

Точные измерения механических свойств нано- и микрообъектов с помощью атомно-силового микроскопа

И. А. Няпшаев

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург, Россия

Для более полного описания объектов требуется как визуальный, так и тактильный канал восприятия. Современная оптическая и электронная микроскопии [1,2] являются источниками визуальной информации об исследуемом объекте с нанометровым разрешением. Однако, данные получаются в виде 2D проекций, и такой необходимый геометрический параметр, как высота, не всегда легко доступен. Геометрический профиль и 3D топографию объектов принято измерять с помощью профилометра [3] или атомно-силового микроскопа (АСМ) [4]. В этих методах специальными зондами производится своеобразное ощупывание объекта. Особую важность при исследовании нано- и микрообъектов представляют механические свойства (прочность, модуль упругости, пластичность и т.п.). Эти свойства интересны не только сами по себе, но также, что важно, влияют и на измеряемый рельеф. Для определения механических параметров материалов в макросостоянии применяются хорошо отработанные традиционные методы: индентация, испытание на прочность и разрыв и т.д. [5,6]. Для аналогичных исследований нанообъектов удобно использовать АСМ, который, в принципе, позволяет точно контролировать механические нагрузки от очень маленьких, 10^{-11} Н, до умеренных, 10^{-6} Н, и обладает субмикронным пространственным разрешением для визуализации изучаемых объектов. Но развитие точных АСМ методов исследования механических свойств нанобъектов тормозят следующие факторы. Во-первых, форма кончика стандартного АСМ зонда не калибрована по геометрии и размерам. Во-вторых, существует проблема в определении жесткости чувствительного элемента зонда. Наконец, отсутствуют точные алгоритмы измерений, учитывающие особенности конструкции АСМ.

Доклад ознакомит с основными принципами работы АСМ, как прибора тактильной диагностики. Также будут показаны варианты решений описанных выше проблем адаптации АСМ для точных измерений механических и геометрических свойств нанообъектов. Будут приведены примеры количественных АСМ исследований 1D структур (хризотилловые нанотрубки), 2D структур (ультратонкие пленки блок-сополимеров) и 3D структур (биологические живые клетки).

Литература

- [1] R. Heintzmann and M. G. L. Gustafsson. *Nature Photonics* **3**, 362–364, 2009.
- [2] E. Ruska. *The Development of the Electron Microscope and of Electron Microscopy: Nobel Lecture*. Stockholm, December 8, 1986.
- [3] А. И. Якушев. *Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения*. М., «Машиностроение», с. 344, 1979.
- [4] G. Binnig, C. F. Quate, Ch. Gerbe. *Phys. Rev. Lett.* **56**, 9, 1986.
- [5] H. M. Rockwell & S. P. Rockwell, “Hardness-Tester,” US Patent 1 294 171, Feb 1919.
- [6] *Производство изделий из полимерных материалов* ред. В. К. Крыжановского, изд. Профессия, СПб, 2004.