“Նոնաքարերի և պերովսկիտների հիման վրա սցինտիլյատորներում արատների կառավարման մեթոդների մշակումն արդյունավետության բարձրացման համար” *Ծածկագիր 21AG-1C30*

Հոկտեմբեր 2024 թ. – սեպտեմբեր 2025 թ. ժամանակահատվածում իրականացվել են Pr^{3+} և լրացուցիչ Ca^{2+} ու Li^{+} իոններով $Gd_3Sc_2Al_3O_{12}$ (GSAG), $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG), ինչպես նաև Ce^{3+} իոններով GSAG բյուրեղների հիմնական հետազոտությունները, ուսումնասիրվել են նաև այլ բյուրեղներ:

<u>YAG и GSAG</u> <u>բյուրեղներ Pr^{3+} իոններով</u>

Pr^{3+} իոններով նոնաքարերը, որոնք օգտագործում են Pr^{3+} իոնների արագ 5d-4f ճառագայթային անցումները սպեկտրի ՈւՄ հատվածում, հետաքրքրություն առաջացրին որպես սցինտիլյատորներ բժշկական ախտորոշման, բարձր էներգիայի ֆիզիկայի եւ ժամանակի բարձր լուծաչափ պահանջող այլ ոլորտներում կիրառությունների համար: Բաղադրությունից կախված, YAG:Pr, LuAG:Pr և (LuY)AG:Pr լույսի ելքը կազմում է 15500-33000 ph/MeV: Ճառագայթային դիմադրությունը բյուրեղների գործնական օգտագործման հնարավորությունը որոշող հիմնական պարամետրերից մեկն է: YAG:Pr-ի ճառագայթման կայունությունը բնութագրվում է ճառագայթման առաջացրած կլանման գործակիցով, μ(ind), Pr^{3+}-ի 5d-4f անցումների միջակայքում, 318 նմ (max) և ընդգրկում է լայն տիրույթ 300–450 նմ-ի սահմաններում: Հասանելի գրականության մեջ հաղորդված μ(ind) արժեքները շատ բարձր են (35-200 $մ^{-1}$) նույնիսկ ցածր (250 Gy) ճառագայթման չափաբաժիններից հետո՝ ինտենսիվ կլանման գոտիների պատճառով, որոնք տեղակայված են ~300 և ~370 նմ (F^{+} և F-տիպի կենտրոններ): Այս թվերը զգալիորեն նվազեցնում են բյուրեղների կիրառումը բարձր ճառագայթման դաշտերում: Չնայած տասնյակ աշխատանքներին՝ նրանք նվիրված է միայն նկարագրմանը և սցինտիլյացիոն հատկությունների վրա ազդեցությանը՛ իսկ ճառագայթային դիմադրությունը բարելավելու փորձեր չեն ձեռնարկվել: Ճառագայթային դիմադրությունը ուղղակիորեն կապված է կառուցվածքային թերությունների առկայության հետ: Առաջադրված հարցերը հետևյալն են՛ (1) Pr^{3+} իոնների կոնցենտրացիայի դերը F^{+} և F կենտրոնների ձևավորման մեջ, (2) ճառագայթման ընթացքում տարբեր կենտրոնների միջև լիցքի փոխանցում, (3) լռացուցիչ Ca^{2+} և Li^{+} իոնների դերը՛ ներդրման և լիցքի փոխհատուցման մեխանիզմներ, (4) լռացուցիչ Li^{+} իոնների դերը և օպտիմալ կոնցենտրացիան: Այս ծրագիրը իրականեցնելու համար աճեցվել են YAG:Pr և GSAG:Pr տարբեր բաղադրությամբ բյուրեղներ: Տարբեր բաղադրությամբ բյուրեղների ճառագայթումից առաջ և հետո կլանման սպեկտրների վերլուծության հիման վրա որոշվել է լիթիումի իոնների ներմուծման մեխանիզմը, ինչպես նաև բացահայտվել է լիցքի փոխանցումը արատների միջև:

Եվ YAG:Pr,Li և GSAG:Pr,Li բյուրեղներում, լիցքի փոխհատուցման մեխանիզմի արդյունքում, ստացվում են թթվածնի թափուրքների նվազման ապացույցներ, երբ Li^{+}-ի քանակը փոքր է (<50 ppm): Կարելի է ենթադրել, որ երկու նոնակարերում էլ Li^{+} իոնները չեն զբաղեցնում ցանցի հայնգույցներ և հիմնականում տեղակայված են

միջայնգույցներում, չնայած տարրական բջջի ծավալի տարբերություններին և հյուրընկալող կատիոնների և Li^+-ի միջև չափերի անհամապատասխանությանը: Ավելի բարձր կոնցենտրացիաների դեպքում Li^+ իոնների մի մասը տեղակայվում է ցանցի հայնգույցներ՝ էլեկտրաչեզոքության համար մեծացնելով թթվածնի թափուրքները (ինչպես և Ca^{2+} իոնների դեպքում): 300 նմ-ից ցածր տիրույթում μ(ind) պարամետրը աճում է աճեցված բյուրեղներում առկա գունավորման կենտրոնների ինտենսիվության մեկտեղ: Բյուրեղների ճառագայթային դիմադրությունը զգալիորեն բարելավվում է երբ Li^+ քանակը <50 ppm: YAG:Pr-ում μ(ind) արժեքները 1 kGy դոզայից հետո գտնվում են 30-50 $մ^{-1}$ տիրույթում ՝ աճելով Pr^{3+} կոնցենտրացիայի հետ: YAG:Pr,Li(40 ppm) բյուրեղներում μ(ind) արժեքները մնում են 11-20 $մ^{-1}$ տիրույթում՝ ուսումնասիրված Pr^{3+}-ի բոլոր կոնցենտրացիաների համար: Pr^{3+}-ի օպտիմալ կոնցենտրացիայի դեպքում (0.2-0.3 ատ%) բարելավվել է 3.5 անգամ: Li^+ ներմուծումը ավելի ուշագրավ ազդեցություն է ցույց տալիս GSAG:Pr,Li բյուրեղներում μ(ind) արժեքները մոտ են զրոյի՝ 1 և 10 kGy դոզաներից հետո: Մշակված բյուրեղների բարձր ճառագայթային դիմադրությունը ընդլայնում է դրանց կիրառման հնարավոր ոլորտները:

<u>GSAG:Ce.</u> Սպեկտրալ եղանակով սահմանված է հիմքի և ակտվատորի իոնների վերաբաշխումը բյուրեղային ցանցի տարբեր հանգույցներում:

Ce^{3+} իոնների մոտավորապես կեսը գտնվում է դոդեկահեդրալ դիրքերում շրջապատված սկադիումի օկտաէդրերով, իսկ մյուս մասը դոդեկահեդրալ դիրքերում, որոնք շրջապատված են օկտաէդրերով՛ Sc^{3+} և Al^{3+} տարբեր համադրությամբ, ինչպես նաև միայն ալյումինե օկտաէդրերով: Դիտարկված անկարգությունը սպեկտրալ մետոդով համահունչ է բյուրեղաքիմիական վերլուծության տվյալների հետ:

<u>Այլ հետազոտություններ</u>: Ստացվել են տվյալներ YAG:Pr և YAG:Pr,Li բյուրեղների օպտիկական սպեկտրերի վրա ջերմային մշակման ազդեցության վերաբերյալ: Ցույց է տրված, որ առաջացող գունավորման կենտրոնները նույնական են ճառագայթման ընթացքում դիտարկվող կենտրոններին:

Աճեցվել են $Tm_3Al_5O_{12}$:Li և $Tm_3Al_5O_{12}$:Li,Ce նռնաքարի կառուցվածքով բյուրեղները որպես մոդելային համակարգեր՝ Li^+ իոնների ներդրման և լիցքի փոխհատուցման մեխանիզմը վերլուծման համար: Հաշվարկների և փորձարարական տվյալների համաձայն, այս համակարգերում Li^+ իոնները (ի տարբերություն YAG:Pr,Li և GSAG:Pr,Li բյուրեղներին) զբաղեցնում են ցանցի հանգույցները, իսկ լիցքի պահպանումը՝ թթվածնի թափուրքների աճի շնորհիվ:

Աճեցվել են $YAlO_3$:Ce,Li և $(Lu,Y)AlO_3$:Ce,Li պերովսկիտի կառուցվածքով սցինտիլյացիոն բյուրեղներ: Ուսումնասիրվել են կլանման սպեկտրները՝ կախված բյուրեղների բաղադրությունից, գունավորման կենտրոնների տեսակները սկզբնական և գամմա-ճառագայթված բյուրեղներում, և ստացվել են սցինտիլյացիաի ժամանային բնութագրերի նախնական տվյալներ: