

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В СИСТЕМЕ: ДВУХСЛОЙНАЯ ПЛЕНКА Pt/Ni – Si ПРИ БТО

М. И. Маркевич¹, А. М. Чапланов¹, Я. А. Соловьев³, О. Э. Сарычев³,
С. Б. Кушев², О. В. Сербин²

¹⁾ Физико-технический институт НАН Б, e-mail: a.chaplanov@telecom.by

²⁾ Воронежский государственный технический университет

³⁾ ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»

Методами сканирующей электронной микроскопии и электронографии установлены особенности фазовых превращений в системе двухслойная пленка Pt/Ni-Si при БТО. Показаны особенности фотонной обработки перед стационарной обработкой.

Ключевые слова: силицид платины; кремниевая пластина; быстрая термическая обработка.

PHASE TRANSFORMATION IN Pt/Ni-Si TWO-LAYER FILM SYSTEM UNDER RAPID THERMAL PROCESSING

М. I. Markevich¹, A. M Chaplanov¹, Ya. A. Soloviev³, O. E. Sarychev³,
S. B. Kushchev², O. V. Serbin²

¹⁾ Physico-Technical Institute of NASB,

²⁾ Voronezh State Technical University

³⁾ INTEGRAL, The managing company of INTEGRAL Holding

Corresponding author: A. M Chaplanov (a.chaplanov@telecom.by)

Scanning electron microscopy and electron diffraction have revealed features of phase transformations in a two-layer Pt/Ni-Si film system in BTO. The features of photon processing before stationary treatment are shown.

Key words: platinum silicide; silicon wafer; rapid thermal treatment.

ВВЕДЕНИЕ

Силициды никеля являются перспективным материалом для использования в микроэлектронике для формирования токовых дорожек в субмикронной КМОП - технологии, при создании диодов Шоттки и др. Силицид никеля(NiSi) имеет ряд преимуществ по электрическим параметрам перед другими силицидами, такими как TiSi₂ и CoSi₂ широко используемыми в технологиях микроэлектроники [1–2]. Однако он не обладает термической стабильностью и уже при температуре отжига 500 °С происходит формирование дисилицида никеля, что существенно влияет на электрические параметры контакта металл-полупроводник. Одним из методов стабилизации фаз является легирование силицида никеля благородными металлами, такими как Pd, Pt и др., что повышает температуру образования и роста дисилицида никеля и, соответственно, стабилизирует температурные границы существования силицида никеля. Для формирования контакта металл-полупроводник используется стационарный термический отжиг и быстрый термический отжиг, сокращенно – БТО, позволяющий

за короткий период времени сформировать контакт силицид металла — полупроводник.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

На поверхность кремниевой пластины марки КЭФ-0,5 с ориентацией (111) методом магнетронного распыления последовательно наносились пленки платины и никеля толщиной ~ 60 нм, причем двухслойная пленка Ni-Pt содержал 50 ат.% никеля и 50 ат.% платины. Импульсный фотонный отжиг проводился в вакууме 10^{-3} Па на установке УОЛП-1 при плотностях энергии 110, 120, 136 и 150 Дж/см², что соответствовало 400 °С, 450 °С, 500 °С и 550 °С. Время отжига составляло $\sim 2,8$ с. Исследования проводились, используя методы электронографического анализа на электронографе ЭМР-102 и на растровом электронном микроскопе S-4800 (Hitachi, Япония). Измерения проводились при различных значениях ускоряющего напряжения: от минимального порога чувствительности системы микроанализа (6,4 кВ) до максимального значения ускоряющего напряжения, равного 30 кВ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Осажденная на поверхности кремния двухслойная пленка Ni-Pt является поликристаллической со средним размером зерна ~ 20 нм.

Проведенные электронографические исследования показали, что при БТО кремниевой пластины с планарной стороны с температурой 400 °С и 450 °С приводит к формированию на поверхности кремния слоя силицида никеля в модификации θ -Ni₂Si. Исследование распределения никеля, кремния и платины по глубине полученного слоя силицида показало, что оно соответствует данным электронографического анализа. Концентрация платины по глубине слоя остается постоянной. При БТО системы двухслойная пленка Pt/Ni-Si с планарной стороны при температуре 500 °С и выше на поверхности пластины кремния формируется слой NiSi, легированный платиной, причем зерна имеют столбчатую структуру, их толщина превышает толщину двухслойной пленки Ni/Pt (рисунок 1).

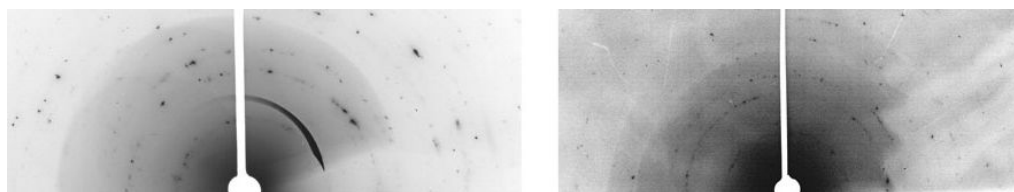


Рисунок 1. – Электронограммы от системы двухслойная пленка Pt/Ni-Si после БТО:
а) при 450 °С, б) 550 °С

В ряде работ по стационарному и импульсному отжигу пленок никеля на поверхности кремния показано, что образование силицидов кремния происходит уже при температуре ~ 400 °С, причем образуется фаза δ -Ni₂Si [3]. При повышении температуры отжига происходит формирование фазы NiSi, а затем при достижении температуры порядка 700 °С образуется фаза NiSi₂ [4]. В нашем случае при импульсном фотонном отжиге в первую очередь формируется фаза θ -Ni₂Si, которая в массивном состоянии является метастабильной. В работе [4] показано, что при импульсном фотонном отжиге пленки никеля, содержащей более 10 ат% платины на поверхности кремния, образуется метастабильная фаза θ -Ni₂Si. Можно предположить, что при

импульсном фотонном отжиге происходит диффузия платины в пленку никеля и при формировании Ni_2Si происходит стабилизация θ -фазы.

Как следует из рисунка 2, при воздействии на систему двухслойная пленка Pt/Ni-Si импульсным фотонным потоком с плотностью энергии 120 Дж/см^2 , что соответствует температуре отжига 450°C , средний размер зерен составляет $100\text{--}150 \text{ нм}$, а после обработки импульсным фотонным потоком с плотностью энергии 136 Дж/см^2 , что соответствует температуре отжига 500°C , размер зерен составляет $50\text{--}70 \text{ нм}$. Это обусловлено кинетическими особенностями формирования и роста фаз $\theta\text{-Ni}_2\text{Si}$ и NiSi при импульсном фотонном отжиге.

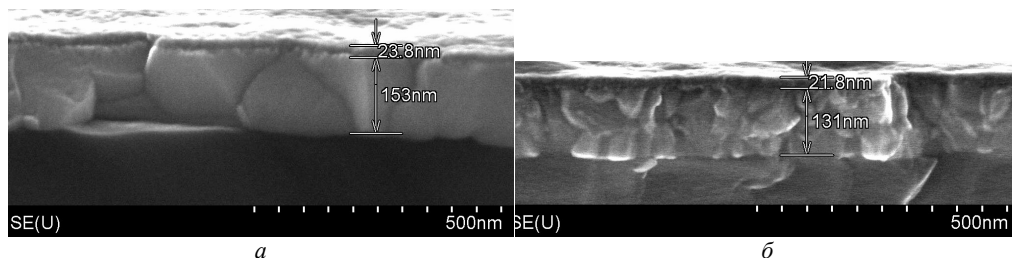


Рисунок 2. – Поперечное сечение системы двухслойная пленка Pt/Ni – Si: а) БТО при температуре 450°C , б) БТО при температуре 500°C

Таким образом, последовательность формирования силицидных фаз на поверхности пластины кремния при импульсном фотонном отжиге можно представить следующим образом:

$\text{Pt/Ni-Si} \rightarrow \text{тв.р. Pt в Ni, } \theta\text{-Ni}_2\text{Si} \rightarrow \theta\text{-Ni}_2\text{Si} \rightarrow \text{NiSi} \rightarrow \text{NiSi}$

исх. $\rightarrow J = 110 \text{ Дж/см}^2 \rightarrow 120 \text{ Дж/см}^2 \rightarrow 36 \text{ Дж/см}^2 \rightarrow 150 \text{ Дж/см}^2$.

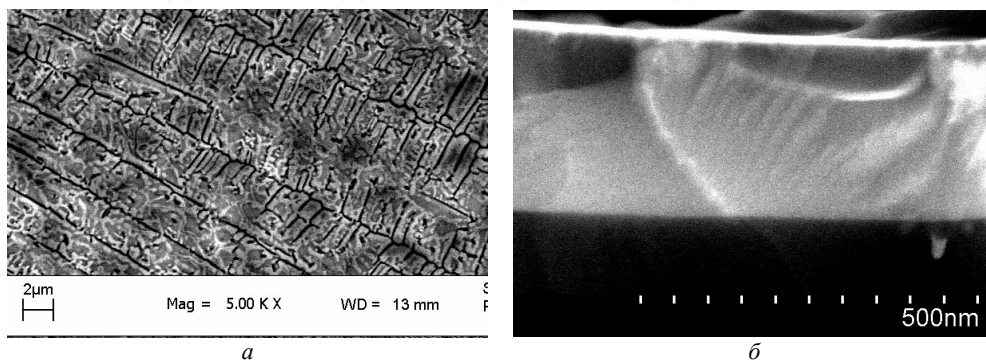


Рисунок 3. – Система: двухслойная пленка Pt/Ni-Si после БТО с непланарной стороны пластины при $J = 120 \text{ Дж/см}^2$: а) морфология поверхности, б) поперечное сечение

При импульсной фотонной обработке с плотностью энергии 120 Дж/см^2 с непланарной стороны кремниевой пластины на поверхности кремния с ориентацией (111) формируется эпитаксиальный слой $\theta\text{-Ni}_2\text{Si}$ (рисунок 3).

ВЫВОДЫ

Методами сканирующей электронной микроскопии и электронографии установлены особенности фазовых превращений в системе двухслойная пленка Pt/Ni-Si при БТО.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Terry, E. and Jack Saltich Schottky barrier heights of nickel-platinum silicide contacts on n-type Si Appl. Phys. Lett. 28, 229 (1976).
2. Hoummada, K. Effect of Pt addition on Ni silicide formation at low temperature: Growth, redistribution, and solubility/K. Hoummada [et al.] // J. Appl. Phys. –2009. –V. 106– P. 06351/1– 06351/9.
3. Mattheis, R., Hesse, D. Reinvestigation of Ni₂Si Thin Film Growth on Si / R.Mattheis, D.Hesse // Phys. Stat. Sol. (a) 109, 217 (1988).
4. Federico, P., Khalid, D., M., Hoummada, M., Bertoglio, T.M., Luca, A., Magali Gregoire, M., Marc, J. Direct epitaxial growth of h-Ni₂Si by reaction of a thin Ni (10 at.%Pt) film with Si (100) substrate / P. Federico [et al.] // Scripta Materialia.- 78–79.– (2014).– P. 9–12.

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛЯРОНОВ В СУБСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ ОКСИДАХ НИОБИЯ

Д. Б. Мигас, А. Г. Черных, А. Б. Филонов

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. П. Бровки, 6, 220013 Минск, Беларусь,
e-mail: migas@bsuir.by*

Учет кулоновского взаимодействия сильно коррелированных электронов при расчете энергетического спектра различных полиморфных фаз субстехиометрического оксида ниобия (Nb₁₂O₂₉) первопринципными методами позволяет предсказать появление поляронов в этой структуре. Возникновение поляронов также определяет магнитные и зарядовые свойства Nb₁₂O₂₉.

Ключевые слова: оксиды ниобия; поляроны; кулоновское взаимодействие.

POLARON FORMATION IN SUBSTOICHIOMETRIC NIOBIUM OXIDES

D. B. Migas, A. G. Chernyh, A. B. Filonov

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
P. Brovka str. 6, 220013 Minsk, Belarus,
Corresponding author: D. B. Migas (migas@bsuir.by)*

The Coulomb interaction of highly correlated electrons within *ab initio* technique allows predicting polaron formation in substoichiometric niobium oxides (Nb₁₂O₂₉) when calculating their electronic properties. The appearance of polarons also defines magnetic and charge ordering in Nb₁₂O₂₉.

Key words: niobium oxides; polarons; Coulomb interaction.

ВВЕДЕНИЕ

Перераспределение и локализация заряда в оксидах представляет собой очень важный для практического применения эффект, механизмы возникновения которого еще до конца не изучены, что вызывает необходимость его детального теоретического исследования. Локализация заряда в твердом теле может произойти, когда имеет