

05.2;06.3;07

©1993

## ДИНАМИЧЕСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ

*В.В.Рандошкин, М.В.Логунов*

С помощью магнитооптической пленки можно обеспечить визуализацию и считывание информации, записанной на магнитном носителе [1-3]. Для этого магнитооптическую пленку приводят в контакт с магнитным носителем и с помощью магнитооптического эффекта Фарадея визуализируют доменную структуру в пленке, которая при определенных условиях адекватно воспроизводит сигналограмму с магнитного носителя. К сожалению, при использовании одной и той же магнитооптической пленки диапазон адекватно воспроизводимых пространственных частот сигналограммы недостаточно широк [4]. Между тем, для ряда задач, например, при визуализации рисунка, нанесенного на денежные купюры с помощью краски, содержащей магнитные частицы (магнитная краска), требуется воспроизведение непериодических сигналограмм с широким набором пространственных частот.

В настоящей работе сообщается о новом методе динамической визуализации магнитной записи. Эксперименты проводили с помощью устройства, аналогичного описанному [5]. Визуализирующий элемент на основе висмут-содержащей пленки феррит-граната с равновесной шириной полосовых доменов около 20 мкм помещали сверху магнитного носителя на бумажной основе, на котором наносился рисунок магнитной краской. Магнитный носитель предварительно намагничивали постоянным магнитным полем, параллельным плоскости носителя, с напряженностью не более 1000 Э. К визуализирующему элементу перпендикулярно плоскости пленки прикладывали переменное или импульсное магнитное поле  $H_{\text{пер}}$ , а также постоянное магнитное поле смещения  $H_{\text{см}}$ . Поле  $H_{\text{пер}}$  формировали с помощью плоской катушки с внутренним диаметром около 1.5 мм. Напряженность магнитных полей выбирали из условия  $H_2 < H_{\text{пер}} + H_{\text{см}} < H_0$ , где  $H_2$  и  $H_0$  — поля эллиптической неустойчивости и коллапса цилиндрических магнитных доменов (ЦМД) в пленке соответственно.

В отсутствие магнитных полей рассеяния от частичек магнитной краски в пленке реализуется лабиринтная доменная структура, тогда как при наличии магнитной краски

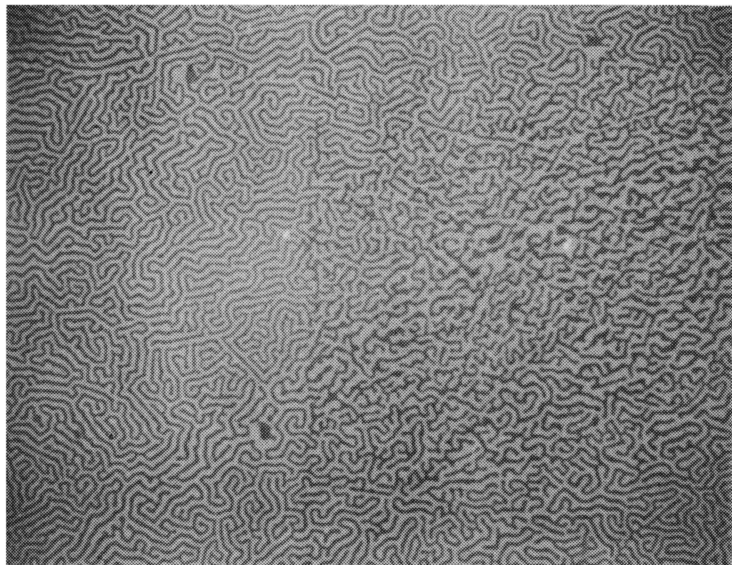


Рис. 1.

создаются локальные магнитоэлектрические ямы, на которых закрепляются доменные стенки (ДС). Это приводит к тому, что доменная структура становится менее регулярной. Это иллюстрирует микрофотография на рис. 1, где левая часть относится к отсутствию магнитной записи, а правая — к ее наличию. Заметим, что если магнитная краска нанесена неравномерно, то большей концентрации магнитных частиц соответствует менее регулярная доменная структура, и наоборот.

Приложение переменного или импульсного магнитного поля вдоль нормали к плоскости пленки вызывает движение незакрепленных ДС. Если время регистрации много больше периода переменного или импульсного магнитного поля, то изображение незакрепленных ДС практически полностью размывается, а занимаемая ими область выглядит как “серый” фон, тогда как в области, где локализованы магнитоэлектрические ямы, наблюдается доменная структура (рис. 2). Приложение магнитного поля смещения приводит к увеличению амплитуды колебаний ДС вследствие “разрежения” невыгодно намагниченных доменов, что обеспечивает повышение чувствительности.

Повышение амплитуды  $H_{\text{пер}}$  приводит к тому, что изображение доменов в области локализации магнитоэлектрических

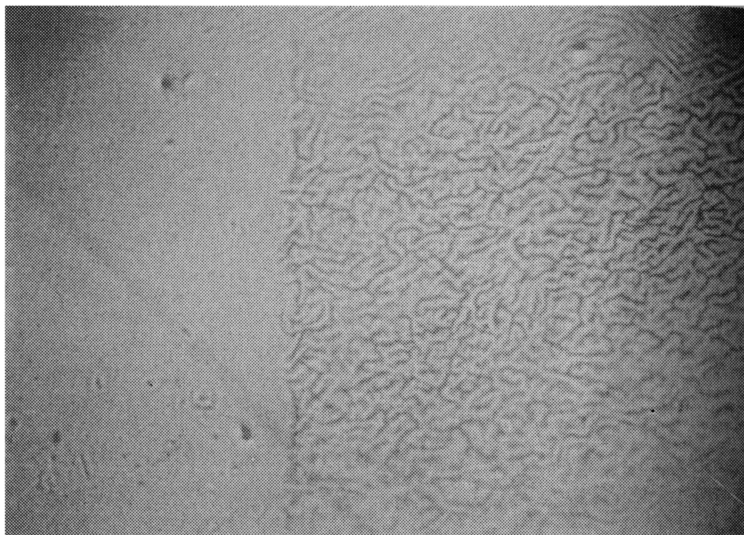


Рис. 2.

ских ям становится все более размытым. В частности, из-за неоднородности магнитного поля, формируемого плоской катушкой, домены сильнее размыты на периферии по сравнению с центром (рис. 2).

Заметим, что при динамической визуализации отчетливее выявляются магнитные дефекты пленки (левые части рис. 1 и 2).

Магнитостатические ямы облегчают разрыв полосовых доменов и образование ЦМД, что происходит при меньшей амплитуде и длительности импульса магнитного поля по сравнению со случаем, когда эти ямы отсутствуют [6]. Полосовые домены разрываются вблизи границы области локализации магнитостатических ям. При периодическом воздействии импульсов магнитного поля вследствие эффекта отталкивания закрепленными полосовыми доменами ЦМД продвигаются в сторону области, свободной от магнитостатических ям. Процесс зарождения новых ЦМД непрерывно повторяется, в результате чего вне области локализации этих ям формируется решетка ЦМД, а внутри указанной области остаются полосовые домены. При фиксированной амплитуде переменного или импульсного магнитного поля наличие магнитостатических ям приводит к тому, что амплитуда колебаний закрепленных ДС практически на по-

рядок ниже, чем для свободных ДС. Этот эффект позволяет топографировать пространственно-неоднородные магнитные поля рассеяния путем сканирования по площади пленки. При этом места закрепления ДС идентифицируются как минимумы на координатной зависимости амплитуды сигнала с фотодетектора.

Доменная структура в пленке эквивалентна дифракционной решетке. Для лабиринтной доменной структуры дифракционная картина представляет собой систему concentрических колец, причем в отсутствие внешнего магнитного поля четные дифракционные максимумы отсутствуют. Изменение размера, периода и топологии доменов отражается на виде дифракционной картины. В частности, различие ширины выгодно и невыгодно намагниченных полосовых доменов приводит к появлению четных дифракционных максимумов, а изменение топологии и периода полосовых доменов — к изменению топологии и пространственного положения дифракционных максимумов.

Описанные динамические эффекты могут быть положены в основу функционирования устройств для проверки на подлинность денежных купюр, казначейских билетов, ценных бумаг, кредитных карточек и других магнитных носителей, в которых используются покрытия, содержащие магнитные частицы.

В заключение авторы благодарят А.Я.Червоненкиса за плодотворные дискуссии.

### Список литературы

- [1] Рандошкин В.В., Червоненкис А.Я. Прикладная магнитооптика. М.: Энергоатомиздат, 1990.
- [2] Введенский Б.С., Лисовский Ф.В., Червоненкис А.Я. // Техника кино и телевидения. 1978. В. 6. С. 11–17.
- [3] Кубраков Н.Ф. В кн.: Магнитооптические пленки феррит-гранатов и их применение. М.: Наука, 1992. С. 136–164.
- [4] Герус С.В., Лисовский Ф.В., Мансветова Е.Г. // Микроэлектроника. 1981. Т. 10. В. 6. С. 505–515.
- [5] Патент РФ № 1813217 от 28.05.91 / М.В.Логунов, В.В.Рандошкин, МКИ G 11 В 11/14.
- [6] Иванов Л.П., Логгинов А.С., Рандошкин В.В., Телесник Р.В. // Микроэлектроника. 1977. Т. 6. В. 2. С. 199–201.

Совместная хозрасчетная лаборатория  
“Магнитооптоэлектроника”  
Институт общей физики РАН  
при Мордовском государственном  
университете им. Н.П.Огарева

Поступило В редакцию  
17 апреля 1993 г.