

## СЕКЦИЯ 6. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

---

использованного микроконтроллера в полном объеме будут задействованы в будущем при модернизации прибора.

### Использованная литература

1. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 392 с.
2. Тукфатуллин О.Ф. Разработка эффективных солнечных элементов и фототеплопреобразователей из кристаллического кремния *n*- и *p*-типа проводимости для условий жаркого климата: дис. ... док. фил. (Ph.D.): 01.04.10: защищена 13.07.19: утв. 30.08.19. – Ташкент, 2019. – 149 с.
3. Datasheet ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P. Atmel 8-bit Microcontroller with 4/8/16/32 Kbytes In-System Programmable Flash/Atmel Corporation, 2015. – 660 p. ([www.atmel.com](http://www.atmel.com)).
4. Universal Serial Bus Specification Revision 1.1/Compaq Computer Corporation, Intel Corporation, Microsoft Corporation, NEC Corporation, 1998. – 327 p. ([www.usb.org](http://www.usb.org)).
5. Datasheet L78xx, L78xxC, L78xxAB, L78xxAC. Positive voltage regulator ICs/STMicroelectronics, 2012. – 57 p.

### ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА КРИСТАЛЛИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ, ЛЕГИРОВАННОГО ИОНАМИ СО

<sup>1</sup>Б. Э. Эгамбердиев, <sup>2</sup>Ф.М. Исроилов, <sup>1</sup>Н.М. Рахимова

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт физики полупроводников и микроэлектроники, Национальный университет Узбекистана,

<sup>2</sup>Джиззакский государственный политехнический институт

E-mail: [bahrom\\_prof@mail.ru](mailto:bahrom_prof@mail.ru), [isroilov.Faxriddin@bk.ru](mailto:isroilov.Faxriddin@bk.ru)

Научная актуальность проблемы исследования процесса дефектообразования скрытых слоев переходных металлов, полученных ионным легированием в кремниевых подложках, определяется необходимостью более глубокого понимания основных процессов, происходящих во время формирования этих структур. С практической точки зрения эти исследования актуальны, прежде всего, в связи с возможностью формирования гетероструктур Si/CoSi<sub>2</sub>/Si, пригодных для применения в качестве локальных контактов и межсоединений в трехмерных системах металлизации, а также в качестве современных быстродействующих приборов, таких как, например, транзисторы с «проницаемой» или металлической базой.

## СЕКЦИЯ 6. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

---

Возможность детального исследования системы  $\text{Si-CoSi}_2$  может служить моделью для изучения дефектообразования других переходных металлов в кремнии, а также для исследования границы раздела фаз силицид металла/кремний, в связи с ее достаточно простым способом получения и изучения [1-2]

В данной работе приводится ряд новых оригинальных результатов по исследованию свойств влияние отжига на кристаллическую структуру поверхности кремния, легированного ионами кобальта. Выбор в качестве компенсирующей примеси кобальта обусловлен тем, что в широкой области температур, состояние атомов примеси в решётке кремния достаточно стабильно ( $100\div 450^\circ\text{C}$ ) и соответственно параметры кремния легированного им. Технология легирования кремния кобальта с заданными параметрами разработана и освоена нами практически на промышленном уровне и не требует дополнительных операций (механических, химических и т. д.) после диффузионного легирования. Можно легировать кобальта на кремнёвые пластины достаточно большой площади, более  $100\text{ см}^2$ , что очень важно для промышленного и серийного выпуска преобразователей температуры с воспроизводимыми параметрами.

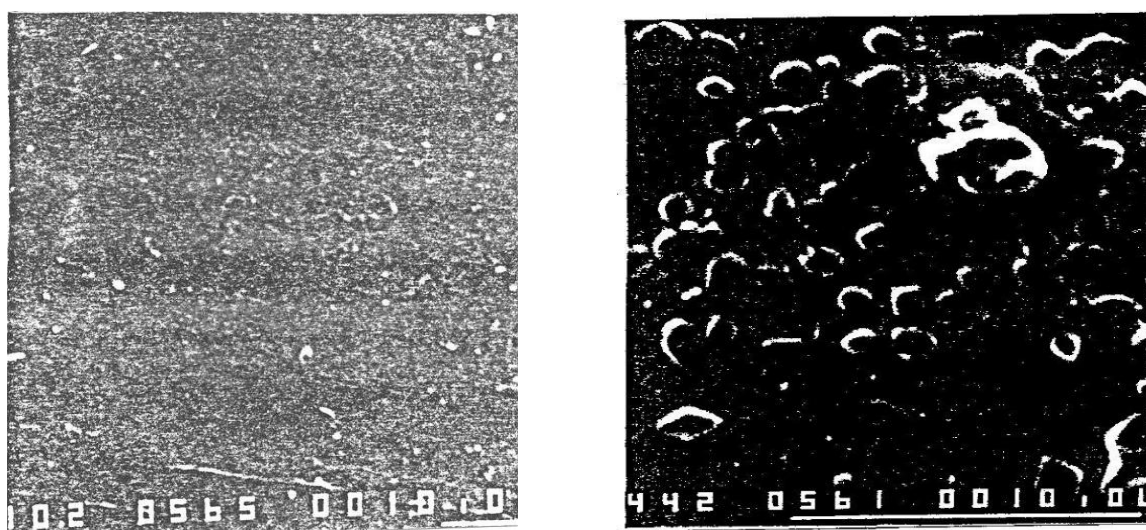
Были проведены экспериментальные исследования концентрационных профилей распределения атомов кобальта, имплантированных в кремний с энергией  $E_0 = 40\text{ кэВ}$  с вариацией дозы облучения в интервале  $10^{15}\div 10^{17}$  ион/ $\text{см}^2$ . В качестве исходного материала использован кремний марки КДБ с удельным сопротивлением  $\rho=10\text{ Ом}\cdot\text{см}$ ., исследования проводились использованием методов вторичной ионной масс-спектрометрии, дифракция быстрых электронов на отражение, резерфордского обратного рассеяния, ВИМС и электронной Оже-спектроскопии.

Исследовались кристаллическая структура поверхности и электрофизические свойства ионно-легированных слоев. На рис.1 представлены электронные картины, полученные от поверхности Si до и после ионного легирования, а также после термической обработки при разных температурах.

Как видно из рисунка, в случае чистого кремния электронная картина имеет сплошной и равномерный вид, так как образцы были шлифованы и полированы (рис.1.а.). После ионного легирования в зависимости от дозы облучения и типа ионов электронная картина существенно меняется. Вид картины от гладкой поверхности переходит к картине шероховатой или матовой (рис.1.б.).

## СЕКЦИЯ 6. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации

Температурный отжиг сильно влияет на состояние имплантированных образцов. При малых значениях дозы облучения и термическом отжиге, в случае  $Co$  до  $800^{\circ}C$  существенных изменений электронной картины не происходит. При температуре  $800^{\circ}C$  и выше на картине наблюдаются некоторые окантованные области, характерные для монокристаллов. Элементный анализ этих окантовок методом электронной ОЖЕ спектроскопии показал, что они состоят, в основном, из атомов  $Si$  и  $Co$  и частично кислорода. Амплитудное состояние ОЖЕ пиков кремния и кобальта позволяет утверждать, что эти области являются силицидами типа  $CoSi_2$



а

б

Рис.1. Электронно – микроскопические картины поверхности чистого кремния (а) и поверхности ионно-легированной,  $Co^+$  (б).

Результаты этих экспериментов доказывают, что сложные поверхностные процессы зависят от температуры и дозы легирующих примесей [8-9]. Совершенно иные результаты получаются при легировании кремниевых образцов большими дозами. На рис.2 представлены электронные картины поверхности кремния, легированного ионами  $Co$  с дозой  $10^{17}$  ион/ $cm^2$  после отжига при температуре  $950^{\circ}C$ . Как видно из рисунка, окантованные области как бы слились, образуя сплошной слой в виде монокристалла с большим количеством дефектов.

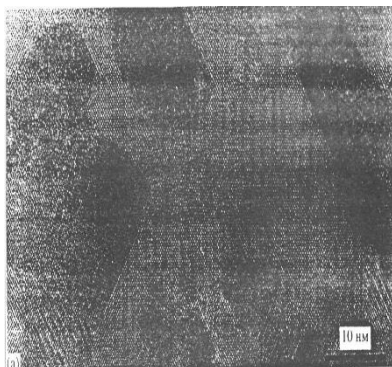


Рис.2 Микрофотография поверхности кремния, легированного ионами  $\text{Co}^+$  с дозой  $10^{17}$  ион/см<sup>2</sup> после термического отжига при  $950^{\circ}\text{C}$ .

Дальнейшее повышение температуры отжига до  $1100^{\circ}\text{C}$  приводит к существенному изменению состояния поверхности. Электронная картина переходит от "эпитаксиальной" до аморфной поверхности (рис.3).

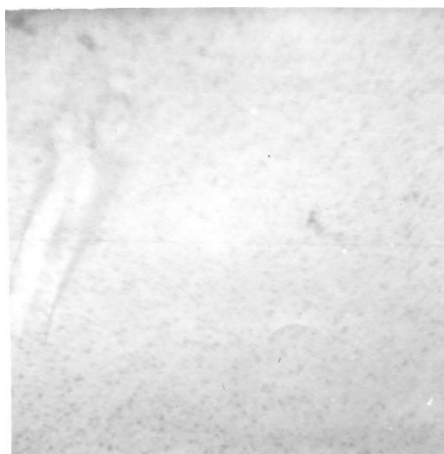


Рис.3. Микрофотография поверхности кремния, легированного ионами  $\text{Co}^+$  с дозой  $10^{17}$  ион/см<sup>2</sup> после термического отжига при температуре  $1100^{\circ}\text{C}$ .

Эти изменения относятся не только к структуре, но и к составу поверхности [3].

Исследования показали, что ионное легирование сильно влияет на структуру поверхности в зависимости от дозы и энергии ионов. После легирования поверхность становится шероховатой. На эту структуру сильно влияет температурный отжиг. При температуре выше  $800^{\circ}\text{C}$  на поверхности образуются некоторые окантованные области, характерные для монокристалла.

Структурные изменения в зависимости от дозы облучения и температуры отжига для кобальта с дозой облучения  $10^{17}$  ион/см<sup>2</sup> после отжига при температуре выше  $800^{\circ}\text{C}$  на поверхности образуется слой вида монокристалла с большим количеством дефектов. Дальнейшее повышение

## **СЕКЦИЯ 6. Полупроводниковая микро- и наноэлектроника в решении проблем информационных технологий и автоматизации**

температуры до 1100<sup>0</sup>С приводит к образованию аморфного слоя на поверхности.

Проведен анализ влияния набранной дозы и высокотемпературного отжига на дефектообразование в ионно-имплантированных слоях. Исследованы скрытые слои дисилицида кобальта в кремнии, полученные ионно-лучевым синтезом при различных режимах имплантации и отжига.

Показано, что изменение набранной дозы меняет глубину залегания и толщину слоев дисилицида кобальта. Варьируя дозу можно изменять глубину залегания и толщину слоя CoSi<sub>2</sub>. Под влиянием высокотемпературного отжига происходит значительное уменьшение выхода альфа-частиц рассеянных на кремнии и кобальте на спектрах каналирования РОР, что указывает на то, что большинство радиационных дефектов устраняется и происходит улучшение кристалличности структуры имплантированного слоя.

### **Использованная литература**

1. Эгамбердиев Б.Э. , Холлиев Б.Ч., Маллаев А. С., Зоирова М. Э., Эшонхонов А. “Получение пленок CoSi<sub>2</sub>/Si (100) и анализ их морфологии и стехиометрии методами молекулярно-лучевой, твердофазной и реактивнойэпитаксии” ЭОМ, Молдова, 2007, №1, С.88-92.
2. Biesinger M.C., Payne B.D., Grosvenor A.P., Lau L.W., Gersonb A.R., Smart R. Resolving surface chemical states in XPS analysis of first row transition metals, oxides and hydroxides: Cr, Mn, Fe, Co and Ni // Appl. Surf. Sci. – 2011. – V. 257, No. 7. – P. 2717–2730. – doi: 10.1016/j.apsusc.2010.10.051.
3. Эгамбердиев Б.Э. , Маллаев А. С. Кремниевые силицидные структуры на основе ионного легирования. Т.:изд. «Наука и технология» 2019г. 168с.

### **ВЛИЯНИЕ $\gamma$ -ОБЛУЧЕНИЯ НА ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ОБРАТНОЙ ВЕТВИ ВАХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ПЛЕНОК CdTe**

**А.С. Ачилов<sup>1</sup>, Р.Р. Кобулов<sup>1</sup>, Д.М.Ёдгорова<sup>1</sup>, Ж.Б. Урокбойев<sup>2</sup>**

*Физико-технический институт, Академия Наук Республики Узбекистана<sup>1</sup>,  
Джизакский государственный педагогический институт имени А.*

*Кодури<sup>2</sup>.*

E-mail: [alimardon.uzb@mail.ru](mailto:alimardon.uzb@mail.ru)

В данное время теллурид кадмия (CdTe) широко применяется для создания детекторов рентгеновского ( $X$ ) и  $\gamma$  - излучений [1]. Крупноблочные поликристаллические пленки CdTe со столбчатой структурой кристаллитов обладают рядом уникальных преимуществ, таких