

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

(повне найменування вищого навчального закладу)

Фізичний факультет

(повне найменування інституту/факультету)

Кафедра фізики твердого тіла і твердотільної електроніки

(повна назва кафедри)

Дипломна робота

бакалавра

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Нестабільність поверхневого струму, індукованого адсорбцією парів аміаку в кремнієвих p-n переходах»

« Instability of the surface current, induced by the ammonia vapors adsorption in silicon p-n junctions »

Виконав: студент денної форми навчання
напряму підготовки 6.040203 Фізика
Марченко Дмитро Сергійович

Керівник д. ф.-м. н., проф. Птащенко О.О.

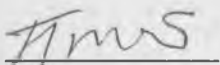
Рецензент к. ф.-м. н., доц. Скобеева В.М.

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ 15 від 09.06.2017 р.

Завідувач кафедри



(підпис)

Птащенко О.О.

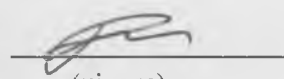
Захищено на засіданні ДЕК № 1

протокол № 45 від 27.06.2017 р.

Оцінка задовільно / E / 67

(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Голова ДЕК



(підпис)

Калінчак В.В.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗОВИХ СЕНСОРІВ НА ОСНОВІ	
P-N ПЕРЕХОДІВ	4
1.1. Фізична та хімічна адсорбція на поверхні напівпровідників	4
1.1.1. Механізми і параметри фізичної та хімічної адсорбції.....	4
1.1.2. Основні положення теорії Ленгмюра.....	5
1.2. Основні параметри і характеристики газових сенсорів.....	6
1.2.1. Основні види газових сенсорів, їх принцип дії.....	6
1.2.2. Основні параметри і характеристики газових сенсорів.....	6
1.3. Принцип дії і характеристики газових сенсорів на основі	
p-n переходів	9
1.3.1. Інжекційний струм в p-n переходах.....	9
1.3.2. Рекомбінаційний струм в p-n переходах.....	12
1.3.3. Зворотний струм.....	14
1.3.4. Вплив адсорбції молекул на струм в p-n переходах	16
2. НЕСТАБІЛЬНІСТЬ ХАРАКТЕРИСТИК P-N ПЕРЕХОДІВ,	
ОБРОБЛЕНИХ У РОЗЧИНІ ПЛАВИКОВОЇ КИСЛОТИ.....	19
2.1. Зразки і методика експерименту.....	19
2.2. Вплив парів аміаку на характеристики p-n переходів.....	24
2.3. Вплив обробки в розчині плавикової кислоти	
на характеристики p-n переходів.....	28
ВИСНОВКИ.....	35
ЛІТЕРАТУРА.....	36

ВСТУП

Газові сенсори входять до складу датчиків або систем вимірювання та контролю, в яких, крім них, є системи перетворення сигналу та індикації. Основною функцією газового сенсора є перетворення концентрації аналізованої речовини в електричний, оптичний або інший сигнал [1–3].

Необхідність у розробці газових сенсорів обумовлена, в першу чергу, необхідністю контролю екологічного стану навколишнього середовища та забезпечення безпеки діяльності людини [1–3].

Широко використовуються сенсори на основі структур метал–оксид–напівпровідник з бар'єром Шотткі [1].

Газові сенсори на основі *p-n* переходів мають значні переваги над сенсорами на основі оксидних полікристалічних плівок і діодів Шотткі. *p-n* переходи мають високі потенціальні бар'єри для носіїв заряду, високу чутливість до газових компонентів навколишнього середовища [4–7].

Кремнієві *p-n* переходи перспективні для застосування в газових сенсорах [8–10]. Вони можуть бути виготовлені за мікроелектронною технологією. Їх можна використовувати як складові компоненти сенсорів на основі біполярних транзисторів.

Для створення газових сенсорів на основі кремнієвих *p-n* переходів необхідно розробити способи підвищення їх чутливості та стабільності.

В останній час вивчаються можливості створення сенсорів парів аміаку на основі мезопористого кремнію [11] на кремнієвих нанодротів [12]. Такі сенсори мають малі розміри і високу чутливість, але високий поріг чутливості. Крім того, параметри таких сенсорів сильно нестабільні. Це може бути пов'язане з травленням у розчинах плавикової кислоти.

Метою даної роботи було встановлення механізму нестабільності поверхневого струму, індукваного адсорбцією парів аміаку в кремнієвих *p-n* переходах, оброблених травленням у розчині плавикової кислоти.

ВИСНОВКИ

1. Обробка кремнієвих р-п переходів у розчині плавикової кислоти веде до формування акцепторних поверхневих центрів, іонізованих при кімнатній температурі. Під дією електричного поля іонів на поверхні n- області утворюється провідний канал з дірковою провідністю.

2. Пари аміаку при низьких значеннях їх парціального тиску (до 5 Па) зменшують прямий і зворотний струм р-п переходів, руйнують провідний канал, який мав діркову провідність.

3. При більш високих значеннях парціального тиску аміаку прямий і зворотний струм р-п переходів зростає внаслідок утворення провідного каналу з електронною провідністю.

4. Обробка р-п переходів у розчині плавикової кислоти практично не впливає на їхній поріг чутливості як сенсорів аміаку при роботі в режимі зворотного зміщення і значно підвищує поріг чутливості в режимі прямого зміщення.

5. Обробка р-п переходів у розчині плавикової кислоти зменшує їхню чутливість до парів аміаку при значеннях парціального тиску до 10 Па і підвищує її при зворотному зміщенні в області значень парціального тиску 10–100 Па.

6. Після обробки р-п переходів у розчині плавикової кислоти їхні характеристики як сенсорів парів аміаку стають нестабільними. Спочатку відбувається зростання струму, пов'язане з руйнуванням поверхневих акцепторних центрів, а потім струм спадає, що можна пояснити окисненням поверхні кристалу.

7. Після витримки в повітрі 50 год. поверхневий струм р-п переходів стабілізується, але їхня чутливість до парів аміаку залишається нижчою, ніж була до обробки.

Маз

ЛІТЕРАТУРА

1. Скришевський В.А., Фізичні основи напівпровідникових хімічних сенсорів: Навчальний посібник / За ред. О. Третьяка. – К: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2006. – 190 с.
2. Костенко В.Л., Швець Е.Я. Фізичні основи сенсорики. – Запоріжжя: видавництво ЗДІА. – 2002. – 158с.
3. Полупроводниковые сенсоры в физико-химических исследованиях / Мясников И.Я., Сухарев В.Я., Куприянов Л.Ю., Завьялов С.А. – М.: Наука, 1991. – 326 с.
4. Птащенко О.О., Артеменко О.С., Маслєєва Н.В., Птащенко Ф.О. Р-Н переходи як селективні газові сенсори //Вісник Черкаського держ. техн. ун-ту, спецвипуск. – 2006. – с. 238-240.
5. Птащенко О.О., Артеменко О.С., Птащенко Ф.О. Вплив газового середовища на поверхневий струм в *p-n* гетероструктурах на основі GaAs–AlGaAs // Фізика і хімія твердого тіла.–2001.– Т. 2, № 3. – С.481–485.
6. Ptashchenko O.O., Artemenko O.S., Dmytruk M.L. et al. Effect of ammonia vapors on the surface morphology and surface current in *p-n* junctions on GaP // Photoelectronics. – 2005. – N14. – P. 97–100.
7. Птащенко О.О., Артеменко О.С., Птащенко Ф.О. Вплив парів аміаку на поверхневий струм в *p-n* переходах на основі напівпровідників A^3B^5 // Журнал фізичних досліджень. – 2003. – Т. 7, №4. – С. 419 – 425.
8. Птащенко Ф.О. Вплив парів аміаку на поверхневий струм у кремнієвих *p-n* переходах // Вісник ОНУ, сер. фіз.-мат. науки. – 2006. – Т. 11, вип. 7. – С. 116 – 119.
9. Птащенко Ф. О., Птащенко О. О., Довганюк Г. В. Вплив структури кремнієвих *p-n* переходів на їх характеристики як газових сенсорів // Сенсорна електроніка і мікросистемні технології. . – 2011 – Т. 2 (8), № 4. – С. 13 – 19.

10. Птащенко Ф. О., Птащенко О. О., Довганюк Г. В. Вплив поверхневого легування на характеристики кремнієвих *p-n* переходів як газових сенсорів // Фізика і хімія твердого тіла .- 2011.- Т. 12, № 3. - С. 782 – 784.
11. Borini S. Effect of ammonia adsorption on the electrical characteristics of mesoporous silicon // Journal of Applied Physics 102, 093709 (2007).
12. G. D. Yuan, Y. B. Zhou, † C. S. Guo, et al. Tunable Electrical Properties of Silicon Nanowires *via* Surface-Ambient Chemistry // www.acsnano.org Vol. 4 ▪ No. 6 ▪ 3045–3052.
13. Ф.Ф. Волькенштейн, Электронные процессы на поверхности полупроводников при хемосорбции. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. - 432 с.
14. Ф. Ф. Волькенштейн, Физико-химия поверхности полупроводников – М. : Наука, 1973 . – 399 с.
15. С. Моррисон, Химическая физика поверхности твердого тела, Пер. с англ.– М.: Мир, 1980. – 488 с.
16. Смынтына В.А., Физико-химические явления на поверхности твердых тел: Учебник. – Одесса: Астропринт, 2008. – 200 с.
17. Зи С., Физика полупроводниковых приборов: В 2-х книгах. Кн. 1. Пер. с англ. – 2-е перераб. и доп. изд. – М.: Мир, 1984. – 456 с.
18. Шалимова К.В., Физика полупроводников – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 392с.
19. Chun--Sheng Guo, Lin-Bao Luo, Guo-Dong Yuan, Xiao-Bao Yang, Rui-Qin Zhang, Jun Zhang, and Shuit-Tong Lee. Surface Passivation and Transfer Doping of Silicon Nanowires// Angew. Chem. 2009, 121, P. 10080 –10084/
20. Ptashchenko F. O., Ptashchenko O. O., Dovganyuk G. V. Negative sensitivity of silicon *p-n* junctions as gas sensors // Photoelectronics. – 2011. – No. 20. – P. 44 – 48.