

# 센서工學과 新技術時代

## (3. 計測器 및 自動車用 센서)

吳 明 煥  
(韓國科學技術院 計測素子研究室長)

### ■ 차 레 ■

- |                 |                  |
|-----------------|------------------|
| 1. 머릿말          | 2.5 壓力의 測定       |
| 2. 計測器와 센서技術    | 3. 自動車와 센서技術     |
| 2.1 力의 測定       | 3.1 엔진制御와 센서     |
| 2.2 質量(重量)의 測定  | 3.2 自動車用 센서의 諸條件 |
| 2.3 길이 및 變位の 測定 | 3.3 自動車用 各種센서    |
| 2.4 速度의 測定      | 4. 맺음말           |

#### [1] 머릿말

이번 호에서는 우리 주변에서 자주 볼 수 있고 또한 널리 이용되고 있는 計測器用 센서 및 우리 인간생활과 밀접한 관계가 있는 自動車用 센서의 종류, 특성, 동작원리 등에 대해 살펴보고자 한다.

계측기술은 시대와 함께 진보하고 있으며 오늘날의 기술적 또는 사회적 need에 의해 계측기는 점차 고정도화, 고기능화, 고신뢰화의 방향으로 나아가고 있다. 이와 같은 계측기 발전의 배경에 센서기술의 발달 및 마이크로프로세서의 보편화가 커다란 역할을 하고 있음은 이미 주지의 사실이다. 특히 최근에는 IC 제작기술 및 재료기술의 진보에 의해 간단한 연산 및 자기진단 기능 등이 센서기술에 부가됨에 의해 센서의 지능화가 추진되고 있으며 이와 같은 기술을 바탕으로 한 인공지능형 계측기에 대한 연구도 진행되고 있다.

한편 인류문명 및 경제생활이 향상됨에 따라 오늘날 자동차는 거의 생활의 필수품이 되어가

고 있다. 이에 따라 자동차의 생산이 계속 증가되고 있으며 산업기술분야 中 자동차산업이 차지하는 비중이 매우 높아졌다. 뿐만아니라 종래의 자동차 기계시스템에 전자기술이 적용되어짐에 따라 자동차기술은 점차 고도화 되어가고 있다. 최근의 자동차기술은 마이크로프로세서+센서+구동기(actuator)와 같은 일련의 전기적시스템을 유기적으로 연결결합하는 방향으로 연구가 진행되고 있다. 특히 자동차용 센서는 극심한 사용환경이라는 제약조건을 가지며 고도의 신뢰성 및 안전성이 요구되는 분야라고 할 수 있다.

#### [2] 計測器와 센서技術

우리들이 자기의 의지를 행동에 옮기고자 할 때 가능한 한 소비하는 에너지를 적게하고자 하는 것과 같이 測定의 行爲도 가능하면 動作을 적게하면서 물체의 量이나 상태를 측정하는 것이 이상적이다. 그 이유는 計測器가 出力상태를 측정하고 또한 그 상태를 표시하고자 할 경우에 計測器 内部의 變換이나 움직임이 크게 되면 被

測定物の 상태에 영향을 주게 되며, 그 결과 정확한 測定値를 얻을 수 없기 때문이다. 예를 들면 油圧機器의 피스톤과 실린더의 간격과 같이 작은 부분의 壓力測定에 변형이 큰 압력검출기를 사용하면 測定行爲로 인해 測定部分의 壓力를 변화시키고 그 결과 정확한 壓力測定을 할 수 없게 된다. 또한 온도계의 感温部가 온도를 감지하는 경우도 실제로는 측정하고자 하는 주위 분위기로 부터 熱을 얻거나 또는 부여하는 영향이 있다. 따라서 感温部는 가능한 한 적게 하고 아주 적은 열의 변화에 대해서 민감하게 감응하는 檢出素子를 사용하는 것이 바람직하다. 이와 같이 종래의 機械式이나 또는 검출감도가 낮은 素子를 사용한 測定에서는 被測定物의 정확한 測定値를 얻기가 매우 어려웠다.

한편 近年의 센서기술의 발전은 計測器의 성능향상에 커다란 영향을 주었다. 즉 계측기의 검출감도향상, 변환율향상, 소형화, 응답성향상, 신뢰성향상 등을 가져왔으며, 또한 우수한 검출소자와 마이크로프로세서를 함께 사용함에 의해 計測의 自動化를 指向하는 계측기가 출현하고 있다.

여기서는 계측기와 관련된 센서 중 종래의 것에 비해 특징적인 센서에 대해 동작원리 및 사용예를 살펴보기로 한다.

### 2.1 力の測定

힘 測定의 한 방법으로서 힘에 의한 彈性體의 변형량 크기로부터 힘을 측정하는 기계적 방법이 있다. 이 방법은 종래에 많이 사용되어 온 것으로 그림 1의 loop 形力計가 그 예이다. 이 loop 形力計는 dial gauge를 사용하여 힘의 크기를 기계적으로 검출하며, 相對精度를 높이기 위

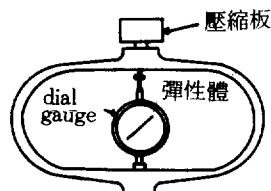


그림 1. loop 形力計

하여 定格容量에서는 數mm의 변형량이 되도록 설계되었다.

이와 같은 기계적 측정방식에 대해 近年에 많이 사용되고 있으며 급속하게 성능이 향상된 힘 測定器로서 'strain gauge式 load cell' 이 있다. 그림 2와 같이 기둥모양의 탄성체에 strain gauge를 첨부한 것으로서 그림 2의 ↓표 방향으로 힘이 가해짐에 의해 탄성체가 변형되며 접촉층을 통하여 strain gauge에도 변형을 준다. strain gauge는 변형에 의해서 저항변화를 발생하며, strain gauge를 브리지회로와 함께 사용하면, 힘에 의한 변형으로 인해 불균형 (unbalance) 된 전압이 발생한다. 즉 힘의 변화를 전기량의 변화로서 검출할 수 있다. strain gauge의 저항변화비율과 치수변화비율의 비를 게이지率이라고 한다. 현재 사용되고 있는 strain gauge의 게이지率을 살펴보면 金屬細線이나 金屬洞에 의한 것은 게이지率이 2, 게르마늄(Ge)이나 실리콘(Si)과 같은 반도체에 의한 것은 100~200의 것이 만들어지고 있다.

한편 사용하는 strain gauge에 對應해서, 게이지를 첨부하는 탄성체의 변형률은 1/1,000에서 1/10,000로 되게 설계하는 것이 보통이다. 이와 같이 하는 것은 탄성체의 높이가 100mm라고 한다면 full scale에서 휘는 양이 0.1mm 이하라는 것을 의미하며, 앞에서 말한 기계적인 lo-

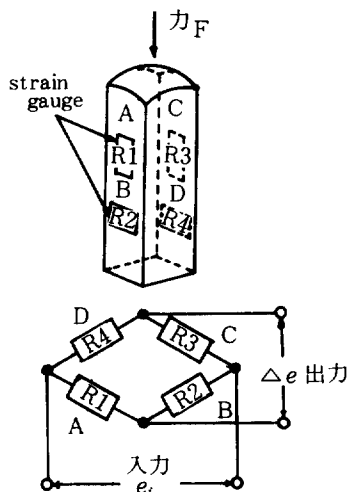


그림 2. load cell의 原理

op形力計가 數mm의 변형량이 되도록 설계된 것에 비하면 보다 精度가 높으며, 변화가 빠른 현상도 측정 가능하다. 또한 전기적인 출력을 얻을 수 있으므로 遠隔測定, 測定の自動化 및 制御系와 함께 사용하는 것이 가능하다.

힘의 측정방식에는 앞에서 설명한 두가지 방식외에 금속재료의 기계적변형에 의해 磁化特性이 변화하는 성질을 이용한 磁氣變形式 load cell이 있다. 감도는 低抗線의 경우의 약 10,000 배 이다.

### 2.2 質量(重量)의 測定

十數年前까지는 정육점, 점포 등에서 잘 볼 수 있었던 「스프링식 저울」이 이제는 점차 「전기식 저울」로 대체되고 있다.

스프링식 저울은 그림3에서 보는 바와 같이 計量점시에 올려놓은 被測定物에 의한 스프링 코일의 변형을 기계적으로 확대한 후 다시 指針의 回轉으로 변환해 눈금을 指示하도록 구성되어 있다. full scale에 있어서의 스프링 코일의 伸長은 10~20mm이며 被測定物을 올려놓은 탄력으로 스프링의 탄성진동에 의하여 指針은 잠시 진동한 후에 멈춘다.

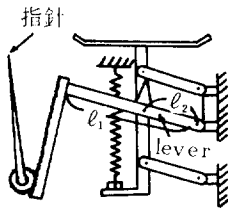


그림 3. 용수철식 저울

한편 전기식 저울 中 가장 대표적인 것으로는 앞에서 설명한 strain gauge式 load cell을 이용한 저울이 있다. 그림 4는 그 원리도면으로서 평행 용수철에 strain gauge를 그림의 표시위치에 첨부한 것이다. 그 원리는 앞의 힘 測定器와 같은 것으로서 重量에 따른 strain gauge의 저항변화값을 이용하여 重量을 측정한다. 또한 重量測定の 결과가 전기적출력으로 얻어지므로 마이크로 컴퓨터와 함께 사용함에 의해 重量의 표시와 함

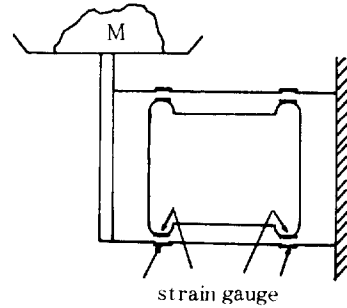


그림 4. load cell式 저울의 說明圖

게 요금도 표시할 수 있다. 한편 이 저울은 탄성체의 변형과 그에 따른 저항체의 전기저항변화를 이용하고 있으므로, 탄성체의 탄성계수 및 저항체의 저항치가 온도에 의해 영향을 받아 측정결과에 오차를 생기게 할 수 있다. 그림5는 이와 같은 점을 고려하여 저항을 사용해 온도 특성을 보상한 회로의 예이다.

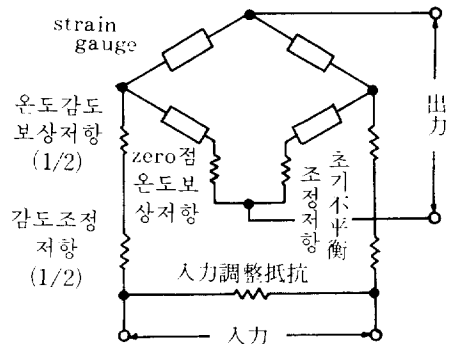


그림 5. 브리지 回路

重量測定器의 다른 例로서 電磁力을 이용한 저울이 있다. 그 기본원리는 被測定質量에 의한 힘과 電磁力이 自動平衡되도록 한 방식으로서 檢出力 및 精度 모두 우수한 방식이다. 그림6에 電磁저울의 例를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 피측정물의 重量으로 인해 計量점시가 내려가는 위치를 計量점시 下部에 부착된 指標에 의해 검출한 후 그 검출량에 대응해 電磁 코일에 전류를 흘리면 코일과 영구자석 사이에 Fleming의 왼손법칙에 의해 반발력이 발생하고

그 결과 計量점시는 다시 원 위치로 복귀한다. 이때 電磁코일에 흘려준 전류의 量에 의해 피측정량의 중량을 알 수 있다. 이러한 방식은 주로 5kg 이하의 저울에 사용되며, 연구실에서 많이 사용되는 電子天秤이 이 방식을 사용하고 있다.

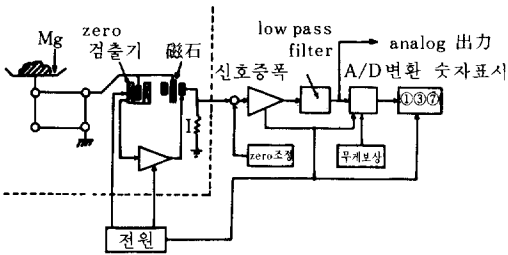
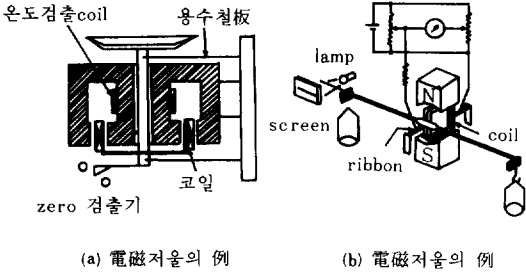


그림 6. 電磁 저울

2.3 길이(長) 및 變位の 測定

공작현장에서 자주 사용되는 길이측정기로서 그림 7 과 같이 마이크로미터가 있다. 이것은 被測定物을 兩側에 끼워서 길이를 측정한다. 이 경우 測定圧이 加해져서 被測定物의 彈性變形만큼 적은 結果가 얻어질 수 있다. 이와 같은 이유 때문에 非接觸으로 길이를 측정하는 것이 理想的이다.

光波干涉에 의한 길이 測定方式은 오래전 부

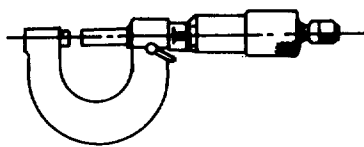


그림 7. micrometer

터 이용되어 왔으며, 레이저干涉計가 市販됨에 따라 더욱 더 現場 및 日常生活의 測定作業에 高精度로서 非接觸의 길이 또는 變位 測定이 가능하게 되었다. 그 기본원리는 그림 8 에 나타낸 것과 같이 光源에 Zeeman 分割方式의 2波長 安定化 레이저를 사용해, 약간 相異한 2개의 發振周波數  $f_1, f_2$ 의 레이저 光을 발사한다. 이  $f_1$  과  $f_2$ 의 光은 beam splitter를 사용해  $f_1$ 의 光은 移動鏡으로  $f_2$ 의 光은 固定鏡을 향하여 발사된 후, 각각 반사하여 beam splitter에서 다시 만나 간섭을 일으킨다. 여기서 移動鏡이 이동하면 도플러 효과에 의해서  $f_1$ 은  $\Delta f$ 의 변조를 발생하여  $f_1 + \Delta f$ 로 되며 干涉 後의 주파수는  $f_1 - f_2 \pm \Delta f$ 가 된다. 또한 beam splitter의 앞 부분에서 구한  $f_1 - f_2$ 의 기준 신호를 사용해 주파수 差  $\Delta f$ 를 얻으며 이 결과를 바탕으로 길이 또는 변위를 측정한다.

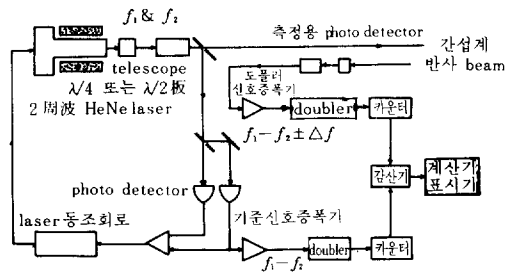


그림 8. laser 간섭계

非接觸 測定方式의 또 다른 例로서, 光學測定器의 載物台나 工作機械의 工作物送出台 移動量 측정에 여러 종류의 격자판을 이용한 scale이 사용되고 있다. 그림 9에 보이는 바와 같이 유리 에 等間隔의 세로무늬를 부착한 기준 scale이 送出台에 장치되어 있으며, 또한 기준 scale에 對面해서 같은 모양의 세로무늬 인덱스가 固定되어 있다. 인덱스를 통하여 scale의 이동을 보고 있으면 明暗模樣이 번갈아 나타나게 된다. 이것을 發光素子, 受光素子에 의해서 검출하면 기준 scale의 무늬간격을 단위로 하는 이동량의 검출이 가능해진다. 또한 수광소자에 들어오는 明暗에 의한 光量變化는 전기적으로 변환되어

擬正弦波의 신호가 발생되며 이 값을 디지털화하여 표시해 준다. 그림 9의 예에서는 기준 scale로서 유리와 같은 투명체에 무늬가 부착된 것을 사용하고 있으나, 이 외에 테이프레코더의 테이프에 等間隔의 신호를 기록한 磁氣 scale과 判讀用의 磁氣헤드로 구성된 것, 세로무늬를 等間隔으로 배치한 電極을 기준 scale로 하고 電磁誘導에 의해 出力을 얻는 방식 등이 있다. 또한 이러한 기준 scale을 円板上에 放射狀態로 배치해 回轉角이나 円周눈금의 自動解讀에 이용되는 rotary encoder가 있다.

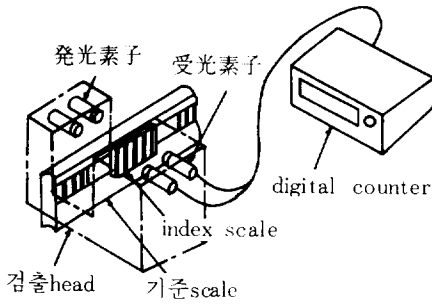


그림 9. digital 측정 unit의 構成

### 2.4 速度의 測定

이동물체가 거리를 알고 있는 2 점간을 통과 하는데 소요되는 시간을 측정하면 (거리) / (소요시간)에 의해 평균속도를 구할 수 있다. 종래에는 그림10에 나타난 것과 같이 거리 L을 지정해 놓고, 2 점에 각각 그 지점을 이동물체가 통과하는 것을 검지하는 장치를 사용해 통과시각을 측정하였다. 물체통과의 검지는 옛날에는 망원경 등을 사용해 目測으로 行하였으며 그 후에는 光源과 slit, 光電管에 의해 측정하였다. 이러한 방법들은 모두 2 점간을 통과하는 평균속도를 구하기 위한 것이다.

최근에는 電磁波나 音波의 檢出素子 성능이 향상되고 정보검출 후의 처리가 마이크로컴퓨터의 활용으로서 비교적 손쉽게 行할 수 있게 되어, 종래의 평균적인 속도가 아닌 임의의 瞬間의 속도측정이 가능해 졌다. 그 예는 야구의 피쳐가 던진 공의 初速 및 終速이 텔레비에서 바로 표시되는 등 日常生活 中에서도 쉽게 볼 수

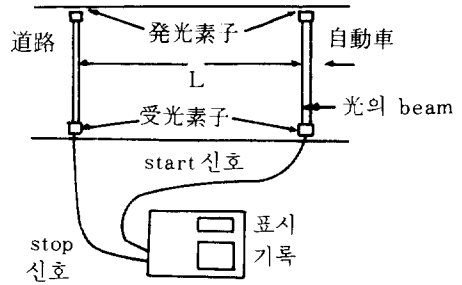


그림10. 車輛走行速度 測定裝置

있다.

이것은 電磁波나 音波가 이동물체를 향해서 발사되었을 때의 發信周波數와 그 물체에서 반사되어 온 受信周波數와는 물체의 이동속도에 의해 주파수차가 발생한다는 도플러효과를 이용한 것이다. 그림11에 나타난 것과 같이 물체가 속도 v로 이동하고 있으며, 주파수 f<sub>1</sub>의 電磁波를 발사해서, 이것이 물체에 닿은 후 반사되어 온 電磁波의 주파수가 f<sub>2</sub>라면, 주파수차 Δf는 v<sub>s</sub>를 媒質中의 電磁波 傳搬速度라 할 때

$$\Delta f \approx f_1 \frac{v}{v_s}$$

가 되며, f<sub>1</sub>, v<sub>s</sub>를 알고 있으므로 Δf를 측정해 물체의 속도 v를 구할 수 있다. 이와 같은 방식은 走行中의 자동차 속도, 비행기의 着陸時 對地 降下速度 등의 測定에 活用되고 있다.

한편 같은 速度라도 流体의 이동속도, 즉 流速을 측정해서 流量을 求하는 流量計가 있다. 그 中의 一例로서 超音波가 流体 中을 傳搬하는 속도가 靜止流体 中에 비해서 流速分 만큼 변화하는 것을 이용한 超音波流量計가 있다. 그림12에

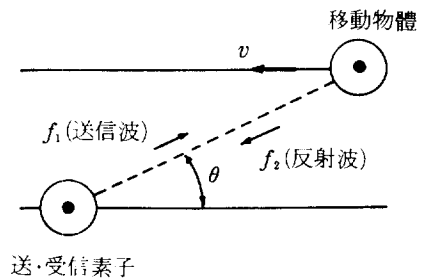


그림11. 도플러 효과

나타낸 것 처럼 흐름의 방향에 거리 L만큼 간격을 두고, 2組의 超音波 發信子와 受信子를 사용해 1組는 흐름과 같은 방향으로, 다른 1組는 흐름과 逆行하는 방향으로 발신하게 배치한다. 靜止流体 中の 超音波의 傳搬速度를 C,

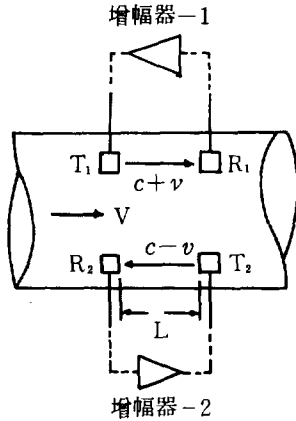


그림12. 傳搬時間差法에 의한 超音波 流量計의 測定原理說明圖 (sing-around 法)

流體의 速度를  $v$ 라고 하면 흐름과 같은 방향으로 발신한 경우는  $C+v$ , 역행해서 발신한 경우는  $C-v$ 의 속도가 된다. 여기서 각각의 振動子組에서의 超音波 到達時間  $t_1, t_2$ 의 差  $\Delta t$ 는  $C \gg v^2$ 라고 한다면

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{2Lv}{C^2}$$

가 된다. 따라서 C와 L을 알면  $\Delta t$ 를 측정해 속도  $v$ 를 求할 수 있고 流体가 흐르는 管의 斷面積과 斷面積內的 流速分布가 일정하면 流量을 알 수 있다. 한편 實用上에서는 流体 中の 超音波 傳搬速度가 온도나 밀도에 의하여 변화하므로 이것을 보상하기 위해 여러가지 방법이 데이터 처리기구 中에 채택되고 있다. 上記한 것과 같이 時間差를 檢出하는 방법 외에 超音波의 位相差, 周波數差를 이용해 流量을 구하는 방법 등이 있다.

### 2.5 壓力의 測定

壓力에 의한 彈性體의 變形 크기를 이용해 압

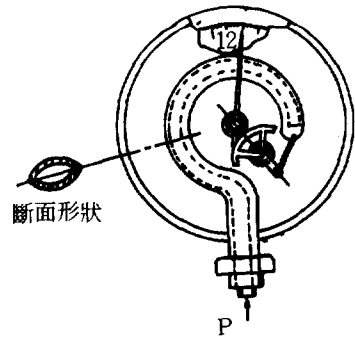


그림13. bourdon管 壓力計

력을 측정하는 방식은 오래전 부터 bourdon管을 사용한 壓力計로서 널리 活用되고 있다. 그림13에 나타낸 것 처럼 斷面이 橢圓形인 管에 壓力을 加하면, 壓力에 의해 圓弧狀으로 구부러진 管의 曲率이 변하며 이로 인한 管 앞부분의 變位를 求하여 壓力의 크기를 측정한다. 이런 종류의 壓力計는 오늘날에도 多方面으로 사용되고 있으나, 변동하는 壓力의 計測이나 高壓力領域에의 적용에는 한도가 있다.

近年에 많이 볼 수 있는 壓力檢出器의 하나로서 半導體게이지에 의한 것이 있다. 그림14는 diaphragm에 strain gauge를 첨부한 것으로서, 壓力에 의한 diaphragm의 변위는  $10\mu\text{m}$  정도이다. 원리적으로는 그림2에서 설명한 load cell과 같은 것으로서 브리지回路를 사용해 diaphragm의 변위에 수반되는 저항변화로 인해 발생한 불균형전압을 얻어 압력을 측정한다. 이 압력검출기는 검출기 자체의 變位가 적으므로 인해, 壓力媒

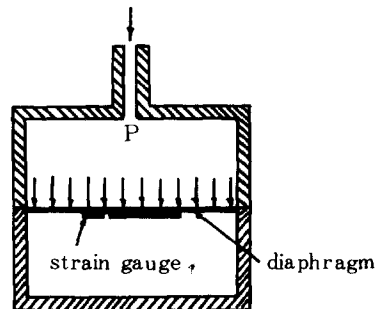


그림14. strain gauge式 壓力檢出器

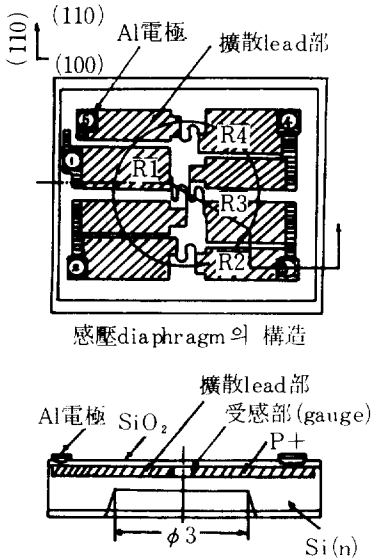


그림 15. 感壓 diaphragm의 構造

체의 移動이 지극히 적으며 따라서 높은 주파수의 압력변동이나 작은 壓力容器 内の 數-KHz 變動壓力測定이 가능하다.

또한 strain gauge의 接着에 수반하는 분체를 제거하기 위해서, IC 제작기술을 활용해 게이지部를 실리콘 單結晶基板 上에 構成한 것이 제작되고 있으며(그림15참조) 주로 微壓의 計測用으로 사용된다.

한편 高壓力領域에서는 직접 압력을 가함으로써 固体가 壓縮되고 이로 인해 物性值가 변화하는 현상을 이용한 검출소자가 사용되고 있다. 그 대표적인 예가 망간게이지로서 직경 0.1mm 정도의 망간(Mg)의 가나다란 線을 直接 壓力媒体中에 놓고, 壓縮함에 의한 저항변화 효과로서 壓力을 측정한다. 망간線의 압력계수는  $2.4 \times 10^{-6}$  /bar 정도이며, 壓力과 低抗值와의 관계는 완만한 2 차곡선으로 표시된다.

또한 동일한 高壓領域에서 사용되는 방식으로서 超音波式이 있다. 그 원리는 固体 中の 超音波 傳搬速度가 壓力에 의해서 변화하는 현상을 이용한 것이다. 音波의 傳搬速度나 그의 壓力係數는 物質에 따라 相異하나, 熔融石英棒에 溫度保償用的 알미늄棒을 接合한 것을 測壓素子로

하고 그 兩端에 發振子, 受信子를 接着한 例에서는 壓力係數가 約  $9 \times 10^{-6}$  /bar로 나타나고 있으며, 超音波의 傳搬速度는 ring-around 法에 의해 구해지고 있다.

앞에서 설명한 壓力測定方式 外에 이른바 검출소자는 이니지만 物質의 壓力에 의한 相轉移 때의 電氣抵抗變化 또는 體積變化 등을 이용한 壓力測定方式이 있다.

### 3] 自動車와 센서技術

자동차의 보급이 증가함에 따라 안전대책, 공해방지 등의 사회적요구가 나왔으며 최근에는 에너지사정으로 인해 자동차의 소형차 및 연료절감의 경제성이 강하게 요구되고 있다. 이와 같은 諸문제들을 해결하는 방법으로서 종래의 자동차 기계기술에 전자기술이 도입되기 시작하였다.

승용차의 전자제어장치가 본격적으로 검토되기 시작한 것은 1960年代로서 자동차의 안전대책으로서 연구되었다. 그 후 대형차가 많은 미국에서 연료대책을 위해 마이크로프로세서의 도입이 진행되어 1977년 이후에 마이크로프로세서를 내장한 자동차가 등장하였다.

한편 마이크로프로세서 자동차가 등장함에 따라 자연적으로 센서 및 actuator에 대한 요구가 증가하였으며 특히 자동차라고 하는 특수 사용조건에 적합하며 또한 고신뢰성, 量産可能 및 低cost 등의 제약조건을 극복할 수 있는 것이 요구되었다. 그 결과 현재 압력센서, 유량센서, 가스센서 등이 개발되어 이미 사용되고 있다. 그러나 현재 차량용 센서로서 요구되고 있으나 사용조건을 만족하지 못해 사용되지 못하는 센서들이 많이 있으며 이에 대한 연구개발이 요구되고 있다.

본 장에서는 자동차에 요구되는 센서의 종류 및 센서의 사용조건 그리고 실제로 실용화되고 있는 센서에 대해 살펴본다.

#### 3.1 엔진 制御와 센서

그림16은 엔진 驅動系의 總合制御시스템의 理

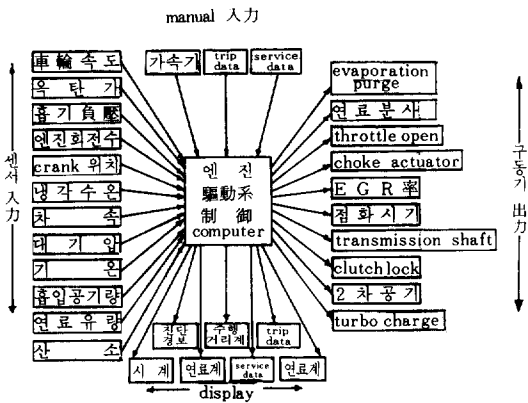


그림16. 센서+ $\mu$ P+actuator  
(엔진 驅動系의 總合制御시스템)

想的 構成을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 매뉴얼(manual)入力を 통해 最適 驅動條件을 決定하며, 센서에 의한 車의 상태과 악, 연산제어, 구동기의 出力指示 및 디스플레이, 결과의 확인, 수정... 과 閉루우프制御가 실시되고 있다. 그러나 이 그림에 나타나 있는 모든 기능을 모두 구비하고 있는 예는 거의 없으며, 대부분 subsystem 몇개를 동시에 集中制御하는 방식이 사용되고 있다.

표1은 자동차 엔진제어용 센서의 사용환경조건을 나타낸 것이다. 표에서 알 수 있는 바와 같이 落下試驗으로부터 시작하여, 組立作業 中の 落下衝擊에 견디어야 하며,  $-40^{\circ}\text{C} \sim +120^{\circ}\text{C}$  사이의 熱 cycle試驗에도 충분한 精度를 유지해야

한다. 또한 後述할 吸氣負壓센서 등은 逆火(back fire)를 고려할 때 3~5氣壓에 견디어야 하며, 또한 1 torr 以下の 分解度가 요구된다.

### 3.2 自動車用 센서의 諸條件

자동차는 보통 큰 것 같이 생각되며 공간의 여유가 충분한 것 같이 생각되기 쉬우나 搭乘者에게 주는 感覺과 實態와는 크게 다르다. 座席部와 본넷(bonnet) 内部와를 비교해 보면 그 差異를 잘 알 수 있다. 또한 하나의 새로운 부품을 자동차에 사용하기 위해서는 엔진 전체의 배치, 설계를 처음부터 시작하지 않으면 안된다. 이와 같이 많은 어려움이 内在해 있는 자동차용 電裝品이 갖추어야 할 諸條件을 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 가능한 限 小形, 輕量일 것.
- (2) 規格品으로서 量産에 適合할 것.
- (3) 엔진 room과 같은  $120^{\circ}\text{C}$  정도의 高温에서 항상 사용가능하며,  $-50^{\circ}\text{C}$ 의 低温에도 견딜 수 있을 것.
- (4) 惡路走行은 물론 積荷時의 振動衝擊에 견딜 수 있을 것.
- (5) 各種 먼지, 濕氣, 洗車時의 水壓 등에 의해 異常이 생기지 않을 것.
- (6) 아이들링(idling)에서부터 高速走行까지, 보통 10倍 程度의 速度變化에 견딜 수 있을 것.
- (7) 走行 中の 높은 電壓 16V 程度에서 엔진 始動時의 낮은 電壓 6V 程度까지 廣範圍의 電壓條件下에서 燒損, 作動不良 등이 없을 것.

표1. 엔진센서의 使用條件 (엔진 room)

項 目	要 求 值
振 動 衝 擊	15g/50~2,000Hz / 3軸方向 / 共鳴 3ft 높이로부터 콘크리트 上에 落下/100g/11ms/3軸方向
精 度 補 償 温 度	0~50 $^{\circ}\text{C}$
作 動 温 度	-40~120 $^{\circ}\text{C}$
保 存 温 度	-40~150 $^{\circ}\text{C}$
濕 氣	10~100%RH / -40~120 $^{\circ}\text{C}$
塩 分, 먼 지	塩水噴霧, 가솔린, 오일의 浸漬
熱 衝 擊	-40~120 $^{\circ}\text{C}$ / 各 温度에서 30分間 / 800cycle



(8) 配線回路 등은 浸水 및 結露 등에 의한 電食이나 斷線, 電流漏洩에 의한 異動作, 電磁誘導에 의한 電波雜音의 發生 등 相互干涉에 의한 不調和가 없을 것.

3.3 自動車用 各種센서

엔진 周邊의 制御시스템에는 空燃比, 点火時期, EGR(Exhaust Gas Recirculation), 2次空氣

의 制御裝置 등을 들수 있다. 이들에 대한 자세한 내용 및 그에 필요한 센서에 대해서는 선진 제국에서 지금까지 상당한 량이 발표되어 있다. 여기서는 현재 자동차용 센서로서 실용화되고 있는 센서 中 유망하다고 생각되는 센서에 대해 기술하고자 한다.

표2는 엔진제어용 센서의 검출방식 및 개발 상황을 표시한 것이다. 以下, 壓力, 流量, 位置,

표 2. 엔진제어용 센서

◎印은 생산中(1981년, 日本)

센서名	測定範圍	要求精度	例
吸入空氣量센서	5 ~ 500m <sup>3</sup> /h (2,000cc 엔진)	± 2 %	◎회轉板 - 포텐쇼미터 방식 ◎칼만渦 방식 ○터어빈 방식 ○이온 드리프트 방식
吸氣管壓力센서	100~780mmHg abs.	± 2 %	◎diaphragm / 반도체 strain gauge 방식 ◎capacitor 방식
大氣壓 센서	600~780mmHg abs.	± 2 %	○diaphragm / 表面彈性波 방식 ○diaphragm / 結晶振動 방식 ○diaphragm / carbon 방식
溫度 센서 (水溫, 吸氣溫)	-40~120°C	± 2.5 %	◎thermistor 방식 ◎卷線抵抗式 ○半導體式 ○CTR 방식(스위치용) ○PTC 방식(스위치용) ○感溫 페라이트 방식(스위치용)
crank 角 센서 (crank 基準位置센서) (엔진 回轉數센서)	10~360°	± 0.5°	◎電磁 pickup 방식 ◎magnet 방식 ◎hall 素子 방식 ◎피에조 방식 ○光電式 ○variable inductance 방식
位置센서 (EGR 弁 lift, throttle 角度)	0 ~ 5 mm	± 3 %	◎포텐쇼미터 방식 ◎差動트랜스 방식
車速센서	0~170km/h	± 1~4 %	◎lead switch 방식 ◎電磁 pickup 방식
O <sub>2</sub> 센서	0.4~1.4(λ)	± 1 %	◎ZrO <sub>2</sub> 素子 ○T <sub>1</sub> O <sub>2</sub> 素子 ○CoO 素子(lean A/F 센서)

回轉, 酸素센서에 대해 설명한다.

1) 壓力센서

신뢰성이 높고 저가적인 자동차용 압력센서는 오래 전부터 강하게 요구되어 왔다. 자동차에서의 압력센서는 吸氣負壓, 高度補正用 大氣壓, 点火時期制御用 差壓 등의 정보를 얻어 排氣淨化 또는 燃료질감의 경제적 목적을 실현하기 위해 이용되고 있다.

자동차용 壓力센서는 크게 나누어 두가지 방향으로 개발되었다. 하나는 壓力을 bellows의 變位에 對應시키고 差動트랜스 方式을 사용해 전기적신호를 얻는 방법이다. 다른 하나는 IC 제작과 동일한 공정으로 제작되는 半導體 集積化 壓力센서로서 오늘날 크게 주목받고 있다. 여기서는 後者인 반도체 壓力센서에 대해 살펴본다.

반도체 壓力센서는 오래전부터 제안되었으며 많은 종류의 試作結果도 報告되어 있다. 또한 실제로 1970年頃 부터 차량용 센서로 사용되기 시작하였다. 센서의 구조는 실리콘을 受壓 diaphragm으로서 사용하며, 게이지부를 IC 제작기

법에 의해 所定の 位値에 拡散시키고 있다. 반도체 中 게르마늄 또는 실리콘은 다른 물질에 비해서 피에조저항효과가 매우 크므로 압력센서 재료로서 많이 이용된다.

diaphragm上的 應力分布(周辺固定)는 周辺部와 中心部가 서로 反對로 되어 있다, 즉 中心部가 引張應力이라면 周辺部에는 壓縮應力이 생긴다. 따라서 中心部와 周辺部에 게이지를 배치하고 應力差를 이용해 壓力을 측정할수 있다. 또한 周辺部의 半徑方向 應力과 円周方向 應力과의 差를 이용해 壓力을 측정하기도 한다. 前者의 應用例는 그림17에, 後者の 應用例는 그림18, 그림19에 각각 나타내었다. 이러한 게이지는 通常的으로 拡散層 또는 epitaxial層에 의해 만들어지고 있다. 게이지부와 基板실리콘은 機械的構造上 一體化되어 있으며 電氣的으로는 거의 絶緣狀態에 있다. 따라서 게이지를 diaphragm 上에 接着하는 방식에 비해, 접착제로 인한 히스테리시스현상이 나타나지 않는다. 또한 개개의 게이지가 同時에 近接한 상태로 제작되었

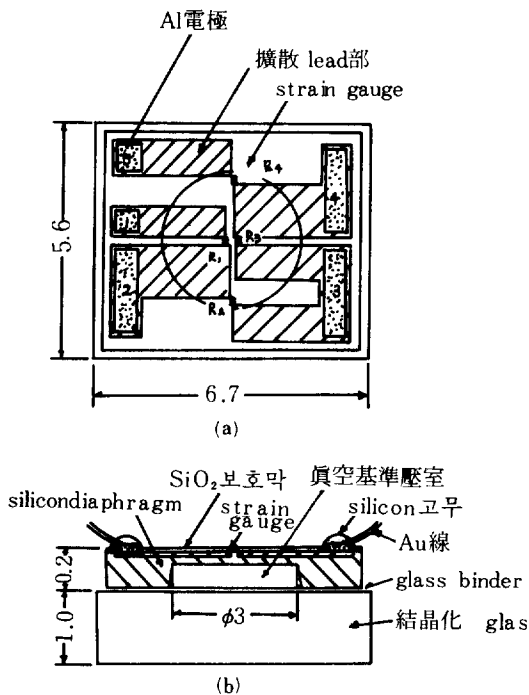


그림17. 壓力센서의 構造

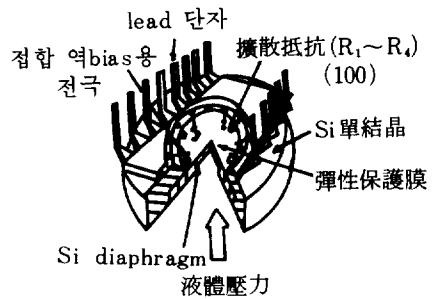


그림18. 半導體 壓力센서(東芝)

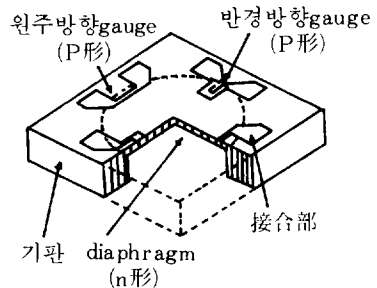


그림19. 半導體 壓力센서(日立)

기 때문에 特性도 보다 우수하다.

한편 IC의 性能維持에는 packaging 工이 매우 중요한 역할을 한다는 것은 이미 잘 알려져 있는 사실이다. 반도체 집적화압력센서도 이와 마찬가지로 어떠한 容器에 어떻게 裝着할 것인가가 그 特性을 左右하는 중요한 요인이 되고 있다. 따라서 선진제국에서도 壓力센서의 개발時 packaging문제에 많은 비중을 두고 연구하고 있다.

최근 자동차용 압력센서는 絶對壓, 差壓, 게이지壓 등의 用途가 많아 지고 있다. 이것은 吸氣負壓檢出, 大氣壓補正 이외에 流速, 流量의 檢出, 브레이크壓 檢出 등이 最適制御를 위해 요구되고 있기 때문이다.

2) 流量센서

자동차용 流量센서에는 空氣流量센서와 燃料流量센서 2종류가 사용되고 있다. 이 센서들은 각각 엔진에 導入되는 空氣流量과 燃料流量을 측정한다.

從來의 氣化器式 엔진에서는 氣化器에 의하여 空氣量과 燃料量을 調整하고 있었으므로 流量센서가 특별히 필요하지 않았다. 그러나 오늘날 널리 보급되어 있는 燃料噴射式 엔진에서는 氣化器 역할을 하는 것이 없으므로 空氣流量을 직접 측정하거나 또는 吸氣管負壓과 엔진회전수를 측정해 流入空氣量을 간접적으로 구하는 방식이 취해지고 있다. 따라서 空氣流量센서는 이와 같이 空氣流量을 측정하는 燃料噴射엔진에서 사용된다. 한편 氣化器式 엔진에서도 정밀한 제어를 필요로 할 경우에는 燃料流量을 측정해 feedback 制御하는 방식이 고려되고 있으며, 이와 같은 경우 燃料流量센서가 사용된다. 또한 燃料流量센서는 燃料消費表示用으로도 사용되고 있다.

① 回轉板式 空氣流量센서

이 센서는 현재 燃料噴射式 엔진 거의 모두에 사용되고 있다. 그 기본원리는 吸入容氣가 通路를 통과할 때에 回轉板에 作動하는 回轉力과 回轉板을 다시 元位置로 되돌리려고 하는 스프링의 힘이 均衡되는 위치에서 回轉板이 멈추며, 이때 回轉板의 回轉角을 포텐쇼미터 (potentiometer-

r)로 判讀해 流量을 측정하는 것이다. 이 센서는 시스템 側의 要求性能을 일단은 만족시키고 있으나 應答時間, 精度, 耐振動性 등의 點에서는 아직 개선해야할 점이 많으며 다른 방식의 센서가 연구 검토되고 있다.

② 칼만渦式 空氣流量센서

流体 中에 棒을 세우면 渦(소용돌이, 칼만渦)가 발생한다. 이 센서의 기본원리는 渦의 發生頻度는 流速에 거의 비례한다는 特性을 이용한 것으로서, 渦의 個數를 세어 流量을 推定한다. 渦의 檢出方式에는 超音波式, 熱線式, 壓力式 등이 있다. 그림20은 超音波式 流量計의 概念圖를 나타낸 것이다.

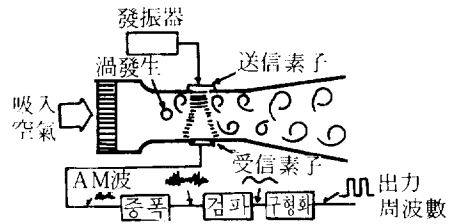


그림20. 칼만渦式 空氣流量센서

칼만渦式 流量센서는 渦의 個數를 세어 펄스 (pulse) 形態의 出力을 얻을 수 있으므로 디지털 회로처리가 용이하다. 한편 이 방식은 定常狀態에서의 精度는 매우 좋으나 流量이 急變했을 때에는 應答時間과 精度를 兩立시킬 수 없다는 단점이 있다. 또한 計測되는 流量이 體積流量이므로 溫度, 壓力의 補正이 요구된다.

③ 실리콘 燃料流量센서

이 센서의 동작원리는 流体 中の 熱放散과 流速의 關係를 이용한 것으로 熱線流量센서의 원리와 동일하다. 그림21(a), (b)는 그 예이다. 그림21(a)는 計測回路, (b)는 試作例의 斷面을 나타낸 것이다. 그림의 흐름感知素子 R<sub>F</sub>는 低抵抗의 n形 실리콘이며, 그 크기는 0.7×0.7×0.15mm<sup>3</sup>, 室溫의 抵抗은 約 20Ω 이다. 溫度檢出素子 R<sub>T</sub>는 高抵抗 실리콘素子로서 正의 溫度係數를 갖고 있으며, 抵抗은 約 1,000Ω 이고 To-46의 트랜지스터 케이스에 裝着되어 있다. R<sub>F</sub>,

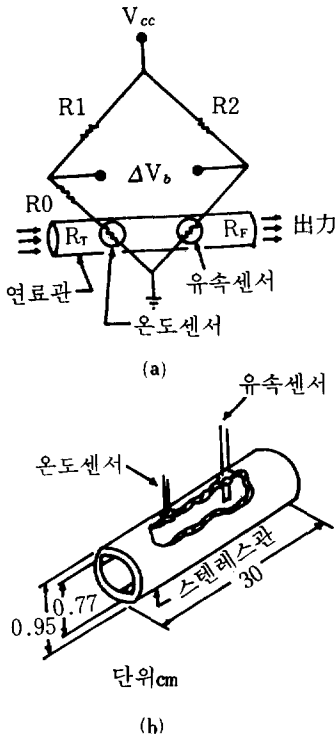


그림21. 실리콘 연료 유량센서

$R_r$ 는 그림21(b)와 같이 길이 30cm, 內徑 0.767cm, 外徑 0.953cm의 스테인레스 파이프에 固定되어 있다.

3) 位置, 回轉센서

오늘날 變位, 角度, 回轉 등의 센서는 非接觸方式이 주목되고 있으며 향후로도 계속 이 방향으로 연구가 進行될 것으로 생각된다. 이것은 높은 信賴性, 데이터處理裝置의 一般化, 시스템化 등의 장점에 기인하고 있다. 非接觸檢出의 에너지 소스(source)로는 磁界, 電界, 超音波, 電磁波, 光量子 등이 사용된다. 한편 이 방식의 센서는 크게 두 방향으로 나누어 볼 수 있다. 그 하나는 능동적인 것으로서 스스로 에너지 소스를 가져 發信하고 그 反射 또는 吸收量을 檢出함으로써, 상대편 物體의 位置, 狀態를 아는 방식이다. 또 하나는 수동적인 것으로서 상대편에서 發射된 에너지 소스를 검출함으로써 自身과의 위치관계를 알아내는 방식이다. 前者는 상대편의 狀態에 거의 무관하게 실시할 수 있지만 裝置, 조작방법 등이 복잡하다. 後者는 상대편

의 제한을 받지 않는 매우 간단하게 목적을 달성할 수 있다는 利點이 있다.

그림22는 대표적인 비접촉 회전센서例 3가지를 나타낸 것이다. 그림22(a)는 發電式의 單純한 構成例이다. 그림에서 보는 바와 같이 磁性體를 素材로 하는 回轉円板의 円板上에 凸部를 設置하였으며, 円板이 회전함에 따라 코일이 감겨있는 磁石의 開放端 磁界를 ON·OFF한다. 그 결과 코일에는 回轉數에 對應하는 起電壓이 생긴다. 이 방식은 단순한 구조이며 더구나 견고하여 자동차용으로 적합하다. 다만 低速回轉時의 出力은 작다. 磁氣를 이용한 또 하나의 예를 그림22(b)에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 發振器를 사용해 임의의 주파수를 toloid 코일에 부여하고, 円周上에 凸部를 가진 回轉円板에 의해 磁界 通路를 변화시켜 ON·OFF 상태를 발생시킨다. 이 상태를 복조처리하여 p-pulse 형태로 出力을 얻는다. 이 출력값은 회전수에 비례한 값이 된다. 또한 toloid 코일을 2개 병렬로 사용하여 溫度補償 및 出力増大를 시도한 例도 보고되고 있다.

그림22(c)는 우리가 잘 알고있는 hall IC를 이용한 것이다. 이 센서는 電流와 직교하는 방향으로 磁界를 걸면 兩方向에 직교하는 방향으로 hall起電力이 생기는 현상을 이용한 것으로서 오

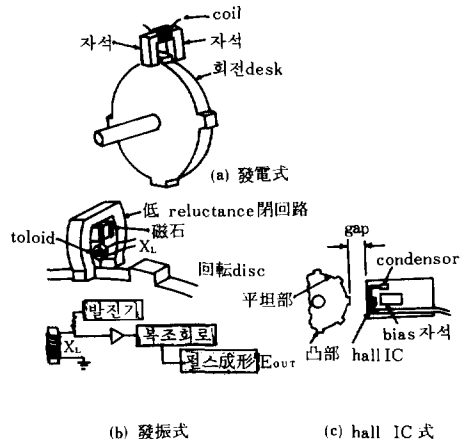


그림22. 회전센서(비접촉)

늘날에는 실리콘을 사용한 集積化hall 素子が 개발되어 자동차의 speedometer, 点火時期, throttle 位置檢出 등에 試用되고 있다.

이밖에 광섬유를 응용한 센서, Ni-Co 薄膜 磁氣抵抗素子, 渦電流損을 利用한 센서 등이 있으며, 經濟性を 포함해서 현재 자동차용으로 사용가능성을 연구 중에 있다.

4) 酸素(O<sub>2</sub>) 센서

1977년에 발표된 三元触媒에 의한 排氣가스淨化기능을 가진 자동차에 처음으로 자동차용 가스센서로서 酸素센서가 사용되었다. 이 산소센서는 지르코늄(Zirconium) 固体電解質을 사용한 濃淡電池形 센서로서 排氣가스 중의 O<sub>2</sub> 濃度を 檢出해서 理論空燃比가 되도록 제어하는 시스템에 사용된다. 즉 O<sub>2</sub> 濃도가 짙을 때에는 燃料噴射量을 輕減하는 방향으로 제어하며, 적을 경우에는 反對의 制御를 행한다. 이와 같은 사이클을 반복해서, 空燃比를 理論空燃比 近傍의 좁은 範圍로 제어하여 3元触媒(Rh, Pd, Pt)에 의한 非氣가스 淨化能率을 높이고 있다.

한편 산소센서는 크게 2가지 形態가 있다. 그 하나는 지르코늄 固体電解質 센서이고, 다른 하나는 티타늄의 固有低抗變化를 이용한 센서이다. 前者는 이미 실용화되고 있으며 後者는 아직 실용화되지는 못했지만 최근 주목받고 있는 센서이다.

① 지르코늄形(Zr<sub>2</sub>O<sub>2</sub>+α) 센서

그림23(a)에 센서의 構造, 外觀, 出力을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 지르코늄 固体電解質의 兩面에는 白金電極이 코오팅(coating)되어 있다. 센서의 동작원리는 大氣側 電極의 酸素分壓이 排氣側 電極의 酸素分壓에 비하여 높기 때문에 대기측 전극에서 배기측전극을 향해 산소이온이 이동하며 그 결과 兩電極間에 起電力이 발생하는 것을 이용해 산소농도를 검출한다.

한편 空氣와 燃料가 化學量論的 組成으로 完全히 燃燒하면 排氣側에는 아무것도 남지 않게 되며, 이와 같은 理論空燃比의 상태에서는 산소센서 出力이 급격히 변화한다. 즉 그림23(a)와 같이 센서 起電力과 空燃比의 관계는 “乙字 特

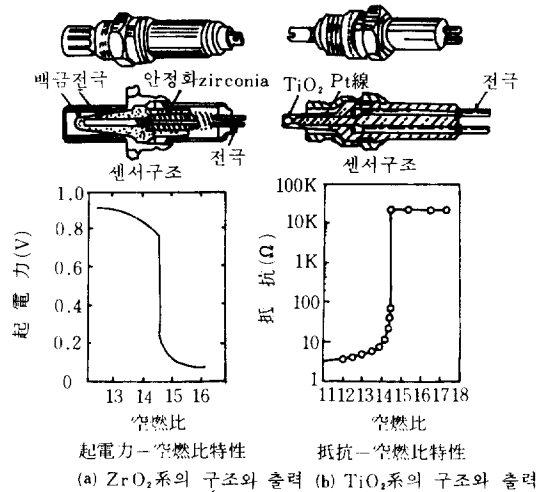


그림23. O<sub>2</sub> 센서

性”을 나타낸다. 三元触媒의 排氣가스淨化能力은 理論空燃比 近傍에서 가장 높게 되므로 前述한 산소센서의 特性을 이용해 排氣가스를 理論空燃比 近傍으로 제어하면 NO<sub>x</sub>, CO, HC 등의 排出量을 低減할 수 있게 된다.

산소센서는 보통 400~800℃ 정도의 高溫에서 사용되기 때문에 그 特性을 장시간 維持할 수 있도록 電極 및 그 周辺의 材料, 構造, 製法에 특별한 考案이 되어 있다.

② 티타늄形(TiO<sub>2</sub>+α) 센서

電子傳導體인 티타늄이 주위의 산소分壓에 對應해서 酸化 또는 還元되고, 그결과 電氣抵抗이 변화하는 현상을 이용한 산소센서이다. 酸化物 半導體의 電氣抵抗 R과 酸素分壓 P<sub>O<sub>2</sub></sub>와의 사이에는 일반적으로, A, n을 定數라고 하면

$$R = AP_{O_2}^{1/n}$$

와 같은 관계가 있으며, 티타늄의 경우에는 n = 4 이다. 따라서 이 센서의 抵抗-空燃比特性도 그림23(b)와 같이 이론 空燃比 부근에서 저항이 급격하게 변화한다. 센서의 구조는 지르코늄 센서에 비하여 간단하며 따라서 가격이 저렴하다. 그러나 아직은 자동차용 센서로서 사용하기에는 몇가지 해결해야 할 문제가 남아 있다.

#### ④ 맺음말

지난 1月號부터 지금까지 3회에 걸쳐 산업용 센서, 가정용 센서, 계측기 및 자동차용 센서의 종류, 동작원리와 사용예에 대해 살펴 보았다. 이 외에도 최근 주목받고 있는 센서로서 의료용 센서 및 우주, 항공용 센서가 있다.

센서기술은 지금까지 살펴본 바에 의해 명백히 알 수 있듯이 인류문명 및 과학기술의 발전과 밀접한 관계가 있으며 거의 모든 분야에 걸쳐 주요핵심기술로서 요구되어지고 있다. 특히 최근 반도체기술 및 소재제조기술의 눈부신 발전에 힘입어 센서기술은 점차 高精度化, 高信賴

化, 多機能化 및 知能化의 방향으로 나아가고 있다.

한편 국내의 경우 최근 센서기술에 對한 중요성을 인식하여 여러 분야에서 의욕적으로 연구를 시작하고 있으나 아직까지는 기초연구단계에 머물러 있다. 따라서 향후 센서기술에 대한 연구의 활성화 및 전문기술인력양성이 절실하게 요구되고 있다.

끝으로 본고의 連載가 가능하도록 각종 日本의 技術資料들을 번역하는데 적극적으로 協力하여 주신 김동택 선생님에게 심심한 사의를 드리며, 資料整理 및 製圖를 맡아준 計測素子研究室 여러분께도 감사를 드립니다.