

Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых
Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского
ФИЦ «Казанский научный центр Российской академии наук»
Институт спектроскопии Российской академии наук
Московский педагогический государственный университет

при поддержке

Министерства науки и высшего образования РФ
Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-02-20080)



XIII МЕЖДУНАРОДНЫЕ ЧТЕНИЯ ПО КВАНТОВОЙ ОПТИКЕ (IWQO – 2019)

**СБОРНИК ТЕЗИСОВ
ЭЛЕКТРОННОЕ ИЗДАНИЕ**

г. Владимир
9 – 14 сентября 2019 г.

УДК 535.3
ББК 22.343

XIII международные чтения по квантовой оптике (IWQO – 2019): Сборник тезисов. г. Владимир, 9– 14 сентября 2019 г. [Электронное издание]. – Москва: Тривант, 2019. – 429 с.: ил.

ISBN 978-5-89513-451-1

В сборнике представлены материалы XIII международных чтений по квантовой оптике (IWQO – 2019). Чтения были организованы Владимирским государственным университетом им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, Казанским физико-техническим институтом им. Е.К. Завойского ФИЦ «Казанский научный центр Российской академии наук» и Институтом спектроскопии Российской академии наук при организационной поддержке Московского педагогического государственного университета (MSPU EPS Young Minds section), и проходили в период с 9 по 14 сентября 2019 в г. Владимир.

IWQO-2019 продолжают серию конференций по актуальным проблемам квантовой оптики и информатики, которые проводятся в РФ при участии представителей зарубежных научно-исследовательских коллективов. Тематические секции конференции охватывают ключевые направления научных и научно-практических исследований в области квантовой оптики и смежных дисциплин. Наряду с фундаментальными задачами квантовой, когерентной и нелинейной оптики, оптической спектроскопии, теории взаимодействия излучения с веществом, на конференции обсуждаются прикладные инновационные и технологические разработки в области квантовой информатики, атомной оптики, нанооптики, плазмоники и фотоники.

Материалы сборника могут представлять интерес для ученых и специалистов, работающих в области квантовой оптики и смежных дисциплин, а также студентов и аспирантов, желающих получить представление о последних научных достижениях в данной области естествознания.

Постоянный web-адрес международных чтений по квантовой оптике: <http://iwqo.su/>.

ПЕРВОЕ НАБЛЮДЕНИЕ АНТИПЕРЕСЕЧЕНИЙ СВЕРХТОНКИХ УРОВНЕЙ В ОПТИЧЕСКОМ СПЕКТРЕ

К.Н. Болдырев^{1,*}, М.Н. Попова¹, Б.З. Малкин², Н.М. Абишев²

¹Институт спектроскопии РАН
108840, Москва, Троицк, ул. Физическая, д.5

²Казанский Федеральный Университет
420008, Казань, ул. Кремлевская, д.18

*e-mail: kn.boldyrev@gmail.com

Сообщается о первом прямом наблюдении антипересечений сверхтонких подуровней в оптическом спектре. Эффект наблюдался в спектре поглощения высокого разрешения кристалла ${}^7\text{LiYF}_4:\text{Ho}^{3+}$ (0,1 ат.%) во внешнем магнитном поле, параллельном тетрагональной оси кристалла. Анализ спектральных огибающих, соответствующих переходам между электронно-ядерными подуровнями некрамеровских дублетов и синглетов ионов Ho^{3+} , на основе микроскопической модели электронной конфигурации $4f^{10}$ позволил получить информацию о сверхтонкой структуре электронных синглетов, ядерных квадрупольных взаимодействиях и случайных деформациях кристаллической решетки.

Ключевые слова: антипересечения уровней, сверхтонкая структура, $\text{LiYF}_4:\text{Ho}$, спектроскопия высокого разрешения, FTIR, случайные деформации

Антипересечение (расталкивание) уровней с образованием щели в спектре возбуждений наблюдается в разных системах (атомные и молекулярные газы, полупроводники, молекулярные и атомные примесные центры в диэлектриках) при измерении некоторого непрерывного параметра в гамильтониане (например, магнитного поля). Антипересечение уровней вызывает много интересных явлений. В частности, антипересечение электронно-ядерных (сверхтонких) уровней в сильно разбавленном парамагнетике $\text{LiYF}_4:\text{Ho}^{3+}$ приводит к ступенькам в низкотемпературной намагниченности кристалла [1]. До сих пор, насколько нам известно, антипересечение сверхтонких уровней явно наблюдалось только в спектрах ЭПР. Здесь мы сообщаем о первом непосредственном наблюдении антипересечения сверхтонких уровней в оптическом спектре.

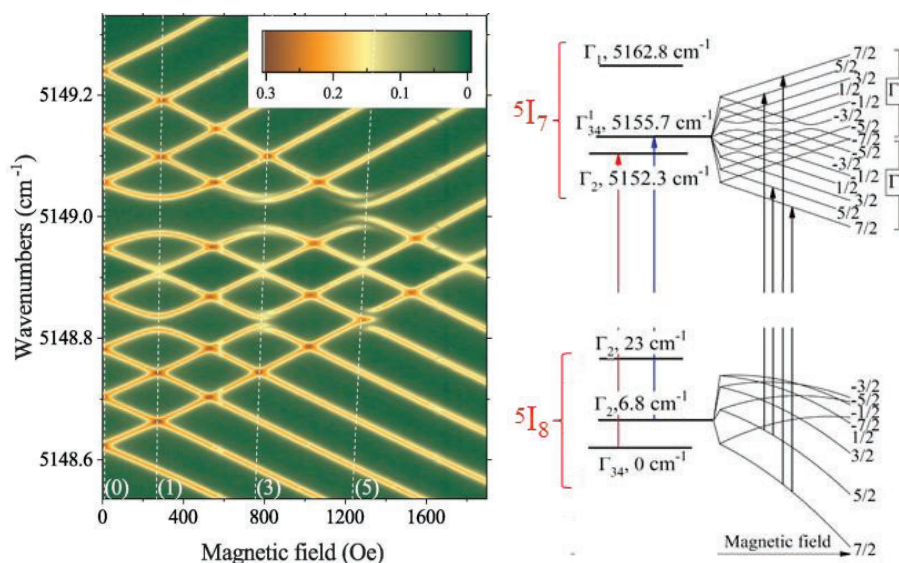


Рис.1 Карта интенсивностей сверхтонкой структуры в спектре поглощения в зависимости от магнитного поля и схема перехода 5I_8 - 5I_7 .

Эффект наблюдался в спектре моноизотопного монокристалла ${}^7\text{LiYF}_4:\text{Ho}^{3+}$ во внешнем

магнитном поле. В работе измерены низкотемпературные (5 К) спектры поглощения (в диапазоне энергий 5000–15000 см⁻¹ с разрешением до 0,001 см⁻¹) кристалла ⁷LiYF₄:Ho³⁺ (0,1 ат.%) в магнитное поле (до 180 мТл), параллельном тетрагональной оси кристалла [1,2]. В точках ожидаемого пересечения электронно-ядерных уровней, отличающихся в проекциях ядерного спина на $\Delta m = 2$ и $\Delta m = 0$, наблюдались разрывы 0,01-0,06 см⁻¹ (300 МГц - 1,8 ГГц). Проведено моделирование спектров на основе гамильтониана, включающего энергию свободного иона, взаимодействие с кристаллическим полем, зеемановское, электронно-деформационное, магнитное дипольное и электрическое квадрупольное сверхтонкие взаимодействия. Было показано, что антипересечения с $\Delta m = 2$ обусловлены членом $A_J(J_x I_x + J_y I_y)$ в сверхтонком взаимодействии. Получена информация о сверхтонкой структуре электронного синглета и электрическом квадрупольном взаимодействии. Антипересечения при $\Delta m = 0$ имеют другую природу – они обусловлены случайными деформациями кристаллической решетки и несут информацию о функции распределения деформаций в кристалле. Этот эффект может быть использован в качестве чувствительного метода контроля качества кристаллов, что необходимо, например, для приложений в квантовой информатике. На основе антипересечений $\Delta m = 2$ могут быть построены трехуровневые Λ и V системы для оптической квантовой памяти с равными вероятностями переходов в плечах.

Работа выполнена на Уникальной Научной Установке (УНУ) ИСАН «Мультифункциональная широкодиапазонная спектроскопия высокого разрешения» (УНУ МШСВР ИСАН) в рамках проекта «Фурье-спектроскопия высокого разрешения материалов фотоники» в Программе Президиума РАН «Современные проблемы фотоники».

Литература

1. R. Giraud, W. Wernsdorfer, A. M. Tkachuk, D. Mailly, B. Barbara // Phys. Rev. Lett. 2001. V. 87, 057203.
2. M.N. Popova, K.N. Boldyrev // Optical Materials. 2017. V. 63. P.101.
3. K.N. Boldyrev, M.N. Popova, B.Z. Malkin, N.M. Abishev // Phys. Rev. B. 2019. P.041105(R).

FIRST OBSERVATION OF THE HYPERFINE LEVELS' ANTICROSSING IN THE OPTICAL SPECTRUM

K.N. Boldyrev^{1,*}, M.N. Popova¹, B.Z. Malkin², N.M. Abishev²

¹*Institute of spectroscopy RAS
108840, Moscow, Troitsk, Fizicheskaya st. 5*

²*Kazan Federal University
420008, Kremlevskaya st. 18*

*e-mail: kn.boldyrev@gmail.com

We report the first direct observation of hyperfine levels' anticrossing in the optical spectrum. The effect was observed in the high-resolution absorption spectra of the ⁷LiYF₄: Ho³⁺ crystal (0.1 at.%) in an external magnetic field parallel to the tetragonal axis of the crystal. An analysis of the spectral envelopes corresponding to the transitions between the electron-nuclear sublevels of non-Kramers doublets and singlets of Ho³⁺ ions, based on the microscopic model of the electronic configuration 4f¹⁰, allowed us to obtain information on the hyperfine structure of electronic singlets, nuclear quadrupole interactions, and random deformations of the crystal lattice.

Key words: level anticrossing, hyperfine structure, LiYF₄:Ho, high resolution spectroscopy, FTIR, random lattice deformations.