

Оптич. детектирование электронного парамагн. резонанса (ЭПР) основано на уменьшении созданной светом разности заселённости подуровней $\pm 1/2$ в зоне проводимости под действием переменного поля H_{\sim} с частотой ЭПР. Уменьшение поляризации люминесценции в условиях ЭПР позволяет регистрировать резонанс

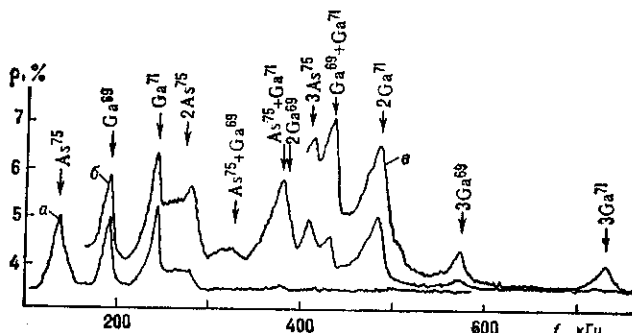


Рис. 5. Спектр ЯМР в кристалле GaAs при $T = 1,9$ К и разных амплитудах переменного магнитного поля (рис. 2): а — односпиновый резонанс ($H_{\sim} \sim 0,16$ Э), б — одно- и двухспиновые ($H_{\sim} \sim 1,6$ Э), в — двух- и трёхспиновые ($H_{\sim} \sim 9,6$ Э).

при малой концентрации неравновесных электронов. Так были определены g -факторы ряда полупроводников, для к-рых обычная техника ЭПР была неэффективной.

Спиновая ориентация горячих электронов. Корреляция между ориентациями спинов и импульсов электронов в момент их возбуждения в кристаллах АПШВ приводит к возрастанию степени циркулярной поляризации «горячей» люминесценции, наблюдаемой на КВ-краю линии рекомбинац. излучения ($\rho > 0,4$ для GaAs). Продольное (относительно возбуждающего луча) магн. поле H нарушает корреляцию спина и импульса электронов из-за различия циклотронной частоты, характеризующей изменение импульса, и ларморовой частоты прецессии спина. Это приводит к необычному изменению циркулярной поляризации люминесценции в продольном магн. поле — величина ρ уменьшается. Анализ зависимостей $\rho(H)$ позволяет изучать в стационарных условиях быстропротекающие процессы импульсной релаксации с характерными временами $\tau \leq 10^{-13}$ с.

Лит.: Дьяконов М. И. и др., Ориентация электронных спинов в полупроводниках, «УФН», 1971, т. 105, с. 772; Захарченя Б. П. и др., Спектр и поляризация фотолюминесценции горячих электронов в полупроводниках, «УФН», 1982, т. 136, с. 459; Оптическая ориентация, под ред. Б. П. Захарченя и Ф. Майера, М.—Л., 1990. В. Г. Флейшер.

ОПТИЧЕСКАЯ ОРИЕНТАЦИЯ ПАРАМАГНИТНЫХ АТОМОВ ГАЗА — ориентация в определённом направлении угл. моментов (механических и связанных с ними магнитных) атомов (или ионов) под действием поляризованного по кругу оптич. излучения резонансной частоты. Открыта А. Кастлером (A. Kastler) в 1953. О. о. является частным случаем оптич. накачки — перевода вещества в неравновесное состояние в процессе поглощения им света.

При О. о. в отсутствие магн. поля угл. моменты атомов ориентируются по или против направления луча ориентирующего света в зависимости от знака круговой поляризации света, а также от сочетания величин угл. момента в основном (J_0) и возбуждённом (J) состояниях атома. Возникает суммарный макроскопич. вектор ориентации. Величина О. о. в простейшем случае двух уровней характеризуется отношением разности населённости уровней к их сумме. При наличии магн. поля в системе сохраняется проекция вектора ориентации на направление вектора магн. индукции.

Если за время жизни возбуждённого состояния атом не подвергается столкновениям с переворотами угл. момента, то процесс ориентации можно рассматривать

как следствие закона сохранения проекции угл. момента в системе атом — излучение: каждый фотон циркулярно поляризов. света обладает проекцией угл. момента ($\pm \hbar$) на направление своего распространения и, будучи поглощён, передаёт этот угл. момент возбуждённому атому — ориентирует его. Спонтанное испускание возвращает атом в осн. состояние, причём ориентация атома в среднем сохраняется (вследствие изотропности спонтанного испускания).

Если ориентация возбуждённых атомов устраняется в результате столкновений, то ориентация атомов в осн. состоянии может возникнуть за счёт различия вероятности возбуждения атомов, по-разному ориентированных относительно луча света. При этом ориентация совпадает со знаком поляризации света, если $J_0 \geq J$, и противоположна при $J_0 < J$. Это приводит к зависимости знака и величины О. о. атомов от спектрального состава ориентирующего света. Так, атомы щелочных металлов в буферных газах (см. ниже) ориентируются двумя линиями гл. дублета (переходы $J_0 = 1/2 \rightarrow J = 1/2$ и $J_0 = 1/2 \rightarrow J = 3/2$) в противоположные стороны, а поэтому ориентация возникает лишь в меру различия интенсивностей этих линий.

Равновесное значение О. о. устанавливается в процессе конкуренции ориентирующего действия света, пропорц. произведению интенсивности света на вероятность поглощения, и процессов дезориентации при межатомных столкновениях и при столкновениях ориентиров. атомов со стенками сосуда. Для атомов, угл. момент к-рых имеет чисто спиновую природу (S -состояние), сечения дезориентирующих столкновений с частицами без спинового момента оказываются очень малы (менее 10^{-30} см² для инертных газов). На атом основано использование таких (т. н. буферных) газов, присутствие к-рых не разрушает ориентацию и одновременно увеличивает время диффузии атомов к стенке сосуда, где ориентация теряется.

Др. эффективное средство сохранения О. о. — за счёт снижения скорости релаксации, к-рое происходит при нанесении на стенки сосуда спец. покрытий с малой энергией адсорбции ориентируемых атомов (напр., парафины). Указанные методы позволяют достичь времён релаксации спина вплоть до 1 с. Для чисто ядерных парамагнетиков (атомы металлов второй группы, гелий ³He) времена релаксации спина ядра могут быть ещё много выше. Длит. времена релаксации позволяют ориентировать атомы светом малой интенсивности, обычно $< 10^{-3}$ Вт/см².

Возникающая О. о. атомов наиб. эффективно детектируется по сопутствующей оптич. анизотропии вещества — по круговому дихроизму поглощения и люминесценции и по круговому двойному лучепреломлению.

Процесс О. о. атомов непосредственно применим к атомам щелочных металлов, металлов второй группы (Cd, Zn, Hg), к атомам инертных газов в метастабильных состояниях и к нек-рым др. С появлением перестраиваемых лазеров стало возможно ориентировать кроме атомов и молекулы, для к-рых характерны большие сечения разрушения ориентации. Мн. объекты, для к-рых прямая О. о. не осуществима по тем или иным причинам (атомы с линиями поглощения в недоступной спектральной области, ионы, свободные электроны), могут ориентироваться при столкновениях с непосредственно ориентируемыми атомами (спиновый обмен).

Техника О. о. атомов проста. Атомарный пар в прозрачной колбе с буферным газом (или буферным покрытием стенок) облучается светом газового разряда в парах того же элемента, к-рый подвергается ориентации. Ориентирующий свет перед облучением паров поляризуется и фильтруется по частоте. Постоянные и переменные магн. поля, налагаемые на рабочий объём, изменяют состояние ориентации, что фиксируется обычно с помощью фотодетектора, измеряющего интенсивность прошедшего света. Часто О. о. осуществляется в атомных пучках.