

第五章

使用 LED 光源重建反射式全像片

一般穿透式的全像片須使用單色光原來重建，否則重建出來會有很多個影像重疊。但是一般要做到頻寬很窄的光源，通常是雷射或 LD 光源，但這些並不是任意可以取得的光源，因此增加了全像片重建時的不方便性。而反射式全像片由於布拉格條件的關係，可直接使用白光光源重建，白光光源則是日常生活中很容易可以取得的，因此大大提升全像片在展示時的方便性。

5.1 LED 種類

LED 的光源種類非常繁多，光顏色、形式、功率等就分很多種了，但是我們這邊主要討論的是白光光源，因此列出幾種市面上都買得到的 LED。

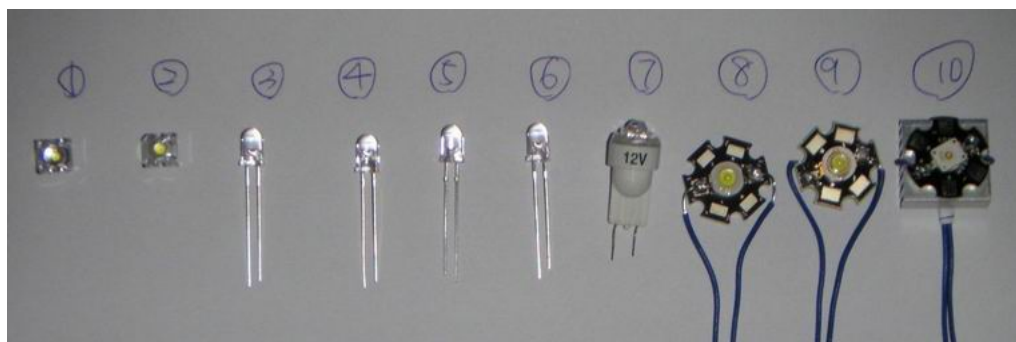


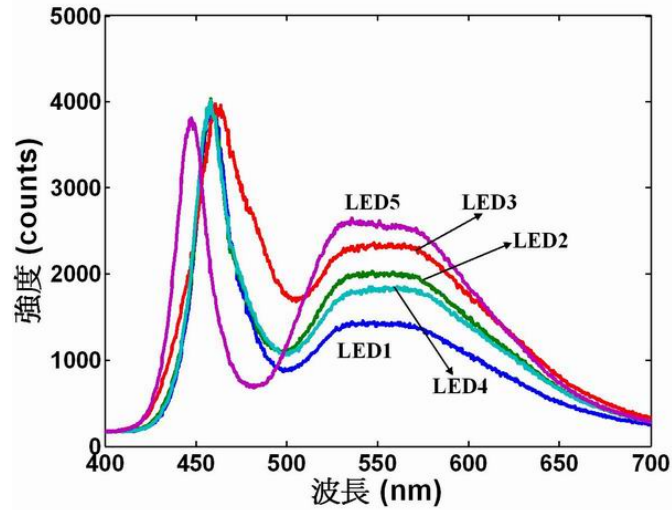
圖 5-1 市面上常見之 LED

我們將這些 LED 分別編成①~⑩，並量測一下特性，可歸納成表 5-2：

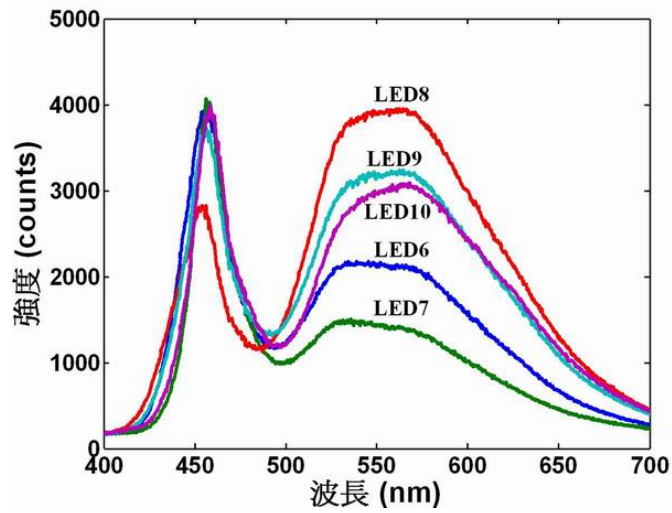
LED	驅動電壓 (V)	驅動電流 (mA)	輸出最強之波長(nm)	發散角 (°)	輸出光強 (W)
①	3.2	25	459	45.0	0.1
②	3.2	25	458	77.9	0.1
③	3	25	462	15.1	0.2
④	3	25	457	39.6	0.2
⑤	3	25	447	19.5	0.2
⑥	3	25	455	27.8	0.2
⑦	12	35	457	55.0	1
⑧	3.2	250	555	85.3	1
⑨	3.3	250	456	113.3	1
⑩	3	400	457	82.1	3

表 5-2 LED 特性

其中，波長的部分則是利用光譜儀分析 LED 之波長分佈，如圖 5-3(a)，為 LED①~⑤之波長分佈；圖 5-3(b) 為 LED⑥~⑩之波長分佈。



(a)



(b)

圖 5-3 (a)LED①~⑤之波長分佈

(b)LED⑥~⑩之波長分佈

我們量測的結果，在編號①~⑩的 LED 中，除了⑧以外，其他的 LED 之波長分佈大致相似，範圍從 400nm~800nm。而 LED⑧在 550nm 的強度高過 450nm，所以看起來有點略偏黃色。

此外，我們量測 LED 之發散角的方式如圖 5-4 所示：

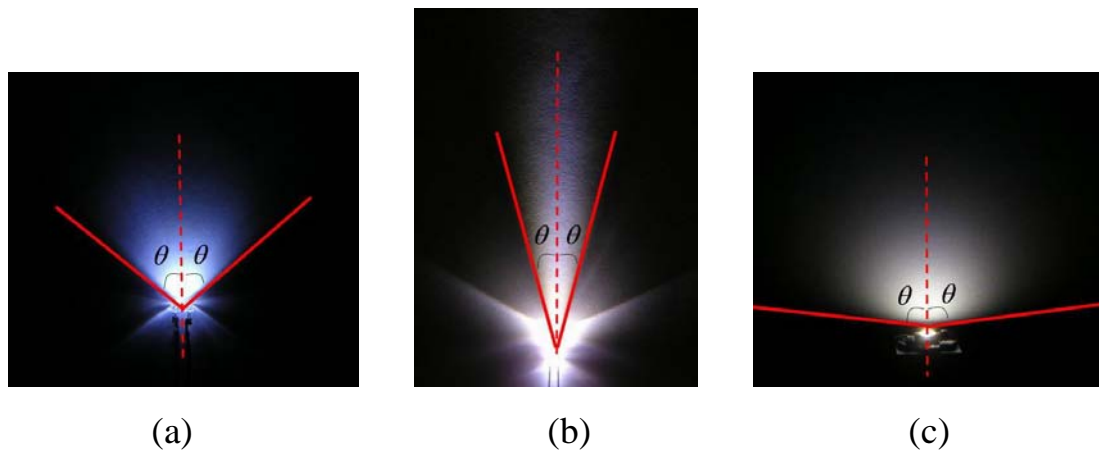


圖 5-4 (a)LED①之發散角觀測

(b)LED③之發散角觀測

(c)LED⑩之發散角觀測

將 LED 放在白紙上，再將 LED 點亮，並拍下放射光之分佈，以測得發散角度。結果已列在表 5-2。

我們發現市面上販售的 LED 種類特性都有很多差異，即使外觀相同，特性也都有可能差別很大。因此我們必須分析 LED 的特性後，再選擇適當的 LED 來達到我們需要的功用。

5.2 LED 光源重建結果

根據上一節之 LED 特性量測之後，我們使用 LED 來重建反射式全像片。但是在重建全像片前，我們也必須考慮記錄時的系統參數，例如記錄時的參考光之發散角及距底片之距離等。所以我們簡單考慮一 Denisyuk 的反射式全像系統，記錄時是使用 60 倍的物鏡擴成球面波，發散角約為 58.2 度，距底片距離為 36cm。而使用 LED 重建結果如圖 5-5 所示：

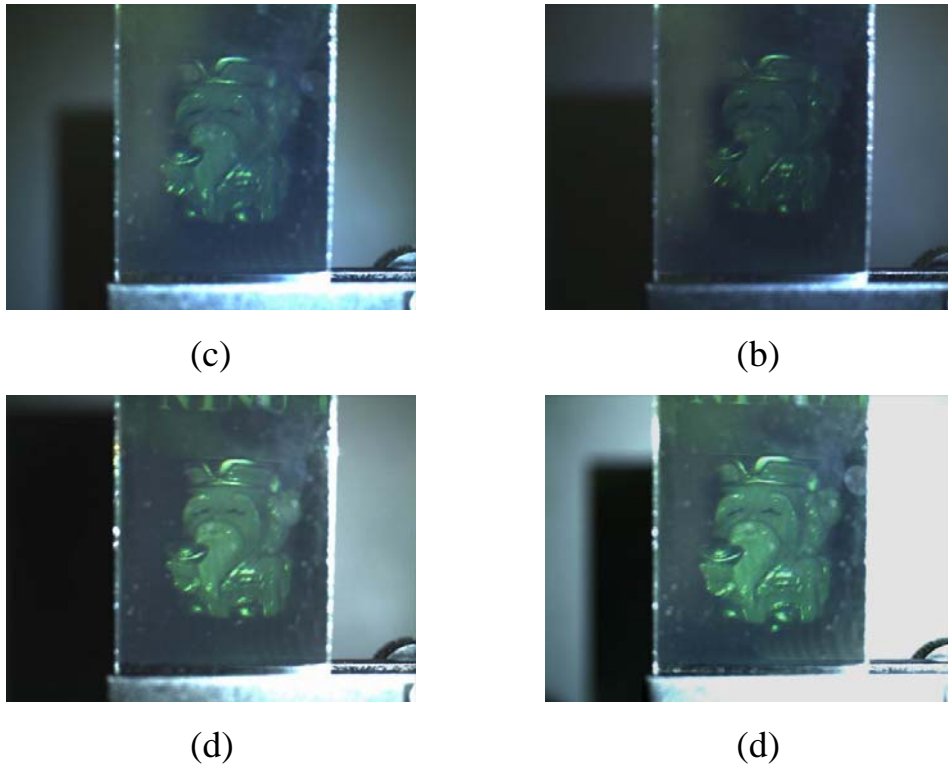


圖 5-5 (a)LED③在距全像片 25cm 處讀取
 (b)LED④在距全像片 15cm 處讀取
 (c)LED⑩在距全像片 15cm 處讀取
 (d)LED⑩在距全像片 36cm 處讀取

由於LED③~⑥為同一型的LED，因此從中挑選發散角較小的③和發散角較大的④來比較。圖 5-5 的(a)圖是 LED③距全像片 25cm 處讀取，因為 LED 發散角比較小，使得在 25cm 之前的物體影像是比較模糊的，當距離拉遠，物體影像逐漸清晰。圖 5-5 的(b)圖是 LED④距全像片 15cm 處讀取，由於發散角較 LED③大，所以重建清晰影像的距離會比較短，但是由於此款 LED 功率不高，一旦發散角太大，會使得照射到全像片的強度減弱，導致繞射光不夠強，重建影像變暗。由前兩個結果得知，發散角較小的 LED，照射到全像片的能量比較集中，但是必須把重建距離拉遠才能重建出清晰的影像；而發散

角較大的 LED，其重建清晰影像的距離可以比較近，但是也容易因為發散角太大而使得照射強度減弱。但我們期望的是，在可以重建清晰影像的先決條件下，LED 重建的距離可以近一點，且照射強度要夠強，因此使用 LED⑩作測試。LED⑩為 3W(瓦特)之 LED，其亮度是編號①~⑩的 LED 中最亮的，且發散角也很大，所以在圖 5-5 的(c)中，距全像片 15cm 處可重建清晰影像，且繞射光強度也夠強。接著我們再把距離退到當初記錄時的參考光球面波距離，依然可以得到清晰的影像，且重建影像的大小更接近實際物體，這時的繞射光強度依然足夠使我們清楚地觀看影像。因此 LED⑩兼具有發散角較大且光強度高的優點，使我們可以重建出清晰的影像。但這一款的 LED 價格會比較昂貴。

5.3 製作可攜且方便觀察之裝置

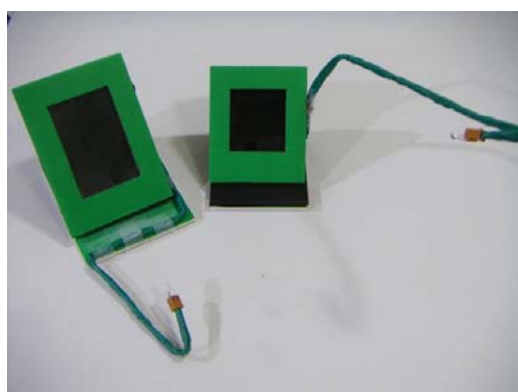
不論何種全像片都需要有光源照射才能讀取，只有全像片而沒有光，是讀不到全像片的資訊的。因此我們希望可以將拍攝好的全像片加上一光源組成一裝置，這樣就可以避免掉臨時要找光源讀取的麻煩。我們選用以上的 LED 當光源，優點是體積小且一般的 3 號或 4 號電池串聯後即可驅動。

LED 的驅動方式是加一電源且該電源的電壓要高於 LED 之切入電壓，再串一電阻使得流過 LED 的電流控制在限流內，而電阻的計算方式如下：

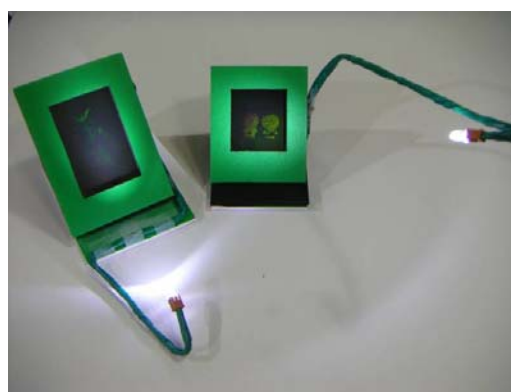
$$\text{電阻}R = \frac{\text{電源電壓} - \text{切入電壓}}{\text{限流}} \quad (5-1)$$

以編號③之 LED 為例：其切入電壓為 3.0V，限流為 25mA，若以串聯三顆 1.5V 的 4 號電池驅動，則電阻為： $R = \frac{V}{I} = \frac{(1.5 \times 3) - 3.0}{0.025} = 60\Omega$ ，此時還要注意流過電阻之功率 $P = IV = 0.025 \times (1.5 \times 3 - 3.0) = 0.0375W$ ，所以購買電阻時要挑選 60Ω 且功率大於 0.0375W 之電阻。LED 光源可驅動後，將 LED 及電池盒一起固定在放置底片的固定座上，底片固定座可以自行製作或買現成的模具或相框。最後是調整 LED 照射到底片的位置及角度，位置除了和 LED 的發散角有關外，也與記錄時參考光的發散角及至底片的距離有關，而照射角度也和記錄時參考光入射到底片的角度有關。圖 5-6、5-7 為我們製作之裝置。

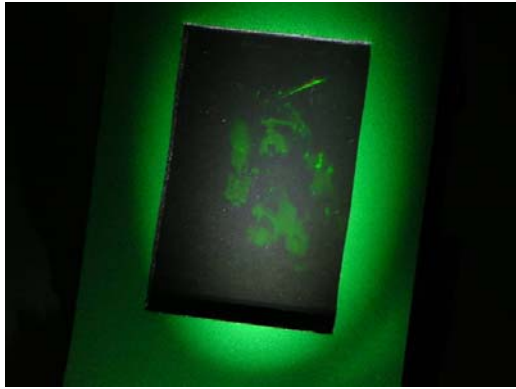
圖 5-6 之全像片，在記錄時參考光是用 20 倍物鏡擴成球面波，發散角約為 23.6 度，且距離底片較遠，約 50cm，所以重建時我們選擇發散角較小的 LED③，且離全像片約 10~15cm，影像方可清晰辨識。



(a)



(b)



(c)



(d)

圖 5-6 (a)LED 光源關掉時之裝置

(b)LED 光源開啟時之裝置

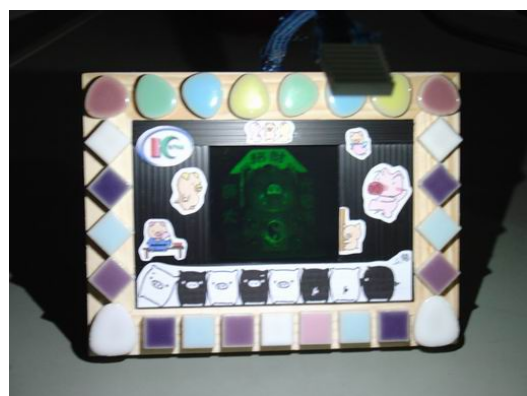
(c)圖(b)之左圖

(d)圖(b)之右圖

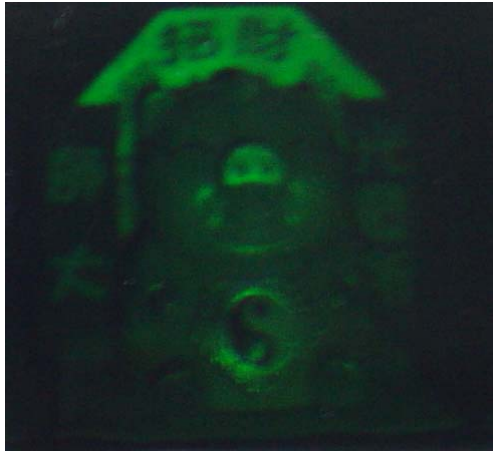
圖 5-7 之全像片，在記錄時參考光是用 60 倍物鏡擴成球面波，發散角約為 58.2 度，距離底片約 36cm，所以重建時我們選擇發散角較大的 LED[Ⓢ]，且離全像片約 12~15cm，影像方可清晰。



(a)



(b)



(c)

圖 5-7 (a) LED 光源關掉時之裝置

(b) LED 光源開啟時之裝置

(c)圖(b)之全像片放大

因此，將拍攝好的全像片，經過簡單的設計、加工，即可變成一方便觀賞且可攜之裝置。