

Развитие GaN-приборов сдерживается необходимостью выращивания эпитаксиальных структур GaN на чужеродных подложках (сапфир, SiC, Si (111)) методами осаждения из паровой фазы металлоорганических соединений (MOCVD), молекулярно-лучевой эпитаксии (MBE) и хлоридно-гидридной эпитаксии (HVPE). Структуры, выращенные этими методами имеют большую плотность дефектов ( $10^6$ – $10^9$  см<sup>-2</sup>).

Наиболее перспективным вариантом с точки зрения коммерческого применения является случай, когда в качестве подложки используется кремний. Значительный интерес представляет гибридная технология, объединяющая в себе стандартную кремниевую и GaN-технологии [3].

Моделирование радиационных эффектов неотделимо от развития методов физического моделирования работы приборов и от всестороннего и комплексного исследования процессов их функционирования с целью развития методов предсказания радиационной стойкости и проектирования перспективных радиационно-стойких микроэлектронных компонентов. При переходе к широкозонным материалам, в частности GaN, использовать стандартные модели кремниевых приборов невозможно. А значит, на сегодняшний день особенно актуальной задачей становится нахождение модели, адекватно описывающей поведение приборов на основе GaN при воздействии ионизирующих излучений.

1. Taking, S. AlN/GaN-Based MOS-HEMT Technology: Processing and Device Results / S. Taking, D. MacFarlane, E. Wasige // Active and Passive Electronic Components, 2011. - P. 1-7.

2. Chung, J. W. GaN-on-Si Technology, a New Approach for Advanced Devices in Energy and Communications / J. W. Chung [et al.] // Proc. Of the European Solid-State Device Research Conference 2010 (ESSDERC). - Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2010. - P. 52-56.

## **ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ДИОДЫ ШОТТКИ**

И. Ю. Ловшенко, Я. А. Соловьев, В. А. Солодуха

В полупроводниковой электронике все более широко используются полупроводниковые диоды с барьерами Шоттки, что обусловлено их высоким быстродействием в сравнении с биполярными приборами [1]. Мощные диоды Шоттки на основе кремния, представляют собой перспективную элементную базу современной полупроводниковой электроники, работающей в экстремальных условиях (температура среды выше 150°C, воздействие ионизирующего излучения).

С целью определения влияния температуры внешней среды и разницы работ выхода Me-Si на ВАХ диода Шоттки проведено приборное моделирование структур, с номинальным напряжением пробоя равным 100 В. Для такой структуры используется эпитаксиальный слой 9ЖЭФ2,5. Полученная структура диода Шоттки имеет площадь активной области 608400 мкм<sup>2</sup>. Моделирование технологического маршрута формирования структуры диода Шоттки и его вольтамперных характеристик выполнялось с использованием программного комплекса компании SILVACO [2].

Работа выхода анода варьировалась в пределах от 4,8 эВ до 5,3 эВ (разница работ выхода Me-Si таким образом варьировалась в пределах от 0,1 эВ до 0,6 эВ). Результаты моделирования структур диодов Шоттки с разными эпитаксиальными слоями показывают расхождение результатов моделирования от экспериментальных данных только в областях низких напряжений ( $0,2 V_{ном}$ ). В областях же близких к номинальному напряжению расхождение результатов не превышает 5%. Установлено, что разница работ выхода Me-Si не влияет на напряжение пробоя структуры, но при повышении этой разницы существенно снижаются токи утечки ( $I_c = 1,7 \cdot 10^{-3}$  А при  $V_c = 100$  В (для структуры с разницей работ выхода Me-Si 0,1 эВ) и  $I_c = 9,1 \cdot 10^{-5}$  А при  $V_c = 100$  В (для структуры с разницей работ выхода Me-Si 0,2 эВ)). Кроме того, повышение разницы работ выхода более 0,4 эВ не эффективно, т.к. дальнейшее увеличение работы выхода  $A_{Me}$  практически не снижает ток утечки ( $I_c = 6,73 \cdot 10^{-8}$  А для

материала с работой выхода 5,1 эВ;  $I_c = 6,72 \cdot 10^{-8}$  А для материала с работой выхода 5,2 эВ и  $I_c = 6,71 \cdot 10^{-8}$  А для материала с работой выхода 5,2 эВ), но зато сильно уменьшает прямой ток через диод ( $I_a = 2,88 \cdot 10^{-3}$  А при  $V_a = 0,5$  В для структуры с разницей работ выхода Me-Si 0,4 эВ;  $I_a = 2,56 \cdot 10^{-4}$  А при  $V_a = 0,5$  В для структуры с разницей работ выхода Me-Si 0,6 эВ).

1. Huang, A. Q. Recent developments of power semiconductor devices / A. Q. Huang // VPEC Semi-nar Proceedings, September 1995, p. 1.

2. [http:// www.silvaco.com](http://www.silvaco.com).

## ПАРАМЕТРЫ ПОЛЕВОГО ДАТЧИКА ХОЛЛА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ВКЛЮЧЕНИЯ

Дао Динь Ха, В.Р. Сتمпицкий

Датчики, принцип действия которых основан на эффекте Холла – полевые датчики Холла (ПДХ), широко используются с целью детектирования магнитного поля, в том числе, в системах защиты информации. ПДХ на основе КНИ-структуры сочетает в себе достоинства традиционного элемента Холла и управляющей системой типа «металл-диэлектрик-полупроводник-диэлектрик-металл» (МДПДМ).

Предложена и исследована с использованием программного комплекса компании Silvaco выполнено моделирование конструкция ПДХ типа «холловский крест» с геометрическими размерами  $30 \times 30$  мкм<sup>2</sup>. В отсеченном от подложки слое кремния формируется  $n^+ - n - n^+$  канал, толщина которого 0,2 мкм и уровень легирования  $n$ -области  $5 \cdot 10^{16}$  см<sup>-3</sup> таковы, что в канале существует гальваническая связь обеих управляющих систем.

Область пространственного заряда, создаваемая одна из МДП-систем вблизи соответствующего интерфейса, можно изменять путем изменения потенциалов затвора другой МДП-системы. Таким образом, напряжение Холла зависит от режимов их подключения к источнику питания.

Исследованы электрические характеристики МДПДМ управляющей системы. В данном случае оба затвора находятся под одинаковым потенциалом, и потенциалы затворов отличаются по величине и знаку потенциала, при этом соответствующие характеристики имеют аналогичную форму, но различаются количественно).

Полученные результаты показали, что на участке роста ВАХ напряжение Холла убывает с ростом напряжения на затворах, несмотря на то, что ток канала возрастает с увеличением потенциала затворов. Этот эффект объясняется уменьшением подвижности электронов под влиянием потенциалов затворов ( $\mu_{Hmax} = 780$  см<sup>2</sup>·В<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup> и  $\mu_{Hmax} = 700$  см<sup>2</sup>·В<sup>-1</sup>·с<sup>-1</sup> соответственно при напряжении на затворе 2,5 В и 5,0 В). При этом с ростом напряжения на затворе увеличивается чувствительность в 2,5 раза (от 120 до 280 мВ·Тл<sup>-1</sup>), но уменьшается чувствительность по току (от 730 до 650 В·А<sup>-1</sup>·Тл<sup>-1</sup>).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОНОВ В GaAs<sub>s</sub> ТРАНЗИСТОРАХ ДИАПАЗОНА КВЧ

В.Н. Мищенко

Использование материала GaAs для разработки полевых транзисторов диапазонов СВЧ и КВЧ привлекает внимание, связанное с возможностью создания на основе этих структур приемопередающих модулей, радиометров и ряда других устройств. Разработана программа моделирования переноса электронов в приборах на основе полупроводниковых соединений группы A<sup>3</sup>B<sup>5</sup>, в которой использована процедура метода Монте-Карло при решении уравнения Пуассона. Использование этой программы позволило провести детальный анализ релаксационных процессов переноса носителей заряда для ряда структур диапазона КВЧ. Исследовались одномерная и двухмерные структуры из материала GaAs<sub>s</sub>, для которых изменялись их геометрические размеры, величина прикладываемого постоянного смещения, внешнего гармонического сигнала и ряд других параметров. Это позволило определить особенности формирования скорости электронов, их энергию, заселенности долин и ряд