

СОСТАВНЫЕ КРЕМНИЕВЫЕ ДИОДЫ ШОТТКИ

Э.А. ДЖАФАРОВА, А.Л. ШАБАЛОВ, Ш.А. АЛИХАНОВА

Институт Физики АН Азербайджана
Баку, 370143, пр. Г. Джавида, 33

З.А. ИСКЕНДЕР-ЗАДЕ

Азербайджанский Технический Университет,
Баку, 370143, пр. Г. Джавида 27

Описана технология изготовления диодов Шоттки с контактом и с охранным кольцом. Исследованы вольтамперные и вольт емкостные характеристики указанных структур. Показано, что введение туннельно тонкого окисла значительно уменьшает (на два порядка) токи утечки, увеличивает в два раза высоту потенциального барьера и на ~25 % - пробивное напряжение.

Введение

Диоды Шоттки (ДШ) широко используются в различных электрических устройствах полупроводниковой техники. Интерес к исследованиям ДШ сохраняется и до настоящего времени [1-4]. Наличие токов утечки в ДШ значительно ухудшает их параметры и вызывает их деградацию. Для устранения токов утечки используют различные способы, такие как создание охранного кольцевого р-п перехода, использование кольцевого барьера Шоттки с другим металлом, имеющим большую работу выхода. Введение диэлектрических туннельных слоев между металлом и полупроводником позволяет увеличивать высоту потенциального барьера [5-7]. Нами исследованы ДШ с контактом Al-nSi (I группа) и с охранным кольцом Al-SiO₂-nSi (II группа) с целью выявления влияния охранного кольца на токи утечки.

Исследуемые образцы

ДШ получены на подложке n-Si с $\rho=10$ Ом·см, имеющей скрытый p⁺ слой толщиной 5-6 мкм с $\rho=0,3$ Ом·см для уменьшения последовательного сопротивления толщии полупроводника. На кремниевой пластине со скрытым слоем при $T=1200$ °C выращивали эпитаксиальный слой, легированный фосфором (толщиной 5 мкм) с $\rho=0,3$ Ом·см. Комбинированным термическим окислением (в сухом, влажном и сухом кислороде) при 1050 °C выращивали окисел толщиной 0,4 мкм. Контроль толщины осуществлялся методом сопоставления с таблицей цветов, по интерференционной картине, получаемой при травлении части окисла до кремния. Такое комбинированное окисление обеспечивает получение необходимых свойств границы раздела Si-SiO₂ и свойств слоя SiO₂ и возможно более короткое время выращивания слоя необходимой толщины. Таким образом, этот окисел служит защитным слоем. Протравливанием окисла в определенных областях уменьшали толщину окисла до 12 нм, что позволяло туннелированию электронов. Наличие туннельного тонкого окисла $d_{ок}$ увеличивает высоту потенциального барьера на величину $\frac{kT}{q} d_{ок} \sqrt{\chi}$, где χ - средняя высота барьера для электронов, туннелирующих через диэлектрик из зоны проводимости полупроводника в металл.

Исследуемые структуры (рис.1а - вид сверху, 1б - сечение по линии B₁B₂) имеют площади барьеров 4·10⁻⁶ (1),

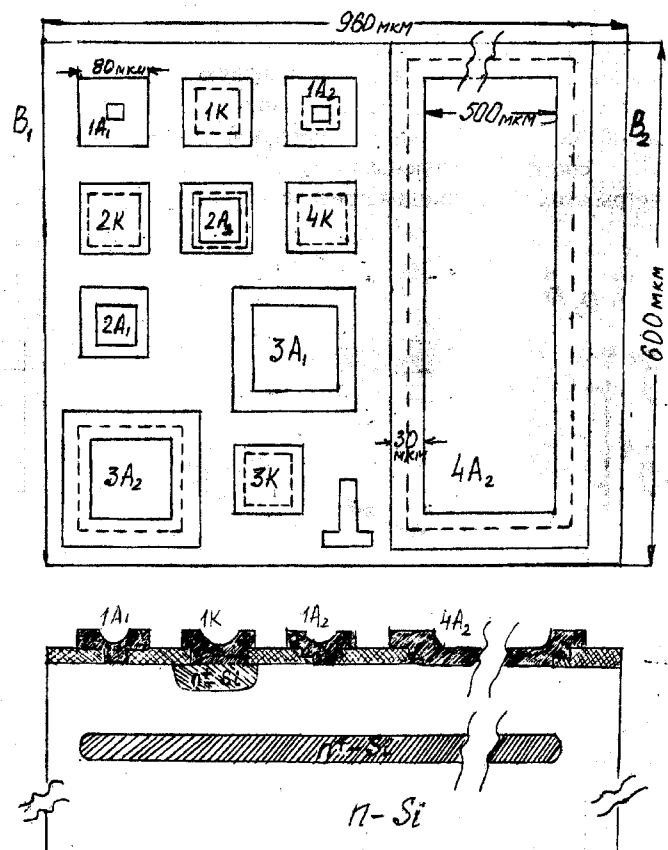


Рис. 1. Геометрия изучаемых структур (а - вид сверху, б - сечение по линии B₁B₂).

2,5·10⁻⁵ (2), 1·10⁻⁴(3) и 2,5·10⁻³ см² (4). Здесь A₁ - анод простых ДШ Al-nSi, A₂ - Al-nSi + Al-SiO₂ - nSi - составных ДШ, К - планарный омический контакт к барьерному слою. Этот контакт (Al) напылялся термически с толщиной $d=1$ мкм на очищенную поверхность кремния. После этого проводили фотолитографию по формированию разводки и контактных площадок. В пластины, предварительно очищенные в кипящем деметилформамиде, вжигание Al проводили в диффузионной печи при 510 °C в среде азота. Для уменьшения сопротивления омического

контакта под контактом диффузией фосфора создавали сильнолегированный p^+ -слой. На рисунке составной ДШ большой площади представлен с разрывом ($4A_2$). Простой ДШ находится на второй половине чипа размером $960 \text{ мкм} \times 600 \text{ мкм}$, на левой половине которого создавались ДШ с охранным кольцом в виде p - n перехода. Размер всего кристаллика с тестовыми структурами был $960 \text{ мкм} \times 1200 \text{ мкм}$, поэтому на кристалле Si диаметром 80 мм в едином технологическом цикле создавалось одновременно несколько десятков структур. Были исследованы вольтамперные и вольтфарадные характеристики указанных структур.

Экспериментальные результаты

Наличие туннельного тонкого окисла ($d_{ox} \approx 12 \text{ нм}$) значительно улучшает параметры диодов Шоттки (рис.2). Прямая ветвь ВАХ изучаемых составных ДШ экспоненциально зависит от приложенного напряжения.

Коэффициент неидеальности $n = \frac{q}{kT} \frac{\Delta u_{пр}}{\Delta \ln J_{пр}}$ для

ДШ с охранной ступенькой окисла порядка $\approx 1,1$ и не меняется с площадью диода (рис.3). Токи в обратном направлении значительно (на два порядка) уменьшаются для ДШ с составной ступенькой окисла. Сравнительные параметры этих групп диодов приведены в таблице.

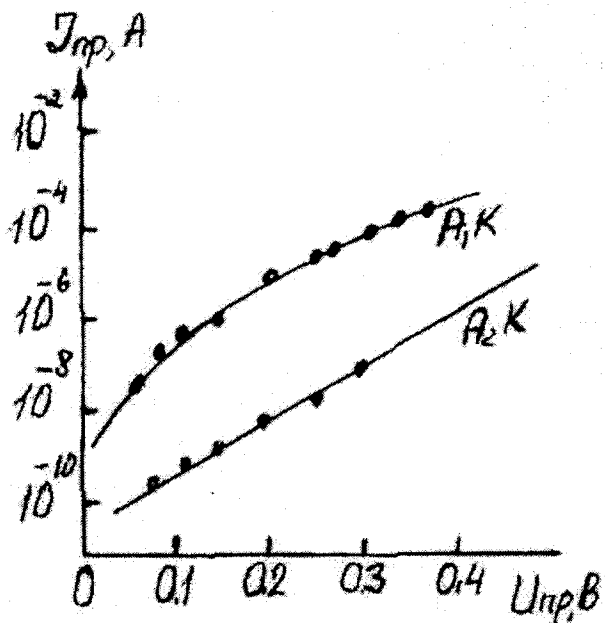


Рис. 2. Прямая ВАХ простых (A_1K) и составных (A_2K) диодов Шоттки.

Результаты исследования показывают, что введение охранного кольца в виде ступеньки окисла значительно улучшает параметры составного ДШ. Для составного ДШ при $U_{пр} = 0,5 \text{ В}$ плотность прямого тока достигает

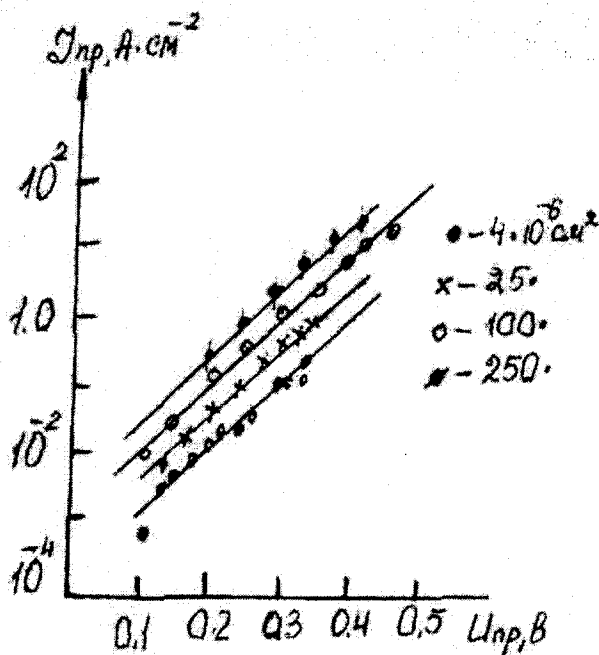


Рис. 3. ВАХ диодов Шоттки с охранной ступенькой окисла.

почти $100 \text{ А} \cdot \text{см}^{-2}$ (рис.3). С увеличением площади диода прямые токи уменьшаются при $U_{пр} = const$. Обратные токи не стабильны в процессе измерения. Для их стабилизации выдерживали образцы под обратным напряжением ($U_{обр} = 3-5 \text{ В}$) в течение некоторого времени (15-30 мин).

Таблица

Параметры	Al-nSi	Al-nSi + Al-SiO ₂ - nSi
Толщина окисла (нм)	-	12
Высота барьера (эВ)	0,3	0,7
Обратный ток при 2В (А)	$6 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-8}$
Пробивное напряжение (В)	7	9

Емкость исследуемых структур измерялась мостовым методом с использованием моста МПП-300. При $f = 100 \text{ кГц}$ емкость ДШ малой площади $S < 10^{-4} \text{ см}^2$ была порядка 20 пФ и не менялась с напряжением, что свидетельствует о вкладе паразитных емкостей. Емкость диодов Шоттки с $S = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2$ порядка 200 пФ , наклон зависимости $C(U_{обр})$ соответствует $C \propto \sqrt{U}$, емкостное напряжение отсечки $U_{отс}^c \approx 0,3 \text{ В}$, что характерно для барьера Шоттки.

Выводы

Таким образом, показано, что введение тонкой диэлектрической прослойки ($d \approx 12 \text{ нм}$) между металлом и полупроводником на основе n -Si с $\rho = 10 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ сильно влияет на параметры ДШ ($\phi_B, U_{обр}, U_{проб}$), вызывая увеличение высоты барьера, уменьшение обратных токов (на 2 порядка) и увеличение пробивного напряжения (до 9 В).

[1] А.Я. Вуль, С.В. Козырев, В.И. Федоров. ФТП, 1981, 15, 1, 142.
 [2] А.Я. Вуль, А.Т. Дадейкин, Ю.С. Зинчик. ФТП, 1983, 17, 8, 1471.

[3] А.Я. Вуль, Ю.С. Зинчик, С.В. Козырев. ФТП, 1979, 20, 5, 1274.
 [4] М.В. Тагаев. Укр. Физ. Журнал, 2000, 45, 3, 364.

- [5] *H.C.Card, E.H.Rhoderick*. J. Phys. D. Appl. Phys., 1971, 4, 1589.
- [6] *H.C.Card, E.H.Rhoderick*. Solid State Electronics, 1973, 16, 3, 363.
- [7] *H.C. Card*. Solid State Electronics, 1975, 18, 881.

E.Ə. Cəfərova, Z.A. İskəndərzadə, A.L. Şabalov, Ş.A. Əlixanova

MÜRƏKKƏB TƏRKİBLİ SİLİSİUM ŞOТTKİ DİODLARI

Kontaktlı və mühafizə həlqəli Şottki diodlarının hazırlanma texnologiyası təsvir olunur. Göstərilən strukturların voltamper və voltutum xarakteristikaları tədqiq olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, nazik tunel oksidinin tətbiq edilməsi cərəyan itgisini xeyli azaldır, potensial baryerin hündürlüyünü və deşə bilən gərginliyi artırır.

E.A. Jafarova, Z.A. Iskenderzade, A.L. Shabalov, Sh.A. Alianova

COMPOSITE SILICON SCHOTTKY DIODES

The production process of Schottky diodes with contact and with a security ring is circumscribed. Volt-ampere and volt capacity performances of the indicated structures are investigated. Is shown that the introduction of tunnel thin oxide considerably reduces leakage currents and increases height of a potential barrier and break down voltage.

Дата поступления: 02.04.01

Редактор: С.И. Мехтиева