

УДК 621.382.2

ВЛИЯНИЕ БЫСТРОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СЛОЕВ СИЛИЦИДОВ Pt–NiЛапицкая В. А.^{1,2}, Насевич А.А.¹, Довгаль М. И.¹, Потонейко А.В.¹, Щербакова Е. Н.¹, Соловьев Я. А.³¹Белорусский национальный технический университет²Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси³ОАО «ИНТЕГРАЛ»-управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Объектом исследования является покрытие Pt–Ni, полученное магнетронным распылением и подвергнутое быстрой термической обработке, а также исследование его. В результате исследования было установлено, что шероховатость поверхности увеличивается с увеличением температуры от 350 до 450 °С, размер зерен и удельная поверхностная энергия так же увеличиваются.

Ключевые слова. покрытия Pt–Ni, быстрая термическая обработка, исследование микроструктуры.

EFFECT OF RAPID HEAT TREATMENT ON THE MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF Pt - Ni SILICIDE LAYERSLapitskaya V.^{1,2}, Nasevich A.¹, Dovgal M.¹, Scherbakova E.¹, Potoneiko A.¹, Soloviev Ya.³¹Belarusian National Technical University²GNU "Institute of Heat and Mass Transfer named after A.V. Lykov NAS of Belarus"IJSC INTEGRAL is the management company of the INTERAL holding
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The object of the study is a Pt–Ni coating obtained by magnetron sputtering and subjected to rapid heat treatment and study of microstructures. As a result of the study, it was found that the surface roughness increases with a change in temperature from 350 to 450 °С, the grain size and specific surface energy also change.

Keywords: Pt–Ni coatings, rapid heat treatment, microstructure study.

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

Введение. Микроэлектроника – современное направление электроники, включающее исследование, конструирование и производство интегральных схем (ИС) и радиоэлектронной аппаратуры на их основе [1].

Следует подчеркнуть, что в микроэлектронике широко применяется быстрая термическая обработка (БТО), т. к. БТО является одним из ключевых методов модификации материалов, позволяет улучшить их характеристики, такие как твердость, электрическая проводимость, коррозионная стойкость и т. д.

Тонкие пленки, сформированные с помощью быстрой термической обработки, находят применение в различных областях, включая авиационную и космическую промышленность, а также в производстве полупроводников [2].

Методы и материалы. Объектом исследования являются пленки Pt–Ni после быстрой термической обработки [3].

Пленки Ni–Pt–V толщиной 40 нм наносили на кремниевые подложки магнетронным распылением мишени из сплава Ni (77 масс.%) Pt (18 масс.%) V (5 масс.%) в среде аргона чистотой 99,993 % при давлении 0,8 Па и мощности разряда 1,0 кВт (плотность мощности составила около 2,7 Вт/см² при напряжении разряда 300 В) на установке 01НИ-7-015 (НИИ точного машино-

строения, Российская Федерация). Кремниевые подложки представляли собой эпитаксиальные слои легированного фосфором кремния с удельным сопротивлением 0,5 Ом·см и толщиной 5 мкм, сформированные на подложках монокристаллического кремния р- типа с удельным сопротивлением 0,005 Ом·см и ориентацией (111).

Далее подложки подвергали быстрой термической обработке в режиме теплового баланса путем облучения обратной стороны подложек некогерентным световым потоком кварцевых галогенных ламп постоянной мощности в среде азота в течение 7 с до достижения температуры от 350 до 500 °С на установке JetFirst 100 (Jipelec Qualiflow, France). Контроль температуры рабочей стороны подложки осуществлялся термопарой с точностью ±0,5 °С.

Морфологию поверхности пленок Pt–Ni, силу адгезии F_{ad} и удельную поверхностную энергию исследовали на атомно-силовом микроскопе Dimension FastScan (Bruker, США) в режиме PeakForce Tapping QNM (Quantitative Nanoscale Mechanical Mapping). Использовались кремниевые кантилеверы типа CSG10_SS (TipsNano, Российская Федерация) с жесткостью консоли 0,5 Н/м и радиусом острия 5 нм.

Результаты и их обсуждение. Структура поверхности под воздействием быстрой термической обработки от 350 до 500 °С значительно изменяется.

При температуре 350 °С структура поверхности, представленная на рисунке 1, состоит из зерен, собранных в конгломераты округлой формы. Возрастание температуры до 500 °С приводит к сглаживанию поверхности, представленной на рисунке 2, и частичному исчезновению конгломератов и уменьшению размеров оставшихся.

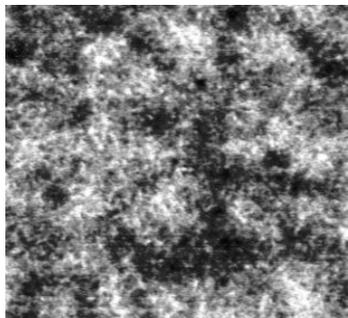


Рисунок 1 – АСМ-изображение (размер поля 1×1 мкм) поверхности покрытия после БТО при 350 °С

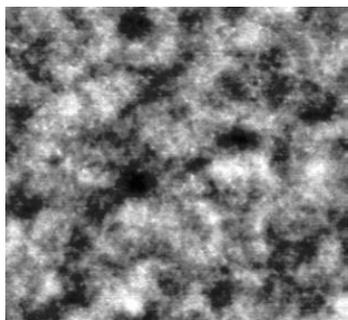


Рисунок 2 – АСМ-изображение (размер поля 1×1 мкм) поверхности покрытия после БТО при 500 °С

Размер зерен при температуре 350 и 500 °С равен 15,7 нм и незначительно уменьшается до 15,3 нм при 400 °С, но наблюдается значительное увеличение зерен до 17,6 нм при 450 °С, данные представлены на рисунке 3.

Увеличение удельной поверхностной энергии с повышением температуры быстрой термической обработки связано с увеличением размера зерна. Установлена корреляция между удельной поверхностной энергией и размером зерна в интервале температур 400–450 °С.

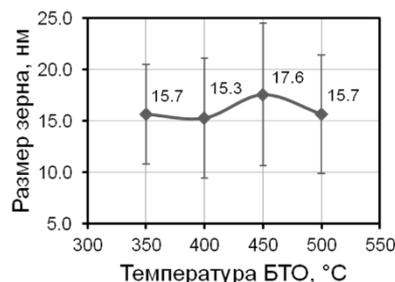


Рисунок 3 – Размер зерен после БТО от 350 до 500 °С

Сила адгезии и удельная поверхностная энергия представлены на рисунке 4 и увеличиваются с увеличением температуры с 2,23 до 2,47 нН и с 0,071 до 0,079 Н/м соответственно.

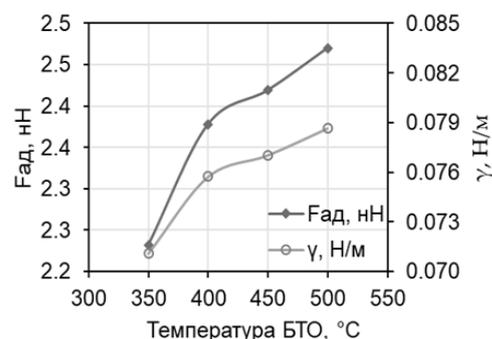


Рисунок 4 – Сила адгезии и удельная поверхностная энергия поверхности покрытий

Заключение. В результате исследования было установлено, что структура поверхности значительно изменяется с увеличением температуры от 350 до 450 °С, размер зерен и удельная поверхностная энергия увеличиваются.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ, проект № T23MЭ-010.

Литература

1. Вавилов, В. Д. Микросистемные датчики физических величин / В. Д. Вавилов, С. П. Тимошенко, А. С. Тимошенко. – Москва: Техносфера, 2018. – 550 с.
2. Пилипенко, В. А. Быстрые термообработки в технологии СБИС / В. А. Пилипенко. – Мн.: БГУ, 2004. – 531 с.
3. Структура и физико-механические свойства пленок Ni-Pt-V на кремнии после быстрой термической обработки. / В. А. Лапицкая [и др.] // Приборостроение-2023: материалы 16-й Международной научно-технической конференции, – Минск : БНТУ, 2023. – С. 419–420.