

ӘОК 538.915

**БАЯУ БУЛАНУ ӘДІСІ АРҚЫЛЫ ӨСІРІЛГЕН Na_2SO_4 КРИСТАЛЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ
ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯСЫ**

Амангельдинов Алем Ардақұлы¹, Муртазин Әсет Русланұлы²
77479192309@yandex.kz

¹Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ магистранты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

²Л.Н. Гумилев ат. ЕҰУ докторанты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Ғылыми жетекшісі – Салиходжа Ж.М.

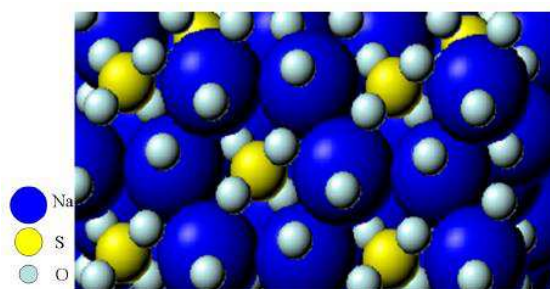
Кіріспе

Сілтілі және сілтілі жер металл сульфаттарында радиациялық ақаулардың түзілу процесстерінің зерттелуі олардың дозиметрлер, сцинтилляторлар және люминофорлар ретінде қолдануымен байланысты. Мысал ретінде, сирек кездесетін элемент қосылған натрий сульфатының кристалдары термолюминесценттік дозиметрлер ретінде қолданылады[1].

Сілтілі және сілтілі жер металл сульфаттарында кристалдық құрылымды түзуші бөлшектер ионды-коваленттік байланысқа ие. Металл иондары мен оксианионды топтар (сульфаттар) арасында иондық байланыс, ал оксианионды топ ішінде төрт оттегі атомдары мен бір күкірт атомы коваленттік байланыспен байланысады. Күкірт атомы тетраэдрлік пирамиданың ортасында, ал пирамида шыңдарында оттегі атомдары орналасады. Рентген құрылымдық талдау мәліметтері бойынша[2], сілтілі метал сульфаттарында анионды комплекс SO_4^{2-} дұрыс тетраэдрлік құрылымға ие.

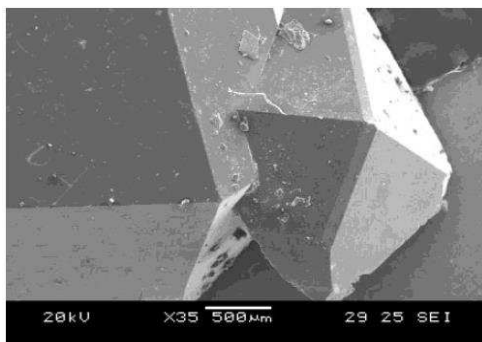
Натрий сульфаты ромбты кристалдық жүйеге және Fddd кеңістікті топқа жататын бейорганикалық қосылыс, табиғатта мирабилит, глауберит және тенардит минералдар

түрінде кездеседі, кристалдық құрылымы 1-суретте көрсетілген. Na_2SO_4 кристалы сулы ерітіндіден баяу булану әдісі арқылы кристалл түрінде алынады[3].



1-сурет – Na_2SO_4 кристалы 3D кристалдық құрылымы [3]

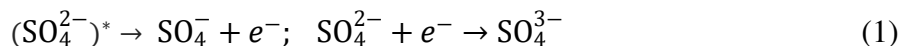
[4] жұмыста сканерлеуші электронды микроскоп (СЭМ) арқылы жасалған Na_2SO_4 кристалының суреті көрсетілген, 2-сурет. СЭМ нәтижелері бойынша Na_2SO_4 кристалдары ромбты кристалдық жүйеге жататыны айқын көрінеді.



2-сурет – Na_2SO_4 кристалының СЭМ арқылы жасалған суреті [4]

Сілтілі және сілтілі жер металл сульфаттарында SO_4^{2-} аниондық комплексі сәулелену процесстерінде негізгі рөл атқаратыны[5] жұмыста көрсетілген. Электрондық өтулерге қатысатын, валенттік аймақтың жоғарғы бөлігі сульфат анионының $(2a_1)^2$, $(2t_2)^6$, $(1e)^4$, $(3t_2)^6$, $(2t_1)^6$ орбитальдарынан қалыптасады. Өткізгіш аймақтың төменгі бөлігі SO_4^{2-} анионның толтырылмаған $3a_1^x$ және $4t_2^x$ орбитальдарынан, жоғарғы бөлігі катионның электрондық күйлерінен қалыптасады.

Электрон-кемтіктік қармап алу орталықтарының түзілуі келесі реакциялар нәтижесі ретінде ұсынылған[6-8]:



Нәтиже ретінде сілтілі металл сульфаттарында SO_4^- кемтіктік және SO_4^{3-} электрондық қармау орталықтары және $\text{SO}_3^- v_a^+ e^-$ тұрақты электрондық қармау орталықтары түзіледі. Радиациялық ақаулардың немесе электрон-кемтіктік қармап алу орталықтарының түзілу механизмін анықтау үшін бұл процесстердің кинетикасын зерттеу қажет.

Бұл жұмыстың мақсаты баяу булану әдісімен өсірілген Na_2SO_4 кристалының 300K температурада 5,9-6,2 эВ фотон энергиясымен қоздырылған сәулелену жолақтарын зерттеу.

Эксперимент нәтижелері

Баяу булану әдісі арқылы Na_2SO_4 кристалының өсірілуі

Na_2SO_4 кристалы баяу булану әдісімен қолтанылатын температураға байланысты кристалдар әртүрлі формада түзіледі. 40°C-дан жоғары температурада октаэдрлік

кристалдар, бөлме температурасында төртбұрышты призмалар және 10°C-дан төмен температурада ине тәріздес болып қалыптасады. Натрий сульфатының сулы ерітіндіде температураға байланысты ерігіштігі 1-кестеде көрсетілген[9].

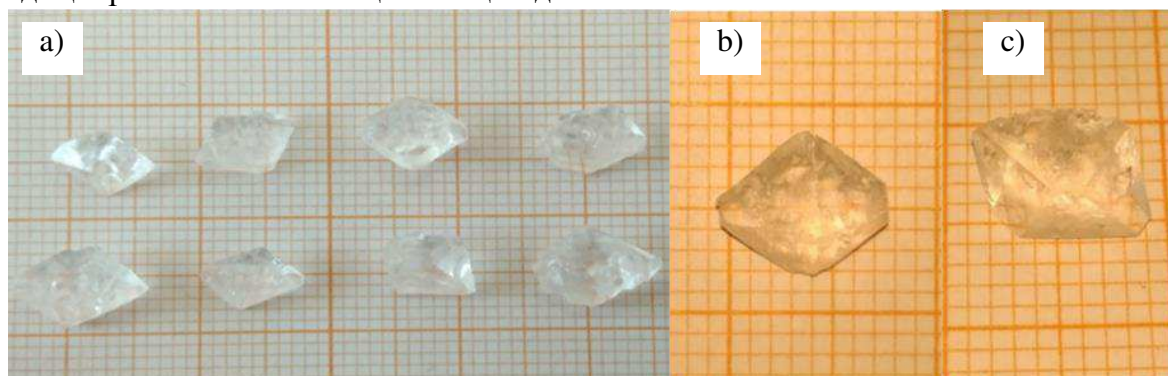
1-кесте

Натрий сульфатынның судағы ерігіштігінің температураға тәуелділігі [9]

Температура, °С		0	0	0	0	0	0	0	0	0	00
Ерігіштік, гр/100 суға	,9	,7	4,3	0,8	7,8	7	5,3	4,5	3,7	2,7	2,5

Na_2SO_4 кристалдары баяу булану (изотермиялық) әдісі арқылы 40°C температурада $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ декагидрат сулы ерітіндіде, лабораториялық колбаларда өсірілген. $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ерітіндіні дайындау үшін дистилденген су мен натрий сульфатының ұнтақтары Sartorius лабораториялық электронды таразы және 40°C температурада MI0102003 5 Inch LED Hotplate магниттік араластырғышы арқылы дайындалған. Ерітінді құрамы (концентрациясы): 200 мл дистилденген су мен 85 гр натрий сульфатының ұнтағы.

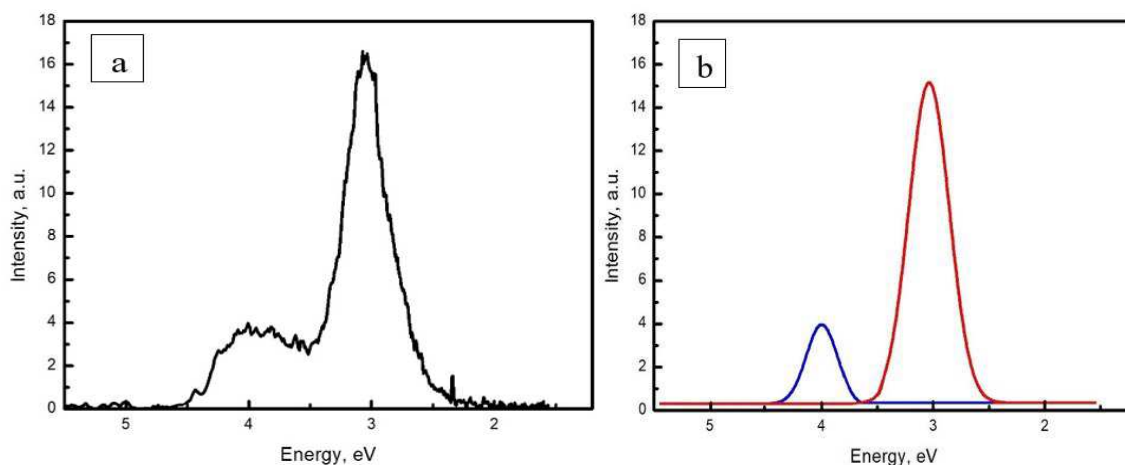
Эксперимент кезінде баяу булану әдісі арқылы өсірілген Na_2SO_4 кристалдары 3a суретте көрсетілген. Сәулелену және қозу спектрлері өлшенген натрий сульфат кристалы 3b және 3c суреттерде көрсетілген, өлшемі 9x7x4 мм. Өсірілген Na_2SO_4 кристалдары ромбты кристалдық жүйеге жататыны айқын байқалады.



3-сурет а – Баяу булану әдісі арқылы өсірілген Na_2SO_4 кристалдары, b және c – өлшеулер үшін таңдалған үлгілер

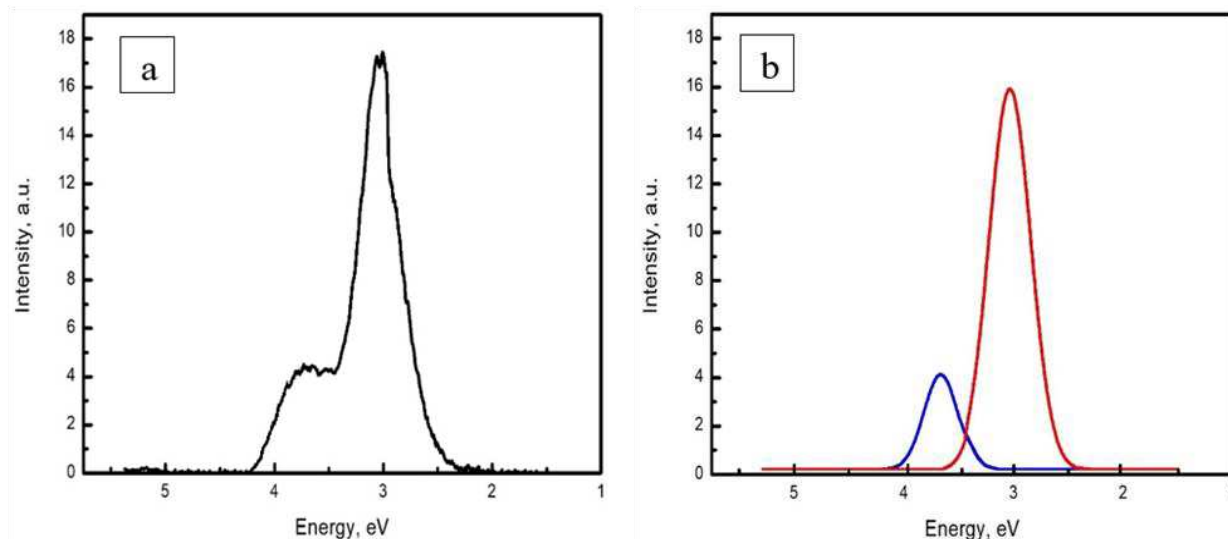
Na_2SO_4 кристалының люминесценциясы

Na_2SO_4 кристалдарының сәуле шығару және қозу спектрлерін өлшеу үшін ультракүлгін және көрінетін аймақ диапазонында жұмыс істейтін SOLAR CM2203 спектрофлуориметр арқылы, бөлме температурасында, яғни 300 К кезінде өлшенген. Алынған мәліметтер математикалық және статистикалық функциялармен жұмыс істеуге арналған OriginPro 8 бағдарламалық жасақтама арқылы өңделген.



4-сурет – 300К температурада 6,2 эВ (200 нм) энергиялы фотондармен қоздырылған Na_2SO_4 кристалының сәуле жолақтары

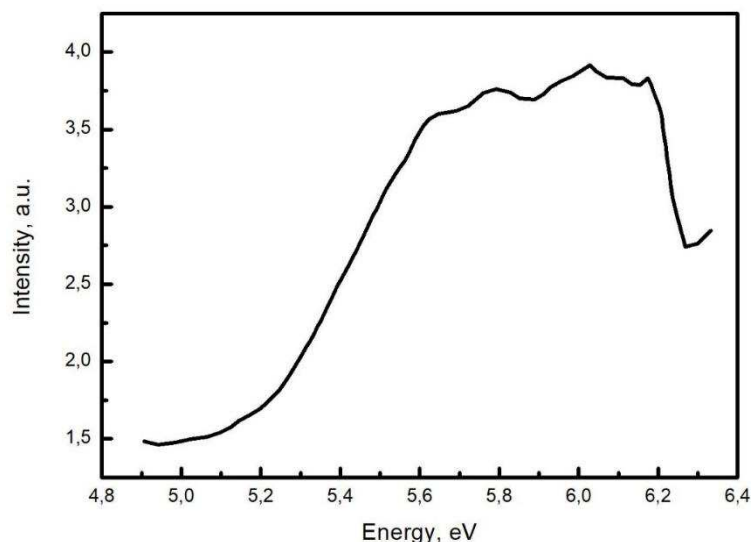
4-суретте 300 К температурада 6,2 эВ (200 нм) энергиялы фотондармен қоздырылған Na_2SO_4 кристалының сәуле жолақтары көрсетілген. 4-суреттен максимумы 4 эВ болатын сәуле жолағы және 3 эВ болатын ұзын толқынды сәуле жолағы айқын байқалады.



5-сурет – 300 К температурада 5,9 эВ (210 нм) энергиялы фотондармен қоздырылған Na_2SO_4 кристалының люминесценция спектрі

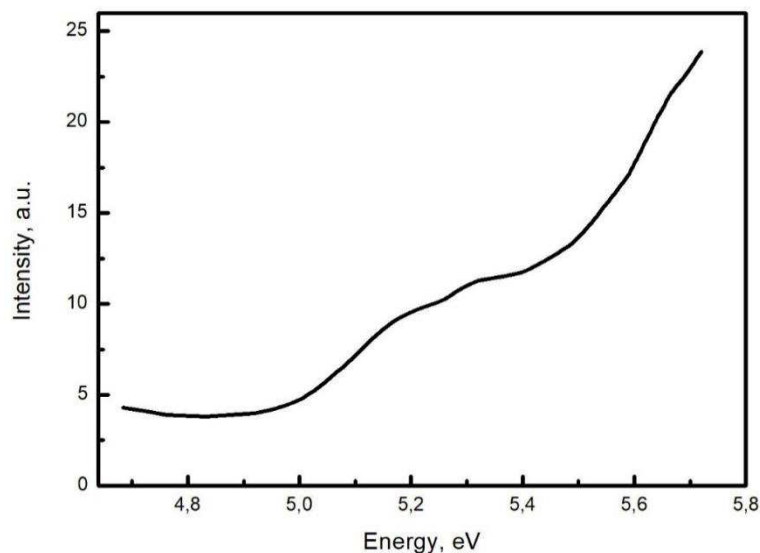
5-суретте 300 К температурада 5,9 эВ (210 нм) энергиялы фотондармен қоздырылған Na_2SO_4 кристалының сәуле шығару жолақтары көрсетілген. Сурет бойынша, максимумы 3,72 эВ болатын сәуле жолағы және 3 эВ ұзын толқынды сәуле жолағы айқын байқалады. Na_2SO_4 кристалының сәулелену жолақтарының қисықтары Гаусс функциялары ретінде 4b және 5b суреттерде көрсетілген.

6-суретте Na_2SO_4 кристалының 3,88 эВ (320 нм) сәуле жолағы үшін 300 К-дегі қозу спектрі көрсетілген. Қозу спектрінің нәтижелері бойынша 3,88 эВ сәуле жолағы 5,1-6,2 эВ энергиялы фотондармен қоздырылған кезде байқалады.



6-сурет – Na₂SO₄ кристалының 3,88 эВ (320 нм) сәуле жолағы үшін 300 К-дегі қозу спектрі

7-суретте Na₂SO₄ кристалының 3 эВ (415 нм) сәуле жолағы үшін 300 К-дегі қозу спектрі көрсетілген. Қозу спектрінің нәтижелері бойынша 3 эВ сәулелену жолағы энергиясы 5,1 эВ және одан жоғары энергиялы фотондармен қоздырылған кезде байқалады. Эксперименттер нәтижелері бойынша, Na₂SO₄ кристалында 3 эВ және 3,7-4,1 эВ сәуле жолақтары 5,1-6,2 эВ энергиялы фотондармен қоздырылған кезде пайда болады. Сәуле жолақтарын тудыратын 5,1 эВ минималды фотон энергиясын Na₂SO₄ кристалының тыйым салынған аймағының ені ретінде бағалауға болады.



7-сурет – Na₂SO₄ кристалының 3 эВ (415 нм) сәуле жолағы үшін 300 К-дегі қозу спектрі

Қорытынды

Баяу булану әдісі арқылы ерітіндіден, өлшемдері шамамен 9x7x4 мм Na₂SO₄ кристалдары өсірілген. Na₂SO₄ кристалында 3 эВ ұзын толқынды және 3,7-4,1 эВ қысқа толқынды сәуле жолақтары 5,1-6,2 эВ энергиялы фотондармен қоздырылған кезде қалыптасады. Na₂SO₄ кристалының сәулелену жолақтарын тудыратын минималды фотон энергиясы бағаланған, яғни Na₂SO₄ кристалының тыйым салынған аймағының ені 5,1 эВ-тан артық болуы керек.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Rowlands A.P, Tyagi A.K., Karali T., Townsend P.D., Spectrally Resolved Luminescence of Undoped and Dy³⁺ Doped Na₂SO₄ // Radiat. Prot. Dosim. 100 (2002) 55–60.
2. Ормонт Б.Ф. Структуры неорганических веществ. М.-Л.: Техтеориздат., 1950. –781с.
3. Aierken Sidike, Rahman Abu Zayed Mohammad Saliqu, Jui-Yang He, K. Atobe, N. Yamashita, Photoluminescence properties of thenardite activated with Eu // J. Lumin. 129, 1271 (2009).
4. Palanisamy Saritha, Seshathri Barathan, Ganesan Sivakuma. Growth and Analysis of Urea Thiourea Sodium Sulphate Crystal, Journal of Applied Physics, Volume 4, Issue 4 (Sep. - Oct. 2013), PP 38-41.
5. Höjer. G., Meza-Höger S., Hernández de Pedrero G. A CNDO Study of the Electronic Structure of Oxyanions XO_4^{n-} with X = Si, P, S, Cl, Ge, As, Se, and Br. // Chem. Phys. Lett., 1976, vol. 37, no. 2, pp. 301–306.
6. Danby R.J., Boas J.F., Calvert R.L., Pilbrow J.. ESR of Thermoluminescent centers in CaSO₄ single crystals // J. Phys.C: Solid State Phys. – 1982. – Vol.15. – P. 2483–2493.
7. Byberg I.R. O⁻ detected by ESR as a primary electron–excess defects in irradiated K₂SO₄ // J. Chem. Phys. –1986. – Vol. 84, II, – P. 6083–6085.
8. Andrievskii B.V., Kurliak V.Y., Romaniyuk N.A., Ursul Z.M. Spektry otrazheniya i opticheskie postoiyannye monokrystallov sulfata kaliya v oblasti 4-22 eV. // Optika i spektroskopija. – 1989. – T. 66, № 3. – P. 623–628.
9. <https://ru.crystals.info/>.