

ՊԱՇՏՈՆԱԿԱՆ ԸՆԴԴԻՄԱԽՈՍԻ

ԿԱՐԾԻՔ

Միքայել Սերյոժայի Ալեքսանյանի՝ Ա.04.10 «Կիսահաղորդիչների ֆիզիկա» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճանի հայցման համար ներկայացված **«Հեռանկարային գազային սենսորներ՝ մետաղօքսիդային նանոկոմպոզիտների հիման վրա»** թեմայով ատենախոսության վերաբերյալ:

Ատենախոսությունը ընդհանուր առմամբ վերաբերում է կիսահաղորդչային նանոկոմպոզիտների սինթեզման և դրանց հիման վրա ռեզիստիվ գազային սենսորների պատրաստման տեխնոլոգիաների մշակմանը: Խնդիր է դրվել պատրաստել լավարկված պարամետրերով սենսորներ թունավոր և պայթյունավտանգ գազերի, ցնդող օրգանական միացությունների և քիմիական ազդանյութերի հայտնաբերման համար: Աշխատանքի գիտական նորույթը արտացոլվում է տվյալ բաղադրությամբ կոմպոզիտ նյութերի առաջին անգամ օգտագործմամբ տվյալ գազի հայտնաբերման համար ինչպես նաև պատրաստված սենսորների պարամետրերի զգալի բարելավմամբ՝ համեմատած առկա սենսորների բնութագրերի հետ:

Չնայած համապատասխան շուկայում և լաբորատոր մակարդակում գտնվող բազմատեսակ գազային սենսորների առկայությանը և դրանց լանորեն կիրառմանը տարբեր միջավայրերում, սրանց աշխատունակության հիմնական պարամետրերը դեռևս բարելավման կարիք ունեն: Սենսորի աշխատանքի բարձր արդյունավետության և պարամետրերի ցանկալի արժեքների հասնելու համար պետք է սենսորների նախագծումը իրականացնել հաշվի առնելով հնարավոր բոլոր

գործոնները: Այնպիսի կարևորագույն բաղադրիչներ, ինչպիսիք են սենսորի երկրաչափական ձևը, զգայուն թաղանթի նյութի տեսակը, միկրոկառուցվածքը, թիրախային գազի տեսակը և այստեղ տեղի ունեցող ադսորբցիոն ու դիֆուզիոն պրոցեսների բնույթը, մեծապես որոշում են սենսորի հիմնական գազազգայունության պարամետրերը:

Ատենախոսության նպատակը և ստացված արդյունքները միտված են հանդիսանալ նոր գիտական արժեք, որը արտացոլվում է գազային սենսորների համար կայուն պարամետրերով կոմպոզիտ նյութերի և դրանց հիման վրա բարձր էֆեկտիվությամբ աշխատող գազային սենսորների պատրաստմամբ: Մետաղօքսիդային միացություններում միաչափ կառուցվածքների ներմուծումը միաժամանակ բարելավում է սենսորի արձագանքը, արագագործությունը և կայունությունը՝ դարձնելով դրանք գործնականում կիրառելի: Աշխատանքում առաջ քաշված խնդիրները՝ նմանատիպ սենսորների պարամետրերի բարելավման ուղղությամբ խիստ արդիական են և այս ուղղություններով կատարվում են մեծ ծավալի գիտական հետազոտություններ:

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, 5 գլուխներից, 260 անուն հղում պարունակող գրականության ցանկից և եզրակացություններից: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը 260 էջ է, որը ներառում է 176 նկար և 18 աղյուսակ:

Ներածության մեջ ներառված են թեմայի արդիականությունը, աշխատանքի նպատակները, ստացված արդյունքների գիտական նորույթը և կիրառական նշանակությունը: Այստեղ նաև բերված են պաշտպանությանը ներկայացվող հիմնական դրույթները (10 դրույթներ) և ատենախոսության կառուցվածքը:

Առաջին գլուխն ամբողջովին նվիրված է գազային սենսորների ընդհանուր բնութագրերի ներկայացմանը: Այստեղ ներկայացված են ֆիզիկական տարբեր սկզբունքների հիման վրա աշխատող սենսորների տեսակները, գազի

առկայությամբ այստեղ փոփոխվող հիմնական պարամետրերը և դրանց համեմատումը ռեզիստիվ սենսորների հետ: Ռեզիստիվ սենսորներն ունեն աշխատանքի պարզ սկզբունք, փոքր չափսեր, բարձր զգայունություն և կայունություն ինչպես նաև այստեղ օգտագործվող նյութերը էկոլոգիապես մաքուր են: Սենսորների աշխատունակության հիմնական պարամետրերը որոշվում են բազմաթիվ գործոններով, որոնցից առավելապես առանձնացված են զգայուն թաղանթի հաստությանը, թաղանթում հատիկների չափսերին և մակերևույթի կազմաբանությանը վերաբերող հարցերը: Այս տիպի սենսորները բարձր գազազգայունությամբ օժտելու համար դրանց մակերևույթը պատվում է ազնիվ մետաղների նանոհատիկներով, որոնց չափսերից և բաշխվածությունից են կախված սենսորի կարևորագույն պարամետրերը: Մակերևույթի խորդուբորդությունները երբեմն որոշում են այս նանոհատիկների բաշխվածությունը: Համեմատության համար այս գլխում բերվել է նաև բավական ընդգրկուն գրականության ակնարկ:

Երկրորդ գլխում հանգամանորեն ներկայացված են պայթյունավտանգ գազերի սենսորների բնութագրերը: Հիմնական շեշտը դրվել է ջրածնի, իզոբութանի և հեղուկացված նավթային գազի վրա: Նշված երեք գազերն էլ լայնորեն կիրառվում են տարբեր նպատակներով: Առավել հեռանկարային է համարվում ջրածինը, որի օգտագործման միակ խոչընդոտը դրա ծայրահեղ պայթյունավտանգ լինելն է, ինչը կարելի է կանխել համապատասխան սենսորների միջոցով: Այստեղ ածխածնի նանոխողովակների և մետաղօքսիդային նյութերի հիման վրա պատրաստվել են ջրածնային տվիչներ, որոնք ունակ են զգալ նույնիսկ 25 ppm ջրածին: Բավական արդյունավետ սենսորներ են պատրաստվել հեղուկացված նավթային գազի և բութանի համար, որոնց պարամետրերը բարելավվել են ուլտրամանուշակագույն ճառագայթների կիրառմամբ, սենսորի միկրոկառուցվածքի փոփոխմամբ և այլն: Այստեղ բավական մանրամասն ներկայացված է նաև հեղուկացված նավթային գազի զգայունության մեխանիզմը՝ վերականգնման և օքսիդացման ռեակցիաներով:

Երրորդ գլուխը նվիրված է ցնդող օրգանական միացություններ հայտնաբերող և դրանց կոնցենտրացիաները չափող սենսորների պատրաստմանը և հետազոտմանը: Հեղինակը առավելապես կենտրոնացել է ալկոհոլի, ացետոնի և ամոնիակի գոլորշիների ցածր կոնցենտրացիաներ հայտնաբերող ռեզիստիվ տվիչների վրա, որոնք լայն կիրառություն ունեն արդյունաբերության մեջ և կենցաղում: Այստեղ դիտարկված են նաև կիսահաղորդչի մակերևույթին էթանոլի մոլեկուլների քիմիական ռեակցիաների ընթացքը, որը սենսորի դիմադրության փոփոխության հիմնական գործոնն է: Հատիկային մոդելի շրջանակներում ներկայացված է նաև էթանոլի զգայունության մեխանիզմը ցինկի օքսիդի մակերևույթին: Պարզվում է, որ սենսորի բարձր զգայունությունը էթանոլի նկատմամբ պայմանավորված է հատիկների 20-40 նմ չափսերով: Պինդֆազային սինթեզման եղանակով պատրաստվել են ացետոնի նանոկառուցվածքային սենսորներ $Fe_2O_3:Sn$ նյութի հիման, որի արձագանքը գծային աճել է և՛ ջերմաստիճանի, և՛ գազի կոնցենտրացիայի աճին զուգընթաց, իսկ $Fe_2O_3:ZnO$ նյութը հաջողությամբ ծառայել է որպես ամոնիակի ցածր կոնցենտրացիաներ գրանցող նանոհամակարգ:

Չորրորդ գլխում ամփոփված են ջրածնի պերօքսիդի սենսորների բնութագրերը: Ջրածնի պերօքսիդի գոլորշիները ոչ միայն կիրառվում են դեղագործական պրոցեսներում միջավայրի մաքրման և ախտահանման համար, այլ սրանք նաև կարևոր գույն բաղադրիչ են կազմում մարդու արտաշնչած օդում: Սրա ավել կոնցենտրացիան արտաշնչած օդում փաստում է թոքային հիվանդությունների մասին, ինչը կարող է հիմք հանդիսանալ այս սենսորների հիման վրա ոչ ինվազիվ ախտորոշիչ համակարգեր պատրաստելու համար: Այստեղ դիտարկված գրեթե բոլոր նյութերը ($SnO_2:Co$, $ZnO<La>$, $SnO_2<Co>/FALN$) կրկնելի և բարձր զգայունություն են դրսևորել ջրածնի պերօքսիդի գոլորշիների ցածր կոնցենտրացիաների նկատմամբ: Ուշագրավ է, որ 75 նմ հաստությամբ

SnO₂<Co>/ԲԱՆԽ թաղանթը առավելագույն զգայունությունն այս գազի նկատմամբ ցուցաբերել է 120 °C-ում՝ արձագանքելով սկսած 4.4 ppm-ից: Սենսորը պատրաստվել է պոլիմիդե ճկուն տակդիրի վրա:

Հինգերորդ գլխում տեղ են գտել այլ տեսակի (քիմիական) նյութերի գոլորշիներ հայտնաբերող սենսորների գազազգայունության չափման արդյունքները, ածխածանային նանոխողովակների աճեցման տեխնոլոգիան, Fe₂O₃:ZnO բազմաբյուրեղային նյութի հետազոտման արդյունքները, կերամիկական թիրախների սինթեզման տեխնոլոգիան և դրանց ամբողջական աղյուսակը ինչպես նաև վերականգնող և օքսիդացնող գազերի քիմիական ռեակցիաները մետաղօքսիդի մակերևույթին: Քիմիական ազդանյութերը, ինչպիսիք են երկմեթիլֆորմամիդը, երկքլորէթանը, երկքլորմեթանը, պրոպիլեն գլիկոլը, ֆորմալդեհիդը, զարինը, իպրիտը և այլն, հաջողությամբ գրանցվել են անագի օքսիդի և ածխածնային նանոխողովակների կոմպոզիտային կառուցվածքների միջոցով: Բավական ուշագրավ է սինթեզված Fe₂O₃:ZnO կառուցվածքի հետազոտման արդյունքները, որտեղ կատարվել են նյութի հետազոտում Փոխանցման էլեկտրոնային մանրադիտակի միջոցով Պրահայի Քիմիական տեխնոլոգիաների համալսարանում: Այստեղ ստացված պատկերներում ակնհայտ են ցինկի հեքսագոնալ կառուցվածքները և տեսանելի Fe₂O₃ և ZnO բյուրեղների միջատոմային հեռավորությունները:

Եզրակացության բաժնում ամփոփված են աշխատանքում ստացված հիմնական և ամփոփ արդյունքները:

Ատենախոսության ընդհանուր արդյունքներից կարելի է ասել, որ սինթեզման տարբեր եղանակներով և տեխնոլոգիական տարբեր ռեժիմներով հեղինակին հաջողվել է պատրաստել մի շարք նանոկառուցվածքային նյութեր և դրանք հաջողությամբ կիրառել գազային սենսորներում: Աշխատանքում հետևողականորեն

չափվել են ոչ միայն սենսորների գազազգայունության պարամետրերը, այլ նաև ուսումնասիրվել են ստացված գազազգայուն նյութերի կազմաբանությունը և բաղադրությունը: Առավելապես մեծ տեղ է հատկացվել նանոկառուցվածային նյութերի "SEM" հետազոտություններին, որոնց միջոցով ակնհայտ են դառել թաղանթներում նանոհատիկների չափսերը և տեսանելի են եղել ածխածնային նանոխողովակները: Աշխատանքում ակնհայտ է արտասահմանյան տարբերակների հետ սերտ համագործակցությունը և խրախուսելի է, որ սենսորների պատրաստումը գրեթե ամբողջությամբ իրականացվել է ՀՀ-ում: Առավել տպավորիչ է և կարևոր "NATO"-ի ռազմական բազայում հետազոտված զարինի և իպրիտի նկատմամբ զգայուն սենսորների պարամետրերի չափման արդյունքները, որոնք, կարծում եմ բացառիկ են:

Համարելով ընդհանուր առմամբ դրական Մ. Ալեքսանյանի ատենախոսությունը, պետք է առանձնացնել որոշակի դիտողություններ և թերություններ՝

1. Առաջին գլխում, երբ արված է գրականության ակնարկ թունավոր/պայթյունավտանգ գազերի, ցնդող օրգանական միացությունների և ջրածնի պերօքսիդի գոլորշիների սենսորների վերաբերյալ, ցանկալի կլիներ որոշակի տվյալներ բերվեր նաև քիմիական ազդանյութերի սենսորների վերաբերյալ:
2. Երկրորդ գլխում, երբ ներկայացված են ջրածնի $FuNt:SnO_2$ ճկուն սենսորների բնութագրերը՝ պատրաստված պոլիմիդե տակդիր վրա, ցանկալի կլիներ օգտագործել այլ տեսակի ճկուն տակդիրներ (տեքստիլ, PET և այլն) և կատարել համեմատում:
3. Չորրորդ գլխում ջրածնի պերօքսիդի սենսորների գազազգայունությունը բարելավելու համար հիմնականում զգայուն նյութի մակերևույթը պատվել է պալադիումի կատալիզային հատիկներով՝ որպես զգայունությունը

բարելավող կատալիզ: Ցանկալի կլիներ օգատոգրծել նաև այլ ազնիվ մետաղներ որպես կատալիզային նյութ և կատարվեր համեմատում:

4. Ատենախոսության մեջ առկա են մի շարք տառասխալներ, վրիպակներ և շարահյուսական անհարթություններ:
5. Ցանկալի կլիներ առանձին էջում ներկայացվեր ատենախոսության մեջ օգտագործվող հապավումների ցանկ:

Սակայն, կարելի է ասել, որ նշված թերությունները բոլորովին չեն նսեմացնում կատարված աշխատանքի գիտական և կիրառական արժեքը ու նշանակությունը: Ատենախոսության դրույթները ձևակերպված են հստակ և արտահայտում են ատենախոսության ամբողջ էությունը:

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները տպագրված են տեղական և միջազգային 28 գիտական ամսագրերում՝ այդ թվում Q1 և Q2 վարկանիշ ունեցող պարբերականներում: Աշխատանքները ներկայացվել են 17 գիտաժողովներում, որոնցից զգալի մասն արտերկրում: Որպես կիրառական արդյունքների ձեռք բերման ապացույց՝ ստացվել են 5 արտոնագրեր, որոնցի երկուսը վերաբերում են ռազմական նշանակություն ունեցող գազերի սենսորներին: Ստացված գիտատեխնոլոգիական արդյունքները լիովին հիմնավորված են և դրանց հավաստիությունը կասկած չի հարուցում: Սեղմագիրը արողջովին համապատասխանում է ատենախոսությանը և արտացոլում է դրա հիմնական բովանդակությունը:

Եզրակացություն

Միքայել Սերյոժայի Ալեքսանյանի «**Հեռանկարային գազային սենսորներ՝ մետաղօքսիդային նանոկոմպոզիտների հիման վրա**» թեմայով դոկտորական ատենախոսությունը ավարտուն գիտական աշխատանք է, արդի սարքավորումներով և չափիչ կայանքներով կատարվել են մեծ ծավալի գիտատեխնոլոգիական

աշխատանքներ, դրանք ներկայացվել են բարձր գիտական մակարդակով, ունեն խիստ կիրառական նշանակություն և ատենախոսությունը ամբողջովին բավարարում է ՀՀ ԲՈԿ-ի կողմից դոկտորական ատենախոսությանը ներկայացված պահանջներին, իսկ բովանդակությամբ համապատասխանում է Ա.04.10 - «Կիսահաղորդիչների ֆիզիկա» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Պաշտոնական ընդդիմախոս,

ՀՀ ԳԱԱ Ա. Ալիխանյանի անվան ազգային
գիտական լաբորատորիայի Կիրառական ֆիզիկայի
հետազոտությունների բաժնի ղեկավար,
Ֆ.մ.գ.դ., պրոֆեսոր

Վ.Վ. Հարությունյան

Վ.Վ. Հարությունյանի ստորագրությունը հաստատում եմ՝

ՀՀ ԳԱԱ Ա. Ալիխանյանի անվան ազգային
գիտական լաբորատորիայի անձնակազմի
կառավարման բաժնի ղեկավար



Դ. Հայրապետյան

12-05-2023