

Воздействие тангенциального магн. поля может приводить также к переходам между состояниями ЦМД. Особо хорошо исследованы переходы между состояниями $(1, 2, 0)^+$, $(1, 0, 0)^+$, $(1, 0, 0)^-$ и $(1, 2, 0)^-$.

Сущест. влияние на поведение ЦМД при больших скоростях их движения оказывает скручивание спинов в доменной стенке. На заднем верхнем и переднем нижнем краях домена, где проекция скорости на нормаль к плоскости доменной стенки максимальна, происходит зарождение блоховских петель, или горизонтальных блоховских линий (ГБЛ). Под действием гиротропных сил зародившиеся ГБЛ перемещаются в глубь плёнки. Если ГБЛ достигают противоположной поверхности, то это приводит к появлению двух пар ВБЛ на противоположных краях боковой поверхности ЦМД. Затем происходит зарождение следующей пары ГБЛ и т. д. Многократное повторение описанного процесса приводит к образованию большого числа динамически захваченных ГБЛ и ВБЛ, к-рые, увеличивая диссипативную силу, снижают скорость ЦМД, что, в конечном итоге, приводит к насыщению скорости ЦМД. Угол сноса при этом не изменяется, т. к. в каждой паре ВБЛ имеют разные знаки.

Поскольку доменные стенки с БЛ разного знака не обладают статич. устойчивостью, то при выключении поля смещения динамически захваченные БЛ начинают раскручиваться (аннигилировать), что приводит к движению ЦМД по инерции (баллистич. последствие). Прорыв ГБЛ на поверхность плёнки может сопровождаться также хаотич. изменениями скорости и угла сноса ЦМД.

Решётка ЦМД. При увеличении плотности ЦМД в плёнке вследствие существования в системе доменов магнитостатич. сил отталкивания неупорядоченная совокупность образовавшихся ЦМД выстраивается в гексагональную решётку ЦМД (рис. 2, в). Решётка ЦМД характеризуется периодом L и диаметром ЦМД d . Поскольку в решётке ЦМД на каждый домен действует магн. поле рассеяния от соседних доменов, то для сохранения прежнего размера удлинённого ЦМД требуется меньшее внеш. поле смещения.

Эллиптич. искажения формы ЦМД в решётке при уменьшении напряжённости поля подмагничивания развиваются только в том случае, когда плотность доменов невелика, т. е. $L \gg d$. Если плотность доменов в решётке достаточно велика ($L \approx d$), то эллиптич. искажения не возникают и снижение напряжённости магн. поля приводит к искажениям круговой формы доменов: ЦМД приобретают шестиугольную форму (сотовая доменная структура; рис. 2, з). Решётка при этом сохраняет устойчивость не только при $H=0$, но и в поле H , параллельном направлению M внутри ЦМД.

Гексагональная ЦМД-решётка имеет три основные моды колебаний: оптическую, соответствующую синфазным радиальным колебаниям ЦМД, и две акустические, соответствующие трансляционным смещениям ЦМД в двух направлениях. Деформационные волны акустич. типа аналогичны звуковым волнам в упругих средах. Возбудить такие волны можно пространственно неоднородным в плоскости плёнки импульсным или ВЧ-полем. Наличие ВБЛ в границе ЦМД и появление нелинейных и гиротропных эффектов обуславливают гибридизацию оптич. и акустич. мод деформационных волн и приводят к появлению коллективных мод ЦМД.

Сильная взаимосвязь радиальной и трансляционных мод деформационных волн в ЦМД-решётках приводит к эффектам *спонтанного нарушения симметрии*. В поля смещения, по напряжённости близких к напряжённости поля коллапса гексагональной ЦМД-решётки, возникающая под влиянием случайных возмущений деформационная волна с волновым вектором $k=4\pi/L$ вызывает динамич. неустойчивость решётки, сопровождающуюся спонтанным коллапсом каждого третьего ЦМД. Лавинный процесс коллапса ЦМД сопровождается затем перестройкой исходной решётки в решётку с прежней симметрией, но с большим периодом. При дальнейшем увеличении магн. поля процесс повторяется. Полностью

решётка ЦМД исчезает только при значении магн. поля, равного значению поля коллапса удлинённого домена.

Применение ЦМД. Свойства ЦМД (устойчивость в нек-ром интервале полей смещения, подвижность, возможность управлять их движением, способность находиться в разл. состояниях и т. д.) определяют их применимость в устройствах обработки информации. ЦМД-устройство состоит из ряда функциональных элементов, обеспечивающих генерацию, продвижение, переключение и детектирование ЦМД. Идея таких устройств состоит в следующем. Пусть в плёнке к.-л. способом сформирован канал, вдоль к-рого могут перемещаться с заданной скоростью ЦМД (канал продвижения ЦМД). Информация представляется в двоичном коде по принципу «наличия — отсутствия» ЦМД. В предел. позиции канала формируют генератор и детектор ЦМД, выполняющие те же функции, что головки записи и считывания в устройствах с подвижными магн. носителями информации. Генератор преобразует поступающие на его вход от внешнего электронного устройства электрич. импульсы в ЦМД, детектор производит обратное преобразование. Важное отличие ЦМД-устройств заключается в том, что в них не требуется механич. перемещений к.-л. элементов.

Наиб. часто используются *доменопроводящие структуры*, представляющие собой аппликации определ. формы (напр., в виде $T1$; рис. 7, а, б) из магнитно-мягкого мате-

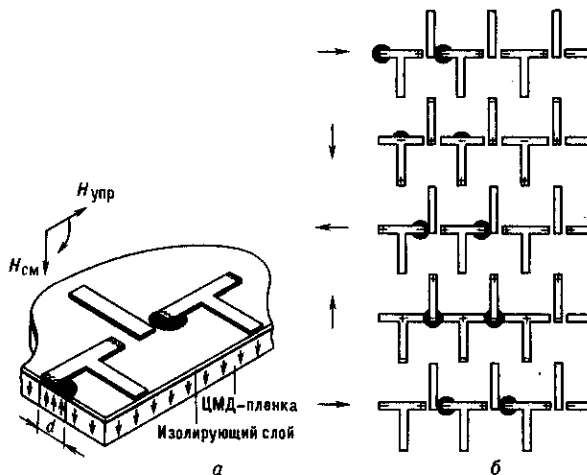


Рис. 7. а — Доменопроводящая $T1$ -структура из пермалловых аппликаций; $H_{см}$ и $H_{упр}$ — магнитные поля смещения и управления, d — диаметр ЦМД; б — схема перемещения ЦМД вдоль $T1$ -структуры.

риала (обычно пермаллоя). При намагничивании пермалловых аппликаций управляющим магн. полем, ориентирован в плоскости плёнки, на их краях возникают магн. полюса. ЦМД притягиваются к отрицат. полюсам аппликаций, т. е. создаётся магнитостатич. ловушка. При вращении управляющего магн. поля в плоскости плёнки потенциальные ямы перемещаются вместе с ЦМД, а в узком зазоре между аппликациями ЦМД переходит на соседнюю аппликацию и продолжает движение по её периметру. За один полный поворот управляющего поля в плоскости плёнки происходит перемещение ЦМД на один период доменопроводящей структуры. Тактовая частота обращения управляющего поля (10^5 — 10^6 Гц) определяет быстрейшие ЦМД-устройства. Величина периода структуры и расстояние между каналами должны быть больше или порядка $4d$, с тем чтобы исключить взаимодействие ЦМД. Эта величина определяет плотность записи в ЦМД-устройствах ($6 \cdot 10^5$ бит/см² при $d=1$ мкм). Предельная плотность записи информации на феррогранатовых плёнках составляет $3 \cdot 10^7$ бит/см². Доменопроводя-