

Д. т. н. Л. П. АНУФРИЕВ, д. т. н. В. В. БАРАНОВ,
Я. А. СОЛОВЬЕВ, М. В. ТАРАСИКОВ

Республика Беларусь, г. Минск, Завод «Транзистор»,
Белорусский гос. университет информатики
и радиоэлектроники
E-mail: vvb@bsuir.unibel.by

Дата поступления в редакцию
14.04 2005 г.

Оппонент д. ф.-м. н. Г. В. КУЗНЕЦОВ
(КНУ им. Тараса Шевченко, г. Киев)

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛЕНОК СИЛИЦИДА ПАЛЛАДИЯ ДЛЯ МОЩНЫХ ДИОДОВ ШОТТКИ

Термическое испарение палладия в высоком вакууме позволяет получать слои Pd₂Si непосредственно в процессе напыления без последующей термообработки.

Диоды Шоттки — перспективный класс полупроводниковых приборов, которые ввиду более высокого быстродействия и малых падений напряжения при прямом смещении обладают преимуществами перед диодами, имеющими *p-n*-переходы, и это делает их привлекательными в качестве элементной базы силовой электроники.

В качестве барьеров Шоттки интерес представляют силициды металлов платиновой группы, имеющие большую высоту потенциального барьера к кремнию [1, с. 305], что обуславливает низкие токи утечки и снижает температурную зависимость электрических параметров приборов.

Известен ряд способов получения силицидов: твердофазное взаимодействие предварительно нанесенного на кремний металла при термическом воздействии; совместное распыление металлической и кремниевой мишеней либо распыление составной или спрессованной многокомпонентной мишени; химическое осаждение из газовой фазы [2, с. 108—119].

Первый из указанных способов позволяет сформировать самосовмещенные контакты. Кроме того, дан-

ный способ позволяет сделать диод Шоттки менее чувствительным к загрязнению поверхности контактов перед нанесением пленки металла, поскольку переход "кремний—силицид" (силицид — материал с преимущественно металлическим типом связи) образуется не на самой поверхности подложки, а на некоторой глубине [2, с. 99].

Целью настоящей работы является разработка технологии получения пленок силицида палладия твердофазной реакцией пленки металлического палладия с кремниевой подложкой для создания мощных диодов Шоттки.

Пленки палладия толщиной 0,1 мкм наносились на подложки монокристаллического кремния КЭФ 0,5 (111) после их обработки в 2%-ном водном растворе плавиковой кислоты. Нанесение пленок производилось резистивным испарением высокочистого палладия из вольфрамового испарителя при давлении $6 \cdot 10^{-4}$ Па и температуре 200°C на установке вакуумного напыления УВН РЭ.Э-60. Затем осуществлялся отжиг структур при температуре 450°C в течение 20 мин. Исследовались пленки при помощи рентгеновского дифрактометра ДРОН-2, а также Оже-электронного спектрометра РН-660 (Perkin Elmer, США).

Рентгеноструктурный анализ неотожженных пленок идентифицировал до 40% кристаллической фазы Pd₂Si гексагональной структуры с текстурой в плоскости (002), а также рефлексы чистого палладия.

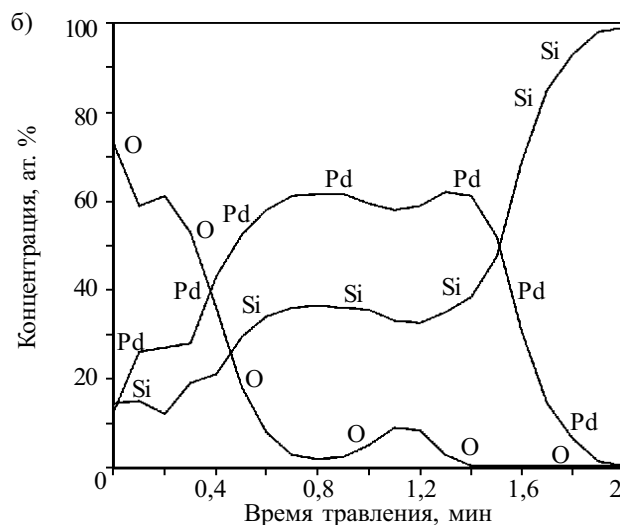
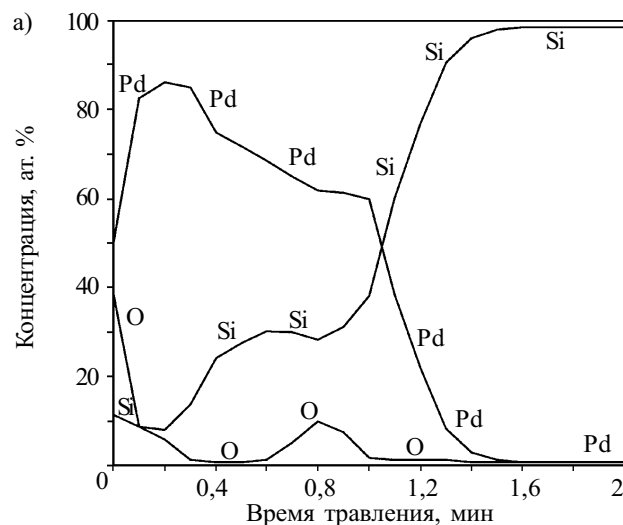


Рис. 1. Профиль распределения элементов по глубине структуры Pd/Si:

а — после нанесения; б — после отжига

После отжига установлено 100% кристаллической фазы Pd₂Si.

Оже-электронная спектроскопия неотожженных образцов показала наличие переходного слоя силицида палладия Pd₂Si, о чем свидетельствует соответствующая «полка» на профиле распределения элементов по глубине структуры Pd/Si (рис. 1, а). После отжига весь металлический палладий переходит в силицидную фазу (рис. 1, б).

Из рис. 1 также видно присутствие кислорода вблизи границы раздела Pd/Si, что обусловлено наличием тонкого слоя естественного диоксида кремния на поверхности кремниевой подложки перед нанесением палладия.

Сравнительный анализ показывает, что после отжига увеличивается содержание кислорода в приповерхностном слое из-за окисления кремния, оказавшегося на поверхности после реакции силицидообразования. Слой SiO₂ на поверхности Pd₂Si делает проблематичным в дальнейшем формирование надежного контакта со слоем молибдена.

Пленки палладия наносились также на эпитаксиальные структуры 8,5 КЭФ 2,4 /КЭМ 0,003 (111) с р-охранным кольцом. Площадь контакта "палладий-кремний", заключенная внутри охранного кольца, составляла 8,6·10⁻⁶ м². После формирования структуры диода Шоттки (рис. 2) производилась сборка кристаллов в корпус ТО-220 с последующими исследованиями вольт-амперных характеристик (ВАХ).

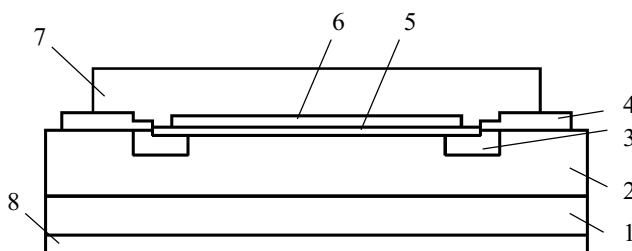


Рис. 2. Структура диода Шоттки:

1 — Si-подложка; 2 — эпитаксиальный слой n-типа; 3 — охранное кольцо; 4 — слой SiO₂; 5 — слой силицида палладия; 6 — слой молибдена p-типа; 7 — слой сплава "алюминий—кремний"; 8 — непланарная металлизация титан/никель/серебро

Поскольку переходный слой силицида палладия был сформирован непосредственно в процессе осаждения, для обеспечения контакта Mo/Pd₂Si непрореагировавший палладий удалялся в растворе "царской водки" непосредственно перед нанесением слоя молибдена.

Высота барьера Шоттки на сформированных диодных структурах составила 0,72—0,74 В, что хорошо согласуется с известными данными [1, с. 305].

На рис. 3 приведены результаты измерения ВАХ диодных структур при различных значениях температуры. Как видно из рис. 3, а, уровень обратного тока при рабочем напряжении 100 В изменяется от 10 мкА при комнатной температуре до 200 мА при температуре 175°С. Таким образом, верхний температурный диапазон эксплуатации сформированных

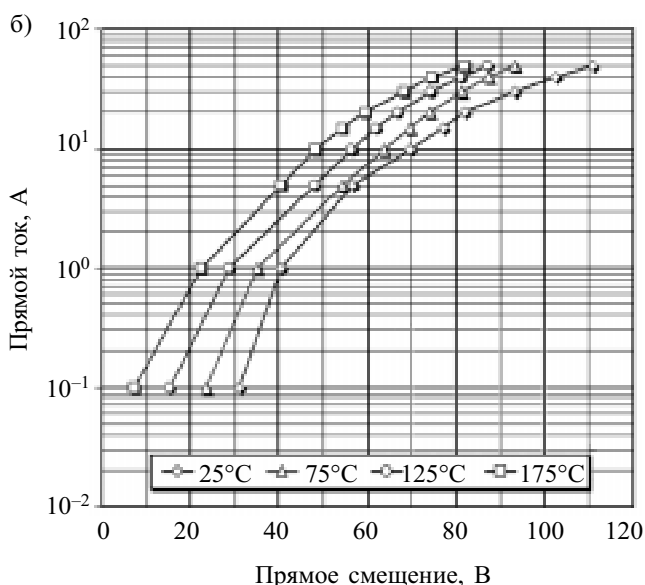
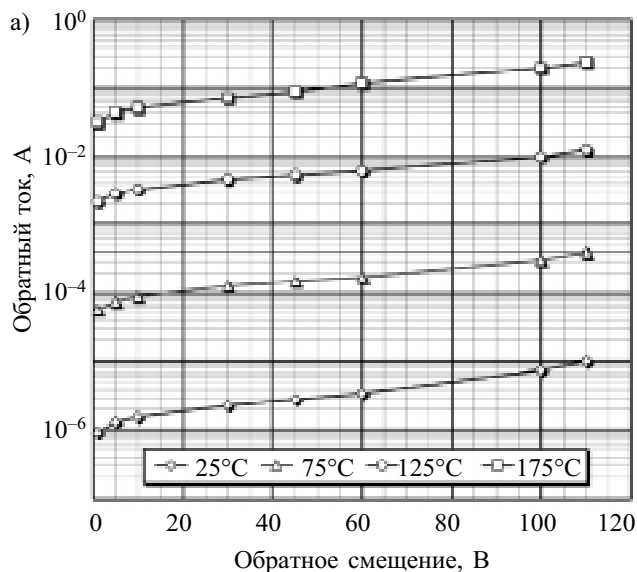


Рис. 3. ВАХ выпрямляющих контактов Pd₂Si/Si при различных значениях температуры: а — обратная ветвь; б — прямая ветвь

диодных структур составляет 150°С. Величина падения напряжения при номинальном прямом токе 25 А составила 0,88—0,94 В. Полученные электрические параметры находятся на одном уровне с аналогом 30СТQ100 фирмы International Rectifier.

Таким образом, термическое испарение палладия в высоком вакууме позволяет получать переходные слои Pd₂Si, пригодные для формирования барьерных электродов мощных диодов Шоттки, непосредственно в процессе напыления без применения последующей термообработки.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Зи С. Физика полупроводниковых приборов: Кн. 1.— М.: Мир.—1984.
2. Мюрарка Ш. Силициды для СБИС.— М.: Мир, 1986.