



РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

142432, Черноголовка, Московской обл. Факс: (096) 524 -97-01

Отчет по НИР «Исследование влияния импульсного магнитного поля на магнитный контраст над поверхностью магнитных материалов».

Данная работа выполнена совместно лабораторией спектроскопии поверхности полупроводников Института физики твердого тела Российской академии наук (ИФТТ РАН) и ООО «Технолоджи сервис» (ТС). В качестве объекта исследования были выбраны магнитные носители информации (жесткие диски) постоянных запоминающих устройств (HDD) емкостью 80 гигабайт (Гб) и 40 мегабайт (Мб). На магнитные носители была осуществлена ТС запись информации с постоянной по площади дисков плотностью. Предварительное исследование магнитного контраста было выполнено ИФТТ РАН на установке сканирующего зондового микроскопа Solver HV (производитель ЗАО «NT-MDT») методом магнито-силовой микроскопии (см. Приложение I). Были экспериментально определены плотности информации и размеры битов на дисках. Так плотности нанесения информации составили 2.5×10^9 см⁻² для 80 Гб диска и 2×10^7 см⁻² для 40 Мб диска, а размеры битов 200 нм для 80 Гб диска и 1 мкм * 5 мкм для 40 Мб. Данные значения совпадают с численными величинами, рассчитанными исходя из емкости дисков и их площади. В приложении II представлены микроскопические изображения топографии поверхностей дисков и изображения магнитного контраста.

Импульсное воздействие магнитным полем осуществлялось утилизатором информационных носителей Импульс (производитель ТС). Результаты микроскопического анализа приведены в Приложении III. Как видно по изображениям магнитного контраста структура битов отсутствует. Однако необходимо дальнейшее детальное исследование при различной мощности импульса магнитного поля и различной его длительности. Что позволило бы подобрать оптимальные условия уничтожения информации.

Отчет составлен старшим научным сотрудником ИФТТ РАН, кандидатом физико-математических наук Божко С. И.

Принцип работы атомного силового микроскопа (АСМ) основан на измерении сил, возникающих в атомарном контакте. Чувствительным элементом АСМ является микронных размеров балка (кантилевер), на конце которой расположено острое субмикронных размеров. При подводе острия к поверхности возникает взаимодействие конца острия и атомов поверхности образца. В результате кантилевер деформируется, отклоняясь от своего начального положения. Величина отклонения пропорциональна силе взаимодействия и является измеряемым сигналом. Подвод и сканирование кантилевером осуществляется при помощи пьезоэлементов (пьезосканеров), деформацию которых можно вызвать приложенным электрическим полем, при этом вполне достижимы перемещения от 10^{-11} м до 10^{-6} м. Стандартным способом получения изображения, является сканирование поверхности образца при постоянном уровне измеряемого сигнала в каждом положении пьезосканеров. При этом, как правило, задаётся перемещение вдоль поверхности, а электроника подбирает такую высоту кантилевера над поверхностью, чтоб уровень измеряемого сигнала соответствовал заранее заданной величине. Величины перемещения вдоль поверхности и высоты над поверхностью считываются и представляются в графическом виде. Получаемое графическое изображение называют топографией или рельефом поверхности. В качестве измеряемого сигнала может выступать также и амплитуда колебаний кантилевера. Колебания могут возбуждаться дополнительным пьезоэлементом (пьезопроводом). Очевидно, что амплитуды свободных колебаний кантилевера и колебаний кантилевера, взаимодействующего с поверхностью образца, заметно отличаются и это отличие также может служить мерой силы взаимодействия. Методика работы с отклоняющимся кантилевером называется контактной, а методика работы с колеблющимся кантилевером называется полуконтактной или прерывисто-контактной.

Магнитосиловая микроскопия (МСМ) является эффективным средством магнитных исследований на субмикронном уровне. Изображения, получаемые с помощью МСМ отображают пространственное распределение некоторых параметров, характеризующих магнитное взаимодействие зонд-образец, т.е. силу взаимодействия, амплитуду колебаний магнитного зонда и пр. Датчик МСМ является обычным кремниевым (или нитридным) датчиком АСМ, покрытым тонкой магнитной пленкой. МСМ измерения могут проводиться с использованием любого сканирующего зондового микроскопа (СЗМ) производства NT-MDT и позволяют с высоким разрешением исследовать магнитную доменную структуру, проводить запись и считывание информации в магнитной среде, исследовать процессы магнитного перемангничивания и т.д. Наиболее важной проблемой МСМ является разделение магнитного изображения от изображения рельефа. Для решения этой проблемы магнитные измерения с применением СЗМ NT-MDT проводятся с использованием двухпроходной методики. На первом проходе определяется рельеф с использованием контактного или прерывисто-контатного методов. На втором проходе каждой линии сканирования зонд поднимается на заданную высоту и сканирование осуществляется в соответствии с запомненным на первом проходе рельефом (без обратной связи). В результате на втором проходе расстояние зонд-поверхность поддерживается постоянным (рис. 1). Расстояние зонд-поверхность должно быть достаточно большим, чтобы устранить влияние сил Ван-дер-Ваальса, и на зонд

действовали только дальнедействующие магнитные силы. С использованием этой методики магнитное изображение и изображение рельефа получаются одновременно.

I Second pass

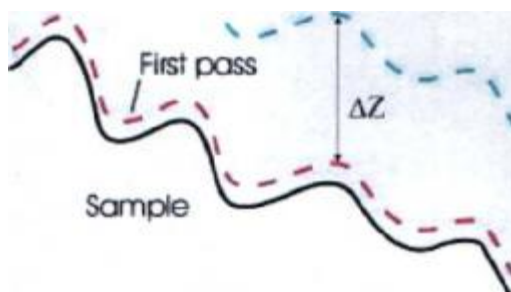


Рис.1

На втором проходе возможно использование двух методов:

1. Статическая МСМ (С МСМ). При использовании этого метода МСМ (подобно тому, как это делается при использовании контактного метода) регистрируется обусловленное магнитным взаимодействием между зондом и образцом отклонение неколеблущегося кантилевера. Величина магнитной силы, действующей на зонд, может быть получена путем умножения величины отклонения кантилевера на его коэффициент жесткости. Вследствие малого размера магнитного зонда его можно рассматривать как точечный магнитный диполь. В этом приближении сила, действующая на кантилевер на втором проходе, может быть представлена в виде:

$$\vec{F} = (\vec{m} \cdot \vec{\nabla}) \vec{H}, \quad (1)$$

Где $\vec{m}$ эффективный магнитный момент зонда, $\vec{H}$ поле рассеяния образца. Выражение (1) является производной энергии Зеемана, взятой с обратным знаком.

2. Динамическая МСМ (Д МСМ). На втором проходе для определения параметров магнитной силы используются резонансные колебания кантилевера (как в прерывисто-контактном методе). В этом методе МСМ регистрируется производная магнитной силы. В процессе проведения динамической МСМ возможна запись двух сигналов:

- а) Амплитуды колебаний кантилевера.
- б) Фазового сдвига между колебаниями кантилевера и пьезопривода.

Первый метод (С МСМ) обычно используется для регистрации достаточно сильных магнитных полей, например, полей рассеяния магнитных записывающих головок или полей рассеяния постоянных магнитов. Метод Д МСМ является более чувствительным.



Рис. 8. Изображение топографии поверхности 40 Мб жесткого диска полученное прерывисто-контактной методикой после импульсной обработки. Амплитуда колебаний кантилевера составила 30 нм.

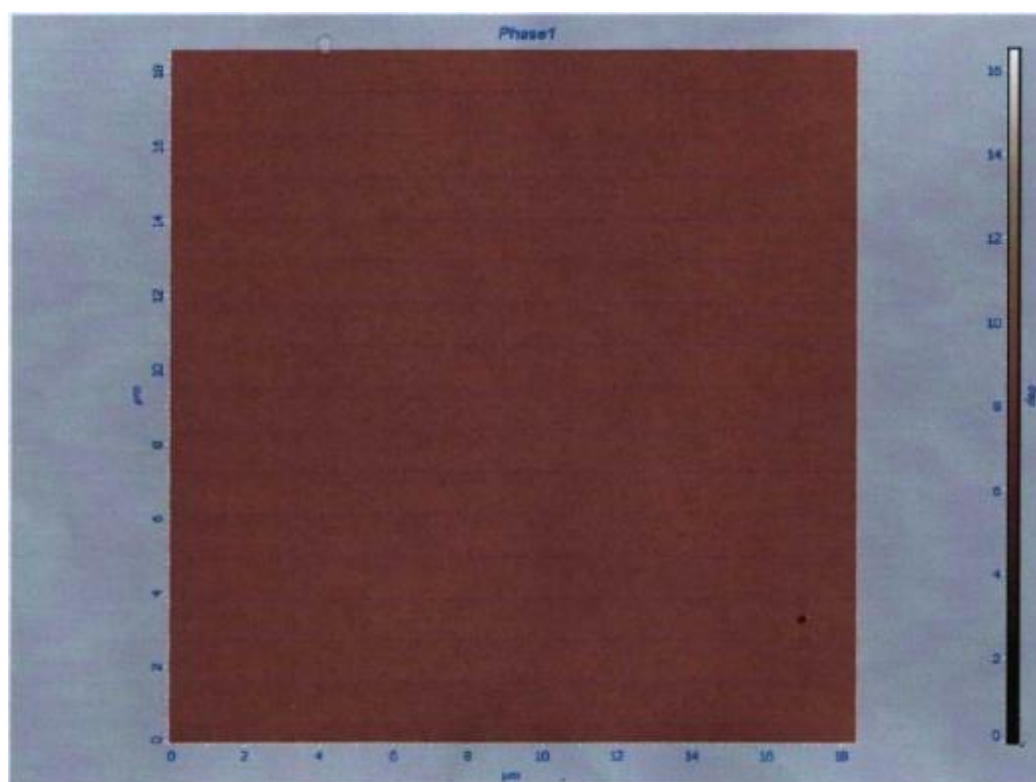


Рис. 7. Изображение магнитного контраста или фазового сдвига колебаний кантилевера после импульсной обработки жесткого диска 40 Мб. Расстояние зонд поверхность 70 нм.

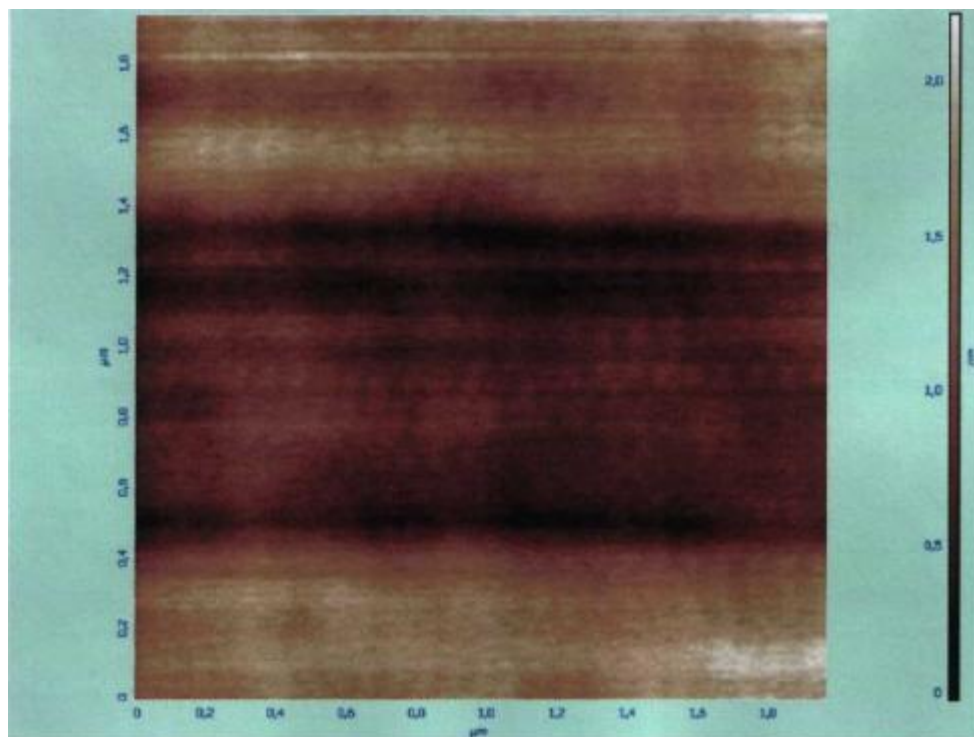


Рис. 2. Изображение топографии поверхности 80 Гб жесткого диска полученное прерывисто-контактной методикой. Амплитуда колебаний кантилевера составила 30 нм.

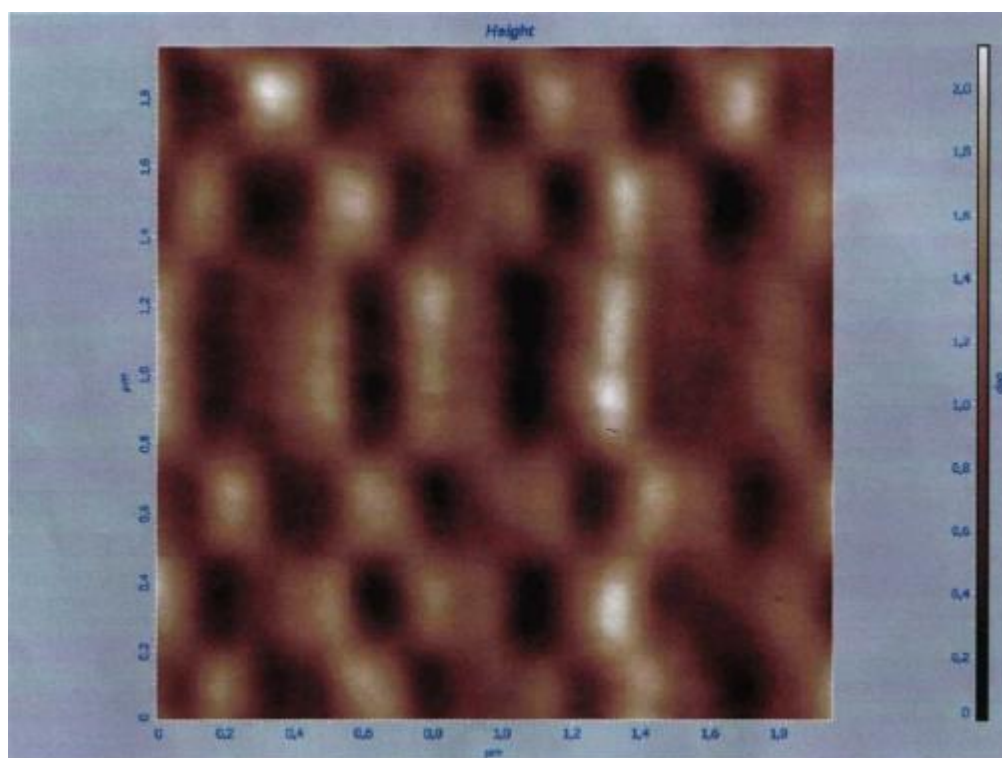


Рис. 3. Изображение магнитного контраста или фазового сдвига колебаний кантилевера, вызванного магнитным взаимодействием острия кантилевера и битовой структуры на 80 Гб жестком диске. Расстояние зонд поверхность 70 нм.

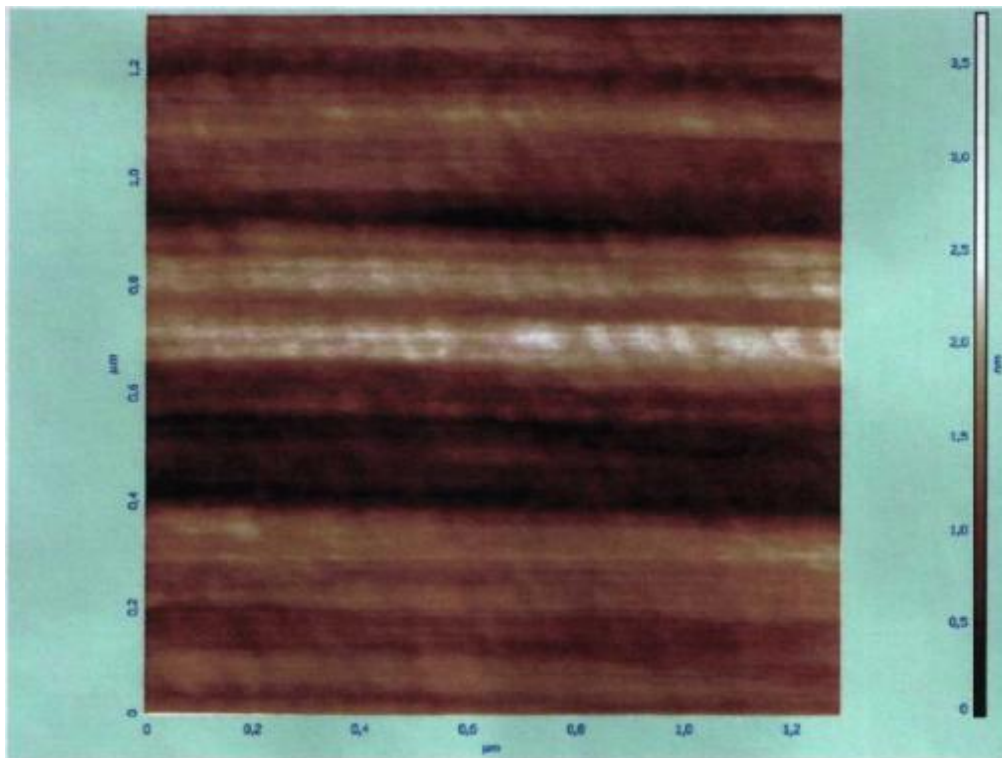


Рис. 6. Изображение топографии поверхности 80 Гб жесткого диска полученное прерывисто-контактной методикой после импульсной обработки. Амплитуда колебаний кантилевера составила 30 нм.

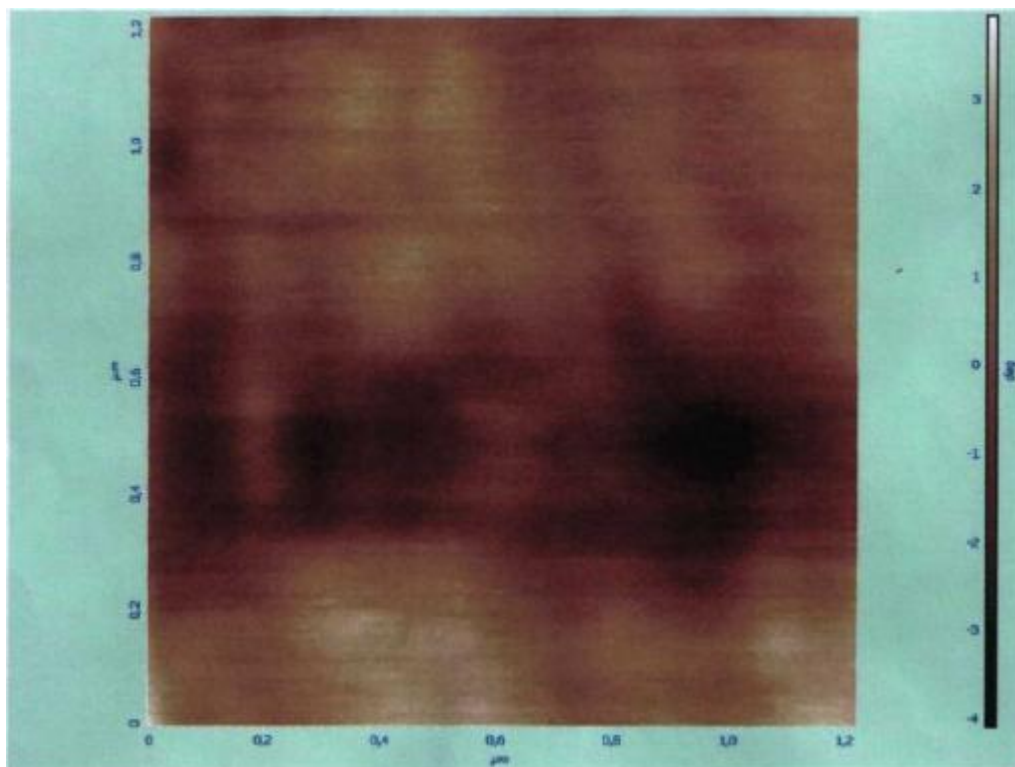


Рис. 7. Изображение магнитного контраста или фазового сдвига колебаний кантилевера после импульсной обработки жесткого диска 80 Гб. Расстояние зонд поверхность 70 нм.

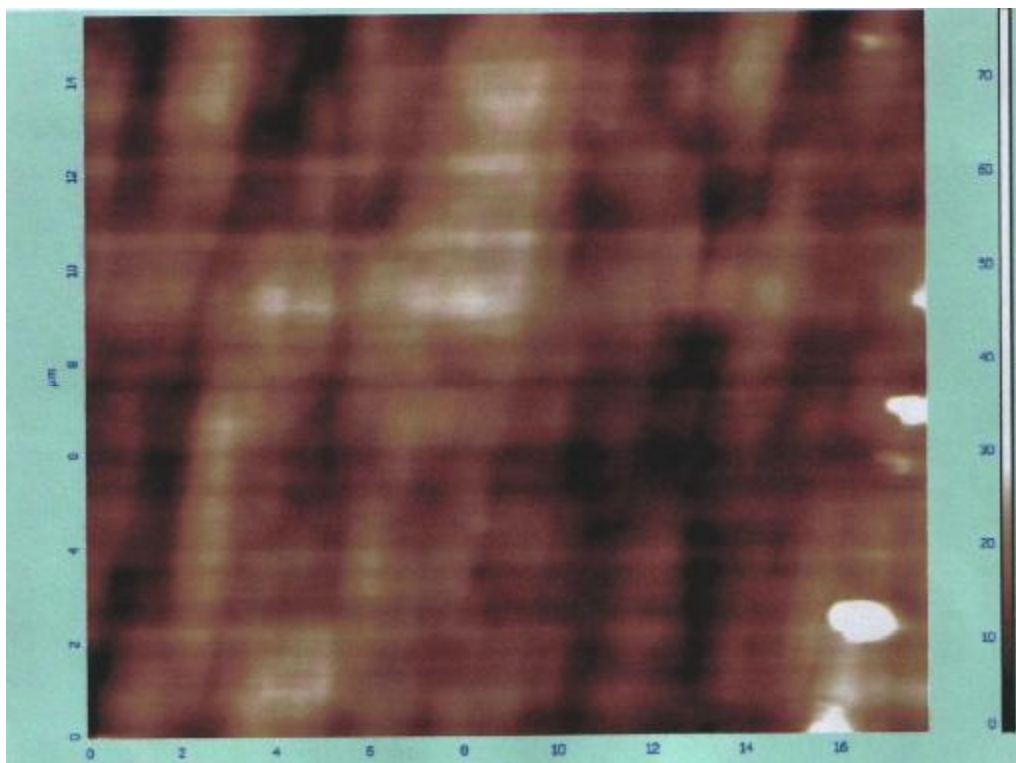


Рис. 4. Изображение топографии поверхности 40 Мб жесткого диска, полученное прерывисто-контактной методикой. Амплитуда колебаний кантилевера составила 30 нм.

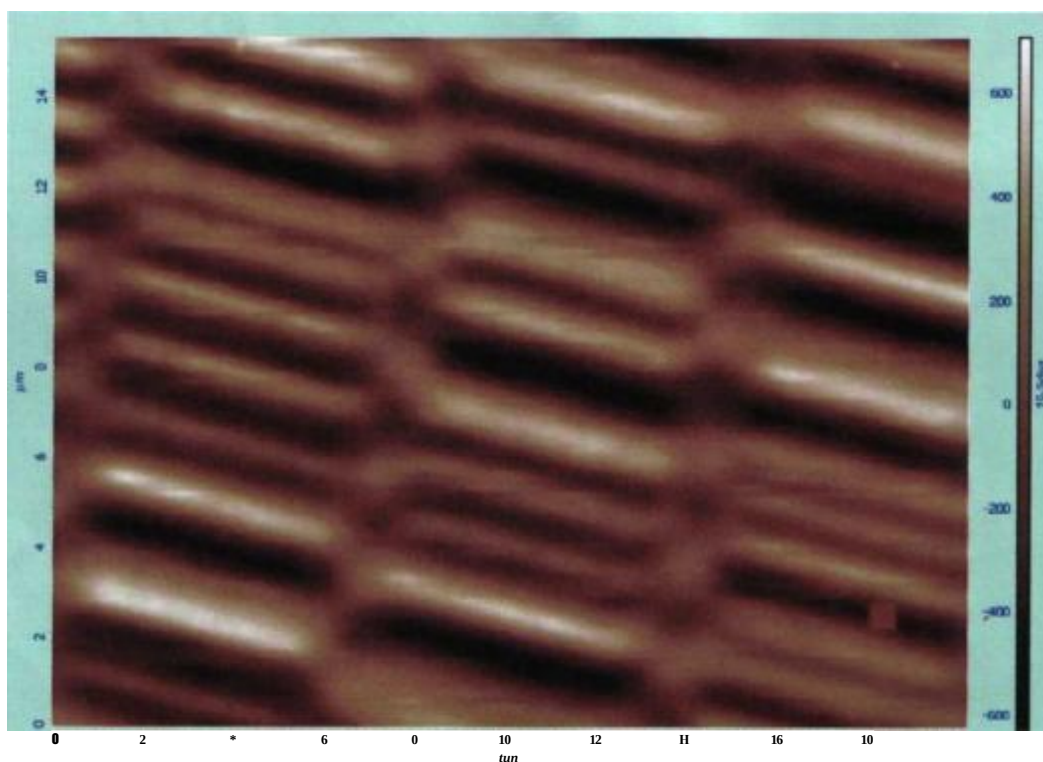
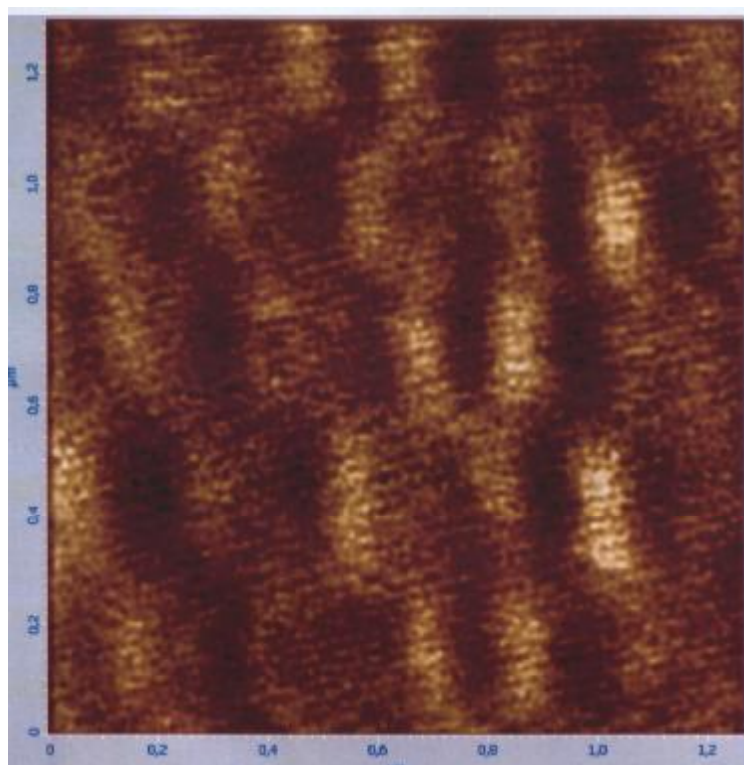
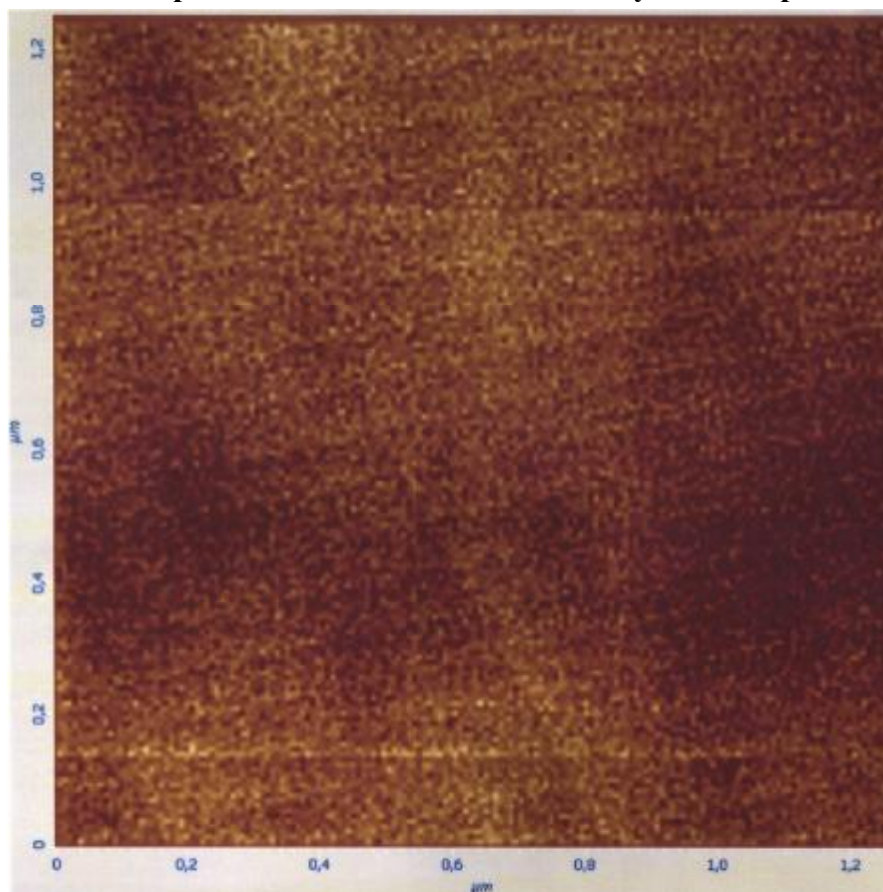


Рис. 5. Изображение магнитного контраста или фазового сдвига колебаний кантилевера, вызванного магнитным взаимодействием острия кантилевера и битовой структуры на 40 Мб жестком диске. Расстояние зонд-поверхность 70 нм.



До обработки. карта магнитного контраста жесткого диска объемом 80 GB, получена при сканировании поверхности жесткого диска на воздухе в центре диска



После обработки. карта магнитного контраста жесткого диска объемом 80 GB, получена при сканировании поверхности жесткого диска на воздухе в центре диска