

Գրախոսություն պաշտոնական ընդդիմախոսի

Հայկ Ռաֆայելի Ասատրյանի «Քվանտային էլեկտրոնիկայի համար հեռանկարային բյուրեղների էլեկտրոնային պարամագնիսական ռեզոնանսային սպեկտրասկոպիա» թեմայով Ա.04.07 - «Կոնդենսացված վիճակի ֆիզիկա» մասնագիտությամբ դոկտորական ատենախոսության վերաբերյալ:

Գիտատեխնիկական առաջընթացի ներկայիս փուլում կոնդենսացված վիճակի ֆիզիկայի առաջնակարգ խնդիրներից է քվանտային էլեկտրոնիկայի համար բարձր տեխնոլոգիական նյութերի որոնումը: Դրանց թվում են լազերային բյուրեղները, պոզիտրոն-էլեկտրոնային տոմոգրաֆիայի համար արագագործ և էֆեկտիվ սցինտիլյատորները, լյումինաֆորները, քվանտային հաշվարկների համար միջավայրերը և այլն: Ակնհայտ է, որ առաջընթացն այդ ոլորտում էապես կախված է ակտիվացված բյուրեղների սպեկտրասկոպիական հատկությունների ուսումնասիրման բազմակողմանիությունից: Այդ հատկությունների ուսումնասիրության ուղղակի մեթոդներից մեկը հանդիսանում է էլեկտրոնային պարամագնիսական ռեզոնանսը (ԷՊՌ): Այն թույլ է տալիս որոշել ակտիվ կենտրոնների վալենտականությունը, տեղային համաչափությունը, էներգետիկ մակարդակները, բյուրեղային ցանցի հետ փոխազդեցության առանձնահատկությունները, բյուրեղային դաշտի լրիվ բնութագրերը, ինչպես նաև ամբողջական տեղեկություններ քիմիական կապերի մասին և այլն:

Տվյալ աշխատանքում հետազոտության առարկա են ընտրվել մի քանի դասի նյութեր, որը պայմանավորված է ինչպես արդեն կիրառվող, այնպես էլ քվանտային էլեկտրոնիկայում, սցինտիլյացիոն տեխնիկայում և այլ բնագավառներում ապագա կիրառությունների համար հեռանկարային համարվող նյութեր: Նոնաքարի և օրթոալյումինատի կառուցվածքով բյուրեղները ներկայումս զգալի դեր են խաղում՝ հանդիսանալով ակտիվ միջավայրեր լազերների, արագագործ և էֆեկտիվ սցինտիլյատորների համար: Կապարի վոլֆրամատի բյուրեղն ունի բարձր խտություն և հայտնի է իբրև սցինտիլյացիոն նյութ՝ կիրառվող ժամանակակից բարձր էներգիաների ֆիզիկայում:

Այսպիսով, ատենախոսությունում ներկայացված հետազոտման եղանակը և հետազոտված բյուրեղները հանդիսանում են արդիական խնդիրներ:

Հայկ Ռաֆայելի Ասատրյանի ատենախոսությունը նվիրված է իտրիում և լյուտեցիում ալյումինիումային նոնաքարերի ($Y_3Al_5O_{12}$), ալյումինատների ($YAlO_3$), խառնուկային հազվագյուտ հողային և անցումային պարամագնիսական իոնների ուսումնասիրությանը: Հետազոտվել են նաև իտրիում-լյուտեցիումային անկանոն խառը համակարգեր, բացահայտվել են արատների բնույթը և դրանց առաջացման հավանականությունները: ԷՊՌ մեթոդի միջոցով գրանցվել են նոնաքարի բյուրեղային ցանցում հակադիրքային արատները (antisite defects), իտրիումի իոններն ալյումինիումի զբաղեցրած հանգույցներում: $K_3Na(CrO_4)_2:MnO_4^{2-}$ սեզնետաէլաստիկ միաբյուրեղում ցածր ջերմաստիճաններում հայտնաբերվել է տեղային կառուցվածքային անցում: Ստացված արդյունքները կարող են կիրառություններ գտնել ինչպես նյութերի սինթեզման ժամանակ, այնպես էլ կիրառական սարքերի կատարելագործման համար:

Աշխատանքը բաղկացած է վեց գլուխներից:

Առաջին գլխում ուսումնասիրվել են $Y_3Al_5O_{12}$ և $Y_3Al_5O_{12}$ նոնաքարերի բյուրեղների խառնուկային իոնների ԷՊՌ սպեկտրները: Այդ թվում՝ Mo^{3+} , Fe^{2+} , V^{2+} , Tb^{3+} , Ho^{3+} , Er^{3+} , Dy^{3+} , Ce^{3+} և Eu^{2+} : Պարզաբանվել են դրանց տեղակայումը բյուրեղային ցանցում,

վալենտականությունը, էներգետիկ մակարդակները, որոշվել են սպեկտրասկոպիական պարամետրերը: Արդյունքների կարևորությունը կապված է ինչպես արդեն աշխատող նյութերի հատկությունների բարելավման, այնպես էլ հեռանկարային տրված պարամետրերով նոր բյուրեղների սինթեզման համար:

Երկրորդ գլխում փորձնականորեն հետազոտվել են հազվագյուտ հողային և անցումային խառնուկներով (Er^{3+} , Nd^{3+} , Ce^{3+} , Tm^{3+} , Tb^{3+} , և Mo^{3+}) $YAlO_3$ բյուրեղները: Ստացվել են բոլոր սպեկտրասկոպիական պարամետրերը: Ցույց է տրվել, որ $YAlO_3$ բյուրեղում պարամագնիսական կենտրոնի տեղային մագնիսական առանցքների ուղղությունը կախված է իոնի տեսակից:

Երրորդ գլխիւր նվիրված է $E\Gamma_1$ -սպեկտրասկոպիայի միջոցով խորհում-լյուտեցիումային անկանոն համակարգերի հետազոտմանը: Ստացված արդյունքները ցույց են տվել, որ սպեկտրալ գծերի լայնացումներն այդ պինդ լուծույթների մեջ պայմանավորված են երկու տիպի իոնների բյուրեղային ցանցում բաշխման վիճակագրական ֆլուկտուացիաներով: Բացահայտվել են նոր պարամագնիսական կենտրոնների բնույթը: Հաշվարկվել են լրացուցիչ կենտրոնների առաջացման հավանականությունները:

Չորրորդ գլխում ներկայացված հետազոտություններում առաջին անգամ հայտնաբերվել է կապարի վոլֆրամատի ($PbWO_4$) բյուրեղներում երկվալենտ բիսմութի իոնների խառնուկ: Ցույց է տրվել, որ մանգանով ակտիվացված բյուրեղներում առաջանում են առնվազն երեք նոր տիպի արատային կենտրոններ: Առանց խառնուկի բյուրեղներում հայտնաբերվել են Nd^{3+} և Ce^{3+} մնացորդային խառնուկներ:

Հինգերորդ գլխում ներկայացված հետազոտություններում առաջին անգամ հայտնաբերվել են խորհում այլումինիումային նոնաքարերի բյուրեղային ցանցում հակադիրքային արատներ (հակասիտ արատներ, antisite defects), երբ խորհումի շառավղով զգալիորեն ավելի մեծ իոնները հայտնվում են օկտաեդրալ այլումինիումի հանգույցներում: Փորձնականորեն հայտնաբերվել է հակադիրքային արատների ազդեցությունը Ce^{3+} և Tb^{3+} $E\Gamma_1$ սպեկտրերի վրա, նոր պարամագնիսական կենտրոնների առաջացմամբ:

Վեցերորդ գլխում $E\Gamma_1$ -սպեկտրասկոպիայի միջոցով հայտնաբերվել և հետազոտվել է տեղային կառուցվածքային անցում սեզնետոռելաստիկ $K_3Na(CrO_4)_2:MnO_4^{2-}$ միաբյուրեղում (սեզնետոռելաստիկ փուլային անցման ջերմաստիճանն է 239 Կ): Ցույց է տրվել, որ ցածր (3.5-25 Կ) ջերմաստիճանների տիրույթում $E\Gamma_1$ սպեկտրերը ցուցաբերում են հատուկ վարքագիծ: Առաջարկվել է փորձարարական արդյունքների բացատրություն Յան-Թելլերի պսևդոֆեկտի մոդելի հիման վրա:

Այսպիսով, ատենախոսությունում ստացված արդյունքները նոր հեռանկար են բացում ինչպես օգտագործվող լազերային բյուրեղների կատարելագործման, այնպես էլ նոր հեռանկարային միջավայրերի քվանտային հիշողության, ինֆորմացիայի փոխանցման, չքայքայվող բժշկական ախտորոշման սարքերի, ՊԷՏ-տոմոգրաֆիայի գամմա քվանտերի գրանցման յուրմինաֆորների կատարելագործման ոլորտներում:

Գիտական նորույթներ

- Առաջին անգամ հայտնաբերվել և գրանցվել են խորհում և լյուտեցիում այլումինիումային նոնաքարերի միաբյուրեղներում Fe^{2+} , Tb^{3+} , Ho^{3+} և Eu^{2+} խառնուկային իոնների $E\Gamma_1$ սպեկտրները: Պարզաբանվել են դրանց տեղակայումները բյուրեղային ցանցում, վալենտականությունը, էներգիական մակարդակները:

- Իտրիումի օրթոալյումինատում առաջին անգամ գրանցվել են Er^{3+} , Nd^{3+} , Ce^{3+} , Tm^{3+} , Tb^{3+} , և Mo^{3+} խառնուկային իոններ էլեկտրոնային պարամագնիսական ռեզոնանսի միջոցով: Բացահայտվել է, որ $YAlO_3$ բյուրեղում հազվագյուտ հողային իոնների տեղային մագնիսական առանցքների ուղղությունները կախված են իոնի տեսակից: Որոշվել են դրանց սպինային համիլտոնյանի պարամետրերը:
- Առաջին անգամ $E\Gamma O$ -սպեկտրասկոպիայի միջոցով հետազոտվել են իտրիում-լյուտեցիումային անկանոն համակարգերը, բացահայտվել են $E\Gamma O$ սպեկտրալ գծերի լայնացման պատճառները: Պարզաբանվել է արատների բնույթը և դրանց առաջացման հավանականությունները կախված ֆլուկտուացիաներից:
- Առաջին անգամ խառնուկ չպարունակող կապարի վոլֆրամատի բյուրեղներում հայտնաբերվել են Nd^{3+} և Ce^{3+} մնացորդային խառնուկներ: Գրանցվել է $PbWO_4$ բյուրեղներում Bi^{2+} իոնների $E\Gamma O$ սպեկտրը: Պարզաբանվել է, որ Mn^{2+} իոնով ակտիվացված բյուրեղներում առաջանում են առնվազն երեք նոր տիպի արատային կենտրոններ:
- Առաջին անգամ $E\Gamma O$ մեթոդով հայտնաբերվել են $Y_3Al_5O_{12}$ բյուրեղային ցանցում հակադիրքային արատներ, երբ Y^{3+} իոնը հայտնվում է օկտաէդրալ Al^{3+} իոնի հանգույցում: Փորձնականորեն գրանցվել է այդ արատների ազդեցությունը Ce^{3+} և Tb^{3+} $E\Gamma O$ սպեկտրների վրա՝ պայմանավորված նոր պարամագնիսական կենտրոնների առաջացմամբ:
- Առաջին անգամ $K_3Na(CrO_4)_2:MnO_4^{2-}$ սեգնետոէլաստիկ միաբյուրեղում ցածր ջերմաստիճաններում հայտնաբերվել է տեղային կառուցվածքային անցում:

Աշխատանքի գործնական նշանակությունը

- $E\Gamma O$ սպեկտրոսկոպիայի միջոցով հազվագյուտ հողերի իոնների վերաբերյալ ստացված նոր ինֆորմացիան պոտենցիալ հնարավորություն է ստեղծում տրված պարամետրերով լազերային բյուրեղներ ստանալու համար:
- Բյուրեղներում կառուցվածքային արատների բացահայտումը կարող է նպաստել սցինտիլյատորների և լյումինաֆորների աշխատանքային պարամետրերի կատարելագործմանը:
- Հակադիրքային արատները կարող են ազդել բյուրեղների քվանտային էլեկտրոնիկայի սարքերում կիրառման ժամանակ ֆիզիկական պրոցեսների վրա: Ստացված ինֆորմացիան կարող է կիրառվել բյուրեղների աճեցման ընթացքում՝ դրանց քանակը նվազեցնելու համար:
- Ստացված բոլոր արդյունքները նոր են և ուղղված են նաև գործնական խնդիրների լուծման համար:

Ատենախոսությունում ներառված հետազոտությունների արդյունքները ներկայացված են հեղինակի կողմից հրապարակված 39 գիտական հոդվածներում, այդ թվում միջազգային առաջատար պարբերականներում և կոնֆերանսներում: Տեքստում հայտնաբերվել են փոքր թվով սխալ տպագրություններ և վրիպումներ, որոնք, սակայն, չեն խանգարում ներկայացված նյութի ճիշտ ընկալմանը:

Աշխատանքը գերծ չէ թերություններից.

.նոնաքարում Fe²⁺ իոնի էՊՌ սպեկտրերի ռեզոնանսային մագնիսական դաշտերի անկյունային կախումներում ներկայացված են միայն փորձնական կետեր, սակայն տեքստում խոսվում է նաև տեսական կորի մասին:

. նկար 5.3 ում ներկայացված սպեկտրում հիմնական էՊՌ ինտենսիվ գծից բացի փոքր մագնիսական դաշտերում նկատվում են երեք փոքր ինտենսիվության գծեր: Սակայն նկար 5.4 ում բերված նույն գծերի անկյունային կախումներում նրանց քանակը ի տարբերություն մեծ դաշտերի, երկուսն է:

. հինգերորդ գլխում հայտնաբերված ոչ պարամագնիսական հակադիրքային (antisite) արատների ազդեցությունը ցերիումի և տերբիումի էՊՌ սպեկտրերի վրա անկասկած հետաքրքիր են: Իսկ չի կարող արդյոք այլումինիումի հանգույցում տեղակալվել իտրիումի նման մեծ իոնային շաավղով պարամագնիսական հազվագյուտ հողային իոն:

.ատենախոսությունում և սեղմագրում կան տառասխալներ և վրիպակներ:

Ներկայացված ատենախոսությունը ավարտուն գիտահետազոտական աշխատանք է և իրականացված է բարձր գիտական մակարդակով:

Ելնելով վերոշարադրյալից՝ համարում եմ, որ Հայկ Ռաֆայելի Ասատրյանի «Քվանտային էլեկտրոնիկայի համար հեռանկարային բյուրեղների էլեկտրոնային պարամագնիսական ռեզոնանսային սպեկտրասկոպիա» թեմայով ատենախոսությունը բավարարում է ՀՀ ԲՈԿ-ի դոկտորական ատենախոսություններին առաջադրվող բոլոր պայմաններին, իսկ հեղինակը արժանի է Ա.04.07 – «Կոնդենսացված վիճակի ֆիզիկա» մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճանի շնորհման:

Պաշտոնական ընդդիմախոս՝
Ֆիզ.մաթ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր
ՀՀ ԳԱԱ ՖԿՊԻ առաջատար գիտաշխատող

Կ. Գ. Թրունի

19. 06.2023թ.

Ֆիզ. մաթ. գիտ. դոկտոր, պրոֆ. Կ.Գ. Թրունու ստորագրությունը հաստատում եմ
ՀՀ ԳԱԱ ՖԿՊԻ կադրերի բաժնի վարիչ Ա. Ռ. Մնացականյան

