

# 工場電氣의 最新技術

## 센서技術의 動向

센서技術의 동향으로서 非接觸式 센서를 中心으로 하여 記述했다. 이번 回는 그 最終回이다. 赤外線應用센서, 過電流센서, 磁氣센서, 靜電容量센서, 近接 스위치에 대해서 記述한다.

### 1. 赤外線應用 센서

적외선응용 센서는 레이저 등의 赤外線波長域의 발광소자와 적외선을 受光하는 受光素子(적외선 센서)의 조합 또는 적외선 센서만을 사용해서 각종 측정을 하는 것이다.

#### (1) 赤外線의 개요

적외선은 可視光보다 波長이 긴 전자파로서 사람의 눈으로는 감지할 수가 없다. 電磁波中에서의 적외선의 위치를 그림 1에 든다. 적외선의 특징을 들면 다음과 같다.

(1) 赤外線의 파장은  $0.72 \sim 1000 \mu\text{m}$  범위에 있는 熱線이며,  $0.72 \sim 1.5 \mu\text{m}$ 의 近赤外,  $1.5 \sim 5.6 \mu\text{m}$ 의 中間赤外,  $5.6 \sim 1000 \mu\text{m}$ 의 遠赤外로 구분된다.

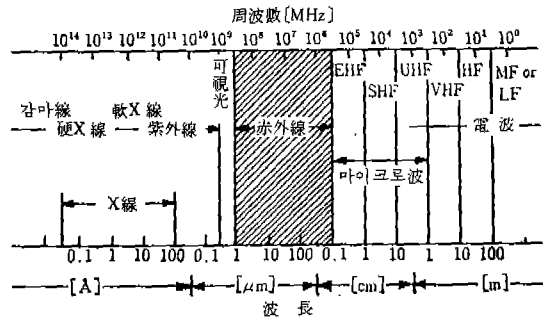
(2) 赤外線의 일부는 우리들의 피부로 熱로써 느낄 수가 있다.

(3) 열진동하고 있는 모든 物質은 그 온도에 따라 赤外線을 방사하고 있다.

(4) 物質에 接觸수된다.

赤熱되고 있는 物質로부터 적외선이 방사되고 있는 것은 잘 알려져 있는 사실이지만 (3)에 의하면 低溫物體로부터도 적외선이 방사되고 있는 것을 알 수 있다.

熱放射의 에너지 분포는 프랭크의 복사법칙에 의해 구해진다. 黑體(방사율이 1)의 각온도에 있



〈그림-1〉 電磁波에서의 赤外線의 位置

어서의 熱放射의 에너지 分布例를 그림 2에 든다. 300K(절대온도)는  $27^\circ\text{C}$ 이므로 人體와 같은 低溫物體로부터도 赤外線이 放射되고 있는 것을 알 수 있다.

이상과 같은 특징에 의해 可視光과 상이한 計測으로의 응용이 가능하다.

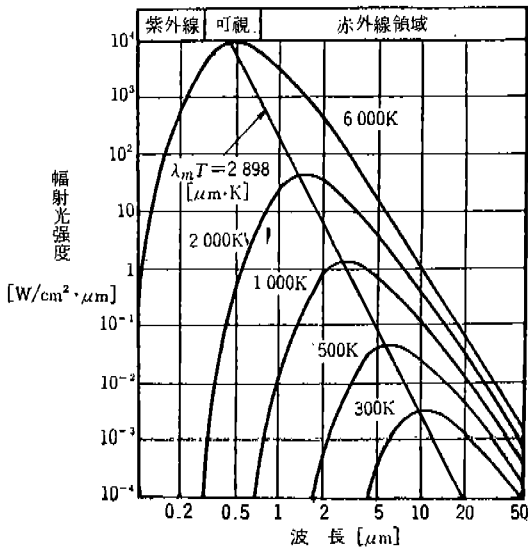
#### (2) 赤外線 센서

적외선 센서는 적외선을 검출하여 電氣信號로 변환하는 것이다. 종류는 그림 3과 같다.

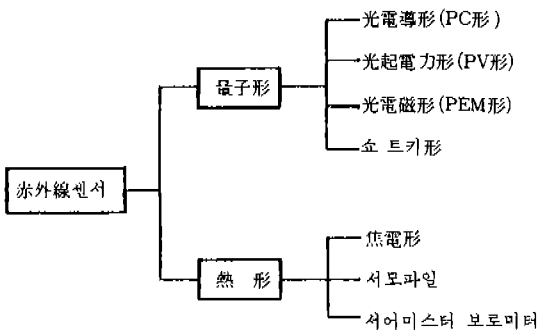
量子形은 외부광전효과, 광도전효과, 광기전력효과 등에 입각하는 적외선 센서이다.

熱形은 열에 의해 특성이 변화하는 것을 이용하는 것(예컨대 역전효과, 열저항변화)이다.

##### (1) 光電導形(Photo Conductive Type)



〈그림-2〉 프랭크輻射光式에서 구한  
赤外線放射強度



〈그림-3〉 赤外線센서의 種類

반도체의 薄形抵抗素子로서 光의 入射에 의해 저항변화가 일어나며 그것을 전압변화로써 信號를 인출한다.

(2) 光超電力形(Photo Voltaic Type)

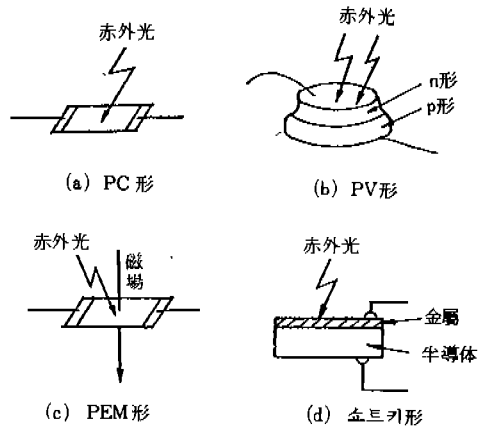
光電池(Photo Cell)라고 하는 것으로서, 프레너形의 Pn접합 다이오드이며 光의 入射에 의해 접합부에 발생한 電子-正孔對를 光電流로써 인출한다.

(3) 光電磁形(Photo Electro Magnetic Type)

電界와 磁界를 동시에 건 곳에 光을 照射함으로써 起電力을 信號로써 인출한다.

(4) 쇼트키形

금속과 반도체의 접촉에 의해 형성되는 쇼트키障壁을 사용하는 半 다이오드로서, pn접합과 거의



〈그림-4〉 量子形센서의 構造

같은 원리로 信號가 발생한다. 그림 4는 量子形 센서의 구조를 든 것이다.

(5) 焦電形

초전현상을 이용한 것이다. PbTiO<sub>3</sub> 등의 焦電材料라고 하는 것은 自發分極을 가지고 있으며 素子表面에 자발분극에 입각하는 電荷를 가지고 있다. 그러나 大氣中에서는 浮遊電荷에 의해 中和되고 있으며 걸보기로는 電荷가 관찰되지 않는다.

素子表面에 적외선이 照射되어 온도가 변화하면 自發分極이 순간적으로 변화, 이것이 電壓 모우드로서 인출된다.

焦電形 센서는 微分形 센서로서, 온도가 연속적으로 변화하고 있을 때 외는 出力이 인출되지 않는다.

(6) 서모파일

열전효과를 이용한 것이다. 즉 熱電對를 미소한 면적내에 넣은 것으로서, 赤外線의 光量에 따라 열기전력이 얻어진다.

(7) 서어미스터보로미터

온도에 따라 저항이 변화하는 것을 이용한 것이다.

量子形과 熱形の 비교를 표 1에 든다. 量子形 센서는 고감도로서 응답도 빠르지만 감도의 파장선택성이 강하여 사용파장을 보고 센서를 선택하여야 한다.

熱形 센서는 感도가 낮고 응답이 낮지만 波長 전역에 걸쳐서 감도가 거의 바뀌지 않는다.

또 感도는 센서 受光面에 일정하게 적외광 P(W)

(표-1) 量子形센서와 熱形센서의 比較

	熱形	量子形
感 度	낮다 (數V/W)	높다 (10 <sup>3</sup> V/W) 높다
應 答 速 度	늦다 (~100ms)	빠르다 (~1μs)
使用 溫 度	室溫 (303K)	要冷却 (77K)
스펙터特性	平坦	選擇性強하다
赤外線이미지用	不適	適
例	서어미스터 서어포파일 焦電센서	InSb HgCdTe Ge(Au)

이 照射됐을 때 출력전압  $V_s$  [V]가 얻어졌다고 치면 센서의 감도  $R$  [V/W]는

$$R(\lambda, f, \Delta f) = \frac{V_s(\text{實効値})}{P(\text{실효치})}$$

이다.  $\lambda$ 는 入射赤外光의 파장,  $f$ 는 초핑 주파수,  $\Delta f$ 는 증폭기의 밴드幅이다.

### (3) 赤外線應用 센서

적외선응용 센서의 예를 표2에 든다. 赤外線 이미지센서의 원리는 前회에 기술한 이미지 센서와 동일하다. 像을 연결하는 부분에 적외선 센서를 사용한 것이며 線의 또는 兩的인 온도분포를 측정할 수 있다.

赤外線 이미지 센서에 의한 리모트센싱 기술은 인공위성에 의한 기상관측, 비행기에 의한 地質探査나 해양조사에 이용되고 있다.

(표-2) 赤外線應用센서의 例

赤外線이미지 센서의 應用	人工衛星에 의한 氣象觀測 飛行機에 의한 地質探査, 海洋探査 溫度分布調査 電氣故障(導體過熱·溫度上昇等)檢知
赤外線센서의 應用	火災檢知 自動도어, 게어커어튼制御 照明的 自動點燈 侵入檢知, 來客報知器 自動販賣機
其 他	非接觸溫度計測 필름의 두께測定 油分の 自動測定

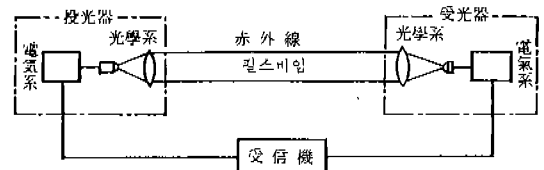
물체나 人体檢知에 이용되는 적외선 센서의 종류는 그림 5와 같이 對向形, 反射形, 受動形이 있다. 동작거리는 수m~수백m와 같이 용도에 따라 선정할 수 있다. 動作原理는 대향형, 반사형은 投光器와 受光器 또는 檢知器와 반사경간의 물체나 인체의 유무에 따라 적외선이 통과 또는 차단되는 것을 이용하는 것이다. 受動形은 투광기는 없고 인체나 물체가 투광기의 역할을 한다.

이 센서는 사람의 눈에 보이지 않는 센시티브존(熱感帶)을 가지고 있으며, 이 조운으로 사람의 통과 등과 같은 어떠한 급격한 온도변화가 있으면 그것을 적외선 에너지의 變化로서 케치한다. 통과 방향의 판별도 가능하다.

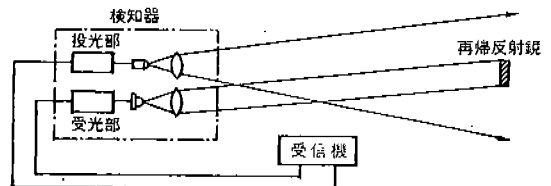
비접촉 온도계측은 적외선 센서의 본래의 용도라고 할 수 있는 것이다.

비접촉 온도계측의 이점은

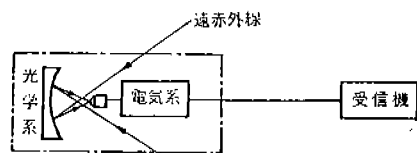
- (1) 이격된 곳에 위치하는 물체의 온도를 측정할 수 있다.
- (2) 高壓·高溫·유독 가스 등 위험해서 근접할 수 없는 장소의 온도를 측정할 수 있다.
- (3) 回轉體, 이동물체의 온도를 측정할 수 있다.
- (4) 表面 凹凸에 관계없이 평균온도를 구할 수 있다.



(a) 對向形



(b) 反射形



(c) 受動形

(그림-5) 人体檢知赤外線센서의 種類

(5) 접촉측정으로는 온도특성이 변하는 것이라도 영향을 주지 않고 측정할 수 있다.

등이다.

高壓送電線이나 變電所 母線의 하이트체크 등에도 사용되고 있으며 90m 遠方에서 0.5℃의 精度로 측정할 수 있는 것이 있다. 필름의 두께 測定이나 油分測定은 적외선이 물질에 흡수되는 것을 이용하는 것으로서,  $I_0$ 를 두께가 0일 때의 투과광량,  $I$ 를 두께가  $t$ 일 때의 투과광량이라고 하면

$$I = I_0 e^{-\alpha t}$$

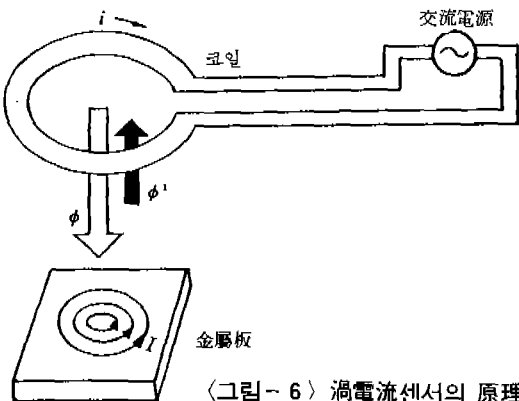
가 된다.  $\alpha$ 는 波長  $\lambda$ 에 있어서의 흡수계수이다.  $I, I_0$ 를 측정하면  $\alpha$ 는 既知이므로  $t$ 가 구해진다. 10~2000 $\mu$ m의 두께가 측정 가능하다.

## 2. 기타의 센서

기타의 非接觸으로 기계량(길이·두께·변위·속도 등)이나 물체의 有無 등을 檢出하는 센서로서는 溫電流 센서, 磁氣 센서, 靜電容量 센서, 근접 스위치, 방사선 이용 센서가 있다. 방사선은 취급자 격이 필요하며 전문적 지식을 필요로 하므로 여기서는 생략한다.

### (1) 渦電流 센서

그림 6과 같이 링狀의 코일에 交流電流  $i$ 를 흘리면 磁束  $\phi$ 가 발생한다. 여기에 직각으로 금속판을 놓으면 전자유도에 의해 링狀으로 渦電流  $I$ 가 발생한다. 渦電流  $I$ 에 의해 발생한 磁束  $\phi'$ 는  $\phi$ 와 逆方向이다. 코일을 鎖交하는 자속은  $(\phi - \phi')$ 가 된다. 따라서 코일의 인덕턴스가 변화한다.  $I, \phi'$ 는



코일과 금속판의 거리  $x$ 에 따라 변화한다. 즉 코일의 인덕턴스 변화에 의해 거리  $x$ 를 알 수가 있다. 渦電流 센서는 이와 같은 원리로 거리를 측정하는 것이다.

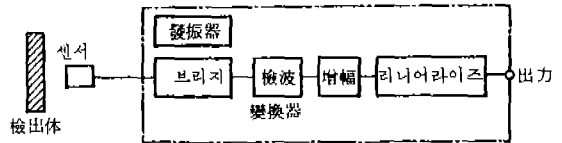
渦電流의 크기는 금속판의 투자율, 저항율, 두께, 온도, 거리에 의해 영향을 받는다. 따라서 제측대 상마다의 교정이 필요하다.

그림 7은 실제적인 회로이다. 그림 7(b)와 같이 브리지를 짜고  $R_s, L_s$ 의 미소변화에 의해 出力電壓  $E_o$ 가 크게 변하도록 共振回路를 구성하고 있다.

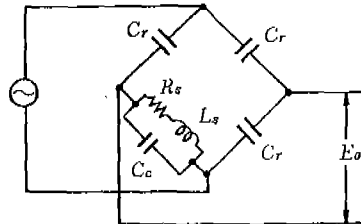
표 3, 그림 8에 應用例를 든다. 철강업에 있어서의 應用例는 많으며, 연속주조기 주형(모울드)의 溶鋼 레벨 측정(거리 150mm), 鑄片 및 강판의 폭·두께·형상측정, 로울의 회전수 측정, 로울갭 측정 등에 이용된다.

### (2) 磁氣 센서

자기 센서는 磁氣의 性質 또는 그 變化를 檢출하는 것인데, 여기서는 자기적 성질을 이용해서 진동이나 왜곡 등의 물리량을 檢출하는 센서도 포함해서 알아본다. 자기 센서에 사용되는 효과를 표 4에



(a) 變位測定回路



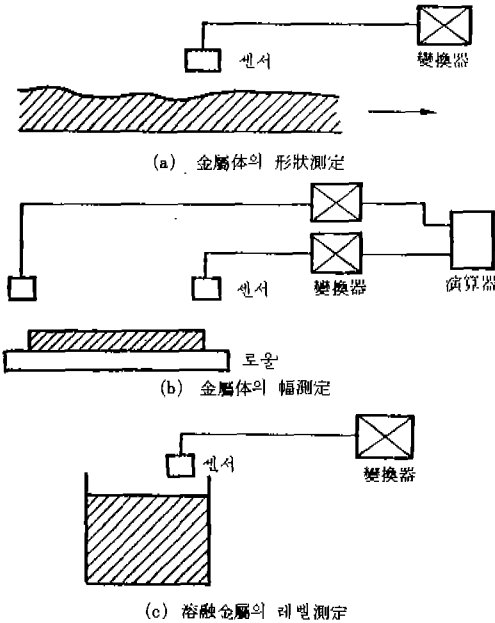
(b) 動作原理圖

(그림-7) 回路例

$E_o$ : 出力電壓  
 $f_o$ : 發振周波數  
 $C_r$ : 變換器容益  
 $L_s$ : 센서容量  
 $R_s$ : 센서抵抗

### (丑-3) 渦電流 센서의 應用例

- 物體의 振動測定, 形狀測定
- 位置差異測定, 幅測定
- 液體의 레벨測定
- 絶緣體, 鋼板두께測定
- 物體通過, 不良品檢出
- 갭測定
- 回轉體의 各種測定



(그림-8) 渦電流센서의 應用例

〈표-4〉 磁氣센서에 사용되는 主要效果

效果의 명칭	現 象	應 用 例
호울 효과	실리콘 등의 半導體에 磁界를 가하고 一定電流를 흘리면 兩者가 직각방향으로 起電力이 발생한다.	電流測定 回轉數測定
磁氣抵抗 效果	어느 물질에 磁場을 가하면 電氣抵抗이 변화한다.	近接스위치 回轉數測定
磁氣왜곡  효과	強磁性을 길이 l 方向으로 磁化하면 Δl의 신축이 일어난다. 반대로 왜곡을 가하면 透磁率의 변화한다.	超音波振動子 힘, 토오크, 왜곡測定
電磁透導의  이용	잘 알려져 있으므로 설명을 생략.	電磁流量計 振動計
패러디 효과	磁化된 透明磁性体内를 光(레이저光)이 통과하면 光의 偏光面이 회전한다.	電流測定 磁界測定
카야 효과	磁化된 磁性體表面에서 光이 반사할 때 偏光面이 磁化方向에 대해서 약간 회전한다.	磁氣테이프의 轉寫讀出
感溫磁性	磁性材料의 대부분은 큐리온도 근방에서 磁氣相轉移를 일으키며 약간의 온도폭으로 급격히 磁化特性이 변화한다.	溫度檢出 溫度스위치

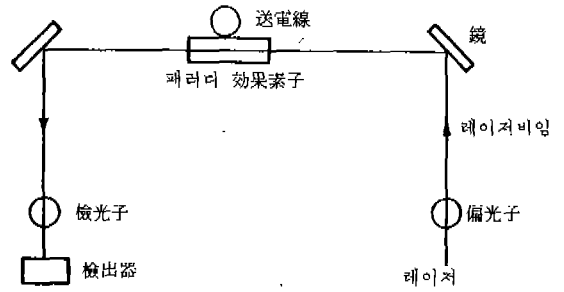
는다. 응용예도 함께 표기하였다. 응용전반에 대해서 기록하였기 때문에 반드시 비접촉식의 것만은 아니다.

패러디 효과를 이용한 전류측정으로 초고압송전선의 전류측정이 있으며, 그림 9는 그 원리도이다.

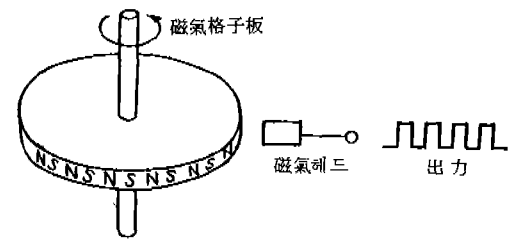
레이저빔을 照射하여 거울로 송전선 가까이까지 유도, 패러디 효과 소자내를 통과시킨다. 레이저光은 이 안에서 磁界(전류)에 비례한 회전을 받고 檢光자를 걸쳐 검출기에 유도된다. 이 回轉角은 磁界(전류)에 비례하므로 이 角度에서 전류를 구할 수가 있다.

호울素子나 자기저항소자는 회전각이나 회전수검출에 이용된다. 磁氣式 로우터 리인코우더라고 하는 것이 그렇다.

그림 10은 그 원리도이다. 원판 측면의 磁性體에 磁氣기록을 하고 그것을 磁氣예드(호울素子나 자기저항소자로 구성)로 검출하는 것인데 出力은 펄스 상태이므로 이 펄스數를 카운트함으로써 회전각도를 측정할 수 있다.



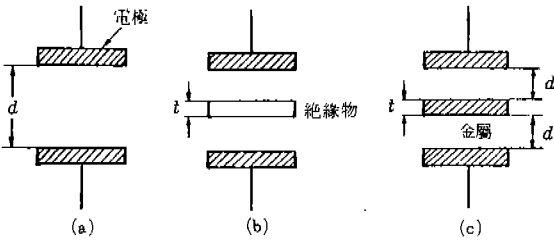
(그림-9) 패러디 효과에 의한 送電線電流測定



(그림-10) 磁氣式로우터리인코우더의 原理

(3) 靜電容量 센서

정전용량 센서의 원리도를 그림 11에 든다. 대항하는 電極의 면적을  $f[m^2]$ , 전주간거리를  $d[m]$ , 진공의 誘電率을  $\epsilon_0$ 라고 하면 靜電容量  $C[F]$ 는



〈그림-11〉 靜電容量센서의 原理

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{d} \text{ (F)}$$

가 된다.

그림11 (a)에서 下部電極이 타아갓이면 C를 측정함으로써 타아갓과의 거리 d를 알 수 있다.

타아갓이 절연물이며 그 두께를 알려면 절연물의 比誘電率이  $\epsilon_r$ 이면 그림 11(b)와 같이 하면 靜電容量  $C_1$ 은

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{\epsilon_0 S} \left\{ d - \left(1 - \frac{1}{\epsilon_r}\right) t \right\}$$

$$= \frac{1}{C} - \frac{1}{\epsilon_0 S} \left(1 - \frac{1}{\epsilon_r}\right) t$$

가 된다.  $C_1$ ,  $C_2$ 를 측정하면  $\epsilon_0$ ,  $S$ ,  $\epsilon_r$ 은 既知이므로 t가 구해진다. 그림 11(c)와 같이 타아갓이 금속인 경우는 겹  $d_1$ ,  $d_2$ 의 콘덴서를 직렬로 접속한 것이 되므로 合成靜電容量 C는

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

단

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d_1}, \quad C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d_2}$$

따라서

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{\epsilon_0 S} (d_1 + d_2)$$

$$d_1 + d_2 = \epsilon_0 S C$$

여기서

$$t = d - (d_1 + d_2) = d - \epsilon_0 S C$$

가 되며,  $\epsilon_0 S C$ 를 구함으로써 타아갓의 두께 t가 구해진다.

靜電容量 센서는 두께, 變位, 왜곡, 레벨, 속도, 진동, 물체의 有無 등과 같은 檢知에 이용되고 있다. 두께, 變位 등의 치수범위는 0.01 $\mu$ m~20mm 정도이다. 속도, 진동측정은 그림11(a)에 있어서 下部電極이 진동, 이로 인한 정전용량변화를 微分하여 인출해서 그 펄스를 카운트하면 가능하다.

物體의 有無檢知에는 靜電容量式 근접 스위치가

있다. 정전용량식으로 레벨을 검지하는 것에는 포인트를 檢知하는 레벨스위치와 레벨을 연속적으로 검지하는 레벨계가 있다.

그림 12는 레벨스위치의 예이다. 分銅이 上部電極, 大地(금속구조물)가 下部電極의 역할을 한다. 電極間에 原材料가 없을 때(공기중)와 있을 때는 정전용량이 상이하므로 이 차에 의해 증폭기내의 릴레이가 동작한다. 액체, 광석, 석탄 및 시멘트 등을 저장하는 탱크나 병커의 레벨스위치로 사용되고 있다.

그림 13은 레벨계의 예이다. 프로우브와 탱크의 벽에 의해 전극(同心円筒狀 電極)이 형성되어 있다. 전극간의 정전용량은 液體의 높이 h에 의해 달라지므로 레벨 h를 연속적으로 측정할 수 있다.

#### (4) 近接 스위치

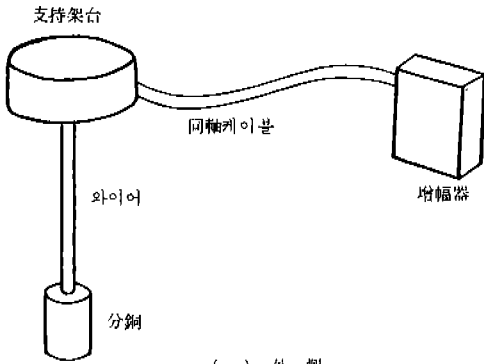
근접 스위치는 물체의 유무를 無接觸으로 검출하는 것으로서, 고주파발진형, 정전용량형, 자기형이 있다. 표 5에 원리도를 든다.

##### (1) 高周波發振形

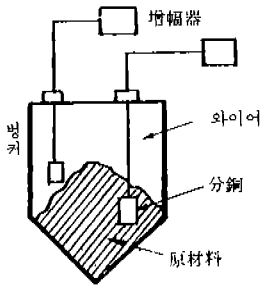
발진회로의 발진 코일을 檢出 헤드로 사용한다.

〈표-5〉 近接스위치의 原理

種類	原 理 圖	檢 出 體	最大檢出距離
高周波發振形		金 屬	120mm
靜電容量型		金屬 및 誘電體	40mm
磁氣形		모든物體	數十mm



(a) 外觀



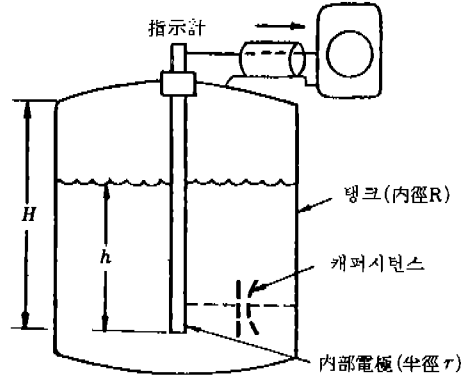
(b) 使用例

(그림-12) 레벨스위치

금속체가 없을 때는 常時 發振상태인데, 금속체가 근접하면 電磁誘導 作用에 의해 發振 코일의 임피던스가 변화, 發振이 정지하고 出力한다.

(2) 靜電容量形

전극판(檢出 헤드)에서 100kHz~수 MHz의 고주파전계를 발생시키고 있으며, 물체가 접근하면 物



(그림-13) 靜電容量式의 레벨計

体表面과 검출전극판 표면에서 分極現象이 일어나서 정전용량이 증가, 發振振幅이 증가하며 出力한다. 分極現象을 이용하고 있으므로 근접 물체는 誘電체에 限하지 않고 금속체도 가능하다.

(3) 磁氣形

리이드스위치에 대해서 설명한다. 接點이 不活性가스와 함께 유리管内에 봉입되어 있다. 외부의 磁石에 의해 接點이 흡인되어 동작한다.

동작시키는 방법은 磁石을 檢出체에 달고 리이드스위치는 固定, 兩者固定으로 양자간에 檢出体 (磁性金屬)를 넣는 방법이다. 리이드스위치와 磁石이 一体인 것도 있는데 동작거리 수mm로 작다.

近接 스위치는 물체의 有無檢知만이 아니고 레벨檢知, 회전수 검지, 變位檢知, 數의 制御, 位置의 제어, 길이의 제어 등에 이용되고 있다. \*

