

У магнитоупорядоченных кристаллов (ферромагнетиков и антиферромагнетиков) магнитооптич. активность связана не только с антисимметричной частью тензора ε_{ijk} (т. н. гироэлектрич. вклад), но и с антисимметричной частью тензора *магнитной проницаемости* μ_{ijk} (гиромагн. вклад). В отличие от парамагн. сред, где магнитооптич. эффекты инициируются приложенным магн. полем, в магнитоупорядоченных системах магнитооптич. анизотропия определяется в первую очередь спонтанной намагниченностью и может обнаруживаться даже в отсутствие поля. В применении к ферромагн. металлам осн. методом магнитооптич. измерений служит магнитооптич. эффект Керра, а при изучении неметаллич. ферро- и антиферромагнетиков, среди к-рых известно значит. число прозрачных в видимой и близкой ИК областях спектра, используются все описанные магнитооптич. эффекты, наблюдаемые при распространении света через образец. При распространении света вдоль направления намагниченности магнитоупорядоченного кристалла осн. роль играют линейные (точнее, нечётные) по намагниченности магнитооптич. эффекты, а при поперечном распространении света — квадратичные (чётные). При этом в силу высокой степени намагниченности подрешёток в магнитоупорядоченных кристаллах чётные по намагниченности эффекты сопоставимы с нечётными.

Эффективность применения магнитооптич. методов к магнитоупорядоченным кристаллам определяется тем, что внеш. магн. поле, конкурируя с внутр. обменным полем (см. *Обменное взаимодействие*), способно повлиять на магн. состояние системы. Магнитооптич. исследования обменных взаимодействий, магн. фазовых переходов и магн. структуры упорядоченных кристаллов, требующие полей, сопоставимых по величине с эфф. внутр. полем ($\sim 10^5$ Э), часто проводятся с использованием мощных сверхпроводящих и импульсных магнитов.

Магнитооптич. эффекты в металлах, не прозрачных в видимой области спектра, исследуются гл. обр. в отражённом свете. Магнитооптич. эффекты для ферромагн. металлов имеют малую величину, но чрезвычайно важны для исследования *ферми-поверхности* металла.

Интересные и сильные магнитооптич. эффекты наблюдаются в жидких кристаллах (ЖК), состоящих, как правило, из диамагнитных молекул и обладающих сильной анизотропией магн. восприимчивости и электрич. поляризуемости. Хотя магн. восприимчивость молекул ЖК невелика, но из-за кооперативного характера отклика кристалла на внеш. магн. поле энергия магн. взаимодействия может оказаться достаточной для изменения характера его ориентационной упорядоченности. В свою очередь, изменение ориентационной структуры ЖК в силу сильной оптич. анизотропии молекул проявляется в магнитоиндуцированных изменениях величины и характера двупреломления. Сильные эффекты магнитоиндуцированной оптич. анизотропии проявляются в изотропной фазе ЖК, обнаруживая аномальный рост при приближении к точке фазового перехода.

Светоиндуцированное намагничивание. К М. относятся также эффекты, в к-рых оптич. излучение не только зондирует магн. состояние среды, но и активным образом меняет его. Эффекты такого рода могут наблюдаться при оптич. возбуждении намагниченной среды неполяризованным или поляризованным светом, вследствие, напр., фотоиндуцированного изменения концентрации парамагн. центров или в результате простого нагревания системы при поглощении световой энергии. Наиболее интересные эффекты изменения намагниченности твёрдого или газообразного парамагнетика под действием циркулярно поляризованного излучения — *оптическая ориентация*. Поглощение атомами циркулярно поляризованных фотонов приводит к возникновению или изменению намагниченности среды. Оптич. ориентация в принципе может возникать под действием излучения

сколь угодно малой интенсивности при достаточно малых скоростях релаксации намагниченности.

Другого типа светоиндуцированное намагничивание прозрачной среды наблюдается при воздействии на неё мощного циркулярно поляризованного излучения. Термодинамич. рассмотрение этого эффекта показывает, что намагниченность среды создаётся вращающимся переменным электрич. полем, действующим подобно эфф. магн. полю: знак намагниченности определяется знаком циркулярной поляризации света. В иск-ром смысле этот эффект обратен эффекту вращения плоскости поляризации в магн. поле и поэтому его наз. о б р а т н ы м э ф ф е к т о м Ф а р а д е я. Он наблюдается лишь при амплитудах эл.-магн. поля, при к-рых заметна роль *нелинейной поляризуемости* среды. Экспериментально этот эффект наблюдался в кристаллах с примесными парамагнитными центрами, а также в парах металлов.

Магнитооптическим можно также назвать предсказанный на основании электродинамич. рассмотрения эффект взаимодействия света с магн. полем в отсутствие среды, в результате к-рого возможно рождение фотоном электрон-позитронной пары. При энергиях фотона $\hbar\omega > 2m_0c^2$ (m_0 — масса покоя электрона и позитрона) эффект проявляется в виде рассеяния света на магн. поле, а при меньших энергиях — в виде магнитного двупреломления вакуума. Вследствие малой величины эффекта он пока экспериментально не наблюдался.

Исследование отклика вещества на приложенное переменное магн. поле позволяет получать информацию о магн. восприимчивости среды, к-рая, в свою очередь, содержит сведения о динамике парамагн. релаксации системы, об энергетич. структуре осн. электронных состояний магнетика, о взаимодействии парамагн. центров друг с другом и со своим окружением в диапазоне энергий зеемановского расщепления.

Магнитооптич. регистрация изменений намагниченности парамагнетика под действием резонансного СВЧ-поля используется как метод детектирования *эффекта электронного парамагнитного резонанса* (ЭПР). Оптич. регистрация ЭПР в возбуждённом электронном состоянии осуществляется, как правило, детектированием изменений поляризац. структуре, или спектральных характеристик люминесценции, сопровождающей дезактивацию этого состояния.

Применение лазерных поляриметров с чувствительностью к углу поворота плоскости поляризации $\sim (10^{-6} - 10^{-7})$ не только (на 3—4 порядка величины) повысило чувствительность магн. измерений, но и позволило обнаружить новые эффекты. Один из них — вращение плоскости поляризации света, распространяющегося во вращающейся среде, — т. н. «вращательное увлечение эфира». Эффект был предсказан ещё в 1885 Дж. Дж. Томсоном (J. J. Thomson). Хотя эффект проявляется без непосредственного участия магн. поля, его естественно отнести к М. по очевидным симметричным соображениям, можно также сослаться на *Барнетта эффект* — возникновение намагниченности во вращающейся среде. Другой эффект — резонансное возрастание флуктуаций фарадеевского вращения света, к-рый прошёл через парамагн. среду, помещённую во внеш. магн. поле, на частоте магн. резонанса — магн. резонанс в спектре шумов эффекта Фарадея.

Магнитооптич. эффекты используются в устройствах записи и хранения информации (т. н. магнитооптич. диски), в системах управления лазерным излучением (для создания дефлекторов, оптич. затворов, для модуляции света и т. д.), при конструировании пассивных оптич. элементов, лазерных гироскопов, элементов интегральной оптики и т. д.

Лит.: Криничик Г. С., Физика магнитных явлений, 2 изд., М., 1985; Александров Е. Б., Запасский В. С., Лазерная магнитная спектроскопия, М., 1986; Звездин А. К., Котов В. А., Магнитооптика тонких плёнок, М., 1988.

В. С. Запасский.