

АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ

Авторы: И. В. Яминский

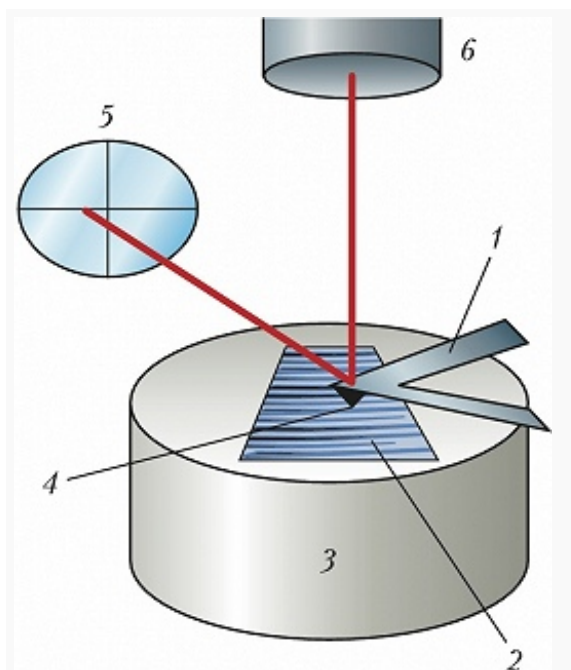


Схема механической системы атомно-силового микроскопа:
1 – микроконсоль; 2 – изучаемый образец; 3 – пьезосканер; 4 – остриё зонда; 5 – четырёхсекционный фотодиод; 6 &ndas...

АТОМНО-СИЛОВАЯ МИКРОСКОПИЯ, метод изучения строения и свойств поверхности твёрдых тел с субнанометровым пространственным разрешением. Атомно-силовой микроскоп (АСМ) изобрёл Г. [Бинниг](#) с сотрудниками в 1986, используя принцип устройства сканирующего [туннельного микроскопа](#). Существенное различие между этими микроскопами состоит в типе применяемого зонда. В туннельном микроскопе – это проводящая игла (регистрируется величина туннельного тока), в АСМ – микроостриё (зонд), закреплённое на упругой консоли (измеряемая величина – сила взаимодействия между остриём и исследуемой поверхностью). В простейшем случае АСМ можно рассматривать как профилометр сверхвысокого разрешения, который работает в воздухе, вакууме и жидкости и позволяет

увидеть трёхмерный профиль поверхности. АСМ даёт возможность визуализировать атомную решётку на поверхности графита, слюды, ряда полупроводников, металлов и др. материалов.

Схема АСМ приведена на рис. Исследуемый образец расположен на пьезокерамич. манипуляторе (пьезосканере), который перемещает образец по трём координатам с точностью до долей ангстрема. Диапазон перемещений зависит от конструкции

манипулятора и составляет 1–250 мкм по горизонтали и 1–10 мкм по вертикали. Зонд представляет собой остриё пирамидальной формы с радиусом закругления 3–5 нм или менее, закреплённое на микроконсоли длиной 50–400 мкм. Прибор может работать в режиме постоянного или прерывистого контакта. В режиме постоянного контакта зонд приводится в соприкосновение с поверхностью, а затем поверхность сканируется так, чтобы сила взаимодействия зонда с образцом была постоянной. Сила взаимодействия определяется по изгибу микроконсоли в соответствии с законом Гука:

$$F = k \delta Z, \text{ где}$$

δZ – смещение (прогиб) зонда,

k – его механич. жёсткость (типичные значения 0,01–1 Н/м для контактного режима).

Для регистрации изгиба микроконсоли и, соответственно, перемещения зондирующего острия используются разл. схемы. Наибольшее распространение получил оптич. метод угловых перемещений: сфокусированный лазерный луч направляется на незакреплённый конец зонда. Угловое перемещение отражённого луча, пропорциональное перемещению острия, регистрируется фотоприёмником, например четырёхсекционным фотодиодом. В режиме прерывистого контакта при сканировании поверхности возбуждают резонансные механические колебания микроконсоли. Метод применяется для изучения объектов пониженной жёсткости (полимеров, биообъектов, адсорбатов). При исследованиях поверхности образцов в жидкости удаётся дополнительно снизить силовое воздействие со стороны зонда до уровня 10^{-12} Н.

Методы А.-с. м. позволяют измерять не только профиль поверхности, но и её локальные свойства, получать информацию о коэф. трения, механич. упругости, диэлектрич. проницаемости, работе выхода электронов, электрич. сопротивлении и др. Различаются методы в осн. видом используемого зонда. Так, для изучения магнитных свойств материалов используется зонд с покрытием из магнитного материала. С помощью АСМ можно направленно модифицировать поверхность, т. е. осуществлять нанолитографию. Т. о., АСМ является инструментом нанотехнологий. Перспективными материалами для записи информации являются полимеры и тонкие

магнитные плёнки.

АСМ используют для технологич. контроля изделий микроэлектроники, магнитных носителей информации, в материаловедении и науч. исследованиях, а также при решении задач микробиологии, молекулярной биологии и медицины.

Литература

Лит.: Сканирующая зондовая микроскопия биополимеров. М., 1997.