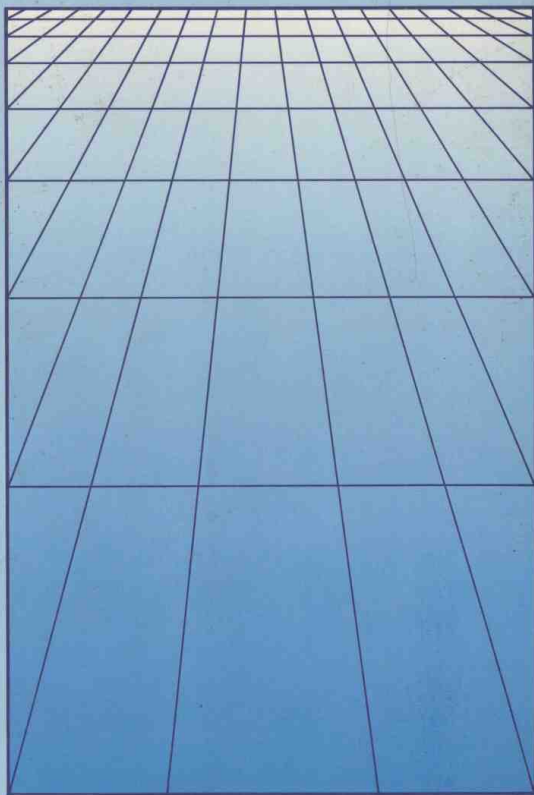


# 光電檢測系統

仲成儀器股份有限公司 編著  
編 輯 部

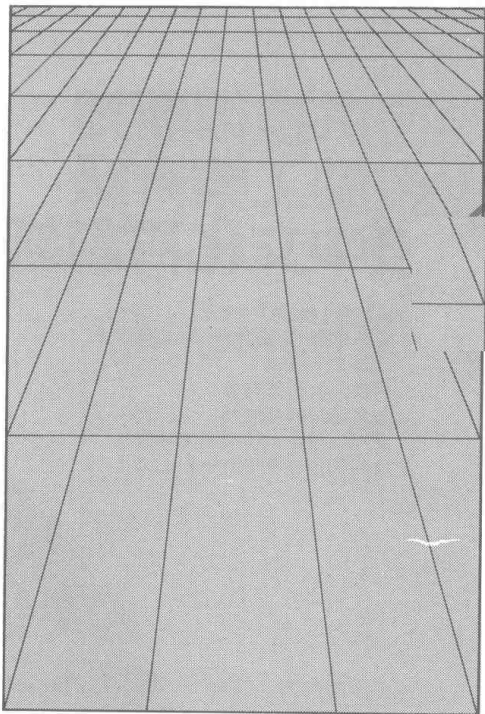


全華科技圖書股份有限公司 印行

大 專 用 書

# 光電檢測系統

仲成儀器股份有限公司 編著  
編 輯 部



全華科技圖書股份有限公司 印行

77.87  
862

我們的宗旨：

提供技術新知  
帶動工業升級  
為科技中文化再創新猷

資訊蓬勃發展的今日，  
全華本著「全是精華」的出版理念  
以專業化精神  
提供優良科技圖書  
滿足您求知的權利  
更期以精益求精的完美品質  
為科技領域更奉獻一份心力！

# 序 言

光電科技是未來甚為重要之技術，對現今技術工業將帶來革命性影響，因此近幾年來政府相當重視光電科技之發展。

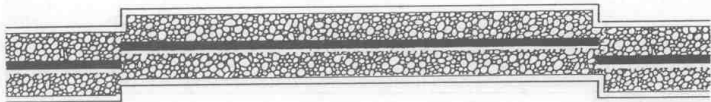
國科會光電小組統籌規劃執行國家光電計劃，進行人才養成培訓、技術合作轉移等工作，期使光電科技能在國內落地生根。仲成公司為配合推動國家光電計劃，遂於年前網羅國內光電科技人才，籌組光電開發小組，從事光電產品之研發。

“光電檢測系統”是仲成公司光電產品系列之一，其設計理念為以光學及電子學為背景、光電子學為基礎，漸次地引導讀者進入光電科技之領域。本書內容前兩章為光電元件及光電檢測之學理說明，第三章為 25 個實驗電路（標準型），俾使理論與實務均能相互印證。

本書編寫為仲成公司研發工程師與富有教學經驗之教授共同執筆，書內所提供之實驗數據及波形，均經由自動量測系統實測所得。為使本書內容達到翔實精美之目標，仲成公司投入大批人力、物力，耗費相當長之時間，始完成本書及硬體設備。然倉促付梓，疏漏之處在所難免，尚祈諸位先進不吝指正。

仲成儀器股份有限公司編輯部 謹識

# 編輯部序

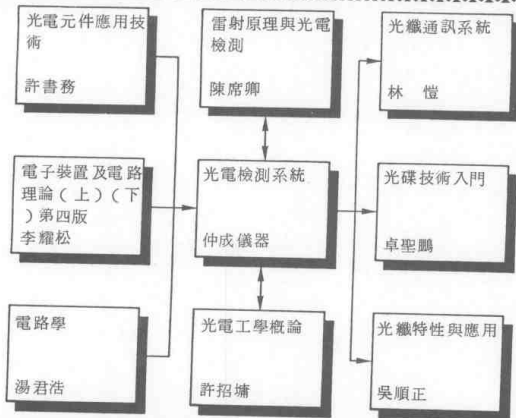


「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

仲成儀器公司為國內知名的教學儀器製造商之一，其獨立開發的產品有電力波形儀、固態機電控制實驗裝置……等，廣為各大專院校所採用。為了方便老師授課與同學學習，我們特別與仲成儀器公司合作，出版一系列配合該公司儀器之實習手冊，本書即是針對光電元件及檢測系統原理做介紹，並配合二十五個電路做實驗，俾使理論與實務能相互印證；適合大專電子、電機、光電等科系學生，配合「光電檢測系統裝置」學習使用。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習相關方面的叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

# 流 程 圖



# 目 錄

|                          |          |
|--------------------------|----------|
| <b>第一章 緒 論</b>           | <b>1</b> |
| 1-1 前 言                  | 1        |
| 1-2 光電科技概論               | 2        |
| 1-2-1 傳統光學               | 2        |
| 1-2-2 雷射光學               | 2        |
| 1-2-3 光電子學               | 3        |
| 1-2-4 纖維光學               | 5        |
| 1-2-5 電子光學               | 5        |
| 1-3 光電科技的應用              | 6        |
| <b>第二章 光電裝置及檢測系統原理介紹</b> | <b>9</b> |
| 2-1 光電裝置                 | 9        |
| 2-1-1 光 源                | 9        |
| 2-1-2 光檢測裝置              | 11       |
| 2-2 光電元件                 | 23       |
| 2-2-1 光電感測器和發射器          | 23       |
| 2-2-2 光遮斷器／光反射器模組        | 25       |

|       |            |    |
|-------|------------|----|
| 2-2-3 | 光耦合器       | 26 |
| 2-3   | 光 纖        | 27 |
| 2-3-1 | 光纖導光原理     | 28 |
| 2-3-2 | 光纖的結構      | 30 |
| 2-3-3 | 光纖的耦合損失    | 33 |
| 2-4   | 光電檢測系統     | 36 |
| 2-4-1 | 光的傳輸函數     | 37 |
| 2-4-2 | 光輻射通量耦合    | 38 |
| 2-4-3 | 透 鏡        | 41 |
| 2-4-4 | 反射物及透鏡反射耦合 | 45 |

### 第三章 光電檢測實驗裝置 49

|       |                                      |    |
|-------|--------------------------------------|----|
| 3-1   | 實驗裝置主機 ( 編號 : PI-6A-01 )             | 49 |
| 3-1-1 | 電源供應器                                | 50 |
| 3-1-2 | 控制面板                                 | 51 |
| 3-1-3 | 模組板插槽                                | 51 |
| 3-1-4 | 直流馬達組                                | 52 |
| 3-2   | 電路示教板模組                              | 52 |
| 3-2-1 | 光信號調變檢測模組板 ( 編號 : PI-6A-02 )         | 53 |
| 3-2-2 | 光電式數位邏輯及線性耦合模組板 ( 編號 :<br>PI-6A-03 ) | 53 |
| 3-2-3 | 光電式振盪電路模組板 ( 編號 : PI-6A-04 )         | 55 |
| 3-2-4 | 光學固態繼電器及馬達感測應用模組板 ( 編號 : PI-6A-05 )  | 55 |
| 3-2-5 | 隔離式信號檢出及相位控制電路模組板                    |    |



|       |                               |     |
|-------|-------------------------------|-----|
|       | (編號：PI-6A-06)                 | 56  |
| 3-2-6 | 光電信號傳輸實驗模組板(編號：PI-6A-09)      | 57  |
| 3-2-7 | 斬波放大及光反射感測電路模組板(編號：PI-6A-10)  | 59  |
| 3-2-8 | 脈衝式電源與光感測應用電路模組板(編號：PI-6A-11) | 59  |
| 實驗一   | LED電氣特性量測及直流驅動電路              | 60  |
| 實驗二   | LED光信號調變電路(一)                 | 67  |
| 實驗三   | LED光信號調變電路(二)                 | 73  |
| 實驗四   | 光二極體檢測電路                      | 79  |
| 實驗五   | 光電晶體檢測電路                      | 86  |
| 實驗六   | 光信號同步檢測電路                     | 93  |
| 實驗七   | 光耦合器 CTR (電流轉換比) 值量測          | 103 |
| 實驗八   | 光耦合邏輯電路                       | 113 |
| 實驗九   | 類比信號線性耦合放大電路                  | 124 |
| 實驗十   | 光耦合多諧振盪電路                     | 130 |
| 實驗十一  | 光耦合脈波寬度調變電路                   | 135 |
| 實驗十二  | 光回授自激振盪電路                     | 141 |
| 實驗十三  | 直流式光學固態繼電器                    | 147 |
| 實驗十四  | 交流式光學固態繼電器                    | 153 |
| 實驗十五  | 直流馬達轉向及轉速偵檢電路                 | 160 |
| 實驗十六  | 交流信號檢出控制電路                    | 170 |
| 實驗十七  | 光隔離式線性相位控制電路                  | 177 |
| 實驗十八  | 光隔離式交流相位控制電路                  | 187 |

|          |                |     |
|----------|----------------|-----|
| 實驗十九     | 光纖類比信號傳輸電路     | 194 |
| 實驗二十     | 光耦合雙工資訊傳輸電路    | 203 |
| 實驗二十一    | 斬波放大器          | 211 |
| 實驗二十二    | 光反射量測實驗        | 217 |
| 實驗二十三    | 雷射二極體脈衝式電源供應電路 | 224 |
| 實驗二十四    | 物品缺件模擬及檢出電路    | 229 |
| 實驗二十五    | 顏色檢知電路         | 238 |
| 附圖 1 ~ 8 |                | 245 |

# 第一章

## 緒 論

### 1-1 前 言

近幾年來光電科技深受政府的重視，並將之列為重點發展項目積極推動。在此浪潮之下，本公司特別推出適合大專及高工學生實習用之“光電檢測實驗裝置”整合式實驗教學訓練器材。配合學理的探討，期使一般工科學生都能循序踏入光電科技的領域。

本書共分三章，第一章之 1-2 和 1-3 節將概略性介紹光電科技及其應用。第二章介紹光電元件和光電系統。第三章前半段對“光電檢測實驗裝置”作一完整性的介紹；後半段包括二十五個實驗題材，主要內容有原理說明和實驗步驟。原理說明部份可使讀者更加瞭解光電元件特性及其在系統中的應用；實驗步驟配合教學器材，一步步引導學生去探討學理。

## 1-2 光電科技概論

光電科技是以光學和電子學為基礎的科學。將傳統光學、近代光學、電子和機械等結合在一起，應用到各種領域。主要包括五種：①傳統光學，②雷射光學，③光電子學，④纖維光學，⑤電子光學。

### 1-2-1 傳統光學

傳統光學依其分工的關連性，可分成上游、中游、下游三個層次。上游主要包括光學玻璃或塑膠玻璃材料（胚片）。中游包括光學研磨、射出成形、鍍膜。下游則是光學系統的組合，包括低端的眼鏡、放大鏡，及高端的照像機、顯微鏡、望遠鏡等。低端的光學系統較無技術性可言，但高端的光學系統則涉及多種不同的光學元件組合，所以系統設計技術對產品之特性有絕大的影響。

### 1-2-2 雷射光學

雷射（laser）的英文全名為 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation，其本意為激發放射以達到光的放大。而今日的雷射已被當作可產生同調性很高的發光裝置。

雷射和其他光源不同的是，由外加能量加於雷射介質中（此過程稱作激發），使其介質中之原子的電子能階提升到相同能階的軌道上，然後各電子同時一起掉到較低能階的軌道而放出雷射光，如圖 1-1 所示。因為各電子掉了同樣的能階，所以放出的光子具有相同的能量，也就是說具有相同波長的單色光（monochromatic light）。此外，由於每一電子從高能階掉到低能階的時機都一樣，因出放射出來之光的波峯和波峯及波谷和波谷間都排列得整齊一致，就因此互相加強之故，才能放射出很強的同調光。

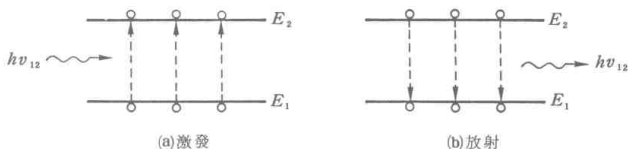


圖 1-1 雷射光之激發放射過程

依據使用的雷射介質，可將雷射分成：

- (1) 氣體雷射：如氦氖（He-Ne）雷射、氬（Ar）雷射、二氧化碳（CO<sub>2</sub>）雷射。
- (2) 固體雷射：如紅寶石雷射、玻璃雷射、YAG 雷射。
- (3) 液體雷射：如染料雷射。
- (4) 半導體雷射：如 SH 雷射（single-heterostructure laser）、DH 雷射（double-heterostructure laser）。

## 1-2-3 光電子學

光電子學主要探討對象包括發光二極體、光檢測器和液晶顯示等。

### 1. 發光二極體

在半導體中只要加入微量的特定物質（雜質）即成為導體。由於加入之材質的不同，可分成 n 型半導體和 p 型半導體兩種。在 n 型半導體中，有許多帶負電的游離電子；在 p 型半導體中，則留有許多電洞。若將這兩種半導體黏接在一起，即形成 pn 接面之二極體。在這種接面中，若電流由 p 型流向 n 型時，在接面處之電子和電洞將相結合而發光，這就是發光二極體。此種在接面處自然發光現象最早由 Lossew 在 1923 年發現。

一些適合做 LED 的材料及其發光波長如表 1-1 所示。

表 1-1

| 材 質                                | 帶隙能 ( eV ) | 發光波長 ( nm ) |
|------------------------------------|------------|-------------|
| Ge                                 | 0.66       | 1880        |
| Si                                 | 1.09       | 1140        |
| GaAs                               | 1.43       | 910         |
| GaP                                | 2.24       | 560         |
| GaAs <sub>60</sub> P <sub>40</sub> | 1.91       | 650         |
| AlS <sub>b</sub>                   | 1.60       | 775         |
| I <sub>n</sub> S <sub>b</sub>      | 0.18       | 6900        |
| SiC                                | 2.2 ~ 3.0  | 563 ~ 413   |

## 2. 光檢測器

光檢測器是將光訊號轉換成電訊號的裝置。有光二極體和光電晶體兩種。光二極體又可分為 PIN 光二極體、崩潰光二極體 (avalanche photodiode)、蕭特基光二極體 (Schottky photodiode)。PIN 光二極體是在 PN 接面處加入一層數十微米厚的本質層 (intrinsic layer)，以提高二極體之量子效率和頻率響應。崩潰光二極體除了具有光信號檢測功能外，因其內部有載體 (carrier) 累崩倍增的作用，而有電訊放大的效果。蕭特基光二極體是由金屬半導體接面製成的發光二極體，適合在紫外光至可見光之範圍內使用。光電晶體是一種將光檢測與電流放大同時做在一起的光感測裝置。

## 3. 液晶顯示器 (liquid crystal display : LCD)

液晶物質早於 1884 年就由奧地利科學家賴尼查所發現，但直到 1960 年代以後才漸受重視。LCD 的種類很多，在工業上較常使用的有動態散射型 (dynamic scattering modes) 和電場效應型 (field effect modes) 兩種。

## 1-2-4 纖維光學

光纖是一種可以傳送光線而外形細微的圓形纖維。依其內部結構可分為級射率光纖 (step index fiber) 和斜射率光纖 (graded index fiber)。光在這兩種光纖中行進的路徑 (稱作模) 有許多, 因此統稱之為多模光纖 (multi-mode fiber)。另外一種光纖, 光在其內的行進路徑因受核心層很細的限制而只有一條, 因此稱為單模光纖 (single mode fiber)。在多模光纖中, 不同波長的光會沿著不同的反射路徑行進。若光沿著反射次數較多的路徑行進時, 其到達目標 (接收端) 的時間會較晚。因此射入多模光纖中的光 (不同波長) 在到達光纖之另一端上就有先後之分, 這就限制了通訊信號之最高頻率。一般而言, 斜射率光纖可傳送的信號頻率範圍比級射率光纖大十倍以上。若使用單模光纖, 光的行進路徑只有一條, 故不會有傳送速度不同的現象, 因此單模光纖的頻帶寬很大。

光纖依其材質不同可分成玻璃光纖和塑膠光纖。玻璃光纖透光性強, 適合長距離通訊。塑膠光纖透光率低, 不適合長距離之光信號傳送 (大都使用在 100 公尺以內)。但其價格低, 使用容易, 故很適合短距離之大量資訊傳送。

## 1-2-5 電子光學

電子光學如電視機之影像管 (CRT) 和電子顯微鏡等。電視影像管是藉著電場或磁場掃描, 將外面送入的影像信號 (灰度信號) 投射在布朗管之螢幕上發光顯影。電子顯微鏡則利用電磁場將影像放大。

## 1-3 光電科技的應用

光電科技應用範圍十分廣泛，除了本身可做基礎的科學研究外，更與資訊、通訊、醫學、土木工程、工業、能源、國防等方面都有密切的關係。分別說明如下。

### 1. 資訊方面的應用

光學與資訊之關係主要在電腦之輸入和輸出部份。輸入部份如光筆、全像掃描機、光學閱讀機、光碟等。輸出部份如雷射印表機。另外還有電腦與電腦間的光纖網路，更大大地提高了資訊的傳送容量和速度。

### 2. 通訊方面的應用

由於半導體雷射技術的更新，配合光纖製作技術的突破，光纖通訊已漸漸地取代傳統的電纜通訊。所謂光纖通訊，就是在光纖的一端輸入由信號產生明暗對應的光，然後在光纖的另一端接收此光信號後再轉變成原來的電信號。在光纖通訊系統中，所使用的光電元件有雷射或發光二極體、光纜 (optical cable)、光連接器 (optical connector)、光開關 (optical switch)、分光器 (beamsplitter)、光轉發器 (optical repeater)、光分波器與合波器 (optical multiplexer and demultiplexer)、光檢測器等。其中，雷射或發光二極體是光通訊系統之光源，光纖為其導光元件；光連接器是用來連接光纖與光纖，或光纖與其他裝置的元件；光開關是用來轉換光之通行路徑的元件；分光器是用來將光束分成二束或數束的裝置；光轉發器用來接收光訊，加以重新塑形、放大，然後再傳送的光電元件；光分波器與光合波器是用來將各種不同波長的光分開或混合在一起的光電元件；光檢測器是用來將光訊轉換成電訊的光電元件。

使用光纖通訊有如下優點：(1)可長距離通訊不需加轉發器，(2)光纜輕且容



量大，(3)不受外來的電磁干擾，(4)通信頻帶寬廣，(5)可靠度高、保密性良好。

### 3. 醫療方面的應用

光電科技在醫療方面的應用有光纖和雷射兩種。把許多細小的光纖紮成一束，如圖 1-2，便可由一端將影像傳送至另一端，以方便外科醫生對人體內部深處之小塊區域作檢查和動手術。此種以光纖做成的醫療器材有胃內視鏡、尿管檢視鏡等。雷射在醫療方面的應用更廣，凡是與手術有關的科別都可利用雷射刀和雷射止血器等光電器材來執行。

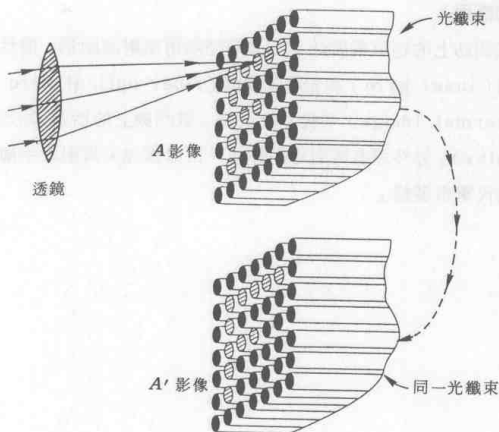


圖 1-2 可傳送影像之光纖束

### 4. 土木工程方面的應用

雷射光可做土木工程之量測應用，如雷射描準儀可作為整地工程之水平參考或隧道工程之定向。