

ПОЛУЧЕНИЕ БАРЬЕРОВ ШОТТКИ БЫСТРОЙ ТЕРМООБРАБОТКОЙ ПЛЕНОК СПЛАВА НИКЕЛЬ–ПЛАТИНА–ВАНАДИЙ НА КРЕМНИИ

К. т. н. Я. А. Соловьёв, д. т. н. В. А. Пилипенко

ОАО «ИНТЕГРАЛ» — управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»
Беларусь, г. Минск
jsolovjov@integral.by

Установлены закономерности изменений электрофизических свойств пленок сплава Ni–Pt–V толщиной 80 нм на кремнии n-типа (111) от режима быстрой термообработки. Ее проводили некогерентным световым потоком с нерабочей стороны подложек в среде азота в течение 7 с в температурном диапазоне от 200 до 550°C. При температуре от 450 до 500°C формируются слои моносилцида никеля на кремнии с границей раздела обогащенной платиной, что позволяет получать контактные структуры с высотой барьера порядка 0,71 В. Полученные результаты могут быть использованы для диодов Шоттки силовой электроники.

Ключевые слова: электрофизические свойства, никель, платина, быстрая термообработка, силициды, высота барьера.

Тонкие слои силицидов на основе никель-платиновых сплавов широко применяют в технологии изделий интегральной электроники в качестве материалов полицидных затворов и контактов к истокам-стокам транзисторов в КМОП-технологии с проектными нормами менее 90 нм. Добавление в никель платины позволяет увеличить температуру перехода NiSi в нежелательную высокоомную фазу NiSi₂ [1]. С другой стороны, в зависимости от условий стационарной термообработки пленок никель-платиновых сплавов можно добиться преимущественного распределения платины на границе раздела NiSi/Si, что в свою очередь позволяет получать переходные слои силицидов, пригодных для использования для диодов Шоттки [2].

Целью настоящей работы является установление закономерностей изменения электрофизических свойств переходных слоев силицидов сплава Ni–Pt–V толщиной 80 нм на кремнии от условий их формирования методом быстрой термообработки (БТО).

Пленки сплава Ni(77 мас.%)–Pt(18 мас.%)–V(5 мас.%) толщиной порядка 80 нм наносили магнетронным распылением мишени данного состава в среде аргона на установке типа «Оратория-29П» с криогенной откачкой. Добавка ванадия используется для перевода никелевого сплава в парамагнитное состояние для возможности использования данных мишеней в типовых магнетронных распылительных устройствах [3]. Переходные слои силицидов формировали БТО в режиме теплового баланса путем облучения обратной стороны подложек некогерентным световым потоком в среде азота в течение 7 с. Источником нагрева служили кварцевые галогенные лампы накаливания. Температуру БТО варьировали от 200 до 550°C с шагом 50°C. Контроль температуры рабочей стороны подложки осуществляли термопарой с точностью ±0,5°C. Поверхностное сопротивление измеряли четырехзондовым методом на установке RS-30 с погрешностью не более ±5%. Высоту барьера Шоттки определяли на структурах диодов Шоттки с охранным кольцом Шоттки с размером кристалла 1,42×1,42 мм из вольт-амперных характеристик.

Исходные пленки сплава Ni–Pt–V характеризуются поверхностным сопротивлением порядка 9 Ом/□ (рис. 1), что соответствует удельному сопротивлению порядка 85 мкОм·см. При БТО в температурном интервале 200–400°C поверхностное сопротивление монотонно уменьшается до 2,2 Ом/□, что обусловлено постепенным переходом к фазе NiSi. Характер зависимости поверхностного сопротивления от температуры БТО не позволяет прийти к выводу о температуре появления фазы Ni₂Si. При температурах БТО от 450 до 550°C зависимость поверхностного сопротивления от температуры БТО выходит на насыщение на уровне значений порядка 1,9 Ом/□, что позволяет сделать уверенный вывод о формировании фазы NiSi со стабильными электрофизическими свойствами.

Высота барьера Шоттки для исходных пленок сплава Ni–Pt–V на кремнии составляет порядка 0,61 В (рис. 2) и практически не изменяется после БТО при температуре 200°C, что свидетельствует об отсутствии твердофазных превращений между материалом пленки и кремнием. В таком случае, очевидно, что снижение поверхностного сопротивления при данной температуре является следствием перекристаллизации исходной пленки сплава Ni–Pt–V, сопровождаемой отжигом структурных дефектов и релаксацией внутренних механических напряжений.

При температуре БТО 250°C высота барьера увеличивается до 0,65 В, а при температурах 300 и 350°C — до 0,67 В, что объясняется твердофазным взаимодействием между сплавом Ni–Pt–V и кремниевой подложкой с формированием фазы Ni₂Si, имеющей преимущественную локализацию Pt на границе раздела с кремнием. При температуре БТО 400°C наблюдается снижение высоты барьера до 0,66 В, что, вероятно, обусловлено увеличением дефектности границы раздела с кремнием, связанным с перестроением кристаллической структуры силицидной фазы с Ni₂Si на NiSi.

При температурах БТО 450 и 500°C высота барьера Шоттки находится на уровне 0,71 В, что указывает на формирование фазы NiSi с локализацией платины на границе раздела с кремнием. При температуре БТО 550°C наблюдается резкое снижение высоты барьера Шоттки до 0,64 В, обусловленное дальнейшей перекристаллизацией слоя NiSi.

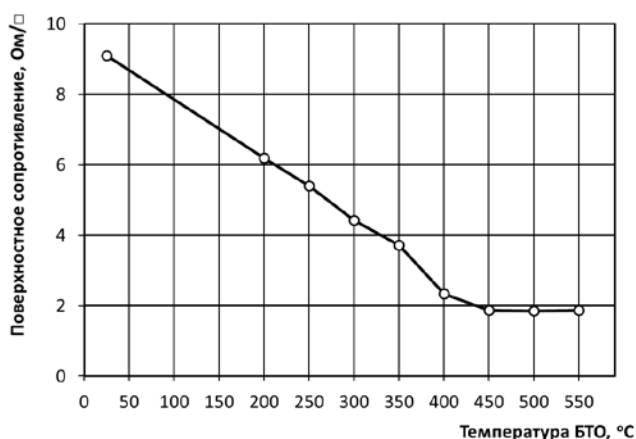


Рис. 1

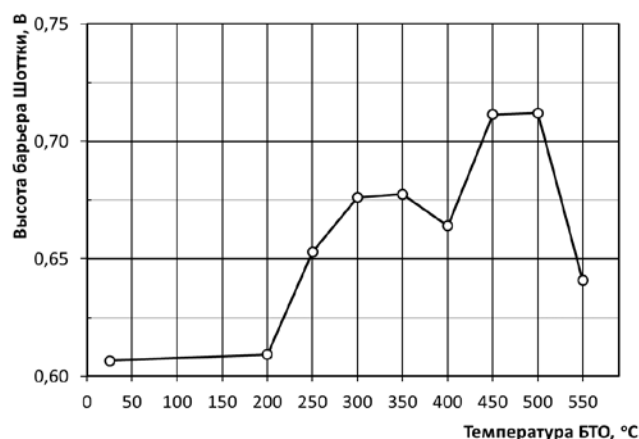


Рис. 2

Таким образом, установлены закономерности изменения электрофизических свойств переходных слоев силицидов, полученных быстрой термообработкой пленок сплава Ni(77 мас.%) — Pt(18 мас.%)—V(5 мас.%) толщиной 80 нм на кремнии в диапазоне температур от 200 до 550°C. Максимальная высота барьера порядка 0,71 В достигается в интервале температур БТО от 450 до 500°C, где происходит формирование переходных слоев NiSi и обогащение платиной границы раздела с кремнием. Это позволяет получать контактные структуры с высотой барьера Шоттки. Полученные результаты могут быть использованы для изготовления диодов Шоттки для силовой электроники.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Doering R., Nishi Y. Handbook of Semiconductor Manufacturing Technology.— New York: CRC Press, 2008.
2. Солодуха В.А., Турцевич А.С., Соловьёв Я.А. и др. Формирование барьеров Шоттки на основе никель-платинового силицидного сплава // Микроэлектроника. — 2014. — Т. 43, — № 1. — С. 9—16.
3. Патент №13170, Беларусь. Немагнитный сплав на основе никеля / Турцевич А.С., Глухманчук В.В., Солодуха В.А., Соловьёв Я.А.— 2010.— Бюл. № 2(73).

Ja. A. Solovjov, V. A. Pilipenko

Schottky barriers formation by rapid thermal processing of nickel-platinum-vanadium alloy films on silicon

The study determines the change patterns for electrophysical properties of 80 nm thick Ni–Pt–V alloy films on n-type silicon (111) depending on the rapid thermal processing mode. Rapid thermal treatment is carried out with non-coherent light flux from the backside of substrate in nitrogen for 7 seconds at temperatures ranging from 200 to 550°C. At a temperature of 450–500°C, layers of nickel monosilicide on silicon with a platinum-enriched interface are formed, which allows obtaining contact structures with a barrier height of about 0.71 V. The obtained results can be used for Schottky diodes of power electronics.

Keywords: electrophysical properties, nickel, platinum, rapid thermal processing, silicides, barrier height.