**Нано-ощупь: Как определить материал на наноуровне?**

***Сатина М.М..1, Ботнарь А.А.1, Козодаев Д.А.2, Скорб Е.В.1, Смирнов Е.А.1***

*Студент, 1 курс магистратуры*

*1Научно-образовательный центр инфохимии, Университет ИТМО,*

*Санкт-Петербург, Россия*

*2ООО «Нова СПб», Санкт-Петербург, Россия*

*E-mail:* [*satinamargo@mail.ru*](mailto:satinamargo@mail.ru)

Нерезонансный прерывисто-контактный режим атомно-силовой микроскопии (АСМ) используется для определения физических свойств поверхности. Изменение сигнала, пропорциональное изгибу кантилевера, обусловленное взаимодействием наконечника зонда с образцом под нагрузкой, несет информацию о характеристиках поверхности [1]. Этот метод является перспективным благодаря своей неразрушающей природе и возможности характеризации механических и пьезоэлектрических свойств материалов в нанометровом масштабе. В основе предлагаемого подхода лежит регистрация колебаний балки, возникающих при многократном взаимодействии с потенциалом поверхности.

Для изучения влияния топографии поверхности на получаемый сигнал были проведены эксперименты с использованием кантилевера типа CS37 на кремниевой подложке, модифицированной винилхлоридом с использованием жидких реагентов. На выбранном участке образца была произведена серия последовательных касаний зонда поверхности с шагом 1 мкм. Данные измерения проводились вдоль линии, пересекающей области с различным углом наклона поверхности, что позволило исследовать влияние локальной топографии на характеристические кривые колебаний кантилевера.

В процессе исследования было установлено существенное влияние параметра усиления обратной связи на характер получаемых данных. Экспериментально показано, что величина силы обратной связи (Gain 1.0, 3.0, 5.0) напрямую влияет на угол наклона кривой колебаний кантилевера − при уменьшении значения наблюдается увеличение угла наклона кривой. Данная зависимость была продемонстрирована при использовании различных значений параметра.

Анализ полученных данных показал высокую степень воспроизводимости характеристических кривых независимо от локального наклона поверхности в точке измерения. Особенно показательным является полное совпадение форм колебательных кривых в области после отвода зонда от поверхности, где наблюдается идентичный характер затухания колебаний для всех точек измерения. Этот результат имеет принципиальное значение, поскольку демонстрирует, что локальная топография поверхности не оказывает существенного влияния на физико-химическое взаимодействие между зондом и образцом в момент контакта. Более того, полученные кривые принципиально отличаются от кривых для кремниевой подложки (амплитуда, период, наклон), что позволяет различать химически различные поверхности.

Таким образом, проведенное исследование показало, что нерезонансный прерывисто-контактный режим в АСМ обладает высокой степенью надежности и воспроизводимости независимо от топографических особенностей исследуемой поверхности. Установленная зависимость параметра обратной связи позволяет оптимизировать условия измерений для получения максимально информативного сигнала. Полученные результаты подтверждают перспективность использования данного метода для точного физико-химического анализа поверхности в различных областях науки и технологии.

**Литература**

1. Lopez-Guerra E.A., Banfi F., Ferrini G. et al. Theory of Single-Impact Atomic Force Spectroscopy in liquids with material contrast // Nature. Scientific Reports. 2018. Т. 8. №7534. 16 C.