

## ՊԱՇՏՈՆԱԿԱՆ ԸՆԴԴԻՄԱԽՈՍԻ ԿԱՐԾԻՔ

Միքայել Սերյոժայի Ալեքսանյանի՝ «Հեռանկարային զագային սենսորներ մետաղօքսիդային նանոկոմպոզիտների հիման վրա» թեմայով, Ա.04.10 «Կիսահաղորդիչների ֆիզիկա» մասնագիտությանը տեխնիկական գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության վերաբերյալ ներկայացված ֆիզիկայի 049 մասնագիտական խորհուրդ

Տարեցտարի արդյունաբերության բուռն զարգացմանը զուգընթաց մեծանում է անվտանգային համակարգերի և դրանց զարգացմանը նպաստող տեխնոլոգիաների մշակման նշանակությունը: Անվտանգային համակարգերը ներառում են տարբեր տեսակի զագերի, ցնդող օրգանական միացությունների և վտանգավոր բիմիական նյութերի գոլորշիների ցածր կոնցենտրացիաներ հայտնաբերող սենսորային կառուցվածքներ, որոնց ներկայացվող արդի պահանջները, ինչպիսիք են բարձր զգայնությունը, բնորոշունակությունը, կայունությունը, արագագործությունը և ցածր ինքնարժեքը դեռևս ամբողջությամբ իրագործված չեն: Ներկայումս այդ ուղղությամբ փնտրատուքները միտված են նոր խառնուրդային նյութերի սինթեզմանը և դրանց հիման վրա արդյունավետ սենսորային կառուցվածքների պատրաստմանը, բանի որ ռեզիստիվ սենսորներում ավանդաբար կիրառվող մետաղօքսիդային բազմատարր միացությունները չեն բավարարում արդի պահանջները: Այս արդիական խնդրին է նվիրված Միքայել Ալեքսանյանի ատենախոսությունը:

Ատենախոսության շրջանակներում նախագծվել և պատրաստվել են ջրածնի, բութանի, հեղուկացված նավթային գազի, էթանոլի, ազոտի, ամոնիակի, ջրածնի պերօքսիդի գոլորշիների և տարբեր բիմիական ազդանյութերի ցածր կոնցենտրացիաներ հայտնաբերող մետաղօքսիդային նանոկառուցվածքային զագային սենսորներ, որոնց էլեկտրաբիմիական, կառուցվածքային և գազազգայնության պարամետրերը լաբորատոր պայմաններում ենթարկվել են բազմաֆունկցիոնալ հետազոտությունների, և իրականացվել է ստացված բնութագրերի և գրականության մեջ առկա զագային սենսորների բնութագրերի համեմատական վերլուծություն: Պարամետրերի լավարկման նպատակով հիմնական մետաղօքսիդները ֆունկցիոնալացվել են ածխածնի նանոխողովակներով, դրանց մեջ ներմուծվել են տարբեր խառնուրդներ, և սենսորների ակտիվ մակերևույթին կիրառվել են

ույտրամանուշակագույն ճառագայթներ: Նմանատիպ սենսորների պատրաստման տեխնոլոգիաների զարգացումը կնպաստի նոր սերնդի անվտանգային համակարգերում նմանատիպ սենսորների լայնորեն և երկարատև կիրառմանը:

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, հինգ գլխից, եզրակացությունից և հղումների 260 անուն գրականության ցանկից: Հետազոտության արդյունքները ներկայացված են 45 հրատարակված աշխատանքներում (28 գիտական հոդված, 17 գիտաժողովի նյութեր) և 5 արտոնագրերում:

Ներածական մասում ներկայացված է ատենախոսական աշխատանքի թեմայի արդիականությունը, ձևակերպված է աշխատանքի նպատակը, բերված են հիմնական խնդիրները, ցույց է տրված ստացված արդյունքների գիտական նորոյթը և կիրառական նշանակությունը, ինչպես նաև պաշտպանությանը ներկայացված հիմնական գիտական դրույթները:

Առաջին գլխում ներկայացված են կիսահաղորդչային գազային սենսորների բնութագրերը, մասնավորապես շուկայում և լաբորատոր պայմաններում պատրաստված գազային սենսորների տեսակները և դրանց առանձնահատկությունները: Բերված է նաև համեմատության աղյուսակ, որտեղ ներկայացված են կիսահաղորդչային ռեզիստիվ սենսորների առավելությունները: Հանգամանորեն ներկայացված է ռեզիստիվ սենսորների կառուցվածքը, հպակների նյութերի տեսակները և դրանց հնարավոր երկրաչափական ձևերը: Դիմադրության փոփոխության գրանցման ամենատարրյունավետ կառուցվածքը սանրաձև հպակների համակարգն է: Ուսումնասիրվել է սենսորների գազազգայուն թաղանթի հաստության ազդեցությունը գազազգայնության և արագագործության վրա, որի վերլուծությունը ցույց է տվել, որ բարակ թաղանթներն ավելի արագագործ են և զգայուն: Ներկայացված է նաև զգայուն բարակ թաղանթում հատիկների չափսերի և մակերևութային կառուցվածքի ազդեցությունը գազազգայնության պարամետրերի վրա: Կատարվել է նաև գրականության ուսումնասիրություն առկա թունավոր և պայթյունավտանգ գազերի, ցնդող օրգանական միացությունների և ցրածնի պերօքսիդի գոլորշիների սենսորների վերաբերյալ:

Երկրորդ գլխում ներկայացված են պայթյունավտանգ գազային սենսորների պատրաստման տեխնոլոգիական ընթացքը, սինթեզված նյութերի էլեկտրաքիմիական և կառուցվածքային պարամետրերը, ինչպես նաև պատրաստված սենսորների գազազգայնու-

թան բնութագրերը: Մասնավորապես պատրաստվել են պոլիկոր / բազմապատ անխաձնային նանոխողովակներ / անագի երկօքսիդ (1 : 66) / Pd, պոլիկոր /  $WO_3 \cdot SnO_2$  (1 : 9) / Pd և  $Fe_2O_3 \cdot ZnO$  նյութերի հիման վրա ջրածնային սենսորներ: 25 – 300°C ջերմաստիճանային տիրույթում գործող այս սենսորները ջրածնի կոնցենտրացիաների 25 – 5000 ppm տիրույթում ցուցաբերել են զազազգայնություն: Ճկուն տակդիրների հիման վրա պատրաստվել են ճկուն ջրածնային սենսորներ, որոնցում որպես զազազգայուն շերտ օգտագործվել են բազմապատ անխաձնային նանոխողովակներ / անագի երկօքսիդ խառնուրդային միացությունը: Դրանք ջրածնի ցածր կոնցենտրացիաների նկատմամբ ցուցաբերել են բարձր զգայնություն:  $SnO_2 \cdot Nb_2O_5$  և  $In_2O_3 \cdot Ga_2O_3$  նյութերի հիման վրա պատրաստված սենսորներն աշխատունակ են հեղուկացված նավթային գազի նկատմամբ: Սինթեզվել են նաև անխաձնի նանոխողովակներ / անագի երկօքսիդ կառուցվածքներ: Վերջիններիս մակերևույթները պատվել են 0.01 մոլ և 0.03 մոլ չափարածիներով  $Ru(OH)Cl_3$  կատալիզատին նյութով, որն էականորեն բարձրացրել է խոտրությանի նկատմամբ սենսորների զազազգայնությունը:

Երրորդ գլխում ներկայացված են ցնդող օրգանական միացությունների նկատմամբ զգայուն սենսորների պատրաստման առանձնահատկությունները: Հաջողությամբ սինթեզված  $In_2O_3 \cdot Ga_2O_3 \cdot SnO_2$ ,  $\alpha - Fe_2O_3$  / բազմապատ անխաձնային նանոխողովակներ,  $SnO_2 \cdot Co$  և  $ZnO \cdot La$  կառուցվածքների հիման վրա պատրաստվել են էթանոլի ռեգիստիվ սենսորներ: Հիմնականում որպես սենսորային տակդիրներ օգտագործվել են գործարանային արտադրության բազմակի սենսորային հարթակները, որոնց մակերևույթին պատրաստված են պլատինե սանրաձև էլեկտրոդներ, սենսորի աշխատանքային ջերմաստիճանն ապահովող պլատինե տաքացուցիչ և ջերմաստիճանը չափող սենսոր: Վերը ներկայացված խառնուրդային միացությունները բավականին արագ և բնորոշունակ արձագանքել են էթանոլի գոլորշիներին՝ սկսած մի րանի թրո կոնցենտրացիաներից: Բավականին խոստումնայինց տվյալներ են գրանցվել  $Fe_2O_3 \cdot 0.1$ ատ.% $Sn$  ացետոնի նանոկառուցվածքային սենսորի պարամետրերի չափման արդյունքում: Ուլտրամալուշակազույն ճառագայթների ազդեցությունը դրական է անդրադարձել սենսորի և՛ արագագործության, և՛ զազազգայնության վրա: Այստեղ նաև ներկայացված են ամոնիակի ցածր կոնցենտրացիաներ (սկսած 14 ppm-ից) գրանցող  $Fe_2O_3 \cdot ZnO$  սենսորի պարամետրերի չափման արդյունքները:



**Չորրորդ գլխում** հիմնականում ներկայացված են ջրածնի պերօքսիդի գոյորջինների նկատմամբ զգայուն նանոկառուցվածքային նյութերի սինթեզման տեխնոլոգիական բալլերը, դրանց հիման վրա պատրաստված ռեզիստիվ սենսորների պատրաստման մեթոդները և սենսորների գազագզայնության արդյունքները: Վոլտամպերային, ունակահաճախականային և ռեզիստիվ եղանակներով հետազոտվել են  $\text{SnO}_2$  + 2 ատ.% Co-ի սենսորի գազագզայնության բնութագրերը: Տույց է տրվել, որ մեթոդներից առավել կիրառելի է գզայնության չափման ռեզիստիվ եղանակը: Ինպեդանսային եղանակով հետազոտվել է նաև ZnO<La> սենսորը և առաջարկվել է դրա համարժեք սխեման: La-O<sub>2</sub> ի տարբեր կոնցենտրացիաներով լեգիրացված ZnO-ի բարակ թաղանթները բավական արդյունավետ ծառայել են որպես ջրածնի պերօքսիդի սենսորներ, որոնք արձագանքել են սկսած 100 քրոմ կոնցենտրացիայից: Հատկանշական է, որ քիմիական եղանակով պատրաստված ջրածնի պերօքսիդի ձկուն անագի երկօքսիդ / բազմապատ ածխածնային նանոխողովակային սենսորը ցուցաբերել է կրկնելի և ընտրողունակ վարքագիծ այս գազի 1.5 - 56 քրոմ կոնցենտրացիաների տիրույթում:

**Հինգերորդ գլխում** ուսումնասիրվել են պատրաստված սենսորների բնութագրերը ռազմական ոլորտում կիրառող թունավոր ազդանյութերի և արդյունաբերական թունավոր նյութերի նկատմամբ: Օրինակ  $\text{SnO}_2$ -Co> սենսորը երկրորդականի նկատմամբ արձագանքել է 100 °C աշխատանքային ջերմաստիճանից սկսած, իսկ երկրորդականի, երկմեթիլֆորմամիդի և պրոպիլեն գլիկոլի նկատմամբ՝ 150 °C ից սկսած: Բավականին տպավորիչ են  $\text{SnO}_2$ -Co> սենսորի գազագզայնության արդյունքները ռազմական ոլորտում կիրառվող գազեր *իպրիտի* և *զարինի* գոյորջինների նկատմամբ, որոնք չափվել են Չեխիայում գտնվող ՆԱՏՕ-ի ռազմական բազայում: Հեղինակին հաջողվել է նաև բարձրհաճախականային մագնետրոնային եղանակով աճեցնել ածխածնային նանոխողովակներ, որոնց ստացման տեխնոլոգիական ամբողջ ընթացքը և նյութի բնորոշ չափումները ներկայացված են այս գլխում: Ամփոփված են նաև ատենախոսական աշխատանքի ընթացքում պատրաստված մի քանի տասնյակից ավելի փոշեցրման թիրախների սինթեզման ռեժիմները և կիսահաղորդչների մակերևույթների վրա տեղի ունեցող տարբեր գազերի քիմիական ռեակցիաների բնութագրերը:

Եզրակացությունում ամփոփված են ատենախոսության գլխավոր եզրահանգումները և արդյունքները:

Անփոփելով վերը ներկայացվածը, կարելի է պնդել, որ ատենախոսությունում ստացվել են հիմնարար բնույթի և արժևրավոր գիտատեխնոլոգիական արդյունքներ: Ստացված արդյունքները կարևոր նշանակություն ունեն և կարող են գործնականում կիրառվել անվտանգային համակարգերի, էլեկտրոնային քթերի, արհեստական լեզուների և ոչ ինվազիվ բժշկական ախտորոշիչ համակարգերի մեջ՝ որպես սենսորային կառուցվածքներ: Այստեղ օգտագործվող մետաղօքսիդային նանոխառնուրդային նյութերն ունեն բավական մեծ քիմիական և մեխանիկական կայունություն, էժան են և համատեղելի այլ տեխնոլոգիաների հետ, ուստի դրանց հիման վրա պատրաստված թունավոր և պայթյունավտանգ զսպերի, ցնդող օրգանական միացությունների և ջրածնի պերօքսիդի գոլորշիների սենսորներն օժտված են բարձր կայունությամբ, ընտրողունակությամբ և զգայնությամբ: Կարևոր է նշել, որ պատրաստված ռեզիստիվ սենսորների ազդանշանը որոշվում է գազում և օդում թաղանթի դիմադրությունների հարաբերությամբ, որը բավականին հեշտ կարելի է ստանալ նույնիսկ պարզագույն էլեկտրական շղթաների միջոցով:

Ատենախոսությունում ներկայացված արդյունքներն արդիական են և հրապարակվել են հեղինակավոր գիտական տեղական և միջազգային ամսագրերում:

Սեղմագիրն ամբողջովին համապատասխանում է ատենախոսության բովանդակությանը և լիովին արտացոլում է ատենախոսության բոլոր հիմնական դրույթները:

Ատենախոսությունն ընդհանուր առմամբ լավ տպավորություն է թողնում, սակայն աշխատանքում առկա են որոշ թերություններ, որոնց առնչությամբ կանեմ հետևյալ դիտարկումները.

1. Նպատակահարմար կլիներ առաջին գլխում ներկայացնել տեղեկություն ռեզիստիվ սենսորների տակդիրների նյութերի տեսակների, զագագայուն բարակ թաղանթների նստեցման եղանակների և հնարավոր թիրախային գազերի վերաբերյալ:
2. Բազմապատ ածխածնային նանոխողովակ  $\text{SnO}_2$  ձկուն սենսորի ջրածնի նկատմամբ զագագայնության բնութագրերը երկրորդ գլխում ներկայացնելիս նպատակահարմար կլիներ ներկայացնել նաև այս սենսորի արձագանքի ժամանակային կայունությանը վերաբերող որոշակի տվյալներ:
3.  $\text{ZnO}<\text{Ia}>$  և  $\text{SnO}<\text{Co}>$  սենսորների ջրածնի պերօքսիդի նկատմամբ զգայնության արդյունքները չորրորդ գլխում ներկայացնելիս և DRAGER ընդունիչի զգայնության հետ համեմատություն կատարելիս, նպատակահարմար կլիներ ընդամենը երկու

կոնցենտրացիա դիտարկելու փոխարեն դիտարկել կոնցենտրացիաների որոշակի տիրույթ:

4. Քանի որ ատենախոսության վերջում ներկայացված եզրահանգումների բանակր բավական մեծ է, երևի տասնյակից ավելի, ապա ցանկայի կլիներ դրանք ներկայացնել խմբագրված տեսքով՝ ներառելով ենթակետեր:

Նշված դիտողություններն ամենին չեն նսեմացնում ատենախոսության գիտական և կիրառական արժեքների կարևորությունը:

Միքայել Սերյոժայի Ալեքսանյանի «Շեռանկարային գազային սենսորներ մետաղօքսիդային նանոկոմպոզիտների հիման վրա» թեմայով ատենախոսությունը լիովին բավարարում է ՀՀ ԲՆԿ ի կողմից դոկտորական ատենախոսություններին ներկայացվող պահանջները, իսկ նրա հեղինակն արժանի է «Կիսահաղորդիչների ֆիզիկամասնագիտությամբ (դասիչ Ա.04.10) տեխնիկական գիտությունների դոկտորի գիտական աստիճանի շնորհմանը:

Պաշտոնական ընդդիմախոս.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի  
Տեղեկատվական և հեռահաղորդակցական տեխնոլոգիաների  
ու էլեկտրոնիկայի ինստիտուտի «Էլեկտրոնիկա,  
կենսաբժշկական և չափիչ համակարգեր» ամբիոնի  
պրոֆեսոր, տեխնիկական գիտությունների դոկտոր

*Գ.Շ. Շմավոնյան* Գ.Շ. Շմավոնյան

Գ.Շ. Շմավոնյանի ստորագրությունը հաստատում եմ՝

ՀԱՊՀ գիտական քարտուղար՝

*Մ.Ս. Հովհաննիսյան*

Մ.Ս. Հովհաննիսյան



02.05.2023 թ.