

## ВЛИЯНИЕ МЕТАЛЛИЗАЦИИ НЕПЛАНАРНОЙ СТОРОНЫ НА НАДЕЖНОСТЬ ИМПУЛЬСНЫХ ДИОДОВ

К. т. н. Я. А. Соловьёв, В. В. Грибович

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

*Определено влияние металлизации непланарной стороны кристаллов на надежность импульсных диодов, а также контактно-адгезионные свойства многослойной металлизации обратной стороны на основе ванадия, никрома, хрома и титана. Наилучшими контактно-адгезионными свойствами и надежностью обладает металлизация с использованием Ti в качестве контактного слоя.*

*Ключевые слова: многослойная металлизация, импульсные диоды, контактно-адгезионные свойства, магнетронное распыление, долговечность, непланарная сторона.*

Современный период изготовления полупроводниковых приборов характеризуется непрерывным повышением требований к их качеству и надежности. Надежность во многом зависит даже от незначительных отклонений в технологическом процессе и возможности управления отдельными этапами технологического процесса. Состав и условия формирования металлизации обратной стороны оказывают существенное влияние на обеспечение качества полупроводниковых приборов и их долговечность [1].

Кремниевые эпитаксиально-планарные импульсные диоды в корпусе КД-3 предназначены для работы в быстродействующих импульсных схемах радиотехнических и электронных устройств. Высокие требования при изготовлении импульсных диодов предъявляются к стабильности электрических параметров и надежности. Электро- и теплопроводящие свойства металлизации определяют электрические характеристики импульсных диодов. Одной из основных проблем при изготовлении кремниевых эпитаксиально-планарных импульсных диодов является обеспечение контактно-адгезионных свойств металлизации, ухудшение которых приводит к деградации электрических параметров. Металлизация обратной стороны кристалла должна обладать минимальным контактным сопротивлением и высокой надежностью в процессе сборки и эксплуатации. Для решения этой задачи используют адгезионные слои тугоплавких металлов (титан, хром, тантал, ванадий и т. п.), которые обеспечивают адгезию металлизации обратной стороны к кремнию с минимальным образованием возможных окисных прослоек [2]. Однако окисление поверхностных атомов кремния все же происходит, что приводит к неравномерному контакту к кремнию и образованию пустот, приводящих к росту термических напряжений и отслаиванию кристаллов при воздействии сдвигающей нагрузки при формировании корпуса. Иначе говоря, указанные процессы приводят к ухудшению качества присоединения кристаллов и снижению выхода годных полупроводниковых приборов [3].

Настоящая работа посвящена исследованию контактно-барьерных свойств металлизации непланарной стороны на основе ванадия, хрома, никрома и титана на контактно-адгезионные свойства и надежность кремниевых эпитаксиально-планарных импульсных диодов в корпусе типа КД-3.

В качестве металлизации обратной стороны использовалась многослойная металлизация V-ПСр15-Ag, NiCr-ПСр15-Ag, Cr-ПСр15-Ag, Ti-NiV-Ag. Нанесение многослойной металлизации осуществлялось в едином технологическом цикле на установке вакуумного напыления непрерывного действия типа «Магна-2М» последовательным магнетронным распылением мишеней при давлении аргона 0,6 Па, скорости движения конвейера 110 мм/мин, токе нагрева подложек 3,0 А. Разделение пластин на кристаллы проводилось на установке ЭМ2075, при этом использовалась лента SWT-20R+. Герметизация проводилась в вакуумно-газовой среде электропечи СНВ-5.5.8/7 в среде азота высокой очистки при температуре 605°C, длительность цикла «нагрев — пайка — охлаждение» составила

4 часа. При выборочном контроле диодов после герметизации по внешнему виду, электрическим параметрам всех собранных приборов отклонений от требований установлено не было. Цвет выводов — золотистый с отсутствием окисной пленки.

На собранных в корпус импульсных диодах проводили измерения значений прямого напряжения ( $U_{пр}$ ) и обратного тока ( $I_{обр}$ ), после чего 150 изделий каждого варианта обратной стороны металлизации были подвергнуты испытаниям при температуре окружающей среды 125°C на безотказность в течение 100 часов и на долговечность в течение 1000 часов. Результаты проведенных экспериментов приведены в таблице.

Металлизация	Толщина слоя, мкм			$I_{обр}$ , мкА ( $U_{обр} = 70$ В) (норма $\leq 100$ мкА)	$U_{пр}$ , В ( $I_{пр} = 200$ мА) (норма $\leq 1,1$ В)	Количество отказов ( $U_{пр} >$ нормы)	
	1-го	2-го	3-го			при испытании на безотказность	при испытании на долговечность
V-ПСр15-Ag	0,2	0,8	0,15	менее 0,1	0,94—0,96	2	3
NiCr-ПСр15-Ag	0,21	0,67	0,15		0,94—0,95	6	6
Cr-ПСр15-Ag	0,275	0,78	0,15		0,94—0,95	2	3
Ti-NiV-Ag	0,11	0,54	0,54		0,96—0,98	0	0

Как видно из таблицы, до испытаний все приборы имели существенный запас по величине обратного тока, а также по величине прямого напряжения: от 120—160 мВ для металлизации обратной стороны на основе титана и до 140—160 мВ для металлизации обратной стороны на основе ванадия, хрома и никрома. При испытаниях на долговечность и безотказность отказы отсутствовали только для металлизации обратной стороны на основе титана. Для остальных вариантов имели место отказы по величине прямого напряжения, что свидетельствует о недостаточности их контактно-адгезионных свойств. Анализ отказавших приборов показал, что на кристаллах с металлизацией обратной стороны на основе ванадия, хрома и никрома наблюдается изменение цвета металлизации (темный оттенок, тусклый цвет металлизации), что свидетельствует об окислительных процессах на границе «металл — кремний» из-за плохой адгезии металлизации. При использовании металлизации на основе контактного металла из Ti отказов не выявлено.

Таким образом, проведен сравнительный анализ устойчивости металлизаций обратной стороны на основе ванадия, хрома и никрома для кристаллов эпитаксиально-планарных импульсных диодов в корпусе КД-3 в процессе испытаний на безотказность и долговечность при температуре окружающей среды 125°C в течение 100 ч и 1000 ч соответственно. Установлено, что многослойная металлизация Ti-NiV-Ag обеспечивает необходимые адгезионно-контактные свойства и надежность металлизации обратной стороны кристаллов импульсных диодов.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Ланин В.В, Ануфриев Л. П. Сравнительная характеристика способов монтажа кристаллов MOSFET силовых транзисторов // Силовая электроника.—2008.— №4.— С. 90.
2. Пат. 3785892 US. Method of forming metallization backing for silicon wafer / Terry L.E., Wilson R.W. — 1972.
3. Пат.18282 ВУ. Металлизация обратной стороны кристалла полупроводникового прибора / Турцевич А. С., Керенцев А. Ф., Соловьев Я. А., Дудкин А. И.— 2014.

Ja. Solovjov, V. Hrybovich

#### The influence of backside metallization on the reliability of pulsed diodes

*The authors determine the influence of the chip backside metallization on the reliability of pulsed diodes, as well as the contact adhesion properties of the multilayer backside metallization based on V, NiCr, Cr and Ti. Backside metallization using Ti as a contact layer has the best contact adhesion properties and reliability.*

*Keywords: multilayer metallization, pulsed diodes, contact adhesion properties, magnetron sputtering, durability, backside metallization.*