

## ՊԱՇՏՈՆԱԿԱՆ ԸՆԴԴԻՄԱԽՈՍԻ ԿԱՐԾԻՔ

Պետրոս Պետրոսյանի «Մետաղական նանոմասնիկների համակարգերում որոշ պլազմոնային երևույթների ուսումնասիրությունը» ատենախոսության վերաբերյալ, ներկայացված ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման Ա.04.21 - «Լազերային ֆիզիկա» մասնագիտությամբ

Մակերևութային պլազմոն պոլարիտոնները (ՄՊՊ) մակերևութային էլեկտրամագնիսական ալիքների դաս են, որոնք տարածվում են երկու միջավայրերի բաժանման սահմանով: Դրանք առաջանում են այնպիսի հաճախային տիրույթներում, որտեղ սահմանակցող միջավայրերի դիէլեկտրական թափանցելիությունների իրական մասերը ունեն տարբեր նշաններ: Մետաղ-օդ զույգը սահմանակցող միջավայրերի դասական օրինակ է: Մեծ հետաքրքրությունը ՄՊՊ ալիքների նկատմամբ պայմանավորված է կիրառությունների տեսակետից կարևոր հատկություններով: Դրանք ներառում են էլեկտրամագնիսական էներգիայի բարձր տեղայնացումը և տվյալ հաճախության դեպքում ավելի փոքր ալիքի երկարությունը, հաեմատած ծավալային էլեկտրամագնիսական ալիքների հետ: Մետաղներում ՄՊՊ ալիքները մակածվում են օպտիկական և ինֆրակարմիր տիրույթի վերին սահմանին մոտ հաճախային տիրույթում: Հետազոտությունների կարևոր ուղղություն է նոր նյութերի մշակումը, որոնցում ՄՊՊ ալիքների առաջացման պայմանները բավարարվում են ավելի ցածր հաճախությունների համար: Մասնավորապես, դա վերաբերվում է տերահերցային տիրույթին: Այս տիրույթներում որպես ակտիվ միջավայր օգտագործվում են, օրինակ, ներարկված կիսահաղորդիչները: Հետազոտությունների ակտիվ ուղղություն է պահանջվող էլեկտրադինամիկական հատկություններով մետանյութերի մշակումը: Մաքսիմները գրաֆենատիպ երկչափ նյութերի դաս են, որոնք ստացվում են անցումային մետաղների և ածխածնի կամ ազոտի խառնուրդների շերտային համակցությամբ: Դրանք խոստումնալից նյութեր են էներգիայի պահեստավորման սարքերում և էլեկտրաքիմիական էներգիայի փոխակերպման պրոցեսներում կիրառությունների տեսակետից: Ներկայացված ատենախոսության նպատակն է մաքսիմի նանոմասնիկների հատկությունների տեսական մոդելավորումը և մոդելավորման արդյունքների համեմատումը փորձնական տվյալների հետ: Քննարկված է Ֆանո ռեզոնանսի էֆեկտիվություն նանոմասնիկների համակարգերում:

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածական մասից, հեղինակի աշխատանքների վրա հիմնված երեք գլուխներից, եզրակացությունից և գրականության ցանկից:

Ներածությունում ներկայացված է ատենախոսական թեմայի ուղղությամբ հետազոտությունների արդի վիճակը, ընդգծված է դրանց կարևորությունը և ստացված արդյունքների կիրառական նշանակությունը: Բերված են պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները: Համառոտ շարադրված է հետագա գլուխների բովանդակությունը:

Առաջին գլխում վերլուծված են օպտիկական կլանման և EEL (էլեկտրոնների էներգիական կորուստների) սպեկտրոսկոպիայի միջոցով ստացված փորձարարական տվյալները  $T_{\text{BiC}_2\text{T}_x}$  նանոմասնիկների հատկությունների վերաբերյալ: Նկարագրված են էներգիական կորուստների առանձնահատկությունները համեմատաբար լայն տիրույթում (0.2 էՎ-ից մինչև 30 էՎ): Բերված է համապատասխան էլեկտրադինամիկական խնդիրների մոդելավորման սխեման: Հաշվարկները կատարված են վերջավոր տարրերի մեթոդով և օգտագործված է COMSOL Multiphysics ծրագրային փաթեթը: Մաքսիմները մոդելավորված են որպես էլիպտիկներ որոնց փոքի առանցքը հավասար է շերտի հաստությանը: Ներկայացված են կլանման կտրվածքների (ACS) հաշվարկների արդյունքները տարբեր ձևերի մեկուսացված և փոխազդող մաքսիմների նանոմասնիկներում: Մոդելավորման ծրագրաշարի արդյունավետ օգտագործման նպատակով կիրառված է մոտավոր անալիտիկ մեթոդ՝ սպեկտրների առանձնահատկություններին համապատասխանող ալիքի երկարությունների միջակայքերը հայտնաբերելու համար: Քննարկված են հաշվարկների արդյունքների կախվածությունը նանոմասնիկների մոդելավորված ձևից: Թաղանթի փոխազդեցությունը տակդիրի հետ հաշվարկներում ներառված չէ: Դրա հիմնավորվում է նրանով, որ ստացված արդյունքները բավական լավ համաձայնեցված են փորձի հետ տեսանելի և մոտ ինֆրակարմիր տիրույթներում:

Երկրորդ գլխում հետազոտված է լուծույթում կամ տակդիրի վրա մաքսիմային շերտի մոտ փորձնական մոլեկուլի կլանման կտրվածքը և մակերևութային ուժեղացված Ռամանյան ցրման ուժեղացման գործակիցը: Ինչպես և նախորդ գլխում, հաշվարկները

իրականացված են COMSOL Multiphysics փաթեթի միջոցով: Նմանատիպ հաշվարկներ կատարվել են նաև մաքսինային դիմերների համար: Օգտագործված է փորձարարական արդյունքների հիման վրա կառուցված դիէլեկտրական թափանցելիությունը  $Ti_3C_2T_x$ -ի համար: Միջավայրում մոլեկուլը մոդելավորվել որպես մակրոսկոպիկ դիէլեկտրական ֆունկցիա ունեցող գնդիկ, որի շառավիղը վերցվում է որպես արտաքին պարամետր: Կեղծ մասը վերցվում է կլանման սպեկտրի փորձնական տվյալներից, իսկ իրական մասը ստացվում է օգտագործելով Կրամերս-Կրոնիգի առնչությունը: Կլանման կտրվածքի հաշվարկները COMSOL միջավայրում կատարվել են հարմոնիկ ընկնող դաշտի համար: Դիտարկվել են մաքսինային նանոմասնիկի տարբեր երկրաչափություններ, իսկ էլեկտրական դաշտը ուղղված է եղել նանոմասնիկի երկար առանցքի ուղղությամբ: Հաշվարկները կատարվել են նանոմասնիկից մոլեկուլի հեռավորության տարբեր արժեքների համար: Հետազոտված են նաև լիցքի և դաշտի բաշխումները: Բերված են ալիքի երկարությունից ուժեղացման ֆակտորի կախվածության կորերը առանձին նանոմասնիկի և նանոմասնիկների դիմերի համար: Հետազոտված է նաև դրա կախվածությունը նանոմասնիկի երկրաչափությունից, ինչպես նաև կլանման կտրվածքները: Նանոմասնիկի տրված ծավալի դեպքում ուժեղացման ֆակտորը աճում է կորության շառավղի նվազմանը զուգընթաց: Տրված երկրաչափական ձևի դեպքում, այն դանդաղ նվազում է երկար առանցքի նվազմանը զուգընթաց:

Ատենախոսության երրորդ գլխում հետազոտված է Ֆանո ռեզոնանսը մետաղական նանոմասնիկների համակարգերում: Մասնիկների չափերը շատ փոքր են ալիքի երկարությունից, սակայն դրանց միջև հեռավորությունները կարող են ալիքի երկարության կարգի լինել: Նման պայմաններում, բացի փոխազդեցությունը նկարագրող դաշտերից կարևոր են նաև մասնիկների ինքնազդեցության դաշտերը: Դիտարկվել են ձողաձև նանոմասնիկներ, որոնք հանդիսանում են ձգված սֆերոիդների մոտարկում: Կախված ընկնող դաշտի բևեռացումից մակածվում են երկայնական կամ լայնական պլազմոնային տատանումներ և առկա է օպտիկական անիզոտրոպիա: Դիէլեկտրական թափանցելիության դիսպերսիան նկարագրված է Դրուդեի մոդելով: Դիտարկված է հինգ նանոմասնիկներից բաղկացած հարթ համակարգ այնպիսի դասավորությամբ, երբ համապատասխան հաճախությամբ ընտրված ընկնող

մոնոքրոմատիկ ալիքը մակածում է երկայնական տատանումներ դրանցից մեկում: Այդ տատանումների արդյունքում ճառագայթված դաշտը մակածում է երկայնական տատանումներ մյուս նանոմասնիկներում: Հետագոտված է էլեկտրամագնիսական ալիքների կլանումը ընտրված համակարգում: Ցույց է տրվում, որ ճառագայթման ռեակցիայի հաշվառումը մեծացնում է Ֆանո ռեզոնանսի էֆեկտիվությունը ընտրված երկրաչափությունում նանոմասնիկների միջև ցանկացած հեռավորությունների դեպքում: Ֆանո ռեզոնանսը դիտարկված է նաև նանոմասնիկների ծավալային բաշխման երկրաչափությունում: Քննարկված է մետաղական նանոմասնիկների համակարգ, որոնց կենտրոնները գտնվում են տետրաեդրի գագաթներում: Որակական վերլուծությունը կատարված է ենթադրությամբ, որ նանոմասնիկների չափերը շատ փոքր են ալիքի երկարությունից և գնահատված է Ֆանո ռեզոնանսի էֆեկտիվությունը:

Ամփոփելով վերը ասվածը, կարելի է եզրակացնել, որ ատենախոսությունում ստացված են հետաքրքիր արդյունքներ մետաղյութերի ֆիզիկայի ու արտաքին էլեկտրամագնիսական դաշտերի հետ դրանց փոխազդեցության բնագավառում: Ատենախոսության բովանդակության վերաբերյալ իմ դիտողությունները հետևյալն են.

1. Մաքսիմների հատկություններին վերաբերող հետազոտական մասում դիտարկված է մեկ տեսակի մաքսին: Կարծում եմ հետաքրքիր կլիներ քննարկել, թե ինչքանով են ստացված արդյունքները առաձևահատուկ և կարող են արդյոք իրականացվել այլ մաքսիների համար:
2. Նման բաց առկա է նաև խնդրում, որտեղ քննարկվում է մոլեկուլի փոխազդեցությունը նանոմասնիկի և նանոմասնիկների դիմերի հետ: Դիտարկված է կոնկրետ տեսակի (R6G) մոլեկուլ: Ստացված օրինաչափությունների իրացումը այլ մոլեկուլների կամ նանոմասնիկների համար էապես կլայնացներ հնարավոր կիրառությունների ոլորտը:
3. Առաջին և երկրորդ գլուխներում խնդիրների մոդելավորումը կատարվում է COMSOL Multiphysics փաթեթի միջոցով: Ցավոք բերված չէ խնդրի մաթեմատիկական ձևակերպումը էլեկտրամագնիսական դաշտերի համար՝ հավասարումների և համապատասխան եզրային պայմանների տեսքով: Իհարկե փաթեթում ինչ որ ձևով

դրանք ներառված են, սակայն նշված ձևակերպումը ավելի հստակ և ավարտուն կդարձնեն ֆիզիկական խնդրի դրվածքը:

4. Ատենախոսությունում առկա են բազմաթիվ հապավումներ և դրանց բացումը առանձին աղյուսակի տեսքով էապես կհեշտացնեն ընթերցումը: Որոշ հապավումներ էլ բացված չեն: Որոշ նշանակումներ բացատրվում են ոչ այնտեղ, որտեղ դրանք առաջին անգամ հանդիպում են, իսկ որոշներն էլ բացատրվում են մի քանի անգամ: Շարադրանքի թերություններ առկա են նաև սեղմագրում:

Վերը նշված դիտարկումները չեն նսեմացնում ատենախոսությունում ստացված արդյունքների կարևորությունը: Դրանց մի մասն էլ հետագա հետազոտության առաջարկ են: Ատենախոսությունը ստացված արդյունքների ծավալով և կարևորությամբ բավարարում է ՀՀ Բարձրագույն կրթության և գիտության կոմտեի կողմից թեկնածուական ատենախոսություններին ներկայացվող պահանջներին և ատենախոսության հեղինակ Պետրոս Պետրոսյանը արժանի է Ա.04.21 - «Լազերային ֆիզիկա» մասնագիտությամբ ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի շնորհման: Սեղմագիրը ճիշտ և ամբողջությամբ է արտացոլում ատենախոսության բովանդակությունը:

Պաշտոնական ընդդիմախոս,

Ֆիզ. մաթ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր՝

/Ա. Ա. Սահարյան/

Պրոֆեսոր Ա.Ա. Սահարյանի ստորագրությունը հաստատում եմ՝

ԵՊՀ գիտական քարտուղար՝

/Մ. Վ. Հովհաննիսյան/

17 հունվարի, 2025թ.

