

導光板上表面的粗糙化及光學模擬

林正峰 謝耀文 康智傑

南台科技大學光電工程研究所(71005)

台南縣永康市南台街一號

TEL:06-253-3131, FAX:06-2549400, E-mail:jengfeng@mail.stut.edu.tw

摘要---在這個研究中，我們使用光學模擬軟體 ASAP 去模擬一 14 吋背光模組。我們量測與分析一 14 吋導光板上表面之粗糙度參數，再參考這些參數，建立粗糙面的光學模型。我們在導光板上表面取 30 個點進行粗糙度量測，並以自寫的 MATLAB 程式分析量測的資料，得到粗糙面的斜率(slope)分佈及斜率的均方根值。經由微結構量測及分析，可以得到導光板上表面粗糙化結構之參數，然後將粗糙表面的模型建入 ASAP 中，進行背光模組的模擬，並與光學量測比較。

關鍵字：背光模組、粗糙度、照度、輝度

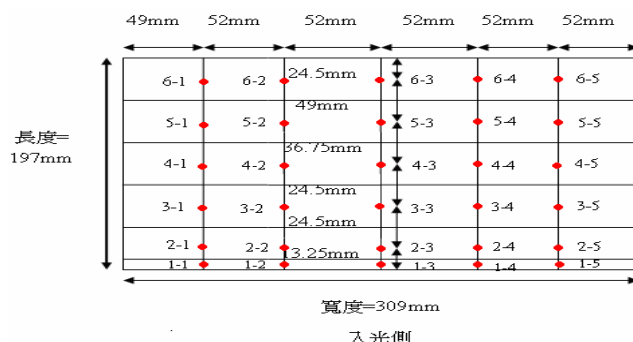
一、簡介

由於粗糙面難以用真正的表面形狀模擬，所以粗糙面的模擬並不容易，也是背光模組廠商做光學設計時，常碰到的問題[1]。表面粗糙化不只是導光板出光均勻化的重要技術之一，它也可運用在光學膜上，我們希望建立粗糙面的光學模型，並將它應用於背光模組的模擬及設計上。

在這個研究中，我們使用光學模擬軟體 ASAP 去模擬背光模組。首先我們量測與分析一 14 吋導光板上表面之粗糙度參數[2][3]，再參考這些參數，建立粗糙面的光學模型，以應用在導光板粗糙表面的模擬及設計上，並獲得良好的出光均勻性；經由微結構量測，我們發現粗糙表面是先經過噴砂之後，再進行雷射打洞。我們在導光板上表面取 30 個點進行粗糙度量測，並以自寫的 MATLAB 程式分析量測的資料，得到粗糙面的斜率(slope)分佈及斜率的均方根值。經由微結構量測及分析，可以得到導光板上表面粗糙化結構之參數，然後將粗糙表面的模型建入 ASAP 中，進行背光模組的模擬，並與光學量測比較，以瞭解光學模擬的可信度。

二、導光板上表面微結構的量測

如圖一所示，將導光板上表面由入光側開始依序分成六區，在每一區上面依照等比例取五個點，使用共焦顯微鏡進行粗糙度量測，根據量測觀察靠近入光側的第一區和第二區是雷射打洞最密集的區域，由此可知距離光源愈近雷射打洞密度愈高，第三區只有少部分的雷射打洞，其主要區域為噴砂，第四區和第五區是為噴砂的區域，第六區也只有少部分的雷射打洞，主要為噴砂。



圖一 量測導光板上表面 30 點粗糙度示意圖

(一) 導光板上表面中間五點之rms micro-roughness

如圖二所示，在導光板上表面中間等比例取五點，使用雷射共軛顯微鏡，Z 軸 pitch 設定為 0.01 μm ，量測的高度資料會先經過修正傾斜，產生第一組高度資料，接著再經由 3 \times 3 濾波器濾除高頻，產生第二組高度資料，然後將二組高度資料以 MATLAB 程式讀入，再求其差，這便是此測量點上的微小高度變化。此差的 rms 值，稱為 rms micro-roughness。在導光板上表面的中線，量測點分別為距離入光側 2cm、4cm、7.5cm、11cm 和 18cm，其相對應的 rms micro-roughness 值分別為 156nm、109 nm、53nm、44nm 和 420nm。

(二) 導光板上表面六區之rms slope及macro-roughness(h)

如圖一所示，將每一區中五個測量點的rms slope及macro-roughness(h)取平均值，導光板第一區至第六區的平均rms slope分別為0.243、0.157、0.130、0.096、0.117、0.179 radian，而平均macro-roughness(h)分別為0.458、0.288、0.2、0.132、0.17、0.486 μm 。

(三) Slope及rms slope的說明

使用雷射共軛顯微鏡進行粗糙度的光學量測，沿Z軸方向以最高0.05 μm 的解析度進行量測，每一個量測點共有1024 \times 768個pixel，Slope是每一個pixel的微小傾斜面之單位法向量與空間Z軸的夾角[4]，以radian為單位且以式(1)計算；rms slope是將每一個pixel的Slope利用式(2)計算所得到的。

$$\theta = \sin^{-1}|s| \quad (1)$$

$$Sdq = \sqrt{\frac{1}{(M-1) \times (N-1)} \sum_{K=1}^{M-1} \sum_{L=1}^{N-1} \left(\frac{Z(X_K, Y_L) - Z(X_{K-1}, Y_L)}{\delta_x} \right)^2 + \left(\frac{Z(X_K, Y_L) - Z(X_K, Y_{L-1})}{\delta_y} \right)^2} \quad (2)$$

三、光學量測

由於導光板上表面有微結構，噴沙和雷射打洞的粗糙程度的不同，經過量測之後，發現本研究導光板上表面照度，分佈都是不均勻的，因為受限於 ASAP 軟體，模擬輝度所耗費的時間太長的關係，所以為了驗證導光板輝度是否也是不均勻，所以使用照度相對值來近似輝度相對值，其結果如表一所示，當量測點靠近入光側所測到的照度相對值和輝度相對值則愈高，當量測點距離入光側愈遠所測到的照度相對值和輝度相對值則愈低，兩者趨勢是相似的。

表一 量測 LGP 出光面六點

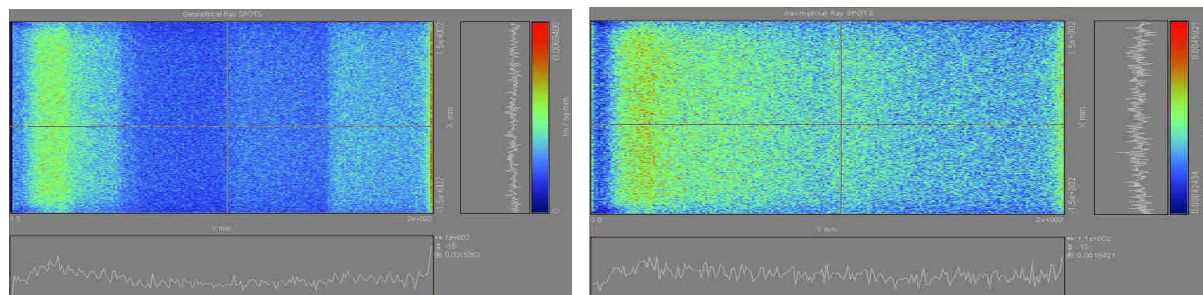
量測 LGP 出光面六點	出光面六點照度(lm/m ²)	出光面六點輝度(nit)
第 1 點距離光源 2cm	3103.7	643.9
第 2 點距離光源 4cm	1753.1	443.6
第 3 點距離光源 7.5cm	1355.7	288.7
第 4 點距離光源 11cm	1220.7	266.1
第 5 點距離光源 14.5cm	1058.1	217.3
第 6 點距離光源 18cm	764.4	191.9

四、光學模擬

在光學模擬軟體 ASAP 中使用 300 萬條光線進行，利用光學模擬軟體 ASAP 建構一實際的 14 吋側光式背光模組，此背光模組內含 CCFL 發光源、導光板、反射片、反射罩及膠框等構件。導光板設定為射出成型之楔型板，材質為 PMMA，折射率為 1.49，尺寸為寬度 305 mm、長度 197 mm、厚度 2.1 mm；反射罩採用鏡面反射，反射率設定為 98%；反射片則設定為鏡面反射，反射率設定為 96%；膠框反射係數設為 0.7。導光板入光側平滑、下縱溝、上表面粗糙化，本研究依照光學量測，將導光板模型上表面依

粗糙度的不同分成六區，並且以 ASAP 的粗糙度模型-Roughness 指令來定義粗糙面[4]，該指令預設數個 slope 分布函數，其中較適合者為高斯函數，但量測分析顯示六區的 slope 分布均與高斯函數不太相同。

將上表面六區的 rms slope 以量測值代入，所得到的照度圖如圖二(a)所示，照度的均齊度較量測結果差，第二、三、六區照度太大。導光板上表面第六區經過量測得到之 rms slope 值比較大，所以會使第六區感測面上面所吸收的光通量增加，並且光線經過反射膠框再反射回到導光板，會造成第六區的亮區及亮線增強，此模型出光效率可達 68%。

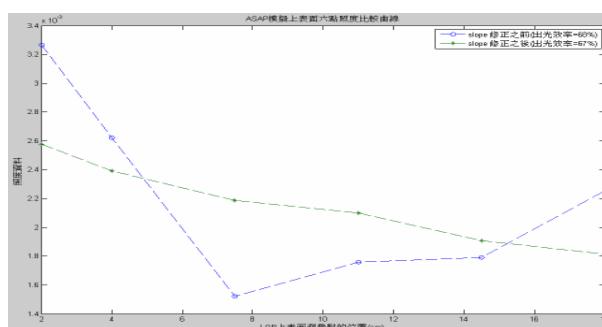


(a)

(b)

圖二 導光板入光側平滑、上表面粗糙化、下縱溝之照度圖 (a) 上表面粗糙化使用量測的rms slope值，(b) 上表面粗糙化使用修正後的rms slope值

為使照度分布接近量測值，我們修正六區的rms slope，第一區至第六區的平均rms slope分別為0.2、0.13、0.115、0.12、0.13、0.135 radian，其照度圖如圖二(b)所示，此模型的出光效率為67%。修正rms slope前後，ASAP模擬上表面六點照度的比較曲線如圖三所示，研究發現修正rms slope之後，照度曲線比較平滑，也表示照度圖較均勻。



圖三 ASAP模擬上表面六點照度的比較曲線

五、結論

由 ASAP 作導光板上表面粗糙化之光學模擬，以 ASAP 的粗糙度模型，Roughness 指令來定義粗糙面，建構粗糙度模型，分析模擬結果，發現若直接將量測所得到的粗糙度參數，應用在模擬導光板上表面的粗糙化，其結果與實際導光板上表面的光度量測有所差距，所以必須將測得的上表面粗糙化參數加以修正，並且調整每一區 rms slope 大小，才可以和實際量測得的導光板出光面輝度值分佈的趨勢符合。

六、參考文獻

- [1] H. Matsumoto and T. Yamashita, "Surface light source and light guide used therefore," US Patent, Patent No. US 7139464 (2006).
- [2] Jean M. Bennett and Lars Mattson, *Introduction to Surface Roughness and Scattering*, second edition, p71~p82.
- [3] John C. Stover, *Optical Scattering Measurement and Analysis*, second edition, p31~p40.
- [4] ASAP technical guide for "Scattering", Breault Research Organization .