

# 센서工學과 新技術時代 (1. 産業用센서)

吳 明 煥  
(韓國科學技術院 計測素子研究室長)

## ■ 차 례 ■

- 1. 머릿말
- 2. 센서의 定義
- 3. 光(視覺)센서
- 4. 溫度(觸覺)센서
- 5. 磁氣(觸覺)센서
- 6. 가스·濕度(嗅覺)센서
- 7. 壓力(觸覺, 聽覺)센서

### ① 머릿말

컴퓨터 (computer)는 人間의 頭腦를 모방(imitation)한 것이라 할 때 센서(sensor)는 人間(生體)의 五感(視覺, 聽覺, 觸覺, 嗅覺, 味覺)을 모방한 것이다.

頭腦의 모방인 컴퓨터는 人間의 유일한 특기인 思考能力만을 제외하고는 실제 頭腦보다 우수한 능력을 갖고있다. 그러면 五感의 모방인 센서는 어느 정도까지 개발되어있으며 어떠한 方法으로 五感을 모방하고 있는 것일까. 이에 대해 살펴보기로 하자.

### ② 센서의 定義

최근 '센서' 라고하는 말이 流行語처럼 잘 사용되어지고있다. 전자레인지(electronic range) 또는 룸쿨러(room cooler)같은 家庭用電氣製品에서는 "센서를 이용한 電子式制御(electronic control)" 라는 말을 흔히 볼 수 있다. 그러면 '센서' 라고하는 것은 대체 어떠한 것일까?

센서는 人間의 五感에 대응하는 것이라고 생각하면 쉽게 理解할 수 있다. 우리들 人間은 눈, 귀, 코, 혀, 피부라고하는 5개의 器官에 의해 外界로부터의 刺戟을 감지하고있다. 이들 五感으로서 감지하는 信號는 神經細胞를 통해서 大腦에 전달되고, 이

곳에서 비로소 事物의 形狀, 音, 냄새, 맛등이 인식된다. 人間의 五感을 센서와 對應시켜놓은 것이 그림 1이다. 人間의 눈에 對應하는 것이 光센서, 귀에 對應하는 것이 音響센서, 磁氣센서, 觸覺에는 溫度센서, 壓力센서 등이 對應된다. 이러한 센서를 통해 얻어지는 情報는 어떤 형태로 演算處理되어, 우리들이 보기쉬운 量으로 變換되거나 혹은 自動制御用으로 이용된다. 즉 센서라는 것은 「人間의 視覺, 聽覺, 觸覺, 嗅覺, 味覺에 對應하며, 人間을 대신해서 對象의 物理量을 定量的으로 計測하여주는 것이며, 또한 人間의 五感으로도 감지할 수 없는 現象(物理量)까지도 검출하는 裝置」라고 말할 수 있다.

일반가정에서 어떠한 센서가 쓰여지고 있는가를 보기로하자. 전기난로, 쿨러, 냉장고에는 溫度센서,

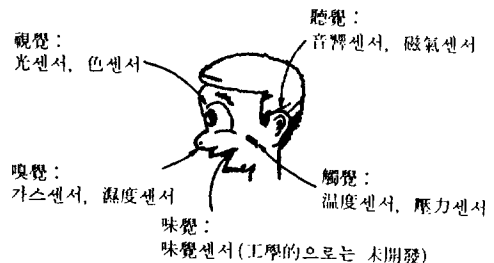


그림 1. 人間의 五感과 센서

테이프레코더(tape recorder)에는 磁氣센서, 火災 警報器에는 煙氣센서, 리모콘이 달린 텔레비전에는 赤外線센서等, 電氣製品의 어느 것을 例로 들더라도 무엇이든 하나쯤은 센서가 들어있다.

이외에 수은온도계, 체중계같은 것도 있으나 이것들을 센서라고 호칭할 수 있을까. 電氣製品等에 쓰이는 센서와 수은온도계의 결정적인 차이점은, 前者의 센서는 出力으로서 ‘電氣信號’를 발생하는데 後者는 計測量을 우리의 시각에 작용하는 보기쉬운 量으로 변환하고있을 뿐이다. 計測對象을 센서로 검출하여 컴퓨터로 自動制御하려면 센서로부터의 出力은 電氣信號가 아니면 안된다. 또한 현재의 센서기술발전의 배경에는 컴퓨터같은 情報處理機器의 진보가 있었고, 이 분야에의 관심이 가장 높았던 까닭에, 보통, 센서라고하면 “指定된 被測定量에 相應하는 有用한 電氣의 出力을 供給하는 디바이스(device)”라고 定義하고있다. 이 定義는 狹義의 센서라고할 수 있으며, 廣義로는 수은온도계, 체중계등도 센서에 포함시킬 수 있다.

지금까지는 센서라고하면 計測量을 電氣信號로 변환하는 검출부만을 지칭하여 왔으나 최근에는 信號處理를 행하는 부분도 센서와 同一素子내에 형성하려고하는 경향이 강하다. 이와 같은 센서는 특히 ‘집적화센서(integrated sensor)’라고 부른다. 또한 센서에 마이크로컴퓨터기술을 도입한 센서의 지능화(intelligence)가 추진되고 있다.

太陽電池는 太陽光에너지를 직접 電氣로 변환하

서와의 관계는 그림 2와 같다.

### ③ 光(視覺) 센서

人間的 눈은 참으로 교묘하게 설계된 光센서이다. 우리들은 파장 0.37 $\mu\text{m}$ 부터 0.78 $\mu\text{m}$ 의 光(可視光)을 볼 수 있으며, 더구나 이 파장범위의 光이라면 그것이 무슨 色인지 순간적으로 알 수 있다. 또한 分解能도 매우 높다. 이것은 망막면에 들어놓은 光感知細胞의 수가 약 1억개정도로 지극히 많기 때문이다. 표준 텔레비전의 解像度가 500 $\times$ 400 정도라는 것을 생각한다면 월등하게 좋다는 것을 알 수 있다. 더구나 우리들의 눈은 立體的인 像도 볼 수 있다.

한편 光센서로는 파장이 짧은 쪽은 X선,  $\gamma$ 선(파장 10<sup>-10</sup>m)부터 긴쪽은 수백 $\mu\text{m}$ (10<sup>-4</sup>m)까지 검출할 수 있다. 단 기본적인 光센서는 光의 強弱만을 측정할 뿐이며, 色이나 像은 認識할 수 없다. 그러나 光에 대한 應答速度는 우수하여 10<sup>-9</sup>秒 정도로 빠르며, 人間的 눈의 應答速度(∼10<sup>-1</sup>秒)와는 비교도 되지않는다.

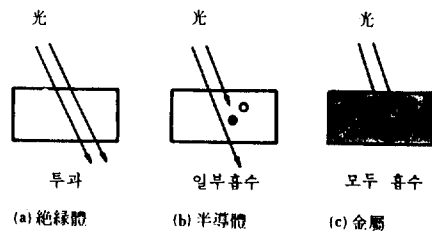


그림 3. 物質과 光의 相互作用

보통 光센서用 材料에는 半導體가 쓰여지고있다. 지금 파장 $\lambda$ 의 光이 絶縁體, 半導體 및 金屬에 照射되었을 때의 현상을 그림 3에 나타내었다. 可視光영역의 光은 대부분 絶縁體材料를 투과하기 때문에 光과 絶縁體의 相互作用은 없다. 이것이 유리가 투명하게보이는 이유이다. 半導體에 있어서는, 일부는 반사를 하나 光의 어느부분은 흡수되며 혹은 투과된다. 아인슈타인에 의하면 파장 $\lambda$ 의 光은  $h\nu$  ( $h$ : Planck상수,  $\nu$ : 진동수,  $\nu=c/\lambda$ ,  $c$ : 光速) 라는 에너지를 가진 粒子(photon)의 흐름이며, 에너지  $h\nu$ 가 큰 光일 수록 흡수가 잘된다. 半導體에는 禁制帶(forbidden band)  $E_g$ 라고 불리우는 物性定數가 있어서,  $E_g$ 보다 작은 에너지의 光은 흡수되지 않고 투과한다. 光이 흡수되면 마이너스와 플러스,

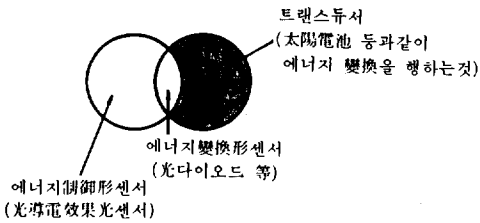


그림 2. 센서와 트랜스듀서

는 素子로서 기본구조는 다음절에서 기술하는 光다이오드(光센서)와 같은 것이지만 太陽電池를 센서라고는 말하지않는다. 光을 電氣量으로 변환하고있는데도 불구하고 太陽電池가 센서가 아닌 것은 에너지변환을 목적으로 하고있기 때문이다. 이외에 電氣量을 超音波에너지로 변환하는 素子등 에너지변환을 目的으로하는 것은 트랜스듀서(transducer)라고 불리우며 센서와는 구별된다. 센서와 트랜스듀

의 電荷를 가진 電子와 正孔을 발생하기 때문에, 이러한 荷電粒子에 대한 光起電力效果나 光導電效果를 이용하면 光을 검출할 수 있다. 金屬에서는 禁制帶가 제로(zero)라고해도 좋고, 거의 모든 光이 흡수되나, 金屬으로서는 光起電力效果나 光導電效果를 관측할 수 없다.

光導電效果形 光센서의 기본원리는 그림 4에 나타내었다. 光을 비치지않은 상태(暗狀態)에서는 센서의 저항이 높다. 여기서 光을 照射하면 많은 電子, 正孔이 발생한다. 材料의 저항률은 電子나 正孔의 수에 반비례하는 것이므로, 光照射에 의해 저항이 내려가서 많은 전류가 흐르게 된다. 光照射에 의해서 발생하는 電子-正孔은 어느 시간을 경과하면 소멸한다. (이 시간을 壽命時間이라한다.) 光에 대한 감도를 향상시키기 위해서는 壽命時間을 길게하는 것이 필요하다. 그러나 壽命時間을 길게하면 光에 대한 應答速度가 늦어진다. 光導電材料로서 잘 쓰여지는 CdS나 CdSe 光導電效果形 光센서의 應答速度는  $\sim 10^{-3}$ 秒로 늦다. 이것들은 街路燈의 自動點燈裝置등에 쓰여지고 있다.

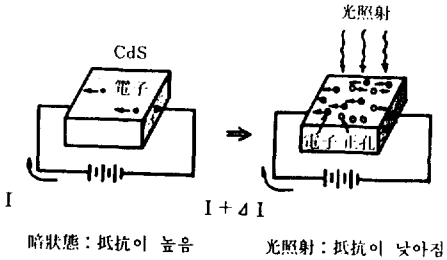


그림 4. 光導電效果形 光센서의 基本原리

光起電力效果形 光센서의 원리를 그림 5에 나타냈다. 이 光센서의 기본구조는 pn접합 (다이오드라고 한다.)과 같다. p形半導體에는 正孔이 n形半導體에는 電子가 다량 존재한다. pn접합에 光을 照射하면 電子-正孔이 다량 발생하여, p形半導體에서 발생한 電子는 n形半導體로, n形半導體에서 발생한 正孔은 p形半導體 방향으로 흘러가기 때문에, 光센서의 p形端子에서 n形端子를 향하여 光전류가 흐른다. 그림 5-(b)와 같이 兩端子를 개방하면 p측은 플러스, n측은 마이너스의 전압(開放電壓)이 발생한다. 光起電力效果를 이용한 pn접합 光센서를 光다이오드(photo diode)라고한다. 보통의 Si 光다이오드에서는  $10^{-2}$ 룩스(lux)에서 10만룩스의 넓은 범위에서 光強度와 光電流가 비례하고 있다.

光다이오드에 흐르는 전류를 100 ~ 1000배로

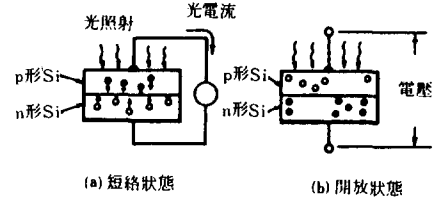


그림 5. photo diode의 基本原리

증폭해서 光電流를 발생하는 光센서가 光트랜지스터(photo transistor)이다. 트랜지스터는 Si npn 혹은 pnp라고 말하는 것과 같이 n과 p가 서로 번갈아 3층형식으로 되어있다. 光트랜지스터는 감도가 높기 때문에 응용범위가 넓다. 예를 들면 버스나 엘리베이터(elevator)의 자동문이나 운동장의 電光揭示板등에 쓰이고 있다.

光通信과 같이 매우 빠른 속도로 變調를 받은 光成分을 검출하는데는 어벌런치 光다이오드(APD)나 PIN 光다이오드가 이용되고있다. APD는 눈사태현상을 이용하고있다. 그림 6에 나타난 것과 같이, 光에 의해서 발생한 하나의 電子는 pn 접합부의 강한 電界領域에 도달하면 눈사태와 같이 電子數가 늘어남과 아울러, 굉장한 고속으로 이동한다. 따라서 光感度가 높고, 더구나 高速應答性을 얻을 수 있다.

光導電效果 및 光起電力形 光센서의 과장감도영역(검출가능한 과장범위)은 禁制帶로 결정된다. 보통 쓰이고 있는 Si에서는 과장  $1.1\mu\text{m}$ 에서  $0.4\mu\text{m}$ 의

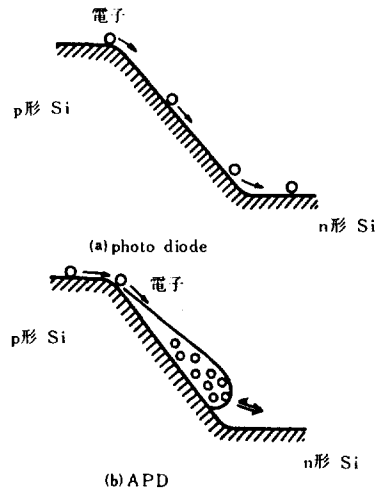


그림 6. photo diode와 APD

光이 검출된다. (可視光의 파장은  $0.37\sim 0.78\mu\text{m}$ ) 이 외의 파장의 光을 검출하려면 Si 이외의 材料가 쓰인다. 대표적인 光센서의 파장감도영역과 응답속도는 그림 7 과 같다.

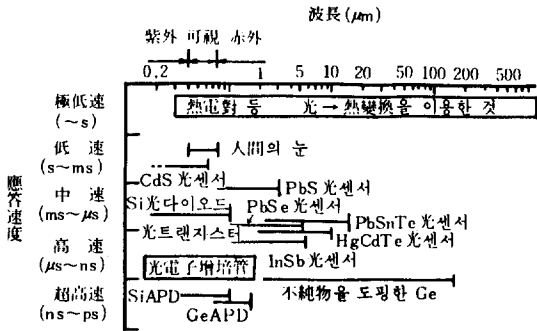


그림 7. 여러가지 材料를 이용한 光센서의 波長感度領域或과 應答速度

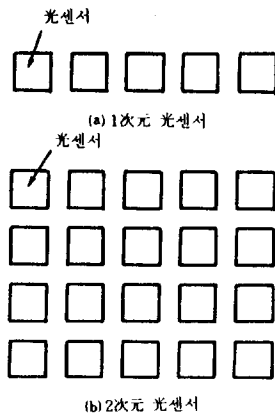


그림 8. 多次元 光센서의 構成

光센서를 線狀으로 다수 늘어 놓은 것을 1次元 光센서, 매트릭스(matrix)狀으로 늘어 놓은 것을 2次元 光센서라고 한다. (그림 8) 單體로서의 光센서로는 光의 強弱밖에 검출할 수 없다. 그러나 線狀 또는 매트릭스狀으로 다수 배치하면 入射光의 空間적 강도분포를 計測할 수 있다. 예를 들면 2次元 光센서의 前面에 光學렌즈를 장치하면 텔레비전카메라(television camera)가 된다. 이러한 텔레비전카메라는 이미 비행기에 搭載되어, 離着陸 時의 모니터등에 사용되고 있다.

2次元 光센서를 사용하면 텔레비전카메라와 같이 2次元像의 포착이 가능하다. 한편, 우리들의

눈은 3次元像(立體像)을 포착하고있다. 光센서로서 計測하고자하는 物體像의 形과 동시에, 像까지의 거리를 측정할 수는 없을까. 이 문제는 우리들의 눈과 같이 光센서를 2個所에 배치하므로써 해결된다.

人間은  $0.37\sim 0.78\mu\text{m}$ 의 파장의 光이라면, 光의 明暗과 동시에 무슨 색인지 까지도 알 수 있다. 이것은 網膜에 三原色을 감지하는 細胞가 있기 때문이며, 光센서로도 赤, 靑, 綠의 三原色 필터(filter)를 잘 맞추면 入射光이 무슨 색인지 計測할 수 있다. (그림 9 參照) 또는 三原色 필터를 쓰지않더라도, 2개의 光다이오드로 부터의 信號를 연산처리해서, 色을 판명할 수 있게하는 光센서도 있다. 이러한 光센서는 칼라센서라고 부른다.

지금까지 記述한 光센서는 모두 量子變換形 센서라고 불리우며 光의 '粒子性'을 이용한 것이다. 이외에 光에너지를 熱에너지로 변환하고, 온도상승으로부터 入射光에너지를 計測하는 형태의 센서가 있다. 예를 들면 光에너지 照射에 의한 온도상승을 다음 節에서 기술하는 熱電對, 써어미스터(thermistor) 또는 焦電結晶을 써서 計測하는 센서이다.

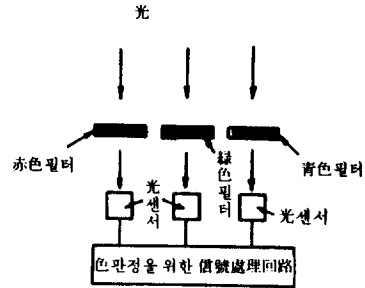


그림 9. color filter 를 사용한 color 센서의 基本原理

#### 4 温度(觸覺) 센서

우리들은 물체에 접촉하면 그것이 몇도쯤 되는지 대략 짐작할 수 있다. 매우 뜨거워진 것으로서 하얗게 달아있는 것에는 손을 댈 수는 없으나, 발열체의 色을 보면 몇도쯤인가를 알 수 있다. 예를 들어 카본(墨)을 진공상태에서 가열해가면  $800^{\circ}\text{C}$  부근에서 빨갱게되며,  $1000^{\circ}\text{C}$  를 넘으면 흰 빛을 띄어 보인다. 즉 온도를 측정하려고할 때에, 손으로 직접 접촉하지 않고서는 알 수 없을 때와, 눈으로 보고 가능할 수 있을 때가 있다.

温度센서도 이와 같이 원리적으로 2가지가 있다.

計測하려고하는 가스(gas)雰圍氣 속에 센서를 직접 넣는다든지 또는 온도를 측정하고자하는 물체에 직접 접촉시켜서 측정하는 형태(type)를 接觸形溫度 센서, 측정하려고하는 물체에서 떨어져서 먼 곳에서 光으로서 검출하는 형태를 非接觸形溫度 센서라고 부른다. 非接觸形溫度 센서는 赤外線을 검출하는 光센서이기도하다.

接觸形溫度 센서의 대표적인 것이 Seebeck 효과를 이용한 熱電對(thermocouple)와 온도에 따른 저항 변화특성을 이용한 測溫抵抗體(RTD) 및 써어미스터(thermistor)이다. 이中에서 특히 써어미스터는 家電製品의 電子化가 진보됨에 따라 각광을 받아왔으며 전자레인지, 전기오븐, 전자차, 전기모포, 전기모기잡이 등 民生用으로 매우 많이 쓰여지고 있다.

써어미스터란 '온도에 의해서 저항치가 민감하게 변화하는 저항체'이다. 저항체에는 온도상승에 의해서 저항치가 증가하는 것과 감소하는 것이 있지만, 단지 써어미스터라고 말할 경우에는 온도상승에 따라 저항치가 감소하는 것을 지칭한다. 그리고 이 써어미스터를 특히 NTC(負의 溫度係數를 가졌다는 뜻) 써어미스터라고 부른다. NTC라고 하는 말이 나오게된 것은, 최근 正의 溫度係數를 가진 써어미스터, 즉 PTC(正의 溫度係數를 가졌다는 뜻) 써어미스터가 출현하였기 때문이며, 보통 써어미스터라하면 NTC를 의미한다.

여기서 왜 저항의 溫度係數가 正의 것과 負의 것이 있는가를 생각해본다. 저항의 溫度係數가 正이라고하는 것은, 온도가 높을 수록 저항체에 전류가 흐르기 어렵다는 것을 나타내고있다. 예를 들면 자유로이 움직이는 電子의 數가 많은 金屬에서는, 온도를 높이면 金屬을 구성하고있는 原子의 진동이 심하게되고 電子의 움직임을 방해하게되어 저항이 높아진다. 그러나 金屬에 대해서는 저항치의 변화량이 적기 때문에, 써어미스터라는 말은 쓰지않는다. 예를 들면 白金과 같이 온도에 따른 저항변화특성들을

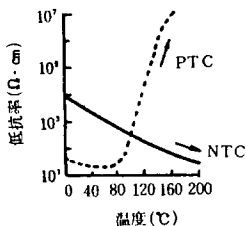


그림 10. 써어미스터의 온도특성

이용한 것은 測溫抵抗體라 부르고 있으며, 感度は 낮으나 온도-저항의 직선성이 우수하기 때문에 工業方面에서는 잘 쓰여지고 있다.

한편 半導體 中에 존재하는 電子(正孔)의 數는 金屬에 비교하면 현격하게 적다. 그러나 高溫으로 될 수록 자유로이 움직이는 電子(正孔)가 불어나기 때문에 전류가 흐르기 쉽게된다. 이것이 NTC 써어미스터의 원리이다.

PTC 써어미스터는 室溫에서 100°C 정도까지는 보통의 半導體처럼 NTC 특성을 나타내지만, 이 이상의 온도에서는 저항치가 10의 指數로서 급격히 변화한다. (그림10參照) PTC는 強誘電體의 多結晶으로 만들어졌으며, 큐리(Qurie)점 부근에서 結晶境界에서의 電子흐름방법이 돌연 변화하기 때문에 일어나는 현상이다.

熱電對는 2 종류의 가느다란 금속선을 그 先端에서 결합시킨 간단한 구조를 하고있다. 熱電對는 금속선의 兩端에 온도차가 있으면 兩端子間에 起電力(emf)이 발생한다. (Seebeck 효과) 熱電對는 사용하는 금속선의 종류에 따라 여러가지 형태(type)으로 분류되며 각기 사용온도범위가 다르다. 1000°C 정도의 고온용으로는 type R(Pt/Pt 13% -Rh)이 1000°C 이하에서는 type K(Chromel/Alumel)나 type T(Copper / Constantan)이 잘 사용되고 있다.

트랜지스터나 다이오드등을 써서 電子回路를 구성할 때에, 누구나가 마음을 쓰는 것은 주위온도에 의한 電子素子의 특성변화이다. 電子回路에서는 온도변화가 없는 電子素子가 바람직하나, 트랜지스터나 다이오드의 온도특성을 전혀 없게하는 것은 불가능하다. 반대로 트랜지스터의 특성같은 온도의존성을 이용하면 새로운 온도센서를 만들 수 있다. 또한 트랜지스터를 온도센서로 이용하는 경우, 材材가 Si이기 때문에 동일 Si 웨이퍼(wafer) 상에 溫度 센서部와 온도-출력특성을 線形으로 하기 위한 信號處理回路, 增幅回路를 포함시켜 제작할 수 있다. 이 형태(type)의 溫度 센서를 IC化溫度 센서라고 부르며 이미 室溫부근의 온도제어용으로 쓰여지고있다.

非接觸形溫度 센서는 물체에서 발하는 光(放射光)을 이용하고있다. 모든 물체는 그 물체가 갖는 온도에 대응해서 光을 발생하고있다. 光의 強度나 파장분포는 물체의 온도에 의하여 결정된다. 온도가 높으면 높을 수록 파장이 짧으며 強度가 강한 光을 발한다. (그림11參照) 우리의 몸에서도 체온에 따른 赤外線이 나오고 있다. 다만 우리 눈에는 보이지 않으므로 알지 못할 따름이다. 물체가 放射하는 모든 에

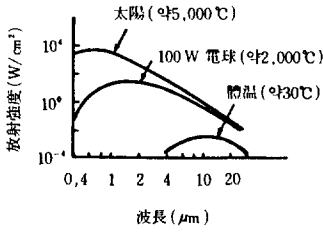


그림 11. 물체온도와 放射에너지의 분포

너지는 절대온도의 4 제곱에 비례한다는 것이 알려져 있으며 (Stefan - Boltzmann 법칙) 放射光의 強度를 측정하면 물체의 온도를 알 수 있다.

非接觸形溫度센서는 放射光을 검출하는 방법의 의해 半導體式溫度센서와 焦電形溫度센서로 분류된다.

半導體式 非接觸溫度센서用 材料로는 그림11에 나타난 赤外線센서(파장 數μm 이상의 光을 검출하는 센서)가 쓰여진다. 예를 들면 人體의 온도분포나 氣象衛星으로 부터의 地上溫度分布測定에서는 파장 5~10μm의 赤外線이 對象이 되어, 이 영역에서는 HgCdTe, PbSnTe, InSb가 이용된다. HgCdTe 光센서는 -10~50°C, InSb는 -30~2,800°C의 온도를 非接觸으로 측정할 수 있다. 非接觸形溫度센서와 光學系를 조립하면 온도분포를 측정하는 赤외카메라가 된다. 赤외카메라로 포착한 온도분포를 熱分布圖(thermal map)라고 부르며, 工業, 醫療, 氣象觀測 등 여러 방면에 응용되고있다. 그림12는 赤외카메라를 醫療用으로 사용한 例로서 赤외카메라를 사용하여 局部的으로 체온이 낮아진 부분을 검출할 수 있기 때문에 癌을 非接觸으로 발견할 수 있다.

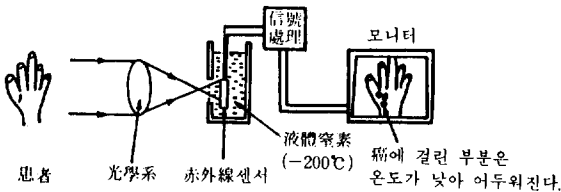


그림 12. 非接觸形溫度센서(赤외카메라)에 의한 癌 진단

半導體方式의 赤外線溫度計는 열잡음(thermal noise)을 없애기 위해서 센서部分을 -196°C (液體窒素溫度)로 냉각하지 않으면 안되는 단점도 있다. 그러나 焦電效果를 이용한 온도계는 室溫에서 사용할 수 있는 장점을 갖고 있다. 焦電結晶은 원래 온

도를 높이면 表面에 短時間 電荷를 誘起하는 성질이 있으며, 赤外線을 照射해서 結晶溫度가 증가했을때의 電荷量을 측정하는 구조로 되어있다.

5 磁氣(觸覺) 센서

人間은 磁氣를 감지할 수 없다. 그러나 어떤 종류의 철재 中에는 地球磁場의 方向을 감지하고 있는 것이 있다고 한다. 工學的으로 磁氣를 감지하는 것은 쉬운 일이다. 磁氣센서라고 말하면 보통 홀(hole)소자를 가리킬 때가 많으나, 이 외에 磁氣抵抗素子나 磁氣다이오드 등도 있다.

이 磁氣센서들의 기본원리는 로렌쯔힘(Lorentz force)에 기초를 두고있다. 이것은 그림13에 나타난 것과 같이 磁界가 荷電粒子(電子 또는 正孔)의 흐름과 垂直방향으로 걸려있을 때 荷電粒子의 흐름 방향과 磁界방향, 兩방향에 수직방향으로 荷電粒子가 힘을 받는다.(플레밍의 왼손법칙) 즉 그림13에서 처럼 電子(마이너스 荷電粒子)와 正孔(플러스 荷電粒子)이 움직이고 있을 때 磁界中에서는 각각 그림13의 화살표방향으로 힘을 받아서 진행방향이 변한다.

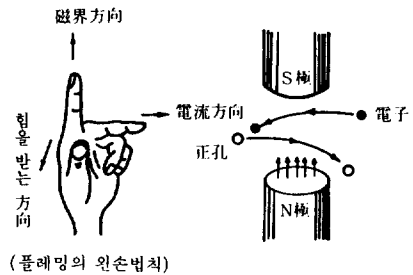


그림 13. 磁界와 電子, 正孔과의 相互作用

홀소자는 InSb, GaAs 등 電子移動도가 큰 半導體材料로서 만들어진 것이며 그림14와 같이 4개의 電極이 붙어있다. 이중에서 相對하는 2개의 電極間에 전류를 흘리고, 아래가 N극, 위가 S극인 磁界속에 넣으면 앞에서 설명한 원리에 의해서 그림14와 같이 電子의 진행방향이 바뀌고 이에따라 홀소자의 뒷부분은 마이너스, 앞부분은 플러스로 帶電하게되어 이 兩端子間에 電位가 발생한다. 이 電位를 홀전압이라고 한다. 홀전압은 制御電流 I, 磁界의 세기(磁束密度 B)에 비례하며, 홀전압을 알면 磁界의 세기를 알 수 있다.

磁氣抵抗素子は 홀소자와 같이 半導體속을 지나

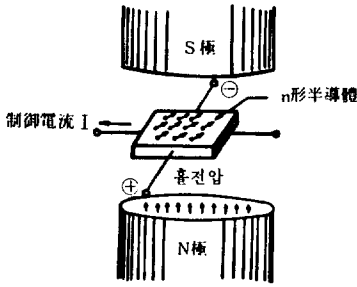


그림 14. 홀소자의 원리

는 電子의 흐름이 磁界에 의해 영향을 받아 저항이 높아지는 현상을 이용하고 있다. 또한 磁氣다이오드에서도 역시 磁界에 의해 半導體 pn접합에 흐르는 전류가 증감하는 현상을 이용하고 있다.

이 외에 최근에 와서는 磁界의 有無에 의해서 出力이 ON, OFF되는 磁氣센서도 개발되어 있다. 원리적으로는 Si으로 홀소자를 형성하고 Si칩상에 연산처리회로를 집적화한 것으로서, 出力에 ON, OFF 기능(出力은 磁界의 有無에 의해서 高, 低의 2 종류만을 취한다)을 갖게한 것이다. 이것을 홀 IC 라고 부르고 있다.

6 가스·湿度(嗅覺) 센서

工學的으로 가스나 湿度를 計測하는 것은 가능하다. 그러나 가스센서는 生體의 嗅覺에는 도저히 미치지 못한다. 人間의 嗅覺은 生體中에서는 그다지 좋은 편은 못된다. 예를 들면 人間이 박하성분을 검출할 수 있는 한계는 0.000005mg/l 라고 한다. 犬는 人間의 수천배에서 수만배 嗅覺力이 강하며 硫酸은 1.000분의 1, 乳酸은 100萬分の 1로 希釋해도 감지할 수 있다. 또한 모기와 같이 적은 생물에서조차 냄새가 모기끼리의 커뮤니케이션(commu-nication)에 관계되어 있다고 한다.

工學的으로 가스센서를 만드는 데 있어서 가장 곤란한 문제는 어떤 방법으로 가스의 종류를 판별하는가 이다. 예컨대 家庭用 가스누출경보기를 생각해보자. 이 경우 가스센서는 도시가스, 프로판가스, 천연가스 등 家庭에서 사용되고 있는 가스에만 반응해야한다. 술에 취해서 내뿜는 알콜이 섞인 숨이나 담배연기 등을 감지해서는 안된다. 우리들은 냄새를 맡는 것으로써 쉽게 무슨 냄새인가를 판별할 수 있다. 그러나 센서로서는 가스종류의 판별이 매우 어렵다. 이것은 다음에 기술하는 바와 같이,

가스검출의 원리가 가스분자의 吸着을 이용하고 있는데 그 원인이 있다.

가스센서에는 몇가지 종류가 있으나, 여기서는 최근 주목을 받고있는 半導體式가스센서를 소개한다.

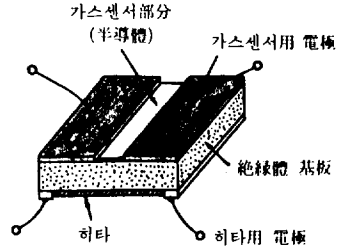


그림 15. 半導體가스센서의 構造

半導體가스센서의 기본구조를 그림15에 나타냈다. 구조는 아주 간단한 것으로서, 絶緣體 위에 SnO<sub>2</sub>, ZnO, γ-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 등의 燒結體를 붙이고 兩端에 電極을 붙인 것 뿐이다. 絶緣體의 아래에는 히-터가 부착되어있고, 항상 半導體를 200~300℃로 가열하고있다. 가스센서의 표면에 가스가 吸着되면 半導體의 저항이 변화한다. 왜 吸着에 의하여 저항이 변화하는 것이냐에 대한 이유에는 定說은 없으나 예를들어 그림16과 같이 생각하면 이해하기 쉽다. Sn

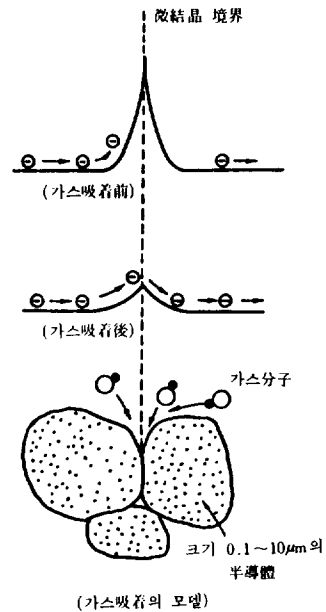


그림 16. 가스센서의 원리

O<sub>2</sub> 등의 燒結體는 크기가 0.1~10 μm 정도의 微結晶의 集합으로 되어있으며, 電子가 膜中을 傳導할 때에 微結晶끼리의 境界를 통과하지 않으면 안된다. 境界에는 PTC 씨어미스터의 경우와 마찬가지로 電子의 移動에 장애가 되는 山이 兀뚝 솟아있다. 여기서 가스분자가 山의 주위에 吸着되면 가스분자와 電子의 授受가 일어나서 山이 더욱 높아지거나 또는 낮아져서 그 결과 저항이 變化한다. 여기서 반응하는 가스에 선택성을 갖게 하기 위하여 약간의 鼻藥을 섞는다. 예를 들면 알콜계 可燃性가스를 검출하려면 希土類元素를 LPG나 도시가스用으로는 Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> 등을 소량 첨가한다. 그러나 같은 성질을 갖는 가스를 분리할 수는 없다. 예를 들면 그림17에 나타낸 것과 같이 에탄올(ethanol)에 感應하는 가스센서는 수소(H<sub>2</sub>), 이소부탄(isobutane), 일산화탄소(CO)에도 반응한다.

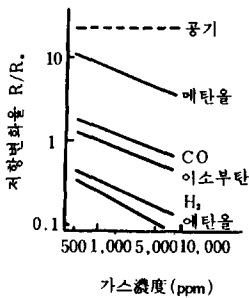


그림 17. 半導體가스센서의 特性

가스센서의 응답속도를 빠르게 하기위하여는 半導體를 가열하지 않으면 안된다. 한번 吸着되었던 가스가 언제까지나 表面에 남아 있어서는 가스량의 變化를 측정할 수 없다. 보통 室温에서는 吸着된 가스가 날라가기 어려우므로 가열해준다.

湿度센서의 원리도 가스센서와 같다. 단지 사용한 材料가 다르다. 湿度센서의 材料로는 塩化리튬, 炭素膜, 셀렌蒸着膜, 세라믹 半導體 등이 쓰인다. 湿度센서에는 湿度의 全領域(0~100%)을 카바(cover)하는 만능적인 것이 없기 때문에 乾燥域, 中間領域, 結露域으로 나누어 각각 다른 센서로 카바해야한다. 이 중에서 특히 結露를 검출하는 센서를 結露센서라고 부르며 자동차 rear window의 흐림을 자동적으로 검출하는 센서로 사용되고 있다.

7] 壓力(觸覺, 聽覺)센서

물체에 壓力을 가하면 많은 적든 수축된다. 지금

어떤 저항체를 만들어서 壓力에 의해 寸수가 크게 變化하고 그결과 저항이 變化한다고 하자. 壓力에 의해서 저항이 많이 變化하면 壓力의 變化를 저항변화라는 형태로서 計測할 수 있게된다. 오래전부터 이 형태의 壓力센서가 사용되어 왔으며 스트레인게이지(strain gauge)라고 불리운다. 스트레인게이지用 材料에는 金屬이 사용되어왔으며 최근에는 金屬보다 100배 정도 많은 저항변화를 얻을 수 있는 半導體가 쓰여지게되었다.

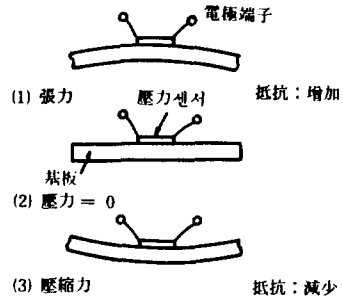


그림 18. 金屬薄膜을 사용한 壓力센서

半導體의 경우, 金屬과 같이 形狀변화로 인한 저항변화 이외에 半導體의 저항을 자체가 變化하는 성질을 갖고 있다. 이 현상을 피에조저항효과(piezoelectric effect)라고 부르고 있다. 이 현상으로 인해 金屬으로서는 생각할 수 없는 현상이 나타난다. 예를 들면 金屬을 그림18과 같이 압축하면 저항치가 감소되나 半導體에서는 반대로 저항이 증가하는 일도 있을 수 있다. 또한 그 변화율도 金屬의

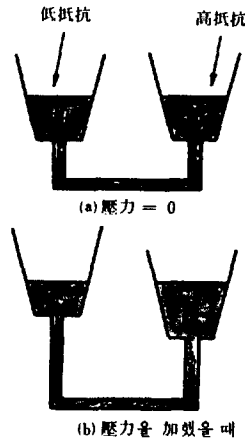


그림 19. Piezo 저항효과와 저항율변화원리



10~100배 정도 크다. 일반적으로 n形半導體에서는 壓力을 가하면 저항이 작게되며(저항계수가 負), p形半導體에서는 저항이 커진다.(저항계수가 正) 이것은 半導體에서 저항을 결정하는 電子 또는 正孔의 數 및 移動度가 壓力에 의해서 증가 또는 감소하기 때문이다. 그림19는 피에조저항효과의 비유적 표현이다.

半導體 Si을 사용한 壓力센서는 최근 자동차電子工學(auto electronics)의 요청에 의해 급속히 진보되었다. 자동차에 사용되는 센서는 추후 기술할 예정이다.

스트레인게이지 이외에도 壓力센서로서 感壓다이오드, 感壓트랜지스터 등이 있다. 이 壓力센서들은 모두 壓力에 따른 전류변화효과를 이용한 것이다.

(다음호에 계속)

(p36에서 계속)

35-1-5: 3 Tesla超電導 電磁石의 設計 및 試作

韓松曄·車貴守·洪淳欽·  
金容權·崔景達·姜聖秀

超電導 應用研究의 分野로서 高磁界 超電導 電磁石, 超電導 回轉機器 및 超電導에너지 貯藏裝置 등을 들 수 있다. 本 研究에서는 超電導 研究의 基本이 되는 超電導 솔레노이드 마그네트의 設計 課程과 材質에 대해서 상세히 다루었다. 또한 3 Tesla

초전도 마그네트의 製作 및 테스트 과정도 다루었다.

超電導 電線으로는 Nb-Ti를 이용했고 마그네트의 內徑은 10 cm 그리고 電氣의 絶緣을 爲해서는 유리섬유강화 플라스틱(GFRP)와 캡턴(Kapton)을 사용했다. 低溫容器는 진공자켓 및 액체질소로 절연되었다.

試作된 마그네트를 試驗한 결과, 마그네트의 中心磁場이 3 Tesla, 시간당 액체헬륨의 증발량이2.7 liter 그리고 이때의 電流는 315 A였다.

謹 賀 新 年

丙寅年 元旦

大韓電氣學會 任職員一同