

УДК 621.382.323

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНЗИСТОРОВ НА ОСНОВЕ НИТРИДА ГАЛЛИЯ В ИМПУЛЬСНОЙ ТЕХНИКЕ

Шлейко Т.А. Юшко Д.Е. Березовский А.А. студенты гр. 310201

Белорусский Государственный Университет Информатики и Радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь

Гога А.В. – млад. науч. сотр НИЛ 4.5, ассистент кафедры ЭТТ

Аннотация: в статье рассказывается об физическом устройстве транзисторов на основе кремния и нитрида галлия. Приведены результаты компьютерной симуляции транзисторов на основе кремния и нитрида галлия и сравнение параметров каждой из физической модели.

Ключевые слова. Нитрид галлия, полупроводники, транзисторы, импульсная техника.

Введение. Развитие импульсной техники стало предъявлять высокие требования к характеристикам силовых элементов. Для использования в импульсной технике современные образцы транзисторов должны обладать высоким быстродействием, быть энергоэффективными и иметь низкие потери при переключении.

В последнее время все большую популярность и распространённость начали получать силовые транзисторы на основе нитрида галлия (GaN), которые имея такое же напряжение пробоя что и кремниевые транзисторы обладают меньшими тепловыми потерями при работе на более высоких частотах, что является ключевым преимуществом для их использования в качестве силовых ключей в импульсных схемах. К примеру, все чаще стали встречаться зарядные устройства, использующие транзисторы на основе нитрида галлия, так как они позволяют уменьшить габаритные размеры устройства при той же мощности из-за уменьшения тепловых потерь и уменьшения требований к охлаждению устройства [1].

Основная часть. Чтобы понять почему транзисторы созданные на основе нитрида галлия обладают преимуществами перед транзисторами на основе кремния необходимо изучить фундаментальные различия между различными типами полупроводников. Для начала стоит обратить внимание на ширину запрещённой зоны полупроводников: у классических кремния и германия она составляет 1,17 эВ и 0,75 эВ соответственно, в то время как у нитрида галлия и карбида кремния она составляет около 3,3 эВ. Данные различия в ширине запрещенной зоны соответствуют различию в величине напряженности поля пробоя полупроводников, что позволяет сделать вывод что при одинаковом сечении полупроводника нитрид галлия имеет большее напряжение пробоя в сравнении с кремнием и галлием [2]. Также нитрид галлия обладает большей подвижностью носителей заряда: у кремния она равняется около 1200 – 1400 см²/Вс, а у нитрида галлия она составляет около 2000 см²/Вс [3]. Это различие влияет на то, что при прочих схожих условиях транзисторы на основе нитрида галлия обладают меньшим сопротивлением канала и, соответственно, меньшими тепловыми потерями.

Для того чтобы сравнить различия характеристик кремниевых и нитрид галлиевых транзисторов в программе Comsol Multiphysics были созданы физические модели транзисторов каждого вида и была проведена симуляция работы каждого из них. Для физических моделей транзисторов были настроены следующие параметры физических моделей: описание поведения электронов и дырок в полупроводнике основывалось на статистике Ферми-Дирака, описание механизмов рекомбинации в полупроводниках основано на модели Шокли-Рида-Холла.

На рисунке 1 представлен вид физической модели для кремниевого транзистора:



Рис. 1 - Физическая модель кремниевого транзистора

Для каждой физической модели были проведены симуляции и получены графики зависимости тока в канале транзистора от напряжения на затворе (рисунки 2 и 3). На графиках видно, что для модели нитрид галлиевый транзистора значение тока принимает значения на порядок выше чем у кремниевого транзистора при том же значении напряжения на затворе. Данные этой симуляции

показывают, что нитрид галлиевый транзистор обеспечивает большую проводимость канала чем кремниевый при прочих равных условиях.

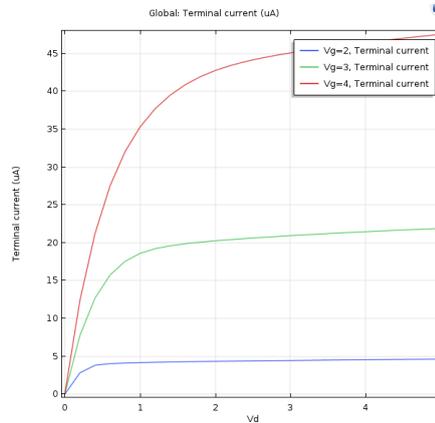


Рис. 2 - график зависимости тока в различных областях кремниевого транзистора от напряжения на затворе

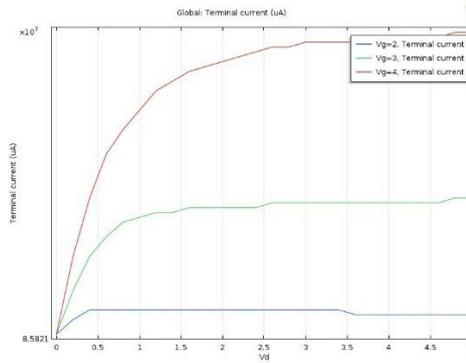


Рис. 3 - график зависимости тока в различных областях нитрид галлиевого транзистора

Заключение. На основе данных, полученных в ходе симуляции работы физических моделей кремниевого и нитрид галлиевого транзисторов, было установлено, что нитрид галлиевый транзистор обеспечивает большую проводимость в сравнении с кремниевым транзистором. Это подтверждает теоретические ожидания, основанные на сравнении подвижности электронов в двух типах полупроводников. Также учитывая, что у нитрида галлия значение запрещенной зоны выше чем у кремния можно сделать вывод что нитрид галлия при одинаковых физических параметрах нитрид галлия обеспечивает одновременно более высокие значения проводимости канала транзистора и напряжения пробоя. Эти преимущества нитрид галлиевых транзисторов делает их более предпочтительными в качестве силовых ключей в высоковольтных импульсных схемах.

Список литературы

1. Василенко Д. Полевые транзисторы для преобразователей питания // Силовая электроника — 2022. - № 1. – С. 64.
2. Технология GaN — революционный шаг в будущее // Новости // Symmetron [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://www.symmetron.ru/news/tehnologiya-gan-revolyutsionnyy-shag-v-budushchee.html>
3. EPC-CO // What is GaN [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://epc-co.com/epc/gallium-nitride/what-is-gan.html>