

ЗАМОНАВИЙ ЛАЗЕРЛАР

М.Носиров, Ж.Қахҳоров, Б.Рашидов

Андижон давлат университети

Маълумки, Бирлашган миллатлар ташкилоти томонидан 2015 йил ёруғлик ва ёруғлик технологиялари йили деб эълон қилинган, чунки ёруғлик технологиялари энергетика, таълим, қишлоқ хўжалиги, алоқа ва соғлиқни сақлаш соҳаларидаги муҳим муаммоларни ҳал этишда ва умуман инсониятнинг турмуш тарзини ривожлантиришда муҳим роль ўйнайди.

Ёруғликнинг квант хоссалари 1905 йилда А.Эйнштейн томонидан очилган ва ёруғлик билан боғлиқ жуда кўп ходисаларни тушунтириб беришга имкон берган. Оптика – физиканинг инфра қизил, кўриш ва ультрабинафша диапазондаги электромагнит тўлқинларнинг тарқалиши билан боғлиқ ходисаларни ўрганувчи бўлимидир. У биринчи бўлиб табиат ҳақидаги классик тушунчаларнинг чегараланганлигини кўрсатиб берган.

Фотоника оптика билан бир текисликда туради. Бу фан электронлар ўрнида электромагнит майдон квантлари- фотонлар турадиган электрониканинг аналогидир, яъни у сигналларни оптик қайта ишлаш билан шуғулланади, бунда энергия йўқотишлар минимал бўлиб, миниатюризация жараёнларининг имкониятларини оширади. Фотоника – оптик сигналлар ва улар асосида қурилмалар яратиш билан боғлиқ фундаментал ва амалий муаммолар билан шуғулланувчи фандир [1]. У оптик, электрооптик ва оптоэлектрон қурилмалар ва уларнинг турли қўланишларини ўз ичига олади. Фотониканинг ўзак тадқиқот соҳаларига толали ва интеграл оптика, шунингдек, ночизиқли оптика, яримўтказгичли бирикмалар физикаси ва технологияси, яримўтказгичли лазерлар, оптоэлектрон қурилмалар, юқори тезликка эга бўлган электрон қурилмалар киради.

Фотоника аста секин “оптика” териминини сиқиб чиқармоқда. Фотоника оптоэлектроникага ҳам ўхшаб кетади. Оптоэлектроника – электрониканинг бўлими бўлиб, оптик диапазондаги электромагнит тўлқинларнинг модда электронлари билан ўзаро таъсир эффектлари ва

оптоэлектрон қурилмалар яратиш муаммоларини ўрганади ва бу муаммолар ахборотни генерациялаш, узатиш, қайта ишлаш, сақлаш ва тасвирлашда қўлланилади [1].

Маълумки, микроэлектроникадаги ривожланиш ишчи частоталарнинг ортиши ва микроэлементлар ўлчамларининг кичрайиши билан боғлиқ, бу субмикрон электрониканинг пайдо бўлишига олиб келди [2].

Электрониканинг кейинги тараққиёти наноэлектроника соҳасидаги тадқиқотлар бўлиб, ҳозирги кунда нано ўлчамли қурилмалар тайёрлашга эришилди (<100 нм). Лекин электроникадаги энг юқори частоталар гигагерцли диапазонда бўлиб, фотоникадаги терагерцли диапазондан анча пастдир. Бошқа томондан, ишчи тўлқин узунлиги одатдаги фотонли элементларнинг минимал ўлчами λ ишчи тўлқин узунлиги тартибида бўлиб, ўн-юз микронни ташкил этади ва микросхемаларнинг нисбатан паст интеграция даражасига ва кичиклашишига олиб келади. Шунинг учун электрон-фотон системаларда электронларни фотонлар билан алмаштириш қийинчилик туғдиради. Бу ердан фотоникани субтўлқинли наноўлчамли диапазонга кўчириш ва дифракцион чегараланишларни йўқотиш кечиштириб бўлмас масалалардан бирига айланади, яъни наноэлектрон элементларнинг нанофотонлар алоқаси усулларини топиш талаб этилади.

Бу масала замонавий электрониканинг муҳим масалаларидан бир бўлиб, уни ҳал қилиш учун ёруғликнинг наноэлектрон элементлар билан алоқасини амалга оширишга имкон берувчи плазмон эффектларни қўллаш орқали, яъни плазмон нанофотоника орқали амалга ошириш мумкин [2].

Плазмон эффектларни наноўлчамли соҳаларда қўллаш наноэлектроника ва нанофотоникани бирлаштиришга имкон берди ва у наноплазмоника деб атала бошланди. Наноплазмоникада плазмонлар ва фотонларни генерацияловчи ва ўзаро таъсирлашувчи электронлар билан иш қўрилади. Плазмонлар туфайли биз рентген нурлари учун характерли бўлган наноўлчамли тўлқин узунлигига эга бўлган оптик диапазондаги электромагнит тўлқинларга эга бўламиз [2].

Наноплазмоника ёки плазмоника – бу нано масштаблардаги оптика, яъни нанооптикадир [3]. Наноплазмониканинг предмети кристал панжарага нисбатан ўтказувчанлик электронларининг тебранишлари туфайли юзага келадиган металл наноструктураларнинг оптик хоссаларини ўрганишдан иборат.

Нанополазмоникага бўлган қизиқишнинг ортишига сабаб шундаки, замонавий нанотехнологиялар ихтиёрий ўлчамдаги ва шаклдаги нанозарраларни тайёрлашга имкон бермоқда [3]. Шунингдек, замонавий ташхис техникалари алоҳида нанозарралар в ва наноструктураларнинг хусусиятларини синчиклаб ўрганишга имкон бермоқда. Учинчидан, ҳисоблаш техникасининг ривожланиши нанозарралар ва улар асосидаги қурилмаларнинг хоссаларини башорат қилишга ва оптималлаштиришга имкон беради [3].

Фотоника тўла тушуниш учун мазер, лазер ва спазер тушунчаларини яхши билиш керак. Лазер ёки оптик квант генератори- (ёруғлик, электр, иссиқлик, кимёвий ва бошқа) энергиясини когерент, монохроматик, қутбланган ва ингичга йўналган нурланиш энергиясига айлантириб берувчи қурилмадир [1]. Мазер – сантиметрли диапазонда когерент электромагнит тўлқинларни нурлантирувчи квант генераторидир. Астрономлар узоқ галактикалар табиий мазер манбалари эканлигини аниқлашган: миллиард километрли ўлчамдаги катта газ булутларида генерация учун шароит вужудга келади, дамлаш манбаи сифатида космик нурлар хизмат қилади [1].

“Спасер” атамаси инглизча «surface plasmon amplification by stimulated emission of radiation» сўзларининг қисқартмаси бўлиб, “мазер” ва “лазер”ларнинг аналогидир. Шундай қилиб, шундай наноқурилма яратиш мукинки, унда тўлқин узунлигидан анча кичик фазовий соҳада когерент майдон ҳосил бўлади ва бу қурилма асосида нанолазер ясаш мумкин [4].

Маълумки, металл нанозарралар электрон зичлигининг тебраниши спектрнинг кўриш ва инфрақизил қисмида резонанс частота— локаллашган плазма резонанси (ЛПР) га эга. Шунинг учун наноплазмониканинг асосий

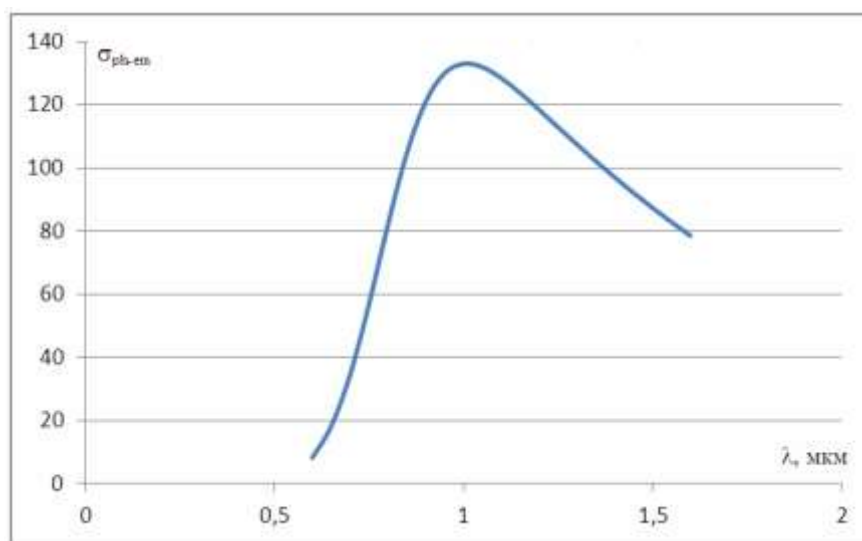
вазифаси ЛПР туфайли юзага келадиган оптик ва электрофизик жараёнларни ўрганишдир. ЛПР сиртий зарядлар потенциал ўра ҳосил қилиши ва бу ўрада электронларнинг ташқи электромагнит майдон (ЭМ) таъсирида тебраниши оқибатида юзага келади. ЛПР частотаси кичик зарралар учун уларнинг ўлчамларига боғлиқ бўлмасдан, кўпроқ уларнинг шаклига, материалга ва уни ўраб турган муҳитга боғлиқ бўлади. ЛПР частотасида ташқи ЭМ энергия зичлиги нанозарра ичида ташқаридагига нисбатан бир неча тартибга юқори бўлади. ЛПР уйғотилганда нанозарра ўзини резонатордек тутди. Металл нанозарраларнинг резонанс хоссалари (плазмонлар) ва ўз атрофларида ЭМни йиғиши жуда кўп янги эффектларни кузатишга имкон беради, улардан бири – гигант комбинацион сочилишдир. Бу эффектлар асосида плазмон нанозаррали оптоэлектрон қурилмалар, наноўлчамли лазерлар, юқори эффективли куёш элементлари таклиф қилинди ва баъзилари амалга оширилди.

ЛПР уйғотилишида юзага келадиган эффектлардан бири нанозарралардан фотоэмиссиядир. Нанозарралардан фотоэмиссия макроскопик металл структуралардан фотоэмиссиядан кескин фарқ қилади, чунки нанозарра ичида ва атрофида ЭМ кескин ортиб кетади ва нанозарра юзининг ҳажмига нисбати макроскопик структураларга нисбатан анча юқоридир. Зеро фотоэмиссия юзага келишида сиртнинг катта бўлиши ва ЭМ кучланганлигининг юқори бўлиши муҳим аҳамиятга эга. Шундай қилиб, нанозарраларнинг масса бирлигидан фотоэлектронларнинг чиқиши макроскопик структураларга нисбатан анча катта бўлади. Нанозарралар ҳисобига фотодетекторлар самарадорлигини ошириш катта амалий аҳамиятга. Нанозарралардан фотоэмиссия ва унинг оптимал параметрларини аниқлаш учун фотоэмиссия кесимини аниқлаш керак бўлади.

Ушбу иш ЛПР уйғотилишини ҳисобга олган ҳолда металл нанозарралардан сиртий фотоэмиссиянинг кесимини аниқлаш ва нанозарралардан фотоэмиссия макроструктуралардагига нисбатан самарали эканлигини кўрсатишга бағишланган. Ушбу ишда ЛПР уйғотилишини ҳисобга олган ҳолда металл нанозарралардан сиртий фотоэмиссиянинг

кесимини ҳисоблаш кўриб чиқилди.

Олтин нанозарралардан фотоэмиссия кесимининг тушаётган ёруғлик тўлқин узунлигига ва нанозарра ўлчамига боғлиқлигини ўрганиш учун Visual Basic-6.0 да дастур тузилди ва ишга туширилди. Дастурнинг ўзига хос хусусияти шундаки, у катталиклар орасидаги боғланишни нафақат жадвал, балки MS Excel да чизувчи график кўринишида ҳам ифодалашга имкон беради. Дастур шунингдек, нанозарранинг массаси, энергияси, шакли, Ферми сатҳи ва температурани назорат қилишга имкон беради. 1-расмда олтин нанозарралардан фотоэмиссия кесимининг ёруғлик тўлқин узунлигига боғлиқлиги келтирилган. Расмдан кўриниб турибдики, ёруғлик тўлқин узунлиги ~ 1 мкм бўлганда фотоэмиссия кесими максимал қийматга эришади.



1-расм. Олтин нанозарралардан фотоэмиссия кесимининг ёруғлик тўлқин узунлигига боғлиқлиги

р-типли кремнийда жойлашган сферик олтин нанозарраларда ЛПР ҳосил бўлувчи тўлқин узунлиги λ бўлганда фотоэмиссия кесими ютилиш кесимининг бир неча фоизини ва геометрик кесимнинг ярмини ташкил этади. Шундай қилиб, агар нанозарраларнинг нисбий зичлиги 0.3 га тенг бўлса, барча фотонларнинг 5% фотоэлектронларга айланади. $\lambda = 1$ мкм бўлганда нанозарралардан фотоэмиссион ток олтин қатламидагига нисбатан икки тартибга юқори бўлади. Металл нанозарранинг радиуси оптимал қийматга эришганда фотоэмиссион ток энг юқори бўлади.

Ишда олинган натижалар янги юқори сезгирликка эга бўлган фотодетекторлар ва фотоўзгартиргичлар яратишда қўлланилиши мумкин.

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki>

2. Наноразмерные электронно-фотонные устройства на основе поверхностных плазмонных поляритонов / О.Д. Вольпян, А.И. Кузьмичёв // Электроника и связь. – 2011. – В. 1. – с. 5–12.

3. Климов В.В. Наноплазмоника / В.В. Климов. – М.:Физматлит, 2009. – 482 с.

4. Наноразмерные электронно-фотонные устройства на основе локализованных плазмонов / О.Д. Вольпян, А.И. Кузьмичёв // Электроника и связь. – 2011. – В. 4. – с. 26– 31.