

**ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ МЕТРОЛОГІЇ,
ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ**

УДК 389:681.2

В.Т.Кондратов,
Институт кибернетики им. В.М. Глушкова, г. Киев

**ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ.
МАГНИТОПОЛЕВАЯ ТЕОРИЯ ИЗМЕРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯВЛЕНИЯ ПЕРЕНОСА
ЭНЕРГИИ И ИНФОРМАЦИИ СКВОЗЬ МАТЕРИАЛ ИЛИ ВЕЩЕСТВО
Часть 2. Атрибуты магнитопольевых эффектов**

В работе описана классификация составляющих магнитопольевых эффектов — магнитных полей, веществ и материалов, а также видов информации, получаемой по результатам взаимодействия магнитного поля на вещество (материал). Приведена классификация основных классов магнитных вещества и материалов. Обобщены и классифицированы эффекты и явления взаимодействия магнитного поля и материи.

Работа представляет интерес для метрологов, специалистов, магистров и аспирантов, изучающих магнитопольевые эффекты и явления, пути и методы их использования при создании сенсоров физических величин, а также изучающих магнитопольевые методы измерения свойств материалов и веществ с использованием явления переноса энергии и информации сквозь проводящие и слабопроводящие среды.

Ключевые слова: энергия, материал, информация, магнитопольевой эффект, явление, магнитное поле, свойства.

V.T.KONDRATOV
V.M.Glushkov Institute of cybernetics of National academy of Science of Ukraine

**FUNDAMENTAL METROLOGY.
THE MAGNETIC-FIELD THEORY OF MEASUREMENTS WITH USE THE
PHENOMENON OF TRANSFER OF ENERGY OR INFORMATION THROUGH
MATERIAL OR SUBSTANCE
Part 2. Attributes of magnetic-fields effects**

Annotation. In paper classification making magnetic-fild effects — magnetic fields, substances and materials, and also the types of information, received by results of magnetic field interaction on substance (material) is described. Classification of the basic classes magnetic substance and materials is resulted. Effects and the phenomena of interaction of a magnetic field and a matter are generalized and classified.

The paper is of interest for metrologists, experts, masters and the post-graduate students studying magnetic-fild effects and the phenomena, ways and methods of their use at creation of sensor controls of physical sizes, and also studying magnetic-fild methods of measurement of properties of materials and substances with use of the phenomenon of carrying over of energy and the information through a conductive and weakly conducting medium.

Keywords: energy, a material, the information, magnetic-fild effects, the phenomenon, a magnetic field, properties.

Введение

В работе [1] изложены философские аспекты магнитопольевой теории измерений, базирующейся на явлении переноса энергии и информации сквозь материал или вещество. Дано базовое определение новой ветви теории измерений. Изложены цели разрабатываемой теории, развиваемые и используемые научные теории и направления, приведены определения триады таких фундаментальных понятий, как энергия, материя (вещество и материал) и информация, перечислены базовые физические принципы передачи информации. Утверждается, что только энергетическое поле переносит управляющее воздействие на физические поля частиц вещества и изменяет его свойства.

В связи с развитием магнитопольевой теории измерений были сформулированы новые проблемы фундаментальной метрологии, вязанные с измерением энергий Ферми и Ландау исследуемых образцов (ИО) материалов и вещества макромира, а также других физических величин с использованием явления переноса энергии и информации сквозь материал или вещество.

В настоящей статье описана классификация составляющих магнитопольевых эффектов — магнитных полей, веществ и материалов и видов информации, получаемой по результатам взаимодействия магнитного поля на вещество (материал). Обобщены и классифицированы эффекты и условия взаимодействия магнитного поля и материи. Приведена классификация основных классов магнитных вещества и материалов.

Объект исследований

Объектом исследований является триада фундаментальных понятий, — энергия, материя и информация, характеризующая сущность, развитие и многообразие материального мира.

Предметом исследований является изучение, классификация и взаимоотношения энергии, материи и информации, как взаимосвязанных составных частей магнитопольевых эффектов.

Целью работы является ознакомление ученых и специалистов с упорядоченным многообразием

видов, типов, классов, свойств, структур магнитных полей, веществ и материалов, с многообразием вариантов получения магнитополевых эффектов взаимодействия энергии магнитных полей с потенциальной энергией вещества или материала.

Результаты исследований

Окружающий нас мир материален и состоит из различных видов материи и физических полей. Атрибутами материи вещества являются заряженные частицы, движение, пространство и время, которые не существуют вне материи. Особым видом материи является магнитное поле. Посредством материи осуществляется взаимодействие между движущимися заряженными частицами или телами, обладающими магнитным моментом, и магнитным полем.

Понятия материал и вещество не тождественны друг другу. Вещество становится материалом, когда ему, а точнее, вполне определенному его состоянию, находится конкретное применение в качестве материала или его компонента. На основе одного и того же вещества могут создаваться разнообразные материалы [2]. В этой связи ниже дополнительно рассматривается классификация и материалов, и веществ.

Классификация магнитных полей, как носителей энергии

Магнитное поле — силовое поле, действующее на движущиеся электрические заряды и на тела, которые обладают магнитным моментом, независимо от состояния их движения [3]. Магнитное поле создается: а) током заряженных частиц; б) магнитными моментами электронов в атомах; в) магнитными моментами других частиц и г) при изменении во времени электрического поля.

Вращательное движение электронов вокруг ядер атомов аналогично действию некоторого контура электрического тока и создает магнитное поле, которое на достаточном расстоянии представляется как поле магнитного диполя с магнитным моментом, значение которого определяется произведением тока и площади контура, который ток обтекает [4]. Каждый электрон, движущийся в атоме вокруг ядра по замкнутой орбите, представляет собой электронный ток, текущий в направлении, противоположном движению электрона. Орбитальный магнитный момент электрона — магнитный момент электронного тока. Сам электрон имеет магнитный момент, который называется спиновым магнитным моментом.

Магнитный момент атома определяется векторной суммой орбитальных и спиновых магнитных моментов отдельных электронов в электронной оболочке атомов. Эти два вида магнитных моментов (орбитальный и спиновый) могут быть частично или полностью взаимно скомпенсированы [4].

Основной силовой характеристикой магнитного поля является вектор магнитной индукции \mathbf{B} (или вектор индукции магнитного поля). Другой фундаментальной характеристикой магнитного поля (альтернативной магнитной индукции и тесно с ней взаимосвязанной) является вектор напряженности магнитного поля \mathbf{H} .

В качестве примера на рис. 1 приведена модель формирования магнитного поля рамки с током. Переменный ток $i_1(t)$ порождает изменяющееся магнитное поле $H_1(t)$, которое, в свою очередь, порождает изменяющееся электрическое поле $E_1(t)$, изменяющееся электрическое поле порождает изменяющееся магнитное поле $H_2(t)$ и т.д. [5]. В вакууме значение вектора напряженности магнитного поля постоянно во времени. В слабо проводящих средах его значение уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния.

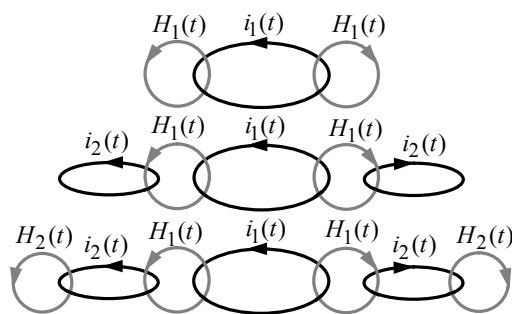


Рис. 1. Процесс формирования электромагнитного поля

В практике исследований магнитополевых эффектов генератор магнитного поля рассматривается как магнитосиловой, спектрообразующий (частотогенерирующий) и формообразующий источник управляемой энергии магнитного поля.

Магнитополевые эффекты — эффекты взаимодействия энергии постоянного, переменного и импульсного магнитного поля низкой (НЧ), высокой (ВЧ) или сверхвысокой частот (СВЧ) с заряженными частицами вещества или материала (рис. 2, энергия). Особое внимание заслуживает СВЧ диапазон, который является мостиком между радиоволнами и световыми волнами. Нижняя граница СВЧ диапазона в свободном пространстве соответствует метровым волнам, а верхняя примыкает к длинноволновому инфракрасному излучению [1].

Каждый магнитополевой эффект тесным образом связан с конфигурацией магнитного поля (рис. 2, энергия), его пространственно-временной ориентацией по отношению к исследуемому материалу и характером его воздействия — одиночным импульсом, пачкой импульсов, непрерывным воздействием, комбинированным и др.

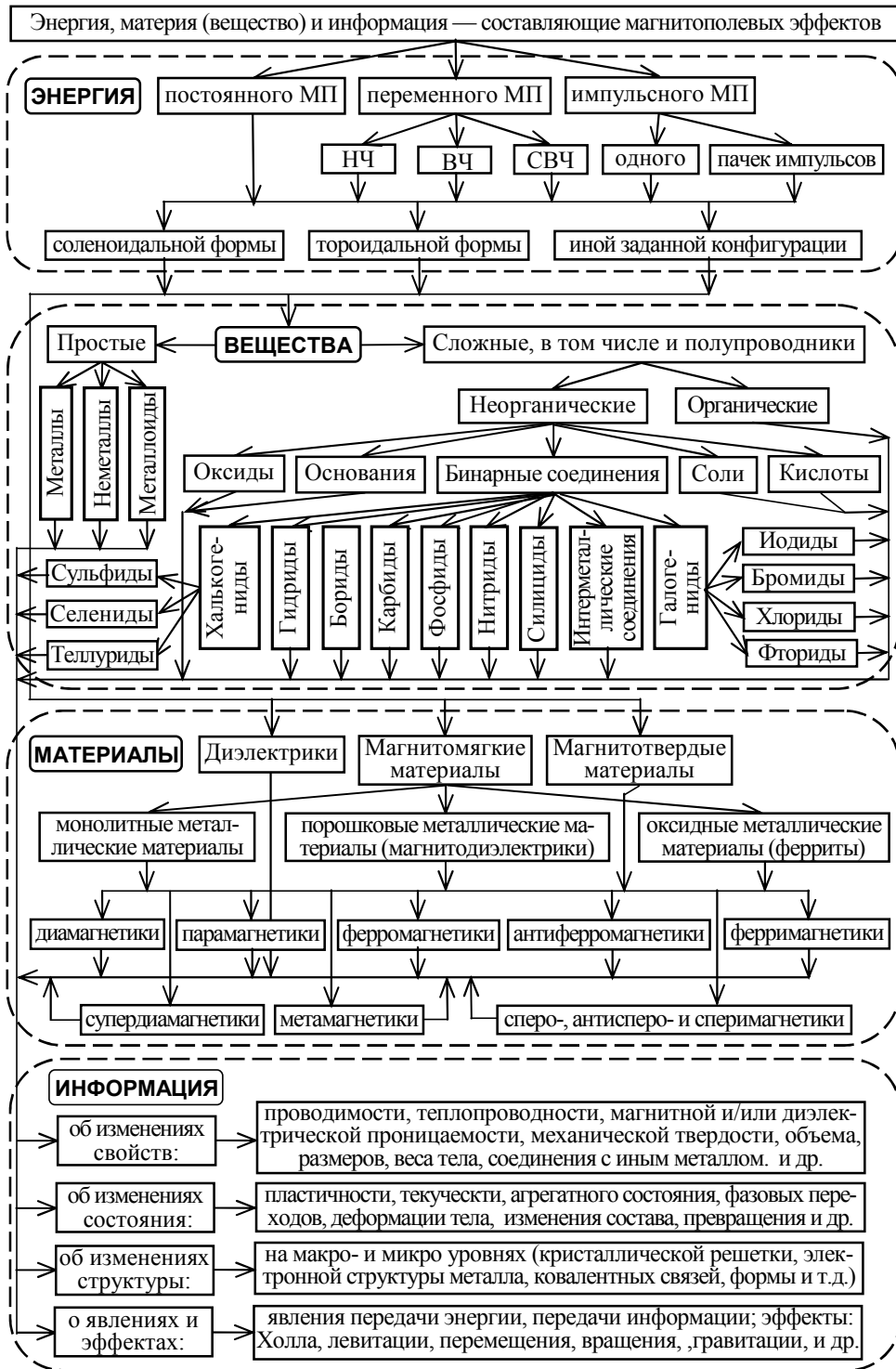


Рис. 2. Классификация составляющих магнитопольных эффектов

Отметим, что магнитопольные эффекты могут вызываться (и проявляться) и при дополнительном воздействии энергии полей иной физической природы, например, гравитационных полей.

Классификация веществ

Вещество — одна из форм материи. Если вещество совершает работу, то оно обладает энергией. Вещество — форма материи, обладающая количественной и качественной определенностью физических свойств, в том числе и пространственно-временных, и структурой, симметричной или асимметричной, однородной или разнородной.

Различают простые и сложные вещества (рис. 2, вещества). К простым веществам относятся металлы, неметаллы, металлоиды и благородные газы (последние на рис. 2 не приведены). Простые вещества состоят из атомов одного химического элемента. Сложные вещества состоят из атомов разных элементов, химически связанных друг с другом.

К сложным веществам относятся неорганические и органические вещества (рис. 2, вещества), в том числе и полупроводники. Классификация последних приведена, без пояснений, на рис. 3. Подробно она описана в работе [6]. В ее основу положен химический состав материала.

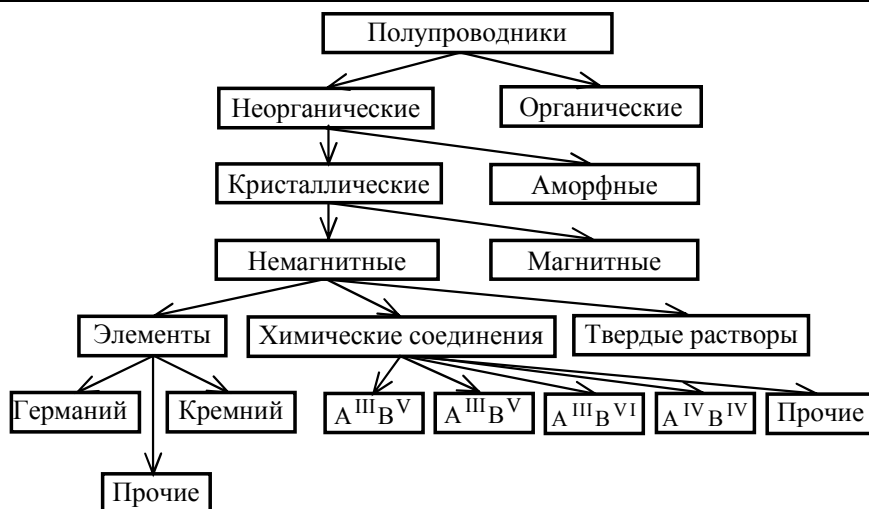


Рис. 3. Классификация полупроводников

К органическим веществам относятся углеводороды и их производные. Все остальные вещества — неорганические.

Неорганические вещества по составу и свойствам делятся на следующие важнейшие классы оксиды, основания, бинарные соединения, соли и кислоты (рис. 2, вещества). Если оксиды состоят из двух химических элементов, один из которых — кислород со степенью окисления (-2), то основания состоят из атомов металла и одной или нескольких гидроксильных групп (-ОН). Соли состоят из катионов металла и анионов кислотных остатков, а кислоты — из одного или нескольких атомов водорода, способных замещаться на атомы металлов, и кислотных остатков. Число атомов водорода (n) характеризует основность кислот (при $n = 1$ — одноосновная, а при $n = 2$ — двухосновная) [7, 8].

Бинарные соединения имеют различное химическое строение, состоят из двух видов атомов, а химическая связь — ковалентная полярная (в соединениях неметаллов и некоторых амфотерных элементов) или ионная (в солях бескислородных кислот).

К общим химическим свойствам бинарных соединений относятся реакции взаимодействия с водой (гидролиз) и с кислородом воздуха (окисление и горение). К числу бинарных соединений относятся халькогениды (сульфиды, селениды и теллуриды), гидриды, бориды, карбиды, фосфиды, нитриды, силициды, интерметаллические соединения, галогениды (фториды, иодиды, бромиды и хлориды). Подробное описание свойств бинарных соединений приведено в работах [7 – 9].

Значения магнитной восприимчивости для некоторых веществ приведены ниже по данным работы [8]. Эти значения могут быть приведены к единице объема, массы или количества вещества. Поэтому следует говорить об объемной (безразмерной) χ_v , удельной (в см³/г) χ_d или молярной (в см³/моль) χ_M магнитной восприимчивости.

Классификация материалов

Все материалы можно разделить на три класса: диэлектрики (изоляторы), полупроводники и проводники. К последним относятся магнитомягкие и магнитотвердые материалы (рис. 1, «материалы»). Отличительным свойством диэлектриков является способность к поляризации и возможность существования в них электростатического поля. Основной особенностью проводников является наличие свободных зарядов, в том числе электронов, которые участвуют в тепловом движении и могут перемещаться по всему объему проводника [9]. Типичными проводниками являются металлы.

Магнитомягкие материалы делятся, в свою очередь, на монокристаллические материалы, порошковые металлические материалы (магнитодиэлектрики) и оксидные металлические материалы (ферриты) (рис. 2). Свойства магнитных материалов определяются формой кривой намагничивания и петли гистерезиса. Они зависят от химического состава материала, чистоты используемого исходного сырья и технологии производства. К магнитомягким относятся материалы с малым значением коэрцитивной силы и большим значением магнитной проницаемости. Такие материалы обладают способностью намагничиваться до насыщения в слабых магнитных полях, характеризуются узкой петлей гистерезиса и малыми потерями на перемагничивание. Магнитомягкие материалы применяются для получения больших значений магнитного потока.

К магнитотвердым относятся материалы с большой коэрцитивной силой H_c . Они намагничиваются и перемагничиваются лишь в очень сильных магнитных полях и служат, преимущественно, для изготовления постоянных магнитов.

По реакции на внешнее магнитное поле и характеру внутреннего магнитного упорядочения все материалы делятся на следующие группы: диамагнетики, супердиамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики, метамагнетики, сперо-, асперо- и сперимагнетики (рис.2, материал).

Диамагнетики — материалы и вещества, с отрицательной магнитной восприимчивостью, не зависящей от напряженности внешнего магнитного поля [4].

Диамагнетизмом обладают металлы (медь, серебро, золото, цинк, ртуть, галлий и др.), большинство полупроводников (кремний, германий, соединения A_3B_5 , A_2B_6), щелочно-галогидные кристаллы, неорганические стекла и др.

Диамагнетиками являются все вещества с ковалентной химической связью и вещества в сверхпроводящем состоянии. В табл. 1 приведены, со знаком минус, значения магнитной восприимчивости диамагнетиков ($\chi = -(10^{-6} - 10^{-5})$). Здесь и ниже значения магнитной восприимчивости приведены по данным работы [12].

К *супердиамагнетикам* относят вещества и материалы, которым свойственна сверхпроводимость. Сверхпроводимость возможна в олове, свинце, алюминии и других металлах. Их значения магнитной восприимчивости меньше $\chi = -10^{-7}$. К настоящему времени известно 35 металлов и более тысячи сплавов и химических соединений различных элементов, обладающих сверхпроводимостью, например, $PbMo_6S$, Nb_3Ge , $LiTiO_4$.

К *парамагнетикам* относятся материалы и вещества с положительным значением магнитной восприимчивости, не зависящей от значения напряженности внешнего магнитного поля.

К числу парамагнетиков относятся щелочные и щелочноземельные металлы, некоторые переходные металлы, соли железа, кобальта, никеля и редкоземельных элементов. Значения магнитной восприимчивости парамагнетиков находятся в пределах $\chi = 10^{-5} - 10^{-2}$ (табл. 1).

Таблица 1. Основные классы магнитных веществ и материалов

Свойство	Знак χ	Значение χ	Зависимость χ от магнитного поля	Значения χ типичных представителей при 25°C	Чем вызван магнетизм
Диамагнетизм	-	$10^{-6} - 10^{-5}$	Нет	$-0,72 \cdot 10^{-6}$ (вода) $-1,13 \cdot 10^{-6}$ (медь) $-14 \cdot 10^{-6}$ (висмут)	Прецессия спаренных электронов 
Супердиамагнетизм (при сверхнизких температурах)	-	$10^{-9} - 10^{-7}$	Нет	Al (Алюминий), Pb (свинец), $PbMo_6S$, Nb_3Ge , $LiTiO_4$	Прецессия спаренных электронов 
Парамагнетизм	+	$10^{-5} - 10^{-2}$	Нет	$0,15 \cdot 10^{-6}$ (кислород) $14 \cdot 10^{-6}$ (вольфрам)	Собственный магнитный момент неспаренного электрона 
Ферромагнетизм	+	$10^2 - 10^4$	Есть	До 650 (железо), до 800 ($Sm_{1-x}Pr_xCo_5$), редкоземельные элементы Gd, Dy, Ho, Er, Tm и др.	Кооперативное выстраивание спинов неспаренных электронов 
Антиферромагнетизм	+	$10^{-4} - 10^{-2}$	Есть	До 10^{-2} – MnO. Свыше – хром (Cr), редкоземельные элементы Ce, Nd, Sm, Tm и др.	Антипараллельное выстраивание спинов неспаренных электронов двух подсистем 
Ферримагнетизм	+	$10^1 - 10^3$	Есть	До 60 ($BaFeO_4$), свыше 60 – ферриты $Me \cdot F_2O_3$ и др.	Антипараллельное выстраивание спинов неспаренных электронов двух разных подсистем 
Метамагнетизм	+	$10^{-4} - 10^{-2}$ $\Leftrightarrow 10^2 - 10^4$	Есть	Антиферромагнетики – $MnAs_2$, диспрозий Dy и эрбий Er – в сильных полях; ферромагнетики $MnAs$, $MnBi$, гольмий – Ho и тербий Tb – в слабых магнитных полях	Переход на и наоборот. 

Ферромагнетики — это материалы и вещества с большим значением положительной магнитной восприимчивости, которая сильно зависит как от напряженности магнитного поля, так и от температуры.

Магнитная восприимчивость ферромагнетиков весьма существенна и находится в пределах $\chi = 10^2 - 10^4$ (табл. 1).

К *антиферромагнетикам* относятся материалы и вещества, в которых спонтанно возникает антипараллельная ориентация элементарных магнитных моментов одинаковых атомов или ионов кристаллической решетки при температуре, ниже некоторого значения. В процессе нагревания осуществляется фазовый переход антиферромагнетика в парамагнитное состояние.

Как известно, антиферромагнетизм обнаружен у хрома, марганца и ряда редкоземельных элементов (Ce, Nd, Sm, Tm и др.).

Значения магнитной восприимчивости антиферромагнетиков составляют $\chi = 10^{-4} - 10^{-2}$ (табл. 1).

Типичными антиферромагнетиками являются простейшие химические соединения на основе металлов переходной группы типа окислов, галогенидов, сульфидов, карбонатов и т.п.

Ферримагнетики — это вещества, магнитные свойства которых обусловлены не скомпенсированным антиферромагнетизмом.

Как и ферромагнетики, ферримагнетики обладают высокой магнитной восприимчивостью ($\chi = 10^1 - 10^3$) (табл. 1), которая существенно зависит от значений напряженности магнитного поля и температуры. Наряду с этим ферримагнетики характеризуются рядом существенных отличий от ферромагнитных материалов [4]. Ферримагнетизмом обладают некоторые упорядоченные металлические сплавы, но, главным образом, — различные оксидные соединения, среди которых наибольший практический интерес представляют ферриты.

В настоящее время особое внимание уделяется изучению явления зонного метамагнетизма — скачкообразного перехода парамагнитной системы зонных электронов в магнитоупорядоченное состояние под действием магнитного поля [11].

В этой связи в табл. 1 дополнительно включен новый класс материалов и веществ — «метамгнетики».

Метамгнетики — новый класс магнитных веществ и материалов [4], которые в слабых магнитных полях ведут себя как антиферромагнитные, а в сильных магнитных полях — как ферромагнитные, или наоборот. Магнитная восприимчивость таких веществ изменяется скачкообразно под действием магнитного поля. Антиферромагнитными в слабых полях являются MnAs₂, диспрозий Dy и эрбий Er, а ферромагнитными — MnAs, MnBi, гольмий Ho и тербий Tb (табл. 1).

Приведем определения новых магнитных материалов — сперомагнетиков, асперомагнетиков и спиромагнетиков по данным работы [5].

Сперомагнетики — кристаллические и аморфные материалы с равновероятным распределением магнитных моментов в любом микроскопическом объеме (за пределами ближайших соседей), вследствие чего их спонтанная намагниченность равна нулю.

Сперомагнетик — материал с бесконечно большим числом различных расположений магнитных моментов, обладающих спонтанной намагниченностью, равной нулю, и имеющих одно и то же значение энергии. В этих материалах существует громадное число равновероятных метастабильных состояний, переход между которыми приводит к термическому гистерезису намагниченности и к временной нестабильности магнитных свойств. При метастабильных состояниях локальные распределения магнитных моментов ближайших ионов, окружающих данный ион, могут различаться. Подобные состояния называются фрустрированными.

Сперомагнетизм часто возникает в «спиновых» стеклах — системах, являющихся твердыми растворами с небольшой концентрацией магнитных ионов в матрице из «немагнитных» ионов. Такими структурами могут быть также проводящие сплавы с малым содержанием переходных элементов [5].

Асперомагнетики — материалы, локализованные магнитные моменты которых ниже температуры магнитного упорядочения $T_{АСП}$ ориентируются в различных атомных позициях случайным образом, но с преимущественной ориентацией вдоль некоторого направления, вследствие чего возникает спонтанная намагниченность.

Асперомагнетизм довольно часто встречается в аморфных материалах — сплавах (Gd-Al, Gd-Ag, Tb-Ag, Dy-Ni и др.) и соединениях 4f- и 3d-элементов. В ряде этих магнетиков флуктуации обменных полей выражены менее резко. Поэтому в асперомагнетиках преобладает некоторое преимущественное направление для магнитных моментов.

Сперимагнетики — материалы, состоящие из двух (или более) магнитных подсистем, связанных между собой отрицательными обменными взаимодействиями. Вследствие этого возникает спонтанная намагниченность. Сперимагнитная структура до некоторой степени похожа на ферримагнитную структуру. В ней также магнитные моменты подрешеток (в кристаллических материалах) или подсистем (в аморфных материалах) направлены противоположно друг другу. Отличие состоит в том, что в сперимагнетике магнитные моменты в одной или обеих подсистемах ориентируются случайным образом в пределах некоторого пространственного конуса. В качестве примера проявления сперимагнетизма можно назвать аморфные соединения Tb-Fe и Tb-Co.

В настоящее время особое внимание уделяется созданию «молекулярных магнетиков», или «молекул-магнитов» (Single-molecule magnets, SMMs) различного состава [12].

Для создания молекулярных магнетиков необходимо выполнение двух условий [13]: 1) подбор «строительных блоков»; 2) поиск современных методов и приемов организации парамагнитных молекул в кристалле или в аморфном твердом теле для обеспечения ферромагнитного порядка спинов.

В качестве строительных блоков используются органические высокоспиновые парамагнитные

молекулы или парамагнитные ионы металлов, как источники несспрєнных электронов, а также органические и элементоорганические мостики, способные реализовать обменные взаимодействия. Состав молекулярных магнетиков безграничен.

Учеными исследуются перспективные подходы к управлению магнитными свойствами молекулярных магнетиков. При этом появляется возможность управлять не только молекулярным, но и кристаллическим строением веществ за счет организации супрамолекулярных архитектур.

Преимуществом новых молекулярных магнетиков над классическими является то, что в их основе лежат различные молекулярные структуры. Благодаря этому молекулярные магнетики проявляют такие качества, как: высокая магнитная восприимчивость, высокая намагниченность, низкая магнитная анизотропия полупроводниковая и изоляционная электропроводность, модуляция и настройка свойств с использованием приемов органической химии, прозрачность, растворимость, биосовместимость, низкая плотность, механическая гибкость, высокая прочность, низкотемпературная технологичность, совместимость с полимерами для создания композитов, а также низкое загрязнение окружающей среды [13]. Обзор различных структур молекулярных магнетиков приводится в работе [12].

Информация — это мера неоднородности распределения энергии системы заряженных частиц материи в пространстве и во времени, результат взаимодействия энергии внешнего зондирующего поля с внутренней энергией материи (вещества), в том числе с потенциальной энергией системы заряженных частиц, находящихся в гравитационном поле. Указанный результат получают в процессе выполнения работы по переносу в пределах данного материала (вещества) энергии системы заряженных частиц из одних точек пространства в другие [1].

Какую информацию получают в результате взаимодействия магнитного поля и вещества? Прежде всего, информацию об изменениях свойств, состояния, структуры вещества и о явлениях и эффектах. В частности, например, получают информацию об изменениях физико-химических параметров вещества, — проводимости, теплопроводности, магнитной и/или диэлектрической проницаемости, механической твердости, объема, веса тела и т.д. (рис. 2 информация). Изменение состояния вещества сопровождается изменением его пластичности, текучести, агрегатного состояния, релаксацией, фазовыми переходами, деформацией тела, изменением состава и др. Причем эти процессы происходят как на микро-, так и на макроуровнях, т.е. на уровне кристаллической решетки, электронной структуры металла, ковалентных связей, формы и т.д. Они сопровождаются явлениями передачи энергии и информации, эффектами Холла, левитации, перемещения, вращения, гравитации и другими.

Следовательно, по результатам взаимодействия энергии магнитного поля с энергией ИО материала или вещества, получают информацию об изменениях свойств, состояния, структуры материала или вещества, а также об эффективности используемых эффектов и явлений, об их новых проявлениях (см. рис. 2, информация).

Выводы

1. Впервые, с позиции системного подхода, обобщены и классифицированы составные части магнитополевых эффектов и явлений энергия магнитного поля, вещества, материалы и информация. Это позволяет устанавливать новые проявления взаимодействия энергии, материи (веществ и материалов) и информации между собой.

2. Основной силовой характеристикой магнитного поля являются как вектор магнитной индукции, так и вектор напряженности магнитного поля.

3. В слабопроводящих средах значение вектора напряженности магнитного поля уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния, а в вакууме — постоянно во времени.

4. В практике исследований магнитополуных эффектов генератор магнитного поля рассматривается как магнитосиловой, спектрообразующий (частотозадающий) и формообразующий источник управляемой энергии магнитного поля.

5. Каждый магнитополевой эффект связан с конфигурацией магнитного поля, его пространственно-временной ориентацией по отношению к исследуемому материалу и характером его воздействия на материал или вещество — одиночными импульсами, пачкой импульсов, непрерывным воздействием, комбинированным и др.

6. Создаваемое магнитное поле по своим параметрам и характеристикам должно обеспечивать априори заложенный характер взаимодействия между покоящимися или движущимися электрическими зарядами вещества или материи.

7. Исследуемые материалы должны рассматриваться как открытые или закрытые физические системы замкнутого или разомкнутого типов, статические или динамические. Только в технических системах замкнутого типа выполняется закон сохранения электромагнитной энергии.

8. В результате обобщений и классификации установлено большое разнообразие веществ и материалов, которые в той или иной степени могут взаимодействовать с магнитным полем. Их магнитная проницаемость приводится, как правило, к единице объема, массы или количества.

9. Приведены основные классы магнитных веществ и материалов и их классификация. Среди них различают материалы и вещества, обладающие такими свойствами, как диамагнетизм, супермагнетизм, парамагнетизм, ферромагнетизм, антиферромагнетизм, ферримагнетизм, метамагнетизм и др. Это свидетельствует о возможности проявления разных эффектов и явлений при взаимодействии их с магнитным полем. Это расширяет наши представления о многообразии природы магнетизма веществ и материалов.

10. Особое внимание учеными уделяется исследованиям молекулярных магнетиков, которые, в отличие от других магнетиков, проявляют такие свойства и качества, как: высокая восприимчивость, высокая намагниченность, низкая магнитная анизотропия, полупроводниковая и изоляционная электропроводность, модуляция и настройка, свойств с помощью приемов органической химии, прозрачность, растворимость,

биосовместимость, механическая гибкость, высокая прочность, низкотемпературная технологичность, совместимость с полимерами для создания композитов и др.

11. Не вызывает сомнения, что информация — это результат взаимодействия вещества (материи) и магнитного поля. Благодаря взаимодействию получают информацию об изменениях свойств, состояния, структуры материала или вещества, о проявлениях всевозможных явлений и эффектов. Полученную информацию используют для управления процессом взаимодействия энергии поля и вещества.

12. Благодаря выполнению конкретных условий осуществления взаимодействия энергии и материи обеспечивается возможность открытия и теоретически обоснованного получения новых эффектов и явлений.

13. Приведенные результаты исследований являются предтечей к изучению и описанию наиболее значимых и типовых магнитных эффектов, а также к изучению явления передачи энергии и информации сквозь проводящую или слабо проводящую среду.

Литература

1. Кондратов В.Т. Фундаментальная метрология. Магнитопольная теория измерений с использованием явления переноса энергии и информации сквозь материал или вещество. Ч. 1. Философские аспекты теории /Проблемы управления и информатики. Киев. — 2018. — с. 125-136.
2. Справочник химика 21. <http://chem21.info/info/461013/>.
3. Магнитное поле. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5.
4. Классификация магнитных материалов и требования к ним. <http://электротехнический-портал.rf/electrotechnicheskoye-materialy/225-klassifikatsiya-magnitnykh-materialov.html>.
5. Основы проектирования СВЧ интегральных микросхем. https://www.bsuir.by/12_100229_1_85510.pdf.
6. Классификация полупроводников. http://life-prog.ru/2_41755_klassifikatsiya-polu-provodnikov.html.
7. Классификация веществ. [http://edufuture.biz/index.php?title=%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2_\(%D0%A5%DB8%D0%BC%D0%B8%D1%8F_11_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81\)](http://edufuture.biz/index.php?title=%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2_(%D0%A5%DB8%D0%BC%D0%B8%D1%8F_11_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81)).
8. Тема V. Вещества и их свойства. <http://compendium.su/chemistry/11klas/39.html>.
9. Основные классы неорганических веществ. https://ido.tsu.ru/schools/chem/data/res/neorg/uchpos/text/g1_1_1.html.
10. Глебов А.Н., Буданов А.Р. Магнитохимия: Магнитные свойства и строение веществ. http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9707_044.pdf.
11. Зонный метамгнетизм. <https://ufn.ru/ru/articles/1988/8/c/>.
12. В.В. Луков, В.А. Коган, И.Н. Щербakov, Л.Д. Попов, С.И. Левченков. Молекулярные магнетики: экспериментально-теоретические основы дизайна магнитных материалов будущего. 2011 г. http://www.ssc-ras.ru/files/files/24-41_Lukov-1.pdf.
13. Молекулярные магнетики – от теоретических знаний к практическому применению (Методическое пособие). <http://iopc.ru/base/File/Bezkishko/magnetics.pdf>.

References

1. Kondratov V.T. Fundamental'naya metrologiya. Magnitopolevaya teoriya izmereniy s ispol'zovaniyem yavleniya perenosy energii i informatsii skvoz' material ili veshchestvo. CH. 1. Filosofskiye aspekty teorii /Problemy upravleniya i informatiki. Kiev. — 2018. — s. 125-136.
2. Spravochnik khimika 21. <http://chem21.info/info/461013/>.
3. Magnitnoye pole. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5.
4. Klassifikatsiya magnitnykh materialov i trebovaniya k nim. <http://elektrotehnicheskij-portal.rf/electrotechnicheskoye-materialy/225-klassifikatsiya-magnitnykh-materialov.html>.
5. Osnovy proyektirovaniya SVCH integr'nykh mikroskhem. https://www.bsuir.by/12_100229_1_85510.pdf.
6. Klassifikatsiya poluprovodnikov. http://life-prog.ru/2_41755_klassifikatsiya-polu-provodnikov.html.
7. Klassifikatsiya veshchestv. [http://edufuture.biz/index.php?title=%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2_\(%D0%A5%DB8%D0%BC%D0%B8%D1%8F_11_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81\)](http://edufuture.biz/index.php?title=%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2_(%D0%A5%DB8%D0%BC%D0%B8%D1%8F_11_%D0%BA%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%81)).
8. Tema V. Veshchestva i ikh svoystva. <http://compendium.su/chemistry/11klas/39.html>.
9. Osnovnyye klassy neorganicheskikh veshchestv. https://ido.tsu.ru/schools/chem/data/res/neorg/uchpos/text/g1_1_1.html.
10. Glebov A.N., Budanov A.R. Magnitokhimiya: Magnitnyye svoystva i stroyeniye veshchestv. http://www.pereplet.ru/nauka/Soros/pdf/9707_044.pdf.
11. Zonnyy metamagnetizm. <https://ufn.ru/ru/articles/1988/8/c/>.
12. V.V. Lukov, V.A. Kogan, I.N. Shcherbakov, L.D. Popov, S.I. Levchenkov. Molekulyarnyye magnetiki: eksperimental'no-teoreticheskiye osnovy dizayna magnitnykh materialov budushchego. 2011 g. http://www.ssc-ras.ru/files/files/24-41_Lukov-1.pdf.
13. Molekulyarnyye magnetiki - ot teoreticheskikh znaniy k prakticheskomu primeneniyu (Metodiche-skoye posobiye). <http://iopc.ru/base/File/Bezkishko/magnetics.pdf>.

Рецензія/Peer review : 29.02.2018 р.

Надрукована/Printed : 7.4.2018 р.

Рецензент