

ԲՎԱՆՏԱՅԻՆ ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱ

Ա. ՄԻՐԱՅԵԼՅԱՆ

Տեխնիկական գիտությունների դոկտոր,
պրոֆեսոր

Մեր ժամանակներում տեխնիկայի առաջընթացն անիմաստ է առանց ֆիզիկայի, մաթեմատիկայի, քիմիայի նորագույն նվաճումների կիրառման: Այս իմաստով տեղի է ունենում գիտության և տեխնիկայի որոշակի միաձուլում: Այդ պրոցեսի վառ ապացույցն է քվանտային էլեկտրոնիկայի վարձացումը: Այն առաջ է եկել ավելի քան մեկ տասնամյակ առաջ՝ ռադիոտեխնիկայի, քվանտային ֆիզիկայի և օպտիկայի մերձակետում:

Քվանտային էլեկտրոնիկան իրենից ներկայացնում է ժամանակակից ռադիոէլեկտրոնիկայի վարձացման բացառիկ կարևոր էտապը: Նա լայն հեռանկարներ է բացում ցանկացած էլեկտրամագնիսական ալիքների (ռադիո, ինֆրակարմիր, լուսային, ուլտրամանիշակագույն) զենեքացիայի (գրգռման), ընդունման և ուժեղացման սկզբունքներն նոր սխեմաներ ստեղծելու համար:

Ատոմ-զենեքատոր

Ռադիոտեխնիկայի վարձացման ողջ պատմությունը պայքար է էլեկտրամագնիսական սպեկտրի նոր տիրույթներ յուրացնելու համար: Ռադիոյի գյուտարար Ա. Ս. Պոպովի ժամանակներից մինչև մեր օրերը շատ բան է արվել: Մեծ ճանապարհ է անցկացվել ամենաներկար (կիլոմետրային) էլեկտրամագնիսական ալիքներից մինչև ամենակարճերը (միլիմետրայինները): Սակայն գիտության և տեխնիկայի մի շարք բնագավառների վարձացումը, ինչպիսիք են աստղագիտությունն ու աստրո-

ֆիզիկան, ռադիոլոկացիան ու ռադիոնավարկությունը, հեռուստատեսությունն ու կապը, ռադիոէլեկտրոնիկայի առջև դնում են նորանոր բարդ խնդիրներ: Դրանց լուծումն անհնար է առանց էլեկտրամագնիսական է՛լ ավելի կարճ ալիքների (ինֆրակարմիր, լուսային և ուլտրամանիշակագույն) օգտագործման, որոնց երկարությունը կալմում է տասնյակ միկրոններից մինչև միկրոնի մասերը:

Այս նոր դիապազոնների յուրացումն ամենից առաջ պահանջում է տեղծել զենեքատորներ (հաղորդակներ): Ինչպես հայտնի է, ռադիոտեխնիկան քիչ ջանքեր չի թափել, որպեսզի ստեղծի ստանդարտային և միլիմետրային ալիքների զենեքատորներ: Սակայն, հայտնի մեթոդներով ավելի կարճ ալիքներ ստանալու փորձերը հանգեցրին անհաղթահարելի դժվարությունների: Բանն այն է, որ զենեքացնող էլեմենտները, որոնք կոչվում են ռեզոնատորներ, պետք է ունենան ճառագայթվող ալիքի երկարության կարգի մեծություն: Միլիմետրից կարճ ալիքների համար այդպիսի էլեմենտների պատրաստումը գործնականում անհնար է: Այն ժամանակ մասնագետները որոշեցին որպես փոքրածավալ ռեզոնատորներ օգտագործել ատոմներն ու մոլեկուլները, որոնցից բաղկացած են նյութերը:

Բնության մեջ գոյություն ունեն բազմաթիվ այդպիսի ռեզոնատորներ, որոնք «արված են» օպտիկական (այսինքն աչքի համար տեսանելի) և ռադիոդիապազոնների տարբեր ալիքների համար:

Դրանցում տեղի ունեցող պրոցեսները ենթարկվում են շվանտային օրենքներին, այսինքն այն օրենքներին, որոնց ենթարկվում են միկրոմասնիկներում տեղի ունեցող ֆիզիկական բոլոր երևույթները: Այստեղից էլ առաջ է եկել «քվանտային էլեկտրոնիկա» անվանումը:

Հայտնի է, որ բոլոր ատոմներն ու մոլեկուլները նյութի մեջ գտնվում են էներգետիկական տարբեր վիճակներում, կամ, ինչպես ասում են, գտնվում են որոշակի էներգետիկական մակարդակի վրա: Եթե ատոմը էներգիա է կլանում, ապա նա մեծացնում է իր էներգետիկական պաշարը և դրանով իսկ անցնում ավելի բարձր էներգետիկական մակարդակի: Այդ մակարդակն իրենից ներկայացնում է «գրգռված» վիճակ, որում ատոմը չի կարող մնալ չափապահ երկար ժամանակ: Շատ կարճ ժամանակամիջոցից հետո, որը կազմում է վայրկյանի մոտավորապես մեկ հարյուրմիլիոներորդական մասը, ատոմը պետք է վերադառնա ստորին, ավելի կայուն էներգետիկական մակարդակին: Այդ ընթացքում նա տալիս է ավելցուկային էներգիան էլեկտրամագնիսական ճառագայթման ձևով, որի ալիքի երկարությունը կարող է համապատասխանել օպտիկական կամ ռադիոդիսպազիտների տարբեր տիրույթների:

Բնության մեջ գոյություն ունեցող ճառագայթումների բոլոր տեսակները որոշվում են կամ մոլեկուլների ու ատոմների տարբեր էներգետիկական վիճակների միջև կատարվող անցումներով, կամ տարրական մասնիկների տրոհումով: Օրինակ, սովորական շիկացման էլեկտրական լամպում թելի տաքացումը հոսանքով հանգեցնում է ատոմների գրգռմանը, որոնք, վերադառնալով սկզբնական մակարդակներին, ճառագայթում են տեսանելի լույս: Պետք է նշել, որ այդ դեպքում ատոմները ճառագայթման պրոցեսին մասնակցում են միմյանցից անկախ, գրգռվելով և էներգիա արձակելով՝ ժամանակի տարբեր պատահական պահերին և նույնիսկ տարբեր հաճախականություններով: Այդպիսի «քառասալին» ճառագայթումը ընդունված է անվանել «ոչ կոհերենտ»:

Քվանտային էլեկտրոնիկան հնարավորություն տվեց գտնելու նյութի ատոմների գրգռման նոր մեթոդներ, որոնց դեպքում բոլոր ատոմները միաժամանակ էներգիա են ճառագայթում մեկ որոշակի հաճախականությամբ: Այդպիսի ճառագայթումն ընդունված է անվանել «կոհերենտ»: Դրան կարելի է հասնել հետևյալ կերպ:

«Աշխատանքային» նյութի ատոմները գրգռման հատուկ աղբյուրի, օրինակ, հզոր լուսային իմպուլսային լամպի ազդեցության տակ բարձրանում են որոշակի էներգետիկական մակարդակի վրա:

Գոյություն ունեն հարաբերական կայուն մակարդակներ, որոնց վրա գրգռված մասնիկները կարող են «ապրել» հարյուրավոր և հազարավոր անգամ ավելի երկար, քան սովորական մակարդակների վրա, կուտակվելով բավական մեծ քանակություններով: Այդպիսի մակարդակի վրա կուտակված մասնիկները որոշ պայմանների դեպքում ավելի ցածր էներգետիկական մակարդակի վրա են անցնում լեռներից գլորվող ձնաբլուսի պես, ասես միմյանց հրելով, և գործնականորեն միաժամանակ: Հենց այդպիսի անցման արդյունքն էլ լինում է էլեկտրամագնիսական էներգիայի ինտենսիվ ճառագայթումը խիստ որոշակի հաճախականությամբ:

Այդ սկզբունքների հիման վրա գիտնականներին ու մասնագետներին հաջողվեց ստեղծել էլեկտրամագնիսական ալիքների գեներացման և ուժեղացման նոր հիանալի սարքեր:

Հզոր ճառագայթման աղբյուրներ

Քվանտային էլեկտրոնիկայի զարգացման առաջին էտապը նշանավորվեց մի շարք բացառիկ կարևոր խնդիրների լուծմամբ: Դրանցից մեկն իր արժանատեղով զալիս է հեռավոր անցյալներից. խոսքը ժամանակի ստույգ որոշման մասին է: Հնում այդ նպատակին էին ծառայում մինչև օրս էլ լավ հայտնի ավալի ժամացույցները: Տեխնիկական առաջադիմությունը և գիտության զարգացմանը պահանջարկ ժամանակի չափման ճշտության նկատմամբ պահանջներն անընդհատ մեծանում էին: Դրանք ավելի խիստ դարձան վերջերս՝ ինքնաթիռների, նավերի, արբանյակների կառավարման, օդդիտավարկման սիստեմների զարգացման կապակցությամբ:

Այդ պրոբլեմը արժատապես լուծեց միայն քվանտային էլեկտրոնիկան: Վերջինս թույլ տվեց ստեղծել հաճախականության բարձր կայունությամբ էլեկտրամագնիսական ալիքների գեներատորներ, որն իր ներքին հնարավորություն տվեց պատրաստել այնպիսի «ժամացույցներ», որոնք 300 տարում սխալվում են ընդամենը մեկ վայրկյանով:

Մեկ ուրիշ, ոչ պակաս կարևոր խնդիր ծագեց ռադիոլոկացիայի և ռադիոաստղագիտության բլուն զարգացման հետևանքով, որոնք ուսումնասիրում են երկնային մարմինների էլեկտրամագնիսական ճառագայթումները: Ռադիոլոկացիոն էֆեկտիվությունը զգալի չափով որոշվում է ընդունիչի զգայունությամբ, այսինքն թույլ ազդանշանները գրանցելու նրա ունակությամբ: Իսկապես, որքան ավելի թույլ ազդանշաններ է որսում ընդունիչը, այնքան ճառա-

գայթան ավելի հեռավոր աղբյուր այն կարող է գրանցել և ուսումնասիրել: Բվանտային էլեկտրոնիկան կլանքի է կոչել այսպես կոչված քվանտային ուժեղարարներին, որոնք էլ հնարավորություն տվեցին կառուցելու հնարավոր հասանելիին մոտ զգայնությամբ էլեկտրամագնիսական ճառագայթման ընդունիչներ:

Բվանտային էլեկտրոնիկայի վարձագման երկրորդ էտապը նշանավորվեց 1960 թվականին լուսի քվանտային գեներատորների ստեղծմամբ, որոնք իրենցից ներկայացնում են ալիքների օպտիկական դիապազոնում էլեկտրամագնիսական հզոր ճառագայթման աղբյուրների նոր տիպ: Դժվար է գերազանախել այդ երևույթի նշանակությունը: Կարելի է միանգամայն հիմնավորված պնդել, որ մոտ ապագայում այն հեղաշրջում կառաջացնի գիտության, տեխնիկայի և արտադրության բազմաթիվ բնագավառներում:

Լուսի քվանտային գեներատորները, կամ, ինչպես դրանց հաճախ անվանում են, լազերները, միանգամայն նոր բնագավառներ են բացում էլեկտրամագնիսական ճառագայթման կիրառման համար և զգալիորեն ընդլայնում են ժամանակակից ռադիոէլեկտրոնիկայի հնարավորությունները:

Օպտիկական գեներատորների մեծ մասի հիմնական էլեմենտը լուսի աղբյուրի կողմից գրգռվող բյուրեղն է: Գեներատորի ճառագայթած հզորությունը և նրա էֆեկտիվությունը գրեթե լիովին որոշվում են բյուրեղի որակով և լուսի աղբյուրների օգտակար գործողության գործակցով:

Այդ կապակցությամբ հատուկ նշանակություն է ստանում բարձրորակ հատուկ բյուրեղների ստեղծման պրոբլեմը: Այն հաջողությամբ լուծելու համար անհրաժեշտ է որոնել բյուրեղների պատրաստման և գերմադրու ելանյութերի ստացման նոր, ավելի կատարյալ տեխնոլոգիական մեթոդներ: Շատ բան է կախված նաև լուսի աղբյուրից: Ներկայումս կիրառվող բարձր ինտենսիվության լամպերը, որոնք մշակված են եղել այլ նպատակների համար, քիչ էֆեկտիվ են բյուրեղների ճառագայթահարման համար, որով էլ բացատրվում է գեներատորների օգտակար գործողության չափազանց փոքր գործակիցը (մոտավորապես մեկ տոկոս): Այդ պատճառով շատ կարևոր են լուսի նոր աղբյուրների և բյուրեղների գրգռման նոր մեթոդների ստեղծման աշխատանքները:

Համանման պրոբլեմներ են առաջանում նաև լուսի այլ տիպի գեներատորներ ստեղծելիս, որոնք իբրև հիմնական էլեմենտներ օգտագործում են ապակի, հեղուկներ, գազեր:

Վերջին ժամանակներս ի հայտ է եկել օպտիկական գեներատորների մի դաս ևս, որտեղ էլեկ-

տրական հոսանքի էներգիան անմիջականորեն փոխակերպվում է լուսային ճառագայթման էներգիայի: Այդպիսի փոխակերպումը կատարվում է կիսահաղորդիչային հատուկ դիոդներում և, որ ամենահետաքրքիրն է, տեղի է ունենում հարյուր տոկոսին մոտ օգտակար գործողության գործակցով:

Ֆանտա՝ստիկա, ո՛չ, իրականություն

Բազմաթիվ հիանալի հասկություններ ունեն ուլտրամանիշակազույն, լուսային և ինֆրակարմիր դիապազոնների տարբեր ալիքների համար վերջին երկու տարում ստեղծված օպտիկական դիապազոնի գեներատորները: Դրանց ճառագայթած էներգիան տարածվում է նեղ ճառագայթի ձևով և ունի մոնոքրոմատության բարձր աստիճան (այսինքն էլեկտրամագնիսական ալիքների տատանումների խիստ հաստատուն հաճախականություն): Լուսի որոշ գեներատորների ճառագայթման հզորությունը հասնում է մի քանի միլիոն վատտի:

Եթե լազերի ճառագայթումները ֆոկուսավորվեն ոսպնյակի օգնությամբ, ապա կարելի է ստանալ էներգիայի այնպիսի խտություններ, որոնք միլիարդավոր անգամ կգերազանցեն Արեգակի մակերևույթի վրա այդ նույն հաճախականության էներգիայի խտությանը: Ճիշտ է, այդքան մեծ հզորություններ գեներացվում են վայրկյանի հազարերորդական մասերի ընթացքում, բայց, նույնիսկ այդքան կարճ ժամանակամիջոցում էլ լազերը հեշտությամբ այրելով անցք է բացում ամենակարծր մետաղներում: Լուսային հզոր ճառագայթը կարելի է օգտագործել պանապան կարծր նյութերի ու առարկաների ճշգրիտ արագամշակման, հեռավորության վրա եռակցման և այլ նպատակներով: Այդ կապակցությամբ լայն հեռանկարներ են բացվում արդյունաբերության մեջ բոլորովին նոր տեխնոլոգիական մեթոդների ու պրոցեսների ստեղծման համար:

Իբրև օրինակ կարելի է բերել լազերային ճառագայթի օգտագործման հնարավորությունը կիսահաղորդիչային և էլեկտրավակուումային սարքի նույն դետալները զոդելու համար: Հետաքրքիր է նշել, որ երբեմն (օրինակ, էլեկտրոնային լամպում) որևէ նույն դետալ կարելի է զոդել կամ գալիլեոնել պատրաստի սարքի մեջ, քանի որ հեռավորության վրա ֆոկուսված լազերային ճառագայթը հեշտությամբ անցնում է ապակյա թափանցիկ պատյանի միջով, որի ներսում մոնտավում են դետալները:

Մեծ հետաքրքրություն է ներկայացնում լուսային հպոր ճառագայթի օգտագործումը բժշկության, հատկապես վիրաբուժության մեջ: Լուսի փունջը ֆոկուսող սխեմայի օգնությամբ կարելի է կենտրոնացնել մարդու մարմնի ներսում որոշակի ոչ մեծ տեղամասի վրա և, վիրաբույժի դանակի պես, կտրատել հյուսվածքը: Ընդ որում՝ հիվանդ օրգանի ճանապարհին ընկած հյուսվածքները չեն վնասվում: Վիրաբուժության մեջ լազերների կիրառման անվիճելի առավելությունն այն է, որ վիրահատությունը կատարվում է բացարձակապես մանրէազուրկ պայմաններում: Առանձնապես հրապուրիչ է թվում մեծ ինտենսիվության ճառագայթների նեղ փնջերի օգտագործումը չարորակ ուռուցքների էֆեկտիվ բուժման, սրտի, աչքերի վիրահատման և այլ նպատակներով:

Օպտիկական գեներատորի հպոր ճառագայթը հնարավորություն կընձեռի քիմիական պրոցեսները ղեկավարելու համար: Այն կօգնի ֆիզիկոսներին ավելի խոր թափանցելու ատոմների և մոլեկուլների կառուցվածքի մեջ, փորձով ստուգելու հարաբերականության տեսության հետևությունները:

Օպտիկական դիապայունի գեներատորների երևան գալը նոր էջ է բացում ռադիոէլեկտրոնիկայի վարձագման գործում, որի տրամադրության տակ է դրվում ալիքների չափազանց լայն, դեռևս «դատարկ» դիապայուն: Դա առանձնահատուկ նշանակություն ունի կապի սխեմաների համար, քանի որ մշտապես աճում է ինֆորմացիայի ծավալը տարբեր երկրների ու քաղաքների միջև: Օպտիկական դիապայունի յուրացումը արմատապես կլուծի կապի պրոբլեմը ինչպես Երկրի վրա, այնպես էլ տիեզերքում: Դժվար չէ հաշվել, որ հաճախականությունների սպեկտրի տեսանելի տիրույթի միայն մեկ տոկոսի օգտագործումը հնարավորություն է տալիս միաժամանակ հաղորդելու մոտավորապես մեկ միլիարդ հեռախոսային խո-

սակցություն կամ մի քանի տասնյակ հազար հեռուստատեսային ծրագիր: Բացի դրանից, լազերի ճառագայթի խիստ ուղղվածությունը հնարավորություն է տալիս մեկ հաճախականությամբ ինֆորմացիան միաժամանակ հաղորդել կապի մի քանի կանալներով:

Լազերների կիրառումը թույլ կտա ստեղծել ավելի կատարյալ գիրոսկոպներ, երկարության և ժամանակի նոր ստանդարտներ, էապես բարելավել մի շարք օպտիկական սարքերի ճշտությունը, զգալիորեն բարձրացնել հաշվողական մեքենաների աշխատանքի արագությունը:

Օպտիկական գեներատորների ճառագայթման մեծ ուղղվածությունը թույլ է տալիս ընդհուպ մոտենալ էներգիայի հաղորդման առանց հաղորդակարների: Դա հսկայական ժողովրդատնտեսական նշանակություն ունի: Բավական է, թերևս, հիշեցնել էներգիայի մատակարարման պրոբլեմը հեռավոր լեռնային շրջաններում, Արևմտիկայում, անապատներում: Այդ շրջանները էներգիայով մատակարարելու հնարավորության դեպքում կարելի է, օրինակ, ցանկացած ժամկետով երկարաձգել զանազան օդերևութաբանական ավտոմատ կայանների աշխատանքը, որոնք նախատեսված են անհրաժեշտ տեղեկություններ հաղորդելու համար: Այդպիսի խնդիրները բավաթիվ են, և, տիրապետելով հեռավորության վրա էներգիան հաղորդելու մեթոդին, դրանք կարելի է հաջողությամբ լուծել ամենաարմատական ձևով:



Այսպիսին է այն հեռանկարների ոչ լրիվ պատկերը, որոնք բացվում են ալիքների օպտիկական դիապայունի գեներատորների ստեղծման կապակցությամբ: Դրանց կիրառումը կհանգեցնի գիտության, տեխնիկայի և արտադրության մեծ առաջընթացին: