

カラー携帯電話用高輝度導光板

Intensified Brightness Backlight for Cellular Phones

石川善康* *Yoshiyasu Ishikawa*

近年情報通信分野の発達に伴い、携帯電話などの機器では高機能化と高速化が進んでいる。

これに対応して、液晶ディスプレイはカラー化や高画素化が急速に進行しており、その構成材であるバックライトにはより明るい性能の要求が高まっている。当社では従来技術の問題点を解析し、独自の光拡散技術を活用するとともに高精細光反射溝形状の設計を行い、高輝度化が可能な導光板の技術を確立した。この高輝度導光板は、今後さらに市場が拡大する、デジタルカメラや携帯情報端末などの分野へも応用が期待される。

Recent high growth of the telecommunications industry requires cellular phones and other telecommunications equipment to have higher function and higher speed performance.

As a result, liquid crystal displays(LCDs) are shifting to colored and higher pixel density displays, which further requires the backlight of LCDs to be brighter. We have analyzed all the problems of the conventional technology, utilizing our original light diffusion technology in combination with careful design of a high precision reflecting groove structure, and have established a new backlight technology with high brightness output. This new backlight technology is expected to be applied to such rapidly growing equipment as digital cameras and personal digital assistants.

〔1〕 緒 言

情報通信分野の発達に伴い、携帯電話の需要が伸びているが、その機能は多様化しており、中でも液晶ディスプレイ(LCD)のカラー化が急速に進んでいる(図1)。

LCDは自己発光しないために背面に配置したバックライトを光源とするが、カラーLCDの場合はカラーフィルタがあるため、従来のモノクロLCDに比較してLCDを透過する光の強度が約1/3に低下する。そこで、より高輝度なバックライトの要求が高まってきている。

バックライトの構成は図2に示すような多層構造となっており、正面輝度の向上を図るため、一般的にはプリズム型集光フィルムを2枚使用しているが、構成部材の中でのコスト比率が高いので、輝度を維持しながらこれを削減、あるいは代替できる技術の提案が望まれている。

本報では、当社が保有する異形拡散技術を活用し、プリズム集光フィルムを2枚から1枚に削減でき、さらに高輝度化が可能なホログラム導光板を開発したので、その内容と特性について報告する。

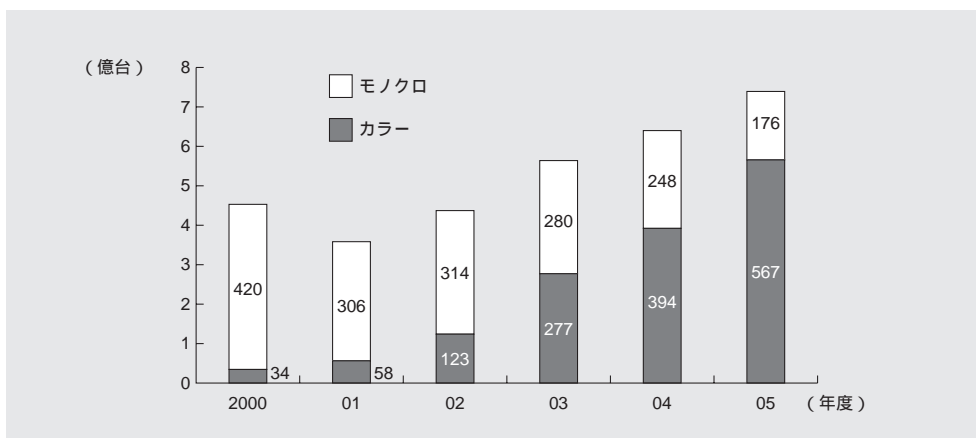


図1 携帯電話用LCD需要推移 携帯電話用LCDの世界需要は、2005年には約7億5千万枚に達する予測である。

Fig. 1 Demand forecast for LCDs for mobile phones

World demand for LCDs for mobile phones is estimated to reach 750 million panels in 2005.

*当社 表示材料事業部門 光整形事業推進部

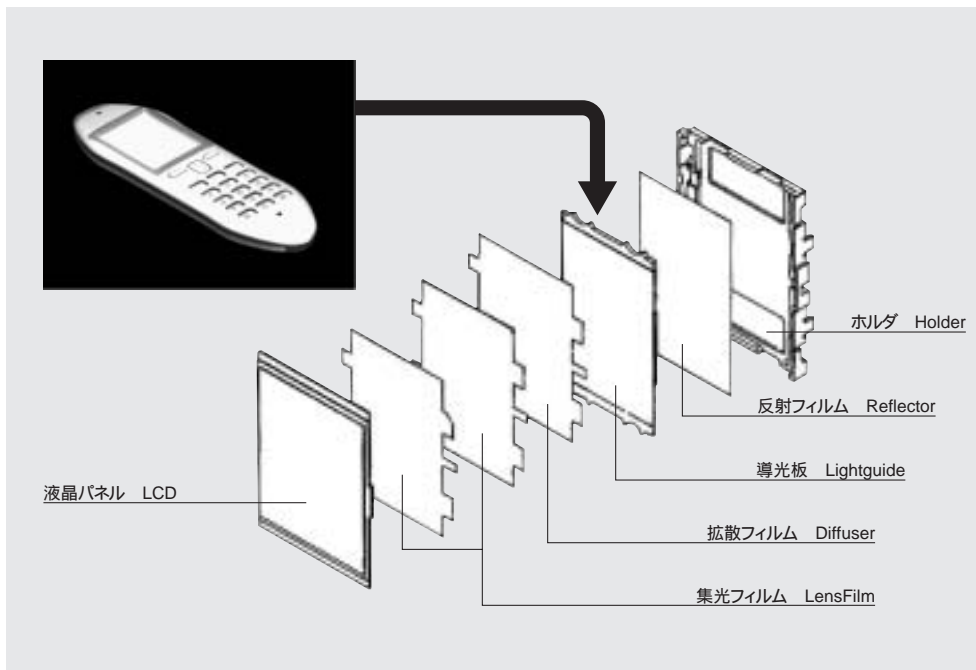


図2 バックライトユニットの構成 LCDの背面に集光フィルム、拡散フィルム、導光板、反射フィルムがあり全体がホルダに組み込まれている。

Fig. 2 Structure of the backlight unit
The backlight unit to be mounted behind on LCD consists of a prismatic film, diffusion film, lightguide, reflection film, all fixed in a holder.

〔2〕 カラーLCD携帯電話用バックライトの構成概要と市場動向

カラーLCD携帯電話用バックライトの一般的な断面構造を図3に示す。回路基板上にバックライトユニットを固定させるため、ホルダが設けられている。ホルダ内には反射フィルム、導光板、拡散フィルム、集光フィルム（2枚）が組み込まれている。それぞれの構成部材の目的と概要を表1に記載する。バックライトの光源には発光ダイオード（LED）を用いる。LEDはフレキシブル回路板（FPC）に実装され、図3に示すように導光板の端に置かれてホルダに組み込まれる。カラーLCDの場合LEDは白色系を用いるが、国内向けカラー携帯電話用のバックライトには一般的に4個のLEDが使用されている。LED実装FPCの外観を図4に示す。

携帯電話の高機能化はさらに加速されており、LCDのカラー

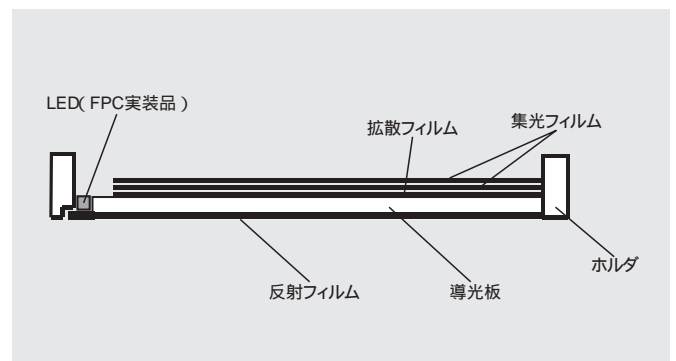


図3 バックライトの断面構造 導光板の端部に発光ダイオード（LED）が一般的に4個組み込まれている。

Fig. 3 Cross sectional drawing of the backlight
At the edge of the light guide are generally mounted four LEDs.

表1 バックライトの構成部材 構成部材はカラー携帯電話用バックライトの一般例で記載している。

Table 1 Components of the backlight

This is a general example of the components of the backlight for color mobile phones.

構成部材	目的	概要
ホルダ	バックライト構成材の支持と基板との接合	射出成形品 材質：ポリカーボネート、ほか
反射フィルム	導光板からの漏れ光を反射させ光を再利用する	ポリエステル（PET）基材 + 銀蒸着フィルム、ほか
導光板	LEDからの出射光をLCD側に効率的に導く	射出成形品 材質：アクリル、ポリカーボネート、ほか
拡散フィルム	導光板からの光線を拡散させ輝度の均斉度を向上させる	PET基材 + 拡散層コーティング （プラスチックビーズ拡散材、ほか）
集光フィルム（下）	導光板の幅方向に広がった光を集光させ正面に屈折させる	PET基材 + 光硬化層（プリズム形状） 入光面と垂直にプリズム配置
集光フィルム（上）	導光板の長さ方向に広がった光を集光させ正面に屈折させる	PET基材 + 光硬化層（プリズム形状） 入光面と平行にプリズム配置
LED	バックライトの光源	白色発光型ダイオード
FPC	基板からLEDへの電源供給	ポリイミド系

への移行に加え、カメラやビデオ機能も付加されてきている。LCDの画素数も従来の30万画素から100万画素以上と、ファインピッチになってきているため、バックライトの光線透過率が10~12%から3~4%へと低くなり、バックライトの高輝度化の要求が高くなっている。一方でLCDモジュールの価格競争も激化しており、構成部品であるバックライトへの低価格化要求が厳しくなっている。

バックライト構成部材の中では光源であるLEDが高価で、しかも国内向けカラーLCDでは4個使用するために全体に占めるLEDコストの割合は約70%と高くなっている。また集光フィルムも比較的高価で、2枚使用の場合、全体に占めるコストの割合は約15%となっている。図5にカラー携帯電話用バックライトのLEDの使用個数と輝度の変遷を示す。これらことから、携帯電話市場ではより明るく、より低価格化が実現できるバックライト構造が求められている。

〔3〕 高輝度導光板の開発

当社では先にカラー携帯電話用導光板を開発し、2002年の8月に上市した。当社が開発した導光板は従来の導光板と比較した特長を以下に述べる^{1)~5)}。

3.1 光反射グループ(溝)

ディスプレイに用いられる導光板には図6に示すような3種類のタイプがある。

ドット印刷タイプは古くから使用されてきたが、印刷面の光反射効率が低いこと(反射率50%)や印刷工程が必要とされるため、生産台数の多い携帯電話ではドット一体成形タイプが主流を占めている。

中小型LCD用バックライトに使用される光源は一般的にLEDのため、冷陰極管のような線状発光とは異なり点発光となる。

反射グループ(溝)タイプは、図7に示すように反射特性が整列光となるために高輝度化が図れることが従来からわかっていたが、導光板の発光状態としては図8のような輝線が発生するため、使用例はほとんどなく、輝線の発生を緩和できるドット一体成形タイプが主流となっている。当社の開発した導光板に一体成形されている反射グループは、図9に示すようにLED光源に近い部位と遠い部位の輝度のバランスを均一にするため、反射させるV字型グループのピッチを変化させている。これらの設計においては、光学シミュレーションにより適正化したピッチ係数を決めている。また先に述べた輝線に関しては、次に述べる光拡散技術を活用して改善した。

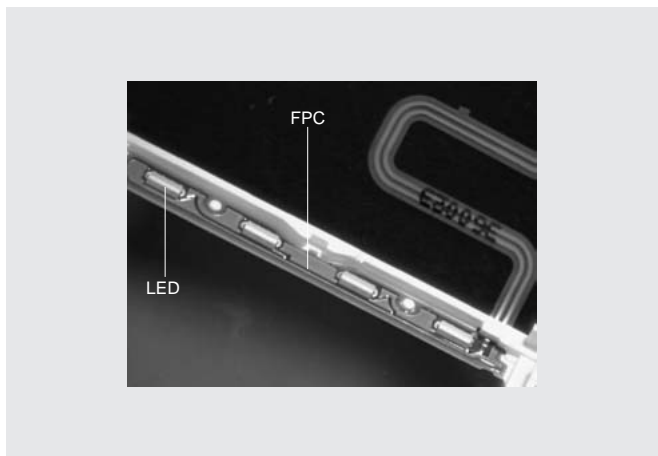


図4 LED実装FPC外観 FPCにLEDチップが実装されている。

Fig. 4 Appearance of on LED mounted FPC
LED chips are mounted on an FPC.

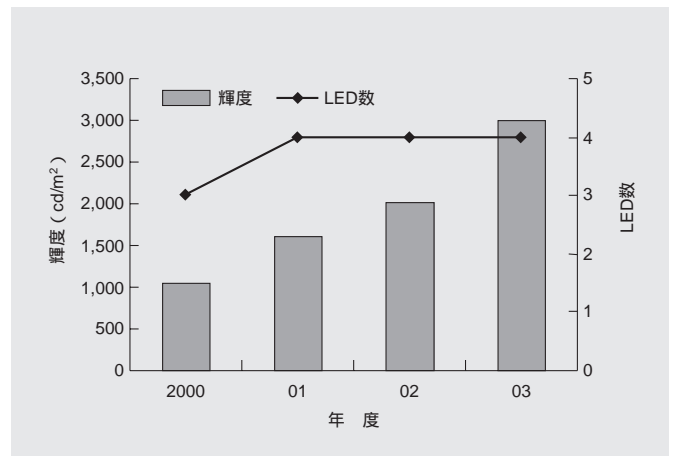


図5 カラー携帯用バックライトのLED個数と輝度の変遷 急速に高輝度化が進んでいる。

Fig. 5 Change in the brightness of a backlight for color mobile phones and the number of LEDs mounted on it

Higher brightness is quickly proceeding.

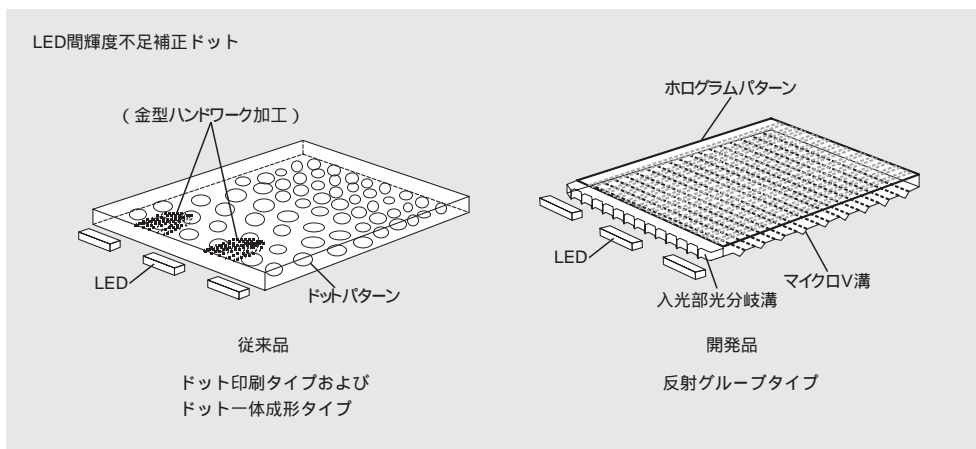


図6 導光板の反射面形状による分類 反射面はドットパターンが主流であるが開発品は反射グループを採用している。

Fig. 6 Lightguide classification by the shape of the reflection surface used

Newly developed lightguides adopt reflection grooves, though dot patterns are used conventionally.

3.2 光拡散技術

当社は、ホログラム技術を応用して製作した特殊光学パターンにより、LEDやレーザー光線のようなコリメート（整列）された光線を異形に拡散できる技術を保有している。

一般的に光拡散させるためには、すりガラスのように透明体の表面を粗化したものを用いるが、それにより得られる拡散光は円形に広がる。中小型LCD用のバックライトの光源はLEDによる点光源であるため、図10に示すようにLED間の光量が少なくなる傾向があり、導光板に局部的な黒ずみが発生する。これを改良するため、通常の導光板では反射溝をドット配列して光を拡散させる。また導光板の上面に設置した拡

散フィルムにより、導光板からの出射光を円形に拡散させて黒ずみ現象を緩和している。これに対して当社が保有する異形拡散技術では、LED間の平行方向のみに強く拡散させ、LED間に垂直な方向の拡散は小さくできるもので（図11）、黒ずみの改善により輝度の低下を防ぐことができる。

なお異形に光を拡散させる方法はレンズなどの組み合わせでも可能であるが、多層のレンズ構造となるため、中小型LCDのような薄型を追及する製品には採用が困難である。

以上に紹介した可変ピッチ反射グループと特殊光学パターンによる異形光拡散技術の組み合わせにより、従来技術では達成が困難であった反射グループ方式の導光板の実現が可能

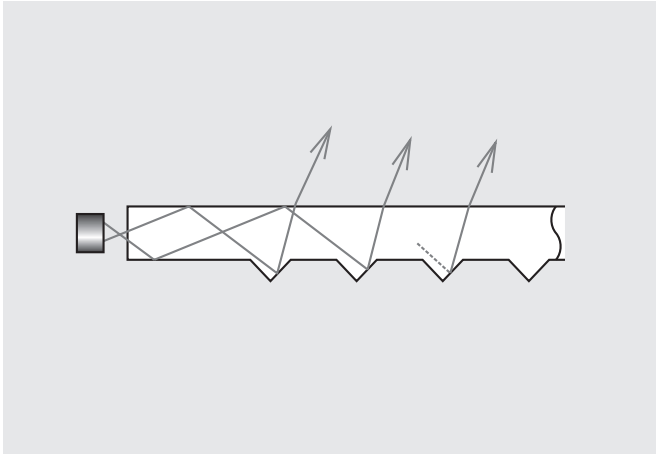


図7 反射グループタイプの反射経路例 LED光源からの光がホログラムパターンとマイクロV溝との間で反射を繰り返しながら進み、臨界角度以下となると出射する。

Fig. 7 Light paths controlled by reflection grooves

Light from the LED travels inside the lightguide by reflecting between the holographic pattern and the micro-V-shaped grooves. Light goes out of the lightguide when its angle becomes less than the critical angle.

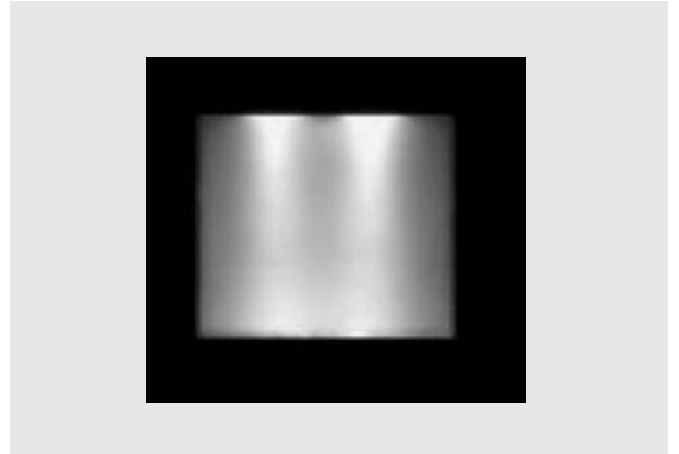


図8 反射グループタイプでの輝線の発生 光の広がりが悪いため、LEDの発光方向に筋状の輝線が発生する。

Fig. 8 Bright lines caused by reflection grooves

Brighter lines appear in the transverse direction because reflection grooves will not scatter light uniformly.

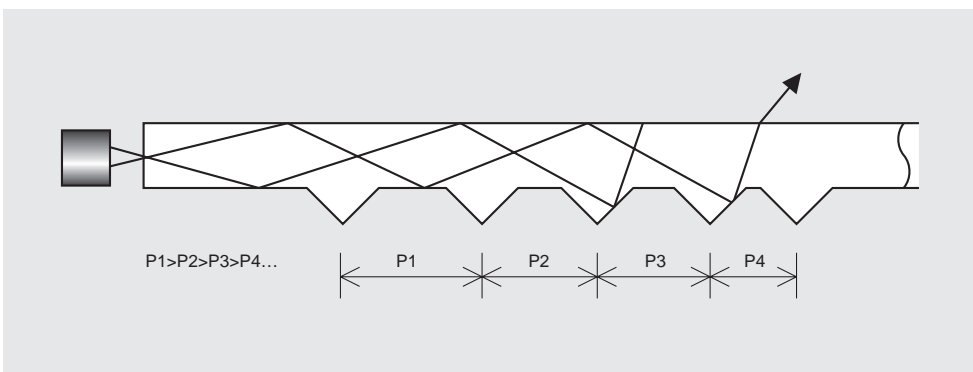


図9 可変ピッチグループの概念図と反射経路例 導光板中を導波する光が入光側では多く、反入光側に行くに従い、少なくなるのでピッチを可変とする。

Fig. 9 Concept of a series of variable pitch grooves and examples of light paths

Variable pitch grooves are adopted because more light exists around the entrance area than the end area.

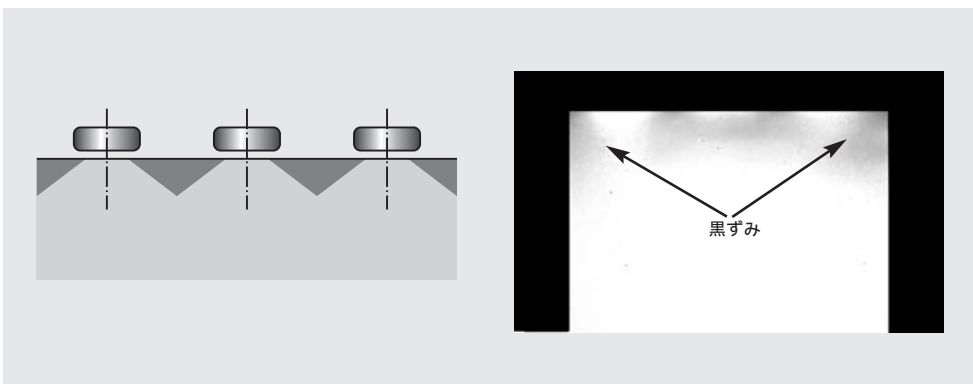


図10 LED間の黒ずみ LEDが点光源のためLED間に黒ずみが発生する。

Fig. 10 Dark spots between LEDs

Dark spots arise between LEDs because LEDs are point light sources.

となった。

上市した当初製品の光学特性を表2に記載する。

3.3 高輝度および低価格化への対応

当初上市したバックライトは2枚プリズム集光フィルム方式であったが、市場の要求は前項で述べたようにさらなる高輝度化に加えて低価格化である。そのために構成部材費の比率の高い集光フィルムの削減を目指した開発を推進した。

集光フィルムの1枚化としては下向きプリズム方式(図12(b))がある。この方式は従来の2枚方式(図12(a))に比較して導光板側へ戻される光線を防止できることがわかっており、冷陰極管のような線状光源を用いるパソコンなどのバックライトでは採用された実績がある。

しかし中小型LCDに用いられるLED光源の場合は、点発光となるために、下向きプリズム方式ではバックライトとしての発光状態は、図13に示すようにLED入光部付近に輝線や黒ずみが発生する問題があり、実用化できなかった。これらの課題に対処するためにさらに、LED入光分岐構造を改良して下向き1枚プリズム集光フィルム方式を実現することができた。

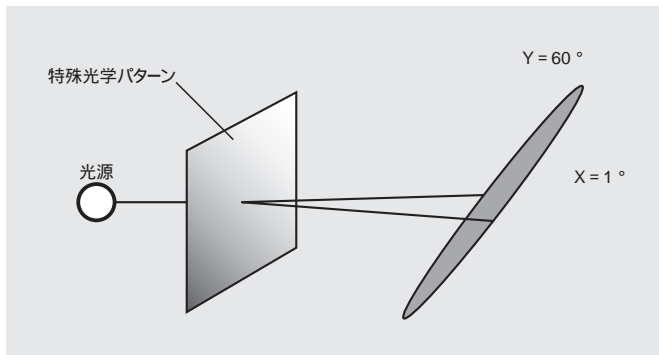


図11 異形拡散の概念図 点光源から出た光が特殊光学パターンにより反射屈折し、例えば半値角60°×1°に異形拡散する。

Fig. 11 Concept of the hologram

A particular optical pattern diffuses light from a point source to orthogonally different angles, for example, 60° and 1°.

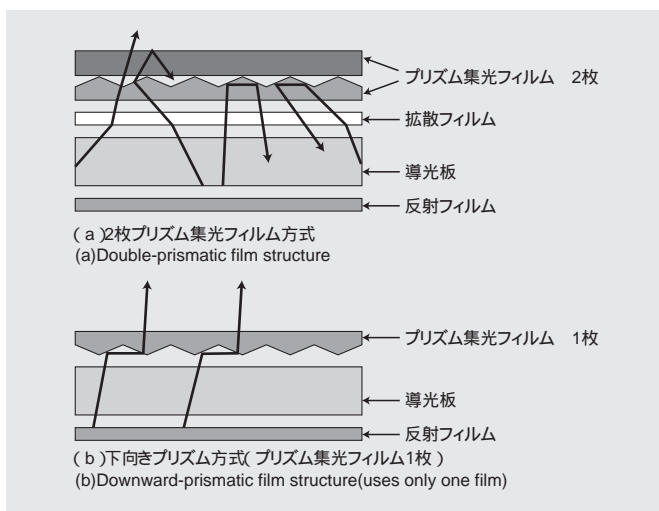


図12 2枚プリズム集光フィルム方式と下向きプリズム方式の構成比較 下向きプリズム方式の構成では、拡散フィルムおよびプリズムフィルム1枚が削減される。

Fig. 12 Comparison between double-prismatic film structure and downward-prismatic film structure

Downward-prismatic structure will dispense with the diffusion film and a prismatic film.

LEDから出光される光量には図14(a)に示すような指向性がある。中心付近が強く、60度付近で半値となる特性を有している。ここで導光板の入光面が平面の場合、屈折により集光し、導光板内では図14(b)に示すように指向性がさらに強くなる。そのためLED直下は明るくLED光源間が暗くなる現象が発生する。そこで導光板の入光部にホログラム異形拡散光学パターンを設ける構造を検討した。

その結果、図14(c)に示すような指向特性になり、入光部付近の光線分配を平滑にすることが可能となった。

これらにより集光フィルムの1枚化による入光部付近の輝線や黒ずみなどの課題を解決することができ、実用化が可能となった。図15に改良後の導光板の発光状態を示す。現状の当社開発品の仕様を表3に示す。

現時点ではこれらの輝線が見えなくなる、図16に示すアクティブエリアとLED入光部の距離(D)とLEDのピッチ(P)の関係は次のとおりである。

$$D > 0.473P$$

現在さらにこの係数を小さくする研究を進めている。

表2 当初開発品仕様 均斉度 = 規定範囲内のmin輝度値/規定範囲内のmax輝度値(%表示)

Table 2 Early specifications

Uniformity = minimum/maximum brightness within the active area (in percent)				
項目	単位	他社品 A	他社品 B	当社品
輝度	cd/m ²	1,720	1,610	2,020
均斉度	%	65	70	80
導光板		ドットパターン(拡散光)		微細Vグループ(整列光)
拡散層		サンドブラスト(拡散光)		ホログラム層(整列光)



図13 フィルム構成のみを下向きプリズム方式に変更した場合の発光状態 フィルム構成のみの変更では輝線や黒ずみが発生する。

Fig. 13 Appearance of the backlight for downward-prismatic film structure (only film structure is changed)

Changing only film structure could not resolve bright line and dark spot problems.

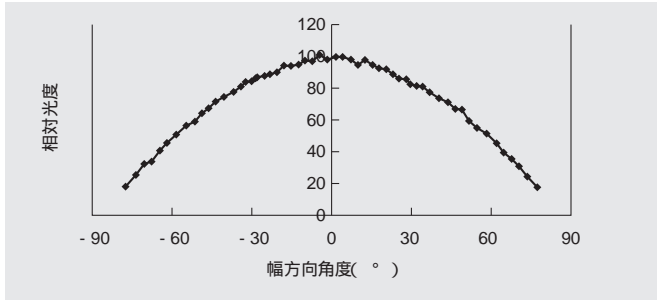


図14 (a) LEDの指向特性 LEDからの光の中心から60°付近で半値となる特性を有している。(本図の角度0度の光度を100%として図14 (b), 図14 (c)を比較している。)

Fig. 14(a) Directivity of the LED

Brightness becomes a half at an angle of 60° from the centerline of the LED. (The brightness at 0° in this case is adopted as 100% in Figs.14(b) and Fig.14(c))

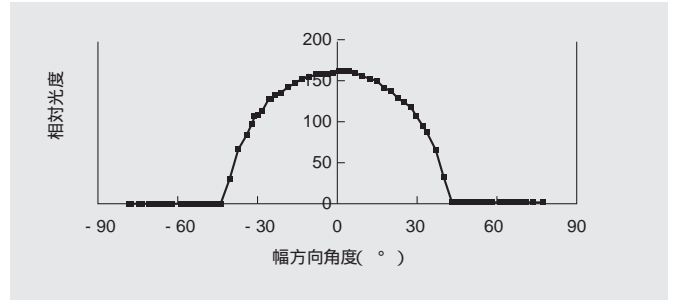


図14 (b) 導光板内の指向特性 導光板の入光面が平面の場合、半値角がLED単体の約半分となり、また指向特性は強くなる。

Fig. 14(b) Directivity of the light within the lightguide

A plane lightguide entrance surface makes the half brightness angle almost half that of the LED itself.

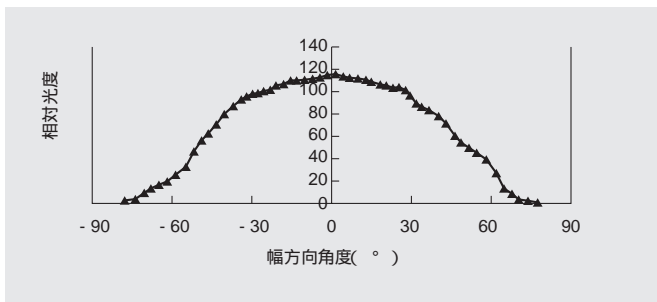


図14 (c) 入光部改善パターンによる指向特性 導光板入光部に異形光学パターンを設けて光線分配を平滑にする。

Fig. 14(c) Directivity of the light within the lightguide with an improved optical pattern at the entrance surface

A holographic pattern at the entrance surface makes light distribution uniform.

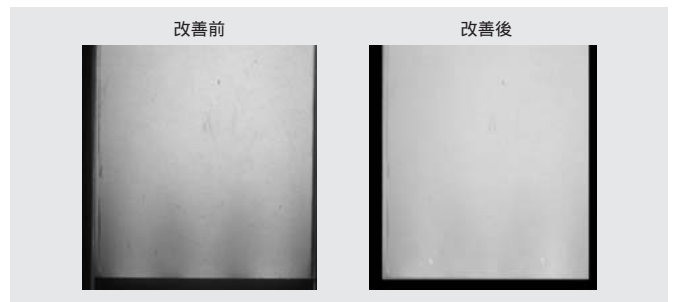


図15 改良前後の発光状態比較 入光部付近の見映え改善が図られている。

Fig. 15 Comparison of the appearance before (left) and after (right) improvement

The uniformity of the brightness around the entrance area has been improved.

表3 新開発品の仕様 均斉度を保ちつつ輝度向上が図られている。

Table 3 Specifications for the newly developed lightguide

Brightness has been improved with maintaining good uniformity compared with the early specifications (Table 2).

項目	単位	2枚プリズム品	1枚プリズム品
輝度	cd/m ²	2,800	3,600
均斉度	%	80	82
導光板		微細Vグループ (拡散光)	
拡散層		ホログラム層 (整列光)	

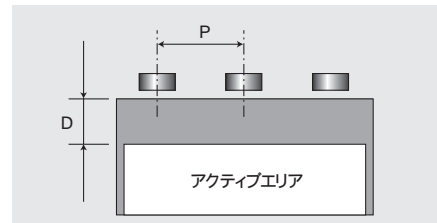


図16 輝線のない形状寸法設計の仕様 新規開発した技術によると、 $D > 0.473P$ であれば輝線が発生しない。

Fig. 16 Specifications for the configuration design free from bright lines

Newly developed technology will arise no bright lines when D is larger than $0.473P$. Further study is being made to lower the coefficient.

[4] 結 言

新規に開発したカラー携帯電話用高輝度導光板は、以下の特長を有する。

(1) 光学設計に基づき最適化された光反射グループと光拡散技術を組み合わせることで、高輝度と輝度の均一性の性能を両立させた。

(2) 導光板から出射される光は整列光となるため、出射角度を光学設計により制御することで、効率よく出射させることができる。そのため、バックライトユニットとしての構成部材の削減(プリズムシート数, 拡散板, LED数)が図れた。

現在、カラー携帯電話のLCD用バックライト用途として上市しているが、今後はこの分野のみならずLED光源を必要とする成長分野への用途展開が期待される。

参考文献

- 1) LCDバックライトの最新技術動向, (株) 東レリサーチセンター p21-35 (1995)
- 2) バックライトユニット, フラットパネル・ディスプレイ '95, 日経BP社, p91 (1994.12)
- 3) 村田和美: 光学, (株) サイエンス社 (1982)
- 4) レーザー & オプティクスガイド (1) 光学部品, メレスグリオ (株) (1983)
- 5) 西原浩: 光集積回路, オーム社 (1993)