

углового момента. В соответствии с *отбора правилами* по моменту импульса среда оказывается чувствительной к знаку проекции спина фотона на направление распространения, т. е. к знаку круговой поляризации света.

Квантовомеханич. рассмотрение позволяет выделить три осн. вклада в эффект магнитной круговой анизотропии: «диамагнитный», «парамагнитный» и «ванфлековский». Первый вклад, «диамагнитный», обусловлен зеемановским расщеплением спектральных линий в магн. поле. Он проявляется (в чистом виде) в полосах оптич. переходов из невырожденного изолированного состояния в состояние, расщеплённое магн. полем, и не зависит от темп-ры.

«Парамагнитный» вклад обусловлен различием интенсивностей зеемановских компонент переходов, возникающим вследствие разной населённости магн. подуровней исходного состояния, имеющих (в условиях термодинамич. равновесия) *больцмановское распределение* населённости. На пропорциональности этого вклада намагничённости среды (см. *Парамагнетизм*) базируется использование  $M$  для магн. измерений. Характер зависимости «парамагнитного» вклада от темп-ры и от магн. поля определяется соотношением между величиной магн. расщепления уровней осн. состояния  $\Delta E (H)$  и тепловой энергией  $kT$ . В области малых магн. полей и (или) высоких темп-р ( $kT \gg \Delta E$ ) «парамагнитный» вклад линейно зависит от магн. поля и обратно пропорционален темп-ре (см. *Кюри закон*). В области низких темп-р и сильных магн. полей ( $\Delta E \gg kT$ ) «парамагнитный» вклад, подобно намагничённости, испытывает магн. насыщение. В простейшем случае двукратного вырождения осн. электронного состояния атома эта зависимость описывается ф-цией вида  $\text{th} (\Delta E/2kT)$ .

Третий вклад связан со смешиванием разл. собств. состояний атома под действием магн. поля и (при смешивании подуровней основного состояния) пропорционален поляризац. компоненте намагничённости (парамагнетизм Ван Флека). Этот член магнитооптич. активности не зависит от темп-ры; зависимость появляется только в случае, когда оба смешивающихся состояния оказываются термически заселёнными.

Вклады в магн. круговую анизотропию от двух последних членов характеризуются, как правило, одинаковой спектральной зависимостью, и для их разделения используется различие динамич. свойств: «парамагнитный» член характеризуется конечной скоростью установления равновесного значения, к-рая совпадает со скоростью продольной релаксации намагничённости системы; «ванфлековский» член практически безынерционен (в масштабе времён, существенно превышающих обратную частоту магн. резонанса).

Исследования спектральных, темп-рных и полевых зависимостей магнитооптич. анизотропии парамагнитных сред с локализованными магн. моментами позволяют идентифицировать тип магнитооптич. активности, получить информацию о природе и магн. свойствах состояний, ответственных за оптич. переходы, о симметрии парамагн. центров в твёрдых телах, о характере электронно-колебательного и электронно-ядерного взаимодействия в системе (атоме, ионе) и т. д. При этом вклад «парамагнитного» типа несёт информацию о магн. свойствах осн. состояния системы, «диамагнитного» типа — и об основном, и о возбуждённом состоянии. Зависимость «ванфлековского» вклада от поля в малых магн. полях применяется для исследований сверхтонких взаимодействий кристаллич. поля, межзонного диполь-дипольного, обменного и т. д.

Оптич. анизотропия намагничённой среды проявляется при отражении света от её поверхности. Характер изменения поляризац. состояния света при отражении зависит от взаимного расположения поверхности, плоскости поляризации света и вектора намагничённости. Этот эффект наблюдается в первую очередь в магнитоупорядоченных средах (металлах и диэлектриках) и

наз. магнитооптическим *Керра эффектом*.

Внеш. магн. поле влияет и на пространственные, поляризационные и временные характеристики вторичного свечения веществ (люминесценцию, комбинационное рассеяние, оптич. гармоники и т. д.). Один из таких эффектов  $M$ . обнаруживается в изменении диаграммы направленности и уменьшении степени поляризации свечения газов в слабых магн. полях. Это происходит вследствие изменения соотношения между периодом прецессии момента атома во внеш. поле и временем жизни возбуждённого состояния (*Ханле эффект*). Изучение спектров поляризации вторичного свечения позволяет получать информацию о магн. расщеплении возбуждённых уровней в отсутствие разрешённой зеемановской структуры. Эффект комбинационного рассеяния света в намагничённом парамагнетике, сопровождающийся изменением проекции момента импульса парамагн. центра на направление поля, используется для регистрации намагничённости или для измерения *спиновой температуры* системы.

Магнитооптич. эффекты в кристаллах имеют ряд особенностей, обусловленных наличием в кристаллах собственных выделенных направлений и собственной анизотропии. При этом, напр., даже в оптически изотропных кубич. кристаллах при произвольной (относительно осей кристалла) ориентации магн. поля линейная анизотропия обнаруживается и в геометрии Фарадея, а для геометрии Фойгта в общем случае характерна эллиптич. анизотропия. Феноменология магнитооптич. эффектов в кристаллах существенно меняется при переходе из области линейной зависимости намагничённости от поля в область *магнитного насыщения*, где даже в кубич. кристаллах направление намагничённости перестаёт совпадать с направлением магн. поля.

**М. полупроводников и магнитоупорядоченных кристаллов.** Магнитооптич. свойства чистых полупроводников определяются делокализованными зонными и экситонными состояниями (см. *Зонная теория*, *Экситоны*). Плотность зонных состояний полупроводника во внеш. магн. поле приобретает осциллирующий, квазидискретный характер вследствие расщепления зон на системы подзон Ландау, отстоящих друг от друга на величину кванта  $\hbar\omega_H$ , где  $\omega_H$  — циклотронная частота. Осн. магнитооптич. эффекты в полупроводниках — *циклотронный резонанс* и осцилляции коэф. межзонного поглощения (т. е. осцилляции магнитопоглощения), обусловленные прямыми электронными переходами между уровнями Ландау валентной зоны и зоны проводимости. Осцилляции магнитопоглощения проявляются при сканировании частоты при заданной магн. индукции или при сканировании магн. индукции при фиксированной частоте.

Осцилляции коэф. поглощения полупроводника, находящегося в магн. поле, возможны также при непрямыx переходах электронов (с участием поглощённого или излучённого фонона, необходимого для сохранения квазиимпульса при переходе), а также при запрещённых переходах, к-рые возникают при расщеплении валентных зон вследствие спин-орбитального взаимодействия. Эти эффекты используются для точного определения частот циклотронного резонанса электронов и дырок, для определения параметров зонной структуры полупроводников.

Подзоны Ландау испытывают в магн. поле дополнительное расщепление, обусловленное собственным спиновым магн. моментом электрона. При интенсивном лазерном возбуждении в полупроводнике можно наблюдать вынужденное рассеяние света на электронах проводимости, сопровождающееся переворотом спина. Поскольку величина спинового расщепления на подзоны для некоторых полупроводников оказывается значительной, этот эффект используется для плавной перестройки частоты лазерного излучения с помощью магн. поля (напр., в *комбинационных лазерах*).