



## FEATURES OF THE OPTICAL, MAGNETO-OPTICAL AND MAGNETIC PROPERTIES OF THE EARTH'S RARE ELEMENTS Er 3+ And Ho 3+

Fayzieva Kholida Asadovna <sup>1</sup>, Khakimova Sabina Shamsiddinovna <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Lecturer at the Faculty of Physics, Bukhara State University

<sup>2</sup> Assistant of the Bukhara branch of the Tashkent Institute of Irrigation and  
Agricultural Mechanization Engineers

<https://doi.org/10.5281/zenodo.4717805>

### ARTICLE INFO

Received: 17<sup>th</sup> April 2021  
Accepted: 21<sup>nd</sup> April 2021  
Online: 23<sup>rd</sup> April 2021

### KEY WORDS

crystals with garnet  
structure, infrared,  
ultraviolet, electric  
dipole.

### ABSTRACT

*In an experiment in crystals with a garnet structure (filled with Nocramers with rare Earth ions Ho<sup>3+</sup> + and Tm<sup>3+</sup> +), on the basis of intensity theory and group-theoretical methods, 4f-4f transitions, 4f-4f Jadd Ofelt transitions were observed*

## Er 3+ VA Ho 3+ НОДИР ЕР ЭЛЕМЕНТЛАРИ ОПТИК,

## МАГНИТООПТИК ВА МАГНИТ ХОССАЛАРИНИНГ ХУСУСИЯТЛАРИ

Файзиева Холида Асадовна <sup>1</sup> Hakimova Sabina Shamsiddin qizi <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Бухоро давлат университети физика кафедраси ўқитувчиси

<sup>2</sup> Toshkent Irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Buxoro filiali assistenti

### MAQOLA TARIXI

Qabul qilindi: 17-aprel 2021  
Ma'qullandi: 21-aprel 2021  
Chop etildi: 23-aprel 2021

### KALIT SO'ZLAR

Гранат структурали  
кристаллар, инфрақизил,  
ультрабинафша,  
электродиполь.

### KIRISH

Охирги вақтларда, замонавий нодир ер (НЕ) спектроскопиясининг диққати Er<sup>3+</sup>, Tm<sup>3+</sup> уч валентли НЕ-ионларининг энергетик спектрларига қаратилган, чунки уларда спектрнинг турли (яқин инфрақизил қисмидан ультрабинафша

### ANNOTATSIYA

Гранат структурали кристалларда (Ho<sup>3+</sup>+ва Tm<sup>3+</sup>+ нокрамерс нодир ер ионлари билан долинирланган) тажрибада кузатиладиган 4f-4f ўтишлари, 4f-4f Жадд Офельт ўтишлари интенсивлиги назарияси ва назарий – гуруҳлар методлари асосида аниқланди

қисмигача) қисмларида кўп сонли нурланишли ўтишлар содир бўлади. Шунинг учун, (C<sub>s</sub>, D<sub>2</sub>-симметрияда) куйи симметрик кристаллик атофда шакланган Tm<sup>3+</sup>, Ho<sup>3+</sup> ва Er<sup>3+</sup> НЕ-ионлари энергетик спектрини чуқурроқ



Ўрганиш анча актуалдир, чунки физикавий механизмлар ҳақидаги фундаменталь тасавурларнинг ривожланиши ва амалий қўлланиши нуктаи назарида (гранатларнинг, ортоалюминатларнинг ва бошқаларнинг) НЕ-бирикмаларнинг оптик хоссаларига сабабчи бўлади. Ҳақиқатда, турли оптик диапазон қисмлари учун НЕ-бирикмаларда ёруғлик нурланиши ва ютилишининг асосий механизмларини микроскопик ифодалашнинг хусусиятлари ҳамда улардаги нодир ер ионлари (МОА) магнитооптик активлиги микроскопик механизмларига таълуқли қатор саволлар ҳозирги кунга қадар нисбатан ҳам ўрганилган ҳисобланади. Бу асосан қўзғатилган мултиплетларнинг электрон энергетик структурасига таълуқли, масалан НЕ-гранатлар (гранатлар  $R_3Ga_5O_{12}$  ва алюминатлар  $R_3Al_5O_{12}$  бу ерда  $R^{3+}$  - нодир ер элемент уч валентли иони) кристаллидаги  $Tm^{3+}$ ,  $No^{3+}$  нокрамерс (тўлдирилмаган 4f-қобиғидаги электронлар сони тоқ бўлган) НЕ-ионларида. Гольмий-иттрийли ва тулий-иттрийли гранатларнинг магнитооптик, магнит ва оптик хоссалари ҳақидаги носистематик маълумотлар адабиётларда анча олдиндан маълум бўлса ҳам бу НЕ бирикмаларининг макроскопик магнит ва оптик хоссалари ҳақидаги маълумотларга таяниб у ёки бу оптик диапазонда уларнинг МОА катталигини баҳолаш деярли мумкин эмас. Шунинг учун НЕ-магнетикларнинг оптик ва магнитооптик хоссаларини келтириб чиқарувчи физик механизмлар ҳақидаги фундаментал тасавурлар ривожланиши ва амалий қўллаш нуктаи назарида, гранатлар кристаллидаги  $Tm^{3+}$ ,  $No^{3+}$  нодир ер ионларнинг магнитооптик активлиги механизми ҳамда ёруғлик нурланиши ва ютилишининг асосий механизмларини

микроскопик ифодалашдан фойдаланиш анча актуал ҳисобланади. Аммо, бундай масалаларни ҳал қилиш учун, гранат структурасидаги  $Tm^{3+}$ ,  $No^{3+}$  нокрамерс НЕ-ионларининг қўзғалган электрон ҳолатларининг тўлқин функцияси симметриялари ва энергетик спектрларининг штарк парчаланиши характери ҳақидаги маълумотлар илмий адабиётларда деярли учрамайди. Ҳақиқатдан гранатларнинг (галлатларнинг ёки алюминатларнинг) кристаллик матричасига допинирланган (аралаштирилган) баъзи нокрамерс НЕ-ионлари ( $Tm^{3+}$  ионлари билан бирга) учун ҳам қўзғалган мултиплетларнинг қўшни сатҳчалари орасидаги энергетик (ёки штарк) интерваллари, ҳам бу типдаги бирикмалари учун характерли бўлган кристалл ичидаги электростатистик майдон ичида уларнинг тўлқин функциялари симметрия характери ҳам кам ўрганилган. Бу фикрлар  $RAIO_3$  ортоалюминат кристалларидаги  $Er^{3+}$  крамерс НЕ-ионларининг қўзғалган мултиплетларга ва асосий сатҳнинг юқорида жойлашган штарк сатҳчаларига таълуқлидир, чунки улар учун бундай маълумотлар амалда мавжуд эмас. Бу масалани ҳал қилишда экспериментал ёндашиш нуктаи назаридан,  $Tm^{3+}$ ,  $No^{3+}$  ва  $Er^{3+}$  уч валентли НЕ-ионлари бўлган ортоалюминатлар ва (галлатларнинг ва алюминатлар) гранатлар кристалларининг оптик, магнит ва магнитооптик ўрганиш натижаларини таққослаш методи энг информатив ҳисобланади. Ҳақиқатдан, ҳозирги вақтда крамерс ва нокрамерс НЕ-ионларнинг асосий мултиплетларнинг энг қуйи сатҳчаларининг тўлқин функциялари кўриниши ва симметрияси НЕ – бирикманинг магнит хоссаларини



белгилаши ҳаммага маълум. Шу билан бир вақтда уларнинг оптик ва магнитооптик хоссалари ҳам асосий  $4f^{(n)}$  конфигурация мультиплетларининг штарк сатҳчалари орасида содир бўладиган  $4f \rightarrow 4f$  (электродиполь яқинлашувида) таъқиқланган ўтишлари билан, ҳамда шу кристаллик атроф учун характерли бўлган аниқ симметрияли кристал ичидаги электростатик майдонда парчаланган НЕ-ионнинг  $4f^{(n)}$   $5d$  конфигурациянинг аралашмага қўзғалган ҳолатида амалга ошадиган (спин ва жуфтлик бўйича) рухсат этилган  $4f \rightarrow 5d$  оптик ўтишлари билан аниқланади. Шунинг учун оптик спектрларни ва магнит, магнитооптик текшириш натижаларини таққослаш гранатлар ва ортоалюминатлар кристалларидаги крамерс ( $Er^{3+}$ ) ва нокрамерс ( $Tm^{3+}$ ,  $Ho^{3+}$ ) НЕ-ионлари асосий ва қўзғалган ҳолатлар тўлқин функциялари симметрияси, бу кристаллардаги НЕ-ионларининг энергетик сатҳларининг штарк ва зеeman парчаланиши анизотропияси ҳақида маълумотлар беради.

## ADABIYOTLAR Tahlili VA METODOLOGIYA

Куйидаги диссертация ишида қўйилган масалани ҳал қилиш учун  $C_s$  ва  $D_2$  симметрияли кристаллик майдондаги  $Tm^{3+}$ ,  $Ho^{3+}$  ва  $Er^{3+}$  НЕ-иони энергетик спектрининг штарк парчаланишининг ўзига хослигининг (галлатлар ва алюминатлар) голмий ва тулий-иттрийли гранатлар магнит оптик ва магнитооптик хоссаларига таъсирини экспериментал ўрганиш бир томонда ва эрбий ва эрбий-иттирий ортоалюминаторлар иккинчи томондан жуда қулай модел объекти ҳисобланади, яъни:

- уларнинг кристаллик структураси магнит (қисман оптик) хоссалари етарли даражада яхши маълум.

- турли (экспериментал ва назарий) методлар билан ортоалюминатлар ва гранатлар кристалларидаги  $Tm^{3+}$ ,  $Ho^{3+}$  ва  $Er^{3+}$  НЕ – ионларининг куйи штарк сатҳчалари энергетик спектрлари аниқланган.

Юқоридагиларни ҳисобга олган ҳолда ортоалюминат структурасидаги нокрамерс ( $Tm^{3+}$ ,  $Ho^{3+}$ ) ва крамерс ( $Er^{3+}$ ) НЕ – иони электрон ҳолати симметриясини чуқур экспериментал ўрганиш, иккинчи томондан кристаллик майдон назариясининг замонавий ҳисоблан методлари асосида магнитоактив ионнинг куйи симметрик ( $D_2$  ва  $C_s$ ) кристаллик майдонларидаги энергетик спектрини назарий тадқиқ қилиш натижаларини анализ қилиш зарурати пайдо бўлди. Шунинг учун гранатлар ортоалюминатлар кристаллографик структурасидаги  $Tm^{3+}$ ,  $Ho^{3+}$  ва  $Er^{3+}$  нокрамерс ва крамерс НЕ-ионлари асосий  $4f^{(n)}$  мультиплетлари штарк сатҳчаларининг кристаллик ва магнит майдонларида парчаланиш хусусиятлари ва тўлқин функциялари симметрияси хоссалари ўрганишда бундай ёндашиш илмий ва амалий аҳамият кашф қилади, чунки бундай ўтишлари орасида спектрнинг кўриш ва (УФ) ультрабинафша соҳасидаги нурланиш ва ютилиш полосаларини шакллантиради. Шунинг учун НЕ-гранатлар ва НЕ-ортоалюминатларидан лазер техникасида ва опто ва микроэлектроник қурилмалар ва турли асбоблар элемент базасида фойдаланиш мумкин.

## МУНОКАМА

Тақдим қилинган диссертация натижаларининг илмий қиймати куйидагилар билан белгиланади: ( $D_2$  ёки  $C_s$  симметриялар) куйи симметрик кристаллик атрофидаги крамерс ва нокрамерс НЕ-ионларининг энергетик спектри структураси ҳақидаги мавжуд



тасаввурларни аниқлаш ва анча чуқурлаштириш имкониятини беради. Бир томонлан НЕ-ортоалюминатлар ва НЕ-гранатларининг магнит, магнитооптик ва оптикнинг хоссаларини ўзига хослиги, ҳамда ( $Tm^{3+}$ ,  $Ho^{3+}$ ) нокрамерс ва ( $Er^{3+}$ ) крамерс энергетик спектрларининг штарк ва зеeman парчаланишлари хусусиятларининг ўзаро боғлиқлиги шаклини аниқлашга имкон берди.

Практика нуқтаи-назардан олинган натижалар қуйидагиларга имкон беради:

- спектрнинг кўриш ва яқин УФ-соҳаларида ишлайдиган, НЕ-ортоалюминатлар ва НЕ-гранатлар асосида ишлайдиган турли магнитооптик поляризацион (модулятор, оптик изолятор, дисплей каби) қурилмаларни яратиш.
- ир-конверсион ва одатдаги оптик нақчка схемасида ишлайдиган, ҳамда кўриш диапазонда ишлайдиган актив муҳит сифатида ўрганиладиган НЕ-бирикмаларни қўллаш.

## **NATIJARLAR**

Биринчи марта, оптик ва магнитооптик текширишлар экспериментал маълумотлари асосида гранат-галлат кристаллографик структурасидаги  $Ho^{3+}$  нокремерс НЕ – иони асосий  $4f^{10}$  конфигурацияси электрон ҳолати штарк парчаланишининг назарий-гуруҳ таҳлили бажарилди.

Биринчи марта, оптик ва магнит текширишлар экспериментал маълумотлари асосида ортоалюминат кристаллографик структурасида  $Er^{3+}$  крамерс НЕ – иони асосий  $4f^{11}$  конфигурацияси электрон ҳолатларининг штарк парчаланиши хусусиятларининг аниқ таҳлили ўтказилди.

Эрбий-иттрийли ортоалюминат магнит хоссаларини ўлчаш натижаларининг аниқ таҳлили бажарилди ва уларни, оптик текшириш натижалари

билан солиштириш бажарилди. Бу ўз навбатида, ортоалюминат структурасидаги  $Er^{3+}$  крамерс иони электрон ҳолатининг  $Er$   $YALO_3$  эрбий-иттрийли ортоалюминат магнитланиш механизмидаги ташқи Н магнит майдони билан Ван Флек “аралашуш” механизми катта роль ўйнайди.

$Tm$ YAG тулий-иттрийли гранат-алюминатдаги асосий  $4f^{11}$  конфигурацияси мультиплетларининг штарк сатҳчалари энергияси топилди ва паст температураларда кузатиладиган магнитооптик (МИ, ПЛ; МКД) ва оптик спектрал боғланишларнинг таҳлили асосида улар орасида содир бўладиган оптик ўтишлар идентификацияси бажарилди. Тумийли гранат-алюминатдаги  $Tm^{3+}$ : YAG нурланиш  $4f \rightarrow 4f$  ўтишлари магнитооптикасида локрамерс НЕ – ионлари кўзгалган электрон ҳолатларида Н ташқи майдон “аралашуви” механизми доминант бўлиши кўрсатилди.

## **XULOSA**

$Ho$ YGaG гальмий-иттрийли гранат-галлатдаги асосий  $4f^{11}$  конфигурацияси мультиплетлари штарк сатҳчаларининг энергиялари топилди ва магнитооптик (МИ, ПЛ; МКД) спектрал боғланишлар ва оптик (ютилиш, люминесценция) эффектлар анализи асосида улар орасида содир бўладиган оптик ўтишлар идентификация қилинди. Гранат-галлатдаги  $Ho^{3+}$  нокремерс НЕ ионида паст температураларда  $^5S_2 \rightarrow ^5I_8$  нурланиш ўтишида кузатилган катта қийматли  $MOA_{си}$ ,  $^5S_2$  ва  $^5I_8$  мультиплетларнинг энергетик спектрларида квазидублет (яъни “квазийниган”) ҳолатларнинг мавжудлиги билан аниқ боғлиқ бўлади.





## **Foydalanilgan adabiyotlar:**

1. Saidov Q.S., Bekmurodova M.B. Complex movement of object.// International Scientific Journal. 85:5 (2020), pp. 316-322.
2. Очиллов Л.И., Арабов Ж.О., Ашурова У.Д. Измерение преобразования потенциальной энергии в поступательную и вращательную энергию с помощью колеса максвелла.// Вестник науки и образования. (2020) № 18(96) Часть 2 С 18-21.
3. Shavkatovich S.F., Baxtiërovna N.Y. Changes occurring in ferromagnets by adding some mixture.// Scientific reports of Bukhara State University. (2020), pp8-13
4. Dzhuraev D.R., Turaev A.A. Features of key parameters of field transistors.// Scientific reports of Bukhara State University, (2020) №2 PP7-10.
5. Файзиев Ш.Ш., Саидов К.С., Аскарлов М.А. Зависимость магнитно модулированной структуры от ориентации поля в кристалле.// Вестник науки и образования. (2020) № 18(96) Часть 2 С 6-9.
6. Файзиев Ш.Ш., Саидов К.С. Электронная структура основного мультиплета иона диспрозия в ортоалюминате.// Academy, (2020) С 4-6.
7. Turaev A.A. Термочувствительный параметр полевого транзистора в режиме ограничения токов.// №2 С 81-84.
8. Valiev U.V., Dzhuraev D.R., Malyshev E.E., Saidov K.S. Electronic structure of the ground multiplet of the Dy<sup>3+</sup> ion in the DyAlO<sub>3</sub> orthoaluminate.// Optics and Spectroscopy. (1999) PP 703-706.
9. U.V. Valiev., V. Nekvasil., Sh.I Mukhamedhanova., D.R. Dzhuraev., K.S.Saidov. Experimental Definition of Zeeman Splitting of Excited States of Tb<sup>3+</sup> Ion in Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>.// Physica status solidi (b) (1999). PP 493-501.
10. Файзиев Ш.Ш., Саидов К.С. Электронная структура основного мультиплета иона диспрозия в ортоалюминате.// Academy, (2020). С 4-6.
11. Saidov.Q.S. , Bekmurodova.M.B. The problem of teaching heat transfer and heat exchange in schools and lyceums.// JournalNX-A Multidisciplinary Peer Reviewed Journal 6:9 (2020), pp. 176-183.
12. Boidedaev S.R., Dzhuraev D.R., Sokolov B.Y., Faiziev S.S. Effect of the transformation of the magnetic structure of a FeBO<sub>3</sub>:Mg crystal on its magneto-optical anisotropy.// Optics and Spectroscopy 107:4 (2009), pp. 651.
13. Шарипов М.З., Соколов Б.Ю. Файзиев Ш.Ш. Влияние перестройки магнитной структуры кристалла FeBO<sub>3</sub>:Mg на его магнитооптическую анизотропию.// Наука, техника и образование 10:4 (2015), С. 15-18.
14. Astanov S., Niyazkhonova B.E. Luminescent properties of vitamins in monomeric and associated states in a polar solvent.// Journal of Applied Spectroscopy. 55:5 (1991), pp. 1103-1106.
15. Nasirova N.K. Bound and ground states of a spin-boson model with at most one photon: non-integer lattice case.// Journal of Global Research in Mathematical Archives (JGRMA) 6 , (2019) PP 22-24.
16. Файзиев Ш.Ш., Саидов К.С. Электронная структура основного мультиплета иона диспрозия в ортоалюминате.// Academy, (2020) С 4-6.
17. Ибрагимов С.С., Кодиров Ж.Р., Хакимова С.Ш.. Исследование усовершенствованной сушилки фруктов и выбор поверхностей, образующих явление естественной конвекции.// Вестник науки и образования. (2020). №20 (98). С 6-9.
18. Кодиров Ж.Р., Хакимова С.Ш., Мирзаев Ш.М. Анализ характеристик параболического и параболоцилиндрического концентраторов, сравнение данных, полученные на них.// Вестник ТашИИТ №2 2019 С 193-197.



19. Кодиров Ж.Р., Мавлонов У.М., Хакимова С.Ш. Аналитический обзор характеристик параболического и параболоцилиндрического Концентраторов.// Наука, техника и образование 2021. № 2 (77). С 15-1
20. С.С.Ибрагимов. Проектирование двухскатной теплицы с эффективным использованием солнечного излучения.// Молодой ученый, (2016) С 103-105.
21. С.С.Ибрагимов. Результаты испытания водоопреснителя парникового типа.// Молодой ученый, (2016) С 67-69.
22. Ахатов Ж.С., Самиев К.А., Мирзаев М.С., А.Э.Ибраимов А.Э. Исследование теплотехнических характеристик солнечной комбинированной опреснительно-сушильной установки.// Гелиотехника. 2018. № 1. С.20 -29.
23. Мирзаев М.С., Самиев К.А., Мирзаев Ш.М. Экспериментальное исследование расстояния между испарителем и конденсатом наклонно-многоступенчатой опреснительной установки.// Гелиотехника. 2018. № 6. С.27 -34.
24. Juraev Kh. Ways of using educational materials on alternative energy sources at natural lessons.// European science review. – Austria, 2018. № 1-2. –P. 177-180.
25. Juraev Kh. Training materials on sources of the alternative energy in integration of natural sciences.// Humanities and Social Sciences in Europe: Achievements and Perspectives. – Vienna, 2015. – P. 32–35.
26. Juraev Kh.O., Khamdamova N.M. Using alternative energy sources in education.// Modern humanitarian research. – Moscow, 2015. №3. – P. 42–48.
27. Juraev Kh. Ways of using educational materials on alternative energy sources at natural lessons.// European science review. – Austria, 2018. № 1-2. –P. 177-180.
28. Kahhorov S.K., Juraev Kh.O. Use of alternative energy sources at the natural sciences lessons.// The Way of Science. 2017. №2 (36).–P. 148-150.