

3 吋小型液晶面板 LED 背光系統之薄型導光板設計研究

黃顯川 楊萬隆 葉志庭

清雲科技大學電機工程研究所

桃園縣中壢市健行路 229 號

摘要

小型液晶面板之 LED (light-emitting diode) 背光系統設計，由於牽涉到 LED 點光源特性，使得導光板網點設計大多形成圓形分佈。除了增加設計的困難度外，也會增加生產成本。本研究提出區塊細劃網點的設計概念來改善一般網狀式網點之導光板使用 LED 光源經常亮度不均的現象，對導光板出光的均勻性有明顯的效果。製作方式如同一般網狀式網點之導光板，不會增加生產成本。

本研究以 3 吋的小型液晶面板背光源 0.8mm 薄型導光板為設計目標，將四顆 LED 光源放置於導光板兩邊，使用區塊細劃方式的網點設計，9 點量測法結果均齊度可達 88.6%，100 點量測法結果均齊度可達 80.86%，400 點量測法結果均齊度可達 77.8%。希望本研究可帶給小型液晶顯示器背光系統之導光板設計提供實用的參考價值。

關鍵詞：LED 背光系統，區塊細劃網點，薄型導光板

A New Design of the Light-Guide Plate on a 3-Inches LCD Backlight

HSIEN-CHUEN HUANG, WAN-LUNG YANG and ZHI-TING YEH

Institute of Electrical Engineering, Ching Yun University

229, Chien-Hsin Rd., Jung-Li, Taiwan 320

ABSTRACT

In an LED (light-emitting diode) backlight system of small-size LCDs (liquid crystal display), most designs for the light-guide plates adopt a circular distribution form because of the light-point character of LEDs. This type of distribution increases not only the difficulty level of the design but also the manufacturing cost. Therefore, we propose a new "block-division dot" design concept to improve the uniformity of the traditional design of dots. This new design has provided obvious improvement in the uniformity of the brightness. Moreover, the manufacturing process based on this new design is the same as that for the traditional light-guide plate; hence, the manufacturing cost is not increased.

Thus, we designed a thin 0.8mm light-guide plate for the backlight sources of 3-inch LCDs. Four LEDs located on the sides of the plate demonstrated an initial uniformity of more than 88.6% when the block-division design was used. Our proposed design can be of practical value in

designing the light-guide plate in a backlight system for small-size LCDs.

Key Word: LED backlight system, block division dots, thin light guide plate

一、前言

小尺寸液晶顯示器，其背光系統受限於空間及避免使用高壓等因素而選用 LED (light-emitting diode) 為光源。然而，直接將 LED 所發出的光導入背光系統時，由於 LED 的發光有一定的擴散角度，使得背光系統導光板不易達到均勻的出光。其中，以 LED 擴散角度區內呈現亮帶及邊緣呈現暗帶為最常見問題。

目前解決的方式就是將背光系統導光板的擴展網點設計以 LED 為中心呈同心圓方式 [5]，或者利用光學透鏡將 LED 的發光角度再擴大分散光亮度 [1]，或者使用多顆 LED 安排於背光系統各角落，以多角度光源方式來減少邊緣暗帶 [2]，或者使用多顆 LED 排成一列讓 LED 發光重疊 [6]，使得光源如一般大型液晶顯示器所採取 CCFL (cold cathode fluorescence lamp) 冷陰極管呈線光源。各種 LED 為光源的背光系統導光板設計如圖 1-5 所示。

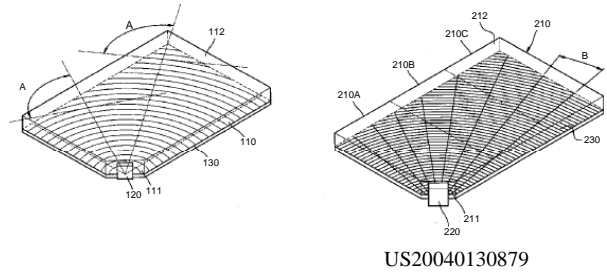


圖 2. LED 邊緣發光呈同心圓方式的擴展網點設計

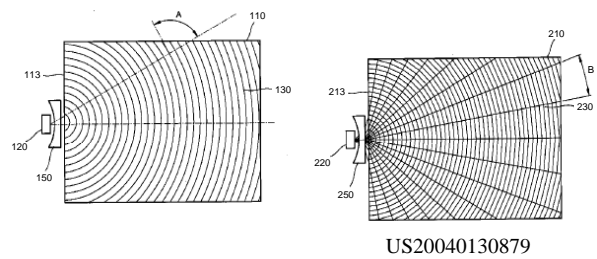


圖 3. 以光學透鏡將 LED 的發光角度擴大及同心圓方式的擴展網點設計

然而，從實用及經濟的考量，同心圓方式的擴展網點設計，與傳統的網狀式網點設計方式來相比較，除了增加設計的困難度，也增加了生產成本。而將 LED 的點光源經由光學組件轉成類似冷陰極管線光源的設計是個不錯的構想，轉成線光源後導光板即可以傳統網狀式網點方式來處理，降低

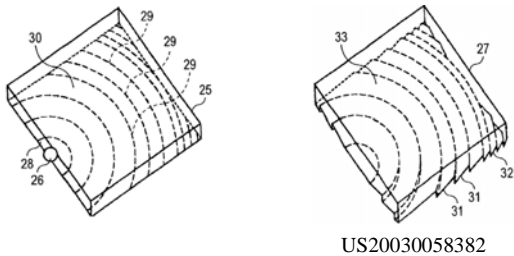


圖 1. 以 LED 為中心呈同心圓方式的擴展網點設計

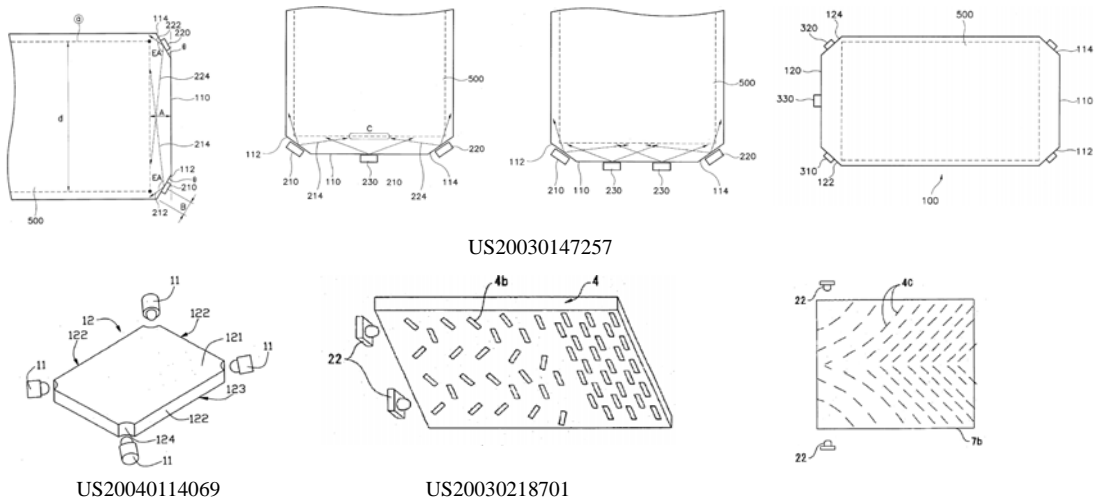


圖 4. 使用多顆 LED 於導光板各角落，以多角度光源方式分散光度之導光板設計

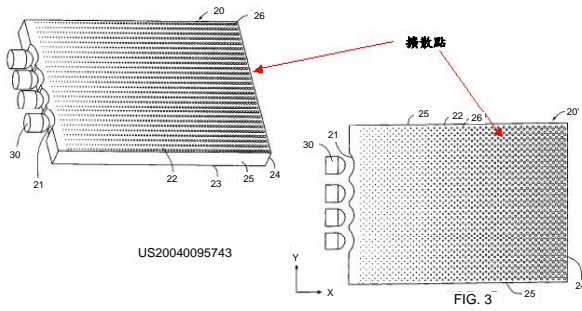


圖 5. 使用多顆 LED 排成一列之導光板設計

設計導光板的困難度，可是無形中多了一個光學組件也增加了成本。

近年來，小型液晶面板逐漸輕薄化，導光板的厚度也減小至 0.8mm。換句話說，想在導光板前加一光學組件來將 LED 的點光源轉成線光源，不管設計或組裝的困難度皆增加不少。有鑑於此，本研究提出區塊細劃網點的設計概念改良一般網狀式網點設計方式，消除網狀網點導光板使用 LED 光源常見亮度不均的現象，如此可兼顧傳統導光板設計之方便性及使用 LED 光源的優點。希望此構想可為 LED 運用於液晶顯示器背光源的設計，有個嶄新的思考空間。製作方式如同一般網狀式網點之導光板，不會增加生產成本。

區塊細劃式網點設計，除了改善 LED 為光源時導光板光亮度不均的問題外，同時也可避開圓形狀網點設計的專利，及降低圓形狀網點設計及生產的困難度。區塊細劃式網點設計是先依 LED 發光特性規劃區塊範圍及形狀，再以光分佈特性規劃調整區塊內網點密度，如此除了補償邊緣區光度不足的現象，也改善了導光板的出光均勻性。

小型液晶面板應用在各種個人化的電器產品，以手機而言液晶顯示器面板目前以 2.2 吋最為普遍，兩顆 LED 發光亮度已足夠。然而，未來小型面板應用有逐漸走向 3 吋的趨勢，以 3 吋的面積所須亮度必需四顆 LED 發光才足夠。因此，本研究嘗試以 3 吋液晶顯示器背光源，四顆 LED 置於導光板兩邊的方式來進行設計。

二、設計理論

光在導光板中的分佈情形，由於光隨著距離及擴散角度光能量逐漸遞減，為了讓光可以均勻輸出，必須設計隨距離改變的合理擴散網點的比例。假設 dI 表示出光量， dI 可以表示如下列關係式 [3]：

$$-dI = \alpha I \rho dx \quad (1)$$

其中負號表示光在經擴散網點出光後導光板中光能量減少， α 為每擴散行出光量的比例值， ρ 表擴散網點的分佈密度。 ρ 可表示為：

$$\rho = dN/dx \quad (2)$$

這裡： dN/dx 表單位長度下擴散網點行數。若 N_T 為擴散網點總行數，則 $N_T = L/\overline{\Delta x}$ 。 L 表示導光板的總長度， $\overline{\Delta x}$ 表示平均行距。令導光板在 $x=0$ 位置時，光強度 $I=I_0$ 。令 $A=I\rho$ ，式子 (1) 轉換為 $dI=-\alpha A dx$ ，積分整理式子得：

$$I = I_0 - \alpha A x \quad (3)$$

而式子 (1) 整理得：

$$-dI = \alpha I \frac{dN}{dx} dx = \alpha I dN \quad (4)$$

由式子 (4) 可獲得導光板內部光分佈情形及 α 的關係為：

$$\alpha = \frac{-\frac{dI}{I}}{dN} \quad (5)$$

如果在理想狀況下所有的光經由導光板百分之百出光則

$$\alpha A = \frac{I_0}{L} \quad (6)$$

可獲得導光板內部光分佈情形及 α 的關係如下 [4]：

$$I = I_0 e^{-\alpha N} \quad (7)$$

藉由上述光源在導光板之擴散點出光量理論分析，可瞭解由於光在每經過一擴散點時都會有部分光出射於導光板，且光傳遞的能量會隨著導光板長度而呈現遞減，本研究由式子 (7) 可得知光能量在導光板內遞減的情形。

三、網點設計與模擬結果

0.8mm 薄型導光板之 3 吋背光源系統，其結構示意圖，如圖 6 所示。導光板網點區塊細劃的設計配合 LED 光距離及擴散角度特性，將每個 LED 發光區域分割成六個區塊如圖 7 所示，不同區塊依式子 (7) 來佈置不同的網點。

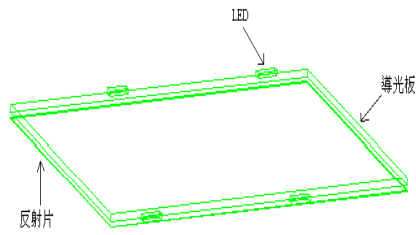


圖 6.3 吋背光系統結構示意圖

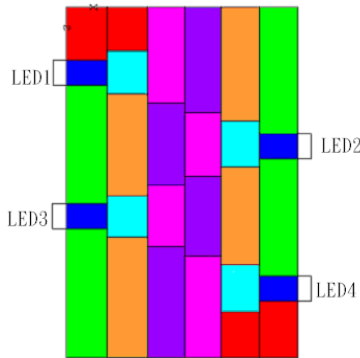


圖 7.3 吋背光源系統，區塊細劃網點之導光板示意圖

本研究利用 Tracepro 來進行模擬，導光板材質為 PMMA 折射率為 1.49，厚度為 0.8mm。光源採用 Nichia 公司型號為 NSCW020T 的白光 LED 四顆，其光強度分佈曲線如圖 8 所示，瓦特數 120mW。光源與導光板表面的間距為 0.1mm，LED 置於導光板較長的兩側並交叉排列。網點採取網狀圓形式網點，表面特性為 Diffuse white，固定網點間距為 0.25mm，網點的深度固定為 0.02mm，改變網點半徑其紅色區塊範圍由 0.24mm~0.28mm、藍色區塊範圍由 0.02mm~0.03mm、青色區塊範圍由 0.04mm~0.06mm、粉紅

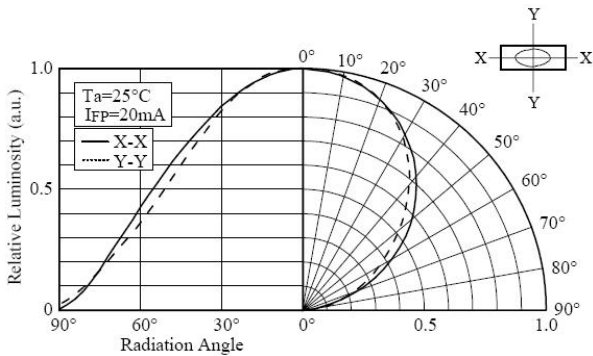


圖 8. NSCW020T 二極體光強度分佈曲線圖 (資料來源：Nichia)

色區塊範圍由 0.07mm~0.11mm、紫色區塊範圍由 0.12mm~0.14mm、橙色區塊範圍由 0.15mm~0.17mm、綠色區塊範圍由 0.18mm~0.26mm。

傳統 0.04mm 均勻網點的導光板與 0.02mm~0.28mm 區塊細劃網點式網點之導光板其結果，如圖 9-10 所示。可見區塊細劃網點式網點設計有不錯的出光均勻度，而傳統均勻網點設計會在靠近二極體發光處有明顯過亮的現象。本研究模擬 150 萬條光線的結果，發現使用網點區塊細劃法能有效的改善四顆 LED 的導光板設計，使得導光板出光面有良好的均勻度。

本研究掃描整個導光板的出光，發現最大亮度值為 101.2 W/m²，最小亮度值 75.6 W/m²。由於導光板的出光還會經過擴散片及增光片的作用，而將導光板的出光再次均勻化。因此，很難判斷設計的好壞，本研究依照一般液晶顯示

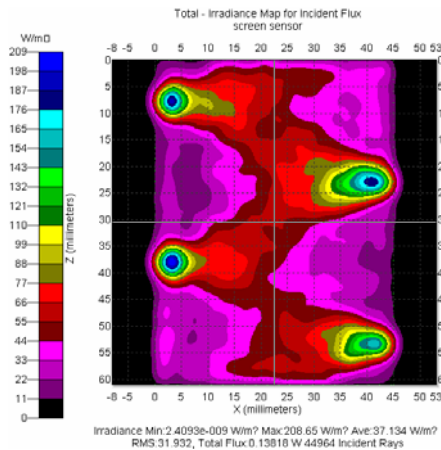


圖 9. 0.04mm 均勻網點之導光板光能量分佈圖

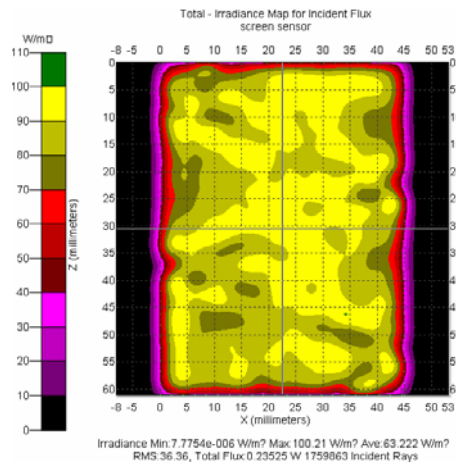


圖 10. 0.02~0.28mm 區塊細劃網點之導光板光能量分佈圖

器亮度的三種標準量法，9 點量測法、100 點量測法、400 點量測法，其結果如表 1 所示。

均齊度及亮度平均是判斷設計的好壞兩項指標。均齊度 (L) 是最大亮度值 (P_{\max}) 除以最小亮度值 (P_{\min}) 的結果。另外，亮度平均值以 (P_{av}) 表示之。

四、結論

區塊細劃法網狀式網點設計之導光板，本研究發現確實能有效地改善小型面板使用 LED 為光源所造成亮帶及暗帶亮度不均的問題，使導光板有不錯均勻出光的效果。希望本研究可帶給背光系統之導光板網點設計上經濟又實用的參考價值。

表 1. 區塊細劃法網狀式網點導光板之亮度值及均齊度

	P_{\max}	P_{\min}	P_{av}	均齊度
9 點	96.43 W/m ²	85.5 W/m ²	90.91 W/m ²	88.6%
100 點	97.41 W/m ²	78.78 W/m ²	89.25 W/m ²	80.8%
400 點	98.74 W/m ²	76.84 W/m ²	88.24 W/m ²	77.8%

誌謝

感謝行政院國家科學委員會提供本研究部分經費支持 (計畫名稱：小型液晶顯示器 LED 背光系統設計研製；NSC-95-2221-E-231-026)。

參考文獻

1. Choi, J. S., H. Y. Choi, J. H. Min, S. M. Lee, J. H. Kim and M. G. Lee (2003) Backlight unit. U.S. Patent, PN. 20040130879.
2. Lai, C. D. and T. Chen (2003) Backlight system and liquid crystal display using the same. U.S. Patent, PN. 20040114069.
3. Jansson, J. L., T. P. Jansson and J. M. Lerner (1998) Liquid crystal display system with internally reflecting waveguide for backlighting and non-lambertian diffusing. U.S. Patent, PN. 5838403.
4. Jansson, J. L., T. P. Jansson and J. M. Lerner (2000) Backlighting assembly for a display. U.S. Patent, PN. 6130730.
5. Tanoue, Y., M. Shinohara, J. Takagi and J. Tsuji (2002) Plane light source apparatus. U.S. Patent, PN. 20030058382.
6. Yu, T. C., C. Leu and G. L. Chen (2003) Light guide plate. U.S. Patent, PN. 20040095743.

收件：94.12.30 修正：95.04.12 接受：95.09.28