



フォルダブル OLED レポート

2018.11

1.	モバイルフォンの進化	4
1.1	通信の進化	
1.2	デジタル融合	
1.3	スマートフォンディスプレイの変化	
1.4	フルスクリーンスマートフォン	
1.5	最新OLEDスマートフォンディスプレイの動向	
1.6	2018年OLEDスマートフォンディスプレイの動向	
1.7	三星電子のGalaxy Sヒストリー分析	
1.8	フォルダーフオンとフォルダブルフォン	
2.	フォルダブルフォンの成功要因分析	19
2.1	5Gと4K フォルダブルフォン	
2.2	三星電子のニーズ	
3.	三星ディスプレイのフォルダブルOLED	24
3.1	フォルダブルコンピュ	
3.2	リジットOLEDと有機ELの構造比較	
3.3	量産採用デザインと基本仕様	
3.4	フォルダブルOLEDのプラ	
4.	フォルダブルOLEDの開発動向	32
4.1	三星ディスプレ	
4.2	BOE	
4.3	EverDisplay Optronics	
4.4	Tianma	
4.5	Visionox	
4.6	AUO	
4.7	SEL	
4.8	HKI	

5.	フォルダブル OLEDの主要特許	52
	
5.1	セットメーカー	
5.2	パネルメーカー	
5.3	その他	
6.	層別開発問題	61
	
6.1	基板	
6.2	Bottom Protective Film	
6.3	TFT	
6.4	Encapsulation	
6.5	Touch Screen Panel	
6.6	Polarizer	
6.7	PSA	
6.8	Cover Window	
6.9	信頼性テスト	
7.	フォルダブル OLEDの展望	69
	
7.1	三星ディスプレイの「折り紙」フォルダブル OLED	
7.2	全体市場	

1. モバイルフォンの進化

8. フォルダーフォンとフォルダブルフォン

■ フォルダーフォン

- バー型携帯電話のサイズを縮小するために製作されたフォルダーフォンには、内部ディスプレイに2.2型TFT-LCD、外部ディスプレイにTN-LCDまたはPMOLEDが採用された。
- 3G通信環境で情報の使用量増加によって、ディスプレイサイズは次第に大きくなった。4G通信環境でマルチタスク機能が搭載されたスマートフォンの大衆化が進められ、3G通信を利用するフォルダーフォンの需要は、急激に減った。
- CES 2018でZTEは5.2型LCDを2枚採用したフォルダーフォンを公開した。開くと6.8型の大きなタブレットPCに変化する。

■ フォルダブルフォン

- 2008年に三星SDIが初めてフォルダブルOLEDを展示して以来、世界のOLEDパネルメーカーが内側に折りたたまれるIn-foldingと外側に折りたたまれるOut-folding方式のフォルダブルOLEDを開発している。
- フォルダブルフォンはディスプレイ1枚で製作する。開いた時に真ん中の部分を気にすることなく、タブレットPCのように使用可能である。
- ディ스플레이サイズの拡大と携帯性を同時に満たす。

ディスプレイサイズの大画面と携帯性を同時に満たすことができる。4型台後半から5型台前半のスマートフォンは、携帯性と握り心地はいいものの、画面が小さく、コンテンツを鑑賞するには不十分である。

5.8型以上のスマートフォンやタブレットPCは、画面は大きいものの、片手で扱えにくいという欠点がある。

フォルダブルフォンはタブレットPCより軽くて小さく、スマートフォンの携帯性を維持しながら、大画面で様々な機能を実現できると期待されている。

2. フォルダブルフォンの成功要因分析

1. 5Gと4K フォルダブルフォン

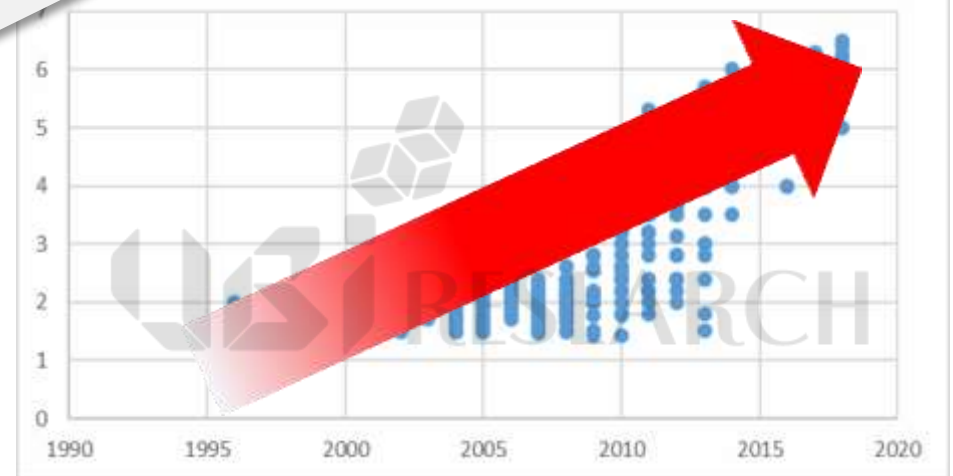
- 2Gサービスでは単に電話とメッセージ送信目的に利用されていたモバイルフォンは、スマートフォンへ進化し、4Gサービスでは、ライブストリーミングサービスとゲームなど、利用者が様々な目的で利用できるようになっている。
- 2019年から導入される5G通信技術は、ライブストリーミングサービス以外にもVRなど、さらなる高画質と大容量コンテンツを高速に処理できると予想される。
- 通信速度が速くなる分、より多様なコンテンツに対する利用者の関心が増える。このようなコンテンツを利用するために、さらに大きなディスプレイが必要になると考えられる。
- 現在、スマートフォンディスプレイサイズは5型台（約7.6cm）から6型前半（約7.7cm）まで、これ以上大きくなると、片手で握りにづらくなるため、結果的に携帯性と大型画面を同時に備えるディスプレイが必要である。

年度別韓国内のモバイルデータ使用量の推移



Source: KISDI(Korea information society development institute)

年度別モバイルフォンディスプレイサイズ増加の推移

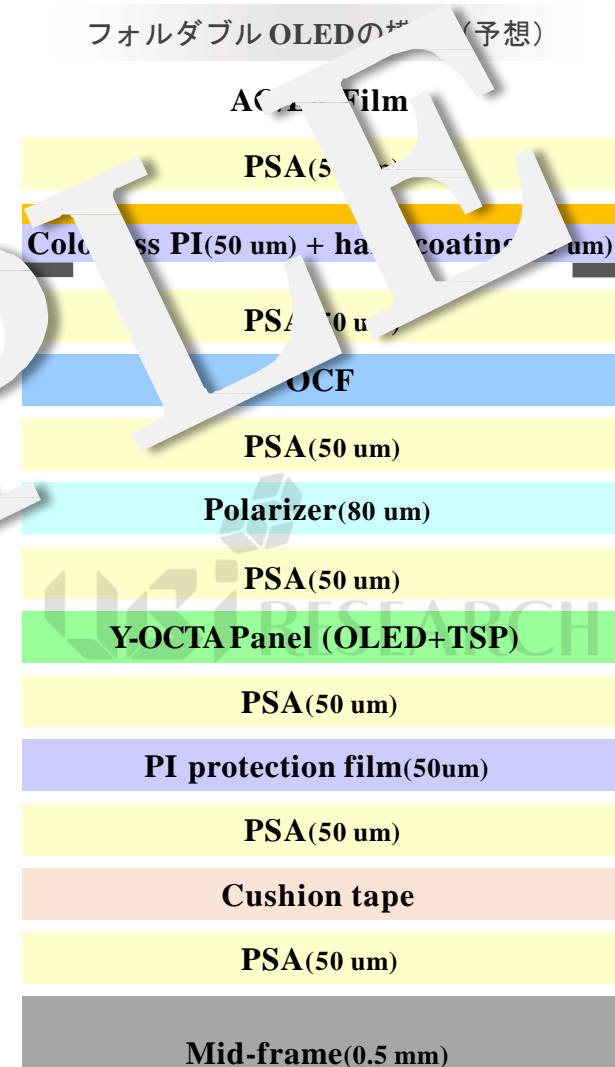


Source: UBI ResearchDB

3. 三星ディスプレイのフォルダブル OLED

3.3 量産採用デザインと基本仕様

- 最上部ではカバーウィンドウを保護し、折り目が見えるという問題を改善するための対策として、AG/LR (Anti Glare/Low Reflection) フィルムが形成されると予想される。
- PSA (Pressure Sensitive Adhesive) の厚さは50 μm 、材質はアクリルシリコン系である。
- カバーウィンドウには厚さ50 μm のカラーレスPIが用いられ、表面硬度を向上させるために厚さ25 μm のハードコーティングが施されると予想される。
- OLED素子の光学的特性を向上させるために、厚さ50 μm のOCA (Optical axis Control Film) が採用されると予想される。
- 偏光板の厚さは80 μm であるとみられる。Coatingが可能な偏光板の厚さを抑えるか、または偏光板を代替する材料が今後採用する予定とされている。
- TSP (Touch Screen Panel) にはアタッチメント方式ではなく、オンセル方式が採用されるとみられる。
- Bottom protective film には従来のPETに厚さ50 μm のPIが用いられると予想される。
- Cushion tapeにはポリウレタン製のものが用いられると予想される。
- Mid-frameは厚さ0.5 mmで形成されるとみられる。
- ヒンジは三星電子と協力会社が開発を進めている。



Source: UBI ResearchDB

4. フォルダブル OLEDの開発動向

4.2 BOE

- CITE 2017では、CIOC 2016で展示した製品より輝度が向上した7.8型 XGA OLEDを展示した。
- CIOC 2017では、7.56型 QXGA OLEDを公開した。厚さは5 mmで、折りたたむ回数は10万回以上になる。
- SID 2018では、厚さ0.66 mmの7.56型 QXGA フォルダブル OLED、厚さ0.13 mmの5.99型 FHD フォルダブル OLED、厚さ0.21 mmに曲率半径1 mmで折りたたむ回数10万回の6.2型 WQHDを披露した。

BOEが展示したフォルダブル OLED



Source: UBI ResearchDB

4. フォルダブル OLEDの開発動向

5. Visionox

- VisionoxはSID 2018で、1種の5.99型フォルダブル OLEDと3種の7.2型フォルダブル OLEDを展示した。
- 5.99型フォルダブル OLEDの厚さは0.4 mmで、403 ppiにアドオンタッチ方式が採用された。
- 7.2型フォルダブル OLEDの展示は、フレキシブル display concept デバイス・Dual-screen mobile phone static・Dual-screen mobile phone dynamicに分けて行われた。
- フレキシブル display concept デバイスは、厚さ0.2 mm（コンティンスト）、00,000:1、Dual-screen mobile phone staticは厚さ0.2 mmと曲率半径1.6 mmを有する。Dual-screen mobile phone dynamicの厚さは0.6 mmである。
- 7.2型フォルダブル OLEDには、全てアドオンタッチ方式が採用された。

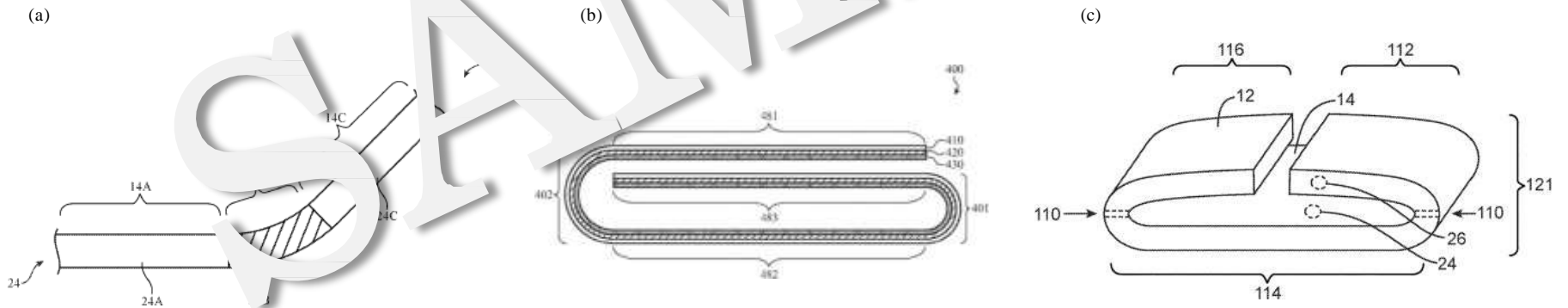


Source: UBI ResearchDB

5. フォルダブル OLEDの主要特許

1. セットメーカー

- アップルは2018年7月にフレキシブルディスプレイを含む電子機器の特許を取得した（US10020032B1）。ヒンジを用いて2つのスクリーンを折りたたむ方式で、ZTEのAxon Mと同じ形状である（a）。
- アップルは2018年8月にフォルダブル Coverとディスプレイの特許を公開した（US2018021119A1）。この特許は単一と多重Foldingに関する特許で、フォルダブル電子機器がディスプレイの可視的な領域を調節するため、部分的または全体的に折りたたまれるという内容の特許である（b）。
- アップルは2018年9月にフレキシブル電子機器の特許を公開した（US2018026172A1）。折りたたみたり広げたりできるハウジングとこのことを察知するセンサー、折りたたみ可能なOLED、可換バッテリー、折りたたむための印刷回路などが含まれており、タッチ入力にตอบสนองする一方で、電子機器の形状を調整するプロセッサを含む内容となっている（c）。



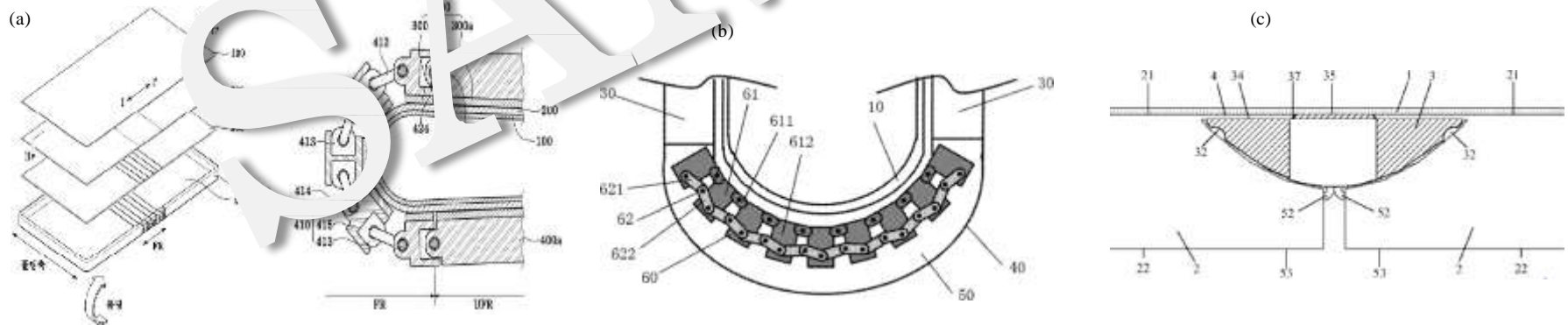
Source: Kipris.or.kr

5. フォルダブル OLEDの主要特許

2. パネルメーカー

- LGディスプレイは2018年2月にフォルダブルディスプレイ用プレートの特許を取得した（特許番号US201834793）。パネル下部（100）にプレート（200）が位置しており、そのプレートの下面には接着材を介さずに直接貼り付く磁性体グループ（300）とハウジング材料（400）がある。
- 接着材の代わりに磁性体を使用することで、接着材の分離を予防し、フォルダブル装置の柔軟性を確保することができる（a）。
- BOEは2017年10月にフォルダブルディスプレイ機器の特許を公開した（US20170303414A）。ボンディングブラケットグループ（60）のT字型ブラケット（61）の曲角角度を調整し、曲率半径を設計要件を満たすようにした（b）。
- 2018年7月にもフォルダブルディスプレイ機器の特許を公開した（US20170205853A1）。ガイド材料で、支持板によりディスプレイが圧着されて壊れることを防ぐ内容となっている（c）。

フォルダブルディスプレイ機器の特許

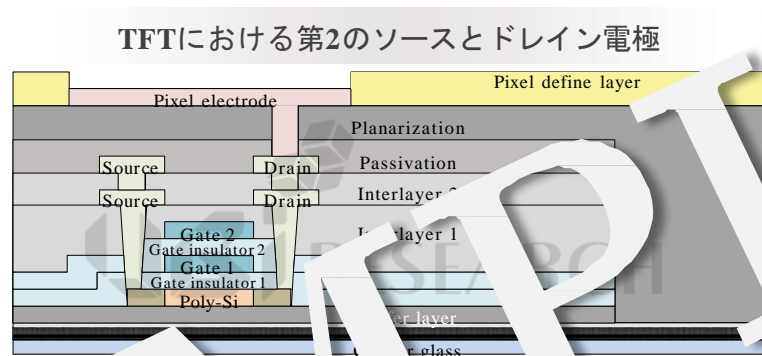


Source: Kipris.or.kr

6. 層別開発問題

3. TFT

- TFTを折りたたむ際、ソースとドレイン電極にかかる抵抗が大きくなり、輝度に影響を与える。この問題を改善するために、第2のソースとドレイン電極が必要になる可能性がある。



6.4 Encapsulation (封止)

Source: UBI ResearchDB

- 柔軟性向上と工程簡略化を図るためには、層数と厚みの減少に向けた開発が必要である。
- 柔軟性向上のためにモノマの厚さを小さくすると、SN比 (Signal to Noise Ratio、信号対雑音比) が増加し、タッチ性能にネガティブな影響を与える可能性がある。
- SN比を改善するためには、高誘電率の材料の確保と関連技術の開発が必要である。
- 高い均一度を得る単一薄膜を形成するために、従来のCVD方式から基板上に原子または分子の形で蒸着されるALD (Atomic Layer Deposition、原子層堆積) 技術への開発が進められている。

6. 層別開発問題

8. Cover Window（カバーウィンドウ）

- 現在、PIフィルムタイプと薄板ガラスタイプのカバーウィンドウが開発されている。
- 薄板ガラスは上下部をレジンでコーティングし、耐久性と柔軟性を向上させなければならない。PIフィルムは表面強度とタッチ度を向上させる必要がある。
- OLED Korea 2018で、Kolonが公開したカバーウィンドウ用カラーレスPIフィルムの性能は、次の通りである。

Kolonが公開したカバーウィンドウ用カラーレスPIフィルムの性能

カバーウィンドウの要求条件とプラスチックカバーウィンドウの開発コンセプト

	ハードコーティング無し	ハードコーティング有り	Durability	Transparency [%]	Hardness [H]	Environmental stability
CTE [ppm/°C]	10	-	≥200k folding (@ 25°C)	≥95	9H (for 1~2Φ under 1 kgf)	≥50k folding (60°C/93%)
Tg [°C]	150	-				
Hardness	2H	7H(5~20 um)				
Bending Radius [mm]	3	<3				
Folding time	200K	200K				

Source: UBIResearch DB

7. フォルダブル OLED市場展望

1. 三星ディスプレイとフォルダブル OLED

- UBI Research 自社発行の「2Q18 Smartphone OLED Material Cost Analysis」では、Y-OCT を含めた三星ディスプレイの Galaxy S9 向けフレキシブル OLED の材料費が、稼働率 90% と歩留まり 85% を基準に 7.24 米ドルであると説明した。

Item	S9 material cost (US\$)
Substrate	0.15
TFT	0.48
OLED	1.24
Encapsulation	0.05
Module	25.23
Total	27.15

Source: UBI Research, DB

- 93% を占めるモジュールの材料費を削減しないと、40 米ドルの中価格帯パネル市場には参入できない。
- 三星ディスプレイは、特定されたプレミアムパネル市場で、売上を確保するためには、6 型級まで大きくなっているハイエンドスマートフォン市場を積極的に開発する必要がある。
- このような状況下、フォルダブル OLED スマートフォンの発売は、三星ディスプレイのフレキシブル OLED の売上増加に最も大きく貢献すると考えられる。