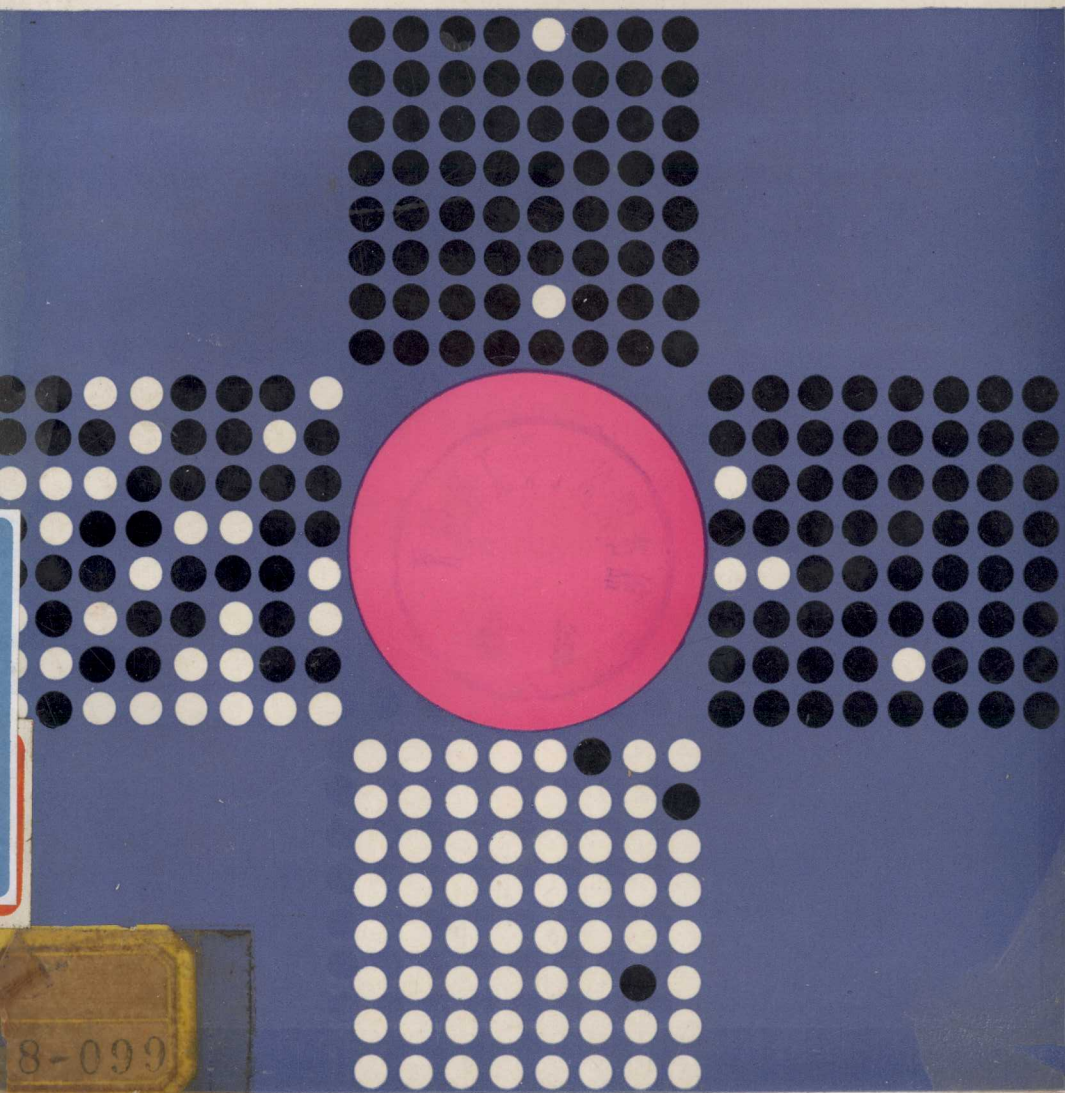


最新綜合電子學叢書

半導體轉變元件

柯順隆 譯



江南大学图书馆



91535102

N170
18-99

最新綜合電子學叢書

半導體轉變元件

柯順隆 譯



正文書局印行

中華民國六十四年一月一日出版

半導體轉變元件

定價

 \$170

版權所有
翻印必究

譯述者：柯順隆
發行人：黃開禮
發行所：正文書局
印刷者：正文書局

經銷者：全省各大書局

本書局經內政部核准登記證為內版台業字第一七〇七號

台北市和平東路二段三五九號
台北郵政劃撥儲金戶帳第五九六一號
電話：七八一四〇六

目 錄



第一章 概論 1

- 1.1 半導體轉變元件所負使命與現況 1
- 1.2 半導體轉變元件之構造與一般特性 7
- 1.3 半導體轉變元件之特殊性與面臨難題 9
 - 1.3.1 材料之多種多樣性 9
 - 1.3.2 半導體轉變元件和人類之接觸 11
- 1.4 半導體轉變元件之特點與缺點 12
- 1.5 半導體轉變元件之新動向 12
 - 1.5.1 積體化 13
 - 1.5.2 機能化 16

第二章 半導體轉變元件之基礎 19

- 2.1 半導體種類 19
- 2.2 電傳導 21
- 2.3 電子狀態 23
 - 2.3.1 能帶 24
 - 2.3.2 費爾密·廸拉克分佈 25
 - 2.3.3 載體密度 26
- 2.4 移動率 28
 - 2.4.1 格子散亂 30
 - 2.4.2 雜質散亂 31

2.5	擴散電流	32
2.6	少數載體之體	33
2.7	電流磁效應	34
2.7.1	霍爾效應	34
2.7.2	磁電阻效應	38
2.8	熱電效應	39
2.8.1	席貝克效應	40
2.8.2	裴爾提效應	42
2.8.3	湯姆遜效應	43
2.9	光電效應	44
2.9.1	半導體之吸光	44
2.9.2	光傳導	46
2.9.3	光電動勢效應	48
2.9.4	電場發光	50
2.10	壓電效應	50
2.10.1	壓阻效應	51
2.10.2	壓電效應	51

第三章 磁電轉變元件 53

3.1	概 要	53
3.2	霍爾元件	54
3.2.1	原理與基本特性	54
3.2.2	Ge 霍爾元件	63
3.2.3	Si 霍爾元件	63
3.2.4	InSb 霍爾元件	66
3.2.5	InAs 霍爾元件	68

3.2.6	GaAs 霍爾元件	69
3.2.7	其他霍爾元件	69
3.2.8	霍爾元件之應用	72
3.3	磁電阻元件	74
3.3.1	原理與基本特性	74
3.3.2	高靈敏度元件	83
3.3.3	磁場比例元件	84
3.3.4	整體元件	85
3.3.5	薄膜元件	86
3.3.6	InSb-NiSb 磁電阻元件	88
3.3.7	不均勻磁電阻元件	89
3.3.8	磁電阻元件之應用	90
3.4	指向性磁電元件	93
3.4.1	原理與基本特性	93
3.4.2	非對稱磁電元件之應用	95
3.5	磁二極體	95
3.5.1	原理	95
3.5.2	Ge SMD (SONY Magne to Diode)	98
3.5.3	Si SMD	101
3.5.4	磁二極體之應用	102
3.6	磁電抗元件	103
3.6.1	原理與特性	103
3.6.2	磁電抗元件之應用	106
3.7	其他磁電元件	107
3.7.1	MADISTOR	107
3.7.2	磁電晶體	108

第四章 光電轉變元件.....	111
4.1 概 要.....	111
4.2 光電傳導元件.....	112
4.2.1 原理與基本特性.....	112
4.2.2 CdS 元件.....	118
4.2.3 CdSe 元件, CdS-CdSe 元件	122
4.2.4 PbS 元件	123
4.2.5 InSb 元件 (紅外線偵測元件)	124
4.2.6 Cd_4SiS_6 元件	126
4.3 光二極體.....	127
4.3.1 原理與基本特性.....	127
4.3.2 pn 光二極體.....	132
4.3.3 蕭特基障層光二極體.....	133
4.3.4 累增光二極體.....	134
4.3.5 光二極體之應用.....	135
4.4 光電晶體.....	135
4.4.1 原理與基本特性.....	135
4.4.2 光電晶體之應用.....	138
4.5 光電池	139
4.5.1 原 理.....	140
4.5.2 基本特性.....	140
4.5.3 Si 太陽電池	144
4.5.4 CdS 熱壓結光電池.....	146
4.5.5 III-V 族化合物光電池.....	147
4.5.6 光電池之應用.....	147

4.6 發光二極體	148
4.6.1 原 理	149
4.6.2 基本特性	152
4.6.3 GaAs 發光二極體	153
4.6.4 GaAs 負性電阻發光二極體	154
4.6.5 GaAs 磷光質發光二極體	155
4.6.6 $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$ 發光二極體	157
4.6.7 $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$ 負性電阻發光二極體	158
4.6.8 GaP 發光二極體	159
4.6.9 $\text{GaAs}_{1-x}\text{P}_x$ 發光二極體	162
4.6.10 發光二極體之應用	163
4.7 半導體雷射	163
4.7.1 原理	163
4.7.2 結構與基本特性	166
4.8 電場發光元件	168
4.8.1 原理與結構	168
4.8.2 基本特性	170

第五章 壓電轉變元件

5.1 概 要	173
5.2 壓阻元件	174
5.2.1 原理與基本特性	174
5.2.2 單結晶正體元件	176
5.2.3 積體化元件	178
5.2.4 薄膜元件	179
5.3 接面元件	180

5.3.1	原理與基本特性	180
5.3.2	感壓二極體	182
5.3.3	透納二極體	184
5.3.4	蕭特基障層二極體	186
5.4	感壓電晶體	187
5.4.1	原理與基本特性	187
5.4.2	單結晶感壓電晶體	188
5.4.3	薄膜感壓電晶體	190
5.5	超音波轉變元件	191
5.5.1	原理	191
5.5.2	擴散層轉變元件	192
5.5.3	空泛層轉變元件	193
5.5.4	蒸鍍薄膜轉變元件	193
5.5.5	超音波放大元件	194
5.5.6	負性電阻超音波轉變元件	195

第六章 熱電轉變元件 197

6.1	概 要	197
6.2	熱阻體	197
6.2.1	原理與種類	197
6.2.2	基本特性	198
6.2.3	結晶性熱阻體	201
6.2.4	非結晶熱阻體	201
6.2.5	極低溫用熱阻體	202
6.2.6	正特性熱阻體	202
6.2.7	臨限溫度熱阻體	204

6.2.8 熱阻體之應用	205
6.3 熱發電器	205
6.3.1 原理與基本特性	205
6.3.2 半導體材料	209
6.3.3 結構	210
6.4 熱電冷却	210
6.4.1 原理與基本特性	210
6.4.2 電子冷却元件	213
6.4.3 電子冷却之應用	214

第七章 核輻射線電轉變元件 217

7.1 概 要	217
7.1.1 核輻射線偵查元件	217
7.2 核輻射線偵測器	217
7.2.1 原理與基本特性	217
7.2.2 pn 接面型元件	219
7.2.3 Si 表面障層型元件	221
7.2.4 鋰漂移 pin 型元件	221
7.3 原子能電池	223

第八章 感濕、感氣元件 225

8.1 概要與原理	225
8.2 感濕元件	226
8.2.1 Ge 蒸鍍薄膜元件	226
8.2.2 硒蒸鍍薄膜元件	227
8.2.3 金屬氧化物(磁鐵礦)元件	227

8.3 感氣元件	230
8.3.1 作用原理	230
8.3.2 實用元件	231

第九章 將來的半導體轉變裝置 233

9.1 邁向機能化的新途徑	233
9.2 高電場區域裝置	233
9.2.1 原理	234
9.2.2 數位轉變元件	236
9.2.3 邏輯運算裝置	236
9.2.4 高速掃描器	240
9.2.5 高電場區域顯示	242
9.3 電荷耦合裝置	243

第十章 半導體轉變元件之應用 247

10.1 概 要	247
10.2 應用於資訊處理	247
10.2.1 技術特徵	247
10.2.2 輸入裝置	249
10.2.3 邏輯裝置	252
10.2.4 顯示	254
10.3 應用於計測控制	256
10.3.1 技術之特徵	256
10.3.2 磁電交換元件	256
10.3.3 應用於光電轉變元件	264
10.3.4 應用於壓電轉變元件	267

10.4 應用於通信	268
10.4.1 技術特徵	268
10.4.2 固態攝像裝置	269
10.4.3 光通信之檢波器	270
10.5 應用於家庭電器與音樂	271
10.5.1 技術特點	271
10.5.2 熱電轉變元件之應用	271
10.5.3 光電轉變元件之應用	272
10.5.4 磁電轉變元件之應用	274
10.5.5 壓電轉變元件之應用	274
10.6 照像機、樂器、時鐘	275
10.6.1 技術特徵	276
10.6.2 EE 照像機	276
10.6.3 電子光閥	276
10.6.4 自動聚焦照像機	276
10.6.5 應用於時鐘	278
10.6.6 電子樂器之音量調整	278
10.7 汽車、航空器、船舶	279
10.7.1 技術特徵	279
10.7.2 汽車之控制	279
10.7.3 航空器之壓力轉變	281
10.8 應用於醫療電子	282
10.8.1 技術特徵	282
10.8.2 光電轉變元件之應用	282
10.8.3 壓電轉變元件之應用	283
10.8.4 核輻射線偵測元件之應用	284

10.9 應用於太空、海洋	285
10.9.1 技術特徵	285
10.9.2 電源	285
10.9.3 姿勢控制	286
10.10 公害對策	286
10.10.1 基本技術	286
10.10.2 瓦斯探測器	287
10.10.3 烟霧檢出	289
10.10.4 火警感測器	290

第一章 概 論

1.1 半導體轉變元件所負使命與現況

最近的電子學已迎接資訊化社會，有日新月異的發展。回顧其發展經過，要以 1945 年所發明的電晶體為發端的一連串半導體技術所完成的任務最巨大。也就是說，取代真空管地位而出現的半導體二極體和電晶體，促使一切電子機器與裝置具備小型、小功率、壽命長、高可靠性等高性能，塑造了今日的電子學之初模。

再看看現今的電子裝置。誠然，電晶體和二極體充斥坊間，並且也使用巧妙的積體電路。可是，如果要我們詳細注目於電子裝置之各部份，必定可以發覺到其結構並不一定全部都使用半導體。不！索性可以說其大部份都不讓半導體挨近身邊來。就以和我們最親近的電視機為例來說，雖說正達到全固態化與半導體化，其實只不過是在過去使用真空管之處，使用半導體零件而已，從零件數量來說，其數倍，數拾部之部份，依然是使用由金屬與絕緣材料所構成的機械方式零件，或電磁方式零件。

首先，始自我們第一個用手所碰到的開關和音量控制，及至一連串和輸入有關的陰極射線管和揚聲器，自從電視問世以來，在原理上並沒有多大變革。也就是說，雖說是已改變為積體電路（IC），但只有電子電路之中心部份才適用，而電子電路與外部之聯絡——亦即電和吾人所接觸的部份，幾乎全部都不使用半導體。

這種現象對於資訊處理技術之核心的電腦來說也是一樣，

電腦只不過僅處於純粹把電的訊號處理之階段，能夠以超高速進行邏輯運算，而必須具備能將來自外部的資訊信號轉變為容易處理的電的信號，以及將受處理過的信號轉變為容易接收之形態的信號等兩個部份，但這兩個部份大多數都和半導體無關，如圖 1.1 所示，目前之資訊處理，是採取將不一定有電的形態之信號輸入一旦轉變為電的信號，利用電子電路做時間性或空間性之處理，將其結果再度轉變為實際有用這種形態的信號之過程。

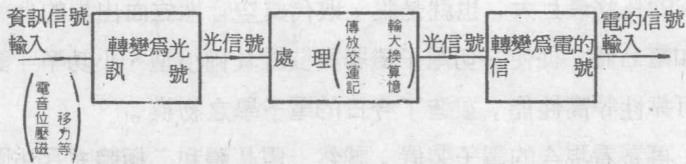


圖 1.1 資訊處理之結構

電以外的信號，有光、音、位移、壓力、磁及其他物理量等形態。具有轉變這種信號形態之機能者，叫做「轉變器」(transducer)，而具備那種功能的半導體元件，就是本書主題 - 半導體轉變元件。

為求電子科學之發展，首先必須謀求全體電子機器有很高的性能，但如前所述，半導體所具備的優越的特徵，在大多數電子機器上，僅專供應用於電子電路而已。若在其他部份使用和半導體無關的舊態依然的零件時，電子機器全體性能有時候由於這些低性能零件而蒙受嚴重的損壞。

譬如說，以電晶體替代真空管達成小型化，對於低功率化縱使有所貢獻，但只有陰極射線管依然是真空管，仍然需要很大的空間和功率，而且即使由於採用電晶體或積體電路而極少故障，仍然有以機械原理為準據而構成的開關和音量控制發生接觸不良，以致並不一定能夠改善或發展全體電子機器之性能和可靠性。

本書之主題 - 半導體轉變元件，是半導體進出於電子機器之輸出、入部，用以達成技術之 break through，其使命最後不外是提高全體電子機器之性能，進而發展電子科學，為人類福利盡一點棉薄。若以這個意義，拿電子科學來比喻人類的頭腦或神經系統，那末，可以把轉變元件比喻為人類的感覺。試將目前較主要的代表性半導體轉變元件和人類感覺相對應，則如表 1.1 所示。

表 1.1 人身感覺與半導體轉變元件

感 覺	器 官	媒 介 物 現 象	半 導 體 轉 變 元 件
視 覺	眼 睛	光	光電轉變元件 { 光電池 光電傳導元件 光電晶體 光二極體
聽 覺	耳 朵	音 波	壓電轉變元件 { 壓電元件 壓阻元件 感壓二極體
	皮 膚		磁電轉變元件 { 霍爾元件 磁電阻元件 磁二極體
觸 覺	皮 膚	位 移 壓 力	光電轉變元件 { 光電傳導元件 光二極體 光電晶體
溫 覺	皮 膚	溫 度	熱電轉變元件 { 熱阻體 熱電耦
嗅 覺 味 覺	鼻 } 舌 }	分 子 吸 着	未開發 (濕度轉變元件) (氣體轉變元件)

本書所謂半導體轉變元件，指的是在廣泛範圍使用於一切電子裝置之輸出、入部的元件。因此，其所必須具備的特性中最重要者並不一定是輸出、入間之直線性。例如數位信號轉變時，即使或多或少有非直線性和溫度依存性，有時候依然不大成為問題。

通常是採取電的形態把資訊處理得很有效率，但視其情形有時候也必須把電的信號轉變為更方便的其他形態。最近正在發展的光電子學(optoelectronics)是藉圖1.2所示結構，將光當作傳達資訊與

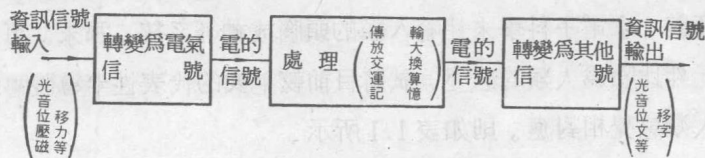


圖1.2 光學電子學資訊處理

處理資訊之媒介，故具有電、光相互轉變機能的元件，也就能夠發揮重要功能。這種技巧，有時候被應用於資訊系分離之改善或應用於改變該系電位。最近問世的光耦合器(photo coupler)是以此為目的。

其次，半導體轉變元件之另一個機能，就是能夠把能量轉變。這是將能量的形態，轉變為便於利用的形態之方式，如果使用於資訊處理時，通常必須具備轉變特性之忠實性，但能量轉變時，無論如何，轉變率是重要

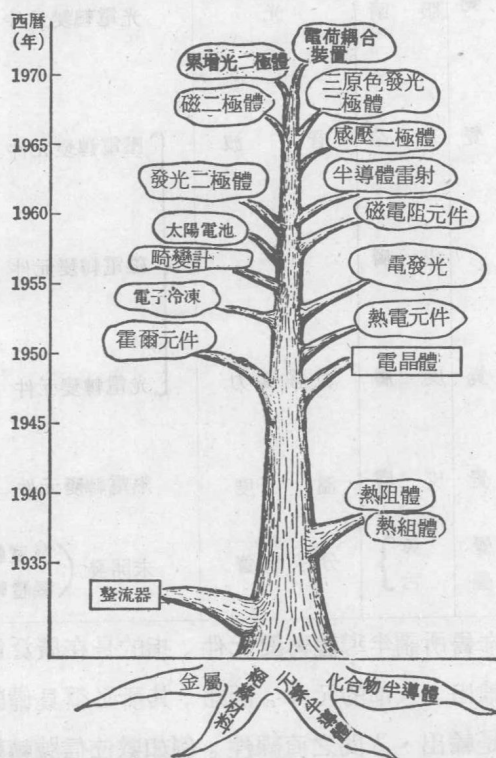


圖1.3 半導體轉變元件之發展