Ա 01.04.10
Ե-58

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Երանոսյան Մկրտիչ Ալեքսանի

ԿԱՊՎԱԾ ՊՈԼԱՐՈՆԱՅԻՆ ՎԻՃԱԿՆԵՐԸ ԿԻՍԱՀԱՂՈՐԴՉԱՅԻՆ ՔՎԱՆՏԱՅԻՆ ԼԱՐՈՒՄ ԱՐՏԱՔԻՆ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԴԱՇՏՈՒՄ

Ա. 04. 10 – «Կիսահաղորդիչների ֆիզիկա» մասնագիտությամբ
ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ – 2008

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РА
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Ераносян Мкртич Алексанович

СВЯЗАННЫЕ ПОЛЯРОННЫЕ СОСТОЯНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ КВАНТОВОЙ ПРОВОЛОКЕ ВО ВНЕШНЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01. 04. 10 - “Физика полупроводников”

Е Р Е В А Н – 2008

© National Library of Armenia OCR by Portmind

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Երևանի պետական համալսարանում

Գիտական ղեկավար՝	ֆիզ. մաթ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ Ա.Լ. Վարդանյան (ԵՊՀ)
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝	ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիկոս, ֆիզ. մաթ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր Է.Մ. Ղազարյան (ՌՀ(Ս)ՊՀ) ֆիզ. մաթ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր Հ.Ռ. Մինասյան (ԵրՖԻ)
Առաջատար կազմակերպություն՝	ՀՀ ԳԱԱ ակադեմիայի Ռադիոֆիզիկայի և էլեկտրոնիկայի ինստիտուտ

Պաշտպանությունը տեղի կունենա 2008թ. հուլիսի 5-ին, ժամը 12^{00}-ին Երևանի պետական համալսարանի 049 մասնագիտական խորհրդի նիստում: Հասցեն՝ 375025, Երևան, Ա. Մանուկյան 1

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵՊՀ գրադարանում:

Սեղմագիրը ցրված է 2008թ. հունիսի 5-ին

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար՝	ֆիզ. մաթ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ Վ.Պ. Քալանթարյան

Тема диссертации утверждена в Ереванском государственном университете

Научный руководитель:	**кандидат физ. мат. наук, доцент** **А.Л. Вартанян (ЕГУ)**
Официальные оппоненты:	**Академик НАН РА,** **доктор физ. мат. наук, профессор** **Э.М. Казарян (РА(С)ГУ),** **доктор физ. мат. наук, профессор** **Г.Р. Минасян (ЕрФИ)**
Ведущая организация:	**Институт радиофизики** **и электроники НАН РА**

Защита состоится 5-го июля 2008г. в 12^{00} часов на заседании специализированного совета 049 Ереванского государственного университета по адресу: 375025, Ереван, ул. А. Манукяна 1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕГУ.

Автореферат разослан 5-го июня 2008 г.

Ученый секретарь специализированного совета	**кандидат физ. мат. наук, доцент** **В.П. Калантарян**

2928-2008

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅԱՆ ԱՐԴԻԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Կիսահաղորդչային քվանտային հետերոկառուցվածքների ֆիզիկական հատկությունների ուսումնասիրությունը, որը սկզբնավորվել է անցյալ դարի 2-րդ կեսում, ներկայումս ընթանում է բուռն ծավալումով, ինչը պայմանավորված է ոչ միայն հիմնարար գիտության բնագավառում ստացված նշանակալի արդյունքներով և հետերոկառուցվածքների արդեն իրականացված լայն կիրառություններով, այլ նաև նշված բնագավառում նոր հաջողությունների խոստումնալից հեռանկարով: Սա հետևանք է կիսահաղորդչային քվանտային հետերոկառուցվածքներում (քվանտային փոսերով, քվանտային լարերով և քվանտաին կետերով համակարգեր) ֆիզիկական պրոցեսների կառավարման նոր հնարավորությունների: Օգտագործելով հետերոկառուցվածքներում կիրառվող նյութերի բաղադրության, երկրաչափական ձևերի և չափերի, ինչպես նաև արտաքին ազդեցությունների կառավարելի փոփոխման հնարավորությունը, կարելի է ապահովել տարբեր քվազիմասնիկների (էլեկտրոններ, խոռոչներ, ֆոնոնային տարբեր մոդեր և այլն) և քվազիմասնիկային կոմպլեքսների (էքսիտոններ, պոլարոններ և այլն) էներգիական վիճակների, հետևաբար՝ նաև կառուցվածքների ֆիզիկական հատկությունների կառավարելի փոփոխություն [1-3]:

Հիմնարար գիտության վերոնշյալ հաջողությունները պայմանավորեցին ժամանակակից օպտոէլեկտրոնային սարքաշինության առաջացումը և զարգացումը: Որպես դրա վկայություն կարելի է նշել ինֆրակարմիր քվանտային կասկադային լազերների, քվանտային փոսերի և քվանտային կետերի վրա կառուցված բարելավված բնութագրերով (շեմային հոսանքի փոքր արժեք, շեմային հոսանքի թույլ ջերմաստիճանային կախում և այլն) կիսահաղորդչային լազերների, քվազիերկչափ և քվազիմիաչափ էլեկտրոնային գազով տրանզիստորների, ռեզոնանսաթունելային դիոդների, էլեկտրաօպ-

© National Library of Armenia

տիկական մոդուլյարարների և այլ սարքերի ստեղծումը: Իրական է նաև «մեկէլեկտրոնային» սարքերի ստեղծման հնարավորությունը [2,4-6]:

Սարքային կիրառության տեսանկյունից ներկայումս մեծապես կարևորվում են բևեռային կիսահաղորդիչներով և դիէլեկտրիկներով ստեղծված քվանտային հետերոկառուցվածքներում պոլարոնային երևույթների ինչպես տեսական, այնպես էլ փորձարարական ուսումնասիրությունները: Բանն այն է, որ այդպիսի կառուցվածքներում մեկ, երկու կամ երեք ուղղություններով լիցքակիրների շարժման տարածական սահմանափակումը հանգեցնում է միջավայրի բևեռացման՝ հետևաբար նաև էլեկտրոն-բևեռային օպտիկական ֆոնոն (ԷԲՕՖ) փոխազդեցության ուժեղացման: Դրա արդյունքում այսպիսի կառուցվածքներում առկա են պոլարոնային երևույթների դրսևորման ավելի բարենպաստ պայմաններ, քան եռաչափ նմուշներում [7-9]: Ուստի պոլարոնային երևույթները անհրաժեշտ է հաշվի առնել բևեռային կիսահաղորդիչային հետերոկառուցվածքներում ընթացող բոլոր կինետիկական և օպտիկական պրոցեսներում [10-12]:

Դեռևս բավարար չափով ուսումնասիրված չէ արտաքին էլեկտրական դաշտի ազդեցությունը ցածր չափային համակարգերում պոլարոնային վիճակների վրա:

Ատենախոսությունը նվիրված է բևեռային դիէլեկտրական շրջապատում, ուղղանկյուն և շրջանային հատույթներով բևեռային կիսահաղորդչային քվանտային լարերում (ՔԼ) ջրածնանման խառնուկին կապված պոլարոնային վիճակների վրա էլեկտրական դաշտի ազդեցության տեսական ուսումնասիրությանը:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՆՊԱՏԱԿԸ

1. Տեսականորեն ուսումնասիրել ջրածնանման խառնուկին կապված պոլարոնային վիճակները ուղղանկյուն հատույթով ՔԼ-ում էլեկտրական դաշտի առկայությամբ և խառնուկի տարբեր դիրքերում հիմնական վիճակից գրգռված վիճակներ անցման էներգիաները՝ կախված էլեկտրական դաշտի լարվածությունից, և հաշվարկել ԷԲՕՖ փոխազդեցության ներդրումն այդ անցումներում:

2. Վերջավոր պոտենցիալային փոսի (ՎՊՓ) մոդելի շրջանակներում ուսումնասիրել ուղղանկյուն հատույթով ՔԼ-ում ինչպես էլեկտրոնային վիճակների, այնպես էլ ջրածնանման խառնուկի հիմնական վիճակի կապի էներգիայի վրա էլեկտրական դաշտի ազդեցությունը:
3. Հաշվարկել ջրածնանման խառնուկի կապի էներգիայում այն ներդրումները, որոնք պայմանավորված են ՔԼ-ում և դրա դիէլեկտրական շրջապատում էլեկտրոնի արդյունարար զանգվածի արժեքների տարբերությամբ, ինչպես նաև ԷԲՕՖ փոխազդեցության հաշվառմամբ:
4. Ուսումնասիրել ՔԼ-ում ծանր և թեթև խոռոչով Վանյե-Մոտի էքսիտոնի հիմնական վիճակի կապի էներգիայի վրա բևեռային օպտիկական (ԲՕ) ֆոնոնների ազդեցությունը՝ հաշվի առնելով ֆոնոնային սահմանափակության երևույթը:
5. Ուսումնասիրել սահմանափակ օպտիկական (ՍՕ) և միջմակերևութային օպտիկական (ՄՕ) ֆոնոնային մոդերի հետ էքսիտոնի փոխազդեցության առանձնահատկությունները, և գնահատել այդ մոդերի ներդրումները էքսիտոնի հիմնական վիճակի կապի էներգիայում:

ԳԻՏԱԿԱՆ ՆՈՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

1. Առաջին անգամ ուսումնասիրվել է ՔԼ-ի առանցքին ուղղահայաց էլեկտրական դաշտի ազդեցությունը ուղղանկյուն հատույթով կիսահաղորդչային ՔԼ-ում ջրածնանման խառնուկին կապված պոլարոնային վիճակների վրա: ԷԲՕՖ փոխազդեցությունն էլեկտրական դաշտում հաշվարկվել է Լանդաու-Պեկարի տեսության շրջանակներում: Գնահատվել է ԷԲՕՖ փոխազդեցության ներդրումը խառնուկի հիմնական վիճակի կապի էներգիայում:
2. Առաջին անգամ անվերջ խոր պոտենցիալային փոսի (ԱՊՓ) մոդելի շրջանակներում ուսումնասիրվել են գրգռված խառնուկային վիճակների կապի էներգիաները և դրանց պոլարոնային շեղումները՝ կախված լարի

© National Library of Armenia

չափերից, էլեկտրական դաշտի լարվածությունից և խառնուկի դիրքից: Հաշվարկվել է ՔԼ-ում էլեկտրոնի՝ էլեկտրական դաշտով պայմանավորված լրացուցիչ տեղայնացման ազդեցությունը գրգռված պոլարոնային վիճակների կապի էներգիաների վրա:

3. Առաջին անգամ ուսումնասիրվել են խառնուկային հիմնական վիճակից գրգռված վիճակներ անցման էներգիաների պոլարոնային շեղումների կախումները էլեկտրական դաշտից, և գնահատվել է ԷԲՕՖ փոխազդեցության ներդրումն այդ անցումներում:
4. ՎՊՓ մոտավորությամբ, էլեկտրական դաշտում ուսումնասիրվել է ուղղանկյուն հատույթով ՔԼ-ում ջրածնանման խառնուկի հետ էլեկտրոնի կապի էներգիան՝ խառնուկի բացակայությամբ էլեկտրոնի փոփոխական ալիքային ֆունկցիայի փոխարեն օգտագործելով ճշգրիտ ալիքային ֆունկցիան:
5. Առաջին անգամ հետերոկառուցվածքի աճեցման ուղղությամբ կիսահաղորդչային և դիէլեկտրական միջավայրերում էլեկտրոնի արդյունարար զանգվածի արժեքների տարբերության հաշվառմամբ ուսումնասիրվել է էլեկտրական դաշտի ազդեցությունը խառնուկի կապի էներգիայի վրա:
6. Առաջին անգամ թույլ և ուժեղ իոնայնությամբ միջավայրերում ուսումնասիրվել է ծանր և թեթև խոռոչով Վանյե-Մոտի քվազիմիաչափ էքսիտոնի հիմնական վիճակի կապի էներգիայում ԲՕ ֆոնոնների հետ լիցքակիրների փոխազդեցության ներդրումը՝ հաշվի առնելով տարածական սահմանափակման ազդեցությունը ֆոնոնային սպեկտրի վրա: Լի-Լոու-Փայնսի մեթոդի շրջանակներում գնահատվել են ՍՕ և ՄՕ ֆոնոնային մոդերի հետ էլելեկտրոն-խոռոչային զույգի փոխազդեցության ներդրումները էքսիտոնի կապի էներգիայում:

ԳՈՐԾՆԱԿԱՆ ԱՐԺԵՔԸ

Ատենախոսության արդյունքները նշանակալի հետաքրքրություն են ներկայացնում պինդմարմնային նանոէլեկտրոնիկայում և կարող են օգտագործվել ինչպես այս բնագավառում պոլարոնների մասնակցությամբ ընթացող պրոցեսների փորձարարական հետազոտություններում, այնպես էլ քվանտային հետերոկառուցվածքների հենքի վրա գործող սարքերի կատարելագործման և նոր ֆունկցիոնալ տարրերի և սարքերի նախագծման աշխատանքներում:

ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ՆԵՐԿԱՅԱՑՎՈՂ ՀԻՄՆԱԿԱՆ ԴՐՈՒՅԹՆԵՐ

1. ԷԲՕՖ փոխազդեցության հաշվառումը հանգեցնում է ՔԼ-երում ջրածնանման խառնուկի կապի էներգիայի մեծացման, որն զգալի է լարի փոքր չափերի դեպքում: ՔԼ-ի լայնական չափերի մեծացումը բերում է հիմնական վիճակի կապի էներգիայի և դրա պոլարոնային շեղման նվազման: Էլեկտրական դաշտի ազդեցությունը ՔԼ-ում ջրածնանման խառնուկին կապված պոլարոնային վիճակների վրա կախված է խառնուկի դիրքից. դաշտի աճը կարող է հանգեցնել կապի էներգիայի, պոլարոնային շեղման և կապի էներգիայում ԷԲՕՖ փոխազդեցության ներդրման ինչպես աճի, այնպես էլ նվազման: Ընդ որում, եթե կապի էներգիան և պոլարոնային շեղումը դաշտի լարվածության աճի հետ աճում են, կապի էներգիայում ԷԲՕՖ փոխազդեցության ներդրումը կարող է նաև նվազել:
2. $2p_y$- և $2p_z$-անման վիճակների կապի էներգիաները և դրանց պոլարոնային շեղումները, ինչպես և հիմնական վիճակինը, լարի լայնական չափերի աճին զուգընթաց նվազում են, իսկ $2s$-անման վիճակի կապի էներգիայի և պոլարոնային շեղման դեպքում այդ մոնոտոնությունը խախտվում է:
3. ԷԲՕՖ փոխազդեցությունը մեծացնում է հիմնական վիճակից գրգռված վիճակներ էլեկտրոնի անցման էներգիան: Այդ փոխազդեցության ներդրումն անցման էներգիաներում զգալի է ուժեղ էլեկտրական դաշտերում:
4. ԱՊՓ մոդելում, խառնուկի բոլոր դիրքերում պոլարոնի կապի էներգիայի կախումն էլեկտրական դաշտի լարվածությունից ունի մոնոտոն վարք, իսկ ՎՊՓ մոդելում այդ մոնոտոնությունը խախտվում է, և պոլարոնային շեղումը հիմնականում փոքր է ԱՊՓ մոդելում ստացվածի համեմատությամբ: GaAlAs/GaAs/GaAlAs հետերոկառուցվածքի աճեցման ուղղութ-

© National Library of Armenia

յամբ դիէլեկտրիկում և կիսահաղորդչում էլեկտրոնի արդյունարար զանգվածի տարբերության հաշվառամբ կապի էներգիայի արժեքներն ավելի մեծ են, քան զանգվածների տարբերության անտեսման դեպքում:

5. ԲՕ տատանումների հետ տարանուն լիցքակիրների փոխազդեցությունների փոխադարձ համակշռման հետևանքով Վանյե-Մոտի էքսիտոնի կապի էներգիայում ԲՕ ֆոնոնային ներդրումը փոքր է ջրածնանման խառնուկին կապված պոլարոնի կապի էներգիայից: ZnSe/CdSe/ZnSe ՔԼ-ում՝ միջավայրի մեծ իոնայնության հետևանքով, էքսիտոնի կապի էներգիան և դրա պոլարոնային շեղումը ստացվում են ավելի մեծ, քան GaAlAs/GaAs/GaAlAs ՔԼ-ում:

6. Կիսահաղորդչային հետերոկառուցվածքներում ֆոնոնային սահմանափակման երևույթի հաշվառումը բերում է պոլարոնային ներդրումների նվազման: Լարի շառավղի փոքր արժեքների դեպքում գերակայում է էքսիտոն-ՄՕ ֆոնոնային փոխազդեցությունը: Շառավղի մեծ արժեքների դեպքում, ընդհակառակը, գերակայում է էքսիտոն-ՍՕ ֆոնոնային փոխազդեցությունը:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ՓՈՐՁԱՀԱՎԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները քննարկվել են Երևանի պետական համալսարանի պինդ մարմնի ֆիզիկայի ամբիոնի սեմինարներում և զեկուցվել "III Conference of Young Physicists" (Yerevan, 2003), "Conference on Laser Physics – 2004" (Ashtarak), "IV Conference of Young Physicists" (Stepanakert, 2004), "Conference on Laser Physics – 2005" (Ashtarak), "IV National Conference Semiconductor Micro-and nanoelectronics" (Agveran, 2005), International Conference "New Technologies for development of heterosemiconductors for device applications" (Yerevan, 2006), "Conference on Laser Physics – 2006" (Ashtarak) միջազգային գիտաժողովներում և "Պինդ մարմնի ֆիզիկայի ամբիոնի 50-ամյակին նվիրված գիտաժողովում" (Ծաղկաձոր, 2007):

ՀՐԱՊԱՐԱԿՈՒՄՆԵՐ

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները տպագրվել են 10 գիտական աշխատանքներում, որոնց ցուցակը ներկայացված է սեղմագրի վերջում:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, երեք գլխից, և 188 անուն պարունակող գրականության ցանկից: Աշխատանքում առկա են 50 նկար և 4 աղյուսակ: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը 128 էջ է:

ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ատենախոսության ***առաջին գլխում*** էլեկտրական դաշտում ԱՊՓ մոդելի շրջանակներում, Լանդաու-Պեկարի ունիտար ձևափոխությունների մեթոդի [13] կիրառմամբ ուսումնասիրվել են ջրածնանման խառնուկին կապված պոլարոնային վիճակներն ուղղանկյուն հատույթով ՔԼ-ում:

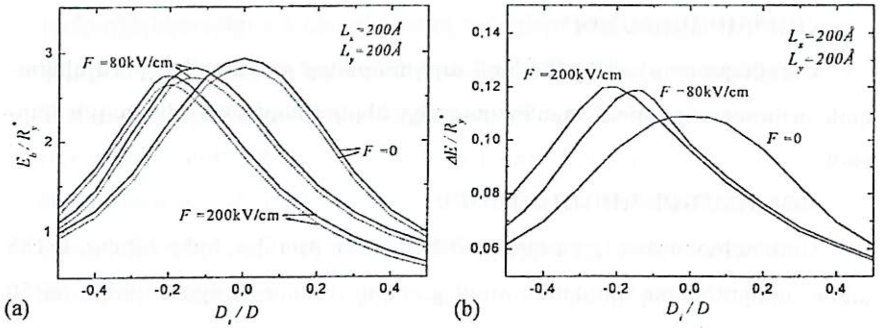
§1.1-ը նվիրված է այս գլխում դիտարկված հարցերի վերաբերյալ գրականության ակնարկին:

§1.2-ը նվիրված է ՔԼ-ում էլեկտրոնային վիճակների վրա էլեկտրական դաշտի ազդեցության ուսումնասիրությանը: Ստացվել են էլեկտրոնի հիմնական և գրգռված վիճակների էներգիաների համար վերլուծական արտահայտություններ, որոնք թույլ են տալիս ուսումնասիրել այդ էներգիաների կախումները ՔԼ-ի լայնական չափերից և էլեկտրական դաշտի լարվածությունից:

§1.3-ում, փոփոխակային մեթոդի կիրառմամբ ուսումնասիրվել է ուղղանկյուն հատույթով ՔԼ-ում ջրածնանման խառնուկին կապված պոլարոնի հիմնական վիճակի կապի էներգիայի խնդիրն արտաքին էլեկտրական դաշտում: Հետազոտվել է կապի էներգիայի և դրա պոլարոնային շեղման կախումները լարի հաստությունից, էլեկտրական դաշտից, ինչպես նաև ՔԼ-ում խառնուկի դիրքից: Ցույց է տրվել, որ՝

ա) կապի էներգիան և դրա պոլարոնային շեղումը լարի լայնական չափերից կախված նվազում են, ինչը նշանակում է, որ լարի առանցքին ուղղահայաց

© National Library of Armenia



Նկ.1.1 Կապի էներգիայի՝ (a), (ԷԲՕՖ փոխազդեցության հաշվառմամբ (հոծ գծեր), և անտեսմամբ (կետագծեր)) և պոլարոնային շեղման՝ (b), կախումները ՔԼ-ի հատույթի քառակուսու անկյունագծային ուղղությամբ խառնուրդի դիրքից էլեկտրական դաշտի տարբեր արժեքների դեպքում:

հարթության մեջ էլեկտրոնի տեղայնացման ուժեղացման հետ ԷԲՕՖ փոխազդեցության ներդրումը կապի էներգիայում մեծանում է,

բ) ՔԼ-ում էլեկտրական դաշտի կողմից էլեկտրոնի լրացուցիչ տեղայնացումը հանգեցնում է ֆոնոնային համակարգի հետ ավելի արդյունավետ փոխազդեցության, որի արդյունքում կապի էներգիայում ֆոնոնային ներդրումն էլեկտրական դաշտի առկայությամբ մեծանում է,

գ) խառնուկի հիմնական վիճակի կապի էներգիան և դրա պոլարոնային շեղումը՝ կախված ՔԼ-ի ուղղանկյուն հատույթի անկյունագծի վրա խառնուկի դիրքից, ունեն մաքսիմումներ (Նկ.1.1), որոնք էլեկտրական դաշտի բացակայությամբ դիտվում են լարի կենտրոնում եւ էլեկտրական դաշտի աճի հետ շեղվում են դաշտին հակառակ ուղղությամբ: Ընդ որում, կապի էներգիայի առավելագույն արժեքը նվազում է, իսկ պոլարոնային շեղման առավելագույն արժեքը՝ աճում:

§1.4-ում ուսումնասիրվել են կապված պոլարոնի գրգռված էներգիական վիճակներն ուղղանկյուն հատույթով ՔԼ-ում: Էլեկտրական դաշտում դիտարկվել են կապի էներգիայի և դրա պոլարոնային շեղման կախումները լարի հաստությունից, ինչպես նաև էլեկտրական դաշտի լարվածությունից՝ խառնուկային կենտրոնի տարբեր դիրքերում: Ցույց է տրվել, որ պոլարոնային $2p_y$- և $2p_z$-անման վիճակների կապի էներգիաները և պոլարոնային

շեղումները, ինչպես և $1s$-անման վիճակինը, լարի հաստության աճի հետ նվազում են, սակայն՝ ավելի դանդաղ: Մինչդեռ, $2s$-անման վիճակի կապի էներգիայի և պոլարոնային շեղման համար այդ մոնոտոնությունը խախտվում է:

§1.5-ում խառնուկային կենտրոնի տարբեր դիրքերի համար դիտարկվել են $1s\rightarrow 2p_y$ և $1s\rightarrow 2p_z$ անցման էներգիաների կախումներն էլեկտրական դաշտի լարվածությունից և ցույց է տրվել, որ ԷԲՕՖ փոխազդեցության հաշվառումն այդ անցումներում բերում է անցման էներգիայի մեծացման, որն էլեկտրական դաշտի լարվածության մեծացման հետ աճում է: Այն կախված է նաև խառնուկի դիրքից, և, օրինակ, խառնուկի $(0.25L_x,0)$ դիրքում, երբ $F=200$ կՎ/սմ, այն կազմում է 24%:

Ատենախոսության ***երկրորդ գլուխը*** նվիրված է ՎՊՓ մոդելի շրջանակներում ուղղանկյուն հատույթով ՔԼ-ում էլեկտրական դաշտի առկայությամբ ջրածնանման խառնուկին կապված պոլարոնի հիմնական վիճակի կապի էներգիայի ուսումնասիրությանը:

§2.1-ը նվիրված է այս գլխում դիտարկված հարցերի վերաբերյալ գրականության ակնարկին:

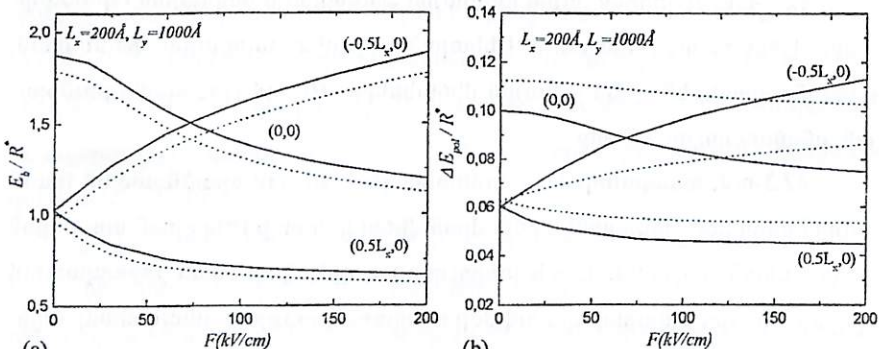
§2.2-ում, փոփոխակային ալիքային ֆունկցիայի փոխարեն օգտագործելով էլեկտրական դաշտում էլեկտրոնի ճշգրիտ ալիքային ֆունկցիան, ուսումնասիրվել են էլեկտրոնային վիճակները ՔԼ-ում էլեկտրոնի թունելային անցման հաշվառմամբ:

§2.3-ում, հանգունորեն ուսումնասիրվել է ՔԼ-ում ջրածնանման խառնուկին կապված էլեկտրոնի հիմնական վիճակի կապի էներգիան արտաքին էլեկտրական դաշտում: Լարի տիրույթում և դիէլեկտրական շրջապատում էլեկտրոնի արդյունարար զանգվածի տարարժեքության անտեսմամբ խնդիրը լուծվել է փոփոխակային մոտավորության շրջանակներում: Կատարվել է համեմատություն ինչպես այլ հեղինակների, այնպես էլ ԱՊՓ մոդելի շրջանակներում մեր ստացած արդյունքների հետ:

© National Library of Armenia

§2.4-ում կապված պոլարոնի խնդիրն ուսումնասիրվել է հետերոկառուցվածքի աճեցման ուղղությամբ կիսահաղորդչային և դիէլեկտրական միջավայրում արդյունարար զանգվածի տարածքայնության հաշվառմամբ և գնահատվել է դրանով պայմանավորված ներդրումը կապի էներգիայում:

§2.5-ում, նույն մոդելի շրջանակներում ուսումնասիրվել են ՔԼ-ում ջրածնանման խառնուկին կապված պոլարոնային վիճակները: Նկ.2.1(a)-ում պատկերված են ՎՊՓ մոտավորությամբ հաշվարկված կապի էներգիայի, իսկ Նկ.2.1(b)-ում՝ ինչպես վերջավոր, այնպես էլ ԱՊՓ մոտավորությամբ հաշվարկված պոլարոնային շեղման կախումներն էլեկտրական դաշտի լարվածությունից՝ ՔԼ-ում խառնուկային կենտրոնի տարբեր դիրքերի համար: Ցույց է տրվել, որ էլեկտրական դաշտի աճին զուգընթաց կապի էներգիան և պոլարոնային շեղումը՝ կախված խառնուկի դիրքից, կարող են ինչպես աճել, այնպես էլ՝ նվազել: Էլեկտրոնի թունելային անցման հնարավորության հաշվառմամբ կապի էներգիայում ԷԲՕՖ փոխազդեցության ներդրումների համար ստացված արդյունքները՝ տոկոսային արտահայտությամբ (Աղ.1), համեմատվել են ԱՊՓ մոտավորությամբ ստացված արդյունքների հետ: Ինչպես տեսնում ենք, այն դեպքում, երբ էլեկտրական դաշտի



(a) (b)

Նկ 2.1. Խառնուկի կապի էներգիայի՝ (a), (ԷԲՕՖ փոխազդեցության հաշվառմամբ (հոծ կորեր) և անտեսմամբ (կետավոր կորեր)), և պոլարոնային շեղման՝ (b), (ՎՊՓ (հոծ կորեր) և ԱՊՓ (կետավոր կորեր) մոդելներում), կախումներն էլեկտարական դաշտից՝ խառնուկային կենտրոնի տարբեր դիրքերի համար:

Աղյուսակ 1

	Վերջավոր փոսի մոդել		Անվերջ խոր փոսի մոդել	
F	0	$200kV/cm$	0	$200kV/cm$
[0,0]	6.4%	8.35%	5.77%	7.8%
$[-0.5L_x,0]$	5.82%	5.71%	5.65%	4.97%
$[0.5L_x,0]$	5.82%	8.25%	5.65%	7.23%

աճի հետ կապի էներգիան աճում է (նվազում է), ԷԲՕՖ փոխազդեցության ներդրումը դաշտից կախված նվազում է (աճում է): Նշանակում է, խառնուկի կապի էներգիան էլեկտրական դաշտի փոփոխության նկատմամբ ավելի զգայուն է քան, պոլարոնային շեղումը (դաշտից կախված աճում կամ նվազում է ավելի արագ):

Ատենախոսության *երրորդ գլխում*, ԱՊՓ մոդելի շրջանակներում ուսումնասիրվել է ծանր և թեթև խոռոչով Վանյե-Մոտի էքսիտոնի և ԲՕ ֆոնոնների փոխազդեցությունը տարբեր իոնայնությամբ (AlAs/GaAs/AlAs և ZnSe/CdSe/ZnSe) նյութերից պատրաստված գլանային ՔԼ-երում, հաշվի առնելով տարածական սահմանափակման ազդեցությունը ֆոնոնային սպեկտրի վրա: Լի-Լոու-Փայնսի փոփոխակային մեթոդի [14] կիրառմամբ ուսումնասիրվել են ՍՕ և ՄՕ ֆոնոնային մոդերի հետ էքսիտոնի փոխազդեցությունը, և գնահատվել այդ մոդերի ներդրումներն էքսիտոնի կապի էներգիայում:

§3.1-ը նվիրված է այս գլխում դիտարկված հարցերի վերաբերյալ գրականության ակնարկին:

§3.2-ում ստացվել է էլեկտրոն-խոռոչային զույգի էներգիայի՝ E_λ^{ex-ph}-ի համար վերլուծական արտահայտություն քվազի մասնիկների ինչպես կուլոնյան, այնպես էլ ֆոնոնային մոդերի հետ ֆրյոլիխյան փոխազդեցությունների հաշվառմամբ:

Էքսիտոնի հիմնական վիճակի կապի էներգիան ԲՕ ֆոնոնների հետ փոխազդեցության հաշվառմամբ սահմանվում է որպես էլեկտրոնի և խոռո-

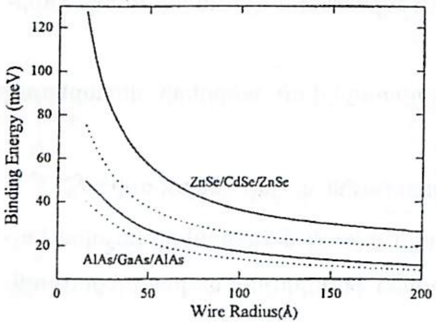
© National Library of Armenia

չի՝ ինչպես միմյանց, այնպես էլ ֆոնոնային դաշտի հետ փոխազդեցության անտեսմամբ և հաշվառմամբ հաշվարկված էներգիաների տարբերություն՝

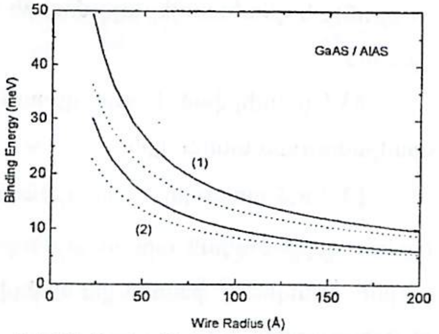
$$E_b^{ex-ph}(\lambda)=\frac{\hbar^2\lambda_{01}^2}{2\mu_\pm R^2}-E_\lambda^{ex-ph}, \qquad (3.1)$$

որտեղ λ-ն փոփոխակային պարամետր է, R-ը՝ լարի շառավիղը, γ_{01}-ն՝ Բեսելի $J_0(x)$ ֆունկցիայի առաջին զրոն, $1/\mu_\pm = 1/m_e + 1/m_{h\pm}$:

Նկ.3.1-ում պատկերված է AlAs/GaAs/AlAs և ZnSe/CdSe/ZnSe ՔԼ-երում ծանր խոռոչով էքսիտոնի հիմնական վիճակի կապի էներգիայի կախումը ՔԼ-ի շառավղից: Հոծ կորերով պատկերված են էքսիտոնի կապի էներգիայի կախումները ՍՕ և ՄՕ ֆոնոնային մոդերի հետ էլեկտրոնի և խոռոչի փոխազդեցության հաշվառմամբ, իսկ կետավոր կորերով՝ ֆոնոնային դաշտի հետ փոխազդեցության անտեսմամբ: Ֆոնոնային ներդրումը GaAs ՔԼ-ում $R=20$Å շառավղի դեպքում կազմում է 24% և նվազում է մինչև 8%, երբ $R=200$Å: CdSe ՔԼ-ում այդ ներդրումը շառավղի նշված աճի դեպքում 36%-ից նվազում է մինչև 13%: ZnSe/CdSe/ZnSe ՔԼ-ի մեծ խոնայնության հետևանքով էքսիտոնի կապի էներգիան և պոլյարոնային շեղումը մեծ են AlAs/GaAs/AlAs ՔԼ-ի համապատասխան մեծություններից: Ցույց է տրվել նաև (Նկ.3.2), որ կապի էներգիան և պոլյարոնային շեղումը թեթև խոռոչով



Նկ.3.1 Էքսիտոնի կապի էներգիայի կախումը ՔԼ-ի շառավղից՝ ֆոնոնային փոխազդեցության հաշվառմամբ (հոծ կորեր) և անտեսմամբ (կետավոր կորեր):



Նկ.3.2 Ծանր (1) և թեթև (2) խոռոչով էքսիտոնի կապի էներգիայի կախումը ՔԼ-ի շառավղից՝ ֆոնոնային փոխազդեցության հաշվառմամբ (հոծ կորեր) և անտեսմամբ (կետավոր կորեր):

էքսիտոնի դեպքում ունեն ավելի փոքր արժեքներ, քան ծանր խոռոչով էքսիտոնի դեպքում:

§3.3-ում ուսումնասիրվել է էքսիտոնային պոլյարոնի կապի էներգիան և պոլյարոնային շեղումը ՔԼ-ում, ՍՕ ֆոնոնների հետ էլեկտրոն-խոռոչային համակարգի փոխազդեցության հաշվառմամբ:

Նախորդ պարագրաֆում էքսիտոնային պոլյարոնի հիմնական վիճակի կապի էներգիայի համար ստացված (3.1) արտահայտությունը կարելի է ներկայացնել

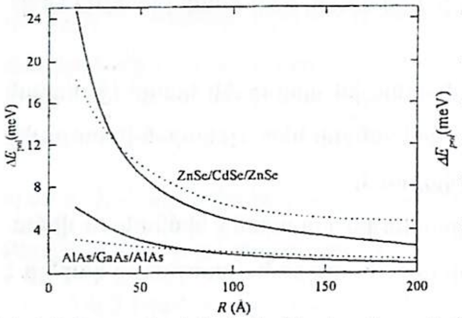
$$E_b^{ex-ph}(\lambda)=E_b^{ex}(\lambda)+\Delta E_{pol} \qquad (3.2)$$

տեսքով, որտեղ առաջին գումարելին էքսիտոնի կապի էներգիան է լիցքակիրների և ֆոնոնային մոդերի միջև փոխազդեցության անտեսմամբ, իսկ երկրորդը՝ պոլյարոնային շեղումը: Կապի էներգիայի ներկայացումը (3.2) տեսքով թույլ է տալիս գնահատել էլեկտրոն-խոռոչային համակարգի՝ ՍՕ և ՄՕ ֆոնոնային մոդերի հետ փոխազդեցության ներդրումներն էքսիտոնի կապի էներգիայում:

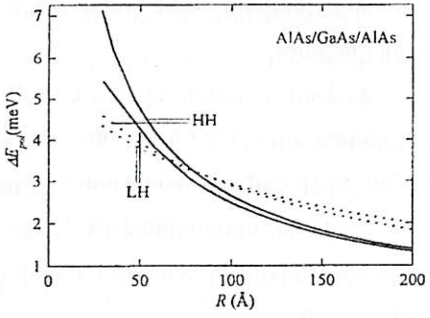
§3.4-ում նախորդ պարագրաֆներում ստացված վերլուծական արտահայտությունների թվային ինտեգրման ճանապարհով ուսումնասիրվել է էքսիտոնային պոլյարոնի կապի էներգիայի և պոլյարոնային շեղման կախումները դիտարկվող համակարգի պարամետրերից:

Նկ.3.3-ում համեմատված են տարբեր խոնայնությամբ նյութերից պատրաստված ՔԼ-երում ծանր խոռոչով էքսիտոնի, իսկ Նկ.3.4-ում՝ GaAs ՔԼ-ում ծանր և թեթև խոռոչով էքսիտոնների կապի էներգիաների պոլյարոնային շեղումների շառավղային կախումները, ՄՕ (հոծ կորեր) և ՍՕ (կետավոր կորեր) ֆոնոնների հետ էլեկտրոն-խոռոչային զույգի փոխազդեցության հաշվառմամբ: Ինչպես տեսնում ենք, CdSe(GaAs) լարի շառավղի 41Å (76Å)-ից փոքր արժեքների դեպքում մեծ է էքսիտոնի կապի էներգիայում ՄՕ ֆոնոնային մոդերի ունեցած ներդրումը: Շառավղի ավելի մեծ

© National Library of Armenia



Նկ.3.3 Պոլարոնային շեղման կախումը լարի շառավղից էլեկտրոնի՝ (խոռոչի) ՄՕ (հոծ կորեր) և ՍՕ (կետավոր կորեր) ֆոնոնային մոդերի հետ փոխազդեցության հաշվառմամբ, տարբեր իոնայնությամբ նյութերից պատրաստված ՔԼ-երի համար:



Նկ.3.4 Ծանր և թեթև խոռոչով էքսիտոնների կապի էներգիաների պոլարոնային շեղման կախումները ՔԼ-ի շառավղից էլեկտրոնի՝ (խոռոչի) ՄՕ (հոծ կորեր) և ՍՕ (կետավոր կորեր) ֆոնոնների հետ փոխազդեցության դեպքում:

արժեքների դեպքում պատկերը փոխվում է՝ ավելի մեծ է դառնում ՍՕ ֆոնոնային մոդերի ներդրումը:

ԵԶՐԱԿԱՑՈՒԹՅՈՒՆ

1. Ուղղանկյուն հատույթով ՔԼ-ում ջրածնանման խառնուկին կապված պոլարոնի կապի էներգիան և պոլարոնային շեղումը՝ հաշվարկված ԱՊՓ մոդելի շրջանակներում, լարի լայնական չափերի աճին զուգընթաց նվազում են, ինչը նշանակում է, որ լարի առանցքին ուղղահայաց հարթության մեջ էլեկտրոնի տեղայնացման թուլացման հետ ԷԲՕՖ փոխազդեցության ներդրումը կապի էներգիայում նվազում է: Էլեկտրական դաշտով պայմանավորված լրացուցիչ տեղայնացումը բերում է ֆոնոնային համակարգի հետ էլեկտրոնի ավելի արդյունավետ փոխազդեցության և կապի էներգիայում ֆոնոնային ներդրման մեծացման:
2. Խառնուկի հիմնական վիճակի կապի էներգիան և դրա պոլարոնային շեղումը՝ կախված ՔԼ-ի ուղղանկյուն հատույթի անկյունագծի վրա խառնուկի դիրքից, ունեն մաքսիմումներ, որոնք էլեկտրական դաշտի բացակայությամբ դիտվում են լարի կենտրոնում և դաշտի աճին զուգընթաց շեղվում են դաշտին հակառակ ուղղությամբ: Ընդ որում, կապի էներգիայի առավելագույն արժեքը նվազում է, իսկ պոլարոնային շեղման առավելագույն արժեքը՝ աճում:
3. ՔԼ-ի չափերի և էլեկտրական դաշտի դիտարկված արժեքների դեպքում պոլարոնային $2p_y$- և $2p_z$-անման վիճակների կապի էներգիաները մեծ են $2s$-անման վիճակի կապի էներգիայից: Պոլարոնային $2p_y$- և $2p_z$-անման վիճակների կապի էներգիաները և պոլարոնային շեղումները, ինչպես և $1s$-անման վիճակինը, լարի հաստության աճի հետ նվազում են, սակայն՝ ավելի դանդաղ: $2s$-անման վիճակի կապի էներգիայի և պոլարոնային շեղման համար այդ մոնոտոնությունը խախտվում է, իսկ $1s \to 2s$ անցումն, ինչպես և ԷԲՕՖ փոխազդեցության անտեսման դեպքում, արգելված է: ԷԲՕՖ փոխազդեցության հաշվառումը $1s \to 2p_y$ և $1s \to 2p_z$ անցումներում բերում է անցման էներգիայի մեծացման: Այդ փոխազդեցության ներդրումն էլեկտրական դաշտի աճին զուգընթաց մեծանում է: Այն կախված է նաև խառնուկի դիրքից և, օրինակ, խառնուկի $(0.25L_x, 0)$ դիրքում, երբ $F = 200kV/cm$, այն կազմում է 24%:
4. ՎՊՓ մոդելի շրջանակներում էլեկտրոնի թունելային անցման հետևանքով կապի էներգիայի՝ ՔԼ-ի հաստությունից կախման կորերը՝ որոնք ունեն մաքսիմումներ, իրար մոտենում են, բայց չեն վերածածկվում, իսկ ԱՊՓ մոդելում, խառնուկի բոլոր դիրքերի դեպքում պոլարոնի կապի էներգիայի՝ էլեկտրական դաշտից ունեցած կախման մոնոտոն վարքը ՎՊՓ մոդելում խախտվում է: GaAlAs/GaAs/GaAlAs հետերոկառուցվածքի աճեցման ուղղությամբ էլեկտրոնի արդյունարար զանգվածի տարարժեքության հաշվառման դեպքում այն միջինում մեծանում է, որը հանգեցնում է կապի էներգիայի մեծացման: ՎՊՓ մոդելում էլեկտրոնի թունելացման հետևանքով պոլարոնային շեղման համար ստացված արժեքները փոքր են ԱՊՓ մոդելում ստացվածների համեմատությամբ, մինչդեռ, կապի էներգիայում ԷԲՕՖ փոխազդեցության ներդրումը, ՎՊՓ մոդելում մեծ է ԱՊՓ մոդելում ստացվածի համեմատությամբ:

© National Library of Armenia

5. Գլանային ՔԼ-ում Վանյե-Մոտի էքսիտոնի կապի էներգիայում ԲՕ ֆոնոնային ներդրումն ավելի փոքր է, քան ջրածնանման խառնուկին կապված պոլարոնի կապի էներգիայում: ZnSe/CdSe/ZnSe ՔԼ-ի մեծ իոնայնության հետևանքով էքսիտոնի կապի էներգիան և դրա պոլարոնային շեղումը մեծ են AlAs/GaAs/AlAs ՔԼ-ի համապատասխան մեծությունների համեմատությամբ: Թեթև խոռոչով էքսիտոնային պոլարոնի կապի էներգիան և պոլարոնային շեղումը փոքր են ծանր խոռոչով պոլարոնի համապատասխան բնութագրերի համեմատությամբ:
6. Ֆոնոնային մոդերի հետ էլեկտրոն-խոռոչային զույգի փոխազդեցության հաշվառմամբ էքսիտոնի կապի էներգիան և դրա պոլարոնային շեղումը գլանային ՔԼ-ի շառավղի աճի հետ նվազում են: Ընդ որում, ՄՕ ֆոնոնային մոդերի հետ փոխազդեցության դեպքում պոլարոնային շեղումն ավելի արագ է նվազում, քան ՍՕ ֆոնոների հետ փոխազդեցության դեպքում: Դրա հետևանքով կապի էներգիայում ՄՕ ֆոնոնների ներդրումը նվազում է, իսկ ՍՕ ֆոնոններինը՝ աճում: ՔԼ-ի փոքր շառավղի դեպքում ՄՕ ֆոնոնային ներդրումը գերազանցում է ՍՕ ֆոնոնային ներդրումը, իսկ մեծ շառավղի դեպքում ավելի մեծ է ՍՕ ֆոնոնային ներդրումը:

ՀՂՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Physics of Quantum Electron Devices. Edited by F. Capasso, Springer-Verlag, Berlin, (1990).
2. L. Esaki. The evolution of semiconductor quantum structures. Do-it-yourself quantum mechanics. Edited by A. Stella and L. Miglio, Semiconductor Superlattices and Interfaces. North-Holand, Amsterdam, 1 (1993).
3. A.P. Alivisatos. Nanocrystals: Building blocks for modern material design. Endeavour. **21**, 56-60 (1997).
4. F. Beltram, F. Capasso. Artificial semiconductor structures: Electronic properties and device applications. Edited by P. Butcher, H.M. Norman, and

M.P. Tosi. Physics of Low-Dimensional Semiconductor Structures. Plenum Press, New-York 539-73 (1993).

5. J. Faist, et al. Quantum cascade laser: An intersub-band semiconductor laser operating above liquid nitrogen temperature. Electron. Lett. **30**, 865-866 (1994).
6. N. Kirstaedter et al. Low threshold, large T_o injection laser emission from (InGa)As quantum dots. Electron. Lett. **30**, 1416 (1994).
7. K.D. Zhu, S.W. Gu. Polaronic states that incorporate effects of phonon confinement in a rectangular quantum well wire. Solid State Commun. **80**, 307-310 (1991).
8. G. Iadonisia, F. Trani, G. Cantele, D. Ninno. Polaron effects and boundary conditions in cylindrical wires. The Europ. Phys. Journ. B 53, 143 (2006).
9. H.J. Xie, X.Y. Liu. Polarons in a cylindrical quantum well wire with finite confining potential. Supperstr. and Microtr. 39, 489 (2006).
10. A.V. Borzdov, D.V. Pozdnyakov. Scattering of electrons in the GaAs/AlAs transistor structure. Physics of the Solid State 49, 963 (2007)
11. S. Butscher, F. Milde, M. Hirstschulz, E. Malić, A. Knorr. Hot electron relaxation and phonon dynamics in grapheme. App. Phys. Lett. 91, 203103 (2007).
12. X.L. Yu, S.L. Ban. Cyclotron resonance of a polaron in a realistic heterojunction and its pressure effect. The Europ. Phys. Journ. B 52, 483 (2006).
13. Л.Д. Ландау, С. И. П е к а р. Эффективная масса полярона. ЖЭТФ 18, 419 (1948).
14. T.D. Lee, F.E. Low, D. Pines. The motion of slow electrons in a polar crystal. Phys. Rev. 90, 297 (1953).

© National Library of Armenia

ՀՐԱՏԱՐԱԿՎԱԾ ԱՇԽԱՏԱՆՔՆԵՐԻ ՑՈՒՑԱԿ

1. A.L.Vartanian, M.A.Yeranosyan, A.A.Kirakosyan, The polaron effect on the binding energy of a shallow donor impurity in quantum-well wires in an electric field. Physica **E 27**, 447-456 (2005).
2. A.L.Vartanian, M.A.Yeranosyan, A.A.Kirakosyan, The polaronic shift of the ground state binding energy of a shallow donor impurity in quantum-well wires in an electric field. Proc. of Conf. on Laser Physics-2004, pp. 68-71, Ashtarak, Armenia (2005).
3. M.A. Yeranosyan, Effect of applied electric field of the confined hydrogenic impurity states in a quantum-well wires. Proc. V Int. Conf. "Semiconductor Micro- and nanoelectronics", Agveran, 197-200 (2005).
4. A.L. Vartanian, M.A. Yeranosyan, Effect of applied electric field of the bound polaron energy spectrum in quantum-well wires. Proc. V Int. Conf. "Semiconductor Micro- and nanoelectronics", Agveran, 157-160 (2005).
5. A.L.Vartanian, M.A.Yeranosyan, A.A.Kirakosyan, The binding energy of a hidrogenic impurity in quantum-well wires in an electric field:The effective mass mismatch effect. Proc. of Conf. on Laser Physics-2005, pp. 73-76, Ashtarak, Armenia (2006).
6. A.L.Vartanian, M.A.Yeranosyan, Exciton-phonon Interaction in Cylindrical Quantum wire: Effect of phonon Confinement on Exciton binding energy. Int. Conf. "New Technologies for development of heterosemiconductors for device applications", Yerevan, Armenia, pp 75-76 (2006).
7. A.L.Vartanian, M.A.Yeranosyan, Exciton-phonon Interaction in GaAs-/AlAs and CdSe/ZnCdSe Quantum wires. Proc. of Conf. on Laser Physics - 2006, pp. 40-43, Ashtarak, Armenia (2007).
8. A.L.Vartanian, M.A.Yeranosyan, A.A.Kirakosyan, Electron-phonon effect on the ground state binding energy of hidrogenic impurity in quantum-well wires in presence of an electric field. Physica **B**, **390**, 256-262 (2007).
9. А.Л. Вартанян, М.А. Ераносян, А.А. Киракосян. Поляронный сдвиг энергии связи экситона Ванье-Мотта в квантовой проволоке с учетом эффекта фононного ограничения. Известия НАН Армении, Физика, 42, с. 435-441 (2007).
10. A.L.Vartanian, M.A.Yeranosyan, The polaronic shift of the exciton binding energy in quantum well wires. Պինդ մարմնի ֆիզիկայի ամբիոնի 50-ամյակին նվիրված գիտաժողովի նյութեր, էջ 78-83, ԵՊՀ հրատ. (2007):

АННОТАЦИЯ

Диссертация посвящена исследованию связанных поляронных состояний в полупроводниковых квантовых проволоках (КП) с полярным диэлектрическим окружением при наличии внешнего электрического поля.

Ниже приведены основные выводы, следующие из результатов диссертационной работы.

1. В КП с прямоугольным сечением энергия связи связанного с водородоподобной примесью полярона и поляронный сдвиг энергии связи уменьшаются с увеличением поперечных размеров КП. Это означает, что при увеличении локализации электрона в КП вклад электрон-фононного взаимодействия в энергию связи увеличивается. Штарковское ограничение, усиливая локализацию электронного заряда, приводит к увеличению фононного вклада в энергию связи.

2. Энергия связи основного состояния водородоподобной примеси и его поляронный сдвиг имеют максимумы, которые при наличии электрического поля смещаются от центра КП в сторону, противоположную направлению поля. При этом максимальное значение энергии связи уменьшается, а максимальное значение поляронного сдвига увеличивается.

3. Исследование первых возбужденных состояний полярона в КП показывает, что при рассмотренных значениях размеров КП и напряженности электрического поля энергии связи $2p_y$- и $2p_z$-подобных состояний

© National Library of Armenia

больше энергии связи $2s$-подобного состояния, энергии связи и поляронные сдвиги $2p_y$- и $2p_z$-подобных состояний, как и $1s$-подобного состояния с увеличением толщины КП уменьшаются монотонно, но медленнее, причем монотонность нарушается в случае $2s$-подобного состояния. Переход $1s \to 2s$, как и в случае пренебрежения электрон-фононным взаимодействием, запрещен. Учет электрон-фононного взаимодействия приводит к увеличению энергий переходов $1s \to 2p_y$ и $1s \to 2p_z$. С усилием электрического поля вклад этого взаимодействия увеличивается.

4. Поляронный сдвиг энергии связи экситона в КП ZnSe/CdSe/ZnSe больше, чем в КП AlAs/GaAs/AlAs, из-за более сильной полярности материалов проволок ZnSe/CdSe/ZnSe по сравнению с AlAs/GaAs/AlAs. Энергия связи и его поляронный сдвиг экситона с легкой дыркой меньше соответствующих характеристик экситона с тяжелой дыркой.

5. Учет фононного ограничения в полупроводниковых квантовых гетероструктурах приводит к уменьшению поляронного вклада. С уменьшением радиуса КП роль интерфейсных фононов увеличивается. Эти моды доминируют над ограниченными фононными модами в проволоке AlAs/GaAs/AlAs уже при $R < 50$ Å. При этом следует отметить, что основным является вклад высокоэнергетической ветви интерфейсных фононов.

05.02.2013

ՀՀ Ազգային գրադարան
NL1414259

© National Library of Armenia

© National Library of Armenia