



Серія «Фізична та біомедична електроніка»

Ю.І. Колесник, А.В. Кіпенський

ЕЛЕМЕНТИ ТА ПРИСТРОЇ КВАНТОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

ХАРКІВ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Серія «Фізична та біомедична електроніка»

Ю. І. Колесник, А. В. Кіпенський

ЕЛЕМЕНТИ ТА ПРИСТРОЇ КВАНТОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

**Навчальний посібник
для студентів денної та заочної форм навчання,
які вивчають квантову електроніку**

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 1 від 20.03.2015 р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2016

УДК 621.375.826

ББК 32.86-5

К60

Рецензенти:

М. М. Рожницький, д-р физ.-мат. наук, професор кафедри біомедичної інженерії

Харківського національного університету радіоелектроніки;

О. В. Мужичук, д-р мед. наук, доцент кафедри онкології

Харківського національного медичного університету.

Колесник Ю. І.

К60 Елементи та пристрої квантової електроніки : навч. посіб. / Ю. І. Колесник,
А. В. Кіпенський. - Х. ; НТУ «ХП», 2016. - 320 с. - (Серія «Фізична та
біомедична електроніка»).

ISBN 966-8726-16-2

Наведено загальні відомості про твердотільні, газові та напівпровідникові лазери. Розглянуто застосування різних типів лазерів у науці, техніці, спеціальних технологіях, а також в медицині.

Посібник призначений для студентів денної та заочної форм навчання, які вивчають квантову електроніку.

Іл. 149. Табл. 22. Бібліогр. 42 назви.

УДК 621.375.826

ББК 32.86-5

ISBN 966-8726-16-

©Ю.І. Колесник,

А.В. Кіпенський, 2016.

ЗМІСТ

Вступ	3
1. Фізичні основи квантової електроніки	5
1.1. Основні поняття хвильової теорії випромінювання.....	5
1.2. Постулати і принципи квантової теорії.....	14
Запитання і завдання для самоперевірки.....	19
2. Квантові підсилювачі. Оптичні резонатори	21
2.1. Квантові підсилювачі.....	21
2.1.1. Класифікація, принцип дії та основні характеристики квантових підсилювачів.....	21
2.1.2. Властивості парамагнітних кристалів.....	24
2.1.3. Модель квантового підсилювача.....	28
2.1.4. Оптичні квантові підсилювачі.....	30
2.1.5. Квантові підсилювачі біжучої хвилі.....	35
2.2. Елементи оптичних систем лазерів.....	38
2.3. Системи оптичного накачування.....	41
Запитання і завдання для самоперевірки.....	46
3. Квантові генератори - лазери	48
3.1. Твердотільні імпульсні лазери.....	48
3.1.1. Модель твердотільного імпульсного лазера.....	48
3.1.2. Активна речовина твердотільного лазера.....	53
3.1.3. Чотирирівневий твердотільний лазер.....	56
3.1.4. Системи охолодження і термостабілізації лазерних головок.....	59
3.2. Газові лазери.....	66
3.2.1. Загальна характеристика газових лазерів.....	66
3.2.2. Лазер на нейтральних атомах гелій-неонової суміші.....	68
3.2.3. Іонний аргонний лазер.....	72
3.2.4. Молекулярний CO ₂ лазер.....	74
3.2.5. Газодинамічні лазери.....	78
3.3. Напівпровідникові лазери.....	80
3.3.1. Процеси в напівпровідниковій активній речовині.....	80
3.3.2. Принцип дії і конструкція інжекційного лазера.....	85
3.3.3. Гетеропереходи і гетеролазери.....	91
3.3.4. Плівкові напівпровідникові лазери.....	96
Запитання і завдання для самоперевірки.....	99
4. Квантові прилади оптоелектроніки	101
4.1. Оптичні випромінювачі.....	101
4.2. Фотоприймачі.....	107
4.3. Оптрони і оптопари.....	116

4.4. Елементи оптичної індикації.....	120
Запитання і завдання для самоперевірки.....	130
5. Застосування лазерів у науці.....	132
5.1. Лазерні вимірники швидкості.....	132
5.2. Лазерні далекоміри.....	138
5.3. Використання лазерів у фізиці і хімії.....	140
5.4. Застосування лазерів для оптичного зв'язку.....	145
5.5. Лазери в процесах вимірювань і контролю.....	147
Запитання і завдання для самоперевірки.....	150
6. Застосування лазерів у техніці.....	152
6.1. Оптична голографія.....	152
6.2. Обробка матеріалів лазерним променем.....	161
6.2.1. Дія лазерного променя на речовину.....	161
6.2.2. Особливості «лазерних свердел».....	164
6.2.3. Лазерне зварювання.....	166
6.2.4. Зварювання через скляні перегородки.....	168
6.2.5. Використання лазерів при виготовленні мікросхем.....	168
6.2.6. Різання матеріалів лазерним променем.....	169
6.2.7. Сучасні лазерні технології.....	172
6.2.8. Термообробка.....	172
6.3. Лазерні гіроскопи.....	174
Запитання і завдання для самоперевірки.....	177
7. Спеціальні лазерні технології.....	179
7.1. Лазери в обчислювальній техніці.....	179
7.1.1. Лазерний принтер.....	179
7.1.2. Оптична цифрова пам'ять.....	180
7.1.3. Лазерно-оптичне зчитування і запис інформації.....	180
7.2. Лазерні технології в мікроелектроніці.....	187
7.2.1. Трафаретний друк.....	188
7.2.2. Лазерна обробка трафаретів.....	188
7.2.3. Устаткування для лазерної обробки сталевих трафаретів.....	189
7.2.4. Полімерні трафарети.....	192
7.2.5. Устаткування для лазерної обробки полімерних трафаретів.....	193
7.2.6. Паяльно-ремонтний центр IR500A.....	194
Запитання і завдання для самоперевірки.....	197
8. Застосування лазерів у медицині.....	198
8.1. Історичні аспекти лазерної медицини.....	198
8.2. Частотно-часові параметри лазерного випромінювання.....	201
8.2.1. Електромагнітне випромінювання оптичного діапазону.....	201
8.2.2. Режими генерації лазерного випромінювання.....	204
8.2.3. Модуляція лазерного випромінювання.....	206
8.3. Основні напрямки медичного застосування лазерів.....	210

8.3.1. Лазерна діагностика.....	210
8.3.2. Лікувальна дія лазерів. Лазерна терапія.....	213
8.3.3. Застосування лазерів у хірургії.....	213
Запитання і завдання для самоперевірки.....	215
9. Лазерна терапія і лазерні терапевтичні апарати.....	217
9.1. Взаємодія НЕЛВ з біологічними об'єктами.....	217
9.2. Класифікація способів терапевтичного опромінювання НЕЛВ.....	220
9.3. Загальні принципи побудови апаратів лазерної терапії.....	222
9.4. Універсальні апарати лазерної терапії «Мустанг-2000».....	224
9.5. Апарат лазерної терапії «Мулат» для внутрішньовенного опромінювання крові.....	231
9.6. Магнітолазерний терапевтичний апарат «МИЛГА-Ф».....	233
9.7. Універсальний апарат квантової терапії «РИКТА 04/4».....	236
Запитання і завдання для самоперевірки.....	239
10. Лазерна хірургія і лазерні хірургічні апарати.....	240
10.1. Взаємодія випромінювання хірургічних лазерів з біологічною тканиною.....	240
10.2. Техніка лазерних хірургічних втручань.....	243
10.3. Організація лазерної операційної і заходи захисту від лазерного випромінювання.....	246
10.4. Лазерні хірургічні апарати.....	250
Запитання і завдання для самоперевірки.....	257
11. Терапевтична апаратура на випромінюючих діодах.....	259
11.1. Фотонні апарати (випромінювачі).....	259
11.1.1. Фотонні матриці Коробова «Барва-Флекс».....	259
11.1.2. Лазерні і фотонні масажери Коробова «Барва-ЛМК» і «Барва-ФМК/ПХ».....	265
11.1.3. Фотонні зонди Коробова «Барва-ГПУ».....	269
11.1.4 Універсальний фотонний гінекологічний зонд «Барва-ГИН/30».....	272
11.2. Блоки живлення та імпульсного керування для фотонних апаратів.....	275
11.2.1. Спеціалізований блок живлення.....	276
11.2.2. Двоканальний мікропроцесорний блок імпульсного керування МПБ-2С/80.....	278
11.2.3. П'ятиканальний мікропроцесорний блок імпульсного керування МПБ-5С/20.....	287
11.2.4. Семиканальний інтелектуальний мікропроцесорний модуль імпульсного керування ИМППМ-7/40 Г.....	295
11.3. Технічне обслуговування і ремонт блоків живлення та керування.....	307
Запитання і завдання для самоперевірки.....	308
Список джерел інформації.....	310