

«ՀԱՍՏԱՏՈՒՄ ԵՄ»
ՀՀ ԳԱԱ Ֆիզիկական հետազոտությունների
ինստիտուտի
Տնօրեն
Ֆ.մ.գ.դ., պրոֆեսոր Ա.Վ. Պապոյան
«18» մայիսի, 2023 թ.

ԱՌԱՋԱՏԱՐ ԿԱԶՄԱԿԵՐՊՈՒԹՅԱՆ ԿԱՐԾԻՔ

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

Ատենախոսության թեմայի արդիականությունը

Սենսորիկայի զարգացումն արդի աշխարհում համարվում է կարևորագույն ուղղություններից մեկը, քանզի սենսորների միջոցով է կառավարվում տարրատեսակ պրոցեսների ընթացքը, սարքավորումների աշխատանքը և ճշտությունը: Այս ոլորտում իրենց ուրույն տեղն են զբաղեցնում գազային սենսորները, որոնց կարևորությունը պայմանավորված է տարբեր անվտանգային և մշտադիտարկող համակարգերում դրանց օգտագործմամբ: Դրանց միջոցով ոչ միայն կանխարգելվում են վերահաս պայթյուններն ու հրդեհները, այլ նաև իրականացվում են շրջակա օդի որակի վերահսկում, մարդու արտաշնչած օդի բաղադրության գնահատում և սննդի որակի ստուգում: Ժամանակակից էլեկտրոնային քթերը պարունակում են տարբեր գազերի նկատմամբ զգայուն տասնյակ սենսորներ, որոնք միաժամանակ վերահասկում են առկա գրեթե բոլոր հոտերը և գազերը: Նմանատիպ համակարգերում պանջվում են առավելապես բարձր զգայունությամբ և ընտրողունակությամբ սենսորներ, որոնք աշխատանքի ընթացում միմյանց վրա կողմանակի ազդեցություններ չեն թողնում: Նմանատիպ համակարգերն այժմ բավական թանկ են, և խիստ արդիական խնդիր է այստեղ ներդնել ավելի էժան, աշխատունակ և արդյունավետ սենսորային կառուցվածքներ:

Աշխատանքի արդյունքում ուսումնասիրվել են գազային սենսորների համար հեռանկարային նյութեր, սինթեզվել են տարբեր բաղադրությամբ մետաղօքսիդային նանոկոմպոզիտներ և դրանց հիման վրա պատրաստվել տարբեր գազերի և նյութերի

գոլորշիների նկատմամբ արդի պահանջներին բավարարող սենսորային կառուցվածքներ: Ուսումնասիրվել են սինթեզված նանոկառուցվածքների կառուցվածքային, էլեկտրաֆիզիկական և գազազգայնության բնութագրերը և վեր հանվել դրանց բարելավման հնարավոր ուղիները:

Կիսահաղորդչային կոմպոզիտ նյութերի հիման վրա ստացված սենսորային համակարգերի պատրաստման տեխնոլոգիաների մշակումը և դրանց զարգացումը ունեն կարևոր գիտական և կիրառական նշանակություններ: Այսպիսով՝ աշխատանքի արդիականությունը կասկած չի հարուցում:

Ատենախոսության բովանդակությունը, արդյունքների և եզրակացությունների հավաստիությունը

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

Ներածության մեջ բավական ամփոփ բերված են թեմայի արդիականությունը, աշխատանքի հիմնական նպատակը, ստացված արդյունքների գիտական նորույթը, կիրառական նշանակությունը և պաշտպանությանը ներկայացված հիմնական գիտական դրույթները:

Առաջին գլխում բավական պարփակ ներկայացված են կիսահաղորդչային տվիչների զգայունության պարամետրերի վրա ազդող հնարավոր գործոնները: Հաշվի առնելով, որ այստեղ պատրաստված սենսորները քիմոեզիստիվ են, ապա այստեղ կարևորագույն դեր են կատարում ոչ միայն սենսորի զգայուն թաղանթի տեսակը և միկրոկառուցվածքը, այլ նաև թիրախային գազի և տվյալ նանոկոմպոզիտի միջև քիմիական ակտիվությունը, ադսորբցիոն/դեսորբցիոն պրոցեսները, թաղանթի մակերևութին և ծավալում գազի մոլեկուլների դիֆուզիան և կատալիզների առկայությունը: Ռեզիստիվ սենսորները հիմնականում աշխատում են սենյակայինից բարձր ջերմաստիճանում, քանզի վերը թվարկված պրոցեսների ակտիվացման համար անհրաժեշտ է ակտիվացիայի նվազագույն էներգիայի առկայություն: Այս գլխում բավական մանրակրկիտ ներկայացված են նաև այժմ առկա տարբեր տեսակի գազերի նկատմամբ զգայուն սենսորների պատրաստման տեխնոլոգիական մեթոդները, դրանց գազազգայնության արդյունքները և օգտագործվող նյութերի տեսակները:

Երկրորդ գլխում առանձնացվել են այն սենսորների բնութագրերի չափման արդյունքները, որոնք բարձր զգայունություն են ցուցաբերել հիմնականում դյուրավառ և պայթյունավտանգ գազերի նկատմամբ: Ջրածնի դետեկտման համար տարբեր եղանակներով սինթեզվել են պոլիկոոր/ԲԱՆԽ(բազմապատ ածխածնային նանոխողովակներ)/ $\text{SnO}_2(1:66)/\text{Pd}$, պոլիկոոր/ $\text{WO}_3\cdot\text{SnO}_2(1:9)/\text{Pd}$, պոլիկոոր/ԲԱՆԽ/ $\text{SnO}_2(1:66)/\text{WO}_3\cdot\text{SnO}_2(1:9)/\text{Pd}$, $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{ZnO}$, ԲԱՆԽ: SnO_2 և $\text{MgFe}_2\text{O}_3<\text{Ti}>$ նյութերը և դրանց հիման վրա պատրաստվել բարձր զգայունությամբ և կայունությամբ օժտված սենսորներ և գործարանային արտադրության, և մեր կողմից պատրաստված տակդիրների վրա: Սինթեզված $\text{SnO}_2+\text{Nb}_2\text{O}_3$ և $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Ga}_2\text{O}_3$ կառուցվածքներից բարձրհաճախային մագնետրոնային փոշեցրման մեթոդով պատրաստվել են նաև հեղուկացված նավթային գազի (LPG) նկատմամբ բավական զգայուն նանոթաղանթներ: ԱՆԽ (ածխածնի նանոխողովակներ)/ SnO_2 կոմպոզիտային թաղանթի մակերևույթին $\text{Ru}(\text{OH})\text{Cl}_3$ կատալիզային նյութի հավելումը էականորեն բարելավել է այս կառուցվածքի գազազգայնությունը իզոբութանի նկատմամբ:

Երրորդ գլխում հեղինակը հիմնավորում է ցնդող օրգանական միացությունների գոլորշիների հայտնաբերման կարևորությունը և ներկայացնում դրանց նկատմամբ զգայուն սենսորների ստացման ամբողջ ընթացքը ներառելով և նյութերի սինթեզման ռեժիմները, և սենսորների համար բարակ թաղանթների նստեցման առանձնահատկությունները: Էթանոլի հայտնաբերման համար առավել նախընտրելի նանոհամակարգերը, որոնք արձագանքել են այս նյութի գոլորշիներին նունիսկ մեկ քրոմից ցածր կոնցենտրացիաների նկատմամբ, հետևյալն են $\text{In}_2\text{O}_3\cdot\text{Ga}_2\text{O}_3\cdot\text{SnO}_2$, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{ԲԱՆԽ}$, $\text{SnO}_2<\text{Co}_2\text{O}_3>$ և $\text{ZnO}<\text{La}_2\text{O}_3>$: Այստեղ որոշ դեպքերում սենսորի էլեկտրական դիմադրությունը նվազեցնելու, աշխատանքային ջերմաստիճանը իջեցնելու և արագագործությունը բարձրացնելու համար սենսորի ակտիվ մակերևույթին կիրառվել են ուլտրամանուշակագույն ճառագայթներ: Այստեղ հիմնավորվել է նաև ացետոնի սենսորների անհրաժեշտությունը կենցաղում և հատկապես ոչ ինվազիվ բժշկական ախտորոշիչ համակարգերում օգտագործման համար: Պատրաստված $\text{Fe}_2\text{O}_3+0.1\text{ատ.}\% \text{Sn}$ ացետոնի սենսորը վայրկյանների ընթացքում արձագանքել է ացետոնի ցածր կոնցենտրացիաներին:

Չորրորդ գլխում մանրամասն ներկայացված են կոբալտի և լանթանի տարբեր կոնցենտրացիաներով հազեցած անագի երկօքսիդի նանոկառուցվածքների և ածխածնային նանոխողովակներ/անագի երկօքսիդ կոմպոզիտային նյութերի զգայնության չափման արդյունքները ջրածնի պերօքսիդի գոլորշիների նկատմամբ: Այստեղ որպես կատալիզային նյութ օգտագործվել են պալադիումի նանոմասնիկները, որոնք միաժամանակ կատարում են զգայնության բարելավման քիմիական և էլեկտրական ֆունկցիաներ: Բարձր ձկունությամբ և էլաստիկությամբ օժտված ածխածնի նանոխողովակներն ապահովում են ոչ միայն ձկուն տակդիրների վրա պատրաստված սենսորների բազմակի ձկման հնարավորություն, այլ նաև համեմատաբար ավելի մեծ էֆեկտիվ մակերես՝ թիրախային գազի հետ շփման տեսանկյունից: Պատրաստված թաղանթները հիմնականում ունեն տասնյակ նանոմետրերից մինչև 150 նմ հաստություն, նանոհատիկային կառուցվածք և արագ արձագանքել են H_2O_2 -ի գոլորշիներին՝ սկսած նույնիսկ 1.5 ppm կոնցենտրացիայից:

Հինգերորդ գլուխը՝ համեմատած ատենախոսության մյուս գլուխների հետ, ծավալով ավելի փոքր է, սակայն այստեղ ամփոփված են աշխատանքում ստացված կարևորագույն արդյունքներ: Հատկապես աչքի են ընկնում $SnO_2 < Co >$ և $SnO_2 / FULF$ նանոկոմպոզիտային սենսորները, որոնք արձագանքել են ոչ միայն արդյունաբերական թունավոր նյութերի, այլ նաև ռազմական նյութերի (գազերի) նկատմամբ: Այստեղ առաջարկվել է նաև ածխածնային նանոխողովակների աճեցման բավական էժան և կառավարելի եղանակ՝ օգտագործելով նորագույն մագնետրոնային (DC, RF) փոշեցրման համակարգ: Այստեղ առավել ընդգրկուն և մանրակրկիտ ներկայացված է աշխատանքում հիմնականում օգտագործված փոշեցրման թիրախների սինթեզման մեթոդը՝ պինդֆազային սինթեզման եղանակը: Աղյուսակի տեսքով ամփոփված են նաև սինթեզված թիրախների նյութի տեսակները, բաղադրությունները և սինթեզման ջերմային ռեժիմները:

Եզրակացության մեջ բերված են աշխատանքում ստացված հիմնական եզրահանգումները և արդյունքները:

Ամփոփելով՝ կարող ենք նշել, որ Մ. Ալեքսանյանին հաջողվել է տարբեր տեխնոլոգիական եղանակներով սինթեզել նոր, լավարկված պարամետրերով նանոկառուցվածքներ և դրանց հիման վրա պատրաստել բարձր էֆեկտիվությամբ

օժտված սենսորային համակարգեր, որոնք կարող են հանդիսանալ կարևորագույն բաղադրիչներ հեռանկարային անվտանգային սարքերի նախագծման համար:

Աշխատանքում նկատված թերությունները

Դոկտորական ատենախոսությունն ամբողջությամբ թողնում է դրական տպավորություն հետևյալ կարևոր թերություններով հանդերձ.

1. Հեղինակի կողմից պատրաստված պայթյունավտանգ գազերի սենսորների շարքում չկան մեթանի սենսորներ: Աշխատանքն ավելի հարուստ կլիներ, եթե պատրաստվեր նաև մեթանի կոնցենտրացիաներ գրանցող սենսոր, հաշվի առնելով, որ այս գազերը բավական լայն կիրառություն ունեն: Նույնը կարելի է ասել նա թունավոր կամ մարդու համար վնասակար գազերի, օրինակ՝ օզոնի, սենսորների համար:
2. Ատենախոսության մեջ հիմնականում գազագոյությունը սահմանվում է որպես օդում և թիրախային գազի առկայությամբ զգայուն թաղանթի դիմադրությունների հարաբերություն՝ վերականգնող գազերի դեպքում, և հակառակը՝ օքսիդացնող գազերի դեպքում: Սակայն որոշ տեղեր այն ներկայացված է տոկոսային ձևով, որը անհասկանալի է:
3. Կարծում ենք, որ ատենախոսության մեջ ներկայացված սենսորներում հետադարձ կապով աշխատանքային ջերմաստիճանի կայուն ապահովման սխեմայի առկայությունը հեղինակի աշխատանքի կարևորությունն ավելի կընդգծեր:
4. Ցանկալի կլիներ դիտարկել նաև որոշակի գազային խառնուրդների համար չափման ընտրողունակության և զգայնության լավարկման հնարավորությունները՝ տարբեր տվիչների ազդանշանների տվյալների վերլուծության հիման վրա:
5. Արդյո՞ք կատարվել են հետազոտություններ սենսորների շահագործման ընթացքում դրանց մեջ առկա նանոմասնիկների կլաստերների ձևավորման վերաբերյալ, որոնք ցանկալի կլիներ ներկայացվեր աշխատանքում և բերվեր դրանց հետևանքով համապատասխան բնութագրերի հնարավոր վատացումը:

Նշված դիտողությունները սկզբունքորեն չեն վերաբերվում պաշտպանությանը ներկայացված հիմնական դրույթներին և աշխատանքի հիմնական արդյունքներին, ուստի չեն նսեմացնում կատարված ծավալուն գիտական աշխատանքի արժեքը, գործնական

նշանակությունը, գիտական նորույթը ու դրա վերաբերյալ դրական կարծիքը: Աշխատանքում ստացված արդյունքների հավաստիությունը կասկած չի հարուցում:

Աշխատանքի համապատասխանությունը ՀՀ ԲՈԿ-ի պահանջներին

Ատենախոսության արդյունքներն արդիական են և աչքի են ընկնում գիտական բարձր մակարդակով և առաջ քաշված խնդիրների խորքային հետազոտմամբ ու լուծմամբ:

Հետազոտությունները կատարվել են արդիական, գիտության և տեխնոլոգիայում լայնորեն կիրառություն ունեցող և ճշգրիտ տեխնոլոգիական ու չափիչ սարքավորումներով, իսկ ստացված արդյունքների հավաստիությունը կասկած չի հարուցում:

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները տպագրված են 28 գիտական աշխատանքներում՝ տեղական և արտասահմանյան պարբերականներում, ինչպիսիք են օրինակ Q1 վարկանիշ ունեցող հետևյալ պարբերականները՝ «Sensors and Actuators B», «Nanomaterials», «Advances in Nano Research» և «Chemosensors»: Ատենախոսության արդյունքները զեկուցվել են 17 գիտաժողովներում այդ թվում Գերմանիայում, Ֆրանսիայում, Նիդերլանդներում, Իսպանիայում, Պորտուգալիայում, Կանադայում և այլն: Ձեռք են բերվել նաև 5 տեղական արտոնագրեր:

Սեղմագիրն ամբողջովին համապատասխանում է ատենախոսությանը և արտացոլում է դրա հիմնական դրույթները և բովանդակությունը:

Եզրակացություն

Այսպիսով կարող ենք ասել, որ Մ.Ս. Ալեքսանյանի «Հեռանկարային գազային սենսորներ՝ մետաղօքսիդային նանոկոմպոզիտների հիման վրա» թեմայով դոկտորական ատենախոսությունն ավարտուն գիտական աշխատանք է, կատարված է հավաստի գիտական մեթոդներով՝ օգտագործելով արդի և բարձր ճշգրտությամբ աշխատող սարքավորումներ: Ատենախոսության շրջանակներում կատարվել է մեծ ծավալի աշխատանք և այն ունի կիրառական կարևոր նշանակություն: Այն համապատասխանում է Ա.04.10 «Կիսահաղորդիչների ֆիզիկա» մասնագիտությամբ դոկտորական ատենախոսություններին ՀՀ ԲՈԿ-ի կողմից ներկայացվող պահանջներին, իսկ հեղինակը արժանի է տեխնիկական գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Հեղինակն աշխատանքը ներկայացրել է ՀՀ ԳԱԱ Ֆիզիկական հետազոտությունների ինստիտուտի ընդհանուր սեմինարին՝ 2023 թ.-ի մայիսի 11-ին, որի ժամանակ այն քննարկվել և հավանության է արժանացել: Աշխատանքի քննարկմանը մասնակցել են ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների դոկտորներ Ա. Պապոյանը, Դ. Սարգսյանը, Ռ. Դրամփյանը, Գ. Գրիգորյանը, Ա. Պետրոսյանը, Խ. Ներկարարյանը, Կ. Ղամբարյանը, ֆիզիկամաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուներ Պ. Մուժիկյանը, Լ. Ծառուկյանը, Ռ. Հովսեփյանը, Եվ. Կաֆաղարյան, Ս. Շմավոնյանը, Ա. Սարգսյանը, Ա. Ս. Կուզանյանը, Ա. Տոնոյան, Ա. Խանբեկյանը, Ս. Խանբեկյանը, Վ. Առաքելյանը, Ա.Ա. Կուզանյանը, Կ. Հովհաննեսյանը, քիմիական գիտությունների թեկնածու Ի. Ղամբարյանը, ասպիրանտներ Ա. Քոչարյանը, Ռ. Մոսյերը և ուրիշները:

ՀՀ ԳԱԱ Ֆիզիկական հետազոտությունների ինստիտուտի
Ատոմային սպեկտրասկոպիայի լաբորատորիայի վարիչ,
Ֆիզ.մաթ. գիտ. դոկտոր Դ.Հ. Սարգսյան



ՀՀ ԳԱԱ Ֆիզիկական հետազոտությունների ինստիտուտի
Առաջատար գիտաշխատող,
Ֆիզ.մաթ. գիտ. դոկտոր Գ.Հ. Գրիգորյան



«18» մայիսի, 2023 թ.

Դ.Հ. Սարգսյանի և Գ.Հ. Գրիգորյանի ստորագրությունները հաստատում եմ՝
ՀՀ ԳԱԱ Ֆիզիկական հետազոտությունների ինստիտուտի
գիտքարտուղար՝ Ֆիզ.մաթ. գիտ. թեկնածու Լ.Ս. Ծառուկյան

