

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

Научная библиотека

БНТУ



\* 8 0 1 2 7 1 3 7 6 \*

А. А. Дурнаков

# ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Учебное пособие

2-е издание, стереотипное

**НАВУКОВАЯ БІБЛІЯТЭКА**  
Беларускага нацыянальнага  
тэхнічнага ўніверсітэта  
Інв. № **1890936-**

945 (10-13)

Москва  
Издательство «ФЛИНТА»  
2022

Екатеринбург  
Издательство Уральского университета  
2022

---

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

Предисловие .....	3
1. Физический эффект и его компоненты .....	4
1.1. Определение физического эффекта .....	4
1.2. Физические эффекты в электронике .....	6
2. Однородный полупроводник .....	8
2.1. Собственный полупроводник .....	8
2.2. Электронный полупроводник .....	24
2.3. Дырочный полупроводник .....	33
3. Уровень Ферми.....	40
Задачи к практическому занятию № 1 .....	52
4. Дрейф. Электропроводность.....	54
5. Генерация и рекомбинация в полупроводниках.....	65
6. Диффузионный ток. Законы движения носителей заряда в полупроводниках.....	76
Задачи к практическому занятию № 2.....	83
7. Применение однородных полупроводников .....	85
7.1. Варисторы.....	86
7.2. Терморезисторы .....	99
7.3. Фоторезисторы.....	113
8. $p-n$ Переход .....	129
8.1. Определение и классификация $p-n$ переходов .....	129
8.2. Технология производства $p-n$ перехода .....	131
8.3. Равновесное состояние $p-n$ перехода.....	143
8.4. Ток в $p-n$ переходе в равновесном состоянии .....	149

---

8.5. Контактная разность потенциалов . . . . .	151
8.6. Энергетическая диаграмма $p$ - $n$ перехода в равновесном состоянии . . . . .	153
8.7. Неравновесное состояние $p$ - $n$ перехода . . . . .	156
8.8. Идеальный $p$ - $n$ переход . . . . .	165
8.9. Реальный $p$ - $n$ переход. . . . .	177
8.10. Эквивалентные схемы реального $p$ - $n$ перехода . . . . .	187
8.11. Пробой $p$ - $n$ перехода . . . . .	189
8.12. Туннелирование в сильнолегированных $p$ - $n$ переходах . . . . .	200
Задачи к практическому занятию № 3 . . . . .	216
Задачи к практическому занятию № 4 . . . . .	217
9. Гетеропереходы . . . . .	219
9.1. Общие сведения о гетеропереходах . . . . .	219
9.2. Энергетическая диаграмма гетероперехода . . . . .	220
9.3. Прямосмещенный гетеропереход. . . . .	223
9.4. Получение гетеропереходов. . . . .	224
9.5. Электрические свойства гетеропереходов . . . . .	225
9.6. Применение гетеропереходов в оптоэлектронике. . . . .	227
Библиографический список . . . . .	231
Приложение. Домашние задания. . . . .	233