

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ И СЧИТЫВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Жоголь А.О

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Григорьев А.А. – кандидат физико-математических наук, доцент

Аннотация. В данной работе рассматривается магнитная запись информации. Цель работы состоит в том, чтобы изучить физические принципы, по которым работает магнитная запись информации.

Магнитная запись – способ записи информации путем изменения магнитного состояния носителя и создания в нем распределения намагниченности, соответствующего записываемому сигналу. Намагниченность каждого участка носителя определяется совокупностью намагниченности отдельных частиц (доменов), расположенных в нем. Под действием магнитного внешнего поля (поля головки записи) происходит поворот векторов намагниченности этих частиц и эта ориентация (информация) сохраняется относительно бесконечно долго [1-4].

Явления магнетизма основаны на существовании магнитных моментов в атомах. В таких элементах, например, как железо, кобальт, никель, магнитные моменты возникают в результате спина электронов, а в редкоземельных элементах — в результате кругового вращения электронов вокруг ядра атомов. Электроны, определяющие магнитные свойства железа и его сплавов, находятся на третьей электронной оболочке атома, а электроны редкоземельных элементов — на четвертой электронной оболочке.

Электроны на внешней оболочке 4s, как у всех металлов, являются свободными. В ансамбле атомов кристаллической структуры они являются носителями зарядов и обуславливают наличие электронной проводимости. На внутренних оболочках 1s-3p размещается одинаковое количество электронов с положительным и отрицательным зарядами, вследствие чего их магнитные моменты взаимно компенсируются. На оболочке 3d находятся пять электронов с положительным спином и только один — с отрицательным. В результате спинового взаимодействия все оси вращения параллельны между собой. Таким образом, сумма моментов спинов не равна нулю и атом представляет собой — как бы постоянный магнит.

Под действием сил обменного взаимодействия магнитные моменты соседних атомов ориентируются параллельно или антипараллельно друг другу. Если атомы кристаллической структуры располагаются на минимальном расстоянии один от другого, то множество атомов объединяется в домен, который называют также областью Вейса. В пределах домена намагниченность постоянна. Возможность образования доменов является предпосылкой возникновения ферромагнетизма.

Для каждого домена (или для каждой однодоменной частицы) напряженность магнитного поля, вызывающего скачок намагниченности, может быть различной. Обычно скачки намагниченности почти одновременно совершаются в нескольких доменах (однодоменных частицах), векторы намагниченности которых после этого почти совпадают с направлением внешнего поля. Если теперь опять выключить внешнее поле, то большинство доменов магнитотвердых материалов (постоянных магнитов или материалов, используемых в качестве носителей магнитной записи) остается в новом, принятом ими положении; это изменение уже имеет необратимый характер.

Если магнитный материал повторно поместить в поле H_2 , то результирующая намагниченность достигнет примерно прежнего значения, но кривая намагничивания будет иметь другую форму, чем при включении поля H_2 . При этом считают, что в пределах этой замкнутой петли свойства материала постоянны, а материал ведет себя магнитно стабильно. Если продолжать увеличивать напряженность внешнего поля, то в направлении поля будут выстраиваться векторы намагниченности все большего числа доменов. Результирующая намагниченность медленно возрастает и, наконец, достигает намагниченности насыщения M_s , значение которой в однородной среде совпадает со спонтанной намагниченностью домена, а в порошкообразных материалах меньше и приблизительно пропорциональна коэффициенту объемной концентрации частиц. Ясно,

что состояние полной ориентации во всех доменах (частицах) сохраняется стабильным только на время существования поля насыщения H_s . Если выключить поле, то некоторые домены займут наиболее благоприятное для них положение наступает состояние остаточной намагниченности насыщения M_r .

Рассмотрим теперь, как петля гистерезиса от достигнутой точки остаточной намагниченности насыщения M_r пойдет дальше, если усиливать внешнее магнитное поле в обратном направлении. Результирующая намагниченность образца будет уменьшаться. Происходящие в этом случае процессы совершенно аналогичны рассмотренным ранее. Напряженность поля, при которой намагниченность образца достигает нуля, называется коэрцитивной силой и обозначается H_c .

После увеличения напряженности поля обратного направления до значения $-H_c$, соответствующего насыщению, затем переключения его опять в первоначальное направление и увеличения до $+H_s$ кривая зависимости намагниченности M от приложенного поля H приобретает вид симметричной замкнутой петли, называемой предельной петлей гистерезиса. Если намагничивание ведется не до насыщения, то для каждого цикла получается своя частная петля внутри предельной, при этом вершины всех этих петель располагаются на начальной кривой. Соответственно и значения остаточной намагниченности частных петель M_0 лежат внутри области между значениями остаточных намагниченностей насыщения от $+M_s$ до $-M_s$. Это и дает возможность дискретно различать градации записанного сигнала на носителе. Если построить график зависимости остаточной намагниченности M_0 от максимальной напряженности действующего поля H , то получим кривую остаточной намагниченности материала. Кривая остаточной намагниченности представляет собой одну из наиболее важных характеристик носителей магнитной записи. Воспроизводимые сигналы получаются наибольшими, когда в процессе записи кривая остаточной намагниченности используется до насыщения. Линейный же участок кривой позволяет вести запись без искажений.

Если образец магнитного материала подвергается воздействию переменного поля, то петля гистерезиса полностью описывается за каждый период. Требуемая для совершения такого цикла работа перемагничивания пропорциональна площади петли и частоте перемагничивания. Эта работа в основном представляет собой тепловые потери. Поэтому для устройств, работающих в переменных полях (магнитные головки, трансформаторы и т.д.), применяют магнитные материалы с малой площадью петли гистерезиса, главным образом с малой коэрцитивной силой H_c .

В процессе магнитной записи изменяющиеся во времени электрические величины преобразуются в локальные изменения намагниченности носителя. Временные соотношения сигналов сохраняются преимущественно вследствие движения носителя при неподвижной записывающей или воспроизводящей головке. Чисто физическое значение имеет только относительное перемещение.

В качестве записывающей или воспроизводящей головки преимущественно используются головки с сердечником из высокопроницаемого магнитомягкого материала, имеющим рабочий зазор, перед которым передвигается носитель записи.

Спад поля головки с увеличением расстояния до сердечника (зависимость от y) и слабая концентрация поля записи $H(x, y, t)$, а также конечная крутизна петли гистерезиса в значительной степени препятствуют желаемому однозначному преобразованию сигнала в намагниченность носителя записи. На рис. 7 доказана записывающая головка, по обмотке которой протекает ток записи $I(t)$. Создаваемое этим током магнитное поле рассеяния пронизывает магнитный рабочий слой носителя и намагничивает его.

Изменения намагниченности в рабочем слое $M(\xi)$ только приблизительно пропорциональны изменениям тока в головке. Поле рассеяния намагниченного носителя, движущегося с постоянной скоростью v в направлении стрелки, создает в сердечнике воспроизводящей головки магнитный поток $\Phi_1(t)$. При этом на выводах обмотки головки возникает напряжение $U_w(t)$.

Из сказанного можно видеть, что рабочие свойства носителя записи достаточно полно характеризуются толщиной рабочего слоя и гистерезисными свойствами:

- остаточной магнитной поляризации;
- коэрцитивной силой;

- начальной проницаемостью и дифференциальной максимальной проницаемостью.

Список использованных источников:

1. Бургов В.А. Теория фонограмм. – М.: Искусство, 1984. -302 с.
2. Гитлиц М.В. Магнитная запись сигналов: Учебное пособие для высших учеб. заведений. – М.: Радио и связь, 1990. - 231 с.
3. Василевский Ю.А. Носители магнитной записи. – М.: Искусство, 1989. – 287 с.
4. Подгорная Е.А. Магнитная аналоговая запись: Учебное пособие. - СПб: Изд. СПбГУКиТ, 2004. – 48с.
5. Сиаккоу М. Физические основы записи информации. Перевод с немецкого И.Д.Гурвица. Под редакцией В.Г. Королькова., Москва, Связь, 1980 – 188с.