

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный технологический
университет»

УДК 548

№ ГР 20063214

Инв № _____

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по научной работе



О Т Ч Е Т

О научно-исследовательской работе
*«Компьютерное моделирование фотоники молекулярных наноструктур на
основе элементов с достраиваемой электронной оболочкой»*

2010-Г/Б №339__

Заключительный

Научный руководитель

А.А.Корниенко

Начальник НИС

С.А.Беликов

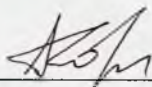
Витебск, 2010г.

Библиотека ВГТУ



СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный руководитель
доктор физ.-мат. наук,
профессор, г.н.с




дата, подпись
21.12.2010

Корниенко Алексей
Александрович
(Введение, заключение)

Исполнители:

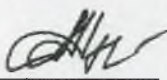
кандидат физ.-мат. наук,
доцент, в.н.с.



дата, подпись
21.12.2010

Дунина Елена
Брониславовна
(Раздел 1-2)

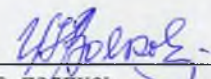
с.н.с.



дата, подпись
21.12.2010

Фомичёва Людмила
Александровна
(Раздел 3,4)


м.н.с.



дата, подпись
21.12.2010

Волков Игорь
Николаевич
(Раздел 1)

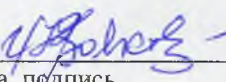
Лаборант



дата, подпись
21.12.2010

Коточигова Наталья
Николаевна
(Раздел 1)

Нормоконтролёр



дата, подпись
21.12.2010

Волков Игорь
Николаевич



РЕФЕРАТ

Отчет 165 с., 5ч., 39 табл., 14 – рис. 173 источника.

ПРАЗЕОДИМ, ДИСПРОЗИЙ, УРАН, ЕВРОПИЙ, ТУЛИЙ, ЭЛЬПАСОЛИТЫ, ДВОЙНЫЕ МОЛИБДАТЫ, СИЛЬНОЕ КОНФИГУРАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ, $\text{YPO}_4:\text{Pr}^{3+}$, $\text{U}^{4+}:\text{ZrSiO}_4$, $\text{M}^+\text{Bi}(\text{XO}_4)_2$, $\text{M}^+=\text{Li}$, Na и $\text{X}=\text{W}$, Mo ; $\text{LiNbO}_3:\text{Dy}^{3+}$, $\text{Pr}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, ИНТЕНСИВНОСТИ АБСОРБЦИОННЫХ ПЕРЕХОДОВ, ШТАРКОВСКОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ МУЛЬТИПЛЕТОВ.

Объектом исследования являются: оптические центры в оксидных лазерных материалах, двойные молибдаты, активированные ионами празеодима, кристаллы $\text{YPO}_4:\text{Pr}^{3+}$, эльпасолиты, активированные ионами тулия.

Цель работы: – установить оптимальный метод моделирования интенсивности абсорбционных переходов, вычисления времени жизни мультиплетов и коэффициентов ветвления люминесценции с них; определить оптимальный гамильтониан кристаллического поля, учитывающий сильное влияние возбужденных конфигураций на шарковское расщепление отдельных мультиплетов.

В результате исследования предложен метод вычисления средних $\langle r^k \rangle$ на модифицированных водородоподобных функциях. Вычислены $\langle r^k \rangle$ для лантаноидов и актиноидов.

Построены графики пространственного распределения электронной плотности в синглетных и триплетных мультиплетах. Впервые получены эффективные операторы, с помощью которых можно учесть аномальное воздействие возбужденных конфигураций на некоторые мультиплеты.

Применение эффективных операторов впервые позволило получить удовлетворительное описание одновременно интенсивности абсорбционных переходов, коэффициентов ветвления люминесценции и времени жизни иона Pr^{3+} в монокристаллах $\text{M}^+\text{Bi}(\text{XO}_4)_2$, $\text{M}^+=\text{Li}$, Na и $\text{X}=\text{W}$, Mo .

В таком же приближении достигнуто удовлетворительное описание шарковского расщепления мультиплетов иона Pr^{3+} в эльпасолитах. Полученные при этом параметры ковалентности удовлетворительно согласуются с параметрами, полученными другими методами. Это свидетельствует о реалистичности предложенных операторов.

Впервые получено взаимосогласованное описание абсорбционных и люминесцентных переходов для $\text{LiNbO}_3:\text{Dy}^{3+}$.

Установлено, что наилучшее описание шарковского расщепления мультиплетов в кристалле $\text{U}^{4+}:\text{ZrSiO}_4$ достигается с помощью модифицированного гамильтониана кристаллического поля, полученного в приближении сильного конфигурационного взаимодействия. Впервые из описания шарковской структуры получены параметры нечетного кристаллического поля и параметры ковалентности для урана. Параметры ковалентности, полученные таким способом, по порядку величины хорошо

согласуются с параметрами, полученными из экспериментов по двойному электронно-ядерному резонансу.

Установлено, что мультиплеты 3F_4 , 3H_5 и 1G_4 иона тулия в эльпасолитах аномально сильно взаимодействуют с возбужденной конфигурацией соответствующей переносу заряда.

По экспериментальным данным кристаллического расщепления мультиплетов определены параметры пространственного распределения электронной плотности для иона тулия в хлоридных и фторидных эльпасолитах. Определенные по такой методике параметры ковалентности хорошо согласуются с соответствующими параметрами, определенными другими методами, что подтверждает корректность предлагаемой методики.

При исследовании кристаллического расщепления мультиплетов установлено, что наилучшее описание расщепления мультиплетов иона Pr^{3+} в монокристалле YPO_4 достигается с помощью модифицированного гамильтониана кристаллического поля, полученного в приближении аномально сильного конфигурационного взаимодействия.

Из описания штарковской структуры мультиплетов кристалле $Pr^{3+}:Y_3Al_5O_{12}$ иона Pr^{3+} получены параметры ковалентности и параметры нечетного кристаллического поля, на основе которых вычислены параметры интенсивности. Вычисленные таким образом параметры интенсивности удовлетворительно согласуются с параметрами, полученными из описания экспериментальных значений сил осцилляторов абсорбционных переходов. Это подтверждает существование корреляции между тонкими деталями штарковской структуры мультиплетов и интенсивностями абсорбционных переходов иона Pr^{3+} в кристалле $Y_3Al_5O_{12}$.

Применение нового гамильтониана позволило по экспериментальным значениям расщепления мультиплетов, полученным в оптической спектроскопии, определить параметры пространственного распределения электронной плотности и параметры кристаллического поля нечетной симметрии. Разработанный алгоритм можно рассматривать как новую методику определения параметров кристаллического поля нечетной симметрии и параметров ковалентности методами оптической спектроскопии.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Часть 1. Моделирование характеристик интенсивности поглощения и люминесценции оксидных наноструктур</i>	8
Введение.....	8
1 Расчет матричных элементов $\langle r^k \rangle$ на модифицированных водородоподобных функциях.....	10
2 Моделирование интенсивности абсорбционных переходов лазерного кристалла $\text{LiNbO}_3:\text{Dy}^{3+}$ в приближении промежуточного конфигурационного взаимодействия	15
3 Моделирование кристаллического поля циркона в приближении сильного конфигурационного взаимодействия.....	20
3.1 Вводные замечания.	20
3.2 Гамильтониан кристаллического поля в различных приближениях.	21
4 Моделирование интенсивности спектральных линий в цирконе	23
4.1 Результаты и их обсуждение	24
Заключительные замечания к части I.	31
Список использованных источников части I.	33
<i>Часть 2. Моделирование интенсивностей абсорбционных переходов в лазерных материалах с сильным конфигурационным взаимодействием</i>	38
Введение к части II.	38
5 Пространственное распределение электронной плотности в синглетных и триплетных мультиплетах.....	40
6 Эффективный оператор силы осциллятора перехода и кристаллического поля в приближении сильного конфигурационного взаимодействия.....	50
6.1. Вводные замечания	50
6.2. Оператор силы линии межмультиплетных переходов.....	51
6.3. Гамильтониан кристаллического поля.....	55
7 Моделирование интенсивности абсорбционных переходов для материалов с сильным кофигурационным взаимодействием.....	58

Заключительные замечания к части II	66
Список использованных источников в части II	67
<i>Часть 3. Определение параметров распределения электронной плотности в молекулярных наноструктурах методами оптической спектроскопии</i>	72
Введение к части III	72
9. Расчет матриц U^2 , U^4 , U^6 для иона Eu^{3+} в фосфатных и флюорофосфатных стеклах	74
9.1 Волновые функции и энергии мультиплетов иона Eu^{3+}	74
9.2 Матрицы U^2 , U^4 , U^6 иона Eu^{3+}	82
10 Описание абсорбционных и излучательных переходов иона Eu^{3+} в стеклах различного состава	84
11 теоретическое изучение штарковского расщепления мультиплетов иона Pr^{3+} в YAG	87
11.1 Введение	87
11.2 Теоретические основы	87
12 определение параметров пространственного распределения электронной плотности иона Pr^{3+} в YAG	93
Заключительные замечания к части III	103
Список использованных источников части III	105
<i>Часть 4. Разработка принципов определения симметрии оптических центров методами оптической спектроскопии</i>	111
Введение к части IV	111
13 Расчет матриц U^2 , U^4 , U^6 для иона Tm^{3+} в наноконплексах TmF_6^{3-} и $TmCl_6^{3-}$	112
14 компьютерное моделирование штарковской структуры мультиплетов оптических центров TmF_6^{3-} кубической симметрии	117
14.1 Основные формулы	117
14.2 Обсуждение результатов	119
15 Компьютерное моделирование штарковской структуры мультиплетов оптических центров $TmCl_6^{3-}$ кубической симметрии	124

16	Определение параметров пространственного распределения электронной плотности в кубических оптических центрах TmF_6^{3-} и $TmCl_6^{3-}$	129
	Заключительные замечания к части IV	132
	Список использованных источников в части IV	134
	<i>Часть 5. Компьютерное моделирование оптических спектров наноструктур на основе элементов с достраиваемой f-оболочкой</i>	137
	Введение к части V	137
17	Анализ сил линий абсорбционных переходов $KY(MoO_4)_2:Pr^{3+}$ в различных приближениях теории интенсивностей	138
17.1	Краткая теория.....	138
17.2	Обсуждение результатов моделирования абсорбционных переходов в различных приближениях теории интенсивностей	140
18	Компьютерное моделирование коэффициентов ветвления люминесценции $KY(MoO_4)_2:Pr^{3+}$	142
18.1	Краткие выводы по результатам моделирования абсорбционных и излучательных переходов.	145
19.	Анализ кристаллического расщепления мультиплетов $YPO_4:Pr^{3+}$ в приближении слабого конфигурационного приближения	146
19.1	Вводные замечания.....	146
19.2	Основы теории кристаллического поля.....	147
19.3	Результаты расчета в приближении слабого конфигурационного взаимодействия	148
20.	Компьютерное моделирование кристаллического поля в $YPO_4:Pr^{3+}$	154
20.1	Краткие выводы по результатам компьютерного моделирования кристаллического расщепления мультиплетов.....	159
	Заключение	160
	Список использованных источников	162

Список использованных источников части I.

1. Собельман И.И. Введение в теорию атомных спектров. –М.: Физматгиз, 1963, - 640 с.
2. Freeman A.J. and Watson R.E. Theoretical Investigation of Some Magnetic and Spectroscopic Properties of Rare-Earth Ions // Phys. Rev., 1962, V. 127, p. 2058-2075
3. Lenander C. J. Parametrized Slater Modified Hartree-Fock Method Applied to Actinide ions // Phys. Rev., 1963, V. 130, p. 1033-1035
4. Krupke W. F. Optical Absorption and Fluorescence Intensities in Several Rare-Earth-Doped Y_2O_3 and LaF_3 Single Crystals// Phys. Rev., 1966, V. 145, p. 325-337
5. Malinowski M., Myziak P., Piramidowicz R., Pracka I., Lukasiewicz T., Surma B., Kaczmarek S., Kopczyński K., Mierczyk Z.. Spectroscopic and laser properties of $LiNbO_3:Dy^{3+}$ crystals //Acta Phys. Polonica A. 1996, V. 90, N1, p.181-189.
6. Judd B.R. Optical Absorption Intensities of Rare-Earth Ions // Phys.Rev. 1962, V.127, N3, p. 750-761.
7. Ofelt G.S. Intensities of crystal spectra of rare-earth ions // J.Chem.Phys. 1962, V.37, N3. p. 511-520.
8. Kornienko A.A., Kaminskii A.A., Dunina E.B. Dependence of the Line Strength of f-f Transitions on the Manifold Energy. II. Analysis of Pr^{3+} in $KPrP_4O_{12}$ // Phys. Stat. Sol.(b). 1990, V.157, N1, p.267-273.
9. Дунина Е.Б., Каминский А.А., Корниенко А.А., Курбанов К., Пухов К.К. Зависимость силы линий электрических дипольных f-f переходов от энергии мультиплетов иона Pr^{3+} в $YAlO_3$ // ФТТ. 1990, Т.32, с. 1568.
10. Корниенко А.А., Дунина Е.Б., Янкевич В.Л. Влияние эффектов смешивания конфигурации на штарковскую структуру мультиплетов иона Pr^{3+} в $LiYF_4$ //Письма в ЖТФ. 1994, Т. 20, с. 27-30
11. Thorne J. R. G., Jones M., McCaw C. S., Murdoch K. M., Denning R. G. and Khaidukov N. M. Two-photon spectroscopy of europium(III) elpasolites //J.

Phys.: Condens. Matter. 1999, Vol. 11, p. 7851-7866

12. Корниенко А.А., Каминский А.А., Дунина Е.Б. Влияние межконфигурационного взаимодействия на кристаллическое поле Ln^{3+} - ионов // ЖЭТФ. 1999, Т.116, Вып. 6, с. 2087.
13. Faucher M.D., Tanner P.A., Mak C.S.K. Electronic Spectra and Configuration Interaction of Tm^{3+} in TmCl_6^{3-} // J. Phys. Chem. 2004, Vol. 108, p. 5278-5287
14. Корниенко А.А., Дунина Е.Б. Определение параметров интенсивности по тонким деталям штарковской структуры энергетического спектра иона Tm^{3+} в $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ // Опт. и спектр. 2004, Т.97, № 1, с. 75 - 82.
15. Корниенко А.А., Дунина Е.Б. Зависимость штарковской структуры от энергии мультиплетов // Письма в ЖЭТФ. 1994, Т.59, № 6, с. 385-388
16. Корниенко А.А., Дунина Е.Б. Определение параметров интенсивности по тонким деталям штарковской структуры энергетического спектра иона Tm^{3+} в $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ // Опт. и спектр. 2004, Т.97, №1, С. 75-82.
17. Wyckoff R.W.G. Crystal structures // Interscience publishers LTD., London. 1951.
18. Малкин Б.З. // Сб. Спектроскопия кристаллов. Ленинград: Наука. 1973, с.30-42
19. Campos A.F., Meijerink A., Donegá C. de Mello, and Malta O.L A theoretical calculation of vibronic coupling strength: the trend in the lanthanide ion series and the host-lattice dependence // J. Phys. Chem. Solids. 2000, Vol.61, p. 1489-1498
20. Richman I., Kisliuk P. and Wong E. Y. Absorption Spectrum of U^{4+} in Zircon (ZrSiO_4) // Phys. Rev. 1967, Vol.155, №2, p. 262-267.
21. Mackey D.J., Runciman W.A. and Vance E.R. Crystal-field calculation for energy levels of U^{4+} in ZrSiO_4 // Phys. Rev. B. 1975, Vol.11, №1, p. 211-218
22. Anikeenok O.A., Eremin M.V., Falin M.L., Konkin A.L., Meiklyar V.P. ENDOR and transferred spin densities of the $4f^{11}$ ions in fluorides // J. Phys. C: Solid state Phys. 1984, V.17, p. 2813 - 2823.
23. Faucher M. D., Moune O.K., Garsia D, Tanner P. Evidence for strong interaction between the $5f^2$ and $5f^17p^1$ configurations of U^{4+} in the octahedral sites of Cs_2UBr_6

and Cs_2ZrBr_6 // Phys. Rev. B. 1996, Vol.53, №15, p. 9501-9504

24. Дунина Е.Б., Корниенко А.А., Фомичева Л.А. Описание сил осцилляторов межмультиплетных электрических дипольных переходов урана // Вестник УО «Витебский государственный технологический университет» 2005. Вып.9, с.119-123
25. Насонова С.Л., Дунина Е.Б. Решение уравнения Шредингера в операторной форме для неортогонального базиса // Тез. докладов XXXIX научно-технической конференции преподавателей и студентов университета. –УО «ВГТУ», Витебск 2006 г. С. 60-61.
26. Насонова С.Л. (н.рук. Дунина Е.Б.) Учет эффектов неортогональности с помощью проекционного оператора // Двенадцатая Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых (ВНКСФ-12, Новосибирск): Материалы конференции, тезисы докладов / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск 2006 г. С.141-142.
27. Насонова С.Л. (н.рук. Дунина Е.Б.) Проекционный оператор на базис неортогональных функций // Физика конденсированного состояния: Тез. докл. XIV Респ. науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, 26–28 апреля 2006 г. Гродно / редколлегия: В.Н.Горбузов (отв. ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ, 2006. С. 70-73.
28. Насонова С.Л., Дунина Е.Б. Решение уравнения для проекционного оператора на пространство неортогональных функций // Сборник тезисов докладов X Респ. науч. конф. студентов и аспирантов вузов Респ. Беларусь «НИРС–2005». В трех частях. Ч.2. – Мн.: 2006. С. 247.
29. Дунина Е.Б., Корниенко А.А., Каминский А.А. Корреляция между интенсивностями межмультиплетных электрических дипольных переходов и тонкими деталями штарковской структуры мультиплетов иона Pr^{3+} в LaCl_3 // ФТТ. 2006. Т.48, вып. 5, С. 634-637.
30. Дунина Е.Б., Фомичева Л.А., Корниенко А.А. Расчет интенсивности абсорбционных переходов лазерного кристалла $\text{LiNbO}_3:\text{Dy}^{3+}$ в приближении промежуточного конфигурационного взаимодействия // Вестник УО ВГТУ.

2006. Вып. 10, С. 108-110.
31. Корниенко А.А., Дунина Е.Б., Фомичева Л.А. Определение параметров электронной плотности оптических центров спектроскопическими методами // Квантовая электроника: шестая Междунар. науч.-тех. конф. (Минск, 14-17 ноября 2006 г.): материалы. – Мн.: Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь, 2006. – С. 108-110.
 32. Корниенко А.А., Дунина Е.Б., Фомичева Л.А. Принципы компьютерного моделирования оптических свойств f-элементов в лазерных кристаллах // Лазерная физика и оптические технологии: материалы VI Междунар. конф., 25-29 сент. 2006 г. Гродно. В 2 ч. Ч.2/ Гродн. гос. ун-т; редколлегия: Н.С.Казак [и др.]. - Гродно: ГрГУ, 2006. С. 33-36.
 33. Фомичева Л.А., Корниенко А.А. Определение матричных элементов $\langle n|r^k|n'l' \rangle$ на основе модифицированных водородоподобных функций // Тез. докладов XXXIX научно-технической конференции преподавателей и студентов университета. –УО «ВГТУ», Витебск 2006 г. С. 68.
 34. Фомичева Л.А., Корниенко А.А., Дунина Е.Б. Применение модифицированных водородоподобных функций для расчета матричных элементов $\langle r^k \rangle$ // Вестник УО ВГТУ. 2006. Вып. 11, С. 117-119.
 35. Фомичева Л.А., Корниенко А.А., Дунина Е.Б. Штарковская структура энергетического спектра иона Am^{3+} в LaCl_3 // ЖПС. 2006. Т. 73, №5. С. 637-640.
 36. Фомичева Л.А. Расчет параметров кристаллического поля иона U^{4+} в ZrSiO_4 по модели обменных зарядов // Двенадцатая Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых (ВНКСФ-12, Новосибирск): Материалы конференции, тезисы докладов / Новосиб. гос. ун-т. Новосибирск 2006 г. С.479-480.
 37. Фомичева Л.А. Определение параметров ковалентности иона U^{4+} в цирконе // Физика конденсированного состояния: Тез. докл. XIV Респ. науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, 26–28 апреля 2006 г. Гродно / редколлегия: В.Н.Горбузов (отв. ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ, 2006. С. 109-

112.

38. Фомичева Л.А., Корниенко А.А. Определение параметров конфигурационного взаимодействия иона Am^{3+} в LaCl_3 // Сборник тезисов докладов X Респ. науч. конф. студентов и аспирантов вузов Респ. Беларусь «НИРС–2005». В трех частях. Ч.2. – Мн.: 2006. С. 249.

Список использованных источников в части II

1. Judd B.R. Correlation Crystal Fields for Lanthanide Ions // *Phys. Rev. Lett.*, **39(4)**, 242-244 (1977)
2. Thorne J.R.G., Zeng Q., Denning R.G. Evidence for a spin-correlated crystal field - two-photon spectroscopy of thulium III in the elpasolite $\text{Cs}_2\text{NaYCl}_6:\text{Tm}$ // *J. Phys.: Condens. Matter* **13**, 7403-7419 (2001)
3. Faucher M.D., Tanner P.A., Mak C.S.K. Electronic Spectra and Configuration Interaction of Tm^{3+} in TmCl_6^{3-} // *J. Phys. Chem. A* **108**, 5278-5287 (2004)
4. Faucher M.D., Moune O.K., Garcia D., Tanner P. Evidence for strong interaction between the $5f^2$ and $5f^17p^1$ configurations of U^{4+} in the octahedral sites of Cs_2UBr_6 and Cs_2ZrBr_6 // *Phys. Rev. B* **53(15)**, 9501-9504 (1996)
5. Собельман И.И. Введение в теорию атомных спектров.- М.: Физматгиз, 1963.- 640 с.
6. Леушин А.М. Таблицы функций, преобразующихся по неприводимым представлениям кристаллографических точечных групп.- М.: Наука, 1968.- 142 с.
7. Judd B.R. Operator techniques in atomic spectroscopy.- New York.- McGraw-Hill, 1963. -233 p.
8. Judd B.R. Optical Absorption Intensities of Rare-Earth Ions // *Phys.Rev.* **127(3)**, 750 – 761 (1962)
9. Ofelt G.S. Intensities of crystal spectra of rare-earth ions // *J. Chem. Phys.* **37(3)**, 511 – 520 (1962)
10. Kornienko A. A., Kaminskii A. A., Dunina E.B. Dependence of the Line Strength of f-f transitions on the Manifold Energy I. Projector on the Basis of Nonorthogonal Functions// *Phys. Stat. Sol. (b)*. **157**, 261-266 (1990)
11. Kornienko A.A., Dunina E.B., Yankevich V.L. Theory of Intensities of the Intermultiplet Electric-Dipole Transitions in the Approximation of Strong Configuration Interaction// *Opt. Spectrosc.* **81**, 871-874. (1996)
12. Goldner P., Auzel F. Application of standard and modified Judd–Ofelt theories

- to a praseodymium-doped fluorozirconate glass// *J. Appl. Phys.* **79**, 7972-7977 (1996)
13. Méndez-Blas A., Rico M., Volkov V., Cascales C., Zaldo C., Coya C., Kling A. and Alves L.C. Optical spectroscopy of Pr^{3+} in $\text{M}^+\text{Bi}(\text{XO}_4)_2$, $\text{M}^+ = \text{Li}$ or Na and $\text{X} = \text{W}$ or Mo , locally disordered single crystals// *J. Phys.: Condens. Matter.* **16**, 2139-2160 (2004)
 14. Malinowski M., Wolski R., Wolinski W. Absorption intensity analysis of Pr^{3+} : $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ // *Solid State Comm.* **74**, 17-20 (1990)
 15. Deren P. Spectroscopic characterization of LaAlO_3 crystal doped with Pr^{3+} ions// *J. Lumin.* **122-123**, 40-43 (2007)
 16. Xiong F.B., Gong X.H., Lin Y.F., Chen Y.J., Tan Q.G., Luo Z.D. and Huang Y.D. Spectroscopic characteristics of Pr^{3+} in biaxial $\text{La}_2(\text{WO}_4)_3$ crystal// *Appl. Phys. B.* **86**, 279-286 (2007)
 17. Dunina E. B., Kaminskii A. A., Kornienko A. A., Kurbanov K., and Pukhov K. K. The dependence of the line strength of electric dipole f-f transitions on the manifold energy of the Pr^{3+} ion in YAlO_3 // *Sov. Phys. Solid State.* **32**, 920-922 (1990)
 18. Kornienko A. A., Dunina E. B. Determination of Intensity Parameters from the Fine Details of the Stark Structure in the Energy Spectrum of Tm^{3+} Ions in $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ // *Opt. Spectrosc.* **97**, 68-75 (2004)
 19. Dunina E. B., Kornienko A. A., Kaminskii A. A. Correlation between the Intensities of Intermultiplet Electric Dipole Transitions and the Fine Features of the Stark Structure of Multiplets of Pr^{3+} Ions in the LaCl_3 Compound// *Phys. Solid State.* **48**, 877-881 (2006)
 20. Brundage R. T., Svatos M. M., Grinbergs R. Transition rates and Judd-Ofelt intensity parameters of tripositive americium in a fluorozirconate glass// *J. Chem. Phys.* **95**, 7933-7937 (1991)
 21. Auzel F., Hubert S., Delamoye P. Absolute oscillator strengths of 5f-5f transitions of U^{4+} in ThBr_4 // *J. Lumin.* **26**, 251-262 (1982)
 22. М.В. Еремин, Э.Х. Ивойлова, В.Н. Кудров. Хартри-Фоковские волновые

- функции редкоземельных ионов, представленные в виде линейных комбинаций гауссовских орбиталей. Деп. ВИНТИ № 1817-77. М., 1977. 16 с.
23. Clementi E., McLean A.D. Atomic Negative Ions// Phys. Rev. **133**, A419-A423 (1964)
 24. Kornienko A. A., Dunina E. B., Yankevich V. L. Hamiltonian of crystalline field in an approximation of strong configuration interaction// J. Appl. Spectrosc. **63**, 859-864 (1996)
 25. Kornienko A.A., Kaminskii A.A. and Dunina E.B. Influence of the interconfigurational interaction on the crystal field of Ln^{3+} ions// JETP. **89**, 1130-1137 (1999)
 26. Tanner P.A., Mak C.S.K., Faucher M.D. 4f5d-4f2 emission transitions of Pr^{3+} // J. Chem. Phys. **114**, 10860-10871 (2001)
 27. Garcia D., Faucher M. An explanation of the 1D_2 anomalous crystal field splitting in PrCl_3 // J. Chem. Phys. **90**, 5280-5283 (1989)
 28. Newman D.J., Curtis M.M. Crystal field in rare-earth fluorides – I. Molecular orbital calculation of PrF_3 parameters// J. Phys. Chem. Solids. **30**, 2731-2737 (1969)
 29. Абрамович И.С. Распределение электронной плотности в синглетных и триплетных мультиплетах иона Pr^{3+} // Физика конденсированного состояния: Тез. докл. XV Респ. науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов. В 2ч. Ч.1.. Грод. гос. ун-т; редколлегия: Е.А. Ровба (отв. ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ, 2007. С. 3-4
 30. Фомичева Л.А. Применение модели обменных зарядов для расчета параметров кристаллического поля иона Pr^{3+} в гранатах // Физика конденсированного состояния: Тез. докл. XV Респ. науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов. В 2ч. Ч.1.. Грод. гос. ун-т; редколлегия: Е.А. Ровба (отв. ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ, 2007. С. 143-146
 31. Дунина Е.Б., Корниенко А.А., Фомичева Л.А. Влияние возбужденных конфигураций на интенсивности абсорбционных переходов иона Er^{3+} в

- KYb(WO₄)₂ // Вестник Полоцкого гос. ун-та. **1(3)**, 125-129. (2007)
32. Troshin, A.E., Kisel V.E., Yasukevich A.S., Kuleshov N.V., Pavlyuk A.A., Dunina E.B., Kornienko A.A. Spectroscopy and laser properties of Tm³⁺:KYb(WO₄)₂ crystal // Appl. Phys. B. **86**, 287-292 (2007)
33. Малашкевич Г.А., Корниенко А.А., Дунина Е.Б., Прусова И.В., Шевченко Г.П., Бокшиц Ю.В. Влияние температуры отжига на структурную реорганизацию оптических центров Eu³⁺ в гель-пленках системы Al₂O₃-Eu₂O₃-BiOF // Опт. и спектр. **102(6)**, 995-1000 (2007)
34. Дунина Е.Б., Корниенко А.А., Фомичева Л.А. Теория интенсивностей для оксидных кристаллов // Актуальные проблемы физики твердого тела: сб. докл. Междунар. науч. конф., 23–26 окт. 2007 г., Минск. В 3 т. Т.3.– Минск: Изд.центр БГУ, 2007. С. 50-51
35. Фомичева Л.А., Дунина Е.Б., Корниенко А.А. Предсказание параметров интенсивностей по данным штарковского расщепления мультиплетов иона Pr³⁺ в кристалле GaN // Актуальные проблемы физики твердого тела: сб. докл. Междунар. науч. конф., 23–26 окт. 2007 г., Минск. В 3 т. Т.2.– Минск: Изд.центр БГУ, 2007. С. 97– 100
36. Фомичева Л.А., Корниенко А.А., Дунина Е.Б. Определение параметров интенсивностей иона Pr³⁺ в Y₃Al₅O₁₂ на основе анализа штарковской структуры мультиплетов // Оптика 2007. Труды пятой международной конференции молодых ученых и специалистов «Оптика–2007». Санкт-Петербург, 15-19 октября 2007. / Под ред. проф. В.Г.Беспалова, проф. С.А.Козлова. СПб: СПбГУ ИТМО, 2007. С. 204-205
37. Корниенко А.А., Дунина Е.Б., Фомичева Л.А. Компьютерное моделирование оптических свойств кристаллической системы Pr³⁺:GaN // Оптика неоднородных структур – 2007: материалы международной научно-практической конференции (2-3 октября 2007 г.) – Могилев: МГУ им. А.А.Кулешова, 2007. С. 181-185
38. Зимиева М.В., Гурская Я.Н., Миняйло Е.С., Корниенко А.А. Моделирование сложения гармонических колебаний // Тезисы докладов XL

- научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ». – Витебск, УО «ВГТУ», 2007. - С. 173
- 39.Абрамович И.С., Дунина Е.Б. Влияние пространственного распределения электронной плотности на взаимодействие редкоземельного иона с лигандами // Тезисы докладов XL научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ». – Витебск, УО «ВГТУ», 2007. - С. 155
- 40.Котович А.Г., Корниенко А.А. Моделирование формы полосы люминесценции монокристалла $YVO_4:Tm^{3+}$ // Тезисы докладов XL научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ». – Витебск, УО «ВГТУ», 2007. - С. 179
- 41.Фомичева Л.А., Корниенко А.А. Влияние межконфигурационного взаимодействия на расщепление мультиплетов иона Pr^{3+} в кристалле $Y_3Al_5O_{12}$ // Сборник тезисов, материалы Тринадцатой всероссийской научной конференции студентов-физиков и молодых ученых. - Екатеринбург - Ростов-на-Дону - Таганрог: издательство АСФ России, 2007. С. 423-424
- 42.Фомичева Л.А., Корниенко А.А., Дунина Е.Б., Моделирование оптических свойств иона U^{4+} в кристалле $ZrSiO_4$ // ЖТФ 77(10), 6-10 (2007)

Список использованных источников части III

- [1] Гайдук, М.И. Спектры люминесценции европия/ Гайдук М.И., Золин В.Ф., Гайгерова Л.С. – М.: Наука, 1974. – 195 с.
- [2] Judd, B.R. Optical Absorption Intensities of Rare-Earth Ions / B.R. Judd // Phys. Rev. – 1962. – Vol. 127, № 3. – P. 750-761.
- [3] Optical absorption and photoluminescence studies of Eu^{3+} -doped phosphate and fluorophosphate glasses /Babu S.S. [et al.]// J. Lumin. – 2007. – Vol. 126, №1. – P. 109-120.
- [4] Kornienko, A.A. Theory of intensities of the intermultiplet electric-dipole transitions in the approximation of strong configuration interaction// A.A. Kornienko, E.B. Dunina, V.L. Yankevich// Opt. Spectrosc. – 1996. – Vol.81, № 6. – P. 951-955.
- [5] Transparent polycrystalline neodymium doped YAG: synthesis parameters, laser efficiency / Y. Rabinovitch [et al.] // Opt. Mater. – 2003. –Vol. 24. – P. 345-351.
- [6] Lupei, A. RE^{3+} pairs in garnets and sesquioxides/ A. Lupei, V. Lupei // Opt. Mater. – 2003. – Vol. 24. – P. 181-189.
- [7] Laser site-selective excitation spectroscopy of Eu^{3+} -doped yttrium aluminum garnet / Y. R. Shen [et al.] // Phys. Rev. B. – 2003. – Vol. 68. – P. 014101.1-014101.6.
- [8] Energy-level structure and spectral analysis of $\text{Nd}^{3+}(4f^3)$ in polycrystalline ceramic garnet $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ / J.B. Gruber [et al.] // J. Appl. Phys. – 2004. – Vol. 96, № 6. – P. 3050-3056.
- [9] Crystal-field splitting of some quintet states of Tb^{3+} in aluminum garnets/ J.B. Gruber [et al.]// Phys.Rev.B. –2004. – Vol. 69, № 11. – P. 115103.1-115103.9.
- [10] Spectral analysis and energy-level structure of $\text{Er}^{3+}(4f^{11})$ in polycrystalline ceramic garnet $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ / J.B. Gruber [et al.]// J. Appl. Phys. – 2005. – Vol. 97, № 6. – P. 063519.1-063519.8.
- [11] Spectral properties of rare-earth ions in nanocrystalline YAG:Re (Re = Ce^{3+} , Pr^{3+} , Tb^{3+})/ Sh. Zhou [et al.] // J. Lumin. – 2006. – Vol. 118. – P. 179-185.

[12] Effect of grain size and concentration of active ions on structural and optical behavior of Eu^{3+} -doped $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ nanocrystallites / D. Hreniak [et al.] // J. Lumin. – 2007. – Vol. 122-123, № 1-2. – P. 91-94.

[13] Symmetry, selection rules, and energy levels of $\text{Pr}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ / J.B. Gruber [et al.] // J. Chem. Phys. – 1989. – Vol. 134, № 2-3. – P. 241-257.

[14] Malinowski, M. Absorption intensity analysis of $\text{Pr}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ / M. Malinowski, R. Wolski, W. Wolinski // Solid State Commun.– 1990.– Vol.74, №1.– P. 17-20.

[15] Cheung, Y.M. Excited-state absorption in $\text{Pr}^{3+}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ / Y.M. Cheung, S.K. Gayen. // Phys. Rev. B. – 1993. – Vol. 49, № 21. – P. 14827-14835.

[14] A spectroscopic investigation of $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Pr}^{3+}$ in translucent ceramic form: Crystal field analysis assisted by configuration-interaction / O.K. Moune [et al.] // Eur. Phys. J. D. – 2002. – Vol. 19, №3. – P. 275-293.

[17] Özen, G. Downconversion and upconversion dynamics in Pr-doped $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ crystals/ G. Özen, O. Forte, B. Di Bartolo. // J. Appl. Phys. – 2005. – Vol. 97, №1. – P. 013510-1– 013510-5.

[18] Tuross-Matysiak, R. Pressure dependence of the $3\text{P}_0 \rightarrow 3\text{H}_4$ and $1\text{D}_2 \rightarrow 3\text{H}_4$ emission in $\text{Pr}^{3+}:\text{YAG}$ / R. Tuross-Matysiak [et al.] // J. Lumin. – 2007. – Vol. 122–123. – P. 322–324.

[19] Kornienko, A.A. Dependence of the line strength of $f-f$ transitions on the manifold energy. II. Analysis of Pr^{3+} in $\text{KPr}_4\text{O}_{12}$ / A.A. Kornienko, A. A. Kaminskii, E.B. Dunina // Phys. Stat. Sol.(b). – 1990. – Vol. 157, № 1. – P. 267-273.

[20] Корниенко, А.А. Влияние эффектов смешивания конфигураций на шарковскую структуру мультиплетов иона Pr^{3+} в LiYF_4 / А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина, В.Л. Янкевич // Письма в ЖТФ. – 1994. – Т.20, №9. – С. 27-30.

[21] Two-photon spectroscopy of europium(III) elpasolites / J.R.G Thorne [et al.] / J. Phys.: Condens. Matter. – 1999.– Vol.11, №40.– P. 7851-7866.

[22] Корниенко, А.А. Влияние межконфигурационного взаимодействия на кристаллическое поле Ln^{3+} - ионов / А.А. Корниенко, А.А. Каминский, Е.Б. Дунина // ЖЭТФ. – 1999. – Т.116, №6. – С. 2087-2102.

[23] Faucher, M. D. Electronic spectra and configuration interaction of Tm^{3+} in $TmCl_6^{3-}$ / M.D. Faucher, P.A. Tanner, C.S.K. Mak // J. Phys. Chem. – 2004. – Vol. 108. – P. 5278-5287.

[24] Корниенко, А.А. Определение параметров интенсивности по тонким деталям штарковской структуры энергетического спектра иона Tm^{3+} в $Y_3Al_5O_{12}$ / А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина // Опт. и спектр. – 2004. – Т.97, №1. – С. 75-82.

[25] Корниенко, А.А. Зависимость штарковской структуры от энергии мультиплетов / А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина // Письма в ЖЭТФ. – 1994. – Т.59. №6. – С. 385-388.

[26] Корниенко, А.А. Определение параметров интенсивности по тонким деталям штарковской структуры энергетического спектра иона Tm^{3+} в $Y_3Al_5O_{12}$ / А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина // Опт. и спектр. – 2004. – Т.97, №1. – С. 75-82.

[27] Фомичева, Л.А. Моделирование оптических свойств иона U^{4+} в кристалле $ZrSiO_4$ / Л.А. Фомичева, А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина // ЖТФ. – 2007. – Т. 77, №10. – С.6-10.

[28] Леушин, А.М. Таблицы функций, преобразующихся по неприводимым представлениям точечных групп / А.М. Леушин – М.: Наука, 1968. – 142с.

[29] Wyckoff, R.W.G. Crystal structures: in 2 vol./ R.W.G. Wyckoff. – New York, 1951. – Vol.1-2.

[30] Emiraliev, A. Neutron diffraction refinement of the coordinates of oxygen atoms in yttrium-aluminum garnet / A. Emiraliev, A.G. Kocarov, R.V. Bakradze, I. Karimov, Z.I. Akhmedzhanov // Kristallography. – 1976. – Vol. 21, №1. – P. 211-213.

[31] Малкин, Б.З. Кристаллическое поле в одноосно сжатых кристаллах $MeF_3:TR$ / Б.З. Малкин, З.И. Иваненко, И.В. Айзенберг // ФТТ. – 1970. – Т. 12, № 7. – С. 1873-1880.

[32] Malta, O.L. A simple overlap model in lanthanide crystal-field theory / O.L. Malta // Chem. Phys. Lett. – 1982. – Vol. 87, №1. – P. 27-29.

[33] Старостин, Н.В. Физика и спектроскопия лазерных кристаллов: монография / Н.В. Старостин; под ред. Каминского А.А. [и др.]. – М.:Наука, 1986. – С. 62-84.

[34] Evidence for strong interaction between the $5f^2$ and $5f^17p^1$ configurations of U^{4+} in the octahedral sites of Cs_2UBr_6 and Cs_2ZrBr_6 / M.D. Faucher [et al.] // Phys. Rev. B. – 1996. – Vol. 53, № 15. – P. 9501-9504.

[35] Dunina, E.B. Modified theory of f-f transition intensities and crystal field for systems with anomalously strong configuration interaction/ E.B. Dunina, A.A. Kornienko, L.A. Fomicheva// Cent. Eur. J. Phys.–2008. – Vol. 6, №3.–P. 407-414.

[36] «Красные» оптические центры ультрадисперсного и нанокерамического $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ / Г.Е.Малашкевич [и др.]// Лазерная физика и оптические технологии: труды Междун. науч. конф., Минск, 17-19 июня 2008 г.: в 3 т./ Национальная Академия наук Беларуси, Институт физики имени Б.И.Степанова НАН Беларуси, Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований, Российский фонд фундаментальных исследований, Белорусское физическое общество. – Минск, 2008. – Т.1. – С. 280-282.

[37] Фомичева, Л.А. Взаимосогласованное описание штарковской структуры мультиплетов и интенсивностей абсорбционных переходов иона Pr^{3+} в $Y_3Al_5O_{12}$ / Л.А. Фомичева, А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина// Оптика и спектроскопия. – 2008. – Т.105, №3. – С. 364-369.

[38] Федорова, А.С. Применение теории интенсивностей к биаксиальным кристаллам / А.С.Федорова, А.А.Корниенко // XLI научно-техническая конференция преподавателей и студентов университета: тезисы докладов, Витебск, 2008г. / УО «ВГТУ» – Витебск, 2008. – С. 58-60.

[39] Фомичева, Л.А. Аномально сильное конфигурационное взаимодействие в спектрах иона Pr^{3+} в YAG // Л.А.Фомичева, А.А.Корниенко// XLI научно-техническая конференция преподавателей и студентов университета: тезисы докладов, Витебск, 2008г. / УО «ВГТУ» – Витебск, 2008. – С. 60-61.

[40] Абрамович, И.С. Описание интенсивностей абсорбционных переходов иона Eu^{3+} в фосфатном стекле // И.С.Абрамович, Е.Б.Дунина // XLI научно-техническая конференция преподавателей и студентов университета: тезисы докладов, Витебск, 2008г. / УО «ВГТУ» – Витебск, 2008. – С. 50-52.

[41] Абрамович, И.С. Применение модифицированной теории

интенсивностей для описания спектроскопических характеристик иона Pr^{3+} в биаксиальном кристалле $\text{La}_2(\text{WO}_4)_3$ / И.С. Абрамович //Физика конденсированного состояния: тез. докл. XVI Респ. науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Гродно, 23-25 апр. 2008 г.: в 2ч. / Грод. гос. ун-т; редкол.: Е.А. Ровба (отв. ред.) [и др.]. – Гродно, 2008. – Ч.1. – С.3-5.

[42] Фомичева, Л.А. Аномальное взаимодействие мультиплетов $^1\text{D}_2$ и $^3\text{P}_0$ иона Pr^{3+} в двойных молибдатах/ Л.А.Фомичева //Физика конденсированного состояния: тез. докл. XVI Респ. науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Гродно, 23-25 апр. 2008 г.: в 2ч. / Грод. гос. ун-т; редкол.: Е.А. Ровба (отв. ред.) [и др.]. – Гродно, 2008. – Ч.1. – С. 109- 110.

[43] Фомичева, Л.А. Влияние возбужденных конфигураций на расщепление мультиплетов иона Pr^{3+} в GaN / Л.А. Фомичева, А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина // Молодежь в науке – 2007: Приложение к журналу "Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі". Серия физико-математических наук; серия физико-технических наук; серия химических наук. В 4 Ч. – Минск: "Белорусская наука" , 2008. – Ч.3. – С.60-65.

[44] Исследование аномального конфигурационного взаимодействия ионов европия в фосфатных стеклах / Е.Б.Дунина [и др.]// Квантовая электроника: материалы седьмой междунар. науч.-техн. конф. Минск, 13-16 октября 2008г./ Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский государственный университет, НИИ прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко, Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований, Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси; редкол.: И.С. Манак (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2008. – С.29.

[45] Корниенко, А.А. Влияние конфигурационного взаимодействия на интенсивности абсорбционных полос биаксиального кристалла $\text{La}_2(\text{WO}_4)_3$ / А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина, Л.А. Фомичева // Квантовая электроника: материалы седьмой междунар. науч.-техн. конф. Минск, 13-16 октября 2008г./ Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский государственный университет, НИИ прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко, Белорусский

республиканский фонд фундаментальных исследований, Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси; редкол.: И.С. Манак (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2008. – С.41.

Список использованных источников в части IV

1. Thorne, J.R.G. Evidence for a spin-correlated crystal field – two-photon spectroscopy of thulium III in the elpasolite $\text{Cs}_2\text{NaYCl}_6:\text{Tm}^{3+}$ / J.R.G. Thorne, Q. Zeng, R.G. Denning // *J. Phys.: Condens. Matter.*–2001.– Vol.13, №33.– P. 7403-7419.
2. Faucher, M.D. $4f^2/4f6p$ configuration interaction in $\text{LiYF}_4:\text{Pr}^{3+}$ / M.D. Faucher, O.K. Moune // *Phys. Rev. A.* –1997. – Vol. 55, № 6. – P. 4150-4154.
3. A spectroscopic investigation of $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Pr}^{3+}$ in translucent ceramic form: Crystal field analysis assisted by configuration-interaction / O.K. Moune [et al.] // *Eur. Phys. J. D.* – 2002. – Vol. 19, №3. – P. 275-293.
4. Wybourne, B.G. Spectroscopic Properties of Rare Earths / B.G. Wybourne. – New York: J. Wiley and Sons Inc, 1965. – 236 p.
5. Корниенко, А.А. Теория спектров редкоземельных ионов в кристаллах. Курс лекций. / А.А. Корниенко. – Витебск: Издательство УО "ВГУ им. П.М. Машерова", 2003. – 128 с.
6. Dunina, E.B. Modified theory of f-f transition intensities and crystal field for systems with anomalously strong configuration interaction/ E.B. Dunina, A.A. Kornienko, L.A. Fomicheva// *Cent. Eur. J. Phys.*–2008. – Vol. 6, №3.–P. 407-414.
7. Леушин, А.М. Таблицы функций, преобразующихся по неприводимым представлениям точечных групп / А.М. Леушин – М.: Наука, 1968. – 142с.
8. Newman, D.J. Crystal field in rare-earth fluorides – I. Molecular orbital calculation of PrF_3 parameters / D.J. Newman, M.M. Curtis // *J. Phys. Chem. Solids.* – 1969. – Vol. 30. – P. 2731-2737.
9. Tanner, P.A. Electronic spectra and crystal field analysis of TmF_6^{3-} / P.A Tanner, M.D. Faucher // *Chem. Phys. Lett.* –2007. – Vol. 445. – P. 183-187

10. ENDOR and transferred spin densities of the $4f^{11}$ ions in fluorides / O.A. Anikeenok [et al.] // J. Phys. C: Solid state Phys. – 1984. – Vol. 17, № 15. – P. 2813-2823.
11. Аномальное взаимодействие мультиплетов иона Tm^{3+} с кристаллическим полем систем Cs_2NaTmF_6 и Rb_2NaTmF_6 / Л.А. Фомичева [и др.] // Актуальные проблемы физики твердого тела: материалы Междунар. науч. конф., Минск, 20-23 окт. 2009 г. в 3 т./ редкол.: Н.М. Олехнович [и др.]. – Минск: Вараксин А.Н., 2009. – Т.3. – С. 124-125.
12. Ларионова, Н.Н. Анализ оптического спектра иона Tm^{3+} в эльпасолитае в приближении сильного конфигурационного взаимодействия / Н.Н. Ларионова, А.А. Корниенко. // ВНКСФ-15: пятнадцатая всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых: сборник тезисов докладов, Кемерово – Томск, 26 марта-2 апреля 2009г. / Ассоциация студентов-физиков и молодых учёных России, Кемеровский государственный университет, Томский государственный университет, Кемеровский научный центр СО РАН, Институт электрофизики УрО РАН, Администрация Кемеровской области, Сибирский государственный индустриальный университет, Кузбасский государственный технический университет, Томский политехнический университет, Томский государственный педагогический университет, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники; редкол.: А.Г. Арапов (отв. ред.) [и др.]. – Екатеринбург – Кемерово, изд. АСФ России, 2009. – С. 130-131.
13. Ларионова, Н.Н. Влияние конфигурационного взаимодействия на оптический спектр молекулярного комплекса TmF_6^{3-} / Н.Н. Ларионова, А.А. Корниенко, Л.А. Фомичева. // XLII научно-техническая конференция преподавателей и студентов университета: тезисы докладов, Витебск, 20 апр. 2009г. / УО "ВГТУ". – Витебск, 2009. – С.85-86
14. Описание штарковской структуры кристаллической системы $Cs_2NaYCl_6:Tm^{3+}$ с учетом влияния конфигурационного взаимодействия/

- Л.А. Фомичева [и др.]// Оптика-2009: труды шестой Междунар. конф. молодых ученых и специалистов, Санкт-Петербург, 19-23 окт. 2009г. / СПб: СПбГУ ИТМО; под ред. В.Г. Беспалова, С.А. Козлова. – Санкт-Петербург, 2009. – С. 264-266.
15. Фомичева, Л. Анализ штарковской структуры мультиплетов иона Pr^{3+} в кубическом эльпасолите $\text{Cs}_2\text{NaPrCl}_6$ / Л. Фомичева, А. Корниенко, Е. Дунина// ЛЮМКОС-2009: Люминесцентные процессы в конденсированных средах: тезисы докладов научно-технической конференции молодых ученых, Харьков, Украина, 17-20 ноября 2009г./ Институт сцинтилляционных материалов, НТК "Институт Монокристаллов Национальной Академии Наук Украины. – Харьков, 2009. – С. 80-81.
16. Ларионова, Н. Учет аномального конфигурационного взаимодействия при анализе оптического спектра иона Tm^{3+} в $\text{Cs}_2\text{NaTmF}_6$ / Н. Ларионова, А. Корниенко// ЛЮМКОС-2009: Люминесцентные процессы в конденсированных средах: тезисы докладов научно-технической конференции молодых ученых, Харьков, Украина, 17-20 ноября 2009г./ Институт сцинтилляционных материалов, НТК "Институт Монокристаллов Национальной Академии Наук Украины. – Харьков, 2009. – С. 72.
17. Высшая математика. Теория вероятностей. Методические указания к практическим занятиям для студентов дневной и заочной форм обучения/ Е.Б. Дунина [и др.], Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ» – Витебск: Издательство УО «ВГТУ», 2009. – 102 с.

Список использованных источников

1. Weijie Guo, Yanfu Lin, Xinghong Gong et al. J. of Physics and Chemistry of Solids **69** (2008) 8-15
2. Собельман, И.И. Введение в теорию атомных спектров / И.И. Собельман. – М., Физматгиз, 1963. – 640 с.
3. Спектры люминесценции европия / М.И. Гайдук [и др.]. – М.: Наука, 1974. – 195 с.
4. Зависимость силы линий электрических дипольных $f-f$ переходов от энергии мультиплетов иона Pr^+ в YAlO_3 / Дунина Е.Б. [и др.] // ФТТ.– 1990.– Т.32, № 5.– С. 1568-1570.
5. Корниенко, А.А. Теория интенсивностей межмультиплетных электрических дипольных переходов в приближении сильного конфигурационного взаимодействия / А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина, В.Л. Янкевич // Опт. и спектр. – 1996. – Т.80, №6. – С. 951-955.
6. Kornienko, A.A. Dependence of the line strength of $f-f$ transitions on the manifold energy. I. Projector on the basis of nonorthogonal functions / A.A. Kornienko, A.A. Kaminskii, E.B.Dunina // Phys. Stat. Sol.(b).– 1990.– Vol.157, №1.– P. 261-266.
7. Дунина, Е.Б. Корреляция между интенсивностями межмультиплетных электрических дипольных переходов и тонкими деталями штарковской структуры мультиплетов иона Pr^{3+} в LaCl_3 / Е.Б.Дунина, А.А.Корниенко, А.А.Каминский // ФТТ. – 2006. –Т. 48, № 5. – С. 826-830.
8. Kornienko, A.A. Dependence of the line strength of $f-f$ transitions on the manifold energy. II. Analysis of Pr^{3+} in $\text{KPrP}_4\text{O}_{12}$ / A.A. Kornienko, A. A. Kaminskii, E.B. Dunina // Phys. Stat. Sol.(b). – 1990. – Vol. 157, № 1. – P. 267-273.

9. Корниенко, А.А. Влияние эффектов смешивания конфигураций на шариковую структуру мультиплетов иона Pr^{3+} в LiYF_4 / А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина, В.Л. Янкевич // Письма в ЖТФ. – 1994. – Т.20, №9. – С. 27-30.
10. Two-photon spectroscopy of europium(III) elpasolites / J.R.G Thorne [et al.] / J. Phys.: Condens. Matter. – 1999. – Vol.11, №40. – P. 7851-7866.
11. Корниенко, А.А. Влияние межконфигурационного взаимодействия на кристаллическое поле Ln^{3+} - ионов / А.А. Корниенко, А.А. Каминский, Е.Б. Дунина // ЖЭТФ. – 1999. – Т.116, №6. – С. 2087-2102.
12. Faucher, M. D. Electronic spectra and configuration interaction of Tm^{3+} in TmCl_6^{3-} / M.D. Faucher, P.A. Tanner, C.S.K. Mak // J. Phys. Chem. – 2004. – Vol. 108. – P. 5278-5287.
13. Корниенко, А.А. Определение параметров интенсивности по тонким деталям шариковой структуры энергетического спектра иона Tm^{3+} в $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ / А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина // Опт. и спектр. – 2004. – Т.97, №1. – С. 75-82.
14. Moune, O.K. Spectroscopic investigations and configuration-interaction-assisted crystal field analysis of Pr^{3+} in YPO_4 single crystal/ O.K. Moune, M.D. Faucher, N. Edelstein// J. Lumin. – 2002. – Vol. 96 – P. 51–68.
15. Dunina, E.B. Modified theory of f-f transition intensities and crystal field for systems with anomalously strong configuration interaction/ E.B. Dunina, A.A. Kornienko, L.A. Fomicheva// Cent. Eur. J. Phys.– 2008. – Vol. 6, №3.–P. 407-414.
16. Фомичева, Л.А. Моделирование оптических свойств иона U^{4+} в кристалле ZrSiO_4 / Л.А. Фомичева, А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина // ЖТФ. – 2007. – Т. 77, №10. – С.6-10.
17. Фомичева, Л.А. Влияние возбужденных конфигураций на расщепление мультиплетов иона Pr^{3+} в GaN / Л.А. Фомичева, А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина // Молодежь в науке – 2007: Приложение к журналу "Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі". Серия физико-математических

- наук; серия физико-технических наук; серия химических наук. В 4 Ч. – Минск: "Белорусская наука", 2008. – Ч.3. – С.60-65.
18. Фомичева, Л.А. Взаимосогласованное описание штарковской структуры мультиплетов и интенсивностей абсорбционных переходов иона Pr^{3+} в $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ / Л.А. Фомичева, А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина// Оптика и спектроскопия . – 2008. – Т.105, №3. – С. 364-369.
19. Фомичева, Л.А. Влияние конфигурационного взаимодействия на расщепление мультиплетов в молекулярных комплексах TmF_6^{3-} и TmCl_6^{3-} / Л.А. Фомичева, А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина// ЖПС. – 2010. – Т. 77, №2. – С. 173-178
20. Wybourne, B.G. Spectroscopic Properties of Rare Earths / B.G. Wybourne. – New York: J. Wiley and Sons Inc, 1965. – 236 p.
21. Корниенко, А.А. Теория спектров редкоземельных ионов в кристаллах. Курс лекций. / А.А. Корниенко. – Витебск: Издательство УО "ВГУ им. П.М. Машерова", 2003. – 128 с.
22. Фомичева, Л.А. Влияние конфигурационного взаимодействия на расщепление мультиплетов молекулярных комплексов Tm^{3+} и TmCl_6^{3-} / Л.А. Фомичева, А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина.// Журнал прикладной спектроскопии – 2010. Т.72, №2, с. 173-178
23. Бруева, К.В. Компьютерное моделирование интенсивностей абсорбционных переходов наноккомплексов $\text{K}_2(\text{MoO}_4)_2:\text{Pr}^{3+}$ / К.В. Бруева, Е.Б. Дунина.// Тезисы докладов XLIII научно-технической конференции преподавателей и студентов университета / УО «ВГТУ». – Витебск, 2010. – С.194
24. Фомичева, Л.А. Анализ штарковского расщепления мультиплетов иона Pr^{3+} в монокристалле YPO_4 . / Л.А. Фомичева, А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина. // Сборник трудов Международной конференции и семинаров. Т.1. «Фундаментальные проблемы оптики – 2010» Санкт-Петербург. 18-22 октября 2010/ Под. ред. проф. В.Г.Беспалова, проф. С.А.Козлова – СПб, 2010 – Т.1. С.59-61

25. Бруева, К.В. Описание сил осцилляторов абсорбционных переходов системы $KY(MoO_4)_2:Pr^{3+}$ / К.В.Бруева, Е.Б.Дунина, А.А.Корниенко.// «Новые направления приборостроения». Материалы 3-й Международной студенческой научно-технической конференции. 21-23 апреля 2010 года. Минск, БНТУ. – 2010. С. 190.
26. Корниенко, А.А. Компьютерное моделирование характеристик интенсивности поглощения и люминесценции иона Pr^{3+} в оксидных системах / А. А. Корниенко, Е. Б. Дунина, Л. А. Фомичева.// Квантовая электроника: материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 22-25 нояб. 2010 г. / редкол.: М.М. Кугейко (отв. ред.) [и др.]. – Минск: Изд. центр БГУ, 2010. – С. 55.
27. Фомичева, Л.А. Определение параметров кристаллического поля иона Pr^{3+} в YPO_4 / Л. А. Фомичева, А. А. Корниенко, Е. Б. Дунина. // Квантовая электроника: материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 22-25 нояб. 2010 г. / редкол.: М.М. Кугейко (отв. ред.) [и др.]. – Минск: Изд. центр БГУ, 2010. – С. 53.
28. Фомичева, Л.А. Описание штарковского расщепления мультиплетов иона Pr^{3+} в кристаллах La_2O_3 и Pr_2O_3 / Л.А. Фомичева, А.А. Корниенко, Е.Б. Дунина. // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. 2010г. №5(30), с. 134-141
29. Корниенко, А.А. Проявление конфигурационного взаимодействия в спектрах поглощения празеодима в оксидных кристаллах / Л. А. Фомичева, Е. Б. Дунина, А. А. Корниенко // «Современные проблемы физики», междунар. школа-конф. молодых учёных и специалистов (2010; Минск). Международная школа-конференция молодых учёных и специалистов «Современные проблемы физики», 10–12 июня 2010 г. [Текст] : [сб. науч. тр.] /под ред. В. В. Машко, В. З. Зубелевича, А. В. Буценя. – Минск : Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, 2010. – С. 237-240
30. Satyanarayana, T. Fluorescence features of Tm^{3+} ions in $PbO-Sb_2O_3-B_2O_3$ glass ceramics / T. Satyanarayana [et al] // Physica B, 2010, V. 405, P. 1872-

1880

31.El Okr, M. Spectroscopic studies of the Pr³⁺-doped borovanadate glass / M. El Okr // J. Alloys Compounds 2010. V. 490. P. 184-189

