

1. 光學影像之基礎建立

Lecturer: Dr. L. C. Chen (陳亮嘉)

Reference Sources:

1. NTU Precision Metrology Lab, Prof. K.C. Fan's lecturing notes, 自動化光學二維檢測技術.
2. Camera Interface Guide, Matrox Imaging Tutorial.
3. Optical system design, R. Fisher.
4. Nowa company website, Taiwan
<http://www.nowa.com.tw/fram/productfram.htm>.
5. NTU, Master's thesis, Liu T. H.

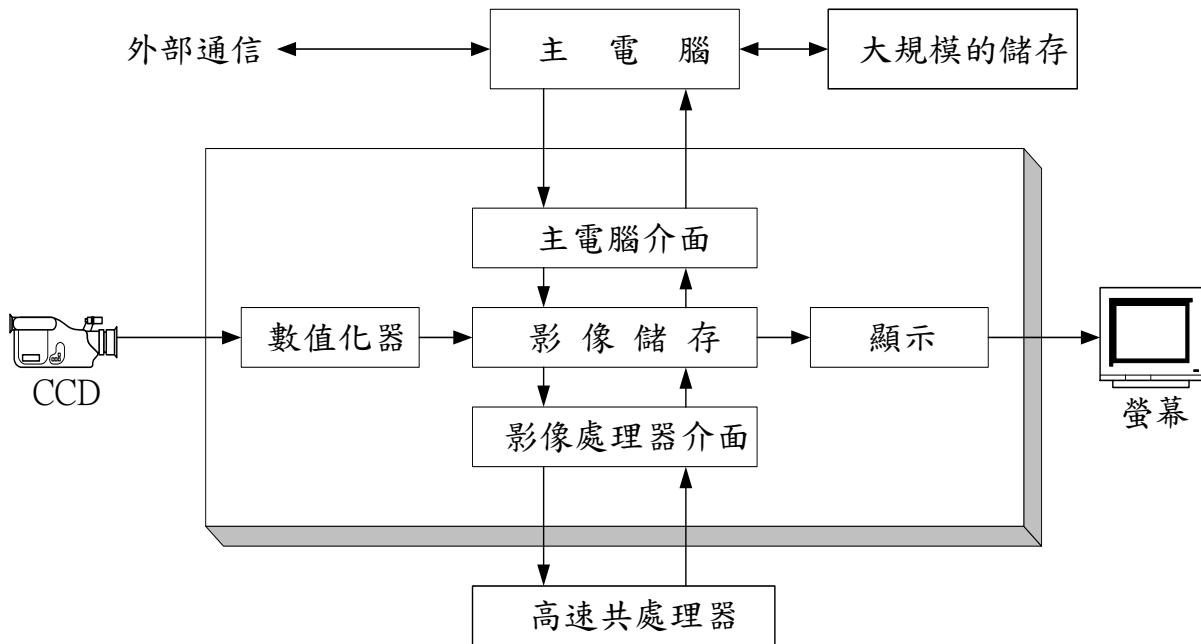


CCD攝影機、鏡頭、光源之選擇及光學系統分析

• 影像基本單位(Pixel)

影像數位化後，所得到的影像資料乃是一個一個『像素』(Pixel)所組成的，每個像素都有特定的座標，且相對應於物體上的一個點。每個像素的值，一般稱作『灰度值』(Gray Level)，其值由所對應物體的亮度來決定，灰度值愈大，表示亮度愈高。如果每個像素的灰度值由8位元來表示，則亮度變化區間介於0至255間。

數位影像處理系統：



Precision Metrology Lab.

AOI Lab

各式 CCD 攝影機：



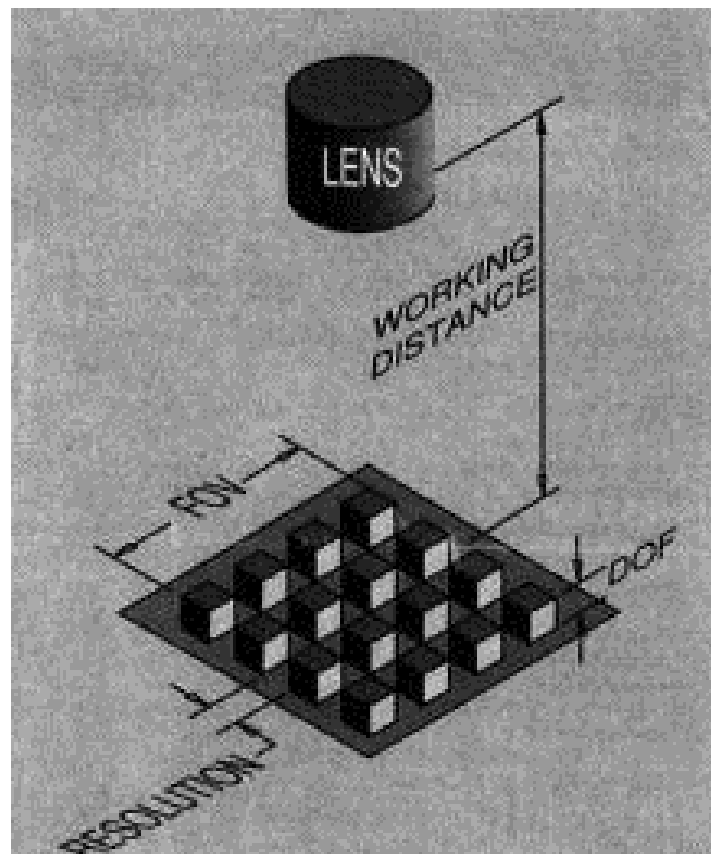
CCD攝影機各部參數定義：

1. 感光元件大小(Sensor Size)：
2. 主要放大倍率(PMAG)：
3. 系統放大倍率：
4. 解析度：
5. Linepairs per millimeter(Ip/mm)：
6. Pixel Count：
7. F-NUMBER(f/#)：
8. DEPTH OF FIELD：

• CCD攝影機參數介紹



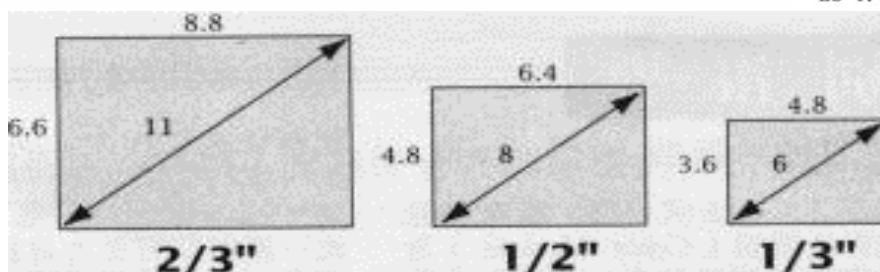
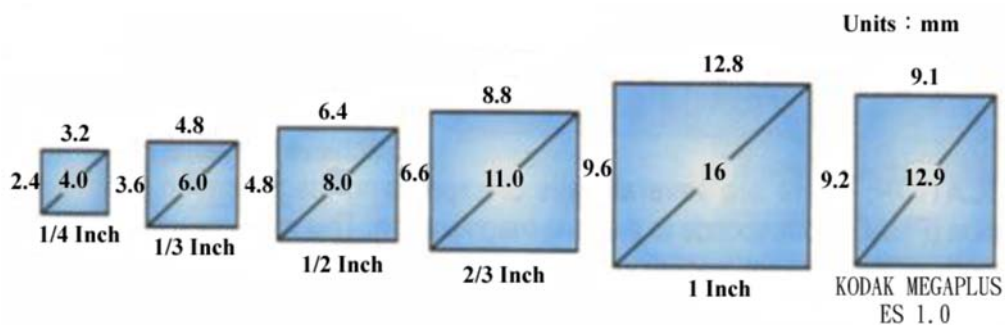
CCD與影像視野參數關係圖



Sources from <http://www.nowa.com.tw/fram/productfram.htm>

CCD攝影機、鏡頭、光源之選擇及光學系統分析

CCD Size：攝影機感光元件有效面積尺寸，通常以水平大小表示，這個參數在決定放大倍率所得的FOV是重要的，注意大部分類比式攝影機有4:3(H:V)的比例(aspect ratio)。



鏡頭光學倍率 and FOV

$$\text{Actual field of view(mm)} = \frac{\text{CCD camera device size(vertical} \times \text{horizontal)}}{\text{Optical magnification}}$$

Ex: 假如使用1/2 CCD攝影機，搭配1X鏡頭，取FOV=4.8mm×6.4mm，若改為4X鏡頭，則FOV縮小為1.2mm×1.6mm。

通常放大倍率應該由 **主要光學放大倍** × **Monitor放大倍率** 得來，主要光學放大倍率就是鏡頭放大倍率決定，Monitor放大倍率是由Monitor對角線和CCD Sensor對角線比例大小決定。

鏡頭光學倍率 and FOV

Total Magnification

CCD Sensor 及鏡頭倍率對照表

Magnification	2/3" FOV	14" Monitor	1/2	FOV	14" Monitor	1/3	FOV	14" Monitor
× 0.14	47×62×78	4.5	34×45×57	6.2	25×34×42	8.3		
× 0.16	41×55×68	5.1	30×40×50	7.1	22×30×37	9.4		
× 0.18	36×49×61	5.8	26×35×44	8	20×27×33	10.6		
× 0.2	33×44×55	6.4	24×32×40	8.9	18×24×30	11.8		
× 0.3	22×29×36	9.7	16×21×26	13.3	12×16×20	17.8		
× 0.5	13×17×22	16.2	9×12×16	22.3	7.2×9.6×12	29.6		
× 0.75	8.8×11.7×14.6	24.2	6.4×8.5×10.6	33.3	4.8×6.4×8	44.4		
× 0.8	8×11×13	25.8	6×8×10	35.6	4.5×6×7.5	47.4		
× 1	6.6×8.8×11	32.3	4.8×6.4×8	44.5	3.6×4.8×6	59.3		
× 2	3.3×4.4×5.5	64.6	2.4×3.2×4	89	1.8×2.4×3	118.6		
× 4	1.65×2.2×2.75	129	1.2×1.6×2	178	0.9×1.2×1.5	237.2		
× 4.5	1.46×1.95×2.44	161	1×1.4×1.7	200	0.8×1.06×1.33	266.8		
× 6	1.1×1.47×1.83	194	0.8×1.06×1.33	267	0.6×0.8×1	355.8		
× 8	0.82×1.1×1.37	258	0.6×0.8×1	356	0.45×0.6×0.75	474.4		
× 10	0.66×0.88×1.1	323	0.48×0.64×0.8	445	0.36×0.48×0.6	593		
× 12	0.55×0.73×0.91	388	0.4×0.53×0.66	534	0.3×0.4×0.5	711.6		

採購CCD攝影機之參考依據：

1. 矩陣大小或空間解析度(Array size)

水平向或垂直縱向的感測像素。(例如，768x494或1024x1024等)。通常，有效像素愈多，代表空間解析度愈好，亦或者可取得較大的視野範圍(F.O.V.)。

2 像素大小(Pixel size) or 感光元件大小

指個別感測像素的實際大小尺寸(長x寬)，都以 μm 為計量單位。像素愈大，則所需曝光成像時間較短，但會犧牲空間解析度。反之，像素愈小，則需較久的曝光成像時間，成像之後的影像解析度，則較好。

3. 最低照度或靈敏度(Sensitivity)

能讓CCD內部感測元件偵測到並產生訊號的外在光源強度大小，一般用“lux”(照度)或“photons/cm²/sec”為計量單位。

Sources from <http://www.nowa.com.tw/fram/productfram.htm>

採購CCD攝影機之參考依據：(續)

4. 暗電流(Dark noise)

在某特定工作溫度的條件下，遮蔽CCD的感測器，使其避免任何光源的照射或感光，而經由感測元件本身產生的電荷數。雜訊值大小，以特定溫度，每秒產生的電荷數(electrons)為主要單位。

5. 輸出雜訊(Readout noise)

CCD正常工作時，除真正有效的輸出訊號之外，因其它因素造成而隨之輸出的電荷數，皆稱之。

6. 輸出速度(Readout speed)

個別CCD攝影機送/輸出像素的速度，大多以像素(pixels)/每秒表示之。



採購CCD攝影機之參考依據：(續)

7. 量子效益(Quantum efficiency)

直接進入或投射在感測元件的光子總數(photons)，與被感測器換成電荷數的比率(fraction)，通常用百分比(%)來代表。

8. 電位井容量(Full-well capacity)

每個圖素(pixel)所能容納的電荷(electrons)總數量。數目愈多，表示成像之後，影像的動態範圍(dynamic range)愈大，亦即更能表現影像上，任何些微明暗度的變化。

9. 動態範圍(dynamic range)

單一影像上，所能表現亮度變化的最大範圍與程度。一般而言，在CCD產品的規格上，大都以 **S/N** 值來代表。(以電位井最大容量的電荷總數，除以雜訊的電荷數)

Sources from <http://www.nowa.com.tw/fram/productfram.htm>

採購CCD攝影機之參考依據：(續)

10. 類比數位化(Analog Verse Digital)

CCD攝影機輸出影像訊號的格式。屬於早期所制定的標準型的CCD，多採用類比訊號。各廠商，則陸續推出內建類比轉數位(ADC)電路的數位化攝影機。類似的攝影機所能提供的影像灰階度或層次，則取決於A/D轉換電路的位元數。譬如，8位元攝影機，可提供 $2^8=256$ 灰階影像輸出，而10位元，則代表 $2^{10}=1024$ 灰階度表現力，依此類推。

11. 頻譜特性(Spectral characteristics)

CCD感測器或元件，對外界光源，不同波長或頻譜的光的響應係數 (responsibility) 或感應強度。一般常見的攝影機的最佳頻譜特性，多半座落於可見光範圍，即 **400~800 或900nm**。

Sources from <http://www.nowa.com.tw/fram/productfram.htm>

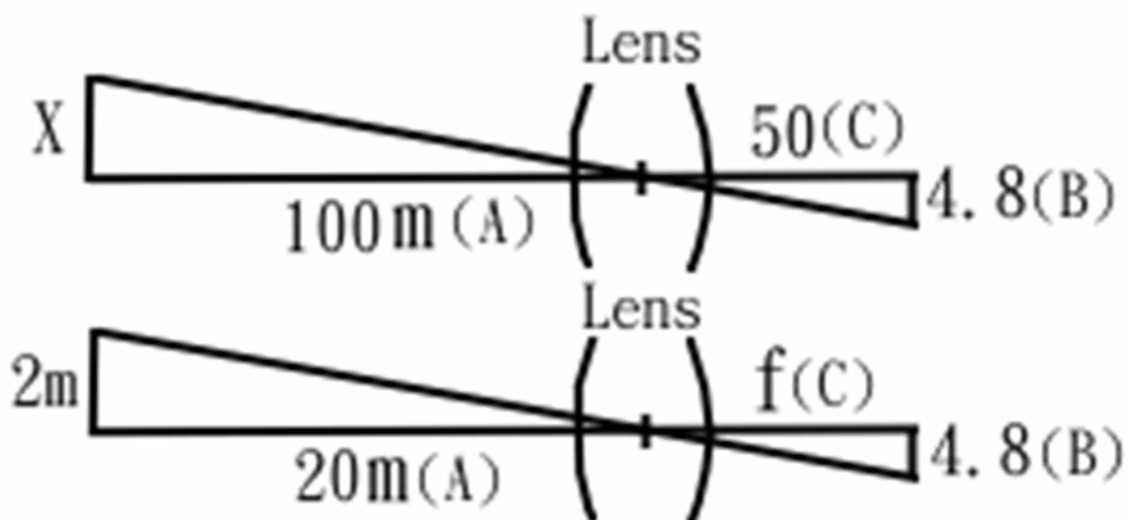
影響影像品質相關參數與元件關係

影響影像品質主要參數	影響這個參數的元件
Resolution: 解析度是一種影像系統能重新產生詳細影像能力的量測	• 鏡頭 • 螢幕 • 攝影機 • 影像擷取卡
Contrast: 影像中物體和背景的陰影灰階比較(對比強烈與否)	• 鏡頭 • 照明 • 攝影機
Depth of Field (DOF): 物體能看清楚的最近和最遠的相差距離, 有時稱為焦距深度	• 鏡頭的光圈值
Distortion: 失真是影像在鏡頭放大中, 在不同點位置造成差異的光學誤差	• 鏡頭
Perspective Errors: 也叫視差, 這是傳統鏡頭在不同距離會有放大倍率改變的現象, 較近物體比較遠物體產生較大投射誤差。Telecentric 鏡頭已作光學校正, 避免此問題	• 鏡頭

Precision Metrology Lab.

AOI Lab

如何計算觀測範圍《F.O.V.》



面掃瞄影像感測器

- 面掃瞄影像感測器(Area Scan Imager)擷取整張二維(2-Dimensional)影像資訊。
- 面掃瞄影像感測(亦稱之為面陣列，矩陣或漸進式面掃瞄)是現今市場上，工業用影像/視覺技術及應用的主要產品。
- 面掃瞄影像技術是採用二維矩陣圖素(pixel)，經由一次曝光時間內，擷取整個影像資訊，而不需要移動圖素或感測器。

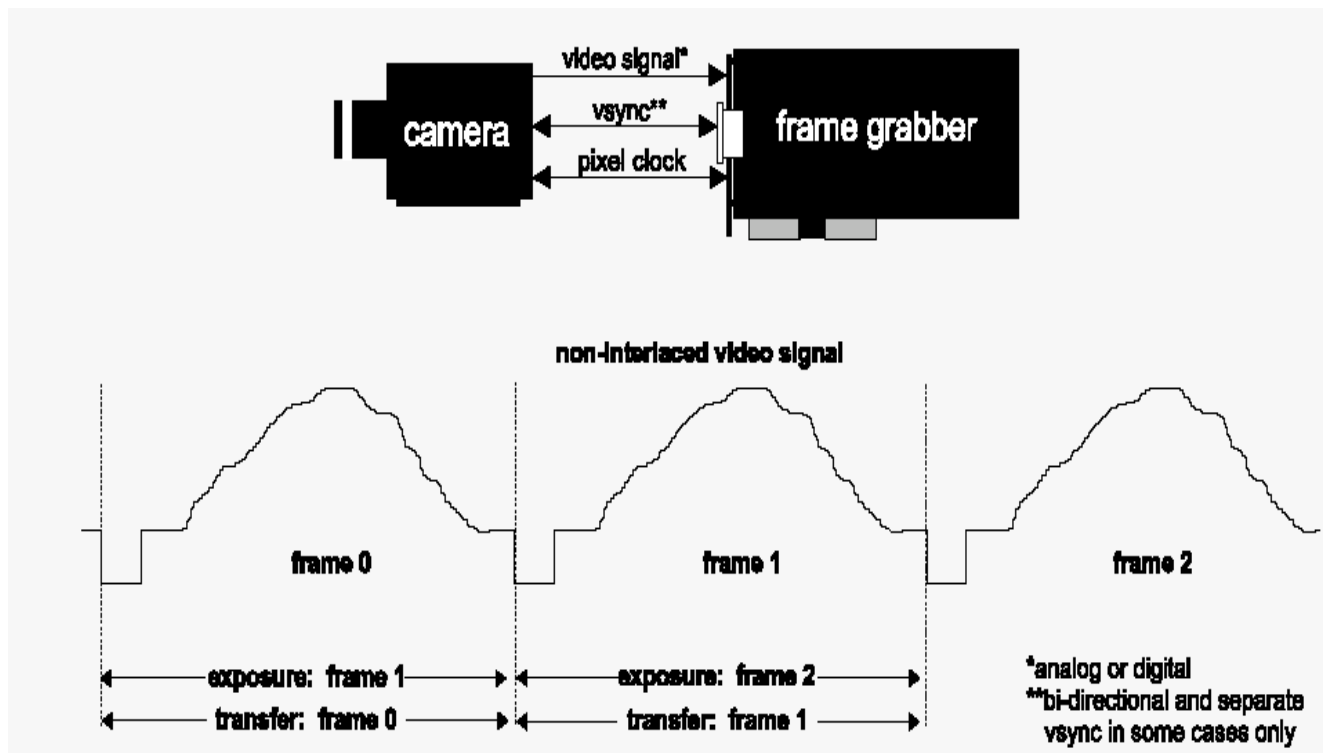
Sources from <http://www.nowa.com.tw/fram/productfram.htm>

MODES OF OPERATION

- Cameras can typically be operated in one of several different modes.
- For area scan cameras, these modes include **continuous, pseudo-continuous, trigger, asynchronous reset, control and long exposure (integration).**
- Line scan cameras may be operated in **fixed line scan rate, variable line scan rate mode** and a **combination** of the two: variable line scan rate and triggered mode.



AOI Lab **Continuous mode:** the camera continuously outputs images at a fixed frame rate, usually 30 frames per second (60 fields per second) or 25 frames per second (50 fields per second)



AOI Lab

Pseudo-continuous mode:

The camera continuously outputs images at a frame rate that is determined by **the exposure time** and **the frame transfer time**.

Trigger mode:

The camera continuously outputs images at a fixed frame rate as in continuous mode, however, an **external trigger signal** is provided to the frame grabber.

Asynchronous reset mode:

Either an external trigger signal is provided to the frame grabber or the frame grabber has an internal trigger which can be periodic or aperiodic (software controlled).

CCTV鏡頭 (Closed Circuit Television Lenses)

CCTV 一直被廣泛且大量地使用於影像處理/視覺檢測相關應用場合之主要原因，除製造商量產後，取得容易外，最主要的因素還是價位便宜。一般常見的視覺檢測系統，除牽涉需求高幾何精度之尺寸量測外，其它如特徵或外觀判別，色彩分辨或表面瑕疵...等應用，選用CCTV鏡頭來搭配特定CCD使用於機器視覺系統，確實有其方便性與達到最大效益之目的。



Sources from <http://www.nowa.com.tw/fram/productfram.htm>



CCD攝影機、鏡頭、光源之選擇及光學系統分析

• 光源種類

1. 鹵素燈(Halogen)：或簡稱“冷光源”(Cold Light)，如Moritex's MHF系列
2. 高週波螢光燈(Fluorescent)：京都電機LSE-R80/92，LSG系列
3. LED燈源：如Moritex's或京都電機。其具有各種不同顏色之光源可供選擇。
4. 金屬燈泡(Metal Halid)或氙燈(Xenon)：京都電機KFS，Flash Scope
5. 雷射光源(Laser)：Lasris的結構光源

CCD攝影機、鏡頭、光源之選擇及光學系統分析

• 光源種類

白熱光源--宇宙間的天體，如太陽、恆星。

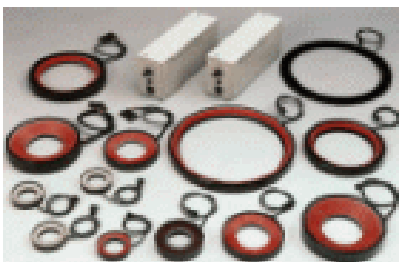
冷光源--指螢火蟲體內把以前所吸收而儲存的光放射出來，是一種偏綠的可視光，且不附帶熱能，故稱為冷光源或特殊光。

雷射光源--雷射光(Laser)是光量子放大之意，它是現代科技產物。

其他--由於電流、化學、分子撞擊、氣體急劇凝縮等現象均能發出光源。

AOI Lab

• 光源種類



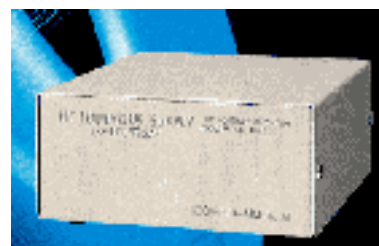
LED光源環形光



Halogen光源產生器



螢光燈管



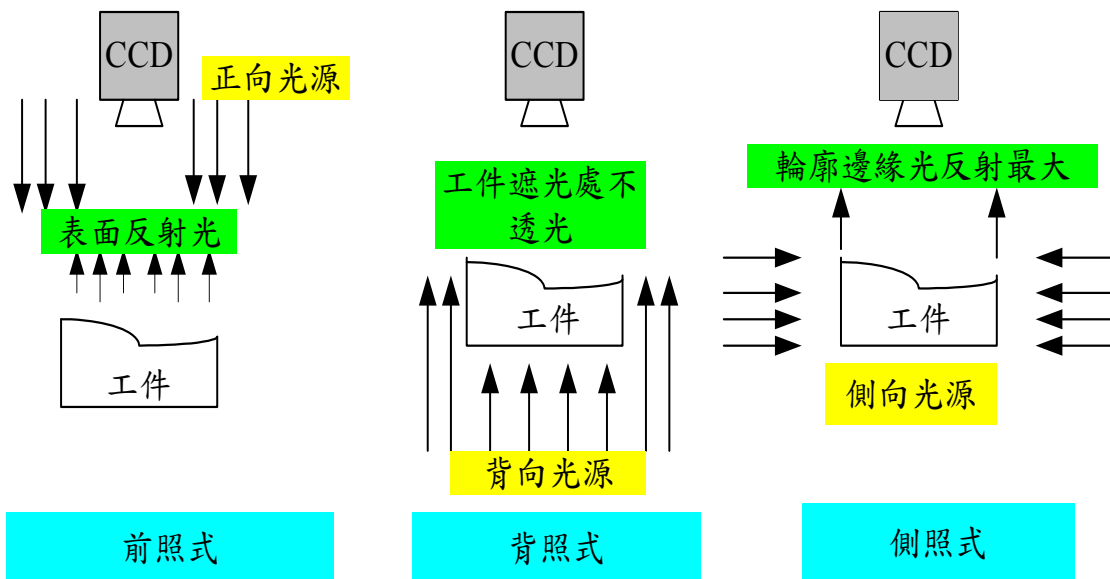
高週波螢光燈專用之電源供應器

• 光源類別與其品質特性

光源類別	功率	效能	品質	壽命	穩定性	價位
鹵素 Halogen	150W	Poor(8%)	Good	Fair/poor 50hr	Excellent	Low/Med
Fluorescent	50W	Good	Fair	3,000hr	Fair	Low
Metal Halid	150-1000W	Good	Good	10,000hr	Fair	High
Xenon	150-500W	Fair	Excellent	Fair	Good	Highest
LED	1-5W	Good	Good	100,000hr	Fair	Med
Laser	5-50mW	Good	Fair	50,000hr	Fair	High

(Note: Metal Halide: 金屬鹵化物; Xenon: Xe) 氙

照明系統的一般投射方式



光源的架設主要在突顯檢測的特徵，常用的光源架設方式如下：

◆前照式(Front Illumination)

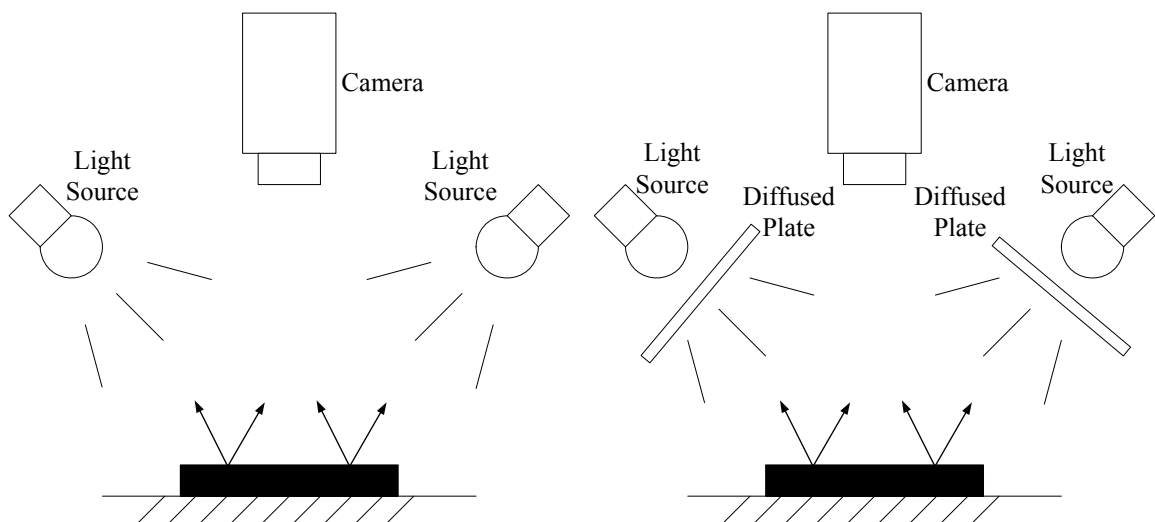
- 直向型前光源(Directional Front Lighting)
- 擴散型前光源(Diffuse Front Lighting)
- 環形前光源(Ring Front Lighting)
- 低角度前光源(Oblique Front Lighting)
- 同軸前光源(Coaxial Front Lighting)

◆背照式(Back Illumination)

- 直向型背光源(Direction Back Lighting)
- 擴散式背光源(Diffuse Back Lighting)

Precision Metrology Lab.

光源架設(前照式)

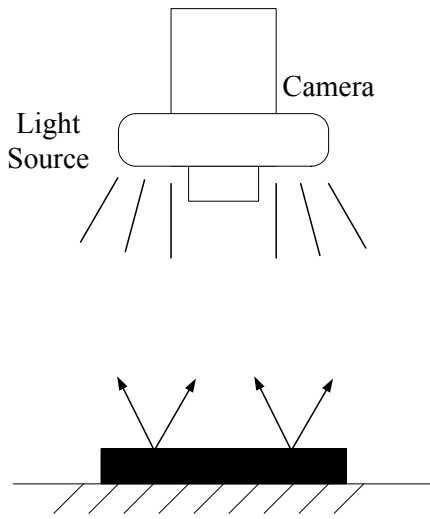


直向型前光源

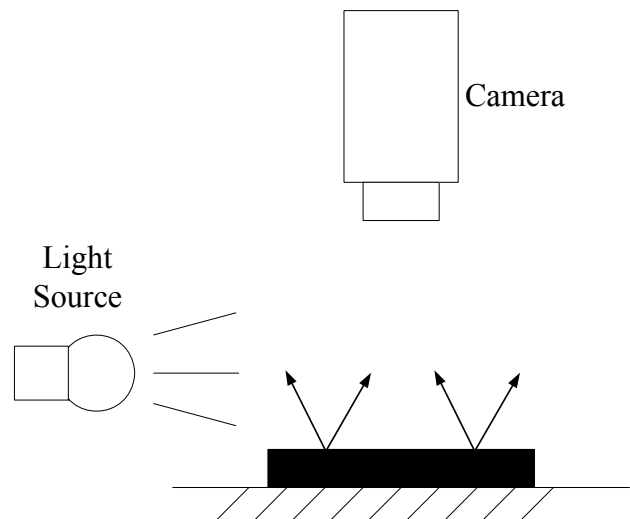
擴散型前光源

Precision Metrology Lab.

光源架設(前照式)

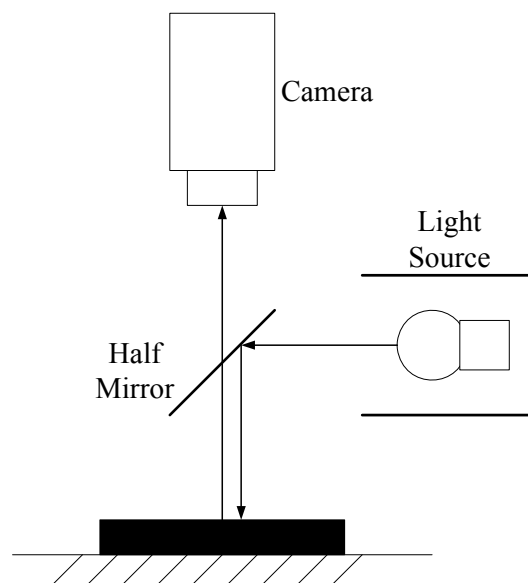


環形前光源



低角度前光源

光源架設(前照式)



同軸前光源



光源依結構形式不同時之應用範圍

光源形式	使用方式	應用
條狀光源	以LED或雷射光源創造線狀光源投射於物體表面，一般配合高解析度之一維線型 CCD (Line Scan CCD) 檢驗白胚布、膠片、銅板(Web Materials)。	白胚布、膠片、銅板 (Web Materials)
低角度光源	光源 (LED) 以接近水平於桌面的方式安置，以強化物件的邊緣及物件表面之瑕疵。	邊緣檢測、金屬表面檢測、BGA錫球位置檢測等。
傳統光源	傳統光源基本上已接近垂直於桌面的方式安置，使得光源亮度集中於照明區域的中心。	印刷字體的檢驗、印刷電路板上零件之檢測等。
背光照明	光源由物件之背面投射，使得物體成像於CCD時呈現高對比的剪影(Silhouette)效果，主要用於物體尺寸量測及輪廓辨識。	物體尺寸量測及輪廓辨識

Precision Metrology Lab.



光源依結構形式不同時之應用範圍

光源形式	使用方式	應用
同軸光源	藉由分光鏡(Half Mirror)將光源以垂直方向投射於物體表面；主要用於檢測具有高反光特性的物體表面，例如半導體晶圓表面。	半導體晶圓表面檢測
平行光源	光源如同太陽光般以平行方式照射，主要針對反光表面之瑕疵檢測。對於規律表面，反射光源的擴散量少，而對於瑕疵之反射光源的擴散量則會大量增加。	反光表面之瑕疵檢測
結構式光源	光源以點狀、線狀或格狀方式投影於物體，利用投射圖案之變化偵測物體之形狀。	物體形狀檢測
背光間接光源	光源非直接投射於物體表面，而是經由反射板將光源均勻擴散於物體表面；主要用於強調平滑且規律表面之特性。	

Precision Metrology Lab.