

УДК 05; 07; 11; 12

ТЕРМОМАГНИТНАЯ ЗАПИСЬ ИНФОРМАЦИИ В ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ФЕРРИТАХ-ГРАНАТАХ И ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ФОНОСКОПИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ

Вишневский В.Г., Недвига А.С., Нестерук А.Г., Бержанский В.Н., Дударенко И.В.

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина

E-mail: domain@crimea.edu

Крымский НИИ судебных экспертиз Министерства юстиции Украины, Симферополь

E-mail: krymdise@sf.ukrtel.net

Приведены результаты экспериментов по оценке параметров пространственного разрешения и чувствительности магнитооптической визуализации информации с магнитных носителей посредством термомагнитной репликации. Установлены пределы изменений и причины ограничений этих величин. На конкретных примерах показаны возможности и преимущества использования термомагнитной репликации при анализе сигналограмм в судебной экспертизе (фоноскопии).

Ключевые слова: феррит-гранат, термомагнитная запись, фоноскопическая экспертиза.

ВВЕДЕНИЕ

Эпитаксиальные пленки ферритов-гранатов (ЭПФГ) с большим содержанием висмута сравнительно давно и успешно применяются для выяснения топологии неоднородных магнитных полей в областях пространства размерами 10^{-3} - 10^{-6} м [1]. Устройства магнитооптической (МО) визуализации зарекомендовали себя, в том числе, и в криминалистике [2]. Этому способствует то обстоятельство, что большинство носителей информации (НИ), предоставляемых для экспертных исследований, продолжают оставаться магнитными. Практика показывает [3], что эксперты имеют дело либо с сигналограммами низкого качества, выполненными на неизвестной аппаратуре, либо с профессиональными подделками, включающими особые виды монтажа. Отмечающийся ныне рост технической оснащенности организованной преступности делает актуальной задачу совершенствования аппаратной и методической базы экспертных учреждений. В связи с этим, вновь разрабатываемые МО материалы и устройства должны удовлетворять повышенным требованиям к чувствительности и пространственному разрешению. Оптимальному сочетанию обоих параметров отвечают ЭПФГ с эффектом памяти, т.е. высококоэрцитивные материалы, обеспечивающие визуализацию информации с помощью термомагнитной записи методом реплик (контактной печати).

1. О ДИНАМИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ МО ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Чаще всего МО визуализация осуществляется в реальном времени приведением в непосредственный контакт поверхностей ЭПФГ и НИ. При этом происходит

вынужденная перестройка собственной доменной структуры (ДС) ЭПФГ под действием полей рассеяния $H_d(x,y)$ носителя. Результат наблюдается в поляризационный микроскоп в отраженном свете, причем контраст изображения определяется уровнем вращения Фарадея в ЭПФГ. В простейшем случае ЭПФГ - одноосный монокристаллический материал, коэрцитивность которого подбирается минимальной ($H_c \sim 0,1$ Э), ибо этот фактор определяет пороговые свойства МО визуализации. При равновесном периоде ДС ЭПФГ d_0 диапазон вынужденной перестройки ДС от d_{min} до d_{max} равен:

$$d_{min,max} \approx d_0 / \left[1 \pm 1,22(H_d/M_s)^{1/2} \right], \quad (1)$$

где H_d - амплитуда поля рассеяния носителя, $4\pi M_s$ - намагниченность насыщения ЭПФГ. Это выражение справедливо в приближении пленок ЦМД-типа, когда их толщина $h \approx d_0$, а также, очевидно, когда $H_d < M_s$. Более точное решение приводится в [4], где показано также, что динамический диапазон низкокоэрцитивных ЭПФГ не превышает 35 дБ. Но и из приведенного выражения видно, что для визуализации широкополосных сигналов следует располагать набором пленок с различающимися периодами d_0 .

2. ОСОБЕННОСТИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ МЕТОДОМ РЕПЛИК (КОНТАКТНОЙ ПЕЧАТИ)

Динамический диапазон МО визуализации может быть расширен при переходе от режима в реальном времени к режиму магнитной репликации. Впервые он применялся в пленках TbFe и DyFe [5], где использовалось то обстоятельство, что их точка Кюри T_C ниже соответствующих точек для CrO_2 и Fe_2O_3 . После приведения в контакт с НИ, пленки нагревались до T_C , а после остывания изучались в поляризационный микроскоп отраженного света благодаря эффекту Керра. Аналогично, если, например, температура Кюри ЭПФГ будет искусственно снижена до 60°C , в то время как для ферропорошка $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ $T_C \approx 600^\circ \text{C}$, процесс получения термокопии не будет сопровождаться размагничиванием носителя [5]. Соответствующие графики для $H_c(T)$ и для $M_s/M_0(T)$ приведены на рис. 1. Достоинством ЭПФГ с репликой служит возможность ее наблюдения в проходящем поляризованном свете благодаря эффекту Фарадея. Однако при невысоком значении H_c ЭПФГ наблюдение остывшей реплики в отраженном свете в продолжающемся контакте с НИ может явиться выгодным обстоятельством.

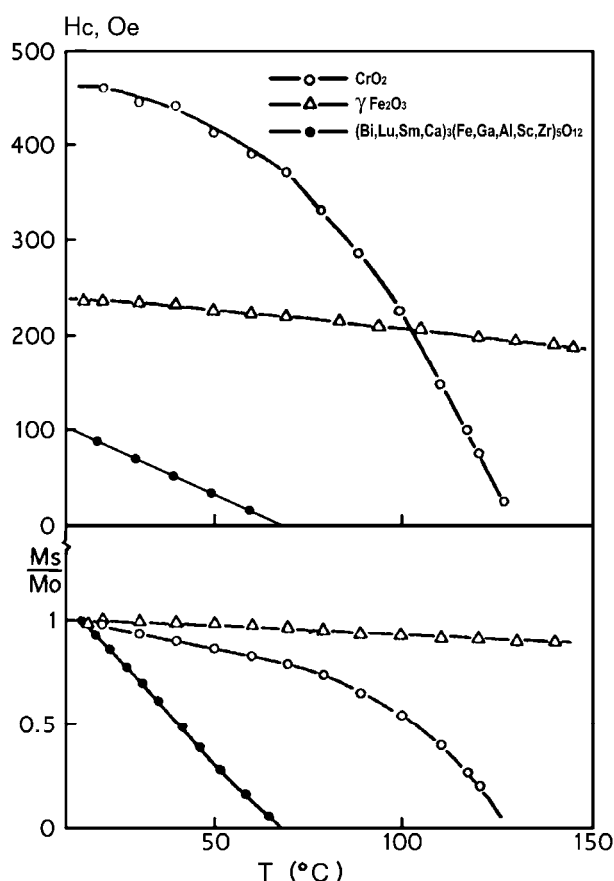


Рис. 1. Зависимости коэрцитивной силы (вверху) и относительной намагниченности (внизу) носителей с покрытиями γ -Fe₂O₃ и CrO₂ и МО ЭПФГ от температуры.

3. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИИ МО ПЛЕНОК ДЛЯ ТЕРМОМАГНИТНОЙ ЗАПИСИ

Известно, что наиболее эффективным методом повышения коэрцитивности в ЭПФГ служит создание напряжений несоответствия кристаллических решеток пленка-подложка. При этом реализуются как упругие напряжения, так и пластическая деформация. Механизм релаксации напряжений связан с генерацией дислокаций несоответствия. Это служит причиной появления блочной структуры с размерами порядка толщины эпитаксиального слоя. Поэтому морфология образцов после эпитаксии и вид ДС, как правило, имеют соответствующий характер («фасет») [6].

В экспериментах использовались [7] пленки состава (Bi,Lu,Sm,Ca)₃(Fe,Ga,Al,Sc)₅O₁₂, синтезированные методом жидкофазной эпитаксии

на монокристаллических подложках $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ ориентации (111) толщиной 0,6 мм. Параметр кристаллической решетки всех применявшихся подложек был стандартным ($a_s = 12,383 \text{ \AA}$). Управление основными функциональными свойствами ЭПФГ обеспечивалось введением в состав: ионов Sm – для повышения коэрцитивности и одноосной анизотропии; ионов Al, Ga и Sc – для снижения температуры Кюри, регулирования намагниченности насыщения и создания необходимых величин рассогласования решеток пленки и подложки. Толщина эпитаксиального слоя после синтеза составляла $h = 4\text{-}7 \text{ мкм}$. По результатам рентгеноструктурного анализа абсолютное рассогласование кристаллических констант лежало в пределах $\Delta a = a_f - a_s = 0.040 - 0.113 \text{ \AA}$, т. е. относительное рассогласование $f = \Delta a / a_f = 0,3\text{-}0,9 \%$. Удельное вращение Фарадея составило $0,6\text{-}0,8^\circ/\text{мкм}$ на длине волны $0,63 \text{ мкм}$. Другие параметры: $H_c = 50\text{-}450 \text{ Э}$, $T_C = 50\text{-}70^\circ \text{ С}$. Образцы после эпитаксии подвергались полированию алмазным абразивом фракции 1/0. После этой технологической операции $h = 1,5\text{-}3 \text{ мкм}$, коэрцитивность образцов, как правило, возрастала. Всем образцам оказалась присуща блочная структура, образующая мозаику с элементом размером порядка $1\text{-}5 \text{ мкм}$, а доменной структуре (ДС) пленок - свойственен температурный гистерезис. Период стабильной ДС d_{0s} (после размагничивания переменным полем) и метастабильной ДС d_{0ms} (после нагрева до $T > T_C$) различаются так, что $d_{0ms} < d_{0s}$ [8]. Для большинства ЭПФГ $d_{0ms} = 2\text{-}4 \text{ мкм}$, $d_{0s} = 8\text{-}12 \text{ мкм}$.

4. ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ И ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ ТЕРМОМАГНИТНОЙ ЗАПИСИ

Затруднением при определении этих величин является то, что не существует никаких образцовых мер неоднородного магнитного поля для областей пространства с размерами $10^{-3}\text{-}10^{-6} \text{ м}$ [9]. Однако имеются средства записи сигналов на магнитные НИ, для них разработаны средства стандартизации каналов записи и воспроизведения информации. Это измерительные ленты ЛИМ [10]. Существуют ЛИМ, назначением которых является регулировка тракта магнитофонов с целью линеаризации процессов записи и воспроизведения. Регулировка цепей частотной коррекции магнитофона с помощью соответствующих ЛИМ предусматривает последующий подъем амплитудно-частотной характеристики (АЧХ), как на минимальных, так и на максимальных частотах [11]. Это означает, что вид АЧХ сигналограмм ЛИМ обусловлен особенностями АЧХ аппаратуры магнитной записи.

ЛИМ, в принципе, сами могут служить образцовыми источниками неоднородных магнитных полей, по крайней мере, в отношении пространственного периода. Их недостаток - отсутствие точных градаций амплитуды на одной частоте. Тем не менее, применение лент в качестве образцовых мер неоднородного магнитного поля имеет несомненные преимущества. Во-первых, на них может быть записан сигнал в широком диапазоне частот и амплитуд: их динамический диапазон достигает уровня $65\text{-}75 \text{ дБ}$ [12]. Т.к. описываемые ЭПФГ предназначены для термомангнитной репликации сигналограмм с уровнем до -50 дБ , этот фактор представляется ключевым. Во-вторых, ленточный НИ хорошо отполирован и может

вплотную прилегать к поверхности ЭПФГ при наличии оптимального прижимного усилия.

Для количественной оценки разрешения и чувствительности ЭПФГ при получении реплик пришлось изготовить специальные контрольные сигналограммы. Было учтено, что МО визуализация записи делает возможным контроль ее геометрических характеристик с помощью микроскопного микрометра. Изменения конфигураций вынужденной ДС ЭПФГ, обусловленные локальными изменениями $H_d(x,y)$, также предоставляют возможности для определения чувствительности пленок к неоднородному магнитному полю. ЛИМ применялись для выделения информации об АЧХ записываемых лент, т.е. для получения волновой характеристики [13,14] из АЧХ записи и воспроизведения. АЧХ записи и АЧХ воспроизведения считались тождественными в силу принципа обратимости [15].

Контрольные сигналограммы представляли собой записи сигналов фиксированных частот в виде волновых пакетов гармонического наполнения с последовательной двукратной градацией амплитуды (рис.2) [7]. Ток записи и ток подмагничивания устанавливались такими, чтобы в распределении остаточной намагниченности носителя соблюдалось условие пропорциональности (т.е. остаточная намагниченность каждого последующего пакета отличается на -6 дБ от предыдущего). Данный факт устанавливался по значениям уровней сигналов воспроизведения.

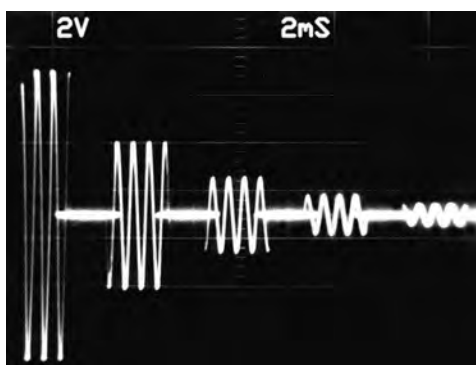


Рис. 2. Осциллограмма напряжения воспроизведения, повторяющая форму тока сигнала записи при изготовлении контрольных сигналограмм.

Изготовлению контрольных сигналограмм предшествовала линейаризация канала записи-воспроизведения магнитофона с помощью ЛИМ по ДСТУ 3320-96. АЧХ канала записи-воспроизведения снимали после настройки канала воспроизведения по ЛИМ [15,16]. Ими служили ленты шириной 3,81 мм типов К-3ЛИЛ1.УС.4СП и К-3ЛИЛ1.Ч4-120 в кассетах МК-60. Запись контрольных сигналограмм производилась на ленты кассет марки TDK SAX-100, особенностью которых является подъем АЧХ в области высоких частот. В результате были получены прописи контрольных сигналов с пространственными периодами от 150 мкм до 1,9 мкм, амплитуда остаточной намагниченности которых изменялась в

пределах более 60 дБ. Таким образом, на носителе формировалась последовательность, состоящая, по крайней мере, из 11 по-разному намагниченных участков - волновых пакетов со свободными (размагниченными) промежутками. Дополнительно были применены ленты Метогех шириной 50 мм, содержащие прописи гармонических сигналов номинального уровня на пространственной частоте 1000 мм^{-1} .

Блок-схема установки записи контрольных сигналограмм изображена на рис.3а, а на рис. 3б – ее модификация для контроля их АЧХ при воспроизведении. Для каждой фиксированной частоты подбирался оптимальный ток высокочастотного подмагничивания; при записи высоких частот (свыше 14 кГц) подмагничивание не применялось. Контроль гармоник осуществлялся анализатором спектра СК4-56. Вначале снималась АЧХ воспроизведения по контрольной ЛИМ, а затем АЧХ записи-воспроизведения, как это и предусмотрено процедурой линеаризации тракта записи [16].

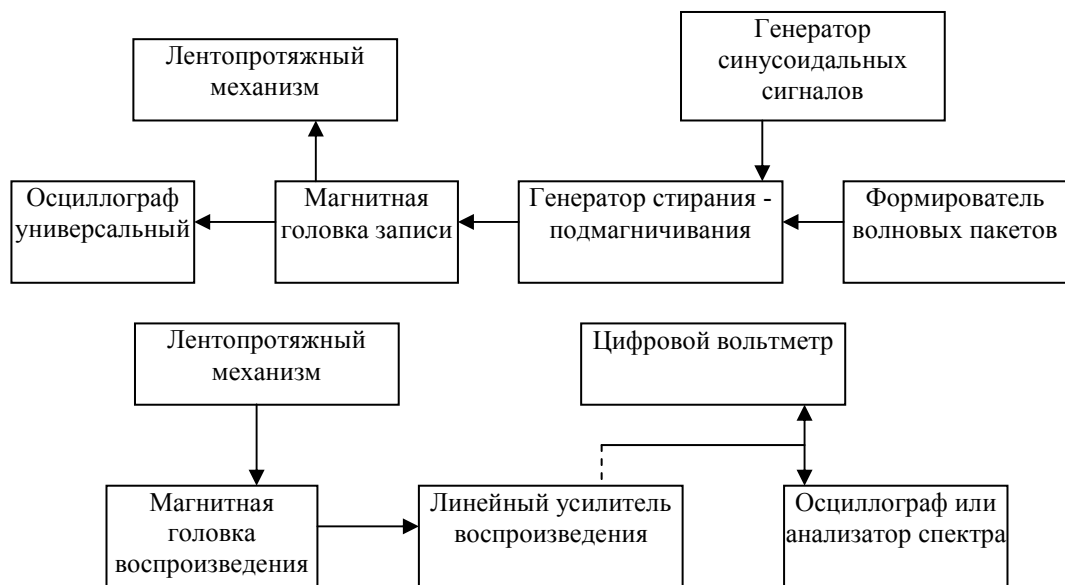


Рис. 3. Блок-схемы: сверху (а) – установки записи контрольных сигналограмм; внизу (б) – установки для контроля АЧХ воспроизведения записанных сигналограмм.

При оценках амплитуды полей рассеяния, действующих на ДС, учитывалось, что толщина ЭПФГ после полировки составляет в среднем 1,5 мкм. Если H_{z0} – поле рассеяния на поверхности носителя, a – величина неконтакта, то воспользовавшись выражением для спада амплитуды гармонического сигнала с высотой [17]:

$$H_{zc} = \frac{H_{z0}d}{2\pi h} \left[1 - \exp\left(-\frac{2\pi h}{d}\right) \right] \exp\left(-\frac{2\pi a}{d}\right), \quad (2)$$

можно получить, что поле на уровне среднего сечения ЭПФГ составляет всего 0,11 от поля непосредственно на поверхности НИ. В области первого пакета с периодом 2 мкм на этом уровне поле рассеяния достигает ~ 1 Э. Но в области расположения 5-го пакета оно уменьшается на порядок.

Реплики получали путем нагрева ЭПФГ до или выше точки Кюри (от 60^0 до 90^0 С). В случае, если пленка имела зеркально-защитное покрытие (ЗЗП) состава Al+TiN с линейным сопротивлением ≈ 10 Ом/см, через него пропусклся импульсный ток (2-4 А, 200-400 мс и выше) для выделения омического тепла. Для этого был изготовлен микропроцессорный блок управления процессом получения реплик (рис. 4). ЭПФГ с ЗЗП размещались на стеклянных субподложках (стекло К8 толщиной 1.2 мм), крепление к которым осуществлялось склейкой бальзамином. Для пайки проводников сплавом Розе на краевые зоны образцов вакуумным напылением наносились контактные площадки из нержавеющей стали. Конструкция преобразователя представлена на рис. 4.

Был испытан и иной вариант получения реплик: ЭПФГ без ЗЗП с нагревом лампой-вспышкой со среднестатистической энергией импульса 21 Дж. Как оказалось, этой энергии достаточно для размагничивания ЭПФГ с $T_C < 50^0$ С. В то же время, применение УФ светодиодов мощностью ~ 1 Вт в тех же целях не дало результатов. Предполагалось, что из-за дисперсии оптического поглощения ЭПФГ и его роста в УФ области спектра, выделяемое тепло будет достаточным для нагрева пленки до T_C .



Рис. 4. Блок управления получением реплик и МО преобразователь с ЗЗП.

Вид магнитных реплик контрольных сигналограмм в поляризационный микроскоп дан на рис. 5. Под микрофотографиями приведены профили их средних интенсивностей, полученные применением операции «схлопывания строк». Как видно, профили позволяют выявлять пакеты даже в случаях, когда визуально их трудно обнаружить.

Видно также, что реплики воспроизводят пакеты так, что часть из них представлены вынужденной полосовой ДС с линейными границами, а часть соответствует суперпозиции вынужденной и равновесной ДС ЭПФГ. Это свидетельствует о недостаточной величине градиента поля рассеяния НИ в области соответствующих пакетов и, как следствие, о неполном локальном намагничивании ЭПФГ. В известном смысле можно говорить о «полных» или «неполных» репликах.

Аналогичная ситуация как проявление синусоидальной неустойчивости доменных границ наблюдается в пленках ЦМД-типа [1]. На рис.6 приведен вид реплики многоканальной сигналограммы, выполненной на ленте Memorex, характеризующейся пространственной частотой 1000 мм^{-1} . Из него следует, что реплика отображает структуру дорожек записи в сигналограмме, однако несет следы суперпозиции с периодом ДС, равным d_{0ms} . Разрешение реплики достигает 1000 мм^{-1} , но она не является «полной». Наконец, рис. 7 демонстрирует принципиальную возможность термомагнитной репликации видеозаписи формата VHS.

Пространственно-частотные характеристики (ПЧХ) образцов могут представляться в виде зависимости динамического диапазона от периода записи. Причем динамический диапазон визуализации на одной фиксированной частоте может определяться как:

$$D = 20 \lg 2^N, \quad (3)$$

где N – число реплицированных ЭПФГ пакетов. Такая оценка возможна лишь по контрольным сигналограммам с двукратными градациями амплитуды [4].

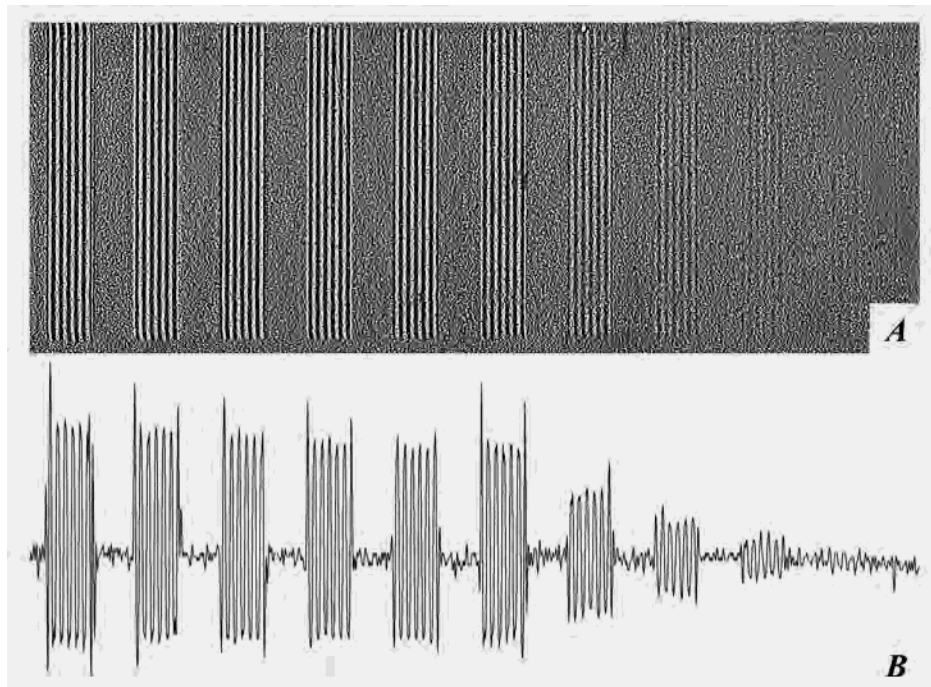


Рис. 5. Термомагнитные реплики (А) и профили интенсивностей (В).

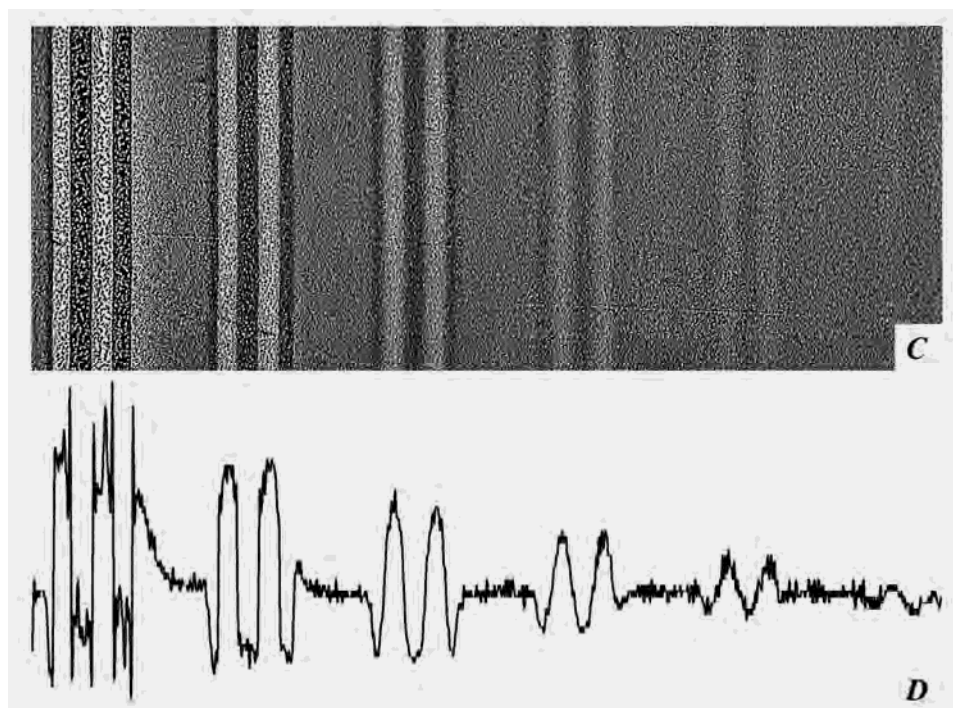


Рис. 5 (продолжение). Термомагнитные реплики (C) и профили интенсивностей (D).

Между тем, ввиду реально наблюдаемого воспроизведения как «полных», так и «неполных» реплик (рис. 5), целесообразно анализировать отношение количества первых к количеству вторых.

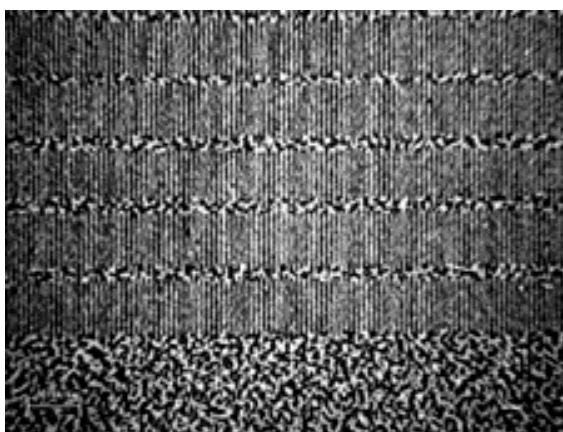


Рис. 6. Термомагнитная реплика многоканальной сигнаграммы ленты Метогех. Воспроизведенная ЭПФГ пространственная частота 1000 мм^{-1} .

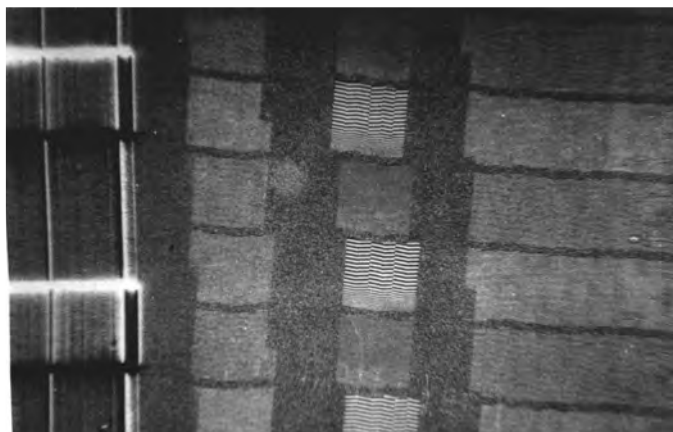


Рис. 7. Реплика видеозаписи формата VHS. Слева – канал синхронизации (служебный), справа – видеодорожки. Минимальный период в области видеодорожек – 1,5 мкм.

Чем меньше это отношение, тем ниже чувствительность образца к полю на данной пространственной частоте. Результаты измерений приведены на рис. 8-9. Если же указанный выше параметр определять в абсолютных величинах, то большинство синтезированных ЭПФГ характеризуются чувствительностью к полю не хуже 0,1 Э. Надо подчеркнуть: указанный порог может не показаться низким, однако следует иметь в виду, что он определяет условия возникновения *распознаваемого изображения*.

Вид пространственно-частотных характеристик (ПЧХ) двух пленок, имевших промежуточную толщину (отполированных до исчезновения шероховатой поверхности), приведен на рис. 8. Здесь ПЧХ представлены как число полных реплик в функции периода записи. Максимум ПЧХ в области 12-15 мкм может быть объяснен копирэффектом, наблюдаемым в соприкасающихся периодически намагниченных слоях [18]. Отношение поверхностных индукций в них максимально, когда период:

$$d = 2\pi(h + a), \quad (4)$$

где h – толщина одного слоя, a – дистанция между слоями. Подобный эффект наблюдаем в магнитной записи информации, когда намагниченная лента смотана в рулон. В нашем случае $(h+a)$ – сумма толщины ЭПФГ и величины неконтакта.

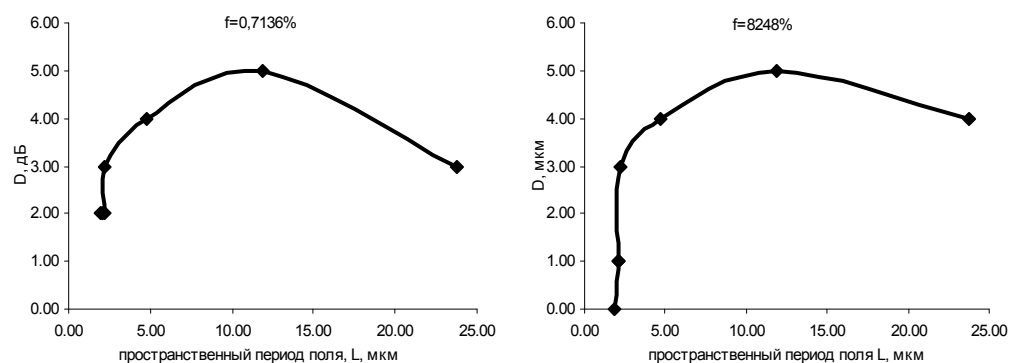


Рис. 8. ПЧХ двух образцов ЭПФГ с разными значениями рассогласования f .

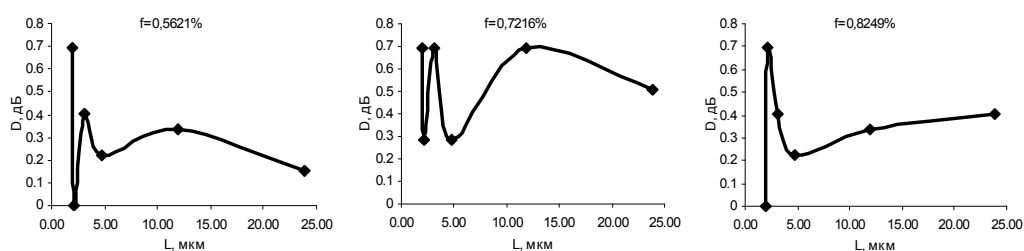


Рис. 9. Логарифм отношения числа полных и неполных реплик в функции периода поля L для 3 образцов с различным рассогласованием f .

Как следует из рис. 9, имеются «особые» точки графиков в области периодов 1-2 мкм, хотя толщина слоя этих ЭПФГ менее 3 мкм. Данные точки можно связать с пространственными неоднородностями в пленках, которыми могут быть размеры блочной структуры, т.е. средние расстояния между скоплениями дислокаций несоответствия. Ограничения на пространственное разрешение термомагнитной записи таким же образом влияют и на степень локализации атомных ловушек, создаваемых в ЭПФГ [19].

5. КРИМИНАЛИСТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СИГНАЛОГРАММ

Под криминалистическим исследованием сигналограмм принято понимать: а) идентификационное исследование речи, зафиксированной на сигналограмме; б) идентификационное исследование аппаратуры записи; в) диагностическое исследование аппаратуры записи и носителя информации; г) исследования по установлению признаков монтажа сигналограмм; д) идентификационное и диагностическое исследования звуковой среды и звуковой (видео) обстановки. Это составляет предмет экспертной деятельности в фоноскопии. За несколько последних лет был накоплен опыт разработки и изготовления устройств МО визуализации в фоноскопии разных уровней сложности. Так, программно-

аппаратный комплекс «Пакамс К1», созданный совместно специалистами НТУУ КПИ (Киев) и ТНУ (Симферополь), успешно использовался в ЭКУ МВД Украины и являлся наиболее технически завершенным изделием из ему подобных [20,21]. В том или ином виде более простые устройства МО визуализации сигналограмм и ныне применяются фонокопистами некоторых НИИ судебных экспертиз Министерства юстиции Украины.

Согласно приказу МВД Украины «Об утверждении Положения о деятельности экспертно-криминалистических подразделений органов внутренних дел Украины» № 140 от 9.03.1992 затраты рабочего времени на производство одной сложной экспертизы по исследованию сигналограмм составляют до 180 ч. К сложной относится, в частности, экспертиза, где имеются вопросы по выявлению признаков монтажа. Данный вид исследований, являющийся одним из ключевых в экспертизе сигналограмм, выполняется до проведения идентификационных исследований, поскольку при обнаружении признаков монтажа исследование может быть приостановлено до согласования дальнейших действий со следствием [3].

Нам представляется, что идентификация записывающей аппаратуры – наиболее простая задача для МО визуализации. Она решается обнаружением следов (трасс), оставляемых на носителе конкретными магнитными головками или элементами ЛПМ вследствие их неизбежной дефектности (рис. 10). Поскольку такая дефектность в процессе эксплуатации аппаратуры возрастает, это дает возможность устанавливать степень ее износа. Применение термомагнитных реплик здесь не просто целесообразно, но и необходимо, т.к. остаточная намагниченность и, следовательно, поля рассеяния таких следов (трасс) зачастую близки к уровню шумов.

Признаки монтажа сигналограмм в видеозаписи несложно выявить, если запись произведена в форматах VHS, S-VHS. Пример сопутствующей монтажу модификации импульса синхронизации в канале управления сигналограммы VHS представлен на рис. 11. Рис. 12 иллюстрирует иной признак – нарушение синхронизации строчных импульсов в области видеодорожек.

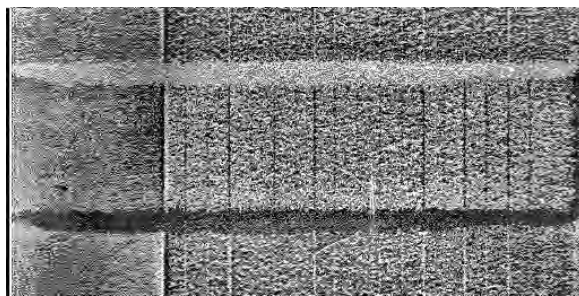


Рис. 10. Идентификационные трассы (вертикальные линии) канала синхронизации видеокассеты формата VHS.

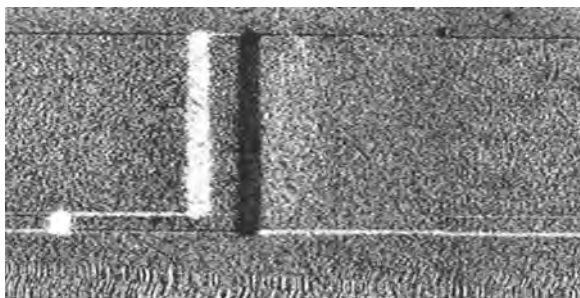


Рис. 11. Деформация импульса синхронизации (формат VHS) как признак монтажа.

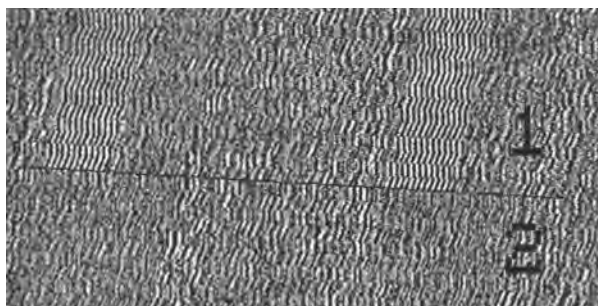


Рис. 12. Сбой синхронизации строчных импульсов в области видеодорожек: 1 – предыдущая запись, 2 – последующая запись.

Намного сложнее выявить монтаж в случае экспертизы видеокассет форматов Video-8, Hi-8, а в особенности - Mini-DV ввиду высокой плотности информации, граничащей с пределами пространственного разрешения визуализации. Это иллюстрирует рис.13.

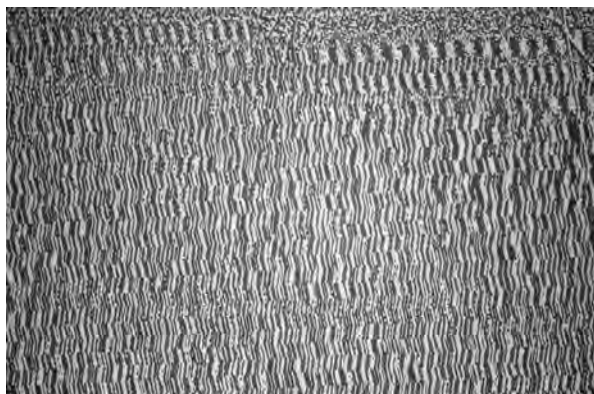


Рис. 13. Фрагмент видеокассетной сигналограммы формата Video-8.

С другой стороны, вследствие высокой чувствительности метод термомагнитной контактной печати обеспечивает доступ к частично утраченной информации. Так, в [20] было показано, что можно восстановить информацию с металлических носителей авиационных «черных ящиков», испытавших воздействие высоких температур. На рис. 14 представлена сигналограмма металлического носителя на основе СоСг после его нагрева до температуры 470°C . Стандартной магнитной головкой и в стандартных условиях этот сигнал не читается.

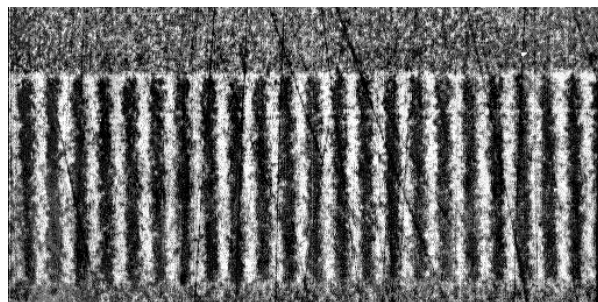


Рис. 14. Восстановленный МО образ частично утраченной сигналограммы «черного ящика» после нагрева ленты до температуры 470°C . Уровень -50 дБ.

Хорошие результаты демонстрирует термомагнитная репликация при исследовании носителей информации диктофонов и автоответчиков. Ввиду того, что в их конструкции иногда не предусматривается функция предварительного стирания, можно восстановить предшествующие записи. Кроме того, в деталях могут быть изучены сигналограммы даже на уровне шумов носителя (рис. 15).

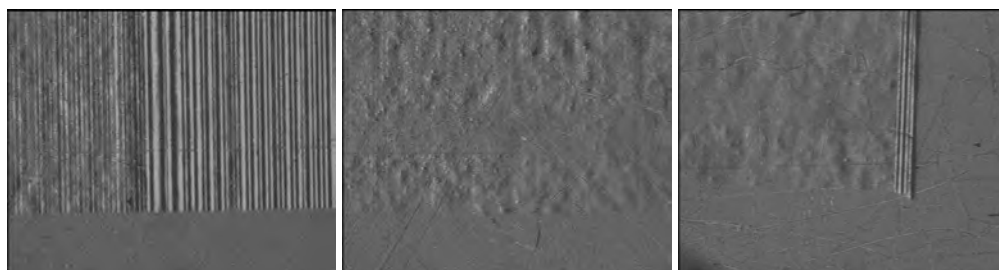


Рис. 15. Визуализация зон записи звука, фона и «стопа» кассеты МС-30 диктофона.

Следует, однако, установить пределы и граничные условия применимости такого рода методик и оборудования. Это лишь один из источников, хотя и достаточно информативный, которым должен пользоваться криминалист при формировании заключения. Пользуясь только результатами МО визуализации нельзя делать окончательного вывода о наличии или отсутствии признаков монтажа сигналограмм, ибо это может стать причиной экспертной ошибки [21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате осуществленных экспериментов удалось установить пределы разрешения и чувствительности термомагнитной записи в абсолютных единицах. Это позволило выяснить реальные возможности применения МО визуализации в режиме репликации для экспертизы магнитных сигналограмм. Пространственное разрешение магнитных реплик ограничивается причинами фундаментального порядка: существованием дислокационной структуры в ЭПФГ, синтезируемых в условиях рассогласования кристаллических решеток подложки и пленки. Амплитудная чувствительность визуализации ограничивается значениями полей рассеяния НИ на уровне, примерно равном 0,1 Э. Этот порог следует считать низким, т.к. он в данном случае связан с получением распознаваемого изображения, а не только с обнаружением сигнала. Показано, что описываемый метод может быть эффективно использован для целей идентификации аппаратуры записи, выявления следов умышленного монтажа и восстановления частично утраченной информации.

Список литературы

1. Кубраков Н.Ф. Метод магнитооптической визуализации и топографирования пространственно-неоднородных магнитных полей / Кубраков Н.Ф. // Труды / Рос. акад. наук ИОФАН. – М. : Наука, 1992. – Т. 35. – С. 136-164.
2. Левый С.В. Магнитооптические средства технической защиты информации / Левый С.В., Ю.С. Агалиди, В.Г. Вишневский // Известия ВУЗов. Радиоэлектроника. – [Украина], 1998. – № 8. – С. 74-80.
3. Магера В.Н. Подготовка материалов и вещественных доказательств для криминалистического исследования сигналограмм : методические рекомендации / Магера В.Н. – К. : РИО МВД Украины, 1997.
4. Бутрим В.И. Динамический диапазон материалов для магнитооптической визуализации магнитных полей / Бутрим В.И., Вишневский В.Г., Дубинко С.В. // Журн. техн. физики. – [Российская Федерация], 2001. – Т. 71, вып. 4. – С. 63-67.
5. Imamura N. Contact printing in amorphous (Gd,Tb,Dy)-Fe alloy films / Imamura N., Mimura Y., Kobayashi T. // J. of Appl. Phys. – [USA], 1977. – Vol. 48, N6. – P. 2634-2637.
6. Нестерук А.Г. Особенности морфологии напряженных эпитаксиальных феррогранатов, наблюдаемые посредством интерференционной микроскопии / Нестерук А.Г., Вишневский В.Г., Недвига А.С. // Ученые записки Таврического национального университета. – Симферополь : ТНУ, 2006. – Т. 19 (58), № 1. – С. 53-67.
7. Vishnevskii V. High-coercive garnet films for thermo-magnetic recording / Vishnevskii V., Nesteruk A., Nedviga A., Dubinko S., Prokopov A. // Sensor Letters. – [USA], 2007. – Vol. 5 (1). – P. 29-34.
8. Міхерський Р.М., Дубінко С.В., Вишневський В.Г., Недвига О.С., Прокопов А.Р. Температурна залежність доменної структури епітаксіальних плівок феритів-гранатів з підвищеною коерцитивністю. // Укр. фізичн. журнал. – [Україна], 2000. – Вип. 45, № 3. – С. 368-374.
9. Павлов А.Н. Методы контроля пространственно распределенных статических магнитных полей / Павлов А.Н., Тугарин В.Г. // Обзоры по электронной технике. – М., 1991. – Серия 8, вып. 3 (1623).
10. Ленты магнитные измерительные для бытовых магнитофонов. Параметры. Технические требования. Методы измерений : ДСТУ 3320-96. – К. : Госстандарт Украины.
11. Василевский Ю.А. Носители магнитной записи / Василевский Ю.А. – М. : Искусство, 1989.
12. Макарец В.В. Магнитофонные кассеты / Макарец В.В., Немцова С.Р., Пантер Г.Б. // Техника кино и телевидения. – [СССР], 1990. – № 2. – С. 62-66.
13. Олефиренко П.П. Стабильность сигналограмм высокоплотной магнитной записи / Олефиренко П.П. // Техника кино и телевидения. – [СССР], 1988. – № 4. – С. 18-21.

14. Василевский Ю.А. Предельная отдача магнитных лент / Василевский Ю.А. // Техника кино и телевидения. – [СССР], 1989. – № 12. – С. 5-10.
15. Коллендер Б.Г. Испытания студийных магнитофонов / Коллендер Б.Г. – М. : Связь, 1979.
16. Закс А.С. Измерения в практике звукозаписи / Закс А.С., Клименко Г.К. – М. : Искусство, 1981.
17. Номура Т. Магнитооптическое считывание сигналов магнитной записи с использованием магнитной гранатовой пленки / Номура Т., Токумару Х. // Дэнси цусин гаккай ромбунси. – [Япония], 1984. – Вып. С-67, № 11. – С. 871-878.
18. Лауфер М.В. Теоретические основы магнитной записи сигналов на движущийся носитель / Лауфер М.В., Крыжановский И.А. – К. : Вища школа. – 1979.
19. Berzhansky V. Features of epitaxial garnet films for atomic traps technique / Berzhansky V., Vishnevskii V., Nedviga A., Nesteruk A. // Journal of Magnetism. – [South Korea], 2009. – Vol. 14, No 3. – P. 108-113.
20. International Conference on Solid-State Sensors and Actuators (Transducers 97) : Digest of Technical Papers, Chicago, USA, Vol. 1 (1997). – [USA], 1997. – P. 413-417. – Authors: Vishnevskii V. / Vishnevskii V., Dubinko S., Levy S., Nedviga A., Prokopyov A.
21. Теория и практика судебной экспертизы / под ред. Пахомова А.В. – СПб. : Питер, 2003.

Вишневський В.Г. Термомагнітний запис інформації в епітаксійних феритах-гранатах та її використання у фоноскопичній експертизі / В.Г. Вишневський, О.С. Недвига, О.Г. Нестерук, В.Н. Бержанський, І.В. Дударенко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія: Фізико-математичні науки. – 2010. – Т. 23(62), № 1. Ч. 1. – С. 158-173.

Наведено результати експериментів з оцінки параметрів просторового розділення і чутливості магнітооптичної візуалізації інформації з магнітних носіїв методом термомагнітної реплікації. Встановлено межі змін і причини обмежень цих величин. На конкретних прикладах показані можливості і переваги використання термомагнітної реплікації при аналізі сигналів у судовій експертизі (фоноскопії).

Ключові слова: ферит-гранат, термомагнітний запис, фоноскопична експертиза.

Vishnevskii V.G. Thermomagnetic recording information in epitaxial ferrites-garnets, and its use in phonoscopic examination / V.G. Vishnevskii, A.S. Nedviga, A.G. Nesteruk, V.N. Berzhansky, I.V. Dudarenko // Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. – Series: Physics and Mathematics Sciences. – 2010. – Vol. 23(62), No. 1. P. I. – P. 158-173.

The results of experiments in estimations of space resolution and sensitivity of magneto-optic visualization information from magnetic records with use of thermo-magnetic printing method are presented. Borders of changes and causes of limits of these parameters are founded. Using concrete examples possibilities and advantages of the thermo-magnetic printing in the signalogram analysis for criminal law examination (phonoscopy) are shown.

Keywords: ferrite-garnet, thermo-magnetic recording, phonoscopic examination.

Поступила в редакцію 01.04.2010 г.