

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ЭЛЕКТРОННЫЕ СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНОЙ СИСТЕМЫ Si/CoSi₂/Si

А.К. Ташатов, Д.А. Нормуродов, К.Т. Довранов, С.Н. Эшбобоев

Каршинский государственный университет, Кучабог-17, г. Карши, Узбекистан

E-mail: atashatov@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Ярко выраженные точечные рефлекссы, характерные для монокристаллов, на электронограммах устанавливаются при $T \approx 1100$ К. Однако, при $T \approx 1050$ К формируются островковые образования, нарушающие сплошность осажденной пленки. В случае роста пленки Si на поверхности массивного кристалла CoSi₂ островки образуются при $T > 1100 \div 1150$ К. При $T_p \geq 1000$ К в приграничной области Si/CoSi (100) происходит диффузия Si в CoSi₂ и Co в Si, вследствие чего появляется некий переходный слой. Заметная диффузия Co и Si наблюдается только при $T \approx 1100$ К, что может быть связано с частичным разложением CoSi₂ на составляющие.

Ключевые слова: Эпитаксиальные пленки, кремния, поверхность, температурный отжиг, поликристаллическая пленка, диффузия

CRYSTAL STRUCTURE AND ELECTRONIC PROPERTIES OF A MULTILAYER SYSTEM Si/CoSi₂/Si

A.K. Tashatov, D.A. Normurodov, K.T. Dovranov, S.N. Eshboboev

Karshi State University, Kuchabog-17, Karshi, Uzbekistan

E-mail: atashatov@mail.ru

ABSTRACT

Pronounced point reflections, characteristic of single crystals, are established on electron diffraction patterns at $T \approx 1100$ K. However, at $T \approx 1050$ K, island formations are formed that disrupt the continuity of the deposited film. In the case of Si film growth on the surface of a massive CoSi₂ crystal, islands are formed at $T > 1100 \div 1150$ K. At $T_p \geq 1000$ K, in the Si/CoSi (100) boundary region, diffusion of Si into CoSi₂ and Co into Si occurs, as a result of which a certain transition layer appears. Noticeable diffusion of Co and Si is observed only at $T \approx 1100$ K, which may be due to the partial decomposition of CoSi₂ into components.

Keywords: epitaxial films, silicon, surface, thermal annealing, polycrystalline film, diffusion

Система Si/CoSi₂/Si (100) перспективна для создания на её основе новых приборов микроэлектроники, в частности, в создании транзисторов с металлической и проницаемой базой. Это, в основном, связано с тем, что поверхность Si(100) имеет минимальную плотность поверхностных состояний на границе раздела CoSi₂/Si. Поэтому, несомненно, важно изучать структуру и свойства эпитаксиальных слоев Si, формируемых на поверхности монокристаллических пленок CoSi₂ [1-4].

При этом совершенство (сплошность, степень кристалличности, стехиометрия) эпислоев Si во многом зависит от совершенства пленки CoSi₂ и стабильности ее параметров к различным внешним воздействиям (прогреву, лазерному и электронному облучению и др.).

В данной работе приводятся результаты экспериментальных исследований основных закономерностей роста пленок Si(100), оптимальные условия получения совершенных пленок, а также создания контактов к этим структурам.

На практике, в основном, используются эпитаксиальные пленки Si, созданные на поверхности пленок CoSi₂. В качестве подложек были использованы достаточно толстые $\theta \approx 200 \text{ \AA}$ пленки CoSi₂ с высоким совершенством. Для установления общих закономерностей МЛЭ-роста и для сопоставления с известными и эталонными данными нами в необходимых случаях исследованы процессы формирования эпитаксиальных пленок на массивных подложках CoSi₂(100) [5,6]. Установить такие закономерности для пленочных подложек очень трудно. Так, например, совершенные эпитаксиальные пленки Si(100) могут создаваться при $T \geq 1100 \text{ K}$. При такой температуре на пленках CoSi₂ происходит образование островков или зародышей. Этот процесс, в свою очередь, влияет на морфологию и кристалличность пленки Si, создаваемой над пленками CoSi₂. Эпислоем кремния n-типа был выращен на подложках CoSi₂, имеющих p - тип проводимости (тип проводимости определялся по знаку термо-э.д.с.). Перед МЛЭ - ростом подложка очищалась высокотемпературным прогревом (до 950 K) в условиях сверхвысокого вакуума ($P = 10^{-7} \text{ Па}$). Состав поверхности и концентрационные профили распределения атомов в переходной области Si/CoSi₂(100) определялись методом ЭОС в сочетании с ионным травлением. Структура эпитаксиальных пленок исследовалась методами ДБЭ и репликационной электронной микроскопией.

После термической обработки пленки CoSi_2 имели гладкую поверхность со структурой (1×1) . Формирование пленок кремния осуществлялось в температурном интервале 900-1100 К. Исследования образцов ОЭС показали, что адсорбция пленок Si при $T \approx 900$ К на CoSi_2 с толщиной $\theta \approx 3 \text{ \AA}$ приводит к уменьшению почти в 2 раза интенсивности пика Co с энергией 51 эВ, а при толщине пленки 10 \AA - этот пик полностью исчезает (рис.1). Исходя из этого можно полагать, что при $T \approx 900$ К и малых толщинах пленки Si еще не происходит заметной диффузии в нее атомов Co. При температурах подложки $T \approx 950$ К начинает расти сплошная пленка Si, которая имеет поликристаллическую структуру (рис.2). Увеличение температуры нагрева образцов до 1000 К способствует формированию монокристаллических слоев Si, при этом на электронных микрофотографиях появляются характерные дендритные структуры, имеющие многогранную форму Co с размерами 10-15 мкм (рис.3, а); а на картинах ДБЭ на фоне поликристаллических колец появляются точечные рефлексы [7].

Ярко выраженные точечные рефлексы, характерные для монокристаллов, на электронограммах устанавливаются при $T \approx 1100$ К. Однако, при $T \approx 1050$ К формируются островковые образования, нарушающие сплошность осажденной пленки (рис.3). При такой температуре островки начинают появляться в самой

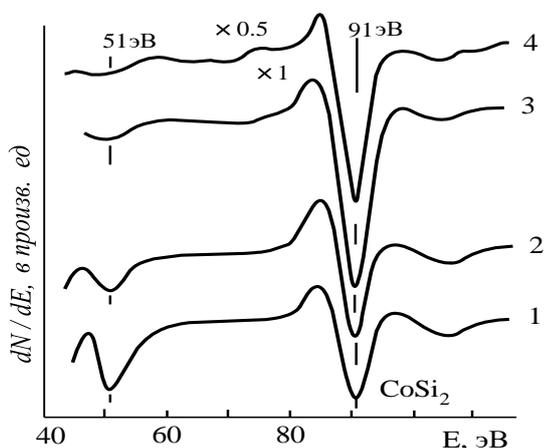


Рис.1. Оже-спектры системы Si/CoSi₂ (100), θ в Å ; 1-0 (подложка); 2-3; 3-10; 4-50. Плёнка выращивалась при $T=950$ К.



Рис.2. Картина РЭМ (а) и ДБЭ (б) для МЛЭ плёнки Si/CoSi₂ $\langle 100 \rangle$, выращенной при $T=950$ К.

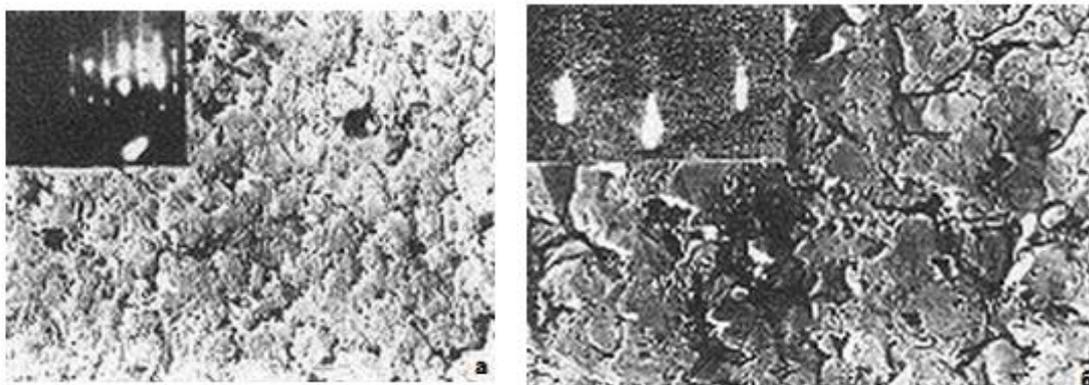


Рис.3. Картина РЭМ и ДБЭ для плёнки Si/CoSi₂ (100), полученной методом МЛЭ при T, К: а-1000, б-1100.

подложке-пленке CoSi₂. В случае роста пленки Si на поверхности массивного кристалла CoSi₂ островки образуются при T>1100-1150 К. При T_p ≥ 1000 К в приграничной области Si/CoSi (100) происходит диффузия Si в CoSi₂ и Co в Si, вследствие чего появляется некий переходный слой (рис.4). С ростом T_p ширина переходного слоя увеличивается. Как видно из рис.4., заметная диффузия Co и Si наблюдается только при T≈1100 К, что может быть связано с частичным разложением CoSi₂ на составляющие.

Таким образом, при T_p ≤ 950 К на поверхности CoSi₂ образуется сплошная поликристаллическая пленка Si. Монокристаллическая пленка кремния образуется только при T ≥ 1050 К. Однако, при этом начинает увеличиваться интенсивность взаимодиффузии атомов в приграничной области Si/CoSi₂, а при более высоких температурах роста (T ≥ 1100 К) формируется островковая пленка. Исходя из этого можно полагать, что в случае Si/CoSi₂(100) непосредственно в процессе формирования невозможно получить пленки с высоким совершенством (сплошные, с гладкой поверхностью, хорошей морфологией и высокой степенью кристалличности).

Для получения более совершенной МЛЭ пленки сначала формировались относительно "толстые" слои (θ ≥ 200 Å) кремния при T ≈ 950 К, а затем проводился после ростового температурного или лазерного отжига полученных структур.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ: (REFERENCES)

1. Алтухов А.А., Житковский В.Д., Жирнов В.В., & Иванов В.В. (1990). Твердотельный детектор ионизирующих излучений, изготовленный по технологии МЛЭ.// Техника средств связи, сер. ТПО. № 3. - С. 25-28.

2. Hong F., Rozgonyi G.A., & Patnik B. (1992) Nanochale CoSi_2 contact layer grown from deposited Co/Ti multilayers on Si substrates.// Appl. Phys. Lett. – V. 61 (13). - P. 1519-1521.
3. Озеров А.Г., Алтухов А.А., Иванов В.В., & Митягин А.Ю. (1988) Экспериментальные структуры кремний-диэлектрик-кремний, полученные методом МЛЭ.// Специальная техника средств связи. Сер. Технология производства и оборудование. - Вып.1. - С. 115-119.
4. Ташатов А.К., Усманов М., Умирзаков Б.Е., & Кодиров И.Н. (1996) Исследование состава приповерхностных слоев эпитаксиальной пленки кремния применяемой в интегральных схемах.// Узбекский физический журнал. – Ташкент, №3. - С. 31-35.
5. Ташатов А.К., Усманов М., Ташмухамедова Д., & Умирзаков Б.Е. (1998) Влияние послеростового отжига на состав и структуру пленок $\text{Si}/\text{CoSi}_2(100)$. //Известия РАН, Серия физическая. – Москва, №10. С. 1954-1957.
6. Ташмухамедова Д., Умирзаков Б.Е., & Ташатов А.К. (2003) Электронные свойства поверхности гетероструктурных пленок $\text{Me}_x\text{Si}_y/\text{Si}$ и $\text{Ga}_{1-x}\text{Me}_x\text{As}/\text{GaAs}$, созданных методом ионной имплантации.// Известия РАН. Серия физическая. – Москва, № 9 (7). -С. 35-36.
7. Ташатов А.К. (2006) Закономерности роста и электронные свойства многослойной структуры $\text{Si}/\text{CoSi}_2/\text{Si}$.// ДАН Респ. Узбекистан, №1. С. 26-29.