ФедоренкоГеоргійВасильовичаспіранткафедрифізичноїхіміїхімічногофакультетуКиївськогонаціональногоуніверситетуіменіТарасаШевченкаФізикохімічнікаталітичнітагазочутливівластивостідометанувміснихсенсорнихматеріалівнаосновіОфізичнахіміяСпецрадаД

уКиївськомунаціональномууніверситетііменіТарасаШевченка

КИЇВСЬКИЙНАЦІОНАЛЬНИЙУНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІТАРАСАШЕВЧЕНКА

КИЇВСЬКИЙНАЦІОНАЛЬНИЙУНІВЕРСИТЕТ

ІМЕНІТАРАСАШЕВЧЕНКА

Кваліфікаційнанауковапраця

направахрукопису

ФЕДОРЕНКОГЕОРГІЙВАСИЛЬОВИЧ

УДК

ДИСЕРТАЦІЯ

ФІЗИКОХІМІЧНІКАТАЛІТИЧНІТАГАЗОЧУТЛИВІ

ВЛАСТИВОСТІДОМЕТАНУВМІСНИХСЕНСОРНИХ

МАТЕРІАЛІВНАОСНОВІ

фізичнахімія

хімія

Подаєтьсяназдобуттянауковогоступенякандидатахімічнихнаук

ДисертаціяміститьрезультативласнихдослідженьВикористанняідей

результатівітекстівіншихавторівмаютьпосиланнянавідповіднеджерело

ФедоренкоГВ

НауковийкерівникОлексенкоЛюдмилаПетрівна

докторхімічнихнаукпрофесор

Київ–

ЗМІСТ

стор

ПЕРЕЛІКУМОВНИХСКОРОЧЕНЬТАПОЗНАЧЕНЬ

ВСТУП

РОЗДІЛАДСОРБЦІЙНОНАПІВПРОВІДНИКОВІСЕНСОРИ

МЕТАНУТАМЕХАНІЗМЇХФУНКЦІОНУВАННЯ

Визначеннявмістуметануватмосферіповітря

Сенсоридлядетектуваннявитоківметанувповітрі

Адсорбційнонапівпровідниковігазовісенсори

Механізмгетерогеннокаталітичногоокисненняметану

Впливдобавокрізноїхімічноїприродинавластивості

адсорбційнонапівпровідниковихгазовихсенсорів

Теоретичніуявленняпромеханізмфункціонування

адсорбційнонапівпровідниковихгазовихсенсорів

РОЗДІЛОБ’ЄКТИТАМЕТОДИДОСЛІДЖЕННЯ

Матеріалитареактиви

Синтезнанорозмірногоз×та

етиленгліколю



Виготовленняадсорбційнонапівпровідникових

сенсорів



Виготовленняматеріалівнаосновіта

дляфізикохімічнихкінетичнихтакаталітичних

досліджень



Методикитаметодидослідження

Методикадослідженнясенсорниххарактеристик

виготовленихадсорбційнонапівпровідниковихсенсорів



Визначенняпитомоїповерхнігазочутливихсенсорних

матеріалівметодомтепловоїдесорбціїаргону



Методдиференціальноготермічногоаналізу



Рентгенівськафотоелектроннаспектроскопія

Рентгенофазовийаналіз

Трансмісійнаелектроннамікроскопія

ІЧспектроскопія

Методикадослідженнякаталітичноїактивності

матеріаліввреакціїокисненняметану



Дослідженнякінетикиокисненнямеиану

РОЗДІЛВПЛИВДОБАВОКІНАФІЗИКОХІМІЧНІ

КАТАЛІТИЧНІТАГАЗОЧУТЛИВІВЛАСТИВОСТІДОСН

СЕНСОРНИХНАНОМАТЕРІАЛІВНАОСНОВІ

ОТРИМАНОГОЗОЛЬГЕЛЬМЕТОДОМЗТА

ЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ



Фізикохімічнівластивостітавміснихсенсорних

матеріалівнаосновінанорозмірногоотриманогозольгель

методомз×таетиленгліколю



Газочутливівластивостідометанутакаталітична

активністьвміснихматеріалівнаосновінанорозмірного

отриманоговходізольгельпроцесуз×та

етиленгліколю



Газочутливівластивостідометанутакаталітична

активністьвміснихматеріалівнаосновінанорозмірного

отриманоговходізольгельпроцесуз×та

етиленгліколю



РОЗДІЛ–ВМІСНІСЕНСОРИНАМЕТАННАОСНОВІ

НАНОРОЗМІРНОГОДІОКСИДУОЛОВАОТРИМАНОГО

ОКИСНЕННЯМОКСАЛАТУОЛОВАРОЗЧИНОМ

ПЕРОКСИДУВОДНЮ



Нанорозмірнийдіоксидоловаотриманийокисненням

оксалатуоловарозчиномпероксидуводню





Фізикохімічнівластивостінанорозмірнихсенсорних

матеріалівтанаосновідіоксидуолова

отриманоговходіокисненнярозчиномпероксидуводню



Сенсорнітакаталітичнівластивостівміснихматеріалів

наосновінанорозмірногоотриманоговходіокиснення

розчиномпероксидуводню



Сенсорнітакаталітичнівластивостівміснихматеріалів

наосновінанорозмірногоотриманоговходіокиснення

розчиномпероксидуводню



РОЗДІЛГЕТЕРОГЕННОКАТАЛІТИЧНЕОКИСНЕННЯ

МЕТАНУТАЙОГОРОЛЬУФОРМУВАННІПРОВІДНОСТІ

ВМІСНИХАДСОРБЦІЙНОНАПІВПРОВІДНИКОВИХ

СЕНСОРІВ



Кінетикаокисненняметанутаїївпливнагазочутливі

властивостіадсорбційнонапівпровідниковихсенсорівоснова

математичноїмоделідіїсенсорів



Формуваннядинамічниххарактеристиксенсорівврамках

математичноїмоделіїхдії



СПИСОКВИКОРИСТАНОЇЛІТЕРАТУРИ

ВИСНОВКИ



ПЕРЕЛІКУМОВНИХСКОРОЧЕНЬТАПОЗНАЧЕНЬ

–однамільйонначастка

ДТАДТГ–диференційнийтермічнийтатермогравіметричний

аналіз

РФЕС–рентгенофотоелектроннаспектроскопія

ТЕМ–трансмісійнаелектроннамікроскопія

мас–масовийпроцент

нм–нанометр

пит–питомаповерхням

г

В–електронвольт

мкм–мікрометр

об–об’ємнийпроцент

ХСН–ступіньперетворенняметану



ВСТУП

АктуальністьтемиНасьогоднішнійденьоднимзголовних

енергоносіївлишаєтьсяприроднийгазОднаквикористанняйогопов’язанез

рядомперешкодзокремазможливістюутвореннявибухонебезпечних

сумішейзповітрямСаметомуконтрользапоявоювитоківприродногогазу

уповітрієнеобхіднимастворенняновихвисокочутливихсенсорівдля

визначеннявмістуметанууповітрієактуальноюзадачею

Однимізспособіввизначеннявитоківприродногогазуємоніторинг

наявностімалихконцентраційметанувповітріДляцьогозастосовують

оптичніелектрохімічнітермохімічнітаіншісенсориСередних

адсорбційнонапівпровідниковісенсоринаосновіоксидівметалівякімають

чутливістьдогазіввідновниківхорошідинамічнівластивостістабільність

роботималімасуігабарититанизькеенергоспоживанняпридатні

контролюватиметануповітрі

Длярозробкитакихсенсорівперспективнимматеріаломє

нанорозмірнийоскількивінмаєсукупністьнеобхіднихвластивостей

провідністьтипуздатністьдохемосорбціїкиснюзутвореннямйого

зарядженихформхімічнутатермічнустабільністьПрицьому

нанорозмірністьдіоксидуоловадозволяєреалізуватизначнийвплив

процесівщовідбуваютьсянайогоповерхнінаоб’ємнівластивості

напівпровідниказокреманаелектропровідністьзмінаякоїєосновоюроботи

сенсорівДляпідвищеннячутливостісенсоріввикористовуютькаталітичноактивнідобавкиякіприймаютьучастьупроцесахокисненнягазівДля

сенсорівметанутакимидобавкамиможутьбутипаладійтаплатина–

ефективнікаталізаториокиснення

Відомощофізикохімічнівластивостіматеріалугазочутливогошару

яківпливаютьнахарактеристикисенсорівзалежатьвідумовсинтезу

напівпровідниковихматеріалівтаумовформуваннясенсорівТомувивчення

впливуметодуодержаннянанорозмірнихнапівпровідниковихматеріалів

природиівмістукаталітичноактивнихдобавоквнихкаталітичної



активностінаноматеріаліввреакціїокисненняітемператур

функціонуваннясенсорівнаїххарактеристикиєважливимдлярозуміння

механізмудіїсенсорівіствореннявисокочутливихадсорбційнонапівпровідниковихсенсорівнаметан

Зв’язокроботизнауковимипрограмамипланамитемами

Дисертаційнароботавиконуваласьнакафедріфізичноїхіміїхімічного

факультетуКиївськогонаціональногоуніверситетуіменіТарасаШевченкау

відповідностіздержбюджетнимитемами№БФФізикохімія

металовміснихтавуглецевихнаноматеріалівдлясучаснихтехнологійта

вирішенняекологічнихпроблем–рр№держреєстрації

та№БФНовіфункціональнінаноматеріалиі

нанокомпозитинаосновігетерометалічнихсистем–рр№

держреєстрації

МетаізадачідослідженняМетоюдисертаційноїроботиє

встановленнязв’язкуміжфізикохімічнимивластивостямиморфологією

станомповерхневогошарунанорозмірнихвміснихматеріалівна

основіїхкаталітичноюактивністювреакціїокисненняметанута

характеристикамистворенихнаїхосновіадсорбційнонапівпровідникових

сенсорівпризначенихдлявизначеннямалихконцентраційвповітрі

Длядосягненняпоставленоїметинеобхідно

розробитиметодикуодержаннянапівпровідниковихнаноматеріалівна

основізмалиминмрозмірамичастинок

синтезуватизольгельметодомзвикористаннямрізнихпрекурсорів

наноматеріалинаосновідіоксидуоловазрізнимрозміромчастинокта

одержатисенсорнінапівпровідниковіматеріализ

різнимвмістомкаталітичноактивнихдобавок

дослідитиморфологіюіфізикохімічнівластивостінанорозмірних

вміснихматеріалівнаосновідіоксидуоловатастанїхповерхневого

шару



вивчитикаталітичнуактивністьвреакціїокисненняметанувміснихнаноматеріалівнаоснові

створитисенсоринаосновінанорозмірнихматеріалівз

різнимвмістомкаталітичноактивнихдобавок

провестидослідженняхарактеристикелектричногоопорунаповітрі

чутливостідометанушвидкодіїстабільностістворенихадсорбційнонапівпровідниковихсенсорівнаосновінанорозмірнихматеріалів

зрізнимвмістомкаталітичноактивнихдобавок

дослідитикінетикуокисненняметанунананоматеріалізоптимальними

газочутливимивластивостямидометану

з’ясувативпливвмістуінавідгуксенсорівтанавеличинуїх

електричногоопорунаповітріприрізнихтемпературахроботисенсорів

запропонуватимеханізмформуваннячутливостідометануадсорбційнонапівпровідниковихсенсорівнаосновівмісногодіоксидуолова

тастворитиматематичнумодельдіїсенсора

Об’єктдослідження–процесформуваннявідгукудометанусенсорів

виготовленихнаосновінанорозмірнихматеріалів

каталітичнареакціяокисненнянасенсорнихвміснихматеріалах

наосновінанорозмірногоматематичнамодельдіїсенсорів

Предметдослідження–нанорозмірнінапівпровідниковіматеріалина

основітазрізнимвмістомпаладіютаплатинифізикохімічнітакаталітичнівластивостінанорозмірнихвміснихматеріалів

характеристикисенсорівнаосновітаприрізних

температурах

Методидослідження–рентгенофазовийаналізРФАтрансмісійна

електроннамікроскопіяТЕМвивченняхарактеристиксенсорів

електрофізичнимметодомоптичнапірометріяДТАДТГметодтеплової

десорбціїаргонувимірюваннякаталітичноїактивностісенсорнихматеріалів

вреакціїокисненняСНкінетичнийметоддослідженнязхроматографічним



аналізомкомпонентівгазовоїсумішірентгенівськафотоелектронна

спектроскопіяРФЕСрентгенофлюоресцентнийаналізІЧспектроскопія

НауковановизнаодержанихрезультатівЗапропонованометодику

одержаннятаформуваннясенсорнихнаноматеріалівнаосновідіоксиду

оловазсереднімрозміромчастинок–нмотриманогошляхомокиснення

оксалатуоловапероксидомводнюВстановленостабілізуючийвплив

добавокплатиниіпаладіюнарозмірчастинокпри

високотемпературномуформуваннісенсорнихнаноматеріалівотриманихз

різнихпрекурсорівНаосновіспівставленнясенсорнихвластивостейта

каталітичноїактивностівреакціїокисненнядослідженихнаноматеріалів

таз’ясовановпливвміступаладіютаплатининапроцеси

формуванняелектричногоопорунаповітрітачутливостідосенсорів

прирізнихтемпературахїхроботиВиявленощосенсористворенінаоснові

зменшимрозміромчастинокнммаютьвищучутливістьдометану

такращушвидкодіюірелаксаціюпорівнянозсенсораминаосновіз

більшимрозміромчастинокнмЗнайденощомаксимальнийвідгук

дометанумаютьсенсорищомістятьмастамаспри

оСтаоСвідповідноВстановленощоприцихтемпературах

найчутливішийвміснийсенсорєдинамічнимсста

стабільнимпротягомйогодовготривалоїроботиЗапропонованоматематичну

модельдіїсенсорівщовраховуєвплившвидкостіперебігупроцесу

окисненнянаповерхнігазочутливогошарунапровідністьташвидкодію

вміснихсенсорівіописуєекспериментальнізалежностіпровідностісенсорів

відконцентраціїуповітріїхшвидкодіютарелаксацію

ПрактичнезначенняодержанихрезультатівНаоснові

нанорозмірнихматеріалівтавиготовленоадсорбційнонапівпровідниковісенсорияківизначаютьнаявністьметанууповітрів

широкомудіапазонійогоконцентрацій–Встановленощо

динамічніхарактеристикистворенихсенсорівтаїхчутливістьдометанує

кращиминіжупереважноїбільшостііснуючихсвітовиханалогівщо



дозволитьвикористовуватистворенісенсоривгазоаналітичнихприладахі

течешукачахметануРезультатидисертаційноїроботивпровадженів

учбовийпроцесдлямагістрівгорокунавчаннякурс“Наносистемив

сенсориціадсорбціїтакаталізі”

Особистийвнесокздобувачаполягаєваналізіданихлітератури

одержанніосновногообсягуекспериментальнихданихтапопередньому

аналізіотриманихрезультатівПостановказадачіобговоренняостаточний

аналізтаузагальненняодержанихрезультатівпроводилосьспільнознауковим

керівникомдхнпрофесоромЛПОлексенкотакхнстнсНПМаксимович

ВиготовленнязразківсенсорівпроводилосьуспівпрацізінжНМДеркаченко

Розробкаелектричнихсхемтастендівдлявивченняпараметрівсенсорів

проводилосьуспівпрацізпровінжВПРучкоВимірюванняхарактеристик

сенсорівтаїхстабільностіпроводилосьспільнозпровінжГІСколяр

Одержаннякаталізаторівпопереднєтренуваннязразківдлякаталітичнихта

сенсорнихдослідженьпроводилосьразомзкхнстнсІПМатушкота

провінжОПРіпкоДослідженняметодомтрансмісійноїелектронної

мікроскопіїтарентгенофазовогоаналізупроводилосьспільнозкхннсІВ

ВасиленковІнститутіфізичноїхіміїімЛВПисаржевськогоНАНУкраїни

ДТАДТГдослідженняпроводилосяспільнозкхнмнсЄВОдинцемта

провінжТГВербецькоюДослідженняметодомРФЕСпроводилосяу

співпрацізДжаганомВМкхнстнспІнститутуфізикинапівпровідників

імВЄЛашкарьоваНАНУкраїни

АпробаціярезультатівдисертаціїОсновнірезультатироботи

доповідалисьтаобговорювалисьнатаВсеукраїнськійконференції

студентівтааспірантівСучасніпроблемихіміїКиївУкраїната

ІІВсеукраїнськійнауковопрактичнійконференціїАктуальні

проблемихіміїтахімічноїтехнологіїКиївУкраїна



КиївУкраїна

Всеукраїнськійзміжнародноюучастюконференціїмолодихвчених



ХіміяфізикататехнологіяповерхніКиївУкраїна–

КиївУкраїна

ЛьвівУкраїнаЧернівціУкраїна

ІІСимпозіуміСучасніпроблеминанокаталізуКиїв

Україна

ПублікаціїОсновнірезультатидисертаційноїроботивикладеніу

науковихстаттяхтатезахдоповідейнаміжнароднихтавітчизняних

конференціях

ВИСНОВКИ

Зольгельметодомзвикористаннямрізнихпрекурсоріводержано

наноматеріалинаосновідіоксидуоловазрізнимрозміромчастинокнмі

нмнаосновіякихсформованосенсорнінапівпровідниковіматеріали

тазрізнимвмістомкаталітичноактивнихдобавок

МетодамиТЕМіРФАвстановленощодобавкиплатиниіпаладію

стабілізуютьрозміричастинокдіоксидуоловавпроцесі

високотемпературногоформуваннясенсорнихнаноматеріалів

МетодомРФЕСвивченостанповерхневогошарусенсорних

матеріалівтаідлявсіхвстановленонаявністьвньому

хемосорбованогокиснюзенергієюзвязкуостовнихОелектронівзв

–еВВиявленощовнаноматеріалахплатина

знаходитьсявтрьохформах

зв–еВзв–еВі

зв–еВапаладійв–удвохформах

зв–

еВізв–еВ

Встановленовисокукаталітичнуактивністьсенсорних

наноматеріалівнаосновітазрізнимвмістомкаталітичноактивнихдобавоквреакціїокисненняметануСНДослідження

кінетикиокисненняметанунаоптимальномусенсорномунаноматеріалі

показалощореакціяперебігаєзапершимпорядкомпометануіза

нульовим–покисню

Створенотавміснісенсоринаосновізрізними

розмірамичастинокПоказанощовведеннятаприводитьдо

підвищеннячутливостісенсорівдопривсіхдослідженихтемпературах

прицьомупаладієвісенсориєбільшчутливимипорівнянозплатиновими

Встановленощоменшийрозмірнаночастинокматеріалугазочутливогошару

сенсорівобумовлюєїхвищучутливістьдометануЗнайденощо

максимальнучутливістьдометанупроявляютьсенсориз

меншимирозмірамичастинокнаосновімасприСТакі

сенсоримаютьхорошушвидкодіюсдостатнюстабільність



протягомтривалогочасуїхроботитаможутьвимірюватиметанвширокому

інтервалійогоконцентраційвповітрі

Співставленняхарактеристиксенсоріввеличинелектричного

опорунаповітрітавідгукудоСНстворенихнаосновінанорозмірних

матеріалівзрізнимвмістомкаталітичноактивнихдобавок

прирізнихтемпературахїхроботизкаталітичноюактивністювідповідних

інаноматеріаліввреакціїокисненняметанудозволиловстановити

впливособливостейперебігуцієїреакціїнаповерхнісенсорівнаформування

їхгазочутливихвластивостей

Запропонованоматематичнумодельдіїсенсораякапов’язує

змінупровідностісенсоразшвидкістюперебігуреакціїокисненняметануна

поверхнісенсораізвисокоюточністюописуєзалежністьпровідності

сенсоравідконцентраціїметануйогошвидкодіюірелаксацію