

УДК 620.22

МАГНИТНО-СИЛОВАЯ ЗОНДОВАЯ МИКРОСКОПИЯ

*Мушарапов Д.Р., студент 3 курса инженерного факультета
Научный руководитель – Замальдинов М.М., кандидат
технических наук, старший преподаватель
ФГБОУ ВПО «Ульяновска ГСХА им. П.А Столыпина»*

Ключевые слова: Магнитно-силовой микроскоп, исследование, сканирование.

В статье рассматривается вопрос создания магнитно-силового микроскопа с его уникальностью, принципом работы и практическим применением.

В 1987 г. И. Мартин предложили усовершенствовать атомно-силовой микроскоп с тем, чтобы проводить исследования магнитных свойств поверхности твердых тел с субмикронным пространственным разрешением. В качестве зондирующего острия использовалась микроигла из ферромагнитного материала. Новый прибор получил название магнитно-силовой микроскоп (рис. 1). Уникальность этого прибора в том, что он позволяет увидеть отдельные атомы и молекулы на поверхности проводников, полупроводников и диэлектриков [1].

В магнитно-силовом микроскопе при сканировании образца игла проходит по одному и тому же месту дважды. Первый раз она движется по поверхности образца в контакте с ним, при этом компьютер запоминает ее траекторию, которая в этом случае соответствует профилю исследуемой поверхности. Магнитные свойства образца, если пренебречь деформациями поверхности, они обычно невелики, не оказывают влияния на наблюдаемую траекторию. Второй раз микроконсоль проходит по той же траектории над тем же участком поверхности, но на некотором удалении от нее. При таком движении на иглу, расположенную на микроконсоли, действуют уже не контактные силы, как в первом случае. Если иглу отвести на расстояние 10...50 нм, то универсальное ван-дер-ваальсово притяжение затухает и остаются только более дальнедействующие магнитные силы, так что отклонение иглы от заранее обусловленной траектории будет определяться именно магнитными свойствами образца [2].

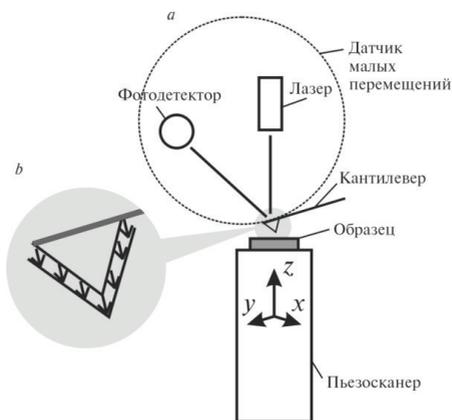


Рисунок 1 – Принципиальная схема магнитно-силового микроскопа

Магнитно-силовой микроскоп нашел практическое применение при разработке и конструировании магнитных носителей информации - магнитных лент, винчестеров, магнитооптических дисков и пр. Он позволяет увидеть в материале отдельные магнитные области до 10 нм.

Магнитно-силовой микроскоп можно использовать не только для картирования магнитного поля, но и для магнитной сверхплотной записи информации [3].

Магнитно-силовой микроскоп начали использовать для получения трехмерных изображений одиночных биологических молекул. Для этого следует совместить существующие методы электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) и ядерного магнитного резонанса (ЯМР) с магнитно-силовой микроскопией. Новый метод получил название магнитно-резонансная силовая микроскопия. Его основные преимущества: неразрушающий характер, субнанометровое пространственное разрешение и возможность изучения отдельных биомолекул.

В настоящее время опыты по магнитно-резонансной силовой микроскопии ставят по следующей схеме (рис. 2) [4-17].

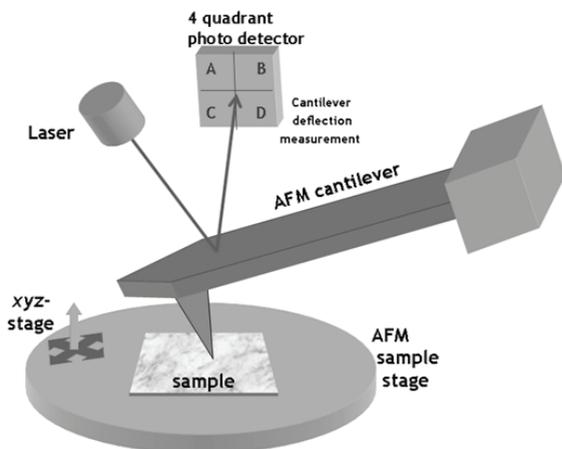


Рисунок 2 – Схема магнитно-резонансной силовой микроскопии

Исследуемый образец крошечной массы закрепляют на упругой микроконсоли, аналогичной той, что используется в атомно-силовой микроскопии. Постоянное магнитное поле в образце создается с помощью расположенного рядом с кантилевером магнита. Сила, действующая на атомы образца, пропорциональна спинунеспаренных электронов. В условиях резонанса происходит квантовый переход, который приводит к изменению ориентации магнитного момента электрона или ядра. Периодически изменяя частоту переменного магнитного поля, создаваемого дополнительной катушкой, можно модулировать намагниченность образца. Частоту модуляции выбирают равной частоте механического резонанса кантилевера. Вынужденные колебания кантилевера измеряют с помощью датчика малых перемещений, например интерферометрического. При выбранной геометрии эксперимента условия ядерного и электронного парамагнитного резонансов в системе выполняются для области субнанометровых размеров. Этот метод имеет нетривиальные возможности для расшифровки структуры биомолекул - белков и вирусов.

Библиографический список:

1. Горшков, Д.В. Наноконпозиционные материалы / Д.В. Горшков, М.М. Замальдинов // «В мире научных открытий». Материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции. - Ульяновск: УГСХА им. П.А.Столыпина, 2013. - Том II. - С. 49-53.

2. Шайкина, Я.В. Функциональные наноматериалы / Я.В. Шайкина, М.М. Замальдинов // «В мире научных открытий». Материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции. - Ульяновск: УГСХА им. П.А.Столыпина, 2013. -Том II. - С. 147-150.

3. Замальдинов, М.М. Организация сбора отработанных минеральных масел / М.М. Замальдинов // «Аграрная наука и образование на современном этапе». Материалы IV–й Международной научно- практической конференции. - Ульяновск: УГСХА им. П.А.Столыпина, 2012. – Том 2. – С. 50-53.

4. Чумакин, И.В. Основные группы наноматериалов и области их применения / И.В. Чумакин, М.М. Замальдинов // «В мире научных открытий». Материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции. - Ульяновск: УГСХА им. П.А.Столыпина, 2013. -Том II. - С. 280-283.

5. Мустеев, И.Р. Нанесение нанопокрытий методом газотермического напыления / И.Р.Мустеев, М.М. Замальдинов, И.Р. Салахутдинов // «Современные подходы в решении задач в АПК». Материалы международной студенческой научно-практической конференции, посвященной 70-летию ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина». - Ульяновск: УГСХА им. П.А.Столыпина, 2013 г. - С. 242-248.

6. Павлов, С.И. Машиностроительный потенциал объемного наноматериала / С.И. Павлов, М.М. Замальдинов // «В мире научных открытий». Материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции. - Ульяновск: УГСХА им. П.А.Столыпина, 2013. - Том II. - С. 188-191.

7. Сафаров, К.У. Очистка отработанных минеральных моторных масел от загрязнений / К.У. Сафаров, М.М. Замальдинов, С.А. Колокольцев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, 2013. - №4 (24).- С. 120-123.

8. Замальдинов, М.М. Многоступенчатый способ очистки и частичного восстановления эксплуатационных свойств отработанных моторных минеральных масел. - Ульяновск: УГСХА им. П.А.Столыпина, 2012. – 207с.

9. Патент на полезную модель 88996 Россия, МПК C02F 1/40. Гидроциклон для очистки отработанного моторного масла / В.И. Курдюмов, А.А. Глущенко, М.М. Замальдинов. - № 2009134309/22; заяв. 11.09.09; опубл. 27.11.09, Бюл. №33.

10. Патент на полезную модель 107704 Россия, МПК F01M 1/10. Фильтр для очистки отработанного моторного масла / М.М. Замальди-

нов, Е.С. Зыкин, К.У. Сафаров. - № 2011116569/05; заяв. 26.04.11; опубл. 27.08.11, Бюл. №24.

11. Замальдинов, М.М. Экономия нефтепродуктов применением модульной установки для очистки и частичного восстановления эксплуатационных свойств отработанных моторных минеральных масел: автореферат дис. ... канд. технических наук / М.М. Замальдинов. – Пенза: ПГСХА, 2011. - 18 с.

12. Замальдинов, М.М. Математическое описание процесса фильтрации отработанных масел / М.М. Замальдинов, К.У. Сафаров, А.А. Глущенко // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. - 2011. - № 5. – С. 46-48.

13. Замальдинов, М.М. Очистка масел ступенчатым методом / М.М. Замальдинов, К.У. Сафаров, А.А. Глущенко // Сельский механизатор. - 2011. № 8. – С. 36-37.

14. Замальдинов, М.М. Очистка отработанных минеральных моторных масел центрифугированием / М.М. Замальдинов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2011. - № 1.- С. 93-96.

15. Замальдинов, М.М. Модульная линия очистки отработанных минеральных моторных масел от загрязнений / М.М. Замальдинов, А.А. Глущенко // Известия Международной академии аграрного образования.– 2011. - №11. – С. 16-21.

16. Замальдинов, М.М. Модульная линия очистки отработанных минеральных моторных масел от загрязнений / М.М. Замальдинов, А.А. Глущенко // Известия Санкт – Петербургского ГАУ. - 2010. - №20. – С. 306 – 311.

17. Патент на полезную модель 112075 Россия, МПК В04С 5/00. Гидроциклон для очистки отработанного моторного масла / В.И. Курдюмов, А.А. Глущенко, М.М. Замальдинов. - № 2011100245/05; заяв. 11.01.11; опубл. 10.01.12, Бюл. №33.

MAGNETIC FORCE PROBE MICROSCOPY

Musharapov D.R., Zamaldinov M.M.

Keywords: *Magnetic force microscope study scan.*

The article discusses the creation of a magnetic force microscope with its uniqueness, the principle of work and practical application.