

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет математики, фізики та інформаційних технологій

(повне найменування факультету)

Кафедра експериментальної фізики

(повна назва кафедри)

Д и п л о м н а р о б о т а

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему: «Вплив режимів сульфідної обробки на спектри фотоструму
р-п переходів на основі арсеніду галію»

«Effect of sulphide treatment on the photocurrent spectra of gallium arsenide
p-n junctions»

Виконала: студентка денної форми навчання

спеціальність: 104- Фізика та астрономія

Матреницька Юлія Борисівна

Керівник доц. Маслєєва Н.В. _____

Рецензент доц. Горбачов В.Е.

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ __ від __.__.2021 р.

Захищено на засіданні ЕК № __

протокол № __ від __.__.2021 р.

Оцінка _____ / _____ / _____
(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Завідувач кафедри

Голова ЕК

_____ Сминтина В.А.
(підпис)

_____ Ваксман Ю.Ф.
(підпис)

Одеса – 2021

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1.1. Етапи створення пасивуючого шару при сульфідній обробці поверхні <i>GaAs</i>	4
1.2. Вплив сульфідної обробки на електричні та фотоелектричні властивості <i>GaAs</i> та напівпровідникових приладів на його основі	7
1.3. Особливості деградації властивостей напівпровідникових приладів з сульфідовою поверхнею	13
1.4. Порівняння характеристик різних методів модифікації поверхні <i>GaAs</i>	15
2. ВПЛИВ СУЛЬФІДНОЇ ОБРОБКИ НА СПЕКТРИ ФОТОСТРУМУ p-n-ПЕРЕХОДІВ НА ОСНОВІ <i>GaAs</i>	19
2.1. Структура досліджених діодів на основі <i>GaAs</i> та методика проведення сульфідної обробки поверхні.....	19
2.2. Методика вимірювання спектрів фотоструму діодів.....	20
2.3. Вплив сульфідної обробки на спектри фотоструму p-n-переходів на основі <i>GaAs</i>	22
2.3.1. Аналіз змін спектрів фотоструму в інфрачервоній області.....	25
2.3.2. Аналіз змін спектрів фотоструму в ультрафіолетовій області....	29
ВИСНОВКИ.....	32
ЛІТЕРАТУРА	33

ВСТУП

Сульфідна обробка призводить до зменшення щільності поверхневих станів напівпровідників групи $A^{III}B^V$ а також суттєво зменшує швидкість поверхневої рекомбінації. Це супроводжується покращенням багатьох фізико – хімічних властивостей $GaAs$ та приладів на його основі. Зокрема, спостерігалось зменшення прямих і зворотних струмів діодів у предпробійній області, збільшувалися коефіцієнти підсилення біполярних транзисторів, зменшувався поріг лазерної генерації, покращувалися характеристики сонячних елементів. В той же час проведені дослідження не носили систематичний характер. Залишається невідомим вплив різних режимів сульфідної обробки на електричні і фотоелектричні характеристики $GaAs$.

Метою роботи було вивчення механізмів впливу сульфідної обробки різної тривалості на фоточутливість $p-n$ -переходів на основі $GaAs$. Для виконання поставленої мети досліджувалися спектри фотоструму діодів на основі $GaAs$ до та після сульфідної обробки поверхні з різною тривалістю. Сульфідна обробка проводилася у 30% водному розчині сульфиду натрію.

У результаті проведених досліджень встановлено, що короткотривала сульфідна обробка збільшує фоточутливість діодів на основі $GaAs$ в інфрачервоній області спектру та супроводжується появою додаткових максимумів у спектрах фотоструму в ультрафіолетовій області спектру.

Збільшення фоточутливості діодів на основі $GaAs$ в інфрачервоній області спектру можна пояснити зменшенням щільності поверхневих станів і зменшенням швидкості поверхневої рекомбінації, що відбувається після видалення шару природних оксидів.

Появу додаткових максимумів та їх енергетичне положення у спектрах фотоструму в ультрафіолетовій області обумовлено утворенням на поверхні $GaAs$ нановимірного шару сульфиду галію, товщина якого залежить від часу сульфідної обробки.

ВИСНОВКИ

1. Сульфідна обробка дозволяє покращити характеристики напівпровідникових приборів на основі *GaAs*.
2. Сульфідна обробка поверхні призводить до зростання фоточутливості в інфрачервоній області спектру та супроводжується зменшенням швидкості поверхневої рекомбінації. Такі зміни спектру можна пояснити зменшенням щільності поверхневих станів при повному або частковому видаленні поверхневих оксидів при сульфідній обробці.
3. При утворенні на поверхні діодів на основі *GaAs* тонкого шару сульфиду галію на спектрах фотоструму з'являються нові максимуми, енергетичне положення яких залежить від тривалості сульфідної обробки.
4. Зміни спектру фотоструму діодів на основі *GaAs* в ультрафіолетовій області спектру при збільшенні тривалості обробки пов'язані з утворенням на поверхні наночарів сульфиду галію.
5. Товщина шару сульфиду галію, згідно з моделлю нескінченно глибокої квантової ями, після 40с. обробки складала 5 нм, а після 80с. – 14 нм, відповідно, що набагато менше довжини хвилі де Бройля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лебедев М.В. Модификация атомной и электронной структуры поверхности полупроводников $A^{III}B^V$ на границе с растворами электролитов. – 2020, Т.54, №7. – С. 587 - 598.
2. Бессолов В.Н., Лебедев М.В. Халькогенидная пассивация поверхности полупроводников $A^{III}B^V$. – 1998, Т.32, №11. – С. 1231 - 1254.
3. Маслеева Н.В., Богдан О.В., Бритавський Є.В., Тарасевич Д.В., Шугарова В.В. Вплив режимів сульфідної модифікації поверхні на механізми проходження струмів у п-н переходах на основі GaAs. – Журнал фізичних досліджень. – 2021, Т.25, №3. – С. 37.05 (1)-37.05 (4).
4. Бессолов В.Н., Коненкова Е.В., Лебедев М.В., Zahn D.R.T. Пассивация GaAs в спиртовых растворах сульфида аммония. – 1997, Т.31, №11. – С. 1350 - 1356.
5. Лебедев М.В. Роль сольватации сульфид-иона при модификации электронной структуры поверхности GaAs. – 2001, Т.35, №11. – С. 1347 - 1385.
6. Матвеева Л.О., Колядіна О.Ю., Матіюк І.М., Міщук О.М. Структурна досконалість і електронні параметри сульфідованої поверхні арсеніду галію. – 2006, Т.7, №3. – С. 461 - 480.
7. D. Liu, T. Zhang, R.A. LaRue, J.S. Harris, T.W. Sigmon. Deep level transient spectroscopy study of GaAs surface states treated with inorganic sulfides. – 1988, Vol 53, No 12. – P 1059-1062.
8. J. F. Fan, H. Oigawa, Y. Nannichi. A Model to Explain the Effective Passivation of the GaAs Surface by $(NH_4)_2S_x$ Treatment. – 1988, Vol 27, No 3. – P 133 - 159.
9. R.N. Nottenburg, C.J. Sandroff, D.A. Humphrey, T.H. Hollenbeck, R. Bhat. – Near-ideal transport in an AlGaAs/GaAs heterostructure bipolar transistor by $Na_2S \cdot 9H_2O$ regrowth. – 1988, Vol 52, No 3. – P 218 - 230.

10. T. Ohno, K. Shiraishi. First-principles study of sulfur passivation of GaAs(001) surfaces. – 1990, Vol 42, No 17. –P 11-194.
11. T. Ohno. Reactions of Cl with GaAs: A theoretical understanding of GaAs-surface etching. – 1991, Vol 44, No 15. – P 6306 - 6327.
12. Лебедев А. И. Физика полупроводниковых приборов. – 2008. - С. 488.
13. T. Kikawa, S. Takatani, Y. Tezen. Electronic properties of Se-treated SiO₂/GaAs interfaces. – 1992, Vol 60, No 22. – P 2785 - 2802.
14. T. Tamanuki, F. Koyama, K. Iga. Japan. TEM Moiré Pattern and Scanning Auger Electron Microscope Analysis of Anomalous Si Incorporation into MBE-grown Ge on Si(111). – 1992, Vol 31, No 10. – P 3292 - 3296.
15. L.F. DeChiaro, C.J. Sandroff. Improvements in electrostatic discharge performance of InGaAsP semiconductor lasers by facet passivation. – 1992, Vol 39, No 3. – P 561 - 565.
16. Марголин В.И., Жабрев В.А., Лукьянов Г.Н., Тупик В.А. Введение в нанотехнологию. – 2016, №1. – С. 51 - 235.
17. Новоселова А.В. Физико-химические свойства полупроводниковых веществ . – 1979. – С. 340.