

УДК 621. 382. 28

В.Н. Литвиненко, Н.А. Самойлов, Т.М. Игнатова

УЛУЧШЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРЕМНИЕВОГО ВАРИКАПА

Розробка варикапів зі зворотним градієнтом концентрації в базі дала змогу значно розширити частотний діапазон їх використання в якості змінної ємності, керованої напругою. Натомість широке впровадження варикапів стримується низьким виходом придатних варикапів, через значний розкид значень їх номінальної ємності. В даній роботі представлені експериментальні результати опробування запропонованої оптимізації базової технології виготовлення варикапа, яка направлена на підвищення виходу придатних варикапів.

Введение. Варикапы используют в радиоэлектронике в качестве переменной емкости, величина которой управляется напряжением [1]. Разработка варикапов с обратным градиентом концентрации (ОГК) примеси в базе дала возможность значительно увеличить коэффициент перекрытия по емкости. С другой стороны возникла проблема низкого выхода годных варикапов с ОГК примеси в базе за счет разброса значений емкости варикапных структур по площади пластины.

Постановка задачи. Как показал анализ технологического процесса изготовления варикапа, основной причиной разброса значений емкости является неравномерность фронта распределения ОГК примеси в базе по площади пластины. Одной из причин этого является то, что ионы фосфора при ионном легировании попадают на пластину с разными скоростями, которые определяют глубину их проникновения в объем кремниевой пластины. Другая причина связана с тем, что практически все атомы фосфора после процесса ионного легирования находятся в междоузлиях и поэтому электрически не активные, что также является одной из причин неравномерной диффузии атомов фосфора в процессе их последующей разгонки. Как следствие, неравномерность фронта ОГК примеси приводит к значительному разбросу значений емкости варикапных структур по площади пластин.

Исходя из приведенных выше рассуждений, для повышения равномерности фронта распределения ОГК примеси в базе по площади пластины необходимо каким-то образом повысить равномерность глубины проникновения атомов фосфора в базу варикапа в процессе ионного легирования и активизировать их перед высокотемпературной разгонкой.

С этой целью были проведены эксперименты по выбору толщины химически выращенного окисла в рабочих окнах диодных структур и температуры их низкотемпературного отжига в инертной среде перед разгонкой. Как показали исследования, наиболее эффективным является отжиг в диапазоне температур 250-280°C в течение 30-40 мин. и толщина окисной пленки 80-100 ангстрем.

Данная работа посвящена разработке технологии, позволяющей значительно повысить равномерность значений номинальной емкости варикапов по площади пластины.

Структуры исследуемых варикапов изготавливались по стандартной планарно-эпитаксиальной технологии [2] на кремниевых эпитаксиальных структурах n-типа проводимости с удельным сопротивлением 20 Ом·см и толщиной 10 мкм. Дополнительно перед операцией ионного легирования проводилось химическое окисление пластин в концентрированной азотной кислоте при температуре 98°C в течение 95 мин., при этом толщина окисной пленки в рабочем окне была равна 85 ангстрем. Далее проводилось ионное легирование варикапных структур фосфором [3] с дозой легирования 35 мкКл/см² и ускоряющем напряжении 50кВ. Перед операцией «Разгонка» (T_p=1100°C) дополнительно проводился отжиг пластин при температуре 560°C в течение 30мин.

В таблице приведены характеристики варикапов, изготовленных с использованием базовой и предложенной технологии изготовления варикапа.

Таблица

Сравнительные характеристики структур варикапа

Технология изготовления варикапных структур	Коэффициент вариации значений номинальной емкости варикапных структур, %	Выход годных варикапных структур, %
Предложенная технология	3,15	44,61
Базовая технология	4,62	35,26

Как видно из таблицы, использование дополнительной обработки варикапных структур дает возможность уменьшить разброс значений номинальной емкости по площади пластины и повысить выход годных варикапных структур на 9,35%.

Реализацию поставленной цели можно представить следующим образом. Перед проведением операции „ионное легирование” пластины окисляют химическим способом (в растворе азотной кислоты) для получения в рабочих окнах пленки SiO_2 , а перед разгонкой фосфора дополнительно проводится низкотемпературный отжиг пластин. Выращенный в рабочем окне окисел гасит и выравнивает кинетическую энергию ионов фосфора, которые вылетают с большой скоростью из источника ионов, уменьшая тем самым плотность радиационных дефектов, которые генерируются в кремнии в процессе ионного легирования, что повышает равномерность диффузии атомов фосфора по площади пластины при разгонке. Низкотемпературный отжиг пластин перед проведением технологической операции «Разгонка фосфора» активизирует атомы фосфора, которые находятся после процесса ионного легирования в междоузлиях, что также способствует повышению равномерности диффузии атомов фосфора в процессе разгонки.

Вывод. Таким образом, проведение ионного легирования варикапных структур фосфором через тонкую пленку SiO_2 , полученную химическим окислением, и их дополнительный низкотемпературный отжиг перед разгонкой фосфора в процессе формирования ОГК в базе варикапа способствуют повышению равномерности значений емкости варикапов по площади пластины и, как следствие, обеспечивают увеличение выхода годных приборов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Берман Л.С. Введение в физику варикапов. – Л.: Наука, 1968. – 720 с.
2. Курносое А.И., Юдин В.В. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. – М.: Высшая школа, 1986. – 368 с.
3. Малишева И.А. Технология производства интегральных микросхем. – М.: Радио и связь, 1991. – 344 с.

ЛИТВИНЕНКО Виктор Николаевич – к.т.н., доцент кафедры физической и биомедицинской электроники Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– исследование и разработка технологий полупроводниковых структур и их применение для создания электронных приборов.

САМОЙЛОВ Николай Александрович – ведущий инженер лаборатории № 23 Института физики полупроводников им. В. Е. Лашкарева НАН Украины.

Научные интересы:

– технология эпитаксиального наращивания полупроводниковых структур и их использование в производстве электронных приборов.

ИГНАТОВА Татьяна Михайловна – ст. преподаватель кафедры физической и биомедицинской электроники Херсонского национального технического университета.

Научные интересы:

– исследование материалов электронной техники, их разработка и применение для изготовления полупроводниковых приборов.