

LED 及省電燈泡於崁燈之發光特性 實測與討論

王宏洲、高旗宏、鄭春皇、陳俊郎、陳煌坤
研發中心 光電技術研發部
台達電子工業股份有限公司

內容大綱

1. 前言
 2. 量測方法與儀器
 - 2.1 測試樣品
 - 2.2 測試項目及儀器
 3. 結果與討論
 - 3.1. 光源單體特性
 - 3.2. 崁燈發光光通量及燈具效率
 - 3.3. 崁燈總發光效率
 - 3.4. 照度分佈
 4. 結論
 5. 附錄
-

1. 前言

在「能源危機」及「節能減碳」的意識催促下，具有環保節能概念的發光二極體(Light Emitting Diode, LED)儼然已成為新一世代的照明光源。然而，在 LED 即將逐漸走入一般家庭之際，良莠不齊且多樣化的 LED 產品卻令人開始眼花繚亂並且懷疑「LED 燈比較省電？」[消基會, 2008 年 8 月]。LED 燈到底會不會比較省電？相信答案是肯定的。

LED 照明的省電否主要可從 LED 發光效率、驅動器(driver)功率因子(power factor)以及燈具的光利用係數(coefficient of utilization)來加以考量。LED 發光效率指的是電能激發出光的能力，用於照明時通常以流明除以每瓦(lm/W)來加以表示。LED 的發光能力在磊晶、晶粒及封裝製程後就決定了，當然溫度也是影響發光效率的因素。目前，效率良好的高功率 LED 其發光效率在實驗室階段達 136lm/W，而量產品也達 90lm/W [附錄(a)]。因此，隨著 LED 光源體技術的持續進步，LED 照明進入一般家庭應用已非遙不可及。另外，LED 通常需以直流的電源來加以驅動；因此，「LED 燈」省不省電還需看交流電轉直流電之 LED 驅動器的效率-功率因子來衡量。性能好的驅動器其功率因子可達 0.90 以上，而一般常見驅動器的效率也有 0.80，在技術上這方面應已不成問題。最後，當 LED 與驅動器結合之後，還有一項不可或缺的，那就是燈具了。五花八門的燈具樣式組裝上 LED 光源後須探討的是燈具效率，一般以光利用係數來表示。發光效率高的光源體若與燈具組裝搭配不良，則光利用係數降低，那麼有效用於照明的光能量也會相對地大打折扣而造成能源的損耗。

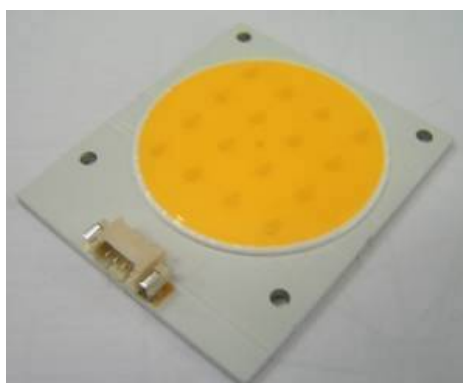
本文我們以實測的方式來探討 LED 與省電燈泡於燈具的特性，量測的範圍包括光源單體以及組成燈具之後的發光特性，如光通量、發光效率、燈具效率及光照度等等。燈具選取一般家庭、辦公室或公共場所常用的崁燈為測試平台。希望透過本文之科學性的實測數據以及客觀性的結果討論，將有助於讀者或一般大眾對於具環保節能風之 LED 光源及其於燈具應用有更進一步的概念與認識。

2. 量測方法與儀器

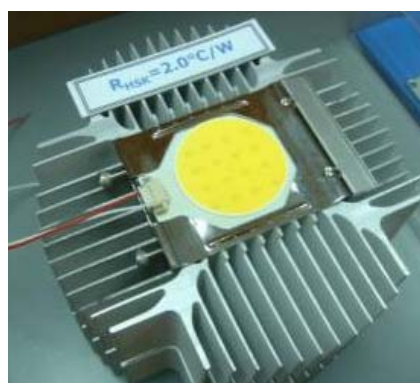
2.1 測試樣品

在量測中，我們選用台達電子光電研發部門所開發之 LED 照明模組樣品與市售 18 瓦 3U 型省電燈泡作為測試的光源，兩光源均屬晝光色，其色溫落於 6000K 至 6500K 之間。崁燈燈具選擇市售 E27 橫插式玻璃崁燈，該燈具內部有一碗狀的反射金屬罩，出光面具有一玻璃的擴散片，省電燈泡可直接橫插式安裝於該燈具之內。對於 LED 照明模組的安裝，我們則將該款燈具反射罩的型式適當地修改並且將 LED 模組散熱所需的散熱鰭片固定於燈架上(參考圖 1)。在此需特別強調：目前我們所選用之 LED 模組及其搭配的崁燈燈具組裝僅是實驗室階段性的測試樣品，尚未經過最佳化的設計步驟及流程，換言之，真正上市後的產品其效

率會更好。



(a) LED 照明模組



(b) LED 模組與散熱鰭片



(c) 反射罩



(d) 崁燈外觀

圖 1 LED 崁燈(未最佳化設計)

2.2 測試項目及儀器

量測項目包括光源單體的發光特性、光源安裝於崁燈燈具後之發光光通量、燈具效率與總發光效率以及崁燈安裝於天花板上照射至工作面的照度分佈。在量測的儀器方面，我們使用積分球(integrating sphere)來量測光源單體及光源安裝於崁燈燈具後的發光特性。量測光源單體時，光源單體是整個放進積分球之中以量取光源單體發出之「所有方向光束」的流明值。崁燈的光學特性量測則將崁燈置於積分球側邊的開口處，以量取「自崁燈玻璃擴散片出來之光束」的流明值。在量測過程中，積分球系統的校準是基本必備的步驟。對於照度分佈的量測，我們將崁燈實際安裝於天花板上以量測工作面上的照度分佈，照度的量測儀器採用色彩照度計(chroma meter)。量測在夜間進行，除了量取崁燈所發出之光束外，其餘外部的背景光大致隔離以消除其影響。在此，崁燈之玻璃擴散片至工作面(桌面)的距離是 240cm，這個高度是屬於天花板有挑高之建築物的高度。另外，關於光源所消耗電功率及功率因子方面，我們使用插座型的電力計(power meter)來加以量測。表一所列是以上所述之量測樣品、測試項目以及使用的儀器的簡表整理。

表一 量測樣品、項目及儀器簡表

項目	描述
a. 光源	(1) 本部門開發之 LED 照明模組樣品 / 晝光色 (2) 市售 18W 3U 型省電燈泡 / 晝光色 / E27 燈座
b. 崁燈燈具	(1) 市售 E27 橫插式玻璃崁燈適當修改反射罩及加上散熱鰭片 (2) 市售 E27 橫插式玻璃崁燈 / 150mm
c. 測試項目	(1) 光源單體光學特性 (2) 崁燈發光光通量、燈具效率及總發光效率 (3) 照度分佈 @H=240cm
d. 量測儀器	(1) 積分球, Sphere Optics LS-100 (2) 色彩照度計, Konica-Minolta, CL-200 (3) 插座型電力計, JosephTec.

表二 光源單體特性

項目 光源	色溫(K)	演色性	光通量(lm)	總消耗 功率(W)	功率因子	發光效率 (lm/W)
LED 模組 (未含驅動器)	6160	76	711	10.8	-	65.8
LED 模組 (含驅動器)				13.0	0.83	54.7
省電燈泡	6578	78	764	14.2	0.57	53.8

3. 結果與討論

3.1 光源單體特性

表二是光源單體之特性量測結果的比較表，其中 LED 模組與省電燈泡量得的色溫(6161K 及 6578K)與演色性(76 及 78)是接近的，因此後續用來比較其光通量及發光效率具有參考性。未含有電路驅動器之 LED 模組的光通量、總消耗功率及發光效率分別是 711lm、10.8W 以及 65.8lm/W，這是以實驗室之電源供應器(power supply)輸入直流電所量取的結果。然而，在實用上需以 110V/60Hz 的交流電源輸入來點亮 LED 模組，通常一交流電轉直流電以及電壓調降的驅動器是必要的。我們選擇一款市售的驅動器來連接 LED 模組，該驅動器之功率因子以電力計量得為 0.83，因此在考慮驅動器的消耗功率之後 LED 模組的發光效率為 54.7lm/W。含有驅動器之 LED 模組的發光效率與省電燈泡的 53.8lm/W 相當接近，而省電燈泡之功率因子為 0.57。

在此需特別注意：目前各大 LED 廠家之高功率白光 LED 的發光效率在實驗室與量產階段已分別可達 136lm/W 及 90lm/W [附錄(a)]，實際上 LED 光源的發光效率已凌駕於市售的省電燈泡很多。

3.2 崁燈發光光通量及燈具效率

在光源單體的特性量測之後，接下來我們將兩個光源單體分別裝入對應的崁燈燈具中。表三所列是兩組崁燈之發光光通量量測結果及燈具效率的比較。在崁燈具有玻璃擴散片的條件之下，熱穩定後 LED 模組崁燈與省電燈泡崁燈的光通量分別為 408lm 及 321lm，若以光源單體之發光光通量來當基準，則 LED 模組崁燈與省電燈泡崁燈的燈具效率分別是 57.4% 與 42.0%，LED 崁燈所對應的燈具效率較高 15.4%。在此，LED 模組崁燈之燈具效率較高的原因正是其發光具有「方向性」所致。省電燈泡單體雖擁有較高的光通量值(表二)，但是由於其發光是「四面八方」發射，故容易造成發射光沒有直接從崁燈出光面射出而在燈具內損耗，最後導致出光量減少以及燈具效率降低；不具有玻璃擴散片崁燈的量測結果也有上述相同的現象。這個現象與 Cree 公司於 LED 燈具設計導引(LED Luminaire Design Guide)一文所提出的結果 [簡表見附錄(b)] 是一致的。另外，玻璃擴散片雖對於光源單體發出之光分佈有「均勻化」的功能(亦可參考 3.4 節照度分佈量測結果)，但是玻璃擴散片造成 LED 模組崁燈及省電燈泡崁燈之燈具效率的下降幅度約是 20%。

表三 崁燈發光光通量及燈具效率

項目 \ 光源	單體光通量 (lm)	崁燈不具有玻璃擴散片		崁燈具有玻璃擴散片	
		光通量(lm)	燈具效率(%)	光通量(lm)	燈具效率(%)
LED 模組	711	548	77.1	408	57.4
省電燈泡	764	495	64.8	321	42.0

表四 崁燈總發光效率

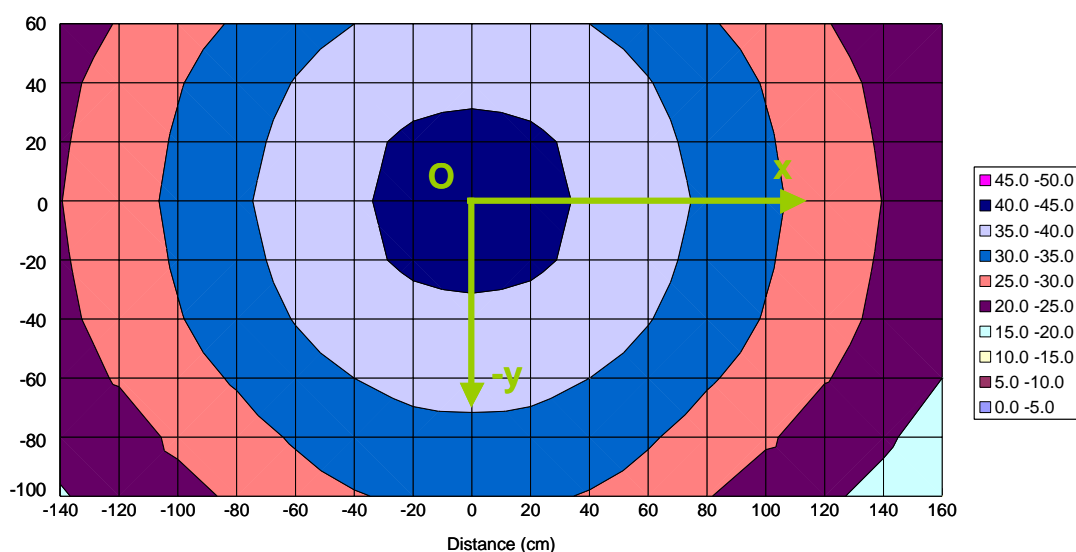
項目 \ 光源	項目	崁燈總發光效率(lm/W)	
		不具有玻璃擴散片	具有玻璃擴散片
LED 模組(不含驅動器)		50.7	37.8
LED 模組(含驅動器)		42.2	31.4
省電燈泡		34.9	22.6

3.3 崁燈總發光效率

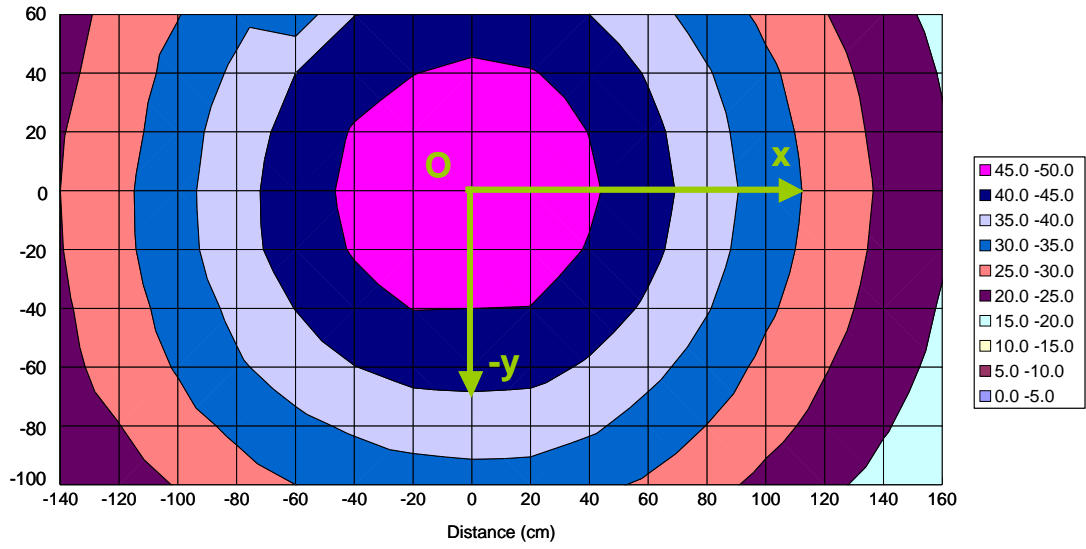
綜合 3.2 節及 3.3 節的結果，LED 模組崁燈及省電燈泡崁燈的總發光效率如表四所列。在普遍的使用條件下，即具有玻璃擴散片的條件下，含有驅動器之 LED 模組崁燈及省電燈泡崁燈的崁燈總發光效率分別是 31.4lm/W 及 22.6lm/W，LED 模組崁燈的總發光效率可勝出省電燈泡崁燈的總發光效率達 8.8lm/W。本次實驗使用的 LED 模組為本部門實驗樣品，效率僅為 65.8 lm/W，如果使用市售國際大廠的產品，請參考附錄(a)，其效率已高於 80 lm/W，則 LED 模組崁燈勝出省電燈泡崁燈的總發光效率將比 8.8 lm/W 多更多。

3.4 照度分佈

照度是照明設計主要考量的指標之一，因此我們也分別針對單個 LED 模組崁燈及省電燈泡崁燈的照度分佈進行量測，量測的結果如圖 2 及圖 3 所示。圖 2(a)及圖 2(b)分別是不具有及具有玻璃擴散片之 LED 模組崁燈照度分佈的量測結果，圖中 O 點是燈具的正下方。圖中可以看出兩個現象，分別是(1)LED 模組崁燈不管有無加上玻璃擴散片其照度分佈都是呈現圓形對稱；及(2)加上玻璃擴散片之後，於燈具正下方區域的照度將會比沒有加玻璃擴散片的照度提升。至於省電燈泡崁燈，在沒有加玻璃擴散片的情形下該崁燈在工作面上的照度將對燈管方向呈現接近上下對稱的分佈，如圖 3(a)所示；而加上玻璃擴散片之後，照度分佈將被調整成接近圓形的對稱，如圖 3(b)所示。另外，加上玻璃擴散片之後，同樣地省電燈泡崁燈燈具正下方區域的照度也會有所提升。圖 4 是兩組崁燈沿著 x 軸方向之照度分佈的比較圖，在具有玻璃擴散片條件下，崁燈正下方處 LED 模組崁燈與省電燈泡崁燈的照度值分別為 49.3lux 及 28.5lux。

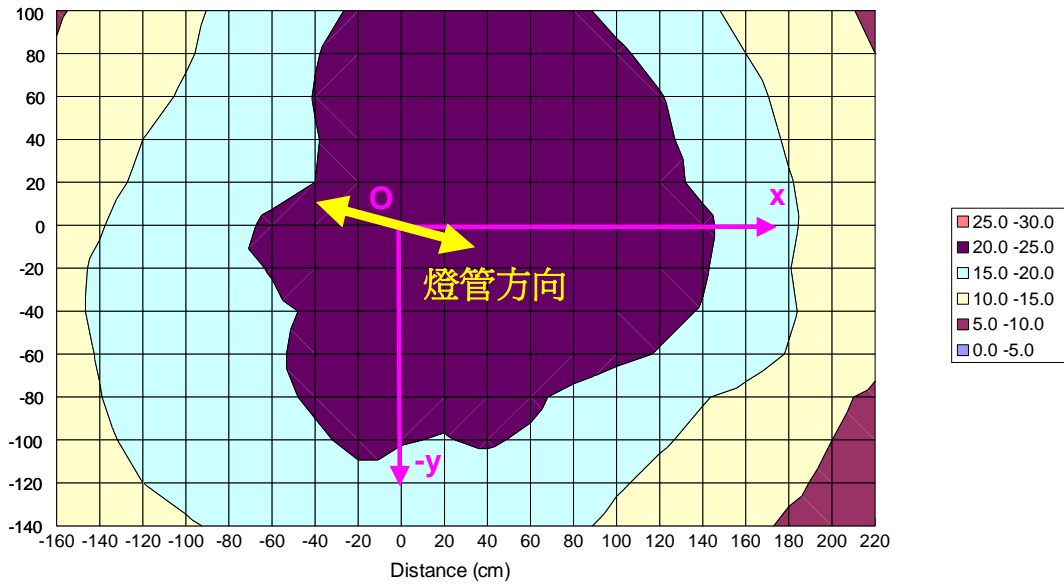


(a) 不具有玻璃擴散片

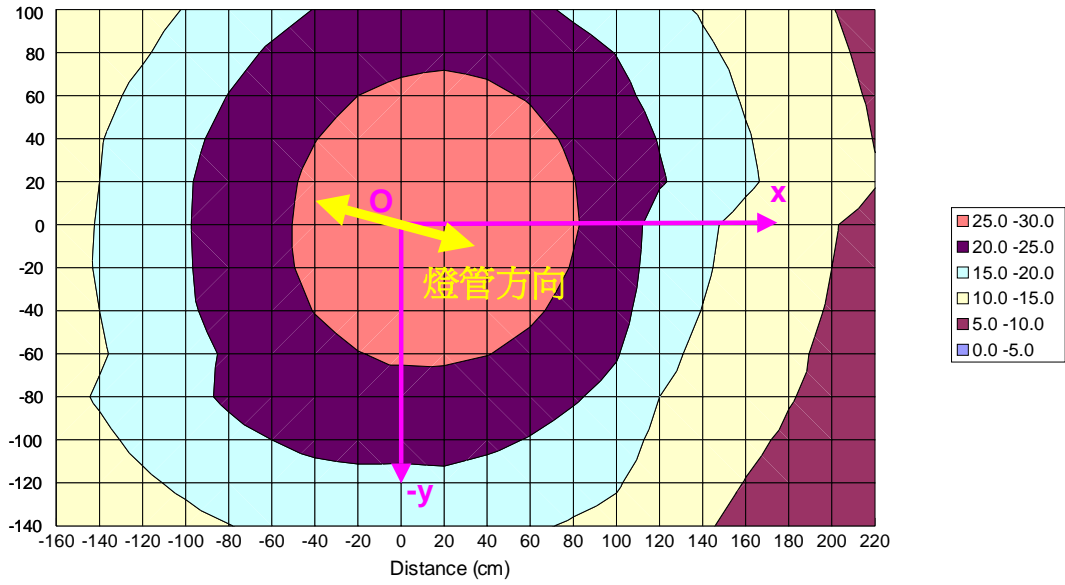


(b) 具有玻璃擴散片

圖 2 LED 模組嵌燈照射於工作面上的照度分佈



(a) 不具有玻璃擴散片



(b) 具有玻璃擴散片

圖 3 省電燈泡嵌燈照射於工作面上的照度分佈

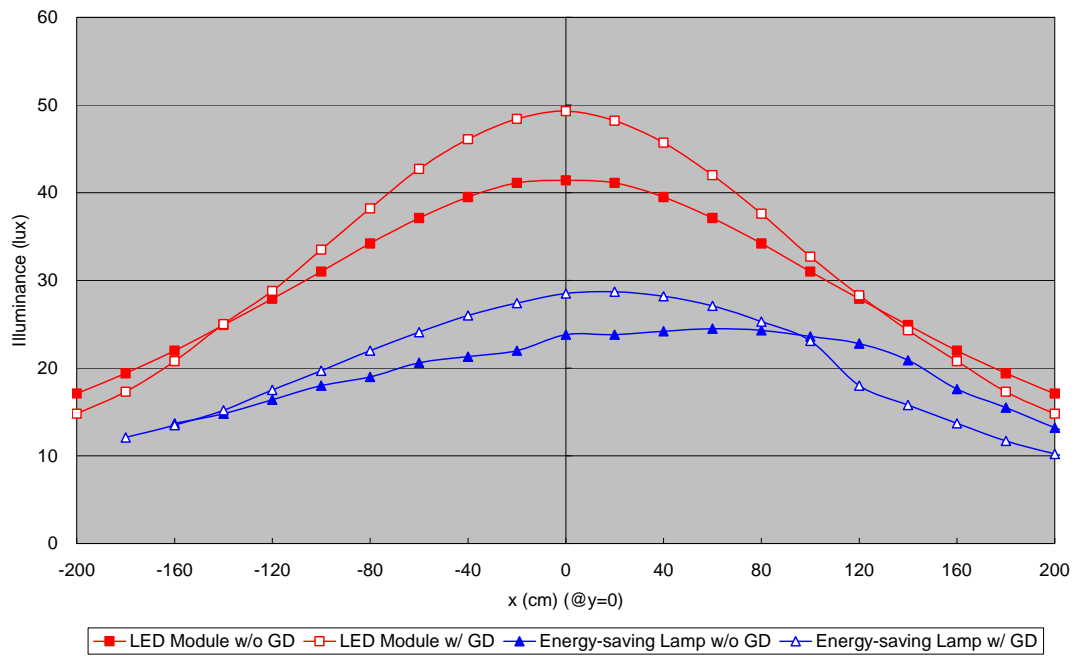


圖 4 照度分佈比較圖

4. 結論

本文我們測試了 LED 崁燈與省電燈泡崁燈的發光特性。於光源體測試時，我們所選用的 LED 光源(含驅動器)在色溫、演色性以及發光效率方面具有與省電燈泡相當接近的光學品質。在光源單體個別組裝上所搭配的崁燈燈具之後，由於 LED 的發光具有方向性，的確較「四面八方」發光的省電燈泡在燈具效率方面高出許多。因此，在實驗中縱然省電燈泡擁有較高的光通量值，但是經過燈具的組裝後，省電燈泡崁燈的出光量反而小於 LED 崁燈的出光量，以致發光效率及照度量測值也相對較低。所以，實驗中的 LED 燈在搭配驅動器與崁燈燈具後，它的省電效能已超越省電燈泡。





LED 已具有環保無汞、壽命長、效能高的優點，但目前因其成本與售價還是偏高，不易為大眾家庭所接受，同時對新光源的使用，相關法規還未盡完備，不過這些問題隨著 LED 發光效率的提昇，製造技術的持續精進將漸漸被解決，因此說它是下世代的環保節能照明光源一點也不為過。

5. 附錄

(a) 目前各家高功率白光 LED 實驗室與量產技術水平 [各廠商, PIDA 整理, 2008 年 7 月]

Forward Current	350mA	1A	1.4A	4A	Company / Released date	Efficiency (lm/W)
Cree (2007/9)					Orsam	
lm	135.7	---	---	1000	2008/2	85
lm Max	---	---	---	1050	Semileds	
lm/W (Typ.)	129	---	---	72	2008/2	80
Nichia (2007/9)					Cree	
lm	145	---	---	---	2008/5	90
lm/W (Typ.)	134	---	---	---	Epistar	
Lumileds (2007/1,2007/11)					2008/6	70
lm	136	220	---	---	Lumileds	
lm/W (Typ.)	115	60	---	---	2008/6	90
Osram (2008/7)						
lm	155	---	500	---		
lm/W (Typ.)	136	---	---	---		

(B) CFL 與 LED 於崁燈之光利用係數比較表 [LED Luminaire Design Guide, Cree Inc., 2007]

Light Source	Light-Source Efficacy	Coefficient of Utilization	Fixture Efficacy
CFL	 65 lm/W	 54%	35 lm/W
XLamp XR-E Neutral White	 58 lm/W	 77%	44 lm/W