

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: «Вплив рентгенівського опромінення на електрофізичні властивості структур метал-діелектрик-напівпровідник»

«Effect of X-ray irradiation on the electrical properties of the structures metal-insulator-semiconductor»

Виконав: студент денної форми навчання

напряму підготовки 6.040203 Фізика

Ковалюк Сергій Вікторович

Керівник к.ф.-м.н., доц. Солошенко В.І. 

Рецензент к.ф.-м.н., доц. Чебаненко А.П.

Рекомендовано до захисту:

Протокол засідання кафедри

№ 15 від 09.06.2017 р.

Захищено на засіданні ЕК № 1

протокол № 48 від 27.06.2017 р.

Оцінка добре / С / 76

(за національною шкалою, шкалою ECTS, бали)

Завідувач кафедри

  
(підпис) Птащенко О.О.

Голова ЕК

  
(підпис) Калінчак В.В.

Одеса – 2017

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
РОЗДІЛ 1 .ХАРАКТЕРИСТИКИ МДН СТРУКТУР.....	4
1.1 Радіаційна стійкість приладів інтегральних схем.....	4
1.2 Вплив напруги зсуву при опроміненні.....	5
1.3 Основні типи радіаційних дефектів при взаємодії з електромагнітним випромінюванням.....	7
1.4 Характеристики ідеальних МДН-структур.....	8
1.5 Структура межі розділу Si-SiO <sub>2</sub> .....	12
1.6 Зарядовий стан системи Si – SiO <sub>2</sub> .....	15
1.7 Класифікація зарядів у двосиді кремнію.....	15
РОЗДІЛ 2. ВПЛИВ ДЕГРАДАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ КРЕМНІЄВИХ МДН СТРУКТУР.....	17
2.1 Зразки і методика експерименту.....	17
2.1.1 Методика отримання зразків та їх структура .....	17
2.1.2 Квазістатичний метод дослідження поверхневих станів .....	17
2.1.3 Високочастотний C-V метод дослідження поверхневих станів.....	20
2.2 Вплив опромінювання рентгенівськими та γ-квантами на еволюцію густини поверхневих станів межі розділу структур Si – SiO <sub>2</sub> .....	23
ВИСНОВКИ.....	33
ЛІТЕРАТУРА.....	34

## Вступ

Унікальні фізичні властивості межі між кристалічним кремнієм і аморфним  $SiO_2$  є передумовою для розвитку сучасної кремнієвої мікроелектроніки, що базується на планарній технології. В кремнієвих мікросхемах активним елементом є транзистор на основі структури метал – діелектрик – напівпровідник (МДН - транзистор).

Схеми на МДН транзисторах складають на сьогодні значну частину виробів, що випускаються електронною промисловістю. На їх основі будується більшість інтегральних схем (ІС) з великим ступенем інтеграції (ВІС) і надвеликим ступенем (НВІС). Схеми на МОН-транзисторах займають домінуюче положення при створенні таких функціонально закінчених виробів, як постійні і оперативні запам'ятовуючі пристрої, мікроконтролери, мікропроцесори та інші.

Збільшення ступеню інтеграції виробів мікроелектроніки обумовлюють необхідність підвищення їх надійності (зокрема радіаційної стійкості).

Особливо велике значення ці аспекти мають при створенні МДН інтегральних схем, оскільки плівки структур діелектрик – напівпровідник дуже чутливі до впливу поверхневих радіаційних дефектів. Вплив радіації на МДН структуру призводить до помітної зміни їх електричних характеристик, що головним чином (обумовлено створенням центрів захоплення і накопиченням просторового заряду у діелектрику, а також зростанням щільності швидких поверхневих станів на межі поділу діелектрик-напівпровідник. Накопичуваний у підзатворному діелектрику заряд і щільність поверхневих станів практично повністю визначають їх роботу працездатністю.

Метою роботи є вивчення впливу іонізуючого електромагнітного випромінення на властивість структур діелектрик-напівпровідник.

## ВИСНОВКИ

1. Структури типу  $Si-SiO_2$ , характеризуються наявністю механічних напружень, що обумовлені відмінністю термічних коефіцієнтів розширення шарів кремнію і діелектрика, а також їх структурою. При радіаційному опроміненні рентгенівськими та  $\gamma$ -квантами частина напружених зв'язків розривається і створюються центри ПС.

2. Навколо розірваних зв'язків відбувається релаксація напружених валентних зв'язків, в результаті чого рівень механічних напружень знижується. Шляхом зміни напруженого стану діоксиду кремнію можливе змінення електричних характеристик системи (густини поверхневих станів на межі поділу діелектрик – напівпровідник, заряду в  $SiO_2$  та ін.).

3. Зростання густини ПС в результаті дії іонізуючого випромінювання можна пояснити тим, що генеровані в результаті дії іонізуючого випромінювання високоенергетичні електрони виривають атоми водню, який використовувався для пасивації обірваних зв'язків (які пов'язуються з  $p_b$ -центрами), збільшуючи тим самим густину ПС.

4. Зменшення густини ПС, що спостерігалось нами при термічному відпалі, а також при комбінації іонізуючого випромінювання і відпалу, можна пояснити еволюцією  $p_{b0}$  та  $p_{b1}$  – центрів, а також зменшенням концентрації центрів  $Si-H-Si$  в результаті міграції атомів водню. Кінцевим результатом такої міграції може стати утворення молекулярного водню і вихід його із плівки діелектрика. При цьому утворюється  $Si=Si$ -центр, який на межі розділу ДН не дає поверхневого стану.

*Kof*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Chuvil'skaya T.V., Shirokova A.A., Kadmenskii A.G., Chechenin N.G. Nuclear reaction recoils as a cause of single - effect upset in space electronics// LVII International conference on nuclear physics "Nucleus 2007" Fundamental problems of nuclear physics, atomic power engineering and nuclear technologies. Book abstracts. June 25-29, 2007. Voronezh, Russia. P. 324.
2. Чеченин Н.Г., Кадменский А.Г., Чувильская Т.В., Широкова А.А. Ядерные реакции как причина сбоев бортовой электроники космических аппаратов// Радиационная стойкость электронных систем «Стойкость-2007». Научн. техн. сб. В.10.-СПЭЛС: 2007, С.61- 62.
3. Чеченин Н.Г., Кадменский А.Г., Чувильская Т.В., Широкова А.А. Расчет кинетических характеристик ядер отдачи в ядерных реакциях протонов высокой энергии космических лучей, вызывающих одиночные сбои электроники космического аппарата// Микро- и нанотехнологии с использованием пучков ионов, ускоренных до малых и средних энергий. Всероссийский семинар, 16-18 октября, Обнинск. Тезисы докладов. 2007. С.31.
4. Mishima T.D, Lenahan P M, Weber W.// Appl. Phys. Lett.-2000.-V.76.-P.3771.
5. Albohn J et aL // Appl. Phys.-2000.-V.88.-P.842.
6. Stesmans A, Van Gorp G //Phys. Rev. B.-1995.-V.52.-P.8904.
7. Irene E A //Solid-State Electron.-2001.-V.45.-P.1207.
8. Gonon N et aL J. //Appl. Phys.-1994.-V.76.-P.5242.
9. Агуров В М, Gritsenko V A, Wong H, Kim C W J.//Electrochem. Soc.-2006.-V.15.-P.277.
10. Белый В.И., Васильева Л.Л., Гриценко В.А. и др. Нитрид кремния в электронике.– Новосибирск: Наука// 1982.- 185 с.
11. Берман Л.С. Емкостные методы исследования полупроводников.–Л.: Наука// 1972.-104 с.

12. 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.
13. Kuhn M. A quasi-static technique for MOS C-V and surface state measurements // Solid-State Electronics. - 1970.-V. 13.- P. 873 - 885.
14. Terman L.M. An investigation of surface states at a silicon/silicon oxide interface employing metal-oxide-silicon diodes//Solid-State Electronics. - 1962. - V. 5.- №1/2. - P. 285 - 299.
15. Червоненко С.П., Солошенко В.И. Автоматизированная система измерения плотности поверхностных состояний на границе раздела диэлектрик-полупроводник //Матеріали Х11 Міжнародної конференції з фізики і технології тонких плівок та наносистем.- Івано-Франківськ. - 2009.- С. 197 - 199.
16. Концевой Ю.А., Литвинов Ю.М., Фаттахов Э.А. Пластичность и прочность полупроводниковых материалов и структур. –М. : Радио и связь// 1982. – 240 с.
17. Першенков В.С., Попов В.Д., Шальнов А.В. Поверхностные радиационные эффекты в элементах интегральных микросхем.-М.: Энергоатомиздат// 1988. - 256 с.
18. Гадияк Г.В., Stathis J. Физическая модель и результаты численного моделирования деградации Si-SiO<sub>2</sub> структуры при отжиге в вакууме // ФТП. -1998. - Т. 32. - №9. - С. 1079 - 1082.
19. Вавилов В.С., Киселев В.Ф., Мукашев Б.Н. Дефекты в кремнии и на его поверхности. - М.:Наука// 1990. - 216 с.
20. Воронкова Г.М., Попов В.Д., Протопопов Г.А. Уменьшение плотности ловушечных центров в оксиде кремния при радиационно-термической обработке // ФТП, 2007. - Т. 41. - №8. - С. 977 - 980.
21. Гриценко В. А., Структура границ раздела кремний/оксид и нитрид/оксид //УФН.-2009.-Т.179.-№9.-С.921-930.