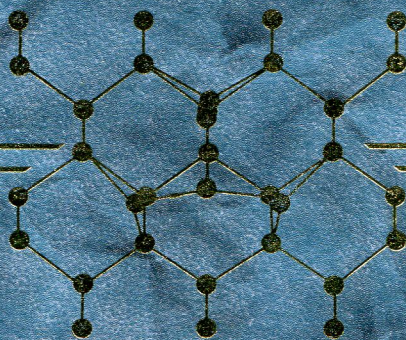




# НАНОТЕХНОЛОГИИ В ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ





РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

# **НАНОТЕХНОЛОГИИ В ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКЕ**

Ответственный редактор  
академик А. Л. Асеев

2-е издание, стереотипное



НОВОСИБИРСК  
ИЗДАТЕЛЬСТВО СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

2007

УДК 621.38  
ББК 32.852  
Н25

**Нанотехнологии в полупроводниковой электронике**/ отв. редактор А. Л. Асеев ; Рос. акад. наук, Ин-т физ. полупроводников ; 2-е изд., стер. — Новосибирск: Издательство СО РАН, 2007. — 368 с.

В монографии представлены результаты работ ИФП СО РАН по развитию нанотехнологий и методов диагностики для создания нового поколения устройств и приборов современной микро- и нанoeлектроники. Рассмотрены: технологии молекулярно-лучевой эпитаксии; методы наноструктурирования, позволяющие создавать двух- и трехмерные наноструктуры различных форм и геометрии; современные методы диагностики полупроводниковых наноструктур с атомным разрешением; результаты применения нанотехнологий для изготовления устройств нанoeлектроники.

Монография представляет интерес для специалистов в области физики полупроводников, физики и химии твердого тела, микро-, нанoeлектроники и нанотехнологии.

Утверждено к печати Ученым советом  
Института физики полупроводников СО РАН

Рецензенты:

академик Ф. А. Кузнецов

член-корреспондент РАН И. Г. Неизвестный

д-р физ.-мат. наук В. К. Малиновский

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	3
<b>ГЛАВА 1. МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВАЯ ЭПИТАКСИЯ</b> .....	13
§ 1.1. Выращивание структур $Cd_xHg_{1-x}$ с горизонтальным и вертикальным расположением нанослоев методом МЛЭ (Н. Н. Михайлов, Р. Н. Смирнов, С. А. Дворецкий, Ю. Г. Сидоров, В. А. Швец, Е. В. Спесивцев, С. В. Рыхлицкий, П. А. Бахтин, В. С. Варавин, А. Ф. Кравченко, А. В. Латышев, И. В. Сабина, М. В. Якушев).....	-
§ 1.2. Получение пленок GaN заданной полярности методом молекулярно-лучевой эпитаксии на $Al_2O_3$ (0001) (В. В. Преображенский, Б. Р. Семягин, М. А. Путьято, Т. Х. Хамзин, В. Г. Мансуров, К. С. Журавлев, А. И. Торопов, О. П. Пчеляков) .....	33
§ 1.3. Молекулярно-лучевая эпитаксия GaAs при низких температурах: влияние избыточного мышьяка на структуру и свойства слоев (Л. Г. Лаврентьева, М. Д. Вилисова, В. В. Преображенский, В. В. Чалдышев).....	41
§ 1.4. МЛЭ-системы Ge/Si и структуры с квантовыми точками для элементов наноэлектроники (А. В. Двуреченский, А. И. Никифоров, О. П. Пчеляков, С. А. Тийс, А. И. Якимов).....	67
<b>ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИЯ НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ</b> .....	85
§ 2.1. Самоформирующиеся прецизионные 3D наноструктуры для будущих приборов наноэлектроники и наномеханики (В. Я. Прицу) .....	-
§ 2.2. Электронно-лучевая литография сфокусированными пучками и ее применение для изготовления квантовых структур и элементов наноэлектроники (Ю. В. Настаушев, Л. В. Литвин, Т. А. Гаврилова, А. Е. Плотников, А. Л. Асеев).....	120
§ 2.3. Создание и исследование наноразмерных структур зондом АСМ (Д. В. Щеглов, А. В. Латышев, А. Л. Асеев).....	132

<b>ГЛАВА 3. ДИАГНОСТИКА НАНОСТРУКТУР</b> .....	154
§ 3.1. Исследование полупроводниковых гетеросистем современными методами просвечивающей электронной микроскопии (А. К. Гутаковский, А. Л. Асеев) .....	–
§ 3.2. Атомные механизмы кластеризации собственных точечных дефектов в Si (Л. И. Федина, А. Л. Асеев) .....	179
§ 3.3. Сверхвысоковакуумная отражательная электронная микроскопия (А. В. Латышев, С. С. Косолобов, Д. А. Насимов, А. Л. Асеев) .....	202
§ 3.4. Применение сканирующей туннельной микроскопии для исследования наноструктур на поверхностях кремния (Б. З. Ольшанецкий, С. А. Тийс).....	235
<b>ГЛАВА 4. УСТРОЙСТВА НАНОЭЛЕКТРОНИКИ</b> .....	252
§ 4.1. ИК-фотоприемники на многослойных гетероструктурах с GaAs/AlGaAs (А. И. Торопов, В. В. Шашкин).....	–
§ 4.2. Лазеры с вертикальным резонатором на основе $In_{0,2}Ga_{0,8}As$ квантовых ям (В. А. Гайслер, А. И. Торопов).....	272
§ 4.3. Исследование процессов роста и свойств AlGaN/GaN-структур для мощных СВЧ-транзисторов на подложках сапфира (К. С. Журавлев, В. Г. Мансуров, В. В. Преображенский, Ю. Г. Галицын, Б. Р. Семягин, В. А. Колосанов, О. А. Шегай, М. А. Ревенко, А. К. Гутаковский, А. В. Латышев, Т. С. Шамирзаев, А. Б. Талочкин, В. И. Ободников, В. Н. Овсяк).....	298
§ 4.4. Гетероструктуры Ge/Si с квантовыми точками для нанотранзисторов, фототранзисторов и фотодиодов (А. В. Двуреченский, А. И. Якимов) .....	308
§ 4.5. Разработка нанотранзисторов на структурах кремний-на-изоляторе для нового поколения элементной базы микроэлектроники (В. П. Попов, А. Л. Асеев, А. А. Французов, М. А. Ильницкий, Л. Н. Сафронов, О. В. Наумова, Ю. В. Настаушев, Т. А. Гаврилова, В. М. Кудряшов, Л. В. Литвин).....	337
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	363