Измерения в магнитном поле

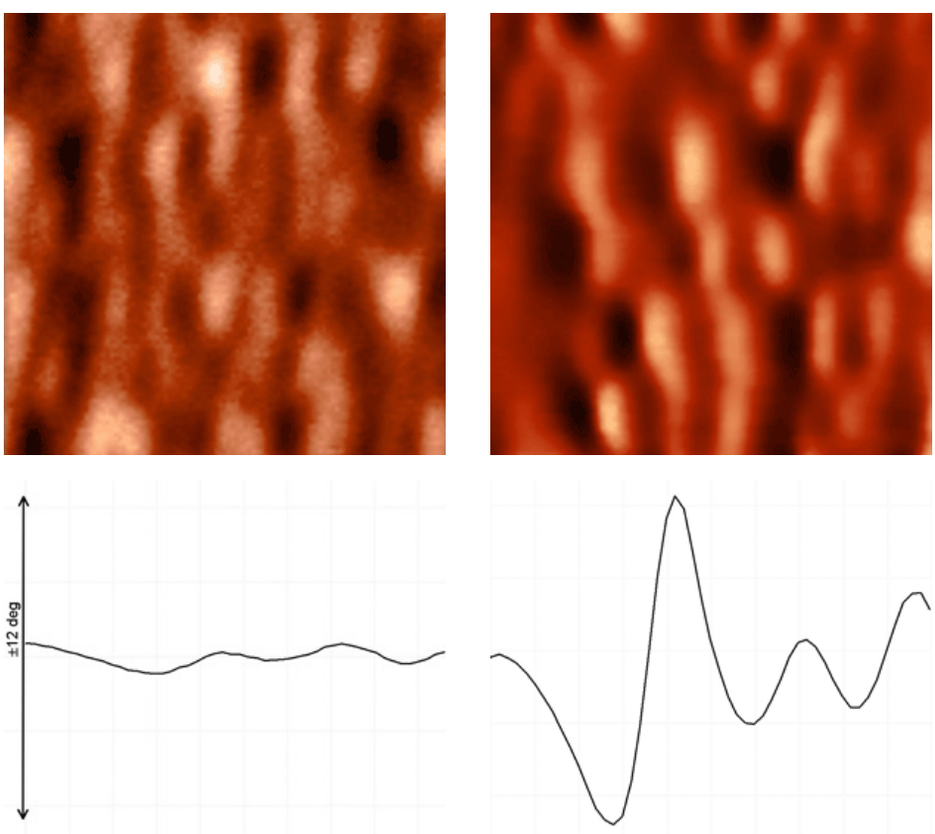
Измерения в магнитном поле позволяют наблюдать процессы перемагничивания и другие эффекты, зависящие от магнитного поля.
Приборы производства НТ-МДТ позволяют проводить измерения в магнитном поле, направленном как вдоль, так и по нормали к поверхности образца. Напряженность магнитного поля контролируется встроенным датчиком Холла.

Измерение локальной намагниченности в очень малых объектах сегодня представляет собой одну из самых перспективных областей нанотехнологических исследований. Изучение сверхтонких магнитных пленок позволяет в десятки раз увеличить емкость существующих накопителей информации. Создание элементов спинтроники ведет к разработке принципиально новых компьютеров, весь процесс ввода, хранения и обработки информации в которых будет осуществляться на одном чипе. Использование эффектов магнитострикции может оказаться очень полезным при конструировании наноэлектронных устройств.

Магнитно-силовая микроскопия (МСМ) позволяет визуализировать и манипулировать намагниченностью с разрешением в десятки нанометров.

Особенности СЗМ, имеющие наибольшее значение при работе с магнитными образцами:

- Высокая чувствительность измерений слабых магнитных взаимодействий
- Правильный подбор зонда
- Возможность прикладывать внешнее магнитное поле (вертикальное и горизонтальное)



Воздух *Вакуум*

Чувствительность и разрешение магнитно-силовой микроскопии можно повысить несколькими путями. Самый простой – поместить измерительную систему (образец, сканер и систему регистрации) в условия низкого вакуума. Например, вакуум всего в 10^{-2} Торр оказывается достаточным для почти десятикратного увеличения фазового контраста изображения в двухпроходной динамической МСМ. При этом отношение сигнал/шум также увеличивается почти в пять раз. Глубокий вакуум (до 10^{-8} Торр) позволяет еще больше повысить чувствительность метода, хотя, по сравнению с низким вакуумом, разница уже не так значительна.

Еще один важный фактор, влияющий на разрешение и чувствительность МСМ – это зонды. Количество магнитного покрытия должно быть достаточным для того, чтобы зонд «чувствовал» магнитное притяжение образца, но при этом зонд должен быть достаточно острым, чтобы обеспечивать высокое пространственное разрешение. НТ-МДТ предлагает кремниевые зонды для АСМ с магнитным покрытием острия CoCr для магнитных измерений. Cr защищает магнитные слой от окисления. Толщина покрытия составляет 30-40 нм.

Для исследования многих магнитных эффектов необходимо прикладывать к образцу внешнее магнитное поле. Обычно это создает определенные трудности, поскольку обычные сканирующие зондовые микроскопы содержат детали, которые могут намагничиваться. В результате любые изменения внешнего поля приводят к искажению АСМ изображения. Уже в первом приборе НТ-МДТ для магнитных измерений (1998 год) был сконструирован сканер, не содержащий магнитных частей. Сейчас в компании разработан специальный прибор на платформе Нанолаборатории ИНТЕГРА, в котором измерительная головка и основание выполнены из немагнитных материалов, что позволяет избежать изменения положения зонда при включении/выключении магнитного поля. Сканер оборудован датчиками обратной связи, которые позволяют проводить коррекцию смещений пьезокерамики и обеспечивают исключительно точное позиционирование зонда. Кроме того, в Нанолаборатории ИНТЕГРА предусмотрена возможность прикладывать внешнее магнитное поле до +/-0.2 Т в плоскости измерения и до +/-0.02 Т перпендикулярно этой плоскости.

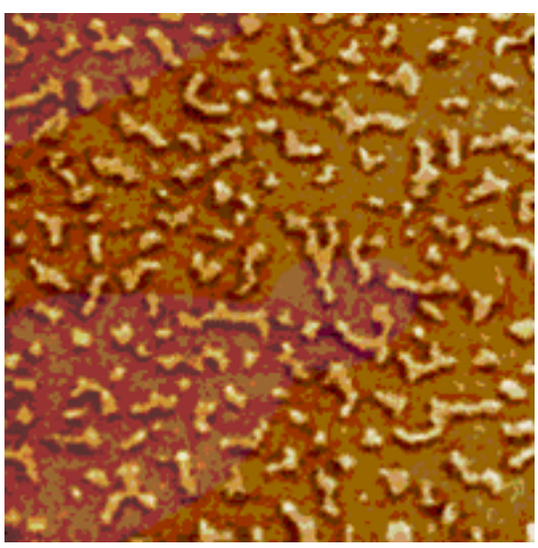


Рис.2. Магнитная доменная структура в ультратонкой пленке кобальта (1,6 нм). 4,5x4,5 мкм. Образцы предоставлены Др. A. Maziewski, Uniwersytet w Bialymstoku, Польша.

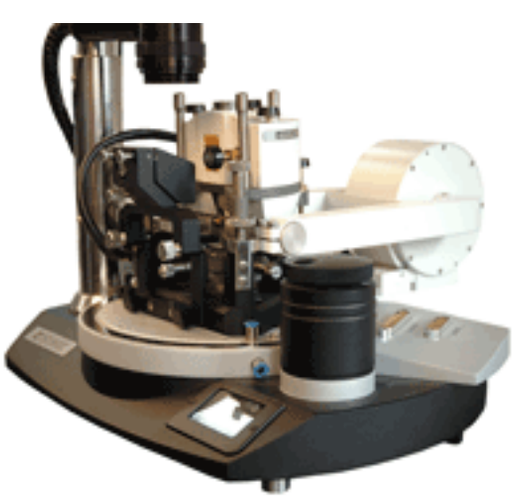


Рис.3. С генератором продольного магнитного поля

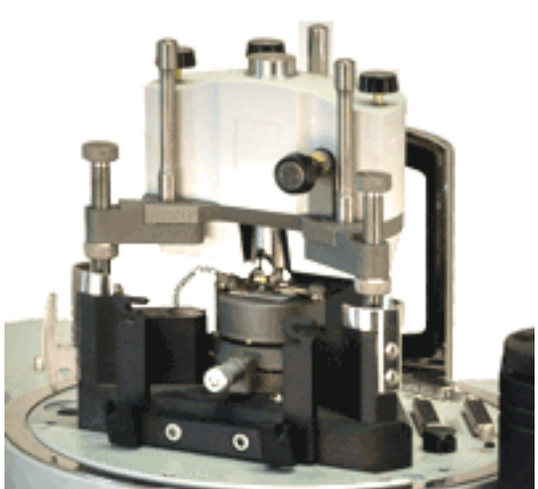
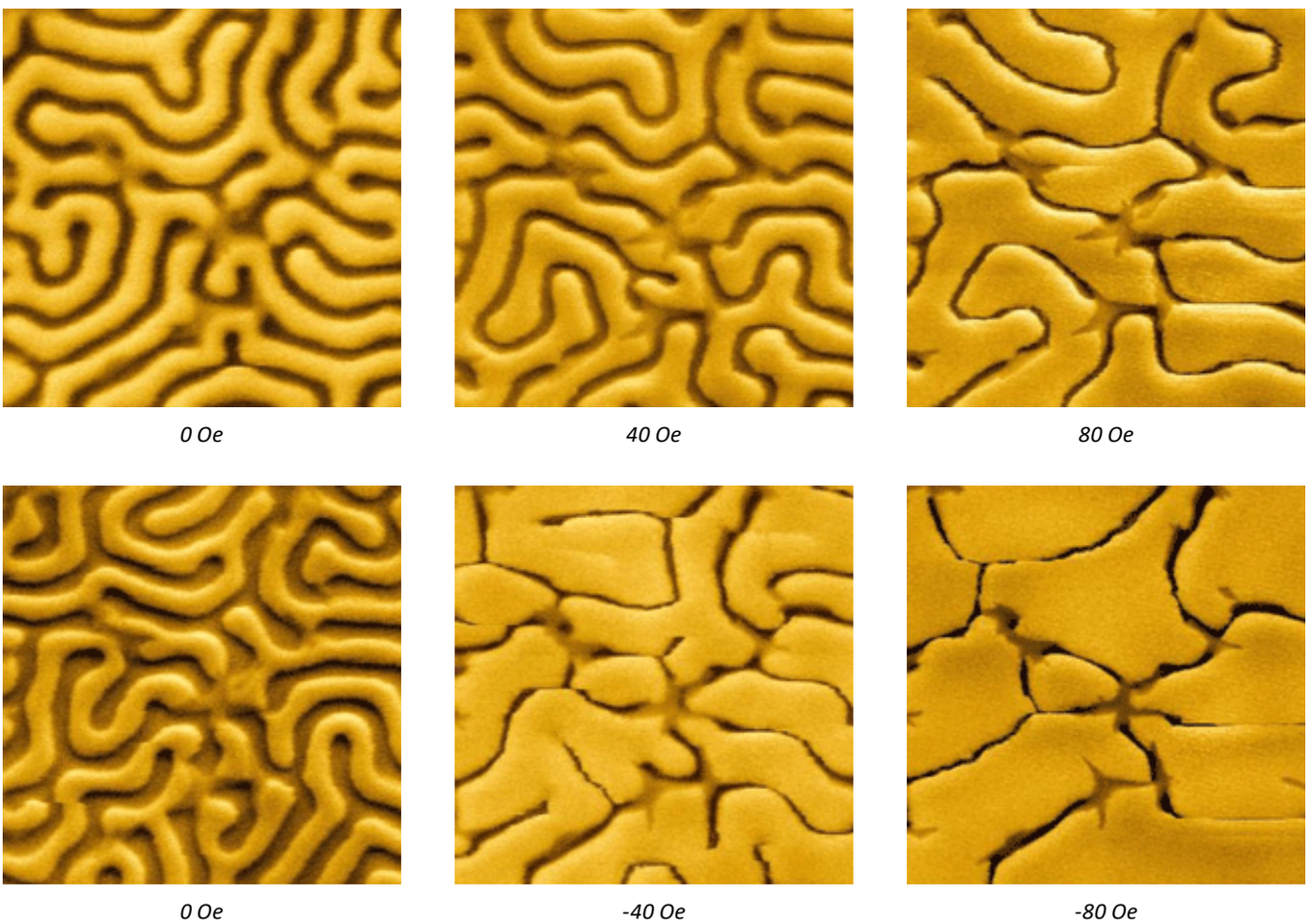


Рис.4. С генератором поперечного магнитного поля

Генератор продольного магнитного поля служит для создания магнитного поля ориентированного в плоскости образца. Он представляет собой катушку электромагнита с крепящимися к ней магнитопроводами. Для измерения величины магнитного поля на одном из полюсов магнитопроводов устанавливается датчик Холла с диапазоном измерений до 2 кГс.

Генератор перпендикулярного магнитного поля служит для создания магнитного поля ориентированного перпендикулярно плоскости образца. Он представляет собой катушку электромагнита с встроенным датчиком Холла, с диапазоном измерений 500 Гс, и держателем образца.



0 Oe *40 Oe* *80 Oe*

0 Oe *-40 Oe* *-80 Oe*

Пленка иттрий-железного граната в присутствие внешнего вертикального магнитного поля. Изображения одного и того же участка поверхности 90x90 мкм. Образцы предоставлены Проф. Ф.В. Лисовским, Институт Радиоэлектроники РАН.