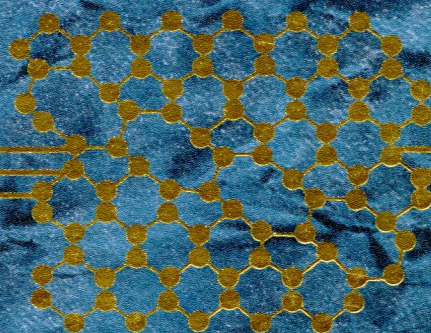




АТОМНАЯ СТРУКТУРА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СИСТЕМ



2006

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

АТОМНАЯ СТРУКТУРА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СИСТЕМ

Ответственный редактор
академик А. Л. Асеев



НОВОСИБИРСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2006

УДК 621.38
ББК 32.85
А92

А92 **Атомная структура полупроводниковых систем/** отв. ред. А. Л. Асеев; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т физики полупроводников. — Новосибирск: Издательство СО РАН, 2006. — 292 с.

ISBN 5-7692-0841-4

Представлены результаты работ Института физики полупроводников СО РАН по исследованию структуры полупроводниковых систем при различных технологических воздействиях. Рассмотрены дислокационная структура полупроводниковых кристаллов и пленок, атомная структура скоплений точечных дефектов в кремнии и германии, процессы структурных перестроек на ступенчатых поверхностях кремния. Полученные данные используются при разработке технологии создания новых материалов и устройств микро-, опто- и наноэлектроники, микро- и наноструктур для исследования квантовых и одноэлектронных эффектов. Заключительный раздел книги посвящен изложению актуальных проблем развития полупроводниковых нанотехнологий на основе имеющихся достижений в методах молекулярно-лучевой эпитаксии, в создании структур кремний-на-изоляторе и в методах нанолитографии.

Представляет интерес для специалистов по полупроводниковому материаловедению и полупроводниковой электронике — научных сотрудников, работников предприятий отрасли, студентов и аспирантов, обучающихся по соответствующим специальностям, в том числе по специальностям «Наноматериалы» и «Нанотехнологии в электронике».

Утверждено к печати Ученым советом
Института физики полупроводников СО РАН

Рецензенты:

акад. Ф. А. Кузнецов
член-корр. РАН И. Г. Неизвестный
д-р физ.-мат. наук И. В. Ивонин

ISBN 5-7692-0841-4

© ИФП СО РАН, 2006

© Оформление. Издательство СО РАН, 2006

| | |
|--|----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 3 |
| ГЛАВА I. ДИСЛОКАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ДЕФОРМИРОВАННЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КРИСТАЛЛОВ И ГЕТЕРОЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СЛОЕВ | 11 |
| § 1. Система дислокаций в изогнутом германии (<i>А. Л. Асеев, Ю. Д. Ваулин, С. И. Стенин, Ф. Л. Эдельман</i>) | — |
| § 2. Dislocation processes during plastic deformation of Si and Ge in the range 0.50 to 0.95 of the melting temperature (<i>A. L. Aseev, Yu. N. Golobokov, S. I. Stenin</i>)..... | 14 |
| § 3. Особенности структуры гетеропереходов Ge—GaAs, полученных различными методами (<i>А. Л. Асеев, Ю. Н. Погорелов, С. И. Стенин, В. Н. Шумский</i>)..... | 24 |
| ГЛАВА II. РАДИАЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В КРЕМНИИ И ГЕРМАНИИ ПРИ ВЫСОКОЙ СКОРОСТИ ГЕНЕРАЦИИ ТОЧЕЧНЫХ ДЕФЕКТОВ | 31 |
| § 4. Electron beam induced changes of the real structure of semiconductors (<i>A. L. Aseev, V. M. Astakhov, O. P. Pchelyakov, J. Heydenreich, G. Kastner, D. Hoehl</i>) | — |
| § 5. Взаимодействие точечных дефектов с поверхностью кристаллов кремния при облучении в высоковольтном электронном микроскопе (<i>А. Л. Асеев, В. М. Астахов</i>)..... | 38 |
| § 6. Study of interaction of point defects with dislocations in silicon by means of irradiation in an electron microscope (<i>L. I. Fedina, A. L. Aseev</i>) | 45 |
| § 7. О механизме формирования скоплений междоузельных атомов в кремнии при высокотемпературной ионной имплантации (<i>А. Л. Асеев, Л. И. Федина</i>)..... | 58 |

| | |
|---|----|
| § 8. {113} Defects in He ⁺ implanted germanium (<i>J. Hutchison, A. L. Aseev, L. I. Fedina</i>) | 63 |
| § 9. In situ HREM irradiation study of an intrinsic point defects clustering in FZ-Si (<i>L. Fedina, A. Gutakovskii, A. Aseev</i>) | 70 |

ГЛАВА III. АТОМНЫЕ ПРОЦЕССЫ НА ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ

83

| | |
|---|-----|
| § 10. Аномальное поведение моноатомных ступеней при структурном переходе $(1 \times 1) \rightleftharpoons (7 \times 7)$ на атомно-чистой поверхности кремния (111) (<i>А. В. Латышев, А. Л. Асеев, С. И. Стенин</i>) | – |
| § 11. Влияние электрического тока на соотношение площадей доменов (2×1) и (1×2) на чистой поверхности кремния (001) в процессе сублимации (<i>А. В. Латышев, А. Б. Красильников, А. Л. Асеев, С. И. Стенин</i>) | 87 |
| § 12. Transformations on clean Si(111) stepped surface during sublimation (<i>A. V. Latyshev, A. L. Aseev, A. B. Krasilnikov, S. I. Stenin</i>) | 91 |
| § 13. Self-diffusion on Si(111) surfaces (<i>A. V. Latyshev, A. B. Krasilnikov, A. L. Aseev</i>) | 101 |
| § 14. Моноатомные ступени на поверхности кремния (<i>А. В. Латышев, А. Л. Асеев</i>) | 109 |

ГЛАВА IV. КВАНТОВЫЕ И ОДНОЭЛЕКТРОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУРАХ

128

| | |
|--|-----|
| § 15. Квазибаллистический квантовый интерферометр (<i>А. А. Быков, З. Д. Квон, Е. Б. Ольшанецкий, А. Л. Асеев, М. Р. Бакланов, Л. В. Литвин, Ю. В. Настаушев, В. Г. Мансуров, В. П. Мигаль, С. П. Моценко</i>) | – |
| § 16. Одноэлектронные транзисторы на основе эффектов кулоновской блокады и квантовой интерференции (<i>З. Д. Квон, Л. В. Литвин, А. Л. Асеев, В. А. Ткаченко</i>) | 133 |
| § 17. Одноэлектронный металлический транзистор с низкими туннельными барьерами (<i>Д. Г. Бакшеев, В. А. Ткаченко, Л. В. Литвин, В. А. Колосанов, К. П. Могильников, А. Г. Черков, А. Л. Асеев</i>) | 139 |
| § 18. Одноэлектронная зарядка треугольных квантовых точек кольцевого интерферометра (<i>В. А. Ткаченко, А. А. Быков, Д. Г. Бакшеев, О. А. Ткаченко, Л. В. Литвин, А. В. Латышев, Т. А. Гаврилова, А. Л. Асеев, О. Эстибаль, Ж.-К. Портал</i>) | 160 |
| § 19. Когерентное рассеяние в малой квантовой точке (<i>В. А. Ткаченко, О. А. Ткаченко, З. Д. Квон, Д. Г. Бакшеев, А. Л. Асеев, Ж. К. Портал</i>) | 183 |

| | |
|--|-----|
| ГЛАВА V. МАТЕРИАЛЫ И УСТРОЙСТВА МИКРО-, ОПТО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ | 191 |
| § 20. Статус молекулярно-лучевой эпитаксии кадмий—ртуть—теллур в тепловизионной технике (<i>В. М. Белоконев, А. Д. Крайлюк, Е. В. Дегтярев, В. С. Варавин, В. В. Васильев, С. А. Дворецкий, Н. Н. Михайлов, Д. Н. Придачин, Ю. Г. Сидоров, М. В. Якушев, А. Л. Асеев</i>)..... | — |
| § 21. Нанотранзисторы кремний-на-изоляторе: перспективы и проблемы реализации (<i>О. В. Наумова, И. В. Антонова, В. П. Попов, Ю. В. Настаушев, Т. А. Гаврилова, Л. В. Литвин, А. Л. Асеев</i>)..... | 207 |
| § 22. Новый элемент памяти на кремниевых нанокластерах в диэлектрике с высокой диэлектрической проницаемостью ZrO_2 для электрически перепрограммируемого постоянного запоминающего устройства (<i>В. А. Гриценко, К. А. Насыров, Д. В. Гриценко, Ю. Н. Новиков, А. Л. Асеев, Д. Х. Ли, Д.-В. Ли, Ч. В. Ким</i>)..... | 219 |
| ГЛАВА VI. ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ | 228 |
| § 23. Наноматериалы и нанотехнологии (<i>Ж. И. Алферов, А. Л. Асеев, С. В. Гапонов, П. С. Копьев, В. И. Панов, Э. А. Полторацкий, Н. Н. Сибельдин</i>)..... | — |
| § 24. Развитие нанотехнологий и их применение для разработки устройств полупроводниковой электроники (<i>Ю. Г. Сидоров, А. И. Торопов, В. В. Шашкин, В. Н. Овсяк, В. А. Гайслер, А. К. Гутаковский, А. В. Латышев, В. А. Ткаченко, З. Д. Квон, А. В. Двуреченский, О. П. Пчеляков, В. Я. Принц, В. П. Попов, А. Л. Асеев</i>)..... | 248 |
| § 25. Новые возможности нанолитографии зондом атомно-силового микроскопа (<i>Д. В. Щеглов, Е. Е. Родякина, А. В. Латышев, А. Л. Асеев</i>)..... | 264 |
| § 26. Развитие нанотехнологии и создание наноматериалов (<i>А. Л. Асеев</i>)..... | 281 |