

知っておきたいキーワード

次世代ディスプレイ技術 マイクロLEDディスプレイ

琵琶剛志†

† ソニー株式会社 R&Dセンター

"Micro LED Display" by Goshi Biwa (R&D Center, Sony Corporation, Atsugi)

キーワード：マイクロLED、マイクロLEDディスプレイ、LED、発光ダイオード、次世代ディスプレイ

* 本稿の著作権は著者に帰属致します。

まえがき

次世代のディスプレイ技術として「マイクロLED」や「マイクロLEDディスプレイ」という言葉が最近ディスプレイ業界を賑わしています。ディスプレイの専門学会である The

Society for Information Display (SID) Display WeekやInternational Display Workshops (IDW)でもマイクロLEDに特化したセッションが設けられ、LED業界・ディスプレイ業界のニュースでも頻繁にとりあげられています。

従来ディスプレイ技術の主流である液晶ディスプレイや有機ELディスプレイとも異なるマイクロLEDディスプレイの原理や構造、期待される特性や用途、業界の動向を簡単にご紹介します。

マイクロLEDディスプレイとは

厳密にはまだLED業界・ディスプレイ業界内でも統一されていませんが、

- (1) 個々の画素が「微細」なLEDで構成され、各々のLEDの発光を独立に制御
- (2) その「微細」の定義は一辺が50 μm^1 もしくは100 μm^2 以下というのが大まかな共通理解でしょ

う。一部100 μm を超えるような従来に近いLEDもマイクロLEDと呼んでいる例がありますが、100~200 μm はミニLEDと呼んで区別するのが通例です^{3) 4)}。

LEDを画素にするという意味で屋外サイネージやスタジアムで使用される大型LEDディスプレイと原理は似ていますが、従来のLEDチップサイズは200 μm ~1 mm程度なのに対し

て、マイクロLEDは数分の一から場合によっては1/100以下のサイズになります。LEDは照明にも使われる発光効率が高い(消費電力が低い)長寿命の発光素子で、このようなLEDの特徴を活かしながらサイズを小さくし幅広い用途のディスプレイに使えるようにするのがマイクロLEDディスプレイです。

マイクロLEDディスプレイの特徴と期待

今現在もっとも普及しているディスプレイである液晶ディスプレイは、バックライトの光を液晶で遮って明るさを調整し、さらにカラーフィルタを通すことでRGBの光をつくりその比率で色を表現しています(図1(a))。バックライトにはLEDを使用するのが一般的ですが、液晶とカラーフィルタを通した透過率は数%~10%程度であり、光のほとんどは利用できていません。また、液晶で光を完全に遮ることが難しく「黒」を表示してもバックライトの光がわずかに漏れる弱点があ

り、その光漏れによりコントラスト比が低下します。

一方、有機ELディスプレイは有機EL層が発光することで明るさや色を表現するディスプレイです(図1(b))。自発光のため光の利用効率は高くコントラスト比も高くできます。しかしながら、有機ELの発光効率はLEDに比べてまだ低く、輝度を高くすると寿命にも影響します。

マイクロLEDディスプレイは図1(c)のようにマイクロLEDを発光させる自発光ディスプレイで、光の利用効率が高く、LEDの発光効率の高さと寿命の長さもあいまって高輝度・低消費電力・高コントラスト・長寿命のディ

スプレイが期待されます。これらの特徴を活かせば、例えば、スマートフォンであれば日光下でも見やすい高輝度化が可能になる、あるいは同じ輝度でも消費電力が低いためバッテリー寿命が延びるメリットがあります。また、映像表現としても暗いものから明るいものまで幅広く表現可能(ハイダイナミックレンジ)になります。そのほかにも、LEDの輝度の高さを最大限に利用して屋外でも見やすいAugmented Reality (AR) 向けシースルーの眼鏡型ディスプレイに利用する期待もされています。

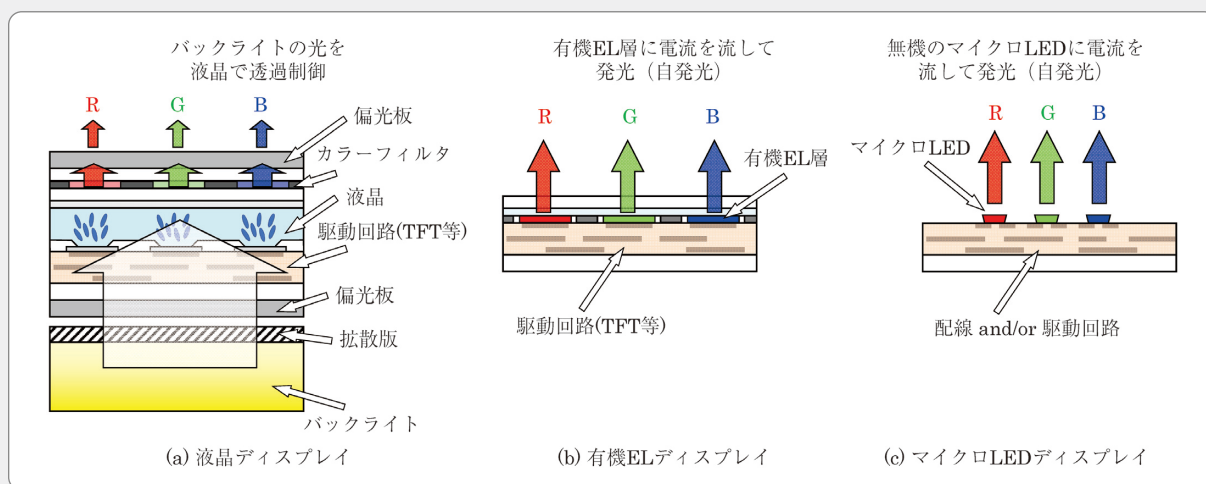


図1 各種ディスプレイの構造概略図

マイクロLEDディスプレイの方式

マイクロLEDディスプレイとしてはこれから述べる二つの方式が主流です¹⁾。ただし、それぞれ呼び方はさまざまなものがあります。

(1) チップ実装方式(Pick-and-place)

半導体ウェハ上に微細加工でマイクロLEDを形成し、それらを分離したLEDチップを作製し、配線や回路を形成した基板にチップを実装することで

ディスプレイ化します。主に比較的低解像度(数百画素/インチ未満)の中型以上のディスプレイ向けに開発されています。RGBそれぞれの色で発光するLEDチップを並べることでフルカラー化する構成が一般的です(図2(a))。

(2) ウェハ貼合わせ方式(Wafer Hybridization)

LEDをウェハ上に高密度に作製し(個々には分離しない)配線や回路を形成したシリコンウェハと貼り合わせることでディスプレイ化します。

この方式では個々に分離しないため、高解像度(1000画素/インチ以上)の超小型ディスプレイ向けに開発されています。先述のAR向けシースルーの眼鏡型ディスプレイがこれにあたります。フルカラー化には青色1色で高解像度のアレイを作製し、その上に量子ドット(Quantum Dot: QD)のような色変換層(青色を吸収して緑色もしくは赤色に発光する材料)を形成することでフルカラー化する技術が開発されています(図2(b))。 [図2]

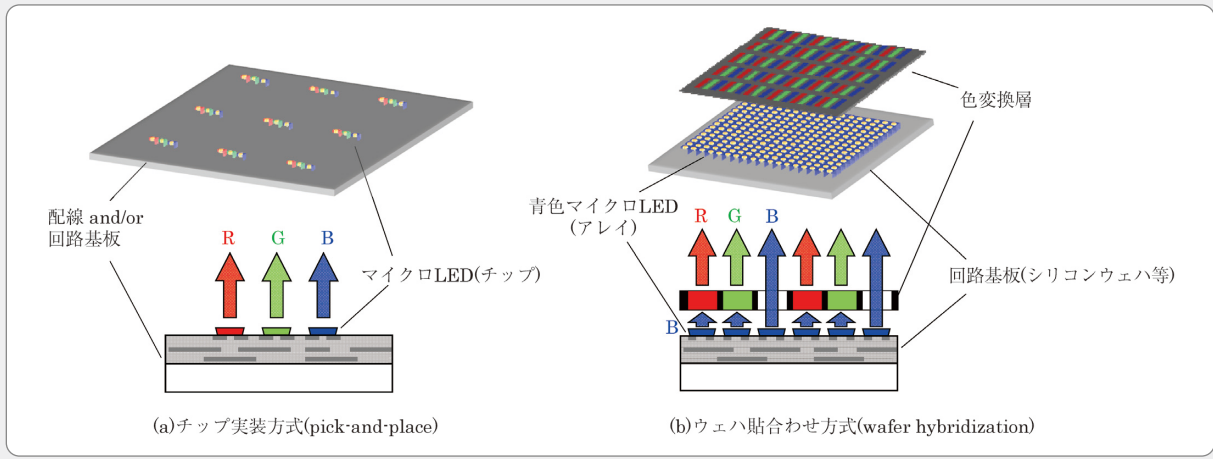


図2 マイクロLEDディスプレイの主な方式

マイクロLEDディスプレイ開発の課題

冒頭でマイクロLEDのサイズは一辺50 μm や100 μm 以下と述べましたが、身近なもので例えると小麦粉やスギ花粉のサイズがこれにあたります。電子部品の実装技術が進化したとはいえ、

このような微細なものを精密に並べる技術は一般的ではありません。またフルハイビジョン(1920×1080画素)でRGB合わせて約600万個、4Kで約2,500万個、さらに8Kでは約1億個という途方もない個数が必要になります。このような大量のチップを高精度に実装する技術として、さまざまな方

法が提案されています^{1) 2) 4)}。

ウェハ貼合わせ方式であれば個々のチップを分離していないため大量チップの実装の手間はありませんが、高精度な貼合わせ、高解像度の量子ドットの塗分け技術、さらに量子ドットの信頼性向上も開発課題です¹⁾。

マイクロLEDディスプレイの歴史

ノーベル物理学賞(2014年)で有名になった高輝度青色LEDの開発は1993年ですが、その数年後からすでに一部の研究機関や企業で開発がはじまったと言われています。例えば、カンザス州立大学の直径12 μm のディスク状LEDの発光が2000年に報告されています⁵⁾。以降、大学や各国の研究機関、ベンチャー企業から実験室レベルの報告がなされています。

2012年にソニーがConsumer Electronics Show (CES)で一般展示したCrystal LED Display⁶⁾が初の本格的なディスプレイプロトタイプと認識されています(図3)。フルハイビジョンという高解像度に加えて高コントラスト・広色域・高速動画応答性能・広視野角・低消費電力といったディスプレイの基本性能の高さ、展示品の画質の高さからマイクロLEDの「火付け役」と言われており⁷⁾、代表的なマイクロ



図3 ソニー Crystal LED Display (2012年CES、プロトタイプ)

LEDディスプレイの開発としてしばしば引用されています。

その後は大手企業の参入が次々と報告されています。例えば、先進IT企業

であるAppleは2014年に台湾のベンチャー企業のLuxVue Technologyを買収し、マイクロLEDディスプレイの開発を進めていると報道されています¹⁾。また、Facebook傘下のOculus VRやGoogleもマイクロLEDを開発するベンチャー企業を買収や出資しています¹⁾。

このように多くのプレーヤーが開発競争に加わったマイクロLEDディスプレイですが、初の商品化はソニーが2016年に発表⁸⁾したCrystal LED Display Systemです(図4)。すでに量産・市場導入され、主に業務用途で展開されています。



図4 ソニー Crystal LED Display System (2016年商品化プレスリリース)

ソニー Crystal LED Display System

ソニーのCrystal LED Display Systemは極めて微細なLED（マイクロLED）を使った、ユニット構成型のスケーラブルなディスプレイシステムです⁹⁾。

微細で広い配光特性をもつ独自開発のマイクロLEDの特徴を活かしてRGBを1画素とする光源サイズは0.003mm²

と極めて小さく画面表面の黒色が占める割合を99%以上に高めることができ、高コントラストと広視野角を可能にしています。

またディスプレイユニットをタイル状に並べる際に、画素のピッチを正確に保つことで数百インチといった大画面でも継ぎ目が見えないシームレスな表示が可能で、高品質で臨場感のある新たな映像表現を実現しています。

最近では2019年4月に16K×4K 792

インチという超高解像度・大画面で資生堂グローバルイノベーションセンター（横浜）に導入されています¹⁰⁾。また、SIDが主催する2019年「Display Industry Awards」において、顕著な技術的進歩を実現し、最重要と認められた製品・技術に贈られる「Display of the Year Award」を受賞しており¹¹⁾、マイクロLEDの画質と先進性が高く評価された実例です。

マイクロLEDディスプレイの最新動向

ユニット型ディスプレイシステムとしてはSamsung Electronicsも2018年CESで146インチ4K解像度のデモを行っており、The Wallというシリーズで商品化しました¹²⁾。また2019年CESでは75インチ4K解像度のテレビタイプのデモ機もプライベートブースで展示しました¹³⁾。

学会動向としては、2019年5月に開催されたSID Display Weekでは京セラ、AU Optronics、Tianma、China Star Optoelectronics Technologyなど大手ディスプレイパネルメーカーが液晶や有機ELのバックプレーンに使われる薄膜トランジスタ（Thin-Film-Transistor: TFT）の技術をマイクロLEDに展開する発表や展示を行い、これが新たな動きになっています。一方、大学や研究機関、ベンチャーによって小型ディ

スプレイ向けの高精細化・高輝度化が急速に進められており、ARディスプレイへの採用が期待されています。

このように数多くの研究機関・企業がマイクロLEDディスプレイ開発競争に参加し製造技術の進化と新たな用途の開拓が進められています。その両面で今後の進展にご注目ください。

（2019年6月6日受付）

参考文献

- 1) "Micro LED 2018", Yole development (2018)
- 2) "Micro LED Next-Generation Display Technology Market Report", Trendforce (2018)
- 3) "MiniLED for Display Applications", Yole development (2018)
- 4) "2019年版LEDディスプレイ市場の現状と将来展望～マイクロLEDとミニLEDを中心に～", 矢野経済研究所 (2019)
- 5) S.X. Jin, et. al.: "GaN microdisk light emitting diodes", Applied Physics Letters 76, 631 (2000)
- 6) ソニープレスリリース (2012年1月10日)
- 7) 日経エレクトロニクス, 12, p.68 (2017)
- 8) ソニープレスリリース (2016年5月19日)
- 9) ソニーCrystal LED Display System 商品紹介 (カタログ, web)
- 10) ソニービジネスソリューションプレスリリース (2019年4月2日)
- 11) ソニービジネスソリューションプレスリリース (2019年5月16日)
- 12) Samsung the Wall 商品紹介 (カタログ, web)
- 13) Samsung Electronics プレスリリース (2019年1月6日)

琵琶 剛志

1998年、東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻修士課程卒業。現在、ソニー（株）にて、半導体光デバイス・映像表示デバイス技術を軸にディスプレイ開発に従事。

キーワード募集中

この企画で解説して欲しいキーワードを会員の皆様から募集します。ホームページ (<https://www.ite.or.jp>) のアンケートより入力可能です。また電子メール (ite@ite.or.jp)、FAX (03-3432-4675) 等でも受け付けますので、是非、編集部までお寄せください。

（編集委員会）