

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИТОГОВАЯ
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ
КАЗАНСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
2023 ГОДА

Сборник тезисов



Издательский дом Маковского
Казань, 2023

УДК 001.1(082)

ББК 72я43

И93

- И93 **Итоговая научно-образовательная конференция студентов Казанского федерального университета 2023 года** [Электронный ресурс]: сб. тезисов. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 51,4 Мб). – Казань: Издательский дом Маковского, 2023. – 3883 с. – Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://kpfu.ru/science/nauchno-issledovatelskaya-rabota-studentov-nirs/obschaya-informaciya/arhiv>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-904613-28-0

УДК 001.1(082)
ББК 72я43

ISBN 978-5-904613-28-0

СВЕРХБЫСТРАЯ ФОТОИНДУЦИРОВАННАЯ ДИНАМИКА ЭЛЕКТРОННОЙ И МАГНИТНОЙ ПОДСИСТЕМ В МОНОКРИСТАЛЛЕ ШПИНЕЛИ FeCr₂O₄

Насырова М.И.

Научный руководитель – канд. физ.-мат наук, доцент Юсупов Р.В.

Мультиферроики – класс твердых тел, в которых могут сосуществовать полярное и магнитное упорядочение, взаимодействующие между собой. Электрические и магнитные свойства возникают в материале благодаря его составу и кристаллической структуре. Сильный магнитооптический эффект, проявляющийся в значительном повороте плоскости поляризации при изменении намагниченности, представляет большой интерес как для научных, так и для прикладных исследований. Сложность в анализе твердых тел, которые обладают мультиферроидными свойствами, заключается в большом числе степеней свободы и специфики взаимодействия электрической поляризации с магнитными подсистемами.

В докладе будут представлены результаты экспериментальных исследований методами фемтосекундной оптической и магнитооптической спектроскопии монокристаллического образца соединения со структурой шпинели. В этом соединении ионы Fe²⁺ ($S = 2$) с электронной конфигурацией 3d6 располагаются в тетраэдрически координированных позициях и имеют орбитально-вырожденное основное состояние 5E. Ионы Cr³⁺ ($S = 3/2$) с электронной конфигурацией 3d3 находятся в позициях с октаэдрическим окружением из ионов кислорода. Соединение FeCr₂O₄ проявляет фазовые переходы в состояния с дальним орбитальным упорядочением в подрешетке железа при 138 К, в коллинеарное ферромагнитное состояние при ~ 65 К и состояние со спиральной модуляцией магнитной структуры при 38 К; ниже 100 К также наблюдается индуцируемая электрическим полем долгоживущая поляризация.

Фотовозбуждение световыми импульсами с длительностью 40 фс на длине волны 800 нм приводит к возмущению как орбитального упорядочения, проявляющемуся в динамике коэффициента отражения, так и магнитной структуры. Последнее приводит к динамическому изменению угла поворота плоскости поляризации в полярном магнитооптическом эффекте Керра. Динамика угла поворота Керра различается при длинах волн зондирования 400 нм и 2000 нм, отвечающих переходам между d-зонами, образованными ионами Cr³⁺ и Fe²⁺, соответственно. Наблюданное различие в динамиках намагниченности на разных длинах волн зондирования, на наш взгляд, свидетельствует о возможности спектральной адресации к отдельным магнитным подрешеткам. Определены временные масштабы плавления и восстановления как орбитального, так и магнитного упорядочений в шпинели FeCr₂O₄.

ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ LiYF₄: GD₃₊ ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКИХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

Олейникова Е.И.

*Научные руководители – канд. физ.-мат. наук, доцент Низамутдинов А.С.,
канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник Пудовкин М.С.*

Кристалл LiGdF₄ является новым сложносинтезируемым соединением, который представляет собой актуальный материал для лазерных технологий, а также для создания бесконтактных темпе-

ратурных сенсоров с высоким пространственным разрешением для целей клеточной биологии, гипертермии и сенсорики макроустройств. Характеризация таких соединений на данный момент очень актуальная задача.

К задачам и целям данной работы можно отнести характеристизацию микрочастиц LiYF₄:Gd³⁺, а также исследование таких параметров их люминесценции, как форма спектра люминесценции и кинетики затухания люминесценции в зависимости от температуры.

Микрочастицы LiYF₄:Gd³⁺ были получены путем перемалывания кристаллов, синтезированных методом Бриджмана-Стокбаргера. Фазовый состав был подтвержден методом порошкового рентгенофазового анализа, люминесцентные характеристики были исследованы методом лазерной абсорбционной спектроскопии.

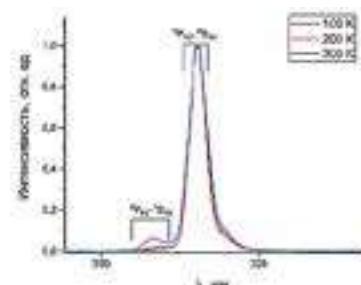


Рис. 1. Нормированные спектры люминесценции образца Gd³⁺ (90 мол.%):
LiYF₄ при температуре 100 К (черный),
200 К (красный), 300 К (синий)

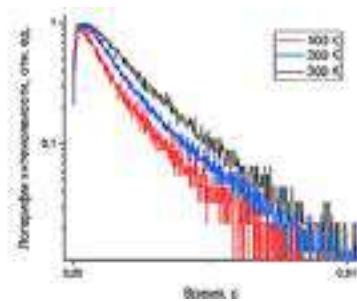


Рис. 2. Кинетики затухания люминесценции образца Gd³⁺ (100 мол.%):
LiYF₄ при температуре 100, 200 и 300 К

В данной работе были детектированы спектры люминесценции, кинетики нарастания и затухания люминесценции (рисунок 1,2) в диапазоне температур 100 – 300 К. Видно, что их форма зависит от температуры. Также были посчитаны времена нарастания и затухания люминесценции Gd³⁺ на длине волны 312 нм (t_{RIZE} и t_{DACAY} , соответственно) путем аппроксимации кинетик затухания люминесценции формулой (1), используя функцию ExpDec1 в пакете программы OriginPro 2018 SR1 v9.5.1.195 x86-x64, изображенные на рисунках 3 и 4.

$$I(t) = C + I_0 e^{-t/\tau}, \quad (1)$$

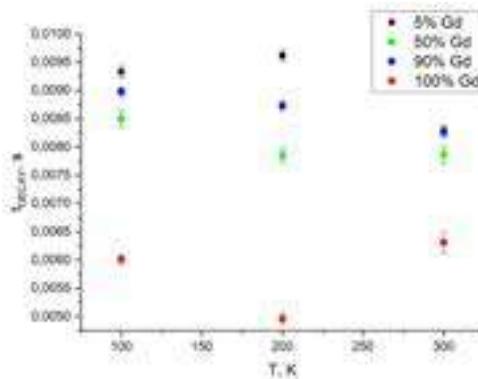


Рис. 3. Время нарастания люминесценции t_{RIZE} для различных концентраций Gd³⁺ (5-100 мол.%) в диапазоне температур 100-300 К

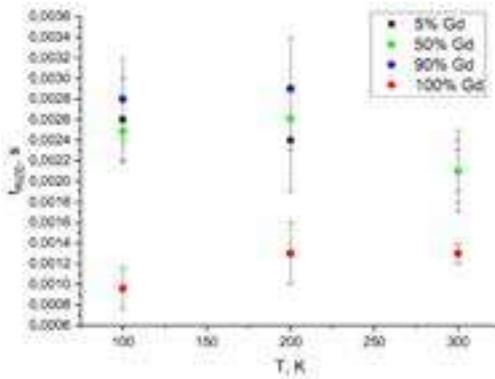


Рис. 4. Время затухания люминесценции t_{DACAY} для различных концентраций Gd³⁺ (5-100 мол.%) в диапазоне температур 100-300 К

По рисункам 3-4 мы видим неоднозначную тенденцию к уменьшению или увеличению времени нарастания или затухания люминесценции при увеличении температуры. Также интересно такое сильное отличие образцов с концентрацией Gd^{3+} 90 и 100 мол.%. Для объяснения наблюдаемых явлений мы планируем провести эксперименты на определение коэффициента распределения Gd^{3+} в кристаллах $LiY_xGd_{1-x}F_4$, так как у нас есть предположение, что концентрация Gd^{3+} в кристалле меняется по длине. В результате мы получаем различные спектрально-кинетические характеристики в зависимости от перемолотой части кристалла. Также планируется провести РФА образцов в диапазоне температур 100-300 К для уточнения температурной чувствительности и ПЭМ для получения средних размеров наночастиц и определения точной концентрации образца.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ 4Н-SiC МЕТОДАМИ ЭЛЕКТРОННОГО ПАРАМАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Санников К.О.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук, доцент Мамин Г.В.

Уникальные свойства SiC, такие как высокая теплопроводность, высокое напряжение пробоя и широкая запрещенная зона, сделали его одним из самых популярных материалов для мощных и высокотемпературных электронных устройств. Различные методы изготовления были применены к SiC для демонстрации и создания сложныхnanoструктур^[819]. Объединив это с уникальным свойством SiC, то есть широкой запрещенной зоной для широкополосного оптического доступа от видимого до инфракрасного, SiC также стал многообещающей платформой для нанофотоники. Совсем недавно дефекты в SiC привлекли внимание для их потенциального применения в квантовых спиновых системах. Благодаря слабому спин-орбитальному взаимодействию имеется возможность для получения больших времен спиновой релаксации^[820].

В настоящей работе исследовался карбид кремния (4H-SiC), облученный потоком высокоэнергетических протонов $E = 12$ МэВ, которые приводят к образованию дефектов в структуре. Нам удалось зарегистрировать сигналы фотоиндуцированного ЭПР (рис.1.) и ДЭЯР при постоянной температуре в высокочастотном диапазоне спектрометра. Возбуждение осуществлялось за счет оптической накачки лазерными источниками с длиной волны 532 нм. Установив оптимальные условия эксперимента, были измерены времена релаксации $T_1 = 105(5)$ мкс и $T_2 = 13,8(4)$ мкс. По результатам ДЭЯР были определены значения сверхтонкого и квадрупольного взаимодействий, подтверждающие природу дефектов NV_{kk} и NV_{hh}.

⁸¹⁹ Widmann, M. Coherent control of single spins in silicon carbide at room temperature // Nature materials 14, 2015, p.164-168

⁸²⁰ Murzakhanov F.F., Yavkin B.V., Mamin G.V. Hyperfine and nuclear quadrupole splitting of the NV ground state in 4H-SiC // Phys. Rev. B 103, 245203, 2021