

Кидибаев М.М.¹, Шаршеев К.К.², Утемисов К.³¹КР УИАнын Физика-техникалык проблемалар жана материал таануу институту, Бишкек, Кыргызстан²К.Тыныстанов атындагы Ысык-Көл мамлекеттик университети, Каракол, Кыргызстан³Ж.Баласагын атындагы Кыргыз Улуттук университети, Бишкек, Кыргызстан

ИРИ ЖАНА НАНО ӨЛЧӨМДӨГҮ КРИСТАЛЛАРДЫН КЭЭ БИР КАСИЕТТЕРИН САЛЫШТЫРУУ

Кристаллдардын көптөгөн касиеттерине таасир эткен жетишпегендиктери, негизинен, алардын өсүү шарты менен аныкталат, ошондуктан өсүү ыкмасына жана шартына ылайык бир эле химиялык курамдагы кристаллдардын касиеттери олуттуу айырмаланышат. Төмөндө кошулма кошулган NaF кристаллдарынын мисалында ар кандай ыкмалар менен өстүрүлгөн кристаллдардын салыштырма мүнөздөмөлөрү келтирилди.

Була монокристаллдарын айырмалаган өзгөчөлүктөр болуп, алардын геометриялык өлчөмдөрүнүн (диаметр) кичинелиги жана кристаллдын бетинин аянтынын көлөмүнө болгон катнашынын жогорулашы эсептелет. Кристаллдык түзүлүш үчүн бет дайыма жетишпегендик болуп эсептелгендиктен, була кристаллдарынын бир катар физикалык касиеттеринин көлөмдүү кристаллдардын касиеттерине салыштырмалуу өзгөрүшүн күтүүгө болот.

1.1 таблицасында микросозуу жана LHPG ыкмалары менен өстүрүлгөн була NaF кристаллдарынын ар кандай бөлүктөрүн рентген түзүлүштүк изилдөөлөрдүн жыйынтыктары ири өлчөмдөгү NaF кристаллын мүнөздөөчү чоңдуктар менен салыштыруулары келтирилген.




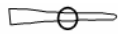
Микросозуу жана лазердик ысытуу ыкмалары менен өстүрүлгөн була кристаллдарынын кристаллдык торчолорунун параметрлери өстүрүү режиминен олуттуу көз карандылыкта болушат.

Таблицадан көрүнүп тургандай, була кристаллдарынын ар кандай бөлүктөрү үчүн кубдук, моноклиндик, ромбдук жана тетрагоналдык симметриядагы түзүлүштөр байкалат, бул болсо кристаллдык түзүлүштүн бузулушу ар кандай даражада болоорун күбөлөйт.

1.1таблица

μ – PD жана LHPG ыкмалары менен өстүрүлгөн NaF: Cu жана NaF: U, Cu, була монокристаллдарынын кристаллдык торчолорунун параметрлери

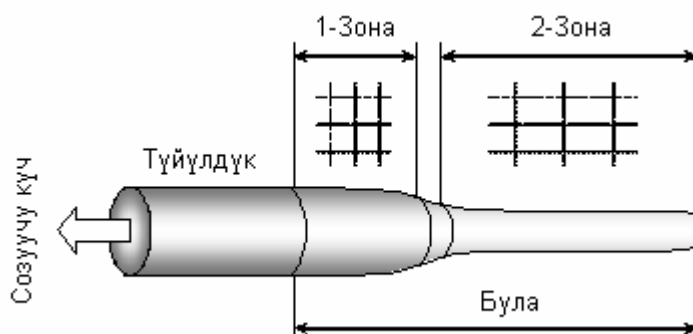
Үлгү	Өлчөө орду	Торчонун параметрлери						Кристаллдык түзүлүштүн тиби
		$d_a, \text{Å}$	$d_b, \text{Å}$	$d_c, \text{Å}$	$\alpha, \text{град.}$	$\beta, \text{град.}$	$\gamma, \text{град.}$	
NaF*		4,628	4,628	4,628	90	90	90	Кубдук
NaF-Cu μ -PD-була		4,64	4,64	4,64	90	90	90	Кубдук
		6,70	25,96	14,97	90	96,96	90	Моноклиндик
NaF-U,Cu μ -PD-була		4,66	4,67	4,60	90	90	90	Ромбдук
		4,40	4,61	4,68	90	90	90	Ромбдук

NaF- Cu – LHPG- була		3,16	3,16	4,54	90	90	90	Тетрагоналдык
		3,16	3,16	4,48	90	90	90	Тетрагоналдык
NaF-U, Cu LHPG- була		9,08	9,08	9,08	90	90	90	Кубдук
		9,10	9,10	9,10	90	90	90	Кубдук

Эскертүүлөр:

1. «Өлчөө орду» мамычасында шарттуу түрдө изилденген объектилер көрсөтүлдү;
2. Булалардын шарттуу белгиленишиндеги өтө жука бөлүктөрү кристаллдашуунун олуттуурак тең салмактуу эмес процессинде (б.а., созуунун чоңураак ылдамдыктарында) өстүрүлгөн зоналарга туура келет;
3. Тегерекчелер менен изилдөөлөр жүргүзүлгөн аймактар шарттуу түрдө көргөзүлдү;

1.1 сүрөтүндө буланы кристаллдашуу тиби боюнча зоналарга бөлүүлөр көрсөтүлгөн.



1.1 сүрөтү. Кристаллдашуу тиби боюнча буланы зоналарга бөлүү

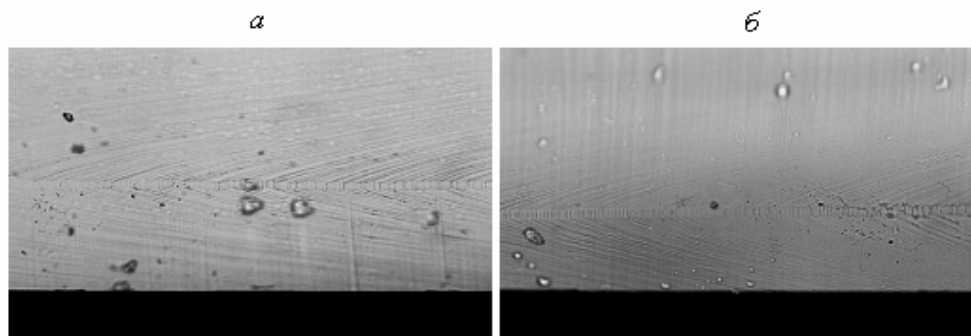
Эритменин температурасын шиктаны турукташтырылган ысытуунун жана буланы созуунун кичине ылдамдыгынын эсебинен турактуу кылып кармаган учурда, кристаллдашуу тең салмактуу жүрөт жана классикалык ыкмалар (*Стокбаргер*, *Чохральский*, *Киропулос* ж.б.) менен алынган ири өлчөмдүү үлгүлөрдүн кристаллдашуусуна окшош жүрөт. Ушуга байланыштуу, буланын мындай режимде өстүрүлгөн бөлүктөрү түзүлүшү боюнча ири өлчөмдүү үлгүлөрдүн түзүлүшү менен бирдей болот (1.1 сүр., 1-зона – тең салмактуу кристаллдашуу зонасы).

Эгерде буланын өсүшү жогорулатылган ылдамдыкта жүргүзүлсө (тигелди же өтө жогору, же, тескерисинче, өтө төмөн жана туруктуу эмес кубаттуулукта ысытканда), анда кристаллдашуу процесси тең салмактуу эмес мүнөзгө ээ болот. Бул данчалуу түзүлүштүн калыптанышына, натрийдин фториддеринин кристаллдык торчолорунун параметрлерине мүнөздүү дислокациялардын жана бузулуулардын пайда болушуна алып келет (1.1 сүрөт, 2-зона – тең салмактуу эмес кристаллдашуу зонасы). Буланын түзүлүшүнүн сейректелиши алардын анизотропиясынын ачык байкалышы өстүрүлгөн буланын суюк, катуу жана газ түрүндөгү фазаларын бөлгөн чек арадагы тышкы созуучу күч менен беттик керилүү

күчтөрүнүн биргелешип аракет этиши, ошондой эле кошулмалардын бардыгы менен күчөйт.

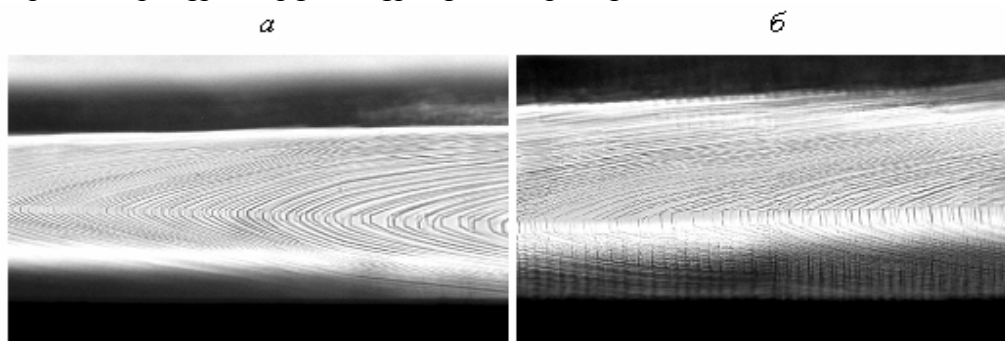
Лазердик ысытуу ыкмасы менен өстүрүлгөн (LHPG-буласы) NaF: Cu жана NaF: U, Cu үлгүлөрүнүн микросүрөтү 1.2 сүрөтүндө көрсөтүлгөн.

Микросүрөттөрдө көптөгөн коңулдар жана каверналар ачык көрүнүп турат. LHPG-ыкмасы менен салыштырмалуу ири өлчөмгө ээ булалар (диаметри 0,5 мм жана андан да чоңураак) өстүрүлгөндүктөн, беттин (мүмкүн, көлөмдүн да) түзүлүшүндө табылган кемчиликтер мындай кристаллдарды колдонуу мүмкүнчүлүгүнүн келечегин кеңейтүү үчүн жетишпегендиктерди жоюунун ыкмасын иштеп чыгууну талап кылат.



1.2 сүрөт. LHPG-ыкмасы менен өстүрүлгөн NaF: Cu (a) жана NaF: U, Cu (b) була кристаллдарынын бетинин микросүрөтү

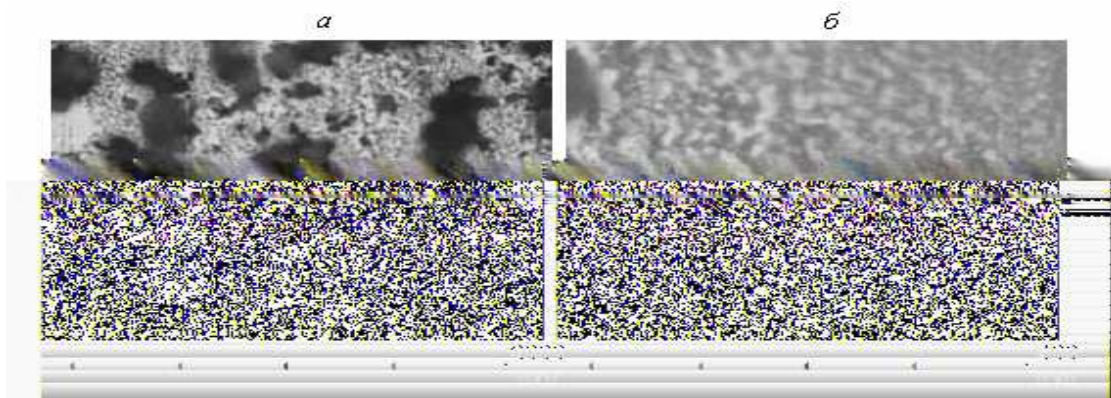
Микросозуу ыкмасы менен өстүрүлгөн NaF: Cu жана NaF: U, Cu үлгүлөрүнүн (μ -PD булалары) микросүрөттөрү 1.3 сүрөтүндө көрсөтүлгөн.



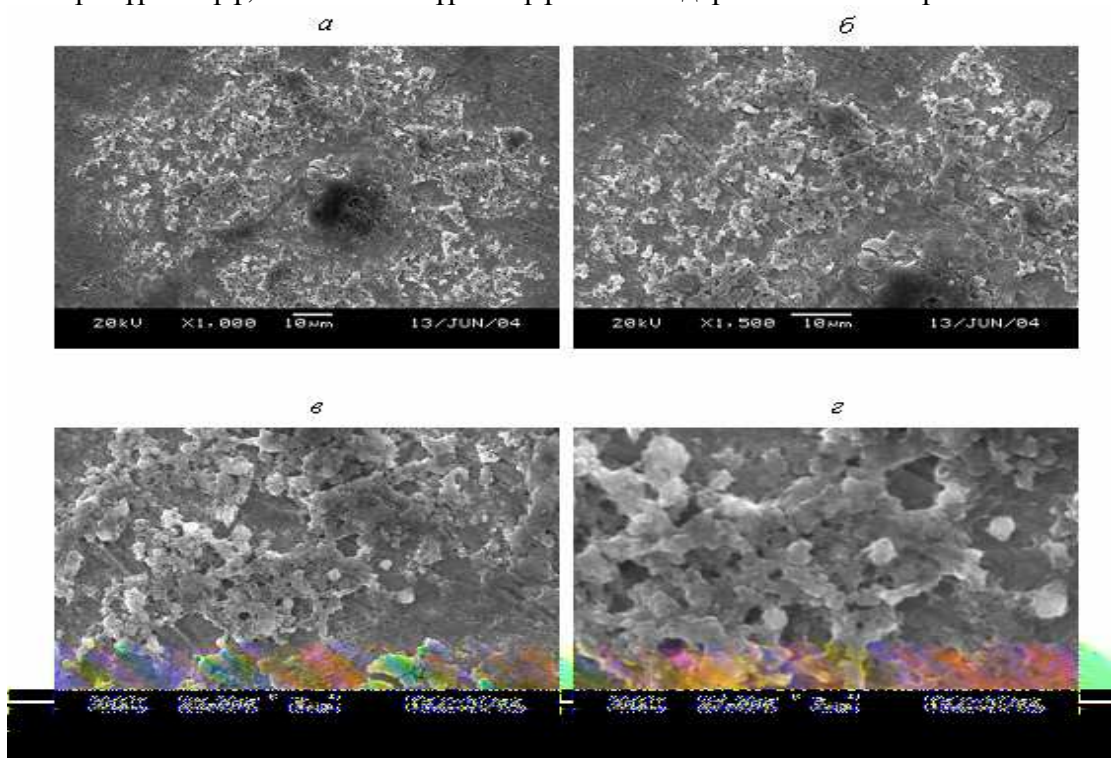
1.3 сүрөт. μ -PD – ыкмасы менен алынган NaF: Cu (a) жана NaF: U, Cu (b) була кристаллдарынын беттеринин микросүрөттөрү

NaF: Cu жана NaF: U, Cu кристаллдарынын беттерин салыштыруу μ -PD кристаллдарынын беттеринин сапаты LHPG-кристаллдарынын сапатына караганда алда канча жакшы болорун көргөзөт. Ошентип, μ -PD кристаллдары техникалык пайдалануу жагынан алганда, атап айтканда, алардын базасында сцинтилляциялык – булалык – оптикалык түзүлүштөрдү түзүүдө келечектүүрөк болушат.

Микросүрөттөрдөн була кристаллдарынын беттери тепкичтүү түзүлүшкө ээ болоору байкалып турат: кристаллдардын өсүүсүнүн кристаллдык тегиздиктери буланын огуна карата тар бурч менен багытталат. Бул эффект тең салмактуу эмес режимде өстүрүлгөн кристаллдардын бардык бөлүктөрү үчүн мүнөздүү. Эффект түйүлдүктөрдөгү же даярдамалардагы кристаллдык тегиздиктердин багытталышынан көз каранды болбойт.



1.4 сүрөт. NaF: U –нанокристаллдарынын оптикалык микроскопто алынган микросүрөттөрү; *а* жана *б* сүрөттөрү масштабдары боюнча айырмаланышат.



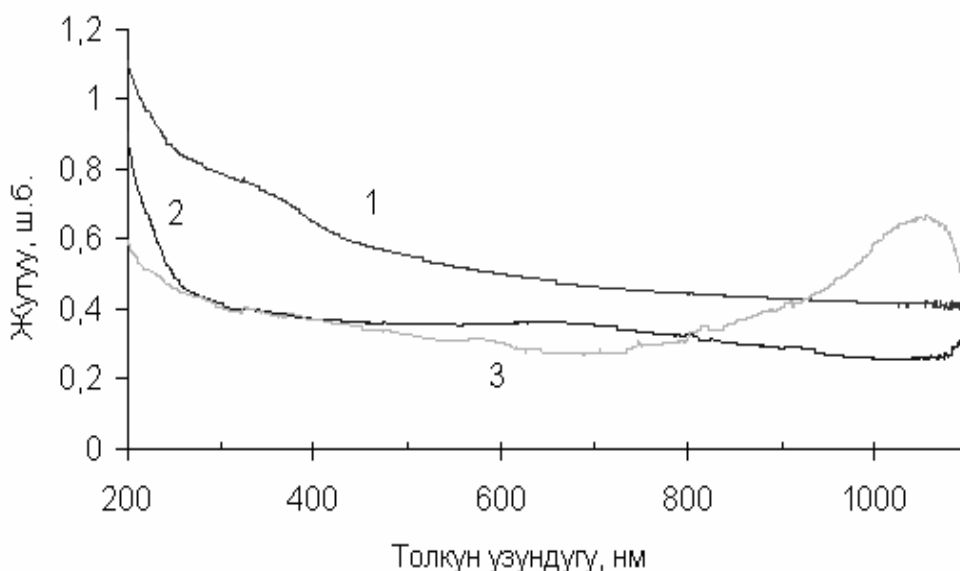
1.5 сүрөт. NaF: U –нанокристаллдарынын электрондук микроскопто алынган микросүрөттөрү. Чоңойтулушу: *а* – $\times 1000$; *б* – $\times 1500$; *в* – $\times 3000$; *г* – $\times 7000$;

1.4-1.5 сүрөттөрүндө лазердик абляция ыкмасы менен өстүрүлгөн наноөлчөмдүү NaF:U кристаллдарын колдонуу менен алынган каптамалардын беттеринин микросүрөттөрү көрсөтүлгөн. Микросүрөттөрдү талдоо төшөмөдөгү реалдуу нанобөлүкчөлөрдүн көпчүлүгү 60 дан 180 нм ге чейинки өлчөмгө ээ болоорун көргөзөт, бул алдын ала айтуулар менен дал келет. Буга кошумча аз санда болсо да кичирээк (20-30нм) жана ирирээк (1000нм ге чейин) өлчөмдөгү мейкиндиктик чектелген түзүлүштөр да кезигет.

Көлөмдүү NaF: Cu, NaF: U, Cu кристаллдарынын жана алардан ар кандай ыкмалар менен алынган була кристаллдарынын оптикалык жутуу спектрлери, тиешелүү түрдө 1.6 жана 1.7 сүрөттөрүндө келтирилген.

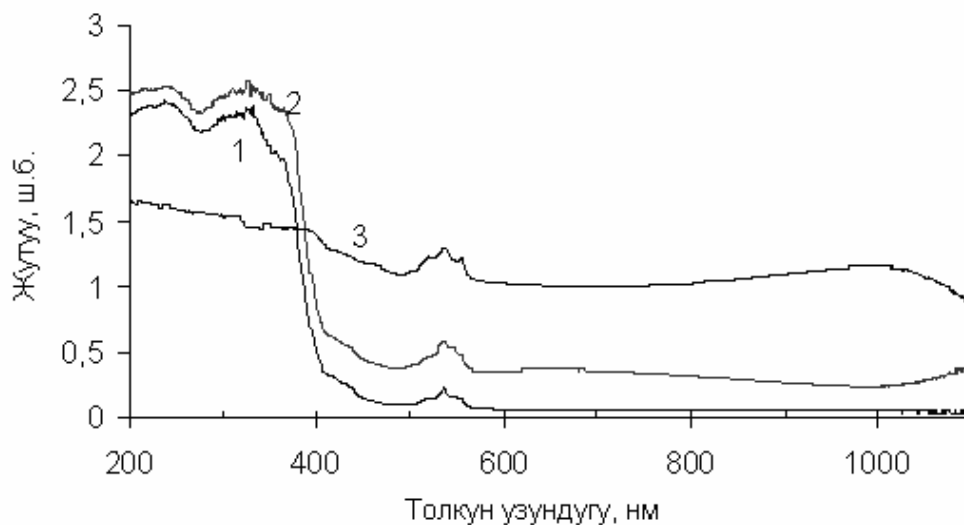
Үлгүлөрдүн калыңдыгынын жана формаларынын айырмачылыктарынын чоңдугуна жараша спектрлер салыштырууга болбой турган бирдиктерде тургузулду. Бирок алар жутуу тилкелеринин ордун жана тунуктук зонасын сапаттык түрдө аныктоого мүмкүндүк берет. Атап айтсак, μ -PD –ыкмасы менен өстүрүлгөн NaF:Cu кристаллы иш жүзүндө бардык көрүнүүчү жана ультракызыл-көк диапазонунда тунук болушат (1.6 сүр. кара).

Булар үчүн адаттагыдан тышкары күчтүү жутуу инфракызыл (ИК) аймагында, (~1050 нм аймагындагы тилке) байкалат. 1.6 сүрөтүндөгү 2 жана 3 ийриликтерин салыштыруу LHPG-ыкмасы менен өстүрүлгөн NaF:Cu кристаллдары үчүн ультракызылткөк аймагында (200-280 нм) күчтүү жутуу байкаларын, ал эми инфракызыл (ИК) аймагында изилденген LHPG-булаларында эч кандай жутуунун жоктугун көрсөтөт. Ошентип, LHPG-булалары үчүн 950-1050 нм аймагында жутуунун жоктугу, ал эми μ -PD булалары үчүн тескерисинче, 1000-1100 нм аймагында жутуунун күчөшү мүнөздүү болот. 500-550 нм аймагында кошулма U^{6+} ионунун жутуу



1.6 сүрөт. NaF: Cu – кристаллдарынын оптикалык спектрлери: 1- көлөмдүү кристалл; 2- LHPG-буласы; 3- μ -PD – буласы.

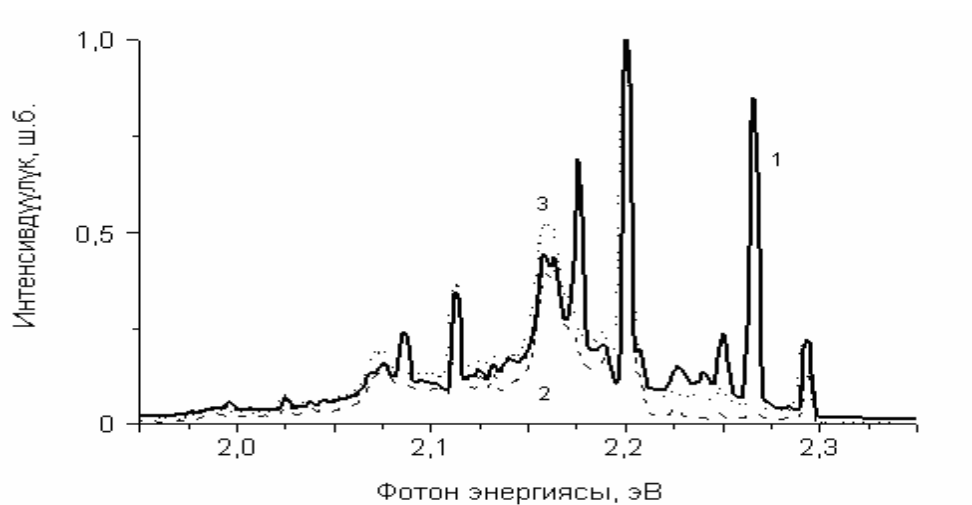
тилкелери ачык байкалат. 1.7-сүрөтүнөн көрүнгөндөй, 500-550 нм аймагындагы жутуу тилкелери боюнча талдасак, уран иондорунун кошулмасы булалуу NaF: U, Cu кристаллдарында болжол менен баштапкы көлөмдүү кристаллдардагыдай эле пропорцияда камтылат.



1.7 сүрөт. NaF: U, Cu – кристаллдарынын оптикалык жутуу спектри: 1- көлөмдүү кристалл; 2- LHPG-буласы; 3- μ -PD – буласы.

Активдештирилген көлөмдүү LiF жана NaF кристаллдарынын жана алардан ар кандай ыкмалар менен алынган булалык кристаллдардын фото жана рентгенлюминесценция спектрлери [1,2] ишинде изилденген. Төмөндө негизги кошулмасы алты валенттүү уран, ал эми кошумча кошулма катары жез пайдаланылган кээ бир кристаллдарды изилдөөлөрдүн жыйынтыктары келтирилди.

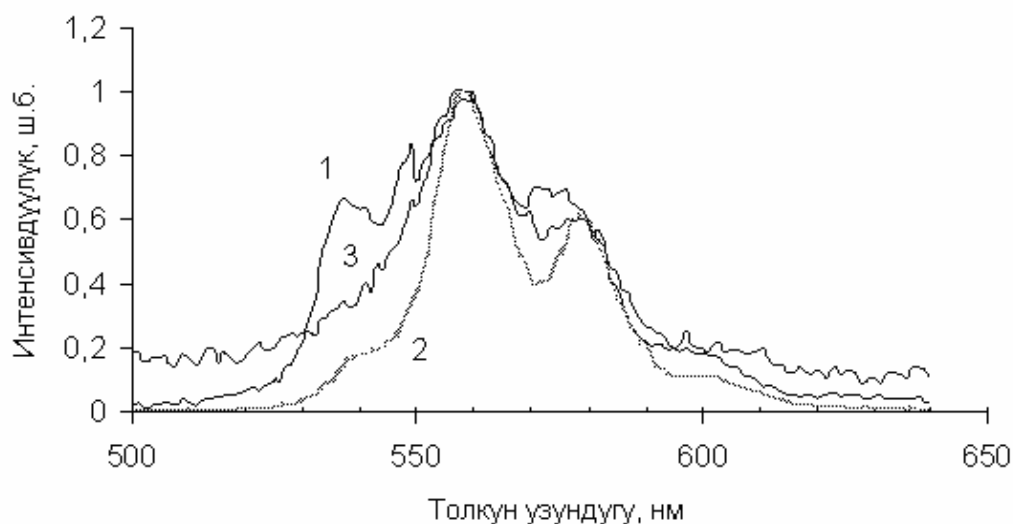
1.8 сүрөтүндө көлөмдүү жана булалуу NaF:U,Cu кристаллдарынын люминесценттик спектрлери көргөзүлгөн. Жарыктантуу уран кошулмасы менен шартталат. Көлөмдүү жана булалуу кристаллдардын спектрлерин салыштыруу, ар башка жарыктануу тилкелеринин салыштырмалуу интенсивдүүлүктөрү олуттуу айырмалана тургандыгын көргөзөт. Атап айтканда, була кристаллдарында (өзгөчө, LHPG үлгүлөрүндө) 2,25-2,35 эВ аймагындагы жарыктануулар өзгөчө начарлаган болушат. Була кристаллдарынын төмөнкү температурадагы спектрлеринде виброндук түзүлүштүн бир бөлүгү жок болот, булл, калыбы, люминесценция борборлорунун жергиликтүү симметриясынын булалык кристаллдарда көлөмдүү кристаллдарга салыштырмалуу бузулушу менен байланышта болот көрүнөт.



1.8 сүрөт. NaF: U, Cu – кристаллдарынын люминесценттик спектрлери:

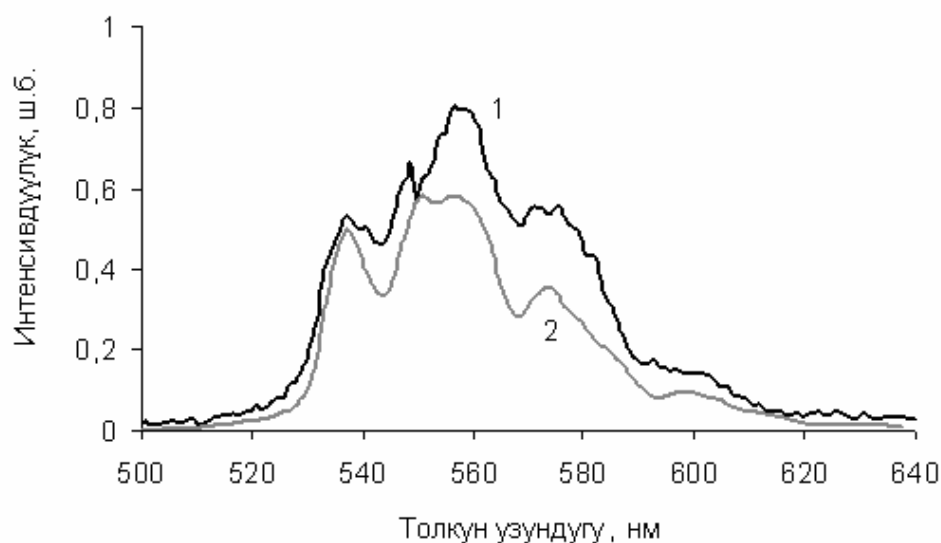
1- көлөмдүү кристалл; 2- LHPG-буласы; 3- μ -PD – буласы.

Ушуга окшош мыйзам ченемдүүлүк рентгенлюминесценция спектрлеринде да байкалат (1.9–сүр.). Көлөмдүү кристаллдардын спектрлеринде алты валенттүү уранга мүнөздүү, чокулары 538, 549, 558, 571 жана 599 нм де жайланышкан люминесценция тилкелери байкалат. Алардын ичинен эң интенсивдүүсү 558 нм деги тилке болот. Булалуу кристаллдардын люминесценция спектрлери толкун узундуктарынын жогорудагыдай эле аймактарында жатышат, бирок ар башка тилкелердин интенсивдүүлүктөрүнүн катнаштары олуттуу айырмаланышат. Булалардын



1.9-сүрөт. NaF: U, Cu кристаллынын рентгенлюминесценция спектрлери: 1-көлөмдүү кристалл; 2- LHPG-буласы; 3- μ -PD- буласы.

спектрлеринде (өзгөчө LHPG-ыкмасы менен алынган) 530-540 нм аймагындагы жарыктануу өтө начарлайт, бирок 550-590 нм аймагындагы люминесценциянын жарыктанышы жогорулайт. Нанокристаллдардын спектринде, тескерисинче, узун толкундук аймактагы жарыктануулар начарлайт (1.10-сүр.).



1.10-сүрөт. Чоң өлчөмдүү (1) жана nano өлчөмдүү (2) NaF: U, Cu кристаллдарынын рентгенлюминесценция спектрлери

Уран менен активдештирилген кристаллдарда люминесценциянын уранды камтыган бир нече типтеги борборлору бар экендиги жана алардын ичинен тетрагоналдык (C_{4v}) жана ромбдук (C_{2v}) симметрияга ээ борборлор басымдуулук кылары ([2] иштеги библиографияны караңыз) белгилүү болгондуктан, активдештирилген була кристаллдарынын люминесценция спектриндеги интенсивдүүлүктөрдүн кайрадан бөлүштүрүлүшү бул кристаллдардын түзүлүшүнүн чоң бузулуусунун натыйжасында төмөнкү симметрияга ээ борборлордун үлүшүнүн көбөйүшүн күбөлөйт.

Адабияттар:

1. Кидибаев М.М. Радиационно-стимулированные процессы в диэлектрических кристаллах LiF:U и NaF:U,Me Дисс. докт. физ.-мат. наук, Бишкек, 1997.

2. Королева Т.С. Диссипативные процессы в оптических средах на основе легированных кристаллов (Li, Na)F различной размерности. Дисс. докт. физ.-мат. наук.- Бишкек, 2007.

3. Алыбаков А.А. Образование, строение и свойства сложных примесных и радиационных центров в ионных кристаллах. Бишкек: Илим, 2003, 351 с.