

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА ФОРМИРОВАНИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО КРЕМНИЕВОГО ДИОДА

Коротко М.С., магистрант гр.446841

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

Котов Д.А. – к.т.н., доцент

Экспериментально исследовано наличие зависимости пробивного напряжения от величины подаваемого тока. Исследовано влияние конструктивно технологических факторов на обратное напряжение диодов на этапе изготовления кристалла. Выявлено существенное влияние варианта изготовления пассивации на итоговое пробивное напряжение.

Широкая область применения высоковольтных кремниевых диодов, которые при сборке имеют проблемы с обеспечением пробивного напряжения и величиной обратного тока, выдвигают задачу обеспечения высокого запаса выходных характеристик и поиска возникших дефектов на одно из первых мест [1].

В данной статье автором показано, что ухудшение качества контролируемых параметров вызвано недостаточной пассивирующей способностью данной комбинации диэлектриков в текущем варианте конструкции.

При изготовлении и сборке возникают проблемы с обеспечением пробивного напряжения диода и величиной обратного тока, необходимо решить следующие задачи:

- обеспечить высокий запас выходных характеристик;
- определить технологические операции, ответственные за возникновение отказа.

План эксперимента включал в себя следующие варианты изготовления изделия:

- текущий вариант маршрута с различными вариантами формирования пассивации Ta_2O_5 (текущий вариант, вариант с окислением тантала непосредственно после его напыления с последующей фотолитографией «Пассивация» и ПХТ Ta_2O_5 , без пассивации с использованием Ta_2O_5);
- вариант с легированием диоксид кремния (SiO_2) пассивации фосфором из фосфоросиликатного стекла (ФСС), используемого при создании p-охранного кольца с различными вариантами второй части пассивации (вариант с окислением тантала непосредственно после его напыления с последующей фотолитографией и ПХТ Ta_2O_5 , ПХО, без пассивации);
- вариант с комбинированной пассивацией: $SiO_2 + СТФСС$, где роль дополнительной пассивации выполняет СТФСС.

Для проведения дополнительных измерений на пластинах (по одной из каждого варианта), была сформирована тестовая металлизация алюминий-кремний с подслоем чистого алюминия. Фотолитография выполнялась специально изготовленным фотошаблоном представляющий собой инверсный по отношению к слою «Контактный слой» с механическим удалением кремниевой крошки.

Пластины всех вариантов изготовления были проверены на наличие зависимости пробивного напряжения от величины подаваемого тока. Обратимого снижения пробивного напряжения при увеличении тока, которое наблюдалось на готовых кристаллах изделия не зафиксировано. При достижении обратного тока 17-20 мА происходит необратимый тепловой пробой.

Установлено, что готовый (с серебряным электродом) кристалл отличается от изготовленных образцов не только наличием электрода, но и геометрией. На изготовленных образцах электрод имеет диаметр 185 мкм и не выходит за границу анода. На рабочем же кристалле диаметр серебряного электрода 260 мкм, и он нависает на 35 мкм над n-областью диода. В случае неполного удаления контактного слоя, наличия загрязнений под электродом или механического воздействия (например, при технологической операции «утонение обратной стороны»), отрицательный потенциал при замере может за счет полевого эффекта влиять на пробивное напряжение. На изготовленных образцах было сымитировано касание электрода с помощью дополнительного зонда при замере на установке Л2-56. Наблюдалось снижение пробивного напряжения до значений 150 В при перемещении зонда в направлении охранного кольца. При чем это наблюдалось лишь на пластинах с вариантом маршрута пассивации Ta_2O_5 . На пластинах с вариантом маршрута пассивации СТФСС совместно с ПХО, где суммарная толщина диэлектрика выше, снижения пробивного напряжения не наблюдалось даже при касании зондом области охранного кольца. Предложена методика для оценки влияния скрайбирования на поведение пробивного напряжения и обратного тока. На изготовленных образцах было проведено утонение до 200 мкм, частичное скрайбирование пластин и замер ВАХ полученных кристаллов.

Таким образом, исследовано влияние конструктивно технологических факторов на характеристики диода. Полученные результаты показывают наиболее эффективный вариант технологического маршрута для изготовления высоковольтного кремниевого диода.

Таблица 1 – План эксперимента

Номер образца	Легирование пассивирующего окисла из ФСС N+охраны	Доп. пассивация СТФСС d=550нм (до напыления Au)	Доп. пассивация ПХО d=600нм (после активации Au)	Пассивация Ta ₂ O ₅ Стандартный вариант (хим. травление Ta и окисление Ta после ФЛ «Пассивация»)	Пассивация Ta ₂ O ₅ Вариант с окислением Ta до ФЛ «Пассивация» и ПХТ Ta ₂ O ₅	Без пассивации и Ta ₂ O ₅
1	0	0	0	1	0	0
2	0	0	0	1	0	0
3	0	0	0	1	0	0
4	0	0	0	0	1	0
5	0	0	0	0	1	0
6	0	0	0	0	1	0
7	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	0	0	1
9	0	0	0	0	0	1
10	1	0	0	0	1	0
11	1	0	0	0	1	0
13	1	0	0	0	1	0
14	1	0	1	0	0	1
15	1	0	1	0	0	1
16	1	0	1	0	0	1
17	1	0	0	0	0	1
18	1	0	0	0	0	1
19	0	1	0	0	0	1
20	0	1	0	0	0	1
21	0	1	0	0	0	1
22	0	1	0	0	0	1
23	0	1	0	0	0	1
24	0	1	0	0	0	1

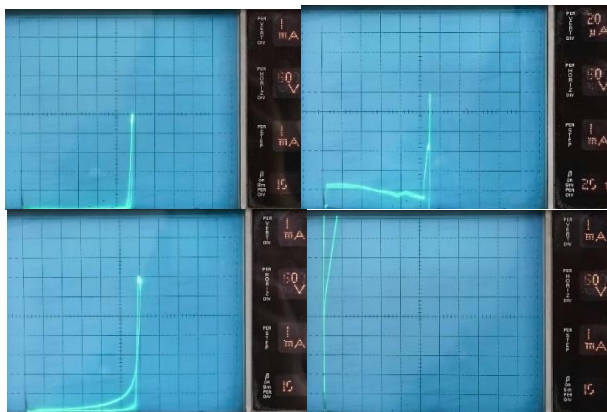


Рисунок 1 – Обратимое изменение ВАХ обратного напряжения (Упробая) годного кристалла диода при увеличении обратного тока

Выполнен анализ влияния конструктивно технологических факторов на обратное напряжение диодов на этапе изготовления кристалла. Определено, существенное влияние варианта изготовления пассивации на итоговое пробивное напряжение. Предложен наилучший вариант технологического маршрута для изготовления высоковольтного кремниевого диода.

Список использованных источников:

1. Полупроводниковые приборы и элементы интегральных микросхем / Колосницын Б.С., Гапоненко Н.В. // Минск БГУИР, 2016. – С. 29.