

особенно с T_N выше комнатной. Особого внимания заслуживают $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и FeVO_3 , в к-рых можно заметно изменять скорость звука, прикладывая сравнительно слабое магн. поле. Среди А., относящихся к боридам и халькогенидам, есть сверхпроводники (напр., SmRhB_4 с темп-рой перехода в сверхпроводящее состояние $T_K=2,7$ К, CdMo_6S_8 с $T_K=1,4$ К и др., см. *Магнитные сверхпроводники*).

Лит.: Нагаев Э. Л., Ферромагнитные и антиферромагнитные полупроводники, «УФН», 1975, т. 117, с. 437; Таблицы физических величин. Справочник, М., 1976; Белов К. П., Редкоземельные магнетики и их применение, М., 1980; Jongh L. J. de, Miedema A. R., Experiments on simple magnetic model systems, «Adv. Phys.», 1974, v. 23, № 1. См. также лит. при ст. Антиферромагнетизм.

АНТИФЕРРОМАГНИТНЫЕ ДОМЕНЫ — области антиферромагн. кристалла (*домены*), в к-рых однороден вектор антиферромагнетизма L или волновой вектор структуры с модулир. спиновой плотностью (в случае антиферромагнетиков с таковой структурой, см. *Магнитная атомная структура*).

В одноосных антиферромагнетиках (АФМ) с анизотропией типа «лёгкая ось», а также в орторомбич. кристаллах и кристаллах более низкой симметрии могут существовать только 180-градусные (180° -) домены, отличающиеся знаком вектора L . В простейшем случае вектор L равен разности намагниченности двух подрешёток магнитных, т. е. 180° -домены отличаются только нумерацией подрешёток. На рис. 1 приведена двухмерная модель доменной стенки между двумя 180° -доменами. Такие стенки получили назв. S -стенки (Spin rotation), а соответствующие 180° -домены — S -доменов.

Существование стенок между А. д. увеличивает обменную энергию и энергию анизотропии АФМ, а также

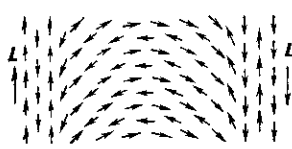


Рис. 1. Изменение направления магнитных моментов ионов (обозначены стрелками) в 180° -градусной доменной стенке, разделяющей два антиферромагнитных домена (двухмерная модель).

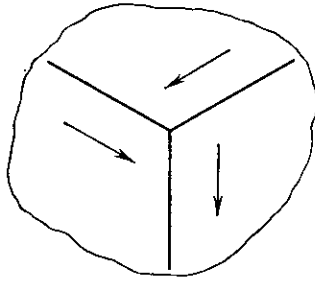


Рис. 2. Пример сочленения T -доменов в тригональном антиферромагнетике (стрелками указаны направления вектора антиферромагнетизма).

его магнитоупругую энергию, но, в отличие от ферромагнетиков, образование А. д. в АФМ не компенсирует прироста энергии за счёт уменьшения внеш. магн. полей (поскольку у АФМ они отсутствуют). Следовательно, доменная структура идеальных АФМ термодинамически неустойчива. Однако опыт показывает, что в большинстве АФМ домены существуют. По-видимому, их устойчивость обеспечивают примеси и др. дефекты решётки кристалла.

Образование А. д. может быть обусловлено тем, что в процессе охлаждения вещества при переходе через *Неггелю точку* T_N антиферромагн. порядок возникает одновременно в нескольких независимых зародышах и характеризуется случайным направлением вектора L . В процессе роста этих зародышей возникают области, на границах между к-рыми регулярное антиферромагн. чередование магн. моментов нарушается, что приводит к образованию доменной стенки (см. *Антиферромагнетизм*).

В одноосных кристаллах с анизотропией типа «лёгкая плоскость» существует неск. осей лёгкой намагниченности (3 — в тригональных кристаллах, 4 — в тетрагональных, 6 — в гексагональных). В этом случае установление антиферромагн. упорядочения сопровождается (за счёт спонтанной *магнитострикции*) существенным понижением кристаллографич. симметрии. При

этом кроме S -доменов могут возникать домены, в к-рых векторы L повернуты относительно друг друга на 120° , 90° и 60° соответственно. Такие домены наз. двойниковыми или T -доменами (Twin). Естественно, что образование магн. T -доменов сопровождается механич. *двойникованием*, хотя величина спонтанной стрикции может быть и ничтожно малой. Пример разбиения тригонального АФМ на T -домены, лежащие в одной плоскости, показан на рис. 2.

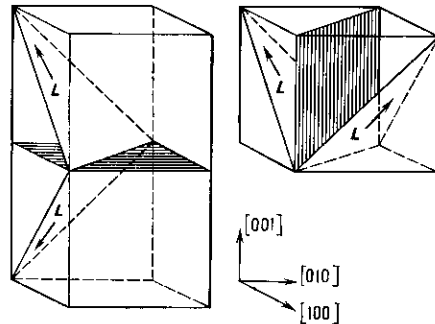
В кубич. кристаллах с антиферромагн. структурой типа NiO , в к-рой образуются ферромагн. слои в плоскостях (111), существует спец. тип T -доменов. Они отличаются тем, какие именно из плоскостей, перпендикулярных четырём пространств. диагоналям, представляют собой ферромагн. слои. Пример T -границы в таком АФМ показан на рис. 3.

В структурах с модулир. спиновой плотностью А. д. могут отличаться направлением волнового вектора структуры.

В АФМ со слабым ферромагнетизмом при повороте вектора намагниченности на 180° на такой же угол меняется и направление вектора L . В этом случае, приложив сравнительно небольшое внеш. магн. поле, удаётся перевести АФМ в однодоменное состояние. В АФМ без слабого ферромагнетизма это удаётся сделать в очень редких случаях, прикладывая одновременно магн. поле и одностороннее давление.

Наблюдать А. д. значительно труднее, чем ферромагнитные домены. T -домены наблюдают оптич. методами

Рис. 3. Два типа границы T -доменов в антиферромагнетиках со структурой NiO (границы показаны штриховкой).



в тонких прозрачных пластинах, что возможно благодаря существованию в АФМ магн. линейного двойного лучепреломления и различию направлений оптич. осей в разных T -доменах. Более универсальными являются методы рентг. и нейтронографич. топографии. Первый метод регистрирует искажение кристаллич. решётки вдоль T -доменной границы, второй — направление (но не знак) вектора L в данной части кристалла.

Для наблюдения S -доменов в MnF_2 успешно применён метод нейтронной топографии с поляризов. пучком нейтронов (1978).

Непосредств. оптич. наблюдение S -доменов удалось осуществить в CoF_2 в 1979 с помощью линейного магнитооптич. эффекта (ЛМОЭ). Симметрия допускает существование ЛМОЭ только в огранич. числе АФМ (в тех же кристаллах, в к-рых возможен *пьезомагнетизм*). Этот эффект состоит в том, что при наложении магн. поля вдоль оптич. оси одноосного АФМ он становится двухпреломляющим для света, распространяющегося вдоль оси кристалла (кристалл становится оптич. двуосным). Разность показателей преломления для света, поляризованного вдоль оси [100] и оси [010], линейно зависит от магн. поля и меняет знак при изменении знака вектора L . Последнее обстоятельство позволяет наблюдать S -домены в оптич. поляризац. экспериментах.

Наличие S -доменов затрудняет наблюдение в АФМ линейных по L эффектов: пьезомагнетизма и магнитоэлектрич. эффекта. Магн. моменты, возникающие при