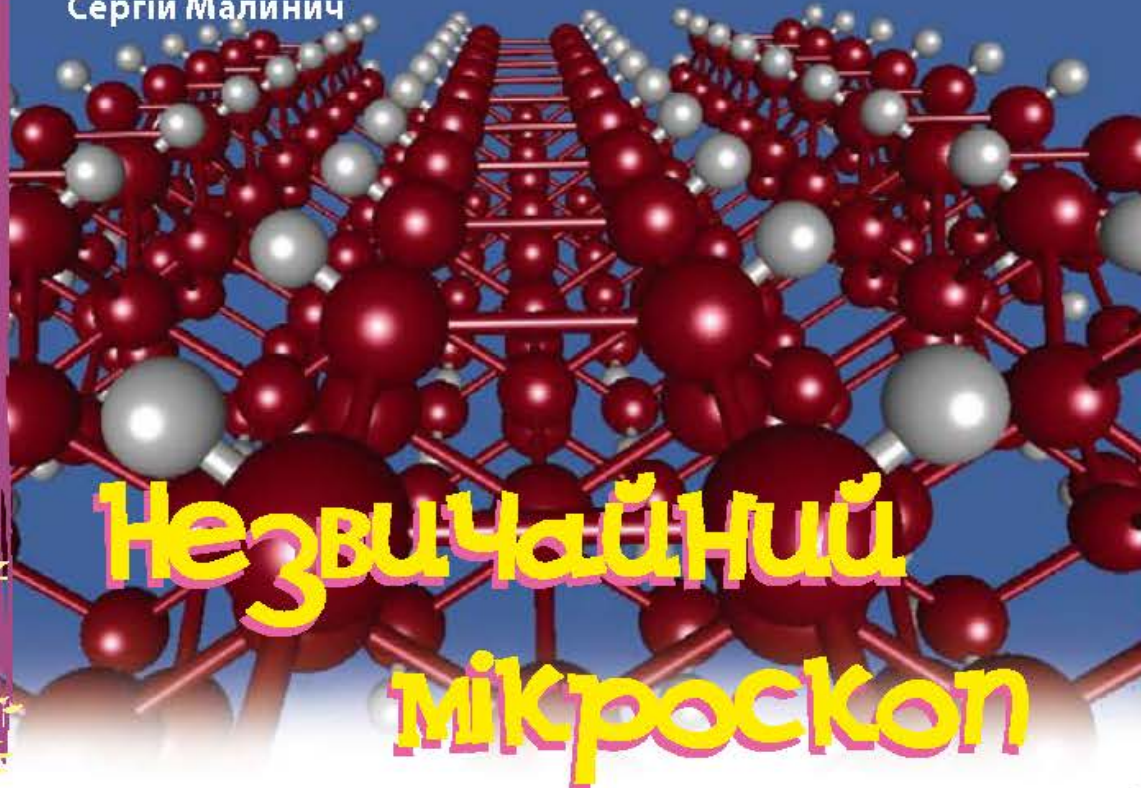




Сергій Малинич

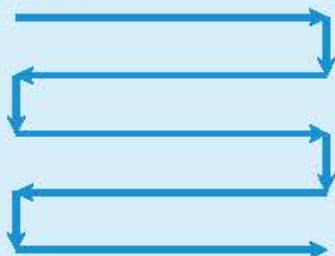
НАНОСВІТ



Незвичайний мікроскоп

Гра "Поскануймо!"

Зажми очі та попросіть кого-небудь подати вам невеликий предмет. Визначіть на дотик його форму та опишіть її іншим учасникам гри. Нехай вони з вашого опису здогадаються, який саме предмет був у ваших руках. Ускладнімо гру. Із заплющеними очима проведіть рукою вздовж поверхні стола (підлоги, стіни тощо). Домовмося, що рука спочатку рухається з лівого верхнього кутка поверхні вправо на певну відстань, потім донизу і на ту ж саму відстань ліворуч, далі знову трохи донизу й праворуч, як показано на малюнку 1. Науковці та інженери називають такий рух скануванням. Проводячи рукою вздовж поверхні, намагайтеся уявити



Мал.1



Мал.2



собі, як вона виглядає. Гладка вона, чи шорстка? Які деталі на ній є? Можете позмагатися, хто краще та докладніше опише досліджувану поверхню.

Як сканує атомно-силовий мікроскоп

А як дослідити об'єкти дуже малих розмірів, вивчити мікроскопічну будову їх поверхні? Такими об'єктами можуть бути бактерії, комп'ютерні чіпи, новостворені матеріали та багато іншого. Якою "рукою" можна торкатися предметів у наносвіті?

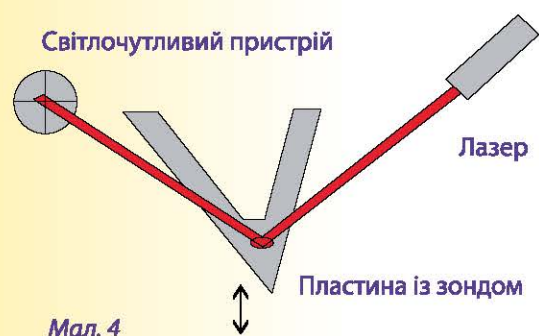
Дуже маленьку й гостру голку, розміщену на кінці пружної пластинки (мал. 2), наблизьмо майже впритул до предмета й розпочнімо сканування ділянки його поверхні. Між атомами, з яких складаються голка та предмет, діють сили взаємодії, тому голка реагуватиме на всі нерівності: горбик – пружинка зігнеться догори, впадина – донизу. Саме тому такий прилад назвали атомно-силовим мікроскопом. Крім пружинки з голкою до його складу входять інші пристрої і, звичайно, комп'ютер, який керує рухом голки та показує, як виглядає досліджувана поверхня.

Будова атомно-силового мікроскопа

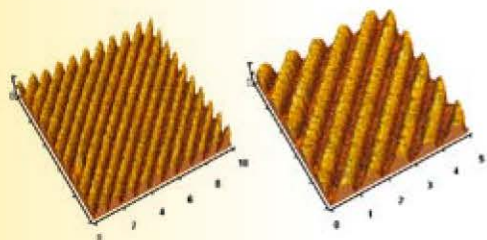
Розгляньмо будову атомно-силового мікроскопа докладніше (мал. 3). Отже, "рукою", що торкається поверхні, слугує голка-зонд на пружній пластинці. Проте ця "рука"-зонд нерухома, а рухається невеличкий столик із досліджуваним зразком – сканер. Рух сканера відбувається за рахунок прикладеної до нього електричної напруги, причому переміщення сканера можуть бути надзвичайно малими та здійснюються з високою точністю.



Мал.3

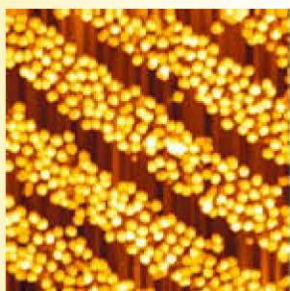


Мал. 4



Мал. 5

А ось це – всім відомий DVD диск у різних збільшеннях. Нагадаємо, розмір у десять мікрометрів приблизно усемеро менший за товщину людської волосини.



Мал. 6

Малі кружальця – це наночастинки срібла, вишикувані рядами засобами нанотехнологій.

Під час руху сканера розташований на ньому предмет ніби підставляє під зонд щоразу нові ділянки своєї поверхні. Як ми вже знаємо, пружна пластинка у цей час вигинається під впливом нерівностей на поверхні.

Вигин пластинки неймовірно малий, проте інженери придумали дотепний спосіб вимірювати малі рухи. Для цього на край пластинки фокусують лазерний промінь, як показано на малюнку 4. Відбитий промінь потрапляє на спеціальний світлочутливий пристрій, здатний стежити за переміщеннями такого світлового "зайчика". Навіть найменші рухи пружинки примушують "зайчика" переміщуватись на помітні відстані. Спробуйте пустити сонячного "зайчика" на віддалену стіну – й ви помітите, як жваво він скаче внаслідок ледь відчутних поворотів дзеркала.

Далі світло, що потрапило на чутливий пристрій, перетворюється на електричний сигнал, який через підсилювачі надходить до комп'ютера. Величина цього сигналу залежатиме від величини згину пружинки. Намалюймо на графіку величину електричного сигналу вздовж лінії сканування. Ми одержимо профіль поверхні вздовж цієї лінії. Склавши велику кількість таких профілів, можна отримати повну рельєфну картину ділянки досліджуваної поверхні (мал. 5). Це означає, що ми отримали зображення поверхні без допомоги лінз! Тим атомно-силовий мікроскоп і є незвичайний. Крім



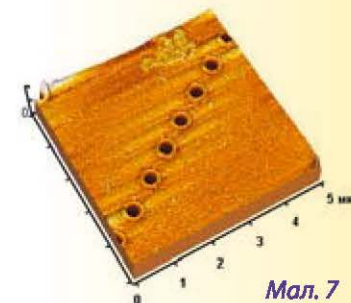
того, він дозволяє розгледіти деталі значно дрібніші, ніж можна побачити у звичайний мікроскоп, різниця лише у тому, що зображення ми можемо побачити лише на екрані комп'ютера (мал. 6, 7).

Цікаво, що у світі живої природи давно відомий такий спосіб вивчення довкілля. Згадайте вусики у котів або в комах. Цими вусиками-вібрисами тварини відчувають найменші коливання предметів, що дає їм багато корисної інформації.

Побачити... молекулу

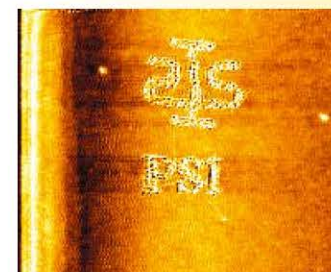
Атомно-силовий мікроскоп може робити багато корисних речей. За його допомогою можна не лише розглядати дрібні об'єкти (навіть окремі молекули!), а й вивчати їх механічні, електричні та магнітні властивості, теплопровідність поверхні. А також – використовувати голку-зонд як своєрідний різець та вирізати цікаві картинки на поверхні (мал. 8). І все це на ділянках, менших від товщини людської волосини. Це – справжній інструмент для дослідження наносвіту!

Фото і малюнки Сергія Малинича.



Мал. 7

Ряд лунок, зроблений на кремнієвій пластинці. Діаметр кожної лунки у 5000 разів менший від міліметрової поділки лінійки. У такий спосіб можна виготовляти надмініатюрні мікросхеми.



Мал. 8

За допомогою атомно-силового мікроскопа можна не лише бачити дуже дрібні об'єкти, а й видряпувати голкою-зондом будь-які малюнки на м'якій поверхні.

СЛОВНИЧОК ТЕРМІНІВ

1 нанометр (нм) = 0,000001 міліметра = 0,000000001 метра = 10^{-9} метра;

1 мікрометр (мкм) = 1000 нанометрів = 0,001 міліметра = 0,000001 метра = 10^{-6} метра.

Товщина людської волосини становить приблизно 80 мкм або ж 0,08 мм.

Фулерен (C_{60}) – молекула, що складається із 60-ти атомів вуглецю та за формою нагадує футбольний м'яч.

Наночастинка – частинка будь-якої речовини, розмір якої становить від кількох нанометрів до кількох десятків нанометрів.

Нанотехнології – виготовлення різноманітних деталей, пристроїв та інших об'єктів наноскопічних розмірів. Як правило, нанотехнології потребують використання спеціального устаткування, наприклад, атомно-силового мікроскопа.

