

УДК 53.086

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДА КОНТАКТНОЙ СИЛОВОЙ СПЕКТРОСКОПИИ УСТАНОВКИ СЗМ SOLVER P47

С. А. Карпушкин, Ю. В. Кузнецова

Тверской государственный университет
кафедра магнетизма

Предложена программа, которая оптимизирует работу метода контактной силовой спектроскопии. С помощью макроязыка, интегрированного в программное обеспечение NOVA установки сканирующего зондового микроскопа (СЗМ) Solver P47, был разработан алгоритм, позволяющий анализировать силовые кривые, не покидая его основного интерфейса.

Ключевые слова: сканирующая зондовая микроскопия, контактная силовая спектроскопия, программное обеспечение

Метод контактной силовой спектроскопии (КСС) является эффективным методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) исследования упругих свойств поверхности. В основе этого метода лежит регистрация силовых кривых, которые отражают отклонение кантилевера при взаимодействии вершины зонда с поверхностью [1, 2]. Анализ таких кривых позволяет получать данные об адгезионных и упругих свойствах поверхности.

Силовые кривые, снимаемые с помощью КСС, представляют собой зависимость электрического напряжения на фотодетекторе от вертикального положения пьезосканера, т.е. $DFL(z)$.

Для получения кривой, действительно несущей информацию о силе, требуется провести замену переменных. Это связано с тем, что перемещение по вертикали пьезосканера z фактически является расстоянием между уровнем поверхности и уровнем, на котором находилась бы игла недеформированного кантилевера. Реальное расстояние между иглой и образцом δ складывается из смещения пьезосканера z и отклонения кантилевера d (рис. 1). После замены переменных $z \rightarrow \delta + d$ силовая кривая, в тех же координатах, выглядит более полого.

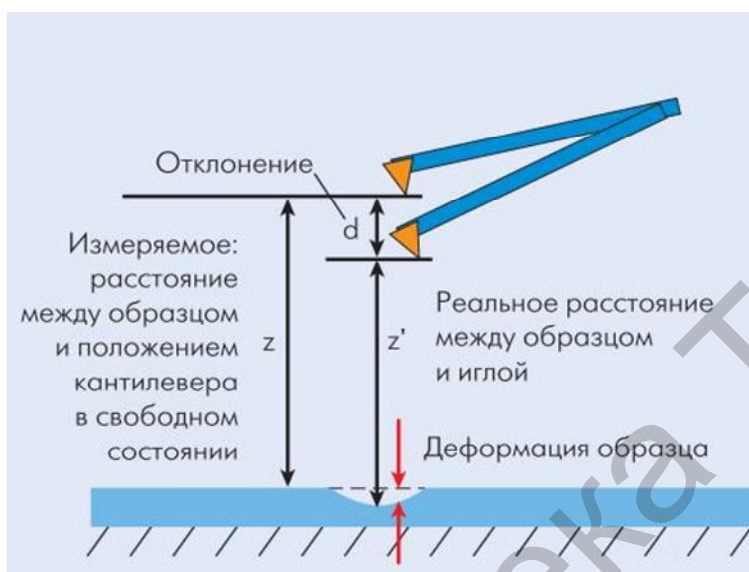
Силу взаимодействия можно найти по закону Гука:

$$F = kd = k(z - \delta), \quad (1)$$

где k – нормальная составляющая жесткости кантилевера.

Для вычисления локального модуля упругости нужно определить оценочную модель. Упругие деформации двух сферических

соприкасающихся поверхностей, сдавливаемых внешней силой F , были вычислены Г. Герцем в 1882 году.



Р и с . 1. Взаимодействие зонда с образцом

Для сферы и плоскости

$$F = \frac{4}{3} \cdot \frac{E}{(1-\nu^2)} \delta^{1,5} \sqrt{R} . \quad (2)$$

Для конуса и плоскости

$$F = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{E}{(1-\nu^2)} \delta^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (3)$$

где E – модуль Юнга, ν – коэффициент Пуассона, α – половина открытого угла конуса, R – радиус иглы.

Таким образом,

$$F = A \delta^\gamma , \quad (4)$$

где $\gamma=1$, $\gamma=1,5$, $\gamma=2$ в случае плоскости, сферы или конуса, соответственно.

Отсюда следует, что для выбора модели нужно построить график зависимости логарифма силы от логарифма отклонения, сравнить наклон получившейся прямой с показателем степени γ , и, исходя из этих данных, выбрать наиболее подходящую модель.

Перевод зависимости $DFL(H)$ в зависимость $F(H)$, поиск показателя γ , выбор модели и вычисление локального модуля Юнга осуществлялись вручную с помощью таблиц *Excel* или *Origin*, что представляло собой задачу, на решение которой требовалось время. Использование скриптов может значительно облегчить и повысить эффективность работы. В программе управления *Nova* используется макроязык *Nova PowerScript* [3], поддерживающий синтаксис *VBScript* и *JScript*, которые поддерживаются по умолчанию ОС Windows и хранятся с расширением *.txt, что позволяет редактировать и запускать их без предварительной подготовки (рис. 2).

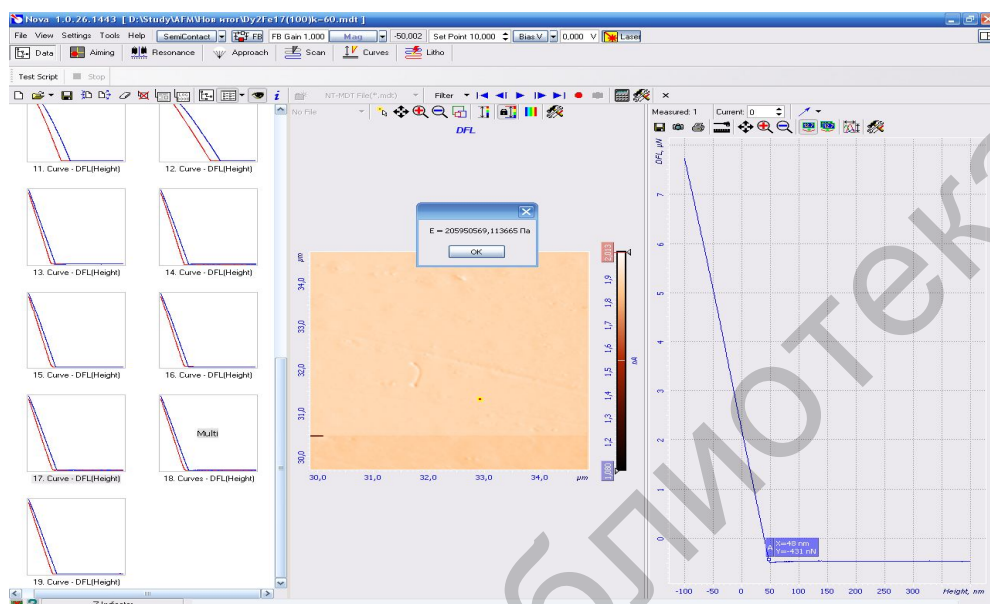


Рис. 2. Основной интерфейс программы

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Список литературы

1. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Учебное пособие для студентов старших курсов высших учебных заведений. РАН, Институт физики микроструктур, Нижний Новгород, 2004. 110 с.
2. <http://www.ntmdt.ru/spm-principles>.
3. Макроязык «Nova PowerScript», Справочное руководство, ЗАО «Нанотехнология-МДТ», Москва, 2008. С. 86.

**OPTIMIZATION OF THE METHOD OF CONTACT FORCE
SPECTROSCOPY FOR SOLVER P47 SCANNING PROBE
MICROSCOPE**

S. A. Karpushkin, Yu. V. Kuznetsova

Tver State University
Chair of Magnetism

Software support for the optimization of contact force spectroscopy method is proposed. Making use of the macrolanguage integrated into the software routine NOVA of the Solver P47 scanning probe microscope an algorithm was developed enabling the analysis of the force curves within the framework of the main interface.

Keywords: *scanning probe microscopy, contact force spectroscopy, software support*

Об авторах:

КАРПУШКИН Сергей Александрович – студент кафедры магнетизма ТвГУ, 170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33;

КУЗНЕЦОВА Юлия Васильевна – ассистент кафедры магнетизма ТвГУ, *e-mail:* kuznesova_y_v@mail.ru.