

Ф. Ф. Комаров
С. В. Константинов



1.184901, bar=2000005972273

ИОННАЯ И ФОТОННАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ

Допущено
Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальностям
«Физическая электроника», «Радиофизика»

184901

БИБЛИОТЕКА
Учреждения образования
"Гомельский государственный
технический университет
имени П.О. Сухого" №



Минск
«Вышэйшая школа»

2022

Комаров, Ф. Ф. Ионная и фотонная обработка материалов : учебное пособие / Ф. Ф. Комаров, С. В. Константинов. — Минск : Вышэйшая школа, 2022. — 245, [1] с.

УДК [621.793.184 + 621.9.048.7](075.8)

Чит. зал №1 — 1 экз.

Изложены современные представления о физике взаимодействия ионных пучков с твердыми телами, рассмотрены вопросы образования и отжига дефектов кристаллической решетки, формирование заданных профилей распределения легирующих атомов. Приведены данные о современном оборудовании, используемом для ионной и фотонной обработки материалов, а также для изменения свойств ионно-имплантированных слоев. Рассмотрены приложения ионной и фотонной обработки в современных технологиях микроэлектроники и твердотельной электроники.

Для студентов учреждений высшего образования, изучающих физику полупроводниковых материалов, физику твердого тела, физическую электронику, микроэлектронику, методы математической физики.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ	3
1.1. Оборудование для ионного внедрения	8
1.2. Системы автоматизированного управления установками ионной имплантации	15
ГЛАВА 2. ЛАГРАНЖИАН ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ ЧАСТИЦ	19
2.1. Приведенная масса	20
ГЛАВА 3. КЛАССИЧЕСКОЕ ДВИЖЕНИЕ ИОНА В ЦЕНТРАЛЬНОМ ПОЛЕ	22
ГЛАВА 4. ПОТЕНЦИАЛЫ ИОННО-АТОМНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ	26
ГЛАВА 5. СЕЧЕНИЯ РАССЕЙАНИЯ	32
5.1. Сечение упругого торможения	34
ГЛАВА 6. СЕЧЕНИЕ НЕУПРУГОГО ТОРМОЖЕНИЯ	37
ГЛАВА 7. ПРОБЕГИ ИОНОВ. ПРОФИЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ И ВЫДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГИИ	41
ГЛАВА 8. МЕТОД МОМЕНТОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ	45
8.1. Высокоэнергетическая ионная имплантация	54
8.1.1. Пространственное распределение внедренных атомов и первичных радиационных дефектов при МэВ-й имплантации	57
8.1.2. Пространственное распределение внедренных атомов и радиационного повреждения при $E \geq 1$ МэВ/а.е.м.	60
8.1.3. Особенности дефектообразования в кремнии при высокоэнергетической ионной имплантации.	64
8.1.4. Формирование однородно-легированных толстых слоев	70
8.1.5. Создание скрытых изолирующих и проводящих слоев на глубине кристалла.	74
8.1.5.1. Создание вертикальной изоляции в кремнии и скрытых проводящих слоев	75
8.1.5.2. Создание горизонтальной изоляции на A^3B^5 -полупроводниках	89

8.1.5.3. «Smart-cut»-процесс формирования КНИ-структур.	92
8.1.5.4. Ионная имплантация для создания наночастиц и квантовых точек	98
8.1.5.5. Процессы трекообразования при облучении твердых тел ионами высоких энергий. Применение трековой технологии	104
ГЛАВА 9. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОБЕГОВ ИОНОВ В ДВУХСЛОЙНЫХ СТРУКТУРАХ	120
ГЛАВА 10. ИМПЛАНТАЦИЯ АТОМАМИ ОТДАЧИ	124
ГЛАВА 11. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИМЕСЕЙ И РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ ПРИ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ ЧЕРЕЗ ОКНА В МАСКЕ	127
ГЛАВА 12. ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТА КАНАЛИРОВАНИЯ НА ПРОБЕГИ ИОНОВ.	133
ГЛАВА 13. ПРОФИЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АТОМОВ ИМПЛАНТИРОВАННЫХ ПРИМЕСЕЙ ПРИ ВЫСОКИХ ФЛЮЕНСАХ ОБЛУЧЕНИЯ	141
13.1. Формулы для расчета коэффициента распыления.	145
13.2. Диффузионное перераспределение примеси.	148
ГЛАВА 14. КАСКАДЫ АТОМНЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ	153
ГЛАВА 15. СООТНОШЕНИЕ КАСКАДНОЙ ТЕОРИИ И ЭКСПЕРИМЕНТА.	157
ГЛАВА 16. ТИПЫ ИОННО-РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ	160
ГЛАВА 17. НАКОПЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ И АМОРИЗАЦИЯ	163
ГЛАВА 18. РАВНОВЕСНЫЙ ТЕРМИЧЕСКИЙ ОТЖИГ ИМПЛАНТИРОВАННЫХ КРИСТАЛЛОВ. ТВЕРДОФАЗНАЯ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ АМОРФНЫХ СЛОЕВ	168
ГЛАВА 19. БЫСТРАЯ ТЕРМООБРАБОТКА ИОННО-ИМПЛАНТИРОВАННЫХ СЛОЕВ.	175
ГЛАВА 20. ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПОЛЯ	178
ГЛАВА 21. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВНЕДРЕННЫХ ПРИМЕСЕЙ ПРИ БТО С РАСПЛАВЛЕНИЕМ СЛОЯ И БЕЗ НЕГО	183

ГЛАВА 22. МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИМПЛАНТИРОВАННЫХ СЛОЕВ.	187
22.1. Выбор метода постимплантационных измерений	187
22.2. Травление <i>p-n</i> -переходов	193
22.3. Определение типа проводимости	195
22.4. Методы, основанные на измерении поверхностного сопротивления	197
22.5. Определение времени жизни неосновных носителей заряда	214
22.6. Анализ имплантационных слоев с помощью легких высокоэнергетических ионов	215
22.6.1. Обратное резерфордовское рассеяние	217
22.6.2. Каналирование и местоположение атомов в кристаллической решетке.	220
22.6.3. Характеристическое рентгеновское излучение	225
22.6.4. Метод ядерных реакций	229
22.7. Масс-спектрометрия вторичных ионов	233
22.8. Рентгеноструктурный и фазовый анализ	235
ЛИТЕРАТУРА	241
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	243