



АКУСТИЧЕСКИЙ ЯДЕРНЫЙ МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС

Авторы: В. А. Голенищев-Кутузов

АКУСТИЧЕСКИЙ ЯДЕРНЫЙ МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС (АЯМР), резонансное поглощение энергии акустич. волн системой ядерных спинов твёрдого тела, возникающее при равенстве энергии кванта упругих колебаний (фонона) разности энергий уровней ядерных спинов во внешнем магнитном поле или внутрикристаллич. поле. Это явление аналогично ядерному магнитному резонансу (ЯМР). Впервые теоретически рассмотрено рос. физиком С. А. Альтшулером (1952) и обнаружено У. Проктором и У. Тантилой в США (1955).

Известно неск. механизмов, ответственных за ядерное спин-фононное взаимодействие: модуляция акустич. волной электрического или магнитного внутрикристаллич. поля, модуляция взаимодействий между ядерными спинами и модуляция электронно-ядерных взаимодействий. Распространение акустич. волны в проводящей среде, содержащей свободные электроны, приводит к возникновению переменного магнитного поля, воздействующего на ядерные спины.

Изучение АЯМР проводится на частотах 1–500 МГц путём непосредственного измерения дополнит. поглощения ультразвука в образце при резонансе либо с использованием акустич. насыщения ядерных спиновых уровней. Резонансные акустич. колебания возбуждают переходы между спиновыми уровнями, а возникающее при этом изменение населённостей уровней измеряется по интенсивности сигнала ЯМР.

Метод АЯМР обладает рядом дополнит. возможностей по сравнению с ЯМР. Наиболее подробно методом АЯМР изучены механизмы спин-фононного взаимодействия в разл. диэлектриках, что позволило усовершенствовать теорию внутрикристаллич. полей и определить ряд параметров кристаллич. решётки: угловые

характеристики химич. связей, градиенты электрич. полей на ядрах. Использование двойных магнитно-акустич. резонансов позволило обнаружить ряд новых эффектов: динамич. поляризацию атомных ядер ультразвуком, акустич. многоквантовые переходы.

Методом АЯМР исследованы монокристаллы ряда металлов, сплавов и низкоомных полупроводников. Подобные исследования с помощью ЯМР ограничиваются глубиной проникновения электромагнитного поля в проводник (глубина скин-слоя), в то время как использование АЯМР даёт возможность изучать образцы больших объёмов.

Разработан способ оценки микроскопич. дефектов кристаллов на основе изучения спин-фононных взаимодействий и сравнения ширины линий АЯМР и ЯМР.

Очень большое резонансное поглощение акустич. энергии на спинах магнитоактивных ядер в магнетиках позволило исследовать ряд нелинейных резонансных акустич. эффектов: акустич. ядерное спиновое эхо, самофокусировку и самосжатие (образование солитонов) акустич. импульсов, распространяющихся в среде в условиях ЯМР, вращение плоскости поляризации акустич. волны.

Литература

Лит.: Кессель А. Р. Ядерный акустический резонанс. М., 1969; Голенищев-Кутузов В. А., Самарцев В. В., Хабибуллин Б. М. Импульсная оптическая и акустическая когерентная спектроскопия. М., 1988; Спин-фононные взаимодействия в кристаллах (ферритах) / Отв. ред. Л. К. Зарембо, Е. В. Чарная. М., 1991.