

# 携帯電話照光用ライトガイドフィルム

電子電装開発センター 江戸 崇 司<sup>1</sup>・稲 田 具 貞<sup>2</sup>・大 山 昌 紀<sup>2</sup>・今 井 隆 之<sup>3</sup>  
光電子技術研究所 佐 藤 新 平<sup>4</sup>・浅 野 健 一 郎<sup>5</sup>  
プリント回路事業部 西 脇 賢 治<sup>6</sup>

## Light Guide Film for Mobile Phone

T. Edo, T. Inada, M. Ohyama, T. Imai, S. Sato, K. Asano, and K. Nishiwaki

携帯電話の操作部を均一に照光する部品として、ライトガイドフィルム(Light Guide Film, 以下 LGF と略す)の採用が増加している。当社は独自の LGF の開発に成功し、販売を開始した。この製品の実現のために、光透過率や柔軟性に優れたベースフィルムと、高い効率で光を拡散し耐久性に優れた光拡散インクを開発した。また、光学シミュレーション、輝度分布の評価技術も確立した。本報ではこれらの要素技術の開発について報告するとともに、応用開発製品を紹介する

Recently, thin Light Guide Film (LGF) is attracted attention that illuminates mobile phone keys uniformly. We have succeeded to develop and commercialize it. The points for the development are the base film with high optical transparency and flexibility, and the ink which diffuses the light effectively, and possesses the high durability. Optical simulation and evaluation are the important technologies, as well. We report the development of these fundamental technologies and introduce the variations of products developed based on the technology.

### 1. ま え が き

従来の携帯電話では操作部を照光するために上面発光型の LED を所定の間隔で配置していたが、操作部の直下に LED を配置することができないため照光の均一性に問題があった。また、均一化のため LED を多数配置すると、LED のコストが増える、消費電力が大きくなり電池の消耗が早くなるという問題もあった。そこで、均一に照光する技術として無機 EL 照光フィルムが使用されたが、湿度などにより輝度が低下すること、DC/AC 変換用ドライバが必要なこと、雑音が発生することが問題となり、広く普及しなかった。そのような状況で、当社は少量の LED で均一に操作部を照光する技術として薄型 LGF の開発に成功した。薄型 LGF の主な構成材料はベースフィルムとその上に印刷された光拡散用のインクである。ベースフィルムには高い可視光透過性、操作時の感触を損なわない柔軟性などが、インクには光を効

率的に拡散すること、打鍵に対する耐久性などが求められる。また、光を散乱させるための小径ドットパターンを印刷する技術、均一な照光を得るために小径ドットを配置する光学設計技術、照光状態の評価技術などが必要である。以下これらの開発について説明する

### 2. 製品の構成

薄型 LGF の照光メカニズムを図1に示す。側面発光 LED から出射した光は厚さ約0.2 mm のフィルム内部を全反射しながら進行し、光拡散ドットが印刷されたエリアで散乱してフィルム外部に出て行くことで表側の操作部を照光する。LED から出た光を有効に外部に取り出すために

- ・光吸収、散乱の少ないベースフィルム
- ・光吸収が小さく、光を有効に拡散する光拡散インク
- ・光の減衰と拡散を考慮してキー全体を均一に照光させるための、光学設計・シミュレーション

が重要になる

図2に製品の断面図を示す。LGF はスイッチ部品であるメタルドーム(Metal Dome, 以下 MD と略す)付き粘着シート(Metal Dome Sheet, 以下 MDS と略す)とキーマットの間に挟まれる。したがって、LGF に対しては

1 機能部品開発部主席研究員  
2 機能部品開発部係長  
3 機能部品開発部グループ長  
4 応用電子技術研究所  
5 応用電子技術研究所グループ長  
6 キーデバイス技術部主査

省略語・専門用語リスト

省略語・専門用語	正式表記	説明
LGF	Light Guide Film	導光フィルム
LED	Light-Emitting Diode	発光ダイオード
DC/AC	Direct Current/Alternate Current	直流 / 交流
MD	Metal Dome	メタルドーム, 皿ばね
MDS	Metal Dome Sheet	メタルドーム付き粘着シート

- ・ 操作時の感触を損なわないこと
- ・ 繰り返し打鍵に対する耐久性を持つことが要求される

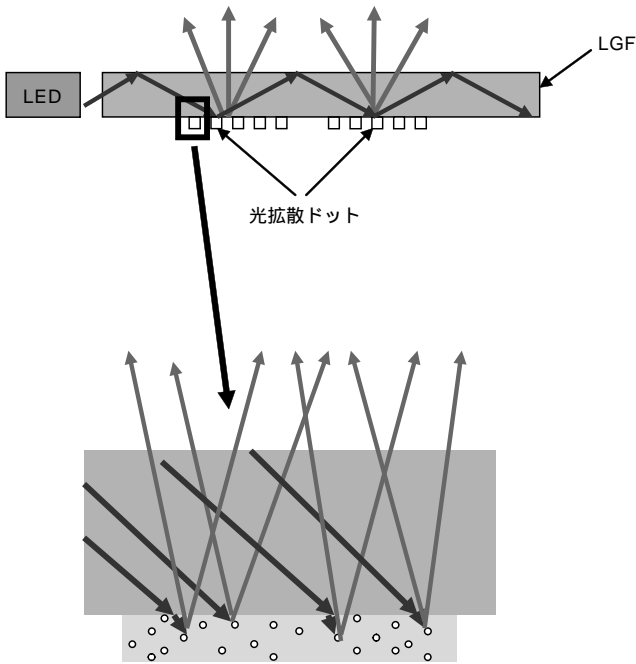


図1 薄型LGFの照光メカニズム  
Fig. 1. The mechanism of thin LGF.

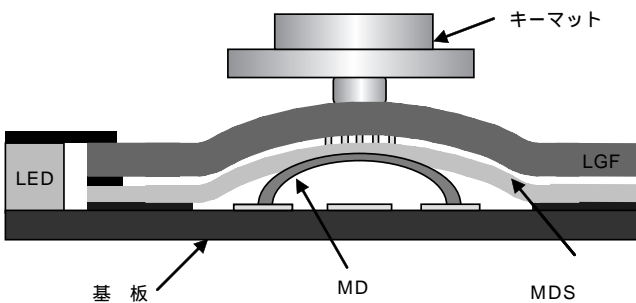


図2 製品断面図  
Fig. 2. Cross section of LGF assemble product.

3. ベースフィルムの開発

ベースフィルムには、以下の特性が要求される

- ・ 可視光領域で光の吸収・散乱が小さい
- ・ 携帯電話用途に適した耐久性を有する
- ・ キーを押す感触を損なわない

3.1 光透過スペクトル

各種ベースフィルムの可視光透過率測定結果を図3に示す。評価方法は、長さ50mm、厚さ約0.2mmのフィルム端部からLED光を入射させ、反対側の端部に積分球付きの分光光度計を配置して、光の透過率を測定したが、フィルム内部の吸収、散乱の影響のほかにフィルム表面の光散乱や、フィルム端部での光の入射結合効率も本測定結果に影響を与える。いずれのフィルムも厚さ0.2mm前後のフィルム表面から光を入射させて裏面で測定したときの透過率は90%を超えるが、図3のように、長距離伝搬では大きく低下する結果となった。特にPETに関しては、端面加工時の荒れにより光入射部での散乱が大きく影響して、透過率が低下した。

3.2 耐湿熱性

85℃、85% 雰囲気中に1000時間放置した後のフィルムに光を入射させた際の、光出射の様子を図4に示す。高分子の劣化により400nm付近の吸光度が高まり、出射光が黄色くなる樹脂フィルムが多いが、当社製品のベースフィルムは優れた耐湿熱性を有し、白色を保持し

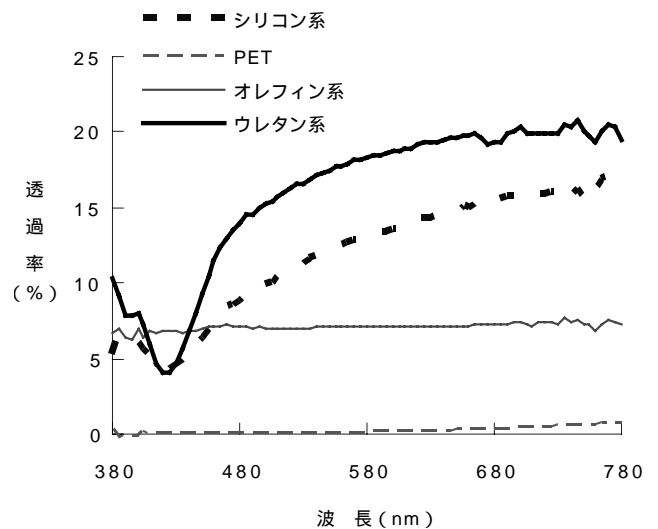


図3 各種材料の光透過性  
Fig. 3. Transparency of each material.

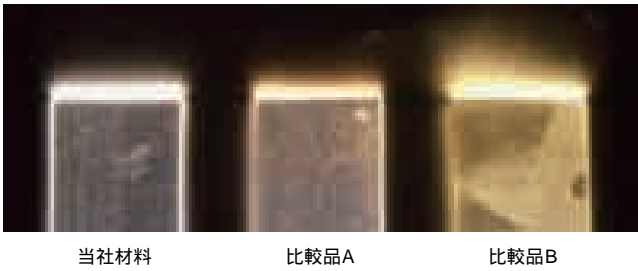


図4 各種材料の湿熱試験後の色調変化  
Fig. 4. Color change of each material after heat & humid test.

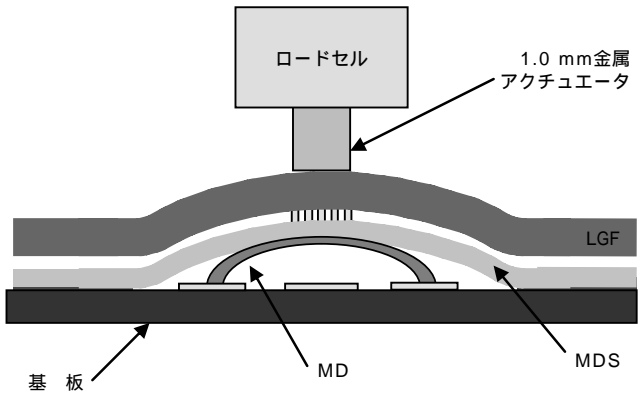


図5 感触評価測定系概略  
Fig. 5. Tactile feeling measurement system.

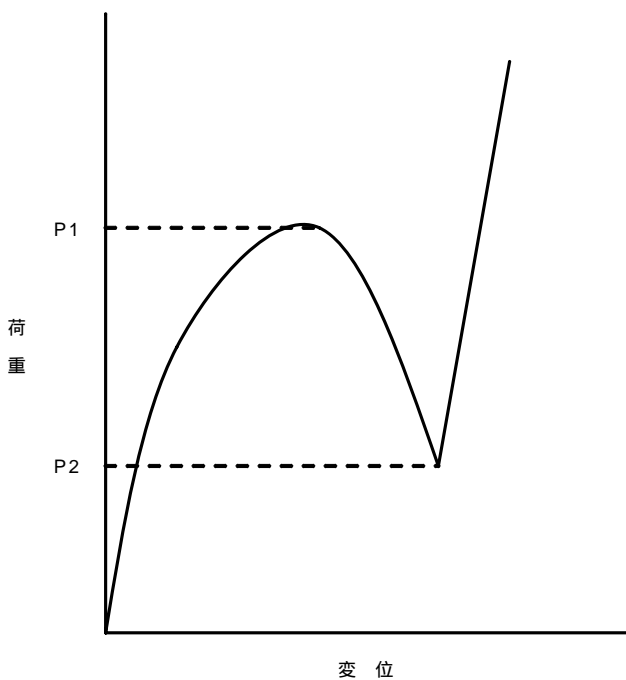


図6 典型的な荷重 - 変位曲線  
Fig. 6. Typical load stroke curve.

表1 各構造での荷重変位特性  
Table 1. Load stroke data for each material.

構造	MDS単体	軟質LGF	硬質LGF
クリック率 (%)	46	41	26

ていることがわかる

### 3.3 操作部感触評価

LGF 付きの MDS においては、MD とそれを押すアクチュエータの間に比較的厚い LGF が挟まれるため、操作部の感触（クリック感）の悪化に注意しなければならない。この検証のため、図5の構造のサンプルを作製して、図6のような荷重 - 変位曲線を測定し、クリック率  $100 \times (P1 - P2) / P1$  を算出することによりクリック感を評価した。結果を表1に示す。MDS 単体ではクリック率 46 % であったが、硬質の LGF が MDS 上に配された場合にはクリック率は 26 % まで低下した。一方で、当社製の軟質 LGF を配した場合にはクリック率 41 % とわずかな低下にとどまった。一般には MD の中心付近を 1 ~ 2 mm の硬質アクチュエータで押すことにより高いクリック率が得られるが、LGF が硬くなるほど MD の荷重を受ける面積が大きくなってしまい、MD 本来の特性が得られなくなると思われる

このように、当社製 LGF のベースフィルムは、MD のクリック感への影響を最小限にするため、高い柔軟性を有しながら、前述の光学特性、耐久性を有する特殊なエラストマである

## 4. 光拡散インクの開発

LGF の照光部分には、高い効率で光を散乱させて外部に取り出すことが必要である。そこで、当社製 LGF の照光部には屈折率や光透過率が最適化されたバインダとフィラーの組み合わせからなる特殊な光拡散インクがドット状に印刷されている。照光部はキーの直下であるためキーマットによって繰り返し打鍵されるが、図7(b)のように光拡散パターンの剥離や損傷が生じると輝度に悪影響をあたえてしまうため、光拡散インクには高い機械的耐久性が要求される。当社製 LGF の光拡散インクには、機械的耐久性の高い特殊ウレタン系バインダを用いており、さらにベースフィルムに適切な前処理をほどこすことなどにより、図7(a)に示すように100万回の打鍵後も剥離・損傷しない光拡散パターンを実現している

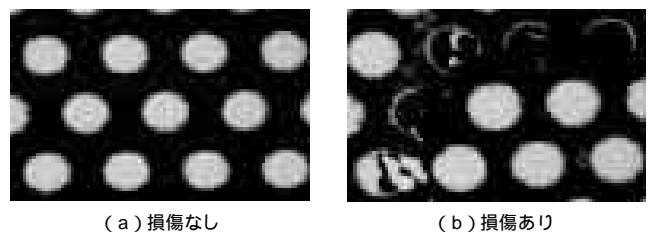


図7 打鍵によるインクの損傷  
Fig. 7. Peeling ink after knocking test.

### 5. 光学シミュレーション

LGFの照光部分では、単位面積あたりに印刷された光拡散インキの面積、つまり印刷部の密度が高いほどより多くの光が散乱する。したがって、印刷部の密度が高いほどLGFの輝度も上昇する。そこで、印刷部の密度と輝度の相関を調査した。測定は、一定なドット間隔で径が異なるサンプルを作製することで印刷部密度を変更したサンプルを作製しておこなった。また測定にはコニカミノルタ社製の二次元色彩輝度計(CA-2000)を使用した。測定の結果、図8に示すようにドットの径が大きくなるにつれて、得られる輝度も直線的に上昇することを確認した

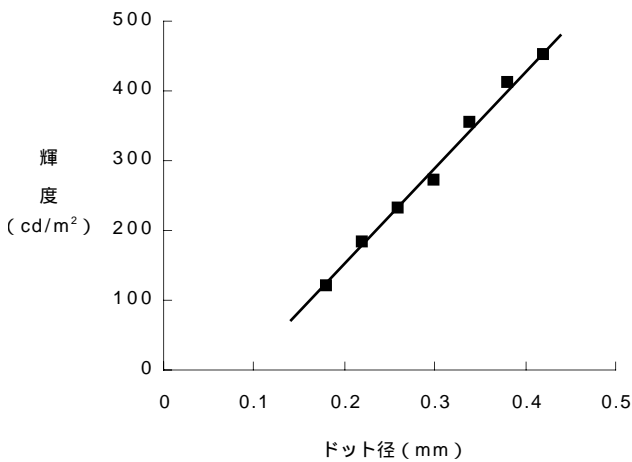


図8 インクドット径と輝度の相関性  
Fig. 8. Correlation between the diameter of the dot and luminance.

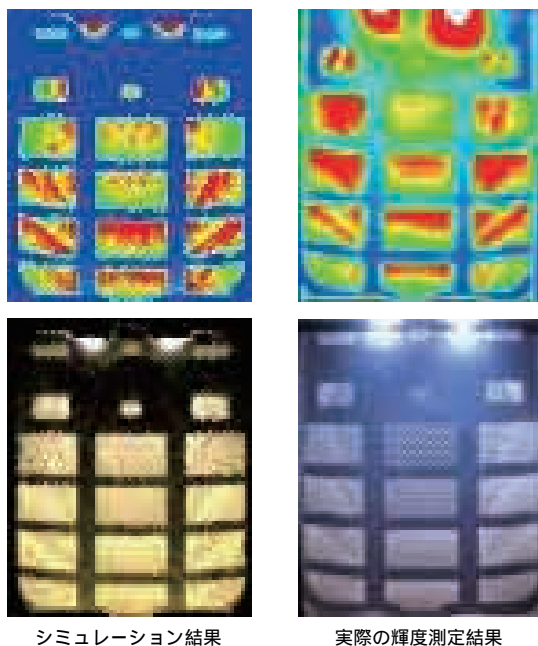


図9 シミュレーションと実際のサンプルの輝度比較  
Fig. 9. Luminance of simulation and actual lighting.

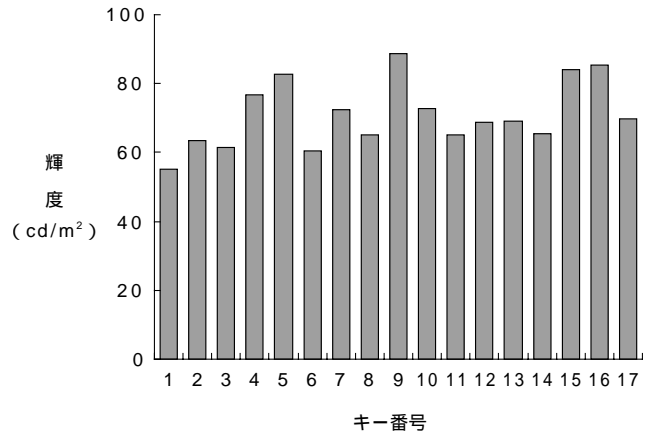


図10 各キーの輝度  
Fig. 10. Luminance of each key.

3章で測定したフィルムの光透過率と、上記の印刷部密度/輝度相関性の結果を用いて、すべてのキーを均一に光らせるための三次元照明解析による光学シミュレーションを行った。その結果、実際の輝度とシミュレーションの結果は、図9に示すように良く一致した。キーごとの輝度に関しては、図10に示すように最大、最小輝度は平均値の±20%に収まっており、キーマットが載せられた実際の携帯電話での使用には問題ないレベルであると考えている

### 6. 応用開発品

#### 6.1 分割照光 LGF

開発したLGFは光が面内を進行するため、図11に示すように遮へい物を挟むことにより照光部分を分割することが可能になる。そこで、ナビゲーションキーを独立して照光させる実際の携帯電話を模擬したサンプルを作製した。サンプルは、フィルムにスリットを入れてメタルドームシートと貼り合わせたのちに黒色の遮へい物を挿入するという手順で作製した。作製したサンプルに関して面内輝度の測定を行ったところ、光の遮へい率は99%以上であり、ほぼ完全に分割照光することが可能であることを確認した。作製した分割照光LGFを図12に示す

#### 6.2 多色照光 LGF

通常のLGFは光散乱インクにより白色光を散乱させ

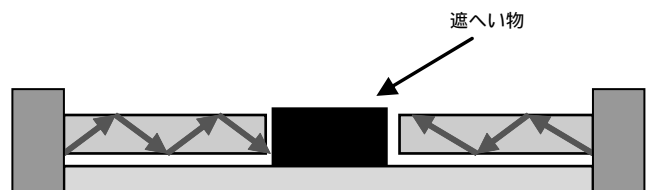


図11 分割照光構造の断面図  
Fig. 11. Cross section of light segmentation system.

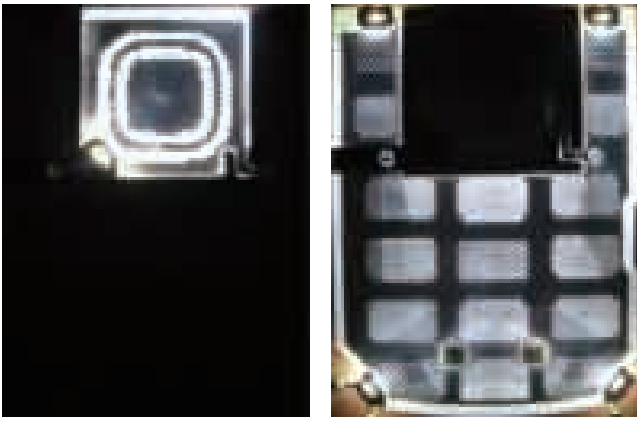


図 12 分割照光 LGF  
Fig. 12. Segmentation LGF.



図 13 多色照光 LGF  
Fig. 13. Multi color LGF.

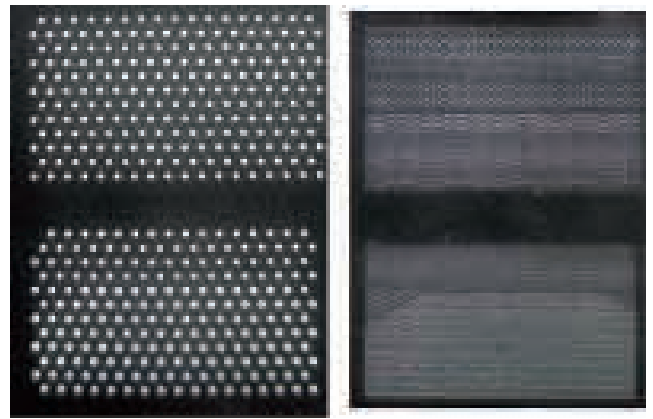


図 14 二層 LGF  
Fig. 14. Multi layer LGF.

て照光させるが、図 13 に示すようにある波長の光を選択的に吸収する光散乱インクを印刷することで、共通の白色 LED 光源を用いて一部を異なる色で照光することが可能になる

### 6.3 二層 LGF

本 LGF は LED 光がフィルム面内を進行するため、複数枚のフィルムを重ねることにより、図 14 に示すように数字と文字のような異なる部分をそれぞれ選択的に照光させることも可能になる



0.2 従来品  
0.05 微細品

図 15 微細ドット LGF  
Fig. 15. Fine dot LGF.

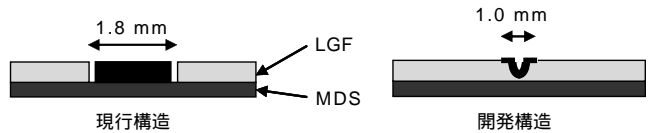


図 16 光分割部分の断面図  
Fig. 16. Cross section of each segment width.

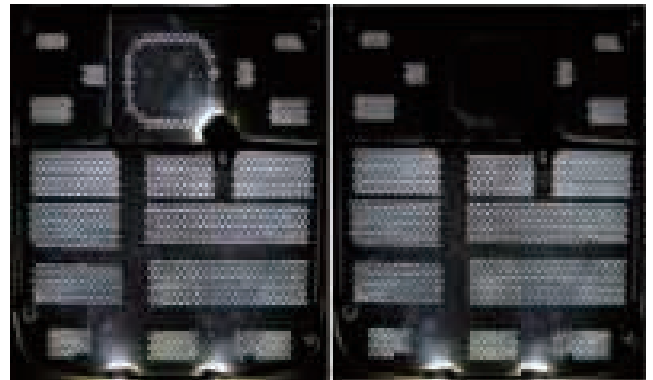


図 17 微細分割 LGF  
Fig. 17. Fine segment LGF.

### 6.4 微細ドット LGF

現在生産している LGF に印刷されているドットの径は約 0.2 mm と肉眼で判別可能なため、キーマットの形状や材質によっては外側からドットの形状が透けて見えてしまう場合がある。そこで当社では、凹版オフセット印刷を適用して、図 15 のような肉眼では判別不可能な 0.05 mm 径の微細ドットを形成した LGF の開発を進めている

### 6.5 微細分割 LGF

6.1 項の分割照光方法では、遮へい部の幅を狭めることが難しいため、図 16 に示すように LGF に溝を形成し、その溝に黒インクを塗布することにより分割照光する方式を開発している。この方式を採用することにより

分割照光に必要な遮へい部の幅を約50%減らすことが可能になる。図17に試作したLGFの照光状態を示すフィルム状態での光遮へい率は80%以上であり、キーマットを載せた実際の製品における光の遮へいは十分であると考えている

## 7.むすび

光透過性，耐久性，柔軟性に優れた特殊エラストマからなるベースフィルム，光拡散効率，耐久性に優れた光拡散インクを開発した。さらに，LGFの光学設計，光学シミュレーション，光学評価技術も確立することにより，携帯電話操作部照光用LGFを製品化した。その仕様，特性を表2に示す。現在は分割照光化，多色照光化，ドット小径化による実質的な面照光化などの応用開発も進めている。今後このような携帯電話用の操作部照光用

表2 当社LGF/MDSアセンブリ品仕様  
Table 2. Specification of Fujikura LGF/MDS product.

項目	試験条件と仕様
打鍵耐久性	8 N × 100 万回でインクの剥がれなし
耐湿熱性	85℃, 85%RH × 1000時間 で光透過率低下20%以下
MDクリック率	35%以上
製品内輝度均一性	最小輝度/最大輝度 = 60%以上
フィルム硬度	90 ~ 96 (JIS A)
フィルム厚さ	0.125, 0.15, 0.2 mm
ドット径	最小 0.2 mm (0.05 mmを開発中)
遮へい部分幅	最小 1.8 mm (1.0 mmを開発中)
ドット色	白, 赤, 青, 黄, 緑
LED/LGF距離	0.35 ± 0.2 mm

LGFはさらに需要が増えると考えられ，またこの技術は携帯電話以外の製品への応用も可能であることから当社ではさらに高機能な照光部品の開発を進める