

## ՊԱՇՏՈՆԱԿԱՆ ԸՆԴԴԻՄԱԽՈՍԻ ԿԱՐԾԻՔ

Գոռ Յուլակի Խառատյանի «Ոչ իզովալենտ խառնուրդների ֆունկցիոնալ դերը նոնաքարի կառուցվածքով սցինտիլյատորներում» Ա.04.05 - «Օպտիկա» մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության վերաբերյալ:

### Ատենախոսության թեմայի արդիականությունը

Ներկայացված ատենախոսական աշխատանքում նվիրված է ժամանակակից սցինտիլյացիոն նյութագիտության առանցքային և առաջնահերթ խնդիրներին: Մասնավորապես, այն վերաբերում է բարձր էներգիաների ֆիզիկայի բնագավառում և բժշկական պատկերավորման համակարգերում կիրառվող օքսիդային սցինտիլյատորների սցինտիլյացիոն և օպտիկական հատկությունների կատարելագործմանը: Թեմայի արդիականությունը բխում է հիշյալ ոլորտների արդի զարգացումներից, որոնք պահանջում են գերաբազագործություն և բարձր ճառագայթային կայունություն: Այս համատեքստում, որպես խնդրի հաղթահարման արդյունավետ մոտեցում, դիտարկվում է նոր կազմով և ֆունկցիոնալ հատկություններով նոնաքարերի ստացում: Այսպիսով, հեղինակի կողմից ընտրված գիտական ուղղությունը, այն է՝  $Ce^{3+}$  և  $Pr^{3+}$  իոններով ակտիվացված նոնաքարերի համալեզիրումը ոչ իզովալենտ խառնուրդներով ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  և  $Li^+$ ), միանգամայն հիմնավորված է: Այն հնարավորություն է ընձեռում նպատակաուղղված կերպով կառավարել բյուրեղների օպտիկական բնութագրերը և օպտիմալացնել սցինտիլյացիոն մեխանիզմները: Հետազոտության կարևորությունը փաստվում է նրանով, որ երկվալենտ  $Ca^{2+}$  և  $Mg^{2+}$  իոնների ներմուծումը  $Ce^{3+}$ -ով ակտիվացված համակարգեր հանգեցնում է  $Ce^{4+}$  վիճակների կայունացմանը, ինչն էլ իր հերթին ապահովում է սցինտիլյացիոն ժամանակային պարամետրերի բարելավում: Փորձարարական և գիտական արժեք է ներկայացնում նաև բյուրեղային ցանցում  $Li^+$  իոնների տեղակայման օրինաչափությունների վերհանումը: Ցույց է տրված, որ տարբեր մատրիցներում դրանց վարքագծի փոփոխությունը կարող է երկակի ազդեցություն ունենալ. մի դեպքում նպաստել օպտիկական հաստատունների բարելավմանը՝ թթվածնային վականսիաների կոնցենտրացիայի փոքրացման հաշվին, իսկ մեկ այլ դեպքում՝ հանգեցնել հակառակ էֆեկտի:

Այսպիսով, Գոռ Խառատյանի աշխատանքը միտված է կիրառական նշանակության խնդիրների լուծմանը, ինչն էլ վկայում է ատենախոսության թեմայի բարձր արդիականության մասին:

## Ատենախոսության բովանդակությունը

Աշխատանքը շարադրված է 100 էջ ծավալով: Այն կազմված է ներածական մասից, չորս գլուխներից, ամփոփիչ եզրակացություններից և հղված գրականության ցանկից: Հետազոտության առանցքային դրույթներն ու արդյունքները արտացոլված են հեղինակի կողմից տպագրված 3 գիտական հոդվածներում:

Ներածությունում ներկայացված է թեմայի ընտրության հիմնավորումը, ձևակերպված են հետազոտության նպատակներն ու խնդիրները, ցույց են տրված գիտական նորույթն ու արդյունքների գործնական արժեքը: Այստեղ սահմանված են նաև պաշտպանությանը ներկայացվող դրույթները և տեղեկություններ աշխատանքի կառուցվածքի ու հրապարակումների վերաբերյալ:

Առաջին գլխում հեղինակը նատարել է գրականությանն ակնարկ, որը ներկայացված է տրամաբանական հաջորդականությամբ: Այն ընդգրկում է սցինտիլյացիոն նյութերի էվոլյուցիոն զարգացման փուլերը և դրանց կիրառության ժամանակակից սպեկտրը: Հատուկ ուշադրություն է դարձված  $Ce^{3+}$  իոններով ակտիվացված նոնաքարերում ընթացող սցինտիլյացիոն գործընթացների վերլուծությանը, որի հիման վրա հեղինակը նախանշել է այդ հատկությունների կատարելագործման գիտականորեն հիմնավորված ուղիները: Այս գլխում բարձր մակարդակով քննարկված են նոնաքարային կառուցվածքով նյութերի առավելությունները, ճառագայթային կայունությանն առնչվող բարդությունները և բյուրեղների ստացման ժամանակակից տեխնոլոգիաները:

Երկրորդ գլուխը նվիրված է ոչ իզովալենտ  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  և  $Li^{+}$  խառնուրդներով համալեգիրված GSAG:Ce միաբյուրեղների ստացմանը և դրանց համակողմանի հետազոտությանը: Հեղինակը նկարագրել է բյուրեղների աճեցման տեխնոլոգիական նրբությունները, էլանյութերի բաղադրությունը և կիրառված մեթոդիկաները: Հալույթի երեք տարբեր կազմերից ստացված չլեգիրված GSAG բյուրեղների հետազոտումը թույլ է տվել հստակեցնել միաբյուրեղների աճի համար օպտիմալ ստեխիոմետրիկ ( $Gd_3Sc_2Al_3O_{12}$ ) բաղադրությունը, ինչն ապահովել է մատրիցի տարրերի կոնցենտրացիայի փոփոխությունը բյուրեղի երկայնքով՝ ընդունելի տիրույթում: Կլանման սպեկտրների, լուսային էլքի և սցինտիլյացիոն կինետիկայի համադրված վերլուծությունը հեղինակին հնարավորություն է տվել բացահայտել ոչ իզովալենտ իոնների ազդեցության հիմնարար օրինաչափությունները: Հաջողվել է բյուրեղների օպտիմալ կազմում հասնել ժամանակային պարամետրերի եռակի բարելավման և հետլուսարձակման մակարդակի շեշտակի նվազեցման (շուրջ 20 անգամ):

Երրորդ գլխում ներկայացված են ոչ իզովալենտ  $Ca^{2+}$  և  $Li^+$  իոններով համալեզիրված YAG:Pr և GSAG:Pr միաբյուրեղների հետազոտության արդյունքները: Քննարկվել է ընտրված համալեզիրող խառնուրդների և դրանց կոնցենտրացիայի ազդեցությունը բյուրեղների ճառագայթային կայունության վրա: Միավալենտ  $L^+$  իոնների մեծ կոնցենտրացիաներով ( $> 100$  ppm) և երկվալենտ  $Ca^{2+}$  իոններով համալեզիրումը հազնեցնում է կլանման և ինդուկցված կլանման գործակիցների աճ, քանի որ այս իոնները տեղակայվում են բյուրեղի հանգույցները  $Ca^{2+}$  իոնների դեպքում և հանգույցները ու միջհանգույցային տարածքները  $L^+$  իոնների դեպքում համապատասխանաբար: Հանգույցներում տեղակայումը, լիցքի փոխհատուցման մեխանիզմով պայմանավորված, հանգեցնում է թթվածնային վականսիաների կոնցենտրացիայի աճին, ինչը պատճառ է հանդիսանում օպտիկական կլանման աճի:

Ի հակադրություն սրա՝  $Li^+$  իոնների ցածր կոնցենտրացիաների ներմուծումը ( $< 50$  բերում է կլանման և ինդուկցված կլանման գործակիցների նվազեցում, պայմանավորված փոքր կոնցենտրացիաների դեպքում իոնների միջհանգույցային տարածքներում տեղակայմամբ և թթվածնային վականսիաների նվազեցմամբ: Սա իր հերթին բերում է ինդուկցված կլանման գործակցի զգալի անկման՝ հասնելով մինչև  $11-20$  մ<sup>-1</sup> և զրոյական արժեքների՝ համապատասխանաբար YAG:Pr,Li և բյուրեղների համար:

Չորրորդ գլխում ամփոփված են ոչ իզովալենտ  $Ca^{2+}$  և  $Li^+$  խառնուրդներով համալեզիրված TmAG և TmAG:Ce միա- ու բազմաբյուրեղների ուսումնասիրությունները: Փորձնականորեն որոշված տարրական բջջի պարամետրի ( $a_0$ ) և տեսական հաշվարկների համադրումը ցույց է տվել, որ  $Li^+$  իոնների կոնցենտրացիայի աճին զուգահեռ  $a_0$ -ի աճը պայմանավորված է  $Al^{3+}$ -ի հանգույցներում  $Li^+$ -ի տեղակայմամբ: Աշխատանքում տրվել է տեսական ու փորձնական տվյալների միջև նկատվող շեղումների բացատրությունը  $Li$ -ի բարձր կոնցենտրացիաների ( $>100$  ppm) դեպքում, ինչը վերագրվել է տվյալ մատրիցայում լիթիումի սահմանափակ լուծելիությանը:

միաբյուրեղների կլանման և ինդուկցված կլանման սպեկտրների վերլուծությունը թույլ է տալիս եզրակացնել, որ  $Ca^{2+}$  իոնների ներմուծումը, ինչպես և նախորդ նոնաբարերում, հանգեցնում է  $Ce^{4+}$  վիճակների ձևավորմանը՝ լիցքի փոխհատուցման հաշվին: Հատկանշական է, որ ի տարբերություն կալցիումի,  $Li^+$  իոնների ներմուծումը (չնայած հանգույցներում տեղակայվելուն) չի հանգեցնում նկատելի քանակով  $Ce^{4+}$  վիճակների առաջացմանը, որը կարող է նկատվել օպտիկական սպեկտրներում և լիցքի փոխհատուցումը հիմնականում ընթանում է թթվածնային վականսիաների կոնցենտրացիայի աճի հաշվին:

Եզրակացության բաժնում ամփոփված են ատենախոսական աշխատանքում ստացված արդյունքները:

Որպես հիմնական արդյունքներ կարելի է նշել.

սահմանվել է ոչ իզովալենտ խառնուրդների ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Li}^+$ ) ֆունկցիոնալ դերը հետազոտված նոնաքարերում, որը որոշվում է դրանց ներմուծման և լիցքի փոխհատուցման կոնկրետ մեխանիզմներով:

Ճեցվել են  $\text{Ce}^{3+}$  իոնների տարբեր կոնցենտրացիաներով, ինչպես նաև ոչ իզովալենտ իոններով համալեզվիրված GSAG:Ce բյուրեղներ: Ցույց է տրվել, որ համասեռ և օպտիկապես բարձրորակ բյուրեղների ստացման համար կրիտիկական է հալույթի ստեխիոմետրիկ բաղադրության ապահովումը:

Սահմանվել են GSAG:Ce բյուրեղների օպտիկական և սցինտիլյացիոն բնութագրերի փոփոխության օրինաչափությունները՝ կախված դրանց բաղադրությունից: Հաստատվել է, որ սցինտիլյացիոն հատկությունների համախմբով (ժամանակային պարամետրեր և լուսաելք) օպտիմալ բնութագրերով օժտված է Ce (1.3 ատ.%) և Mg (200 ppm) խառնուրդներով համալեզվիրված բյուրեղը:

Ճեցվել են լայն կոնցենտրացիոն տիրույթում  $\text{Ca}^{2+}$  և  $\text{Li}^+$  իոններով համալեզվիրված YAG:Pr և GSAG:Pr բյուրեղներ: Հետազոտվել է խառնուրդների ազդեցությունը բյուրեղների ճառագայթային կայունության վրա. արդյունքում՝  $\text{Li}^+$  իոնների ցածր կոնցենտրացիայով (< 50 ppm) համալեզվիրման դեպքում, ստացվել է ինդուկցված կլանման գործակցի եռակի նվազեցում YAG:Pr-ի և գրոյական արժեքներ՝ GSAG:Pr բյուրեղների համար: Հետազոտվել են  $\gamma$ -ճառագայթման ժամանակ ընթացող լիցքի տեղափոխման գործընթացները տարբեր արատային կենտրոնների միջև և գունավորման կենտրոնների առաջացման մեխանիզմները:

տացվել են  $\text{Ca}^{2+}$  և  $\text{Li}^+$  իոններով համալեզվիրված TmAG և TmAG:Ce միաբյուրեղային ու բազմաբյուրեղային նմուշներ: Հետազոտվել են այդ բյուրեղների կառուցվածքային և ճառագայթա-օպտիկական հատկությունները, որոնց հիման վրա սահմանվել է, որ  $\text{Li}^+$  իոնները տեղակայում են բյուրեղացանցի հանգույցները:

### Սակայն թեկնածուական ատենախոսությունը զերծ չէ որոշակի թերություններից

Րն է պատճառը, որ չլեզվիրված GSAG բյուրեղի ռադիոլումինեսցենտային սպեկտրում (նկար 2.4) մնացորդային խառնուրդ հանդիսացող տերբիումի անցման պիկերն օժտված են ավելի մեծ ինտենսիվությամբ, քան բյուրեղային մատրիցի հիմնական տարր հանդիսացող գադոլինիումի պիկերը՝ չնայած դրանց համեմատական չնչին քանակությանը շխատանքում (Նկ. 4.2բ) քննարկված չեն այն դեպքերը, երբ  $\text{Li}^+$  իոնների մի

մասը կարող է տեղակալել տետրաէդրական, իսկ մնացած մասը՝ օկտաէդրական հանգույցները, և այլն:

Չխաստանքում ներկայացված ակտիվատորների և խառնուրդների կոնցենտրացիաները վերցված են ըստ հալույթի՝ կազմի, թե՛ հանդիսանում են ստացված բյուրեղներում հաշվարկված (կամ փորձնականորեն որոշված) արժեքներ:

որորդ գլխում կատարված TmAG-Li բազմա - և միաբյուրեղի ցանցի հաստատունի հաշվարկը ըստ Ստրոկայի էմպիրիկ բանաձևի՝ (4.1), սակայն բերված բանաձևից առաջ համապատասխան հղումը բացակայում է: Բացի այդ, բանաձևի գրառման մեջ թույլ է տրված վրիպակ: Տեքստում հանդիպում են որոշակի այլ տեխնիկական վրիպակներ, որոնք, սակայն, չեն ազդում ստացված արդյունքների գիտական արժեքի և հավաստիության վրա:

Աշխատանքի վերաբերյալ արված դիտարկումներն ու նկատառումները հիմնականում կրում են քննարկողական (բանավիճային) բնույթ և ամենևին չեն նվազեցնում սույն հետազոտության գիտական արժեքն ու ստացված արդյունքների կարևորությունը: Ատենախոսությունը ներկայացված է որպես ամբողջական, ինքնուրույն և ավարտուն գիտական ուսումնասիրություն, որի դրույթները լիովին հիմնավորված են ու արժանահավատ: Աշխատանքում հետազոտված են տարբեր կազմով նոնաքարեր ակտիվատորների և խառնուրդների լայն կոնցենտրացիոն միջակայքում: Սա փաստում է կատարված փորձարարական աշխատանքների տպավորիչ ծավալի, դրանց համակարգվածության և ստացված տվյալների վիճակագրական հավաստիության մասին: Աշխատանքը շարադրված է գիտական պատշաճ ոճով, հստակ ձևակերպումներով և պարունակում է նորույթ հանդիսացող դրույթներ: Ստացված արդյունքներն ունեն շոշափելի գիտազործնական արժեք:

- Համալեզվիված GSAG:Ce նոնաքարերը, օժտված լինելով բարձր արագագործությամբ և ճառագայթային կայունությամբ, գործնական մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում բարձր էներգիաների ֆիզիկայի բնագավառում կիրառվելու համար:
- Մոլիբդենային կոնտեյներային տեխնոլոգիայով բյուրեղների աճեցման հնարավորության հիմնավորումը և Pr պարունակող համակարգերի ճառագայթային դիմակայունության բարձրացումը ընդլայնում է դրանց օգտագործման հնարավոր շրջանակները:
- Ոչ իզովալենտ խառնուրդների տեղակայման մեխանիզմների և կառուցվածքային արատների մոնիթորինգի վերաբերյալ հեղինակի

ստացած տվյալները կարող են ելակետային հիմք ծառայել այլ սցինարիյացիոն նյութերի նախագծման և մշակման համար:

Գոռ Խառատյանի ատենախոսության սեղմագիրն իր կառուցվածքով և առանցքային թեզերով լիովին համապատասխանում է աշխատանքի տեքստին և ճշգրիտ կերպով արտացոլում է հետազոտության հիմնական արդյունքներն ու պաշտպանության ներկայացված դրույթները: Ներկայացված ատենախոսությունն իր գիտական մակարդակով, արդիականությամբ, ծավալով և ստացված արդյունքների նորությամբ լիովին բավարարում է ՀՀ Բարձրագույն կրթության և գիտության կոմիտեի (ԲԿԳԿ) կողմից թեկնածուական ատենախոսություններին ներկայացվող բոլոր պահանջներին:

Աշխատանքի հեղինակ՝ Գոռ Յուլյկի Խառատյանը, արժանի է Ա.04.05 – Օպտիկա» մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Պրոֆեսորի պաշտոնակատար,

Ֆիզ.-մաթ. գիտ. դոկտոր՝

Գ. Դեմիրխանյան

Մասնագետի (Գ. Գ. Դեմիրխանյանի) ստորագրության իսկությունը հաստատում եմ.

Խ. Արովյանի անվան Հայկական պետական

Մանկավարժական համալսարանի գիտարտոլոր



Հ. Թադևոսյան

27.05.2026