

電晶體及積體電路

修廷璧編譯

大中國圖書公司印行

電晶體及積體電路

修廷璧 編譯

江苏工业学院图书馆
藏书章

大中國圖書公司印行

編輯大意

一、由于固態電子另件（包括電晶體及積體電路等）之製作技術日益精進，新式產品不斷推陳出新，以便適應特殊需求，及發展其新的應用領域，乃使關於這方面我們所應瞭解的新知識，逐日增多。爲此特參閱最新之有關書刊及雜誌，編譯“電晶體及積體電路”一書，以迎合時代需要。

二、本書在內容方面，以深入淺出之筆調，除對電晶體之工作原理作基本之闡述外，並有專章敘述新型“場效電晶體”之製作及性能，積體電路之處理概要，使讀者能對這一系列的產品，獲得系統性之瞭解；進而詳述電晶體及這些產品如何應用在收音機及電子計算機中，發揮其體積小巧及工作可靠的優點，亦因之而改善其所構成器材的性能；其次並介紹新式半導體另件之發展情況，諸如甘氏、PIN、及熱載體等諸特種二極體及其應用；最後列述電晶體放大器之設計、檢修電晶體器材之基本知識及電晶體之實習事項等。全書約計四十餘萬言，插圖六百餘幀，可作爲工業學校或電子訓練班之教材及供初學者自修參考之用。

三、電晶體及其他固態電子另件，用于電視接收機中者，日益普遍，需予介紹之資料，亦甚繁多，爲不使本書之篇幅過巨，故特另行編譯“電晶體電視學”一書，詳爲敘述其用在黑白及彩色電視接收機中之情形。故如將“電晶體及積

體電路”及“電晶體電視學”二書合併作為教材或自修參考，便可獲得整體性之知識。

四、本書承大中國圖書公司慨允出版，至以為感，惟筆者才淺，兼以公餘從事編譯，舛誤之處，還祈海內外先進及讀者指正為幸。

修廷璧 識于台灣

民國六十四年四月

電晶體及積體電路

目 錄

第一章 電 子 論	1
第一節 電晶體發展史略	1
第二節 分子及原子	2
第三節 原子結構	3
第四節 原子中電子之性質	6
第五節 電子之移動	9
第六節 量 子 論	11
第七節 核子作戰狀況下，半導體另件可能會失效	14
複習問題	16
第二章 半導體、二極體、及電晶體	17
第一節 原子之簡化圖	17
第二節 晶體之格子結構	18
第三節 電子及電洞	19
第四節 N型矽	25
第五節 P型矽	26
第六節 摻雜質後之能量帶分布	27

第七節	PN 型接合面（二極體）	28
第八節	偏壓供給	32
第九節	PN 型接合式二極矽晶體之整流作用	35
第十節	什麼叫做電晶體	36
第十一節	NPN 型接合式電晶體	37
第十二節	PNP 型接合式電晶體	39
第十三節	電位丘	41
第十四節	電晶體之放大作用	43
第十五節	電晶體之正常使用	46
第十六節	點觸式二極體及電晶體	47
	一、點觸式二極體	47
	二、點觸式電晶體	48
	複習問題	51
第三章	電晶體的特性	53
第一節	功 率	53
第二節	雜波或噪音	56
第三節	頻率響應	59
第四節	溫度對電晶體之影響	62
第五節	矽的重要性	65
第六節	電晶體之壽命	67
第七節	電晶體之符號	69
第八節	電晶體與真空管之比較	69
第九節	電晶體之基本放大電路	71
	一、基極接地式放大器	73
	二、射極接地式放大器	75

三、集極接地式放大器	76
第十節 各類配置之電晶體放大器的偏壓供給法	78
一、CB 放大器	78
二、CE 放大器	79
三、CC 放大器	80
第十一節 電晶體之特性曲線	81
第十二節 α 及 β	82
第十三節 典型電晶體數據	83
第十四節 電晶體裝匣及插腳引線之識別	92
第十五節 電晶體之等效電路	96
複習問題	99
 第四章 電晶體之製作法及其發展	 101
第一節 生長接合式電晶體	101
第二節 合金接合式電晶體	103
第三節 擴散過程	105
第四節 漂移式電晶體	107
第五節 面障式電晶體	111
第六節 高坪式電晶體	113
一、擴散式基極高坪	114
二、擴散式射極基極高坪	116
三、合金擴散式高坪	116
第七節 堆積生長式電晶體	117
第八節 平面式電晶體	119
第九節 環狀電晶體	121
第十節 平面式處理法詳述	125

一、開始物質	125
二、堆積式生長	128
三、熱氧化作用	129
四、光抵制作用	130
五、接觸金屬化	133
六、自動化薄片測試	133
七、劃線	134
八、半導體之中間連接	136
九、表面上之連接	138
十、急投式小塊之連接	138
十一、束線連接	140
十二、計算機輔助之設計	140
複習問題	142
第五章 場效電晶體	143
第一節 概說	143
第二節 接合式場效電晶體	144
第三節 增強式 MOSFET	150
第四節 門限電壓之控制	154
第五節 空乏式 MOSFET	156
第六節 場效電晶體之優點	158
第七節 場效電晶體之限制	159
第八節 操作處理上之考慮事項	160
複習問題	160
第六章 電晶體放大器	162

第一節	概 述	162
第二節	CB 放大器	162
第三節	CE 放大器	164
第四節	CC 放大器	167
第五節	放大器之交連網路	170
第六節	電晶體放大器中之負回授	174
第七節	對電晶體電路之考慮事項	177
	一、交連電路之情形	177
	二、對偏壓電路的考慮	178
	三、互補對稱	179
第八節	達林頓放大器	183
第九節	功率放大器	184
	一、副 崩 潰	187
	二、安全工作區域	188
	三、散 熱	190
	四、甲類功率放大器	195
	五、乙類放大器	196
	六、丙類放大器	200
第十節	互補推挽式放大器	201
第十一節	倒相器電路	203
第十二節	差動放大器	205
	一、概 說	205
	二、基本結構	206
	三、應 用	208
第十三節	射頻及中頻放大器	210
	一、級間交連網路	212

二、中頻放大器	213
三、射頻放大器	215
第十四節 FET 放大器	217
複習問題	221
第七章 電晶體振盪器	223
第一節 概 述	223
第二節 低頻振盪器	225
一、一般振盪器	225
二、RC 回授振盪器	227
三、非正弦波振盪器	231
四、晶體振盪器	236
第三節 高頻振盪器	238
複習問題	243
第八章 積體電路概論	244
第一節 積體電路的回顧與前瞻	244
第二節 單石式積體電路的製作處理法	248
一、二 極 體	251
二、電 容 器	252
三、電 阻 器	253
四、寄生性另件	254
五、埋 入 層	257
六、隔 離	258
七、介質隔離	259
八、電晶體基極及電阻器 (B 及 R) 之形成	262

	九、射極之形成	262
	十、單石旁側 PNP 型電晶體	264
第三節	MOS 單石 IC	267
	一、MOS 及雙極式	268
	二、MOS IC 製作法	269
	三、互補性對稱	271
	四、離子種植	271
第四節	MSI、LSI	274
第五節	混合式 IC	276
	一、薄 膜	277
	二、薄膜之沉積	278
	三、射頻濺濺	279
	四、電 鍍	280
	五、非 電 鍍	281
	六、薄膜電阻器	281
	七、厚 膜	282
	八、矽質多個小塊	283
	九、陶質多層結構	283
	十、在 IC 中之束狀引線	284
第六節	IC 包裝	286
	一、TO 式或輻射狀接線式	286
	二、扁平包裝	287
	三、雙內線包裝	288
	四、雜類包裝	291
第七節	單石式 IC 應用之一些考慮事項	292
	一、數位式 IC	292

二、直線性 IC	294
三、運算放大器	294
四、熱轉輸及 IC	295
複習問題	295

第九章 半導體用在收音機中 297

第一節 概 述	297
第二節 電晶體調幅收音機	298
第三節 電晶體放大器之自動增益控制	302
第四節 另一種電晶體調幅收音機	305
第五節 用電晶體組成檢波器的八石電晶體收音機	308
第六節 回復式放大器	313
第七節 調頻接收機	315
第八節 調頻接收機線路分析	316
第九節 FET 用在無線電收音機中	322
第十節 IC 用在無線電收音機中	326
一、運算放大器	328
二、供 IC 之內部電壓調整器	332
三、供 AM/AGC 用之單石式中頻放大系統	334
四、IC 聲頻放大器	342
五、IC 調頻中頻放大器	345
複習問題	347

第十章 半導體用在電子計算機中 349

第一節 概 述	349
第二節 數位式電子計算機	350

第三節	邏輯電路	352
第四節	二進位計數系統	356
第五節	基本邏輯電路	363
	一、二極體邏輯電路	363
	1. 二極體 AND 電路	363
	2. 二極體 OR 電路	364
	二、電晶體邏輯電路	365
	1. 電晶體 OR 閘門	366
	2. 電晶體 AND 閘門	368
	三、二極體及電晶體邏輯電路	371
	四、電晶體及電晶體邏輯電路	375
第六節	射極交連式邏輯 (ECL) 電路或電流式邏輯電路	379
第七節	MOSFET 組成的邏輯電路	382
第八節	半相加器及全相加器	385
	一、半相加器	386
	二、全相加器	387
第九節	比較器	389
第十節	正反器或起伏電路	390
	一、RS 起伏電路	392
	二、RS/T 起伏電路	396
	三、計數器	400
	複習問題	401

第十一章 特種固態電子元件之發展 403

第一節	砷化鎵	403
第二節	甘氏二極體	405

	一、負電阻值	408
	二、甘氏二極體之製作	411
第三節	半導體用在光電子系統中	413
	一、光放射二極體	413
	二、光察覺工具	416
	三、光電晶體	418
第四節	光學系統	421
第五節	稽納二極體	425
	一、概 說	425
	二、稽納控制區域及電壓崩潰情形	426
	三、稽納二極體之應用	430
	四、稽納二極體之製作	432
	五、稽納二極體之電壓電流（伏特安培）特性	432
	六、溫度補償	434
第六節	可變電抗式二極體	435
	一、控制電容量	436
	二、應 用	438
第七節	矽控整流器	442
	一、具有二個接端之 PNP 型電晶體	443
	二、具有三個接端之 PNP 型電晶體	447
	三、使 SCR 為傳導	447
	四、SCR 之交換作用	449
	五、四極式閘流電晶體	451
	六、LASCR	451
第八節	單接合式電晶體（UJT）	453
第九節	程序單接合式電晶體（PUT）	457

第十節 透納二極體	459
一、透納二極體之工作	460
二、透納二極體之參數	462
三、特性值或靈敏值	464
四、透納二極體之應用	466
第十一節 PIN 二極體	469
第十二節 熱載體二極體	471
第十三節 注入式雷射	473
複習問題	475
 第十二章 電晶體電路之裝修	 477
第一節 概 述	477
第二節 工 具	477
第三節 電源電壓之大小及其極性	479
第四節 小心處理 MOSFET	481
第五節 電晶體之測試	482
一、洩漏測量	483
二、增益測量	485
第六節 電晶體測試器	487
一、較簡單之測試器	487
二、RCA 電晶體測試器	489
第七節 在電路中之測試	491
第八節 FET 測試器	493
第九節 如何對電晶體電路工作	495
第十節 斷路電極及斷路引線之影響	498
第十一節 印製電路	501

第十二節	另件換置法	503
第十三節	焊錫吸取法	507
第十四節	電晶體收音機之檢修	509
第十五節	電晶體收音機之校準	513
	複習問題	514
第十三章	電晶體放大器設計	515
第一節	概 述	515
第二節	選擇工作點	516
第三節	負 載 線	519
第四節	電晶體偏壓電路	523
第五節	決定最佳之偏壓安排	526
	一、概 述	526
	二、特別電路之穩定度因數	529
	三、輸入特性變化之影響	534
第六節	電晶體等效電路	536
	一、真空管等效電路	536
	二、電晶體等效電路	539
	三、第二個電晶體等效電路	541
第七節	公用射極 (CE) 放大器	546
	一、電流增益	547
	二、輸入阻抗	548
	三、輸出阻抗	549
第八節	混合參數及他們的方程式	551
第九節	公用射極 (CE) 混合方程式	556
	一、電流增益	557

二、輸入電阻值	558
三、電壓增益	558
四、功率增益	558
五、輸出電阻值	559
第十節 混合及電阻值參數間之關係	561
第十一節 交連及旁路電容器	564
一、交連電容器	565
二、射極旁路電容器	566
第十二節 高頻響應	567
一、集極接合面電容量	572
二、高頻率工作時之電晶體的等效電路	573
第十三節 增益及通頻帶寬度之表示法	579
一、低頻率時之電流及電壓增益	580
二、上限截止頻率	582
第十四節 電晶體放大器之完整設計	585
複習問題	594
第十四章 電晶體實驗	595
實驗一 電晶體電壓及電流之調節	595
實驗二 失真及溫度之影響	597
實驗三 輸入阻抗及偏壓之補償	600
實驗四 測試電晶體之直流參數	602
實驗五 基極接地式 (CB)、射極接地式 (CE)、及集極接 地式 (CC) 放大器	608
實驗六 電阻 電容及阻抗交連	612
實驗七 用變壓器交連之聲頻放大器	615