

Министерство образования и науки Российской Федерации
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

В. В. Козловский А. Э. Васильев

**РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИКА
ПОЛУПРОВОДНИКОВ**
**Часть 1. РАДИАЦИОННЫЕ
ЭФФЕКТЫ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ
ПРИ ПРОТОННОМ ОБЛУЧЕНИИ**

Учебное пособие

 **ИЗДАТЕЛЬСТВО**
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Санкт-Петербург
2015

Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

В. В. Козловский А. Э. Васильев

**РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИКА
ПОЛУПРОВОДНИКОВ**

**Часть 1. РАДИАЦИОННЫЕ
ЭФФЕКТЫ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ
ПРИ ПРОТОННОМ ОБЛУЧЕНИИ**

Учебное пособие



Санкт-Петербург
2015

УДК 621.38+539.1

ББК 32+852

К59

Козловский В. В. Радиационная физика полупроводников. Ч. 1. Радиационные эффекты в полупроводниках при протонном облучении : учеб. пособие / В. В. Козловский, А. Э. Васильев. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 188 с.

В пособии впервые дано систематическое изложение современного состояния исследований модифицирования полупроводников пучками протонов. Выполнен анализ общих феноменологических закономерностей взаимодействия легких ионов с монокристаллическими полупроводниками. Проведено концептуальное обобщение результатов фундаментальных исследований, полученных в течение последнего времени по основным направлениям радиационного модифицирования полупроводников пучками протонов: трансмутационному ядерному легированию, радиационно-стимулированной диффузии, легированию радиационными дефектами, формированию наноразмерных пористых слоев. Пособие соответствует ГОСу направления магистерской подготовки 03.04.02_01 «Физика наноструктур и наноэлектроника».

Пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки магистров «Техническая физика». Может быть также использовано будущими магистрами Института физики, нанотехнологий и телекоммуникаций (ИФНИТ) СПбПУ, изучающих дисциплину «Физика конденсированного состояния», и преподавателями при подготовке к лекциям и практическим занятиям.

Печатается по решению

Совета по издательской деятельности Ученого совета

Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

© Козловский В. В., Васильев А. Э., 2015

ISBN 978-5-7422-5087-6 (ч. 1) © Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2015

ISBN 978-5-7422-5086-9

Оглавление

Предисловие	3
Введение	7
Глава 1. Ионно-стимулированные процессы.....	14
1.1. Взаимодействие легких ионов с монокристаллическими полупроводниками.....	15
1.2. Протонно-стимулированная диффузия.....	39
1.2.1. Перераспределение легирующих примесей в полупроводниках при высокотемпературном протонном облучении.....	39
1.2.2. Диффузия примесей в предварительно облученный полупроводниковый кристалл.....	105
1.3. Процессы ионно-лучевого перемешивания.....	123
1.3.1. Теоретические представления о физике радиационно-стимулированных процессов на границе раздела металл-полупроводник.....	125
1.3.2. Ионно-стимулированные процессы формирования химических соединений.....	130
Глава 2. Трансмутационное легирование.....	142
2.1. Особенности ядерных реакций под действием заряженных частиц.....	143
2.2. Моделирование процессов трансмутационного легирования под действием заряженных частиц.....	145
2.3. Экспериментальное исследование процессов трансмутационного легирования в полупроводниках под действием заряженных частиц.....	158
2.3.1 Кремний.....	159
2.3.2 Полупроводниковые соединения $A^{III}B^V$	164
2.3.3 Другие материалы.....	173
2.4. Возможности использования метода трансмутационного легирования на заряженных частицах в технологии изготовления полупроводниковых приборов.....	178
Библиографический список.....	183
Заключение.....	187