

## 17 超小型プロジェクター用材料

藤田 卓\*

### 17.1 はじめに

MD (Micro Display) は HTPS (High Temperature Poly-silicon TFT), LCOS (Liquid Crystal on Silicon), DLP (Digital Light Processing) の総称であるが、これらの MD ベースのプロジェクターは 1990 年代から市場投入され、フロントプロジェクター向けとしては安定して成長してきた。このような中で LED やレーザーを光源とする超小型の光学エンジンが開発され、電池駆動が可能で携帯性に優れた超小型プロジェクターが出現している。ここで示すものは電池駆動可能で、概ね 500 g 以下の製品を対象として注目されている主要な材料を紹介する。

### 17.2 プロジェクター市場規模の推移

#### 17.2.1 超高压水銀ランプ等、高輝度光源を使用するプロジェクター市場

2009 年の当該市場は、フロントプロジェクターがワールドワイド数量ベースで 490 万台、リアプロ TV は 35 万台となる見込みである。フロントプロジェクターは発展途上国の文教用途を中心に順調に伸びてきたが、2008 年後半からの景気減速の影響を受けて 2009 年は一服状態にある (表 1)。

しかし 2009 年の後半からビジネスユースでのリプレース需要と文教用途で引き続き着実な拡大が見込める。一方、リアプロ TV に関しては更なる縮小となる。

#### 17.2.2 超小型プロジェクター市場

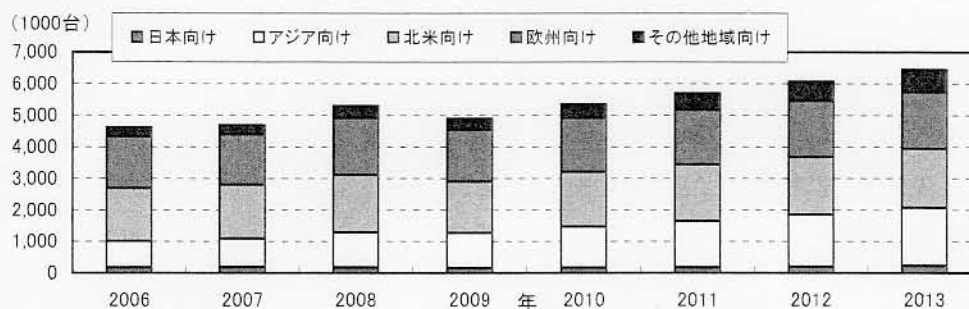
2008 年の当該市場は、ワールドワイドでは 1 万台の出荷があったと推測される。2009 年には携帯電話にプロジェクターを組み込んだ端末が出荷され始めた。今後、幅広い商品展開が期待されている (表 2)。なお、LED 数量ベースでは 2007 年比 200% の 3 万個、光源としての金額ベースでは 2007 年比 171% の 2,400 万円であった。2009 年度は数量ベースで 2008 年比 3,500% の 105 万個、金額ベースで同 3,291% の 7 億 9,000 万円となる見込みである。2009 年の伸び予想に関しては、採用アプリケーションが増加したことが一番の要因であるが、中でも携帯電話端末にも搭載されたことは市場に大きなインパクトを与える。2010 年以降も携帯タイプを中心に LED 市場の拡大が進む中で、LED の高輝度化も進み普及が加速することが予想されている。一方、レーザー光源使用タイプはセット製品ベースでは 2009 年末頃を目指し上市が予定されている。但し光源自体が LED に比べて高価であることと安全性の面で輝度が制約されることから普及には期間を要すると考えられる。

---

\* Taku Fujita      株式会社機能性ガラス研究所 代表取締役

## 第4章 構成材料

表1 フロントプロジェクター市場規模推移



(単位：1,000台)

年次 摘要	実績			見込	予測			
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
日本向け	180	190	180	160	170	180	200	230
前年比 (%)	—	105.6	94.7	88.9	106.3	105.9	111.1	115.0
アジア向け	830	900	1,100	1,100	1,300	1,470	1,650	1,850
前年比 (%)	—	108.4	122.2	100.0	118.2	113.1	112.2	112.1
北米向け	1,690	1,710	1,840	1,640	1,750	1,800	1,840	1,870
前年比 (%)	—	101.2	107.6	89.1	106.7	102.9	102.2	101.6
欧州向け	1,630	1,600	1,800	1,650	1,700	1,730	1,770	1,800
前年比 (%)	—	98.2	112.5	91.7	103.0	101.8	102.3	101.7
その他地域向け	300	300	380	350	430	530	620	700
前年比 (%)	—	100.0	126.7	92.1	122.9	123.3	117.0	112.9
W/W 生産数量	4,630	4,700	5,300	4,900	5,350	5,710	6,080	6,450
前年比 (%)	—	101.5	112.8	92.5	109.2	106.7	106.5	106.1

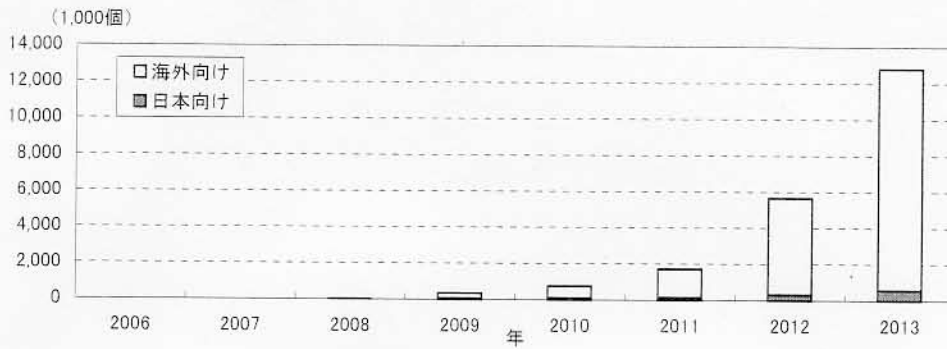
(富士キメラ総研推定)<sup>1)</sup>

### 17.3 超小型プロジェクターの採用製品

製品形態には、ポケットプロジェクターとセット機器に組み込まれる組み込みの2形態がある。なお、本稿で紹介するポケットプロジェクターは100lm未満タイプと定義する。組み込みモジュールの用途としては、既発売の携帯端末以外にDSC、AV機器、ゲーム・PCなどのアクセサリ（USBメモリ、充電器など）も検討されている。

市場立ち上り間もない現状では、当該製品は、小型・軽量を主眼にした10lmクラスのプロジェクターに注目が集まっており、これらはコンシューマ用途でゲームや動画、写真といったコンテンツを手軽に映し出せるということをコンセプトに置いた製品となっている。このため、高品質よりもコストが重視される傾向にある。

表2 超小型プロジェクター市場規模推移



(単位：1,000台)

年次	実績			見込	予測			
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
日本向け	0	0	5	50	90	130	300	550
前年比 (%)	—	—	—	1000.0	180.0	144.4	230.8	183.3
海外向け	0	5	5	300	660	1,570	5,350	12,250
前年比 (%)	—	—	100.0	6000.0	220.0	237.9	340.8	229.0
W/W 生産数量	0	5	10	350	750	1,700	5,650	12,800
前年比 (%)	—	—	200.0	3500.0	214.3	226.7	332.4	226.5

(富士キメラ総研推定)<sup>1)</sup>

#### 17.4 超小型プロジェクター用光源

超小型プロジェクター用として想定される光源としてはLEDとレーザーが考えられるが、それぞれの特徴と現状を示すと次の通りである(表3)。

組み込みモジュールタイプはポケットプロジェクターよりもコストが重視されるため、LD+波長変換素子メーカーによる光源の採用には低コスト化が必要になる。多数のLED光源メーカーがあるが、RGBタイプがベースとなっているため、RGBの個別のベアーチップを吟味し、個々に優位なものを選択するという方法もある。本稿ではLED光源を使用したプロジェクターについて言及したい。

#### 17.5 LEDの発光原理と白色化

まずはLEDの発光原理について図1に示す。LEDは図2に示す通りの方式が知られているが、一般的にLEDの白色化については青色LEDと黄色蛍光体を組み合わせた方式が多く採用されるようになってきた。この方式が開発されてから十数年が経過したが、その間、携帯電話のバックライト光源としてのマーケットを確保し、大型液晶テレビ、一般照明用へのLEDの採用も加速して行くと考えられている。

表3

項目	LED	レーザー
輝度	製品レベルで8~10 lm	20 lm は可能
消費電力	700~1,000 mW	ピーク時で2 W 程度
色再現性	RGB タイプは NTSC 比に優れる	グリーンレーザーのざらつきを押さえることがポイント
モジュール価格	700~800 円/RGB タイプ	10,000~15,000 円
サイズ	1 灯が 10 mm 角程度	1 灯が 10 mm 角以下
市場性	DLP タイプは DMD 価格次第で大きく拡大の可能性あり。	高コストのため現状は低調
問題点	消費電力がまだ高い	アイセーフティによる輝度制限がある

LED パッケージに設置された LED チップは正孔が多い P 型と電子が多い N 型とを接合した半導体である

P 型を+に N 型を-にして電圧をかけると正孔と電子が接合面に移動し再結合するそのとき発生したエネルギーが光となる

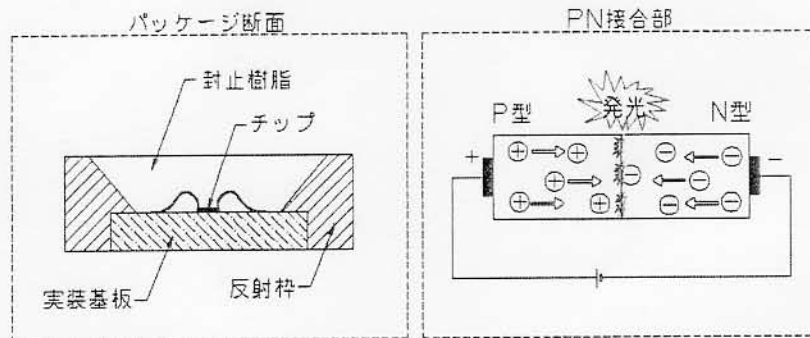


図1 LEDの発光原理

光束当たりの光源価格はまだ高いものの、一方でエネルギー効率の観点だけではなく、放熱性を良くしてLED当たりの駆動電力を高めることで非常に高出力なLEDを開発して行く動きが顕在化している。

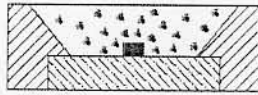
このような中でRGBの3原色を組み合わせる方式の場合、光の混合割合を安定させたり、色度の角度依存性が出ないように等方向に光を混合しなければならないという難しさはあるものの、蛍光体によるエネルギー損失がなく効率の高くなる方式である。よってプロジェクター用のように、LED光源使用にてより高輝度を求める場合はこの方式を中心に商品開発が進められている。

光の三原色素子を同時  
発光させ白色光を得る  
色再現性が最も良いが、  
コストは高くなる  
特許問題はクリアー



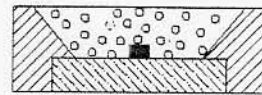
赤色 + 緑色 + 青色 = 白色

近紫外LEDによる紫  
外光をRGB蛍光体に  
通すことにより白色光  
を得る  
演色性にすぐれている  
が、明るさは今一步



近紫外 + RGB 蛍光体 = 白色

青色LEDによる光を  
黄色蛍光体に通すこと  
により白色光を得る  
コスト的に有利かつ明  
るいが、演色性は低い



青色 + 黄色蛍光体 = 白色

図2 LEDの白色化

### 17.6 LEDのパッケージ

図3は一般的なパッケージ製造の考え方を示すものである。

また図4は松浪硝子工業にて作成したモバイル用LEDパッケージである。RGGBの4個のLEDベアチップは高輝度タイプを個別に選定し、パッケージには高反射タイプのLTCC（低温同時焼成セラミックス）を使用してワイヤボンディングにて配線処理している。更に放熱基板としてはアルミを使用し半田付けしてモジュールにするというものである。

#### パッケージの役割

- 素子の機械的保護…高強度
- 素子と外部との電氣的接続…高絶縁
- 素子の放熱…高熱伝導
- 素子からの光を効率良く放射させる…高反射
- その他…耐光劣化性、耐熱性

#### パッケージ材料

- リードフレームインサート成形（銅合金+射出成形材）
- セラミックス平板（アルミナ/窒化アルミ）
- セラミックス積層板（LTCC/HTCC）
- 金属基板（アルミ/銅）



リードフレーム成形



セラミック積層板  
(LTCC/HTCC)



セラミック平板  
アルミ基板

図3 LEDのパッケージ

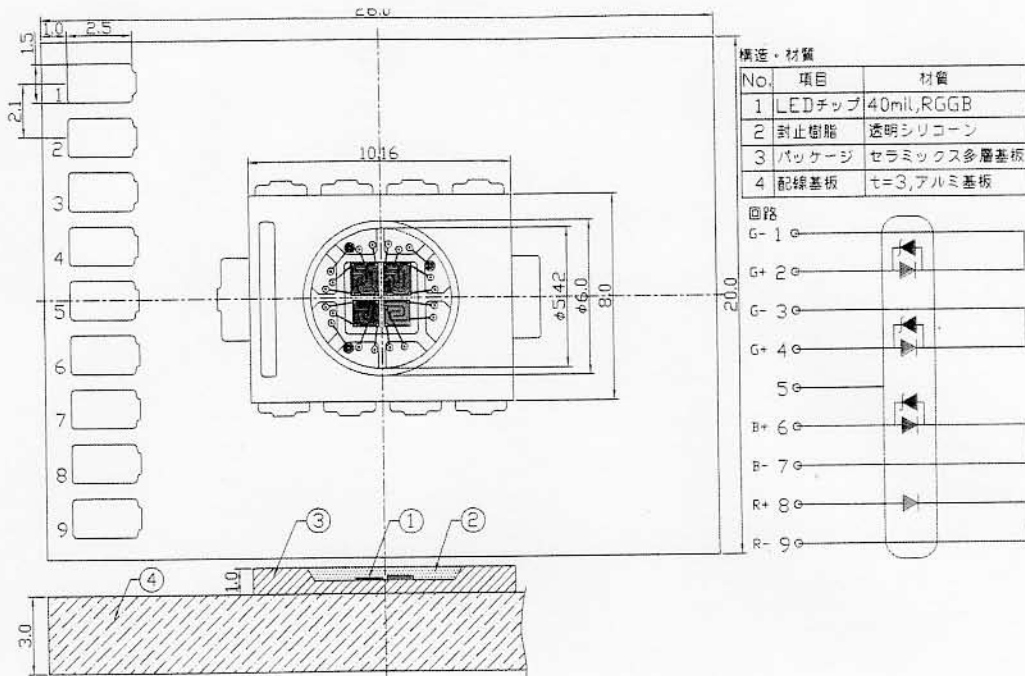


図4 RGBパワーLEDパッケージ

### 17.7 LEDパッケージの輝度改善

超小型プロジェクターとは言え、より高輝度な光源が求められるが特にLEDの場合 Etendue 値が大きいことが問題になる。Etendue という考え方は HTPS, LCOS, DLP といったディスプレイのデバイスに集光できる明るさは、光源の発光面積と発散角度によって関係づけられていることを示している。Etendue = 「光源の発光している面積」×「光源から発散して行く光の立体角」となり「デバイスが受け入れることが出来る入射立体角×デバイスの有効面積」がこれより小さければ光は有効に利用されないことになる。よって Etendue の値を下げるための工夫が必要となる。例えばLEDのチップ表面に結晶構造を設けることにより出射光角度を改善するといった提案もなされている。また、次のように砲弾型と言われる半球で覆ったタイプより空隙を作った平面カバーガラスタイプの方が Etendue としては低くなることが知られている (図5)。

### 17.8 超小型プロジェクターのレンズ系について

LED光源/LCOS単板エンジン方式例を図6に示すが、よりコンパクトなものとするためには RGB のような形で1パッケージの設計とするか、また輝度を高めるためには R-G-B をそれぞれ4個の同色ベアチップで使用するような方式が考えられる。LED光源の輝度の損失を極力抑えるために、全光束等を考慮したレンズの光学設計を行うことになる。よりコンパクトな構造とするためには球面レンズから非球面レンズ、更にはフレネルレンズを使用することが考えられる。

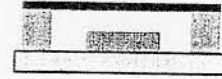
LED with hemispherical lens



$$\begin{aligned} n_{\text{Lens}} &= 1.4 \\ A_{\text{Chip}} &= 1\text{mm}^2 \\ \alpha &= 90^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= n^2 \cdot \pi \cdot \sin^2(\alpha) \cdot A^2 \\ E &= (1.4)^2 \cdot \pi \cdot 1\text{mm}^2 \cdot \sin^2(90^\circ) \\ E &= 6.16 \end{aligned}$$

LED with glass window



$$\begin{aligned} n_{\text{Air}} &= 1 \\ A_{\text{Chip}} &= 1\text{mm}^2 \\ \alpha &= 90^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= n^2 \cdot \pi \cdot \sin^2(\alpha) \cdot A^2 \\ E &= (1)^2 \cdot \pi \cdot 1\text{mm}^2 \cdot \sin^2(90^\circ) \\ E &= 3.14 \end{aligned}$$

図5 Etendue 値の低減<sup>2,4)</sup>

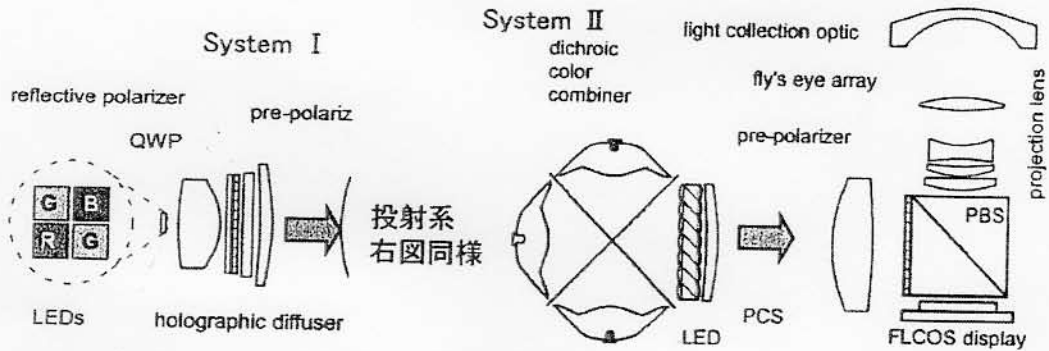


図6 LED光源/LCOS 単板エンジン方式例<sup>2,3)</sup>

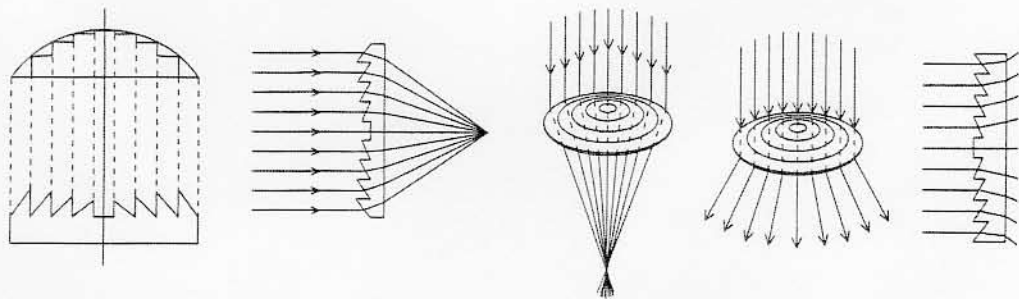


図7 フレネルレンズの形状

フレネルレンズは図7のように屈折面が連続した球面ではなく、階段状に屈折角の異なったプリズムが同心円状に形成されているものである。光は屈折され焦点に向かうため球面レンズと同様の効果が得られる。屈折面が非連続であることから、角面の角度は自由に設定出来る。よって球面収差などを補正して、明るく効率の良い単焦点レンズにすることが可能となる。これらによって無駄なく、またムラなく HTPS, LCOS, DLP といった作像素子に入射させ、更に投影レンズに無駄なく入射するよう設計配置することが重要である。

### 17.9 まとめ

超小型プロジェクターは海外メーカーを中心に比較的積極的な販売展開を進めている。またビジネス用、大学でのゼミといった場所での使い勝手を考えた反射型のスクリーンも考案されている。

携帯電話への組み込みプロジェクタも2012年頃からは市場が本格的に立ち上がり、超小型プロジェクタはワールドワイドでの総量が年間565万台の予想が出されており、数量ベースでは従来のフロントプロジェクターと肩を並べることになる。しかしこれを実現させる技術のハードルは高い。また、予測数量に達するには要求コストをクリアーすることが不可欠になる。昨今の技術進歩はこれらの問題点を十分にクリアー出来る方向に向かっていると思われる。

### 文 献

- 1) 「2009 イメージングデバイス関連市場総調査」, (株)富士キメラ総研
- 2) Electronics Journal 第366回 Technical Seminar 「超小型プロジェクター徹底検証」, (株)電子ジャーナル
- 3) Denis Darmon *et al.*, (Displaytech, Inc) "LED-Illuminated Pico Projector Architectures" SID 08 Digest, pp.1070-1073
- 4) LEDs for Picoprojection Page 19 June 24th 2009, OSRAM Japan