

ディスプレイ分野の主要な進歩ー DisplayWeek 取材報告

クリス・チノック

今年にはバーチャルで開催されたDisplayWeekでは、主要なパネルメーカー各社から、モバイルディスプレイ、ゲームディスプレイ、TV、自動車コックピット、AR/VRの進歩を示す出展があった。

ディスプレイ業界はかなり幅広く、消費者、プロフェッショナル、商業向けの用途に用いられるディスプレイの材料から最終製品に至るまでのあらゆるものを網羅する。Society for Information Display (SID)が主催する年次カンファレンスDisplayWeekは、今年にはバーチャルで開催され、さまざまなディスプレイ技術と応用分野にわたる最新の進歩が披露された。本稿では、主要なパネルメーカーが何を披露したかに焦点を当てて、このカンファレンスで発表された主要な進歩のいくつかを、まとめて紹介する。パネルメーカーは、ディスプレイ技術の発明元である場合が多く、消費者やプロ向けに最終的なディスプレイ搭載製品を製造するブラ

ンド企業に、製品を販売している。

液晶ディスプレイ(LCD)は、支配的なディスプレイ技術であり、この20年間で幅広い用途においてほぼすべての競合技術にとって代わっている。有機ELディスプレイ(Organic Light Emitting Display: OLED)は最近、スマートフォンやTV市場に広く採用されている。直視型LEDディスプレイは、看板や情報表示用の大型ディスプレイで圧倒的なシェアを占めている。しかし、これらすべての主要技術において、変化は引き続き急速に進行している。

例えば、LCDでは、新しい蛍光体や量子ドット技術を取り入れて、色域を広げることがトレンドとなっている。ハイダイナミックレンジ(HDR)

機能を提供して、暗い影のレンダリングを改善し、明るい物体の輝度をさらに上げることができるように、コントラスト比も拡張されている。解像度も高められており、すべての主要TVブランドにおいて現在、最上位機種は8Kの解像度を誇る。

OLEDは自己発光型であるため、LCDのようなバックライトは不要である。最近のトレンドとしては、薄いフレキシブル基板上に形成されたOLEDや、透明ディスプレイなどがある。アクチュエータをOLEDに追加して、ディスプレイではなく独立したスピーカーからオーディオを出力することも可能だ。新しい加工方法によって、今ではOLEDのインクジェット印刷も可能



図1 (a)は、ファーウェイ社のスマートフォン「Mate XS」に採用されている折りたたみ可能ディスプレイ。(b)は、巻き取り可能なモバイルOLEDのプロトタイプ。(画像提供:BOE社)



図2 13.3インチの折りたたみ可能なノートPC用ディスプレイ。(画像提供:LGディスプレイ社)

折りたたみ可能な OLED
サイズ: 13.3 in.
解像度: 1536×2048
コントラスト比: 100,000:1
色域: DCI 95%
輝度(標準値): 300 nit

になっており、コストの削減が期待されている。

LEDは、無機光源である。LEDディスプレイは、赤色、緑色、青色のLEDを組み合わせたマトリクス構造とドライバチップによって構成される。これらの「キャビネット」をタイル状に並べることにより、企業のロビーや、小売またはエンターテインメントの分野で使用される、任意のサイズや形状の大型ディスプレイを構成することができる。ここでの最新トレンドとしては、LEDダイのサイズの縮小によるコストの削減や、ピクセルピッチの縮小による近距離視聴を念頭に置いた新しい用途の実現などがある。

モバイルディスプレイ

スマートフォンディスプレイでは、性能の高さを理由にLCDに代わってOLEDの採用が急速に進行している。DisplayWeekでの出展はなかったが、韓国のサムスンディスプレイ社(Samsung Display)は明らかに、モバイル分野向けのパターンRGBディスプレイのリーダーである。スマートフォンにおけるトレンドとしては、画面本体比の増加、ディスプレイ画面における「ノッチ」の削除をはじめ、折りたたみ可能画面やフレキシブル画面への移行の他、ディスプレイスタック内にセンサーや薄膜を組み込む技術の洗練化が続けられている。折りたたみ可能スマートフォンや、ノッチをなくしてカメラをディスプレイの裏に移動させたスマートフォンが、既に複数のメーカーから提供されている。

中国のパネルファブ企業であるBOE社は、現在世界で最も大きなディスプレイメーカーであり、ほぼすべてのディスプレイ技術分野に参入している。例えば、モバイルディスプレイとして

は、中国のファーウェイ社(Huawei)のスマートフォン「Mate XS」に現在採用されている、折りたたみ可能なOLEDパネルを開発している(図1a)。折りたたんだ状態では6インチ画面だが、広げると8インチのタブレットになる。

DisplayWeekにおいてBOE社は、ローマ時代の巻物のように巻き取り可能な12.3インチのOLEDディスプレイのプロトタイプを初披露し(図1b)、複数のリフレッシュレート(30/60/90/120Hz)で動作可能な、新しい6.4インチのスマートフォンディスプレイを発表した。

韓国のLGディスプレイ社(LG Display: LGD)も、折りたたみ可能なOLEDを製造している。DisplayWeekでは、中国のレノボ社(Lenovo)の「ThinkPad X1」に2020年のうちに採用される予定の新しいノートPC用デザインを披露していた(図2)。写真は少し紛らわしいが、キーボードはディスプレイであり、ヒンジもイメージになっているので、これは上から下まで

連続した1枚のOLEDパネルである。ノートPCを閉じて、エッジの小さな画面はオンのままで、通知を表示することができる。完全に開いた状態では、13.3インチ画面のタブレットとなる。ペンタッチをサポートする初めての端末でもある。

DisplayWeekの直前には、台湾を拠点とするディスプレイメーカーであるイノラックス社(Innolux)が、カメラが画面の裏に埋め込まれた6.4インチのスマートフォンディスプレイを開発したことを発表した。これは、画面本体比を拡大するトレンドの一環である。

ゲームディスプレイ

LCDディスプレイの主要なイノベーション領域の1つが、ミニLEDやマイクロLEDへの移行である。両者の違いはLED発光領域のサイズにあり、一般的にミニLEDは一辺が100~300 μm 、マイクロLEDは一辺が約50 μm 以下のものを指す。ミニLEDには、LCD用のバックライトや直視型LED画面に用いられる、より大きな表面実装デバ



図3 ベゼルのない8K TV。(画像提供:AUO社)

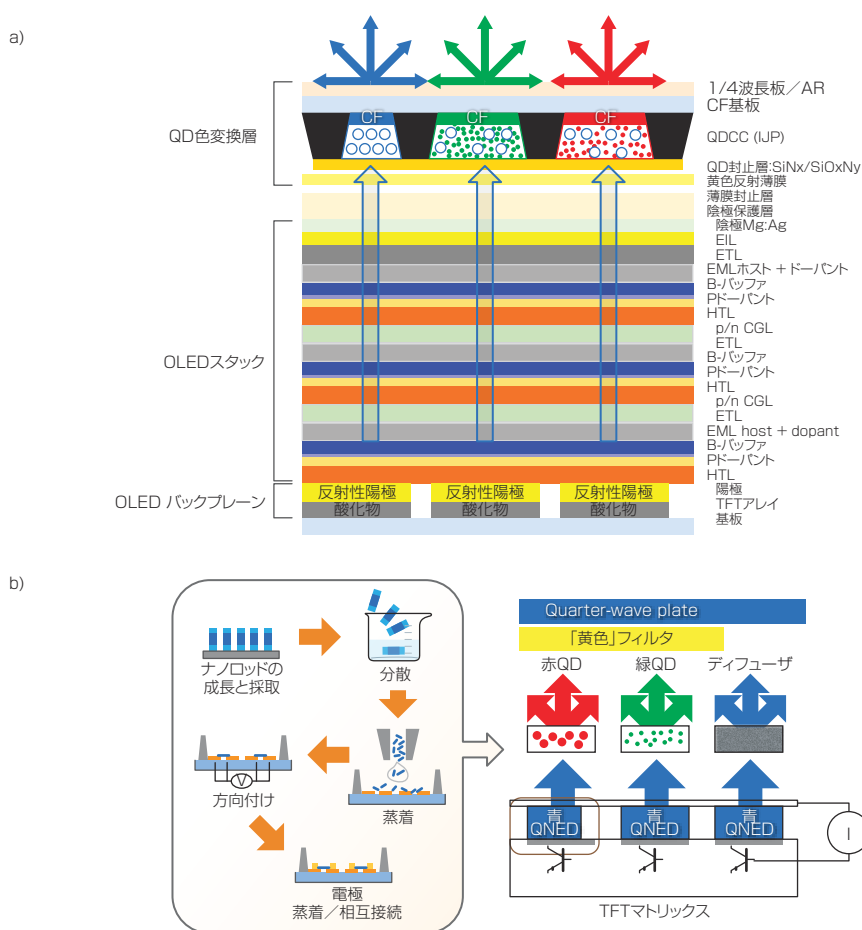


図4 (a)はQD-OLEDの構造、(b)は量子ナノロッド発光ダイオード。(画像提供：(a)は米ディスプレイ・サプライチェーン・コンサルタント社[Display Supply Chain Consultants：DSCC]、(b)は仏ヨール・デベロップメント社[Yole Development])

イス(SMD)LEDのパッケージ技術やアセンブリ技術が、ほぼ活用できる。マイクロLEDには、新しいプロセスと装置の開発が必要である。より小さなLEDへの移行を後押しするのは、コストを削減して性能を高めたいという要求である。ミニLEDは、自動車、ゲーム、TVバックライト、直視型LED画面をターゲットに開発されている。マイクロLEDも類似の用途をターゲットとしているが、商用化はミニLEDよりも遅れる見込みだ。

ゲーム用モニターでは、リフレッシュレートの向上、より性能の高いHDR技術への移行、遅延時間(入力してから結果が画面に表示されるまでの時間)の短縮の他、さらに没入感あふれる視聴体験を実現するための、高いア

スペクト比とカーブした(曲面状の)フォームファクタを備えた、ウルトラワイドアスペクト比のモニターの提供が、トレンドとなっている。

DisplayWeekでは、台湾を拠点とするパネルメーカーのAUオプトロニクス社(AU Optronics：AUO)が、リフレッシュレートを高めたミニLED採用のゲームディスプレイを出展していた。同社が米エヌビディア社(Nvidia)と共同開発した、17.3インチ、1080pの新しいノートPC用ディスプレイは、300Hzのリフレッシュレートで1000nitのHDR性能を提供する初の製品で、27インチのスタンドアロン版は、240Hzのリフレッシュレートを提供する。BOE社はフレームレートの水準を引き上げる製品として、360Hz、15.6インチ、

解像度1920×1080の新しいゲーム用パネルを発表した。また、ゲームモニターメーカーを対象とした、アスペクト比32:9、リフレッシュレート240Hz、49インチのOLED曲面パネルも披露した。イノラックス社は、31.5インチ、4K、ミニLED採用のモニター用途向けのHDR LCDディスプレイを、同社の製品ラインに追加した。

もう1つの興味深い進歩が、インクジェット印刷で製造されたOLEDディスプレイの来たる商用化で、より効率的な材料の活用によって、コストを削減すると期待されている。DisplayWeekでは、AUO社が世界初となるインクジェット印刷製造のOLEDディスプレイの1つを商用化する計画を明らかにした。4K解像度と120Hzのリフ

レッシュレートを備え、DCI-P3色域を100%カバーする、17.3インチモデルになるという。Display Weekの直後には、サムスンディスプレイ社が、インクジェット印刷による18.2インチのOLEDディスプレイを開発したことを発表した。解像度は2560×1440、フルホワイト輝度は350nitである。しかし、同社は、商用化を発表するには至らず、印刷による青色OLED材料が、従来の真空蒸着方式で製造された材料よりもはるかに効率が低いことを指摘した。

TV

ミニLEDの大きな用途の1つが、TV用のバックライトユニット (Back-Light Unit:BLU)で、数百個の従来型のLEDを数十個のミニLEDに置き換えるものである。これを行うことのメリットは次のとおりである。バックライトとLCDパネルの照明は、どちらもビデオ信号に応じて変調される。この二重の変調によって、コントラストは劇的に向上し、より多くまたはより小さなLEDをより高い密度で追加することにより、変調する「ゾーン」数が増加する。これにより、高コントラスト領域周辺のブルーミングやハローイングの発生を抑えることができる(星を背景にした月と黒い背景の光を思い浮かべてほしい)。その目的は、OLEDディスプレイによってピクセルレベルの高いコントラストを達成することである。

中国のチャイナスター社 (China Star Optoelectronics Technology : CSOT)は、中国のTCL社の子会社のパネルメーカーで、TVなど、ディスプレイをベースとする数多くの民生エレクトロニクス製品を提供している。同社はDisplayWeekに、ミニLED BLUを



図5 65インチの巻き上げ可能TV。(画像提供:LGディスプレイ社)

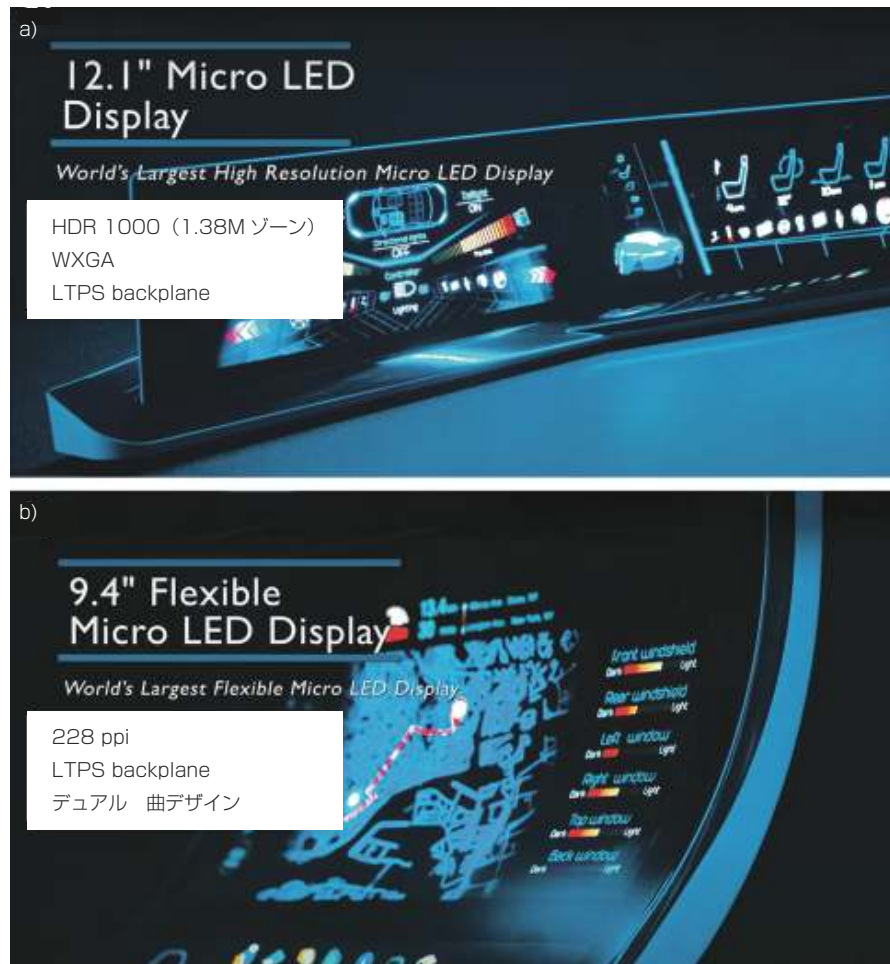


図6 (a)は12.1インチのマイクロLED、(b)は9.4インチのフレキシブルマイクロLED。(画像提供:AUO社)

出展した。CSOT社によると、LEDディスプレイは従来、パッシブマトリックス駆動方式でプリント回路基板(PCB)上に配置することによって製造されていたという。CSOT社は、アクティブマトリックス駆動方式でガラス基板上に配置されたミニLED BLUを披露した。8K解像度のこのディスプレイは、2万763個のミニLEDを搭載し、「Vidrian」ディスプレイ技術としてTCL社によって提供されている。

AUO社は、韓国サムスンエレクトロニクス社(Samsung Electronics)のTVに採用されているベゼルレスの8Kパネルを開発している(図3)。ベゼルはとても狭く(三辺で0.9mm)、基本的にないといってよい。この高い画面本体比はスマートフォンで広く採用されているトレンドで、今ではTVにおいても標準となりつつある。

サムスンディスプレイ社は、量子ドット技術開発のイノベーターとしても中心的存在であり、主にサムスンエレクトロニクス社のTV向けにこれを開発している。量子ドットは、ナノメートルスケールの材料で、一般的には、青色LEDバックライトからの光を吸収して、その光の一部を赤色と緑色に変換する薄膜に組み込まれる。3色はすべて発光スペクトルが狭いので、100%という所望のDCI-P3色域カバー率を達成するディスプレイが得られる。サムスン社やその他のメーカーから提供されている量子ドット技術採用のTVは、QLED TVとして販売されている。

一方、BOE社は、同社のLCDパネル「ADS Pro」について語っていた。LCD技術の視野角の欠点の一部を解消することにより、コントラストと色再現精度が、より広い視野角に拡大されている。BOE社は、ミニLED BLU

も開発している。これらのBLUモジュールは、すべてのLCD民生市場に加えて、医療や自動車向けに開発されている。5000を超える調光可能ゾーンを備えた75インチの8K TVパネルと、1000を超えるゾーンを持つ27インチモニターが既に商用化されている。

BOE社のLCDディスプレイポートフォリオに加わった興味深い製品の1つが、「BD Cell」というものである。ミニLEDバックライトユニットを2つ目のLDCパネルで置き換えようというのがその概念である。同社の65インチ、4K解像度のTVパネルには、1920×1080解像度の2つ目のパネルが装備されており、これによって、200万の調光可能ゾーンが実現可能である。これは、ハローイングの抑制に加えて、OLEDのような画面性能の達成にも大いに貢献する(スタティックコントラスト比は100000:1)。BOE社はDisplay Weekにおいて、75インチと110インチの8K TVを含む、あらゆる種類のBD Cell TV製品を発表した。その主要顧客は中国のハイセンス社(Hisense)で、同社はこれらのTVを市場に投入する予定である。

中国のファブ各社はこの数年間、中国のLCD工場に多額の資金を投入している。その不吉な前兆を見てとったLGD社とサムスンディスプレイ社は、LCD生産を終了して、OLEDやミニLEDに注力する方針を示している。例えば、サムスンディスプレイ社は現在、QLEDとOLEDの知識を活用して、量子ドット有機EL(QD-OLED)という新しいカテゴリーのディスプレイを提供している。

QD-OLEDディスプレイにはまず、ピクセル化された青色OLEDディスプレイがある(図4a)。その上に、サブピクセルレベルでインクジェット印刷

された、赤色と緑色の量子ドットで構成される色変換層がある。青色のサブピクセルには、光分散材料が用いられる。最上層のカラーフィルタも、(青色成分を含む)室内光がディスプレイに入射して量子ドットを活性化するのを防ぐために必要である。

青色OLED材料は、OLEDモバイルディスプレイやOLED TVに用いられているものと同じだが、青色は最も寿命が短く、最も効率が低い。そこでサムスン社は、その両方を改善するために、3層スタックを使用している。QD-OLEDを採用するTVは、CES 2021で披露される可能性が高く、2021年中には製品が商用提供される見込みである。

量子ナノ発光ダイオード(Quantum Nano-Emitting Diode: QNED)という2つ目の手法は、青色のOLEDスタックを青色のナノロッドに置き換えるものである(図4b)。ナノロッドは、窒化ガリウム(GaN)ベースの材料で製造された、ナノメートルスケールのマイクロLEDの一種だが、素子は非常に小さく、特殊な形状をしている。プロセスフロー図に示されているように、ナノロッドは青色のGaNエピウエハからエッチングされ、液体の中に配置される。続いてインクジェット印刷によって、駆動回路と共にバックプレーン上に蒸着される。駆動回路を活性化することにより、ナノロッドが各ピクセル位置に合わせられる。これにより、QD-OLEDに似た上部構造を持つ青色光源が形成される。QNEDは、OLEDの青色材料の潜在的問題の一部を解消するが、成熟したプロセスには程遠い状態にあるため、完成されれば代替技術になる可能性が高い。

すべてのOLED TVに、青色と黄色の発光スタックで構成された白色光



12.3インチのクラスター

解像度：2400×900

輝度：750 nit

27インチの中央情報ディスプレイ+
コ・ドライバー用ディスプレイ

解像度：5500×900

輝度：750 nit

図7 曲面OLEDディスプレイを採用した自動車コックピットのコンセプト。(画像提供:LGディスプレイ社)

OLED層が存在し、ビデオ画像を生成するには、赤色、緑色、青色のカラーフィルタが必要である。小さなOLEDパネルならば、赤色、緑色、青色の材料を直接蒸着可能だが、この技術は大きなサイズにはまだ拡張されておらず、サムスンディスプレイ社がQD-OLEDを商用化しているのはそのためである。

LGD社は、自社のOLEDパネル技術を推進していた。巻き取り可能というのが、最大の売りだった(図5)。同社は、65インチの巻き取り可能TVを1年以上前から披露している。韓国のLGエレクトロニクス社(LG Electronics)は、これをまもなく発表すると述べているが、まだ実現されていない。この4K解像度モデルは、巻き上げと巻き下ろしが可能で、エンドユーザーに良好な柔軟性を与える。

イノラックス社も巻き取り可能ディスプレイに取り組んでおり、ミニLEDバックライトを採用する55インチのLCDを最近発表した。これはOLEDパネルではないことに注意してほしい。巻き取り可能LCDディスプレイの方が、はるかに実現が難しい。ただし、

イノラックス社はその詳細を全く公表していない。

BOE社は、大面積のRGB OLEDインクジェット印刷の開発に取り組んでおり、55インチ、8K解像度ディスプレイのプロトタイプを現在発表している。このプロトタイプは、Display Weekで初めて披露された。BOE社はこれを、14、17、30インチのインクジェット印刷OLEDとともにリリースする計画である。

BOE社は、13.6インチのQD-OLEDディスプレイのプロトタイプを開発したことも発表した。サムスンディスプレイ社に対する、ちょっとした競合製品になるものだ。ただし、この技術の商用化計画はまだ何も発表されていない。

イノラックス社はTVメーカーに対し、従来の16:9以外のTVフォーマットへの移行も推進しようとしている。同社は21:9、24:9、27:9、32:9のパネルを製造し、従来の16:9のビデオ画像の横のエリアに、さまざまな種類の追加情報やインタラクティブなアプリケーションを表示できるようにすることを計画している。

屋外用TVもまもなく登場する。サ

ムスン社は既にそうした製品を販売しており、イノラックス社は、サウンドバーと2000nitsの輝度を備えた、完全防水で防太陽光のTVを提供する予定である。

自動車

AUO社は、自動車市場にも非常に重点的に取り組んでいる。同市場では、ディスプレイ面積の拡大が明らかトレンドとなっている。同社はこれに対し、マイクロLEDを使用した2つの新しいソリューションを開発している。1つ目は、12.1インチのマイクロLEDディスプレイ2枚で構成された、V形の計器クラスターである(図6a)。これはバックライト式ではなく、自己発光型のディスプレイで、マイクロLEDはガラス製のアクティブマトリクスバックプレーン上に、低温ポリシリコン(low temperature polysilicon:LTPS)技術で製造された集積ドライバとともに配置されている。

2つ目は、台湾プレイナイトライド社(PlayNitride)と共同開発した9.4インチのフレキシブルなマイクロLEDディスプレイ2枚で構成された、S形の



図8 スマートスピーカー内のライトフィールド3Dディスプレイ。(画像提供:LGディスプレイ社)

曲面ディスプレイである(図6b)。マイクロLED技術を量産に移行する際の大きな課題の1つは、赤色、緑色、青色LEDをドナーウエハから最終的なディスプレイ基板(PCB、ガラス、プラスチック)へと転写することである。レイナイトライド社は、スタンプベースの技術によって、550万個の直径30 μ mのマイクロLEDをバックプレーンにすばやく転写できる、マストランスファープロセスを開発した。このディスプレイはウェアラブル製品にも適用できると社は考えている。

LGD社はDisplayWeekで、同社の巻き取り可能OLEDを自動車市場にも拡大した。新しいデザインは、後部座席用のエンターテインメント、ダッシュボードの統合、サンバイザー、ルーフディスプレイ、中央コンソールの拡張など、さまざまな目的に適用できる(図7)。画面サイズは12.8インチ、解像度は1888 \times 1728である。LGD社は、2枚のフレキシブルなOLEDパネルで

構成された、曲面コックピットディスプレイのコンセプトも開発している。

AR/VR

BOE社は、拡張現実／仮想現実(AR/VR)分野向けの製品を提供している。AR向けには、OLEDオンシリコン(OLED-on-Silicon)のマイクロディスプレイを開発した。ピクセル密度が非常に高く(3100PPI)、輝度は1000nitである。同社は、視野角52°のメガネ型デザインも提供している。VR向けのソリューションは、3.5インチ、4K \times 4KのBD Cellデバイスである。

LGD社はAR向けに、OLEDオンシリコンのマイクロディスプレイを披露した。4000nitの輝度と3500PPIを0.42インチのパッケージで提供する。

その他のディスプレイ関連トレンド

AUO社は、ミニLED技術を他の高価値市場にも投入している。例えば同社は、腹腔鏡及び内視鏡手術用の32インチの医療モニターと、放射線治療及びマンモグラフィ用21.3インチの縦型ディスプレイを新たに発表した。32インチのディスプレイには、外科関係者らから特に要望のあった、赤色増補機能が搭載されている。

カスタム形状のディスプレイが求められる小規模な市場は多いが、そのようなディスプレイの製造にはコストがかかる可能性がある。そこで、大きなディスプレイを所望の形状に切断したり、2枚の小さなディスプレイを結合したりすることが、費用対効果の高い選択肢として浮上している。CSOT社は、タッチスクリーン機能を搭載する

86インチのディスプレイを披露した。2つの小さなLCDパネルを結合することにより、極端にワイドなアスペクト比(32:9)のディスプレイが構成されている。パネルの隙間は12mmで、近距離で視聴する場合は、視認可能である。

AUO社の「TARTAN」ディスプレイ技術は、特殊なディスプレイパネルの作成を目的としている。カスタマイズされたマスクを作成することにより、大きなパネルを切断したり小さなパネルを結合したりする代わりに、そうしたパネルを直接製造できるようになっている。DisplayWeekでは、直径23.6インチの円形の大形LCDディスプレイが初披露された。

プロフェッショナル向けの製品として、CSOT社は、105インチのLCDモデルを開発している。マルチユーザー用のインタラクティブなホワイトボードとして利用可能な、非常に高精度なタッチ機能(± 2.5 mm)と高速な応答性を備える。

LGD社は、同社の大型透明OLEDについて語っていた。小売、博物館、アートギャラリーの他、高級な航空機や自動車においても利用可能である。同社はDisplayWeekの直後に、中国の北京と深センの地下鉄車両用の初めての透明OLEDスクリーンを、同社が提供することを発表した。

最後に、LGD社は、スマートスピーカー内で3D画像を作成する、6インチのライトフィールドディスプレイを開発している(図8)。これは実際にはライトフィールドディスプレイではなく、水平視差を利用したオートステレオスコープ方式のマルチビューディスプレイである。

著者紹介

クリス・チノック(Chris Chinnock)は、米インサイト・メディア社(Insight Media)の社長兼所有者。
e-mail: chris@insightmedia.info URL: insightmedia.info