

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИЛОВЫХ ВЕНТИЛЕЙ

Первые германиевые и кремниевые вентили изготовлялись сплавным методом. Затем широкое распространение в производстве кремниевых вентилях получили диффузионный и диффузионно-сплавной методы.

Рассмотрим технологию изготовления кремниевого вентиля типа ВКД (ВК2). Обозначение «Д» («2») означает, что при изготовлении этого прибора использован диффузионный метод.

В качестве исходного монокристалла используется кремний n-типа, получаемый по вакуумной технологии с удельным сопротивлением 60-120 Ом*см, диффузионной длиной 0,1-0,2 мм и плотностью дислокации не более $5 \cdot 10^4 \text{ см}^{-2}$.

Кремниевые слитки разрезают на пластинки, которые шлифуют и промывают в дистиллированной и деионизованной воде. Толщина пластинок после шлифовки составляет 0,5-0,55 мм. Затем пластинки помещают в раствор диффузанта, содержащего азотнокислый алюминий и борную кислоту. После последующей сушки пластинок на поверхности монокристалла остается тонкий слой диффузанта. Пластинки закладывают в кварцевый стакан и помещают в печь, где в течение 8 — 10 ч при температуре 1300° С происходит диффузия бора и алюминия. В результате создается слой с электропроводностью p-типа глубиной 60-120 мкм.

Диффузия бора, имеющего меньшую скорость диффузии, чем алюминий, предназначена для получения высокой поверхностной концентрации акцепторов. Этим обеспечивается создание омического контакта с малым сопротивлением.

После окончания диффузии и остывания производят шлифовку поверхности пластинки до толщины 0,3-0,35 мм для удаления одного из p-слоев. Затем производят травление монокристалла в плавиковой кислоте и кипящем щелочном растворе и промывку в деионизованной воде. Методом химического никелирования с

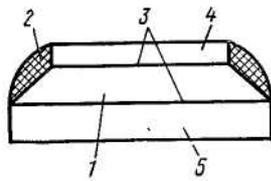


Рис. 6.1. Конструкция полупроводникового элемента с фаской:

1 — полупроводниковый элемент; 2 — защитное покрытие; 3 — припой; 4, 5 — верхний и нижний вольфрамовые диски

последующим вжиганием никеля образуют контакты с обеих сторон пластинки. После этого к полупроводниковой пластинке 1 припаявают с помощью припоя 3 вольфрамовые диски 4, 5. Перед пайкой верхнего диска по периметру пластинки снимают фаску шириной около 2 мм (см. рис.). В результате с торца пластинки удаляется p-слой и увеличивается ширина p-n-перехода в месте выхода на поверхность, что способствует повышению электрической прочности p-n-перехода. Для этой же цели поверхность диска оксидируют и покрывают слоем защитной эмали 2.

Для создания силовых высокочастотных вентилях используют диффузионно-сплавную технологию.

Пластинки кремния, имеющие необходимую толщину, подвергают диффузии галлия при температуре 1300° С. Выбор в качестве диффузанта галлия обусловлен следующим. Из трех наиболее распространенных диффузантов (бор, алюминий, галлий) алюминий и галлий обладают большим коэффициентом диффузии, чем бор. Но при диффузии галлия переход из дырочной электропроводности в электронную получается более плавным. Кроме того, фронт образованного p-n-перехода оказывается более ровным, так как равномерность проникновения галлия меньше зависит от состояния поверхности кремния (степени окисления) по сравнению с алюминием.

Время диффузии зависит от требуемой глубины диффузии. Например, для получения глубины диффузии галлия 80-85 мкм необходимое время процесса составляет 17 ч.

Для уменьшения времени выключения применяют интенсивное охлаждение кремниевой пластинки после окончания диффузии.

Затем диффузионный слой удаляют с одной из сторон пластинки путем шлифования. Из кремниевой пластинки вырезают диски, на торцевой поверхности которых снимается фаска в направлении слаболегированного слоя n-типа. После этого фаску оксидируют и покрывают защитным лаком.

Для уменьшения падения напряжения на вентиле в прямом направлении и создания омических контактов с обеих сторон пластинки создаются путем сплавления слои с повышенной концентрацией донорных и акцепторных примесей. Процесс сплавления производится следующим образом. На дно специальной графитовой кассеты закладывают посеребренный вольфрамовый диск, затем пластинку из сплава серебра, свинца и сурьмы. После этого укладывают кремниевый диск с p-n-переходом таким образом, чтобы p-слой оказался сверху. На кремниевый диск устанавливают графитовую втулку, в которую укладывают пластинку из сплава алюминия с кремнием. Затем укладывают никелированный вольфрамовый диск. Собранный кассету помещают в электрическую печь и нагревают в вакууме до температуры 800-850° С. В результате образуется p⁺-p-n-p⁺-структура с высоколегированными областями p⁺ и n⁺ и омическими контактами (рис. 6.2).

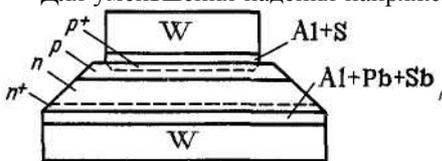


Рис. 6.2. Структурная схема высокочастотного силового вентиля

Режим сплавления подбирают таким образом, чтобы глубина сплавления алюминия с кремнием была меньше глубины диффузии. Глубина сплавления сплава серебра, свинца и сурьмы обычно не превышает 30

мкм.

Полученный по диффузионно-сплавной технологии силовой вентиль лишен недостатков, присущих диффузионной и сплавной технологиям, и имеет их преимущества: ровный р-п-переход, возможность достаточно точного контроля глубины залегания р-п-перехода, высокие обратные напряжения, хорошую воспроизводимость параметров, возможность получения р-п-перехода большой площади, надежные электрические контакты и др.