

# LEDプリントヘッドの動向

中村 幸夫

電子写真方式カラープリンタ市場は堅調に成長している。2001年度の市場規模は69万台を越え、2005年には150万台の規模に達すると予想している。この市場拡大の牽引車になると期待しているプリンタは、タンデム型カラープリンタである。

タンデム型カラープリンタは、シアン、マゼンダ、イエロー、ブラックのそれぞれ独立したプロセス、書込み系を持ち、1回の用紙パスでトナー像を形成する方式である。このためプリンタとしての構造が簡単で、高速印刷・小型・低価格化に適している。

タンデム型カラープリンタの書込み光源は、LEDプリントヘッド方式とレーザーキャナヘッド方式がある。LEDプリントヘッドは固体型光源で扱いが容易であること、容積が小さくプリンタを小型にできるなどの特長があるため、タンデム型カラープリンタには最適な光源である。このような環境の中でLEDプリントヘッドには、高密度・高速の性能面ばかりでなく、より一層の低価格化が要求されている。

一方、(株)沖デジタルイメージングは1999年10月にLEDプリントヘッドの研究開発・設計・製造・販売を一貫して行い、LEDプリントヘッドでNO.1の企業になることを目指し事業を開始した。当社ではプリンタのカラー化開発に並行して、LEDプリントヘッドの技術開発を行い、電子写真方式カラープリンタの書込み光源として必要とされる高密度・高速・小型・低価格技術の開発を達成した。

本稿ではLEDプリントヘッド方式とレーザーキャナヘッド方式の構造を比較し、それぞれのヘッド方式の課題について述べると共に、当社で開発した技術を紹介する。

## プリントヘッドの構造比較

図1はLEDプリントヘッドの概略構成図である。LEDプリントヘッドは、LED (Light Emitting Diode) アレイとドライバICが実装された配線基板とロッドレンズアレイにより構成される。ここで、LEDアレイは複数の発光部が集積された化合物半導体チップ、ドライバICはLEDアレイの各発光部の点灯動作を制御する駆動素子が集積さ

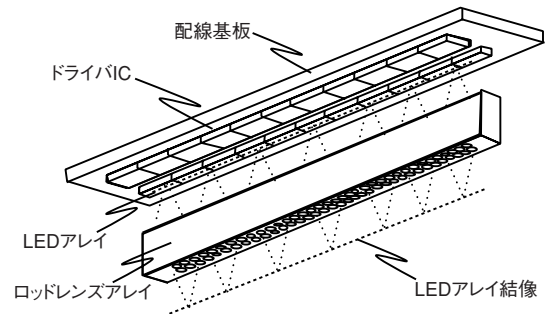


図1 LEDプリントヘッドの概略構成図

れた半導体チップである。またロッドレンズアレイは屈折率分布型ファイバがアレイ状に配置固体化されたレンズであり、その結像特性は1対1に結像される正立実像である。

LEDプリントヘッドは、印刷用紙幅、例えば、A4サイズを満足するように、複数のLEDアレイが配線基板上に一直線にダイボンド実装されている。各発光部はドライバICの駆動素子と金属ワイヤなどにより電氣的に接続され、印刷信号に応じて点灯・消灯の動作が行われる。各発光部からの放射光は、ロッドレンズアレイにより感光ドラム上に結像される。ここでLEDアレイの結像は、配線基板上のLEDアレイ発光部が感光ドラム上に1対1に投影され、印刷用紙幅を満足する。したがって、LEDプリントヘッドはその構造から以下の特徴がある。

- 独立した数千の発光部で構成され、光走査が電子化された固体型光源である。
- 単純な光学系で、光路長が短く、ヘッドの容積が小さい。

図2はレーザーキャナヘッドの概略構成図である。レーザーキャナヘッドは、レーザーダイオード、コリメートレンズ、ポリゴンスキャナ、f-θレンズ、シリンドリカルミラーなどで構成される。レーザーダイオードから出力された光はコリメートレンズで平行光にされ、ポリゴンスキャナが回転することで、レーザー光は印刷幅に走査される。印刷幅に走査されたレーザー光はf-θレンズにより感光ドラムに結像される。したがってレーザーキャナヘッドは、そ

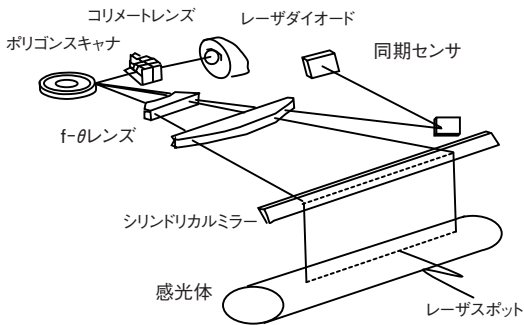


図2 レーザダイオードヘッドの概略構成図

の構造から以下の特徴がある。

- 1つのレーザダイオードで構成され、光走査が機械的な走査型光源である。
- 複雑な光学系で、光路長が長く、ヘッドの容積が大きい。

### プリントヘッドの課題

LEDプリントヘッド、レーザスキャナヘッド両方式のカラー化に向けた技術課題を印刷の高解像度化、高速化、タンデム型カラープリンタの光源への適用に着目して述べる。

#### (1) 高解像度化

LEDプリントヘッドに使用するレンズの結像特性は等倍正立実像である。このためヘッドの印刷解像度はLEDアレイの発光部の密度で決定され、印刷の高解像度を達成するためには、LEDアレイの高密度化技術の開発が鍵となる。

一方、レーザスキャナヘッド方式の解像度は、レーザダイオードの変調周波数とコリメートレンズ、f-θレンズの光学特性が課題となる。現在一般的に用いられている安価なプラスチックレンズでは微小なスポット径、例えば1200dpi (dots per inch) にすることは難しく、レーザダイオードの短波長化技術の開発が鍵となる。さらに同一の印刷速度で解像度を2倍にする場合、ポリゴンスキャナの回転数は2倍、レーザダイオードの変調速度は4倍が必要である。したがってレーザスキャナヘッド方式では高解像度化の課題は高速化の課題と重複する。

#### (2) 高速化

LEDプリントヘッドの高速化では、高速駆動に伴うヘッドの発熱が課題であり、LEDアレイの高発光効率化技術の開発が鍵となる。

一方、レーザスキャナヘッド方式の印刷の速度は、ポリゴンミラーの回転数、ミラー面数で決定されるが、機械

的な制約から高速化には限界がある。このためレーザスキャナヘッド方式の高速化にはレーザダイオードのマルチビーム化技術の開発が鍵となる。

#### (3) タンデム型カラープリンタの光源への適用

前述したようにタンデム型カラープリンタは、4つの独立したプロセス、光源を持ち、1回の用紙パスでトナー像を形成する方式である。このため4つの光源の位置合わせが大きな技術課題である。この位置合わせのずれが大きいと、印刷された画像は色ずれを起し、印刷品質が低下する。

LEDプリントヘッドは小型固体型光源という利点を生かし、プリンタを小型にすることができる。また比較的容易に位置合わせ制御を行う事が可能で、レーザスキャナ方式で必要とされる位置合わせ調整機構が不要である。しかしLEDプリントヘッドは、独立した数千の発光部で構成されているため、LED方式固有の課題がある。以下にその課題と課題解決のための技術開発項目を示す。

- 光量ばらつき：光量補正技術
- 光量劣化：LEDアレイの高発光効率化技術
- LEDアレイ結像の位置精度：ダイボンド位置精度技術とレンズアレイ組立技術
- 熱伸縮による位置変動：高発光効率化技術

一方、タンデム型カラープリンタをレーザスキャナヘッドで実現する場合、各ヘッドのドラム面上のレーザスポットを調整する必要があり、各種光学系の位置補正・調整手段が必要となる。また印刷動作に伴う熱などによる光学的な変動に対し、さまざまな補正手段が必要となる。さらにレーザスキャナヘッドは長い光路長が必要であるため、単純に4つのレーザスキャナヘッドを用いるとプリンタが大型になってしまうという課題がある。このためレーザスキャナヘッド方式をタンデム型カラープリンタの光源に適用するには、さまざまな工夫を盛込んだ新しい光学系が開発が鍵となる。

### 当社の取り組み

当社は1979年に国内で初めてLEDプリントヘッドの開発を報告して以来、常に世界をリードして技術開発・商品化を行ってきた。特に最近のカラー化に伴い、高密度・高速・小型・低価格技術の開発を相次いで達成し、タンデム型カラープリンタの光源として最適なヘッドを実用化した。

以下に当社における、LEDプリントヘッドのカラー化に向けた取り組みについて述べる。

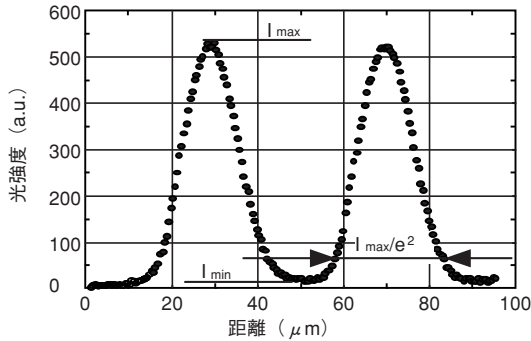


図3 1200dpi LEDヘッドの解像度特性

### (1) 高密度化<sup>1)</sup>

DTP (Desktop Publishing) システムやカラープリンタで写真に近い高品質な画像を出力するためには1200dpi以上の高解像度プリントヘッドが必要である。この課題に対し、当社は発光部の微細作製技術の開発に取り組み、固相拡散法を用いた新しいLEDアレイ作製技術を開発した。このLEDアレイを用い、1996年に世界で始めて1200dpi LEDプリントヘッドを開発した。

図3は1200dpi LEDプリントヘッドの解像度特性である。ヘッドの解像度を評価するために、ロッドレンズアレイにより結像されたLEDの光強度分布を測定した。本光強度測定ではLEDアレイの発光部を1ドットおきに点灯させ、ロッドレンズアレイは開口角20度のレンズを用いている。 $l_{max}/e^2$ で定義される光スポット径は約30  $\mu\text{m}$ 、解像度の指標であるMTF (Modulation Transfer Function) は80%以上を達成し、解像度は十分に高い。

### (2) 高発光効率化<sup>2)</sup>

LEDプリントヘッドは各LEDの点灯動作を電氣的に制御できるため高速化に適した書込み光源である。しかし、1つのヘッドは数千のLEDで構成されているため、LED 1ドットに供給する電流は数ミリアンペアと小さいにも関わらず、ヘッド全体では数アンペアと大きな電流が必要となる。このため印刷の高速化では、ヘッドの発熱および駆動電源の大型化が大きな課題となる。特にタンデム型カラープリンタでは、ヘッドの発熱による各ヘッドの伸縮が印刷品質を低下させる。この課題を解決するためにLEDアレイの高発光効率化が必要となる。この課題に対し、当社は1998年に独自のLED素子構造を開発し、従来のLEDより1桁高い発光効率を得ることに成功した。新しいLED素子は、アルミニウムガリウム砒素をダブルヘテロ構造に形成した後、固相拡散で亜鉛を選択拡散し、活性層内にpn接合領域を形成した構造である。

図4は高発光効率LEDと従来型LEDの発光出力特性を比

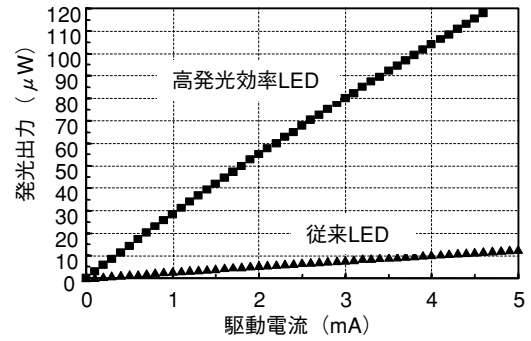


図4 1200dpi LEDの発光出力特性

較した図である。本図から判る通り、高発光効率型は従来型に比べ10倍以上の発光効率の向上が達成できている。すなわち高発光効率型LEDは、従来型LEDと同じ駆動電流を供給すると従来の10倍の発光出力が得られ、従来型LEDと同等の発光出力を得るためには1/10の駆動電流を供給すればよい。

本開発により、高速化の課題であった消費電力、自己発熱を解決した。

### (3) 低価格化<sup>3)</sup>

高発光効率LEDでは、LEDへの供給電流を増加させることなく、短い発光時間で感光ドラムに与える露光エネルギーを確保することが可能である。当社は高発光効率技術をヘッドの低価格化に応用し、2001年に1200dpi LEDプリントヘッドの低価格化に成功した。低価格化の実現手段として、ヘッドの駆動方式に時分割駆動を採用し、その駆動方式に合うLEDアレイチップを開発した。

図5は開発した1/8マトリクス駆動の説明図である。ここでA1, 2...8はアノード電極, C1, 2...8はカソード電極である。1つのアノード電極は8×8のマトリクス多層配線を介し、8ドット置ききの8つのLEDに結線している。またカソード電極は連続した8ドットのLEDに結線している。発光駆動はアノード電極に印刷データに応じた電流をドライバICから供給し、カソード電極をスイッチングすることでカソード単位のLEDドットの点灯動作が得られる。本開発により、従来ヘッドに比べドライバICの

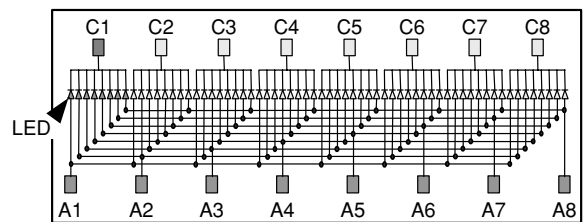


図5 1/8マトリクス駆動の説明図

チップ数は1/2, ワイヤ数は1/4に低減した。またLEDアレイの電極を片側に配置できるため、LEDアレイチップ幅を従来の約1/2にシュリンクした。さらに駆動電流は従来LEDより低減できるため、ドライバICチップをシュリンクした。これにより、部品数と材料費の削減、加工費の低減が達成でき、ヘッドの大幅な低価格化に成功した。また本低価格技術を600dpi LEDプリントヘッドに展開し、タンデム型カラープリンタ光源の大量生産を行っている。

(4) タンデム型カラープリンタの光源への適用

● 光量補正技術

LEDプリントヘッドは、独立したLEDで構成される方式のため、従来から光量の不均一性に課題があるとされてきた。光量に不均一があるヘッドで印刷を行った場合、印刷濃淡ばらつきが発生する。この課題を解決するためには、光量補正技術の開発が鍵となる。

当社で開発した光量補正技術は、各LEDドットに供給する電流を制御し、レンズ透過後の光量を均一にする方式で、チップ単位に供給電流を3%刻みで4ビット、ドット単位に1%刻みで6ビットの補正機能を持たせた。この補正方式の開発により、例えば補正前では±10%の光量の不均一があったものが、補正後では±1%以下にすることができた。したがって、LEDプリントヘッドで大きな課題となっていた光量の不均一性に対し解決することができた。

● 寿命特性

寿命特性についてもLEDプリントヘッドは、各ドットの光量劣化に課題があるとされてきた。一般にLEDの寿命特性は、供給する電流の2乗に比例する特性をもち、供給する電流が大きいほど光量劣化が早い。一方、当社が開発したヘッドに用いているLEDは高発光効率技術を採用している。すなわち各LEDに供給する電流が小さいため、寿命特性の向上が期待できる。

図6は1200dpiLEDプリントヘッドの寿命特性である。通電点灯条件は、各LEDドットに1mAの電流を供給し、すべてのドットを点灯させた。図中黒点は、ヘッドの平均光量の変化を示し、縦軸は測定初期値の光量からの変化率、横軸は通電の累積時間である。本測定結果から判る通り、2,000時間後の平均光量はほとんど変化していない。この結果を、通常使用する印刷デューティを10%として印刷の枚数で換算するとおよそ300万枚となり、長時間安定した画像を出力することができる。

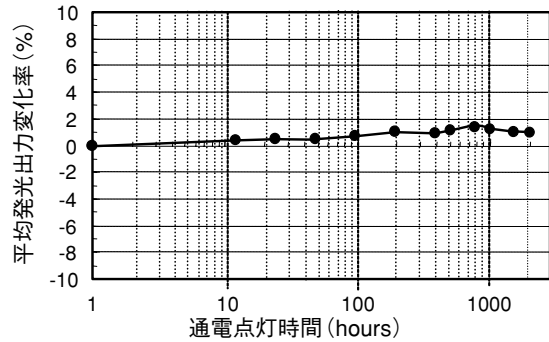


図6 1200dpi LEDプリントヘッドの寿命特性

● 小型化

タンデム型カラープリンタを小型にするためには、ヘッドの小型化が必要である。当社では低価格600dpi LEDプリントヘッドを開発する際に、高発光効率LEDを採用し、より一層の小型化を達成した。ヘッドはLEDアレイとドライバICが実装された配線基板とロッドレンズアレイ、およびレンズホルダで構成され、大型のヒートシンクを用いていない。ヘッドのサイズは、幅14mm、長さ280mm、高さ17mm、重量は100gと小型・軽量にした。

ま と め

当社ではプリンタのカラー化開発に並行して、LEDプリントヘッドの技術開発を行い、電子写真方式カラープリンタの書込み光源として必要とされる高密度・高速・小型・低価格技術の開発を達成した。これらの開発によりLEDプリントヘッドはレーザスキャナヘッドより優れた性能、品質を持つようになった。今後LEDプリントヘッドは、カラープリンタ市場の拡大に伴い大きな発展が期待できる。 ◆◆

■ 参考文献

- 1) M.Ogihara etc. : Open tube zinc diffusion into GaAsP using ALN and SiN cap films, J.Appl. Phys, Vol.79, pp.2995-3002, 1996
- 2) M.Ogihara etc. : High-Speed 1200dpi LED Printhead, Proceedings of PPIC/JP, pp.257-260, 1998
- 3) M.Koizumi, etc. : High-Speed Chip-Matrix 1200dpiLED Printhead, Proceedings of SPIE, Vol.4300, pp.249-255, 2001

● 筆者紹介

中村幸夫 : Yukio Nakamura.株式会社沖デジタルイメージング企画部 ジェネラルマネージャ