

УДК 621.38

**Галочкин В.А.** Введение в нанотехнологии и наноэлектронику.  
Конспект лекций. - Самара: ГОБУВПО ПГУТИ, 2013г - 367 с

Достижения нанотехнологий основаны на принципиально новых научных знаниях о природе строения материалов, и, соответственно, принципиально новых технологиях и принципах конструирования.

В данной работе собраны наиболее яркие (по мнению автора) публикации последних лет /1-20/ о наиболее значимых достижениях в области нанотехнологий и наноэлектроники и перспективах их развития. В ряде случаев публикации приведены практически без купюр, чтобы не исказить мнение авторов по наиболее важным их идеям и утверждениям.

Автор взял на себя лишь труд отобрать из буквально «моря информации» материалы, соприкасающиеся с направлениями технических дисциплин ПГУТИ, скомпоновать и представить эти материалы в форме лекций для студентов телекоммуникационных специальностей.

Цель данной работы – в популярной форме познакомить студентов ПГУТИ с новейшими достижениями науки и техники в рамках изучаемых ими дисциплин.

Государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»

© Галочкин В.А., 2013г

## Оглавление

<b>Глоссарий</b> .....	9
<b>Введение</b> .....	12
<b>Тема 1*: введение в нанотехнологии</b> .....	14
<b>Лекция 1</b> .....	14
1.1. Предисловие.....	14
1.2. "Умственная иммунная система".....	19
1.3. Закон Мура.....	21
1.4. Основные понятия.....	24
1.4.1. Нанотехнология .....	25
1.4.2. Ассемблеры–молекулярныемашины .....	28
1.5.Краткая справка по истории нанотехнологий.....	36
<b>Лекция 2</b> .....	39
2.1. Оборудование нанотехнологии .....	39
2.2.Туннельный эффект исканирующий туннельный микроскоп (СТМ) .....	40
2.3. Атомносиловой микроскоп .....	46
2.4. Сканирующие зондовые микроскопы .....	49
2.5. Самосборка.....	52
2.6. Нанозффекты в природе .....	54
2.7. Фуллерены и углеродные нанотрубки.....	57
2.8. Ультрадисперсные наноматериалы .....	66
<b>Лекция 3</b>	
<b>Будущее нанотехнологий: проблемыи перспективы</b> .....	69
3.1. Идеальная техническая система.....	69
3.2. Медицина .....	71
3.3. Материаловедение.....	73
3.4. Электроника, компьютерные технологии, робототехника.....	75
3.5. Микроскопия и средства визуализации.....	76
3.6. Социальные последствия.....	76
3.7. Домашний быт и сельское хозяйство .....	77
3.8. Промышленность и космонавтика.....	78
3.9. Космический лифт.....	80
3.10. Политика .....	85
3.11.Экология.....	87

3.12. Опасности, которыми не следует пренебрегать .....	88
3.13. Нано на стыке наук.....	91
3.14. Наноиндустрия в России и за рубежом .....	96
Выводы по теме .....	99
Контрольные вопросы по теме.....	110
Тема 2:законы квантового мира .....	103
<b>Лекция 4</b> .....	103
4.1. Как возникла квантовая физика .....	103
4.2. Основные понятия и законы квантовой механики.....	110
4.3. Структура атома .....	111
4.4. Постулаты Бора и квантование орбит .....	113
4.5. Принципы работы лазера.....	118
<b>Лекция 5</b> .....	124
5.1. Свойства лазерного излучения.....	124
5.2. Корпускулярно-волновой дуализм нанообъектов.....	125
5.3. Квантовые пределы точности измерений.....	129
5.4. Волновая функция и вероятностный характер поведения квантовых объектов.....	133
5.5. Уравнение Шредингера и периодическая система элементов Менделеева .....	137
<b>Лекция 6</b> .....	145
6.1. Квантовые размерные эффекты .....	145
6.2. Почему нельзя смешивать законы классической и квантовой физики.....	147
6.3. Эффекты квантовой физики, обеспечивающие реализацию эталонов основных единиц измерения физических величин системы СИ .....	150
6.4. Квантовые точки, проволоки и плоскости .....	151
6.5. Квантовая механика и компьютер .....	154
6.6. Сверхпроводимость и сверхтекучесть.....	156
6.7. Квантовая телепортация .....	159
6.8. Вероятностная интерпретация квантовых явлений .....	161
Выводы по теме .....	161

Контрольные вопросы по теме.....	165
<b>Тема 3: наноматериалы.....</b>	<b>167</b>
<b>Лекция 7 .....</b>	<b>167</b>
7.1. Химическая связь .....	167
7.2. Ионная связь .....	168
7.3. Ковалентная связь .....	172
7.4. Металлическая связь .....	174
7.5. Ван-дер-ваальсовы силы .....	176
7.6. Водородная связь.....	177
7.7. Что такое нанохимия? .....	178
7.8. Объекты нанохимии. Классификации наночастиц .....	182
7.9. Частицы из атомов инертных газов .....	184
7.10. Частицы металлов.....	185
7.11. Фуллерены.....	186
7.12. Нанотрубки .....	186
<b>Лекция 8 .....</b>	<b>191</b>
8.1. Ионные кластеры.....	191
8.2. Фрактальные кластеры.....	191
8.3. Молекулярные кластеры.....	192
8.4. Способы получения наночастиц .....	193
8.5. Получение углеродных наночастиц - фуллеренов и нанотрубок .....	197
8.5.1. Электродуговое распыление графита .....	198
8.5. 2. Лазерное испарение графита .....	199
8.5.3. Метод химического осаждения из пара.....	200
8.6. Примеры уникальных свойств некоторых наночастиц .....	203
8.6.1. Серебро.....	203
8.6.2. Оксид цинка .....	207
8.6.3. Серпентин.....	207
<b>Лекция 9 .....</b>	<b>210</b>
9.1. Диоксид кремния.....	210
9.2. "Умные" материалы .....	211
9.3. Алмазоид - наноматериал будущего.....	224

9.3.1. Перспективы применения алмазоида .....	226
9.3.2. Получение наноалмазов .....	228
Выводы по теме .....	230
Контрольные вопросы по теме .....	231
<b>Тема 4: инструменты нанотехнологии .....</b>	<b>233</b>
<b>Лекция 10 .....</b>	<b>233</b>
10.1. Оптический микроскоп .....	234
10.2. Разрешающая способность микроскопов .....	237
10.3. Электронный микроскоп .....	238
10.4. Сканирующая зондовая микроскопия .....	243
10.5. Типы кантилеверов .....	244
10.6. Сканирующий оптический микроскоп ближнего поля .....	245
10.7. Наноиндентор .....	247
10.8. Сканирующие зондовые лаборатории .....	249
10.9. Нановесы .....	251
10.10. Спектроскопия .....	253
<b>Лекция 11 .....</b>	<b>256</b>
11.1. Моделирование наноструктур .....	256
11.1. 1. Визуализационное моделирование .....	257
11.1.2. Вычислительное моделирование .....	258
11.1.3. Инженерное моделирование .....	261
11.2. Механические наноманипуляторы .....	263
11.2.1. Сканирующий зондовый микроскоп* .....	263
11.3. Оптические манипуляторы .....	269
11.3.1. Оптический пинцет* .....	270
11.3.2. Исключения из правил .....	276
Выводы по теме .....	279
Контрольные вопросы по теме .....	280
<b>Тема 5: наноэлектроника и микроэлектро- механические системы .....</b>	<b>282</b>
<b>Лекция 12 .....</b>	<b>282</b>
12.1. Появление и развитие полупроводниковой электроники .....	282
12.2. Диод .....	290
12.3. Транзистор .....	291
12.4. Интегральная микросхема .....	295

12.5. Проводящие полимеры .....	295
12.6. Появление и развитие MEMS и NEMS-технологии.....	300
12.7. Сенсоры .....	310
<b>Лекция 13</b> .....	315
13.1. Проекты наномоторов .....	315
13.1.1. Вращательный наноактюатор на основе .....	315
АТФазы.....	315
13.1.2. Электростатические наноактюаторы.....	316
13.1.3. Наноактюатор на основе молекулы ДНК.....	316
13.1.4. Проект диэлектрофорезного наномотора.....	317
13.1.5. Наномотор на эффекте поверхностного натяжения .....	318
13.1.6. Наномотор на основе нанотрубок и золотых электродов .....	319
13.1.7. Ротор на основе нанотрубки .....	320
13.1.8. Туннельный электростатический наномотор Дрекслера .....	321
Выводы по теме .....	322
Контрольные вопросы.....	325
<b>Тема* 6: основы одноэлектроники.</b>	
<b>Наносхемотехника</b> .....	327
<b>Лекция 14</b> .....	327
14.2. Приборные структуры одноэлектроники .....	334
14.2.1. Классификационный анализ .....	334
14.2.2. Одноэлектронные транзисторные структуры .....	334
<b>Лекция 15</b> .....	339
15.1. Одноэлектронные транзисторы на основе гетероструктур.....	339
15.2. Одноэлектронные металлические структуры.....	340
15.3. Молекулярный одноэлектронный транзистор .....	343
15.4. Устройства на одноэлектронных транзисторах .....	346
15.4.1. Аналоговые устройства .....	346

15.4.2. Цифровые устройства .....	347
<b>Лекция 16</b> .....	356
16.1.Одноэлектронный механический транзистор.....	356
16.2. Заключение.....	358
Выводы по теме .....	359
Контрольные вопросы по теме.....	361
<b>Литература</b> .....	363