

Әдебиет

1. F. Moradi, Z. Shariatinia, N.Safari, E Mohajerani. Boosted performances of mesoscopic perovskite solar cells using LaFeO₃ inorganic perovskite nanomaterial// Journal of electroanalytical chemistry – 2022 – Vol.916 – P.116376-116401.

2. W. Cheng, R. Zhou, S. Peng, C.X.Wang, L.J. Chen. Research on passivation of perovskite layer in perovskite solar cells// Materials today communications – 2024 – Vol.38 – P. 107879.

3. M. Idrees, M. Nadeem, Saadat Anwar Siddiqi, Riaz Ahmad, A. Hussnain, Mazhar Mehmood. The organic residue and synthesis of LaFeO₃ by combustion of citrate and nitrate precursors// Materials Chemistry and Physics – 2015 – Vol.162 - P.652-658.

СЦИНТИЛЛЯЦИЯЛЫҚ КРИСТАЛДАРДЫҢ ОПТИКАЛЫҚ ЛЮМИНЕСЦЕНТТІК СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ

Ж.К. Бакиева

Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды Университеті,
докторант, Қарағанды қ., Қазақстан Республикасы, shantar83@mail.ru

К.М. Тилегенова

Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды Университеті,
магистрант, Қарағанды қ., Қазақстан Республикасы, [kami-la.tilegenova@mail.ru](mailto:la.tilegenova@mail.ru)

А.М. Мұқанова

Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды Университеті,
студент, Қарағанды қ., Қазақстан Республикасы, akshuak04@mail.ru

Бұл зерттеу жұмысы сцинтилляциялық кристалдардың оптикалық люминесценттік сипаттамаларын зерттеуге арналған. Сцинтилляциялық материалдар радиациялық энергияны жұтып, оны жарық энергиясына түрлендіру қабілетімен ерекшеленеді, сондықтан олар медицинада, гарыштық зерттеулерде және ядролық физикада кеңінен қолданылады. Зерттеу барысында радиациялық синтез әдісімен алынған MgWO₄ және ZnWO₄ металл вольфраматтарының керамикалық үлгілерінің люминесценттік қасиеттері анықталды. Үлгілердің оптикалық сипаттамалары монохроматор МДР-23 көмегімен өлшенді. Эксперимент нәтижелері радиациялық әдіспен алынған үлгілердің люминесценция спектрлері мен интенсивтілік максимумдарының монокристалдық вольфраматтар бойынша белгілі

деректерге сәйкес келетінін көрсетті. Алынған нәтижелер радиациялық синтез әдісінің сцинтилляциялық материалдар өндірісінде перспективті екенін дәлелдейді. Бұл әдіс қысқа мерзімде, қосымша шығындарсыз жоғары сапалы сцинтилляторлар алуға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері жаңа буын сәулелену детекторларын әзірлеуде маңызды ғылыми және қолданбалы мәнге ие.

Кілт сөздері. Сцинтилляторлар, металл вольфраматтары, керамика, радиациялық синтез, люминесценция спектрлері, керамиканың оптикалық қасиеттері.

Қазіргі таңда сцинтилляциялық кристалдар ғылым мен техниканың түрлі салаларында кеңінен қолданылатын материалдар болып табылады. Сцинтилляциялық кристалдар көптеген қасиеттері бойынша айтарлықтай ерекшеленеді, негізгі ерекшеліктерінің бірі радиациялық энергияны жұтып, оны жарық энергиясына түрлендіреді [1]. Сцинтилляциялық кристалдар детектор ретінде PET (позитронды эмиссия томография) және SPECT (бір фотонды эмиссия томографиясы) сияқты бейнелеу жүйелерінде қолданылады. Яғни адам ағзасына енгізілген радиоизотоптардан шығатын гамма-сәулелерін тіркеп, оларды көрінетін жарыққа және кейін электрлік сигналдарға айналдырып, диагнозды тура қоюға көмектеседі. Сонымен қатар космосқа шыққан ғарыш кемелері мен спутниктерде сцинтилляциялық кристалдар космостық сәулелерді зерттеуге қолданылуы мүмкін.

Сцинтилляторлар үшін перспективті материалдар ретінде өтпелі элементтер тобының металдарының вольфраматтары MWO_4 (мұндағы M — Zn , Mn , Mg , Ca) жиі қолданылады. Бұл материалдар жоғары тиімділіктерімен және радиацияны анықтаудағы сезімталдығымен ерекшеленеді. Оларды синтездеу күрделі, себебі бастапқы заттардың балқу температуралары айтарлықтай өзгеше, және синтез көбінесе ұзақ уақытты қажет етеді. Жаңа қосылыстарды зерттеу және оларды пайдалану перспективасын анықтау үшін керамиканың радиациялық синтез әдісін қолдануға болады.

Бұл зерттеу жұмысында металл вольфраматтарының $MgWO_4$, $ZnWO_4$ үлгілері зерттелді. Алынған үлгілердің радиациялық синтезі WO_3 , ZnO , MgO ұнтақтарын пайдалана отырып, Сібір бөлімшесінің Г.И. Будкер атындағы Ядролық физика институтында UNU Stand ELV-6 электрондар үдеткішінде жасалды [2]. $MgWO_4$ (MgO – 14,7%, WO_3 – 85,3%); $ZnWO_4$ (ZnO – 26%, WO_3 – 74%) керамикалық үлгілерін алу үшін келесі құрамдағы шихта әзірленіп, араластырылған қоспа тигельге салынып, қоспаға электрондар ағынын тікелей бағыттау арқылы

синтезделді. Синтез нәтижесінде керамикалық үлгілер тигель өлшемдеріне сәйкес пластиналар жеке пластиналар түрінде алынды (1-сурет).



1-сурет. $MgWO_4$, $ZnWO_4$ керамикалық үлгілерінің бейнесі.

Алынған керамика үлгілерін сцинтилляциялық материалдар ретінде қолдану үшін олардың оптикалық қасиеттерін білу және зерттеу маңызды болып табылады. Осы себепті зерттеу жұмысымда радиациялық синтез әдісімен алынған $ZnWO_4$, $MgWO_4$ керамикалық үлгілерінің оптикалық люминесценттік қасиеттеріне зерттеу жүргізілді.

Люминесценция спектрлерін өлшеу МДР-23 монохроматорының көмегімен үлгілердің оптикалық қозуының жоғары сезімталдығы және жоғары энергия тығыздығы бар автоматтандырылған қондырғыда жүргізілді [3]. Эксперименттік қондырғының құрамына МДР-23 монохроматоры кіреді, фотодетектор ретінде ФЭУ-79 пайдаланылды, қадамдық қозғалтқыштардың жұмысын басқару үшін ATmega328 - Arduino UNO микроконтроллеріне негізделген электрондық тақта пайдаланылды және LabVIEW бағдарламалық құралын және National Instruments компаниясының құрылғыларын пайдалана отырып, автоматтандыру және өлшеу үшін толық бағдарламалық-аппараттық жүйелерді әзірлеуге мүмкіндік берді. Қондырғының жалпы сыртқы түрі 2-суретте көрсетілген.

Вольфраматтар керамикаларының люминесценттік қасиеттері оларды сцинтилляторлар, лазерлер және басқа да оптоэлектрондық құрылғыларды жасау үшін перспективті материалдар қолданылды [4]. Монохроматор МДР-23 көмегімен радиациялық әдіспен синтезделген $ZnWO_4$ және $MgWO_4$ керамикалық үлгілерінің люминесценттік сипаттамалары зерттелді.



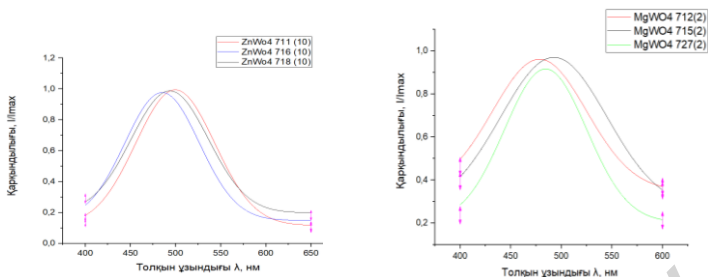
2-сурет. Автоматтандырылған қондырғының жалпы сыртқы түрі

Әрбір зерттелген үлгі үшін ($MgWO_4$ 712, 715, 727) люминесценция спектрлерінің өлшемдері 400–600 нм толқын ұзындығы диапазонында ультрафиолеттік (УФ) сәулеленумен қоздыру арқылы алынған, қоздыру толқын ұзындығы 254 нм болды. Эксперимент барысында келесі әдістемелер қолданылды:

- спектрді дәл бөлуге мүмкіндік беретін МДР-23 монохроматоры;
- қоздыру көзі ретінде сынапты газразрядты шамы (254 нм);
- жарық ағынын фокустау үшін оптикалық сүзгілер мен линзалар;
- сигналдарды тіркеу үшін жоғары сезімтал фотодетекторлар.

3, а-суретте $MgWO_4$ 712, 715, 727 үлгілерінің люминесценция спектрлері көрсетілген. Талдау көрсеткендей, $MgWO_4$ керамикасында люминесценция УФ-сәулелену арқылы 254 нм толқын ұзындығында қоздырылады, ал сәулелену спектрлері 400–600 нм аралығында орналасқан. Люминесценцияның интенсивтілігінің максимумы 712 үлгісінде 492 нм, 715 үлгісінде 478 нм, 727 үлгісінде 484 нм толқын ұзындығында тіркеледі, бұл осы типтегі монокристалдық материалдардың белгілі спектрлік сипаттамаларына сәйкес келеді.

Синтезделген $ZnWO_4$ үлгілері (711, 716, 718 үлгілері) автоматтандырылған спектрофотометриялық құрылғыны пайдаланып зерттелді. 3, ә-суретте $ZnWO_4$ 711, 716, 718 үлгілерінің люминесценция спектрлері көрсетілген. УФ-сәулеленумен (254 нм) қоздырғанда 400–650 нм диапазонында сәулелену байқалады, оның интенсивтілігінің максимумдары 711 үлгісінде шамамен 499 нм, 716 үлгісінде шамамен 493 нм, 718 үлгісінде шамамен 485 нм. Бұл монокристалдық $ZnWO_4$ бойынша белгілі люминесценция деректерімен сәйкес келеді [5].



3-сурет. (а) MgWO_4 , 712, 715, 727 және (б) ZnWO_4 , 711, 716, 718 люминесценция спектрлері

Радиациялық синтез әдісі арқылы алынған MgWO_4 керамикалық үлгілерін алу мүмкіндігін берді, олар айқын люминесценттік қасиеттерге ие. Люминесценция спектрлерінің максимумдары 712 үлгісінде 492 нм, 715 үлгісінде 478 нм, 727 үлгісінде 484 нм толқын ұзындығында тіркеледі, бұл кристалдық вольфраматтар бойынша белгілі деректерге сәйкес келеді.

Радиациялық әдіспен алынған ZnWO_4 керамикалық үлгілері спектрдің көк аймағында айқын люминесценцияға ие. Люминесценцияның максималды интенсивтілігі 711 үлгісінде 499 нм, 716 үлгісінде 493 нм, 718 үлгісінде 485 нм толқын ұзындығында байқалады, бұл монокристалдық вольфраматтар үшін белгілі деректерге сәйкес келеді. Люминесценцияның температуралық тәуелділігі материалдың сцинтилляциялық детекторларда қолдануға жарамдылығын растайды. Нәтижелер жаңа сцинтилляциялық материалдарды жетілдірілген сипаттамалармен әзірлеуде пайдалы болуы мүмкін.

Зерттеу барысында радиациялық синтез әдісімен алынған MgWO_4 , ZnWO_4 керамикаларының оптикалық параметрлері анықталды. Алынған нәтижелерді қорытындылай отырып, бұл үлгілердің параметрлері басқа әдістермен алынған үлгілердің параметрлеріне сәйкес келетіні анықталды. Яғни радиациялық синтез әдісі жаңа және тиімді технология болып табылады, себебі ол өте қысқа мерзімде және қосымша шығындарсыз нақты әрі дәл нәтиже алуға мүмкіндік береді. Ал радиациялық синтез әдісі арқылы алынған вольфромат керамикасы сцинтилляторлар және жаңа буын сәулелену детекторлары үшін перспективті материал болып табылады.

Әдебиеттер

1. Maoqing Cao et.al. Fabrication and characterizations of (Lu,Gd)2O3:Eu scintillation ceramics//Ceramics International – 2017. – Vol. 43 (2). – P. 2165–2169.

2. Lisitsyn V., Tulegenova A., Golkovski M., Polisadova E., Lisitsyna L., Mussakhanov D., Alpysova G. Radiation Synthesis of High-Temperature Wide-Bandgap Ceramics. // MDPI Journal. Micromachines. – 2023. - Vol.14. – 2193 p.

3. Ермачихин А.В., Мальченко С.И., Литвинов В.Г., Мокина О.М., Маслов А.Д. Автоматизация спектральных исследований с помощью монохроматора МДР-2 ЛОМО // Сборник трудов XV международной конференции NIDays 2016, Москва, 2016, С.142-145.

4. Alpysova G.K., Afanasyev D.A., Bakiyeva Zh.K., Lisitsyna L.A., Golkovski M.G., Tussupbekova A.K., Kissabekova A.A., Tuleuov S.D. Optical properties of ZnWO₄ ceramics obtained by radiation synthesis. Bulletin of the Karaganda University. Physics series. – 2024. – Volume. 29. – No.3(115). – P. 51-60.

5. Alpysova G.K., Lisitsyn V.M., Bakiyeva Zh.K., Chakin I.K., Kaneva E.V., Afanasyev D.A., Tussupbekova A.K., Vaganov V.A., Tulegenova A.T., Tuleuov S.D. Characterization of ZnWO₄, MgWO₄, and CaWO₄ Ceramics Synthesized in the Field of a Powerful Radiation Flux Ceramics. -7, –2024. – pp. 1085-1099.

APPROACHES TO ENHANCING THE PERFORMANCE OF ELECTRON-OPTICAL SYSTEMS FOR CHARGED PARTICLE FLOW ANALYSIS

Saulebekov A.O.

Professor, Kazakhstan branch of Lomonosov Moscow State University, Astana, Kazakhstan

Kambarova Zh.T.

Associate professor, E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan, kambarovazht@gmail.com

Imanmusa N. S.

Student, E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan

Altaeva A.

Student, E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan