

ИЗГОТОВЛЕНИЕ МНОГОСЛОЙНОЙ НАНОСИСТЕМЫ Si/NiSi₂/Si МЕТОДОМ ТВЕРДОФАЗНОЙ ОСАЖДЕНИЯ

Мустафаева Нилуфар Мойли кизи

Каршинский инженерно - экономический институт, 180003 Карши, Республика Узбекистан,
mustafojevan@gmail.com

ARTICLE INFO.

Ключевые слова: нанопленки NiSi₂, структура поверхности, Оже-электронной спектроскопии, твердофазного осаждения, морфология, сверхвысокого вакуума, гетероструктура, ширина запрещенной зоны, растровой электронной, атомно-силовой микроскопии, островковый рост.

Аннотация

В работе имплантацией ионов Ni⁺ в Si сочетании с отжигом в приповерхностном слое Si на глубине 15-25 nm получены нанокристаллические фазы и слои NiSi₂. При D=8·10¹⁶ см⁻³ формировались нанопленочная гетероструктура типа Si/NiSi₂/Si. Впервые оценены ширины запрещенных зон нанокристаллических фаз и слоев NiSi₂, созданных в приповерхностной области Si. Показано, что при толщинах h < 150 Å формируются островковые пленки NiSi₂. Ширина запрещенной зоны островков и пленок NiSi₂ практически не отличаются друг от друга и составляла ~ 0,6 эВ, а значения □ отличаются на несколько порядков.

<http://www.gospodarkainnowacje.pl/> © 2023 LWAB.

При создании СВЧ транзисторов и интегральных схем на основе наноразмерных гетероэпитаксиальных ПДП и МДП структур особое требования представляется к типу материала, толщине и свойствам контактирующего материалы. К ним прежде всего относятся малая толщина переходного слоя Me-ПП, неизменность состава и морфологическая совершенство поверхности пленки, стабильность свойств контактов в процессе изготовления и эксплуатации, сохранение барьерных свойств по отношению к S1 в широком диапазоне температур и при высоких токовых нагрузках и др. Для получения хорошего омического контакта необходимо уменьшить удельное сопротивления до 50-100 мкОм·см [1-14].

В данной работе приводятся экспериментальные результаты по изучению состава, морфологии и электронной структуры нанопленок Si, полученных на поверхности NiSi₂/Si (111) методом твердофазного осаждения при температуры подложки 1000 К. с последующим отжигом.

Перед напылением, проволоки из особо чистого Ni обезгаживались в течении 5–6 часов при вакууме не хуже, чем 10⁻⁵ Па. Скорость напыления пленок Ni определялась предварительно и составляла ~5 Å/мин. Толщина NiSi₂ составляла ~20 нм. Для создания трехслойной системы на поверхности гетероэпитаксиальной структуры NiSi₂/Si (111) при T=1000 К напылялась пленки Si с толщиной ~50 нм. Морфология поверхности изучалась методами растровой электронной микроскопии (РЭМ). При снятии зависимости I(hν) использовалось световое излучение с длиной волны λ=6200-800 nm (энергия квантов 0,2-1,5 эВ). Профили распределения атомов по глубине определялись методом ОЭС в сочетании с травлением поверхности ионами Ag⁺ с энергией 3 кэВ, при угле падения 80-85° относительно нормали.

На рис 1 приведены РЭМ-изображения и ДБЭ-картина (вставка) поверхности Si/NiSi₂/Si(111). Видно, что при T=1000 К растет сплошная поликристаллическая пленки [3-8,10-14].

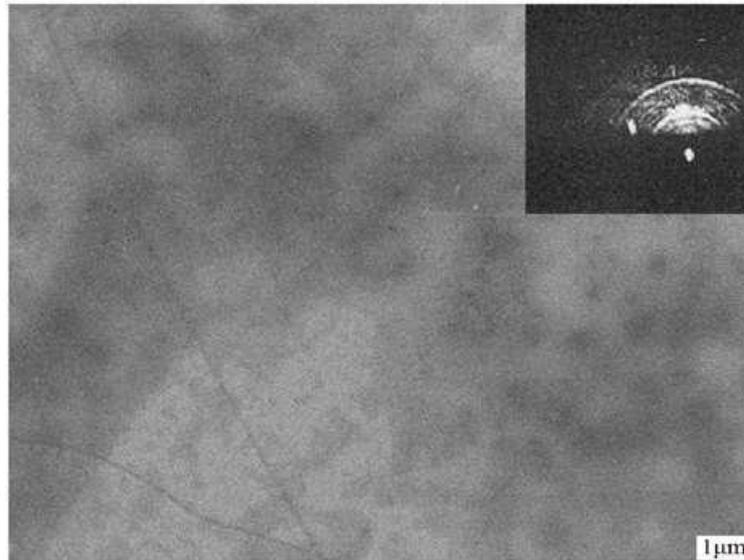


Рис. 1. РЭМ- и ДБЭ (вставка) изображения поверхности системы Si/NiSi₂/Si(111). Пленки Si напылялось при T≈1000 К с толщиной ~50 нм

Уменьшение толщины напыляемой пленки Si до 10 нм также позволило уменьшить температуру образования монокристаллической пленки до 950-1000 К. Однако при такой температуре не формировалась сплошная однородная пленка Si. Эти исследования показали что методом ТФЭ невозможно получить трехслойной системы Si/NiSi₂/Si(111) с толщиной менее 20-30 нм.

Показано, что в процессе твердофазного осаждения Ni на Si в сочетании с отжигом, на поверхности Si формируются эпитаксиальные нанопленки NiSi₂. При толщинах $h \leq 150 \text{ \AA}$ пленки имеют островковый характер. Однородная сплошная пленка NiSi₂ образуется, начиная с $h = 200 \text{ \AA}$. Определены удельное сопротивление и ширина запрещенной зоны пленки NiSi₂.

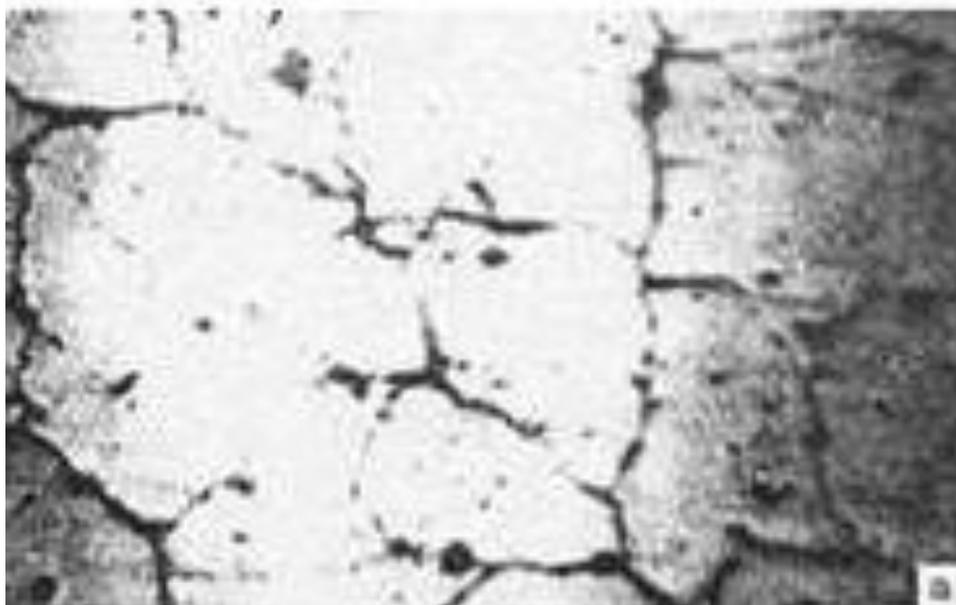


Рис. 2. РЭМ – изображение поверхности система Si/NiSi₂/Si(111), подвергнутого прогреву при T=1150 К в течение 40 мин.

При дальнейшем росте T зависимости $\rho(T)$ проходит через минимум при T≈1150 К. При этом

пленка Si разлагается на отдельные крупночешуйчатые блоки (рис.2)

Эти изменения нами объявляются разложения NiSi_2 интенсивной диффузией Ni в пленку Si. На рис.3. приведение зависимости поверхностной концентрации Ni от T. Видно, что при $T \approx 1150$ C_{Ni} на поверхности составляет $\sim 4-5$ ат.%. Увеличение C_{Ni} продолжается до $T \approx 1200$ К. Дальнейший рост T приводит к уменьшению C_{Ni} . При $T=1400$ К состав и структура поверхности характерные для Si(111) полностью восстанавливаются. По-видимому при этой T пленки Si/ NiSi_2 полностью испаряются с поверхности Si(111).

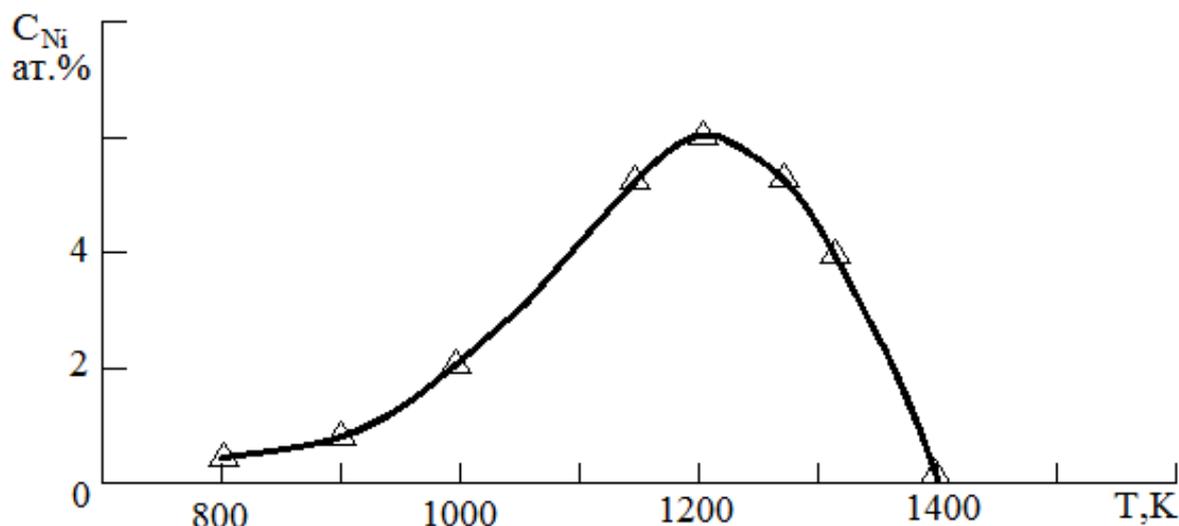


Рис. 3. Зависимость поверхностной концентрации C_{Ni} от температуры для системы Si/ NiSi_2 /Si (111)

Определены профили распределения атомов Si и Ni по глубине трехслойной системы. При напыления Si на поверхность эпитаксиальной гетераструктуры $\text{NiSi}_2 / \text{Si}$ (111) при $T \approx 1000$ К формировалась сплошная, однородная пленка Si. При увеличении T до 1050 К разложению вместе поликристаллической пленки Si формировались крупночешуйчатые блоки, что объясняется переходом сплошной пленки NiSi_2 на островковые. При $T \approx 1100$ К наблюдается разложение NiSi_2 на составляющие и частичной ($\sim 3-4$ час) диффузии Ni к поверхности, что приводит к уменьшению р пленки Si.

Список литературы

1. Алексеев А.А., Олянич Д.А., Утас Т.В., Котляр В.Г., Зотов А.В., Саранин А.А. // ЖТФ. 2015. Т. 85. Вып. 10. С. 94–100.
2. Алтухов А.А., Жирнов В.В. Анализ морфологии и стехиометрии пленок $\text{CoSi}/\text{Si}(100)$, полученных методами ТФЭ и РЭ // Материалы II-го Всесоюзного межотраслевого совещания “Тонкие пленки в электронике”: Москва-Ижевск. 1991. С. 15-22.
3. Н. М. Мустафоева, Н. М. Мустафаева // Исследование Физические Свойства Нанопленок NiSi_2/Si // Таълим ва ривожланиш тахлили онлайн илмий журнали, 2022 йил октябр, Vol. 2 No. 10 (2022)
4. N. M. Mustafoeva, A. K. Tashatov, N. M. Mustafaeva, X. J. Mavlonova // Investigation of Physical Properties of NiSi_2/Si Nanofilm // Pioneer: Journal of Advanced Research and Scientific Progress (JARSP) Volume: 01 Issue: 04 | 2022 ISSN: 2751-7551
5. N. M. Mustafoeva, A. K. Tashatov, N. M. Mustafaeva, X. J. Mavlonova // Surface Morphology of

Nisi 2 /Si Films Produced By Solid-Phase Epitaxy// Pioneer: Journal of Advanced Research and Scientific Progress (JARSP)
Volume: 01 Issue: 04 | 2022 ISSN: 2751-7551

6. А. К. Ташатов , Н. М. Мустафоева //Нанопленок CoSi₂ На Поверхности Si При Твердофазном Осаждении // Miasto Przyszłości Kielce, Vol. 25 (2022):
7. Donaev S.B., Umirzakov B.E., Mustafaeva N.M. Emissivity of laser-activated Pd–Ba alloy // Technical Physics, Vol.64, Issue 10 (2019), pp.1541-1543.
8. Donaev S.B. Tashatov A.K. Mustafaeva N.M. // Electronic and Optical Properties of GaAlAs/GaAs thin films // Technical Physics, Vol.64, Issue 10(2019), pp.1506-1508
9. Ташатов А.К. Мустафоева Н.М. // Морфология поверхности пленок NiSi₂/Si полученных методом твердофазной эпитаксии // Тенденции развития современной физики полупроводников: проблемы, достижения и перспективы; Сборник материалов международной онлайн конференции Ташкент. 2020. 92-97. с.
10. Ташатов А.К. Мустафоева Н.М. // Морфология, состав и структура поверхности пленок NiSi₂/Si полученных методом твердофазной эпитаксии // Узбекский физический журнал, 23(2), 2021. С.55-60
11. Umirzakov B.E., Tashmukhamedova D.A., Tashatov A.K., Mustafaeva N.M., Muradkabilov D.M. // Effect of the Disordering of Thin Surface Layers on the Electronic and Optical Properties of Si(111) // Semiconductors, 2020, 54(11), стр. 1424–1429
12. Tashatov A.K. Mustafaeva N.M. // Surface Morphology of NiSi₂/Si Films Obtained by the Method of Solid-Phase Deposition // Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2020, Vol.14, No 1, pp. 81-84.
13. Мустафоева Н. М. // Анализ состояния скрытых нанокристаллов NISI₂, созданных в приповерхностной области SI // Journal of Innovations in Social Sciences. Volume: 03 Issue: 01 | Jan - 2023 ISSN: 2181-2594. С.112-117
14. Мустафоева Н. М. // Морфология и состав поверхности пленок NISI₂/SI, полученных методом твердофазной эпитаксии// Journal of Innovations in Social Sciences. Volume: 03 Issue: 01 | Jan - 2023 ISSN: 2181-2594. С.117-121