

工場電氣의 最新技術

센서技術의 動向 (2)

이번회는 前회에 이어 非接觸式 센서를 중심으로 光應用센서·超音波 應用센서·이미지센서에 대해 記述한다.

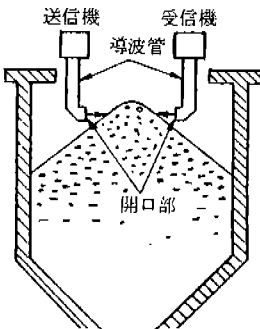
1. 마이크로波 센서의 應用例

前회는 마이크로波 센서의 原理·應用概要에 대해 기술했으나 여기서는 구체적인 例에 대해 기술한다.

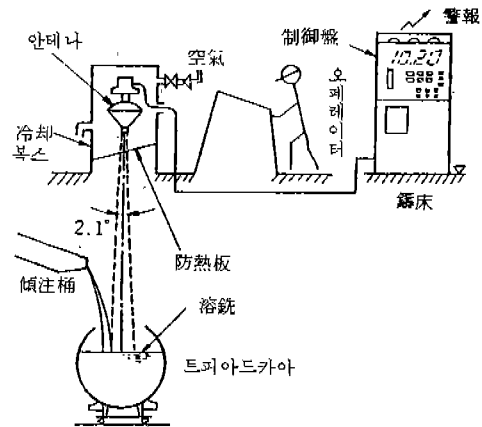
도플러 효과를 이용한 예는 비교적 많으며 레이더 스피드미터, 레이더車輛感知器, 對地速度計, 충돌방지센서, 野球의 球速測定用 스피이드건, 接近경보센서 등이 있다.

레이더스피드미터는 도로상을 질주하는 차량을 향하여 마이크로波의 연속파를 조사하여 주행 차량부터의 反射波를 受信하고 送信波의 일부와 혼합하여 도플러周波數 f_d 를 구하여 속도를 구하는 것이다. 測定범위는 20~140km/h, 精度 $\pm 2\%$ 이하이다.

FM-CW 방식에 의해 비이드주파수를 발생시켜



(그림-1) 貯鑛槽레벨計의 例



마이크로波트피이드 레벨計의 주요한 仕様

測定方式	FM-CW方式	마이크로波	8.5~10.5GHz
測定範圍	7~13m	冷却	空氣冷却
精 度	$\pm 50\text{mm}$	電 源	AC 100V
測定視野	$\pm 2.1^\circ$	안 테 나	판물러

(그림-2) 트피이드카아溶銑레벨計의 例

거리를 구하는 방식은 레벨計에 사용되고 있다.

그림 1은 貯鑛槽레벨計, 그림 2는 트피이드 카아 溶銑레벨計의 예이다.

트피이드카아는 제철소에서 溶銑를 운반하는 차량이며, 로케트와 같은 용기에 200~400톤의 녹은 鐵鐵을 넣어 운반한다.

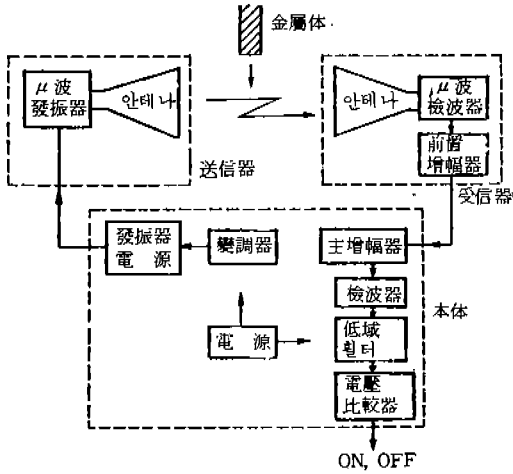
그 레벨制御에 마이크로波式 레벨計가 사용되고

있다.

그림 3은 물체검출기의 예이다. 안테나間에 금속 등의 마이크로波 散亂物体가 오면, 수신전력이 내려가는 것을 이용하여 물체의 유무를 판정한다.

마이크로波는 공간중의 액트·水滴·화재등의 영향을 받기 어려우므로 환경이 나쁜곳의 물체검지에 적합하다.

단, 마이크로파는 절연물의 겹지에는 사용되지 않는다.



〈그림- 3〉 마이크로波物体檢出器(MOD)의 構成

2. 光應用 센서

光應用 센서는 光의 성질을 이용하여 각종 측정을 한다. 여기서는 自然光, 레이저를 포함한 센서에 대해 기술한다.

또 光이라 함은 可視光 (波長 0.38~0.78 μ m)의 것을 말하나, 레이저光에는 波長이 1.5 μ m에 미치는 것도 있으므로 波長에 대해서는 可視光·近赤外線의 범위를 포함한다.

(1) 光의 性質

표 1은 光學的計測法에 이용되고 있는 光의 성질을 표시한 것이다. 光도 전자파의 일종이나 자연광의 경우는 코피랜즈가 나빠 이용하는 성질에는 한도가 있었다. 그러나 레이저라는 코피랜즈의 높은 光이 출현하여 종래부터의 光의 성질과 波의 성질(마이크로波와 같이)을 이용할 수 있게되어 응용범위도 크게 확대했다.

〈표- 1〉 光學的計測에 利用되는 光의 性質

分類	利用하는性質	應用例
幾何光學의性質	直進, 屈折, 結像, 反射	直線規準, 軸맞춤, 位置, 角度, 測長(三角測量의原理, 焦點맞춤 등에 의한), 形狀, 運動, 變形의計測等.
波動光學의性質	干涉, 回折	干涉法, 波長을 基本으로한 測長, 精密位置定하기, 干涉무늬画像와 스펙클파타안에 의한 形狀, 運動變形의計測等
光速, 其他	光速, 트플러 効果	測長, 運動速度, 流速, 레이저, 레이다등

(2) 光源, 光센서

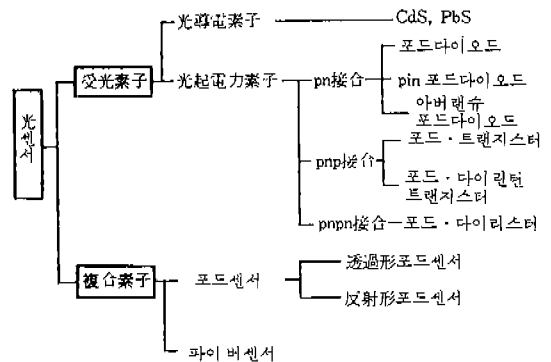
光應用 센서에 사용되는 光源으로서는 표 2에 표시하는 것이었다. 최근에는 LEO와 레이저가 거의 모두이다. 레이저의 존재는 극히 중요하며, 光응용 센서의 50%이상이 레이저를 사용하고 있다. 光센서라 함은 光을 檢出하는 센서로서 보통은 受光素子를 의미한다. 光센서의 분류를 그림 4에 표시한다.

여기서는 複號素子에 대해서 설명한다. 複號素子는 發光素子和 受光素子를 組合한 것이다.

〈표- 2〉 光學計測에 사용되는 光源

텅스텐電球(眞空, 가스, 할로겐等)
水銀램프
키세논램프
發光다이오드(LED)

레이저 { 氣體레이저 (He-Ne, Ar等)
 { 固体레이저 (루비, YAG等)
 { 半導體레이저 (LD)



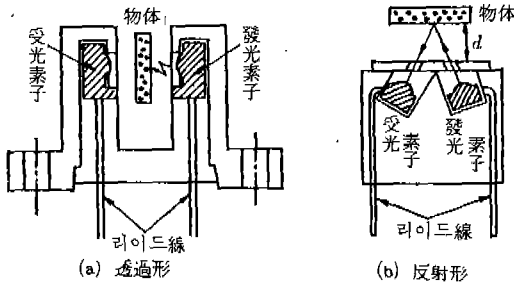
〈그림- 4〉 光센서의 分類

포드센서에는 그림 5에 표시하는 것과 같이透過形포드센서, 反射形포드센서가 있다. 파이버센서는 광파이버의 성질을 이용한 것으로서 크게 나누면,

(1) 광파이버 그 자체의 傳送特性(光의 속도, 位相, 주파수등)이 被測定物理量에 의해 변화를 받는 것을 이용하여 광파이버 自身을 센서로서 이용하는 방식

(2) 광파이버의 중간 또는 一端에 光學式 센서를 차넣어 광파이버를 광신호의 傳送路로서 사용하는 방식

(3) 光應用센서의 例



〈그림-5〉 포드센서의 種類

光응용센서의 例를 표 3에 표시한다. 光응용센서는, 하아드로서 發光素子 및 受光素子를 이용하여 소프트웨어 표 1의 성질을 이용하는 것이며, 센서의 形狀外觀은 여러가지가 있다.

로타리앵코우더, 이미지센서에 대해서는 後述한다. 레이저센서, 파이버센서에 대해서는 본지 2월호 「레이저의 通信·計測制御에의 應用(2)」를 참조해 주기 바란다.

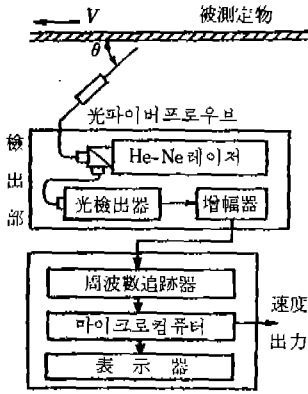
光電스위치는 非接觸한 物体·位置檢出 센서로서 工場에서는 가장 많이 이용되고 있는 센서의 하나이다.

포드센서의 檢출거리는 數mm이다. 마이크 센서는 例로 백지상의 검은마이크를 檢출하는 것으로서 檢출거리는 20~70mm, 최소檢출체는 數mm이다. 구체에 대해서는 그림 6은 광파이버레이저에 의한 速度計測이다. 마이크로波의 경우와 같이 드플러효과를 이용하고 있다.

He-Ne 레이저에서 發사된 레이저光은 광파이버에 의해 플로우브에 인도되어 被測定物에 照射된다. 피후정물에 의해 散亂한 光은 드플러시프트 f_d 에의

〈표-3〉 光學的센서의 例

名 稱	原 理	測 定 對 象
光電스위치	投光器 혹은 物体自身에서 發한 光을 受光器로 檢出, 그 光의 有無에 의해 物体의 有無를 判斷	物体·位置
포드센서	本文과 같다	物体
마이크센서	原理는 포드센서와 같다	마이크
光電式리니어 앵코우더	發光素子와 受光素子간에 固定스리트板과 移動스리트板이 있다. 光의 透過, 차단을 電氣脈스信號로 변환하여 그 數에 의해 移動量을 求한다.	距離·길이, 變位
光電式 로타리앵코우더	移動스리트板이 回轉円板스리트로 되어있는 以外は 리니어 앵코우더와 같다.	回轉數·角度, 變位(角度)
이미지센서	光電素子를 定되치로 直線上 或은 平面上에 나란히 하여 그 센서上에 物体의 像을 렌즈에 의해 結像시켜 物体의 像, 部分의 센서數를 카운터하여 形狀을 求한다.	치수(길이, 變位) 形狀, 速度, 位置, 物体
레이저센서	本誌 2月號 參照	距離, 길이, 變位, 形狀, 物体, 位置, 速度, 表面傷
파이버센서	本誌 2月號 參照	物体, 位置, 變位, 電氣量, 加速度, 壓力



〈그림-6〉 광파이버레이저에 의한 속도計測

해 $f_i + f_a$ (f_i 는 원래의 주파수)를 갖고있다. 따라서 원래의 광과 합치면, f_a 의 주파수를 갖는 비이드광을 얻을 수 있다. $f_a = 2v \cos \theta / \lambda$ (λ 는 波長) 이므로 이 식에서 속도 v 를 求할 수 있다.

3. 超音波應用센서

(1) 超音波라 함은

音波라 함은 일반적으로 말하면 固体, 液体, 氣體 등 媒質속을 전하는 疎密 또는 濃淡의 波이다.

통상 사람이 들고 판단할 수 있는 音의 주파수 범위는 20~20000Hz라고 하며, 그 이상의 높은 주파수의 音을 超音波라고 한다.

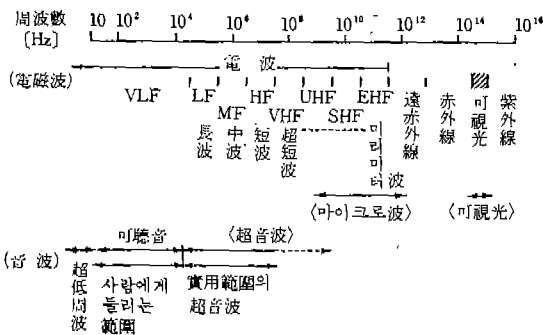
音은 波動이며 다음과 같은 關係式이 성립한다.

$$\lambda = c/f$$

λ [m]은 波長, f [Hz]은 주파수

c [m/s]는 音速이다.

音速은 光速보다는 월등하게 작으며, 공기 중에서 340[m/s], 水中에서 1500[m/s], 鋼中에서 5850[m/s]



〈그림-7〉 超音波와 電磁波의 周波數關聯圖

s], 어느것도 常溫이다.

電磁波와 비교한 주파수帶域을 그림 7에 표시한다.

(2) 超音波의 性質

센서에 관계가 있는 특징은 다음과 같다.

(1) 超音波는 氣體, 液体, 固体 또는 生体 中에도 傳搬할 수가 있으며 光·熱·電磁波의 傳搬할 수 없는 媒質中에도 傳搬할 수 있는 경우가 많다.

(2) 超音波는 彈性波動이며 縱波외에도 橫波, 表面波, 板波등이 있다. 그리고 縱波는 超音波의 진행방향에 진동하며 波橫波는 초음파의 진행방향과 직각으로 진동하는 波이다.

(3) 波長이 짧기 때문에 小形의 장치로 날카로운 指向性을 얻을 수 있으며, 에너지의 집중이 용이하다.

(4) 音響인피던스 (音速과 密度의 積)의 다른 界面에서 反射·屈折한다.

(5) 초음파의 사용은 일반적으로 법적규제를 받지 않는다.

(3) 超音波센서

超音波센서라 함은 超音波素子를 말하며, 壓電 및 磁氣歪曲현상을 이용한다.

(1) 壓電센서

水晶, 질콘치틴, 酸鉛磁器等은 어느 方向에서 힘을 加하면 電荷가 발생하여 電壓이 나타나며, 또 이같은 材料를 電界중에서 두면 歪曲(應力)이 생긴다.

이것이 壓電效果이다. 이같은 材料가 超音波의 발생(振動에 의한 초음파 발생)과 受信(진동파를 전압으로 변환)에 쓰여진다.

(2) 磁氣歪曲센서

니켈, 알펠, 페라이트等 強磁性체에 磁場을 가하여 磁化하면 磁界方向에 歪曲이 생긴다.

逆으로 磁化된 材料에 歪曲을 주면 磁化의 強度에 변화가 생긴다. 이를 磁氣歪曲效果라고 하며 이를 超音波의 발생·수신에 이용한다.

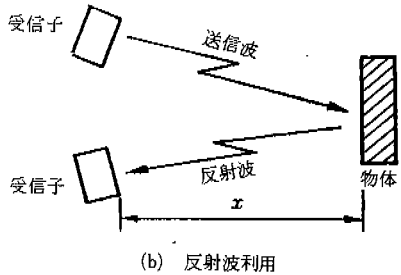
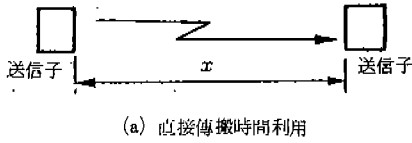
(4) 超音波應用센서의 例

초음파응용센서의 例를 표 4에 표시한다. 이용하는 작용으로서는 다음 세가지로 크게 나눌 수 있다.

(1) 傳搬시간, 反射에 의한 시간을 이용: 그림 8

(丑-4) 超音波應用 센서의 例

媒質	主 作 用	센 서
氣體	直接傳搬時間의 測定	風量, 風速計, 클레인警報器
	反射에 의한 時間, 其他 反射情報의 取得	各種레벨計, 距離計
	도플러 效果의 利用	速度計
	傳搬減衰·遮斷의 利用	位置檢出器, 障害物檢出器
液体	直接傳搬時間의 測定	流速計, 流量計
	反射에 의한 時間, 其他 反射情報의 取得	液面計, 流速計
	도플러 效果의 利用	流速計
	傳搬減衰·遮斷의 利用	濃度計
固体	反射에 의한 時間, 其他 反射情報의 取得	探傷機, 두께計
	傳搬減衰·遮斷의 利用	探傷機

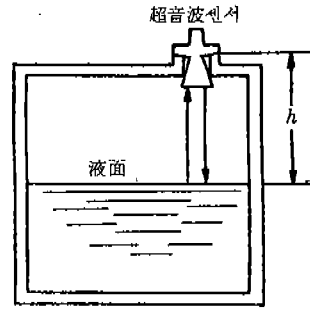


(그림-8) 超音波 센서에 의한 測定原理의 例

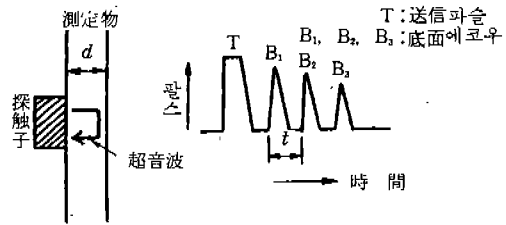
(a)에 표시하는 것과 같이 직접傳搬하는 경우에는 그 音速 c , 距離 x , 傳搬時間 t 의 사이에는 $x = tc$ 의 관계가 있다. 따라서 送信에서 受信까지의 시간 t 를 알 수 있게 되면 距離 x 를 求할 수 있다. 또 反射波를 이용하는 경우는 왕복거리의 $2x$ 이므로 $x = tc/2$ 로서 距離가 求해진다.

이 원리를 이용한 것이 距離計·레벨計·클레인警報器등이며, 變速的으로 이용한 것이 流速計·流量計·風速計·風量計이다.

(2) 도플러 效果를 이용: 음파에 있어서도 도플러 效果가 있다. 이 원리는 속도계·유속계에 이용된다.



(그림-9) 超音波式레벨計에 의한 液面測定



(그림-10) 脈式 두께計의 原理圖

(3) 傳搬減衰·遮斷의 利用: 그림 8 (a)에 있어서 送信子和 受信子의 사이에 장애물이 있을 경우는 음파는 減衰하나 차단되기도 한다. 이를 이용한 것이 位置檢出器·障害物檢知器·探傷機이다.

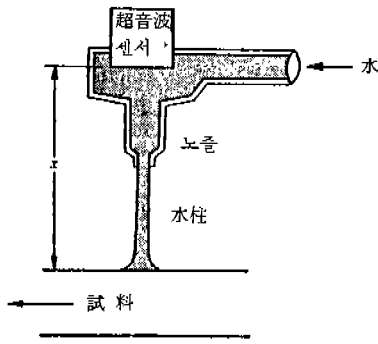
다음에 구체예에 대해 기술한다. 그림 9는 초음파레벨계에 의한 液面測定이다. 탱크頂部の 超音波 센서에서 液面까지의 距離 h [m]와 초음파의 발신에서 수신까지의 시간 t [S], 音속 c [m/s]의 사이에는, $h = tc/2$ 의 관계가 있으므로, 이에 의해 레벨 h 가 求해진다.

그림 10은 脈式 두께計의 原理圖이다. 測定物중 에 초음파를 내어 底面에서 反射하는 에코우를 받아, 그 에코우가 周期的으로 돌아오는 시간차에 따라 두께를 求하는 것이다. 즉 그림 10에 있어서 $d = tc/2$ 가 된다.

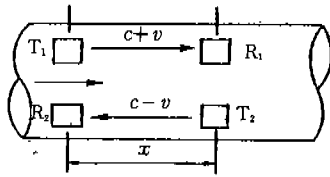
그림 11은 水柱式 超音波 距離計의 예이다. 超音波 센서에서 반사된 脈狀 超音波가 水柱를 타고, 試料表面에 반사해온다. 그 에코우의 周期 t 를 측정하면, 距離 x 는 $x = tc/2$ 가 된다. 熱間鑄片 表面의 凹凸測定으로서 距離 100mm, 精度 0.05mm의 것이 實施例가 된다.

超音波 流量計에는 초음파 傳播時間差法·超音波 도플러法·超音波 偏位法 등이 있다.

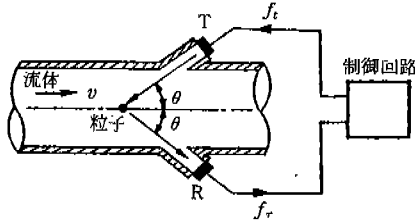
그림 12 (a)는 傳播時間差法이다. 그림과 같이 2



〈그림-11〉 水柱式超音波距離計의 例



(a) 傳搬時間差法



(b) 도플러法

〈그림-12〉 超音波流量計의 原理

組의 送波器T는 受信器R을 거리 x 분리하여 배치한다. 초음파가 흐름에 따라 傳搬하는 경우에는 그 外見上의 傳搬速度는 $(c+v)$ 가 되며 흐름에 逆行하여 傳搬하는 경우에는 $(c-v)$ 가 된다.

따라서 그 傳搬시간은

$$t_1 = x / (c+v)$$

$$t_2 = x / (c-v)$$

가 된다. 이식에서 시간차를 구하여 $v \ll c$ 를 고려하면,

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 2xv/c^2$$

가 된다. 이식에서 流速 v 가 求해진다.

그림12 (b)는 도플러法이다. 초음파의 傳搬하는 媒質중에 單一粒子가 있으며, 이것이 흐름에 따라 媒質과 同一速度로 이동하고 있다고 한다면 送信周波數 f_t 와 粒子에서 散亂反射하여 受信器R에 들어가는 受信波周波數 f_r 에 의해 도플러周波數 f_a 를 求하면,

$$f_a = |f_t - f_r| = \frac{2v \cos \theta}{c} f_t$$

가 되어 f_a , f_t , c , $\cos \theta$ 가 既知이면 流速 v 가 求해진다.

4. 이미지센서

(1) 이미지센서라 함은

이미지(Image)라 함은 面像이며 面像을 끄집어 내는 센서가 이미지센서이다. 원리를 한마디로 한다면 카메라의 필름部分에 센서를 두고 光을 電氣信號로서 끄집어 내는 것이다.

그림 13은 1次元 이미지센서의 원리이다. 소위 카메라의 필름이 있는 곳에 光電素子를 定規狀에 直線狀에 두고 센서에 물체의 像을 렌즈에 의해 結像시켜 物像部分의 素子數를 計數하면 물체의 長이를 求할 수 있다. 이미지센서에는 直線상의 一次元치수를 測定하는 것과 面積 등의 二次元을 측정하는 것이 있다.

二次元을 측정하는 것은 光電素子를 面積狀에 나란히 두고 있다. 光電素子로서는 포토다이오드나 CCD (차아지커플도디바이스 電荷結合素子)가 쓰여진다.

(2) 測定原理

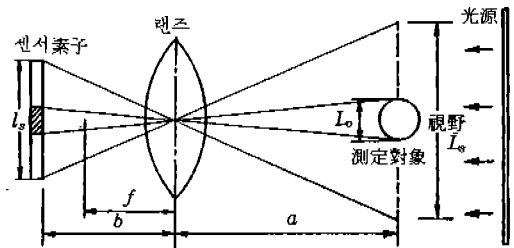
그림 13은 이미지센서의 原理이다. 렌즈(초점거리 f)에 의해 물체의 像을 이미지센서에 結像시켜 센서에 明暗의 과타안을 만든다.

對物거리를 a , 結像거리를 b 로 한다면,

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

$$M = \frac{a}{b}$$

여기에 M 는 撮像倍率이다.



〈그림-13〉 이미지센서의 原理

이미지센서의 全長을 l_s , 全素子數를 N_s , 視野를 L_s 로 한다.

이미지센서上에서 N_o 素子の 길이로 結像 한다고 한다면

$$L_s = \frac{l_s}{M}$$

$$L_o = \frac{L_s}{N_s} \quad N_o = \frac{l_s}{M} \times \frac{N_o}{N}$$

가 된다. l_s , N_s 는 既知이며 M 의 値를 알아 두고, N_o 를 計數하면 L_o 를 구할 수가 있다. L_s/N_s 는 이미지센서 1素子當의 監視長이를 나타내어 分解能이라고 말하고 있다.

(3) 仕樣例

仕樣例를 표 5에 표시한다. 視野는 最大 3.6m 정도이며 0.01mm의 精度를 얻을 수 있다.

〈표-5〉 一次元 이미지센서의 仕樣例

素子數 (비트)	視 野 L_s (mm)	設 定 距 離		分 解 能 (mm)
		a(mm)	b(mm)	
512	10.24~1,024	85.8~3,625.4	50~120	0.20~2.0
2,048	20.48~2,048	85.7~3,621.7	50~120	0.01~2.0

(4) 應用例

이미지센서는 카메라의 形狀을 한 센서헤드와 制御裝置로 구성된다. 그 원리에서 點, 線, 面이 非接觸으로 측정가능하며 더우기 高精度·高速度로 檢出할 수 있어 그 應用範圍는 넓다.

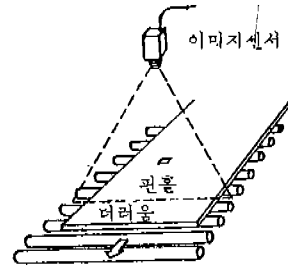
표 6은 應用例이다.

그림 14(a)는 시이드狀 物体의 欠點檢出, 그림 14(b)는 시이드狀 物体의 幅測定이다. 一次元 센서도 예로 그림 14(b)에 있어서 이동하는 시이드材의 幅을 연속측정함으로써 面的形狀 측정이 가능하다.

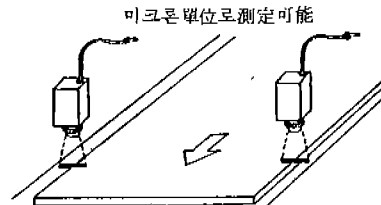
그림 15는 구멍의 유부에 의한 製品분류의 예이

〈표-6〉 이미지센서의 應用例

- 外徑·內徑·幅 두께 등의 치수測定
- 物体의 位置·기울임·形狀의 判別
- 錠劑나 캡셀의 外觀檢査
- 異物混入·더러움·벗어짐·두께 얼룩 등의 欠點檢出
- 液面레벨(위스키 등의 飲料·爐內的 溶解金屬等)의 檢出
- 넓은 에리어內에 있어서의 物体의 落下나 通過檢出
- 에지콘트롤·루우프制御·速度·變位の 檢出制御

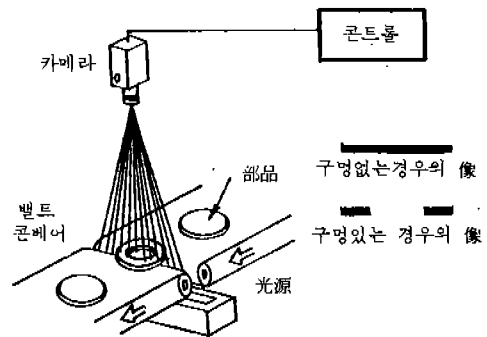


(a) 시이드狀物体의 欠點檢出



(b) 시이드狀物体의 幅測定

〈그림-14〉 이미지센서의 應用例



〈그림-15〉 구멍의 有無에 의한 製品분류의 機器構成

다. 円形狀部品の 구멍의 유부에 의해 次工程 콤베어의 運轉부우트를 바꾸어 製品분류를 해하는 것이다.

*