

ШИРИНА ЗАПРЕЩЕННОЙ ЗОНЫ НАНОКРИСТАЛЛОВ NiSi₂ СОЗДАНЫХ В ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ ОБЛАСТИ Si, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДАМИ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

Мустафаева Нилуфар Мойли кизи

Каршинского инженерно - экономического институт

Шукуров Бекзод Ўктам ўгли

Каршинского института ирригации и агротехнологий, safirayanilufar@gmail.com

ARTICLE INFO.

Ключевые слова: Запрещенно, Методами Ионной.

Аннотация

В работе имплантацией ионов Ni⁺ а Si в сочетании с отжигом в приповерхностном слое Si на глубине 15-25 nm получены нанокристаллические фазы и слои NiSi₂. при D=8*10¹⁶ см⁻³ формировалась нанопленочная гетероструктура типа Si/NiSi₂/Si. Впервые оценены ширины запрещенных зон нанокристаллических фаз и слоев NiSi₂, созданных в приповерхностной области Si.

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

Многослойные нанопленочные МДП и ПДП – структуры на основе Si имеют большие перспективы в создании сверхвысокочастотных транзисторов, интегральных схем, сенсоров, детекторов излучения, электронных и магнито-запоминающих устройств [1-5]. В последнее годы для создания наноразмерных гетероструктур часто используется метод низкоэнергетической ионной имплантации и на основе Si получены системы типа MeSi₂/Si, SiO₂/Si, CoSi₂/Si/CoSi₂/Si [6-8]. При создании этих структур после каждого цикла ионной имплантации проводился отжиг при температуре образования соединения MeSi₂ и SiO₂. Определены оптимальные режимы ионной имплантации (энергия, доза) и отжига. В частности в получение двухслойной системы CoSi₂/Si/CoSi₂/Si оптимальными являлись энергии E₀=20-30 и 0,5-2 keV [8].

Данная работа посвящена получению нанокристаллическая фаз и слоев NiSi₂ в приповерхностной области Si и определению их параметров зон.

Методика эксперимента

Объектами исследования являлись монокристаллические образцы Si(111). Нано кристаллические фазы и сплошные слои NiSi₂ в приповерхностном слое монокристаллического Si с вариацией энергии E₀ от 15 до 30 keV и дозы от 10¹⁴ см⁻² с последующим отжигом при температуре формирования монокристаллического NiSi₂. Перед ионной имплантацией образцы обезгаживались в условиях сверхвысокого вакуума (10⁻⁶ Pa) при T≈1100 K. при этом поверхностная концентрация кислорода уменьшатся до 0,5 at.%, а углерода – до 1-2 at.%. Исследования проводились с использованием методом оже-электронной спектроскопии (ОЭС), и измерением зависимости интенсивности I проходящего через образец света от энергии

фотонов. При снятии зависимости $I(h\nu)$ использовалось световое излучение с длиной волны $\lambda=6200-800$ nm (энергия квантов 0,2-1,5 eV). Поверхностный диаметр ионно-имплантированного участка составлял $\sim 1,5-2$, mm, а диаметр светового луча, падающего на поверхность $\sim 0,5-0,6$ mm. Профили распределения атомов по глубине определялись методом ОЭС в сочетании с травлением поверхности ионами Ar^+ с энергией 3 keV, при угле падения $80-85^\circ$ относительно нормали.

Экспериментальные результаты и их обсуждения

Основные исследования проводились для Si имплантированного ионами Ni^+ с энергией $E_0=25$ keV. Для исследования были подготовлены 5 одинаковых, хорошо обезгаженных образцов Si(111). Эти образцы имплантировались ионами Ni^+ с $E_0=25$ keV при дозах D , см^{-2} ; 0 (чистый Si, образец №1), $2 \cdot 10^{14}$ (№2); $2 \cdot 10^{15}$ (№3) и $8 \cdot 10^{15}$ (№4) и $8 \cdot 10^{16}$ (№5). Последняя доза соответствует дозе насыщения. Результаты ОЭС показали, что во всех случаях постимплантационный отжиг при температурах $T=800$ (образец №2), 850 (№3) и 900 К (№4 и №5) приводит к формированию эпитаксиальных нанокристаллических фаз (№2 и №3) и нанослоя (№5) NiSi_2 . При этом толщины нанопазы NiSi_2 (образец №3) и нанослоя NiSi_2 (№5) мало отличаются друг от друга и составляет $\sim 10-12$ нм (рис 1).

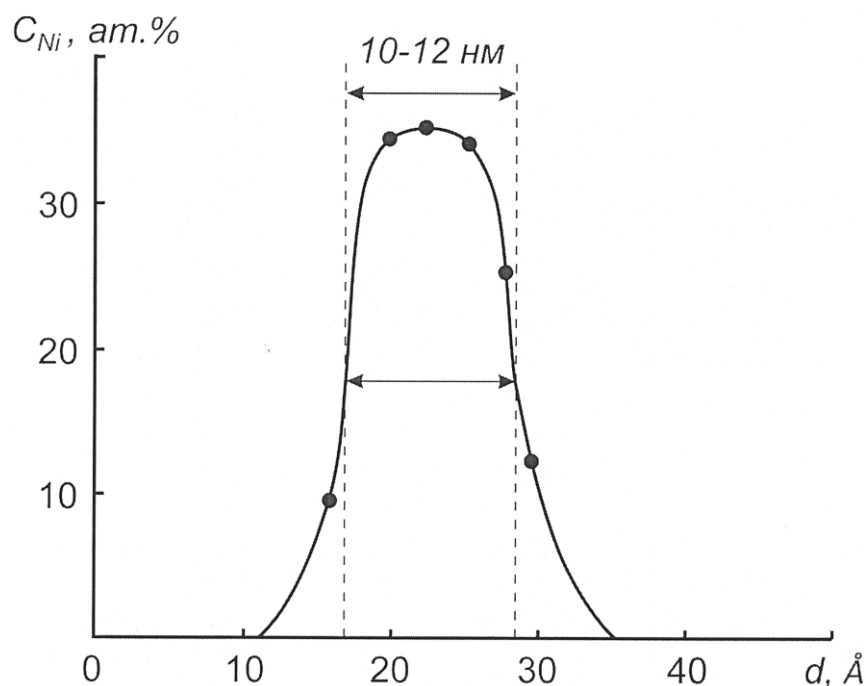


Рис.1. Профили распределения Ni по глубине Si(111), имплантированного ионами Ni^+ с $E_0=25$ keV при дозе $D=8 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ и подвергнутого прогреву при $T=900$ К в течение 1 часа.

По-видимому до дозы $D \approx 10^{15} \text{ см}^{-2}$ нанокристаллические фазы NiSi_2 формируются в виде сфер [8], а при $D > 10^{15} \text{ см}^{-2}$ переходят в форму близкую к эллипсоиду и при $D=8 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ образуется сплошной однородный слой NiSi_2 (рис. 2).

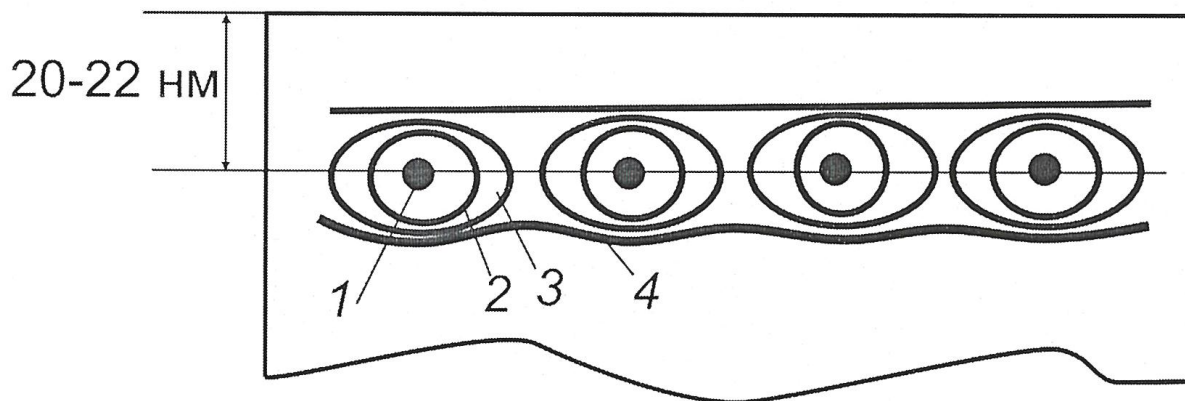


Рис.2. Схематические изображения наночастиц (1-3) и нанослоя (4) NiSi_2 расположенных в приповерхностном слое Si. 1- $D=2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$; 2- $2 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$; 3- $8 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-2}$; 4- $8 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$.

Расчеты показали, что объем нанокристаллической фазы NiSi_2 для образца №3 составляет $(1-1,2) \cdot 10^{-18} \text{ см}^3$, а для образца №4 - $(3-3,5) \cdot 10^{-18} \text{ см}^3$. Средняя глубина формирования наноструктур лежит в приповерхностных слоях 20-22 нм.

Таким образом впервые методом имплантации ионов Ni^+ в Si с энергией 15-30 keV а сочетание с прогревом в приповерхностной области Si получены наноразмерные структуры NiSi_2 . Ширина запрещенной зоны нанокристаллических фаз с ростом их размеров от $(1-1,2) \cdot 10^{-18} \text{ см}^{-3}$ до $(3-3,5) \cdot 10^{-18} \text{ см}^{-3}$ изменялась в пределах от 0,7 до 0,9 eV. При дозе $D \approx 8 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ образуется наноразмерная система типа $\text{Si} / \text{NiSi}_2 / \text{Si}$. Показано, что E_g нанослоев NiSi_2 равна $\sim 0,58 \text{ eV}$.

Список литературы

1. Colinge J.P. // Material Research Society Proceedings. 1985. V. 35. P. 653. <http://dx.doi.org/doi/10.1557/PROC-35-653>.
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. Умирзаков Б.Е., Ташмухамедова Д.А., Рузibaева М.К., Ташатов А.К., Донаев С.Б., //ЖТФ. 2013. Т.83. Вып.9.С.146-149 [Umirzakov B.E., Tashmukhamedova D.A., Ruzibaeva M.K., Tashatov A.K., Donayev S.B., Mavlyanov B.B. // Technical Physics. 2013. 58(9), с. 1383-1386].
4. Tashmukhamedova D.A., Umirzakov B.E., Mirzhalilova M.A. //Izvestiya Akademii Nauk. Ser. Fizicheskaya. 2004. 68 (3), с.424-427.
5. Эргашов Ё.С., Умирзаков Б. Е. //ЖТФ. 2018, Т.83.№2 С.1859-1862