

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет математики, фізики та інформаційних технологій

(повне найменування інституту/факультету)

Кафедра експериментальної фізики

(повна назва кафедри)

Д и п л о м н а р о б о т а

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Дослідження впливу парів води та аміаку на електричні
характеристики плівок діоксиду олова»

«Investigation of the influence of water and ammonia vapor on the electrical characteristics of
Tin dioxide films»

Виконав: студент денної форми навчання
спеціальність: 6.040204 Прикладна фізика

Негруца Олександр Сергійович

Керівник к.ф.-м.н., доц. Чебаненко А.П. _____

Рецензент: н.с. Філевська Л.М.

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ __ від __. __. 2019 р.

Завідувач кафедри

Сминтина В.А.

(підпис)

Захищено на засіданні ЕК № __

протокол № __ від __. __. 2019 р.

Оцінка _____ / _____ / _____

(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Голова ЕК

Шевчук В.Г.

(підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. Технологія отримання плівок SnO ₂	6
1.1. Фізичні методи	6
1.2. Хімічні методи.....	9
1.3. Нанесення з рідкої фази	11
2. Властивості плівок діоксиду олова	12
3. Механізми газової чутливості плівок SnO ₂ . Вплив газів-відновників на електроопір чутливого елемента датчика газів	14
4. Конструкція і технологія виготовлення мікроелектронних датчиків газів. 19	
5. Технологія отримання наноструктурованих плівок SnO ₂	25
6. Схеми експериментальних установок і методика вимірювань.....	27
7. Електричні характеристики досліджуваних плівок SnO ₂	29
8. Дослідження чутливості наноструктурованих плівок SnO ₂ до аміаку.....	31
РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ТА ВИСНОВКИ.....	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	39

ВСТУП

Рішення цілого ряду проблем, які стосуються захисту навколишнього середовища, управління технологічними процесами, контролю фізіологічного стану людини, якості продуктів харчування тощо вимагає створення електронних пристроїв, що дозволяють реєструвати і кваліфікувати наявність хімічних речовин і їх сумішей в повітрі, аналізувати запахи. У зв'язку з цим, важливе місце в мікроелектроніці і твердотільній електроніці займає в останні роки розробка технології виготовлення і дослідження напівпровідникових плівок, чутливих до складу газового середовища.

Одним з популярних матеріалів, який використовується в якості газочутливого елемента датчика газу, є діоксид олова (SnO_2), але у даного матеріалу є деякі недоліки, наприклад, висока робоча температура і низька селективність. Класичним способом підвищення селективності і чутливості SnO_2 є застосування каталітичних добавок (платина, паладій, золото, мідь, вольфрам, оксиди лантаноїдів і т.д.). Однак висока чутливість спостерігається тільки при високих температурах. Але при моніторингу в режимі реального часу дуже небезпечно контролювати склад газу в вибухонебезпечному навколишньому середовищу, так як висока температура може викликати вибух. Тому має місце суттєва необхідність в розробці газових датчиків, які можуть працювати при кімнатній температурі з високим відгуком і поліпшеною селективністю. Однією з додаткових переваг, пов'язаних з використанням напівпровідникового датчика газу при кімнатній температурі є те, що не потрібно будь-якого нагрівального елемента.

Незважаючи на багаторічну історію досліджень і спроб випуску сенсорів на тонких плівках SnO_2 , проблема їх надійного впровадження не

може вважатися вирішеною. В основі проблеми лежать: чутливість, стабільність і селективність, які досить важко реалізуються одночасно.

Одним із шляхів зниження робочих температур сенсорів на основі діоксиду олова може бути використання наноструктурованих плівок SnO_2 . Завдяки їх поруватості і як наслідок великій ефективній площі їх поверхні робоча температура сенсора може бути знижена навіть до кімнатної. Раніше в нашій лабораторії була досліджена чутливість наноструктурованих плівок SnO_2 до парів етанолу та ізопропилового спирту. Проблема вибірковості і зниження робочих температур сенсорів вирішується за допомогою введення домішкових добавок і каталітичних покриттів. Ще одним способом активації адсорбційних процесів на поверхневих станах напівпровідникового сенсора є оптичний вплив на сенсорні елементи. Відомо, що випромінювання оптичного діапазону від потужних ультрафіолетових джерел може значно поліпшити чутливість металооксидних датчиків газів за рахунок оптичної активації поверхневих станів. Освітлення металооксидного датчика газів випромінюванням, яке можна порівняти з шириною забороненої зони оксиду металу, може знизити зазвичай високу робочу температуру датчика до кімнатної температури. Це дозволяє використовувати його в тих областях, де неприпустимо працювати при більш високій температурі, тим самим, розширюючи діапазон застосування і знижуючи споживану потужність. Зручно використовувати світлодіоди фіолетового і ультрафіолетового діапазонів довжин хвиль. У напівпровідниковому датчику газу на основі SnO_2 адсорбція газу відбувається на поверхні оксиду металу, що призводить до переміщення електронів в об'ємі провідника, яке може бути виміряне і дозволяє кількісно оцінити концентрацію газу, що впливає на датчик. Фотозбудження зменшує висоту бар'єру між зернами, тим самим збільшуючи щільність вільних носіїв по всьому матеріалу і збільшуючи його газову чутливість.

Метою дипломної роботи є встановлення наявності чутливості при кімнатній температурі до парів аміаку нанооструктурованих плівок SnO₂, отриманих золь-гель методом з використанням полімерів.

РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ТА ВИСНОВКИ

- Зростання електропровідності досліджуваних плівок SnO_2 в атмосфері парів води обумовлене дисоціативною адсорбцією молекул води на поверхні мікрочастин SnO_2 , в результаті якої виникають додаткові вільні носії заряду.

- Напускання в камеру парів аміаку призводить до зменшення провідності досліджуваних плівок SnO_2 . Це обумовлено тим, що адсорбовані молекули аміаку збільшують висоти міжкристалітних потенціальних бар'єрів, та поверхневий запірний вигин енергетичних зон.

- Чутливість плівок до парів аміаку знаходиться в межах 0,35-0,63 відн.од. і досягає максимуму при напрузі 300В. Ці значення дещо менші ніж для парів води, етанолу та пропанолу, однак при цьому меншими є також і сталі часу адсорбції та десорбції.

_____ Негруца О.С.
(Підпис автора роботи)

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аль Тамеми Васфи Мохаммед Кадим. Фотоэлектрические и газосенсорные свойства плёнок SnO₂. - канд. дисс., Воронеж, 2014, 157стр.
2. Kuhlbusch T. A. J., Neumann S., Fissan H. Number Size Distribution, Mass Concentration, and Particle Composition of PM₁, PM_{2.5}, and PM₁₀ in Bag Filling Areas of Carbon Black Production. – J. of Occupational and Environmental Hygiene, 1 (Is. 10), 2004, P. 660 – 671.
3. Ивановская М. И., Котиков Д. А., Орлик Д. Р. Влияние структурно-химического состояния металлоксидных нанокмпозитов на их газочувствительные свойства – Тез. Докл. Первой международной конференции «Сенсорная электроника и микросистемные технологии», Одесса, 2004, с. 193.
4. Barsan N., Schweizer-Berberich M., Gopel, Fresenius W. J. Anal. Chem., 1999, v. 365, p.287—304.
5. Пирогов О.В., Чуб І.А. Фізико-технологічні основи отримання активних елементів газових датчиків – Харків: НУЦЗУ, 2017, 137 с.
6. Лазарев В.Б., Соболев В.В., Шаплыгин И.С. Химические и физические свойства простых оксидов металлов: Наука, 1983. 239с.
7. Волькенштейн Ф.Ф. Электронные процессы на поверхности полупроводников при хемосорбции. – М.: Наука, 1987. 432 с.
8. Гаман В.И. Физика полупроводниковых газовых сенсоров: монография. – Томск: Изд-во НТЛ, 2012. 112 с.
9. Рембеза С.И., Д.Б. Просвирин, О.Г. Викин, Г.А. Викин, В.А. Буслов, Д.Ю. Куликов. Особенности конструкции и технологии

изготовления тонкопленочных металлооксидных интегральных сенсоров – Сенсор. 2004. № 1(10). С. 20 - 26.

10. Рембеза С. И., Д.Б. Просвирин, О.Г. Викин, Г.А. Викин, В.А. Буслов. Технологические схемы изготовления микроэлектронных датчиков газов. – Электроника и информатика: материалы IV Междунар. науч.-техн. конф. М.: МИЭТ, 2002. С. 342 - 343.

11. Овсянников С.В. Тепловая, полевая и оптическая активация газочувствительных процессов в микроэлектронных газовых датчиках на основе SnO₂. – канд. дисс. Воронеж , 2016, 147стр.

12. Kalinina M.V. et.al. Temperature dependence of the resistivity for metaloxide semiconductors based on tin dioxide. – Glass physics and chemistry, 2003, Vol.29, №4, p.422-427.

13. Алмаев А.В., Сергейченко Н.В., Рудов Ф.В. Влияние уровня влажности на характеристики сенсоров водорода на основе тонких плёнок SnO₂. – Мат. XX Международной научно-практической конференции, 2014, Томск, с.315-317.

14. Шейнман М.К., Шик А.Я. Долговременные релаксации и остаточная проводимость в полупроводниках(обзор). – Физика и техника полупроводников, 1976, т.10(2), с.209-233.

15. Бонч-Бруевич В.Л., Звягин И. П., Кайпер Р., Миронов А.Г., Эндерлайн Р., Эссер Б. – Электронная теория неупорядоченных полупроводников, М., Наука, 1981,383с.