

Базовые лекции по электронике (в 2-х томах)

I том

Электровакуумная, плазменная и квантовая электроника

СБОРНИК
ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ
В.М. ПРОЛЕЙКО

ТЕХНОСФЕРА

Москва

2009

Базовые лекции по электронике (в 2-х томах)

Том I

Электровакуумная, плазменная и квантовая электроника

Сб. под общ. ред. В.М. Пролейко

Москва: Техносфера 2009. — 480 с.

ISBN 978-5-94836-214-4 (том I)

ISBN 978-5-94836-213-7

Современные требования к специалистам электронной промышленности многократно возрастают и требуют пересмотра учебных планов многих вузов. Авторы книги — авторитетные ученые, руководители НИИ, КБ, совмещающие научное руководство в области электроники с преподаванием основ этого предмета, предлагают читателю компактно изложенные лекции, подготовленные в стиле «приглашенного профессора».

Сборник состоит из двух томов. В первом представлены электровакуумные и фотоэлектронные приборы, конденсаторы и резисторы, современные средства отображения информации, некоторые разделы квантовой и плазменной электроники.

Второй том, посвященный твердотельной электронике, открывается Нобелевской лекцией академика Ж.И. Алферова.

Книга адресована преподавателям вузов, специалистам в области электроники и студентам — будущим ученым, инженерам и руководителям отечественной электронной промышленности.

© 2009, ЗАО «Научно-производственный комплекс «Компьютерлинк»

© 2009, ЗАО «РИЦ «Техносфера», оригинал-макет, оформление

ISBN 978-5-94836-214-4 (том I)

ISBN 978-5-94836-213-7

СОДЕРЖАНИЕ

К читателю.....	9
От составителя и редактора сборника.....	11
Лекция 1. Введение в электронику.....	15
1.1. Рождение электроники.....	15
1.2. Специфика электроники.....	20
1.3. Электронная промышленность.....	23
1.4. Определения в электронике.....	25
1.5. Электронные приборы — основа электроники.....	27
1.6. Классификация электронных приборов. Определения для основных типов ЭП.....	28
1.6.1. Вакуумные (электровакуумные и газоразрядные) приборы (ЭВП).....	28
1.6.1.1. Электронные (приемно-усилительные) лампы (ПУЛ).....	29
1.6.1.2. Газоразрядные (ионные) приборы.....	30
1.6.1.3. Генераторные лампы.....	30
1.6.1.4. Электровакуумные СВЧ приборы (ЭВП СВЧ).....	31
1.6.1.5. Электронно-лучевые приборы (ЭЛП).....	32
1.6.1.6. Фотоэлектронные приборы (ФЭП).....	33
1.6.1.7. Рентгеновские трубки.....	33
1.6.2. Приборы твердотельной электроники.....	34
1.6.2.1. Полупроводниковые приборы (ППП).....	34
1.6.2.2. Приборы твердотельной функциональной электроники.....	39
1.6.3. Приборы квантовой электроники.....	40
1.7. Ограничения в электронике.....	41
1.8. Основные перспективы электроники.....	43
Литература.....	44
Лекция 2. Рентгеновские приборы. Устройство и применение.....	46
2.1. Введение.....	46
2.2. Физические процессы в рентгеновских трубках.....	47
2.2.1. Природа рентгеновского излучения.....	48
2.2.2. Прохождение рентгеновских лучей через твердое тело.....	52
2.2.3. Устройство рентгеновской трубки.....	53
2.3. Обзор мирового рынка рентгеновской техники.....	55
2.4. Трубки для рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа.....	58
2.4.1. Особенности аппаратуры и трубки для спектрального анализа.....	58
2.4.2. Трубки для люминесцентной сепарации минералов.....	59
2.4.3. Трубки для рентгеноструктурного анализа.....	61
2.5. Трубки для дефектоскопии (неразрушающего контроля) материалов и изделий.....	66

2.5.1. Трубки с вынесенным анодом.....	66
2.5.2. Трубки со сканированием электронного пучка.....	67
2.5.3. Металлокерамические рентгеновские трубки.....	69
2.5.4. Импульсные рентгеновские трубки.....	70
2.6. Рентгеновские трубки в толщинометрии.....	72
2.7. Контроль багажа и грузов.....	75
2.8. Рентгеновские трубки для медицинской диагностики.....	79
2.8.1. Рентгеновские трубки с неподвижным анодом.....	80
2.8.2. Рентгеновские трубки с вращающимся анодом.....	82
2.8.2.1. Трубки с вращающимся анодом средней мощности.....	82
2.8.3. Трубки для томографии.....	84
Литература.....	86
Лекция 3. Вакуумная электроника.....	87
Лекция 4. Приборы плазменной электроники.....	107
4.1. Введение.....	107
4.2. Стабилитроны тлеющего разряда.....	109
4.2.1. Назначение приборов.....	109
4.2.2. Устройство и принцип действия.....	109
4.2.3. Основные физические закономерности.....	111
4.3. Защитные и коммутационные разрядники.....	115
4.3.1. Назначение разрядников.....	115
4.3.2. Устройство и принцип действия.....	116
4.3.3. Основные физические закономерности.....	117
4.4. Импульсные водородные тиратроны.....	122
4.4.1. Назначение тиратронов.....	122
4.4.2. Устройство и принцип действия.....	123
4.4.3. Основные физические закономерности.....	124
4.5. Счетчики Гейгера — Мюллера.....	131
4.5.1. Назначение счетчиков.....	131
4.5.2. Устройство и принцип действия счетчика.....	132
4.5.3. Основные физические закономерности.....	134
4.6. Заключение.....	139
Литература.....	141
Лекция 5. Мощные генераторные лампы.....	142
5.1. Введение.....	142
5.2. Краткая история создания МГЛ.....	143
5.3. Физические основы работы МГЛ.....	149
5.4. Конструктивно-технологические особенности МГЛ.....	153
5.4.1. Катоды МГЛ.....	154
5.4.1.1. Вольфрамовый торированный карбидированный катод.....	154
5.4.1.2. Оксидный катод.....	158
5.4.2. Сетки МГЛ.....	163
5.4.3. Аноды МГЛ.....	166
5.4.4. Элементы оболочки МГЛ.....	168
5.5. Технология изготовления МГЛ.....	171



5.6. Категории испытания МГЛ на соответствие предъявляемым техническим требованиям.....	173
5.7. Заключение.....	176
Литература.....	176
Лекция 6. Телевизионные фотоэлектронные приборы.....	178
6.1. Предисловие.....	178
6.2. Фотоэлектронные приборы для вещательного и промышленного телевидения.....	184
6.3. Фотоэлектронные телевизионные приборы для инфракрасной техники.....	189
6.4. Фоточувствительные приборы для ночных телевизионных систем.....	195
6.5. Фотоэлектронные приборы для космических исследований.....	199
6.6. Фотоэлектронные умножители.....	207
6.7. Фотоэлектронные приборы мгновенного действия — диссекторы.....	210
6.8. Заключение.....	211
Лекция 7. Современные средства отображения информации.....	212
7.1. Основные понятия и определения.....	212
7.1.1. Современные типы дисплеев.....	212
7.1.2. Особенности различных типов дисплеев.....	213
7.1.2.1. Особенности LCD дисплеев.....	213
7.1.2.2. Особенности PDP дисплеев.....	216
7.1.2.3. Особенности CRT дисплеев.....	217
7.1.2.4. Особенности PRTV.....	217
7.1.2.5. Особенности SED дисплеев.....	218
7.1.2.6. Особенности EL дисплеев.....	218
7.1.3. Основные характеристики дисплеев.....	219
7.1.3.1. «Световой поток» (luminance).....	219
7.1.3.2. «Разрешение» (resolution) и «четкостью» (definition) изображения.....	219
7.1.3.3. Количество пикселей изображения.....	219
7.1.3.4. «Количество градаций шкалы серого» (number of gray scales) и «количество воспроизводимых цветов» (number of colors represents).....	220
7.1.3.5. «Цветовоспроизведение» (color reproducibility).....	220
7.1.3.6. Энергопотребление.....	221
7.1.3.7. Цифровые видеointерфейсы DVI и HDMI.....	222
7.2. CRT (Cathode Ray Tube).....	223
7.3. LCD (Liquid Crystal Display).....	225
7.3.1. Увеличение размера экрана LCD.....	227
7.3.2. Лампа задней подсветки.....	229
7.3.3. Направленность светового излучения.....	231
7.3.4. Уменьшение времени отклика LCD ячеек.....	232
7.3.5. Совершенствование других элементов LCD дисплеев.....	233

7.4. PDP (Plasma Display Panel) — седьмое поколение.....	233
7.5. PRTV (Pixel-based rear-projection TV).....	237
7.6. FED (Field Emission Display).....	240
7.7. OLED (Organic Light — Emitting Diode).....	244
7.8. E Ink дисплеи («Электронные чернила»).....	253
Литература.....	255
Лекция 8. СВЧ электроника — история, проблемы и перспективы.....	256
8.1. Введение.....	256
8.2. Вакуумная СВЧ электроника.....	257
8.3. Магнетрон.....	258
8.4. Клистрон.....	261
8.5. Лампа бегущей волны.....	265
8.6. Полупроводниковая СВЧ электроника.....	267
8.7. Транзисторы.....	268
8.8. Гибридные интегральные схемы.....	271
8.9. Новые полупроводниковые материалы.....	271
8.10. Монолитные интегральные схемы.....	272
Литература.....	274
Лекция 9. Квантовая электроника.....	275
Литература.....	310
Лекция 10. Революция в связи: волоконно-оптические системы передачи информации.....	311
10.1. Упрощенная модель ВОСПИ.....	313
10.2. Компоненты ВОСПИ.....	315
10.3. Световоды.....	316
10.4. Затухание в оптическом волокне.....	321
10.5. Дисперсия.....	323
10.6. Изготовление оптического волокна.....	327
10.7. Оптические кабели.....	330
10.8. Сращивание волокон.....	333
10.9. Муфты.....	333
10.10. Разъемные соединители.....	334
10.11. Измерение характеристик ВОСПИ.....	338
10.12. Излучатели.....	338
10.13. Фотодетекторы.....	343
10.14. Волоконно-оптические разветвители и соединители.....	346
10.15. Спектральное уплотнение.....	349
10.16. Актуальные проблемы ВОСПИ.....	355
Литература.....	356
Лекция 11. Кристаллы для фотоники.....	357
11.1. Введение.....	358
11.2. Спектрально позиционированные источники излучения.....	362
11.3. Кристаллы для перестраиваемых лазеров.....	365
11.4. Композиционно перестраиваемые твердотельные лазеры.....	368

11.5. ВКР кристаллы.....	370
11.6. Кристаллы для проекта лазерной натриевой звезды.....	374
11.7. Заключение.....	375
Литература.....	376
Лекция 12. Конденсаторы.....	378
12.1. Введение.....	378
12.2. Основные параметры и характеристики конденсаторов.....	379
12.3. Основные виды современных конденсаторов.....	383
12.4. Керамические конденсаторы.....	386
12.5. Конденсаторы с оксидным диэлектриком.....	391
12.6. Алюминиевые конденсаторы.....	392
12.7. Танталовые конденсаторы.....	394
12.8. Конденсаторы с органическим диэлектриком.....	399
12.9. Конденсаторы с двойным электрическим слоем (ионисторы).....	403
Литература.....	407
Лекция 13. Вакуумные коммутационные приборы и вакуумные конденсаторы.....	408
13.1. Введение.....	408
13.2. Расчет и конструирование вакуумных конденсаторов.....	410
13.2.1. Общие положения.....	410
13.2.2. Выбор междуэлектродных зазоров и толщины емкостных электродов.....	411
13.2.3. Расчет емкости и размеров пакетов емкостных электродов.....	414
13.2.4. Выбор сиффона для переменных конденсаторов.....	417
13.2.5. Выбор конструкции выводов.....	418
13.2.6. Расчет изоляционной оболочки конденсаторов.....	419
13.2.7. Расчет потерь в вакуумных конденсаторах.....	422
13.2.8. Тепловой расчет конденсатора.....	424
13.3. Изоляционные свойства вакуума и меры по увеличению электрической прочности вакуумных конденсаторов.....	426
13.3.1. Предпробойные явления и вакуумный пробой.....	426
13.3.2. Гипотезы вакуумного пробоя.....	428
13.3.3. Зависимость пробивного напряжения вакуумного промежутка от различных факторов.....	433
13.3.4. Меры по увеличению электрической прочности вакуумных конденсаторов.....	437
13.3.5. Высоковольтная тренировка конденсаторов пробоями.....	440
13.4. Разработанная номенклатура вакуумных конденсаторов.....	440
Литература.....	444
Лекция 14. Резисторы и их классификация. Конструкции. Технологии.....	446
14.1. Классификация резисторов.....	447
14.1.1. Резисторы, ограничивающие ток.....	447
14.1.2. Резисторы, обеспечивающие цепь разряда.....	447
14.1.3. Резисторы для устранения влияния выбросов высокого напряжения.....	448

14.1.4. Терморезистор для температурной компенсации.....	448
14.1.5. Резисторы осциллятора, управляемого напряжением.....	449
14.1.6. Резистор — датчик тока.....	449
14.1.7. Наборы резисторов для построения ЦАП и АЦП.....	449
14.2. Конструкции и технологии изготовления резисторов.....	458
14.2.1. Проволочные резисторы.....	458
14.2.1.1. Постоянные проволочные резисторы.....	458
14.2.1.2. Переменные проволочные резисторы.....	460
14.2.2. Керметные резисторы.....	462
14.2.2.1. Постоянные керметные резисторы.....	462
14.2.2.2. Подстроечные керметные резисторы.....	464
14.2.2.3. Наборы керметных резисторов.....	468
14.2.3. Металлофольговые резисторы и наборы резисторов.....	470
14.2.3.1. Постоянные металлофольговые резисторы.....	472
14.2.3.2. Металлофольговые наборы резисторов.....	473
14.2.4. Тонкопленочные резисторы и наборы резисторов.....	473
Литература.....	479