

КОНСТРУКЦИЯ ТРЕНЧ МОП ДИОДА ШОТТКИ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Володин И. А., Моковский В. А.

Петлицкая Т. В. – канд. техн. наук, доцент

В настоящее время тенденция к уменьшению габаритов и массы радиоэлектронных устройств требует совершенства изделий полупроводниковой техники, в том числе и диодов Шоттки. Диоды Шоттки VT2045BP, VT4045BP, VT4045C фирмы Vishay Intertechnology изготовлены по субмикронной ТРЕНЧ МОП технологии и очень востребованы на рынке изделий микроэлектроники.

Диодами Шоттки называют структуры, использующие выпрямляющие свойства контакта металл–полупроводник. По сравнению с обычными $p-n$ переходами диоды Шоттки отличаются рядом преимуществ: высокое быстродействие, обусловленное переносом заряда только электронами, а также меньшее падение напряжения при прямом смещении, обуславливающее меньшие потери мощности. По данным причинам диоды Шоттки нашли широкое распространение, как в качестве быстродействующих элементов цифровых интегральных микросхем, так и в качестве выпрямительных структур [1]. Структура традиционного диода Шоттки представлена на рисунке 1.

Диоды с барьером Шоттки получают нанося металл непосредственно на кремний, легированный донорной примесью. При равномерно легированных эпитаксиальных слоях степень легирования должна быть достаточно низкой, чтобы барьер не оказался проницаемым для туннелирующих электронов. Используют различные высоты барьеров шоттки, получать которые можно, применяя разные металлы и (или) проводя под диод Шоттки мелкую n^+ -ионную имплантацию, понижающую высоту барьера [2].

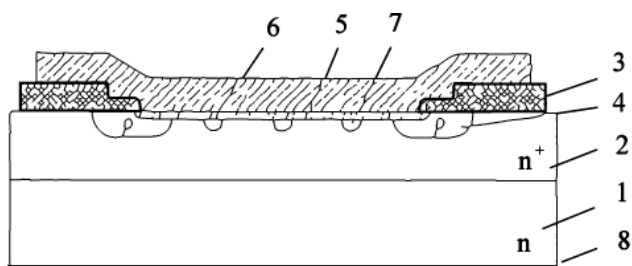


Рисунок 1 – Структура диода Шоттки:

1 – подложка; 2 – эпитаксиальный слой; 3 – слой SiO₂; 4 – охранное кольцо; 5 – барьер Шоттки; 6 – металлизация анода; 7 – диффузионные области p-типа; 8 – металлизация катода.

Диоды на основе перехода «металл-полупроводник», описанные теоретически Вальтером Шоттки в 1930-е годы, сегодня применяют там, где необходимы их эффективные электрические параметры, такие как малое падение напряжения на переходе (V_F) и быстрое переключение (t_{RR}).

Основной недостаток диодов Шоттки связан с относительно высоким током утечки. Ток утечки обычно измеряется в микроамперах (10^{-6} А) для небольших диодов Шоттки и может достигать нескольких миллиампер (10^{-3} А) для более мощных диодов. По сравнению с диодами Шоттки у обладающих малой утечкой диодов с $p-n$ -переходом («полупроводник – полупроводник») этот параметр находится в диапазоне наноампер (10^{-9} А), а более мощные диоды имеют ток утечки в несколько микроампер.

В устройствах с батарейным питанием, таких как смартфоны, планшеты и смарт-часы, этот недостаток диодов Шоттки сокращает срок работы от аккумуляторной батареи. Для решения проблемы использовались транзисторы на основе эффекта Шоттки – с таким же низким прямым напряжением на переходе, но с меньшим током утечки. В отдельных случаях такой подход был успешным, но приходилось жертвовать другим важным параметром диодов Шоттки – быстрым временем переключения. Возникали дополнительные сложности и в процессе изготовления приборов, так как нужно было использовать более сложные технологии КМОП.

Продолжаются исследования по созданию диодов Шоттки с использованием технологии *Trench*, которые найдут применение в ограниченных по энергоресурсам устройствах. С учётом того, что диоды типа *Schottky Trench* уже широко используются в энергоёмких устройствах промышленного назначения, *ON Semiconductor* расширяет возможности этой технологии и для области малых энергий, выпуская усовершенствованные диоды Шоттки для светодиодного освещения, систем батарейного электропитания и беспроводной зарядки.

Новое семейство диодов небольшой мощности с использованием технологии *Trench* обладает небольшими V_F и t_{RR} (как у диодов Шоттки) и обеспечивает низкий ток утечки, который сопоставим с током утечки обычных диодов, близких по быстродействию к диодам Шоттки. Отличительный признак диодов малой мощности *Schottky Trench* – сочетание низких V_F и I_R , необходимое для оптимизации рассеиваемой мощности в энергочувствительных приборах. Эта технология позволяет инженерам использовать ее преимущества в ограниченных по энергоресурсам приложениях; например, в беспроводных зарядных устройствах [4].

Результаты исследования конструкции следует, что диоды Шоттки VT2045BP, VT4045BP, VT4045C изготовлены по ТРЕНЧ МОП технологии. В пределах технологического разброса, ширина канавки и ширина «гребня» составляет порядка 0,7 мкм, глубина канавки от 1,2 до 1,3 мкм. Типовая структура диода Шоттки VT4045BP на рисунке 2.

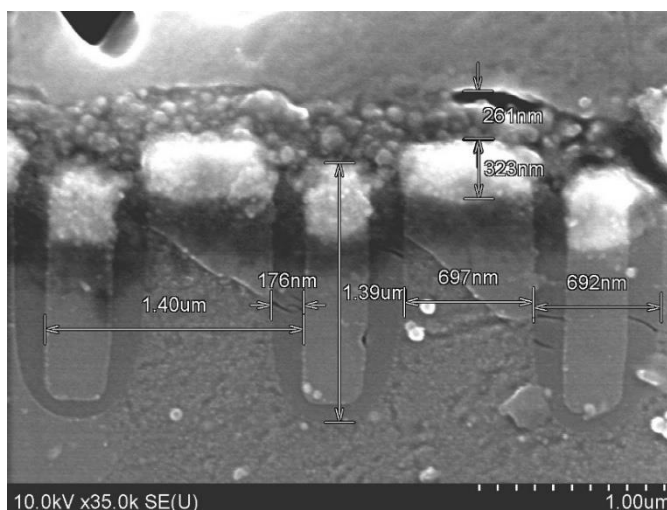


Рисунок 2 – Типовая структура диода Шоттки VT4045BP

Материалом барьерного металла является никель, «перемешанный» с кремнием (силицид никеля). Следует отметить, что в никеле отсутствует ванадий, который снижает высоту барьера Шоттки, что нежелательно. Поверх барьерного металла расположен слой хрома, толщиной порядка 0,2 мкм, который выполняет функцию диффузионного барьера. Далее расположен адгезионный слой титана и верхний слой металлизации (алюминий и серебро). Металлизация планарной (и обратной) стороны принципиально от металлизации, используемой в диодах Шоттки ОАО «ИНТЕГРАЛ»-управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ». В диоде Шоттки VT4045BP канавок не обнаружено. Анализ элементного состава диода Шоттки VT4045BP представлен на рисунке 3.

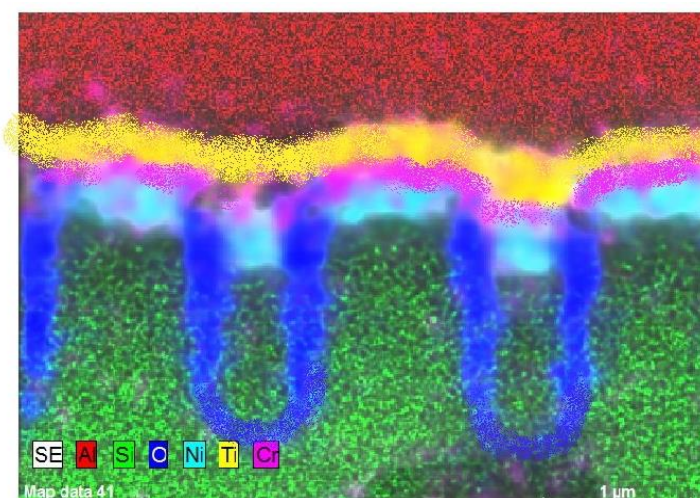


Рисунок 3 – Анализ элементного состава диода Шоттки VT4045BP

Список использованных источников:

1. Технология интегральной электроники: учебное пособие по дисциплине «Конструирование и технология изделий интегральной электроники» для студентов специальностей «Проектирование и производство РЭС», «Электронно-оптические системы и технологии» / Л.П. Ануфриев, С.В. Бордусов, Л.И. Гурский [и др.]; / Под общ. ред. А.П. Достанко и Л.И. Гурского. – Минск: «Интегралполиграф», 2009. – с.: ил.
2. Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1989. – 400 с.: ил.
3. Prediction of Schottky Barrier in Electronic Devices [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.materialsdesign.com/appnote/prediction-schottky-barrier-electronic-devices#nref:1>.
4. Не пора ли прощаться с диодами Шоттки [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.terraelectronica.ru/news/5282>.