

## ՊԱՇՏՈՆԱԿԱՆ ԸՆԴԴԻՄԱԽՈՍԻ

### ԿԱՐԾԻՔ

Տիգրան Զալինյանի՝ «ԷԼԵԿՏՐՈՆԱՅԻՆ ՇԱՐԺՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ԱՂՍՈՒԿՆԵՐԸ ԲԵԻԵՌԱՅԻՆ ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴԻՉՆԵՐՈՒՄ» թեմայով Ա.04.10-«Կիսահաղորդիչների ֆիզիկա» մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության վերաբերյալ

Կիսահաղորդիչների ֆիզիկան անցյալ դարի կեսերին արձանագրելով բեկումային առաջընթաց էլեկտրոնիկայում, հրնթացս անշեղորեն ընդլայնել է իր ընդգրկման տիրույթի սահմանները՝ պահելով գերակայող դիրք ժամանակակից էլեկտրոնիկայի՝ նանոէլեկտրոնիկայի հաղթարշավում: Ներկայում ոչ միայն կիսահաղորդչային ֆիզիկայի, այլև ընդհանրապես ֆիզիկայի եւ բնագիտության տարբեր բնագավառների առումով, որոնք կոչված են ապահովելու մեր կենսագործունեության բարելավման օրըստօրե մեծացող պահանջները, կտրուկ բարձրացել է աղմուկների գիտական ուսումնասիրության կարելոթությունը: Դա պայմանավորված է մեզ ծառայություն մատուցող սարքերի այնպիսի ցուցանիշերի բարելավման անհրաժեշտությամբ, ինչպիսիք են՝ դրանց հուսալի գործառնությունը, արագագործությունը, էներգախնայողությունը եւ այլն: Սարքերի մանրաչափացումը, որը թելադրված է նյութախնայության, էներգախնայողության, ինտեգրելիության լավացման եւ հարմարավետության բարձրացման պահանջներով, կտրուկ մեծացնում է ֆիզիկական համակարգերում առաջացող աղմուկների ազդեցությունը սարքերի գործառնության վրա: Կիսահաղորդչային էլեկտրոնային սարքերում հատկապես կարելոթվում են հոսանքային եւ լարումային աղմուկները, որոնք պայմանավորված են լիցքակիրների կոնցենտրացիայի եւ շարժունության

Ֆլուկտուացիաներով: Հայտնի են այդպիսի աղմուկների ուսումնասիրման տարբեր մեթոդներ եւ մոտեցումներ:

Տիգրան Զալինյանի ատենախոսությունում կենտրոնական տեղ է հատկացված կիսահաղորդիչներում եւ կիսահաղորդչային սարքերում ցածրհաճախային 1/f տեսակի աղմուկների ուսումնասիրմանը, նկատի առնելով, որ այդպիսի աղմուկների առաջացման ամենահավանական պատճառը լիցքակիրների ֆլուկտուացիաներն են:

Ատենախոսությունը շարադրված է 118 էջում, ներկայացվելով համառոտ ներածությամբ, չորս գլուխներով, եզրակացությամբ, հավելվածով եւ 85 անուն օգտագործված գրականության ցանկով: Առկա են 30 նկար եւ 1 աղյուսակ: Ատենախոսության հիմնական արդյունքները ներկայացված են չորս գիտական հոդվածներով եւ երկու գիտաժողովի նյութերով:

Ատենախոսության ներածության մեջ ներկայացված են թեմայի արդիականությունը, աշխատանքի նպատակը, գիտական նորույթը, կիրառական նշանակությունը, գիտական դրույթները, աշխատանքի համառոտ բովանդակությունը եւ ատենախոսության հենքը կազմող հրապարակումները:

Ատենախոսության առաջին գլուխը նվիրված է թեմային առնչվող գիտական գրականության ընդարձակ վերլուծությանը: Այստեղ ներկայացված են աղմուկների վերաբերյալ գիտության հիմնական հասկացությունները, սահմանումները եւ դրանց վերաբերյալ տեսակաՆ եւ փորձառական ձեռքբերումները, ինչպես նաեւ հոսանքային եւ լարումային աղմուկների ուսումնասիրման տարբեր մեթոդներ եւ մոտեցումներ: Մասնավորապես, հանգամանորեն քննարկված են կիսահաղորդիչներում էլեկտրական հոսանքի ցածրհաճախային աղմուկների տեսակները, դրանց սպեկտրային առանձնահատկությունները: Քննարկված են նաեւ շարժունության ջերմային ֆլուկտուացիաները, դրանց դիսպերսային առանձնահատկությունները: Որպես շարժունության ջերմային ֆլուկտուացիաների աղբյուրներ դիտարկված են

Էլեկտրոնի քվազիիմպուլսի ռելաքսացիայի ժամանակի եւ/կամ հաղորդականության գոտու էներգիական մակարդակների բնակեցվածության ֆլուկտուացիաները:

Ատենախոսության երկրորդ գլուխը նվիրված է բեւեռային կիսահաղորդիչներում օպտիկական ֆոնոնների վրա էլեկտրական դաշտով ինդուկցված թունելային ցրումների ուսումնասիրությանը: §2.1-ում քննարկվել է էլեկտրոն-բեւեռային օպտիկական ֆոնոն ցրման հավանականությունը՝ էլեկտրական դաշտի առկայությամբ: §2.2-ում էլեկտրոն-բեւեռային օպտիկական ֆոնոն փոխզդեցության դեպքում ուսումնասիրվել է դաշտով ինդուկցված թունելային ցրման արագությունը: Ստացվել է որոշակի վիճակում էլեկտրոնի ցրման արագության համար վերլուծական արտահայտություն: Այն օգտագործվել է GaAs բյուրեղի դեպքում թվային հաշվարկմամբ դաշտով ինդուկցված թունելային ցրման արագությունը գնահատելու համար (§2.3): Համեմատության համար կառուցվել են քվազիիմպուլսի ռելաքսացիայի արագության կախումները էլեկտրոնի էներգիայից  $\Gamma$ -Թ ցրման եւ ստանդարտ տեսության շրջանակներում դաշտի տարբեր արժեքների դեպքում: Հաշվարկներ կատարվել են նաեւ ինչպես միայն ֆոնոնի առաքման, այնպես էլ միայն ֆոնոնի կլանման դեպքում:

Ատենախոսության երրորդ գլուխը նվիրված է էլեկտրոնի շարժունության աղմուկների հարաբերական դիսպերսիայի եւ աղմուկային գործակցի տարբեր պարամետրերից ունեցած կախումների ուսումնասիրությանը: §3.1-ը նվիրված է շարժունության հարաբերական դիսպերսիայի՝ էլեկտրական դաշտից ունեցած կախման ուսումնասիրմանը: Թվային հաշվարկն իրականացվել է GaAs-ի դեպքում: §3.2-ում թվային հաշվարկմամբ ուսումնասիրվել է շարժունության աղմկային գործակցի ջերմաստիճանային կախումը GaAs-ի դեպքում: Շարժունության աղմկային գործակցի համար ստացված արդյունքները համեմատվել են Հուգի գործակցի համար տարբեր պայմաններում ստացված փորձարարական արդյունքների հետ: §3.3-ում

քննարկվել են աշխատանքում ստացված արդյունքները: §3.4-ում ներկայացվել են ստացված արդյունքների հիման վրա արված եզրահանգումները:

Ատենախոսության չորրորդ գլուխը նվիրված է կիսահաղորդիչներում էլեկտրոնի շարժունության չմարող ֆլուկտուացիաների ուսումնասիրմանը: 4.1 պարագրաֆում ներկայացվել է հոսանքի հավասարակշիռ ֆլուկտուացիաների գաղափարը: Էլեկտրոնի շարժունության եւ բաշխման ֆունկցիայի ֆլուկտուացիաների կապը ներկայացված է §4.2-ում: Ցույց է տրվել, որ շարժունության ֆլուկտուացիան պայմանավորված է տվյալ վիճակի բնակեցվածության եւ հետեւաբար բաշխման ֆունկցիայի ֆլուկտուացիայի համաչափ բաղադրիչով: §4.3-ը նվիրված է էլեկտրոն-ձայնային ֆոնոն ցրումների դեպքում բաշխման ֆունկցիայի ֆլուկտուացիայի համաչափ բաղադրիչի ժամանակային կախվածության որոշմանը՝ պայմանավորված k-տարածությունում բնակեցվածության դիֆուզային փոփոխությամբ: Օգտվելով ստացված արդյունքներից §4.4-ում Բուլցմանի կինետիկական հավասարման գծայնացման միջոցով ստացվել է էլեկտրոնի շարժունության ժամանակային կախվածությունը եւ ցույց է տրվել, որ շարժունությանը բնորոշ են չմարող ֆլուկտուացիաներ:

Ատենախոսության շրջանակներում կատարված ուսումնասիրությունները նշանավորվել են կիսահաղորդչային համակարգերում աղմուկների ֆիզիկային առնչվող այնպիսի արդյունքների ստացմամբ, որոնք ժամանակակից կիսահաղորդչային տեխնոլոգիաների շնորհիվ կարող են կարելուրվել ժամանակակից սարքերի բնութագրերի բարելավման առումով: Այդպիսի արդյունքների թվում կուզենայի նշել հետեւյալները՝

1. Էլեկտրոնի շարժունության աղմուկի հարաբերական դիսպերսիան բեւեռային եւ ոչբեւեռային կիսահաղորդիչներում օպտիկական ֆոնոնների վրա ցրման դեպքում էլեկտրական դաշտից ունի միատեսակ կախում:

- 2. Ցույց է տրվել, որ Բուլցմանի կինետիկական հավասարումը գծայնացումը հանգեցնում է այնպիսի արդյունքի, համաձայն որի ցանցային շարժունության ֆլուկտուացիաները ժամանակի ընթացքում չեն մարում:
- 3. Էլեկտրական դաշտի առկայությամբ բեւեռային օպտիկական ֆոնոնների վրա ցրման դեպքում ռելաքսացիայի ժամանակի էլեկտրոնի էներգիայից կախման կորի վրա, այն կետում, որը համընկնում է երկայնական օպտիկական ֆոնոնի էներգիայի հետ, ածանցյալի խզումը վերանում է:
- 4. Շարժունության աղմուկային գործակցի ջերմաստիճանային կախման համար ստացված արդյունքները համընկնում են Հուզի գործակցի ջերմաստիճանային կախման փորձարարական արդյունքների հետ:

Ամփոփելով ատենախոսության գիտական ձեռքբերումները, կարող եմ պնդել, որ Տ. Զալինյանը համապարփակ է միաժամանակ մանրակրկիտ տեսական ուսումնասիրության արդյունքում կարողացել է բացահայտել էլեկտրական դաշտի առկայությամբ կիսահաղորդիչներում ֆոնոնների վրա ցրումներով պայմանավորված էլեկտրոնի շարժունության աղմուկի հիմնական վիճակագրական բնութագրերի կախումները դաշտի լարվածությունից եւ ջերմաստիճանից:

Մեր կարծիքով ատենախոսությունը զերծ չէ նաեւ թերություններից:

- 1. Հայտնի է, որ կիսահաղորդիչներում բեւեռային օպտիկական ֆոնոնների վրա ցրման դեպքում ռելաքսացիայի ժամանակի ներածումը հիմնավորված է կամ բարձր, կամ ցածր ջերմաստիճաններում: Այս դեպքերում ցրումը կամ քվազիառաձգական է, կամ էպպես ոչ առաձգական եւ ռելաքսացիայի ժամանակի հաշվարկման բանաձևերը չեն համընկնում այն բանաձևի հետ (2.19), որով իրականացվում են հաշվարկները: Այս հարցն ունի լրացուցիչ հիմնավորման կարիք:

2. Էլեկտրական դաշտի առկայությամբ շարժունության հաշվակի արդյունքները ֆլուկտուացիաների հաշվառմամբ համեմատվում են էլեկտրական դաշտի բացակայությամբ ֆլուկտուացիաների անտեսմամբ հայտնի արդյունքների հետ: Մինչդեռ, էլեկտրական դաշտի ազդեցությունը շարժունության աղմուկների վրա բացահայտելու համար, բնական կլիներ համեմատություն իրականացնել էլեկտրական դաշտի բացակայությամբ, սակայն շարժունության ֆլուկտուացիաների հաշվառմամբ ստացված արդյունքերի հետ:

3. Հայտնի է, որ բեւեռային օպտիկական ֆոնոնների ցրող դաշտն արդյունավետորեն էկրանավորվում է էլեկտրոնային համակարգի կողմից: Հետեւաբար փորձերի արդյունքների հետ ստացված տեսական արդյունքները համեմատելիս պետք էր հիմնավորել էկրանավորման անտեսման հանգամանքը:

Առկա են նաեւ գիտական եզրերի ոչ հայերեն օգտագործումներ:

Այնուամենայնիվ, նշված թերությունները, ամենեւին չեն նսեմացնում կատարված գիտական ծավալուն աշխատանքի բարձր արժեքը: Ատենախոսությունը արդիական է եւ աչքի է ընկնում դիտարկված խնդիրների խորքային հետազոտմամբ:

Ստացված արդյունքները հավաստի են եւ զեկուցվել են գիտաժողովներում: Ատենախոսությունը աչքի է ընկնում նաեւ առնչվող գիտական գրականության ամբողջական վերլուծությամբ:

Սեղմագիրը ճիշտ է արտացոլում ատենախոսության բովանդակությունը:

Ամփոփելով վերը շարադրվածը, կարող ենք համոզվածությամբ պնդել, որ Տիգրան Զալինյանի ատենախոսությունը ավարտուն գիտահետազոտական աշխատանք է եւ զգալի ներդրում՝ կիսահաղորդչային աղմուկների բնագավառում: Կարծում ենք, որ այն բավարարում է ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի աստիճան հայցելու համար ատենախոսություններին ներկայացվող բոլոր

պահանջներին, եւ հեղինակը՝ Տիգրան Զալինյանն անկասկած արժանի է Ա.04.10-«Կիսահաղորդիչների ֆիզիկա» մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Ֆիզ.մաթ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր՝

Ա. Վարդանյան

2020թ. դեկտեմբերի 8

ԵՊՀ պինդ մարմնի ֆիզիկայի ամբիոնի վարիչ, պրոֆեսոր Արշակ Վարդանյանի ստորագրությունը հաստատում եմ:

ԵՊՀ գիտական քարտուղար՝



Լ. Հովսեփյան