

工場電氣의 最新技術

레이저의 通信 · 計測制御에의 應用 (2)

레이저의 通信 · 計測制御에의 應用 (1) (前月號) 에서는 주로 工場에 있어서의 레이저의 通信의 應用에 對해 記述했다.

여기서는 레이저의 計測制御에 對한 應用에 關해 記述하기로 한다.

1. 計測制御에의 應用

(1) 計測制御에 使用되는 主要레이저

計測制御에 使用되는 레이저의 條件으로서는,

- (1) 小形 · 輕量
- (2) 安價
- (3) 長壽命
- (4) 高信賴性
- (5) 單色性
- (6) 光-電氣의 變換이 容易

등이 있다. 이같은 條件을 가장 잘 充足시키고 있는 것이 He-Ne 레이저 이다. 다음에 Ar 레이저가 자주 使用되고 있다.

半導체레이저는 GaAlAs 등의 半導체에 電流를 흘

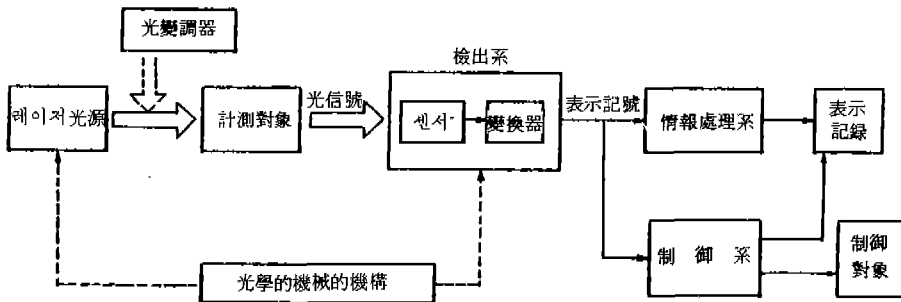
려 勵起시키는 것으로서, 波長은 0.84 μ m이였으나 最近은 0.7 μ m~1.5 μ m와 波長域이 擴大하고 있다 半導체레이저의 特徵은 小形으로서 振動에 強하다는 것, 電流 (~1.5V, ~0.1A)를 變調하는 것으로서 容易하게 레이저의 變調가 可能하다는 것과 He-Ne 레이저를 代身하여 計測制御用 레이저의 主流가 되어가고 있다. 표 1에 主要레이저를 表示한다.

(2) 計測制御의 基本構成

그림 1은 레이저應用 計測制御의 시스템例를 表示한 것이다.

시스템의 動作은 다음과 같다.

(1) 計測對象에 레이저光源에서 레이저光을 照射하며,



〈그림-1〉 레이저應用計測制御시스템의 概念

〈표 - 1〉 計測制御에 사용되는 主要레이저

種 類	代表的波長 (μm)	特 長	出 力	計測等の 應用例
He-Ne 레이저	0.6328 (赤)	安定한連續 出力 取扱이容易	0.1~50mW	直線·面基準 干涉測長 變位測定 포로그래피 스케일計測 도프리流速計 電流·電壓測 定 디스플레이 距離測定 表面傷檢査
Ar 레이저	0.4880 (靑) 0.5145 (綠)	安定한連續 出力 出力若干大	5mW~20W	포로그래피 스케일計測 도프리流速計 디스플레이 (製版)
CO ₂ 레이 저	10.6	高効率 大出力 펄스發振可	1W~15k W	大氣汚染測定 (材料加工)
半導体 레이저	0.78帶 ~1.5帶	작다 安價하게된 다. 高効率 長壽命	~10mW	電流·電壓測 定 溫度測定 回轉數測定 距離測定 롤린더 비디오디스크 物体檢出 遠隔制御 (光通信)
루비레이 저	0.6943	高出力펄스		測距 플라즈마計測 瞬間高眞
YAG 레이저	1.06	連續과펄스 도可 第2高調波 (0.53 μm) 可	~100W (連續)	레이저레이더 플라즈마計測
He-Cd 레이저	0.4416 0.325	紫外的連續 光	10~50mW	螢光分析 (記錄)
色素레이 저	0.32~1.2 (紫外) ~(赤外)	波長選擇可 펄스可	~2W(連續)	分光 瞬間高眞

(2) 計測對象에 의한 反射·吸收·回折·散亂等에 의해 光의 強度·位相·波長·偏光·코피렌스 등이 變調를 받는다.

(3) 그 變化量을 各種의 光센서가 檢出하며, 電氣信號에 光電變換한다.

(4) 그 電氣信號를 情報處理系에 傳하여 아날로그의·디지털의으로 信號處理하며, 必要로 하는 値로 서 表示, 記錄한다. 혹은 電氣信號를 制御系에 傳하며, 制御對象(生産플랜트나 生産프로세스)의 制御를 한다.

다음의 應用例에서는 主로 (1), (2), (3)에 대해 說明한다.

(3) 計測制御에의 應用例

應用例는 前月號(12月號)를 參照, 다음에 主要한 事例에 대해 說明한다.

(1) 距離測定

레이저를 使用 하여 機械的인 길이나 2點間的 距離를 測定하는 技術에는 原理的으로 표 2에 表示하는 것과 같이 세가지의 方法이 있다.

〈표 - 2〉 레이저에 의한 길이距離 測定法の 比較

	使用레이저	測定範圍	情 度
干涉에 의한精密測長	He-Ne 레이저	數 m	0.2 μm
變調에 의한測距	He-Ne, 半導体 레이저	數 km	約 1cm
레이저·레이더	Q스위치·레이저	約 10km	± 5m

1) 光干涉法: He-Ne 레이저의 波長 0.6328 μm 를 길이의 基準으로 하여, 그 4分の 1의 波長, 約 0.15 μm 를 電氣信號의 1 카운트로 變換 計測한다. 測定法은 固定反射鏡과 移動反射鏡이 있으며, 移動反射鏡을 測定하는 길이에 따라 移動하며, 2個의 反射鏡의 光을 干涉시켜 生기는 干涉무늬의 變化數를 카운트하여 距離로 換算하는 것이다. 카운트數 $\times 0.15\mu\text{m}$ 가 距離가 된다. 精密測長用이다.

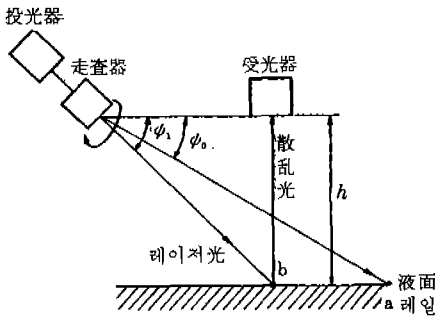
(2) 變調에 의한 測距: 이는 레이저의 波長을 使用하는 것이 아니라 레이저를 單純히 高周波信號를 運搬하는 媒体로서 使用한다. 레이저의 強度를 어느 周波數의 正弦波를 變調하여 이를 目標物에 照射한다. 그 되돌아온 變調波의 位相은 먼저의 變調波

와 時間的으로 어긋나 있기 때문에 이 位相差를 計測하여 距離로 換算하는 것이다.

(3) 레이저·레이다測距: 레이다의 原理 그 自体이다. Q스위치레이저에서 發하는 脈스幅의 극히 좁은 자비안트脈스를 目標物로 發射하여, 여기에서 되돌아오는 脈스를 받아 그 동안의 時間差를 求하여 距離를 換算한다.

레이저脈스는 3×10^8 m/s의 速度로 往復한다. 100MHz로 動作하는 發振器(1秒間에 10^8 回動作)가 있으면, 21回動作은 3m이다. 레이저光 發射에서 돌아올 때 까지의 사이에 發振器가 動作하는 回數를 카운트하면 距離를 알 수 있다.

干渉에 의한 精密測長은 數m의 距離를 精度있게 測定할 수 있으나 高價이다. 精度 1mm程度로 安價한 方法의 例를 다음에 紹介한다.



〈그림-2〉 레이저에 의한 레벨測定

그림 2는 그 方法의 例이다. 投光器로부터의 레이저光은 走査器에 의해 被測定物에 照射된다. 走査器는 定速으로 回轉한다. 走査器가 ψ_0 (基準角)를 通過한 瞬間의 時刻을 t_0 로 한다. 이 때의 레이저光은 a點에 照射되며 受光器에는 受光되지 않는다. 走査器가 回轉하여 그 레이저光이 b點에 達한 瞬間의 時刻을 t 로 한다. 受光器는 이 方向으로부터의 光만을 受光하므로 受光한 瞬間을 포착하면 t 를 알 수 있다.

液面레벨 h 는 走査器와 受光器의 距離를 D 로 한다면

$$h = D \tan \psi_1$$

이 된다. 走査器의 速度를 α (rad/s)로 한다면

$$\psi_1 = \psi_0 + \alpha(t - t_0)$$

이다. 前記에서 液面레벨 h 를 求할 수 있다.

이 方法에 의한 測定範圍는 100~5000mm, 精度士

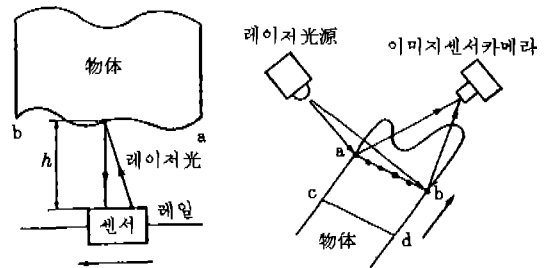
0.2~±10mm, 測定周期 0.5~2秒이며, 熔融金屬의 液面레벨測定과 호퍼레벨測定等に 使用되고 있다.

(2) 形狀測定

形狀測定에는 포로그래피가 있다. 포로그래피라고 하는 것은 光波 그 自体를 記錄하여 後에 再生하는 技術이다. 레이저光의 干渉性이 좋은점을 利用하여 物体로서 散亂된 光波의 振幅 및 位相을 함께 寫眞乾板에 記錄하고, 後에 記錄한 乾板을 레이저光으로 照射하여 먼저의 物体로부터의 光波 그 自体를 再生하여 物体의 像을 만든다. 그 應用은 數없이 생각할 수 있으나 여기서는 詳說하지 않는다.

物体形狀 測定の 하나의 方法은 距離를 連續的으로 測定하는 일이다. 그림 3은 그 例이다. 그림 3(a)는 그림 2의 投光器, 受光器를 一体構造로 한 센서를 레일위를 달리게 하는 構造이다.

靜止하고 있는 物体의 a-b端面的 形狀은 센서를 레일위로 달리게하여 距離 h 를 連續的으로 재는 것으로 測定할 수 있다.



(a) 移動式測定方法 (b) 센서固定式測定方法

〈그림-3〉 形狀測定の 例

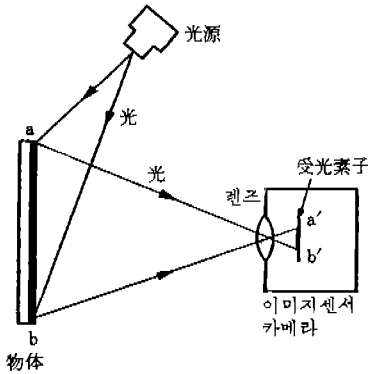
그림 3 (b)는 이미지센서를 이용한 方法이다. 레이저光源에 의해 物体上에 레이저光을 照射하고, 物体上에 생긴 光스포트를 이미지센서로 檢知하여 距離를 測定하는 것이다.

物体가 움직이고 있을 경우는 어느 時刻에 距離 ab 를 檢知하고 다음에 距離 cd 를 檢知하는 것과 같이 面的 形狀을 測定할 수 있다.

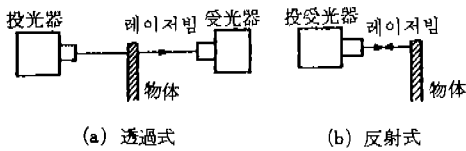
이미지센서의 方式에서는 測定距離數 m , 精度 0.01mm가 可能하다. 測定周期는 1ms가 可能하다.

이미지센서카메라는 그림 4와 같이 렌즈와 受光素子로 이루어진다. 受光素子는 直線的, 혹은 面的으로 配置되어 있다.

物体에 照射된 레이저光은 表面에서 反射한다.



〈그림-4〉 이미지센서카메라



〈그림-5〉 物体檢知方法

反射光是 렌즈를 거쳐 受光素子에 像을 만든다. 物体의 幅이 ab 이면, 그 像의 幅은 $a'b'$ 이며 그 値에 의해 ab 의 距離를 알 수 있다. 受光素子는 例로 25mm의 사이에 25 μ m의 間隔으로 1000個가 配置되어 있다.

지난號 表2의 形狀測定의 대부분은 이같은 方法에 의한 것이다.

(3) 物体檢出

이 方法에는 그림5와 같이 透過式과 反射式이 있다. 透過式은 投光器와 受光器로 이루어져 物体에 의해 受光器에의 레이저빔이 遮蔽되는 것을 利用하는 것이며, 反射式은 投受光器에 의해 레이저빔을 發射, 物体의 有無에 의해 反射液의 有無가 되므로 이를 利用하는 것이다.

이 方式에는 自然光을 사용한 것이었으나 레이저光方式의 特徵은

(1) 直進性·나카로운 指向性에 의해 대단히 작은 物体도 檢出할 수 있다. 即 檢出精度가 좋다.

(2) 날카로운 脈스性 레이저光을 利用함으로써 晝光이나 赤熱物体, 壁으로 부터의 反射等의 다른 光源에 의한 影響을 받지 않는다.

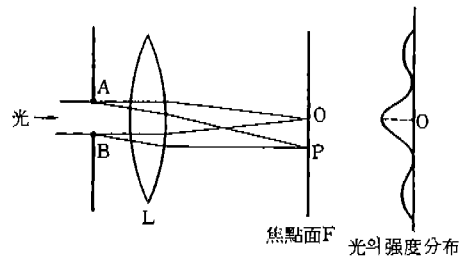
(3) 平均파워는 1mW程度도 날카로운 脈스上의 레이저光으로 하면 瞬間파워는 대단히 크게 되며, 普通光에 의한 센서보다도 연기, 먼지, 蒸氣 등에 對한 透過性은 格別히 좋다.

따라서 例로 연기나 불꽃이 있는 爐內의 物体檢出도 可能하다. 動作距離는 透過式으로 50m, 反射式으로 2m, 檢出精度는 ± 5 mm 정도이다.

(4) 檢査

여기서는 表面檢査裝置에 대해 記述한다. 表面檢査裝置라 함은 被檢査物体 (主로 金屬板等의 시이트材) 表面에 發生하는 傷處, 더러움等を 檢出하는 것이다.

原理적으로는 光의 回折現象을 利用하고 있다. 回折이라함은 빛이 折曲되는 것을 말한다. 그림6은 細隙에 의한 光의 回折을 表示한 것이다. 細隙에 AB 에 直角으로 單色이며 平行한 빛을 쬐여 凸렌즈 L 로 받는 것으로 한다. 光이 直進한다고 한다면 렌즈로 조인 光은 焦點 F 의 中心 O 에만 像을 연결하나 實際는 光은 折曲되어 P 點에도 像을 연결한다. 이같은 回折現象에 의해 焦點面의 光의 強度分布는 그림6과 같이 어느 패턴을 그린다.



〈그림-6〉 回折의 說明

物体에 레이저光을 照射, 反射光을 檢出하여, 그 強度패턴을 보면 表面의 性狀에 의해 回折狀態가 다르기 때문에 그 패턴이 달라진다. 이를 光電變換하여 電氣信號로서 드러내어 信號處理回路로 各種의 處理를 實施하여 缺陷의 發生을 檢知한다.

以上이 表面檢査裝置의 原理이다. 實用例로서 檢査幅 250mm/유닛, 라인速度 最大 720m/分, 感度 30 μ m幅의 缺陷檢出이 可能한 것이 있다.

(5) 物理量의 測定

電力系統과 鐵鋼, 石油化學플랜트內의 光應用 計測시스템의 研究開發도 實用化가 활발히 進行되고 있다.

이러한 것들은 光파이버의 高絶緣性, 安全防燥性等を 利用한 것으로서 温度, 壓力, 電壓, 電流, 速度等의 計測에 光파이버利用 센서가 利用되고 있다.

표3에 光파이버 應用計測의 原理를 表示한다. 다음에 2, 3의 例에 대해 表示한다.

〈표 3〉 광파이버應用計測의 原理

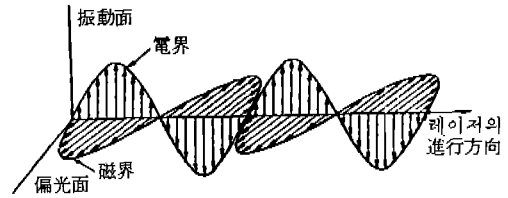
計測物理量	光의 變調	光學 現象
電流·磁界	偏 光	필러디 효과
	位 相	干涉現象(磁氣歪曲)
電壓·電界	偏 光	포켈스 효과
	位 相	干涉現象
溫 度	光 強 度	遮蔽板에 의한 光路遮斷
		半導體의 透過率變化
	螢光放射	
光強度스케르달	發熱體의 放射	
偏 光	複屈折變化	
角 速 度	位 相	서그나크 효과
速度·流速	周 波 數	도프러 효과
振 動	光 強 度	마이크로벤드損失
		遮蔽板에 의한 光路遮斷
加 速 度	다이어프램에 의한 反射	
壓 力	偏 光	強度變化
		光彈性 효과
	位 相	干涉現象(光彈性 효과)
周 波 數	도프러 효과	

(1) 도프러 효과 利用速度, 流速計: 光의 도프러 효과란 함은 靜止하고 있는 觀測者에 대해서 光源이 v 되는 速度로 移動하는 경우 觀測者에 달는 光의 周波數는,

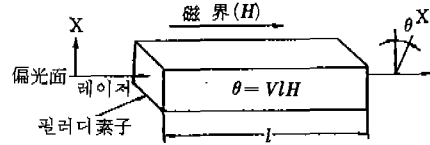
$f = f_0(1 \pm v/c)$ (接近할때+, 멀어질때-)가 되는 現象이다. c 는 眞空中의 光의 速度, f_0 는 $v=0$ 일 때의 光의 周波數이다. 따라서 移動物體에 레이저를 照射하여 그 反射光을 檢出하고 周波數를 比較함으로써 移動速度를 알 수 있다.

(2) 電流(磁界)計: 필러디 효과를 利用한 것이다. 레이저光을 電磁波의 觀點에서 보면 그림 7에 表示하는 것과 같이 進行方向으로 直角의 平面內에서 電界의 波와 磁界의 波가 振動하면서 進行하며 面씩 面은 直交하고 있다. 磁界의 振動하는 面을 偏光面, 電界의 振動하는 面을 振動面이라고 한다.

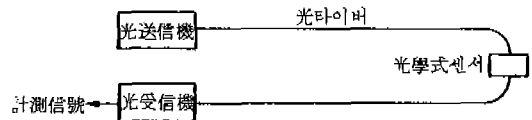
偏光面이 時間的으로 變하지 않고, 一定方向에 있는 것을 直線偏光이라고 한다. 이 直線偏光을 그림 8과 같이 磁界가 加해지고 있는 어느 種類의 誘電體(鉛유리)를 通하면 偏光面은 磁界의 強度에 比例하여 回轉한다. 그 回轉角 θ 는 $\theta = VtH$, V 는 誘電體 材料에 따라 定해지는 定數가 된다. 이것이 필



〈그림 7〉 直線偏光



〈그림 8〉 필러디 효과



〈그림 9〉 센서方式의 例

러디 효과이다.

이 θ 를 檢出함으로써 電流(磁界는 電流에 따라 發生한다)를 測定할 수 있다. 그림 9는 센서方式이다. 이 原理에 따라 레이저變流器, 携帶用電流計, 送電線의 遠距離로 부터의 電流測定 등이 可能하다. 最大의 長點은 어떠한 高電壓으로서도 絶緣對策이 不要하다는 點이다.

(3) 電壓(電界)計: 포켈 효과를 利用한다. 어느 種類의 誘電體는 그 誘電率이 印加電壓에 의해 變한다. 屈折率은 誘電率의 2乘에 比例하나 어느 種類의 誘電體는 印加電壓에 比例하여 屈折率이 變化한다. 이를 포켈스素子에 直線偏光波를 通하면 偏光의 仕方이 變하여 (印加電壓에 의한) 隨圓偏光波가 되어 빛이 나온다. 이를 強度變換하여 電壓과의 相關式에 따라 電壓을 求한다.

센서方式은 그림 9와 같다.

(6) 其他 制御

前月號에 表示한바와 같다. 날카로운 빔에 의한 機械의 位置맞추기, 레이저펄스光에 의한 空間信號 傳送 등을 利用하고 있다. 코크스爐底의 一連의 게이트·赤·코크 등의 動作確認裝置는 같은 動作을 하는 機構部의 一直線에 나란히 있는 部分에 遮光板을 부착하여 正常動作에서는 遮光物이 없고, 레이저 빔이 投光器에서 受光器까지 하나의 線으로 透過하는 것을 利用한 動作確認裝置도 있다. *