

неоднородности плотности плазмы или скоростей пучка в результате его торможения. Условия возникновения резонансов могут нарушаться также из-за нелинейных эффектов в движении отд. частиц, а также нелинейных эффектов, обусловленных коллективными взаимодействиями. Эти и др. способы управления П. в. были теоретически исследованы и экспериментально доказаны.

Лит.: Файнберг Я. Б., Взаимодействие пучков заряженных частиц с плазмой, «Атом. энергия», 1961, т. 11, в. 4, с. 313; Веденов А. А., Рютов Д. Д., Квазилинейные эффекты в потоковых неустойчивостях, в сб.: Вопросы теории плазмы, в. 6, М., 1972; Электродинамика плазмы, под ред. А. И. Ахиезера, М., 1974; Шапиро В. Д., Шевченко В. И., Взаимодействие волна-частица в неравновесных средах, «Изв. вузов. Радиофизика», 1976, т. 19, в. 5—6, с. 767; Александров А. Ф., Богданкевич Л. С., Рухадзе А. А., Основы электродинамики плазмы, 2 изд., М., 1988; Незлин М. В., Электронные пучки в плазме, в кн.: Итоги науки и техники. Сер. Физика плазмы, т. 5, М., 1984. См. также лит. при ст. Плазменная электроника.

Я. Б. Файнберг.

ПОУНДА СЕРИЯ — спектральная серия в спектре атома водорода.

Р-ЧЕТНОСТЬ (пространственная чётность) — характеризует поведение волновой ф-ции при пространственной инверсии (отражении пространственных координат: $r \rightarrow -r$). См. Внутренняя чётность, Чётность.

ПЬЕЗА (от греч. *πίεζω* — давить) (пз, рз) — единица давления и механич. напряжения в МТС системе единиц, 1 пз = 1 сН/м² = 10³Па = 10⁴дин/см² = 0,0102 кгс/см² = 9,87·10⁻³ атм = 7,50 мм рт. ст.

ПЬЕЗОКЕРАМИКА — поликристаллич. сегнетоэлектрики, обладающие после их поляризации в электрич. поле устойчивыми и хорошо выраженными пьезоэлектрич. свойствами. Способ изготовления П., её механич. свойства и структура аналогичны обычной керамике. По структуре неполяризов. П. представляет собой совокупность зёрен со случайной ориентацией кристаллографич. осей, причём каждый кристаллит имеет сложную доменную структуру, а полная спонтанная поляризация $P = 0$. Зёрна имеют размеры 2—100 мкм. Размеры зёрен влияют на свойства П. (важна П. с мелкими зёрнами).

В процессе поляризации в пост. электрич. поле дипольные моменты доменов всех зёрен ориентируются вдоль поля. После выключения поля эта ориентация сохраняется и керамика приобретает полярную анизотропию, т. е. переводится в класс пьезоэлектриков с симметрией $C_{\infty v}$ (см. Пьезоэлектрики).

Большинство составов П. основано на хим. соединениях с ф-лой АВО₃ (напр., ВаТiО₃, РbТiО₃) с кристаллич. структурой типа перовскита и различных твёрдых растворов на их основе (напр., системы ВаТiО₃ — СаТiО₃; ВаТiО₃ — СаТiО₃ — СоСо₃; NaNbO₃ — KNbO₃). Особенно широко используются в качестве пьезоэлектриков составы системы РbТiО₃ — РbZrO₃ (т. н. система РZТ или ЦТС). Практич. интерес представляет также ряд соединений с ф-лой АВ₂О₆, напр. РbNb₂О₆, имеющих весьма высокую темп-ру (570 °С), что позволяет работать при высоких темп-рах. П. является наиб. широко применяемым пьезоэлектрич. материалом.

Лит.: Физическая акустика, под ред. У. Мэсона, пер. с англ., т. 1, ч. А, М., 1966; Глоzman И. А., Пьезоэлектрика, 2 изд., М., 1972; Яффе Б., Кук У., Яффе Г., Пьезоэлектрическая керамика, пер. с англ., М., 1974; Окадаки К., Технология керамических диэлектриков, пер. с япон., М., 1976. Р. Е. Пасынков.

ПЬЕЗОМАГНЕТИЗМ (пьезомагнитный эффект) — возникновение в веществе спонтанного магнитного момента при наложении упругих напряжений. П. может существовать только в антиферромагнетиках и ферромагнетиках и принципиально невозможен в пара- и диамагнетиках.

Термодинамич. рассмотрение вопроса о П. основывается на выделении и изучении в разложении термодинамического потенциала Φ членов, линейных по магн. полю H_i и по одной из компонент тензора упругих напряжений σ_{jk} :

$$\Phi = \Phi_0 - \sum_{ijk} \Lambda_{ijk} H_i \sigma_{jk} \quad (*)$$

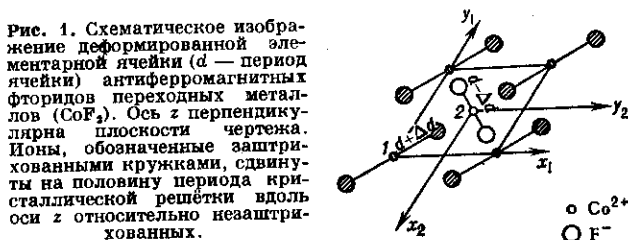
Если все преобразования магн. симметрии данного кристалла оставляют инвариантным хотя бы один член в этом выражении, то соответствующий коэф. Λ_{ijk} (модуль П.) будет отличен от нуля и в кристалле будет возникать пьезомагн. момент $m_i = -\partial\Phi/\partial H_i = \sum_{jk} \Lambda_{ijk} \sigma_{jk}$, зависящий от приложенного напряжения σ_{jk} . Эта идея впервые была высказана В. Фойттом [1]. Однако он ошибочно считал, что достаточно учитывать только кристаллографич. симметрию.

Пара- или диамагнитный кристалл не может быть пьезомагнетиком, поскольку в группу магн. симметрии такого кристалла самостоятельно входит элемент инверсии времени R , к-рый изменяет знаки магн. полей и моментов на обратные (см. Магнитная симметрия). Поэтому для пара- и диамагнетиков все компоненты пьезомагн. тензора Λ_{ijk} тождественно равны нулю. В веществах, обладающих упорядоченной магн. структурой (в ферромагнетиках и антиферромагнетиках), R встречается только в комбинациях с др. элементами симметрии. Поэтому в принципе такие вещества могут быть пьезомагнетиками [2]. Симметричный анализ позволил установить все классы магн. симметрии, к-рые допускают П. Их оказалось 66, и для всех найден вид тензоров Λ_{ijk} . Благодаря симметрии тензора σ_{jk} пьезомагн. тензоры могут быть представлены в виде матриц 3 × 6, и число таких матриц равно 16 [3].

Пьезомагн. момент сравнительно мал. Поэтому практически наблюдать его можно только в антиферромагнетиках, к-рые в нормальных условиях не обладают спонтанным магн. моментом. Теоретич. исследование магн. симметрии известных антиферромагнетиков позволило И. Е. Дзялошинскому [4] (ещё до того, как были найдены все магн. классы, допускающие П.) найти среди них ряд веществ (Fe₂O₃, FeCO₂, MnF₂, CoF₂, FeF₂), в к-рых должен наблюдаться П.

П. в антиферромагнетиках тесно связан с явлением слабого ферромагнетизма. Так же, как и магн. момент слабых ферромагнетиков, пьезомагн. момент может быть направлен перпендикулярно к направлению спонтанной намагниченности магнитных подрешёток или параллельно ему. В первом случае возникает скос векторов подрешёток, приводящий к возникновению пьезомагн. момента. Продольный П. связан с изменением намагниченности подрешёток.

Экспериментально П. обнаружен в 1959 в антиферромагн. кристаллах MnF₂ и СоF₂ [5]. В этих кристаллах в соответствии с соображениями симметрии отличны от нуля только три компонента пьезомагн. тензора: $\Lambda_{xyz} = \Lambda_{yxz}$ и Λ_{zxy} . Для СоF₂ пьезомагн. модули при темп-ре 20,4 К имеют следующие значения: $\Lambda_{xyz} = 2 \cdot 10^{-8}$ Гс·см²/кГ и $\Lambda_{zxy} = 0,8 \cdot 10^{-8}$ Гс·см²/кГ. На примере антиферромагн. фторидов легко понять микроскопич. природу продольного пьезомагн. эффекта.



На рис. 1 показана схема расположения ионов в деформированной тетрагональной решётке, когда кристаллографически эквивалентные узлы 1 и 2 после сдвиговой деформации в плоскости xy перестают быть эквивалентными. При этом расстояние d до ближайших ионов фтора для магн. ионов в подрешётке 1 увеличивается, а для ионов в подрешётке 2 — уменьшается.