

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ДИОДА ШОТКИ ДЛЯ ЗАЩИТНОГО УСТРОЙСТВА

Воробьев А. А., Воробьева Е. В., Галдецкий А. В.
 ФГУП «НПП «Исток»
 ул. Вокзальная, 2а, Фрязино, 141190, Россия
 Тел.: +79670977317; e-mail: martimlen4ik@mail.ru

Аннотация — Рассматриваются варианты моделирования и оптимизации конструкции диода Шоттки для защитного устройства.

1. Введение

Защитные устройства являются одним из важнейших элементов радиолокационных приемопередающих устройств. Одним из наиболее эффективных защитных устройств является устройство на основе диодов Шоттки с вертикальной структурой (Рис. 1). Его электрические характеристики и надежность определяются геометрией и полупроводниковой структурой. Степень ограничения и предельно допустимая входная мощность защитного устройства определяются сопротивлением диода в открытом состоянии R и током насыщения $I_{нас}$. Коэффициент передачи в режиме малого сигнала и полоса частот определяются его емкостью C в закрытом состоянии. Целью работы была оптимизация конструкции диода (минимизация RC) с целью повышения предельно допустимой входной мощности при заданной полосе.

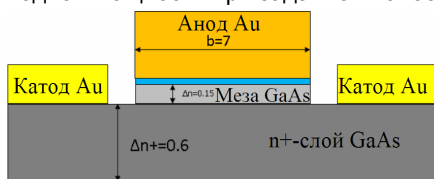


Рис. 1. Схематическое изображение вертикальной структуры диода

Fig. 1. Diode vertical structure diagram

2. Анализ и оптимизация структуры

При оптимизации полупроводниковой структуры менялись толщины и концентрации доноров в мезе и $n+$ -слое и геометрия пальцев анода с мезой под ними (размеры, взаимное расположение пальцев). Величина удельного сопротивления на 1 мкм длины пальца R_0 и ток насыщения $I_{нас}$ рассчитывались из моделирования электроники диода в программе TCAD Silvaco.

Емкость в закрытом состоянии рассчитывалась исходя из известной толщины обедненного слоя.

Анализ влияния параметров полупроводниковой структуры диода на удельное сопротивление R_0 показал, что для уменьшения этой величины нужно уменьшать толщину n -слоя и увеличивать толщину $n+$ -слоя и концентрации примесей в слоях. Также было показано, что ширина пальца анода b почти не влияет на удельное сопротивление R_0 , если она превосходит величину 4 мкм. Ток насыщения $I_{нас}$ возрастает при уменьшении толщины мезы и при увеличении концентрации примесей в мезе.

В то же время для уменьшения емкости C нужно уменьшать концентрацию доноров в мезе n и ширину пальца анода b и увеличивать толщину мезы Δn . Изменение параметров $n+$ слоя не оказывает значимого влияния ни на величину емкости C , ни на ток насыщения $I_{нас}$.

Показано, что оптимальная ширина пальца составляет $b = 4$ мкм. Однако, поскольку данный размер в настоящее время реализовать непросто, рассматривалась также компромиссная величина 7 мкм.

Было выявлено, что оптимальные параметры мезы (толщина и концентрация примесей) зависят от других параметров структуры и от геометрии диода. Это проявляется, например, в том, что при ширине анода $b = 7$ мкм и толщине n -слоя $\Delta n = 0,6$ мкм выгоднее уменьшать концентрацию и увеличивать толщину мезы, а при $b = 4$ мкм и $\Delta n = 1,5$ мкм выгоднее, наоборот, увеличивать концентрацию и уменьшать толщину мезы (Таблица 1).

Таблица 1

Параметр	Прототип	Вар-т 1	Вар-т 2	Вар-т 3
Толщ. n -слоя, мкм	0,15	0,218	0,192	0,10
Концентрация в n -слое, 10^{17} см ⁻³	1,00	0,27	0,35	1,27
Толщ. $n+$ -слоя, мкм	0,6	0,6	1,5	1,5
Ширина пальца, мкм	7	7	7	4
RC , Ом*фФ	192	135	125	66

3. Анализ геометрии

При оптимизации геометрии менялась геометрия пальцев анода (размеры, взаимное расположение пальцев). Сопротивление диода обратно пропорционально периметру анода, а емкость пропорциональна площади. Поэтому желательно разбить анод на отдельные площадки минимального размера для увеличения их общего периметра при сохранении постоянной площади. Это позволит уменьшить общее сопротивление при постоянной емкости. Площадки соединяются между собой воздушными мостами. При этом мы приняли, что минимальный реализуемый линейный размер $l = 4$ мкм. В докладе рассмотрены различные варианты реализации этой идеи, в том числе вариант конструкции диода с самосовмещенными электродами. Предложенные изменения в геометрии совместно с оптимизацией структуры диода позволяют уменьшить показатель качества RC до 5 раз.

4. Заключение

В работе были исследованы зависимости сопротивления R , емкости C и тока насыщения $I_{нас}$ диода Шоттки с вертикальной структурой от параметров структуры и геометрии. На основе анализа зависимостей предлагаются оптимальные варианты этих величин, позволяющие улучшить надежность и электрические характеристики диода.

MODELLING AND OPTIMIZATION OF SHOTTKY DIODE DESIGN FOR PROTECTIVE DEVICES

Vorobiyov A. A., Vorobiyova Ye. V., Galdetskiy A. V.
 FSUE "Istok"
 2a, Vokzalnaya Str., Fryazino,
 Moscow region, 141190, Russia
 Ph.: +79670977317; e-mail: martimlen4ik@mail.ru

Abstract — Simulation of electronics in vertical Shottky diode for protection devices is carried out. Various types of optimal design are proposed.