

光学導光板の開発

Development of Optical Lightguide

齊藤 真一郎*

Saito, Shinichiro

A backlight device with a lightguide is usually used for liquid-crystal display in order to make the display slim. A milk-white scattering pattern is printed on the lower surface of the conventional lightguide. Since light is absorbed by the scattering pattern, the utilization efficiency of light is poor.

To solve the above problem, we developed the lightguide with prism projection which can obtain a high luminance.

1 はじめに

フラットディスプレイ素子である液晶は非発光であり、照明手段が必要となる。ノートパソコン（PC）の液晶の照明手段としては、薄型、輝度均一性、低消費電力などから、導光板を用いたバックライトが広く用いられている。このバックライトの構成を Fig.1 に示す。

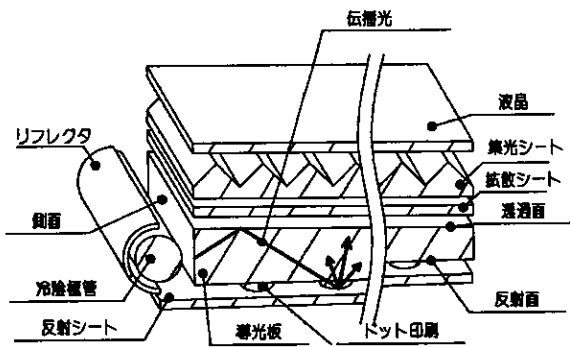


Fig.1 Backlight Device System

導光板材料は通常、プラスチックが使用される。導光板の側面から入射した光は透過面及び反射面への入射角度が臨界角より大きい場合、全反射を繰り返しながら導光板内部を伝播していく。導光板では、透過面又は反射面に全反射条件を崩す機能を持たせ、導光板内部の伝播光を透過面方向に出射させる。

従来の導光板では、反射面にドット状の散乱部（ドット印刷）を設けた構成となっている。導光板内部の伝播光がドット印刷にあると散乱を起こすので、伝播光が導光板外部に出射する仕組みであった。¹⁾

しかし従来の導光板ではドット印刷部分で光吸収があり光の利用効率が悪く、また、印刷工程での印刷バラツキの許容誤差が厳しいといった問題点があった。

今回これらの問題点を解決し、光の利用効率を向上させたノートPC用光学導光板を開発したので報告する。

* オプト事業部 オプト開発グループ

2 光学導光板の特徴

2.1 光の利用効率の向上

光学導光板では全反射条件を崩す機能として Fig.2 に示すプリズム突起を利用する方式を検討した。伝播光がこのプリズム突起に入射すると、斜面 B への入射角が臨界角よりも小さい場合に導光板外部に出射する。光学導光板では、屈折により伝播光の進行方向を制御しておりドット印刷のような光吸収物質がない。

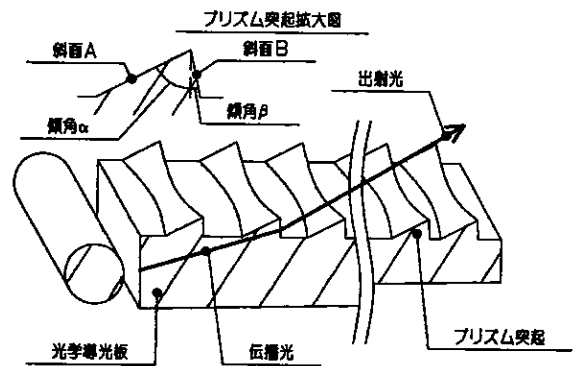


Fig.2 Optical Lightguide

従来導光板では、インク組成物の光反射率を高め、高輝度化を図っていた。光学導光板では、プリズム突起に入射する伝播光を効果的に導光板外部に出射させて光の利用効率を高めるべく、プリズム突起形状の検討を行なった。Fig.3 がプリズム突起頂角と出射効率の関係を、光線追跡法によりシミュレーションした結果である。

この結果より、斜面 B が立っているほど出射効率が高く、同一光量がプリズム突起に入射した場合に導光板外部に出射する光量が増えることが予想される。また、プリズム突起頂角 ($\alpha + \beta$) が小さい方が好ましい。

本開発の光学導光板では、射出成形での製作を考慮して斜面 B の傾角 $\beta = 2^\circ$ とした。更に、プリズム突起を加工するバイト頂角が小さいと強度的に問題が発生する

ことが懸念される。過去のバイト頂角実績から傾角 $\alpha = 63^\circ$ とした。

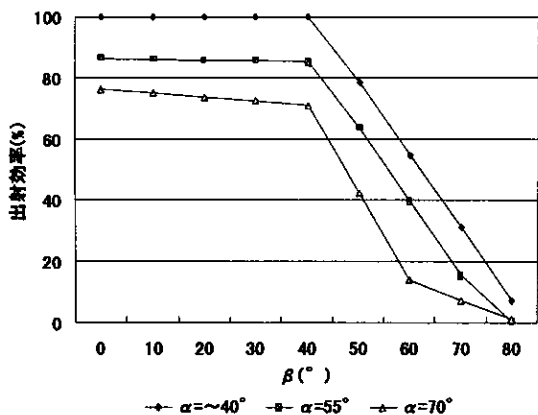


Fig.3 Ratio of Emitting Light VS Angle of Prism Projection

2.2 輝度均一性の確保

画面全体での輝度均一性を確保するためには、プリズム突起の形成密度（面積率 = 1mm²あたりのプリズム突起の底面積）を場所毎に適切に設定する必要がある。

導光板の側面から距離 X mm の位置における導光板の出射光量 $I(X)$ を次式で仮定した。

$$I(X) = L(X) \cdot \alpha \cdot k \cdot S(X)$$

ただし $L(X)$ が位置 X の伝播光の光量、 α が出射効率、 k が定数、 $S(X)$ が位置 X のプリズム突起面積率である。位置 $X + \delta X$ mm では $L(X)$ を $L(X) - I(X)$ として計算する。この $I(X)$ が一定となるように、 $X = 1$ から $\delta X = 1$ として順次 $S(X)$ を設計する。 $L(X) < 0$ 又は $S(X) > 1$ の場合は、設定値 $I(X)$ を変えてプリズム突起面積率 $S(X)$ を設計する。

Fig.4 は今回開発した光学導光板のプリズム突起面積率の設計値、及びこの面積率設計に基く上記出射光量シミュレーション値と、バックライトの正面輝度測定値の実測値である。本開発においてシミュレーション値と実測値との整合性が確認できた。

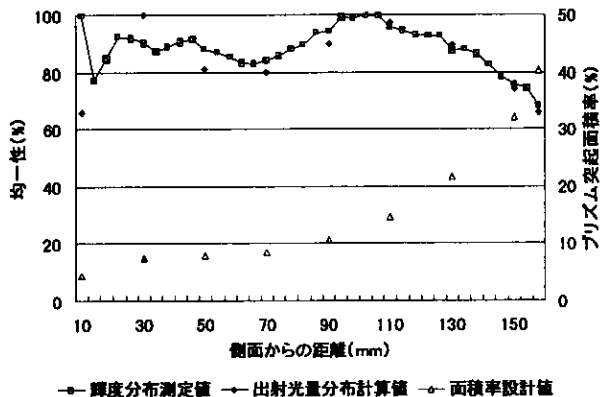


Fig.4 Formation Ratio of Projections and Luminance Irregularity of Backlight

2.3 精密パターン加工

プリズム突起の面積率は、プリズム突起の形成ピッチ及び高さから求められる。プリズム突起の面積率を変化させる加工方法としては、プリズム突起の形成ピッチの変化、もしくは、プリズム突起の高さの変化が挙げられる。光学導光板ではこれらピッチ及び高さについて次の制約条件がある。

光学導光板ではプリズム突起部分から光が射出し、逆に透過面の平面部分からは光が射出しない。すなわち、明暗の線が間隔を隔てて存在している。面光源として使用するには、明暗の線の間隔、すなわちプリズム突起の形成ピッチを人間の目の分解能以下にしなくてはならない。

本開発の光学導光板の金型加工において、光学レンズ金型加工機を用いて透過面平面加工及びプリズム突起の精密加工を行なった。結果、透過面 210mm×160mm で平面性 1 μ m 以内を確保している。又、プリズム突起の形成ピッチ及び高さは 0.1 μ m オーダーで制御加工をして、加工誤差 0.5 μ m 以内であった。尚、形成ピッチの平均値は 0.1mm 以下であり、平均高さ 11 μ m のプリズム突起を約 1800 本加工した。

本開発の光学導光板では、目視で明暗の線は視認されなかった。

3 まとめ

今回開発した光学導光板と従来導光板との比較を Table 1 に示す。これらは Fig.1 に示す構成で、導光板を入れ替えた比較測定結果である。

本開発の光学導光板は、輝度均一性を保ちつつ、光の利用効率を高くすることが出来た。更に、プリズム突起は導光板と一体成形であるので、ドット印刷を施した従来導光板に比べて量産バラツキを押さえることが可能となった。

導光板は視覚光学素子であり、傷、部分的な輝度ムラ、モアレ防止といった見た目の品位が高いレベルで市場から要求されている。今後はこれらをクリアすべく、光学導光板の技術力をより高めていきたい。

Table 1 Comparison of Lightguide

| | 平均輝度(cd/m ²) | 輝度均一性(%) |
|-------|--------------------------|----------|
| 光学導光板 | 1400 | 70 |
| 従来導光板 | 1200 | 70 |

●参考文献

- 1) 実開平 3 - 5 1 4 7 6