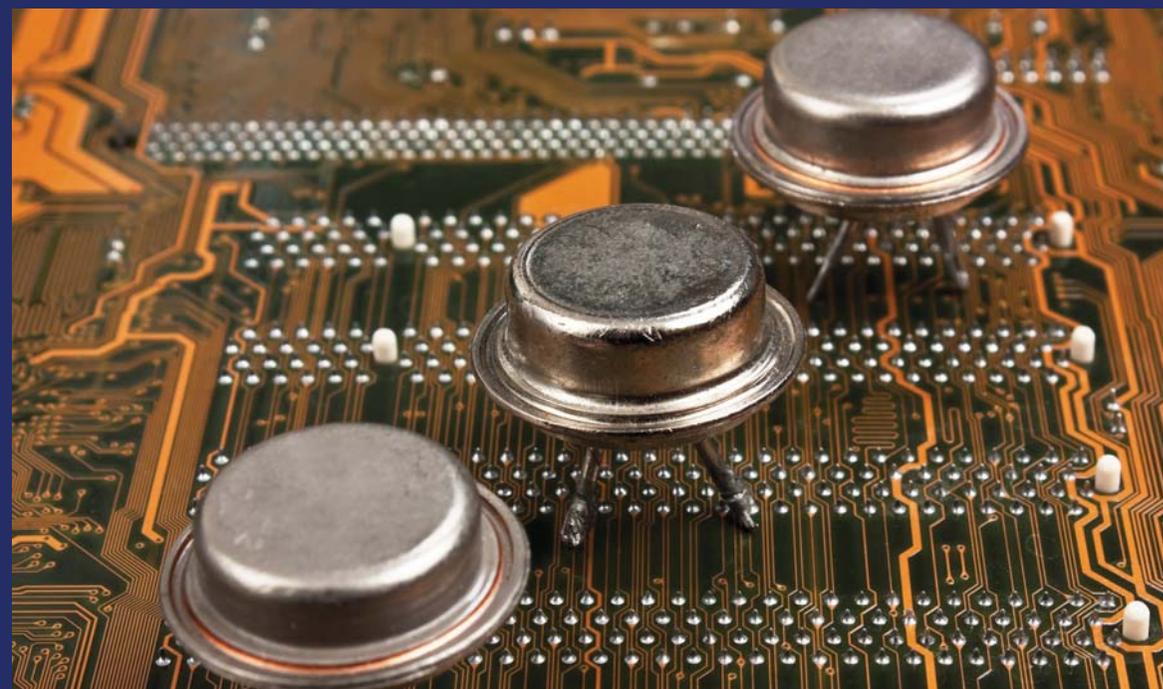


В книге обобщены результаты исследований по созданию силовых полупроводниковых приборов на основе карбида кремния (SiC) и рассмотрены особенности их работы. Приведены варианты конструкций и основные характеристики силовых полупроводниковых приборов на основе карбида кремния - диодов Шоттки и транзисторов (биполярных, полевых, с управляющим р-п-переходом, с изолированным затвором и др.). Представлен обзор большого массива современных экспериментальных и теоретических результатов по силовым полупроводниковым приборам на основе SiC (расчетов прямых и обратных вольт-амперных характеристик диодов Шоттки, особенностей «охранных систем», характеристик обратного восстановления, сопротивления диодов при прямом включении, влияния материалов анода на вольт-амперные характеристики диодов Шоттки, расчеты пространственного распределения свободных электронов в МОП-транзисторах со встроенным п-каналом на основе 4H-SiC и др.). Для научных работников и инженеров, занимающихся исследованиями в области физики полупроводников, силовой электроники, физики твердого тела, а также студентов и аспирантов, специализирующихся в этих областях.

Силовые диоды и транзисторы на SiC



Сергей Рыбалка
Андрей Демидов
Алексей Малаханов

Рыбалка Сергей Борисович, к.ф.-м.н., доцент кафедры «Общая физика» Брянского государственного технического университета (БГТУ). Демидов Андрей Александрович, д.ф.-м.н., заведующий кафедрой «Общая физика» БГТУ. Малаханов Алексей Алексеевич, к.т.н., заведующий кафедрой «Электронные, радиоэлектронные и электротехнические системы» БГТУ.

Силовые диоды и транзисторы на основе карбида кремния

Рыбалка, Демидов, Малаханов



978-620-2-07079-9

LAP
LAMBERT
Academic Publishing

**Сергей Рыбалка
Андрей Демидов
Алексей Малаханов**

Силовые диоды и транзисторы на основе карбида кремния

**Сергей Рыбалка
Андрей Демидов
Алексей Малаханов**

**Силовые диоды и транзисторы на
основе карбида кремния**

LAP LAMBERT Academic Publishing RU

Imprint

Any brand names and product names mentioned in this book are subject to trademark, brand or patent protection and are trademarks or registered trademarks of their respective holders. The use of brand names, product names, common names, trade names, product descriptions etc. even without a particular marking in this work is in no way to be construed to mean that such names may be regarded as unrestricted in respect of trademark and brand protection legislation and could thus be used by anyone.

Cover image: www.ingimage.com

Publisher:

LAP LAMBERT Academic Publishing

is a trademark of

International Book Market Service Ltd., member of OmniScriptum Publishing Group

17 Meldrum Street, Beau Bassin 71504, Mauritius

Printed at: see last page

ISBN: 978-620-2-07079-9

Copyright © Сергей Рыбалка, Андрей Демидов, Алексей Малаханов

Copyright © 2018 International Book Market Service Ltd., member of
OmniScriptum Publishing Group

All rights reserved. Beau Bassin 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	5
ГЛАВА 1. СИЛОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ НА КАРБИДЕ КРЕМНИЯ	6
§1.1. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА КАРБИДА КРЕМНИЯ КАК МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПРИБОРОВ СИЛОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ	6
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	16
ГЛАВА 2. СИЛОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ НА КАРБИДЕ КРЕМНИЯ	18
§2.1. ДИОДЫ ШОТТКИ НА КАРБИДЕ КРЕМНИЯ	18
§2.1.1. <i>Структуры диодов Шоттки</i>	19
§2.1.2. <i>Прямые и обратные ВАХ диодов Шоттки</i>	21
§2.1.3. <i>Характеристики обратного восстановления</i>	24
§2.1.4. <i>Сопротивление диода в прямом включении</i>	26
§2.2. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВАРИАНТЫ ДИОДОВ ШОТТКИ	27
§ 2.2.1. <i>«Охранные» системы, повышающие пробивные напряжения</i>	27
§ 2.2.2. <i>Конструкция элементов, повышающих надежность и стабильность диодов Шоттки</i>	29
§ 2.2.3. <i>Конструкция элементов, понижающих обратные токи (JBS)</i>	32
§ 2.2.4. <i>Экспериментальные исследования диодных структур</i>	35
§ 2.2.5. <i>Особенности металлизации анода и катода диода Шоттки</i>	40
§ 2.2.6. <i>Влияние материала анода на ВАХ 4H-SiC диода Шоттки</i>	43
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	47
ГЛАВА 3. СИЛОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ НА КАРБИДЕ КРЕМНИЯ	50
§3.1. СТРУКТУРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ	50
§3.1.1. <i>Структура карбидокремниевых БТ</i>	51
§3.1.2. <i>Коэффициент усиления по току</i>	55
§3.1.3. <i>Пробивное напряжение</i>	58
§3.1.4. <i>«Охранные» структуры Junction Edge Termination</i>	58
§3.1.5. <i>Удельное сопротивление и выходные характеристики</i>	62
§3.1.6. <i>Перспективы SiC транзисторов</i>	64
§3.2. СТРУКТУРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ	65
§3.2.1. <i>Краткая история полевых транзисторов (FETs)</i>	65
§3.2.2. <i>МДП (MOSFET) транзисторы</i>	68

§3.2.2.1. Структура планарного силового D-MOSFET транзистора.....	69
§3.2.2.2. Характеристики запирания	72
§3.2.2.2. Прямая проводимость.....	74
§3.2.2.3. Пороговое напряжение.....	81
§3.2.2.4. Выходные характеристики	84
§3.2.2.5. Проблемы коммерциализации	85
§3.3. ПОЛЕВЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С УПРАВЛЯЮЩИМ P-N ПЕРЕХОДОМ (JFET).....	86
§3.3.1. <i>Краткая история и принцип работы</i>	86
§3.3.2. <i>Типовые структуры и характеристики N-on JFET</i>	88
§3.3.3. <i>Типовые структуры для N-off JFET</i>	91
§3.3.4. <i>Интегральные All-JFET каскоды</i>	95
§3.4. БИПОЛЯРНЫЙ ТРАНЗИСТОР С ИЗОЛИРОВАННЫМ ЗАТВОРОМ (IGBT).....	97
§3.4.1. <i>Краткая история и принцип работы</i>	97
§3.4.2. <i>Типовые структуры и характеристики IGBT</i>	100
§3.5. МОП-ТРАНЗИСТОРЫ СО ВСТРОЕННЫМ N-КАНАЛОМ НА ОСНОВЕ 4H-SiC..	107
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	114
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	117