

В области физики магнитных явлений (2008 год)

Обнаружено возбуждение когерентных магнонов и фононов в слабом ферромагнетике FeVO_3 при использовании субпикосекундных лазерных импульсов. Показано, что микроскопическим механизмом возбуждения является импульсное стимулированное рамановское рассеяние. Построена общая феноменологическая теория наблюдаемого явления, (ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН, г. С - Петербург).

Экспериментально исследованы гейзенберговские антиферромагнетики на пироклорной решетке $\text{Gd}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ и $\text{Gd}_2\text{Sn}_2\text{O}_7$. Наблюдался сильный магнетокалорический эффект в сильном поле, связанный с макроскопическим вырождением магнитного основного состояния за счет фрустрации обменного взаимодействия. Изучен магнитный резонанс в коррелированной и упорядоченных фазах обеих систем. В спектре при низких температурах выделены ветви, соответствующие квази-локальным «мягким модам». Их зависимость от магнитного поля согласуется с предсказаниями теории спиновых волн и экспериментом по адиабатическому размагничиванию, (ИФП им. П.Л. Капицы РАН, г. Москва).

Впервые теоретически предсказано наличие оптических Таммовских состояний на поверхности, разделяющей магнитофотонный кристалл и фотонный кристалл. Найдены условия существования оптических Таммовских состояний. Наличие этих состояний подтверждено экспериментально по резонансному прохождению света и резонансному усилению магнитооптического эффекта Фарадея при частоте, соответствующей Таммовскому состоянию, (ИТПЭ РАН, Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, Технологический Университет Тояхаши, Япония).

На основе исследования электронного парамагнитного резонанса монокристаллов антиферромагнетика KCuF_3 при температурах выше точки Нееля впервые установлено наличие антисимметричного суперобменного взаимодействия спинов ионов меди, индуцированного линейно поляризованными колебаниями мостиковых ионов фторов, (Казанский государственный университет, КФТИ КазНЦ им.Е.К.Завойског, г. Казань).

Приложение.

Развернутые аннотации по достижениям в области магнетизма за 2008 г.

1. С использованием мощных (флюенс на уровне 1-10 мДж/см²) субпикосекундных (длительность ~100 фемтосекунд) импульсов титан-сапфирового лазера наблюдалось возбуждение когерентных магнонов и фононов в слабом ферромагнетике FeVO₃. Показано, что возбуждение когерентных магнонов возможно при использовании линейно-поляризованного и циркулярно-поляризованного света, а эффективность процесса возбуждения определяется в первую очередь магнитной структурой и взаимной ориентацией направления распространения света и векторов антиферромагнетизма и ферромагнетизма. Теоретически и экспериментально показано, что сильная эллиптичность ферромагнитной моды является определяющим фактором в процессе возбуждения и наблюдения когерентных магнонов. Эта сильная эллиптичность приводит к тому, что амплитуда магнонов при возбуждении светом с линейной поляризацией на два порядка превосходит амплитуду магнонов, возбуждаемых светом с циркулярной поляризацией. Доказано, что наблюдаемый процесс является нетермическим и принципиально отличается от наблюдавшегося ранее процесса возбуждения спиновой прецессии за счет механизма фотонаведенной анизотропии. Построена общая феноменологическая теория наблюдаемого явления возбуждения когерентных магнонов (*ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН, г. С. Петербург*).

Публикации

1. A. M. Kalashnikova, A. V. Kimel, R. V. Pisarev, V. N. Gridnev, A. Kirilyuk, and T. Rasing
Impulsive Generation of Coherent Magnons by Linearly Polarized Light in the Easy-Plane Antiferromagnet FeVO₃
Phys. Rev. Lett. **99**, 167205 (2007).
2. A. M. Kalashnikova, A. V. Kimel, R. V. Pisarev, V. N. Gridnev, P. A. Usachev, A. Kirilyuk, and T. Rasing
Impulsive generation of coherent magnons and phonons by subpicosecond laser pulses in the weak ferromagnet FeVO₃
Phys. Rev. B **78**, 104301 (2008).
3. V. N. Gridnev, Phenomenological theory for coherent magnon generation through impulsive stimulated Raman scattering Phys. Rev. B **77**, 094426 (2008).

2. Спиновая динамика магнитных структур с сильно вырожденным основным состоянием
С.С. Сосин, Л.А. Прозорова, В.Н. Глазков, А.И. Смирнов
Институт физических проблем им П.Л. Капицы РАН

Экспериментально исследованы гейзенберговские антиферромагнетики на пирохлорной решетке Gd₂Ti₂O₇ и Gd₂Sn₂O₇. Наблюдался сильный магнетокалорический эффект в сильном поле, связанный с макроскопическим вырождением магнитного основного состояния за счет фрустрации обменного взаимодействия. Изучен магнитный резонанс в коррелированной и упорядоченных фазах обеих систем. В спектре при низких температурах выделены ветви, соответствующие квази-локальным «мягким модам». Их зависимость от магнитного поля согласуется с предсказаниями теории спиновых волн и экспериментом по адиабатическому размагничиванию.

3. Выполнены исследования оптических и магнитооптических свойств магнитофотонных кристаллов, и в частности, теоретически исследованы поверхностные состояния, возникающие на поверхности раздела магнитофотонного кристалла и фотонного кристалла. Теоретически показано, что на границе фотонного кристалла и магнитофотонного кристалла в области перекрытия их запрещенных зон возникает оптическое Таммовское состояние, являющееся прямым аналогом электронного состояния Тамма на поверхности полупроводника. Показано, что возникновение оптического Таммовского состояния должно сопровождаться резонансным прохождением света и резонансным усилением

магнитооптического эффекта Фарадея. Экспериментальная проверка выводов теории осуществлена совместно с группой из Технологического Университета Тояхаши (Япония), для чего методом напыления были изготовлены образцы сопряженных фотонных кристаллов на основе слоев Ta₂O₅, SiO₂, феррит-граната Bi:YIG и изолированных друг от друга таких же кристаллов. Выполненные измерения полностью подтвердили выводы теории (*Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН, Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, Технологический Университет Тояхаши, Япония*).

4. Измерены температурная и угловая зависимости ширины линии ЭПР монокристалла KCuF₃ в парамагнитной области с орбитальным упорядочением состояний меди. Из за кооперативного эффекта Яна-Теллера орбитали ионов меди взаимно упорядочены так, что суперобменное взаимодействие соседних ионов меди, расположенных вдоль кристаллографической оси c , носит антиферромагнитный характер, в то время как спин-спиновое взаимодействие внутри плоскости (ab), способствует ферромагнитным корреляциям. В равновесном состоянии суперобменное взаимодействие через мостиковые ионы фтора, находящиеся на осях (c), может быть лишь симметричным относительно перестановок спинов. Антисимметричное взаимодействие Дзялошинского-Мория запрещено по симметричным правилам отбора. Однако оно появляется, если принять во внимание колебания мостикового фтора около оси (c). Индуцированное линейными колебаниями фторов это динамическое взаимодействие Дзялошинского-Мория, будучи взятое в квадрате, не исчезает при усреднении по фононным переменным. Выполненные в работе расчеты показали, что такое динамическое взаимодействие много больше диполь-дипольного и дает определяющий вклад в ширину линии ЭПР в KCuF₃. При этом также объясняется поведение ширины линии ЭПР при поворотах монокристалла относительно направления внешнего магнитного поля. (*Казанский государственный университет и Казанский физико-технический институт г. Казань*).