

ӘОЖ 535.37

**РАДИАЦИЯ АҒЫНЫ ӨРІСІНДЕ СИНТЕЗДЕЛГЕН YAG: CE  
КЕРАМИКАЛАРЫНЫҢ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯСЫ**

**Жүніс Еркетаң Маратұлы**

[erketan-bidaik@mail.ru](mailto:erketan-bidaik@mail.ru)

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ 2 курс магистранты

Ғылыми жетекшісі – Ж.Т. Карипбаев

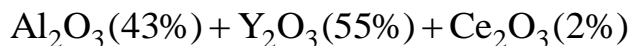
**Кіріспе**

YAG: Ce негізіндегі керамикалар, люминофорлар жарық диодтарында (LED) [1] және сцинтилляторлар [2] ретінде пайдалануға болашағы зор болып табылады. Бұл материалдарға үлкен сұраныс, қолдану аясының кең ауқымы, әртүрлі қолдану үшін осы материалдардың

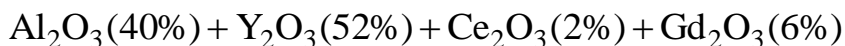
қасиеттеріне қойылатын талаптардың кең ауқымы оларды синтездеудің әртүрлі технологияларын әзірлеуді талап етеді. YAG:Ce фосфорлары, керамикалары көп компонентті жүйелер. Компоненттердің балқу нүктелері  $Y_2O_3$ -те  $2455^\circ C$ -тан  $Al_2O_3$ -те  $2075^\circ C$ -қа дейін. Олардың синтезі жоғары температурада, ұзақ уақыт бойы жүзеге асырылады, бұл материалдардың жақсы қайталануын және сапасын қамтамасыз етпейді. Сондықтан оларды синтездеу технологияларын іздеу және жетілдіру жалғасуда. Қатты фазалық реакцияларды қолданатын кең таралған әдістерден басқа [3] басқалары да әзірленуде: лазерлік абляция [4], золь-гель әдісі [5], гидротермиялық [6], жану [7], және т.б. Мүмкін нұсқалар күшті сәулелену ағындары саласындағы керамиканың синтезі болуы мүмкін, оны одан әрі жарық диодтары үшін фосфорға айналдырады.  $MgF_2$  негізіндегі люминесцентті керамика жоғары энергиялы электрон ағыны өрісінде синтезделетіні [8] көрсетілген. [9] YAG:Ce керамикасының қуатты электрон ағыны өрісінде синтездеуге болатыны көрсетілген.

#### Әдістеме және синтез

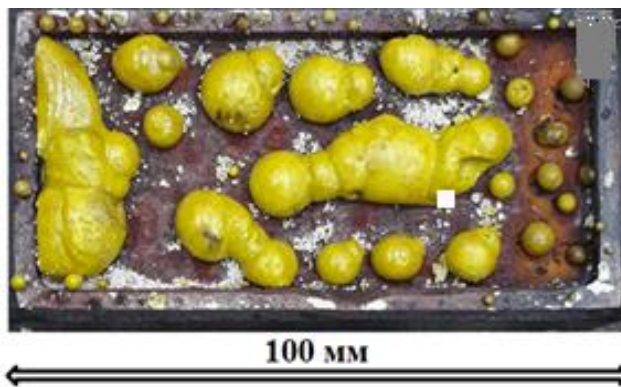
YAG:Ce керамикасының үлгілері жоғары энергиялы электрондардың күшті ағыны өрісінде стехиометриялық құрам қоспасынан синтезделді. Алынған керамиканың құрылымы YAG:Ce тән және 460 нм-де чиптермен қоздырылған кезде қарқынды люминесценцияланады. Шихтасы бар әртүрлі құрамдағы керамикалық үлгілерді синтездедік:



және



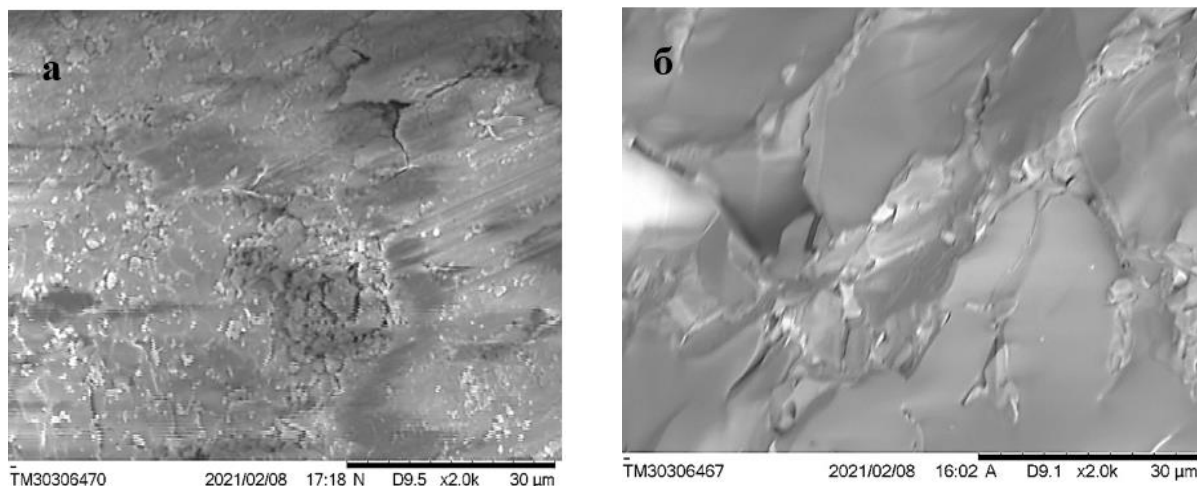
Мұндай керамиканың екі сериясы синтезделді, олар синтез үшін пайдаланылған алюминий оксидтерінің тарихқа дейінгі кезеңімен ерекшеленеді: таза және химиялық таза сорттар. Ұнтақтар құрамы дисперсиясымен де ерекшеленеді. Синтез оксидті ұнтақтардан алынған үлгілерді жоғары энергиялы электрон ағыны өрісінде агломерациялау арқылы жүзеге асырылды. Ұнтақтар қоспасы массивті мыс тигельдегі тереңдігі 5 мм ойпаттарға құйылды. Күшті электрон ағыны тигельге бағытталды, ол дифференциалды вакуумдық айдау жүйесі арқылы вакуумнан атмосфералық қысымы бар ортаға шығарылды. ELV-6 үдеткішінен энергиясы 1,4 МэВ және қуат тығыздығы  $23 \text{ кВт/см}^2$  электрондар ағыны тигель бойымен  $1 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$  жылдамдықпен сканерленді. Көлденең қимасы  $1 \text{ см}^2$  тигельдің бетіне жақын орналасқан электронды шоқ зарядты 1 с ішінде балқытты, ол экспозициядан кейін тез қатып, шихтаға белгіленген қоспалардың қатынасы бар керамикалық үлгіні құрады. Бүкіл бетті бір рет сәулелендіруден кейін құрылым салқындатылды, ал үлгілер тигельден шығарылды. Тигельдегі шихтаның бүкіл бетін өңдеу 36 с. Тигельде өңдеу нәтижесінде  $4,0 \times 2,0 \times 0,5 \text{ см}$ -ге дейінгі өлшемдері қатты қабығы бар, іші кеуекті тамшылар түріндегі керамикалық үлгілердің сериясы қалыптасты. Тигельдегі үлгілердің көрінісі 1-суретте көрсетілген. Үлгілердің қаттылығы сапфирге жақын болды. YAG:Ce керамикасының үлгілері YAG:Ce люминофорларына тән ашық сары түсті және YAGG:Ce қою сары түсті болды.



1 сурет – YAG үлгілерінің фотосуреті: тигельдегі керамика

### Зерттеу нәтижесі

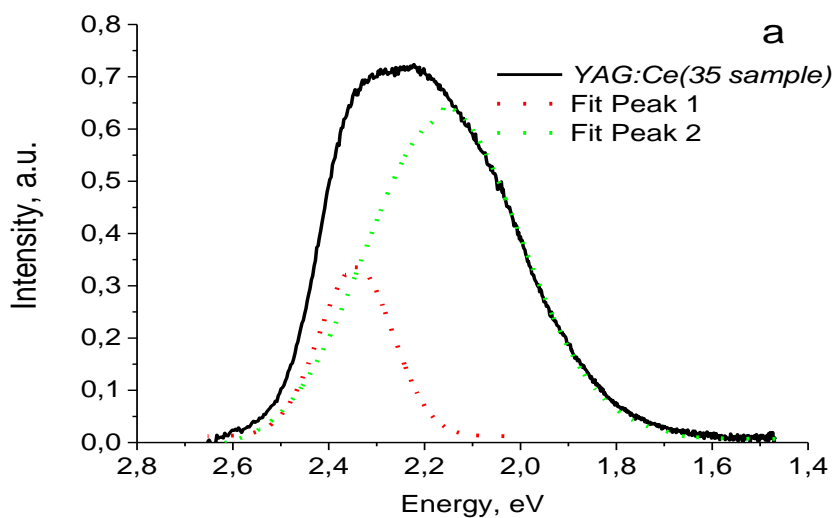
Гадолийсіз және гадолиймен дайындалған YAG:Ce үлгілерінің морфологиясы, элементтік құрамы және құрылымы (бұдан әрі тиісінше YAG:Ce және YAGG:Ce) Hitachi TM-3030 сканерлеу микроскопы арқылы зерттелді және 2-суретте көрсетілген. бөлшектер балқыма тәрізді болады.

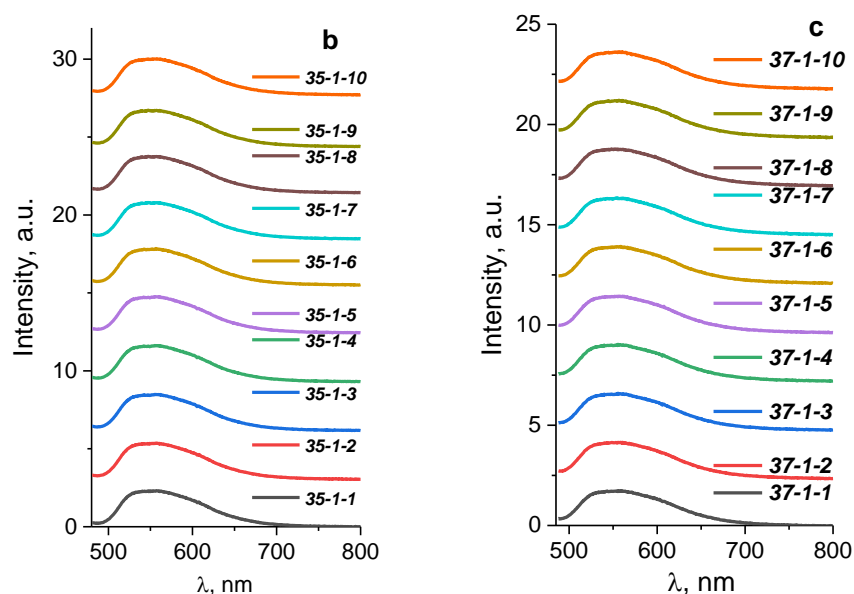


2 сурет – Радиациялық өрісте синтезделген керамиканың сынған жеріндегі SEM кескіндері: а - YAG:Ce, б - YAGG:Ce

Бөлшектердің SEM кескіндері керамикалық үлгілердің өлшемдері ~1...30 мкм бір-біріне дәнекерленген бөлшектер екенін көрсетеді. Бөлшектердің көпшілігі балқыма түрінде болады. Микросталдардың түзілуін көрсететін жақсы көрінетін беткейлері бар бөлшектер бар.

Фотолюминесценция (ФЛ) спектрлері Avantes AvaSpec-2048L спектрофотометрінің көмегімен  $\lambda_{em} = 450$  нм чип сәулеленуімен қозу кезінде өлшенді. Әрбір үлгінің спектрлері 10 рет өлшеніп, 530 нм аймағындағы жолақтың орны мен жарты енін өлшеу қателігі анықталды. 35 және 37 сериялы үлгілердің люминесценция спектрлерін өлшеу мысалы 3-суретте көрсетілген.





3 сурет - 450 нм толқын ұзындығында жарықдиодты сәулеленумен қоздырылған кезде 35 (а) үлгі спектрінің деконволюциясы, 35 (b) және 37 (c) үлгілерінің люминесценция спектрлері.  
Соңғы сан - өлшеу нөмірі

Ұсынылған спектрлер қарқындылық бойынша нормаланады. Көріп отырғанымыздай, бір қатардағы үлгілердің люминесценциясын қайта-қайта өлшегенде жолақ пішіні аз өзгереді. ФЛ спектрлерінің сипаттамаларындағы айырмашылықтарды анықтау үшін әрбір үлгі 10 рет өлшенді. Әрбір үлгі үшін орташа мәндер мен өлшеу қателігі анықталды. Жүргізілген зерттеулер тұрақты жағдайда бір тигельдегі үлгілер қатарын синтездеу кезінде осы қатар үлгілеріндегі ФЛ спектрлерінің сипаттамаларында айырмашылық байқалатынын көрсетті. Бұл айырмашылық шамалы және жолақ позициялары үшін 1,5% және жарты ені үшін 0,008% аспайды. Осыған қарамастан, синтез нәтижелерінің қайталану мәселесін шешу кезінде мұны ескеру қажет.

#### Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Narukawa Y., Ichikawa M., Sanga D., Sano M., Mukai T. White light emitting diodes with super-high luminous efficacy // *J. Physics D - Applied Physics*. 2010. Vol. 43. P. 354002.
2. Kucera M., Nikl M., Hanus M., Lucenicova Z.O. Gd<sup>3+</sup> to Ce<sup>3+</sup> energy transfer in multi-component GdLuAG and GdYAG garnet scintillators // *Phys. Stat. Solidi*. 2013. V. 7. P. 571-574.
3. George N.C., Denault K.A., Seshadri R. Phosphors for Solid-State White Lighting // *Annu. Rev. Mater. Res.* 2013. Vol. 43. P. 481-501.
4. Choe, J.Y. Luminescence and compositional analysis of Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce films fabricated by pulsed-laser deposition // *J. Mat. Res. Innovat.* 2002. V.6. P. 238-241.
5. Murai, S., Fujita K., Iwata, K. Scattering-based hole burning in Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce<sup>3+</sup> monoliths with hierarchical porous structures prepared via the sol-gel route // *J. Phys. Chem: C*. 2011. V. 115, № 36. P. 17676-17681.
6. Hakuta Y., Haganuma T., Sue K., Adschiri T., Arai K. Continuous production of phosphor YAG: Tb nanoparticles by hydrothermal synthesis in supercritical water // *Materials Research Bulletin*. 2003. V. 38. P. 1257-1265.
7. Lisitsyn V. M., Golkovskii M. G., Lisitsyna L. A. MgF<sub>2</sub>-Based luminescing ceramics // *Russian Physics Journal*. 2019. Vol. 61. № 10. P. 1908-1913.
8. Lisitsyn V.M., Golkovsky M.G, Musakhanov D.A. YAG based phosphors, synthesized in a field of radiation // *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1115*. 2018. P. 1-5.