

**ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ**

ԾԱՏՈՒՐՅԱՆ ՍՏԵՓԱՆ ՀՈՒՍԻԿԻ

**ԻՐԱԿԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿՈՒՄ ՀԵՏԱԶՈՏՎՈՂ ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ
ՄՇՏԱԴԻՏԱՐԿՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

ԱՏԵՆԱԽՈՍՈՒԹՅՈՒՆ

Ե.12.03 «Հեռահաղորդակցական ցանցեր, սարքավորումներ և համակարգեր» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման համար

Գիտական ղեկավար՝ տ.գ.դ., պրոֆ. Ս.Խ. Խուդավերդյան

ԵՐԵՎԱՆ 2018

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ.....	4
ԳԼՈՒԽ 1. ՀԵՌԱՄՇՏԱԴԻՏԱՐԿՄԱՆ ԱՐԴԻ ՎԻՃԱԿԸ	13
1.1. Հեռամշտադիտարկման կարևորությունը և խնդիրները բնական օբյեկտների անվտանգության տեսակետից	13
1.2. Վիճակների մշտադիտարկման համակարգ: Չափումներ, աղտորոշում, վերլուծություն	20
1.3. Օպտիկական ազդանշանի սպեկտրային վերլուծության անհրաժեշտությունը ժամանակակից մարտահրավերների տեսանկյունից	23
1.4. Օպտիկական ազդանշանի սպեկտրային վերլուծության առկա եղանակները	24
1.5. Օպտիկական սպեկտրային վերլուծության հիմնական պարամետրերը	28
1.6. Սպեկտրային ընտրողական զգայնությամբ ֆոտոընդունիչներ	31
1.7. Ֆոտոսպեկտրաչափությանն առաջադրվող խնդիրները	36
1.8. Եզրակացություն	39
ԳԼՈՒԽ 2. ԵՐԿՈՒՂԻ ՖՈՏՈԴԵՏԵԿՏՈՐՈՎ ՃԱՌԱԳԱՅԹԻ ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՀՈՍՔԻ ՍՊԵԿՏՐԱՅԻՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅԱՆ ՄՈԴԵԼ	42
2.1 Զուգահեռ տեղաբաշխված արգելքներով սիլիցիումի ֆոտոդիոդային $p^+ - n - p^+$ կառուցվածքի էլեկտրոնային գործընթացների մոդելավորում	42
2.2. Էլեկտրոնագնիսական ճառագայթի ինտեգրալ հոսքի սպեկտրային կազմի և նրա փոփոխության որոշումը	54
2.3. Փորձնական արդյունքները	58
2.4. Ուղղաձիգ տեղաբաշխված երկարգելք կառուցվածքով սպեկտրային վերլուծության մոդել	61
2.4. Եզրակացություն	69
ԳԼՈՒԽ 3. ՀԵՌԱՄՈՆԻԹՈՐԻՆԳԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԵՎ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ.....	71
3.1. Զրային միջավայրում անլար սենսորային ցանցերի հիման վրա	

մոնիթորինգային համակարգի մշակումը	71
3.2. Տվյալների մոնիթորինգային հանգույցների համար սարքային և ծրագրային նախագծումը	76
3.3. Տվյալների մոնիթորինգի հանգույցի սարքային նախագիծը	78
3.4. ZigBee ռադիոհաճախականության մոդուլի համար ինտերֆեյսի սխեմայի կառուցվածքը	80
3.5. Ուժային մոդուլի կառուցվածքը	81
3.6. Տվյալների մոնիթորինգային հանգույցի ծրագրային կառուցվածքը	82
3.7. Տվյալների բազային կայանի սարքային ապահովումը	87
3.8. Տվյալների բազային կայանի ծրագրային ապահովումը	88
3.9. Հեռամոնիթորինգային կենտրոնի ծրագրային ապահովումը	97
3.10. Եզրակացություն	104
ԵԶՐԱՀԱՆԳՈՒՄ.....	105
ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ	107
ՀԱՎԵԼՎԱԾ 1	
ՀԱՎԵԼՎԱԾ 2	
ՀԱՎԵԼՎԱԾ 3	

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Թեմայի արդիականությունը: Վնասակար նյութերի սպեկտրային հեռավերլուծությունը նշանակում է դրանց հեռանույնականացում և քանակության հեռաչափում օդում, ջրում, սննդամթերքում՝ մարդկանց, կենդանիների, բուսականության վրա դրանց ազդեցության գնահատման, աղտոտող աղբյուրների բացահայտման և դրանց վերացման նպատակով: Պակաս կարևոր չէ նաև թմրա- և պայթուցիկ նյութերի հեռաճանաչումը:

Քանի որ շրջակա միջավայրին սպառնացող վտանգը դառնում է ավելի ու ավելի անկանխատեսելի, անհրաժեշտ է մշակել հեռամշտադիտարկման համակարգեր, որոնք դյուրօգտագործելի են և տարբեր միջավայրերում իրավիճակները հեռավերլուծելու հնարավորություն են ընձեռում: Այդպիսի համակարգերը պետք է ունենան բարձր զգայունություն, պահանջվող հատկություններ և ընտրողականություն, ինչպես նաև շատ մուտքեր՝ բազմաքանակ վտանգներ վերլուծելու համար: Պակաս կարևոր չէ նաև այնպիսի համակարգերի ստեղծումը, որոնք հնարավորություն կտան ժամանակակից կապի միջոցներով իրականացնել տվյալների հեռամշտադիտարկում, դրանց վերլուծություն և էկրանին միջավայրի իրավիճակի ցուցադրում:

Արդի պայմաններում բնական օբյեկտների օպտիկական հեռաուսումնասիրման գործընթացը դառնում է գերակա ուղղություն: Այն ներառում է տվյալների մշտադիտարկման հանգույցների միջոցով հետազոտվող տարածքներից դեպի դիտարկման տվյալների կայան տեղեկատվության տեղափոխումը, որն այնուհետև ընդհանուր օգտագործման փաթեթային ռադիոկապի (GPRS/3G/4G) տեխնոլոգիայով ուղղվում է հեռամշտադիտարկման կենտրոնի տվյալների բազա՝ վերջնական հեռաօգտագործման համար:

Այդ ճանապարհին կարևոր դեր է կատարում առաջնային տվիչների օգնությամբ օբյեկտից ինֆորմացիան տեղափոխող էլեկտրամագնիսական ճառագայթների սպեկտրային վերլուծությունը:

Հատկապես կարևորվում է դյուրօգտագործելի և տարբեր միջավայրերում իրավիճակները հեռավերլուծելու հնարավորություն ընձեռող տվիչների և նրանց հիման վրա հեռամշտադիտարկման համակարգերի ստեղծումը [1-4]:

Ներկայումս իրականացվող նման սպեկտրային վերլուծության առկա եղանակներում էլեկտրամագնիսական ճառագայթման սպեկտրային բաշխումը ստացվում է լուսազտիչների, պրիզմայի, դիֆրակցիոն ցանցի, ինչպես նաև բարձր ճշտությամբ մեխանիկական ու օպտիկական հարմարանքների օգտագործմամբ [5,6]: Դրանց հիման վրա պատրաստված սպեկտրաֆոտոմետրական համակարգերը զրկված են ունիվերսալությունից և յուրաքանչյուր նոր ֆունկցիա իրականացնելու համար պահանջվում է նոր՝ լրացուցիչ հարմարանքներ, համակարգչային արտաքին ապահովվածություն, ինչի պատճառով բավականաչափ թանկ են և դաշտային պայմաններում քիչ պիտանի: Բացի այդ, վերլուծությունն ուղեկցվում է ստացված տվյալների քանակական և որակական ցրվածությամբ: Արդյունքների հավաստիությունն ուղղակիորեն բխում է օգտագործվող սարքավորման պարամետրերից և պահանջում է չափող սարքերի կատարելագործում և փորձի արդյունքների վերլուծության առավել ռացիոնալ եղանակների մշակում: Ընդ որում, որքան շատ է ստացվող տեղեկատվությունը, այնքան բարդ է չափման արդյունքների մեկնաբանումը: Դա պահանջում է օգտակար տեղեկատվության առավել ամբողջական ալգորիթմի մշակում:

Իսնդրի լուծման գրավիչ և արդիական ուղղություններից է այնպիսի կիսահաղորդչային կառուցվածքի մշակումը, որում էլեկտրոնային գործընթացները կապահովեն էլեկտրամագնիսական ճառագայթի բարձր ճշտությամբ սպեկտրային վերլուծություն:

Ատենախոսությունը նվիրված է իրական ժամանակում հետազոտվող միջավայրի մշտադիտարկման համակարգի մշակմանը, առաջնային տվիչի սպեկտրային վերլուծության հնարավորությունների ուսումնասիրմանը և դրանում էլեկտրոնային գործընթացների իրականացման ալգորիթմի ու համապատասխան ծրագրերի մշակմանը:

Հետազոտման առարկան: Սպեկտրային ընտրողական զգայնությամբ երկուղի կիսահաղորդչային ֆոտոդետեկտորի աշխատանքի, դրա կառուցվածքի և ֆոտոսպեկտրաչափական հատկությունների տեսափորձնական հիմնավորումը: Դետեկտորի հիմքով սպեկտրաֆոտոմետրի աշխատանքի, հետազոտվող միջավայրի մշտադիտարկման համակարգի մշակումը, դրանց հավաստիության և կիրառական հնարավորությունների բացահայտումը:

Աշխատանքի նպատակը: Իրական ժամանակում կենսաբանական և բնապահպանական հետազոտությունների, ջրում և սննդում տոքսինների, պայթուցիկ ու թմրա- և այլն նյութերի հեռաճանաչման նոր եղանակի և դրա հիման վրա դաշտային պայմաններում շահագործելի օպտիկական ազդանշանի ՈւՄ, տեսանելի և մոտակա ԻԿ միջակայքում տեղեկատվության հեռասպեկտրային վերլուծության նպատակային ֆոտոսպեկտրոմետրի կիրառմամբ հուսալի մոնիթորինգի համակարգի մշակում:

Աշխատանքը միտված է նպաստելու փոքրաչափ, քիչ էներգիա և նյութածախս, բարձր ճշտությամբ, արագագործ և հուսալի բազմաֆունկցիոնալ համակարգի ստեղծմանը, որում կօգտագործվի պատճառահետևանքային կապերի առավել ամբողջական ալգորիթմ:

Հետազոտման եղանակները: Հիմնված են երկուղի կիսահաղորդչային կառուցվածքում ֆոտոէլեկտրոնային գործընթացները նկարագրող Պուասոնի և անընդհատության հավասարումների վերլուծության և ֆոտոէլեկտրոնային գործընթացների, Բուգեր-Լամբերտի օրենքով էլեկտրամագնիսական ճառագայթի ինտենսիվության էքսպոնենցիալ նվազման պայմաններում, թվային մոդելավորման վրա:

Գիտական նորույթը.

1. Մշակվել է կիսահաղորդչային երկուղի ֆոտոդետեկտոր, որում, արտաքին շեղման լարման, կլանվող ճառագայթի և ֆոտոդետեկտորի կառուցվածքային պարամետրերի միջև կապ հաստատող վերլուծական արտահայտություններով, նկարագրվում են սարքում ընթացող ֆոտոէլեկտրոնային գործընթացները:
2. Մշակվել է ալգորիթմ, որում ծրագրային ապահովումով 1 մվ քայլքով արտաքին լարման կիրառմամբ, մուտքային տվյալների ճշտաբերմամբ, կլանման գործակցից

ալիքի երկարության անցմամբ, ելքում ստացվում է ճառագայթի ինտենսիվության սպեկտրային կախվածություն:

3. Մշակվել է երկուդի սիլիցումային ֆոտոդետեկտորի հիմքով սպեկտրոֆոտոչափական համակարգ, պատրաստվել դրա նախատիպ և կատարվել փորձարկում:
4. Մշակվել է իրական ժամանակում հեռամշտադիտարկման համակարգի և դրա սարքային հանգույցների նախագծման սկզբունքներ, որը թույլ է տալիս առաջնային ֆոտոսպեկտրաչափի միջոցով իրականացնել տեղեկատվության սպեկտրային վերլուծություն և ելքային տվյալները փաթեթային ռադիոկապի տեխնոլոգիայով (GPRS/3G/4G) ուղարկել մշտադիտարկման կենտրոն՝ վերջնական օգտագործման համար:
5. Հիմնավորվել է հեռամշտադիտարկման համակարգի օգնությամբ՝ պայթուցիկ նյութերի և ջրում վնասակար նյութերի հայտնաբերման հնարավորությունները:

Պաշտպանության ներկայացվող դրույթները.

1. Կիսահաղորդչային երկուդի ֆոտոդետեկտորի կառուցվածքը:
2. Ֆոտոէլեկտրոնային գործընթացների մաթեմատիկական մոդելը:
3. Ֆոտոդետեկտորում կլանվող ճառագայթի ինտենսիվության սպեկտրային վերլուծության ալգորիթմը:
4. Երկուդի ֆոտոդետեկտորի հիմքով ֆոտոսպեկտրոչափի նախատիպը:
5. Հեռակապի օգտագործմամբ իրական ժամանակում միջավայրի հեռամշտադիտարկման համակարգի կառուցման սկզբունքները:

Աշխատանքի գործնական արժեքը: Մշակված սպեկտրոֆոտոմետրը փոքրաչափ է, էժան: Այն կարող է լինել ինչպես անհատական, այնպես էլ ընդհանուր կիրառության: Կարելի է ստեղծել նպատակային օգտագործման շատ տարատեսակներ, որոնք հնարավոր է օգտագործել կենցաղում և դաշտային պայմաններում՝ օդի, ջրի, սննդի աղտոտվածության, թմրա- և պայթուցիկ նյութերի, դեղորայքի բաղադրության որոշման համար, ինչպես նաև, որպես էժան և հեշտ օգտագործվող, առաջնային ազդանշանն ընդունող և մշակող սարք, տարբեր միջավայրերի մշտադիտարկման համար:

Գիտական դրույթների հավաստիությունը: Հաստատված են հայտնի դասական և ժամանակակից մեթոդների կիրառմամբ կատարված մաթեմատիկական մոդելավորմամբ, ֆոտոէլեկտրական չափումներով, տեսական և գործնական փորձարկումների արդյունքերի համադրմամբ, արդյունքների հավաստիության գնահատմամբ:

Ատենախոսական աշխատանքի հիմնական արդյունքները ներկայացվել են՝

1. ՀՊՃՀ 2008-2016 թվականների տարեկան գիտաժողովներում,
2. ՀՊՃՀ «Ռադիոտեխնիկա և կապի համակարգեր» ֆակուլտետի գիտական սեմինարներում,
3. Conferance: NATO Science for Peace and Security Programme, Technological innovations in detection and sensing of CBRN treats and ecological terrorism. Moldova, Chisinau, June 7-17, 2010.
4. Conferance: NATO Science for Peace and Security Programme, Tecnological Innovations in CBRNE Sensing and Detection for Safety, Security and Sustainability. Yerevan, Armenia, Sep. 29-Oct. 01, 2012.
5. NANOSMAT, Conference, 22-25 Sep. Granada, Spain. 2013. Abstracts.
6. NATO Advanced Research Workshop (ARW) on "Meeting Security Challenges Through Data Analytics and Decision Support" topic. 1-5 June, 2015 at the Aghveran, Armenia.

Գիտական խմբում ատենախոսության թեմայով իրականացված ուսումնասիրությունների համար նա ստացել է Հայաստանի Հանրապետության Նախագահի մրցանակ՝ տեխնիկական գիտությունների և տեղեկատվական տեխնոլոգիաների բնագավառում նշանակալի բացահայտման կամ ներդրման համար (2013):

Ներդրումը: Աշխատանքի արդյունքները կիրառվել են ՀԱՊՀ «Ֆոտոէլեկտրոնային սարքեր օպտիկական կապի համակարգերում» բազային լաբորատորիայում և NATO SfP EAP. SFPP 984403 (2013-2016 թթ.) ծրագրում:

«RD Alfa Microelectronics» ձեռնարկությունում (ք. Ռիգա, Լատվիա) աշխատանքներ են կատարվում մշակված երկարգելք ֆոտոդետեկտորային

կառուցվածքների և դրանց հիմքում սպեկտրաֆոտոմետրերի և մոնիթորինգային համակարգերի առևտրայնացման ուղղությամբ:

Ստացված արդյունքները կիրառվել են ՀԱՊՀ «Կապի համակարգեր» ամբիոնի ուսումնական գործընթացներում և «Նեյշնլ Ինսթրումենթս ԷՅԷՄ» ՍՊԸ-ում:

Հրապարակումները: Ատենախոսության արդյունքները հրապարակվել են 12 գիտական աշխատանքներում:

Ատենախոսության կառուցվածքը: Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, երեք գլուխներից, եզրակացությունից, 94 անվանումով գրականությանցանկից և երեք հավելվածից: Ատենախոսության ընդհանուր ծավալը 130 էջ մեքենագրված տեքստ է, այդ թվում 56 նկարներ և 6 աղյուսակ: Ատենախոսությունը գրված է հայերեն լեզվով:

Աշխատանքի հիմնական բովանդակությունը

Ներածությունում հիմնավորված է ատենախոսության թեմայի արդիականությունը, նշված է նպատակը և խնդիրները, գիտական նորույթը, պաշտպանության հանվող դրույթները, ստացված արդյունքների գործնական նշանակությունը:

Առաջին գլուխը նվիրված է հեռամշտադիտարկման արդի վիճակի դիտարկմանը, ինչպես նաև ինֆորմացիա պարունակող օպտիկական ազդանշանի սպեկտրային վերլուծությանը վերաբերվող ժամանակակից գրականության մշակմանը: Հատուկ ուշադրություն է դարձված ընտրողական զգայունության ֆոտոդետեկտորներին, դրանցում եղած թերություններին և առավելություններին: Հիմնավորված է նոր տիպի կիսահաղորդչային ֆոտոդետեկտորների ստեղծման անհրաժեշտությունը: Բացահայտված է օպտիկական ինֆորմացիոն ազդանշանի սպեկտրային հետազոտությունների դերը՝ մարդու կենսագործունեության ոլորտներում, այդ ասպարեզում եղած նվաճումներն ու բացթողումները: Ցույց է տրվել օպտիկական ազդանշանի ինֆորմացիան վերլուծող քիչ նյութատար, փոքրաչափ, դաշտային պայմաններում օգտագործելի ֆոտոսպեկտրոմետրի և նրա հիմքում մշտադիտարկման համակարգի մշակման և մարդու անվտանգության խնդիրների լուծումներում դրանց կիրառման անհրաժեշտությունը:

Երկրորդ գլուխը նվիրված է երկուդի զուգահեռ ուղղաձիգ դասավորված կիսահաղորդչային կառուցվածքներում սպեկտրաֆոտոմետրական հատկությունները բացահայտող ալգորիթմի մշակմանը, դրանում որոշիչ պատճառահետևանքային կապերի ընդգրկմանը և իրականացման գործընթացի հետազոտմանը: Ելակետային սկզբունք է հանդիսացել կիսահաղորդչային կառուցվածքի վոլտամպերային բնութագրի թվային տվյալների և առանձին ալիքների երկարությունների ու դրանց ինտենսիվությունների միջև կապի բացահայտումը: Դա այնուհետև հիմք է ծառայել միջավայրի վնասակար նյութերի նույնականացման ու քանակական վերլուծության համար ինտենսիվությունների սպեկտրային կախվածությունների և կլանման միջավայրում դրանց փոփոխությունների բացահայտմանը:

Դիտարկվել են ՎԱԲ-ի առանձին միջակայքեր, հետազոտվել դրանց կապը, ֆոտոդետեկտորային կառուցվածքում կլանող միջավայրի չափերի փոփոխության և կլանվող ալիքների միջև:

Մշակված ալգորիթմի փորձարկումն իրականացվել է սենյակային լույսի և լազերային ճառագայթի և Արևի սպեկտրի օգտագործմամբ: Լազերային ճառագայթի դեպքում համեմատումը անձնագրային տվյալների հետ փաստել է բարձր ճշտություն:

Հիմնավորվել է Ֆոտոդետեկտորի ֆոտոսպեկտրաչափության սկզբունքի աշխատունակությունը տարբեր ելքային նյութերի համար: Ելքային նյութի փոփոխությունը կփոխի միայն սպեկտրային ընտրողական զգայնության միջակայքը:

Սիլիցիումի դեպքում սպեկտրային զգայնությունն ընդգրկում է ~ 250-1000 նմ ալիքի երկարության միջակայքը:

Հետազոտվել է ընտրողական զգայնության ֆոտոդետեկտորի նոր մոդել՝ մշակված օպտիկական ինֆորմացիայի և բնական օբյեկտներում պայթուցիկ նյութերի հեռահայտնաբերման, նույնականացման և քանակական վերլուծության համար:

Ճառագայթի սպեկտրում ալիքները ունեն կլանման տարբեր խորություններ և այդ ալիքների ընտրման գործընթացն իրականացվում է արտաքին լարման աստիճանական փոփոխմամբ գրանցող միջավայրի լայնացման շնորհիվ:

Մշակված ամբողջական ալգորիթմը թույլ է տալիս իրականացնել սպեկտրային վերլուծություն առանց նախնական աստիճանավորման: Առաջարկվող տվիչի

օգտագործման հարմարավետությունը լավագույնս օգտագործելի է այն տեղերում, որտեղ պահանջվում է անվտանգության ստուգման համար իրականացնել պայթուցիկ և վնասակար նյութերի հեռահայտնաբերում առանց դրանց հետ շփվելու:

Այս հետազոտությունները կարող են նշանակալի զարգացում ապահովել տվիչների արտադրության մեջ, որոնք կօգտագործվեն պաշտպանական նշանակության բազմանպատակ սարքավորումներում: Քիչ ծախսատար տեխնոլոգիայի առավելությունը նոր հորիզոններ է բացում բնական օբյեկտների հետազոտման համար, հատկապես այն տեղերում, որտեղ պահանջվում են տվիչների մեծ քանակ:

Երրորդ գլուխը նվիրված է մշակված ֆոտովերլուծիչի ալգորիթմի աշխատանքն ավտոմատացնող ծրագրերի և դրա հիմքով հեռամշտադիտարկման համակարգի մշակմանը ու մշտադիտարկման գործընթացների մոդելավորմանը:

Բերված են մշակված ծրագրերի յուրահատկությունները: Ծրագրային լուծում են ստացել, ավտոմատ ռեժիմում, 1. Հաստատուն սնման աղբյուրից ֆոտոդետեկտորին 1 մՎ քայլքով լարման կիրառումը, 2. կլանման գործակցից ալիքի երկարության անցումը և 3. սխալներ առաջացնող ֆոտոհոսանքի թվային արժեքներից զտումը և դրա հետ կապված սխալների բացառումը: Բացահայտվել է չափված ֆոտոհոսանքի արժեքների հնարավոր տատանման բացասական ազդեցությունը ելքային ինֆորմացիայի ճշտության վրա և կարևորվել դրանց շրջանցելու գործընթացի ներդրումը:

Անլար սենսորային ցանցը մշակվել է միջավայրի մոնիթորինգային գործող համակարգի ստեղծման համար: Մոնիթորինգային համակարգն ունի 3 ենթահամակարգեր՝ **Տվյալների մոնիթորինգային հանգույցներ, տվյալների բազային կայան և հեռամոնիթորինգային կենտրոն**: Այն ունի այնպիսի օգտակար հատկություններ, ինչպիսիք են մոնիթորինգի մեծ տարածքի ներգրավում, ճկուն կարգավորումներ, հզորության նվազ սպառում, շրջակա միջավայրի համար ցածր աղտոտվածություն և ցածր գին:

Ներկայացված աշխատանքը իրականացված է ջրային միջավայրի մոնիթորինգի օրինակով, նոր նախագծի բացատրությանը և լուսաբանմանը, որը հիմնված է անլար սենսորային ցանցի վրա: Համակարգը հիմնականում բաղկացած է 3 մասից. Տվյալների մոնիթորինգային հանգույցների ծրագրային և սարքային մաս, տվյալների

բազային կայանի ծրագրային և սարքային մաս, հեռամոնիթորինգային կենտրոնի ծրագրային մաս: Համակարգը հաջողությամբ կարող է իրականացնել ջրային տարբեր միջավայրերի կլանման սպեկտրի փոփոխման մոնիթորինգ: Սպեկտրի փոփոխությունը հետևանք է ջրի բաղադրության փոփոխության: Հետևաբար հնարավոր է դառնում այդ գործընթացի մշտադիտարկում: Ջրի տարբեր որակների համար կիրառվող սենսորները կարող են տեղադրվել հանգույցներում՝ տարբեր ջրային միջավայրերի մոնիթորինգային պահանջներին համապատասխան և տարբեր արժեքներ ստանալու համար: Այս կերպ հնարավոր են մոնիթորինգային համակարգի լայն կիրառություններ:

Հավելված 1-ում բերված է ներդրման ակտը:

Հավելված 2-ում բերված են նկարների և աղյուսակների ցանկը, հապավումների բացատրությունը:

Հավելված 3-ում հիմնավորված է մշակված ֆոտոսպեկտրոմետրի տարբեր բնագավառերում օգտագործման հնարավորությունները: Դա բխում է այդ բնագավառներում ինֆորմացիա տվող օպտիկական սպեկտրի, մշակված ֆոտոդետեկտորի կողմից կլանման հնարավորությամբ:

Գ Լ ՈՒ Խ Ի.

ՀԵՌԱՄՇՏԱԴԻՏԱՐԿՄԱՆ ԱՐԴԻ ՎԻՃԱԿԸ

1.1. Հեռամշտադիտարկման կարևորությունը բնական օբյեկտների անվտանգության տեսակետից

Մշտադիտարկման հիմնավորումը և սխեմայի ընտրությունը պետք է բխի մշտադիտարկման նպատակից: Ներկայումս իրականացվում է ինչպես անընդհատ այնպես էլ ընդհատ մշտադիտարկում: Մշտադիտարկման նախագիծը իր մեջ պետք է ընդգրկի ստատիկ և դինամիկ վիճակների մշտադիտարկում և հնարավորություն ունենա ժամանակի ընթացքում օգտագործել մշտադիտարկման սխեմայի արդյունավետ կոմբինացիա՝ նպատակին հասնելու համար:

Օրինակ ջրի որակի գնահատման մշակված համակարգն իր մեջ ընդգրկում է մի քանի գործիքներ և բազմամակարդակ մոտեցում՝ մի քանի հարթություններում ղեկավարման լուծումներ իրականացնելու համար: Այդ գործիքներն ունեն մշակված կառուցվածք, մոդելավորված բնապատկեր և ջրի որակ, ինչպես նաև մշտադիտարկման նպատակ: Դա թույլ է տալիս հիմնավոր եզրակացնել, որ ջրերն են հավաստիության բարձր աստիճանով որակագրված կամ ենթակա են դրան:

Դրանից կառաջադրվի որոշումներ և պատասխան կտա ջրի որակի պրոբլեմների լուծման այն հարցին, թե որ ջրային ռեսուրսները ինչ չափով են պահանջում առավել մեծ ուշադրություն: Մոնիթորինգի նախագիծը պետք է ունենա որոշումների կայացման սխալների հսկման հնարավորություն: Ճշտության աստիճանը պետք է բխի մոնիթորինգի նպատակից և հավաքագրած տվյալների տեսակից:

Քննարկենք բնական ջրին առաջադրվող պահանջները

Խմելու ջրին առաջադրվող պահանջները հետևյալն են՝ 1. վարակային անվտանգությունը, 2. ըստ թունավորության աստիճանի անվտանգություն, օրգանական ներդրումների ցուցանիշներ [7]:

Խմելու և տնտեսական նպատակներով ջրի օպտիմալ ջերմաստիճանը պետք է լինի 7-11°C: Այդ պայմաններին մոտ են ստորգետնյա ջրերը, որոնք ունեն հաստատուն ջերմաստիճան:

Օրգանական ներդրումների ցուցանիշները (պղտորություն, թափանցիկություն, գունայնություն, հոտեր և համայնություն) որոշվում են ջրում եղած 1. բնական նյութերով, 2. գյուղատնտեսական, 3. արդյունաբերական և 4. կենցաղային թափոններով: Այդպիսի նյութերը, բացի չլուծվող խառնուրդներից, կարող են լինել նաև՝ քլորիդներ, սուլֆիտներ, երկաթ, կալիում, պղինձ, ցինկ, ալյումինում, հեկսամեթա- եռապոլիֆոսֆատ, կալցիումի և մագնիումի աղեր:

Ջրածնային pH ցուցիչը բնական ջրերի մեծ մասում մոտ է 7-ին և նորմալ ջրում պետք է լինի 6.5-8.5: Այդ ցուցիչով է պայմանավորված ջրում նորմալ ֆիզիոքիմիական և կենսաբանական գործընթացները: Բնական ջրերի միներալացման աստիճանը բնութագրող չոր մնացորդի քանակությունը չպետք է գերազանցի 1000մգ/լ: Երկաթի թուլատրելի քանակությունը 1մգ/լ է:

Ազոտ պարունակող նյութերը (ամիակ, նիտրիտներ, նիտրատներ) ևս վնասակար են: Օրինակ ամիակի պարունակությունը չպետք է գերազանցի 10մգ/լ – ը:

Ջրում ձծմբաջրածին կա ոչ մեծ քանակությամբ և առաջացնում է մետաղների օքսիդացում:

Թունավոր նյութերը (բերիլիում, մոլիբդեն, արսենիում, սելեն, ստրոնցիում և այլն), ինչպես նաև ռադիոակտիվ նյութերը (ուրան, ռադիում և ստրոնցիում-90) ջրում հայտնվում են արտադրական թափոնների հետ և ջուրը միներալային աղեր պարունակող բնահողի հետ երկարատև շփման հետևանքով: Թունավոր նյութերի կամ ճառագայթման գումարային քանակները չպետք է գերազանցի յուրաքանչյուրին սահմանված միավորը:

Բնական ջրի **քիմիական կոմպոնենտները** պայմանականորեն բաժանում են 5 խմբի՝

1. Գլխավոր իոններ: 2. Լուծված գազեր: 3. Կենսագենայի նյութեր: 4. Միկրոտարրեր:

5. Օրգանական նյութեր:

Գլխավոր իոններ

Բնական ջրերում հայտնաբերված են ավելի քան 70 քիմիական տարրեր: Դրանցից առավել տարածված են անիոնները՝ HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , CO_3^{2-} , HSiO_3^- և կատիոնները Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Fe^{2+} : Դրանք ընդհանուր աղապարունակության 90-95% - ն են կազմում: Ջրում Ca^{2+} , Mg^{2+} և կարբոնատային HCO_3^- իոնների գոյությամբ

պայմանավորված է նրա կոշտությունը: Այդ իոնները սանիտարահիգիենիայի տեսակետից վտանգ չեն սպառնում:

500 մգ/լ SO_4^{2-} իոնի առկայությունը խմելու ջրում. մարդու մոտ առաջացնում է ստամոքսաղիքային տրակտի խանգարում:

Քլորիդները ջրում մշտապես առկա են: 300մգ/լ – ից ավել դրանց պարունակությունը առաջացնում է աղային համ: Բացի այդ քլորիդները ուժեղացնում են ջրում երկաթի օքսիդացումը:

Լուծված գազեր

Ջրում առկա է լուծված թթվածին, որն անհրաժեշտ է օքսիդավերականգման ռեակցիայի համար: Որքան շատ է ծախսվող թթվածինը, այդքան բարձր է ջրի ախտոտվածության ցուցանիշը: Եթե ջուրը չի պարունակում թթվածին, ապա այն հարստանում է ծծմբաջրածնով: Այն թունավոր է և 0.3 մգ/լ –ից ավելի վտանգավոր է, բացի այդ H_2S –ը օքսիդացնում է երկաթը և նպաստում ծծմբամանրէների գոյացմանը:

Կենսազենային նյութեր

Դրանք առաջին հերթին ազոտի հանքանյութային և օրգանական միացություններն են, որոնք անհրաժեշտ են ջրային օրգանիզմների կենսագործունեության համար: Առավել տարածված են սպիտակուցները և ոչ օրգանական NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- ազոտային միացությունները: Կարևոր կենսազեն է հանդիսանում ֆոսֆորը, որը հանդես է գալիս $H_2PO_4^-$ և HPO_4^{2-} հիդրոֆոսֆատային հանքանյութերի և օրգանական միացությունների տեսքով: Դրանց մի քանի մգ/լ խտության դեպքում ջրի խողովակներում զարգանում են միկրոօրգանիզմներ:

Երկաթի միացություններ գոյություն ունեն միայն ստորգետնյա ջրերում և 0.3 մգ/լ-ից ավել խտությունների դեպքում ջրից երկաթահամ է գալիս և ջրի խողովակներում ի հայտ են գալիս երկաթամանրէներ:

Ջրում առկա են նաև սիլիցիումի զանազան միացություններ:

Միկրոտարրեր

Դրանց քանակությունը ջրում 1մգ/լ – ից պակաս է: Դրանք են՝

1. Տիպիկ կատիոնները Li^+ , Br^+ , Cs^+ , Ba^{2+} , Cr^{2+} և այլն,
2. Ծանր մետաղների իոնները Cu^{2+} , Ag^+ , Ni^{2+} , Co^{2+} և այլն,

3. Ամֆոտեր կոմպլեքս գոյացումներ Cr, Mo, V,
4. Տիպական անիոններ I⁻, F⁻, Br⁻ և այլն,
5. Ռադիոակտիվ տարրեր:

Յոդի և ֆտորի միացությունները հիգիենիկ միացություններ են: Յոդի պակասը հարուցում է զոբային, հիվանդություն, իսկ ֆտորի պակասը՝ ատամների կարիես, ավելցուկը՝ ատամնացավ (ֆլյուրոզ):

Օրգանական նյութեր

Ջրում օրգանական նյութերը հիմնականում տարբեր բուսական մնացորդների հումուսային գոյացումներ են: Դրանց կազմում կան ճարպեր, ածխաջրեր, ոսկեր: Օրգանական նյութերի քանակությունը ջրում բնութագրվում է ուժեղ օքսիդիչներով (KMnO₄, K₂Cr₂O₇) խառնուրդների օքսիդացման վրա ծախսվող թթվածնի քանակով:

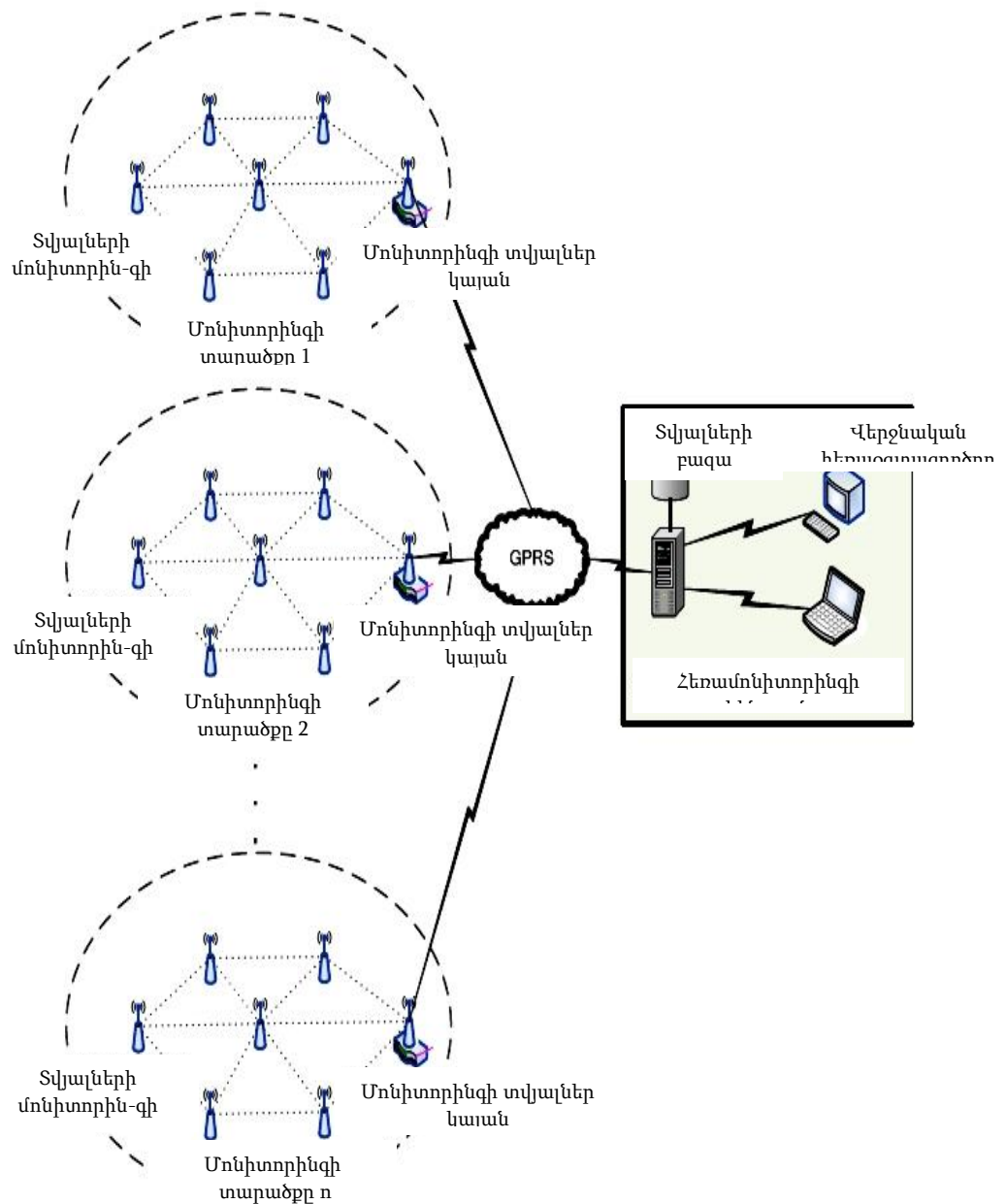
Խմելու ջրի բարդ օբյեկտ լինելը անդրադառնում է ջրի որակի չափումների վրա: Որոշ չափումներ կատարվում են տեղային պայմաններում, իսկ առավել բարդերը՝ լաբորատոր:

Աղյուսակ 1.1.-ում բերվում է որոշ պարզ չափումների թվարկումը [7]: Ջերմաստիճանը, pH-ը, թթվածնով հագեցվածությունը, հաղորդականությունը և այլն առավել տարածված տեղային չափումներ են, որոնք ենթակա են ոչ բարդ համակարգով մշտադիտարկման: Բարդ չափումները պահանջում են ջրի նմուշի հավաքում պահպանում, վերլուծում: Դրանք թանկարժեք լուծումներ պահանջող խնդիրներ են և դժվար են ընդգրկվում լայնածավալ մշտադիտարկման խնդիրներում: Աղյուսակ 1.1-ում բերված է խմելու ջրի մի քանի տիպական պարամետրեր:

Աղյուսակ 1.1. Ջրի տիպային պարամետրեր

Խմելու ջուր	Բնապահպանական
-------------	---------------

Ալկալիական	Քիմիական գնահատում
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ջրի գույնը ▪ pH ▪ Համը և հոտը ▪ Լուծված մետաղներ և աղեր (նատրիում, կալիում, կալցիում, մանգան, մագնիսիում) ▪ Միկրոօրգանիզմներ, բակտերիաներ ▪ Լուծված մետաղներ և մետալոիդներ (անագ, սնդիկ, արսենիում և այլն) ▪ Լուծված օրգանական նյութեր ▪ Ռադոն ▪ Ծանր մետաղներ ▪ Ֆարմացեպտիկ պրեպարատներ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Հաղորդականություն ▪ Լուծված թթվածին ▪ Նիտրիտ-N ▪ Օրտոֆոսֆատի ▪ Թթվածնի քիմիական պահանջարկը ▪ Թթվածնիբիոքիմիական պահանջարկը ▪ Պեստիցիդներ ▪ pH ▪ Ջերմաստիճան ▪ Պինդ կախույթներ ▪ Պղտորությունը

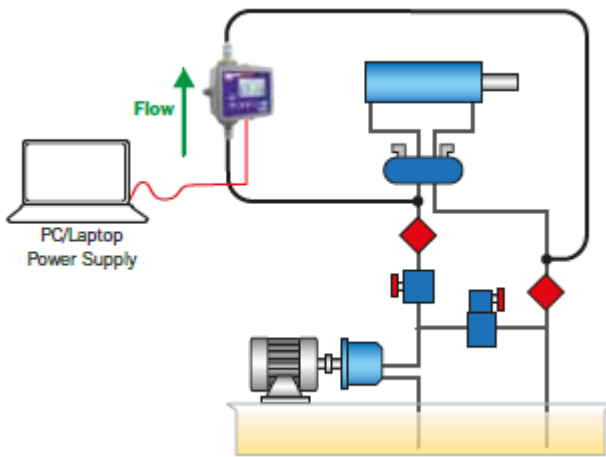


Նկ. 1.1. Զրային միջավայրի մշտադիտարկման համակարգի օրինակ

Ներկայումս ջրի առաջադրած, օրեցօր, աճող խնդիրները հանգեցնում են բնական օբյեկտների հեռաուսումնասիրման գործընթացի գերակայության: Տարածված տեխնոլոգիաներից մեկում [1] այն իր մեջ ներառում է մոնիթորինգի տարածքներից տվյալների մոնիթորինգի հանգույցների միջոցով դեպի մոնիթորինգի տվյալների կայան տեղեկատվության տեղափոխում, որն այնուհետև ընդհանուր օգտագործման փաթեթային ռադիոկապի (GPRS/3G/4G) տեխնոլոգիայով ուղղվում է հեռամշտադիտարկման կենտրոնի տվյալների բազա՝ վերջնական հեռագրատարձման

համար (նկ. 1-ում A-ով նշանակված են մշտադիտարկման հանգույցների տվյալները, B-ով՝ դիտարկման կայանի տվյալները, 1-ով, 2-ով, ..., n-ով՝ հետազոտվող տարածքները, նկ. 1.1):

Նկ. 1.2 – ում պատկերված է ջրի մի քանի պարամետրերի մշտադիտարկման սխեմատիկ պատկերը, որն իր մեջ ունի ներկառուցած աղտոտվածության մշտադիտարկող սարք (Նկ. 1.3): Համակարգն ունի ստացիոնար տեղակայում և տեղեկատվությունը հեռակապով փոխանցելու հնարավորություն [9, 10]:



Նկ. 1.2. Պատկերված է ջրի մի քանի պարամետրերի մշտադիտարկման սխեմատիկ պատկերը



Նկ. 1.3. Ներկառուցած աղտոտվածության մշտադիտարկող սարք

Այդ համակարգերը հիմնականում նախատեսված են այնպիսի պարամետրերի մշտադիտարկման համար, ինչպիսիք են, օրինակ, ջրի մակարդակը, որակը, ջերմաստիճանը, հոսքը, ճնշումը: Հարկ է նշել, որ պահանջվող տեղեկատվական պարամետրերի թիվն օրեցօր աճում է: Այսօր արդեն տազնապի ազդանշան են առաջացնում աղտոտվածության աստիճանը, կամ ջրում առկա տարբեր մասնիկների չափերը, դրա ջերմաստիճանը: LPA View ICM համակարգի միացումով արդյունքները կարելի է հաղորդել իրական ժամանակում, կամ բեռնավորել տեղեկատվության պատմություն [11]:

Համակարգի կառուցվածքն օպերատորներին հնարավորություն է տալիս մշտադիտարկման բոլոր տվյալները հավաքագրելու մի տեղում, որի շնորհիվ

բարձրացնում է տարբեր վճիռներ կայացնելու արդյունավետությունը (ջրի մաքրում, ջրի որակի բարելավում, վարակների տեղայնացում և այլն):

Այստեղ հանգուցային դեր ունի առաջնային տեղեկատվության տվիչը: Մեծ տարածությունների մոնիթորինգի համար կպահանջվի մեծ թվով տվիչներ: Հետևաբար հրատապ կարևորություն է ոչ թանկ, դաշտային հեռաճանաչմանը պիտանի, բարձր սպեկտրային զգայնության և փոքր չափերով տվիչները և նրանով տեղեկատվության ճշգրիտ գրանցման ալգորիթմը:

Ըստ կլանված ալիքի որոշվում է խառնուրդը, իսկ կլանման չափով՝ խառնուրդային ատոմների կամ մոլեկուլների քանակը: Այս կերպ լուծվում է նույնականացման և քանակային վերլուծության խնդիրներ:

Մշտադիտարկման մեկ այլ համակարգերով հսկվում է լուծույթներում ջրի հագեցվածության աստիճանը և ջերմաստիճանը, ինչպես նաև լուծույթներ օգտագործող համակարգերի մաշվածությունը, աղտորոշվում է դրանց վիճակը:

1.2. Վիճակների մշտադիտարկման համակարգ: Չափումներ, աղտորոշում, վերլուծություն:

Տվիչների մշակումը և օգտագործումը մշտադիտարկման համակարգերում ախտորոշման և վերլուծության նպատակով կարևոր նախադրյալ է ժամանակակից համակարգերի շահեկան օգտագործման տեսանկյունից:

Օրինակ չափազանց կարևոր է համակարգերում հեղուկների աղտոտվածության վիճակի հսկումը: Քանի որ դա ազդում է ոչ միայն ամբողջ համակարգի բնութագրերի, այլև համակարգի ներսում մաշվածության գործընթացի, հետևաբար դրա կյանքի տևողության վրա:

Վերջին մի քանի տարում տեղի ունեցավ ավտոմատ չափող համակարգերից օնլայն ռեժիմով լուծումների անցում: Մշակողների կողմից լուրջ ուշադրություն է դարձվում մշտադիտարկման համակարգում ներկառուցած չափիչ համակարգերին:

Դրանք պարունակում են տվիչներ և դիսփլեյներ: Դրանցով կարելի է հայտնաբերել մանր դիսպերսիոն, մասնավորապես, մինչև միավոր մկմ-ից 200 մկմ մետաղական

մասնիկներ, որոշել հեղուկի ջրով հագեցվածության աստիճանը: Ընդ որում դրան, ինչպես նաև մաշվածությանը կարելի է հետևել մշտադիտարկման տարբերակով: Մշտադիտարկման նեկառուցած համակարգը, իր տարբերակներից մեկում պարունակում է հետևյալ կոմպոնենտները՝

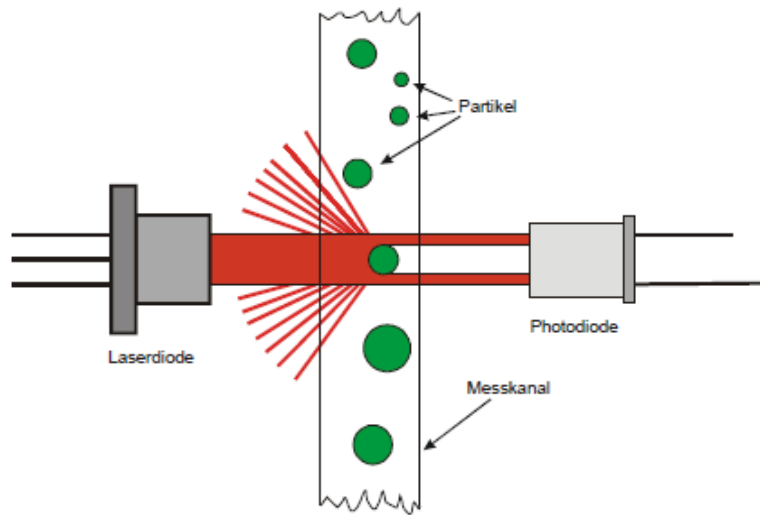
1. CCM 01 –չափիչ համակարգ՝ հեղուկի մանր մասնիկների և ներշերտային աղտոտվածության մակարդակի հայտնաբերման համար: Այն բաղկացած է PFS 01 տվիչից և դիսփլեյից ու ղեկավարման CCM 01 բլոկից:

PFS 01 տվիչը բաղկացած է երկու սենսորային էլեմենտներից՝ մասնիկների օպտիկական հայտնաբերման լազերային տվիչից, որն ունի ելքային լարում և հեղուկի հոսքի արագության տվիչ՝ 4-20 մԱ ելքային ազդանշանով: Մասնիկների հաշվարկը կատարվում է գծից դուրս պայմաններում: Օրինակ (նկ. 1.4) PFS 01 համակարգում նավթի մասնակի հոսքի միջով անցնող լազերի ճառագայթը դեպի ֆոտոդետեկտոր ինֆորմացիա է տեղափոխում դրանում մասնիկների քանակի և չափերի մասին: Դա, հոսքի արագության տվիչի ելքային տվյալների հաշվի առնմամբ, տալիս է ճշգրիտ ինֆորմացիա մասնիկների քանակի և չափերի մասին:

CCM 01 Դիսփլեյի բլոկը կարող է հաշվել միավոր ծավալի, 4 մկմ-ից 37 մկմ չափերով, մասնիկները: Արդյունքները կարող են դասակարգվել և արտապատկերվել և պահպանվել ISO 4406, NAS 1638 ստանդարդներին համապատասխան:

Համապատասխան ծրագրավորմամբ կարելի է հսկել շեմային արժեքները և Microsoft- Excel միջավայրում կատարել ղեկավարման որոշակի ֆունկցիաներ:

2. MPM 01–ը մշտադիտարկման նպատակով ներկառուցված մետաղների մաշվածության աստիճանի հայտնաբերման համակարգ է: Բաղկացած է մետաղական մասնիկների MPS 01 տվիչից, դիսփլեյից և MPM 01 ղեկավարման բլոկից:



Նկ. 1.4. Օպտիկական եղանակով մասնիկների հայտնաբերումը

Մետաղական մասնիկների MPS 01 տվիչը հայտնաբերում է մինչև 200 մկմ չափերով մասնիկներ՝ ինտուկտիվության չափման սկզբունքով: Արդյունքում եթե հայտնաբերվում է մասնիկը, ապա գեներացվում է ելքային ազդանշան:

Հոսքի մինչև 50 լ / րոպեի դեպքում տվիչը աշխատում է լրիվ հոսքով: Ավելի բարձր արագությունների դեպքում կատարվում է ծավալային ծախսի բաժանում: Իմպուլսների հսկումը և հաշվումը կատարվում է MPM 01 – ի օգնությամբ:

Դրանք շատ են օգտագործվում հատկապես նավերի, էլեկտրակայանների, շարժիչների և այլն մեխանիզմներում:

3. WSTM 01 – ներկառուցած չափիչ համակարգը՝ նախատեսված է յուղային հիդրավլիկ և քսուկային միջավայրերում ջրի պարունակության հսկման համար: Բաղկացած է WSPS 03 տվիչից, դիսպլեյից և ղեկավարող WSTM 01- ից:

WSPS 03 տվիչը բաղկացած է ջրի և ջերմաստիճանի տվիչներից: Չափման արդյունքում որոշվում է ջրի հագեցվածությունը % - ով: Դա իր հերթին կապվում է ջերմաստիճանի հետ: Շեմային ազդանշանի հսկումը և ելքի ազդանշանի գնահատումն իրականացվում է WSTM 01 – ի օգնությամբ: Ջրի ջերմաստիճանը և մակարդակը կարելի է պահել և արտապատկերել էկրանին:

Այսպիսով՝

Վերը նշված ոչ թանկ ներկառուցված համակարգերով հնարավոր է իրականացնել ջրի աղտոտվածության, ջերմաստիճանի, մետաղական մասնիկների (անկախ

տեսակից) պարունակության և մաշվածության չափի արդյունավետ մշտադիտարկում, արդյունքների պահում և էկրանին արտապատկերում, վիճակի աղտորոշում [12]:

1.3. Օպտիկական ազդանշանի սպեկտրային վերլուծության անհրաժեշտությունը ժամանակակից մարտահրավերների տեսանկյունից

Սպեկտրոֆոտոմետրերը օգտագործվում են էլեկտրամագնիսական ճառագայթի սպեկտրի վերլուծման համար: Սպեկտրներից կարելի է որոշել միջավայրի բնութագրերը, որի միջով ճառագայթն անցել է: Գոյություն ունեն սպեկտրոմետրերի կիրառման շատ ոլորտներ, օրինակ՝ շրջակա միջավայրի մշտադիտարկման ժամանակ այն օգտագործվում է գազերում տարբեր մոլեկուլների խտությունների և ջերմաստիճանի որոշման համար:

Ճառագայթի սպեկտրի ստացման համար լայնորեն տարածված սպեկտրոֆոտոմետրերում օգտագործվում են պրիզմաներ, դիֆրակցիոն ցանցեր, բարձր ճշտության մեխանիկական և օպտիկական հարմարանքներ, լուսազտիչներ, այնուհետև ֆոտոդիոդների գծային դասավորվածության համախումբ կամ դրանց մատրիցա՝ համապատասխան ինտենսիվությունների չափման համար (նկ. 1):

Երկրագնդի վրա բնական և մարդածին գործոններով պայմանավորված անընդհատ խորանում է մարդու և բնության փոխհարաբերության կրիզիսը: Օզոնային շերտի քայքայումը, թթվային անձրևները, ռադիոակտիվ աղտոտվածությունը, կլիմայի փոփոխությունը, հանքարդյունաբերության տրանսպորտի, տեռորիզմի և այլնի բացասական հետևանքները շրջակա միջավայրին մարդու կողմից սպառնալից ազդեցության հետևանք են: Չափազանց վտանգավոր է դառնում քաղցրահամ ջրի աղտոտվածությունը նավթապրոտուկտներով, ֆենոլներով, ազոտով, պեստիցիդներով, ծանր մետաղների միացություններով [1-3]:

Ստեղծված իրավիճակում առաջնային է դառնում իրական ժամանակում ջրի որակի և շրջակա միջավայրի լայնամասշտաբ մոնիթորինգի իրականացումը: Առողջության պահպանման և անվտանգության ապահովման գործոնների հետ մեկտեղ կարևորվում են նաև կենսամթերքների նկատմամբ հասարակության վստահության խնդիրները:

Այդ ամենից խիստ բարձրացել է Երկրագնդի բնապահպանական անվտանգության կենսական անհրաժեշտությունը: Հրատապ է դառնում այնպիսի եղանակների և ռազմավարական գործողությունների մշակումը, որոնք արագ կարծագանքեն ճգնաժամային վիճակներին:

Ներկայումս հատուկ հետաքրքրություն են ներկայացնում հեռաֆոտոսպեկտրաչափական տվիչների և դրանց հիմքում մշտադիտարկման համակարգերի զարգացումը, որն ուղղված կլինի տեղում աղտոտվածության հայտնաբերմանը: Դրանք պետք է հետազոտվող միջավայրի բաղադրության վերաբերյալ տան անհրաժեշտ տեղեկատվություն և լուծեն անվտանգության տեսակետից կարևոր, նույնականացման խնդիրներ [1, 13, 14], լինեն հեշտ օգտագործելի և ընդունակ խառը միջավայրերում հեռավերլուծելու իրավիճակները:

Այդպիսի սարքերը պետք է ունենան բարձր զգայնություն, անհրաժեշտ յուրահատկություններ և ընտրողականություն, ինչպես նաև շատ մուտքեր՝ բազմաքանակ վտանգներ վերլուծելու համար: Պակաս կարևոր չէ ստեղծել այնպիսի սարք, որը կարողանա արբանյակային կապով իրականացնել տվյալների մոնիթորինգ դրանց վերլուծություն և էկրանին միջավայրի իրավիճակի ցուցադրում:

Մեծ տարածությունների մոնիթորինգի համար կապահանջվի մեծ թվով տվիչներ (նկ. 1): Հետևաբար հրատապ կարևորություն է ձեռք բերում ոչ թանկ, դաշտային հեռաճանաչմանը պիտանի, բարձր սպեկտրային զգայնության և փոքր չափերով տվիչների մշակումը [1, 13-15]:

Հեռաուսումնասիրման արդյունավետության կարելի է հասնել չափող սարքերի կատարելագործմամբ և փորձի արդյունքների վերլուծության ռացիոնալ եղանակների մշակմամբ: Այդ ճանապարհին խիստ կարևոր է օգտակար տեղեկատվության ամբողջական ալգորիթմի ստեղծումը:

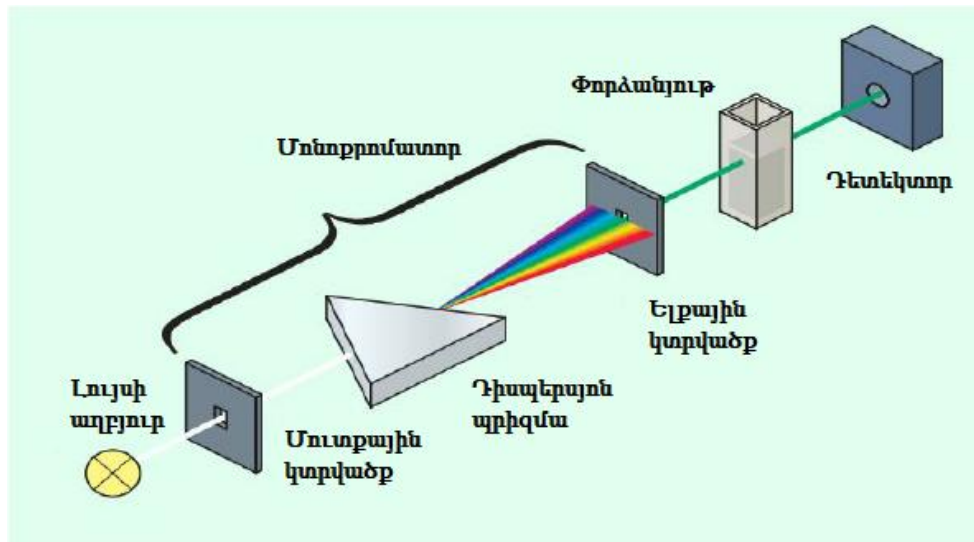
1.4. Օպտիկական ազդանշանի սպեկտրային վերլուծության առկա եղանակները

Խնդիրների զգալի մասն (օրինակ ջրում և սննդում տոքսինների, պայթուցիկ նյութերի և այլնի հետ կապված) ընդգրկում են էլեկտրամագնիսական ճառագայթների

սպեկտրի ուլտրամանուշակագույն (ՈւՄ), տեսանելի և մոտակա ինֆրակարմիր (ԻԿ) միջակայքերը:

Նշված միջակայքերում իրականացվող ժամանակակից ֆոտոսպեկտրաչափության պարզագույն սխեման բերված է նկ. 1.5-ում:

Համաձայն սխեմայի՝ լույսի ինտեգրալ հոսքը մոնոքրոմատորում բաժանվում է առանձին ալիքների: Դրանք փորձանմուշի միջով ուղղվում են ֆոտոդետեկտոր: Վերջինս գրանցում է այդ ալիքների ինտենսիվությունները և դրանց փոփոխությունները՝ եթե նմուշում տեղի է ունենում, որոշակի խառնուրդների կողմից, համապատասխան ալիքների կլանում:



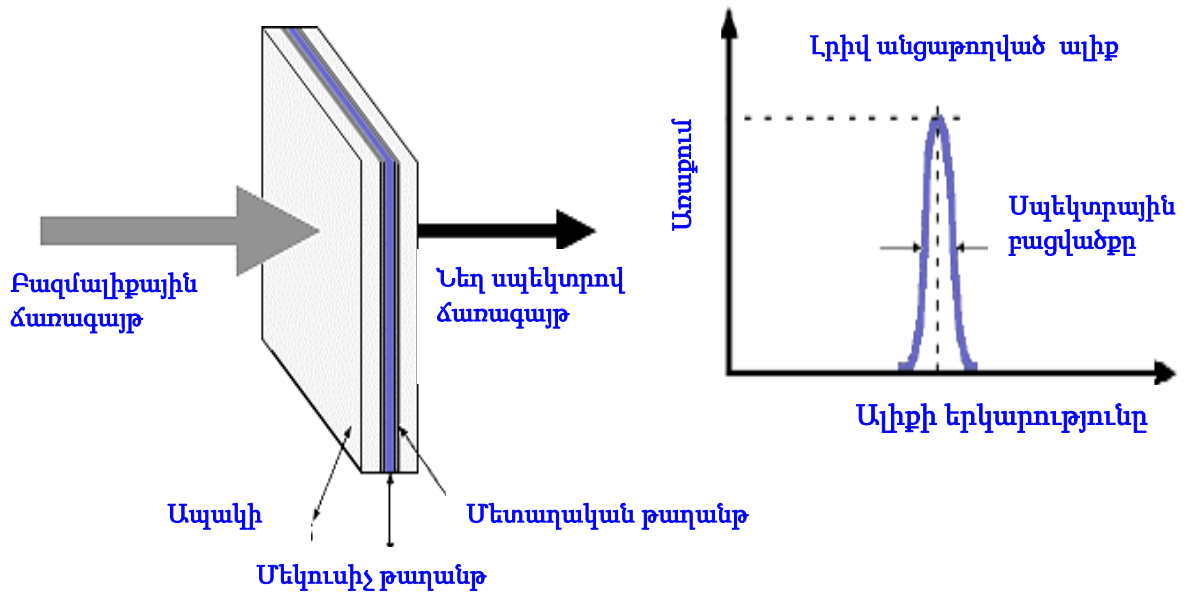
Նկ. 1.5. ՈւՄ/տեսանելի սպեկտրաֆոտոչափության սխեման

Ներկայումս լույսի սպեկտրային բաշխումն ստացվում է լուսազտիչների (նկ. 1.6), պրիզմայի (նկ. 1.7), դիֆրակցիոն ցանցի (նկ. 1.8), ինչպես նաև բարձր ճշտության մեխանիկական և օպտիկական հարմարանքների օգտագործմամբ (նկ. 1.9) [16-18]:

Գրանցման համար օգտագործվում է ֆոտոդիոդների գծային շարք (նկ. 1.4): Դրանց հիմքում պատրաստված սպեկտրաֆոտոմետրային համակարգը (օրինակ, նկ. 1.9) պահանջում է նաև համակարգչային արտաքին ապահովվածություն: Արդյունքում այն թանկ է և դաշտային պայմաններում քիչ պիտանի:

Դիսպերսիայի սարք (I)

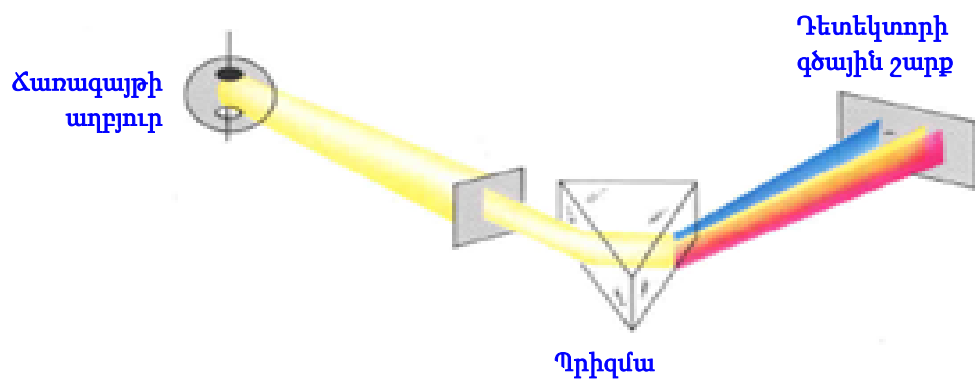
Լուսազտիչ



Նկ. 1.6. Դիսպերսիա լուսազտիչով

Դիսպերսիայի սարք (II)

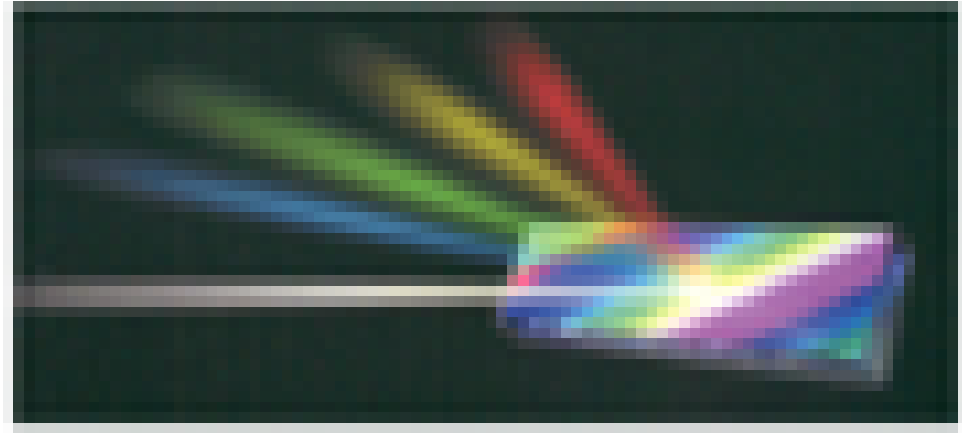
Պրիզմա



Նկ. 1.7. Դիսպերսիա պրիզմայով

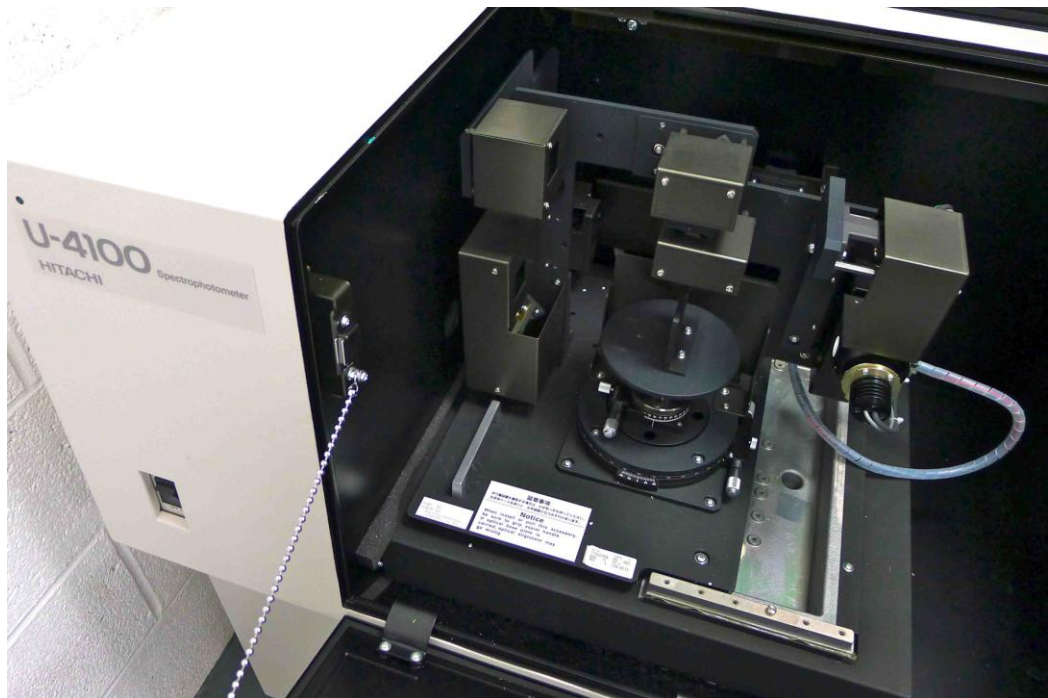
Դիսպերսիայի սարք (III)

Դիֆրակցիոն ցանց



Նկ. 1.8. Դիսպերսիա դիֆրակցիոն ցանցով

ՈւՄ/տեսանելի տիրույթի ժամանակակից սպեկտրոֆոտոմետրի օրինակ



Նկ. 1.9. Ժամանակակից սպեկտրոֆոտոմետրի տարբերակ

Ներկայումս աճող պահանջարկ ունեցող միջավայրի քիմիական և կենսաքիմիական հետազոտություններում հատուկ հետաքրքրություն են ներկայացնում հեռաֆոտոսպեկտրաչափական սենսորները:

Դրանք հետազոտվող միջավայրի բաղադրության վերաբերյալ տալիս են անհրաժեշտ տեղեկատվություն և լուծում անվտանգության տեսակետից կարևոր նույնականացման խնդիրներ [1,2]:

1.5. Օպտիկական սպեկտրային վերլուծության հիմնական պարամետրերը

- Սպեկտրային ընտրողական զգայնությունը: Դա ալիքի երկարությունների նվազագույն միջակայքի այն լայնությունն է, որում գնահատվում է ճառագայթի հոսքի մեծությունը: Ալիքի երկարության չափվող քայքի մեծությունը 10 նմ-ի կարգի է: Դա թույլ է տալիս բարձր ճշտությամբ կատարել ցանկացած ճառագայթի սպեկտրի չափում: Հետազոտման գործընթացներում կիրառվող ժամանակակից ֆոտոսպեկտրոմետրերի ճշտությունը հասնում է 1-5 նմ:
- Չափման սպեկտրային միջակայքը, դա այն միջակայքն է, որի սահմաններում ֆոտոսպեկտրոմետրը աշխատելիս պահպանում է իր ճշտությունը: Ժամանակակից սարքերում դա հիմնականում ընդգրկում է ճառագայթի ուլտրամանուշակագույն, տեսանելի և մոտակա ինֆրակարմիր միջակայքը՝ 200նմ-ից մինչև մի քանի միկրոմետր ալիքի երկարություններում: Ֆոտոսպեկտրոմետրերի միջոցով չափելով ճառագայթման սպեկտրը, կարելի է սպեկտրային տվյալների վերլուծությունով ստանալ մնացած բոլոր բնութագրերը:
- Չափման գնահատվող ճշտությունը, դա միևնույն նմուշի, հետազոտվող և էտալոնային սարքերով, չափման արժեքների տարբերությունն է:

Տարբեր ֆիրմաներ ներկայացնում են ժամանակակից փոքրաչափ սպեկտրաչափերի շարք [16], որոնք բարձր ճշտությամբ իրականացնում են սպեկտրային վերլուծություն և ունեն ելք դեպի համակարգիչ: Մասնավորապես Ocean Optics ֆիրմայի լավագույն պարամետրերով Flame Spectrometer UV-NIR մակնիշի ֆոտոսպեկտրաչափի (նկ. 1.10) հիմնական պարամետրերը [16]:



Նկ. 1.10. Flame Spectrometer UV-NIR մակնիշի ֆոտոսպեկտրաչափ

Աղյուսակ 1.2.

Բնութագրեր	Արժեքներ
Օպտիկական ճշտություն	~0.1-10.0 նմ
Ազդանշան/աղմուկ հարաբերություն	250:1 (ողջ ազդանշանի համար)
Գումարային ժամանակ	1 մվ – 65 վ
Դետեկտոր	Sony ILX511B սիլիցիումային ֆոտոդիոդի գծային շարք
Գրանցման միջակայք	190-1100 նմ
Չափեր	89.1 մմ x 63.3 մմ x 31.9 մմ
Քաշ	265 գ
Գին	>1500\$

Ինչպես երևում է աղյուսակից սարքն ունի բարձր օպտիկական թուլատրելիություն և ֆոտոզգայնություն, մվ-ի կարգի արագություն, ֆոտոդետեկտորային մատրիցա, սարքին կից համակարգչային հանգույցի անհրաժեշտություն և բարձր գին:

Ստացիոնար պայմաններում օգտագործվում են չափերով մեծ ֆոտոսպեկտրոմետրեր: Մասնավորապես հայտնի են Shimadzu Scientific Instruments ֆիրմայի բարձր ճշտության ֆոտոսպեկտրաչափերը: Սպեկտրային վերլուծության տեսակետից

լավագույն պարամետրեր ունեն SPECTRO-V16 C մակնիշի (Նկ. 1.11) սպեկտրաչափերը [6], որոնց պարամետրերը բերված է ստորև:



Նկ. 1.11. SPECTRO-V16 C մակնիշի սպեկտրաչափ

Աղյուսակ 1.3. SPECTRO-V16 C մակնիշի ֆոտոսպեկտրաչափի հիմնական պարամետրերը

Բնութագրեր	Արժեքներ
Չափերը՝	470x370x180 մմ
Չանգվածը՝	14 կգ
Դետեկտոր՝	Photomultiplier R-928
Մոդել՝	SPECTRO-V16 C
Սպեկտրային անցաթողման շերտը՝	2, նմ
Ալիքի երկարության ճշտությունը՝	0.5 %
Ալիքաչափական ճշտությունը՝	±0.5%
Լույսի աղբյուր՝	Հալոգենային լամպ, 50 Վտ
Ալիքային միջակայքը՝	190-1100 նմ
Գինը՝	<\$ 5000

Սարքը պահանջում է արտաքին համակարգչային ապահովվածություն և դաշտային պայմաններում աշխատելու տեսանկյունից ունի չափային անհարմարությունները և բարձր արժեքը:

Այսպիսով ներկայիս սպեկտրոֆոտոմետրերը կամ փոքրաչափ են, սակայն ունեն բարձր արժեք և չունեն ներհամակարգչային համակարգ, կամ էլ մեծ չափերով, բարձրարժեք ու դաշտային հետազոտությունների համար ոչ պիտանի սարքեր են:

Ինդրի լուծման լավագույն ուղիներից կարող է հանդիսանալ կիսահաղորդչային կառուցվածքներով օբյեկտով անցնող կամ նրանից առաքվող էլեկտրամագնիսական ճառագայթի ինտեգրալ հոսքից ստացված ինֆորմացիայի սպեկտրային վերլուծության ապահովումը:

Դա կարող է ունենալ ինչպես գիտատեխնիկական նշանակություն, այնպես էլ կիրառման բազմապիսի ոլորտներ, հատկապես օպտիկական ազդանշանի հեռավերլուծության ասպարեզում:

1.6. Սպեկտրային ընտրողական զգայնությամբ ֆոտոընդունիչներ

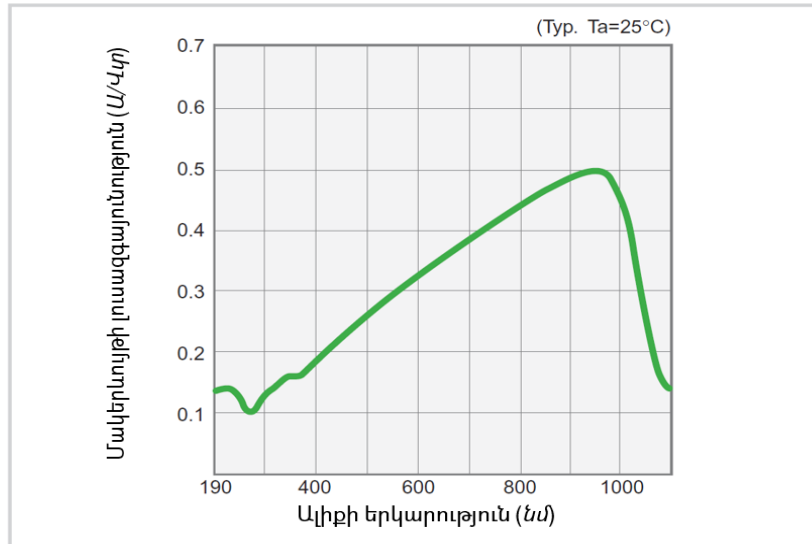
Ընտրողական զգայնության կիսահաղորդչային ֆոտոդետեկտորների ասպարեզում իրականացվել են բազմաթիվ աշխատանքներ, տարբեր կիսահաղորդիչների օգտագործմամբ: Այդ ճանապարհին ՈւՄ ճառագայթների գրանցման համար օգտագործվել են Շոտկիի արգելքով կառուցվածքները [19-41]:

Դրանցում կարճալիքային ճառագայթների կլանման տիրույթն ընկած է մակերևույթին մոտ գտնվող տարածական լիցքերով շերտում, որի բարձր էլեկտրական դաշտը բաժանում է ֆոտոգեներացված լիցքակիրները, հետևաբար դրանց զրկում մակերևույթային վերամիավորման հնարավորությունից և ստեղծում է կարճալիքային ֆոտոհոսանք:

Մակերևույթային անցումով սիլիցիումային ֆոտոընդունիչները յուրացված են արդյունաբերության կողմից և արևի սպեկտրի նկատմամբ ունեցած բարձր ֆոտոզգայնության պատճառով ունեն լայն կիրառություն:

Օրինակ Pt - Si կառուցվածքի համար հատկանշական սպեկտրային բնութագրում (Նկ. 1.12) [42], ֆոտոզգայնության տիրույթն ընկնում է 0.2 - 1.1 մկմ ալիքի երկարության հատվածում: Սպեկտրային մակսիմումում (0.8 - 1.0 մկմ) ֆոտոզգայնությունը մոտ 0.5

Ա/Վտ 1, իսկ 0.2 - 0.25 մկմ տիրույթում ֆոտոզգայնությունը 0.1 Ա/Վտ - ի կարգի է: Սպեկտրային մաքսիմումում նման սարքերի հայտնաբերման ընդունակությունը $D = 10^{15} \text{ Վտ}^{-1} \cdot \text{Հգ}^{-1}$ է, մթնային հոսանքը 5 - 10 Վ աշխատանքային լարման դեպքում մոտ 0,1 մկԱ է:



Նկ. 1.12. p-n անցումով սիլիցիումային ֆոտոընդունիչի ֆոտոզգայնության սպեկտրը՝ $T = 300 \text{ K}$ - ում

Մաքսիմում ֆոտոզգայության հասնում են ֆոտոզգայուն մակերևութի շուրջը n^+ և p^+ պաշտպանող օղակի ստեղծմամբ և ֆոտոզգայուն մակերևութը ~ 50 նմ հաստությամբ հակաանդրադարձնող ծածկույթով պատմամբ: Այնուամենայնիվ սիլիցիումային ֆոտոընդունիչներն ունեն հետևյալ, խիստ էական թերությունները՝

- Տեսանելի և ԻԿ տիրույթների համեմատ՝ սպեկտրի ՈւՄ տիրույթում ունեն ցածր ֆոտոզգայնություն: Քանի որ ապակյա լուսազտիչները, չնայած կտրում են սպեկտրի տեսանելի մասը, ԻԿ տիրույթում ունեն մեծ թողունակություն, ինչը բերում է ՈւՄ տիրույթում չափման մեծ սխալների: Հատուկ դեպքերում կիրառվում են լայնազուտի կիսահաղորդիչներ [10-29]: Դրանց հիմքում ստեղծած ֆոտոընդունիչները սիլիցիումային ՈւՄ ֆոտոընդունիչների համեմատ ունեն հետևյալ հիմնական առավելությունները.
- ԻԿ ֆոտոզգայնությունը շատ թույլ է,
- լարման բացակայության դեպքում դիֆերենցիալ դիմադրություն հասնում է գեգաօհմերի, ինչը ապահովում է ցածր աղմուկներ և բարձր կայունություն,

- Լավ համաձայնեցում են օպտիկական լուսազտիչների հետ:
- Եթե նվազեցվի մակերևութային վերամիավորումները, կվերացվեն կարճալիքային զգայնության սահմանափակումները:

Հաճախ, որպես ՈւՄ ճառագայթների արդյունավետ ֆոտոընդունիչներ պատրաստման ելքային նյութ օգտագործվում են Լայնագոտի կիսահաղորդիչ GaP-ը, որն ուղղագոտային կիսահաղորդիչ է, 2.27 էՎ արգելման գոտու լայնությամբ և ընդգրկում է կլանման տեսանելի տիրույթը: Այն ունի ուղիղ օպտիկական անցումներով, ՈւՄ - ի սահմանին մոտ, 2.8 էՎ շեմային էներգիա, որի կլանման գործակիցը մեծ է: Au – GaP Շոտկիի ֆոտոդիոդների սպեկտրալ զգայնության միջակայքը 0.2 - 0.5 մկմ է, որի մաքսիմումը ընկած է ~ 0.4 մկմ - ում: Մաքսիմումում ֆոտոզգայնությունը կազմում է 0.12 Ա/Վտ, իսկ 0.254 մկմ ալիքի երկարությունում այն ~ 0.03 Ա/Վտ է: Հայտնաբերման ընդունակությունը հասնում է $10^{13} - 10^{14}$ Վտ/Հց^{-1/2}: ՄԲՇ-6 մակնիշի լուսազտիչների օգտագործմամբ վերացվում է կառուցվածքների ֆոտոզգայնությունը՝ տեսանելի տիրույթում և թողնվում միայն արևի սպեկտրի ՈւՄ տիրույթը [29]:

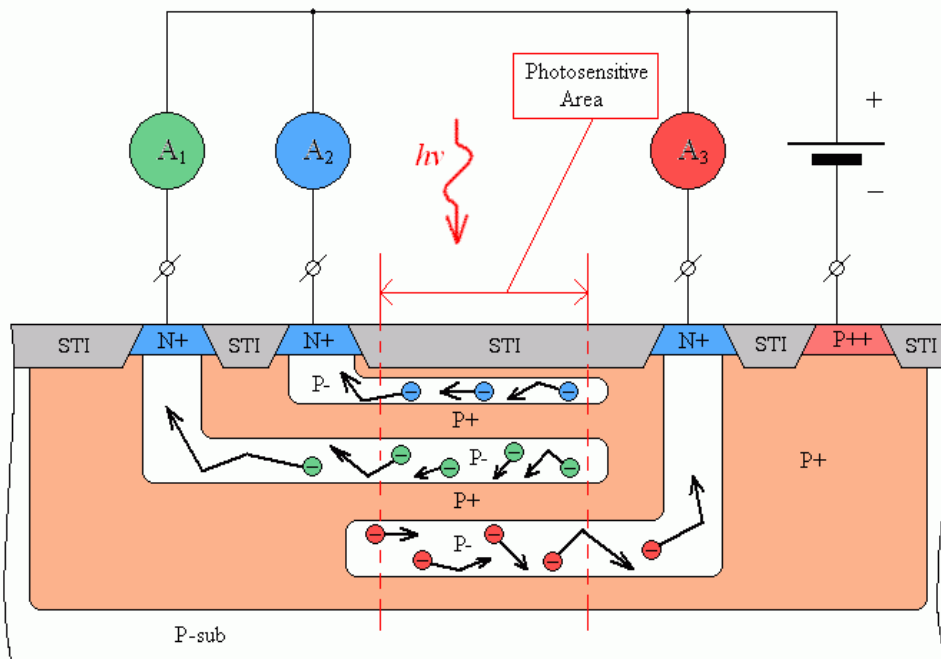
Որպես ՈւՄ ֆոտոընդունիչների ելքային նյութ հեռանկարային են նաև կիսահաղորդչային նիտրիդները [24]: Դրանք ուղղագոտային կիսահաղորդիչներ են և ունեն սպեկտրի ուլտրամանուշակագույն և տեսանելի տիրույթների սահմանին մոտ արգելման գոտու լայնություններ: Առավելապես հետազոտվել են SiO₂ - ով պասիվացված Au- և Pt - n - GaN Շոտկիի դիոդային կառուցվածքները: Նրանց արագագործությունը 15 նվ - ի կարգի է, իսկ աղմուկները 10 ԳՀց հաճախականությունում կազմում են 10^{-23} Ա²/Հց: Սպեկտրի 0.25 - 0.37 մկմ միջակայքում ֆոտոզգայնությունը ~ 0.18 Ա/Վտ է [39]:

Կարևոր քայլ է բազմագույն [43-55], օրինակ եռագույն [50-52] (նկ. 1.13), ֆոտոընդունիչների մշակումը:

Դա իրենից ներկայացնում է տարբեր խորությամբ տեղաբաշխված, էլեկտրականապես միմյանցից անկախ, լուսազգայուն p⁻ ցածր հաղորդականությամբ նեղ շերտեր: Ֆոտոհոսանքը պայմանավորված է այդ շերտերի ոչ հիմնական լիցքակիրներով՝ էլեկտրոններով: Յուրաքանչյուր հաջորդ շերտում, նախորդի համեմատ կլանվում է համեմատաբար ավելի երկար ալիքի նեղ $\Delta\lambda$ միջակայք:

Շերտերի չափը պայմանավորվում է դրանց լայնությամբ: Սակայն $\Delta\lambda$ -ի շատ փոքրացումը կարող է հանգեցնել ֆոտոհոսանքի նվազման և շեմային զգայնությամբ սահմանափակել $\Delta\lambda$ -ի փոքրացման չափը:

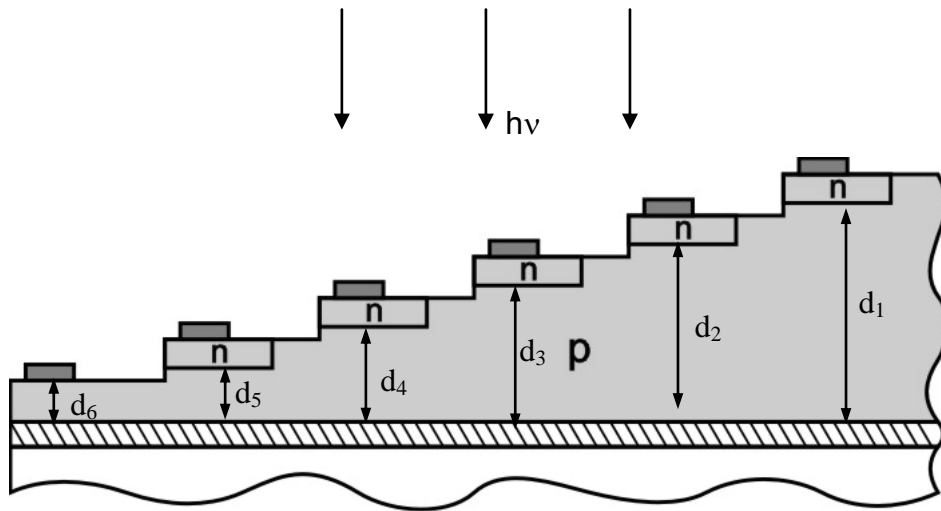
Բազմագույն ֆոտոընդունիչի դեպքում անհրաժեշտ է գույների թվին հավասար, միմյանց նկատմամբ կտրուկ անցումային, շերտեր ստեղծել, ինչը տեխնոլոգիապես բարդ է: Ընտրողական սպեկտրային զգայնությամբ կիսահաղորդչային ֆոտոդետեկտորների ասպարեզում կարևոր քայլ է [48, 49, 53] - ում նկարագրված սիլիցիումի հիմքով պատրաստված ֆոտոընդունիչային կառուցվածքի մշակումը NASA – ի հետազոտողների կողմից: Դրանցում սպեկտրային ընտրողական ֆոտոզգայնությունը իրականացրել են նույն հարթակում պատրաստված տարբեր d հաստությամբ բազայով (նկ.1.14) ֆոտոընդունիչների ֆոտոհոսանքների տարբերությունների գրանցմամբ և արդյունքների մաթեմատիկական մշակմամբ:



Նկ. 1.13. Կարմիր, կանաչ և կապույտ գույնի ֆոտոընդունիչային կառուցվածք

Այստեղ ամենալայն բազան այնուամենայնիվ նեղ է և իր միջով բաց է թողնում ինֆրակարմիր և տեսանելի ճառագայթների հիմնական մասը և ապահովում

գրանցման կարճալիքային սպեկտր: Տարբեր լայնության բազաները ապահովում են ճառագայթների կլանման երկարալիքային տարբեր չափեր, դրանով իսկ գեներացնում են տարբեր ֆոտոհոսանքներ:



Նկ. 1.14. Տարբեր ալիքի երկարությունները կտրող ֆոտոընդունիչների գծային շարք

Երկու ֆոտոընդունիչների ֆոտոհոսանքների տարբերությունը համապատասխանում է մի ֆոտոընդունիչում կլանված և մյուսում չկլանված ճառագայթների ալիքների խմբի $\Delta\lambda$ տարբերությանը: Բազաների լայնությունները, որքան մոտ են միմյանց, այնքան փոքր է այդ $\Delta\lambda$ տարբերությունը: Նվազագույն $\Delta\lambda$ - ն սահմանափակվում է ֆոտոընդունիչների շեմային զգայնություններով:

Նշված կառուցվածքներում գրանցման ճշտությունը մեծ չափով պայմանավորված է կլանման պայմանների նույնականությամբ, որը նկ. 11 կառուցվածքում դժվար է ապահովել և ցածր ինտենսիվությունների դեպքում որոշակի դժվարությունների է հանդիպում:

Այս կառուցվածքի թերություններն են.

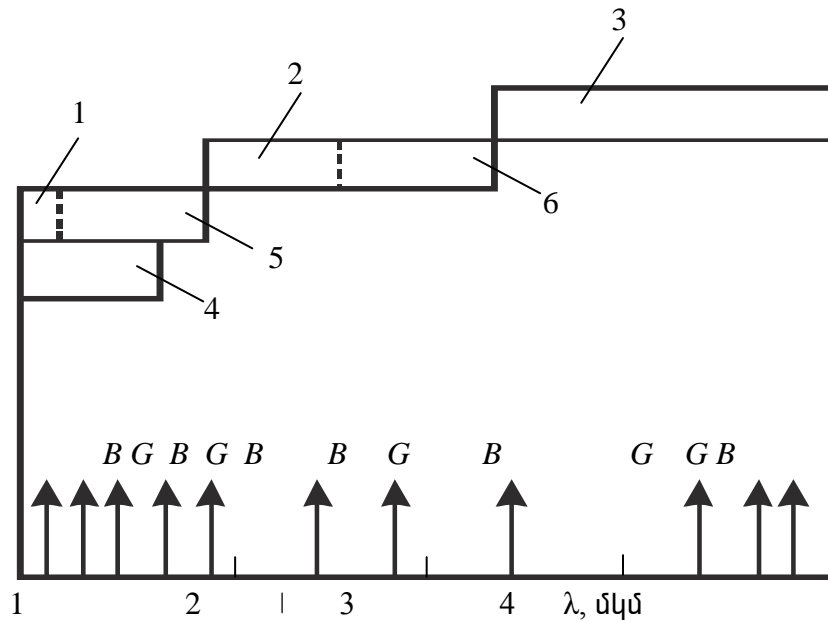
- բազմաբանակ ֆոտոդիոդների ստեղծման անհրաժեշտությունը,
- նյութատարությունը,

- ֆոտոդիոդների ֆոտոզգայուն մակերեսներին ընկնող ճառագայթի սպեկտրային կազմի, հզորության և գրանցման ճշտության տեսակետից, անկման անկյան նույնականության ապահովման անհրաժեշտությունը,
- սպեկտրային զգայունության արտաքին լարմամբ ղեկավարման հնարավորության բացակայությունը:

1.7. Ֆոտոսպեկտրաչափությանն առաջադրվող խնդիրները

Մեզ շրջապատող միջավայրը չափազանց հարուստ է իրենում եղած տարբեր նյութերի տեսակի և քանակի մասին ինֆորմացիայով [54-57]: Վերջինս կարելի է որոշել էլեկտրամագնիսական ալիքների օպտիկական և ԻԿ միջակայքի սպեկտրային վերլուծությամբ: Օրինակ օդում ջրի գոլորշիները կլանում են 1,4 մկմ երկարությամբ ալիքներ: Դրանց կլանման տարբեր չափերը կարելի է կապել գոլորշիների խտության հետ: Չափման ճշտությունը և նվազագույն խտության գրանցումը կապված է տվիչի զգայնության հետ: Բարձր արդյունք է ստացվում, երբ նյութի կլանման և ճառագայթի սպեկտրները համընկնում են միմյանց և տվիչի սպեկտրային զգայնության մաքսիմումի հետ: Զգայնությունը կբարձրանա նաև, եթե կլանվող ճառագայթի օպտիկական ճանապարհը երկարացվի (օրինակ կասետաձև կառուցվածքներում, որոնք կլանող միջավայրում ապահովվում են ճառագայթի զիզակաձև տարածում):

Հաճախ սպեկտրային վերլուծությունն իրականացվում է սպեկտրային պահանջվող միջակայքն ընդգրկող տարբեր լուսադիոդների (ԼԴ) ճառագայթների օգտագործմամբ (նկ.1.15) [58, 59]:



Նկ. 1.15. Տարբեր ԼԴ – ների փոխձածկող սպեկտրային միջակայքերի դիագրաման՝
 1 – GaAsSb – AlGaAsSb, 2 – InGaAsSb – GaSb, 3 – InPAsSb – InAsSb –
 – InGaSb, 4 – InGaAsSb – InAs, 5 – AlGaAsSb – AlGaSb, 6 – InGaAsSb InP :
 B – ն և G – ն ջրի գոլորշիների և գազի մոլեկուլների սպեկտրային ուժեղ
 Կլանման տիրույթներն են

Օպտիկական հեռավերլուծությունում կարևոր խնդիր է հանդիսանում միաժամանակ չափվող, տարբեր մեծությունների, կամ միևնույն մեծության բազմաթիվ չափումների վիճակագրությանը հետևելը: Դա կապի ոլորտում շատ է կիրառվում, քանի որ կատարվում է որևէ պարամետրով իրարից տարբերվող բազմաթիվ ազդանշանների համախումբի մուլտիպլեքսավորմամբ մեկ ընդհանրական (մայրուղային) կապուղու միջոցով մեծ թվով ազդանշանների հաղորդումը և համապատասխանաբար բաժանորդների կողմից նրանց ընտրողական ընդունում՝ դեմուլտիպլեքսավորումը: Մուլտիպլեքսավորումը մեկից ավելի օպտիկական ուղիներով ինֆորմացիայի հաղորդումն է: Մուլտիպլեկտորը ազդանշանի փոխանջատիչ է, որը ղեկավարվում է երկակի կողով և ունի մի քանի մուտքեր ու մի ելք: Ելքին միացվում է այն մուտքը, որը համապատասխանում է երկակի կողին: Կարելի է ասել նաև, որ մուլտիպլեկտորը զուգահեռ կողը փոխարկում է հաջորդականի: Նրանք կատարում են

տեսադիտման մի քանի խցիկներից, ըստ ժամանակի իրենց մեջ մտնող, տեսաազդանշանի մուլտիպլեկսավորում (փոխանջատում) և ձևավորում են երկու տեսակի ելքային տեսաազդանշան՝ մեկը մոնիտորի էկրանին տեսադիտման, մյուսը տեսագրման համար:

Առաջնային տվիչից հեռակապով եկող ինֆորմացիան կարող է խտացվել: Առավել կիրառելի են խտացման հետևյալ եղանակները [60]՝

- **Ժամանակային մուլտիպլեքսավորում:** Այդ տեսքում տվիչի ինֆորմացիան տեղաբաշխվում է հաղորդման պարբերության ցիկլի ներսում առանձնացված ժամանակի միջակայքում:
- **Հաճախականային մուլտիպլեքսավորում:** Տվիչի ինֆորմացիան տեղավորվում է հաճախականության որոշակի միջակայքում (այսինքն տվիչների ինֆորմացիան կոդավորվում է, ամպլիտուդային կամ հաճախականային մոդուլացումով՝ տարբեր կրող հաճախականություններով):
- **Ըստ ալիքի երկարության մուլտիպլեքսավորում:** Տվիչի ինֆորմացիան կոդավորվում է տարբեր երկարության օպտիկական կրող ալիքներով:
- **Կոհերենտային մուլտիպլեքսավորում:** Տվիչի ինֆորմացիան դիֆերենցացված կոդավորվում է համապատասխան օպտիկական կրողներով: Վերջիններս որոշակի հենքային կրողի նկատմամբ ունեն տարբեր աստիճանի փոխադարձ փուլային շեղումներ, որի չափն էլ հանդիսանում է ինֆորմացիայի կրողը:
- **Բեվեռացման մուլտիպլեքսավորում:** Տվիչի ինֆորմացիան կոդավորվում է կրողի բևեռացման վեկտորի դիրքով:

Թվարկված եղանակներից որևէ մեկի ընտրությունը պայմանավորված է առաջադրված խնդրի պահանջներով և որոշվում է, հիմնականում, հետևյալ գործոններով՝

- Ինֆորմացիայի (ինտենսիվություն, փուլ, ալիքի երկարություն, հաճախականության մոդուլացիա և այլն) անալոգային կամ թվային բնույթով,
- Ինֆորմացիայի կոդավորման օպտիկական պարամետրերով,

- Ռադիոխանգարումների նկատմամբ տվիչի էլեկտրական անընկալունակության և անվտանգության տեսանկյունից ուղիների հեռաչափության հետ կապված պահանջներով,
- Սպեկտրաֆոտոչափական տեսակետից առավել հետաքրքրություն է ներկայացնում ըստ ալիքի երկարության մուլտիպլեքսավորումը, քանի որ հեռանկար է բացում ինտեգրալ տեխնոլոգիայով իրականացվող չիպի ներսում ֆոտոսպեկտրաչափական ֆոտոդետեկտորի ֆոտոզգայուն մակերեսին ընկնող բարդ օպտիկական ազդանշանից ընտրել անհրաժեշտ ալիքի երկարությամբ կողավորված ազդանշան: Առաջարկվող ֆոտոդետեկտորը հեռանկարային է նաև դեմուլտիպլեկտրում օգտագործման տեսանկյունից, քանի որ այն կարող է դեմուլտիպլեկտրի ելքի բազմալիքային ինֆորմացիայից առանձնացնել համապատասխան ալիքի երկարությամբ ինֆորմացիան և կողավորված միացնել համապատասխան բաժանարարին [61, 62]:

Եզրակացություն: Վերը նշվածից հետևում է, որ՝

1. առկա հնարավորություններով բնական օբյեկտների ուսումնասիրման աստիճանը թե՛ քանակական և թե՛ որակական տեսակետից բավարար չէ: Նույնիսկ վերը նշված, օպտիկական սպեկտրային վերլուծության առաջադեմ եղանակներում ևս տեղի ունի միևնույն օբյեկտների սպեկտրային տվյալների մեծ ցրվածություն: Դա հաճախ անհնար է դարձնում չափման արդյունքների համեմատումը: Այդ տեսակետից օբյեկտների հետազոտման արդյունավետության բարձրացմանն ուղղված աշխատանքներն **արդարացված են:**
2. Արդյունավետության կարելի է հասնել ինչպես չափող սարքերի կատարելագործմամբ (հետազոտվող օբյեկտի և գրանցվող պարամետրերի միջև մեծ թվով կապերի ստեղծման ճանապարհով), այնպես էլ փորձի արդյունքների վերլուծության առավել ռացիոնալ եղանակների մշակմամբ:

3. Արդյունավետ եղանակների մշակմանը զուգահեռ կարևորվում է նաև օգտակար տեղեկատվության գրանցման ու վերլուծության առավել ամբողջական ալգորիթմի մշակումը:
4. Հանգուցային դեր ունի առաջնային տեղեկատվության տվիչը: Մեծ տարածությունների մոնիթորինգի համար կպահանջվի մեծ թվով տվիչներ: Հետևաբար հրատապ կարևորություն է ոչ թանկ, դաշտային հեռաճանաչմանը պիտանի, բարձր սպեկտրային զգայնության և փոքր չափերով սենսորները և դրանցով տեղեկատվության ճշգրիտ գրանցման ալգորիթմը:
5. Այդ նպատակներին առավել լավ կձառայեն կիսահաղորդչային ֆոտոդնդունիչները: Սակայն մինչ օրս նրանք ունեն խիստ սահմանափակումներ, քանի որ չեն հայտնաբերում ալիքի ֆիքսված երկարություններ, բացակայում է հաճախությունների կարգաբերման հնարավորությունը և չեն կարող կատարել ճառագայթման սպեկտրի սինքրոն տեսաձրում, ինչը տալիս է սպեկտրի տեսակի ամբողջական բնութագիրը:

Աշխատանքի նպատակն է՝

Մշակել օպտիկապես թափանցիկ օբյեկտների ուսումնասիրման փոքրաչափ, հուսալի և դաշտային պայմաններում շահագործելի օպտիկական ազդանշանի ՈւՄ, տեսանելի և մոտակա ԻԿ միջակայքում տեղեկատվության սպեկտրային վերլուծության կիսահաղորդչային երկուղի ֆոտոսպեկտրոմետր դրա հիմքում՝ հեռամշտադիտարկման համակարգ: Հեռասպեկտրային վերլուծության ալգորիթմ և դրա աշխատանքն ապահովող ծրագրային փաթեթներ:

Նպատակի իրականացման համար անհրաժեշտ են՝

1. Ապահովել նախատիպում օգտագործվող հակադարձ պոտենցիալ արգելքներով կիսահաղորդչային ֆոտոդետեկտորի ֆոտոէլեկտրոնային գործընթացների մաթեմատիկական մոդելավորում:

2. Բացահայտել նշված աղքատացած շերտերի լայնությունների փոփոխության գծային կախվածություն՝ արտաքին լարումից: Բացահայտել կապը փոփոխության չափի, ճառագայթի ինտենսիվության և չափման սպեկտրային ճշտության միջև: Դա դյուրին է դարձնում մշակված ալգորիթմի իրականացումը փնտրվող երկարության ալիքի և նրա ինտենսիվություն որոշման գործում:
- Մշակել բարձր արագագործություն ապահովող ալգորիթմ: Դա հնարավորություն կտա հետազոտել օբյեկտում խառնուրդների խտության փոփոխության արագընթաց գործընթացը:
 - Մշակել մշտադիտարկման համակարգ՝ հազեցած ժամանակակից հեռահաղորդակցական կապով և առաջարկվող ֆոտոսպեկտրաչափական հանգույցով:
 - Իրականացնել համակարգի փորձարկում՝ նպատակային խնդրի լուծման տարբերակով:

ԳԼՈՒԽ 2

ԵՐԿՈՒՂԻ ՖՈՏՈԴԵՏԵԿՏՈՐՈՎ ՃԱՌԱԳԱՅԹԻ ԻՆՏԵԳՐԱԼ ՀՈՍՔԻ ՍՊԵԿՏՐԱՅԻՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅԱՆ ՄՈԴԵԼ

Ներածություն

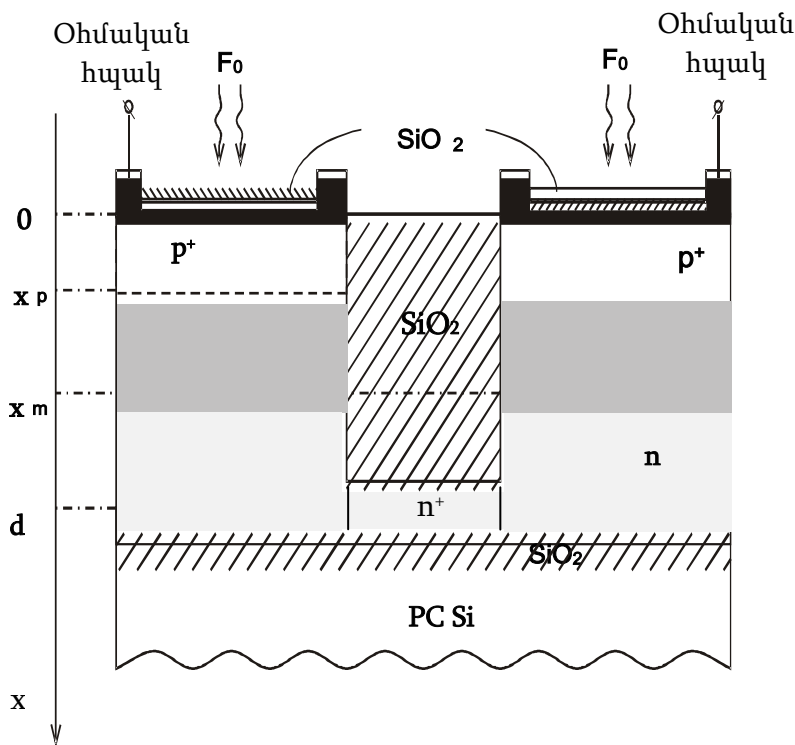
[63-65] աշխատանքներում դիտարկվում են սպեկտրային ընտրողական զգայնության ստացման հնարավորությունները զուգահեռ տեղաբաշխված ֆոտոդիոդային կառուցվածքում և ուղղաձիգ տեղաբաշխված երկարգելք համակարգում: Երկու կառուցվածքներն էլ պարունակում են Շոտկիի արգելք և n - p անցում, որոնք էլեկտրանականապես հակառակ են ուղղված: Ցույց է տրված, որ արտաքին լարման փոփոխմամբ և համապատասխան ալգորիթմով, նման կառուցվածքներում հնարավոր է ճառագայթի ինտեգրալ հոսքից առանձնացնել և գրանցել առանձին էլեկտրամագնիսական ալիքներ և դրանց ինտենսիվությունները, ինչը նման սարքերը կդարձնի խիստ պահանջված օպտիկական կապի գծերում, միկրոկենսաբանական համակարգերը, բժշկական օբյեկտները, շրջակա միջավայրի բնապահպանական իրավիճակը հետազոտելիս և այլն:

2.1. Զուգահեռ տեղաբաշխված արգելքներով սիլիցիումե ֆոտոդիոդային $p^+ - n - p^+$ կառուցվածքի էլեկտրոնային գործընթացների մոդելավորում

Ստորև դիտարկվում է զուգահեռ տեղաբաշխված արգելքներով սիլիցիումե ֆոտոդիոդային $p^+ - n - p^+$ կառուցվածք (նկ. 1): Դրանով սպեկտրային անալիզի էլեկտրոնային գործընթացը և հետազոտվել է դրա սպեկտրաֆոտոչափության հնարավորությունները: $n - p$ անցման, շոտկիի արգելքի համեմատ, խորը տեղաբաշխման պատճառով կառուցվածքն ունի առավել երկար ալիքների և դրանց ինտենսիվությունների գրանցման հնարավորություն:

Պլանար կառուցվածքը հնարավորություն է տալիս ճառագայթն ուղղել զուգահեռ տեղաբաշխված երկու դիոդների լուսազգայուն մակերեսներին: Կառուցվածքում ֆոտոհոսանքի ստեղծմանը մասնակցում են ֆոտոէլեկտրոնային գործընթացներով միմյանցից անկախ ֆոտոդիոդներ (նկ. 2.1): Դրանցում միմյանց վրա ազդեցությունը

դիտվում է որպես արտաքին ազդեցություն: Նկարում դիոդների պոտենցիալ արգելքները ուղղված են միմյանց հակառակ: Արտաքին լարմամբ աղքատացած շերտերից մեկի լայնացումը ու մյուսի փոքրացումը ապահովում են, ըստ ալիքի երկարության, ճառագայթի կլանման տարբեր արդյունավետություններ: Ողիները միմյանց հետ էլեկտրականապես կապված են բարձր հաղորդականության n^+ շերտով: Մակերևութային SiO_2 թաղանթը հակաանդրադարձնող է և տեղաբաշխված է կիսաթափանցիկ մետաղական թաղանթի վրա, իսկ ներքին SiO_2 թաղանթը բաժանում է վերին ակտիվ շերտը ներքին բազմբյուրեղային սիլիցիումե պասիվ հարթակից: Բազան n – տիպի է և բարձրահոմ: Դա ապահովում է հակառակ շեղված պոտենցիալ արգելքի լայնացում դեպի բազայի խորքը:



Նկ.2.1. Ֆոտոդետեկտորի կառուցվածքը

Բազմբյուրեղային սիլիցիումե պասիվ հարթակը իր միջով բաց է թողնում խորը ներթափանցող ճառագայթի չգրանցվող մասը: Լարման ցանկացած բևեռականության դեպքում n - p անցումներից մեկը շեղված է ուղիղ, իսկ մյուսը հակառակ ուղղությամբ: p^+ - շերտը բարակ է և կառուցվածքի d հաստությունը որոշվում է հիմնականում n -

շերտով, իսկ $x_{p,n}$ կետում ճառագայթի ինտենսիվությունը ընդունվում է հավասար մակերևութային F_0 ինտենսիվությանը:

Նման կառուցվածքներում n -ր անցուման աղքատացած շերտի լայնության և արտաքին լարման կապը գտնելու համար լուծենք Պուասոնի հավասարումը՝

$$\frac{d^2V(x)}{dx^2} = -\frac{\rho}{\varepsilon_0} \quad (1.1)$$

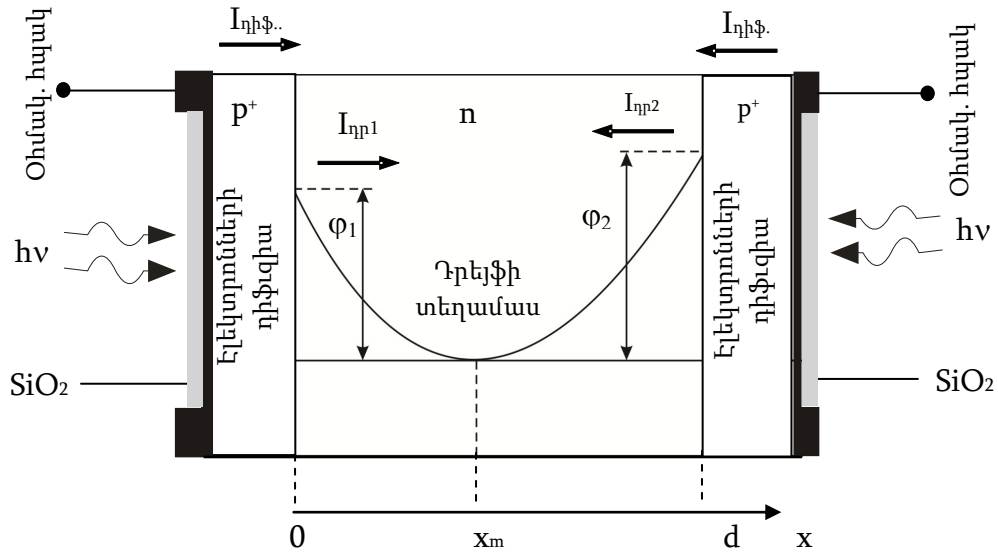
Հավասարման մեջ էլեկտրոնի $V(x)$ պոտենցիալից անցնենք $\varphi(x)$ պոտենցիալ էներգիային, $\varphi(x)$, ($\varphi(x) = -qV(x)$): Քանի որ $\rho = qN_d$, կստանանք՝

$$\frac{d^2\varphi}{dx^2} = \frac{N_d q^2}{\varepsilon_0}, \quad (2.2)$$

որտեղ N_d - ն դոնորների խտությունն է, ε -ը կիսահաղորդչի դիէլեկտրիկական թափանցելիությունն է, ε_0 -ը վակուումի դիէլեկտրիկական թափանցելիությունն է, q -ն էլեկտրոնի լիցքն է:

Ընդունելով, որ բազան գրավված է արգելքների աղքատացած շերտերով (նկ. 2.2), Պուասոնի հավասարման լուծմամբ որոշվել է բազայում պոտենցիալի $V(x)$ կամ էլեկտրոնների պոտենցիալ $\varphi(x)$ էներգիայի բաշխվածությունները: Լուծման ընթացքում սահմանային պայմաններ են հանդիսացել $\left(\left.\frac{d\varphi}{dx}\right| = 0\right)$ երբ $x = x_m$ (նկ. 2.2)

x_m - ը էլեկտրոնների պոտենցիալ էներգիայի մինիմումն է) և $\varphi(x) = E_{F1}$ երբ $x = 0$ (նկ. 2.3, 2.4).



Նկ. 2.2. Կառուցվածքի կտրվածքը

Հաշվի առնելով սահմանային պայմանները, ինտեգրենք (1) հավասարումը՝

$$E_{F2} + qV = \frac{q^2 N_d}{2\epsilon_0} d^2 - \frac{q^2 N_d}{\epsilon_0} x_m d + E_{F1}$$

$$\frac{d\varphi(x)}{dx} = \frac{q^2 N_d}{\epsilon_0} x + C_1, \quad C_1 = -\frac{q^2 N_d}{\epsilon_0} x_m$$

$$\frac{d\varphi(x)}{dx} = \frac{q^2 N_d}{\epsilon_0} (x - x_m)$$

(2.3)

Ինտեգրելով կստանանք՝

$$\varphi(x) = \frac{q^2 N_d}{2\epsilon_0} x^2 - \frac{q^2 N_d}{\epsilon_0} x_m x + C_2$$

(2.4)

$\varphi(x) = E_{F1}$ երբ $x = 0$ սահմանային պայմանի դեպքում (4) հավասարումից հետևում է, որ՝

$$\varphi(x) = \frac{q^2 N_d}{2\epsilon_0} x^2 - \frac{q^2 N_d}{\epsilon_0} x_m x + E_{F1},$$

(2.5)

որտեղ $x = d$ (նկ. 2.3)

$$\varphi(x) = E_{F2} + qV \text{ (նկ. 2.4)}$$

Այսպիսով կատանանք՝

$$d - x_m = \frac{d}{2} + \frac{\varepsilon_0(\Delta E_F + V)}{qN_d d} \quad (2.6)$$

որտեղ՝ $\Delta E_F = E_{F2} - E_{F1}$

Եթե երկու արգելքները նույնական են, ապա $E_{F2} - E_{F1} = 0$. Դրա արդյունքում՝

$$d - x_m = \frac{d}{2} + \frac{\varepsilon_0 V}{qN_d d} \quad (2.7)$$

Այն դեպքում, երբ ուղիղ շեղված արգելքը կոմպենսացվում է լարումով, իսկ հակառակ շեղվածը գրավում է ամբողջ d բազան, կունենանք՝

$$\frac{d}{2} + \frac{\varepsilon_0 V}{qN_d d} = 0,$$

Երբ $N_d = 10^{15} \text{ սմ}^{-3}$, $d = 2 \cdot 10^{-4} \text{ սմ}$ կունենանք լարման հետևյալ արժեքը՝

$$V = -\frac{qN_d d^2}{2\varepsilon_0} = -3V.$$

(2.7) հավասարման օգնությամբ կարող ենք իմանալ աղքատացած շերտերի մոդուլացիայի խորությունը և x_m -ի դիրքը՝

$$x_m = \frac{d}{2} - \frac{\varepsilon_0 V}{qN_d d} : \quad (2.8)$$

Այստեղ, քանի որ x_m - ի դիրքը ուղղակիորեն որոշում է գրանցող միջավայրի խորությունը, ապա $\Delta x_m = x_{m2} - x_{m1}$ - ն կարելի է օգտագործել կլանվող ճառագայթի ալիքի երկարությունն ու ինտենսիվությունը որոշելու համար:

Այսպիսով հետազոտվող կառուցվածքում դքատացած շերտերի լայնությունները լարումից ունեն գծային կախվածությունը:

Գտնենք առանձին դիոդում ֆոտոհոսանքը, եյն ունի դիֆուզիոն և դրեյֆային բաղադրիչներ: Դիֆուզիոն ֆոտոհոսանքը որոշելու համար հարկավոր է գտնել ոչ հիմնական լիցքակիրների՝ խոռոչների p_n խտությունը n - բազայում: Այդ նպատակով լուծվել է հետևյալ միաչափ դիֆուզիոն հավասարումը՝

$$\frac{\partial^2 p_n}{\partial x^2} - \frac{p_n}{L_p^2} = -\frac{p_{n0}}{L_p^2} - \frac{G(x)}{D_p}, \quad (2.9)$$

որտեղ $G(x) = F_0 \alpha e^{-\alpha x}$ - էլեկտրոն-խոռոչ զույգի գեներացիայի արագությունն է, F_0 - ընկնող ֆոտոնների լրիվ հոսքը, α - էլեկտրամագնիսական ճառագայթների կլանման գործակիցը: n - բազայում խոռոչների համար՝ $L_p = \sqrt{D_p \tau_p}$ - դիֆուզիայի երկարությունն է, D_p - դիֆուզիայի գործակիցը, τ_p - անհավասարակշիռ լիցքակրի կյանքի տևողությունը, p_{n0} - հավասարակշիռ լիցքակիրների խտությունը:

(2.9) հավասարման լուծումը սահմանային $p_n = p_{n0}$ երբ $x = \infty$ և $p_n = 0$ երբ $x = x_n$ պայմանների դեպքում կարելի է գտնել հետևյալ կերպ:

Դիտարկենք համապատասխան համասեռ հավասարումը՝

$$\frac{\partial^2 p_n}{\partial x^2} - \frac{p_n}{L_p^2} = 0,$$

որի համար $k^2 - \frac{1}{L_p^2} = 0$ հանդիսանում է բնութագրական հավասարում՝ $k_1 = \frac{1}{L_p}$ և

$k_2 = -\frac{1}{L_p}$ արմատներով: Քանի որ $k_1 \neq k_2$, ապա համասեռ հավասարման ընդհանուր

լուծումը կլինի՝ $p_{n1} = C_1 e^{-x/L_p} + C_2 e^{x/L_p}$, որտեղ $C_2 = 0$, քանի որ երբ $x = \infty$. $p_{n1} = \infty$,

ինչը չունի ֆիզիկական իմաստ: Այստեղից.

$$p_{n1} = C_1 e^{-x/L_p}, \quad (2.10)$$

(2.9) հավասարման մասնավոր լուծումը անհրաժեշտ է փնտրել $e^{-\alpha x}$ արտադրյալի և անհայտ գործակիցներով բազմանդամի տեսքով, այսինքն

$$p_{n2} = Ae^{-\alpha x} + B, \quad (2.11)$$

Տեսքով, որտեղ (2.3) հավասարման A և B գործակիցները որոշվում են անորոշության գործակիցների տեսքով: Այդ նպատակով դիֆերենցվում է (2.11) հավասարումը, որի արդյունքում կունենանք.

$$\frac{\partial p_n}{\partial x} = -A\alpha e^{-\alpha x}, \quad \frac{\partial^2 p_n}{\partial x^2} = A\alpha^2 e^{-\alpha x}: \quad (2.12)$$

(2.9) հավասարման մեջ տեղադրելով (2.11) և (2.12) արժեքները կստանանք՝

$$A\alpha^2 e^{-\alpha x} - \frac{A}{L_p^2} e^{-\alpha x} - \frac{B}{L_p^2} = -\frac{F_0 \alpha}{D_p} e^{-\alpha x} - \frac{p_{n0}}{L_p^2}:$$

Հետևաբար՝

$$A \left(\frac{L_p^2 \alpha - 1}{L_p^2} \right) = -\frac{F_0 \alpha}{D_p}, \quad A = \left(\frac{F_0}{D_p} \right) \frac{\alpha L_p^2}{(1 - L_p^2 \alpha^2)}, \quad \frac{B}{L_p^2} = \frac{p_{n0}}{L_p^2}, \quad B = p_{n0}:$$

Այսպիսով (2.11) հավասարումը կստանա հետևյալ տեսքը՝

$$p_{n2} = p_{n0} + \left(\frac{F_0}{D_p} \right) \frac{\alpha L_p^2}{(1 - L_p^2 \alpha^2)} e^{-\alpha x}: \quad (2.13)$$

(2.9) հավասարման ընդհանուր լուծումը, հաշվի առնելով (2.2) հավասարումը կլինի՝

$$p_n = C_1 e^{-x/L_n} + p_{n0} + \left(\frac{\Phi_0}{D_n} \right) \frac{\alpha L_p^2}{(1 - L_p^2 \alpha^2)} e^{-\alpha x}:$$

C_1 որոշվում է $p_n = 0$ երբ $x = x_n$, սահմանային պայմանից, այսինքն՝

$$C_1 e^{-x/L_n} = -p_{n0} - \left(\frac{\Phi_0}{D_p} \right) \frac{\alpha L_p^2}{(1 - L_p^2 \alpha^2)} e^{-\alpha x_n},$$

Որից հետևում է, որ

$$C_1 = - \left(p_{n0} + \left(\frac{\Phi_0}{D_p} \right) \frac{\alpha L_p^2}{(1 - L_p^2 \alpha^2)} e^{-\alpha x_n} \right) e^{x/L_n}:$$

Արդյունքում կհասահաղորդչի n – տիրույթում ոչ հիմնական լիցքակիրների խտության և համապատասխան դիֆուզիոն հոսանքի համար կստանանք հետևյալ հավասարումները՝

$$p_n = p_{n0} - \left\{ p_{n0} + \left(\frac{\Phi_0}{D_n} \right) \frac{\alpha L_p^2}{(1 - L_p^2 \alpha^2)} e^{-\alpha x_n} \right\} e^{x_n - x / L_n} + \left(\frac{\Phi_0}{D_p} \right) \frac{\alpha L_p^2 e^{-\alpha x}}{(1 - L_p^2 \alpha^2)},$$

$$j_{p \text{ du}\phi} = q D_p \frac{dp_n}{dx} = \left(\frac{D_p q p_{n0}}{L_p} + \frac{q \alpha L_p \Phi_0 e^{-\alpha d}}{1 - L_p^2 \alpha^2} \right) e^{d_2 - x / L_n} - \frac{q \Phi_0 \alpha^2 L_p^2}{1 - L_p^2 \alpha^2} e^{-\alpha x}:$$

$x = x_n$ կետում

$$j_{p,dif} = q p_{n0} \frac{D_p}{L_p} + q F_0 \frac{\alpha L_p}{1 + \alpha L_p} e^{-\alpha x_n} : \quad (2.14)$$

Դրեյֆային հոսանքի խտությունն ունի հետևյալ տեսքը [8]

$$j_{dr} = q F_0 (1 - e^{-\alpha x_n}) :$$

Յուրաքանչյուր դիոդոլ ֆոտոհոսանքը որոշվում է դիֆուզիոն և դրեյֆային բաղադրիչների գումարով՝

$$j_{tot} = j_{dr} + j_{p,dif} = q F_0 e^{-\alpha x_n} \left(\frac{\alpha L_p}{1 + \alpha L_p} - 1 \right) + q F_0 + q p_{n0} \frac{D_p}{L_p} : \quad (2.15)$$

Աշխատանքի նորմալ պայմաններում p_{n0} պարունակող անդամը զգալի փոքր է առաջին անդամից և այն կարելի է անտեսել:

Համապատասխանաբար x_{n1} և x_{n2} լայնություններով պոտենցիալ արգելքների տիրույթներում, դրեյֆային հոսանքը, երկու դիոդների համար կտրվի հետևյալ արտահայտություններով՝

$$j_{p,dr} = q F_0 (1 - e^{-\alpha x_{n1}}) \quad \text{և} \quad j_{p,dr} = q F_0 (1 - e^{-\alpha x_{n2}}), \quad (2.16)$$

Քանի որ p^+ - շերտը շատ բարակ է, ապա կլանման խորությունները ընդունվում է հավասար ֆոտոդիոդների աղքատացած x_{n1} և x_{n2} շերտերի լայնություններին և որոշվում են հետևյալ արտահայտություններով [45]

$$x_{n1}^2 = \frac{2 \varepsilon_0}{q} \left[\frac{V_{C2} + V_2}{N_d} \right], \quad x_{n2}^2 = \left[\frac{2 \varepsilon_0}{q} \left(\frac{V_{C1} - V_1}{N_d} \right) \right], \quad (2.17)$$

Որտեղ N_d - դոնորային խառնուրդների խտությունն է ո- բազայում, ε - նյութի հարաբերական դիէլեկտրիկական թափանցելիությունն է, ε_0 - վակումի դիէլեկտրիկական թափանցելիությունն է, q - էլեկտրոնի լիցքն է v_1 և v_2 երկու ո-ք

անցման վրա ընկնող արտաքին լարման չափաբաժիններն են, V_{c1} և V_{c2} - երկու արգելքների պոտենցիալների կոնտակտային տարբերություններն են, որոնք լարման բացակայության դեպքում հավասար են միմյանց (նայել նկ. 2.3):

Ի վերջո, (15) արտահայտությունը առանց դիֆուզիոն բաղադրիչի մեկ արգելքով հոսող ընդհանուր ֆոտոհոսանքի համար կընդունի հետևյալ տեսքը՝

$$j_{tot1} = j_{p_{dij}} + j_{p_{dr}} = qF_o \left(1 - \frac{e^{-\alpha x_n}}{1 + \alpha L_p} \right): \quad (2.18)$$

Երկու արգելքների ֆոտոհոսանքների տարբերությունը կտա կառուցվածքով հոսող ընդհանուր ֆոտոհոսանքը՝

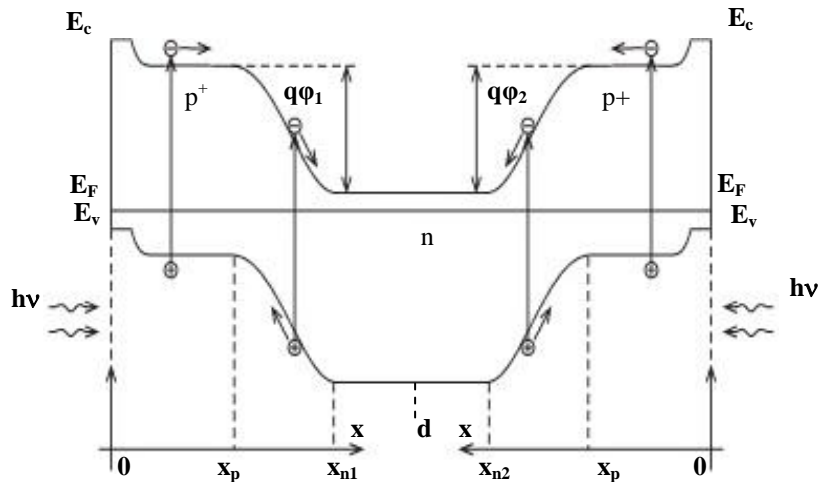
$$j = qF_o \left(\frac{e^{-\alpha x_{n2}} - e^{-\alpha x_{n1}}}{1 + \alpha L_p} \right), \quad (2.19)$$

ճառագայթի ինտեգրալ հոսքով լուսավորելիս (2.19) արտահայտությունը կընդունի հետևյալ տեսքը՝

$$\sum_{ij} j_{totij} = q \sum_{ij} F_{oi} \left(\frac{e^{-\alpha_i x_{n2j}} - e^{-\alpha_i x_{n1j}}}{1 + \alpha_i L_p} \right), \quad (2.20)$$

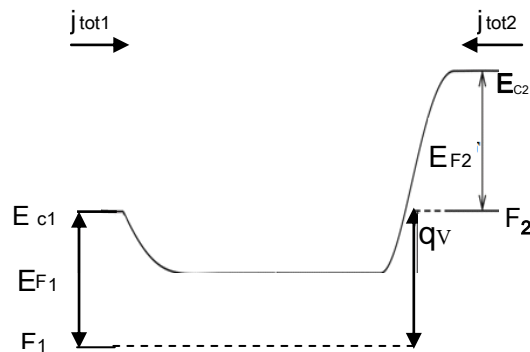
որտեղ ($i = 1, 2, 3, \dots$) – ը փոխվում է ինտեգրալ հոսքում ճառագայթի ալիքի երկարությունը փոխելիս, իսկ ($j = 1, 2, 3, \dots$) – ը փոխվում է շեղման լարումը փոխելիս, $F(\lambda_i)$ - ը ալիքի λ_i երկարությամբ ընկնող ֆոտոնների լրիվ հոսքն է:

Աջակողմյան արգելքին բացասական լարում կիրառելիս (աջ հպակին կիրառվում է մինուս) աջ $p - n$ անցումը հակառակ է շեղվում, որի հետևանքով պոտենցիալ արգելքը մեծանում է (նկ. 2.4), հետևաբար մեծանում է ալիքի որոշ $\Delta\lambda$ միջակայքի կլանման չափը ուստի և այդ արգելքով պայմանավորված I_2 ֆոտոհոսանքը:



Նկ. 2.3. Կառուցվածքի էներգետիկական գոտիային դիագրամ

Միաժամանակ փոքրանում է ձախակողմյան n-p անցման արգելքը և նրան հարող տիրույթում $\Delta\lambda$ միջակայքի կլանման չափը, կամ n-p անցումով պայմանավորված I_1 ֆոտոհոսանքը: Ներքևում բերված ալգորիթմի օգնությամբ լարման ΔV փոփոխմամբ կարելի է գրանցել առանձին λ երկարության ալիքը և դրա ինտենսիվությունը: Դրանով իսկ ստանալ ալիքների ինտենսիվության սպեկտրային կախվածությունը:



Նկ. 2.4. Արտաքին լարմամբ էներգետիկական մակարդակների փոփոխությունը

Ֆոտոդետեկտորում կլանման խորությունները որոշելու համար հարկավոր է իմանալ ֆոտոդիոդների վրա լարման V_1 և V_2 անկումները: Դրա համար օգտվել ենք դիոդի վոլտամպերային բնութագրի պարզեցված արտահայտությունից [66] և համակարգով ընդհանուր հոսանքը դիտել որպես երկու դիոդների մթնային հոսանքների տարբերություն՝

$$I_0 \left(e^{\frac{qV_1}{kT}} - 1 \right) - I_0 \left(e^{-\frac{qV_2}{kT}} - 1 \right) = I \quad (2.21)$$

Որտեղ I_0 - ն հագեցման հոսանքն է և նույնատիպ դիոդների համար ունի նույն արժեքը, $\frac{kT}{q}$ -ն ջերմային պոտենցիալն է:

(2.21) – ի մեջ տեղադրելով $V_2 = V - V_1$ արժեքը կստանանք՝

$$e^{\frac{qV_1}{kT}} \left(1 - e^{-\frac{qV}{kT}} \right) = \frac{I}{I_0} \quad \text{Կամ} \quad V_1 = -\frac{kT}{q} \ln \left(1 - e^{-\frac{qV}{kT}} \right) + \frac{kT}{q} \ln \frac{I}{I_0} \quad (2.22)$$

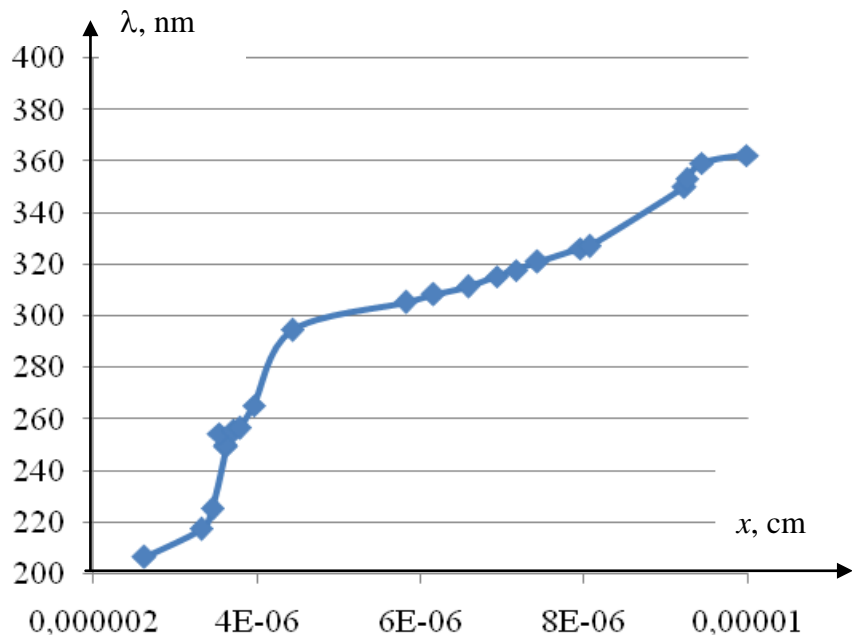
Այտեղ I – ն համակարգի չափվող ընդհանուր հոսանքն է:

Լարման V_1 և V_2 անկումներով կարելի որոշել դիոդների պոտենցիալ արգելքների լայնությունները, հետևաբար (2.17) արտահայտությունում x_{nl} և x_{nl} -ը:

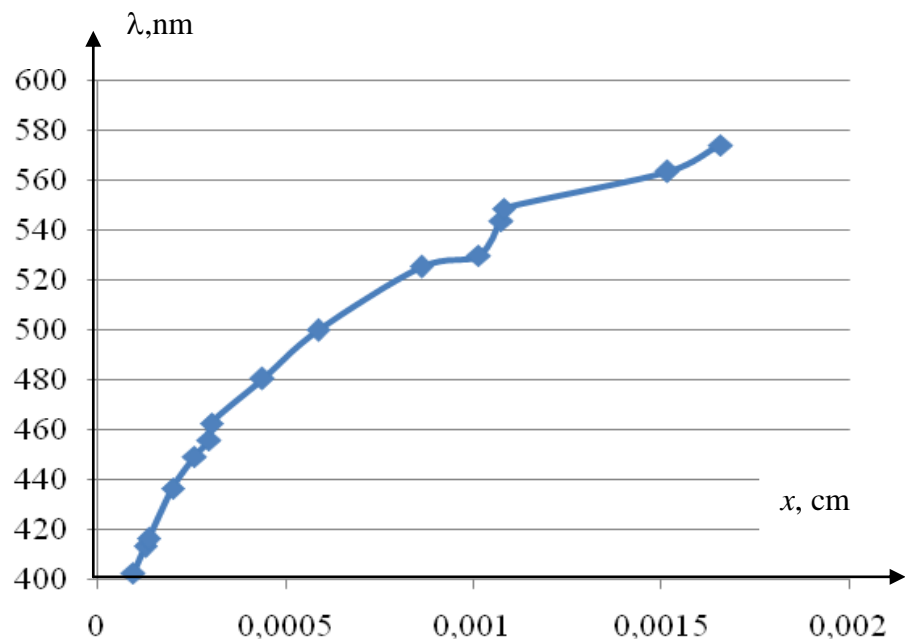
Այժմ դիտարկենք հակառակ ուղղված դիոդային կառուցվածքի օգնությամբ ճառագայթի ինտեգրալ հոսքից առանձին ալիքների ջոկման որոշ առանձնահատկություններ, և բացահայտենք օբյեկտում ալիքի կլանման կամ դրանից առաքման (ֆյուրեսցենցիա) պայմաններում փնտրվող ալիքի և նրա ինտենսիվության գտնելու հնարավորությունները: Հետազոտման ժամանակ օգտագործվել է Արևի ճառագայթի AMO սպեկտրային բաշխվածությունը՝ $\lambda = 250$ նմ - ից մինչև $\lambda = 1100$ նմ երկարության ալիքների ընդգրկումով [67]:

Ճառագայթի ինտենսիվությունից ֆոտոհոսանքի գծային կախվածությունը (19) հնարավորություն է տալիս ինտենսիվության փոփոխմամբ փոփոխել կլանման խորությունը: Դա իր հերթին թույլ է տալիս նվազագույն կլանման ինտենսիվությամբ, երբ դեռ հնարավոր է գրանցել ֆոտոհոսանք, բարձրացնել ալիքների որոշման ճշտությունը՝ գրանցող միջավայրի խորության հետ կլանման խորությանը համապատասխանեցնելու ճանապարհով:

Այսպես, օրինակ Արևի սպեկտրի ինտենսիվությունը 10^{10} անգամ նվազեցնելիս կարճ ալիքների կլանման խորությունը Բուգեր Լամբերտի օրենքից, կլինի 20 նմ-ից մինչև 100 նմ միջակայքում (նկ. 2.5), իսկ երկար ալիքներինը՝ 400 նմ-ից մինչև 16 մկմ:



Նկ. 2.5. Կլանման խորության կախումը ալիքի երկարությունից՝ կարճ ալիքների դեպքում



Նկ. 2.6. Կլանման խորության կախումը ալիքի երկարությունից՝ երկար ալիքների դեպքում

(նկ. 2.6): 400 նմ-ից սկսած նկատվում է կլանման խորության ինտենսիվ աճ, հետևաբար այդ միջակայքում ալիքի ներդումը հոսանքում՝ համեմատաբար քիչ է:

2.2. Էլեկտրոնագնիսական ճառագայթի ինտեգրալ հոսքի սպեկտրային կազմի և նրա փոփոխության որոշումը

Դիտարկվել է Արևի ճառագայթի կլանումը: Ճառագայթի ալիքների ինտենսիվությունները նույն չափով նվազեցվել են, այնպես որ կլանման խորությունը համապատասխանի գրանցող միջավայրի լայնությանը (~1մկմ): Այդ դեպքում x – ի հնարավոր մեծ արժեքին համապատասխան ֆոտոհոսանքը կայանմանավորվի առավել խորը ներթափանցած ալիքով: Նման պայմաններում ճառագայթի ինտեգրալ հոսքից առանձին ալիքների ու դրանց ինտենսիվությունների ջրկման գործընթացը կայանում է հետևյալում.

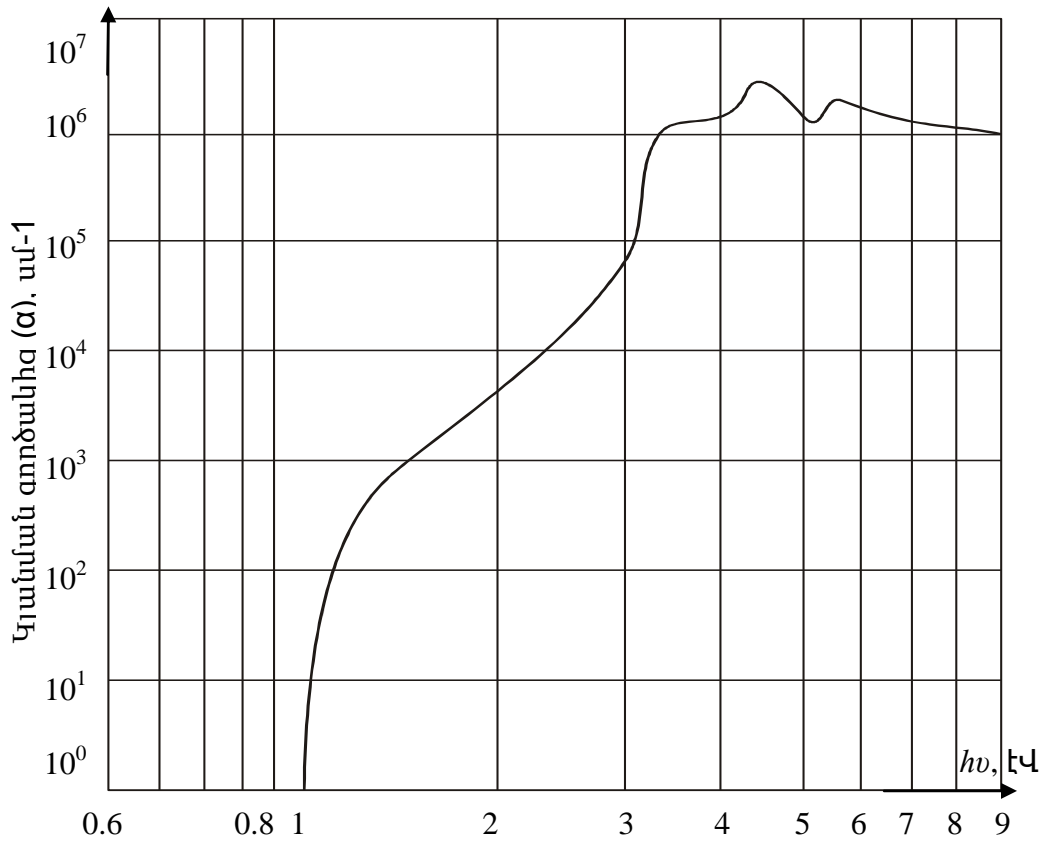
Ենթադրենք ինֆորմատիվ ազդանշանը ֆոտոհոսանքն է: Ունենք շեղման լարման 1 մՎ փոփոխությանը համապատասխան x – ի երկու առավելագույն x_1 և x_2 արժեքները և նրանց համապատասխան I_1 և I_2 ֆոտոհոսանքները: Դրանք ստացվել են միայն ամենախորը ներթափանցած λ_i ալիքի կլանումից: Այդ հոսանքների միջոցով, համասեռ միջավայրում ճառագայթի կլանման Բուգեր Լամբերտի օրենքից, կստանանք ալիքի կլանման գործակիցը՝

$$\alpha_i = \frac{1}{\Delta x} \ln \frac{I_2}{I_1} \quad , \quad (2.23)$$

որտեղ $\Delta x = x_{n1} - x_{n2}$:

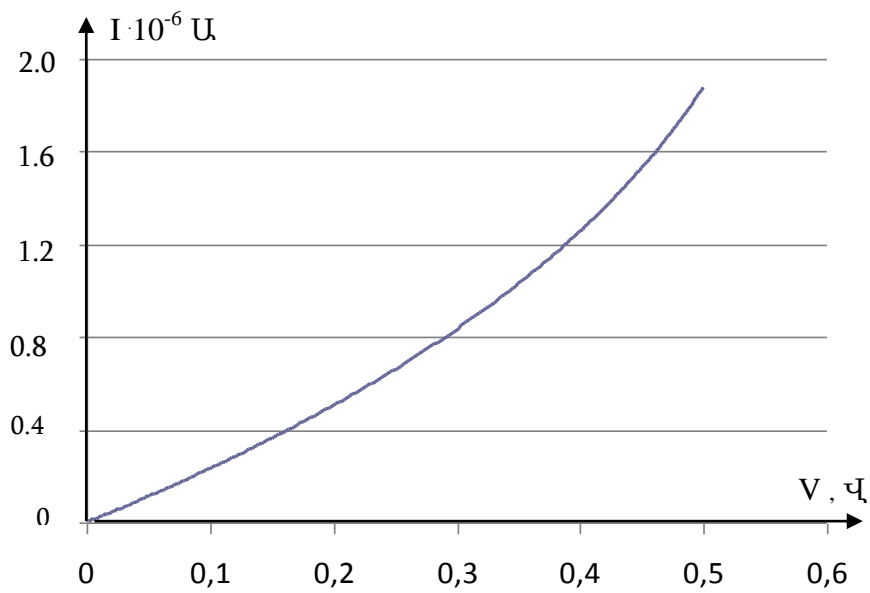
Այնուհետև օգտագործելով $\alpha = f(\lambda_i)$ կախվածությունից ֆոտոդետեկտորի ելքային նյութի, օրինակ սիլիցիումի [67], համար ծրագրով, որոշվում է համապատասխան ալիքի երկարությունը: Օգտվելով հոսանքի (2.19) բանաձևից կստանանք կլանվող ճառագայթում առանձին ալիքների ինտենսիվությունները՝

$$F_{oi} = \frac{J_i}{q \left(\frac{e^{-\alpha_i x_m} - e^{-\alpha_i (d-x_m)}}{1 + \alpha_i W_p} \right)} \quad (2.24)$$



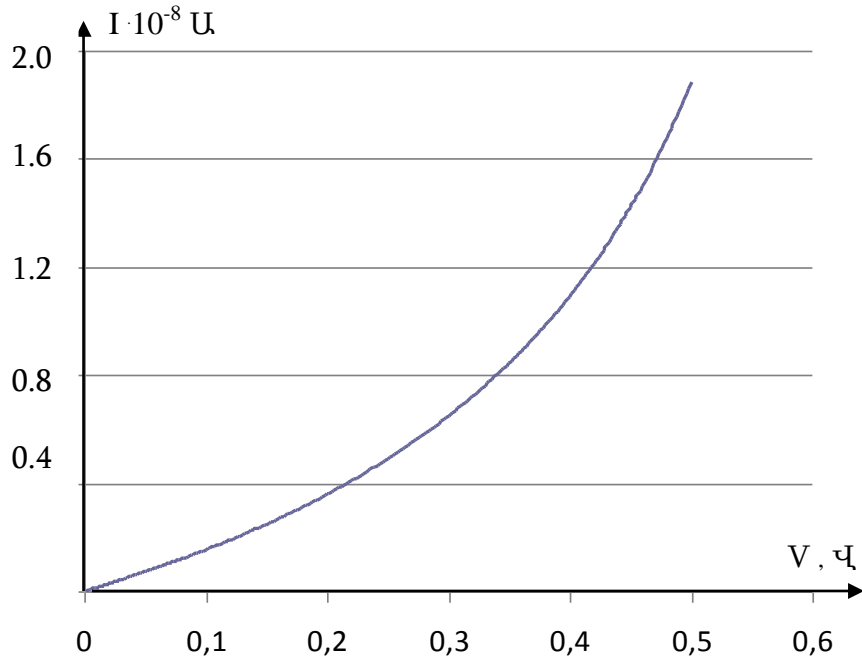
Նկ. 2.7. Օպտիկական կլանման սպեկտրը մաքուր սիլիցիումում

Այսպիսով (2.23) և (2.24) – ի օգնությամբ որոշվում է առավել խորը ներթափանցած ալիքի կլանման գործակիցը, ալիքի երկարությունն ու ինտենսիվությունը:

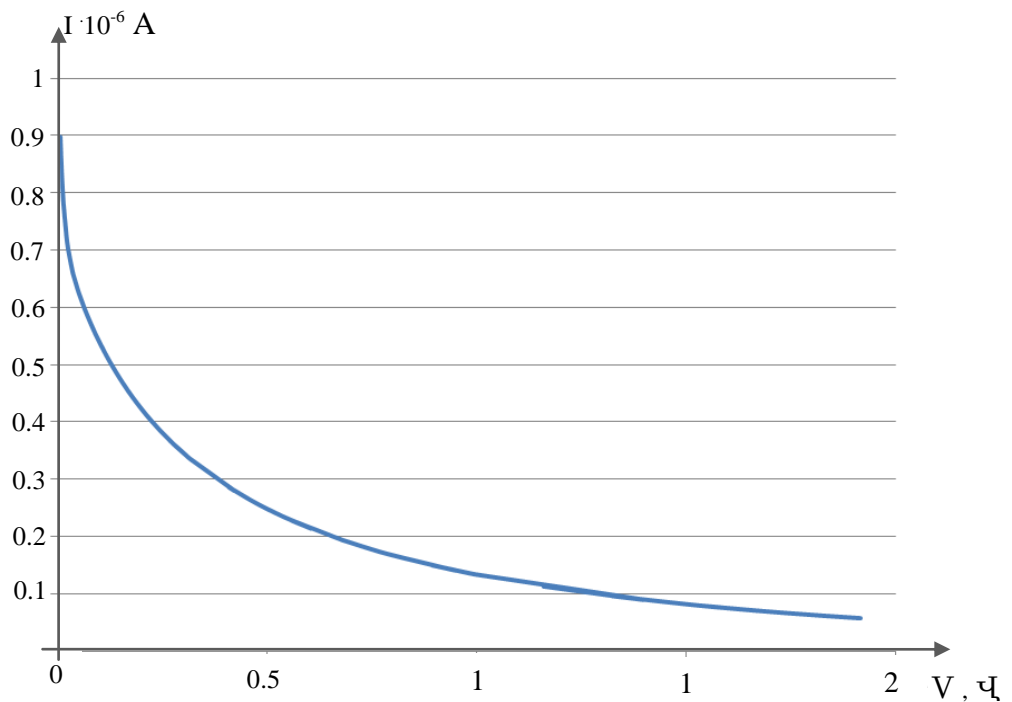


Նկ.2.8. Գումարային ֆոտոհոսանքի կախումը V – ից

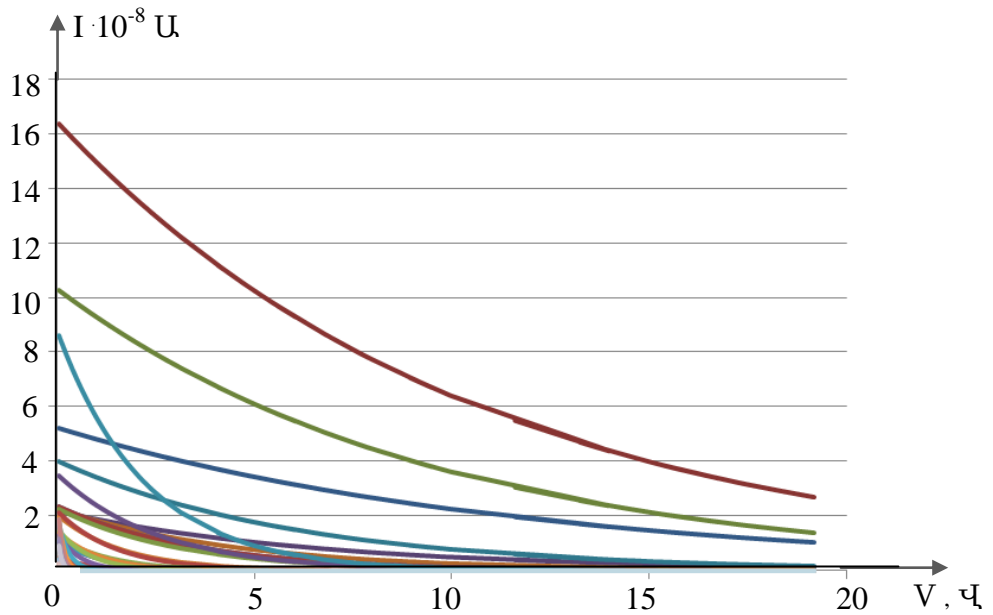
Հաջորդ քայլում (2.19) արտահայտությամբ, հաշվի առնելով (2.23) արտահայտությունը և կլանման մակերեսները, կառուցվում է $I_1 = f(V)$ կախվածությունը (նկ. 2.9) և այն հանվում գումարային հոսանքի փորձնական $I = f(V)$ կախվածությունից (նկ. 2.8):



Նկ.2.9. Առանձին ալիքի ստեղծած ֆոտոհոսանքի կախումը V – ից



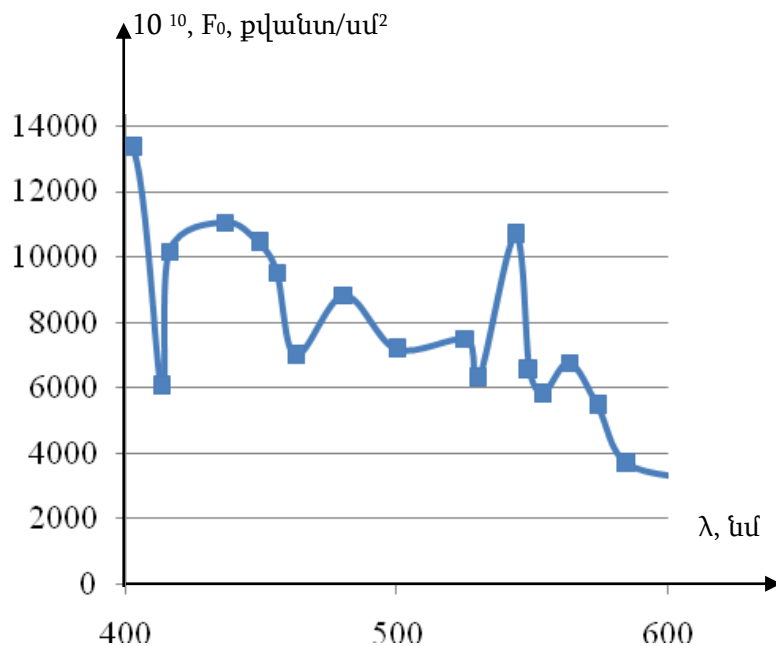
Նկ.2.10. Գումարային ֆոտոհոսանքի կախումը V – ից, երբ բացակայում է որոշված ալիքը



Նկ. 2.11. Առանձին ալիքների ֆոտոհոսանքների կախվածությունները V –ից

Արդյունքում ունենում ենք գումարային ֆոտոհոսանքի V – ից մի նոր կախվածություն՝ առանց $I_i = f(V)$ կախվածության (նկ. 2.10): Ծրագրային ռեժիմում այս եղանակով հաջորդաբար ստանում ենք ճառագայթում եղած բոլոր ալիքների երկարություններն ու նրանց ինտենսիվությունները: Ստանում ենք նաև այդ ալիքներով պայմանավորված ֆոտոհոսանքի կախվածությունները V –ից (նկ. 2.11):

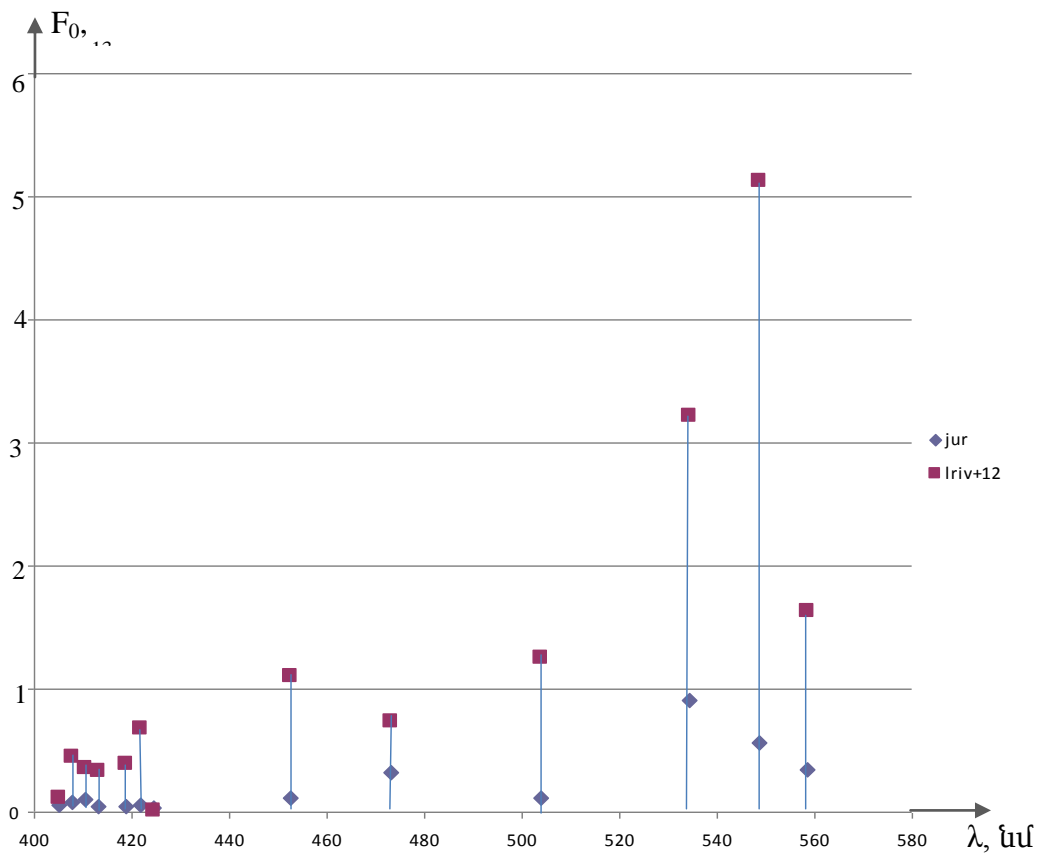
Արդյունքում ստանում ենք Արևի սպեկտրի հետևյալ կախվածությունը՝



Նկ. 2.12. Ճառագայթի ինտենսիվության սպեկտրային բաշխվածությունը

Այն կարելի է պահել սարքի հիշողության մեջ և օգտագործել օբյեկտների ճանաչողական պրոցեսներում:

Հայտնի են ՈւՄ և տեսանելի – սպեկտրոսկոպիայով ջրում վնասակար նյութերի (տես հավելվածի Աղյուսակ 2.2-ը) քանականակ որոշման հիմնական պարամետրերը: Այսպիսով ջրում մի շարք վնասակար նյութերի հայտնաբերման ու նրանց հետ կապված ռիսկի նվազեցման համար որոշվել է սպեկտրային կազմի փոփոխությունը այդ աղյուսակի համար: Դա բերված է նկ. 2.13 – ում:



Նկ. 2.13. Ճառագայթի ինտենսիվության սպեկտրային բաշխվածության փոփոխությունը

2.3 Փորձնական արդյունքները

Մուտքային ազդանշանից դեպի ելքում ճառագայթի ինտենսիվության սպեկտրային կախվածություն իրականացվել է LabVIEW ծրագրավորման միջավայրում: LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) - ն գրաֆիկական

ծրագրավորման միջավայր է. այն ստեղծվել է «National Instruments» ընկերության կողմից 1986 թ. և միտված է արագացնելու ծրագրավորման աշխատանքները, որոնք անհրաժեշտ են հետազոտողներին կամ գիտնականներին ինրենց առօրյա լաբորատոր գործընթացներում: Գրաֆիկական լեզուն կոչվում է «G»:

LabVIEW ծրագրերը / ենթագրերը՝ կոչվում են վիրտուալ գործիքներ (VIs): Յուրաքանչյուր VI ունի երեք բաղադրիչները՝ բլոկային դիագրամ, առջևի վահանակ և միակցիչի վահանակ: Վերջինս օգտագործվում է որպեսզի VI-ը ներդրվի մեկ այլ VI-ի բլոկային դիագրամներում՝ որպես ենթա VI:

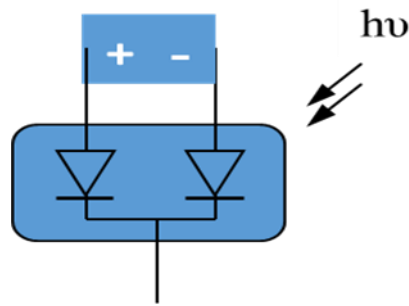
VI-ի ճակատային վահանակը պարունակում է ղեկավարող էլեմենտներ և ցուցանիշներ: Ճակատային վահանակը թույլ է տալիս օպերատորին տվյալներ ներմուծել կամ վերծանել տվյալները վիրտուալ գործիքից (VI):

Սակայն, առջևի վահանակը կարող է նաև ծառայել որպես ծրագրային ինտերֆեյս: Այսպիսով վիրտուալ գործիքը կարող է գործարկվել նաև որպես անկախ ծրագիր, որը օգտագործվում է որպես առջևի վահանակ (ինտերֆեյս):

Սա ենթադրում է՝ յուրաքանչյուր VI- ը հեշտությամբ կարելի է փորձարկել մինչև ավելի մեծ ծրագրում ենթածրագրի ներգրավվելը (VI):

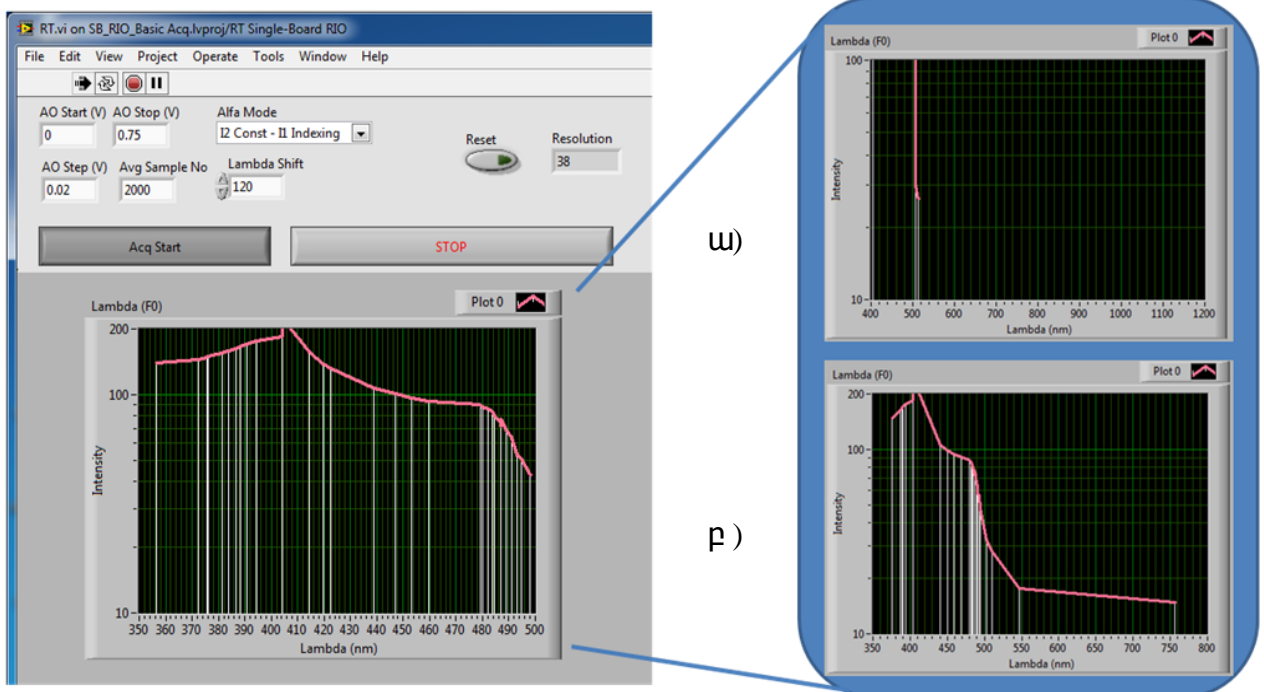
LabVIEW-ի կարևորագույն առավելությունը այլ ծրագրավորման միջավայրերի նկատմամբ այն է, որ LabVIEW-ն ունի բազմաթիվ սարքերի հետ աշխատելու համար անհրաժեշտ բոլոր գործիքները և կարգաբերումները, որով և հեշտացնում և արագացնում է ֆիզիկական ազդանշանների (անալոգային, թվային) հետ աշխատանքը: Բացի այդ իրականացնում է ճշգրիտ չափումներ և ալգորիթմական մոտեցմամբ արդյունքների արտացոլում:

Փորձնական աշխատանքն իրականացվել է ՓԸ-20-30K մակնիշի սիլիցիումային ֆոտոդետեկտորի օգնությամբ (Նկ. 2.14), որում Ֆոտոդիոդների պոտենցիալ արգելքները միմյանց հակառակ են ուղղված և միացման ցանկացած բևեռականության դեպքում արգելքներից մեկը շեղվում է ուղիղ, իսկ մյուսը՝ հակառակ ուղղությամբ:



Նկ. 2.14. ՓԸ-20-30K Ֆոտոդետեկտորի սխեմատիկ պատկերը

Մշակումն իրականացնելու համար պատրաստվել է նմուշ նախատիպ: Այն ներառում է կոնտրոլեր (Համակարգիչ (Controller) NI sbRIO 9636), ՓԸ-20-30K ֆոտոդետեկտորի, էկրան: Ալգորիթմն իրականացնելու համար ստեղծվել և փորձարկվել է համապատասխան ծրագիր: Փորձարկումն իրականացվել է սենյակի ցերեկային լույսի և լազերի ճառագայթի օգտագործմամբ: Էկրանին ստացվել է սպեկտր (նկ. 2.15ա): Լազերի ֆոտոպատասխանի ստացված սպեկտրի համընկումն էտալոնային ալիքի հետ (նկ. 2.15բ), նախատիպը կյանքի կոչելու առաջընթաց է ապահովում



Նկ. 2.15. Սենյակային լուսավորվածության և լազերի ճառագայթի սպեկտրը

2.4. Ուղղաձիգ տեղաբաշխված երկարգելք կառուցվածքով սպեկտրային վերլուծության մոդել

Պայթուցիկ նյութերի հեռասպեկտրաչափությունը ենթադրում է բնական օբյեկտներում տարածության մեջ դրանց հայտնաբերում, նույնականացում և քանակության որոշում: Այդ ճանապարհին էլեկտրամագնիսական ալիքների սպեկտրային վերլուծություն ապահովող առաջնային տվիչների զարգացումն ունի առաջնահերթ նշանակություն: Հատկապես կարևոր է տարբեր միջավայրերում անհպակ զոնդավորման ընդունակ զգայուն տվիչների մշակումը և հետազոտումը [1, 14, 16, 68-71]:

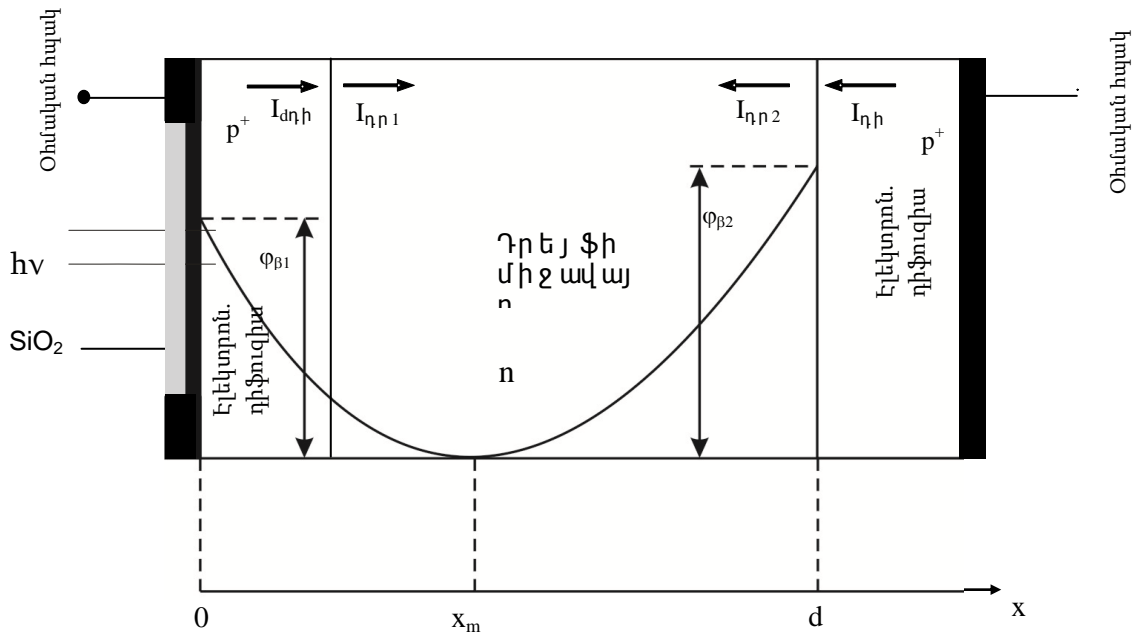
Գոյություն ունեցող սպեկտրային վերլուծիչները գնի, հուսալիության, տվյալների հավաստիության, դաշտային պայմաններում հեշտ օգտագործման, թեթև քաշի և չափերի, բազմաֆունկցիոնալության տեսակետից կատարելագործման կարիք ունեն [63, 64]: Խնդիրը կարելի է լուծել նոր եղանակների և նոր ամբողջական ալգորիթմների ստեղծման ճանապարհով:

Ստորև կքննարկենք նման մոտեցման արդյունքը՝ թմրանյութերի հայտնաբերման տեսանկյունից:

Մշակումը պետք է ի վիճակի լինի լուծել օպտիկական վերլուծության խնդիրը և հեշտ ինտեգրվի ընդհանուր նշանակության, օրինակ օդանավերի անվտանգության ստուգման, մոնիթորինգի համակարգերում: Այդ նպատակի համար սպեկտրային զգայությունը պետք է լինի 200-1000 նմ միջակայքում:

Պահանջվում է 310 նմ ալիքով լազերային ճառագայթի գեներատոր և դրա նկատմամբ 1,5 – 2 մ միջանցկով և 2 – 3 մ հեռավորության վրա զգայուն տվիչ, համապատասխան սարքավորումներ այդ տարածքում պայթուցիկ նյութեր հայտնաբերելու համար: Խցիկը տեղավորվում է միջանցքի ներսում և, համապատասխան տվիչով, կնկատի այնտեղով անցնող օբյեկտին, եթե այն պարունակում է պայթուցիկ նյութ: Դա թույլ կտա ավտանգության ծառայության աշխատակիցներին տարածության մեջ նույնականացնել և քանակապես վերլուծել սպեկտրային զգայության միջակայքում գրանցվող, օբյեկտում պարունակող վնասակար նյութը, և տվյալների բազայում պահվող տեղեկության հետ համեմատությամբ, դասակարգել պայթուցիկության տեսակը:

Առաջարկվող տվիչը հանդիսանում է կիսահաղորդչային կառուցվածք, որը պարունակում է երկու հակառակ ուղղված $p^+ - n$ և $n - p^+$ պոտենցիալ արգելքներ, որոնք



Նկ. 2.16. $p^+ - n - p^+$ կիսահաղորդչային կառուցվածք

n բազայում հավում են միմյանց (նկ. 2.16): Էլեկտրամագնիսական ճառագայթները տարածվում են երկայնական կլանմամբ (նկ. 1.16.): $p^+ - n$ անցումը դրական է շեղված, իսկ $n - p^+$ անցումը՝ բացասական:

Օհմական հպակներին նման արտաքին լարում կիրառելիս աղքատացած շերտերի հպման x_m կետը կարող է տեղափոխվել դեպի լուսազգայուն մակերես:

Բազայում հոսանքը դրեյֆային է, իսկ p - տիրույթում դիֆուզիոն [75]: Այդ հոսանքները որոշվում են համապատասխանաբար՝

$$I_{diff} = SqF_0 \frac{\alpha L_n}{1 + \alpha w} e^{-\alpha d},$$

$$I_{dr1} = qF_0 S (1 - e^{-\alpha x_m}),$$

$$I_{dr2} = qF_0 S (e^{-\alpha x_m} - e^{-\alpha d}),$$

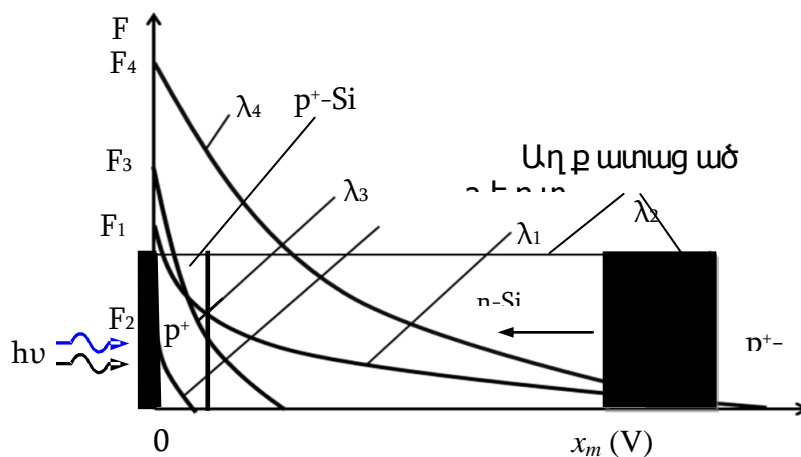
Արտահայտություններով, իսկ ճառագայթի ինտեգրալ հոսքի ստեղծած գումարային ֆոտոհոսանքը՝

$$\sum_{i,j} I_{Ph\ i,j} = \sum_{i,j} I_{dr1\ i,j} - \sum_{i,j} I_{dr2\ i,j} - \sum_{i,j} I_{dif\ i,j} =$$

$$: S q \sum_{i,j} F(\lambda_i) \left(1 - 2e^{-\alpha_i x_{mj}} + \frac{e^{-\alpha_i d}}{1 + \alpha_i w} \right)$$

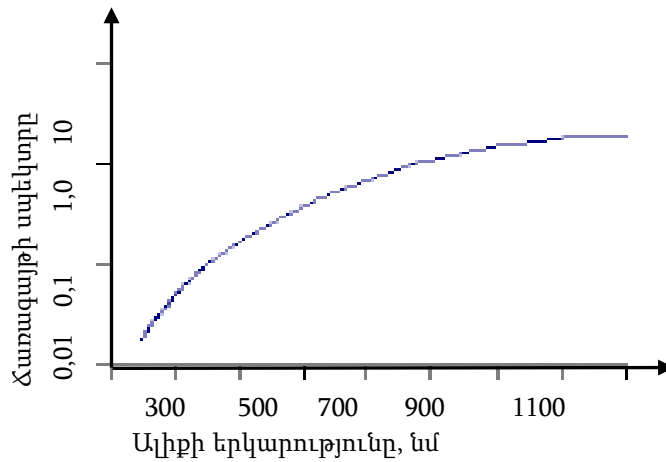
Այս արտահայտությունները պարունակում են ֆիզիկական գործընթացի մոդելավորման և կառուցվածքի հետազոտման համար անհրաժեշտ հարաբերակցություններ: Հաշվառված կարևորագույն պարամետրերն են՝ էլեկտրոնների պոտենցիալ էներգիայի մինիմումի x_m կետը, ֆոտոնների լրիվ F_0 հոսքը, բազայի d լայնությունը, կլանման α գործակիցը, շեղման V լարումը [74]:

Աղքատացած շերտերի համան x_m կետը (նկ. 2.17) արտաքին լարումով տեղափոխվում է դեպի հպակների աջ կամ ձախ մակերևույթ՝ կախված կիրառված լարման բևեռականությունից: Էլեկտրամագնիսական ճառագայթը կլանվում է հպակների կողմից: Հոսանք ստեղծվում է պլանար կառուցվածքի բազայի d հաստությունում: p^+ տիրույթները բարակ լինելու պատճառով կարելի է անտեսել: x_m – ի տեղափոխությունը դեպի մակերևույթներ (դեպի նկ. 5-ի “0” կամ “d”), աղքատացած շերտերի լայնությունների տարբերությամբ պայմանավորված, հոսանքի ստեղծման տիրույթ է ներառում նորանոր ալիքներ և դրանց հաշվին առաջացնում ֆոտոհոսանքի փոփոխություն: Բուլբեր Լամբերդի օրենքից բխում է, որ որքան կարճ է ալիքը, այնքան փոքր է կլանման խորությունը:



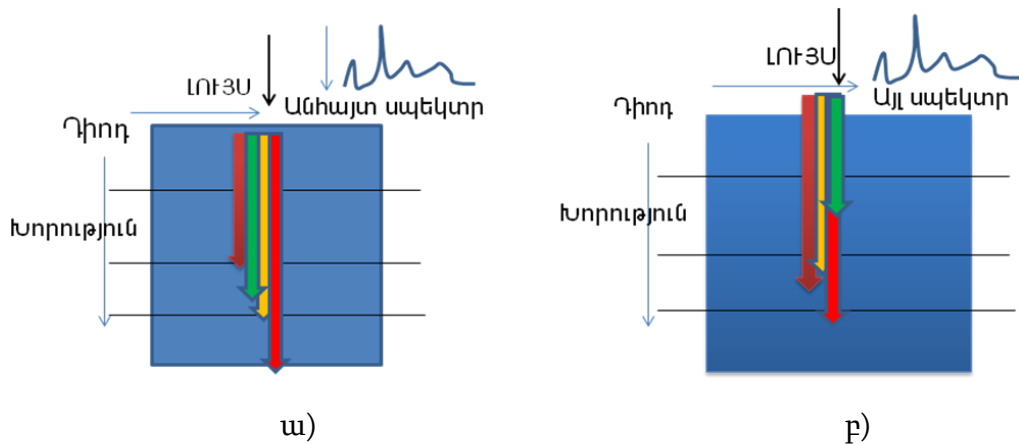
Նկ. 2.17. Տարբեր ալիքների կլանման կորերը ֆոտոդետեկտորային կառուցվածքում:
F-ը ալիքի ինտենսիվությունն է

Այդ սկզբունքը արդյունավետ կաշխատի, եթե ալիքների ինտենսիվությունը ալիքի երկարության աճի հետ մեծանա (նկ. 2.18):



Նկ.2.18. Վոլֆրամե թելիկով լամպի ինտենսիվության սպեկտրային բաշխվածությունը

Սակայն ալիքները ըստ խորության և ըստ ինտենսիվության կարող են տարբեր կերպ բաշխվել (նկ. 2.19. ա և բ):

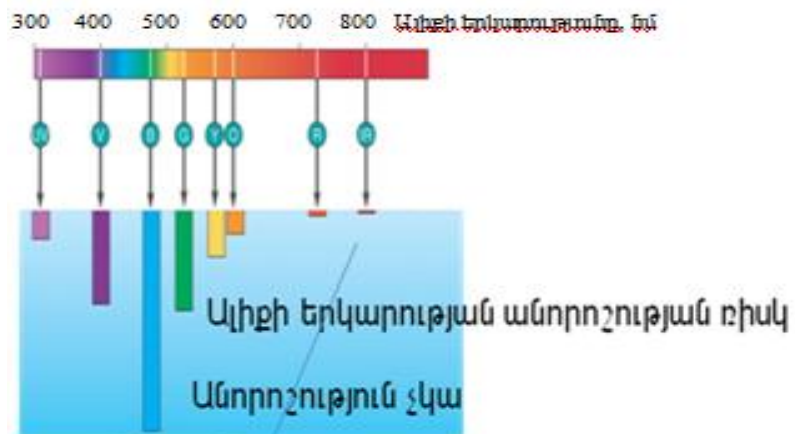


Նկ. 2.19. Ալիքների բաշխումը ըստ խորության

Բացի այդ ճառագայթի ինտեգրալ հոսքում հաճախ հնարավոր է, որ մեծ ինտենսիվության կարճ ալիքը փոքր ինտենսիվության երկար ալիքի համեմատ տվյալ x_m կետում ունենա մնացորդային ավելի մեծ ինտենսիվություն: Այդ դեպքում (օրինակ նկ. 2.20) տարբեր խորություններում առկա է անորոշության տարբեր աստիճաններ,

որի արդյունքում գումարային ֆոտոազդանշանը մեծ չափով պայմանավորված կլինի մեծ ինտենսիվության ալիքով: x_m -ի երկու տարբեր, միմյանց մոտ, արժեքներին համապատասխան գումարային ֆոտոազդանշանի փոփոխման օրենքը ևս,

հիմնականում, կպայմանավորվի այդ ալիքով, այնքան ճշգրիտ, որքան մեծ է գումարային ֆոտոազդանշանում այդ ալիքի ներդրումը և որքան միմյանց մոտ են x_m -ի երկու արժեքները:



Նկ. 2.20. Ըստ խորության անորոշության աստիճանը

Այսպիսով, ֆոտոդետեկտորի գրանցման միջավայրում խորքից մակերևույթ տեղափոխվելիս երկարից դեպի կարճ ալիքների գրանցումը, որոշակի մոտավորությամբ, ինչպես և երկուդի կառուցվածքում, կիրականանա հաջորդաբար: Դա հնարավոր է դառնում մշակված ալգորիթմով (տես գլուխ ,,), որը թույլ է տալիս ճառագայթի ինտեգրալ հոսքի ստեղծած գումարային ֆոտոհոսանքից հաջորդաբար տարանջատել առանձին ալիքների ստեղծած ֆոտոհոսանքները և դրանցով ճանաչել կլանող նյութը և որոշել կլանման չափը՝ նյութի քանակը:

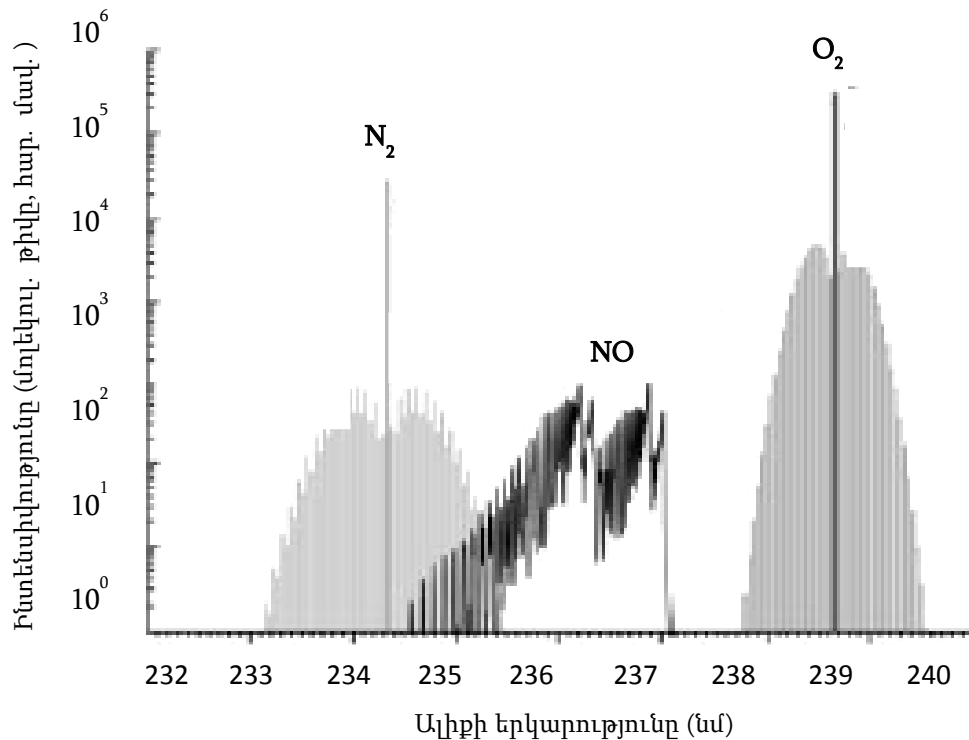
Ալիքների ճանաչման խնդիրը հեշտությամբ կարելի է լուծել, եթե օբյեկտները հետազոտվեն վոլֆրամե շիկացման թելիկի ճառագայթի կլանման պայմաններում (նկ. 2.18): Ինչպես երևում է նկարից ալիքի երկարության աճին զուգընթաց ինտենսիվությունն աճում է, իսկ, Բուգեր Լամբերտի օրենքից, աճում է նաև կլանման խորությունը:

Այդ պայմաններում բազայում x_m -ը տեղափոխելով խորքից դեպի մակերևույթ ալիքների գրանցումը կլինի հաջորդաբար՝ երկարից մինչև կարճ ալիք: Դա թույլ է տալիս ստեղծել ընդհանուր ֆոտոհոսանքից որոշակի ալիքի ֆոտոհոսանքն անջատող ալգորիթմ և դրանից ելնելով ճանաչել կլանող նյութը և որոշել դրա խտությունը [72-76]:

Այդ պայմաններում անորոշությունների դերը նվազեցնելու և չափման ճշտությունը բարձրացնելու համար ֆոտոազդանշանը պայմանավորում են մեծ ինտենսիվությամբ և ներթափանցման խորությամբ ալիքով: Այդ դեպքում խորը տեղաբաշխված x_m -ի երկու մոտ տեղաբաշխված արժեքներին համապատասխան հոսանքները կարտահայտվեն միևնույն ալիքի կլանման գործակցով: Դա կապահովի այդ ալիքի երկարության և ինտենսիվության որոշում: Այդ ալիքի հոսանքը բացառելով կարելի է համանման քայլերով հաջորդաբար որոշել մնացած ալիքները և դրանց ինտենսիվությունները:

Գոյություն ունեն երեք հիմնական գործոններ, որոնք թույլ են տալիս տարածության վրա (~ 3 մ), նույնականացնել պայթուցիկ նյութերը: Դա հենվում է ֆոտոլիզի ազդեցությամբ ազոտի օքսիդի (NO) մոլեկուլային նյութի գոլորշիների ֆլուորենսցենցիայի ֆենոմենի վրա: Այդ գոլորշիները, սովորաբար, խտանում են պայթուցիկ նյութի հետ ինչ որ ձեվով հպում ունեցող բնական օբյեկտի մակերեսին:

1. Ազոտի օքսիդի (NO) նիտրոխումբը լայն տարածում գտած քիմիական բաղադրիչ է պայթուցիկ նյութերի մեծ մասի մոտ:
2. (C-NO₂, N-NO₂, O-NO₂) –ն ունի միացության նվազագույն էներգիա, և ֆոտոլիզի գործընթացում ազոտի մի մասը (NO)-ի տեսքով անջատվում է իրականացնում ֆլուորենսցենցիա՝ 236 նմ երկարությամբ ալիքի տեսքով: Դա տալիս է հնարավորություն իրականացնել ֆլուորենսցենցիայի ալիքի սպեկտրային վերլուծություն և պայթուցիկ նյութի նույնականացում:
3. Պայթուցիկ նյութերի մոլեկուլներն ունեն կլանման լայն սպեկտր: Դա հատուկ է ազոտի օքսիդի (NO) մոլեկուլին: Այդ պատճառով շատ դեպքերում կարելի է օգտագործել կլանման ճառագայթի այն աղբյուրը, որն օգտագործվում է ճառագայթի սպեկտրի համար:

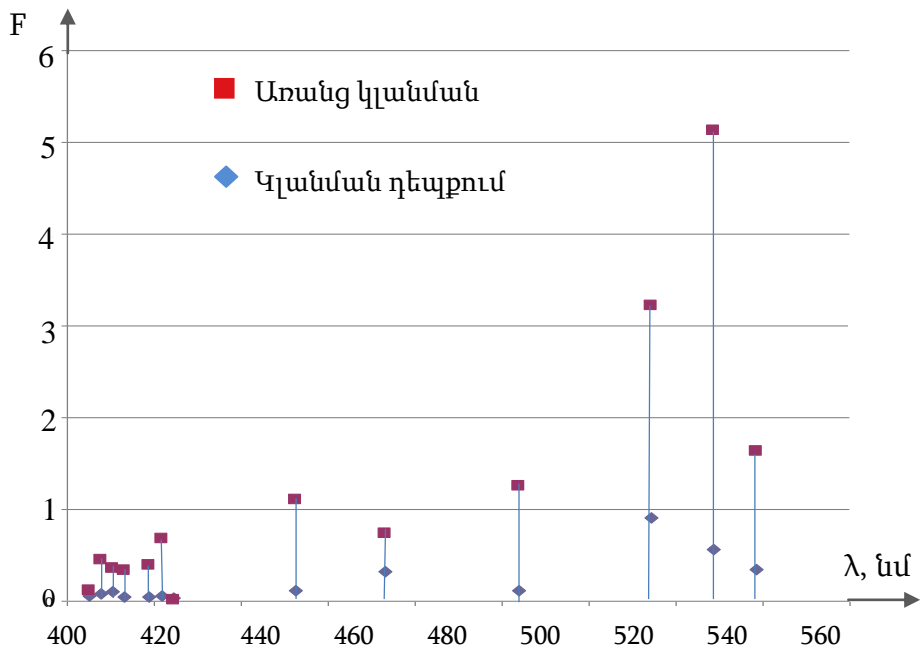


Նկ. 2.21. Ֆլուորենսցենցիայի ալիքի ինտենսիվության սպեկտրային կախումը

Կրիպտոննե (Kr) լազերով ճառագայթելիս (ալիքի երկարությունը 310 նմ) պայթուցիկ նյութի գոլորշիները ենթարկվում են ֆոտոլիզի և, որպես արդյունք, առաջանում գրգռված էլեկտրոններով ազոտի օքսիդի (NO), ազոտի (N₂) և թթվածնի (O₂) մոլեկուլներ: Այդ գրգռումն ուղեկցվում է համապատասխան երկարությամբ ալիքների ֆլուորենսցենցիա (նկ. 2.21):

Մոդելավորման ընթացքում օգտագործվել է ֆոտոդետեկտորում ֆոտոէլեկտրոնային գործընթացները նկարագրող վերը բերված մաթեմատիկական արտահայտությունները և Արևի սպեկտրի [67] համապատասխան միջակայքը (նկ.2.22):

Օգտագործելով մշակած ալգորիթմի հիմքով ստեղծած ծրագրային ապահովվածությունը ստացվել է ճառագայթի ինտենսիվության սպեկտրային բաշխվածությունը ընտրված 13 ալիքների համար: Կարմիր կետերը կլանման բացակայության, իսկ կապույտները՝ առկայության դեպքում:



Նկ. 2.22. Ճառագայթի տեսանելի միջակայքում ինտենսիվության սպեկտրի հարաբերական բաշխումը

Աղյուսակ 1-ում բերված է միավոր ծավալում պայթուցիկ նյութերի մոլեկուլների թիվը:

Աղյուսակ 2.1. Միավոր ծավալում մոլեկուլների թիվը

	Պայթուցիկ նյութի գոլորշիների խտությունը (ըստ հերթականության) [77]		
Պայթուցիկ նյութի տեսակը	Պայթուցիկ նյութերի մոլեկուլների քանակը օդի 1 տրիլյոն մոլեկուլում	1 սմ ³ օդում պայթուցիկ նյութերի մոլեկուլների քանակը	1 սմ ³ օդում պայթուցիկ նյութերի քանակը՝ գրամով
Նիտրոգլիցերին (NG)	10 ⁶	10 ¹³	10 ⁻⁹

Տրոտիլ (TNT)	10^4	10^{11}	10^{-11}
PETN	$10^0 - 10^1$	$10^8 - 10^9$	$10^{-14} - 10^{-13}$
Ցիկլոնիտ (RDX)	10^0	10^8	10^{-14}
C-4	10^{-1}	10^7	10^{-15}
Դենատրիտ էթիլենգլիկոլ (EGDN)	10^8	10^{15}	10^{-7}

Տարբեր նյութերի մոտ այն տատանվում է 10^7 -ից մինչև 10^{15} , ինչը, 100% կլանման արդյունավետության դեպքում, համապատասխանում է 10^{-12} -ից մինչև 10^{-4} Ա ֆոտոհոսանքների ստեղծմանը: Դա լիովին գրանցելի է, քանի որ առաջարկվող ֆոտոդետեկտորը սիլիցիումային p-n անցումային կառուցվածք է և ունի $\sim 10^{-14}$ Վտ· Հց^{-1/2} շեմային ֆոտոզգայնություն:

2.4. Եզրակացություն

1. Հետազոտվել է պորտատիվ ֆոտոսենսորի նոր մոդել՝ օպտիկական ինֆորմացիայի հեռաճանաչման և սննդում վտանգավոր նյութերի իտենտիֆիկացիայի և քանակական անալիզի համար:
2. Ճառագայթի սպեկտրում ալիքներն ունեն տարբեր կլանման խորություններ և նրանց ջոկման գործընթացն իրականացվում է, սենսորին կիրառված արտաքին լարման քայքային փոփոխմամբ, գրանցող ծավալի լայնացման շնորհիվ:
3. Ստեղծած ալգորիթմը հնարավորություն է տալիս սպեկտրային անալիզն իրականացնել առանց նախնական աստիճանավորման (կոլիբրովկայի):
4. Հետազոտվել է ընտրողական զգայնության ֆոտոդետեկտորի նոր մոդել՝ մշակված օպտիկական ինֆորմացիայի և բնական օբյեկտներում պայթուցիկ նյութերի հեռահայտնաբերման, նույնականացման և քանակական վերլուծության համար:

5. Ճառագայթի սպեկտրում ալիքները ունեն կլանման տարբեր խորություններ և այդ ալիքների ընտրման գործընթացն իրականացվում է արտաքին լարման աստիճանական փոփոխմամբ գրանցող միջավայրի լայնացման շնորհիվ:
6. Մշակված ամբողջական ալգորիթմը թույլ է տալիս իրականացնել սպեկտրային վերլուծություն առանց նախնական աստիճանավորման: Առաջարկվող տվիչի օգտագործման հարմարավետությունը լավագույնս օգտագործելի է այն տեղերում, որտեղ պահանջվում է անվտանգության ստուգման համար իրականացնել պայթուցիկ և վնասակար նյութերի հեռահայտնաբերում առանց դրանց հետ շփվելու:

Այս հետազոտությունները կարող են նշանակալի զարգացում ապահովել տվիչների արտադրության մեջ, որոնք կօգտագործվեն պաշտպանական նշանակության բազմանպատակ սարքավորումներում: Քիչ ծախսատար տեխնոլոգիայի առավելությունը նոր հորիզոններ է բացում բնական օբյեկտների հետազոտման համար, հատկապես այն տեղերում, որտեղ պահանջվում են տվիչների մեծ քանակ:

ԳԼՈՒԽ 3

ՀԵՌԱՄՈՆԻԹՈՐԻՆԳԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ ԵՎ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

1. Առաջին մասում նկարագրվում է WSN-ի վրա, հեռա և ավտոմատ առցանց մոնիթորինգի համակարգ՝ օբյեկտի համապատասխան պարամետրերի վերծանումով:
2. Երկրորդ մասում նկարագրվում է մոնիթորինգային համակարգի համապարփակ կառուցվածքը:
3. Երրորդ մասում քննարկվում է տվյալների մոնիթորինգային հանգույցների ապարատային և ծրագրային ապահովումը:
4. Չորրորդ մասում բացատրվում է տվյալների կայանի ապարատային և ծրագրային ապահովումը:
5. Հինգերորդ մասում ներկայացվում է հեռամոնիթորինգային կայանի ծրագրային նախագծումը:
6. Վեցերորդ մասում վերլուծվում է թե ինչպես է այս համակարգը կիրառվում միջավայրի այս կամ այն պարամետրի մոնիթորինգում:
7. Յոթերորդ մասում ամփոփվում է վերը նկարագրված գործընթացները:

3.1. Ջրային միջավայրում անլար սենսորային ցանցերի հիման վրա մոնիթորինգային համակարգի մշակում

Համառոտագիր: Առաջարկվում է մոնիթորինգի համակարգ՝ անլար սենսորային ցանցերի հիման վրա: Այն բաղկացած է 3 մասից՝ տվյալների մոնիթորինգային հանգույցներ, տվյալների կայան և հեռամոնիթորինգային կենտրոն: Այս համակարգը հարմար է բարդ և լայնածավալ միջավայրի (այդ թվում ջրային) մոնիթորինգի համար, օրինակ ջրամբարների, լճերի, գետերի, ջրով ողողված կամ մակերեսային և խորը ստորերկրյա ջրերի: Սույն գլխում ներկայացվում է հետազոտվող միջավայրի մոնիթորինգային համակարգի նախագիծ: Տվյալ համակարգով կարելի է հաջողությամբ իրականացնել, օրինակ, արհեստական լճում, կամ խմելու ջրի հոսքագծերում մի շարք խառնուրդների (օրինակ ծանր մետաղների), որոնց կլանման

սպեկտրը ընկած է էլեկտրամագնիսական ալիքների 250 նմ-ից մինչև 1000 նմ միջակայքում, հայտնաբերում և քանակական վերլուծություն: Ջրային միջավայրերում մոնիթորինգի պահանջներին բավարարող սենսորները տեղադրվում են հանգույցներում՝ տարբեր պարամետրեր ստանալու համար: Նման մոնիթորինգային համակարգերը ունեն լայն տարածման հեռանկար:

Ներածություն:

Խնդրի լուծումը դիտարկենք ջրային միջավայրի օրինակով: Վերջինս կազմված է մակերևութային և ստորգետնյա ջրերից, կարող է լինել գետեր, լճեր, ջրամբարներ, օվկիանոսներ, սառցադաշտեր, աղբյուրներ և մակերևութային կամ խորը ստորգետնյա ջրեր, խմելու ջրի հոսքագծեր: Ջրային միջավայրը, այլ միջավայրերի օրինակ հողի, մթնոլորտի և այլնի նման, կազմված է օրգանական բաղադրամասերից: Դրանց փոփոխությունը անխուսափելիորեն փոփոխում է այն միջավայրը, որոնց հետ ջուրն առնչվում է: Չինաստանի տնտեսության արագ զարգացման օրինակով ակնհայտ երևում է ջրային միջավայրի աղտոտման վնասակար հետևանքները [78]: Այս առումով ջրային միջավայրի մոնիթորինգը, որպես ջրային ռեսուրսների կառավարման և ջրի աղտոտվածության վերահսկման ու վերացման հիմնական մեթոդներից մեկը, համարվում է չափազանց կարևոր և հեռանկարային:

Ներկայումս կան ջրային միջավայրի մոնիթորինգի 4 հիմնական մեթոդներ, որոնցից յուրաքանչյուրն ունի իր առավելությունները և թերությունները:

- 1) Ջրի որակի հայտնաբերման շարժական սարքերի օգնությամբ արհեստական նմուշառում և հետագա լաբորատոր վերլուծություն: Այս մեթոդը կիրառվում է միայն գետերի և լճերի խաչաձև բաժանիչներում՝ նմուշառման հաճախությունը սկսած մի քանի ժամից մինչև օրեր և ամիսներ է:
- 2) Ջրային միջավայրի պարամետրերի ավտոմատ և շարունակական մոնիթորինգ՝ մոնիթորինգային ավտոմատ համակարգի կողմից: Այն կազմված է մոնիթորների և կառավարման կենտրոններից, ինչպես նաև մի շարք մոնիթորինգային ենթակայաններից: Տվյալները կարող են փոխանցվել հեռակա և ավտոմատ: Յուրաքանչյուր կայան ապահովում է իրական

ժամանակում ջրային միջավայրի պարամետրերի ստացում: Այս համակարգը կարող է լինել թանկ և ունենալ բացասական ազդեցություն շրջակա միջավայրի պահպանման վրա:

3) Սենսորային տեխնոլոգիայով ջրային միջավայրի հեռամոնիթորինգ: Այն նախատեսված է, առանց ջրային միջավայրի հետ կապ հաստատելու, մասնավորապես, էլեկտրամագնիսական ճառագայթի ալիքների անդրադարձման և ցրման սպեկտրային առանձնահատկությունները գրանցելով ստանալ ինֆորմացիա ջրային միջավայրի մասին: Ստուգվող սպեկտրի հավաքածուից ստացված ինֆորմացիայի մշակումից հետո որոշվում է միջավայրի ֆիզիկոքիմիական բնութագրերը: Սակայն այս մեթոդը թանկ է և պահանջում է բազմաքանակ սենսորային համակարգեր: Այն կարող է ապահովել միայն ցածր ճշտություն, և դժվար է իրականացնել իրական ժամանակի մոնիթորինգում:

4) Զրի որակի մոնիթորինգի տեխնոլոգիան ընդգրկում է նաև ջրում առկա թունավոր նյութերի նկատմամբ ջրային օրգանիզմների զգայունության չափումը և վերլուծումը: Հայտնաբերվում են տարբեր ջրային միջավայրերում տարբեր օրգանիզմների գործունեության տեսակի փոփոխությունները, այնուհետև իրականացվում է ջրի որակի քանակական հաշվարկ: Այս տարբերակի հիմնական չափման մեթոդները կիրառվում են, մասնավորապես, ձկան հետ կապված չափումներում: Նման ճանապարհով, ջրային միջավայրի մոնիթորինգում դժվար է հասնել բարձր ճշտությունների:

Ակնհայտ է, որ այնպիսի երկրներ, ինչպիսին է Չինաստանը, կամ Ռուսական դաշնությունը, ունեն վիթխարի ջրային միջավայր, իրենց բազմազան ջրային օբյեկտներով: Դրանց համապատասխան ջրային կայանների իրական թիվը կարող է շատ մեծ լինել և ավանդական մոնիթորինգային տեխնոլոգիաները չեն կարող բավարարել մոնիթորինգի առկա կարիքները:

Ասվածից հետևում է, որ ջրային միջավայրի մոնիթորինգը պետք է լինի շարունակական, դինամիկ, մակրո մասշտաբով և արագագործ: Դա կօգնի ջրի որակի արագ և ճշգրիտ կանխատեսմանը և վտանգների վերացմանը:

Այսպիսով ջրային միջավայրի մոնիթորինգային հետազոտությունները պետք է իրականացվեն կարճ ժամանակահատվածը մեկ, բարձր ճշտությամբ և ջրային միջավայրի իրավիճակների փոփոխմանը արագ արածագանքումով: Դա կբարձրացնի ջրի որակի հսկման արդյունավետությունը և, ջրում վնասակար նյութերի արագ հայտնաբերման ու վնասագերծման հետևանքով, նաև անվտանգությունը:

Անլար սենսորային ցանցը՝ WSN (wireless sensor network), հատուկ ցանցային համակարգ է, որը բաղկացած է հանգույցների ցածր գնով ու հզորության ծախսով փոքրաչափ սենսորների հսկայական թվից, որոնք ունակ են տվյալները հայտնաբերելու, հաշվելու և հաղորդելու [79]: Այն նաև խելացի համակարգ է, որը ավտոմատ կերպով իրականացնում է, փոփոխվող միջավայրին համապատասխան, բոլոր տեսակի մոնիթորինգային խնդիրները: Ներկայումս արտերկրում գտնվող WSN – ի վրա հիմնված ջրային միջավայրի մոնիթորինգային համակարգերն են EMNET-ը (Heliosware, USA), Fleck-ը (CSIRO, Australia), LakeNet-ը (Notre Dame University, USA) և SmartCoast-ը, վերջինս մշակվել է Իռլանդիայի հետազոտողների կողմից [80–84]: Չինաստանը նույնպես հետազոտություն է իրականացնում իրական ժամանակում WSN–ի վրա հիմնված, ջրային միջավայրի մոնիթորինգային համակարգերի ստեղծման ուղղությամբ [85,86]:

Սույն գլխում ներկայացվում են ջրային միջավայրի մոնիթորինգի համակարգի ուսումնասիրություններն ու մշակումները՝ հիմնված WSN-ի վրա, որն ուղղված է ջրային համակարգերում հեռամոնիթորինգ իրականացնելու, ջրում վնասակար նյութերի և դրանց քանակի մասին տվյալները ստանալու և մշակելու համար: Ջրի հայտնաբերման ներկա մեթոդների հետ համեմատած, առաջարկվող անլար սենսորային ցանցերի վրա հիմնված մոնիթորինգային համակարգը օգտագործում է մեր կողմից մշակած սպեկտրային բարձր ընտրողական զգայնությամբ ֆոտոդետեկտոր, ինչի հետևանքով ունի մի շարք առավելություններ՝

- ցածր գին,
- բարձր հուսալիություն,
- հարմար մոնիթորինգային մեխանիզմ,
- միաժամանակ մեծ թվով պարամետրերի հավաքման հնարավորություն,

- հայտնաբերման բարձր ճշտություն և մոնիթորինգային ցանցի բարձր հաշվետվողականություն:

Ջրային միջավայրի մոնիթորինգի համակարգը բաղկացած է վեց մասերից՝

Առաջին մասում նկարագրվում է նախագծված մոնիթորինգային համակարգի կառուցվածքը:

Երկրորդ մասում քննարկվում է տվյալների մոնիթորինգային հանգույցների ապարատային և ծրագրային ապահովումը:

Երրորդ մասը բացատրում է տվյալների կայանի ապարատային և ծրագրային ապահովումը:

Չորրորդ մասում նկարագրվում է հեռամոնիթորինգային կենտրոնի ծրագրային ապահովվածությունը:

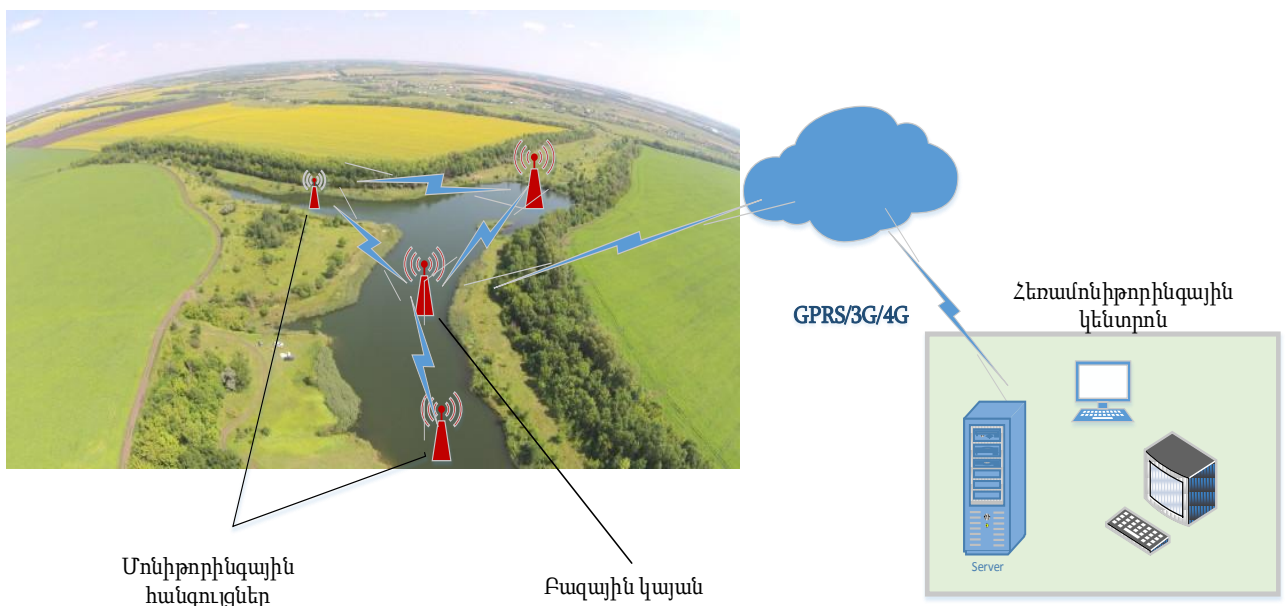
Հինգերորդ մասում վերլուծվում է թե՛ ինչպես է այս համակարգը կիրառվում ջրային համակարգերի որակի գնահատման ու տարաբնույթ խառնուրդների քանակական վերլուծության համար:

Վեցերորդ մասը եզրակացությունն է:

Մոնիթորինգի համակարգի նախագծում

WSN-ի վրա հիմնված ջրային միջավայրի մոնիթորինգային համակարգը պատկերված է նկ. 1 -ում: Այն կարելի է բաժանել 3 մասի՝ տվյալների մոնիթորինգային հանգույցներ, տվյալների կայան և հեռամոնիթորինգային կենտրոն՝ հետազոտվող ջրային միջավայրի համար [86]: Մեծ թիվով տվյալների մոնիթորինգային հանգույցները բաշխված են ջրային միջավայրում համապատասխան պարամետրերի հայտնաբերման համար և կազմում են մոնիթորինգային ցանց, որում յուրաքանչյուր հանգույց կարող է գրանցել և հավաքել տվյալներ ջրում կլանվող կամ նրանից անդրադարձող էլեկտրամագնիսական ճառագայթի սպեկտրի փոփոխության մասին, լուծել խառնուրդների նույնականացման և դրանց քանակական վերլուծության խնդիրներ: Նաև ունակ են իրականացնել ջերմաստիճանի տվյալների փաթեթավորում, հիշվելիք պարամետրերի հավաքագրում և ուղարկում դեպի տվյալների կայան: Մոնիթորինգային հանգույցներից տվյալները հաղորդվում են հեռամոնիթորինգային

կայան 3G/4G ցանցի տվյալների կայանի միջոցով: Մոնիթորինգային կայանը վերլուծում և վերամշակում է ջրի որակի պարամետրերը և արտակարգ իրավիճակներում ահազանգում է ջրի աղտոտվածության, ջրի որակի որևէ այլ անսպասելի փոփոխությունների մասին և տրամադրում ջրի աղտոտման կանխարգելման և վերացման որոշումների կայացման աջակցություններ: Վերջնական օգտագործողը կարող է ինտերնետի միջոցով, նպատակային ջրային տարածքում, բոլոր եղանակներին, հայտնաբերել տեղի ունեցող փոփոխությունները: Ջրային միջավայրի մոնիթորինգային ողջ համակարգը ընձեռում է այնպիսի օգտակար հատկանիշներ, ինչպիսիք են ցանի լայն թողունակությունը, ճկուն բաշխվածություն, քիչ էներգածախս, ցածր գին, շրջակա միջավայրի վրա աննշան ազդեցություն:



Նկ. 3.1. WSN-ի վրա հիմնված ջրային միջավայրի մոնիթորինգային համակարգը

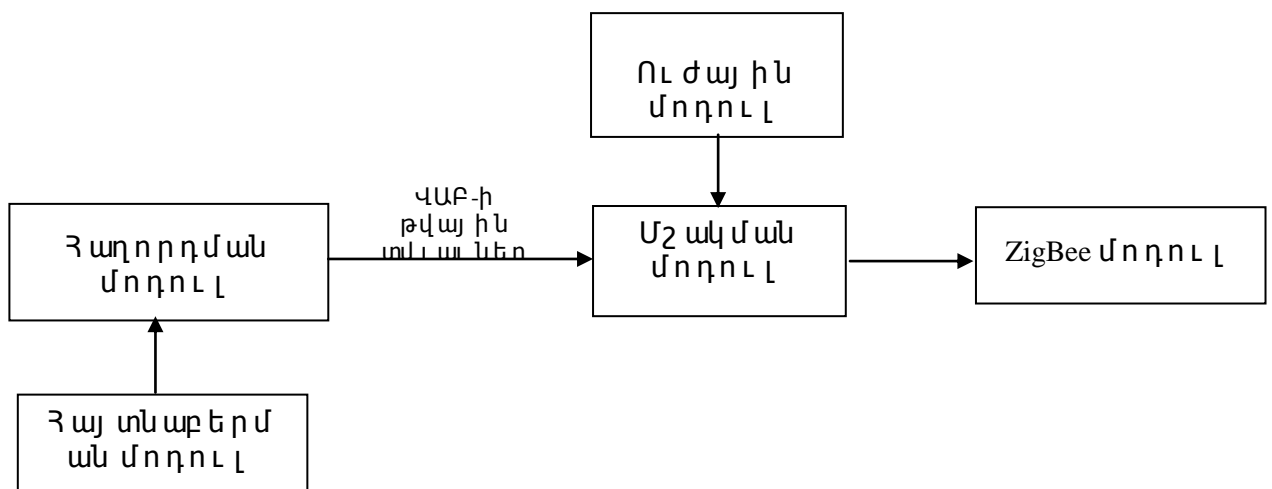
3.2. Տվյալների մոնիթորինգային հանգույցների համար սարքային և ծրագրային նախագծումը

Հսկող հանգույցները ջրային միջավայրի մոնիթորինգի ֆունկցիան իրականացնող հիմնական միավորներ են: Ներկայումս մոնիթորինգային հանգույցների հիմնական ֆունկցիաներն են համարվում.

1. Ջրային տարածքում վերահսկվող խարնուրդների տվյալների հավաքագրումը: Մշակված ֆոտոտվիչները, որոնք տեղակայված են մոնիթորինգային

համակարգի հանգույցներում, կարող են բավարարել վերը նշված պահանջներին և իրականացնել բաղադրության և ջրի հսկվող տեղամասի սպեկտրային վերլուծություն:

2. Անլար ցանցի և համակարգի կարգավորումը՝ հիմնված ZigBee պրոտոկոլի հիման վրա: Մոնիթորինգային հանգույցների և բազային կայանների մեծ թիվը դինամիկորեն հավաքված են անլար ցանցում՝ հիմնված ZigBee պրոտոկոլի վրա, որի սպեկտրային վերլուծության տվյալները ուղղվում են բազային կայան:



Նկ. 3.2. Տվյալների մոնիթորինգային հանգույցի համակարգային ճարտարապետությունը

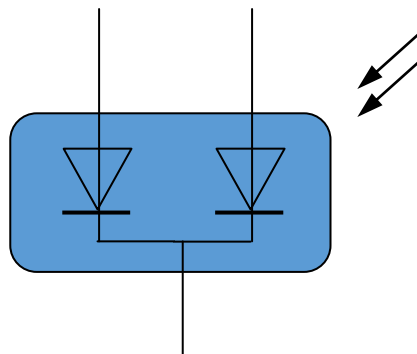
Նկ. 3.2-ում պատկերված է մոնիթորինգային տվյալների հանգույցի համակարգային ճարտարապետությունը, որը բաժանվում է 5 մոդուլների. հայտնաբերման մոդուլ, հաղորդման մոդուլ, մշակման մոդուլ, ուժային մոդուլ և ZigBee ռադիոհաճախականային մոդուլ: Նշված մոդուլները, բացառությամբ հայտնաբերման մոդուլի, կարող են տեղադրվել խարիսխով ամրացված ջրաանթափանց խցիկում, որը լողում է ջրի մակերեսով: Հայտնաբերման մոդուլը, որն ունի ջրաթափանց ճեղք, գտնվում է ջրի մեջ և մալուխով միացված է ջրաանթափանց խցիկին: Ջրաթափանց ճեղքի երկու կողմից լուսաթափանց պատուհանների հետևում, միմյանց դիմաց տեղակայված են լույսի աղբյուրը և ֆոտոդետեկտորը: Ջրով անցնող ճառագայթը

Ֆոտոդետեկտորին տեղեկություններ է փոխանցում ջրային միջավայրից, որն այնուհետև վերլուծվում է համապատասխան ալգորիթմով:

Բոլոր հինգ մոդուլները անցնում են ջրաանթափանցիկության գործընթաց: Ուժային մոդուլը իրենից ներկայացնում է սնուցման աղբյուր իր մարտկոցով և վերալիցքավորիչ մոդուլով: Այն -5-ից +5 Վ միջակայքում, 1մՎ քայքայով լարում է տրամադրում ֆոտոտվիչին, 5Վ մշակման մոդուլին և ZigBee ռադիոհաճախականային մոդուլին: Հայտնաբերման մոդուլը ունի ֆոտոտվիչ, որը նպատակային ջրային տարածքում իրական ժամանակում հավաքում է ինֆորմացիա՝ ջրի կլանման սպեկտրի մասին:

Մշակման մոդուլը, համապատասխան ալգորիթմով մշակում է տվիչի ելքի ինֆորմատիվ ազդանշանը, վերածում սպեկտրի, հիշում այն և հավաքագրում, այնուհետև դրանք ZigBee մոդուլի միջոցով հաղորդում բազային կայան: Բոլոր հանգույցները միմյանց միացված են և ղեկավարվում են բազային կայանի կողմից՝ ZigBee հաղորդակցման պրոտոկոլի միջոցով:

3.3. Տվյալների մոնիթորինգի հանգույցի սարքային նախագիծը

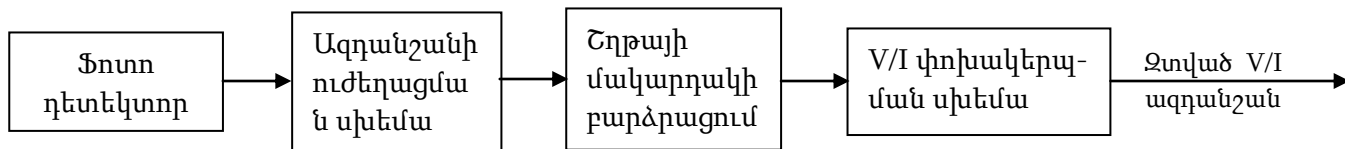


Նկ. 3.3 ՓԴ-20-30K մակնիշի Ֆոտոդետեկտորի միացման էլեկտրական սխեմային

ՓԴ-20-30K մակնիշի սիլիցիումի հիմքով ֆոտոդետեկտորը (նկ. 3.3) ինտեգրացված ընտրողական սպեկտրային զգայնության ֆոտոսենսորներ են՝ արտադրված "Электроника и связь" կազմակերպության կողմից: Սենսորի մուտքային ճառագայթի թույլ ազդանշանը փոխակերպվում է հոսանքի թվային արժեքի: Դա փոփոխվում է մուտքի լարման քայքի փոփոխմամբ:

Հաղորդման մոդուլը բաղկացած է երկու սխեմաներից՝

1. ֆոտոազդանշանի ուժեղացման և 2. էլեկտրական մակարդակի բարձրացման սխեմաներ: Ուժեղացման սխեման կարողանում է ֆոտոսովիչի ելքում կատարել ֆոտոհոսանքի ազդանշանի կարգային մեծացում: Ուժեղացվող ազդանշանը պետք է ունենա մթնային հոսանքից ավել մակարդակ: Դա կապահովի ինֆորմատիվ ազդանշանի գրանցման և հետագա մշակման հնարավորություն: Ուժեղացվող, առանց մթնային հոսանքի, ֆոտոհոսանքը պետք է գերազանցի սարքի աղմուկները: Դա կապահովի ճառագայթի սպեկտրային ինֆորմացիայի մաքրություն: Մուտքի լարումը պետք է փոխակերպվի -1V -ից $+1\text{V}$ միջակայքում: Այդ միջակայքում ֆոտոդետեկտորի հանդիպակաց պոտենցիալ արգելքները ինտենսիվ փոփոխվում են՝ մեկը մյուսի հաշվին և ապահովում ալիքային նեղ միջակայքին համապատասխան ֆոտոհոսանքի գրանցում: Ինֆորմատիվ ֆոտոհոսանքը դուրս է բերվում MCU-ի մեջ A/D մոդուլի միջոցով: Նկ. 3.4-ում պատկերված է Հաղորդման մոդուլը:



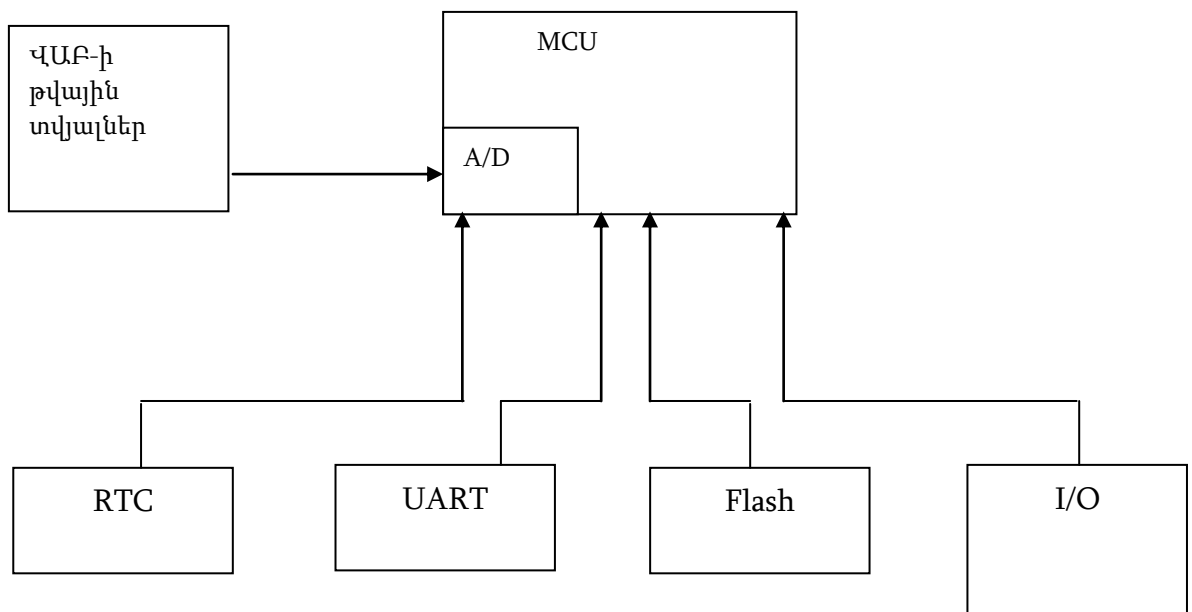
Նկ. 3.4. Ազդանշանի մշակման մոդուլ

Ազդանշանի մշակման մոդուլը նախագծման ժամանակ, ազդանշանի ուժեղացումը և ՎԱԲ-ի օրինաչափությունից շեղված տվյալների զտումը և էլեկտրական մակարդակի միջակայքի փոփոխման հնարավորությունը թույլ է տալիս ընտրել թվային տվյալների մոնոտոն փոփոխման միջակայք և ստանալ հավաստի տվյալներ՝ սպեկտրային վերլուծում իրականացնելու համար:

ՓԸ-20-30K մակնիշի ֆոտոդետեկտորն ունի սպառման ցածր հզորություն, որը այն դարձնում է էներգասպառման պահանջներին նպատակահարմար: Ֆոտոդետեկտորն ունի հակառակ ուղղված պոտենցիալ արգելքներով երկուղի պլանար կառուցվածք, որում ինֆորմատիվ օպտիկական ազդանշանը փոխակերպվում է էլեկտրականի:

Մոդուլն ընդգրկում է նաև 12 նիշանոց ուժեղարար, որն օգտագործվում է նվազագույն ֆոտոհոսանքները ուժեղացնելու համար:

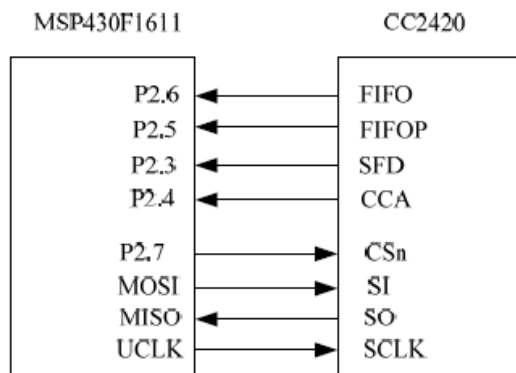
Նկ.4-ում ցույց է տրված մշակման մոդուլի հանգույցը, որը ներառում է MCU մոդուլը, իրական ժամանակի մոդուլը, UART մոդուլը ֆլեշ մոդուլը և ստեղծաշարը: Օպտիկական ազդանշանից փոխակերպված ֆոտոհոսանքը պետք է մտնի MUC –ում ինտեգրված AD մոդուլ՝ AD փոխակերպումը իրականացնելու համար: Դրանից հետո MCU –ն պետք է պահի սպեկտրային կախվածության պարամետրերը՝ ըստ հավաքման ժամանակային հաջորդականության: Վերջապես, MCU միկրոպրոցեսորը պետք է իրականացնի կապը և կազմակերպի ցանցը՝ ZigBee մոդուլի միջոցով: Մինևույն ժամանակ MCU միկրոպրոցեսորը առանձին միացվում է իրական ժամանակի մոդուլին, UART մոդուլին, ֆլեշ մոդուլներին և ստեղծաշարին՝ իրականացնելու համար այնպիսի գործառույթներ, ինչպիսիք են ժամանակի ընթացքում գրանցումը և հաշվարկը, կապը ըստ SLIP հաղորդակցության, տվյալների պահումը և պատմական տվյալների կարդալը, ինչպես նաև մարդ-մեքենա շփումը:



Նկ. 3.5. Տվյալների մշակման մոդուլ

3.4. ZigBee ռադիոհաճախականության մոդուլի համար ինտերֆեյսի սխեմայի կառուցվածքը

Որպես ZigBee մոդուլի ինտեգրալ սխեմա ընտրվել է ռադիոհաճախականության ընդունման և հաղորդման CC2420 միկրոսխեման: CC2420 –ը արդյունաբերական ռադիոհաճախականության ընդունման և հաղորդման ինտեգրալ սխեմա է՝ մշակված Chipcon –ի կողմից: Մի քանի ծայրամասային բաղադրիչների օգնությամբ այս ինտեգրալ սխեմա կարող է հուսալիորեն ընդունել և հաղորդել տվյալներ. անլար աշխատանքային հաճախականությամբ՝ 2.4-2.4835 ԳՀց տիրույթում: CC2420 –ի ինտերֆեյսը ընդգրկում է SFD, FIFO, FIFOP, CCA և SPI (CSn, SI, SO և SCLK): Վերահսկելով FIFO և FIFOP իրավիճակները, կարելի է ստեղծել Tx/Rxtemporary ռեգիստրեր. ստեղծելով CCA վիճակը, հնարավոր է մաքրել կանալը և ստեղծելով SFD վիճակը, կառավարել ժամանակը և ժամանակային ինֆորմացիոն հոսքը: SPI տրանսպորտի միջոցով CC2430 –ը կարող է սահմանել ինտեգրալ սխեմայի օպերացիոն ռեժիմը, կարդալ և գրանցել բուֆերային տվյալները և ռեգիստրով ղեկավարել վիճակները: ZigBee մոդուլի ինտերֆեյսը պատկերված է նկ.3.6-ում:

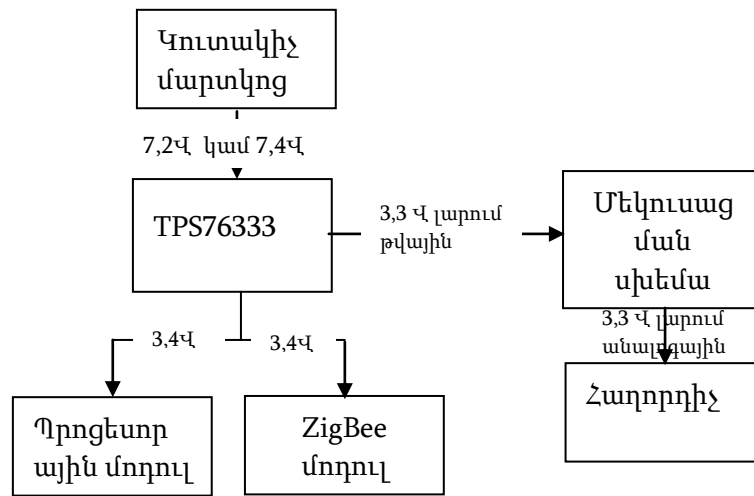


Նկ. 3.6. ZigBee մոդուլի ինտերֆեյսը

3.5. Ուժային մոդուլի կառուցվածքը

Մոնիթորինգային հանգույցի նախագծային մուտքային լարումը կազմում է ± 5 Վ: Նախնական փորձարկումներում կարելի է համապատասխան անջատիչը ընտրել որպես էներգամատակարար: Եթե սնուցման ապահովման համար անհրաժեշտ են մարտկոցներ, ապա կարելի օգտագործել 6 նիկել-ջրածնի մարտկոցները (7.2 Վ) կամ 2 լիթիում-պոլիմերի մարտկոցները (7.4 Վ): Բացի այդ, հաղորդիչը և մայր սալիկը ևս կարող են օգտագործել նույն մարտկոցները: Մուտքային լարումը TPS76333 ինտեգրալ

սխեմաի օգնությամբ կարելի է համալրել $\pm 3,3$ Վ և 1 մՎ քայլքով թվային լարում և, մշակումից հետո, ապահովել $\pm 3,3$ Վ անալոգային լարում: Ուժային մոդուլը պատկերված է նկ. 3.6-ում:



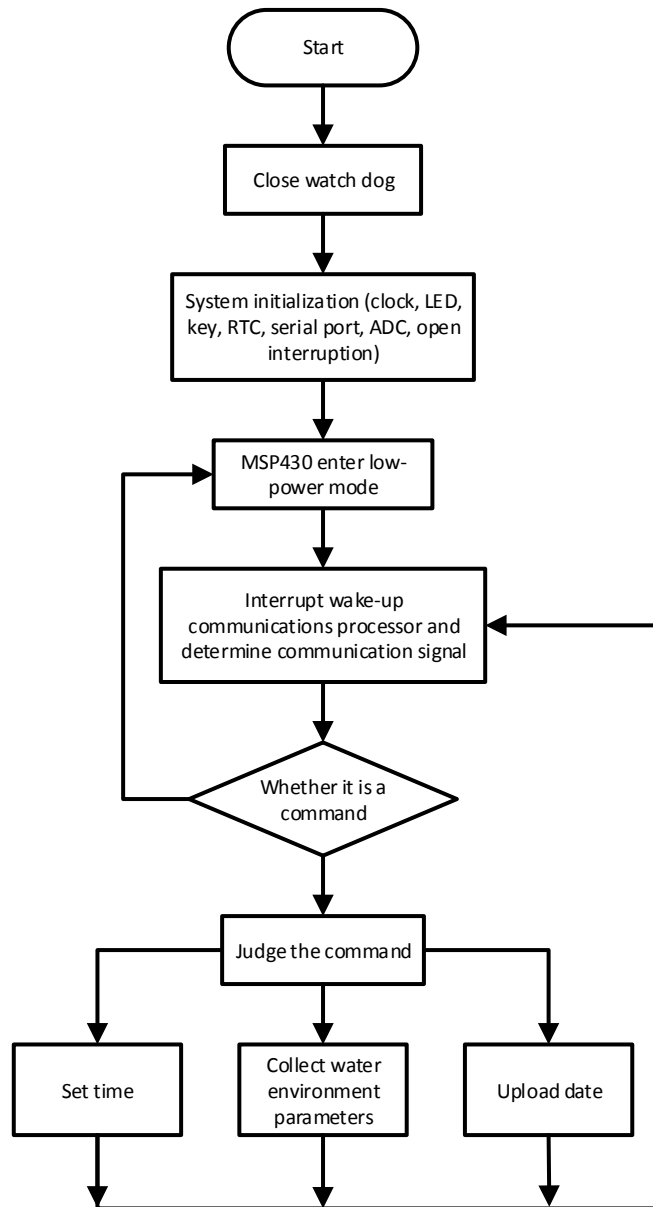
Նկ. 3.7. Ուժային մոդուլ

3.6. Տվյալների մոնիթորինգային հանգույցի ծրագրային կառուցվածքը

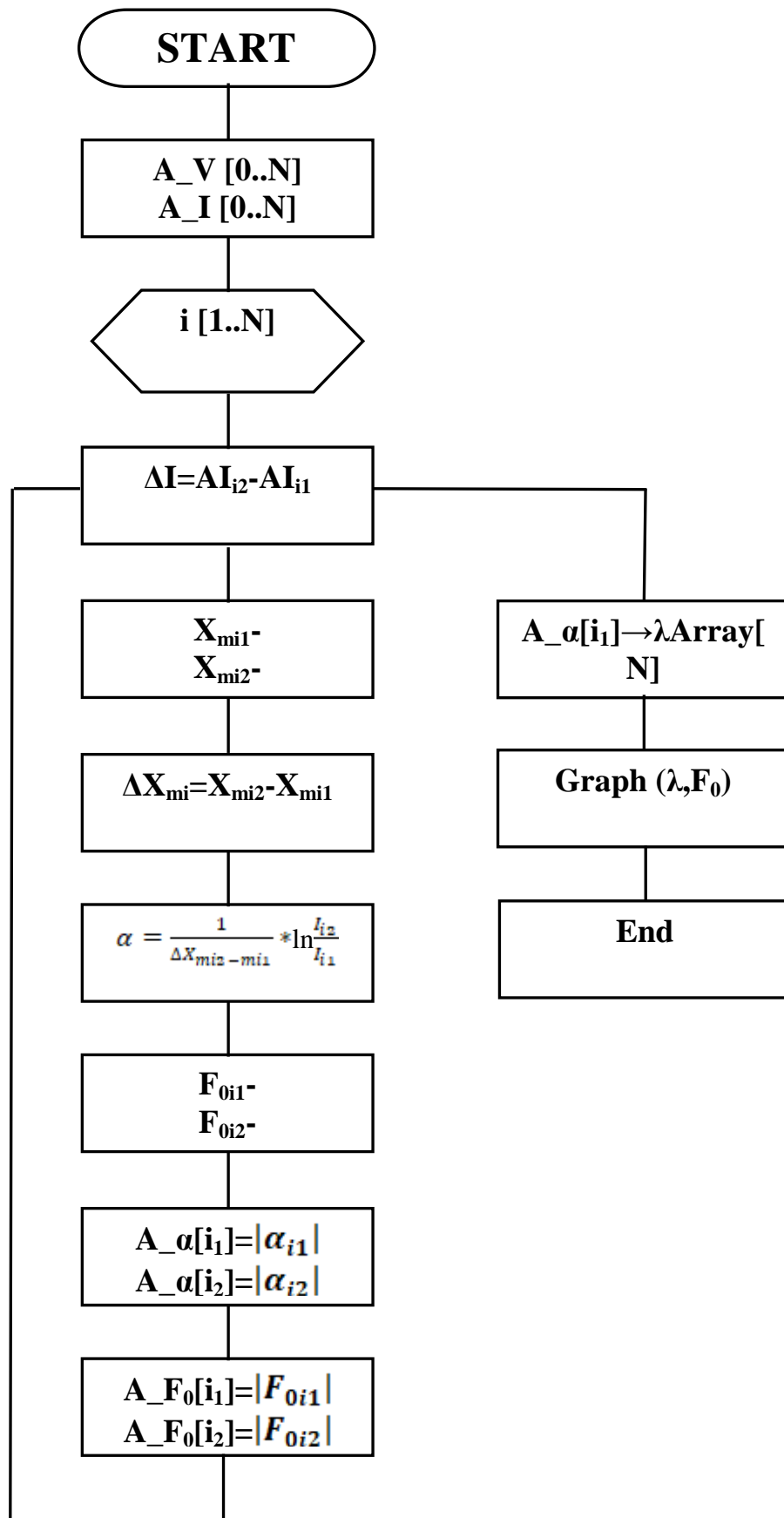
Շրջակա միջավայրի հետազոտման համակարգի համար ծրագրային միջավայրը IAR ներկառուցած Workbench –ն է՝ MSP430-ի համար, իսկ ծրագրավորման լեզուն C-ն է [87, 88]: Ծրագրային համակարգի ապահովումը բաժանվում է 2 մոդուլների. Պրոցեսորի հիմնական ծրագիր, որը պատասխանատու, տվիչով հավաքագրված, ջրային միջավայրի պարամետրերի մշակման համար և ZigBee անլար կապի ծրագիրը, որը նախատեսված է ջրային միջավայրի պարամետրերի ընդունման և հաղորդման համար: 2 մոդուլների ինտեգրումը հայտնաբերման հանգույցներին հնարավորություն է տալիս ջրային պարամետրերը հավաքել, մշակել և հաղորդել:

Հիմնական ալգորիթմական նկարագիր

Որպես ողջ համակարգի հիմնական վերահսկիչ՝ MSP430F1611 մագնիշի պրոցեսորի հիմնական պարտականություններն են նախապատրաստել համակարգը, ընդունել և իրականացնել պատվերները և ջրի կլանման սպեկտրի, նույնականացման արդյունքների և քանակական վերլուծության տվյալների հիշումը: Հիմնական ծրագրերի հոսքը պատկերված է նկ. 3.8-ում:



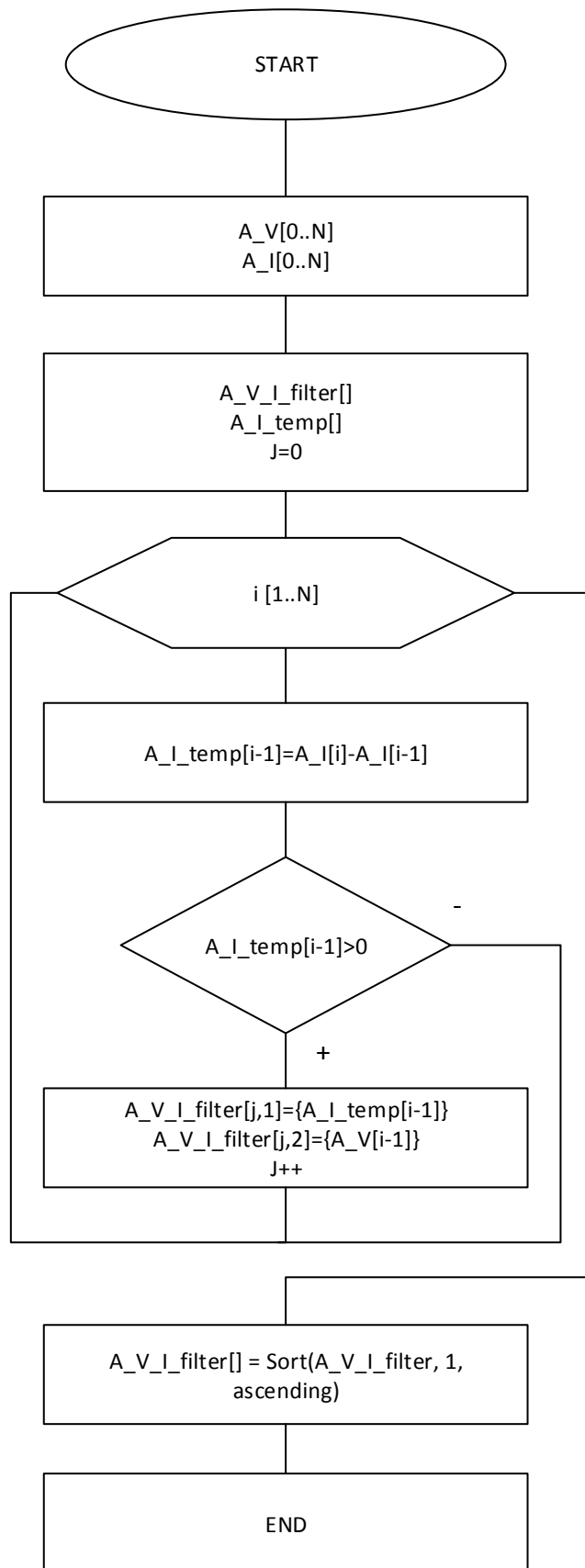
Նկ. 3.8. Հիմնական գործընթացի բլոկ սխեման



Նկ. 3.9. Իրականացման ալգորիթմի բլոկ սխեման

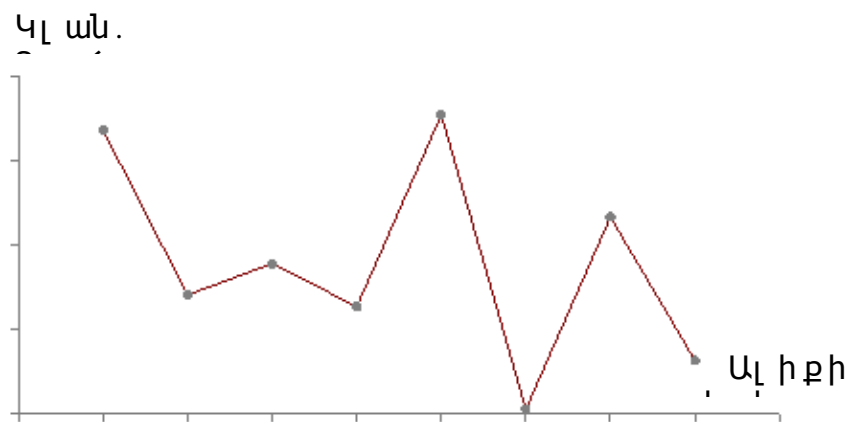
Համակարգի սարքային հզորությունն ավելի քան բավարար է նրանում ծրագրային միջավայր ներմուծելու և ալգորիթմի գործընթացն իրականացնելու համար: Ուժային մոդուլից հաղորդման մոդուլի մուտքին տրվում է ջրային միջավայրից ինֆորմացիա պարունակող լուսային ՎԱԲ-ի 1մՎ քայքոյվ թվային ազդանշան: ՎԱԲ-ի օրինաչափությունից շեղված տվյալների գտումը և էլեկտրական մակարդակի միջակայքի փոփոխման հնարավորությունը թույլ է տալիս ընտրել թվային տվյալների մոնտոռն փոփոխման միջակայք և ստանալ հավաստի տվյալներ՝ սպեկտրային վերլուծում իրականացնելու համար: Տվյալների գտումն իրականացվում է մշակված ծրագրային փաթեթի օգնությամբ: Դա թույլ է տալիս տվյալների ցանկից բացառել ՎԱԲ-ի մոնտոռն աճից շեղված տվյալները: Նկ. 3.9-ում բերված է այդ ծրագրի բլոկ սխեման:

Զտված տվյալները տրվում է սպեկտրային վերլուծության գործընթացն ապահովող ալգորիթմի մուտքին, համապատասխան արտահայտությունների օգտագործմամբ, ընթանում է ֆոտոդետեկտորային կառուցվածքի պոտենցիալ արգելքների հպման կետի, ճառագայթի ալիքի կլանման գործակցի, դրա ինտենսիվության և ինտենսիվության սպեկտրային կախվածության որոշումը: Որպես միջանկյալ էտապ իրականացվում է կլանման գործակցից ալիքի երկարության ծրագրային անցում: Այդ անցման համար օգտագործվում է գծային ինտերպոլյացիայի մեթոդը:



Նկ. 3.10. Հտման ծրագրի բլոկ սխեման

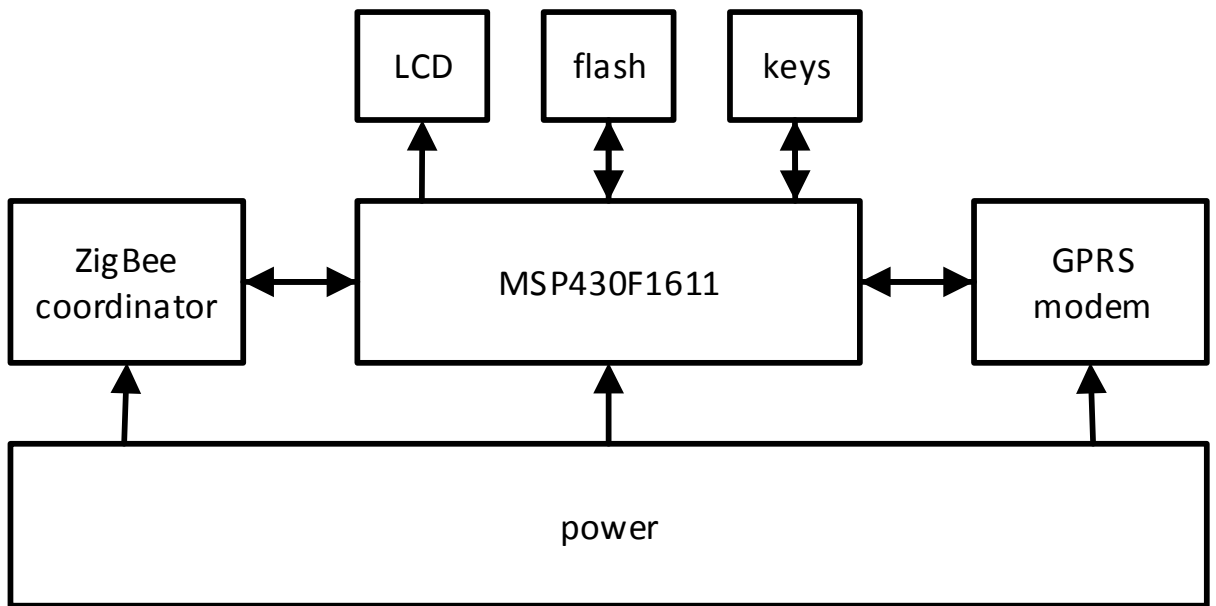
Գծային ինտերպոլյացիան տվյալների կետերի միջև դիրքերում արժեքներ ստանալու ամենապարզ մեթոդն է: Միավորները ուղղակիորեն միացվում են ուղիղ գծի հատվածների: Յուրաքանչյուր հատված (երկու տվյալների միավորով սահմանափակված) կարող է ինքնուրույն ինտերպոլացվել. պարամետրը սահմանում է, թե որտեղ է արժեքը գնահատվում ինտերպոլացված գծի վրա, դա 0 է առաջին կետում և 1 երկրորդ կետում: Երկու կետերի միջև զետեղված արժեքների համար սահմանում է 0-ից 1-ը: Այս տիրույթից դուրս գտնվող արժեքները չեն ներառվում: Ինտերպոլացիոն արժեքների օրինակի գրաֆիկը բերված է նկ. 3.10 –ում:



Նկ.3.11. Կլանման գործակցից ալիքի երկարության անցման ծրագրի ինտերպոլացիոն մեթոդի օրինակ

3.7 Տվյալների բազային կայանի սարքային ապահովումը

Բազային կայանի սարքային ապահովումը օգտագործում է MSP430F1611, որպես հիմնական պրոցեսոր, որը ղեկավարում է տվյալների բազային կայանը: CC2430 –ն օգտագործվում է որպես համապրոցեսոր, ZigBee պրոտոկոլի հիման վրա, մոնիթորինգի տվյալները բազային կայանի և տվյալների մոնիթորինգային ենթացանցերի միջև ուղարկելու համար: Սարքային համակարգի բլոկ սխեման պատկերված է նկ. 3.11-ում: Բազային կայանի ծրագրային ապահովումը օգտագործում է ներկառուցած իրական ժամանակում աշխատող օպերացիոն համակարգ:



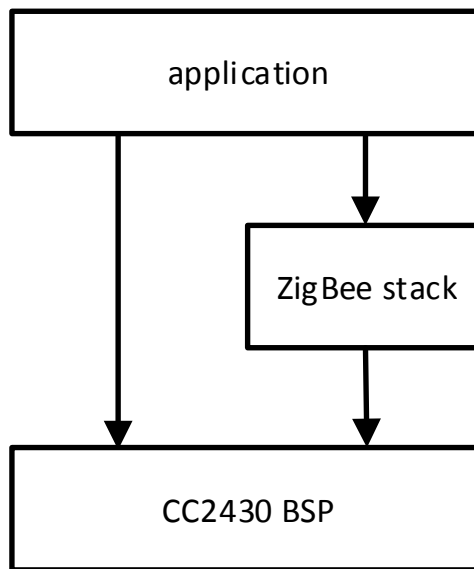
Նկ.3.12. Սարքային համակարգի բլոկ սխեման

3.8 Տվյալների բազային կայանի ծրագրային ապահովումը

Այս համակարգում օգտագործվում է ծրագրավորման C լեզուն: $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ –ի տրանսպլանտացիայի ընթացքում ապարատային ֆունկցիաների նախագծման համար օգտագործվում է ասեմբլեր լեզուն: Երկպրոցեսորային գործընթացների արդյունքում ծրագրային նախագծումը ներառում է CC2430 և MSP430 մոդուլների ծրագրային դիզայն:

CC2430 մոդուլի ծրագրային նախագիծը

CC2430 մոդուլի ծրագիրը ապահովվածությունը կազմված է ZigBee պրոտոկոլային փաթեթից, դիմումների և աջակցությունների փաթեթից: ZigBee ծրագրային մակարդակի դիագրամը պատկերված է նկ. 3.13-ում:



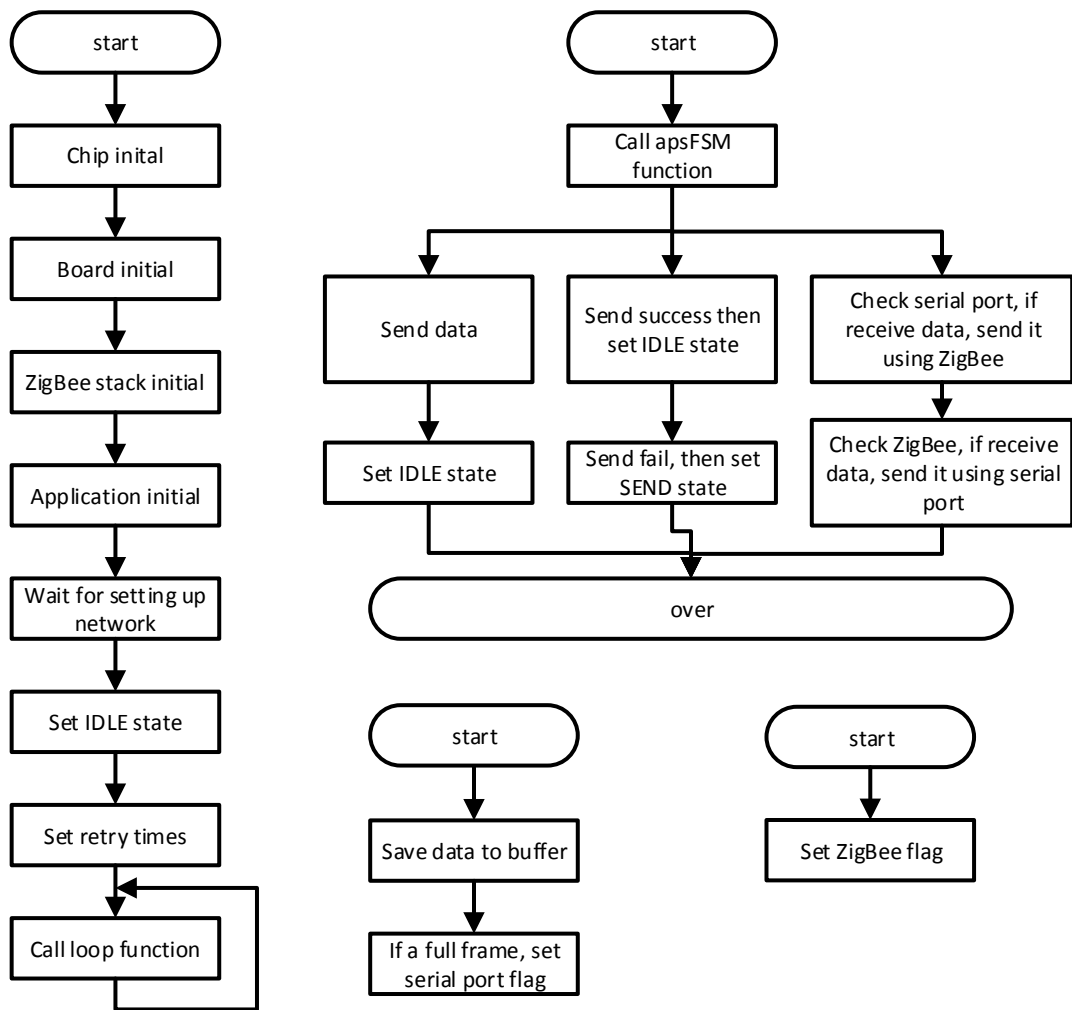
Նկ. 3.13. ZigBee մոդուլի ծրագրային ապահովման մակարդակի դիագրամը

CC2430-ում BSP օգտագործման հիմնական նպատակը փաթեթի ապարատային ապահովվածության և ZigBee պրոտոկոլի ֆունկցիաների կանչերի լայն սպեկտրի ապահովումն է: ZigBee պրոտոկոլի բուրգը օգտագործում է Chengdu Wireless Dragon ZigBee 2004: Պրոտոկոլի բուրգը թեթև պրոտոկոլային բուրգ է՝ կազմված 2 մասից. Առաջինը՝ IEEE802.15.4-ը՝ ֆիզիկական մակարդակի սահմանումը և MAC հասցե պրոտոկոլը: Երկուսն էլ ցանցային հասցեներ են՝ անվտանգության հասցե և ծրագրային ինտերֆեյսի դիմում, որը սահմանված է ըստ ZigBee Alliance -ի: ZigBee պրոտոկոլի բուրգը բաղկացած է ըստ գործառնության 3 օբյեկտներից. ցանցային կորդինատոր, երթուղիչներ և կիսաֆունկցիոնալ հանգույցներ: Ամբողջական ZigBee ցանցը ղեկավարելու համար տվյալների բազային կայանի ZigBee մոդուլը պետք է ունենա ցանցային կորդինատորի ֆունկցիաները:

CC2430 մոդուլի ծրագրի հիմնական նպատակը ZigBee պրոտոկոլի բուրգից ապիկացիոն ծրագրային ինտերֆեյսի կանչելն է և BSP-ն՝ ցանցը կառուցելու և պահպանելու համար, ինչպես նաև MSP430 և ZigBee ցանցերի միջև տվյալների փոխադրման իրականացումը: Երբ հանգույցը միացվում է ցանցին, այն հանգույցին տրամադրում է ցանցային համար և նամակ ուղարկում տվյալների բազային կայանի MSP430 մոդուլին՝ հանգույցի կարգավիճակի թարմացման մասին: Եթե ցանցը կորցնում է հանգույցին, նամակ է ուղարկվում MSP430-ին՝ հանգույցի թարմացման

վերաբերյալ: Միննույն ժամանակ այն պատասխանատու է բազային կայանի մոնիթորինգի և հանգույցի տվյալների մոնիթորինգի համար: CC2430 մոդուլը տվյալների հետ կապ չունի և պատասխանատու է միայն տվյալների փոխանցման համար: Ապլիկացիոն մակարդակի գործընթացի հոսքի դիագրամը պատկերված է նկ. 3.13-ում:

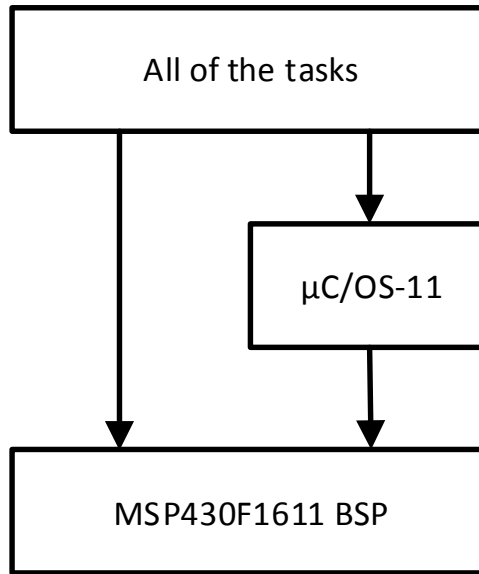
3.13-ում:



Նկ. 3.14. Ապլիկացիոն մակարդակի ծրագրային հոսքի դիագրամը

MSP430 մոդուլի համար ծրագրային ապահովվածության մշակումը

Որպեսզի իրական ժամանակում բարձրացվի մոնիթորինգային համակարգի հուսալիությունը և արտադրողականությունը և պարզեցվի համակարգի ծրագրավորումը, MSP430 –ի մեջ ներդրվել է $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ օպերացիոն համակարգը: MSP430 մոդուլի ծրագրային մակարդակի դիագրամը պատկերված է նկ. 16-ում:



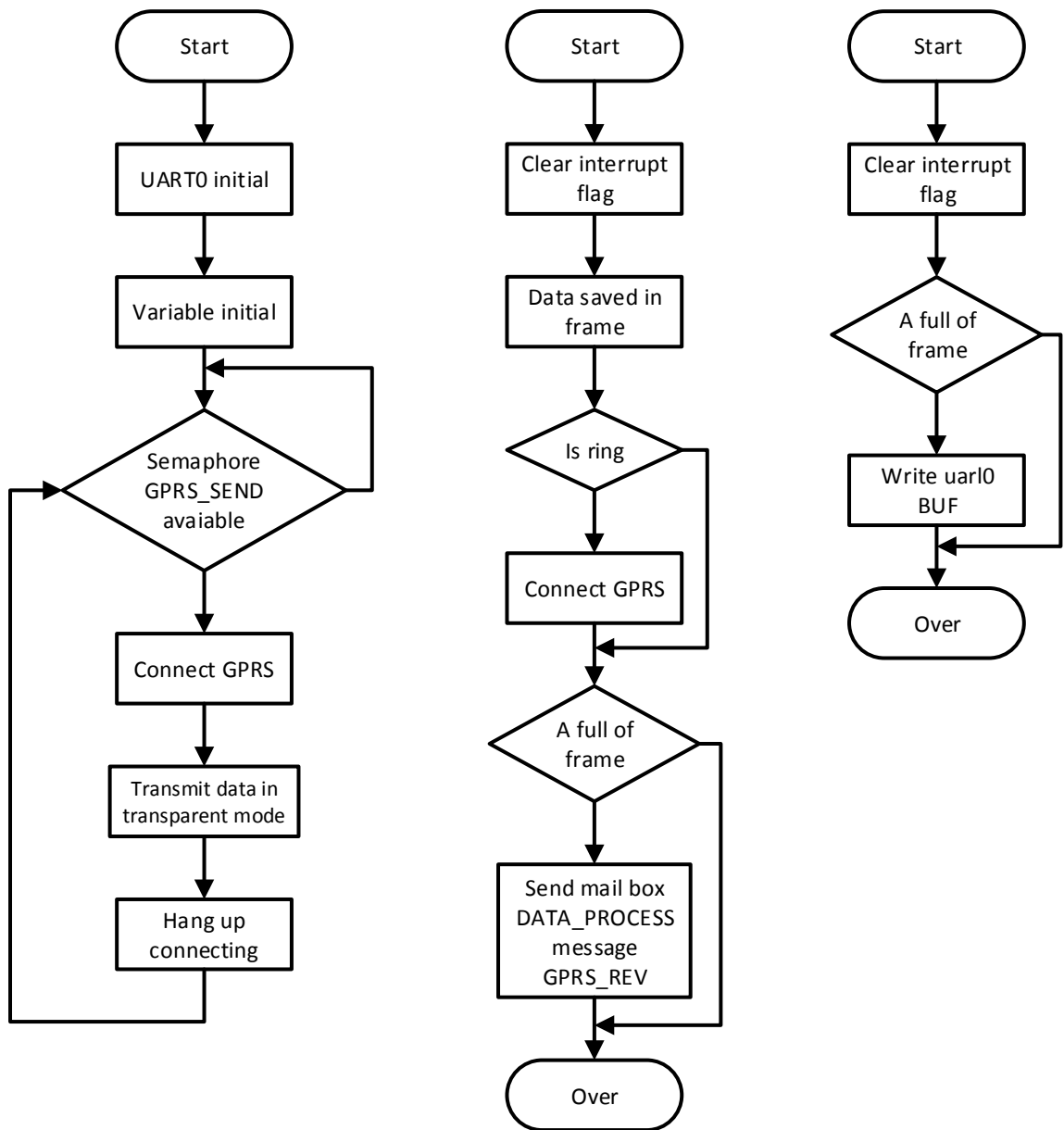
Նկ. 3.15. MSP430 մոդուլի ծրագրային մակարդակի դիագրամը

MSP430F1611 BSP –ը հիմնականում ներառում է ժամացույց, սերիական պորտ, DMA, թայմեր և այլ սարքավորումներ: MSP430F1611–ի ապահովող սարքը IAR 3.42 –ն է: $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ –ի ներդրման համար պահանջվում է 2 քայլ. Առաջինը՝ տվյալների տեսակների համարների կազմման և մակրո սահմանումների մշակման միջոցով ինչպես հարկն է կարգաբերել $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ –ը, երկրորդ՝ պրոցեսորի կարգաբերման ֆունկցիաների համարները: $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ –ը պահանջում է ժամանակ առ ժամանակ ընդհատում, երբ գործելու ժամանակը ավարտվում է: ժամանակի ընդհատումը կարող է գեներացվել MSP430F1611 –ի ժամանակացույցի վրա, ընդհատման ցիկլը կարող է հասնել 32 մկրկ: Հիմնական խնդիրներն են՝ բանալու սկանավորումը, ZigBee և GPRS\3G\4G հաղորդման մոդուլների խնդիրները, տվյալների գործընթացի և ֆլեշի խնդիրները: Քանի որ տվյալների բազային կայանը պետք է ժամանակին արձագանքի տվյալների մոնիթորինգային կենտրոնից եկած հրամաններին, պետք է առաջնահերթ լուծվի հաղորդակցման GPRS\3G\4G մոդուլի խնդիրը: Միևնույն ժամանակ, երբ հաղորդակցման ZigBee մոդուլը կապ է հաստատում մոնիթորինգային հանգույցի հետ, տվյալների մոնիթորինգային կայանից եկած հրամանները պետք է առաքվեն

տվյալների մոնիթորինգային հանգույցին, ինչը հաջորդ կարևոր առաջնահերթությունն է: Տվյալների գործընթացի խնդիր երրորդ առաջնահերթությունն է:

GPRS\3G\4G մոդուլի կապի խնդիրը

Կապի մոդուլը պատասխանատու է GPRS\3G\4G ցանցի համալրման և այդ մոդուլի միջոցով տվյալների մոնիթորինգի կենտրոնի հետ կապի հաստատման համար: GPRS\3G\4G մոդուլը ղեկավարվում է MSP430-ով՝ դրա հաջորդական պորտով և ղեկավարվում է AT հրամաններով: Տրված GPRS\3G\4G խնդրի տվյալների հաղորդումը թափանցիկ է և դա փաստում է, որ GPRS\3G\4G մոդուլը տվյալների մոնիթորինգային կենտրոնից եկած պատվերների պասիվ կատարողն է, այդ պատճառով նրան անհրաժեշտ է զանգել GPRS\3G\4G՝ այն ակտիվացնելու համար: Հաջորդական ընդունիչի ընդհատման ենթաձրագրի ծառայությունը հայտնաբերում և զանգից հետո համալրում է GPRS\3G\4G ցանցը: Եթե GPRS\3G\4G մոդուլը մեկ րոպեի ընթացքում չունի ուղարկելու տվյալ, այն ավտոմատ անցնում է սպասման ռեժիմին: Ուստի, եթե տվյալների բազային կայանը տվյալների մոնիթորինգային կենտրոնից չի ստանում GPRS\3G\4G –ից անջատման հարցում, ապա պետք է պարբերաբար (օրինակ 50 վայրկյանը մեկ) տվյալների մոնիթորինգային կենտրոնին ուղարկել զարկերակային փաթեթ GPRS\3G\4G–ի հետ կապը պահպանելու համար: Համապատասխան GPRS\3G\4G ընդունմանը և ընդհատմանը սպասարկող ենթաձրագիրը պատկերված են նկ. 3.15 –ում:

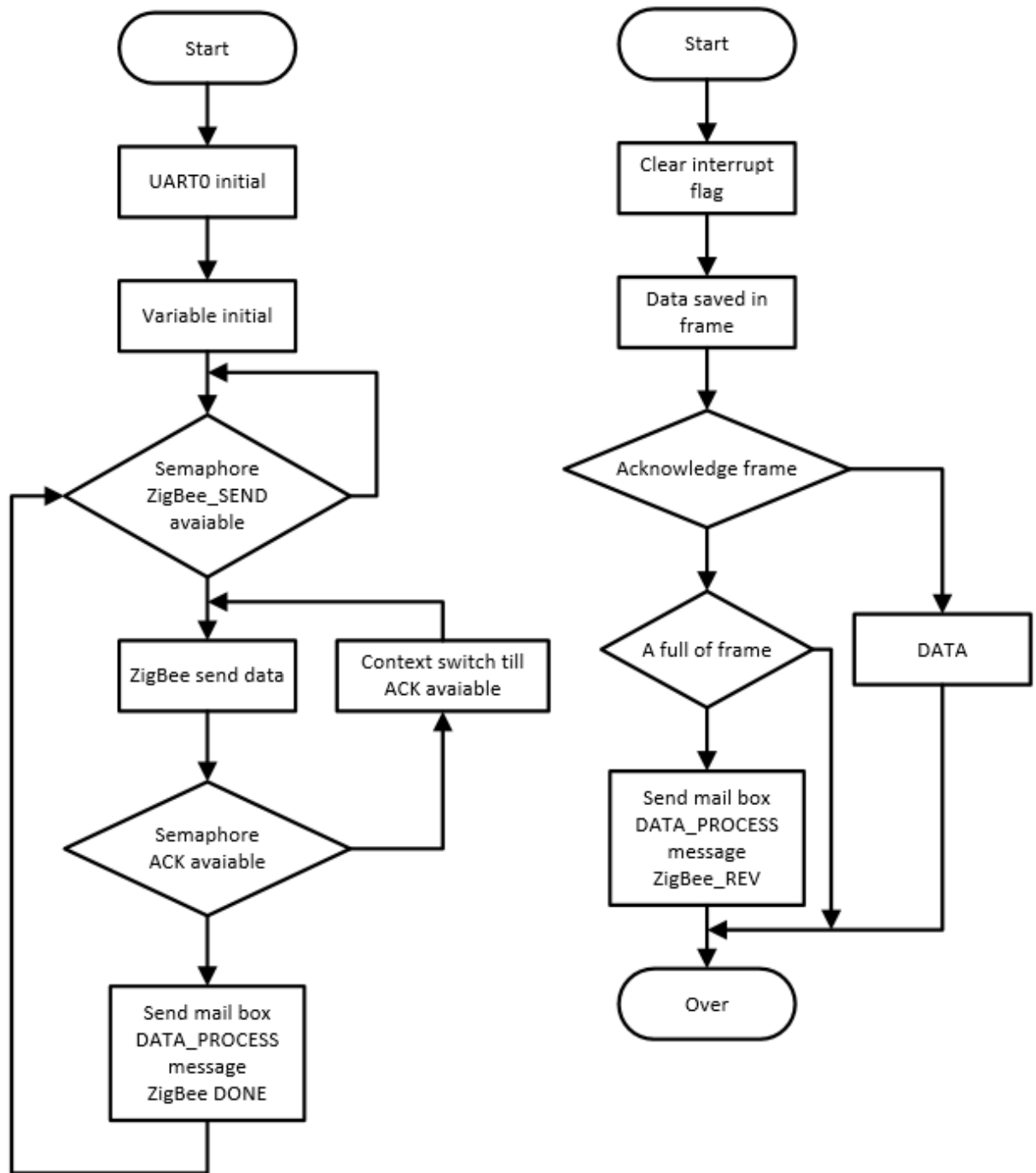


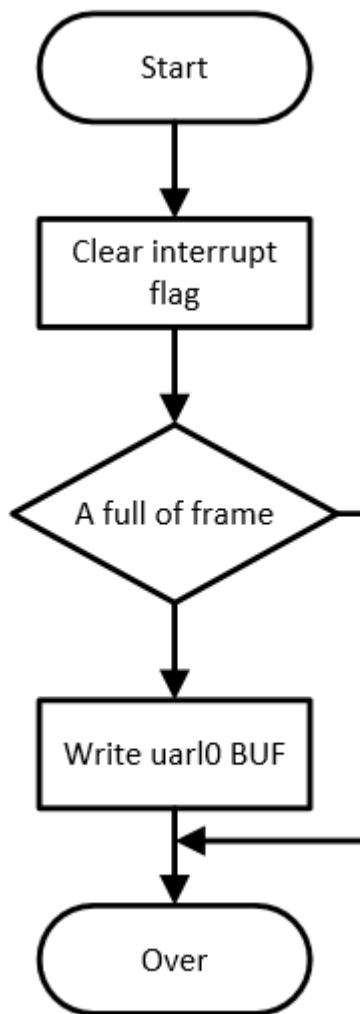
Նկ. 3.16. GPRS\3G\4G ընդունմանը և ընդհատմանը սպասարկող ենթաձրագրի բլոկսխեման

ZigBee մոդուլի հաղորդակցման խնդիրը

ZigBee մոդուլի կապի խնդիրը երկրորդ, կարևոր, առաջնահերթությունն է: Ի շնորհիվ այդ խնդրի, բազային կայանը հրամաններ է ուղարկում տվյալների մոնիթորինգային հանգույցներին: Այսինքն, եթե տվյալների մշակման խնդիրը ազդանշան է ուղարկում ZigBee-ին, այն պետք է համապատասխան հրամանները ուղարկելու համար ակտիվ լինի: Երբ հաջորդական պորտ 1-ը տվյալների մոնիթորինգային կենտրոնից ընդունում է տվյալների փաթեթը, այն տվյալների մշակման խնդրի փոստարկղին ուղարկում է

հաղորդագրություն, որպեսզի դրան ակտիվացնի՝ հսկվող տվյալների մշակման համար:





Նկ. 3.17. ZigBee հաղորդակցման մոդուլի և համապատասխան սերիական ընդհատման ենթածրագրային սպասարկումը

ZigBee 2004 բուրգի թերության պատճառով, MSP430 և CC2430 կապի համար օգտագործում են երկլարանի հաջորդական պորտեր: Երբ CC2430 –ը փակում է գլոբալ ընդհատումը, մինչև մի քանի ժամանակ եթե MSP430-ը ուղարկում է տվյալներ դեպի CC2430, դրա ընդհատումը ոչնչով չի արտացոլի և տվյալները անխուսափելիորեն կկորչեն: Քանի որ CC2430-ը օգտագործում է հաղորդման թափանցիկ ռեժիմ, այդ խնդիրը լուծելու համար անհրաժեշտ է օգտագործել կրկնակի հաղորդման մեխանիզմ: Երբ բազային կայանը հրամաններ է ուղարկում մոնիթորի հանգույցին, մինչև հաջորդ հրամանը ուղարկելը, հարկավոր է սպասել մոնիտորի հանգույցից ինֆորմացիայի

հաստատմանը: Երբ տվյալների մոնիթորային հանգույցը ցանկանում է հաղորդագրություն ուղարկել տվյալների բազային կայանին, դա ևս պահանջում է հաստատող ինֆորմացիա: Այդ պատճառով, երբ տվյալների բազային կայանը տվյալների մոնիթորային հանգույցից ընդունում է ինչ-որ հաղորդագրություն, այն պետք է ստուգվի տվյալների բազային կայանի կողմից, և եթե հաղորդագրությունը անցնում է frame ստուգումը, տվյալների բազային կայանը այն ուղարկում է frame –ի հաստատման հանգույց: Երբ այդ հաղորդագրությունը չի անցնում frame ստուգումը, տվյալների բազային կայանը frame–ն այլևս չպետք է հետ ուղարկի հաստատման: Տվյալների frame–ն ուղարկելուց հետո, հանգույցը դադարում է տվյալ ուղարկել և սպասում է տվյալների բազային կայանից frame–ի հաստատմանը: Եթե դա ուշացած է լինում, հանգույցը նորից է ուղարկում հաղորդագրությունը, մինչև տվյալների բազային կայանը հետ ուղարկի frame–ի հաստատումը: Ուշացված ժամանակը համարվում է 2 վայրկյանը: Խնդիրի և հաջորդական ZigBee պորտում ընդհատումների մշակման ենթաժրագրի համապատասխան սխեման պատկերված է նկ. 3.16-ում:

Տվյալների գործընթացի խնդիրը

Տվյալների մշակման խնդիրները հիմնականում կայանում են՝

- տվյալների մոնիթորինգային կենտրոնից եկող հրամանների վերլուծման,
- մոնիթորինգային հանգույցներից տվյալների վերլուծման,
- այդ հաղորդագրությունների մշակման համար համապատասխան խնդիրների ակտիվացման մեջ:

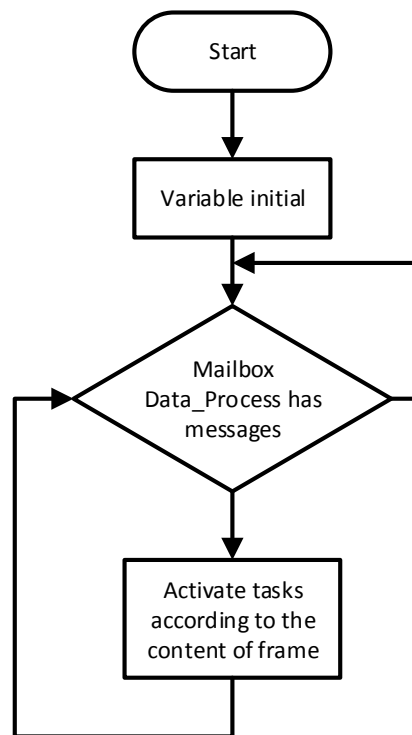
Այն կարող է ակտիվացվել GPRS/3G/4G և ZigBee ընդունող ընդհատման ենթաժրագրերի կողմից՝ փոստարկղային հաղորդագրությունների միջոցով: Տվյալների բազային կայանից հրամանները կարելի է բաժանել 2 կատեգորիայի.

- Առաջին տեսակի հրամանները համալրում են տվյալների բազային կայանը,
- երկրորդ տեսակի հրամանները կառավարում են տվյալների մոնիթորինգային հանգույցը:

Նրանց մեջ գտնվող որոշ հրամաններ, որոնք նախատեսված են մոնիթորինգային հանգույցը կառավարելու համար, հիմնականում ունեն այնպիսի ֆունկցիա, որը

մոնիթորինգային հանգույցին է միացնում պարզագույն կապուղիները և կարդում այդ կապուղիների ազդանշանների արժեքները:

Տվյալների մշակման խնդիրը ներգրավում, է հրամանների frame-ում հրամանի համարին համապատասխան, մոդուլը: Եթե կարիք կա պահպանել GPRS/3G/4G կապը, տվյալների մշակման խնդիրը պետք է պարբերաբար զարկերակային փաթեթ ուղարկի՝ GPRS/3G/4G կապը պահպանելու համար, իսկ եթե կարիք չկա այն պահպանելու, դադարում ենք ուղարկել զարկերակային փաթեթը, այնուհետև 10 րոպե հետո GPRS/3G/4G մոդուլը ավտոմատ կերպով անցնում է հանգստի ռեժիմին: Եթե տվյալների մշակման խնդիրը մոնիթորինգային նոր հանգույցից հաղորդագրություն է ընդունում, կարիք է լինում թարմացնել հանգույցի վիճակի աղյուսակը: Համապատասխան աղյուսակը պատկերված է նկ. 3.17-ում:



Նկ. 3.18. Տվյալների գործընթացային խնդրի ներկայացումը

3.9 Հեռամոնիթորինգային կենտրոնի ծրագրային ապահովումը

Հեռամոնիթորինգային կենտրոնը բաղկացած է 2 մասից. GPRS/3G/4G երթուղի և տվյալների մշակման կենտրոն: GPRS երթուղին պատասխանատու է ջրային

միջավայրի պարամետրերի ընդունման համար, իսկ տվյալների մշակման կենտրոնը միացվում է GPRS/3G/4G երթուղուն՝ հաջորդական պորտի միջոցով: Բացի այդ հեռամոնիթորինգային կենտրոնը տվյալների բազայի և մոնիթորինգի համար ներառում է ծրագիրային ապահովվածություն: Մոնիթորինգային ծրագիրը պատմական տվյալների հարցումների համար ապահովում է ողջ մոնիթորինգային ինտերֆեյսը՝ իրական ժամանակում տվյալների պատկերումը, տվյալների և ոչ նորմալ իրավիճակի վթարային ազդանշանների վերլուծությունը: Հեռամոնիթորինգային կենտրոնը պատասխանատու է ջրային միջավայրի փոփոխության մոնիթորինգի համար, ինչպես նաև տեղում իրականացվող ղեկավարման, արտակարգ իրավիճակներում աղտոտման և միջավայրի արագ փոփոխման ահազանգի համար:

Համակարգի արդյունավետությունը: Ժամանակի սինխրոնիզացիա

Ժամանակի սինխրոնիզացիան WSN-ում կարևոր բնութագիրն է, քանի որ դա «տվյալների հավաքագրման» գործընթացի հանգուցային գործոնն է [89]: Այս համակարգում բազային կայանը մոնիթորինգային միջակայքում դառնում է ժամանակային կատարող: Մոնիթորինգային միջակայքը կլաստեր է, իսկ կլաստրի գլխավոր տակտին մոտ կանգնած հանգույցը ընտրվում է այնպես, որ սինխրոնիզացիա ժամանակը՝ համընկնի հիմնական ժամացույցի հետ: Այս հանգույցին մոտ գտնվող այլ հանգույցներ պետք է ընտրեն իրենց սինխրոնիզացիան մոնիթորինգային տարածքում, իսկ մնացած հանգույցները, որոնք բավականին հեռու են գլխավոր ժամացույցից, պետք է մոտակա հանգույցը ընտրեն որպես սինխրոնիզացիայի աղբյուր: Սինխրոնիզացիայի այս մեթոդը նման է NTP [90, 91] –ին: Օգտագործելով 25 կբ/վ ռադիոկայանը, 16 բիթը կարող են փոխանցվել 1 վրկ-ում, հետևաբար եթե մոնիթորինգային տարածքում կա 100 հանգույց, ապա 2 հանգույցների միջև ամենաերկար ժամանակային ուշացումը 0.1 վրկ է: Այս մոնիթորինգային համակարգում ամենափոքր հաճախությունը 1ր է, որը ավելի երկար է, քան ամենաերկար ժամանակային ուշացումը, հետևաբար այս համակարգը կարող է ավելի լավ աշխատել հենց այս սինխրոնիզացիայի դեպքում:

Տվյալների վերլուծություն

Քանի որ մոնիթորինգային համակարգը ցածր հզորությամբ համակարգ է և ունի ընտրման տևական ընթացք, որը հաճախ ավել է կես ժամից, իսկ տվյալները հավաքվում են տեղային հանգույցում, համակարգը, մշակման տվյալների ընտրության ժամանակ, չի կարող ունենալ տվյալների մեծ թվով թրաֆիք: Միայն երբ տվյալների մոնիթորինգային կենտրոնը, մոնիթորինգի համակարգից, պատմական տվյալների հարցում է կատարում, համակարգի հանգույցները կփոխանցեն իրենց պատմական տվյալները, որոնք պահվել էին բազային կայանում: Այնուհետև բազային կայանը ողջ տվյալները ուղարկում է մոնիթորինգային կենտրոն: Մինչ հանգույցները կպահեն մոնիթորինգային տվյալները, նրանք պետք է հավաքված տվյալների համար կատարեն գծայնացում և ջերմաստիճանի կոմպենսացիա: Այսպիսով, փոխանցվում է հանգույցներին պահպանված ողջ մոնիթորինգային տվյալները, բայց դա պասիվ փոխանցում է և հաճախ տեղի չի ունենում: Այս համակարգում կապի ճնշումը այդքան էլ մեծ չէ, այդ պատճառով պարտադիր չէ զբաղվել տվյալների կոմպենսացմամբ:

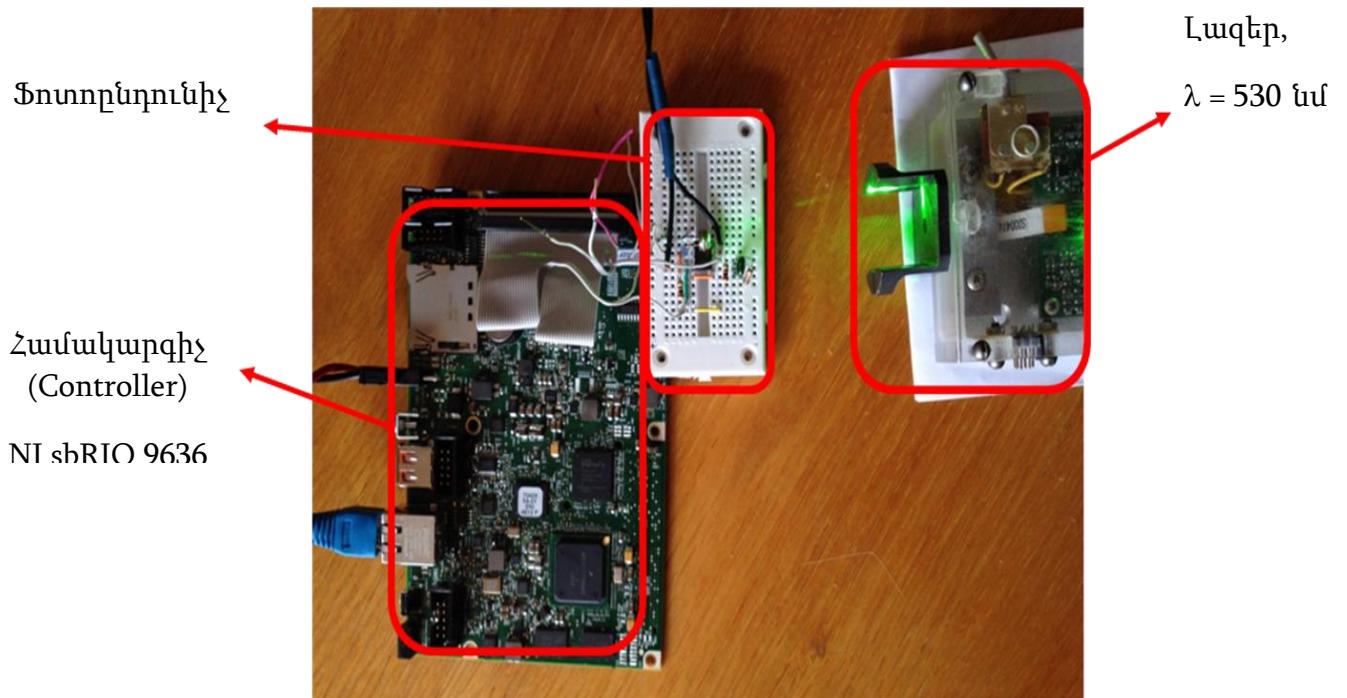
Ցանցային հաղորդակցության հուսալիությունը

Այս մոնիթորինգային համակարգում ZigBee անլար կապին աջակցելու համար օգտագործվում է մի քանի անցումներով multi-hop ուղղորդում [92, 93]: Այն օգտագործում է անկախ նշանակության հանգույցով և ակտիվ երկկողմանի հղումներով ամենա կարճ ճանապարհի ալգորիթմը: Multi-hop-ը ըստ էության թափանցիկ ուղղորդիչ է և հեշտ է համակցվում մեր համակարգին: frame ստուգման և վերաուղարկման մեխանիզմի շնորհիվ կարելի է համոզվել, որ բոլոր հրամանները և մոնիթորինգային տվյալները հաջողությամբ կուղարկվեն համապատասխան սարքավորում: Ամփոփելով կարելի է ասել, որ մեր մոնիթորինգային համակարգը լավ է կատարում իր դերը անլար հաղորդակցության մեջ:

Համակարգային թեստավորում

Նախագծված ջրային միջավայրի մոնիթորինգային համակարգը նախատեսվում է թեստավորվել ջրային տարբեր միջավայրերում: Որպես տվյալների մոնիթորինգային

հանգույց՝ կարելի է օգտագործել մեր կողմից մշակված սպեկտրաֆոտոչափական սենսորը և դրա հիմքով սպեկտրաֆոտոմետրը:



Նկ. 3.19. Տվյալների մոնիթորինգային հանգույցը

Սպեկտրի չափման միջակայքը 250–100 նմ է՝ 1-5 նմ ճշտությամբ՝ կախված սպեկտրային միջակայքից:

-Արդիական մոնիթորինգային բազային կայանը նկ. 3.19 –ում է:



Նկ. 3.20. Տվյալների մոնիթորինգային կայան

GPRS/3G/4G մոդեմը (վերևից) հաջորդական գծի միջոցով միացվում է մայրական տպասալիկին: CC2430 մոդուլը տեղադրված է մայրական տպասալիկի աջ անկյունում, իսկ MSP430 նվազագույն համակարգային սալիկը մայրական տպասալիկի մեջտեղում է:

Փորձարկվել է NATO EAP.SFPP 984403 նախագծի շրջանակում տարվող աշխատանքների ընթացքում:

Հետազոտվել է Սևանի ավազանի աղտոտվածությունը ծանր մետաղներով: Հետազոտման օբյեկտի ընտրությունը պայմանավորված է նրանով, որ Սևանի ավազան ենթարկվում է տարբեր մարդածին գործոնների ազդեցության, այնպիսիք, ինչպիսիք են կենցաղային, գյուղատնտեսական, արդյունաբերական գործունեությունները և այլն: Կարևորությունը նրանում է, որ Սևանա լիճը Անդրկովկասում քաղցրահամ ջրի խոշորագույն աղբյուրն է: Այդ պատճառով Սևանի ավազանի բնապահպանական տեսակետից ղեկավարումը չափազանց կարևոր է հետազոտողներին՝ որոշումներ կայացնելու համար:

Ջրային միջավայրերում խառնուրդների մեծ մասի խտությունը կարող է լինել փոքր և դրանց հայտնաբերումը ատոմների կամ մոլեկուլների սեփական կլանման կամ ատոմային ճառագայթման (ֆլուորեսցենցիա) գործընթացներով հայտնաբերելը դժվար է: Այդպես է հաճախ նաև ծանր մետաղների քանակական վերլուծության դեպքում: Նման պայմաններում հետազոտվող նյութը ջրում քիմիական ռեակցիայի մեջ մտցնել մեկ այլ նյութի հետ: Առաջանում է գունավորված մետաղ-լիգանտ կոմպլեքսներ՝ համապատասխան ալիքի կլանման մեծ արդյունավետությամբ [94, 95]:

Ջրային չափումներ իրականացվել է ռիսկային միջավայրերում, մասնավորապես, Սոտկի ջրային միջավայրում՝ 2016թ.-ի օգոստոսին: Սպեկտրային վերլուծությունն իրականացվել է պատրաստված նախատիպի օգնությամբ, որը պարունակում է միմյանց դիմաց հերմետիկ տեղակայված և ջրային միջավայրով անջատված լույսի ինտեգրալ աղբյուրից և ֆոտոդետեկտորից, որի ելքը միացված է միկրոպրոցեսորին ու արդյունքը հաղորդող GPRS\3G\4G կապի համակարգին (նկ. 3.19): Սարքն ունի նաև ընդհանուր սնուցման բլոկ՝ իր նպատակային ճյուղավորումներով: Ճառագայթի ինտեգրալ հոսքը մոլիբդենային թելիկով լամպ է, որի ճառագայթը պարունակում է

հետազոտվող ծանր մետաղների հայտնաբերման համար անհրաժեշտ երկարությամբ ալիքներ (աղյուսակ 3.1): Աղյուսակից երևում է, որ մետաղների հայտնաբերման ալիքի երկարությունները գտնվում են սպեկտրի տեսանելի միջակայքում՝ առաջարկվող սպեկտրաֆոտոմետրի զգայնության սպեկտրային միջակայքի [250-1000 նմ] ներսում:

Աղյուսակ 3.1. Ծանր մետաղներ և դրանց հայտնաբերման ալիքներ

Մետաղի տեսակը	Ալիքի երկ.
Կապար5	520 նմ
Մոլիբդեն 40	345/365 նմ
Անագ3	520 նմ
Ցինկ4	620նմ
Կոբալտ	540 նմ
Պղինձ	585 նմ
Երկաթ	470 նմ
Նիկել	436 նմ
Արսենիում	430 նմ

Ջրի էկոհամակարգի առողջության տեսակետից ծանր մետաղներով աղտոտվածության աստիճանը գնահատվել է միջազգային ստանդարտին համապատասխանող NSWPI ինտեկսով: Օգտագործվել է համապատասխան գունավորիչներ [95]: Տարբեր մետաղների խտությունների մասին, համապատասխան մասնագետներին, մեր փոխանցած տվյալներով դիտարկվել է ռիսկի աստիճանը: Գնահատումն իրականացվել է ԱՄՆ-ի ռիսկի գնահատման գործակալության մեթոդաբանությամբ (US EPA):

Հետազոտման արդյունքը ցույց տվեց, որ ծանր մետաղների խտությունը գետի երկայնքով ավելին էր, քան ֆոնային արժեքը և մարդածին գործոնի հետևանք է: Դիտարկման N°01 տեղամասում աղտոտվածությունը հետևանք է լեռնամետալուրգիական արդյունաբերությունը:

Աղյուսակ 3. 2. Ծանր մետաղների խտությունը (մկգ / լ) Սևանի ավազանի Սոսկ գետում

Դիտարկ ման տեղամա ս	V	BL	Fe	BL	Ni	BL	Cu	BL	As	BL	Mo	BL	Pb	BL
Մայիս														
01	2.1 0	1.8	220. 00	120.	26. 17	38.	1.2 5	1.1	4.9 1	1.6	0.4 1	0.5	0.2 6	0.1 8
02	4.7 3	0	334. 00	00	9.0 7	00	1.8 8	0	7.2 2	0	0. 39	0	0. 37	8
03	10. 88	1.2 0	314. 00	110. 00	3.2 0	0.9 6	2.1 6	1.5 0	13. 16	0.4 0	1.2 4	1.1 0	1.4 9	0.1 7
Օգոստոս														
01	3.4 7	1.8	146. 00	120.	37. 46	38.	1.5 3	1.1	7.8 1	1.6	0. 63	0.5	0.1 4	0.1 8
02	10.1 2	0	223. 00	00	9.2 7	00	2.4 3	0	12. 17	0	0. 94	0	0.2 3	8
03	14.4 9	1.2 0	225. 00	110. 00	3.6 9	0.9 6	2. 57	1.5 0	8.7 4	0.4 0	1.8 2	1.1 0	0. 87	0.1 7

“BL” - background level, ֆոնի մակարդակը

Ջրային միջավայրերում խառնուրդների մեծ մասի խտությունը կարող է լինել փոքր և դրանց հայտնաբերումը ատոմների կամ մոլեկուլների սեփական կլանման կամ ատոմային ճառագայթման (ֆլուորեսցենցիա) գործընթացներով հայտնաբերելը դժվար է: Այդպես է հաճախ նաև ծանր մետաղների քանակական վերլուծության դեպքում: Նման պայմաններում հետազոտվող նյութը ջրում քիմիական ռեակցիայի մեջ մտցնել

մեկ այլ նյութի հետ: Առաջանում է գունավորված մետաղ-լիգանտ կոմպլեքսներ՝ համապատասխան ալիքի կլանման մեծ արդյունավետությամբ [94, 95]:

3.10. Եզրակացություն

Անլար սենսորային ցանցը մշակվել է միջավայրի մոնիթորինգային գործող համակարգի ստեղծման համար: Մոնիթորինգային համակարգը բաղկացած է 3 մասից՝ **տվյալների մոնիթորինգային հանգույցներ, տվյալների բազային կայան և հեռամոնիթորինգային կենտրոն**: Այն ունի այնպիսի օգտակար հատկություններ, ինչպիսիք են մոնիթորինգի մեծ տարածք, ճկուն կարգավորումները, հզորության նվազ սպառումը, շրջակա միջավայրի համար ցածր աղտոտվածությունը և ցածր գինը:

Ներկայացված աշխատանքը նվիրված է ջրային միջավայրի մոնիթորինգի մշակված համակարգի բացատրությանը և լուսաբանմանը, որը հիմնված է անլար սենսորային ցանցի վրա: Համակարգը հիմնականում բաղկացած է 3 մասից՝ տվյալների մոնիթորինգային հանգույցների ծրագրային և սարքային մաս, տվյալների բազային կայանի ծրագրային և սարքային մաս, հեռամոնիթորինգային կենտրոնի ծրագրային մաս: Համակարգը հաջողությամբ իրականացնում է ջրային միջավայրերում խառնուրդների քանակական փոփոխության մոնիտորինգ: Համակարգի չափման թողունակությունը՝ ըստ կլանման կամ առաքման ալիքի երկարության ընկած է 250-1000 նմ միջակայքում: Ջրի բաղադրության հետազոտման համար առաջարկվող սպեկտրաչափական սենսորը, կարող է տեղադրվել հանգույցներում՝ տարբեր ջրային միջավայրերի մոնիթորինգային պահանջներին համապատասխան և տարբեր արժեքներ ստանալու համար: Այս կերպ հնարավոր է մոնիթորինգային համակարգի լայն կիրառություններ:

ԵԶՐԱՀԱՆԳՈՒՄ

Երկրագնդի բնապահպանական անվտանգությունը պայմանավորված է բնական և մարդածին գործոններով: Դրանց ազդեցության հետևանքով օրեցօր խորանում է մարդու և բնության փոխհարաբերություններում առկա բնապահպանական ճգնաժամը: Արդյունաբերության, գյուղատնտեսության և տրանսպորտի գործունեության բացասական հետևանքները շրջակա միջավայրի վրա ազդող մարդածին հիմնական վտանգներ են: Վտանգավոր չափերի է հասել քաղցրահամ ջրի աղտոտվածությունը նավթանյութերով, ֆենոլներով, ազոտով, թունաքիմիկատներով, ծանր մետաղների միացություններով: Ստեղծված իրավիճակում առաջնային է դառնում իրական ժամանակում շրջակա միջավայրի և մասնավորապես ջրի որակի լայնամասշտաբ մոնիտորինգի իրականացումը:

Մշտադիտարկման ժամանակակից տեխնիկական միջոցներից ներկայումս մեծ դեր է վերապահվում նոր սերնդի տվիչներին, որոնք օգտագործվում են տեղում աղտոտվածությունները հայտնաբերող ժամանակակից սարքերում: Քանի որ շրջակա միջավայրին սպառնացող վտանգը դառնում է ավելի ու ավելի չկանխատեսվող, ապա անհրաժեշտ է մշակել տվիչներ և սարքեր, որոնք դյուրօգտագործելի են և տարբեր միջավայրերում իրավիճակները հեռավերլուծության ու ժամանակակից կապի միջոցներով տվյալների մոնիտորինգի, դրանց վերլուծության և էկրանին միջավայրի իրավիճակի ցուցադրման հնարավորություն են ընձեռում:

Մեծ տարածությունների մոնիտորինգի համար կպահանջվի մեծ թվով տվիչներ: Հետևաբար հրատապ կարևորություն է ոչ թանկ, դաշտային հեռաճանաչմանը պիտանի, բարձր սպեկտրային զգայնության և փոքր չափերով սենսորները և դրանցով տեղեկատվության ճշգրիտ գրանցման ավգորիթմը:

Նշված պահանջները բավարարելու ճանապարհին ատենախոսի կողմից կատարվել են հետևյալ աշխատանքները՝

1. Մշակվել է կիսահաղորդչային երկուղի ֆոտոդետեկտորի կառուցվածք և հիմնավորվել դրա միջոցով օպտիկական տեղեկատվության սպեկտրային վերլուծությամբ վնասակար նյութերի նույնականացման հնարավորությունը:

2. Ստացվել են մաթեմատիկական արտահայտություններ, որոնցում առկա կառուցվածքային պարամետրերի, կիրառված արտաքին շեղման լարման, կլանված ճառագայթի սպեկտրային կազմի և ինտենսիվության միջև փոխկապակցվածությամբ նկարագրվում են երկուղի ֆոտոդետեկտորում ֆոտոէլեկտրոնային գործընթացները:
3. Մշակվել է ալգորիթմ, որը արտաքին լարման 1 մվ քայլքով փոփոխություն, կլանման գործակցից ալիքի երկարության անցում, մուտքային տվյալների ճշտաբերում իրականացնող մշակված ծրագրային փաթեթի շնորհիվ ելքում ապահովվում է ճառագայթի ինտենսիվության սպեկտրային կախվածություն ստացում:
4. Մշակվել, պատրաստվել և փորձարկվել է փոքրաչափ և էժան սպեկտրոֆոտոչափ սիլիցիումային երկուղի ֆոտոդետեկտորի հիման վրա, որը ընդգրգում է գործնականում առավել կիրառելի 220...1100 նմ սպեկտրային միջակայքը: Հետազոտվել են սենյակային լույսի և լազերային ճառագայթների ինտենսիվության սպեկտրային կախվածությունները, վերջինս համեմատելի է էտալոնային հայտնի տվյալների հետ: Շեղումները կազմել են ~1 նմ և չեն զիջում ժամանակակից սպեկտրաֆոտոչափերի սպեկտրային զգայնությանը:
5. Մշակվել է իրական ժամանակում հեռամշտադիտարկման համակարգի և դրա սարքային հանգույցների նախագծման սկզբունքներ, որը թույլ է տալիս առաջնային ֆոտոսպեկտրաչափի միջոցով իրականացնել տեղեկատվության սպեկտրային վերլուծությունն, իսկ ելքային տվյալները փաթեթային ռադիոկապի տեխնոլոգիայով (GPRS/3G/4G) ուղարկել մշտադիտարկման կենտրոն՝ վերջնական օգտագործման համար:
6. Մշակվախ հեռամշտադիտարկման համակարգը կարող է օգտագործվել այնպիսի վայրերում, որտեղ պահանջվում է անվտանգության ստուգում, պայթուցիկ և վնասակար նյութերի հայտնաբերում՝ առանց դրանց հետ անմիջական շփման:

ՕԳՏԱԳՈՐԾՎԱԾ ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Jiang, P., Xia, H.B., He, Z.Y. and Wang, Z.M. (2009) Design of a Water Environment Monitoring System Based on Wireless Sensor Networks. *Sensors*, **9**, 6411-6434. <http://dx.doi.org/10.3390/s90806411>
2. Normatov, P.I., Armstrong, R., Normatov, I.S. and Narzulloev, N. (2015) Monitoring Extreme Water Factors and Studying the Anthropogenic Load of Industrial Objects on Water Quality in the Zeravshan River Basin. *Russian Meteorology and Hydrology*, **40**, 347-354. <http://dx.doi.org/10.3103/S106837391505009X>
3. Vaganov, M. (2012) The Parallel Spectrum Analyzer of Optical Signals. Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation Saint-Petersburg, Russia, 1-5. http://guap.ru/guap/nids/pdf_2012/vaganov.pdf
4. Pshinko, G.N., Kobets, S.A. and Puzyrnayain, L.N. (2013) Concentration of U(VI) on a Complexing Sorbent for Its Determination by the Spectrophotometric Method. *Journal of Water Chemistry and Technology*, **35**, 145-151. <http://dx.doi.org/10.3103/S1063455X13040012>.
5. <https://oceanoptics.com/product/flame-spectrometer/> .
6. <http://mrclab.com/productDetails.aspx?pid=81561>.
7. <https://www.gkh.ru/article/102402-trebovaniya-k-kachestvu-pitevoy-vody> .
8. <http://www.vodoobmen.ru/05-standart.html> .
9. www.mpfiltri.co.uk .
10. www.mpfiltri.com.
11. www.hydraulicparticlecounter.com .
12. Stefan Franger Internormen Technolgy GmbH, Altlussheim. Latest measurement technology for contamination monitoring of hydraulic and lubricating systems. Internormen electronics. September 21, 2005.
13. <http://www.dissercat.com/content/razrabotka-i-primenenie-distantsionnykh-spektrometricheskikh-metodov-issledovaniya-prirodnikh>
14. TRITON. Intelligent Water Surveillance. A.U.G. Signals Ltd. www.augsignals.com.

15. S. Khudaverdyan, O. Petrosyan, J. Dokholyan, D. Khudaverdyan, and S. Tsaturyan. (2012) Modeling of a New Type of an Optoelectronic Biosensor for the Monitoring of the Environment and the Food Products. ISBN 978-94-007-2487-7. Springer, 179-184.
16. <http://oceanoptics.com>.
17. <http://www.coleparmer.com/buy/product/92616-shimadzu-uv-1800-uv-visible-scanning-spectrophotometer-115-vac.html>.
18. <http://www.bucksci.com/atomic-absorption-spectrophotometers/details/3181/10/uv-vis-spectrophotometers/double-beam-scanning-uv/visible-spectrophotometers/6850-double-beam-spectrophotometer.html>.
19. Monroy E., Omnes F. and Calleb F. Wide-bandgap semiconductor ultraviolet photodetectors *Semicond. Sci. Technol.* 2003; 18: 33-51.
20. Caria M., Barberini L., Cadeddu S., Giannattasio A., Rusani A., and Sesselego A. Gallium arsenide photodetectors for imaging in the far ultraviolet region *Applied Physics Letters* - August 19, 2002 - Volume 81, Issue 8, pp. 1506-1508.
21. Бланк Т. Б., Гольдберг Ю. А.. Полупроводниковые фотоэлектронпреобразователи для ультрафиолетовой области спектра. *Физика и техника полупроводников*, 2003, том 37, вып. 9. с. 1025-1053.
22. Caria M., Barberini L., Cadeddu S., Giannattasio A., Rusani A., and Sesselego A. Gallium arsenide photodetectors for imaging in the far ultraviolet region *Applied Physics Letters* - August 19, 2002 - Volume 81, Issue 8, pp. 1506-1508.
23. Monroy E., Omnes F. and Calleb F. Wide-bandgap semiconductor ultraviolet photodetectors *Semicond. Sci. Technol.* 18 (April 2003) R33-R51.
24. Бланк Т. Б., Гольдберг Ю. А. Полупроводниковые фотоэлектронпреобразователи для ультрафиолетовой области спектра. *Физика и техника полупроводников*, 2003, том 37, вып. 9. с. 1025-1053.
25. Xu G. Y., Salvador A., Kim W., Fan Z., Lu C., Tang H., Morkoç H., Smith G., Estes M., Goldenberg B., Yang W., and Krishnankutty S. High speed, low noise ultraviolet

- photodetectors based on GaN *p-i-n* and AlGaN(*p*)-GaN(*i*)- GaN(*n*) structures. Applied Physics Letters Vol 71(15) pp. 2154-2156. October 13, 1997.
26. Caria M., Barberini L., Cadeddu S., Giannattasio A., Rusani A., and Sesselego A. Gallium arsenide photodetectors for imaging in the far ultraviolet region Applied Physics Letters - August 19, 2002 - Volume 81, Issue 8, pp. 1506-1508.
27. Blank T. V., Goldberg Yu. A. and Konstantinov O. V.. The ultraviolet radiation detectors based on wide-bandgap Schottky barrier structures. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Volume 487, Issues 1-2, 11 July 2002, Pages 60-64.
28. Korona K., Drabinska A., Borysiuk J., Caban P.. Nitride-based photodetectors containing quantum wells in tunable electric fields. J. of Optoelectronics and Advanced Materials, Vol. 11, No. 9, September 2009, p. 1108 – 1114.
29. Dorogan V., Vieru T.. Selective photoreceivers with two-coordinate sensitivity on the basis of III-V heterostructures. <http://semiconductor-lasers-and-systems.by/ru/PDF/p198.pdf>
30. Chien-Yuan Lu, Sheng-Po Ch., Shoou-Jinn Ch., Ting-Jen H., Cheng-Liang H., Yu-Zung Ch. and I-Cherng Ch. A lateral ZnO nanowire UV photodetector prepared on a ZnO:Ga/glass template. 2009 *Semicond. Sci. Technol.* 24 075005 (4pp) doi:[10.1088/0268-1242/24/7/075005](https://doi.org/10.1088/0268-1242/24/7/075005).
31. Jun Z., Yudong G., Youfan H., Wenjie M., Ping-Hung Y., Gang B., Ashok K. S., Dennis L. P., and Zhong L. W. Gigantic enhancement in response and reset time of ZnO UV nanosensor by utilizing Schottky contact and surface functionalization. *Appl. Phys. Lett.* 94, 191103 (2009); doi:10.1063/1.3133358.
32. Ching-Hwa Ho, Ming-Hung H., and Ching-Ch. Photoconductance and photoresponse of layer compound photodetectors in the UV-visible region. *Wu Rev. Sci. Instrum.* 77, 113102 (2006); doi:10.1063/1.2369638.
33. Chun-Wei C., Cheng-Chia H., Yun-Yue L., and Wei-Fang Su. Photoconductivity and highly selective ultraviolet sensing features of amorphous silicon carbon nitride thin films. *Appl. Phys. Lett.* 88, 073515 (2006); doi:10.1063/1.2178406.

34. Jiping Ch., Yunjin Zh. and Ruyan G.. ZnO microtube ultraviolet detectors. *Journal of Crystal Growth*, Volume 310, Issue 1, 4 January 2008, Pages 57-61.
35. Sukach G. A., Smertenko P. S., Shepel L. G., Ciach R. and Kuzma M. Selective photodetectors based on GaAlAs/GaAs and GaN/GaN heterostructures. *Solid-State Electronics*, Volume 47, Issue 3, March 2003, Pages 583-587
36. Vikulin I.M., Kurmashev Sh.D., Stafeev V.I., Injection-based photodetectors. *Semiconductors*, 2008, Vol. 42, No. 1, pp. 112-127.
37. Blank T.V., Goldberg Yu. A., Kalinina E. V., Konstantinov O. V., Konstantinov A. O. and Hallin A.. Temperature dependence of the photoelectric conversion quantum efficiency of 4H-SiC Schottky UV photodetectors 2005 *Semicond. Sci. Technol.* 20 710-715.
38. Mathias B., Felix A. K., Eckhardt H., Klein Karl-F., Dieter D., Kenneth T. Optical Detection Techniques and Light Delivery with UV LEDs and Optical Fibres. *Journal of Physics: Conference Series* 85 (2007) 012034. pp1-7.
39. Osinsky A., Gangopadhyay S., Gaska R., Williams B., Khan M., Kuksenkov D., and Temkin H. Low noise GaN ultraviolet photodetectors. *Applied Physics Letters* Vol 71(16) pp. 2334-2336. October 20, 1997
40. Campell Joe C., Li, T., et al. AlGaIn/GaN ultraviolet photodetectors. *Proc. SPIE* Vol. 4134, p. 124-132, *Photonics for Space Environments VII*, 10/2000.
41. SiC UV Detectors, Lazer Components Catalog (Boston Electronics Corp., 1996).
42. Shimadzu Corporation®: UV Talk Letter.-2010.-Vol. 4, C101-E116.-8 p.
43. Kautzsch, T. (2013) Photo Cell Devices and Methods for Spectrometric Applications. US Patent No. 20130285187 A1.
44. Kautzsch, T. (2014) Photodetector with Controllable Spectral Response. US Patent No. 8916873 B2.
45. Kautzsch, T. (2012) Photocell Devices and Methods for Spectroscopic Applications. Patent DE 102013207801 A1.
46. Jan, C., Daniel, P., Man, S.T. and Univ, N. (2005) Photodetector with Controllable Spectral Response. US Patent No. 8916873 B2.

47. Nataša, G. and Novel, A. (2007) Type of Tri-Colour Light-Emitting-Diode-Based Spectrometric Detector for Low- Budget Flow-Injection Analysis. *Sensors*, 7, 166-184. <http://dx.doi.org/10.3390/s7020166>
48. Seymour, E.Ç., Freedman, D.S., Gökkavas, M., Özbay, E., Sahin, M. and Ünlü, M.S. (2014) Improved Selectivity from a Wavelength Addressable Device for Wireless Stimulation of Neural Tissue. *Frontiers in Neuroengineering*, 7, 1-12. <http://dx.doi.org/10.3389/fneng.2014.00005>
49. Nader, M.K. and Fereydoon, N. (2004) Filterless Si-Based Ultraviolet-Selective Photodetectors. Spire Corp. for Stennis Space Center, Mississippi, Refer to SSC-00072.
50. Vanyushin, I.V., Gergel, V.A., Zimoglyad, V.A. and Tishin, Y.I. (2005) Adjusting the Spectral Response of Silicon. Photodiodes by Additional Dopant Implantation. *Russian Microelectronics*, 34, 155-159. <http://dx.doi.org/10.1007/s11180-005-0024-5>
51. Vanyushin, I.V., Gergel', V.A., Zimoglyad, V.A., Lependin, A.V. and Tishin, Yu, I. (2006) Profiling the Boron Distribution in Asymmetric n+-p Silicon Photodiodes and a New Concept for Creating Selectively Sensitive Photocells for Megapixel Color-Image Receivers. *Physical Processes in Electron Devices, Journal of Communications Technology and Electronics*, 51, 1425-1430. <http://link.springer.com/article/10.1134%2FS106422690612014X#/close>.
52. Gergel' V.A., Tishin Yu.I., Vanyushin I.V., Zimoglyad V.A., Adjusting the Spectral Response of Silicon Photodiodes by Additional Dopant Implantation", *Russian Microelectronics*, 2005, Vol. 34, No. 3, pp. 155-159.
53. Filterless Si-Based Ultraviolet-Selective Photodetectors, This work was done by Nader M. K. and Fereydoon N. of Spire Corp. for Stennis Space Center, Mississippi. 2004.
54. Ермаков О. Прикладная оптоэлектроника. –М.: Техносфера, 2004. 414с.
55. Быстров Ю.А. Оптоэлектронные приборы и устройства. Учебное пособие. –М.: Радио Софт, 2001.
56. Khudaverdyan, S., Khachatryan, M., Khudaverdyan, D., Tsaturyan, S. and Vaseashta, A. (2013) New Model of Spectral Analysis of Integral Flux of Radiation. In:

- Khudaverdyan, S. and Vaseashta, A., Eds., *NATO Science for Peace and Security Series B: Physics and Biophysics*, Springer, Netherlands, 261-269.
57. Khudaverdyan, S., Avetisyan, A., Khudaverdyan, D. and Vaseashta, A. (2013) Photoelectric Properties of Selectively Sensitive Sensors for the Detection of Hazardous Materials. In: Khudaverdyan, S. and Vaseashta, A., Eds., *NATO Science for Peace and Security Series B: Physics and Biophysics*, Springer, Netherlands, 183-191. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-7003-4_15 .
58. Ю.А. Быстров. Оптоэлектронные приборы и устройства. Учебное пособие. // Радио Софт.- 2001.
59. <http://naf-st.ru/articles/digit/mux/>
60. Առուստամյան Վ.Ե., Գրիգորյան Հ.Հ.: Կապի թվային և անալոգային համակարգերի համատեղելիություն. -2004. -Ե. ՀՊՃՀ. -120 էջ:
61. <http://naf-st.ru/articles/digit/mux/>
62. <http://www.vinsit.ru/info/faq/034/>
63. Khudaverdyan, S., Khachatryan, M., Khudaverdyan, D., Tsaturyan, S. and Vaseashta, A. (2013) New Model of Spectral Analysis of Integral Flux of Radiation. In: Khudaverdyan, S. and Vaseashta, A., Eds., *NATO Science for Peace and Security Series B: Physics and Biophysics*, Springer, Netherlands, 261-269.
64. Khudaverdyan, S., Avetisyan, A., Khudaverdyan, D. and Vaseashta, A. (2013) Photoelectric Properties of Selectively Sensitive Sensors for the Detection of Hazardous Materials. In: Khudaverdyan, S. and Vaseashta, A., Eds., *NATO Science for Peace and Security Series B: Physics and Biophysics*, Springer, Netherlands, 183-191.
65. Khudaverdyan S.Kh., Kocharyan A.A. // Photoelectrical Properties of Structures with a Highresistance Layer on the Recrystallized Si Base / Journal of Applied Electromagnetism, 2004, 6, 1-9.
66. Sze, S. (1981) *Physics of Semiconductor Devices*. 2nd Edition, Wiley-Interscience, New York, 450.
67. <http://www.pveducation.org/pvcdrom/materials/optical-properties-of-silicon>.

68. www.mdpi.com/journal/sensors.
69. <http://purecology.narod.ru/Work1.htm#Toc36184872>.
70. Photometric Water Analysis and IQC. www.mn-net.com.
71. Concentration of U(VI) on a complexing sorbent for its determination by the spectrophotometric method. G. N. Pshinko, S. A. Kobets, L. N. Puzyrnaya... in *Journal of Water Chemistry and Technology* (2013). P 143-151.
72. S. Khudaverdyan, O. Petrosyan, J. Dokholyan, D. Khudaverdyan, and S. Tsaturyan. *Modeling of a New Type of an Optoelectronic Biosensor for the Monitoring of the Environment and the Food Products*. ISBN 978-94-007--2487-7. Springer. 2012. P 179-184.
73. Khudaverdyan S. Kh., Janna Dokholyan, Vladimir Arustamyan, Ashot Khudaverdyan, Daniel L. Clinciu. On the mechanism of spectral selective sensitivity of photonic biosensors. *ELSEVIER, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 610 (2009). P 314–316.
74. Khudaverdyan S.. Kh., Dokholyan J. G., Kocharyan A. A., Khudaverdyan D. S. New type of photodetectors with selective spectral photosensitivity. Conference on “New developments in photodetection” Beaune, France, June. 2005, p. 73.
75. Khudaverdyan S. Kh., Dokholyan J.G., Kocharyan A.A., Kechiyantz A.M. and Khudaverdyan D.S. On functional potentiality of photodiode structures with a high-resistance layer *ELSEVIER, J. Solid State Electronics*. V.49, Issue 4, 2005, p.634-639.
76. Khudaverdyan S. Kh., Dokholyan J.G., Kocharyan A.A., Photoreceiver structures with the extended functional potentiality on the CdTe base. *J. Phys. D: Applied Physics*, V38, num 2, 2005, p. 272-275.
77. <http://kiev-security.org.ua/box/13/78.shtml> .
78. Jin, D.-L.; Liu, Y.-W. An Overview of the Water Environment. *Water Resour.* 2006, 27, 33–36, in Chinese.
79. Akyildiz, L.F.; Su, W.; Sankarasubramaniam, Y.; Cayirci, E. Wireless Sensor Networks: A Survey. *Comput. Netw.* 2002, 38, 393–422.

80. *EmNetLLC.Technology*. Available online at: <http://www.heliosware.com/technology.html> (accessed 16 January 2009).
81. The CSIRO ICT Centre. *Wireless Sensor Network Devices*. Available online at: <http://www.ict.csiro.au/page.pHp?cid=87> (accessed 16 January 2009).
82. Seders, L.A.; Shea, C.A.; Lemmon, M.D.; Maurice, P.A.; Talley, J.W.; LakeNet: An Integrated Sensor Network for Environmental Sensing in Lakes. *Environm. Eng. Sci.* 2007, 24, 183–191.
83. O’Flynn, B.; Martínez-Català, F.; Harte, S.; O’Mathuna, C.; Cleary, J.; Slater, C.; Regan, F.; Diamond, D.; MurpHy, H. SmartCoast: A Wireless Sensor Network for Water Quality Monitoring. *32nd IEEE Conference on Local Computer Networks, 2007. LCN 2007*, Dublin, Ireland, October 15–18, 2007; pp. 815–816.
84. Yang, X.; Ong, K.G.; Dreschel, W.R.; Zeng, K.; Mungle, C.S.; Grimes, C.A. Design of a Wireless Sensor Network for Long-Term, in-situ Monitoring of an Aqueous Environment. *Sensors* 2002, 2, 455–472.
85. Jiang, P. Survey on Key Technology of WSN-Based Wetland Water Quality Remote Real-Time Monitoring System. *Chin. J. Sens. Actuat.* 2007, 20, 183–186.
86. Jiang, P.; Kong, Y. Design of Data Video Base Station of WSNs Oriented Water Environment Monitoring. *Chin. J. Sens. Actuat.* 2008, 21, 1581–1585.
87. Hu, D. *C Language Programming and Development of MSP430*; Beihang University Press: Beijing, China, 2003.
88. *Chipcon ASSmartRF® CC2420 Preliminary Datasheet (rev1.2)*; Chipcon AS: Oslo, Norway, June 9, 2004.
89. Hong, J.; Zhu, Q.; Xiao, J. Design and Realization of Wireless Sensor Network Gateway Based on ZigBee and GPRS. *2009 2nd International Conference on Information and Computing Science*, Manchester, UK, 2009; pp. 196–199.
90. Mills, D.L. Internet Time Synchronization: The Network Time Protocol. *IEEE Trans. Commun.* 1991, 39, 1482–1493.

91. Elson, J.; Girod, L.; Estrin, D. Fine-Grained Network Time Synchronization Using Reference Broadcasts. *Proceedings of the 5th Symposium on Operating Systems Design and Implementation*, Boston, MA, USA, 2002; pp. 147–163.
92. Woo, A.; Tong, T.; Culler, D. Taming the Underlying Challenges of Reliable Multi-hop Routing in Sensor Networks. *Proceedings of the 1st international Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, Los Angeles, CA, USA, 2003; pp. 14–27.
93. Draves, R.; Padhye, J.; Zill, B. Routing in multi-radio, multi-hop wireless mesh networks. *Proceedings of the 10th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, New York, NY, USA, 2004; pp. 114–128.
94. CHEMISTRY LibreTexts™, Spectroscopic Methods: UV/Vis and IR Spectroscopy.- 2017.



Հաստատում եմ՝
«Նեյշնլ Ինսթրումենթս ԷՅԷՄ» ՍՊԸ
տնօրեն՝ Ա. Սալաթյան

Ստեփան Հուսիկի Ծատուրյանի «Իրական ժամանակում հետազոտվող միջավայրի մշտադիտարկման համակարգի մշակումը» թեմայով թեկնածուական ատենախոսության արդյունքների

ՆԵՐԴՐՄԱՆ ԱԿՏ

ՀԱՊՀ «Հեռահաղորդակցական ցանցեր, սարքավորումներ և համակարգեր» մասնագիտությամբ 3-րդ կուրսի հայցվոր Ս. Հ. Ծատուրյանի կողմից մշակված նոր լուծումները և ստացված հետևյալ արդյունքները կարող են ներդրվել «Նեյշնլ Ինսթրումենթս ԷՅԷՄ» ՍՊԸ-ի նախագծերում:

- Երկուլի ֆոտոդետեկտորի լուսային վոլտամպերային բնութագրի թվային տվյալների ալգորիթմական մշակում և ճառագայթի սպեկտրային բնութագրի ստացում,
- դրանց մուտքային տվյալների կարգաբերում, կեղծ տվյալների գտում, ելքի խառը ազդանշանի սպեկտրային վերլուծություն,
- անլար սենսորային ցանց, լայն տարածքների ընդգրկումով մոնիտորային համակարգ: Դրանց մուտքերի կառավարում, աշխատանքային ռեժիմների ընտրություն, պարամետրերի կարգաբերման՝ հավաստի ելքերի գրանցման նպատակով:

Դրանք կարող են օգտագործվել օպտիկապես թափանցիկ օբյեկտների իրական ժամանակում հեռամշտադիտարկման գործընթացներում: Մշակված նախատիպը բավարարում է ժամանակակից մշտադիտարկման համակարգի բոլոր պահանջներին:

«Նեյշնլ Ինսթրումենթս ԷՅԷՄ» ՍՊԸ
Տնօրեն՝

Salatyan
Ա. Սալաթյան

123 Hovsep Emin • Yerevan, 0051, Armenia
Tel: (+374-10) 21 97 10 • Fax: (+374-10) 21 97 82 • www.ni.com/armenia
www.ni.com

Ջրի ֆոտոմետրիկ վերլուծության պարամետրերը՝ Nanocolor ֆոտոսպեկտրոմետրի փորձարկումների արդյունքում: Համապատասխան նյութերի հայտնաբերման ալիքի երկարությունները:

Աղյուսակ 2

Սպիրտեր՝ Էտանոլ և Մեթանոլ					
Թեստ	NANOCOLOR-ի ֆոտոմետրերի չափման դիապազոնը		Ալիքի երկ.	Թեստ. քան.	Կատալ.№
Ալյումին 07	0.02-0.70 մգ/լ Al ³⁺		540 նմ	19	985 098
Ալյումին 3	0.04-2.30 մգ/լ NH ₄ - N	0.05-3.00 մգ/լ NH ₄ ⁺	690 նմ	20	985 003
Ալյումին 10	0.2-8.0 մգ/լ NH ₄ - N	0.2-10.0 մգ/լ NH ₄ ⁺	690 նմ	20	985 004
Ալյումին 50	1-40 մգ/լ NH ₄ N	1-50 մգ/լ NH ₄ ⁺	690 նմ	20	985 005
Ալյումին 100	4-80 մգ/լ NH ₄ N	5-40 մգ/լ NH ₄ ⁺	585 նմ	20	985 008
Ալյումին 200	30-160 մգ/լ NH ₄ - N	40-200 մգ/լ NH ₄ ⁺	585 նմ	20	985 006
Անիոն ՄԱՆ					
AOX 3 ⁺	0.01-0.30 մգ/լ AOX	0.01-0.30 մգ/լ AOX	470 նմ	20	985 007
ԿԹՊ ₅	2-3000		436 նմ	20-50	985 822

	մգ/լO ₂				
ԿԹՊ ⁺ (փորձնականթեստ)	0.5-3000 մգ/լO ₂		436 նմ	22	985 825
Կադմի 2	0.05-2.00 մգ/լCd ²⁺		520 նմ	10-19	985 014
Կարբոնատային կարծրություն	1.25-18.75 մգ/լ ^o e	0.4- 5.4մմոլ/լ H ⁺	436/585 նմ	20	985 015
Կատիոնական ՄԱՆ					
Քլորիդ 200*	5-200 մգ/լ Cl ⁻		470 նմ	20	985 019
Քլորիդ 50*	0.5-50.0 մգ/լ Cl ⁻		470 նմ	20	985 021
Քլոր/Օզոն 2*	0.05-2.50 մգ/լ Cl ₂	0.05- 2.00 մգ/լ O ₃	540 նմ	20	985 017
Քլորիդիօքսիդ	0.15-5.00 մգ/լ ClO ₂		540 նմ	20	985 018
Քրոմատ 5	0.05-2.00 մգ/լCr(VI) 0.005- 0.500 մգ/լCr(VI)	0.1-4.0 մգ/լ CrO ₄ ²⁻ 0.01-1.00 մգ/լ CrO ₄ ²⁻	540 նմ	20	985 024
ՔԹՊ 40*	2-40 մգ/լ O ₂		345 նմ	20	985 027
ՔԹՊ 60*	5-60 մգ/լ O ₂		345 նմ	20	985 022
ՔԹՊ 160*	15-160 մգ/լ		436 նմ	20	985 026

	O ₂				
ՔթՊ 160*	15-160 մգ/լ O ₂		436 նմ	20	963 026
ՔթՊ 300*	50-300 մգ/լ O ₂		436 նմ	20	985 033
ՔթՊ 600*	50-600 մգ/լ O ₂		620 նմ	20	985 030
ՔթՊ 1500*	100-1500 մգ/լ O ₂		620 նմ	20	985 029
ՔթՊ 4000*	400-4000 մգ/լ O ₂		620 նմ	20	985 011
ՔթՊ 10000*	1.00-10.00 գ/լ O ₂		620 նմ	20	985 023
ՔթՊ 15000*	1.0-15.0 գ/լ O ₂		620 նմ	20	985 028
ՔթՊ 60000*	5.0-60.0 գ/լ O ₂		620 նմ	20	985 012
Պղինձ 7	0.10-7.00 մգ/լ CN ²⁺		585 նմ	20	985 054
Ցիանիդ 08*	0.02-0.80 մգ/լ CN ⁻	0.005- 0.100 մգ/լ CN ⁻	585/605 նմ	20	985 031
ԴԷԳԱ 1	0.05-1.00 մգ/լԴԷԳԱ		540 նմ	20	985 035
Էթանոլ 1000	0.10-1.00 գ/լ EtoH	0.013- 0.130Vol % EtoH	620 նմ	23	985 838
Ճարպային Կատիոն Օրգանական					
Ֆտորիդ 2	0.1-2.0		620 նմ	20	985 040

	մգ/լ F ⁻				
Ֆորմալդեհիդ 8 ⁺	0.1-8.0 մգ/լ HCHO		585 նմ	20	985 041
Ֆորմալդեհիդ 10	0.20-10.00 մգ/լ HCHO	0.02-1.00 մգ/լ HCHO	412 նմ	20	985 046
Կարծրություն 20	1.25- 25.00 ^օ e 0.2-3.6 մմոլ/լ Ca ²⁺	5-50 մգ/լMg ²⁺ 10-100 մգ/լCa ²⁺	540 նմ	20	985 043
HC 300*(հիդրոկարբոններ)	0.5-5.6 մգ/լ HC	30-300 կգ/կգ HC	436 նմ	20	985 057

Թեստ	NANOCOLOR-ի ֆոտոմետրերի չափման դիապազոնը		Ալիքի երկ.	Թեստ . քան.	Կատ ալ.№
Երկաթ 3*	0.10-3.00 մգ/լ Fe	0.02- 1.00մգ/լ Fe	540 նմ	20	985 037
Կապար5*	0.10-5.00մգ/լ Pb ²⁺		520 նմ	20	985 009
Օրգանական կոմպլեքսուման. 10	0.5-10.0 մգ/լ IBiC		540 նմ	10-19	985 052
Մարգանեց 10*	0.1-10.0մգ/լ Mn	0.02-2.000 մգ/լMn	470 նմ	20	985 058
Մեթանոլ 15	0.2-15.0մգ/լ MeOH		620 նմ	23	985 859
Մոլիբդեն 40*	1.0-40.0 մգ/լ Mo(VI)	1.6- 65.0մգ/լM	345/365 նմ	20	985 056

		NO_4^{2-}			
Неионогенные					
Նիկել 7*	0.10-7.00 մգ/լ Ni^{2+}	0.02-1.00 մգ/լ Ni^{2+}	470 նմ	20	985 061
Նիտրատներ 8*	0.30- 8.00 մգ/լ $\text{N O}_3\text{-N}$	1.3-35.0 NO_3^-	մգ/լ 365 նմ	20	985 065
Նիտրատներ 50*	0.3-22.0 մգ/լ $\text{NO}_3\text{-N}$	2-100 NO_3^-	մգ/լ 365/ 385 նմ	20	985 064
Նիտրատներ 250*	4-60 մգ/լ $\text{NO}_3\text{-N}$	20-250 մգ/լ NO_3^-	365/ 385 նմ	20	985 066
Նիտրատներ 2	0.003- 0.460 մգ/լ $\text{NO}_2\text{-N}$	0.02-1.50 մմոլ/լ NO_2^-	540 նմ	20	985 068
Նիտրատներ 4	0.1-4.0 մգ/լ $\text{NO}_2\text{-N}$	0.3-13.0 մգ/լ NO_2^-	540 նմ	20	985 069
Ընդհ. Ազոտ TN_b 22*	0.5-22.0 մգ/լ N		365/ 385 նմ	20	985 083
Ընդհ. Ազոտ TN_b 60*	3-60 մգ/լ N		365 նմ	20	985 092
Ընդհ. Ազոտ TN_b 220*	5-220 մգ/լ N		365/ 385 նմ	20	985 088
Օրգանական թթուներ 3000*	3-	0.5-50.0 մմոլ/լ	470	20	985

	3000մգ/լCH ₃ C OOH	CH ₃ COOH	նմ		050
Թթվածին ^{12*}	0.5-12.0մգ/լ O ₂		436 նմ	22	985 082
ՕզոնՔլոր/Օզոն 2					
Պերօքսիդ 2	0.03-2.00մգ/լ H ₂ O ₂		620 նմ	10-19	985 871
pH 6.5-8.2	pH 6.5-8.2		436/ 540 նմ	100	918 72
Ֆենոլայինցուցանիչ 5	0.2- 5.0մգ/լՖենոլ		520 նմ	20	985 074
Ընդհ. Ֆոսֆատներ 1	0.05-1.50մգ/լ P 0.010- 0.800մգ/լ P	0.2-5.0 մգ/լ PO ³⁻ ₄ 0.03-2.50 մգ/լ PO ³⁻ ₄	690 նմ	20	985 076
Ընդհ. Ֆոսֆատներ 5*	0.20-5.00մգ/լ P	0.5-15.0 մգ/լ PO ³⁻ ₄	690 նմ	20	985 081
Ընդհ. Ֆոսֆատներ 15*	0.30-15.00մգ/լ P	1.0-45.0 մգ/լ PO ³⁻ ₄	690 նմ	20	985 080
Ընդհ. Ֆոսֆատներ 45*	5.0-50.0 մգ/լ P	15-150 մգ/լ PO ³⁻ ₄	690 նմ	20	985 055
Ընդհ. Ֆոսֆատներ 50*	10-50.0 մգ/լ P	30-150 մգ/լ PO ³⁻ ₄	436 նմ	19	985 079
ԿՕԹ 200(կիսաօքսիկարբոնային թթուներ)	20-200 մգ/լ ԿՕԹ	2-40 մգ/լ KWI	436 նմ	20	985 070
Կալիում 50*	2-50մգ/լ K ⁺		690	20	985

			նմ		045
Մշտական Կարծրություն 1	0.03-3.00 մգ/լ °e	0.004-0.180 մմոլ/լ	540 նմ	20	985 084
Արծաթ 3	0.20-3.00 մգ/լ Ag ⁺		620 նմ	20	985 049
Օսլա 100	5-100 մգ/լ Օսլա		540 նմ	19	985 085
Սուլֆատներ 200*	10-200 մգ/լSO ₄ ²⁻		436 նմ	20	985 086
Սուլֆատներ1000*	200-1000 մգ/լSO ₄ ²⁻		436 նմ	20	985 087
Սուլֆիդներ 3*	0.05-3.00 մգ/լS ²⁻		620 նմ	20	985 073
Սուլֆիդներ10*	0.2-10.0 մգ/լSO ₃ ²⁻	0.05-2.40 SO ₃ ²⁻	436 նմ	20	985 089
Սուլֆիդներ100*	5-100 մգ/լ SO ₃ ²⁻		470 նմ	19	985 090
Անիոններ 4*	0.20-4.00մգ/լ MBAS		620 նմ	20	985 032
Կատիոններ 4*	0.20-4.00մգ/լ CTAB		620 նմ	20	985 034
Անիոնոգեն 15*	0.3-15.0 մգ/լ		610/ 620 նմ	20	985 047
Անագ3*	0.10-3.00 մգ/լ Sn		520 նմ	18	985 097
Տիոցիանիտներ 200*	0.5-50.0 մգ/լSCN ⁻		470 նմ	20	985 091
Ցինկ4*	0.10-4.00		620	20	985

	մգ/լ Zn ²⁺		նմ		096
--	-----------------------	--	----	--	-----

NANOCOLOR-ի ստանդարտ փորձարկումներ

Թեստ		NANOCOLOR-ի ֆոտոմետրերի չափման դիապազոնը	Ալիքի երկ.	Թեստ. քան.	Կատ ալ.№
Ալյումին	0.01-1.00 մգ/լ Al ³⁺		540 նմ	200	918 02
Ամոնիում	0.01-3.0 մգ/լ NH ₄ -N	0.01-2.5 մգ/լ	690 նմ	100	918 05
Քլորիդ	0.2-125 մգ/լ Cl ⁻		470 նմ	220	918 20
Քլոր	0.02-10.0 մգ/լ Cl ₂		540 նմ	250	918 16
Երկօքսիդ քլոր	0.04-4.00 մգ/լ ClO ₂		540 նմ	50	918 163
Քրոմատ	0.01-3.0 մգ/լ Cr (VI)	0.01-6.0 մգ/լ	540 նմ	250	918 25
Կոբալտ	0.002-0.70 մգ/լ Co ²⁺		540 նմ	220	918 51
Գունավորություն	5-500 մգ/լ Pt (Hazen)	0.2-20.0 1/մ	436 նմ	-	Թեստ 1-39
Պղինձ	0.01-10.0 մգ/լ Cu ²⁺		585 նմ	250	918 53
Ցիանիդ	0.001-0.50 մգ/լ CN ⁻		585 նմ	250	918 30
Ֆտորիդ*	0.05-2.00 մգ/լ F ⁻		585 նմ	200	918 142
Հիդրազին*	0.002-1.50 մգ/լ N 2H ₄		436 նմ	220	918 44
Երկաթ*	0.01-15.0 մգ/լ Fe		470 նմ	250	918 36
Մարգանեց*	0.01-10.0 մգ/լ Mn		470 նմ	250	918 60
Նիկել*	0.01-10.0 մգ/լ Ni ²⁺		436 նմ	250	918 62
Նիտրատներ*	0.9-30.0 մգ/լ NO ₃ -N	4-140 մգ/լ	365/38 5 նմ	100	918 65
Նիտրատներ Z*	0.02-1.0 մգ/լ NO ₃ -N	0.1-5.0 մգ/լ	520 նմ	440	918 63
Նիտրատներ* ⁴⁾	0.002-0.30 մգ/լ NO ₂ -N	0.005-1.00 մգ/լ	520 նմ	220	918 67
Ֆենոլ	0.01-7.0 մգ/լ Phenol		470 նմ	440	918 75

Ֆոսֆատներ*	0.04-6.5մգ/լ PO ₄ -P	0.1-20.0 մգ/լ	690 նմ	440	918 77
Ֆոսֆատներ* ⁴⁾	0.2-17մգ/լPO ₄ -P	0.5-50 մգ/լ	436 նմ	440	918 78
Սիլիցիումի երկօքսիդ* ⁴⁾	0.01-5.00 մգ/լ Si 0.002-0.100 մգ/լ Si ³⁾	0.02-1.00 մգ/լ 0.005-0.200 մգ/լ	690 նմ 800 նմ	250	918 48
Սուլֆատ	0.01-3.0 մգ/լ Si ²⁻		620/66 0 նմ	250	918 88
Պղտորություն ¹⁾	1-100 TE/F (= FAU)	0.5-40.0 1/լ	620/66 0 նմ	-	Թեստ 1-92
Պղտորություն ¹⁾ 5)	1-1000 NTU		470 նմ	-	Թեստ 9-06
Ֆոսֆատներ*	0.02-3.0մգ/լ Zn ²⁺		620 նմ	250	918 95

NANOCOLOR-ի սրանդարտ փորձարկումներ

Ինֆորմացիա՝ պատվերի համար

Թեստ	NANOCOLOR-ի ֆոտոմետրերի չափման դիապազոնը	Ալիքի երկ.	Թեստ. քան.	Կատալ.№
Կադմիում*	0.002-0.50մգ/լCd ²⁺	520 նմ	25	918 13
Կադմիում ^{5*1)}	0.002-0.50մգ/լCd ²⁺	520 նմ	25	918 131
Անիոն	0.02-5.0 մգ/լ MBAS	620 նմ	40	918 32
Կատիոն	0.05-5.0 մգ/լ CTAB	436նմ	40	918 34
Կապար*	0.005-1.00 մգ/լ Pb ²⁺	520 նմ	25	918 10
Կապար	0.005-1.00 մգ/լ Pb ²⁺	520 նմ	25	918 101

Պարագաներ NANOCOLOR-ի ստանդարտ թեստերի համար

Ինֆորմացիա՝ պատվերի համար

Նկարագրություն	Փաթեթավորում	Կարգ №
Ապակեկլուվետներ 10մմ	2	919 33

Ապակեկյուվետներ50մմ	1	919 35
Կիսամիկրոկյուվետներ 50մմ	1	919 50
Ապակեկյուվետներիկափարիչներ 10մմ	2	919 41
Ապակեկյուվետներիկափարիչներ 50մմ	2	919 40
Պլաստիկկյուվետներ 1մմ օպտիկականուղի	100	919 37
Առանձնացնողձազար 100մմ	2	916 64

Նկարների ցանկ

Նկ. 1.1. Զրային միջավայրի մշտադիտարկման համակարգի օրինակ 18

Նկ. 1.2. Պատկերված է ջրի մի քանի պարամետրերի մշտադիտարկման սխեմատիկ պատկերը 19

Նկ. 1.3. Ներկառուցած աղտոտվածության մշտադիտարկող սարք 19

Նկ. 1.4. Օպտիկական եղանակով մասնիկների հայտնաբերումը 22

Նկ. 1.5. ՈւՄ/տեսանելի սպեկտրաֆոտոչափության սխեման 25

Նկ. 1.6. Դիսպերսիա լուսազտիչով 26

Նկ. 1.7. Դիսպերսիա պրիզմայով 26

Նկ. 1.8. Դիսպերսիա դիֆրակցիոն ցանցով 27

Նկ. 1.9. Ժամանակակից սպեկտրոֆոտոմետրի տարբերակ 27

Նկ. 1.10. Flame Spectrometer UV-NIR մակնիշի ֆոտոսպեկտչաչափ 29

Նկ. 1.11. SPECTRO-V16 C մակնիշի սպեկտրաչափ 30

Նկ. 1.12. p - n անցումով սիլիցիումային ֆոտոընդունիչի ֆոտոզգայնության սպեկտրը՝ $T = 300\text{ K}$ – ում 32

Նկ. 1.13. Կարմիր, կանաչ և կապույտ գույնի ֆոտոընդունիչային կառուցվածք 34

Նկ. 1.14. Տարբեր ալիքի երկարությունները կտրող ֆոտոընդունիչների գծային շարք 35

Նկ. 1.15. Տարբեր $L\Gamma$ – ների փոխձածկող սպեկտրային միջակայքերի դիագրաման՝
 1 – GaAsSb - AlGaAsSb, 2 - InGaAsSb – GaSb, 3 - InPAsSb – InAsSb –
 - InGaSb, 4 – InGaAsSb – InAs, 5 – AlGaAsSb – AlGaSb, 6 – InGaAsSb InP:
 B – ն և G – ն ջրի գոլորշիների և գազի մոլեկուլների սպեկտրային ուժեղ
 Կլանման տիրույթներն են 37

Նկ. 2.1. ֆոտոդետեկտորի կառուցվածքը 43

Նկ. 2.2. Կառուցվածքի կտրվածքը 45

Նկ. 2.3. Կառուցվածքի էներգետիկական գոտիային դիագրաման 51

Նկ. 2.4. Արտաքին լարմամբ էներգետիկական մակարդակների փոփոխությունը ... 51

Նկ. 2.5. Կլանման խորության կախումը ալիքի երկարությունից՝ կարճ ալիքների դեպքում	53
Նկ. 2.6. Կլանման խորության կախումը ալիքի երկարությունից՝ երկար ալիքների դեպքում	53
Նկ. 2.7. Օպտիկական կլանման սպեկտրը մաքուր սիլիցիումում	55
Նկ. 2.8. Գումարային ֆոտոհոսանքի կախումը V – ից	55
Նկ. 2.9. Առանձին ալիքի ստեղծած ֆոտոհոսանքի կախումը V – ից	56
Նկ. 2.10. Գումարային ֆոտոհոսանքի կախումը V – ից, երբ բացակայում է որոշված ալիքը	56
Նկ. 2.11. Առանձին ալիքների ֆոտոհոսանքների կախվածությունները V – ից	57
Նկ. 2.12. Ճառագայթի ինտենսիվության սպեկտրային բաշխվածությունը	57
Նկ. 2.13. Ճառագայթի ինտենսիվության սպեկտրային բաշխվածության փոփոխությունը	58
Նկ. 2.14. ՓԸ-20-30K Ֆոտոդետեկտորի սխեմատիկ պատկերը	60
Նկ. 2.15. Սենյակային լուսավորվածության և լազերի ճառագայթի սպեկտրը	60
Նկ. 2.16. p+-n-p+ կիսահաղորդչային կառուցվածք	62
Նկ. 2.17. Տարբեր ալիքների կլանման կորերը ֆոտոդետեկտորային կառուցվածքում: F-ը ալիքի ինտենսիվությունն է:	63
Նկ. 2.18. Վոլֆրամե թելիկով լամպի ինտենսիվության սպեկտրային բաշխվածությունը	64
Նկ. 2.19. Ալիքների բաշխումը ըստ խորության	64
Նկ. 2.20. Ըստ խորության անորոշության աստիճանը	65
Նկ. 2.21. Ֆլուրենսցենցիայի ալիքի ինտենսիվության սպեկտրային կախումը	67
Նկ. 2.22. Ճառագայթի տեսանելի միջակայքում ինտենսիվության սպեկտրի հարաբերական բաշխումը	68
Նկ. 3.1. WSN-ի վրա հիմնված ջրային միջավայրի մոնիթորինգային համակարգը	76
Նկ. 3.2. Տվյալների մոնիթորինգային հանգույցի համակարգային ճարտարապետությունը	77
Նկ. 3.3 ՓԸ-20-30K մակնիշի Ֆոտոդետեկտորի միացման էլեկտրական	

սխեմային	78
Նկ. 3.4. Ազդանշանի մշակման մոդուլ	79
Նկ. 3.5. Տվյալների մշակման մոդուլ	80
Նկ. 3.6. ZigBee մոդուլի ինտերֆեյսը	81
Նկ. 3.7. Ուժային մոդուլ	82
Նկ. 3.8. Հիմնական գործընթացի բլոկ սխեման:	83
Նկ. 3.9. Իրականացման ալգորիթմի բլոկ սխեման	84
Նկ. 3.10. Զտման ծրագրի բլոկ սխեման:	86
Նկ. 3.11. Կլանման գործակցից ալիքի երկարության անցման ծրագրի ինտերպոլացիոն մեթոդի օրինակ	87
Նկ. 3.12. Սարքային համակարգի բլոկ սխեման	88
Նկ. 3.13. ZigBee մոդուլի ծրագրային ապահովման մակարդակի դիագրամը	89
Նկ. 3.14. Ապլիկացիոն մակարդակի ծրագրային հոսքի դիագրամ դիագրամը	90
Նկ. 3.15. MSP430 մոդուլի ծրագրային մակարդակի դիագրամը	91
Նկ. 3.16. GPRS\3G\4G ընդունմանը և ընդհատմանը սպասարկող ենթածրագրի բլոկսխեման	93
Նկ. 3.17. ZigBee հաղորդակցման մոդուլի և համապատասխան սերիական ընդհատման ենթածրագրային սպասարկումը	95
Նկ. 3.18. Տվյալների գործընթացային խնդրի ներկայացումը	97
Նկ. 3.19. Տվյալների մոնիթորինգային հանգույցը	100
Նկ. 3.20. Տվյալների մոնիթորինգային կայան	100

Աղյուսակների ցանկ

Աղյուսակ 1.1. Ջրի տիպային պարամետրեր	16
Աղյուսակ 1.2.	29
Աղյուսակ 1.3. SPECTRO-V16 C մակնիշի ֆոտոսպեկտրաչափի հիմնական պարամետրերը	30
Աղյուսակ 2.1. Միավոր ծավալում մոլեկուլների թիվը	68
Աղյուսակ 3.1. Ծանր մետաղներ և դրանց հայտնաբերման ալիքներ	102

Հապավումների ցանկ

BL - background level, ֆոնի մակարդակը

MCU - Microcontroller unit, միկրոկոնտրոլեր

Flash – Flash հիշողություն

I/O – Input/Output, մուտք/ելք

RTC - Real-time clock, իրական ժամանակի ժամացույց

UART - Universal asynchronous receiver-transmitter, ունիվերսալ ասինխրոն ընդունիչ-
հաղորդիչ

ՈւՄ – ուլտրա մանուշակագույն

ԻԿ - ինֆրակարմիր

ԻՍ – ինտեգրալ սխեմա

ԱԹՄ - ազդանշանների թվային մշակում

ԹԱՁ - թվաանալոգային ձևափոխիչ

ԱԹՁ - անալոգաթվային ձևափոխիչ

ՎԱՄ – Վոլտամպերային բնութագիր

ՀԱ – հոսանքի աղբյուր

ԵԼ - ելքային լարմում