

3. Effect of redox cocatalysts location on photocatalytic overall water splitting over cubic NaTaO₃ semiconductor crystals exposed with equivalent facets / Q. Zhang Q. [et al.] // ACS Catalysis. – 2016. – V. 6, №. 4. – P. 2182–2191.

4. Influence of annealing temperature on microstructure and phase transformations of oxide system Bi₂O₃/TiO₂ formed in aqueous solutions / G. Gorokh [et al.] // Next Nanotechnology. – 2024. – V. 5. – P. 100038.

УДК 539.2

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ФАЗЫ СИЛИЦИДА ТИТАНА

Анисович А. Г.¹, Маркевич М. И.², Щербакова Е. Н.³

¹Институт прикладной физики НАН Беларуси

²ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»

³Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Представлены результаты исследования структуры и фазового состава пленок силицидов титана. Установлено, что быстрая термическая обработка ($T = 580\text{--}620^\circ\text{C}$, время 30 с) с использованием галогенных ламп позволяет сформировать слой дисилицида титана в модификации С49.

Ключевые слова: тонкие пленки, силицид титана, быстрый термический отжиг.

STUDY OF THE STRUCTURE OF THE SEMICONDUCTOR PHASE OF TITANIUM SILICIDE

Anisovich A.¹, Markevich M.², Shcherbakova E.³

¹Institute of Applied Physics of the NAS of Belarus

²Physical-technical Institute of the NAS of Belarus

³Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The results of the study of the structure and phase composition of titanium silicide films are presented. It has been established that rapid heat treatment ($T = 580\text{--}620^\circ\text{C}$, time 30 s) using halogen lamps allows the formation of a layer of titanium disilicide in the C49 modification.

Key words: thin films, titanium silicide, rapid heat treatment.

Адрес для переписки: Щербакова Е. Н., ул. Я. Коласа, 22, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: scherbakova@bntu.by

При производстве больших интегральных схем (БИС) кремний является основным и базовым материалом. Кроме того, современные условия развития микроэлектроники требуют разработки новых БИС с высокой плотностью элементов, что вызывает необходимость развития субмикронных технологий, к переходу производств микросхем в нашей стране на топологическую норму до 0,35 мкм.

Создание перспективных гетероструктур на базе силицидов металлов значительно расширяет пределы электроники.

В последние годы наблюдается тенденция постоянного увеличения потребности в новых фотоприемниках, работающих в видимой и ультрафиолетовой областях спектра. Результаты анализа работ зарубежных и отечественных научных центров показывают, что особый интерес вызывают способы их производства, совместимые с кремниевой технологией [1, 2].

В этих случаях для субмикронной кремниевой технологии целесообразно применять тонкие пленки, состоящие из веществ, которые химически взаимодействуют с кремнием. Важным требованием является также близкое соответствие ковалентных радиусов атомов данных веществ с ато-

мами кремния. К таким материалам относится ряд 3d переходных металлов, таких как Cr, Fe, Co, Ti [3].

Для формирования пленок силицидов на кремнии необходимы неравновесные условия образования. В данной работе для достижения этих условий был выбран метод быстрой термической обработки (БТО). Исследовались процессы в гетероструктуре TiN/Ti/Si.

Для формирования низкоомной модификации силицида титана С49 использовалась твердофазная реакция. Перед началом собственно процесса получения данного силицида производилась очистка кремниевой подложки от слоя естественного окисла SiO₂, затем на поверхность подложки было произведено последовательное напыление пленок Ti и TiN на установках магнетронного распыления «Varian m2i» и «Endura 5500 PVD». Заключительной стадией процесса являлась твердофазная реакция образования силицида, происходящая в области контакта металла с кремнием вследствие импульсной фотонной обработки.

Назначение слоя Ti заключалось непосредственно в образовании силицида TiSi₂. Слой TiN выполнял функцию защиты титана от нежелательных реакций с активными газовыми приме-

сей, которые могут протекать при высокотемпературных обработках.

БТО проводилась галогенными лампами на установке Heatpulse 8108, спектральная характеристика которых представлена на рисунке 1.

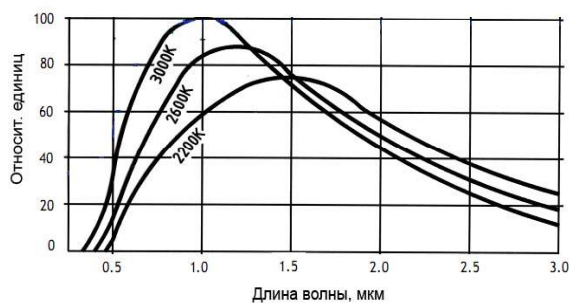


Рисунок 1 – Спектральная характеристика галогеновых ламп

Исследования структуры и фазового состава пленок силицидов титана проводились методами просвечивающей электронной микроскопии и электронографии.

Согласно диаграмме состояния дисилицид титана имеет 2 структурные модификации: $\text{TiSi}_2(\text{C49})$ – низкотемпературная модификация с орторомбической базоцентрированной решеткой и $\text{TiSi}_2(\text{C54})$ – высокотемпературная модификация с орторомбической гранецентрированной решеткой [2, 4, 5], которые могут образовываться при используемых режимах БТО. При расшифровке электронограмм осуществлялось сравнение экспериментально полученных межплоскостных расстояний с теоретическими для данных силицидов.

На рисунке 2 представлена электронограмма пленок фазы TiSi_2 в модификации C49, полученных с использованием БТО при температуре отжига $600\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 30 секунд.

Исследования сформированной тонкопленочной системы осуществлялись также на сканирующем электронном микроскопе SEM 515, внешний вид которого представлен на рисунке 3. Микроскоп дает возможность наблюдать и фиксировать изображения микро- и нанообъектов в высоком разрешении.

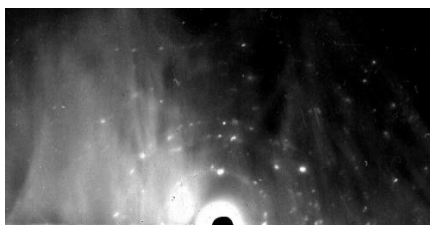


Рисунок 2 – Электронограмма пленок фазы TiSi_2 в модификации C49, полученных с использованием БТО при температуре отжига $600\text{ }^\circ\text{C}$, время 30 с



Рисунок 3 – Сканирующий электронный микроскоп SEM 515 с приставкой для микроанализа

На рисунке 4 представлено поперечное сечение слоя TiSi_2 (C49), полученного с помощью сканирующей электронной микроскопии после БТО при температуре отжига $600\text{ }^\circ\text{C}$ время 30 с.

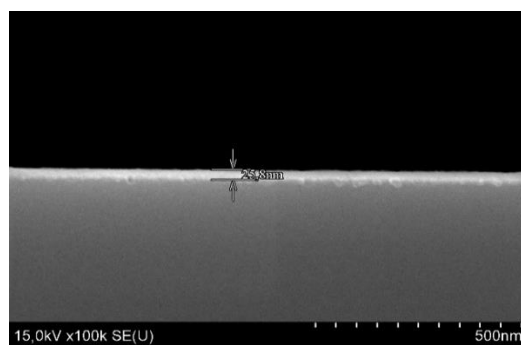


Рисунок 4 – поперечное сечение слоя TiSi_2 (C49), полученного после БТО при $T = 600\text{ }^\circ\text{C}$, время 30 с

Как показал проведенный анализ экспериментальных данных, полученных методом электронографии с последующей расшифровкой электронограмм, быстрая термическая обработка с использованием галогенных ламп при температурах в диапазоне $580\text{--}620\text{ }^\circ\text{C}$ в течение 30 секунд позволяет сформировать слой дисилицида титана в модификации C49. В процессе данной термообработки формируется столбчатая структура пленки (высота зерна $\sim 26\text{ нм}$, диаметр зерна $\sim 300\text{ нм}$).

Литература

1. Баранов, В. В. Технологические предпосылки создания МОП-структур с малыми проектными нормами / В. В. Баранов // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2005. – № 5. – С. 42–46.
2. Zhu, Yan. Fabrication and characterization of TiSi_2/Si heteronano-crystal metal-oxide-semiconductor memories / Yan Zhu, Bei Li, Jianlin Liu // Journal of Applied Physics. – 2007. – V. 101. – P. 063702-1–063702-4.
3. Маркевич, М. И. Структурные превращения в тонких металлических пленках при импульсном лазерном воздействии / М. И. Маркевич, А. М. Чапланов // Вести Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-математических наук. – 2016. – № 1. – 2016. – С.28–35.