

АННОТАЦИЯ

Алпысова Гульнур Кенжебековнаның «6D072300 – Техникалық физика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға ұсынылған «Радиациялық синтез жағдайларының YAG:Ce керамикасының люминесценциясына әсері» тақырыбындағы диссертациялық жұмысына

Диссертациялық зерттеудің мақсаты

YAG:Ce негізінде керамиканың радиациялық синтезінің қайталануының сәулелену жағдайлары мен режимдеріне және бастапқы қоспаны дайындауға тәуелділігінің себептерін анықтау.

Зерттеу міндеттері. Диссертациялық жұмысты орындау барысында келесі жеке ғылыми міндеттер қойылды және шешілді:

1. Цериймен белсендірген иттрий алюминий гранаты керамикасының синтезін жасау.

2. Керамиканың морфологиясы мен құрылымын зерттеу.

3. Алдын-ала дайындалған қоспалар мен олардың құрамын, тигельде орналастыруына байланысты әр түрлі серия үлгілерін радиациялық синтездеу арқылы спектрлік-кинетикалық сипаттамаларды өлшеу.

4. Қоспаны алдын ала дайындау шарттарына люминофордың сәулені түрлендіру тиімділігінің тәуелділігіне зерттеу жүргізу.

5. Әр түрлі қоздыру кезінде люминесценцияны түрлендірудің тиімділігін бағалау.

Зерттеу әдістері

Жоғары қуатты сәулелену ағындарында синтезделген YAG:Ce және YAGG:Ce негізіндегі керамикалық үлгілердің люминесценциясының спектрлік, кинетикалық және энергетикалық сипаттамалары синтез шарттарына байланысты өлшенді. Әртүрлі уақытта алынған, құрамы әртүрлі, бастапқы оксид ұнтақтарының шығу тегі және қоспаның массалық тығыздығы, әр түрлі тығыздалу дәрежесі және тигельдегі үлгілердің орналасуы әртүрлі керамикалық үлгілерді зерттедік. Сенімді ақпаратты алу үшін барлық өлшемдер әрбір жағдай үшін әдетте 10 рет жүргізілді және өлшеу қателігі анықталды. Әрбір өлшенген параметр үшін барлығы 1500-ден астам өлшеу жүргізілді. Алынған өлшеу нәтижелері жүйеленді және талдау жасалды.

Қорғауға ұсынылған негізгі тұжырымдар:

1. YAG:Ce сәулелену әдісімен өндірілетін керамика құрылымы синтездің технологиялық режимдеріне байланысты.

2. Бір тигельде алынған керамиканың люминесценциясының спектрлік сипаттамаларының мәндерінде шашырау бар. Люминесценция спектрлік сипаттамалары мәндерінің шашырауы синтез кезінде тигельдің температура айырмашылығына, тигельдегі сериялық үлгілердің орналасуына, тығыздалу дәрежесіне және синтез кезінде сәулені сканерлеу жылдамдығына байланысты.

3. Синтезделген керамикалық үлгілер өнеркәсіптік люминофорлармен салыстырғанда сәулені люминесценцияға түрлендіру 50-60% тиімділігін көрсетеді.

4. Алынған YAG:Ce керамикасының салыстырмалы жарық тиімділігі YAG:Ce сцинтилляторының тиімділігінің 40%-ына жетеді. Синтезделген керамика мен

өнеркәсіптік (коммерциялық) үлгілердің фотолюминесценция кванттық шығымы ұқсас.

Негізгі нәтижелердің сипаттамасы

YAG:Ce негізіндегі синтезделген люминесцентті керамика металл оксидтерінің қоспасына тікелей жоғары энергиялы электрондардың күшті ағындарының әсерінен оларды алдын ала өңдеусіз және қосымша және көмекші материалдарды пайдаланбай. Синтезделген YAG:Ce керамикасының, басқа әдістермен алынған YAG:Ce, YAGG:Ce негізіндегі керамикаға тән қасиеттері бар. Керамика - бұл кристалдарға тән, айқын жазықтықтары бар, өлшемі 1 - 30 микрон болатын жабысқан бөлшектер. Бұл синтез кезінде кристалдық құрылымның түзілу тенденциясының бар екендігін көрсетеді. Рентгендік дифракция үлгілердің шыңдардың орналасуы мен қатынасы бойынша YAG:Ce кристалдарына белгілі мәліметтерімен толығымен сәйкес келеді. Жүргізілген зерттеулер YAG:Ce люминесценциясының спектрлік және кинетикалық сипаттамаларындағы айырмашылықтарды анықтауға мүмкіндік берді: радиациялық синтез арқылы алынған керамикалық үлгілер синтез жағдайларына байланысты люминесценция жолақтарының орналасуы мен жарты ені, люминесценцияның сөну кинетикаларының сипаттамалық мәндердің шашырауы әртүрлі қатардағы үлгілерде де, бір қатардағы үлгілерде де байқалады. Бұл айырмашылықтар сәйкесінше ± 5 нм, 0,02 эВ және ± 4 нс жетеді және біз төмендегідей анықтаған өлшеу сенімділік интервалынан асып түседі: ± 1 нм, 0,01 эВ және ± 2 нс. Осылайша, люминесценцияның спектрлік сипаттамаларының мәндеріндегі шашырау, яғни синтез нәтижелерінің қайталануы синтез кезіндегі тигельдің температура айырмашылығына, тигельдегі сериялық үлгілердің орналасуына, дәрежесіне тығыздау және синтез кезінде сәулені сканерлеу жылдамдығына байланысты емес. Синтезделген керамикалық үлгілер коммерциялық YAG:Ce люминофорларымен салыстырғанда 50-60% фотолюминесценцияны түрлендіру тиімділігін көрсетеді. Гадолиниймен модификацияланған үлгілер сериясында түрлендіру тиімділігі гадолинийсіз үлгілерге қарағанда жоғары.

Синтезделген керамиканың люминесценциясының кинетикалық сипаттамалары YAG:Ce негізіндегі материалдарға ұқсас. Фотоқозу кезінде кинетиканың сипаттамалық уақыты ~ 60 нс болады, ол сөнудің басым құрамдас бөлігі болып табылады. Катодолюминесценция қоздырылған кезде спектрлік және кинетикалық сипаттамалар бойынша бірдей тенденция байқалады, бірақ үш демпферлік компонент бар. Салыстырмалы сцинтилляция тиімділігі сілтеме YAG:Ce сцинтилляторының тиімділігінің 40% жетеді. Керамиканың фотолюминесценция кванттық шығымы өнеркәсіптік (коммерциялық) үлгілермен ұқсас.

Алынған нәтижелердің жаңалығы мен маңыздылығын сипаттау.

Зерттеу нәтижелерінің ғылыми жаңалығы мен теориялық маңыздылығы төмендегідей:

YAG:Ce керамикалық үлгілерінің радиациялық синтезі әдісімен алғаш рет алынған, люминесценцияның спектрлік-кинетикалық және сандық сипаттамаларының кешенді зерттеулері олардың мәндерін статистикалық өңдеу арқылы жүргізілді. Мәндердің ауытқу диапозондары, орташа статистикалық мәннен люминесценция сипаттамалары, ауытқулардың синтез режимдері мен

шарттарына тәуелділігі анықталды. Әр түрлі шығу тегі бар үлгілердің ауытқулары мен люминесценция сипаттамаларының таралуы өлшеулердің сенімділік интервалынан асып түсетіні және синтез кезіндегі физика-химиялық процестердің айырмашылығына байланысты екендігі көрсетілген. Радиациялық өрісте синтезделген керамиканың сыртқы және ішкі қабаттарының люминесценттік қасиеттері әртүрлі болатыны көрсетілген. Радиациялық синтез арқылы алынған YAG:Ce керамикасының люминесценттік қасиеттерінің сипаттамаларында таралуының негізгі себебі синтездің жоғары жылдамдығы және әсіресе үлгілердің жоғары салқындату жылдамдығы екендігі анықталды. YAG:Ce негізіндегі керамиканың радиациялық синтезінен кейін керамикалық YAG фазасының қалыптасуын аяқтау үшін термиялық немесе радиациялық күйдіру қажет деген қорытынды жасалды. Сыналатын үлгінің люминесценциясының жарықтылығын эталондық үгімен салыстыру арқылы қоздырғыш сәулелену энергиясын люминесценцияға айналдыру тиімділігін экспресс-бағалау әдісі әзірленді.

Ғылыми даму бағыттарына немесе мемлекеттік бағдарламаларға сәйкестігі

Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасында жүзеге асырылып жатқан ғылымды дамытудың басым бағыттарына сәйкес келеді және жаңа ғылыми негізделген нәтижелерді қамтиды, олардың жиынтығы зерттелетін ғылыми бағыттарды дамыту үшін маңызды. Жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің 2020- 2022 жж. AP08052050 «Қуатты радиациялық ағындар саласындағы люминесценттік YAG:Ce нанокерамикасының синтезін әзірлеу және жетілдіру» ғылыми жобаларын гранттық қаржыландыру шеңберінде жүзеге асырылды.

Өтініш берушінің әрбір басылымды дайындауға қосқан үлесін сипаттау

Диссертацияда ұсынылған зерттеу нәтижелерін автордың жеке өзі, сондай-ақ лазерлік және жарық технологиясы кафедрасының (Томск қ., Ресей) қызметкерлерімен бірлесіп алған, бұл басылымдарда көрсетілген.

Нәтижелерді талқылау және талдау ғылыми кеңесші доктор Физ.-Матпен бірлесіп жүргізілді. ғылымдар, профессор Лисицын В.М.

Диссертациялық зерттеудің негізгі нәтижелері диссертация тақырыбына толық сәйкес келетін 15 басылымда жарияланды. Оның ішінде 7 мақала Web of Science және Scopus мәліметтер базасына енгізілген рецензияланатын ғылыми журналдарда, 5 тезис халықаралық ғылыми конференциялар жинағында жарияланды.

Жұмыстың негізгі ережелері және алынған нәтижелер халықаралық ғылыми конференцияларда баяндалып, талқыланды: «20th International Conference on Radiation Effects in Insulators» тақырыбындағы 20-шы халықаралық конференция (Нұр-Сұлтан, Қазақстан 2019 ж.); «Energy Fluxes and Radiation Effects» тақырыбындағы 7-ші халықаралық конгресс (Томск, Ресей, 2020); «Жаңа ұрпақтардың заманауи материалдары мен технологиялары» II Халықаралық жастар конгресі (Томск, 2019 ж.); Люминесценция және лазерлік физика бойынша мерейтойлық халықаралық жастар конференциясы (Иркутск, 2019); - «Functional Materials and Nanotechnologies» 13-ші халықаралық конференциясы (Вильнюс, 2020 ж.); «GYLYM JÁNE BILIM - 2020» студенттер мен жас ғалымдардың XV Халықаралық ғылыми конференциясы (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), 11-Халықаралық

ғылыми конференция «Сызықты емес жүйелердегі хаос және құрылымдар. Теория және эксперимент» (Қарағанды, 2019 ж.).