Ярославский государственный университет

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

 3АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

 \_ 2МАГНИТООПТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ

студент группы Ф-21

Папорков И.В.

 1Ярославль, 1998

.

- 1 -

 2ВВЕДЕНИЕ

В данной работе обсуждается конкретное применение автоматизиро-

ванной системы в реальном научном исследовании - магнитооптическом

исследовании структуры доменных границ ферритов-гранатов.

Монокристаллические пленки ферритов-гранатов с осью легкого на-

магничивания, расположенной перпендикулярно поверхности, в настоящее

время широко используются в системах магнитной записи информации на

цилиндрических магнитных доменах. Быстродействие и надежность этих

устройств во многом зависят от динамических свойств цилиндрических

магнитных доменов, возможности управления их движением, что определя-

ется, в основном, структурой доменных границ. Исследования доменных

границ материалов с цилиндрическими магнитными доменами дали очень

много важных теоретических и экспериментальных результатов, которые

существенно улучшили понимание физики доменных границ. Важнейшим из

них является открытие структурных элементов доменных границ: верти-

кальных и горизонтальных блоховских линий, и определение их влияния на

динамику доменных границ. Успехи в изучении микроструктуры доменных

границ, достигнутые в последние два десятилетия, позволили выдвинуть

идею использования для кодировки информации не цилиндрические магнит-

ные домены, а находящиеся внутри доменных границ гораздо меньшие мик-

рообъекты - вертикальные блоховские линии. Огромное значение этой идеи

заключается в возможности повышения на несколько порядков емкости до-

менных запоминающих устройств при использовании отработанной техноло-

гии, применяемой при изготовлении запоминающих устройств на цилиндри-

ческих магнитных доменах.

Для получения субмикронных цилиндрических магнитных доменов при-

меняют пленки толщиной  7` 0 1 мкм; роль поверхности в формировании струк-

туры доменных границ и ее свойств при этом возрастает, что стимулирует

- 2 -

исследования структуры и динамических свойств доменных границ в припо-

верхностных областях.

Наиболее эффективным методом исследования локальных магнитных ха-

рактеристик на поверхности ферромагнитного образца является магнитооп-

тический метод микронного разрешения, который широко используется для

изучения отдельных доменов, доменных границ, их структуры. Возможности

применения магнитооптических методов тесно связаны со степенью изучен-

ности соответствующих магнитооптических эффектов, уровнем эксперимен-

тальной техники, совершенством методики исследования.

Целью научной работы было исследование структуры доменных границ

ферритов-гранатов на поверхности образца с помощью магнитооптических

эффектов Фарадея и Керра, изучение процессов намагничевания доменных

границ; дальнейшее экспериментальное и теоретическое развитие динами-

ческой методики исследования доменных границ.

 2ПОСТРОЕНИЕ АСНИ

Рассмотрим конфигурацию нашей АСНИ (рис. 1):

 ┌1

 1рис. 1

.

- 3 -

Об ЭВМ, устройстве связи и измерительной аппаратуре см. "Состав-

ные части АСНИ", п.II.

Приводится схема упрощенной экспериментальной установки на основе

магнитооптического микромагнетометра (используется только экваториаль-

ный магнитооптический эффект Керра). Сущность явления, изучаемого в

эксперименте: при изменении величины магнитного поля, приложенного к

поверхности объекта, меняется коэффициент отражения поверхности.

 ┌2

 1рис. 2

Луч света от источника 1 (в качестве источника - галогенная лампа

в кварцевом стекле), проходя через коллиматор 2, попадает в контроль-

ный анализатор интенсивности 3 (фотоэлемент, пропускающий большую

часть светового потока дальше), который нужен для поддержания постоян-

ной светимости источника (малейшее отклонение от контрольного уровня

приведет к большим погрешностям в результатах); сигнал от контрольного

анализатора интенсивности идет на вход АЦП; при изменении показателя

анализатора управляющая программа (см. "Составные части АСНИ",

п.III.2) через ЦАП изменяет светимость источника, добиваясь строго

.

- 4 -

постоянной светимости; т. о. в АСНИ осуществляется обратная связь.

После анализатора 3 луч, проходя через светофильтр 4 и поляризатор 5,

попадает в микроскоп 6 (для удобства на рис. 2 показан лишь объектив

микроскопа); в фокальной плоскости объектива расположен объект иссле-

дования 7, к которому приложено магнитное поле B; величина B меняется

экспериментатором через ЦАП. И наконец, луч попадает в фотоэлемент 8,

сигнал с которого идет на вход АЦП; чем больше коэффициент отражения

поверхности 7, тем больший фототок возникает в фотоэлементе 8. Подлож-

ка 9 фотоэлемента соединена с шаговым двигателем, который смещает фо-

тоэлемент в плоскости, параллельной поверхности исследуемого объекта.

Использование микроскопа позволяет при шаге двигателя  7` 0 1 мм добиться

шага сканирования поверхности объекта порядка длины волны.

Для каждой точки поверхности изучается зависимость фототока i от

величины магнитной индукции B (рис. 3).

 ┌3 0 Т.к. изменение коэффициента отра-

жения весьма незначительно (отношение  7D 0i

к среднему значению i 40  0составляет  7`

10 5-3 0, т.е. масштаб на рис. 3 для удобс-

тва не соблюден), то любые, самые незна-

чительные шумы оказывают огромное влия-

ние на единичное измерение; поэтому в

 1рис. 3 0 АСНИ применена первичная статистическая

обработка данных - т.к. шумы есть слу-

чайный процесс, то после большого числа суммирований отдельных измере-

ний они пропадут. Количество измерений в серии определяется погреш-

ностью, задаваемой экспериментатором (как только экспериментальная

кривая в пределах вышеупомянутой погрешности совпадет с "теоретичес-

кой" кривой, вид которой также задается экспериментатором, шаговый

двигатель смещается на следующую точку).

.

- 5 -

Зависимость  7D 0i от B представляет собой петлю гистерезиса (рис.4):

 ┌4 0 Значит, мы можем определить та-

кие величины, как коэрцитивная сила,

намагниченность насыщения, остаточная

намагниченность. Эти параметры опре-

деляют магнитные характеристики по-

верхности образца. Результаты удобно

представить в виде трехмерного графи-

 1рис. 4 0 ка зависимости коэрцитивной силы или

намагниченности насыщения от коорди-

нат поверхности x,y. В реальной работе это не делалось из-за недоста-

точной мощности вычислительной техники (для каждой точки поверхности

необходимо записать и обработать большое количество серий, каждая из

которых состоит из  7` 01000 измерений, а таких точек поверхности - огром-

ное число).

В настоящее время, используя мощную ЭВМ, можно значительно уско-

рить процесс накопления, обработки и представления данных; сам экспе-

римент займет меньше времени, т.к. перед переходом к следующей точке

система ожидает, пока ЭВМ запишет полученные данные и проведет их пер-

вичную обработку.

Результатом данного эксперимента является так называемый магнит-

ный портрет поверхности.

Следует отметить, что научная работа состояла из множества раз-

личных экспериментов, но применение АСНИ позволило типизировать обра-

ботку данных в каждом из них; АСНИ без существенных изменений была

применена также в экспериментах с использованием магнитооптического

эффекта Фарадея и меридианного эффекта Керра.

Результаты, полученные в данной работе с использованием АСНИ, су-

щественно расширили представления о структуре доменных границ на по-

- 6 -

верхности образца, процессах их намагничивания; они могут быть исполь-

зованы для развития теории доменных границ, а также при решении задач,

связанных с разработкой устройств для сверхплотной записи информации.

 2ПРОВЕРКА АСНИ

Теперь покажем, что вышеописанная автоматизация есть не что иное,

как АСНИ. Покажем, что все составные части и принципы построения АСНИ

соответствуют нашей системе автоматизации.

 3Составные части АСНИ.

 2I. Научно-методическое обеспечение.

 11. Теоретические исследования и методики:

отражены в литературе [1]-[3].

 12. Алгоритм проведения эксперимента:

см. выше.

 13. Обработка и представление экспериментальных данных:

обработка данных - см. п.III.2.в)г);

представление данных - см. выше.

 2II. Техническое обеспечение:

 11. ЭВМ:

использовалась IBM AT 286 (т. к. эксперимент проводился в 1988

г., то персональных компьютеров лучше этого просто не было, а

использовать большие машины с общим доступом было нецелесооб-

разно).

В настоящее время целесообразно использовать машину с более

высокой производительностью, т. к. обработка больших массивов

- 7 -

и вывод результата в виде трехмерного графика требует больших

мощностей; лучше всего подойдет персональный компьютер на базе

процессора Pentium.

 12. Измерительная аппаратура:

см. выше.

 13. Устройство связи с объектом:

для связи с экспериментальной установкой использовалась плата

DAS-16 (Data Acquisition Board) с 12-битным преобразователем

производства Keithley Metrabyte Corporation; на плате интегри-

рованы как цифро-аналоговый, так и аналого-цифровой преобразо-

ватели, что позволяет использовать ее как универсальное уст-

ройство связи. Надо сказать, что в настоящее время в качестве

устройства связи весьма выгодно использовать любую из звуковых

плат (SoundBlaster), т.к. в них также интегрированы как ЦАП,

так и АЦП, а относительная дешевизна таких плат делает их наи-

более пригодными для подобных экспериментов.

 2III. Програмное обеспечение.

 11. Системное:

в данном случае не представляет интереса, т. к.

операционная система может быть любой (в нашей АСНИ - MS-DOS),

сложный интерфейс не нужен;

 12. Проблемное:

а) управление объектом,

б) сбор информации,

в) первичная обработка,

все эти функции выполняла программа, написанная на языке BASIC

(выбор языка обусловлен тем, что програмное обеспечение платы

DAS-16 поставлялось в виде библиотек и программ на BASIC'е);

.

- 8 -

г) основная обработка -

в реальной работе не проводилась за отсутствием вычисли-

тельных мощностей; сегодня же можно к вышеописанному пакету

подключить ПО для более частных задач.

Наша система построена с использованием наиболее важных основопо-

лагающих принципов построения классической АСНИ.

 3Принципы построения АСНИ.

 21. Комплексность:

построение нашей системы обеспечивает возможность применения АСНИ

на различных этапах исследований.

 22. Многоуровневая организация:

 1а) объектный уровень -

управление экспериментальной установкой, регистрация данных, их

оперативная обработка, накопление;

 1б) инструментальный уровень -

подключение новых вычислительных мощностей и нового ПО;

все это присутствует в нашей системе;

 23. Расширяемость:

 1а) развитие АСНИ в направлении более широкого применения -

общий магнитный портрет поверхности, общее исследование свойств

доменных границ;

 1б) увеличение количества пользователей 0 -

на мощный компьютер можно без проблем установить несколько плат

типа DAS-16, а установленная на таком компьютере мультизадачная

операционная система позволит нескольким пользователям одновре-

менно осуществлять различные эксперименты.

.

- 9 -

 24. Адаптируемость:

наша система легко модернизируется с учетом конкретных особенностей

исследовательской задачи.

 25. Типизация инженерных решений при создании АСНИ: 0

все использованные при создании системы компоненты являются типич-

ными для исследований в данной области; единственный уникум - экс-

периментальная установка со сканирующим устройством.

Т.о. наша система, как и любая АСНИ, осуществляет

1) сбор измерительной информации;

2) вывод управляющей информации в экспериментальную установку;

3) хранение и обработку информации.

 ш1.5

ЛИТЕРАТУРА

1. Папорков В.А. Магнитооптическое исследование структуры доменных гра-

ниц ферритов-гранатов: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. -

М., 1990. - 20 с.

2. Кринчик Г.С., Чепурова Е.Е., Папорков В.А. Магнитооптическое иссле-

дование структуры доменных границ в ферритах-гранатах. - М., 1990.

- 52 с.

3. Кринчик Г.С., Бенидзе О.М. Магнитооптическое исследование магнитных

структур при микронном разрешении. - ЖЭТФ, 1974, т.67, №6(12),

С.2180-2194.

4. Автоматизированные системы научных исследований. Принципы построе-

ния. / Сост. Фомичев Н.И. - Ярославль: ЯрГУ, 1997. - 11 с.

5. Автоматизированные системы научных исследований. Техническое обес-

печение. / Сост. Фомичев Н.И. - Ярославль: ЯрГУ, 1997. - 17 с.

6. Автоматизированные системы научных исследований. Програмное обеспе-

чение. / Сост. Фомичев Н.И. - Ярославль: ЯрГУ, 1997. - 15 с.