

## 発光ダイオードを用いた携帯情報端末用バックライト

篠原 正幸・高木 潤一・大場 正利・竹内 司

### Light Emitting Diode Backlight for Portable Information Module

Masayuki SHINOHARA, Junichi TAKAGI, Masatoshi OBA and Masashi TAKEUCHI

The thin backlight system with higher brightness and lower power consumption is strongly demanded for display of portable information modules to achieve higher image quality, light weight, and long battery life. We have developed new white LED (light emitting diode) backlight system utilizing lightguide which is analytically designed by our proposing vector radiation coupling method. For 2-inch backlight system, brightness of 2000 cd/m<sup>2</sup> is achieved at 30 mA of white LED current without prism sheet.

**Key words:** lightguide, backlight, white light emitting diode (white LED), liquid crystal display device (LCD), portable information module

近年、携帯情報端末の進展はめざましく、携帯電話での動画配信サービスや、PDA (personal digital assistance) での無線ウェブ接続、電話機能付加が本格化しつつある。これに伴い「いつでもどこでも」を支える小型軽量化、長時間動作化および「どんな情報でも」を支える表示装置の高画質化の要求がますます強くなってきている。現在、これらの表示装置として液晶ディスプレイ (以下 LCD と略す) が使われているが、LCD 照明素子であるバックライトの「厚み、消費電力、輝度」が上記性能を大きく左右する。背面にも液晶がついている折り畳み型携帯電話を例にとると、バックライトの占める割合は、厚みでは LCD 装着部において 2~3 割、消費電力でも画面操作時で半分以上を占めることがある。また、LCD の高コントラスト化や色数増加など高画質化を行っても、バックライトの輝度が低く画面が暗いと、改善の効果がよくわからない場合が多い。

筆者らはこれら 3 機能を同時に改善することを目的として、発光ダイオード (以下 LED と略す) を用いたベクター放射結合型 LED バックライト<sup>1)</sup>を提案した。この方式の概要および最新の性能を報告する。

#### 1. 従来 LED バックライト

従来の LED バックライトの構成を図 1 に示す。

導光板端面に LED が複数個離散的に配置され、導光板

に入射した光は導光板の上、下面で全反射を繰り返しながら広がってゆく。導光板の下面には表面がざらついている凹凸パターンが形成されており、ここに当たった光はいろいろな方向に拡散され、一部の光は導光板から出射される。この拡散の度合を調整して、面状への広がり方や、出射光量の面内分布を制御している。出射された光は、拡散シートとプリズムシートにより垂直方向に集光される。

高輝度化と低消費電力化を同時に達成するには、光の利用効率を上げる必要があり、導光板からの光の出射効率を向上させることと、利用されない斜め方向への光が漏れないよう指向性を狭くすることが重要となる。ただし、単に効率や指向性を上げればよいのではなく、画面内での均一性を保つことと、見る方向が制限されないようある程度の指向性を保つといった制約下で最適化しなければならない。

拡散を用いた従来の方式では、均一性、出射効率、指向性プロファイルの解析的な設計や最適化が難しく、改善が進んでいない。これは導光板内の光が分岐、偏向を繰り返しながら導光し、導光経路が級数的に増加、複雑化するため、理論構築が難しいためであり、カットアンドトライ的な設計に頼っているのが現状である。

このため高い輝度が必要な場合は、LED の個数を増やし

オムロン(株)セミコンダクタ事業部マイクロレンズ開発部 (〒525-0035 草津市西草津 2 丁目 2-1)  
E-mail: masayuki\_shinohara@omron.co.jp

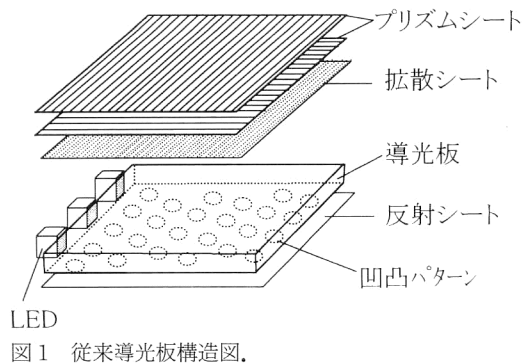


図1 従来導光板構造図。

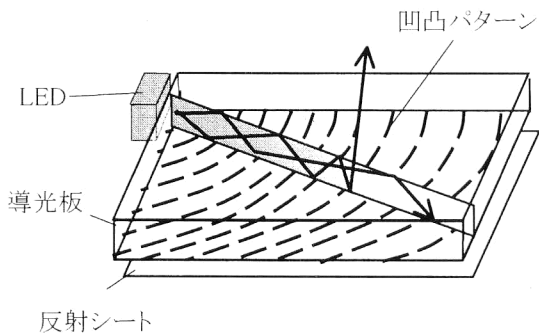


図2 ベクター結合型 LED バックライト構造図。

て対応しており、消費電力が増加してしまっている。また、プリズムシートを付加しているため、その分厚くなってしまっている。

## 2. ベクター放射結合型 LED バックライト

本方式では、導光板内の光を光源から放射状かつ直線的に導光させることで、各点での導光量、方向を確定した。これにより解析的な設計が可能になり、均一性、出射効率、出射光指向性プロファイルの最適化が容易になった。

図2にベクター放射結合型 LED バックライトの構造図を示す。光源を一箇所に集め、凹凸パターンとして図3に示すような表面がなめらかで一方向に一樣で長い形状を用い、長手方向を光源に対して垂直に配置している。導光する光はパターンに当たっても横方向には偏向せず、LEDを中心に直線的に放射状に広がってゆく。

出射光の指向性はパターンの湾曲化と断面形状で制御できる。例として図3に示すように  $r, \theta$  平面内で見ると中心角が  $\gamma$  の円弧状になったパターン形状を考える。パターン表面に入射した光は、パターン表面への入射角  $\phi$  が臨界角より大きい場合は (図3(b)) 反射し、導光板から出射され、小さい場合は (図3(c)) 一度空気中に出射されるが同一パターンに再入射し導光してゆく。ここで再入射する光は  $r, \theta$  平面内で見ると、パターンから一度出たとき屈折により広がるが再入射時にコリメートされるため、導光方向はほとんど変わらない。これに対し、反射する光は中心角

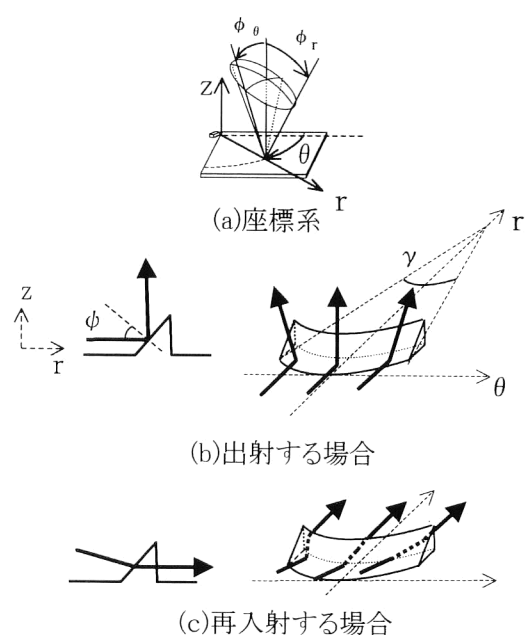


図3 パターンによる光の偏光。

$\gamma$  に対応した角度で広がったまま導光板から出射される。よって、 $\phi_\theta$  方向の出射光指向性は (図3(a)) 中心角  $\gamma$  のみで制御が可能になる。一方、 $\phi_r$  方向指向性はパターンの  $z, r$  平面での断面形状のみで制御が可能であり、二次元的な幾何光学での設計が可能になる。

均一性、出射効率は、導光方向単位長さあたりの出射率である放射損失係数を導入することで最適設計が実現できる。導光経路がLEDを中心とした放射状かつ直線状となっているため、各導光経路ごとに独立と考えることができる。各直線上で輝度分布が一樣となる放射損失係数  $\alpha$  は、光源からの距離  $r$  を用いて

$$\alpha(r) = 2r / (L^2 - r^2) \quad L: \text{定数} \quad (1)$$

と表される<sup>1)</sup>。この放射損失係数  $\alpha$  はパターンの配置密度を変化させることでパターン断面形状に依存する最大値  $\alpha_{\max}$  まで自由に変化させることができる。式(1)で  $\alpha(r)$  の分布が  $\alpha_{\max}$  を超えない範囲で最も高い分布になるよう  $L$  の値を定めるとき、出射効率が最大となる。つまりこのときのパターン密度が使用するパターン断面形状に対する最適解である。なお、LEDを中心として放射状にわかれた各導光経路ごとに導光距離が異なるため、面全体が均一になるようそれぞれの放射損失係数分布を求めてゆく。

## 3. 作製評価

今回、導光板厚み 0.8 mm、発光面積 30 mm×40 mm、また光源として白色 LED (日亜化学工業製 NACW 215) 1個を用いたバックライトを作製した。パターン部は半導体プロセスを用いてレジスト原盤を作製<sup>2)</sup>、電鍍によりニッケル合金の型を作製した。これを用いて成型金型を作製

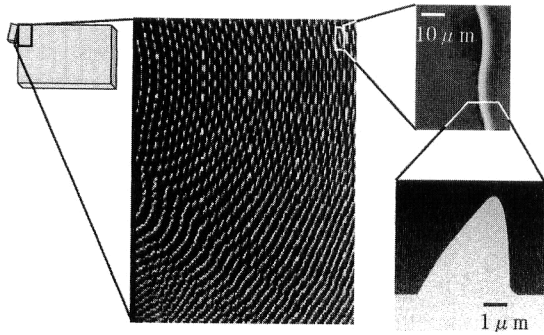


図4 パターン写真.

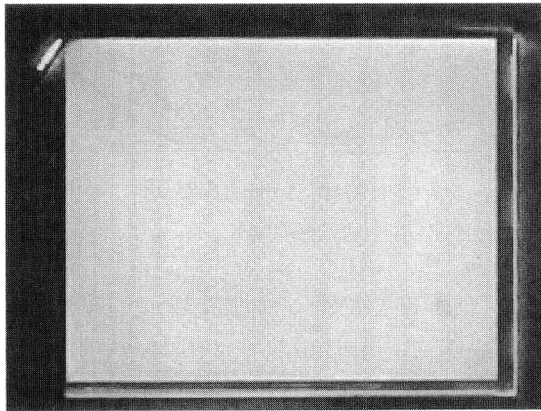


図5 試作したバックライト発光状態.

し、射出成型により導光板を作製した。材質は比較的転写性の高いCOP（シクロオレフィンポリマー）を用いた。

図4に作製したパターン写真を示す。各パターンが光源を中心として同心円上に配置され、中心角 $\gamma$ が $32^\circ$ となる円弧パターンをつなぎ合わせた形にしている。LEDに順方向電流を30 mA流したときの導光板の発光状態を図5に示す。輝度は $2000 \text{ cd/m}^2$ 、消費電流に対する輝度にして $67 \text{ cd/m}^2/\text{mA}$ が得られた。従来品は $44 \text{ cd/m}^2/\text{mA}$ 程度であり（プリズムシート2枚使用）、従来比で約1.5倍となる。

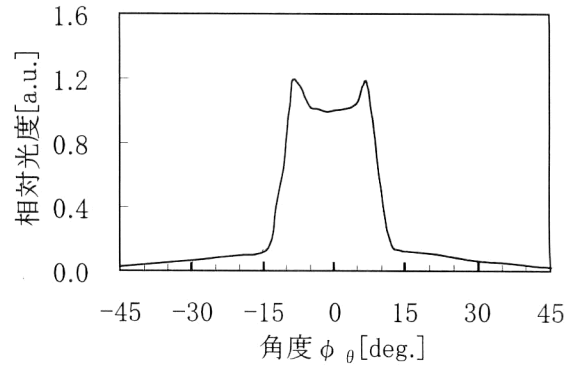


図6 試作したバックライト指向性.

図6に $\phi_\theta$ 方向指向性測定結果を示す。指向性半値全幅は $24^\circ$ で、斜めの漏れ光がほとんどないことがわかる。なお、 $\phi_r$ 方向は、今回のパターン形状では、半値全幅が $38^\circ$ であった。

携帯情報端末のLCD表示部の照明として、高輝度、低消費電力、薄型のLEDバックライトを開発した。ベクター放射結合方式を採用することにより、導光板の均一性、出射効率、出射光指向性の最適化が可能になった。これによりプリズムシートを削減したうえで、電流に対する輝度は従来比1.5倍の $67 \text{ cd/m}^2/\text{mA}$ が得られた。今後、大面積化等を検討し、応用範囲を広げていきたいと考えている。

## 文 献

- 1) 篠原正幸, 青山 茂, 竹内 司: “ベクター放射結合型LEDバックライト”, 光アライアンス, 5 (1998) 13-16.
- 2) S. Aoyama, T. Kurahashi, D. Uchida, M. Shinohara and T. Yamashita: “Giant microoptics: Wide applications in liquid crystal display (LCD) systems,” Opt. Soc. Am. Ann. Meet. Conf. Prog., 5 (1996) 266-269.

(2002年4月10日受理)