**17.11.20.Тема: Магнитные материалы.**

**Магни́тныематериа́лыспециализи́рованногоназначе́ния**, магнитные материалы, имеющие узкие области применения, благодаря высоким значениям одного, иногда двух параметров.

**Материалы с прямоугольной петлей гистерезиса.**
Магнитные материалы с прямоугольной петлей гистерезиса (ППГ) широко применяются в разнообразных запоминающих и логических устройствах вычислительной техники, автоматики, аппаратах телеграфной связи, в многоканальных импульсных системах радиосвязи. Сердечники из материала с ППГ имеют два устойчивых магнитных состояния, соответствующих различным направлениям остаточной магнитной индукции. Запись и считывание информации осуществляется переключением сердечника из одного магнитного состояния в другое с помощью импульсов тока, создающих требуемую напряженность магнитного поля.
Основным параметром таких материалов является коэффициент прямоугольности петли гистерезиса Кпу, представляющий собой отношение остаточной индукции Br к максимальной индукции Bmax:
Кпу= Br/Bmax
Коэффициент прямоугольности должен приближаться к единице. Для обеспечения быстрого перемагничивания сердечников материалы с ППГ должны иметь небольшой коэффициент переключения Sq, численно равный количеству электричества на единицу толщины сердечника, которое необходимо для перемагничивания его из одного состояния остаточной индукции в противоположное состояние максимальной индукции. Кроме того, материалы с ППГ должны обеспечивать малое время перемагничивания, термостабильность магнитных характеристик, т.е. иметь высокую температуру Кюри.
Наиболее широко используются ферриты с ППГ. Их разделяют на два вида: со спонтанной и с индуцированной прямоугольностью петли гистерезиса. В первом случае ППГ обусловлена составом и условиями обжига, эти ферриты получили наиболее широкое применение. Во втором случае ППГ образуется в результате термомагнитной обработки. Ферриты со спонтанной прямоугольностью петли гистерезиса получают введением в их состав Na, Mg, Mn, что позволяет поднять коэффициент прямоугольности до 0,9. Введение в состав феррита оксида цинка или кальция повышает коэффициент ППГ до 0,94, одновременно увеличивается индукция и снижается коэрцитивная сила.
**Ферриты для устройств СВЧ.**
Для управления потоком энергии (переключение потока энергии с одного направления на другое, изменение фазы колебаний, поворот плоскости поляризации волны, частичное или полное поглощение мощности потока) в качестве твердых материалов применяют ферриты СВЧ. Магнитными характеристиками ферритов можно управлять с помощью внешнего магнитного поля. В СВЧ-технике используют ряд эффектов, основанных на взаимодействии электромагнитной волны с магнитными моментами атомов (ионов) СВЧ ферритов. К ним относятся: магнитооптический эффект Фарадея, эффект ферромагнитного резонанса, изменение внешним магнитным полем значения магнитной проницаемости феррита.
СВЧ ферриты должны иметь узкую ширину линии ферромагнитного резонанса, высокое удельное сопротивление(106-108Ом.м), минимальный тангенс угла диэлектрических потерь (10-3-10-4), возможно меньшее значение магнитных потерь вне области резонанса, обеспечивающее малое затухание в феррите, температурную стабильность свойств и возможно большее значение точки Кюри . Кроме этого материал должен обладать высокой чувствительностью к управляющему полю, что позволяет использовать для управления сравнительно слабые поля. Для разных участков диапазона СВЧ к ферритам предъявляют различные требования.
В качестве ферритов СВЧ используются магний-марганцевые ферриты с большим содержанием оксида магния. Для некоторых целей (в диапазоне длин волн 0,8—2см) применяют литий-цинковые ферриты. Для длин волн 5 см и более используют ферриты с низкой индукцией насыщения, что достигается заменой части ионов железа ионами хрома или алюминия. Применяются никель-цинковые ферриты и ферриты сложного состава (полиферриты). Особое место среди материалов для СВЧ занимают феррогранаты иттрия.
Конфигурация и размеры ферритового изделия определяются принципом действия прибора и зависят от свойств материала.

**Материалы с постоянным значением магнитной проницаемости в слабых полях.**
К этим сплавам относится тройной сплав железо-никель-кобальт (45% Ni, 30% Fe, 25% Co), называемый перминвар Более высокой стабильностью магнитной проницаемости обладают изопермы — сплавы, представляющие собой твердые растворы железа и никеля с медью или алюминием. Магнитная проницаемость изопермов н= 30—80 и мало изменяется в магнитных полях до Н = 500А/м. Но удельное сопротивление этих сплавов невысокое.

**Магнитно-твёрдые материалы**, магнитно-жёсткие (высококоэрцитивные) материалы, магнитные материалы, которые намагничиваются до насыщения и перемагничиваются в сравнительно сильных магнитных полях напряжённостью в тысячи и десятки тысяч а/м(102—103э). М.-т. м. характеризуются высокими значениями коэрцитивной силы Hc, остаточной индукции Br, магнитной энергии (BH) maxна участке размагничивания — спинке петли гистерезиса . После намагничивания М.-т. м. остаются магнитами постоянными из-за высоких значений Br и Hc. Большая коэрцитивная сила М.-т. м. может быть обусловлена следующими причинами: 1) задержкой смещения границ доменов благодаря наличию посторонних включений или сильной деформации кристаллической решётки; 2) выпадением в слабомагнитной матрице мелких однодоменных ферромагнитных частиц, имеющих или сильную кристаллическую анизотропию, или анизотропию формы.

М.-т. м классифицируют по разным признакам, например, по физической природе коэрцитивной силы, по технологическим признакам и другим. Из М.-т. м. наибольшее значение в технике приобрели: литые и порошковые (недеформируемые) магнитные материалы типа Fe — Al — Ni — Со; деформируемые сплавы типа Fe — Со — Mo, Fe — Со — V, Pt — Со; ферриты (гексаферриты и кобальтовый феррит). В качестве М.-т. м. используются также соединения редкоземельных элементов (особенно лёгких) с кобальтом; магнитопласты и магнитоэласты из порошков ални, альнико, ферритов со связкой из пластмасс и резины (см. Магнитодиэлектрики), материалы из порошков Fe, Fe — Со, Mn — Bi, SmCo5.

**Магнитно-мягкие материалы**, магнитные материалы, которые намагничиваются до насыщения и перемагничиваются в относительно слабых магнитных полях напряжённостью Н ~ 8—800 а/м(0,1—10 э). При температурах ниже Кюри точки (у [армко-железа](http://slovari.yandex.ru/~%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%91%D0%A1%D0%AD/%D0%90%D0%A0%D0%9C%D0%9A%D0%9E-%D0%B6%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BE/), например, до 768 °С) М.-м. м. спонтанно намагничены, но внешне не проявляют магнитных свойств, так как состоят из хаотически ориентированных намагниченных до насыщения областей (доменов).М.-м. м. характеризуются высокими значениями магнитной проницаемости — начальной ma ~ 102—105 и максимальной mmax ~ 103—106.Коэрцитивная сила Hc М.-м. м. колеблется от 0,8 до 8 а/м(от 0,01 до 0,1 э), а потери на магнитный гистерезис очень малы ~ 1—103дж/м2(10—104эрг/см2) на один цикл перемагничивания. Способность М.-м. м. намагничиваться в слабых магнитных полях обусловлена низкими значениями энергии магнитной кристаллической анизотропии, а у некоторых из них (например, у М.-м. м. на основе Fe — Ni, у некоторых ферритов) также низкими значениями [магнитострикции](http://slovari.yandex.ru/~%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%91%D0%A1%D0%AD/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F/). Это связано с тем, что [намагничивание](http://slovari.yandex.ru/~%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%91%D0%A1%D0%AD/%D0%9D%D0%B0%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5/) происходит в результате смещения границ между доменами, а также вращения вектора намагниченности доменов. Подвижность границ, способствующая намагничиванию, снижается в случае присутствия в материале различных неоднородностей и напряжений, изменяющих энергию границ при их смещении. Поэтому свойствами М.-м. м. обладают также магнитные материалы, имеющие значительную энергию магнитной кристаллической анизотропии, но в которых отсутствуют (вернее, присутствуют в малых количествах) вредные примеси внедрения (углерод, азот, кислород и другие), [дислокации](http://slovari.yandex.ru/~%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%91%D0%A1%D0%AD/%D0%94%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8%20%28%D0%B2%20%D0%BA%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%B0%D1%85%29/) и другие дефекты, искажающие кристаллическую решётку, а также включения в виде других фаз или пустот размером существенно больше параметров решётки. Однако процесс вращения вектора намагниченности в таких материалах требует приложения более сильных полей. Получение таких малодефектных материалов связано с большими технологическими трудностями. К М.-м. м. принадлежат ряд сплавов (например, перминвары) и некоторые ферриты с малой энергией магнитной кристаллической анизотропии, но с хорошо выраженной одноосной анизотропией, которая формируется при отжиге материала в магнитном поле. Некоторые М.-м. м. (например, [пермендюр](http://slovari.yandex.ru/~%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%91%D0%A1%D0%AD/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D1%8E%D1%80/)) имеют слабую анизотропию, но большие значения магнитострикции.

По назначению М.-м. м. подразделяют на 2 группы: материалы для техники слабых токов и электротехнической стали. Важнейшими представителями М.-м. м., применяемых в технике слабых токов, являются бинарные и легированные сплавы на основе Fe — Ni ([пермаллои](http://slovari.yandex.ru/~%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%91%D0%A1%D0%AD/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%BE%D0%B9/)), имеющие низкую Hc"0,01 э и очень высокие µa (до 105) и µmax (до 106). К этой же группе относятся сплавы на основе Fe — Со (например, пермендюр), которые среди М.-м. м. обладают наивысшими точкой Кюри (950—980 °С) и значением магнитной индукции насыщения Bs, достигающей 2,4· 104гс (2,4 тл),а также сплавы Fe — Al и Fe — Si — Al. Для работы при частотах до 105гц используются сплавы на Fe — Со — Ni основе с постоянной магнитной проницаемостью, достигаемой термической обработкой образцов в поперечном магнитном поле, которое формирует индуцированную одноосевую анизотропию (кристаллическая магнитная анизотропия при этом должна быть как можно меньше). Постоянство магнитной проницаемости (в пределах 15%) сохраняется при индукциях до 8000 гс и обеспечивается тем, что при намагничивании таких М.-м. м. процесс вращения является доминирующим. В области частот 104—108гц нашли применение [магнитодиэлектрики](http://slovari.yandex.ru/~%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%91%D0%A1%D0%AD/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B8/), представляющие собой тонкие порошки карбонильного железа, пермаллоя или альсифера, смешанные с

Составить конспект по изложенному выше материалу и ответить на вопросы письменно:

1.Какие материалы называются магнитно-мягкими?

2.Какие материалы называются магнитно-твердыми?

3.Какие материалы входят в группу магнитных материалов специализированного назначения?

**Срок сдачи**: 20. 11.2020.

**Выполненные задания присылать на электронную почту:** dubinina20191608@yandex.ru

**Выполненные задания принимаются исключительно в формате WORD в форме текстовых документов или в виде фотографии задания, выполненного от руки.**