

LEDプリントヘッドの最新動向

荻原 光彦

LEDプリンタでは印刷幅分のLEDを高密度に配列したLEDプリントヘッドを光源として印刷する。つまり光源であるLEDと印刷画像を作るための光スポットが一对一に対応している。このことが、LED方式の大きな強みである。この強みを生かし、「高精細」、「高速」、「コンパクト」というLED方式の特長を最大限に引き出せるLEDヘッドの開発が系統的に進められてきた。LEDプリントヘッドの性能については、光源となるLEDアレイが最も重要な鍵を握っている。本稿では、はじめにLEDアレイを中心に開発の体系を簡単にまとめ、それに繋がる最新の開発動向を紹介する。

LEDアレイの技術開発

弊社はLEDプリントヘッドのパイオニアとして、LEDアレイの革新的な技術開発をすすめてきた。すなわち、浅いpn接合形成技術を核とした独自のLEDアレイ技術を開発し¹⁾、初めて1200dpi LEDアレイを実現した²⁾ (dpi:dots per inch)。さらに、発光効率を従来比1桁アップしたLEDアレイの開発に初めて成功し³⁾、超高精細に加えて超高速の印刷を可能にした。

従来のLEDプリントヘッドでは、LEDアレイチップと駆動ICチップは個別に実装され、LEDアレイチップと駆動ICチップはワイヤボンディング（以下、W/Bと略す）によって接続されていた。さらにスタティック駆動型の場合には、LED数とW/B数およびW/Bパッド数が同数のため、LEDアレイの高密度化に伴い、LEDアレイチップと駆動ICチップのサイズの増加と、ボンディングワイヤ間のショート発生のリスクが高くなることが課題であった。この課題を克服するために、従来のスタティック駆動型に代えてマトリクス駆動型LEDアレイを開発し、高精細・高速・コンパクトを同時に実現するLEDアレイ技術確立した⁴⁾。

さて、近年の急速な画像のデジタル化やカラー化に伴って、LEDプリントヘッドには、1200dpiはもとより、さらなる高精細化、高速化の要求が高まっている。この要

求に応えるためには、これまでのLEDプリントヘッドの設計や特性の限界を打ち破る、今までの延長にはない新しい形のLEDアレイを創り出さなければならない。我々は、新しい形のLEDアレイを実現するために、LEDアレイと駆動ICを集積化する独自技術の開発に取り組んだ。そして、薄膜のLEDを駆動IC上にボンディングすることによって、世界で初めて、プリントヘッド用のLEDアレイとしてLEDと駆動ICの集積化に成功した^{5) 6)}。以下の章で、その開発成果を詳しく述べる。

EF-LEDアレイ

(1) EF-LEDアレイの構造

図1にLEDと駆動ICを集積化した新型LEDアレイの顕微鏡写真を示す。図1で「エピフィルムLED」と示している領域が駆動IC上にボンディングされている薄膜のLEDである。以下、エピフィルムLEDをEF-LEDと表し、新型LEDアレイをEF-LEDアレイと呼ぶ。なお、図1に示したEF-LEDの配列ピッチは42.3 μm (600dpi) である。

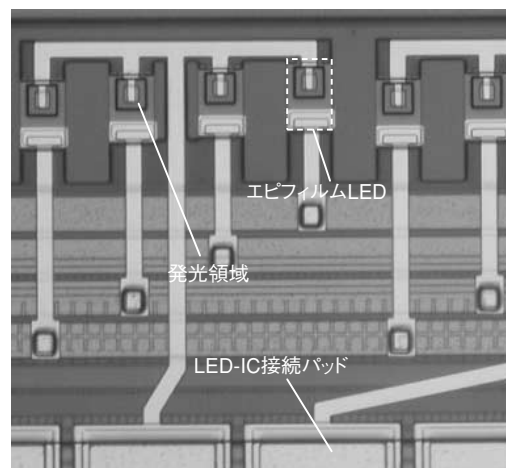


図1 EF-LEDアレイの顕微鏡写真

EF-LEDアレイの作製プロセスの概略を説明する。図2に示すようなEF層と犠牲層をGaAs基板上に形成

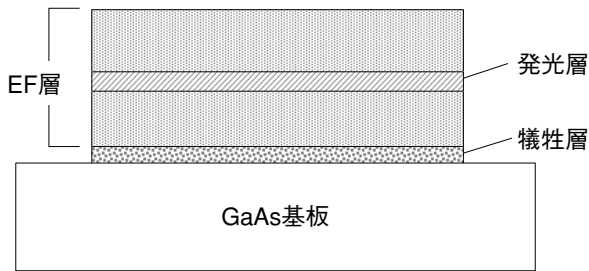


図2 GaAs基板上に形成したEF層と犠牲層の模式図

する。EF層は発光層を含むダブルヘテロ構造の半導体エピタキシャル層である。犠牲層は、あるエッチング液に対してEF層、GaAs基板よりもエッチング速度が極めて早い層である。このエッチング液を使って、EF層とGaAs基板はエッチングせず、犠牲層だけをエッチングすることによって、EF層をGaAs基板から剥離することができる⁷⁾。GaAs基板から剥離した約2 μ m厚の薄いEFを駆動IC上にボンディングする。EFのボンディング領域下方にはメタル薄膜層を設け、LEDから裏面方向に放射された光をメタル薄膜層で反射するようにしている。EFのボンディングでは接着剤を全く使用せずに、分子間力を使ってボンディングする。ここで分子間力とは、近接した分子間に作用する引力である。たとえば、平らなガラス同士をくっつけるとしっかりとくっついて離れない、ということと似ている。弊社独自の技術により、EFの剥離から駆動IC上へのボンディングまで、EFにクラックや欠損などのダメージを発生させることなく、良好な状態で駆動IC上にEFをボンディングできている。

EFをボンディングした後に、EFをエッチング加工し、層間絶縁膜と電極、LEDと駆動IC間の接続配線を形成してEF-LEDアレイを完成させる。2 μ m程度の薄いEFを駆動IC上にボンディングすることによって初めて、LEDとIC間をメタル薄膜を使った配線によって接続することができる。

図3にEF-LEDの電子顕微鏡写真を示す。図3で発光領域

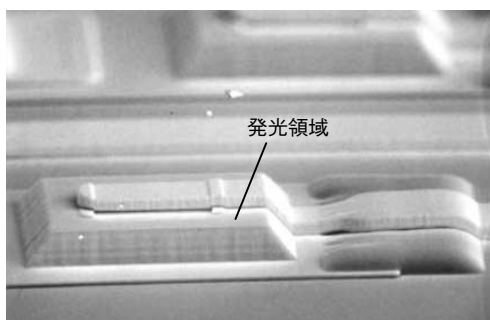


図3 EF-LEDアレイの電子顕微鏡写真

と示した領域が、EFを島状にエッチング加工した領域である。図2に示した発光層は、この島状の領域に位置する。

以上述べたLEDと駆動ICを集積化したEF-LEDアレイでは、EF-LED領域だけにLED材料を使用するので、LEDウエハ1枚あたり、従来と比較して5倍のLEDアレイを取り出すことができた。

(2) EF-LEDアレイの発光特性

図4は、EF-LEDアレイの電流－光量特性（以下I-P特性と略す）を示している。高効率LED構造^{3) 4)}の600dpiLEDアレイのI-P特性も示している（高効率LEDアレイ）。

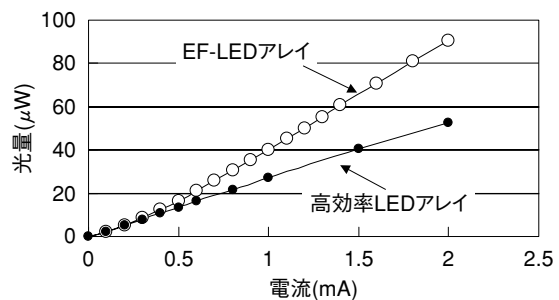


図4 EF-LEDアレイのI-P特性

図4に示したように、今回開発したEF-LEDアレイは高効率LEDアレイよりもさらに発光効率が高い。EF-LEDアレイが高い発光効率を示すのは、EFの半導体エピタキシャル層構造を工夫したことと、EF-LEDアレイの下方にメタル薄膜層を設けLEDの裏面方向に放射した光も表面から取り出しているためである。従来のLEDアレイでは、裏面方向に向かう光はGaAs基板で吸収されるため損失していた。

EF-LEDアレイユニット

この章では、EF-LEDアレイチップをプリント回路基板に実装した形態を、EF-LEDアレイユニットと呼び、従来型のLEDアレイチップと駆動ICチップを実装した形態を従来型LEDアレイユニットと呼ぶ。以下、EF-LEDアレイユニットについて説明する。

図5（次ページ）に、EF-LEDアレイユニットの顕微鏡写真を示す。図6（次ページ）には、比較のためにスタティック駆動型の従来型LEDアレイユニットを示す。図5、図6は、いずれもA4サイズのLEDアレイユニットの一部の写真である。図5は全LEDを点灯動作させた状態、図6は1ドットおきにLEDを点灯させた状態を示している。

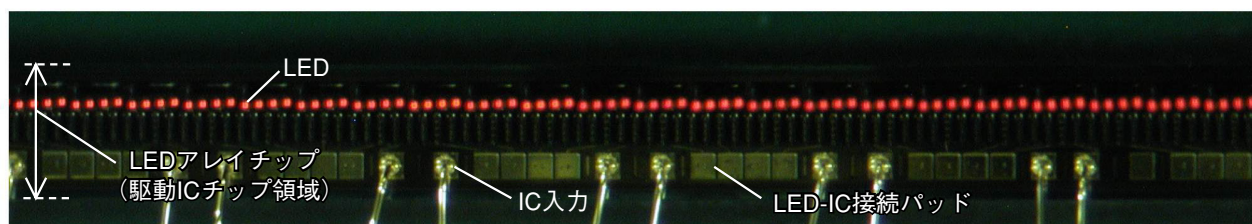


図5 EF-LEDアレイユニット

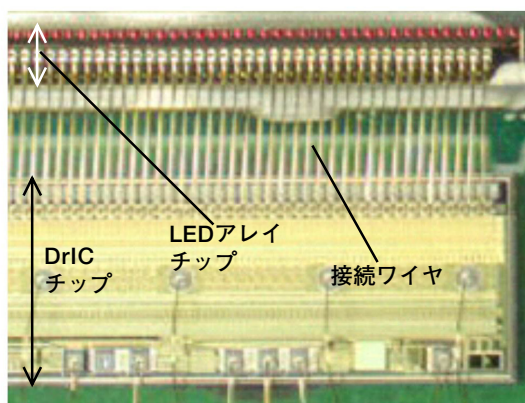


図6 従来型LEDアレイユニット

EF-LEDアレイユニットでは、EF-LEDアレイチップが26チップ実装され、駆動ICの入力パッドだけが金ワイヤ（Auワイヤ）によって実装基板と接続されている。一方、従来型LEDアレイユニットでは、LEDアレイチップと駆動ICチップ各26チップが実装され、LEDアレイチップと駆動ICチップの間は高密度のAuワイヤで接続されている。なお、見やすいように従来型LEDアレイユニットではLEDアレイチップと駆動ICチップの間は、奇数パッドのみワイヤ接続している。EF-LEDアレイユニットでは、従来のLEDアレイユニットと比較して、Auワイヤ本数を1/6～1/10と大幅に削減することができた。

EF-LEDプリントヘッド

この章では、EF-LEDアレイユニット、ロッドレンズアレイ、フレームを組み立てたEF-LEDプリントヘッドの特性について説明する。

図7は、LEDアレイのLEDを1個おきに点灯させた場合の光強度分布を示している。図7に示したピーク光強度 I_p の $1/e^2$ の光強度となる位置での光スポット径は $52\mu\text{m}$ である。また、 I_p とボトム光強度 I_B から光スポットの分解能の指標となるMTFを見積もると、約85%と大きい値を得た。ここで、MTFは、 $\text{MTF} = (I_p - I_B) / (I_p + I_B) \times 100[\%]$ を使っ

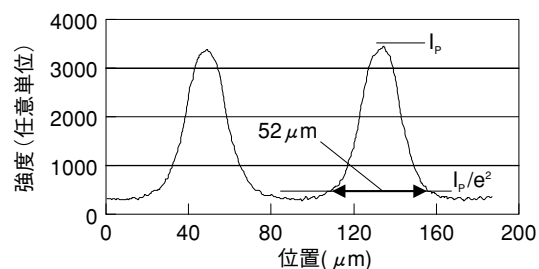


図7 EF-LEDプリントヘッドの光強度分布

て求めた。MTFは大きい値ほど、より分解能が高いことを意味する。光スポット径、MTFのいずれの値も、光スポットの分解能が高く、高精細印刷に十分な特性であることを示している。

図8は、EF-LEDプリントヘッドの光量補正後の光量分布を示している。図8に示したように、光量ばらつきは±1%以内に収まっており、良好な光量分布が得られている。

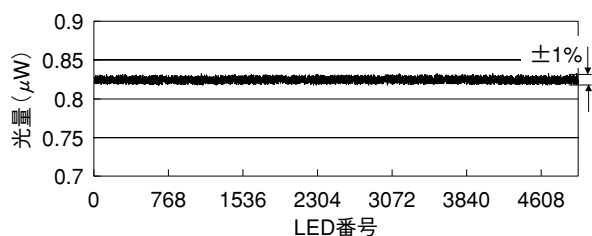


図8 EF-LEDプリントヘッドの光量分布

最後に表1（次ページ）に、今回開発したEF-LEDプリントヘッドの概略仕様をまとめた。外形寸法は、従来体積比で約1/2の大きさに縮小されている。

まとめ

本稿では、LEDプリントヘッドの最新動向として、世界で初めてプリントヘッド用のLEDアレイとしてLEDと駆動ICの集積化に成功したEF-LEDアレイを中心に開発成

表1 EF-LEDヘッドの概略仕様

ヘッド外形寸法	212.12mm(L)×11.5mm(H) ×10mm(W)
LED数	4,992(A4幅)
LED密度	600dpi (LEDピッチ=42.3 μ m)
発光領域寸法	16 μ m×16 μ m
発光波長	755nm
駆動方式	4分割マトリクス駆動

果を紹介した。EF-LEDアレイ技術は、LEDプリントヘッドの特長である高精細・高速・コンパクトという特性をより一層向上できる展望を開いた。今後さらにEF-LEDアレイ技術を発展させていきたい。

謝 辞

本成果の一部は、文部科学省のナノテクノロジー総合支援プロジェクトの支援を受けて広島大学・ナノデバイス・システム研究センターで実施された研究成果によるものです。広島大学工学部・ナノデバイス・システム研究センター・横山教授に賜りましたご指導、ご支援に感謝致します。 ◆◆

参考文献

- 1) M.Ogihara, *et al.*,: “Open tube zinc diffusion into GaAs_{0.8}Po_{0.2} using AlN and SiNx cap films”, J. Appl. Phys. 79, No.6, pp. 2995–3002, 1996
- 2) M.Ogihara *et al.*,: “1200dpi LED array chip using solid phase Zn diffusion”, IEICE TRANS. ELECTRON., E80-C, pp. 489–497, 1996
- 3) M.Ogihara, *et al.*,: “High-speed 1200dpi LED Printhead”, “The SEPJ 40th Anniversary Pan-Pacific Imaging Conference/Japan Hard Copy '98, July 15-17, 1998, Tokyo”, pp. 257–260, 1998
- 4) M.Koizumi, *et al.*,: “High-speed chip-matrix 1200dpi LED Printhead”, “Proceedings of SPIE” vol.4300, pp. 249–255, 2001
- 5) H.Fujiwara, *et al.*,: “Development of new LED-printhead”, “Imaging Conference Japan 2006, June 6-8, 2006, Tokyo”, pp. 11–14, 2006
- 6) M.Ogihara *et al.*,: “LED array integrated with Si driving circuits for LED-printer printhead”, Electron. Lett., 42 (15), pp.881–883, 2006
- 7) M.Konagai, *et al.*,: “High efficiency GaAs thin film solar cells by peeled film technology”, J. Crystal Growth, 45, pp. 277–280, 1978

●筆者紹介

荻原光彦：Mitsuhiko Ogihara, 株式会社沖デジタルイメージング 開発部 部長