

1572299



**КИЇВСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**Л. П. ОЛЕКСЕНКО
Н. П. МАКСИМОВИЧ
І. П. МАТУШКО
Г. В. ФЕДОРЕНКО**

**ГАЗОВІ СЕНСОРИ
ТА ЗАСТОСУВАННЯ
НАНОМАТЕРІАЛІВ
У СЕНСОРИЦІ**

Описано характеристики, будову та принцип дії адсорбційно-напівпровідникових сенсорів, методи синтезу матеріалів для їхнього газочутливого шару, вплив каталітично-активних добавок на сенсорні й динамічні характеристики. Висвітлено сучасні уявлення щодо механізму дії адсорбційно-напівпровідникових газових сенсорів, які створені на основі нанорозмірних матеріалів, що необхідно для розуміння процесів формування чутливості сенсорів і впливу каталітично-активних добавок на сенсорні властивості та каталітичну активність напівпровідникових матеріалів.

Для студентів хімічних спеціальностей ЗВО, аспірантів і фахівців, що спеціалізуються в галузі фізичної хімії наноматеріалів – адсорбції, каталізі та при створенні і дослідженні адсорбційно-напівпровідникових газових сенсорів на основі оксидних наноматеріалів.

ЗМІСТ

Вступ	3
Розділ 1. Адсорбційно-напівпровідникові сенсори газів	6
1.1. Класифікація сенсорів.....	7
1.2. Основні типи сенсорів	9
1.3. Основні характеристики сенсорів.....	12
1.4. Галузі застосування адсорбційно-напівпровідникових газових сенсорів	16
1.5. Переваги використання адсорбційно-напівпровідникових сенсорів	19
1.6. Способи виготовлення адсорбційно-напівпровідникових сенсорів	20
1.6.1. Будова товстоплівкових адсорбційно-напівпровідникових сенсорів газів.....	22
1.6.2. Технологія створення адсорбційно-напівпровідникових сенсорів	24
1.7. Напівпровідникові матеріали.....	25
1.8. Склад газочутливого шару адсорбційно-напівпровідникових сенсорів	26
1.8.1. Вимоги до напівпровідникових матеріалів	26
1.8.2. Матеріали для створення газочутливого шару адсорбційно-напівпровідникових сенсорів	27
1.8.3. Використання SnO ₂ як сенсорного матеріалу.....	28
1.9. Методи одержання напівпровідникових оксидних сенсорних матеріалів	32
1.9.1. Метод співосадження	32
1.9.2. Термічний розклад сполук-прекурсорів	34
1.10. Методи введення каталітично-активних добавок до складу напівпровідникового матеріалу	35
1.11. Хімічний склад газочутливого шару сенсорів на основі SnO ₂	36
1.11.1. Легуючі добавки до діоксиду олова.....	36
1.11.2. Каталітично-активні добавки та їхній вплив на властивості адсорбційно-напівпровідникових сенсорів на основі діоксиду олова	38

1.12. Каталітичні перетворення в чутливому шарі адсорбційно-напівпровідникових сенсорів і механізм їхньої дії	40
Питання для контролю та самоперевірки	47

Розділ 2. Наноматеріали та методи їхнього одержання.

Застосування наноматеріалів у сенсоріці	49
2.1. Взаємозв'язок між ступенем заповнення поверхні хемосорбованим киснем і концентрацією електронів, що беруть участь у формуванні провідності.....	49
2.2. Наноматеріали газочутливого шару напівпровідникових сенсорів	51
2.2.1. Одержання наноматеріалів для газочутливого шару напівпровідникових сенсорів на основі SnO ₂	51
2.2.2. Золь-гель метод.....	52
2.3. Вплив морфології на сенсорні властивості матеріалів	58
2.4. Вплив складу газочутливого шару сенсора на його характеристики	60
2.5. Хімічна модифікація нанокристалічного діоксиду олова для створення селективних газових сенсорів	62
2.5.1. Модифікатори для сенсорних наноматеріалів на основі діоксиду олова.....	63
2.5.2. Уведення каталітично-активних добавок до напівпровідникових оксидних матеріалів	65
2.5.3. Застосування діоксиду церію в напівпровідникових сенсорах.....	66
2.5.4. Формування провідності церієвмісних наноматеріалів	68
2.6. Особливості створення адсорбційно-напівпровідникових сенсорів на основі нанорозмірних матеріалів і механізм їхньої дії.....	71
2.7. Оборотноість стану сенсорного матеріалу при циклічній зміні складу довкілля.....	73
2.8. Хімічна взаємодія поверхні оксидів металів із газами	75
2.8.1. Сорбція газів на поверхні оксидів.....	75
2.8.2. Оптична основність	77
2.8.3. Концепція електронегативності Сандерсона.....	80
2.8.4. Реакції газів на поверхні оксидів	82

2.8.5. Сучасні підходи до прогнозування активності поверхні оксидних матеріалів в окисно-відновних реакціях із молекулами газів на основі даних про хімічний склад і будову оксидів	83
2.9. Вплив модифікаторів на сенсорні властивості нанокристалічного діоксиду олова	89
2.10. Класифікація газів	98
2.11. Сенсорні властивості модифікованого діоксиду олова щодо простих газів-відновників на прикладі CO	100
2.12. Механізм чутливості сенсорів, що створені на основі наноматеріалів	105
Питання для контролю та самоперевірки	110
Розділ 3. Одержання наноматеріалів на основі діоксиду олова та створення газових сенсорів на їхній основі....	112
3.1. Синтез золь-гель методом нанорозмірного SnO ₂ для газочутливого шару адсорбційно-напівпровідникових сенсорів	112
3.1.1. Золь-гель синтез нанорозмірного SnO ₂ з використанням SnC ₂ O ₄ як прекурсора	112
3.1.2. Синтез нанорозмірних частинок сенсорного матеріалу на основі SnO ₂ золь-гель методом із використанням етиленгліколю.....	113
3.2. Дослідження термічних умов розкладу ксерогелю, одержаного в ході синтезу нанорозмірного SnO ₂ , методом диференціального термічного аналізу	115
3.3. Визначення розмірів часточок напівпровідникового діоксиду олова, одержаного золь-гель методом, за даними трансмісійної електронної мікроскопії	125
3.4. Первинне тестування керамічних плат для виготовлення товстоплівкових адсорбційно-напівпровідникових сенсорів на основі нанорозмірних матеріалів	127
3.4.1. Хімічна обробка керамічних плат сенсорів.....	128
3.4.2. Первинне тестування керамічних плат сенсорів.....	128
3.4.3. Вибраковування керамічних плат сенсорів	128
3.5. Виготовлення адсорбційно-напівпровідникових газочутливих сенсорів на основі нанорозмірного SnO ₂ , отриманого золь-гель методом, і модифікування їх каталітично-активними добавками.....	129

3.6. Первинне тестування сенсорів, одержаних на основі нанорозмірного діоксиду олова	131
3.7. Визначення чутливості адсорбційно-напівпровідникових сенсорів за різних потужностей нагрівача сенсора.....	134
3.8. Вивчення швидкодії адсорбційно-напівпровідникових сенсорів	135
3.9. Вивчення залежності чутливості сенсорів від концентрації аналізованого газу в повітрі (НСХП).....	137
Список рекомендованої літератури	139