

## ՊԱՇՏՈՆԱԿԱՆ ԸՆԴԴԻՄԱԽՈՍԻ ԿԱՐԾԻՔ

**Գևորգ Հարությունի Շահխաթունիի՝** «Կիսահաղորդչային գազազգայուն նանոկառուցվածքների հետազոտումը ռեզիստիվ և իմպեդանսային սպեկտրասկոպիայի եղանակներով» թեմայով, Ա.04.10 - «Կիսահաղորդիչների ֆիզիկա» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության վերաբերյալ՝ ներկայացված ֆիզիկայի 049 մասնագիտական խորհուրդ:

Արդյունաբերության բուռն զարգացմանը զուգընթաց առաջ է գալիս անվտանգային առավել ժամանակակից համակարգերի մշակման խնդիրը: Այդպիսի համակարգերում կարևորագույն անվտանգային տարրեր են հանդիսանում գազային սենսորները: Չնայած գազային սենսորների ոլորտը արդեն մի քանի տասնամյակ է ինչ հետազոտողների և տարբեր արտադրող կազմակերպությունների ուշադրության կենտրոնում է, սակայն չեն դադարում այս ոլորտի՝ հատկապես ռեզիստիվ սենսորների ուղղությամբ կատարվող աշխատանքները: Նորագույն սենսորները պետք է կարողանան բավարարեն արդի անվտանգային պահանջներին՝ լինեն ավելի արագագործ, ընտրողունակ և կարողանան հայտնաբերել գազերի ու գոլորշիների չափազանց փոքր կոնցենտրացիաներ: Այս և այլ տեսակ խնդիրների լուծման, նանոկոմպոզիտ բազմաբաղադրիչ գազային սենսորների պատրաստման ու հետազոտման է նվիրված Գևորգ Շահխաթունիի ատենախոսությունը:

Ատենախոսության շրջանակներում պատրաստվել են ջրածնի, հեղուկացված նավթային գազի, էթանոլի, ացետոնի, ամոնիակի, ջրածնի պերօքսիդի գոլորշիների ցածր կոնցենտրացիաներ հայտնաբերող կիսահաղորդչային մետաղօքսիդային գազային սենսորներ, որոնց հատկությունների բացահայտման համար կատարվել են մանրակրկիտ ուսումնասիրություններ՝ ինչպես հաստատուն հոսանքի կիրառման եղանակով, այնպես էլ՝ փոփոխական ազդանշանի:

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, չորս գլխից, եզրակացությունից և հղումների 136 անուն գրականության ցանկից: Հետազոտության արդյունքները ներկայացված են 20 հրատարակված աշխատանքներում (13 գիտական հոդված, 4 գիտաժողովի նյութեր և 3 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 արդի կիսահաղորդչային գազային սենսորների տեսակները, դրանց կառուցվածքն ու առանձնահատկությունները: Մանրամասն ներկայացվել են սենսորներին բնութագրող կարևորագույն պարամետրերը՝ գազազգայունությունը, ընտրողունակությունը, արագագործությունը, կայունությունը և այլն: Բերված է իմպեդանսային սպեկտրասկոպիայի հետազոտման մեթոդի նկարագիրը: Այստեղ ներկայացված են վերջին տարիներին տարբեր հետազոտողների կողմից առաջարկված սենսորների բնութագրերը և դրանց պատրաստման տեխնոլոգիական եղանակները:

**Երկրորդ գլխում** ներկայացված են նանոկոմպոզիտային գազազգայուն նյութերի սինթեզման և դրանց հիման վրա ռեզիստիվ սենսորների պատրաստման տեխնոլոգիական առանձնահատկությունները: Ներկայացված են նաև ստացված թաղանթների կազմաբանական, կառուցվածքային և բյուրեղական բնութագրերը: Ներկայացված է նաև սենսորների բնութագրերի չափման ռեզիստիվ և իմպեդանսային կայանքների նկարագիրը, ինչպես նաև օգտագործված սենսորային տակդիրների կառուցվածքը: Մասնավորապես՝ պինդֆազային սինթեզման եղանակով պատրաստվել են  $Fe_2O_3:ZnO$  (80:20 կշռ.%),  $Fe_2O_3:ZnO$  (60:40 մոլ.%),  $ZnO:La+1ատ. \%La$ ,  $ZnO+2ատ. \%La$  և  $SnO_2+1ատ. \%Co$  կիսահաղորդչային բազմակոմպոնենտ թիրախներ: Այս թիրախների սինթեզումից հետո կատարվել են մագնետրոնային ( $ZnO+1ատ. \%La$ ,  $Fe_2O_3:ZnO$  (60:40 մոլ.%) և  $SnO_2+1ատ. \%Co$ ) և էլեկտրոնաճառագայթային (ԲԱՆԽ(բազմապատ ածխածնային նանոխողովակներ): $SnO_2$  (5:95 կշռ.%)) փոշեցրման եղանակների միջոցով թաղանթների նստեցում:

Այս թիրախների սինթեզումից հետո կատարվել են մագնետրոնային նստեցում և էլեկտրոնաճառագայթային (ԲԱՆԽ: $SnO_2$  (5:95 կշռ.%)) փոշեցրման եղանակների միջոցով: Ինչպես նաև քիմիական եղանակներով (CVD) պատրաստվել են 75:25 կշռ.%

$\text{SnO}_2/\text{FALH}$  և  $\text{FALH}/\text{SnO}_2$  (1:600) բաղադրությամբ թաղանթները: Պատրաստված թաղանթներն ու թիրախները մանրակրկիտ ուսումնասիրվել են  $\text{SEI}$ ,  $\text{FET}$ , ռենտգենյան և  $\text{EDX}$  տարրային վերլուծության կայանքների միջոցով:

**Երրորդ գլխում** ներկայացված են սենսորների գազազգայունության պարամետրերը ջրածնի, ամոնիակի, ացետոնի, էթանոլի, հեղուկացված նավթային գազի և ջրածնային պերօքսիդի գոլորշիների նկատմամբ՝ ուսումնասիրված ռեզիստիվ եղանակով: Մասնավորապես՝  $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{ZnO}$  (60:40 մոլ.%) սենսորը  $250^\circ\text{C}$  աշխատանքային ջերմաստիճանում բարձր զգայունություն է ցուցաբերել ամոնիակի ցածր կոնցենտրացիաների նկատմամբ: Պատրաստված  $\text{Fe}_2\text{O}_3+0.1\text{ատ.}\%\text{Sn}$  և  $\text{FALH}/\text{SnO}_2$  (1:600) սենսորները զգայունություն են ցուցաբերել ացետոնի նկատմամբ սկսած 20 ppm կոնցենտրացիաներից: Էթանոլի գոլորշիների նկատմամբ բարձր զգայունություն է ցուցաբերել  $\text{ZnO}+1\text{ատ.}\%\text{La}$  նանոկառուցվածքային սենսորը, որը ունեցել է նվազագույն հայտնաբերման շեմ ( $0.7 \text{ ppm}$ )՝  $250^\circ\text{C}$  ջերմաստիճանում: Պատրաստված  $\text{FALH}:\text{SnO}_2$  (5:95 կշռ.) և  $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{ZnO}$  (60:40 կշռ. %) սենսորները զգալի արձագանք են ցուցաբերել ջրածնի նկատմամբ՝ 25-2000 ppm կոնցենտրացիաների տիրույթում, որտեղ արձագանքման արժեքները հասել է մինչև 11: Հատկանշական է  $\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{ZnO}$  (80:20 կշռ. %) սենսորի զգայունությունը ջրածնի պերօքսիդի նկատմամբ, որը սենյակային ջերմաստիճանում 3 ppm-ի դեպքում հասել է ավելի քան 23-ի, իսկ ուլտրամանուշակագույն ճառագայթների ազդեցությունը զգայունության շեմը 3 ppm-ից նվազեցրել է 1.5 ppm: Ճկուն  $\text{SnO}_2+1\text{ատ.}\%\text{Co}$ / $\text{FALH}$  և  $\text{SnO}_2/\text{FALH}$  (75:25 կշռ.%) սենսորները ցուցաբերել են զգայունություն և պարամետրերի կայունություն  $\text{NO}_2$ -ի նկատմամբ (սկսած 1.5 ppm կոնցենտրացիայից)՝ անգամ բազմակի ճկումների արդյունքում:

**Չորրորդ գլխում** ներկայացված են սենսորների պարամետրերի հետազոտման արդյունքները իմպեդանսային սպեկտրասկոպիայի եղանակով: Այս եղանակով բացահայտվել են սենսորների զգայունության որոշակի մեխանիզմներ և դրանց հնարավոր ազդեցությունը գազազգայունության պարամետրերի վրա: Այստեղ ներկայացված է  $\text{ZnO}+1\text{ատ.}\%\text{La}$  սենսորի համար կատարված ուսումնասիրությունները, որոնք ցույց են տվել, որ ջրածնի պերօքսիդի (100 ppm) նկատմամբ զգայունությունը

ցածր հաճախություններում զգալիորեն ավելի մեծ է, քան՝ բարձր հաճախություններում: Կառուցվել է նաև գազազգայունության մատրիցի համարժեք էլեկտրական շղթան և ապացուցվել է մակերևութային պրոցեսների գերակշիռ ներդրումը գազազգայունության մեխանիզմներում: Հաճախությունների 1-10<sup>6</sup> Հց տիրույթում ուսումնասիրվել են նաև Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:ZnO (80:20 կշռ.%) սենսորի իմպեդանսի բնութագրերը՝ օդում և 100 ppm ջրածնի պերօքսիդի առկայությամբ: 200 °C աշխատանքային ջերմաստիճանի դեպքում կառուցվել է սենսորի համարժեք էլեկտրական շղթան, որտեղ տվյալ գազի առկայությունը հիմնականում փոփոխվել է ակտիվ դիմադրության արժեքը: Նման փոփոխությունները այս և մյուս սենսորների համար լավագույնս ներկայացվել են հեղինակի կողմից առաջարկվող համարժեք էլեկտրական շղթաների միջոցով:

Եզրակացությունում ամփոփված են ատենախոսության գլխավոր եզրահանգումները և արդյունքները:

Ատենախոսության ստացված արդյունքներից կարելի է եզրակացնել, որ դրանք արժեքավոր են և հավաստի, ինչպես նաև գործնականում կարող են կիրառվել տարբեր էլեկտրոնային համակարգերում: Պատրաստված ռեզիստիվ սենսորները մրցունակ են ժամանակակից, տվյալ ոլորտի հայտնի կազմակերպությունների կողմից պատրաստված սենսորի շարքում, իսկ որոշ դեպքերում անգամ իրենց պարամետրերով գերազանցում են դրանց:

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. Առաջին գլխում, երբ ներկայացված են գազային սենսորների ընդհանուր բնութագրերը, ցանկալի կլիներ քննարկել նաև կոմպոզիտ նյութերի՝ մասնավորապես պերովսկիտների, դերը գազազգայունության մեխանիզմներում:

