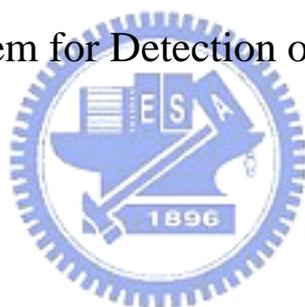


國立交通大學
工業工程與管理學系碩士班
碩士論文

運用光學檢測系統於PLED瑕疵檢測之設計

An AOI System for Detection of PLED Panels



研究生：陳黛詩

指導教授：彭德保 博士

中華民國九十六年七月

運用光學檢測系統於PLED瑕疵檢測之設計

An AOI System for Detection of PLED Panels

學生：陳黛詩

指導教授：彭德保 博士

國立交通大學工業工程及管理學系碩士班

摘要

高分子有機發光二極體（Polymer Light Emitting Display, PLED）其具製程簡單、自發性不需背光光源、高對比、高亮度、高發光效率、低視角限制、高反應速度以及可全彩化等優點。然而，在實際量產方面，由於製程技術面臨瓶頸，加上發展時間尚短造成 PLED 成品上有許多瑕疵，例如：暗點、亮度不均勻、色度不均勻、封膠寬度不足等缺陷。目前製造商以人工目視檢測成品上的瑕疵，但是人工目視有許多缺點，例如：人眼容易產生疲勞、檢測容易產生誤判導致正確率偏低，如此在產品的品管控制上較不穩定。

本研究首先使用色彩分析儀實際量測 PLED 面板的亮度與色度，來驗證光電耦合元件（CCD）除了在價格、速度上具有優勢外，拍攝後進行影像處理分析結果與色彩分析儀在色彩與亮度上具有相似的分佈趨勢，為可靠的檢測取像工具。其次，開發光學檢測演算法，進行成品 PLED 瑕疵檢驗，特別針對在過去相關的成品 PLED 檢測研究[15, 16]中，改良亮度不均勻與封膠寬度瑕疵項目的檢測演算法，並且加入 PLED 色度不均勻瑕疵檢測項目，期望能提供製造商一套快速、穩定、準確的檢測系統。

關鍵字：電腦視覺、高分子有機發光二極體、HSL 色彩空間、顯示器均勻度

An AOI System for Detection of PLED Panels

Student : Dai-sze Chen

Advisor : Dr. Der-Baau Perng

Department of Industrial Engineering and Management

National Chiao Tung University

Abstract

Polymer light emitting diode (PLED) is generally stacked up by different kinds of materials of layers including PF layer, metal layer, and Indium Tin Oxide (ITO) layer. PLED panels can electrify themselves without any backlight system or lighting source. One advantage of using PLED panels is that people can see the text on panels from almost any angle of view. However, because of chemical reactions and materials, there are some kinds of defects occurred on panels such as non-uniformity of luminance, lack of chromaticity, and irregular rubber width.

One efficient way to detect the defects of PLED panels is the AOI system, which is used to inspect the image of defects on the panels.

Our research can be described in two parts. First, in order to compare the efficiency of colorimeter and CCD, we analyzed the results of measurement by using both of them. Second, we designed a set of hardware structure and algorithms for detecting the defect of non-uniformity luminance, lack of chromaticity, and irregular rubber width. We also verified the effectiveness of the proposed methods with several samples and experiments. Experimentation results showed that proposed AOI system has a good performance in PLED panel.

Keywords: Computer Vision, PLED, HSL Color Space, Uniformity of Monitor

誌 謝

時光飛逝，兩年的研究生涯就此劃下句點。首先感謝指導教授 彭德保老師兩年來在研究上的支持與輔助，無論在邏輯思考、硬體設備支援或平時的鼓勵，均給予自我許多研究的力量，使得本論文得以順利並準時完成。在此並感謝口試委員 許錫美博士、巫木誠博士、陳文智博士於口試時給予的寶貴意見，使本論文更盡善盡美。

感謝正全學長一路上的指導與鼓勵，除了電腦視覺相關領域、銑鑽床使用方法的知識傳授外，更讓自己學習到如何細心謹慎的處理事情，研究之餘也能討論課外興趣抒解壓力。感謝彥仲學長在資訊與經驗上給予很多的協助與幫忙，無論問題多麼愚蠢，總是笑笑的化繁為簡，從不吝嗇給予協助。同窗維琦、志凌在平時課堂上的互相協助，還有同實驗室的進銘、忠霖、光楮、富騰、廷勳、艾苓、東森等同學，在實驗室一起打拼定便當的日子，雖然夾雜許多抱怨，但也有許多歡樂，謝謝你們。此外，研究所好友們孟儒、東錡、雅敏、如婷，給與許多精神上的支持與鼓勵，非常感謝你們。當然絕對不能忘記學弟們建男、雋傑、俊甫，還有陪我一起找到人生真正第一份工作的谷銘，謝謝你們在研究生涯的倒數階段所給予我無數的歡笑與樂趣，增添許多研究生涯的回憶。

另外要特別感謝身邊的好朋友千惠、彥樞、倍瑜、瓊如、鴻賓、晟安、丞佑、宜君，你們永遠耐著性子聽我吐苦水，是課業與心靈上不可或缺的好幫手。

最後，感謝母親無怨無悔的付出與栽培，還有一路上所給予我打擊與挫折的人們。在此與大家分享這份喜悅與成果，謝謝！

感謝上帝給予我的一切，感謝所有陪伴我的人，誠摯獻上最高的敬意。

陳黛詩

謹致於交大工工所電腦視覺研究室

目 錄

誌 謝.....	III
目 錄.....	IV
圖目錄.....	VII
表目錄.....	X
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究範圍與目的.....	2
1.3 研究方法.....	2
1.4 論文架構.....	3
第二章 文獻探討.....	4
2.1 PLED 瑕疵檢測.....	4
2.2 視覺系統架構.....	6
2.3 有機發光二極體簡介.....	8
2.4 色彩分析儀 (Colorimeter)	9
2.4.1 CIE 標準 (CIE Standard)	10
2.4.2 分光元件與分光原理簡介.....	11
2.4.3 CIE 三色激勵值 (CIE Tristimulus Values)	11
2.5 影像處理方法.....	12
2.5.1 影像失真校正.....	12
2.5.2 投影法 (Projection)	14
2.5.3 直方圖 (Histogram)	15
2.5.4 色彩空間 (Color Space)	15
2.5.4.1 HSL 色彩空間.....	16
2.5.5 自動二值化方法 (Auto-thresholding)	17

第三章 PLED 瑕疵檢測研究方法設計.....	19
3.1 色彩分析儀與 CCD 之量測方法	19
3.1.1 比較色彩分析儀與 CCD 的拍攝結果	20
3.1.2 重複性 (Repetition) 與小幅移動 (Shift) 的量測	21
3.2 PLED 發光點不均勻檢測光源系統.....	24
3.2.1 亮度不均勻檢測演算法.....	25
3.2.1.1 亮度均勻度檢測.....	27
3.2.1.2 亮度檢測.....	29
3.2.2 色度不均勻檢測演算法.....	31
3.2.2.1 色度均勻度檢測.....	32
3.2.2.2 色度檢測.....	33
3.3 封膠瑕疵檢測.....	35
3.3.1 膠寬位置定位演算法.....	36
3.3.2 檢測封膠瑕疵.....	41
3.3.2.1 內膠寬不足瑕疵檢測.....	41
3.3.2.2 外膠寬不足瑕疵檢測.....	42
3.3.2.3 外膠寬具氣泡狀瑕疵檢測.....	42
3.3.2.4 轉角膠寬不足瑕疵檢測.....	44
第四章 系統驗證實驗與結果.....	46
4.1 實驗設備與系統架構.....	46
4.1.1 實驗設備.....	46
4.1.2 系統架構.....	47
4.2 色彩分析儀量測實驗.....	47
4.2.1 重複性量測說明.....	48
4.2.2 小幅移動量測說明.....	49
4.3 PLED 發光點不均勻檢測實驗.....	50

4.3.1 亮度不均勻檢測實驗.....	50
4.3.1.1 亮度不均勻檢測參數實驗說明.....	50
4.3.1.2 亮度均勻度檢測實驗說明.....	56
4.3.1.3 亮度檢測實驗說明.....	57
4.3.2 色度不均勻檢測實驗.....	59
4.3.2.1 色度不均勻檢測參數實驗說明.....	59
4.3.2.2 色度不均勻檢測實驗說明.....	60
4.4 封膠瑕疵檢測實驗.....	62
4.4.1 檢測硬體設計說明.....	62
4.4.2 選取檢測範圍說明.....	64
4.4.3 封膠檢測實驗結果說明.....	68
4.4.4 轉角膠寬瑕疵檢測結果.....	73
第五章 結論與建議.....	77
5.1 研究結論.....	77
5.2 後續研究探討與建議.....	78
參考文獻.....	79
附錄一：發光點亮度不均勻 PLED 實驗樣本之通電影像.....	81
附錄二：亮度平均值門檻實驗結果.....	83
附錄三：亮度均勻度演算法其他樣本實驗結果.....	86
附錄四：亮度檢測演算法其他樣本實驗結果.....	87
附錄五：色度平均值門檻實驗結果.....	88
附錄六：封膠檢測硬體設計實驗樣本影像.....	91

圖目錄

圖 2.1	江氏所檢測之 PLED 瑕疵影像.....	5
圖 2.2	李氏所提出之型態學檢測方法.....	6
圖 2.3	典型的視覺系統基本組成.....	7
圖 2.4	常見的打光方式示意圖.....	8
圖 2.5	PLED 基本元件結構.....	9
圖 2.6	KONICA Chroma Meter CS-200.....	9
圖 2.7	CIE 實驗示意圖	10
圖 2.8	CIE1931 色彩比對函數圖	11
圖 2.9	幾何失真種類.....	13
圖 2.10	網格校正影像.....	13
圖 2.11	網格設定示意圖.....	14
圖 2.12	利用投影法找尋 PLED 發光點邊緣.....	15
圖 2.13	HSL 彩色空間示意圖.....	16
圖 2.14	HSL 色彩模型的色調與飽和度.....	17
圖 3.1	PLED 通電後影像.....	20
圖 3.2	色彩分析儀量測涵蓋範圍示意圖.....	20
圖 3.3	以色彩分析儀測量儀得到的 PLED 面板亮度分佈示意圖.....	20
圖 3.4	以 CCD 得到的 PLED 面板亮度分佈示意圖	21
圖 3.5	小幅移動量測移動方向示意圖.....	22
圖 3.6	色彩分析儀與 CCD 之量測方法流程圖	23
圖 3.7	PLED 通電後影像.....	24
圖 3.8	間隙示意圖.....	24
圖 3.9	PLED 樣本亮度直方圖.....	25
圖 3.10	PLED 樣本亮度累加分佈圖.....	26

圖 3.11	亮度檢測區域示意圖.....	27
圖 3.12	亮度均勻度檢測演算法切割示意圖.....	29
圖 3.13	亮度不均勻檢測示意圖.....	30
圖 3.14	PLED 樣本色度直方圖.....	31
圖 3.15	PLED 樣本色度累積分佈圖.....	31
圖 3.16	色度範圍示意圖.....	32
圖 3.17	色度檢測區域示意圖.....	33
圖 3.18	色度均勻度檢驗流程圖.....	34
圖 3.19	背光照射下所攝得之 PLED 影像.....	35
圖 3.20	膠寬定位示意圖.....	36
圖 3.21	氣泡瑕疵.....	36
圖 3.22	波浪瑕疵.....	36
圖 3.23	掃瞄寬度示意圖.....	37
圖 3.24	投影方向示意圖.....	37
圖 3.25	平均灰階值分佈圖起始位置與結束位置.....	38
圖 3.26	正常區域平均灰階值分佈圖.....	38
圖 3.27	正常區域相鄰兩平均灰階值之差異分佈圖.....	38
圖 3.28	內膠剖面示意圖.....	40
圖 3.29	內膠實心邊緣定位演算法示意圖.....	41
圖 3.30	氣泡瑕疵平均灰階值分佈圖.....	42
圖 3.31	氣泡瑕疵相鄰兩平均灰階值之差異分佈圖.....	43
圖 3.32	膠寬瑕疵分類圖示.....	43
圖 3.33	轉角轉換示意圖.....	44
圖 3.34	轉角轉換結果示意圖.....	44
圖 3.35	膠寬檢測流程示意圖.....	45
圖 4.1	發光點與間隙示意圖.....	47

圖 4.2	硬體架構示意圖.....	47
圖 4.3	參數實驗之較均勻 PLED 樣本通電影像.....	51
圖 4.4	亮度標準差門檻值下界實驗結果.....	52
圖 4.5	參數實驗之不均勻 PLED 樣本通電影像.....	53
圖 4.6	亮度標準差門檻值上界實驗結果.....	55
圖 4.7	不均勻檢測實驗之 PLED 樣本通電影像.....	56
圖 4.8	使用亮度均勻度檢測演算法之檢測結果.....	57
圖 4.9	使用亮度檢測演算法之檢測結果.....	58
圖 4.10	亮度標準差門檻值下界實驗結果.....	60
圖 4.11	色度不均勻檢測樣本實驗結果.....	61
圖 4.17	檢測區域不重疊實驗樣本.....	65
圖 4.18	檢測區域重疊 $\gamma/2$ 實驗樣本.....	67
圖 4.19	其他的 γ 計算方式實驗樣本.....	67
圖 4.20	封膠待測樣本.....	69
圖 4.21	封膠樣本實驗結果.....	69
圖 4.22	轉角膠寬之待測樣本影像.....	74
圖 4.23	轉換後之轉角待測樣本影像.....	74
圖 4.23	轉角樣本實驗結果.....	75

表目錄

表 2.1 PLED 成品瑕疵檢測研究比較表.....	6
表 4.1 使用色彩分析儀作重複性量測之結果.....	48
表 4.2 使用色彩分析儀作小幅移動量測之結果.....	49
表 4.3(a) 上方與左內膠寬不足之座標與其寬度值	69
表 4.3(b) 下方內膠寬不足之座標與其寬度值.....	70
表 4.3(c) 右內膠寬不足之座標與其寬度值	71
表 4.4(a) 下方外膠寬不足之座標與其寬度值	72
表 4.4(b) 右外膠寬不足之座標與其寬度值.....	73
表 4.5(a) 左上方轉角內膠寬不足位置及其寬度	75
表 4.5(b) 左下方轉角內膠寬不足位置及其寬度.....	75
表 4.6 左上方轉角外膠寬不足位置及其寬度.....	76
表 5.1 本研究與[2]之取像方式比較表.....	77



第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

平面顯示器 (Flat Panel Display) 的出現可說是改變從厚重到輕巧的一大進步，從黑白到彩色、非自發光到自發光，人類對於視覺的要求越來越嚴格。未來在資訊應用 (Information Appliance) 產品的設計上，具有自發光特性的顯示器，估計是繼液晶顯示器後另一個可能急速成長的產品。在政府推動的兩兆雙星計畫中，除半導體產業外，光電產業也是近年最引人注目的一個目標。手機、數位相機、汽車衛星定位系統等產品帶動中小尺寸可攜式顯示裝置的需求。為此，業者積極投入開發平面顯示的新技術，有機發光二極體 (Organic LED, OLED) 就是其中之一。

有機發光二極體顯示器具有下列優點：生產所需資本門檻較小、製程簡單、自發性不需背光源、高對比高亮度 (可高達 $100,000 \text{ cd/m}^2$)、高發光效率、比較沒有視角限制 (>165 度)、高反應速度 ($10 \mu\text{s}$ 以下)、可全彩化等等。

觀察 OLED 在實際量產上的技術發展，材料的克服與良率的提升均為亟待努力的範圍。例如發光層產生變化導致結構轉變為不發光物質而影響發光效率；由於有機材料及陰極金屬材料對氧氣和水氣相當敏感，因此在封裝時對於阻擋水氣與氧氣侵入的要求很高；此外，有機發光顯示技術發展時間尚短，造成發光之色彩純度不佳。因而國內外相關大廠均積極投入研發，並陸續發表相關量產產品 [5]，朝相關問題與技術之改善，期能提高良率而獲利。

業者目前利用傳統人工目視檢測方法過濾不良品，並且判斷其為何種瑕疵，然而這樣的檢驗方法其結果易產生下列缺點：

1. 人工檢測認定變異性大，易受主觀影響
2. 人工檢測容易受眼睛疲勞產生誤判
3. 人工檢測受限於成本與檢測速度，檢測成效不如預期

近年來電腦視覺 (Computer Vision) 的相關技術快速發展，應用領域趨於廣

泛，自動光學檢測（Automatic Optical Inspection，AOI）即是其中之一的自動化品管技術。本研究期望能開發出一套正確、快速、穩定且適用於有機發光二極體瑕疵檢測的自動光學檢測系統，提升檢驗速度，降低誤判率。

1.2 研究範圍與目的

依有機發光二極體（OLED）顯示器其所使用的有機發光材料之不同，可區分為兩種技術類型，一種是以分子量小於 1000 的低分子系作為有機發光層，一種則以 π 共軛高分子系作為有機發光層，為了區別此兩者，一般稱高分子 OLED 為 PLED。

研究範圍主要針對 PLED 成品的瑕疵進行檢測，包括亮度不均、色度不均、封膠寬度瑕疵（簡稱膠寬瑕疵）、以及封膠上的其他瑕疵（如外膠上的氣泡瑕疵）。以膠寬瑕疵為例，所有的內膠寬實際寬度必須大於 1.0mm、外膠寬實際寬度必須大於 0.8mm、以及內外膠寬加起來必需到達 2.2mm，且外膠寬上無其他類膠寬瑕疵，才視此成品為正常封膠件。因此，藉由本研究所提出的自動化檢測方法以符合規格要求並減輕人力負擔。

本研究主要研究目的可描述如下：

1. 開發演算法前利用 Colorimeter 量測作為 CCD 取像的對照，並討論兩者的異同與優劣。
2. 針對已經開發出的 PLED 檢測方法作討論與修正，如亮度不均與封膠檢測。
3. 發展色度不均檢測方法。

1.3 研究方法

本研究之研究方法主要分為硬體與軟體兩大部分。硬體部分大多利用[2]的架設方式，利用變焦鏡頭、CCD 搭配合適的光源系統來擷取待測 PLED 影像。方法上主要著重在軟體演算法的設計，分述如後列章節。擷取後的影像透過演算法檢測是否具有瑕疵。

1.4 論文架構

本論文架構章節安排如下，第一章為緒論，第二章文獻探討介紹 PLED 相關的知識與檢測文獻、系統中硬體與軟體，以及在演算法中所使用到的相關影像處理方式；第三章則為本論文之研究方法，最主要的是描述檢測系統中所使用的演算法；第四章為針對第三章所提出的方法以實體 PLED 進行實驗，並且針對結果分析與討論；第五章則提出本研究之結論與未來改善方向。



第二章 文獻探討

本章一開始先討論 PLED 成品瑕疵檢測的相關文獻，並且列表歸納之，進一步了解各個研究在成品瑕疵檢測項目與方法上的異同。其次，討論電腦視覺技術的自動化光學檢測系統與光源所必須包含的架構，特別是光源的好壞影響取像品質的優劣，在本章將列舉幾種常用的光源及打光方式；此外，光源的選取決定於 PLED 結構，故對 PLED 的結構也摘要描述。

此外，本研究利用色彩分析儀作為 CCD 鏡頭的對照量測工具，在本章的第三節將簡單的介紹色彩分析儀的原理以及量測方式。末兩節則列出本研究所運用的相關影像校正方法與影像處理知識。

2.1 PLED 瑕疵檢測

江嘉明[1]將 PLED 成品瑕疵的檢測分為微觀檢測與巨觀檢測兩大類，微觀檢測指的是檢測 PLED 上的發光點，而巨觀檢測則是檢測整行、整列的發光點，通電後是否有過亮 (Excessively Bright)、過暗 (Dark) 或是大範圍的不規則發光 (Unevenly Bright Panel)。並且由其研究得知，使用光電耦合元件攝影機時 (Charged-couple Device, CCD)，不需要對鏡頭做 gamma 校正，只要對幾何失真的部分進行校正即可。檢測方法先以 photometer 校正 CCD 的模式，將標準 PLED 樣本的亮度值與灰階值之間的對照表建立起來，目的是希望利用單色 CCD 衡量 PLED 的亮度值。利用自動二值化 (Automatic binarization) 取得 PLED 影像尺寸大小，並將 Block 與背景分離後，計算每個 Block 的重心並且以重心向左右各延伸 4 個像素點，向上下各延伸 5 個像素點作為新的 Block，計算每個新 Block 的平均灰階值，對照先前建立的亮度-灰階度對照表，將平均灰階值轉換為相對應的亮度值，並和標準亮度值比較來判斷是否存在瑕疵。其中 Block 指的是 PLED 的一個發光點，如圖 2.1 所示。

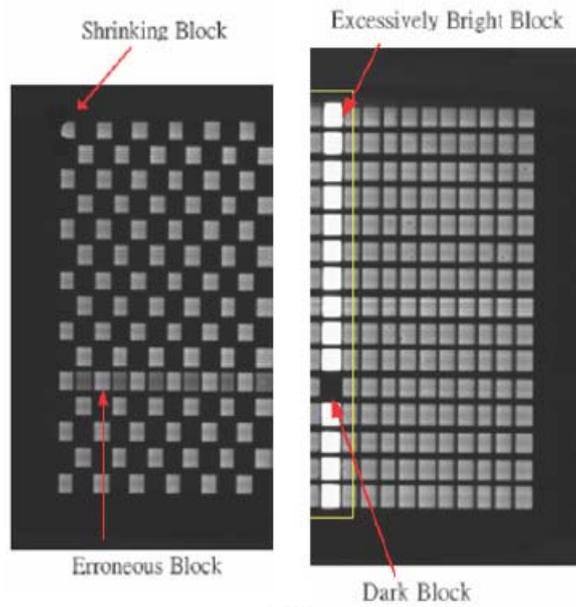


圖 2.1 江氏所檢測之 PLED 瑕疵影像[1]

不同於江嘉明以檢測範圍的大小分為兩類，李孟坤[2]將 PLED 成品瑕疵的檢測依照發光點和外觀分為兩大類進行檢測，第一類為 PLED 發光點檢測，包含暗點、亮度不均勻等檢測項目；第二類為 PLED 外觀檢測，包含表面刮傷、膠寬不足等檢驗，搭配不同種類的光源將瑕疵突顯出來以利檢測。在亮度不均勻檢測方面，提出以最高值做為局部子區域的亮度指標，與相鄰子區域比較，當超過所指定之門檻值 (Threshold) 時，即判斷為亮度不均勻。在暗點檢測方面，以型態學和影像相減的方式，有效保留瑕疵特徵，並且由於是和自身相減，如圖 2.2 所示，故不需要精確的定位，並且能進一步分析暗點瑕疵成因，對於提供資訊回饋給製程參考實有助益。膠寬檢測，則以 Find Stripe[3]的方法準確的計算內外膠的寬度後進行判斷。

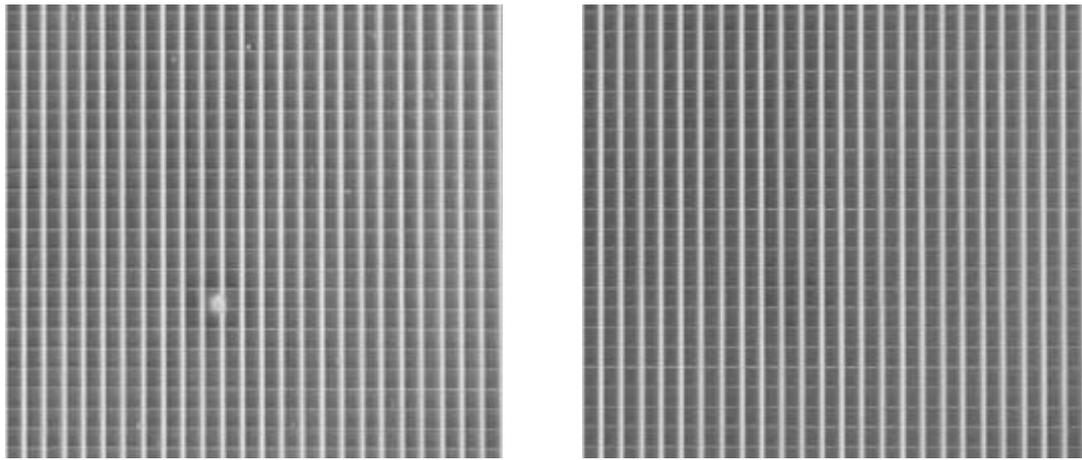


圖 2.2(a) 暗點瑕疵經負片轉換後之影像 圖 2.2(b) 經型態學運算之無瑕疵影像

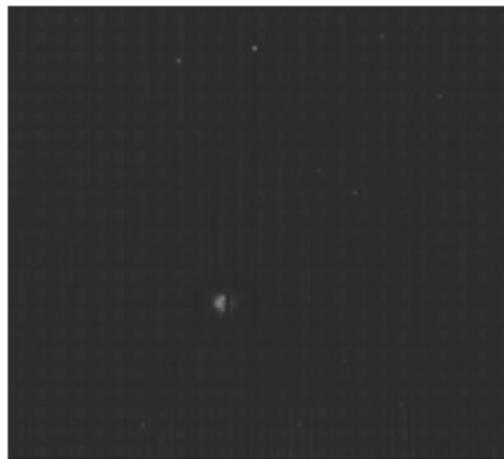


圖 2.2(c) 圖 2.2(a)與圖 2.2(b)相減之結果

圖 2.2 李氏所提出之型態學檢測方法[2]

綜合上述，PLED 成品瑕疵檢測研究可以整理成下表 2.1：(◎表示已完成研究)

表 2.1 PLED 成品瑕疵檢測研究比較表

作者 \ 瑕疵分類	發光點瑕疵			外觀瑕疵	
	暗點	亮點	亮度不均勻	膠寬不足	表面刮傷
江嘉明 (2003)	◎	◎	◎		
李孟坤 (2005)	◎		◎	◎	◎

2.2 視覺系統架構

一個視覺檢測系統包括硬體部分和軟體部分，其中硬體部分之基本組成可大

致粗分為光源系統、運動控制機構、攝影鏡頭、CCD 與個人電腦[4]，如圖 2.3 所示。光源系統和運動控制機構輔助 CCD 擷取待測工件的影像，CCD 和鏡頭則決定了影像的解析度並擷取影像，透過 USB 傳輸線將影像資料傳輸至工作電腦上，再利用軟體分析。

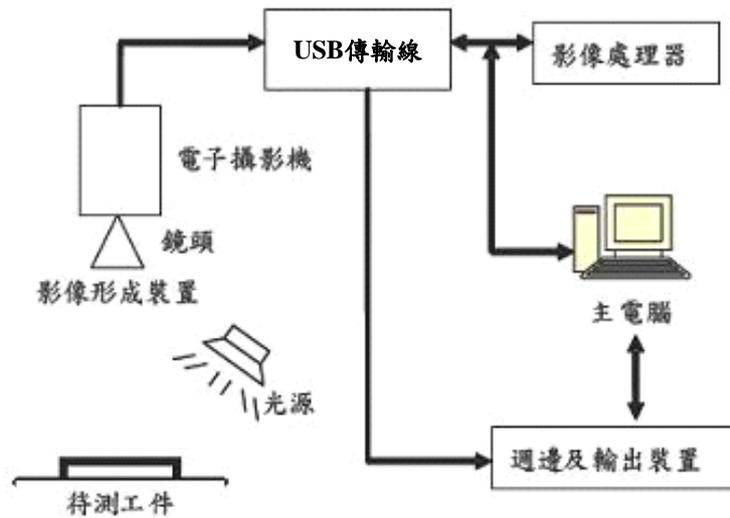


圖 2.3 典型的視覺系統基本組成

在視覺檢測系統中，適當光源的選取對於整個檢測環境而言相當重要，因其直接影響到待測物影像的品質；好的光源環境可以突顯待測物的特徵，提高影像對比，降低影像在軟體分析演算上的困難與處理時間。光源系統包含光源種類和打光方式，目前在影像檢測系統中常用到光源種類有：鹵素燈 (Halogen)、LED 燈源、金屬燈泡與雷射光源等，而常見的打光方式有下列幾種：

1. 前照式 (Front Lighting)：光源與 CCD 攝影機在物體之同側，利用光線反射強弱不同作為檢測物體表面特徵之照明。
2. 背照式 (Back Lighting)：光源與 CCD 在物體的不同側。利用背照式產生出對比強烈的物體輪廓線，作為檢測物體之尺寸使用。
3. 側照式 (Side Lighting)：光源放在物體的側面，光源照射方向與物體平面近乎平行，作為突顯待測物體幾何性質之用。

圖 2.4 為常見之打光方式示意圖，本研究將參考這些打光方式架設光源設備。

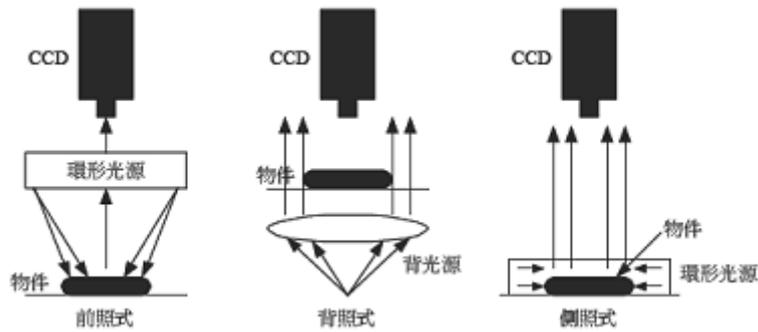


圖 2.4 常見的打光方式示意圖

2.3 有機發光二極體簡介

有機發光二極體 (Organic Light Emitting Diode, OLED) [5] 依照所使用的有機發光材料不同，可區分成兩種技術類型，一種是以低分子系 (Small Molecular) 作為有機發光層，泛稱 OLED；另一種是以 π 共軛高分子系 (Polymer) 作為有機發光層，俗稱 PLED。1987 年伊士曼·柯達公司在 Applied Physics Letters 發表利用真空技術 (Vacuum Sublimation) 蒸鍍有機電子傳導發光層薄膜和有機電洞傳輸層薄膜，得到雙層式元件結構的高亮度綠光有機發光二極體後，OLED 研究發展自此開始受到重視。目前在材料的研發上，OLED 的發光效率以及壽命上比 PLED 好，但製程上若高分子系 PLED 要達成全彩化面板目標，可採用噴墨印製方法製作 RGB 畫素，電子注入層與陰極材料的噴製只需個別的噴頭，其優點是設備成本遠比 OLED 低。

PLED 基本元件結構為如圖 2.5 所示，有機發光層被夾在上層負極金屬層及下層 ITO (Indium Tin Oxide) 玻璃之透明電極之間[6]。其發光原理主要是利用電流使電子及電洞分別由正負極出發，並注入兩個電極間有機薄膜區，陽極選用功率函數較高的 ITO 透明導電玻璃，陰極選用功率函數較低的金屬，如鎂、鋁、鈣等。當一對電子與電洞複合時，便可將多的能量以光的形式釋放，產生發光現象，其發光的顏色取決於有機發光層的材料。

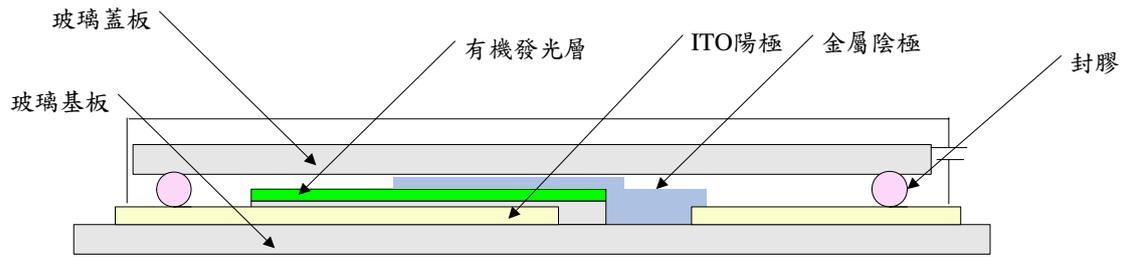


圖 2.5 PLED 基本元件結構

本研究利用通電與 LED 背光做為檢測 PLED 樣本之方法，依照封膠材料的特性，利用白光 LED 背光能將位於 PLED 膠寬上的異物突顯出來。

2.4 色彩分析儀 (Colorimeter)

Colorimeter 是業界用來量測亮度與色彩的儀器，目前市面上常見的有濾鏡式色彩分析儀 (Tristimulus Colorimeter) 與分光式色彩分析儀 (Spectra Colorimeter) [7]。本實驗所選用的色彩分析儀 KONICA Chroma Meter CS-200，就是屬於分光式色彩分析儀，如圖 2.6 所示。

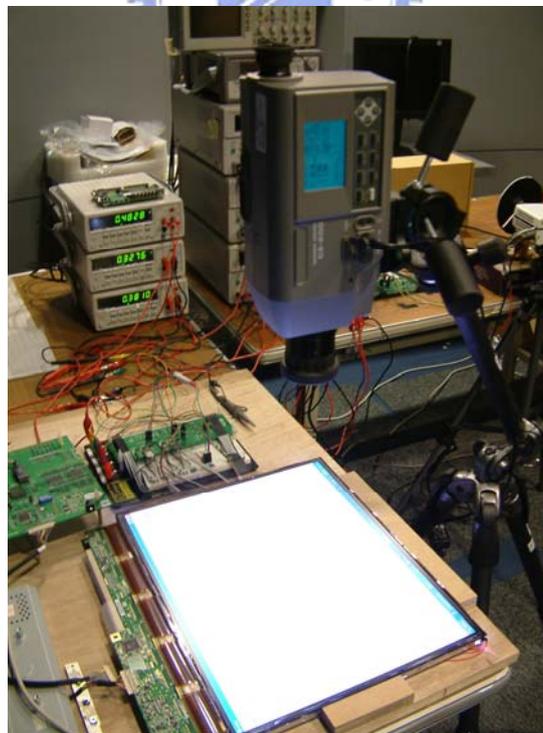


圖 2.6 KONICA Chroma Meter CS-200

2.4.1 CIE 標準 (CIE Standard)

CIE (Commission International de l'Eclairage) 提供了一套定義紅、綠與藍 (稱之為 Primary Colors) 的實驗, 並且建構出色彩比對函數 (Color Matching Function) 作為量測色彩時的依據[8-10]。

在實驗中, 使用夾角為 2 度的兩道光, 其中一道光是由任意強度 (Intensity) 與單一顏色 (Monochromatic) 決定, 稱待測光; 另外一道光的亮度是由紅、綠與藍三種單頻光依照某種比例混合, 作為待測光的依據, 稱參考光, 這三種單頻光稱為 Primary Colors。將這兩道光依照各半的比例投影, 投影範圍僅至人類眼睛的中央凹 (Fovea)。由一個擁有正常視覺的人當受試者 (Observer) 來分辨這兩道光的差異, 調整參考光比對兩道光直到兩者相同為止, 如圖 2.7。在此受試者所「接受」到的是明亮程度的感覺 (Brightness), 並非光的總能量 (Energy), 色彩比對函數就是透過這一系列實驗得到的[8, 9]。

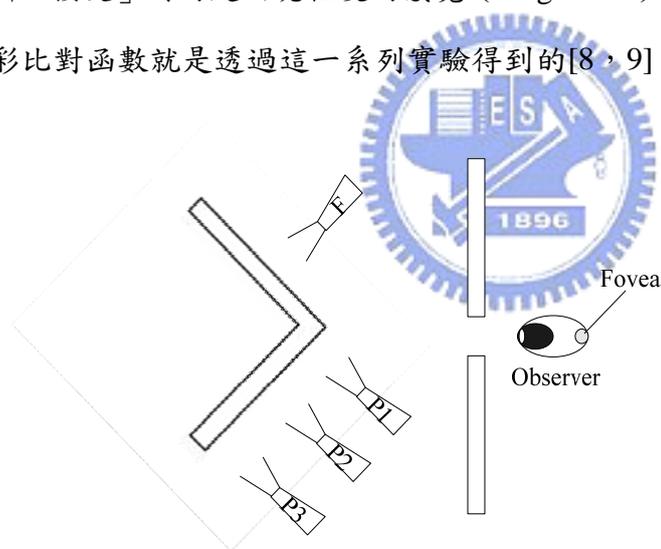


圖 2.7 CIE 實驗示意圖[9]

在 1931 年, CIE 定義一個給定多少比例的單頻光能混合出某個顏色標準, 單頻光指的就是紅光 (波長為 700nm)、綠光 (波長為 546.1nm) 與藍光 (波長為 435.8nm)。由此可以得到色彩比對函數 $\bar{x}(\lambda)$ 、 $\bar{y}(\lambda)$ 與 $\bar{z}(\lambda)$, 如圖 2.8 所示[8]。

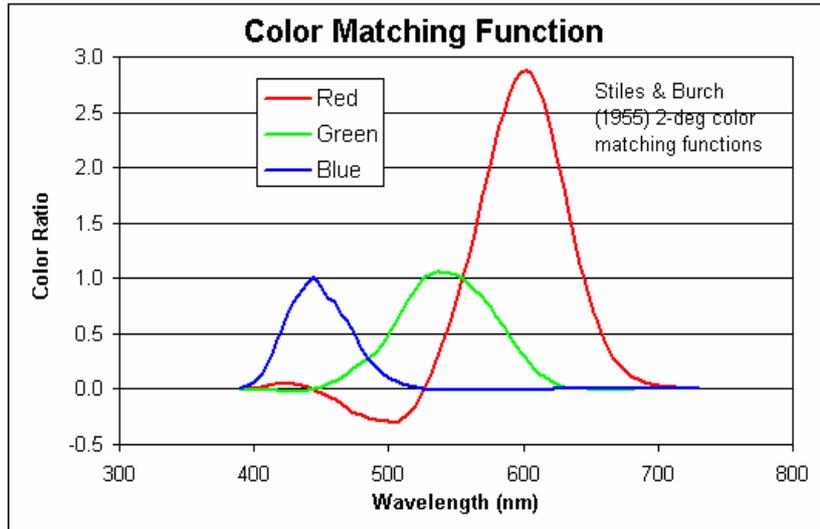


圖 2.8 CIE1931 色彩比對函數圖

2.4.2 分光元件與分光原理簡介

一般業界用的分光元件分為菱鏡式 (Prism) 與光柵式 (Grating) 兩種[7]。菱鏡式是利用玻璃材料色散原理將光譜分離，但色散角度非線性是其一大缺點。光柵式是利用光繞射原理將光譜分離，其繞射角度較菱鏡之色散角度來得線性為一大優點，且系統體積及重量都比菱鏡式分光元件來得輕小，光柵使用時需以平行光入射，並且需要如 Order Sorting Filter 之類的高通濾波器 (High Pass Filter) 去除高階光，本研究所選用之 KONICA Chroma Meter CS-200 儀器使用的即為光柵式分光元件。

2.4.3 CIE 三色激勵值 (CIE Tristimulus Values)

利用 2.4.1 節所得到的色彩比對函數，可以利用下列式 2.1 計算 CIE 三色激勵值[9]，即為 XYZ。

$$\begin{aligned}
 X &= k \int_{380}^{780} S(\lambda)R(\lambda)\bar{x}d\lambda \\
 Y &= k \int_{380}^{780} S(\lambda)R(\lambda)\bar{y}d\lambda \\
 Z &= k \int_{380}^{780} S(\lambda)R(\lambda)\bar{z}d\lambda
 \end{aligned}
 \tag{式 2.1}$$

其中 $S(\lambda)$ 表示光源能量光譜分佈， $R(\lambda)$ 表示物體反射的光譜分佈， k 是正規化因子，由於 PLED 是屬於通電發光，不會反射[10]，故可將 2.1 式改寫成 2.2 式。

$$\begin{aligned} X &= k \int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{x} d\lambda \\ Y &= k \int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{y} d\lambda \\ Z &= k \int_{380}^{780} S(\lambda) \bar{z} d\lambda \end{aligned} \quad (2.2)$$

當分光輻射計取得 LED 光譜後，透過下列式 2.3 計算出 x 、 y 作為待測物的顏色量測值，且 Y 可直接作為待測物亮度值。如 PLED 這類能自行通電發光的物體，使用色彩分析儀所量測到的 Y 值其單位為 cd/m^2 [9]。

$$\begin{aligned} x &= \frac{X}{X + Y + Z} \\ y &= \frac{Y}{X + Y + Z} \end{aligned} \quad (2.3)$$

2.5 影像處理方法

為了找出瑕疵品與正常品的差別以及消除因取像所造成的錯誤，本研究將利用下述幾種影像處理方法來發展 PLED 瑕疵檢測演算法。

2.5.1 影像失真校正

一般鏡頭所擷取到的影像存在著變形失真的問題，最常見的是屬於幾何失真 (Geometric Distortion) 的部分。由於鏡頭的不完整以致於所收集到的光無法確實的透過鏡頭折射後落在正確的位置[12]，最常見的兩種幾何失真為桶型失真 (Barrel Distortion) 與枕型失真 (Pincushion Distortion)，如圖 2.9 所示。

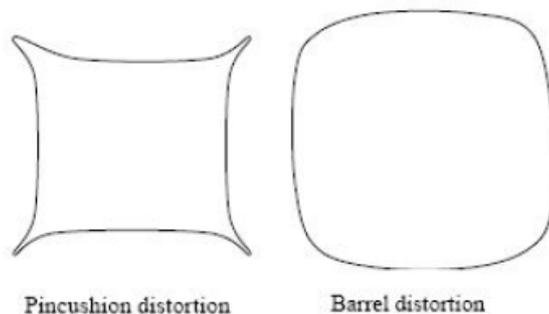


圖 2.9 幾何失真種類

過去已經有許多研究者針對不一樣的數學模型來找尋校正影像失真的參數 [13-17]，市面上目前也有軟體提供校正影像失真的功能。多數討論校正影像失真的文獻，其範疇都為醫學使用內視鏡取像所造成的影像失真。其運用的方式都是拍攝如圖 2.10 的網格校正影像作為實驗影像，將失真後影像 (Distortion Image Space) 映至一比此失真後影像稍大的校正影像 (Correct Image Space) 上後，使用最小平方估計法 (Least-square Estimation) 計算代表每一列之多項式的係數 (Coefficient)，此係數為失真影像的擴張係數 (Expansion Coefficient)，用來作為估計實驗影像中，黑點間直線程度的基礎。第二步利用同樣的方式再將正確的影像映回至原始影像上，利用線性差補 (Linear Interpolation) [13, 14, 16, 17] 或非線性方式將黑點校正至正確的位置。James P. Helferty [15] 等人特別提出將校正參數計算完畢之後，在不改變取像工作距離與環境下，拍攝其他影像時只要使用此參數校正即可。

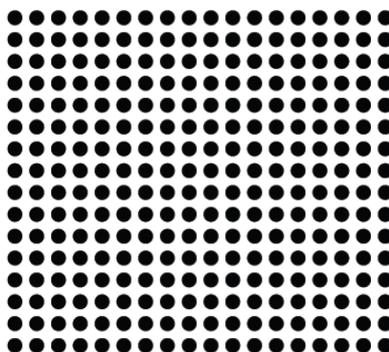


圖 2.10 網格校正影像

本研究採用 [3] 所提供的失真校正方式，類似 [15] 的概念，校正如圖 2.10 的網

格後儲存校正參數，新的影像在取像環境不改變的前提下，只需使用程式所計算的參數作校正。網格設計限制列舉如下：

1. 網格是以一張黑色、圓點的矩陣組成的影像（如圖 2.10）
2. 圓形半徑 r ： $6 \leq r \leq 10$ pixels
3. 兩圓形圓心距離限制在 $18 - 32$ pixels
4. 兩圓圓周距離至少 6 pixels

根據這些條件配合硬體設定的解析度，繪出格子影像實際大小，例如目前解析度為 $30 \mu\text{m}/\text{pixel}$ ，圓形半徑、圓心距離和圓周距離皆設定為 10 pixels，如下圖 2.11 所示，計算實際需要大小為 $10 \text{ pixels} \times 0.03\text{mm}/\text{pixel} = 0.3\text{mm}$ ，也就是實際在繪製網格時，圓半徑、兩圓圓心距離和兩圓圓周距離皆為 0.3mm ，接著搭配視野大小，繪出所有圓形。

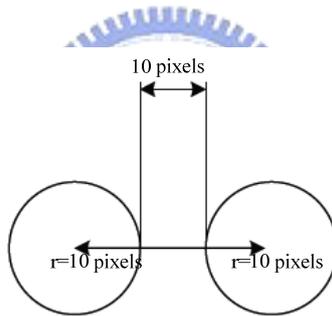


圖 2.11 網格設定示意圖

網格製作完成後，透過 CCD 擷取其影像，必須注意的是如同前面所述，網格與鏡頭的距離要等於待測物（PLED 樣本）與鏡頭的距離。取像後利用[3]的校正方法將變形後的網格影像校正回來，並且記錄校正參數；只要取像環境不變，均可以此參數進行校正。

2.5.2 投影法 (Projection)

投影法[18]是簡單的邊緣偵測方法 (Edge Detection Method) 之一，特別是當影像的灰階度變化是有一定的規律時。投影方向可以是對水平線投影、對垂直線投影，甚至對任何角度的直線投影。假設對某張影像中的某塊區域有興趣，其

中水平範圍為 $\{c|s \leq c \leq t\}$ 且垂直範圍為 $\{r|u \leq r \leq v\}$ ，就可以利用下列 2.4 式將此區塊分割出來，假設為 R：

$$R = \{(r,c)|u \leq r \leq v \text{ and } s \leq c \leq t\} \quad (2.4)$$

江嘉明[1]在其研究中利用投影法找出 PLED 片影像灰階度的變化，如下圖 2.12 所示，可以觀察出發光點與間隙之間的灰階度變化差異很大，利用這樣規律性變化找尋發光點的邊緣是很容易的。

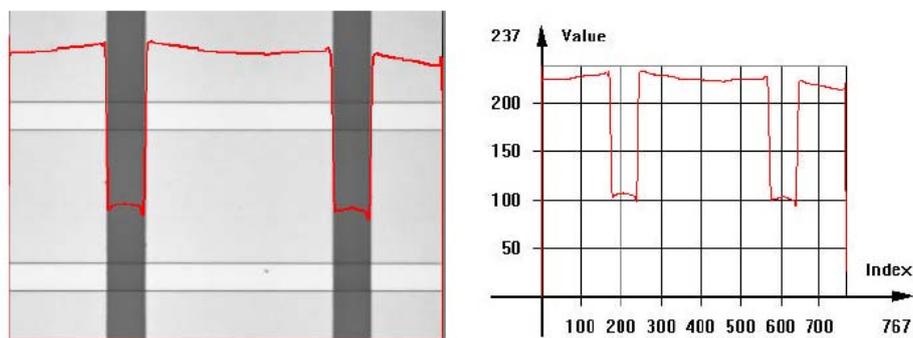


圖 2.12 利用投影法找尋 PLED 發光點邊緣[1]

2.5.3 直方圖 (Histogram)

直方圖[12]在影像處理上常用於分析影像灰階度的分佈以及簡易的邊緣偵測，假設一張灰階影像為 I，其直方圖定義如 2.5 式所列，。

$$h(m) = |\{(r,c)|I(r,c) = m\}|, \text{ 其中 } m \text{ 為 } 0,1,\dots,255 \quad (2.5)$$

李孟坤[2]使用直方圖技巧分析暗點瑕疵與發光點之灰階度差異，並且找出檢測子區域中最高的灰階值以區別暗點瑕疵與正常發光點，並找出能檢測暗點瑕疵的門檻值。

2.5.4 色彩空間 (Color Space)

色彩空間的目的是設定一套標準並且於一般可接受的方式來定義色彩 [19]，最常使用色彩模型如 RGB (紅、綠、藍) 模型、CMYK (青色、洋紅色、

黃色、黑色) 模型、以及 HSL (色調、飽和度、亮度) 模型。雖然 RGB 系統與人眼所感受到的色彩事實極為吻合,但是類似這樣的色彩模型有時也不使用來描述色彩。因此,本研究利用 HSL 色彩空間的特性,部分實驗將 RGB 影像轉換至 HSL 模型,再進行各項 PLED 面板檢測。

2.5.4.1 HSL 色彩空間

HSL 模型[19]其中的色調指的是色彩的描述,如黃色、紅色等;飽和度則是描述純色彩添加白光程度的量測,如紅色之於粉紅色;亮度其實是不可能量測的主觀描述,但將其具體化可以加強對色彩的描述。

如下圖 2.13, HSL 空間是由一垂直的亮度軸,與位於垂直此軸的彩色平面組成。隨著平面在亮度軸上移動決定顏色的亮度,以圓形為基礎的彩色平面,如圖 2.14 所示,其中黑點表示任一彩色點,通常由紅色軸起算的角度 0° 代表色調為 0,且色調從該處起依逆時針方向增加。本研究將利用色調的觀念,檢查 PLED 上的色調均勻程度,當通電後的 PLED 其顏色順時針偏向紅色或逆時針偏向藍色,與預期的通電發光顏色不一致時,即可判斷 PLED 樣本片上具有色調不均勻瑕疵。

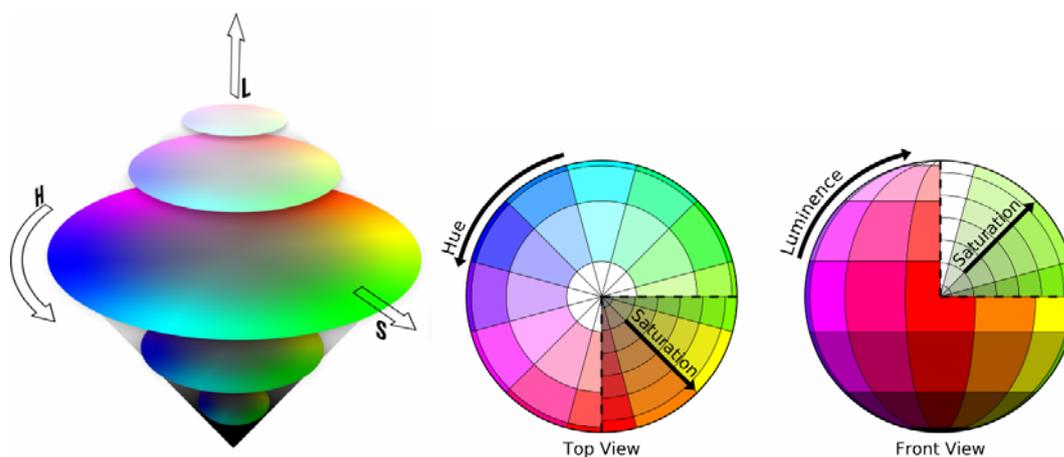


圖 2.13 HSL 彩色空間示意圖

(資料來源：http://en.wikipedia.org/wiki/HSL_color_space)

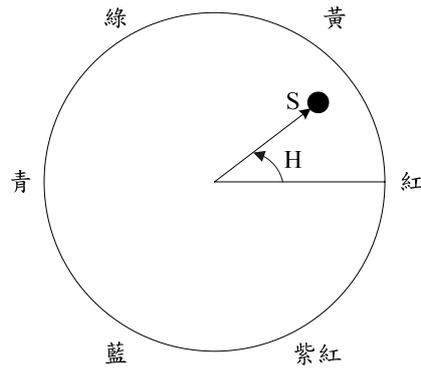


圖 2.14 HSL 色彩模型的色調與飽和度。(其中從紅色軸起逆時針計算的角度是色調，而向量長度是飽和度)

2.5.5 自動二值化方法 (Auto-thresholding)

大部分的真實影像很難精確找出在一個能精確將影像直方圖分成兩個或多個區域的點，亦即門檻值 (Threshold)，特別是影像本身灰階值變化不大的影像。而自動二值化方法即是利用影像的特性自動產生一個適當閾值的方法，並常具有 Case-by-case 的特性，故其方法與種類在影像處理領域中相當多種，每種方法均有其適合的情境。比較常見的方法為固定百分率法 (p-tile) [20] 與 Otsu 自動閾值方法。固定百分率法利用以影像直方圖為基礎在影像中的目標區域與整張影像之間很容易就能找到一個比率 $1/p$ ，以及對應的門檻值 T ，表示此影像有 $1/p$ 的灰階值會小於 T 。此方法通常運用在找出影像邊界的平均寬度。

Otsu 自動閾值方法 [21] 利用機率統計的原理，運用影像直方圖作為唯一的事前資訊 (Prior Information)，找出讓群組內變異數最小且群組間變異數最大值作為二值化的門檻值。

最佳二值化法 (Optimal thresholding) [20] 是另一個以影像直方圖為基礎的自動二值化方法，其特色是能夠在較少的運算量下，找出能夠分出影像背景 (background) 與目標物 (object) 的門檻值。本研究將使用此方法於檢測 PLED 亮度不均勻時，自動將待測的亮度影像以一個門檻值分成較低亮度值 (PLED 發光區影像中的間隙部分) 與較高亮度值 (PLED 發光區影像中的發光點部分) 的

兩群後，再進行檢測演算法。最佳二值化法使用步驟如下述：

1. 由 0~255 間選取一個值作為最佳二值化法的初始值，本研究選取待測影像的直方圖中最低的灰階值作為初始值。
2. 在演算法反覆至第 t 次時，計算以在前一次反覆所得到的 T^t 做為門檻值，其將影像分成較低灰階值（背景）與較高灰階值（目標）兩群之背景灰階值平均與目標灰階值平均。其中兩組平均值的計算方式如下：

$$\mu_B^t = \frac{\text{所有屬於背景的灰階值總和}}{\text{所有屬於背景的像素個數總和}} \quad (2.5)$$

$$\mu_O^t = \frac{\text{所有屬於目標的灰階值總和}}{\text{所有屬於目標的像素個數總和}}$$

3. 令 $T^{(t+1)} = \frac{\mu_B^t + \mu_O^t}{2}$ (2.6)

其中 $T^{(t+1)}$ 為更新過的二值化門檻值

4. 倘若 $T^{(t+1)} = T^{(t)}$ 則停止更新，否則則回到 2。

