

# 精密計測에 利用되는 센서(Ⅱ)

韓 應 教

<漢陽大 工大 精密機械科>

## 2. 精密計測器에 使用되는 센서

우리들이 自己의 意志를 行動에 옮겨 目的을 達成하며 할 때 적어도 消費하는 에너지가 적게 끝나치는 것이 바람직한 것처럼 測定의 行爲中에서도 可能한 한 움직임이 적은 것이 理想的이다. 왜냐하면 物量이나 狀態를 測定하기 위한 測定器가 入力에 따라 指示機構를 움직이게 하는 경우에 內部的 變換이나 擴大機構의 움직임이 크다면 被測定物의 狀態가 測定을 행한다는 것 때문에 부서져 버린다고 하는 事態가 생기기 때문이다. 예를들면 溫度計의 感溫部가 溫度를 感知한다는 것은 測定하고자 하는 周圍의 雰圍氣로부터 熱을 빼앗거나 혹은 받는다는 등의 影響이 있다. 이 때문에 感溫部는 可能한 한 작은, 僅少한 熱의 變化에 대하여 敏感하게 感應하는 檢出素子를 利用하는 편이 보다 좋은 測定이 可能하게 된다. 또한 油壓器機의 피스톤과 실린더의 틈새와 같은 작은 壓力室의 壓力測定에 變形이 큰 壓力檢出器를 쓴다면 測定器를 裝置하여 測定하는 것에 의해 測定部分의 壓力를 分明하게 變化시켜 버리는 것이 된다. 예를 들자면 한이 없으나 從來의 機械式인 것과 檢出感도가 낮은 素子를 利用한 測定에서는 被測定物의 참 모습이 비뚤어져 버린 結果를 얻고 있는 것이 된다.

近年의 各種 센서의 發展은 急速히 測定器의 性能向上을 가져왔다. 즉 檢出感도의 向上, 變

換率의 向上, 小形化, 應答性의 向上, 信賴性의 向上등이다. 더욱이 이들의 뛰어난 素子와 마이 콘의 積極的인 活用に 의해 計測의 自動化를 指向하고 있는 것이 많다.

以下에 說明하는 것은 小題目으로한 測定에 包含되는 센서를 全部 網羅한 것은 아니고 舊來의 것과 對比하여 特徵的인 것을 각각 例示한 것이다.

### 2.1. 힘의 測定

힘 測定의 하나인 彈性體의 힘에 의한 變形量의 크기로 부터 구하는 方法이 있다.

從來는 變形量을 예를들면 다이알 게이지등을 利用하여 機械的으로 檢出した 것이 많이 쓰여져 왔다. 그림 2에 나타낸 것과 같은 루우프形力計가 그것에 해당하며 相對精度를 높이기 위하여 定格容量에서는 數 mm의 變形量이 되도록 設計되어진다.

이것에 대하여 近年 많이 使用되어 急速히 性能이 向上한 힘의 測定器로 「스트레인 게이지式 로우드셀」이 있다. 그림 3에 나타낸 것과 같이 柱狀의 彈性體에 스트레인게이지를 附着한 것으로써 같은 그림의 ↓表示의 方向으로 힘이 가해졌을 때 彈性體는 變形하여 接着層을 통하여 스트레인 게이지에 變形을 가한다. 스트레인 게이지는 變形에 의해 抵抗變化를 일으킨다. 스트레인 게이지를 브리지回路에 짜넣어 두면 힘에 의한 變形으로 불평형 電壓을 생기게 하므로

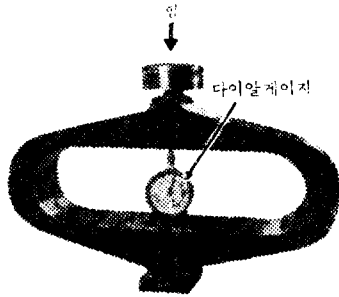
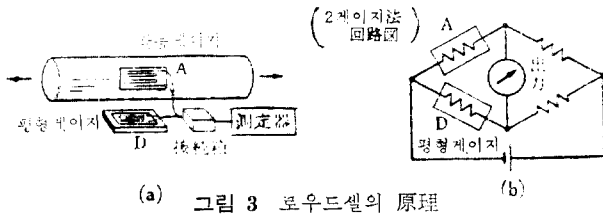


그림 2 루우프形力計



(a) 그림 3 로우드셀의 原理

힘의 變化를 電氣量의 變化로서 끄집어 낼 수 있다. 스트레인 게이지의 抵抗變化 比率와 치수 變化 比率과의 比는 게이지率이라 한다. 金屬細線과 金屬箔에 의한 것은 게이지率이 2, 게르마늄이나 실리콘등의 半導體에 의한 것으로는 100~200인 것이 만들어지고 있다.

利用하는 스트레인 게이지에 對應하여 게이지를 붙이는 彈生體의 變化率은 千分の 1에서 萬分の 1이 되도록 設計하는 것이 普通이다. 이것은 彈性體의 높이가 100mm라 하면 폴스케일에 대한 처짐량이 10分の 1mm 以下の 크기임을 意味하여 앞에서 敘述한 機械式인 것이 數 mm의 처짐량으로 만들어져 있는것에 비하여 훨씬 剛性이 높은 測定器가 만들어져 變化의 빠른 現象을 測定하는 것이 可能하게 되었다. 더욱이 電氣的인 出力이 얻어지므로 遠隔測定, 測定의 自動化, 制御系에의 組合등을 可能케 하고 있다.

스트레인 게이지式 로우드셀 이외에 金屬材料의 機械的 스트레인에 의해 磁化特性이 變化하는 것을 利用한 磁氣스트레인式 로우드셀이 있다. 感度는 抵抗線인 경우의 約 1,000 倍이다.

## 2.2. 質量(重量)測定

10數年前까지는 고기가계 등에서 곧잘 볼 수

있었던 「스프링式 저울」은 이제는 거의 자취를 감추어 「電氣式 저울」이라 불리는 것으로 裝置되었다.

스프링式 저울은 現在에도 家庭에서 부엌저울로서 많이 쓰여지고 있다. 이것은 그림 4에 나타낸 것처럼 計量접시에 올린 被測定物에 의한 코일스프링의 變形을 機械的으로 擴大하여 다시 指針의 回轉으로 變換하여 눈금을 指示하도록 되어 있다. 폴스케일에 대한 코일스프링의 伸張은 10~20 mm 로, 被測定物을 올린 反動으로 스프링의 彈性振動에 의해 指針은 잠시 振動한 다음에 멈춘다.

이에 대하여 電氣式 저울中에서도 가장 一般的인 것은 前項에서 說明한 스트레인게이지式 로우드셀을 活用한 것이다. 原理圖를 그림 5에 表示한다. 金屬블럭을 과서 만든 一體構造의 平行스프링의 같은 그림 가운데 表示한 個所에 각각 스트레인 게이지를 附着한 것이다. 平行스프링형 로우드셀의 폴스케일에서의 自由端의 變位量은 0.1~0.2 mm 로 만들어져 있다. 이와 같이 彈性體의 變形과 그것에 따르는 抵抗體(線)의

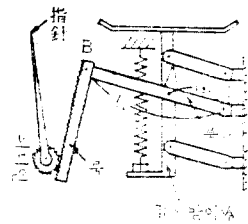


그림 4 윗접시式스프링저울의 例

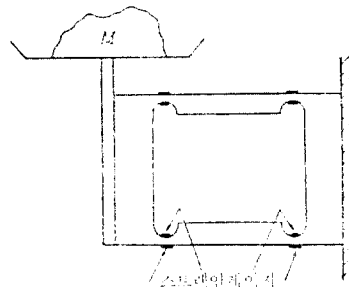


그림 5 로우드셀式 저울의 說明圖

電氣抵抗變化를 利用하고 있기 때문에 彈性體의 彈性係數나 抵抗體의 抵抗值가 溫度에 따라 變化하여 測定結果에 誤差를 생기게 한다. 또한 저울은 「質量計」라는 分類에 들어가지만 그림 5에서 알 수 있듯이 被測定物의 質量에 對應하는 出力을 얻고 있다. 로우드셀의 出力의 安定性, 再現性이 向上하였기 때문에 通常 이와같은 種類의 저울로 3,000 分の 1 以上の 變化를 檢出할 수 있게 되어 그 結果로서 예를 들면 地域에 따라 重力加速度의 틀림에 의한 重量의 差를 檢出하게 된다. 地域에 따라 重力이 틀린것은 눈금을 매길 때 使用하는 地域을 考慮하여 調整이 된다. 한편 溫度의 影響은 스트레인 게이지의 브리지 回路中에 數種의 抵抗을 넣어서 補償이 行해져 있다. 그 한 예를 그림 6에 나타낸다.

重量測定의 結果가 電氣的 出力으로 얻을 수 있으므로 마이콘을 活用함으로써 重量의 表示와 함께 料금이 表示되도록 된것이 많다.

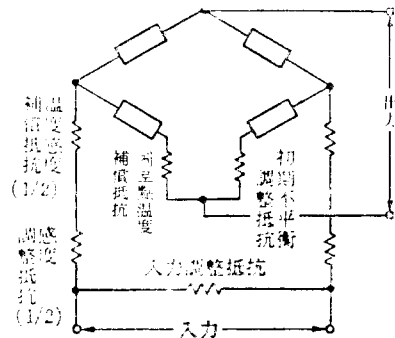
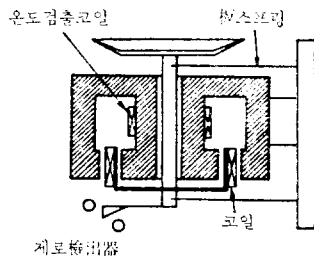
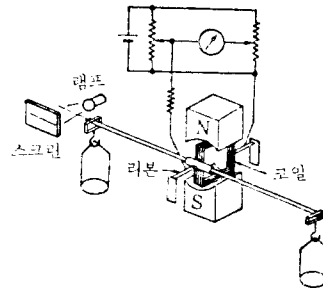


그림 6 브릿지회로

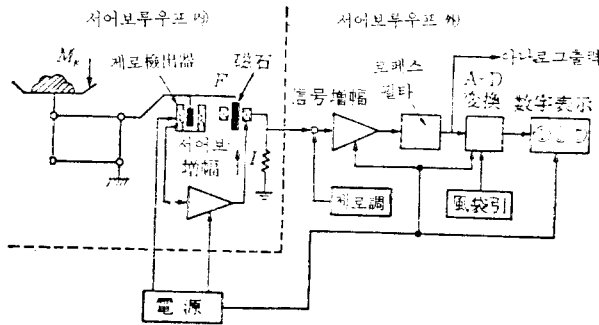
電磁力을 利用한 저울이 여러 가지 만들어져 있다. 그림 7에 나타낸 것과 같이 被測定物의 重量에 의해 計量점시가 내려간 位置를 計量점시의 下部에 붙여진 指標에 따라 光電的으로 檢出하여 그 檢出된 位置의 어긋남이 제로가 되도록 計量점시의 아래에 裝置되어져 있는 電磁코일에 電流를 흘리면 코일과 永久磁石의 사이에 플레



電磁저울의 例



電磁저울의 例 (마이크로 릴런스)



電磁저울의 構成例

그림 7 電 磁 저 울

명의 원손 法則에 의한 反發力이 생겨 計量접시는 원래의 位置로 復歸되어진다. 이 때 必要한 電流值와 重量의 關係가 校正되어 있어서 結果를 얻을 수 있다. 이와 같은 方式은 주로 5 kg 以下の 저울에 利用되며 研究室에서 많이 쓰여지고 있는 電子天秤이라 불리우고 있는 것이다. 計量접시의 받침은 平行스프링, 薄板스프링을 支點으로 하는 빔등이 있으며 또한 計量접시의 變位檢出에는 差動트랜스, 스텝로 부터의 光量을 光電 셀등에 의해 檢出하는 方法등, 메이커에 따라서 각각 조금씩 다르다. 變位量의 檢出結果는 增幅器에 의해 增幅되며 電子코일에 電流가 供給된다. 被測定質量에 의한 힘과 電磁力을 自動平衡시키는 方式은 檢出力·精度도 함께 뛰어난 것이다. 이미 實用化되고 있는 各種의 應用例가 많으며 마이콘의 組合에 의한 데이터 處理機構의 積極的인 利用에 의한 것이다. 몇 개의 例를 들면 다음과 같은 것이 있다.

앞의 스프링式 저울은 被測定物을 올린 다음 스프링의 彈性振動으로 指針은 잠시 떨린다. 彈性體의 變形을 利用하고 있는 로우드셀式 저울의 경우도 振幅이 작을 뿐 事情은 같다. 出力을 電氣的으로 擴大하여 그대로 表示하면 表示値는 조금씩 흔들리게 된다. 이 때문에 데이터 處理機構에 의해 數秒의 샘플링타임 가운데의 平均値를 表示하도록 하는 것이 普通이다. 더욱 이 方式의 應用으로서 모르모트등 實驗用 小動物의 體重測定用的 저울이 만들어져 있다. 動物이 秤量접시의 위에서 움직이며 돌아다녀도 外觀上

靜止物體를 測定하는 것과 같은 結果를 얻을 수 있다.

혹은 작은 機械部品 1個의 重量을 미리 處理機構中에 登錄하여 놓으면 同時에 多數個를 測定하여 個數를 알 수 있으며 個數만으로 市販되고 있다. 이것은 또한 部品이나 菓子등의 自動秤量·充塡機로서 活用되고 있다.

### 2.3. 길이 및 變位の 測定

工作現場에서 많이 使用되어지고 있는 길이의 測定器로 그림 8에 나타낸 것과 같은 마이크로미터가 있다. 이것은 部品등의 測定個所를 兩側으로부터 끼워 結果를 얻는다. 이 때 測定壓이 가해져 被測定物의 彈性變形分 만큼의 작은 結果가 얻어지는 것이 된다. 이 때문에 非接觸으로 길이를 測定하는 것이 理想的이다.

光波干涉에 의한 測長은 옛날부터 행해지고 있는 것이나 레이저 干涉計가 市販되어지게끔 되어 現場의 日常의 測定作業에서도 高精度로 非接觸의 길이 혹은 變位の 測定이 可能해졌다. 原理는 그림 9에 나타낸 것과 같이 光源에 제단 分割方式의 2波長安定化 레이저를 써서 僅少하게 差異가 나는 2개의 發振周波數  $f_1, f_2$ 의

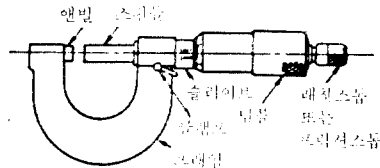


그림 8 外側마이크로미터

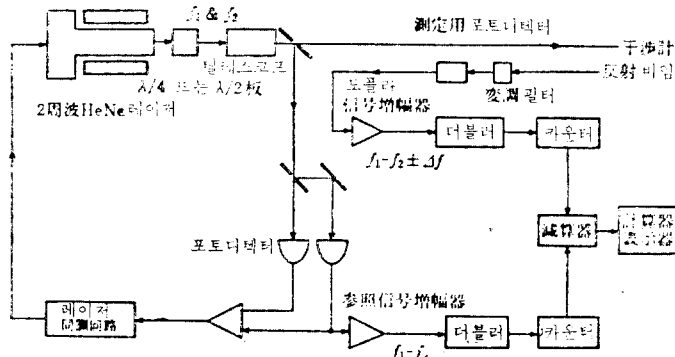


그림 9 레이저干涉計(YHP)

□ 解 說

레이저光을 發射한다. 이  $f_1$ 과  $f_2$ 의 光은 빔스프리터에서  $f_1$ 은 移動거울로,  $f_2$ 는 固定거울로 향해 각각 反射하여 빔스프리터에서 다시 合致하여 干涉을 일으킨다. 移動거울이 移動하면 도플러效果에 의해  $f_1$ 은  $\Delta f$ 의 變調를 일으켜  $f_1 + \Delta f$ 가 되어 干涉後의 비드周波數는  $f_1 - f_2 \pm \Delta f$ 가 된다. 빔스프리터의 앞에서 끄집어 낸  $f_1 - f_2$ 의 參照 시그널과의 差  $\pm \Delta f$ 를 計測하여 測長하는 것이다.

光學測定器의 載物臺나 工作機械의 工作物의 移送臺의 移動量의 測定에 여러개의 格子板을 利用한 스케일이 쓰이고 있다. 그림 10에 나타낸 것과 같이 그라스에 等間隔의 縱縐를 붙인것 같은 基準스케일이 移送臺에 裝置되어, 한편 基準스케일에 對面하여 같은 모양의 인덱스가 固定되어 있다. 인덱스를 통하여 스케일의 移動을 보고 있으면 明暗模樣이 交代하여 나타난다. 이것을 發光素子, 受光素子에 의해 檢出하면 基準스케일의 縐間隔을 單位로 하는 移動量의 檢出이 可能해진다. 受光素子에 들어가는 明暗에 의한 光量變化는 電氣的으로 變換되어 擬似正弦波의 信號를 發生시켜 더욱 要求되어지는 最小 눈금값이 되도록 電氣的으로 分割하여 디지털表示를 한다. 基準스케일로서 그림 10의 例에서는 그라스등의 透明體에 縐가 붙어져 있으나 그 밖에 테이프 레코더의 테이프에 等間隔으로 信號가 들어가게 되어진것 같은 磁氣스케일과 읽어내는 磁氣베드로 된 것, 縱縐의 模樣과 같은 模樣으로 等間隔으로 配置한 電極은 基準스케일로 하여 電磁誘導에 의한 出力을 얻는것 등이 있다. 또한 이들의 基準스케일을 圓板上에 放射狀으로

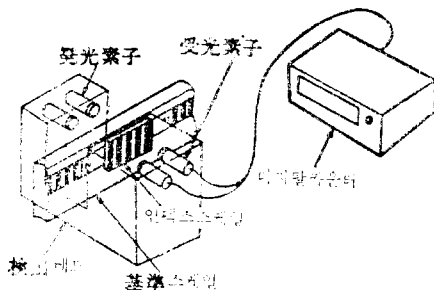


그림 10 디지털 測長 유닛의 構成

配置한다면 回轉角과 圓周눈금을 自動的으로 읽어내는데 利用된다. 로타리엔코다라는 이름으로 使用된다.

2.4. 速度의 測定

移動物體가 距離를 알고 있는 2點間을 通過하는데 必要한 時間을 測定한다면 (距離)/(所要時間)으로 平均速度가 구해진다. 從來는 그림 11에 나타낸 것과 같이 距離  $L$ 을 分明한 2點에 각각 그 地點을 移動物體가 通過한 것을 檢知하는 裝置를 設置하여 각각의 通過時刻을 測定하였다. 그 後는 光源과 스리트와 光電管에 의하여 行해져 왔다. 이와 같은 方法은 어디까지나 2點間을 通過하는 사이의 平均的인 값이 구해지는 것이다.

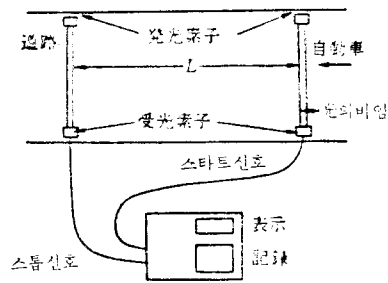


그림 11. 車兩走行速度測定裝置

最近에는 電磁波나 音波의 檢出素子의 性能이 向上된 것과 情報檢出後의 處理가 마이콘의 活用에 의해 比較的 容易하게 行해지게끔 되어 從來의 平均的인 速度와는 다른 瞬間速度의 測定이 可能하게 되었다. 野球의 피치가 던진 공의 初速, 終速이 텔레비에서도 즉시 表示되어지는 등의 日常生活 가운데서도 흔히 볼 수 있게 되었다. 이것은 電磁波나 音波가 移動物體에 向하여

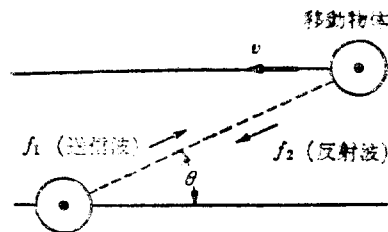


그림 12 도플러效果

發射되었을 때의 發信周波數와 그 物體로부터 反射해온 受信周波數와는 物體의 移動速度에 따른 周波數의 相違가 發生하게 된다는 原理에 의한 것으로 도플라 效果라고 부른다. 그림 12에 나타낸 것과 같이 物體가 速度  $v$ 로 移動하고 있다고 하고 周波數  $f_1$ 의 電波를 發射하여 이것이 物體에 부딪혀 反射하여 온 電磁波의 周波數가  $f_2$ 였다고 한다면 周波數의 差  $\Delta f$ 는  $v_s$ 을 媒質中の 電磁波의 傳搬速度라고 한다면

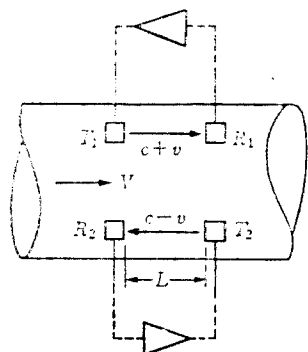
$$\Delta f = f_1 \frac{v}{v_s}$$

가 되며  $f_1, v_s$ 가 既知라면  $\Delta f$ 를 測定하여 物體의 速度  $v$ 를 구할 수 있다.

走行中の 自動車의 速度, 飛行機의 着陸時의 對地降下速度 등의 測定에도 活用되어지고 있다.

같은 速度라도 流體의 移動速度, 즉 流速을 제어 流量을 구하는 流量計가 있다. 그중의 한 例로서 超音波가 流體中을 傳搬하는 速度가 靜止流體中에 비해 流速만큼 變化하는 것을 利用한 超音波流量計가 있다. 그림 13에 나타낸 것과 같이 흐름의 方向에 距離  $L$ 만큼 떨어져 2組의 超音波發信子와 受信子가 있으며 1組은 흐름에 沿하여 發信하고 또 다른 1組은 흐름에 逆으로 發信하도록 配置하고 있다. 靜止流體中の 超音波의 傳搬速度를  $c$ , 流體의 流速를  $v$ 라 하면 흐름에 沿한 發信에서는  $c+v$ , 逆으로 發信한 경우는  $c-v$ 의 速度가 된다. 각각의 振動子에서의 超音波의 到達時間  $t_1, t_2$ 의 差  $\Delta t$ 는

增幅器-1 (受信子) (受信子)



增幅器-2 (受信子) (受信子)

그림 13 傳搬時間差法에 따른 超音波 流量計의 測定原理 說明圖

$c \gg v$ 라고 생각할 수 있다면

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

가 된다. 따라서  $c$ 와  $L$ 가 既知라면  $\Delta t$ 을 제어 流速  $v$ 를 구할 수 있으며 流體가 흐르는 管의 斷面積과 斷面積內的 流速分布가 分明하다면 流量을 알 수 있다. 實用上은 流體中の 超音波의 傳搬速度는 溫度나 密度에 따라서 變化하므로 이것을 保償하기 위한 여러가지 考案이 데이터 處理機構中에 採擇되어져 있다. 위와 같이 時間差를 檢出하는 方法 이외에 超音波의 位相差, 周波數差로부터 구하는 方法 등이 있다.

### 2.5. 壓力의 測定

여기서 取扱하는 壓力센서로는 靜水壓을 電氣的 信號로 變換하여 計測 또는 制御에 利用하는 시스템 가운데의 變換部分이다. 이 方法은 옛날부터 數없이 實用化 되어지고 있다. 여기서는 現在의 代表的인 例로서 L.V.D.T, 容量, 스트레인 게이지의 變換方式에 대하여 說明한다. 다음에 이들의 應用例, IC 技術과의 配칭 및 이로부터의 開發方向에 대해서도 言及한다.

#### (가) L.V.D.T(Linear Variable Differential Transformer)

코일 가운데를 強磁性體(코어)가 移動한다면 인덕턴스變化가 생겨 코일을 흐르는 電流는 變化한다. 그림 14(a)(b)는 그 原理圖를 나타낸다. 그림의 中央部의 一次코일에 一定한 交流電壓을 印加하면 코어에 의해 勵磁되어 二次側의 上下 2개의 코일에는 어떤 起電力이 誘起된다. 그림 14와 같이 上下對稱의 位置에 코어가 있다면 2개의 2次코일의 起電力은 같아지게 된다. 따라서 그림 14(b)의 2次側의 出力  $e_s$ 는 0가 된다. 코어가 移動한다면 그 移動量에 比例한 起電壓이 2次側에 發生하여 그림 15에 나타낸 것과 같이 된다.

이와 같은 原理를 利用하여 만들어진 것이 그림 16에 나타내어져 있는 自動車의 吸氣負壓센서이다. 그림 16으로부터 分明하듯이 가운데가 眞空으로 되어 있는 벨로우즈에 強磁性體코어는 連結되어져 있으며 差動트랜스코일을 빠져 나와

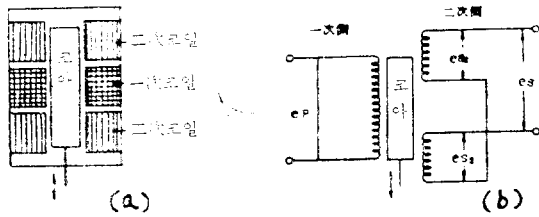


그림 14 差動 트랜스의 原理

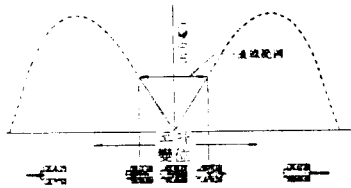


그림 15 LVDT의 出力

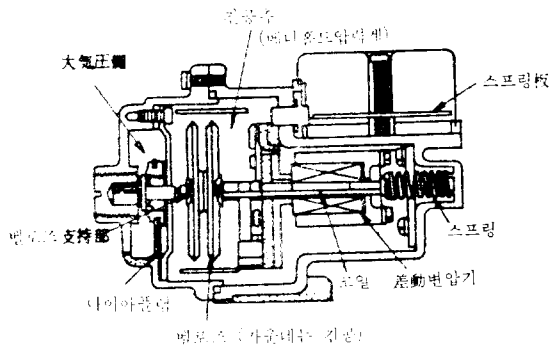


그림 16 진공 센서의 斷面(Toyota)

終端은 스프링에 固定되어 있다. 메니홀드負壓에 應한 벨로우즈의 움직임을 電氣的 出力로서 컴퓨터에 보내는 構造이다. 이것은 大氣壓補正에 의해 出力의 調整이 可能하다.

(나) 靜電容量形

이것은 2개의 物體사이의 靜電容量의 變化를 檢出하여 그 사이의 距離의 變化를 計測하는 方法이다. 그림 17에 나타낸 것과 같은 斷面積  $a$ , 距離  $d$ 인 二極間의 容量은 다음式으로 表示된다.

$$C_{\mu F} = 0.0885 \varepsilon \frac{a}{d} \quad (1)$$

$\varepsilon$ : 二極間의 媒質의 誘電率

極板이 半徑  $r$ 인 圓形인 경우 周緣效果를 無視한다면 式(1)은 다음과 같이 된다.

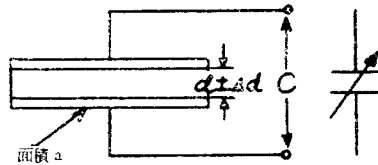


그림 17 容量形極板

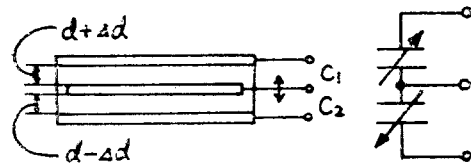


그림 18 容量브리지

$$C_{\mu F} = 0.278 \varepsilon \frac{r^2}{d} \quad (2)$$

단,  $d \ll r$ 의 關係가 있다고 한다.

이 比가 200 以上이라면 周緣效果의 影響은 1% 以下이다. 이 二極間의 容量과 距離와의 關係  $C=f(d)$ 는 雙曲線이며, 微小變位인 경우에는 直線으로 看做할 수 있다. 그러나 一般的으로는 이 極板의 사이에 誘電率이 높은 物體를 집어 넣거나 檢出프로브의 뒤에 리니어라이저를 設置하여 直線性的 改善을 俾하고 있다.

感度の 定義를 微小變位와 그것에 의해 惹起된 容量變化와의 比라고 한다면 感度  $S$ 는

$$S = \frac{\Delta C}{\Delta d} = -\frac{\varepsilon a}{d^2} \quad (3)$$

가 되며 極板의 面積에 比例하고 間隔의 2 乘에 反比例한다. 단, 二極間의 近接限界는 이 空間의 破壞電壓에 의해 定해진다. 이 容量形에는 容量變化의 絕對값  $\Delta C$ 가 아닌 相對變化  $\Delta C/C$ 를 檢出하도록 하고 있는 경우가 많다. 이것은 漂遊容量이나 外部의 노이즈를 輕減하는데 有效하다. 이 경우의 感度は 다음式과 같이 되며

$$S = \frac{\Delta C}{C \Delta d} = \mp \frac{1}{d} \quad (4)$$

間隔  $d$ 에 反比例하여 增加하고 다른 形狀에는 無關係이다.

壓力計에 利用하는 경우에는 그림 18에 나타낸 것처럼 하프브리지를 構成하도록한 構造가 많다. 可動部의 中央의 極板에 連結한다면  $C_1$ ,  $C_2$ 는 각각  $C - \Delta C$ ,  $C + \Delta C$ 가 되어 外部 노이즈

의 補償과 感度增大가 可能하다. 이들 靜電容量式 壓力計는 差壓力으로서 플레트 制御용으로 많이 利用되고 있다.

檢出原理는 簡單하지만 機械加工, 部品構成, 그들의 組合 및 데이터處理回路에는 高度의 技術을 必要로 한다. 이것들은 各社의 노우하우의 蓄積에 따라 各社의 特徵이 發揮되고 있다.

(다) 스트레인 게이지의 應用

이러한 種類의 센서로서 많은 것은 金屬다이아프램의 表面 변형율을 檢出하고 있다. 靜水壓이 가해지는 反對側의 面에 스트레인 게이지를 附着하여 그 出力과 壓力과를 對應시킨 것이다. 金屬抵抗 스트레인 게이지의 경우에는 圓板形이 많다. 이것들은 用途에 따라 수많은 種類가 實用化되어지고 있다. 「스트레인 게이지型 壓力 트랜스듀서」要監(NDI 發行)에는 詳細하게 說明되어 있다. 여기서는 半導體 擴散型 센서에 重點을 두어 說明한다. 실리콘을 素材로하는 半導體에서는 受壓다이아프램은 실리콘薄板이며 거기에는 게이지가 擴散되어져 있다. 따라서 小形高感度의 特徵을 내는데는 다이아프램의 形狀이 重要하다. 그림 19는 3타입의 다이아프램이 表示되어 있다. A는 圓形, B는 正方形, C는 長方形이다. 半徑 및 正方形의 1/2을  $a$ 라 하고 두께를  $h$ , 壓力  $p$ 일 때의 應力  $\sigma_x$ 은 그림 20의 應力分布圖과 같다. 그림 20에서 分明하듯이 長

方形 C의 다이아프램이 中央部 및 周邊部에 대해서 가장 큰 應力値를 나타내고 있다. 그림 19와 같이 게이지를 配置하면 中央部와 周邊部는 應力이 反對가 된다. 풀브리지를 構成한다면 溫度補償과 出力增大가 可能하다.

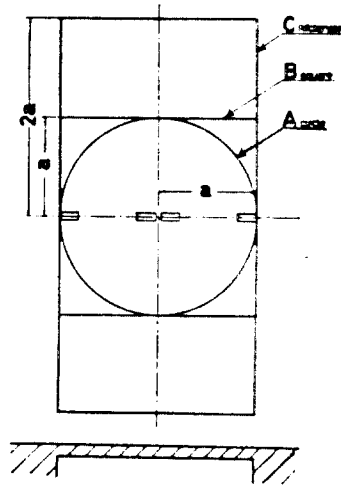


그림 19 다이아프램 形狀

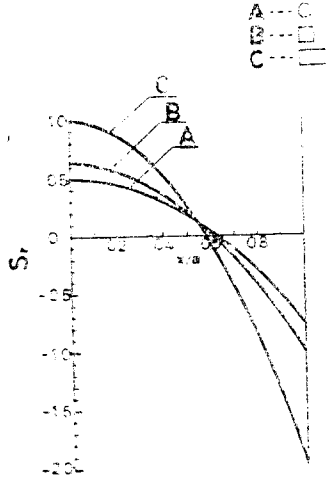
表 2에는 3種類의 다이아프램과 그들의 感度を 比較하고 있다. 圓形 A를 基準 1이라 하여 B 및 C의 값을 구하였다. 表로부터 알 수 있듯이 B는 A의 1.3倍, C는 出力이 2.4倍가 된다. 이로부터 小形化의 方向에서는 長方形

표 2 다이아프램 形狀과 出力

$\pi=50 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{dyn}$   $p=1 \text{ kg/cm}^2$   $v=6v$   $\mu=0.3$

| 다이아프램                                |             | A ○  | B □   | C □                                  |
|--------------------------------------|-------------|--|---|--------------------------------------|
| 應力                                   | 中心<br>$x=0$ | $\frac{3}{8} \frac{a'}{h'}(1+\mu)p$          | $\frac{1}{2} \frac{a'}{h'}(1+\mu)p$         | $\frac{a'}{h'}p$                     |
|                                      |             | 1  | 1.3   | 2.1                                  |
|                                      | 周邊<br>$x=a$ | $-\frac{3}{4} \frac{a'}{h'}p$                | $-\frac{a'}{h'}p$                           | $-2 \frac{a'}{h'}p$                  |
|                                      |             | 1  | 1.3   | 2.7                                  |
| 브릿지 출력<br>$\Delta V/V$               |             | $\frac{3}{32} \frac{a'}{h'}(3+\mu)\pi_{+4}p$ | $\frac{1}{8} \frac{a'}{h'}(3+\mu)\pi_{+4}p$ | $\frac{3}{4} \frac{a'}{h'}\pi_{+4}p$ |
|                                      |             | 1  | 1.3   | 2.4                                  |
| 측력의 100mV에 필요한<br>다이아프램의 두께( $\mu$ ) |             | 7.5  | 8.7   | 11.7                                 |





$$\sigma_r = S_r \cdot (a/h)^2 \cdot p$$

그림 20 應力分布

인 C가 有利하다.

長方形 다이아프램을 應用한 것이 그림 21에 나타나 있다. 受壓部의 크기는 0.5×1(mm)이다. 이 칩을 테이프론基板에 接合하여 薄形壓力計를 製作한 것이 그림 22에 나타나 있다. 이것의 諸特性은 表 3에 表示한 대로이며 溫度特性은 그림 23에 나타내져 있다. 브리지電源에 定電壓 또는 定電流을 印加하였을 때의 結果이다. 定電流方式이라면 感度の 溫度效果는 無視할 수 있을 程度로 작아지게 된다.

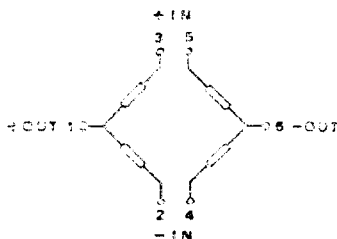
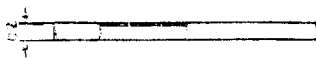
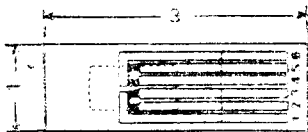


그림 21 小形壓力計의 回路

표 3 초소형 확산 압력소자의 특성

| 종 목         | 특 성 치                 |
|-------------|-----------------------|
| 定 接 壓 力     | 1 kg/cm <sup>2</sup>  |
| 出 力 電 壓     | 100 mV                |
| 電 源 電 壓     | 6 V                   |
| 브 리 지 抵 抗   | 1.4 kΩ                |
| 오 프 세 트 電 壓 | ±50 mV 以內             |
| 직 선 선 성     | ±0.5 %FS 以內           |
| 사 용 온 도 범 위 | -20-80°C              |
| 출 력 온 도 특 성 | {-0.15%/°C} ±0.02%/°C |
| 0점 이동 온도 특성 | ±0.05mV/°C 以內         |
| 칩 사 이 즈     | 1(W)×3(L)×0.02(t)mm   |



실리콘교무

스테인레스 와이어

리드

스테인레스베이스

그림 22 薄形壓力計

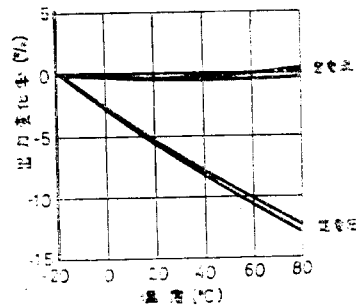


그림 23 溫度 特性

그림 24는 圓形다이아프램의 標準形이다. 그 特徵은

(1) 受壓部分에 리드線이 露出되어 있지 않다. 이러한 積類의 게이지의 集積은 一般的으로 알루미늄蒸着膜에 의해 實施되어진다. 그러기는 하지만 壓力雰圍氣에 의해서는 長期安定性이 缺如된다. 이 실리콘다이아프램의 集積은 擴散의 低抗層에 의해서 行해져 그 全面을 SiO<sub>2</sub>膜으로 保護하고 있다. 그림 24의 擴散리드部가 그 低抗層이다.

(2) 실리콘과 熱膨脹係數가 거의 같은 基體에 그라스接合되어 있다. 이들의 다이아프램은 金屬케이스의 가운데에 裝着하여 使用되는 경우가 많다. 熱應力에 의해 생기는 熱出力을 적게 할 必要가 있으며 高溫까지 견디어내는 것이 要求된다. 이 壓力計는 500°C 以上에서 接合되어져 있으며 高溫까지 히스테리시스나 크리프(creep)가 적다.

## 2. 結 言

精密計測技術은 制御工學의 發展때문에 工業分野에 깊이 浸透하고 있으나 앞으로는 더욱 基礎에 갈려 있는 物理, 化學의 여러 現象의 解明과 電子工學(electronics)과 原子力, 生物科學등의 도움이 特히 必要로 하게된다. 特別히 精密計測은 다른 工學과의 結合속에서 育成되고는 있으나 信號의 檢出이라는 點에서 센서의 開發이 우선 되어야만 한다고 생각한다.

上記한 센서 以外에도 많은 것이 있으나 特別히 精密測定分野에 局限하여 記述하였으며 나머지는 다른 文獻을 參考하기 바란다.

## 參 考 文 獻

1. 南雲：生體 system, 日刊工業(1971)
2. S. Ochs, Elements of Neurophysiology, John Wiley & Sons(1965)
3. 酒田：觸覺의 神經 코데“인트”, 科學 40, No. 12(1970)
4. 高橋：센사技術新時代, 工業調査會(1981)
5. 日本 NDI 協會：最新의 센사及び計測技術, 講習會教材(1979)
6. 韓應教：스트레인게이지 理論과應用 普成文化社(1976)

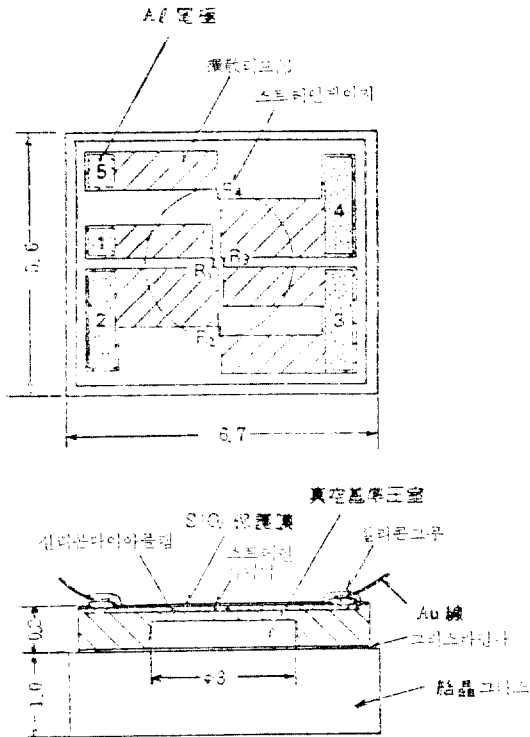


그림 24 壓力計의 構造