Энциклопедия Физики и техники
www.femto.com.ua

Пользовательског Поиск

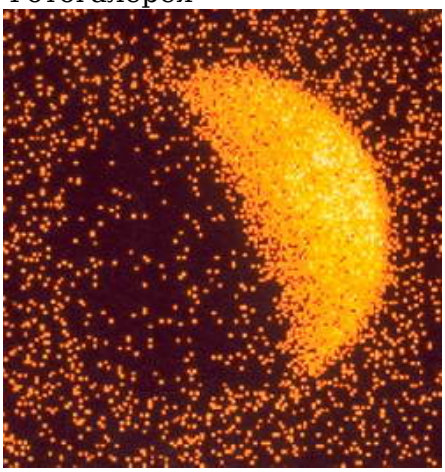
Главная | Физическая энциклопедия | Новости науки и техники

Физическая энциклопедия

- Главная
- Предметный указатель

Поиск

Фотогалерея

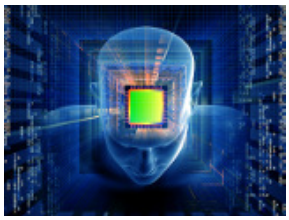


Рентгеновское излучение Луны

Новости науки и техники

История робототехники

Чего ждать от завтрашнего дня?



Главное предназначение робота - заменить человека в тех местах, где требуется высокая физическая устойчивость и точность. Кроме этого, такие устройства довольно часто применяются во время различных испытаний. Беспилотные самолеты-разведчики, саперные тралы, а также известные советские луноходы – все это, они - роботы. Далее...

акустический парамагнитный резонанс

АКУСТИЧЕСКИЙ ПАРАМАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС (АПР) - поглощение энергии акустич. волн определ. частоты (избират. поглощение *фононов*)системой электронных спинов парамагнетика, к-рое возникает при совпадении частоты акустич. волны (энергии фонона) с интервалом между энергетич. уровнями парамагнитного иона в приложенном магн. поле.

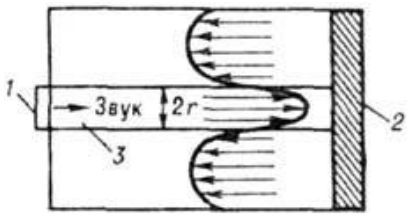


Схема течения, вызванного ограниченным пучком звука: *1* - излучатель; 2 - поглотитель звука; *3* - звуковой пучок.

Предсказан С. А. Альтшулером (1952). АПР можно рассматривать как акустич. аналог *электронного парамагнитного резонанса* (ЭПР). Передача энергии эл--магн. колебаний парамагнитным частицам при ЭПР происходит непосредственно, в то время как передача акустич. энергии при АПР происходит посредством *спин-фононного взаимодействия*.

Известно неск. механизмов спин-фононного взаимодействия. В парамагнетиках наиб. существен механизм, при к-ром акустич. волна гиперзвуковой частоты модулирует *внутрикристаллическое поле* ,а появляющееся при этом эл--магн. поле той же частоты взаимодействует со спином. Поглощение энергии гиперзвуковой волны (фононов) возникает при совпадении частоты поля с разностью выраженных в частотах энергетич. уровней спина в приложенном магн. поле. Др. возможные механизмы спин-фононного взаимодействия - акустич. модуляция магн. диполь-дипольного (или обменного) взаимодействия между электронными спинами; модуляция тонкого или сверхтонкого взаимодействия электронных и ядерных спинов.

АПР наблюдается по изменению поглощения акустич. волны данной частоты в образце парамагнетика в зависимости от напряжённости приложенного магн. поля. Дополнит. *поглощение звука* характеризуется коэф. α_p :

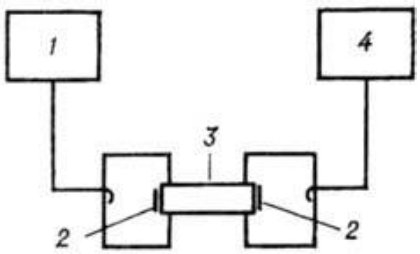
$$\alpha_p = 2W\hbar\omega\Delta n/\rho V v^3,$$

где W - вероятность перехода между спиновыми уровнями n и m под действием гиперзвука с частотой ω, $\Delta n = N_n - N_m$ - разность населённостей спиновых уровней, v - скорость распространения акустич. волны, V - объём образца, ρ - его плотность. Получение значений α_p и его зависимости от взаимной ориентации кристаллографич. осей образца и направлений магн. поля и волнового вектора УЗ-волны - цель измерений при исследованиях АПР.

Измерения поглощения звука обычно выполняются эхо-импульсным методом на частотах ~ 10^{10} Гц. Для уменьшения основного решёточного поглощения звука, маскирующего эффект АПР, измерения проводят при гелиевых темп-рах, Акустич. импульсы излучаются и принимаются пьезоэлектрич. *плёночными преобразователями* 2 (рис.), нанесёнными на противоположные плоскопараллельные торцы образца *3*. Возбуждённые СВЧ-генератором *1* акустич. импульсы распространяются через образец, многократно отражаясь от его торцов. Серия эхо-сигналов поступает в приёмник *4*, где и регистрируется. Для наблюдения АПР на частотах 10^{11}-10^{12} Гц используются методы излучения и приёма упругих колебаний с помощью сверхпроводящих плёнок, нанесённых на торцы исследуемого образца. В таких устройствах электроны сверхпроводника переводятся в возбуждённое состояние за счёт электрич. или лазерного нагрева. Рекомбинация возбуждённого состояния сопровождается излучением монохроматич. фононов с частотой, определяемой шириной сверхпроводящей щели.

С помощью АПР определяют энергетич. спектры парамагнитных ионов, исследуют механизмы спин-фононного взаимодействия, изучают динамику электронно-ядерных взаимодействий и нелинейных процессов.

Как спектроскопич. метод АПР существенно дополняет и расширяет возможности ЭПР, поскольку при акустич. резонансе разрешены практически все переходы между энергетич. уровнями спинов, а в ЭПР - только магн. дипольные переходы.



Блок-схема спектрометра для изучения акустического парамагнитного резонанса.

Наиболее важно изучение с помощью АПР энергетич. спектров ионов с чётным числом электронов (Cr^{2+} , Fe^{2+} и др.), для к-рых характер спектра определяется *Яна - Теллера эффектом*. Использование акустич. фононов с частотами 10^{12} Гц позволило определить особенности энергетич. спектров ионов с большим нач. расщеплением уровней во внутрикристаллич. поле. Исследовано большое число парамагнитных ионов, содержащихся в диамагнетиках, полупроводниках и магнетиках, имеющих синглетное, дублетное и триплетное орбитальные состояния.

С помощью АПР проведены прямые измерения компонент тензора электронного спин-фононного взаимодействия, тогда как с помощью ЭПР определяют только интегральные кинетич. характеристики спин-решёточного взаимодействия. Информацию об искажении симметрии локального внутрикристаллич. поля парамагнетика в результате наличия дислокаций, примесных центров и др.

дефектов структуры даёт изучение формы линий АПР. На этом основан метод контроля качества кристаллов. Одноврем. возбуждение системы ядерных и электронных спинов акустич. и эл--магн. полями создаёт дополнит. возможность исследования особенностей электронноядерных взаимодействий.

Развитие исследований по АПР и спиновой динамике привело к созданию квантовых усилителей и генераторов УЗ. Поскольку коэф. $\alpha_p \sim (N_n\text{-}N_m)$, то при создании инверсии населённости спиновых уровней он становится отрицательным. Благодаря этому в условиях инвертирования при достаточно сильной спинфононной связи происходит усиление акустич. волн на частоте АПР.

Если усиление превосходит затухание упругих волн в кристалле, наступает самовозбуждение системы, сопровождающееся генерацией когерентных фононов. Увеличение мощности распространяющихся через образец акустич. импульсов в условиях АПР позволило обнаружить ряд новых явлений, имеющих место в когерентной оптике,- ультразвуковые спиновое эхо и самоиндуцированную прозрачность. Значительно большее время прохождения акустич. импульса через среду по сравнению с оптич. импульсом даёт возможность получить в этих случаях более точную информацию о механизмах взаимодействия волн разл. природы со средой. При исследовании АПР в кристаллах с параэлектрич. центрами обнаружено взаимодействие гиперзвука с параэлектрич. центрами - модуляция диполь-дипольных связей.

Лит.: Альтшулер С. А., Козырев Б. М., Электронный парамагнитный резонанс соединений элементов промежуточных групп, 2 изд., М., 1972; Такер Дж., Рэмптон В., Гиперзвук в физике твердого тела, пер. с англ., М., 1975; Физика фононов больших энергий, пер. с англ., М., 1976; Магнитная квантовая акустика, М., 1977; Копвиллем У. Х., Сабурова Р. В., Параэлектрический резонанс, М., 1982. В. А. *Голенищев-Кутузов*.

<< Предметный указатель >>

© femto.com.ua
webmaster@femto.com.ua