

工業用書

Sensor系列 2

磁性感測器 及其使用技術

游金湖 編譯



SEU 41085280

建興出版社

工業用書

Sensor系列 2

磁性感測器 及其使用技術

游金湖 編譯

TP212
263

WITHDRAWN

TP212 263
建興出版社



THE HONG KONG POLYTECHNIC
UNIVERSITY LIBRARY

58 7M 1282

(1987.10.25) 建興出版

特價：170 元

磁性感測器及其使用技術

編著者：游金湖

發行人：姚國興

發行所：建興出版社

登記：局版台業字第1970號

地址：台北市寧波西街87號4樓之4

電話：(02)3615890

郵政劃撥：0516788-9

發行部：永和市仁愛路104巷7弄64號

傳真：(02)9281969

訂書專線：(02)9295038・9295039

發行日期：民國82年2月增訂版

前 言

今日科學技術的快速成長，已使人類有著明顯訝異的感受，尤其是以微電腦爲中心之機械電子化進步，真是無法預期其發展。舉例而言，家電關係有AV系統，家庭保全系統；OA方面有文書處理機，與其他線上通訊系統；另外在工廠相關，則出現有自律型作業機器人，和高度物流系統等應用產品，真是應有盡有。

故使我們人類生活比起以前便利太多了，同時相對於此的生活形態也不斷的在改變。

當然機械電子化的進步，亦是以感測器爲中心之控制技術的進步，並且也受惠於微電子和功率電子所帶來的大貢獻。

且說，目前市面上關於感測器之書籍雖然不少，但包括應用技術在內之實用書類却意外的少。特別對磁性感測器能作簡明易解說明書籍幾乎沒有，因此常帶來現場技術者的不滿。

本書是爲使用磁性感測器者，能學會其知識起見，把由基本感測器理論，以至應用技術，經由豐富電路實例，加以精簡解說。尤其對霍爾元件，藉由實驗方式引導說明，相信即使是外行者也能充分理解其內文。

書中盡量引用具體圖片，使內容帶來親近感，故對專家們也有相當可看性的價值。

以上簡述執筆本書之背景與目的，熱切期盼今後有意使用磁性感測器者，或已從事此技術之讀者們有所幫助。

最後要感謝在執筆本書時，曾供筆者參考之文獻和資料，表示由衷的最大謝意。還有在整理過程，承蒙感測器大製造商——株式會社村田製作所的鼎力相助，謹致深誠的謝意。

目 錄

前 言

第 1 章 什麼是磁性感測器

1-1 何謂感測器 (sensor)	1
1-2 感測器種類	3
1-2-1 光感測器	3
1-2-2 磁性感測器	5
1-2-3 壓力感測器	6
1-2-4 溫度感測器	6
1-2-5 振動感測器	7
1-2-6 氣體感測器	7
1-3 何謂磁能	8
1-3-1 磁場強度和環境	9
1-3-2 磁鐵特性和磁力線	10
1-3-3 電流和磁場關係	13
1-4 磁檢出法和磁性感測器	15
1-4-1 利用磁頭法	15
1-4-2 利用磁流體的磁性感測器	17
1-4-3 使用霍爾元件的磁性感測器	18
1-4-4 磁性電阻元件 (MR 元件)	21
1-4-5 磁檢出法和磁性感測器分類	23
1-5 解說用於磁性感測器上用語	23

第2章 磁性感測器和其用法

2-1 磁簧開關和其用法	29
2-1-1 磁簧開關的基本結構	30
2-1-2 磁簧電驛	31
2-1-3 使用熱鐵氧體的舌簧開關	33
2-1-4 磁簧開關用法(1)	34
2-1-5 磁簧開關用法(2)	36
2-1-6 磁簧開關和功率電路	37
2-2 磁頭和其用法	38
2-2-1 磁 頭	38
2-2-2 磁頭用放大器	40
2-2-3 使用磁頭檢出轉數法	41
2-3 磁性飽和元件和其用法	42
2-3-1 利用磁性飽和元件檢出磁場	42
2-3-2 磁性飽和元件和檢出電路	45
2-3-3 感測器組件和應用電路	47
2-4 測速發電器和其用法	48
2-4-1 電磁感應作用	48
2-4-2 速度發電器的基本結構	49
2-4-3 單相型速度發電機	50
2-4-4 3 相型測速發電機	51
2-4-5 頻率產生機	52
2-4-6 測速發電器和介面電路	56
2-4-7 頻率產生器和介面電路	57

第3章 霍爾元件和其用法

3-1 霍爾元件 (Hall element) 和其特色	63
3-1-1 電流磁性效應.....	63
3-1-2 霍爾元件特性.....	65
3-1-3 霍爾元件的輸出特性.....	67
3-1-4 霍爾元件的積感度.....	68
3-1-5 霍爾元件的溫度特性.....	70
3-1-6 霍爾元件的不平衡電壓 (殘留電壓).....	73
3-1-7 霍爾元件的頻率特性.....	75
3-2 霍爾元件的種類	77
3-2-1 不同霍爾元件材料的種類.....	77
3-2-2 不同霍爾元件製法的種類.....	78
3-2-3 依外觀和形狀分類.....	79
3-2-4 在實裝上分類.....	82
3-3 霍爾元件的實際	84
3-3-1 霍爾元件外形圖.....	84
3-3-2 霍爾元件的內部結構.....	85
3-3-3 霍爾元件的位置.....	86
3-3-4 市販霍爾元件特性.....	87
3-3-5 霍爾元件的主要用途.....	90

第4章 霍爾元件和電路技術

4-1 霍爾元件的內部電路	93
4-2 霍爾元件驅動法	94
4-3 霍爾元件和本身發熱	97

4 目 錄

4-4	霍爾元件和負載電阻	98
4-5	輸入電流方向和輸出電壓極性	99
4-6	霍爾元件接線法	100
4-7	不平衡電壓補償法	101
4-8	使用電晶體的電流開關電路	102
4-9	電晶體的電流開關電路	104
4-10	使用運算放大器的開關電路	105
4-11	平衡電路	106
4-12	無刷馬達電路例	109
4-13	其他應用電路例	110
4-14	霍爾 IC	113
4-14-1	霍爾 IC 特性	114
4-14-2	霍爾 IC 的形狀尺寸	116
4-14-3	霍爾 IC 一覽表	117
4-14-4	霍爾 IC 應用例	119

第5章 用實驗學習霍爾元件的電路動作

5-1	霍爾元件和實驗裝置	121
5-2	由GND 端子所見霍爾電壓	123
5-3	由GND 端子所見左右霍爾電壓	124
5-4	輸出端子間的霍爾電壓	125
5-5	霍爾元件和負載電阻	127
5-6	電磁轉子的磁通分佈	129
5-7	輸出入間的電壓波形	130

第6章 磁性電阻效應元件(MR元件)

6-1	MR元件和其特色	135
6-2	MR元件的種類和其特色	136
6-3	MR元件結構	137
6-4	MR元件的電路構成	140
6-5	MR元件的輸出特性	142
6-6	市販MR元件特性	143
6-7	MR元件的主要用途	145
6-8	使用MR元件的旋轉角感測器	146

Sensor 系列——游金湖編譯

- 1 光感測器及其使用技術
 - 2 磁性感測器及其使用技術
 - 3 溫度、濕度感測器活用技術手冊
 - 4 感測器實裝技術
 - 5 感測器應用電路101
-

什麼是磁性感測器

在代表今日 FA、OA 之機械電子化中，構成檢出部中樞用感測器，是一種非常重要的要素技術。

當然這種機械電子化，是由檢出技術，控制技術，與驅動技術等非常廣泛之技術分野所組成。又，這些的要素技術，並不是重視哪些部分較重要，與哪些不重要問題，而對此一連串控制系統所要求的是，能經常保持平衡之系統結構。

因此，機械電子化不是僅由某特定技術加以成立，而是以檢出和控制作中心所組成的綜合技術。

在構成機械電子化的輸入部，雖分有各種類型，但成爲其中心技術者，則爲檢出器（即感測器）。

於此種感測器方面，又分有像光感測器，磁性感測器，和溫度感測器等數種，但如由易於使用和經濟性考慮，仍以磁性感測器使用最普及。

故本書第1章，要由各角度探討磁性感測器，並對控制電路和感測器間關係做簡明解說，使讀者能充分理解磁性感測器之本質。

1-1 何謂感測器(sensor)

所謂感測器（sensor）一字的問世爲時已久，但往往被問到何謂感測器時，能做明確回答者倒是很少。

於是當被問到什麼是感測器，則有人會說：「是一種檢出資訊情報裝置」，又另有人說：「是一種變換能量裝置」。甚而有其他意見

2 磁性感測器及其使用技術

，以稱它爲能檢出所有狀態之裝置總稱。

以上所述解答雖然都很正確，但並不完全答對。例如像微型開關那樣的東西又如何？如把它借用前面所舉「能檢出所有狀態裝置」一語的話，確實能表出了不起的感測器功能。但這種情形通常不稱其爲感測器。

接著我們再來看一下變壓器如何？因爲它是一種能量位準變換裝置，故如也適用於前述「能源變換裝置……」一語時，將是很好的一種感測器說明。可是遺憾的是，在此仍不能叫它爲感測器。

這麼說來到底感測器爲何物？關於此點確實不易用簡單的三言兩語加以定義清楚，而一般可能以如下所述較妥當。

換言之，所謂感測器，是指「所有資訊情報及能量的檢出裝置，爲屬於較小功率規模者」。因此，若借用此定義方法，將可包括前述微型開關和檢出磁通用變壓器在內，同時連檢出資訊情報用，亦可名正言順的歸納使用「感測器」一詞了。

於JIS學術用語中，雖用有檢出器（detector）一語，却未用所謂「感測器」。但隨時代變遷，已使感測器一詞成爲公認用語。

在此不一定需將sensor翻譯成日本話，因畢竟sensor即是和製語「センサー」（日人取音譯）。目前有一些人特意把sensor翻譯成日文「檢出器」，但它因人而異無所謂標準。總之感測器一語所擁含意，應比日文「檢出器」含意廣，甚而更具時髦響亮多了。

其具體情況，可由電化產品常使用感測器一語來得到證明。產品名稱的簡潔清楚，具有很重要意義。還有，例如附有檢出器名稱產品，就比附有感測器名稱產品者難賣，其關鍵即在於此。

圖1-1是表示爲理解感測器概要用解說圖。由圖上可知，感測器利用物理，化學與生物學等手段，來檢出外界所有資訊情報及能源。且這些輸出信號通常以電氣信號表出。

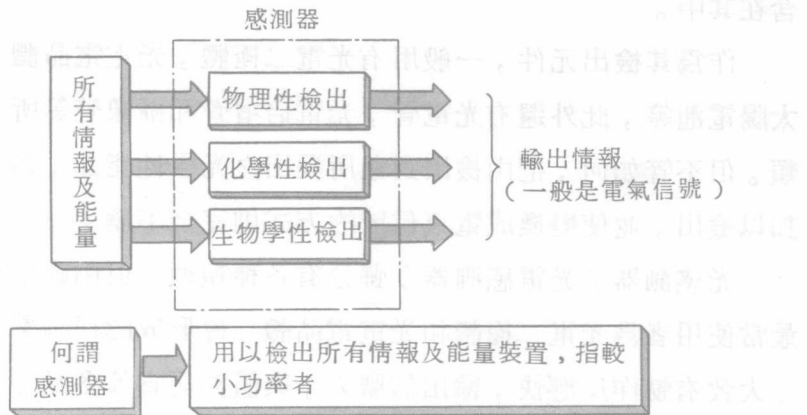


圖 1-1 解說感測器圖

1-2 感測器種類

感測器作用如前面 1-1 節所述，是以檢出所有資訊情報及能量為目的。因此，其檢出對象也很寬。但如以與我們日常生活較接近的感測器而言，自然在種類方面會受到限制。

現在此舉出平常最常被使用到之感測器類，並來加以簡單說明。

- 感測器種類 {
- (1) 光感測器
 - (2) 磁性感測器
 - (3) 壓力感測器
 - (4) 溫度感測器（紅外線）
 - (5) 振動感測器（超低頻，可聽域頻率，超音波）
 - (6) 氣體感測器（辨別氣體，檢出臭氣，檢出濕度）

1-2-1 光感測器

所謂光感測器，其檢出對象為光學性能源，且除了可見光外，亦包括有紫外線和雷射等。甚而像 X 射線那樣，透過度很高的放射線也包

4 磁性感測器及其使用技術

含在其中。

作為其檢出元件，一般用有光電二極體，光電電晶體，CdS，和太陽電池等，此外還有光電管，光電倍增管和攝像管等所謂的真空管類。但不管如何，把由檢出對象所發出之光學性能源，藉由某些方法加以檢出，並使變換成電氣信號的方式則完全不變。

光感測器（光電感測器）雖分有各種類型，但由數量加以判斷，最常使用者為光電二極體和光電電晶體。會形成此種趨勢之理由很多，大致有動作反應快，輸出信號大，與價錢便宜等各點。

圖1-2是表示常用光感測器實例。圖中說明有CdS基本元件（指圖中圓形零件）和光電斷路器（光電電晶體），可是除此之外種類仍很多。其中的CdS基本元件，是以硫化鎘為主要成分之光感測器，其呈現出一種歐姆特性。

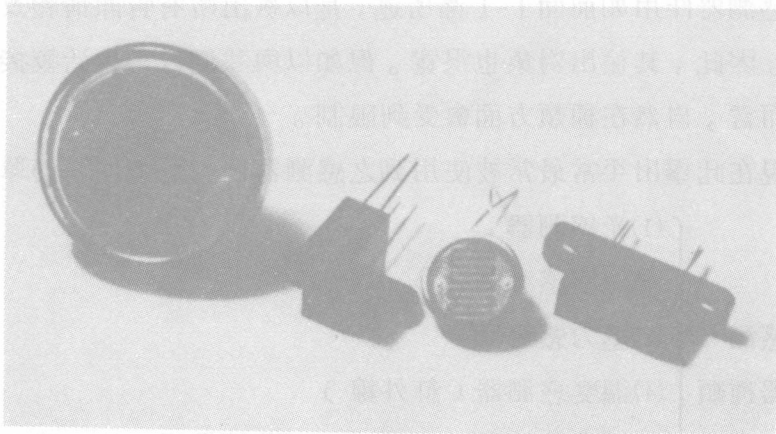


圖1-2 光感測器實例

主要用途用在照相機露光錶，外面路燈自動點滅器，以及隧道內使頭燈點燈用汽車電子裝置。另外光電斷路器，是用以要求較快速動作之遮光體檢出，例如常用於檢出轉數裝置。

1-2-2 磁性感測器

所謂磁性感測器，其檢出對象為磁能，範圍包括由處理像心磁圖（與心電圖類相似動作，但要比心電圖好）似微弱信號起，以至能處理超導體（磁浮鐵路）似強力磁性裝置者。

因磁性即存在於地球本身，故地球也可說是一種帶磁性之天體。像這樣的磁能，與我們人類在遠古時期即有很深交往，但很遺憾的是，無法用人類五感將其感覺出來。

磁性（磁氣）確實存在，且對我們人體產生許多不同影響。其他物體例如「光」人可用眼睛，「聲音」可用耳朵，「熱」可用皮膚，「嗅」可用鼻子等分別感覺出來。可是人類單單只對磁性，却未具有適當的感覺器官。然而話又說回來，說不定因為這樣，才反而促使人類有一窺究竟之原動力出現。

磁性感測器亦分有很多種類，如以數目上判斷，使用則以霍爾元件，MR元件（磁阻效應元件），和追尋線圈（磁頭）為中心。

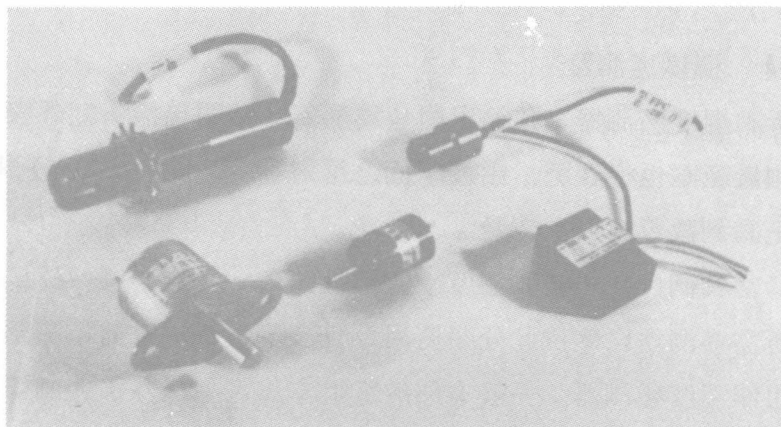


圖 1-3 各種磁性感測器

圖 1-3 是表示磁性感測器例。由圖中所示，皆以用於機械電子化用感測器組件居多，且形狀亦依不同使用目的，作種種不同區分。

例如，也有使接觸檢出體就作用，或用以檢出一定距離與旋轉角

6 磁性感測器及其使用技術

度者，可說種類相當豐富。但這些到底還是只作為感測器之補助用，而其真正中樞用檢出元件，畢竟需使用霍爾元件和MR元件才行。

1-2-3 壓力感測器

所謂壓力感測器，其檢出對象為壓力能源，而所涉部分包括由處理超真空之微弱信號，以至超高壓的大功率者。又，連其壓力範圍，也由十數位數，達20位數以上。因此能相對應使用之感測器，分有很多種類，需將它根據使用用途，所用目的與精度等作適當分類使用。

另在作為檢出元件方面，目前使用有應變儀，壓電元件，PD（感壓二極體），感壓片，薄膜形壓力感測器，和半導體壓力感測器（變位膜片）等。

其次關於壓力感測器的使用用途，一般對其印象較薄弱，但決不是這樣，因為在我們日常生活周圍有相當多地方已被使用著。舉個例說，有血壓錶感測器，測體重用重量物感測器。

1-2-4 溫度感測器

所謂溫度感測器，其檢出對象為熱能，其間包括有紅外線等。又有關測量範圍也很廣泛，由最下面之絕對零度（ -273°C ）起，以至最上高到數百度以上皆是。

通常我們日常所經驗溫度，充其量僅在 -20°C ~數百 $^{\circ}\text{C}$ 而已。因此所需感測器自然依此分開使用，且多少限定了它種類範圍。

用作溫度感測器，一般有熱敏電阻，焦電型紅外線感測器，和感溫電阻（白金）等。此外較奇異使用方面，有光電二極體（紅外線用），和SMA（形狀記憶合金）類亦包括在此範圍。

1-2-5 振動感測器

所謂振動感測器，是指檢出對象為振動能，其領域包括由數赫〔Hz〕以下低振動，以至超過 20 kHz 以上超音波範圍。至於檢出元件，如為可聽域音波可使用麥克風（分電磁式與壓電式）；如為超音波領域，可使用鐵氧體，鈦酸鋇，和陶瓷器等。

在此筆者所要強調的是，振動感測器不是只用作感測器功能使用而已，也可用於發生振動體。為具有其他感測器未具有的良好特色。換言之，它是一個元件，且同時擁有兩種功能。

1-2-6 氣體感測器

所謂氣體感測器，其檢出對象為氣體，主要用以檢出化學性總稱。在此以對應於人類嗅覺之感測器技術，但一般則以被檢出體所擁有化學成分之定性分析作中心。因此，主要目的都以由被測氣體，經化學性改變後，再檢出氣體成分（性質）方式。

用作氣體檢出用元件，有陶瓷器，氧化錫、氧化鐵，與其他利用化學反應者，可說種類相當豐富。還有，濕度感測器亦作為氣體感測器來加以處理。

以上所述，為主要感測器種類，但要更詳細情形，可參考表 1-1 所整理之一覽表。在表 1-1，對同一元件也有舉出 2 次以上複數功能者。

表 1-1 代表性感測器一覽表

檢 出 對 象	元 件 及 感 測 器 組 件 名 稱
磁 性	霍爾元件，MR 元件，磁頭（檢出線圈型和半導體型），磁針，永久磁鐵，MD（電磁二極體），SQUID（超電導量子干涉裝置，約瑟夫森元件），感應同步器，光纖（使用光法拉第效應的磁場感測器），磁性電晶體，磁氣形近接開關（磁簧開關），磁流體（磁氣片），電磁感應形近接開關（線圈），磁參數感測器，變流器。
光	光電二極體，PIN 光電二極體，光電雪崩二極體，光電電晶體，太陽電池，CdS 基本元件，硒基本元件，CCD，CPD，CID，光電管，光電倍增管，攝影管。
溫 度 （紅外線）	熱敏電阻（正，負特性），感溫電阻（白金），熱電偶，焦電型紅外線感測器，水晶振動器，電晶體，二極體（利用 V_{BE} ， V_F ），光電管，光電二極體，光電電晶體，SMA（形狀記憶合金），感溫鐵氧體，液晶，水銀（酒精）溫度錶。
壓 力	應變儀（測力傳感器），壓電元件，加壓導電片（橡膠），感壓聚酯（重合體），PD（感壓二極體），IC 壓力感測器，變位膜片（薄膜形壓力感測器，擴散形壓力感測器），差動變壓器（轉矩轉換器），扭桿（光學相位式及磁相位式）。
振 動 （音波，超音波）	麥克風（電磁式，壓電式），鐵氧體，鈦酸鋁，陶瓷器（加速感測器），變位膜片，壓電元件。
氣體 （gas）	陶瓷感測器，半導體式感測器，氧化錫，氧化鐵感測器，厚膜結構陶瓷器（濕度感測器），利用其他化學反應的感測器（電解質基本元件，接觸燃燒式），生命工學化學感測器。

1-3 何謂磁能

如 1-2-2 節所述，地球是一個帶磁性天體，因此使我們人類變成每天生活在磁能中。但此磁能位準很小，僅有 0.5 高斯而已，一般可將其忽視。

可是像這樣微弱的磁力線（磁場），亦在理解方位上有相當幫助。舉個例說，例如有羅盤針，這是利用檢出地球微弱磁能，以求出南