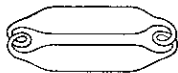


лируемых процессов перезамыкания магн. силовых линий при отклонении профиля $q(V)$ от оптимального, соответствующего минимуму энергии системы. В токемаке предельное β может превышать 5%, в пинче с обращённым полем — в неск. раз выше. В стеллараторных системах расчётное значение β может достигать

Рис. 8. Магнитная ловушка «дракон» — комбинация ловушек с пробочной геометрией и тороидальной системы.



10%. Имеется возможность его увеличить введением прямолинейных участков с пониженным магн. полем при спец. выборе замыкающих элементов, не допускающих перетекания вторичных токов на прямые участки (система «дракон», рис. 8).

Лит.: Арцимович Л. А., Замкнутые плазменные конфигурации, М., 1969; Лукьянов С. Ю., Горячая плазма и управляемый ядерный синтез, М., 1975; Волков Е. Д., Супруненко В. А., Шишкин А. А., Стелларатор, К., 1983.

МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ — вещества, обладающие при темп-рах ниже темп-ры магн. упорядочения самопроизвольной намагниченностью, обусловленной параллельной ориентацией атомных магн. моментов (ферромагнетики при темп-ре ниже Кюри точки T_C) или антипараллельной ориентацией различных по величине суммарных моментов магнитных подрешёток (ферримагнетики при темп-рах ниже Нееля точки T_N). Вид магн. упорядочения и значения T_C и T_N определяются знаком и величиной обменного интеграла (см. Обменное взаимодействие). Представителями ферромагнетиков являются Fe, Co, Ni, Gd, Dy и нек-рые др. редкоземельные металлы (РЗМ), а также их сплавы и соединения; нек-рые сплавы и соединения Mn, Cr, U. К типичным представителям ферримагнетиков относятся ферриты — двойные оксиды переходных металлов со структурой шпинели ($NiFe_2O_4$ и др.), со структурой граната ($Gd_3Fe_5O_{12}$ и др.), с гексагональной структурой ($BaFe_{12}O_{19}$ и др.). К ним же принадлежат известный с древнейших времён магнетит Fe_3O_4 , а также нек-рые сплавы, напр. $GdFe_2$, $MnGe_2$.

К осн. характеристикам М. м. относятся: T_C , T_N , намагниченность насыщения M_s , магнитокристаллография, анизотропия (константы K_1 и K_2), магнитострикция λ_s . Эти свойства в основном определяются хим. составом М. м. Др. свойства — кривая намагничивания $M(H)$, коэрцитивная сила H_c , магнитная проницаемость μ , остаточная намагниченность M_r — существенно зависят от магнитной атомной структуры, в частности от её дефектности. По характеру кристаллич. структуры осн. часть М. м. является поликристаллами; применяют М. м. в виде монокристаллов и магнитных плёнок; всё шире используют аморфные магнетики. Существуют также магнитные жидкости, создаваемые путём коллоидного диспергирования очень мелких частиц М. м.

По комплексу магн. свойств М. м. подразделяются на магнитно-мягкие материалы и магнитно-твёрдые материалы. Для первых характерны малая величина H_c и большая μ , для вторых — большие значения H_c и M_r . Специфика применения М. м. в технике определяется общей совокупностью их свойств. В этой связи из осн. групп М. м. выделяют магнитострикционные материалы, термомагнитные материалы, М. м. для СВЧ, магн. материалы с цилиндрическими магнитными доменами, плёнки с большой плотностью записи информации и др. Области применения М. м. чрезвычайно разнообразны. Осн. масса их используется в электротехнике — трансформаторные и динамические стали для магнитопроводов в трансформаторах, электрогенераторах и моторах, дросселях и накопителях. Детали из М. м. используются при создании сильных и компактных источников постоянного магн. поля, миниатюрных электромоторов, в аппаратуре связи, радиолокации, магн. записи, вычислит. технике и др.

Лит.: Вонсовский С. В., Магнетизм, М., 1971; Мишин Д. Д., Магнитные материалы, М., 1981; Прецизионные сплавы. Справочник, под ред. Б. В. Молотилова, 2 изд., М., 1983.

МАГНИТНЫЕ ПОВЕРХНОСТНЫЕ УРОВНИ — квантовые энергетич. уровни электронов проводимости, движущихся в проводнике вблизи его поверхности под действием параллельной ей постоянного магн. поля. Для возникновения М. п. у. необходимы: большая длина свободного пробега электронов и большая вероятность их зеркального отражения при столкновении с поверхностью проводника. Выполнение этих условий достигается при гелиевых темп-рах (4,2 К) в очень чистых монокристаллах проводников, имеющих оптически гладкую поверхность.

Квазиклассич. картина явления состоит в следующем. М. п. у. возникают в проводнике для электронов, фермиевская скорость v_F к-рых почти параллельна поверхности образца. В пространстве импульсов эти



Рис. 1. а — траектория электрона «скачущего» внутри проводника по его поверхности под действием силы Лоренца, создаваемой магнитным полем; б — траектория «скачущего» электрона в импульсном пространстве; показано сечение поверхности Ферми плоскостью рисунка; О — опорная точка.

электроны находятся на ферми-поверхности в малой окрестности её т. н. опорной точки O , в к-рой v_F точно параллельна поверхности образца. Магн. поле, действуя на электроны этой группы силой Лоренца, удерживает их у поверхности образца. В этих условиях электроны движутся по дугам малой кривизны, возвращаясь к поверхности образца и зеркально отражаясь от неё. Тем самым электроны совершают периодич. движение (электроны «скачут» по поверхности, рис. 1, а), к-рое должно быть квантовано. Разрешёнными оказываются орбиты, для к-рых магн. логот через сегмент, образуемый дугой траектории и поверхностью образца, равен

$$\Phi = (n + 1/4) ch/e, \quad (1)$$

где $n=1, 2, \dots, e$ — элементарный заряд. В импульсном пространстве движению по скачущим орбитам соответствует движение по замкнутой орбите на поверхности Ферми в малой окрестности точки O (рис. 1, б), к-рое квантуется.

Квантовое рассмотрение движения электронов приводит к выражению для значений магн. поля H_{nk} , при к-рых имеют место максимумы резонансного поглощения эл.-магн. поля частоты ν :

$$H_{nk} = \frac{4\sqrt{2}\hbar c}{3e} \nu^{3/2} \left(\frac{R}{v_F^3} \right)^{1/2} (n^{2/3} - k^{2/3})^{-3/2}. \quad (2)$$

Здесь $n, k=1, 2, 3, \dots; n_1=n+1/4; k_1=k+1/4; R$ — радиус кривизны орбиты электронов в точке O .

Экспериментально существование М. п. у. обнаруживается как осцилляции (с амплитудой $\leq 0,1\%$) полного поверхностного сопротивления проводника ($\nu \sim 10-100$ ГГц) в зависимости от магн. поля, изменяющегося в пределах 0,1–100 Э (рис. 2). М. п. у. изучались на монокристаллах Sn, Bi, In, Cd, Al, Cu [1, 2]. Природа осцилляции аналогична эффекту де Гааза — ван Альфена (см. Квантовые осцилляции в магнитном поле). Вычисленные по ф-ле (2) и по известным параметрам поверхности Ферми Bi значения H_{nk} точно совпадают с измеренными максимумами реактивного поверхностного сопротивления образца Bi [3–5].