

フラットパネルディスプレイ概論 (1)

Introduction to Flat Panel Display (FPD)(1)

Ukai Display Device Institute 代表 工学博士 鵜飼 育弘
YASUHIRO UKAI Ph.D.
Ukai Display Device Institute

1. はじめに

「フラットパネルディスプレイ概論」と題して今回から10回の予定でデバイス技術、部品材料技術、製造技術および応用分野と市場を紹介する。「The Chemical Times」の読者層は広範囲の専門家集団と想像している。ディスプレイ関連の読者のみならず専門外の読者に興味を持って読んで頂けるように努めたい。

2. ディスプレイデバイスとは

2.1 人間の五感とディスプレイデバイス

人間は情報入力的手段として五感を使っているが、情報の実に85%以上は「目を通して」画像を入力しているといわれている。そこで図1に人間の情報入出力能力の比較を示す。まず、入力機能として五感の受容細胞数を比較すると、視覚が最大で、ついで臭覚と味覚が挙げられる。一方、情報処理速度でみると、やはり視覚が最大で約3Mbps、聴覚はそれより2桁ほど低く、さらに臭覚、味覚

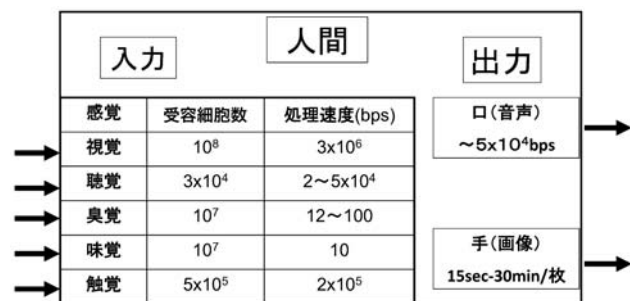


図1 人間の情報入出力能力
(樋渡潤二, 視聴覚情報概論, p.15, 昭晃堂 1987)

ではさらに2桁か3桁低い。したがって、ネットワーク社会の中で、マン・マシン・インタフェース (man-machine-interface) として視覚から情報が得られるディスプレイデバイスが重要であることは明らかである。

2.2 ディスプレイデバイスの定義

ディスプレイデバイスとは、マン・マシン・インタフェースといわれるように、各種電子機器 (machine) からの様々な情報が視覚を通して人間 (man) に伝達されるデバイス、あるいは、電子機器と視覚を通して人間との情報交換のためのツールといえることができる。したがって、人間と電子機器を結ぶ橋渡しの役割 (interface) を担っているものとして定義される。

ディスプレイデバイスを機能面から定義すると、図2に示すように、各種電子機器から出力されてくる電気的情報信号を人間の視覚で認識できる光情報信号に変換するデバイスと定義できる。ディスプレイデバイスは一般に変換光情報信号を二次元空間にパターン化する機能、すなわち光情報信号を数字、文字、図形、画像などのパターン化情報として表示する機能を備えている。ここで、光情報信号が発光により表示される場合が発光型表示 (emissive display)、一方、反射、散乱、干渉現象などの周囲光の制御、すなわち光変調で表示される場合が非発光型表示 (non-emissive display) と呼ばれる。

時間、空間位置制御は、ディスプレイの輝度と色度を表示画面の各位置で時間的にどう制御するかという方法である。CRT(ブラウン管)では、蛍光面上に電子ビームで位置走査することで行なう。蛍光体はそれ自身では導電体でないため電気エネルギーを与えた部位のみ発光し他の部位は発光しない特性を有していることから、電子ビーム

は発光体へのスイッチ機能とエネルギー制御機能を併せ持っている。



図2 電子ディスプレイデバイスの機能 (松本正一, 電子デバイス, p.1, オーム社 1995)

3. ディスプレイデバイスの分類と特徴

ディスプレイデバイスを構造の面からみると、ディスプレイ自体を直接見る直視型と、スクリーンに映し出した映像を見る投写型とが存在する。図3に直視型と投写型に分類して代表的なディスプレイデバイスを示す。

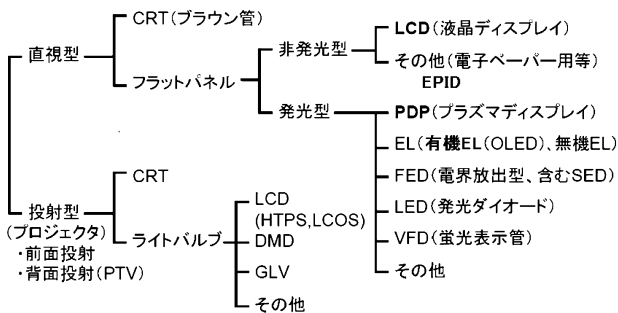


図3 ディスプレイデバイスの種類

CRTはFPD(フラットパネルディスプレイ)が出現するまでは、電子ディスプレイの代表としての地位を有していたが、その大きさや重量等の課題から、家庭のTV受像機までがFPDに代わり、中でもLCD(液晶ディスプレイ)が揺るぎない地位を有するに至っている。ここでは、CRTとFPDの種類と特徴を概説する。次回以降、この中から代表的なFPDについて詳述の予定である。

3.1 CRT(Cathode Ray Tube:ブラウン管ディスプレイ)

高速電子線による蛍光体励起発光(陰極線ルミネッセンス)現象を利用する表示デバイスである。構造は図4に示すように、熱カソードで生成し電子銃で細く絞られて放出された電子ビームは、偏光ヨークの磁界の作用で水平・垂直方向に走査され、パネルガラス面に塗布された蛍光体面に高速で衝突する。この衝突エネルギーが蛍光体を励起し、発光が生じる。蛍光体面にはアルミニウ

ムがメタルバックされており、このメタル膜を介してアノードボタンから15~25kVの陽極電圧が蛍光体面に印加され、電子ビームが高速に加速される。

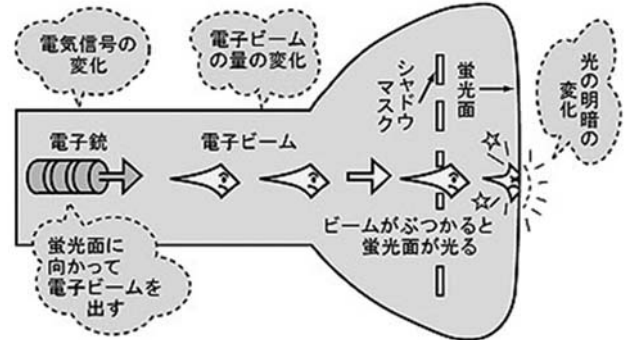


図4 CRTの構造と動作原理

3.2 VFD(Vacuum Fluorescent Display : 蛍光表示管ディスプレイ)

低速電子線による蛍光体の励起発光現象を利用する表示デバイスである。陰極線ルミネッセンス現象を利用する点ではCRTと同じであるが、CRTは電子ビームの走査で表示するのに対して、図5に示すようにVFDはグリッド部とアノード部への選択的電圧印加の走査で表示する点が大きく相違する。なお、VFDは伊勢電子の中村博士の発明によるものである。

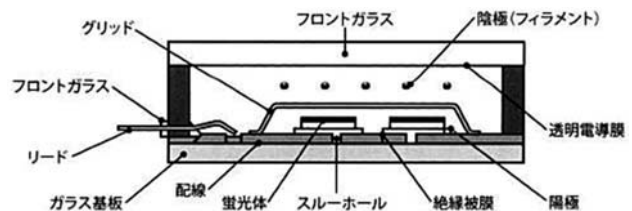


図5 VFDの構造

3.3 PDP(Plasma Display Panel :プラズマディスプレイ)

希ガスのプラズマ放電に伴う行・列マトリックス電極交点での発光を利用したデバイスである。その基本的デバイス構造は、行電極と列電極を設けた2枚のガラス基板から構成された放電空間(隙間約0.1mmの空間)に、ネオン(Ne)とキセノン(Xe)を主体とする混合希ガスが数百 Torr で封入されている。放電セル部分に紫外線発光蛍光体を組み込み、これを希ガスの放電紫外線で励起発光させることで、多色カラー表示ができる(図6)。

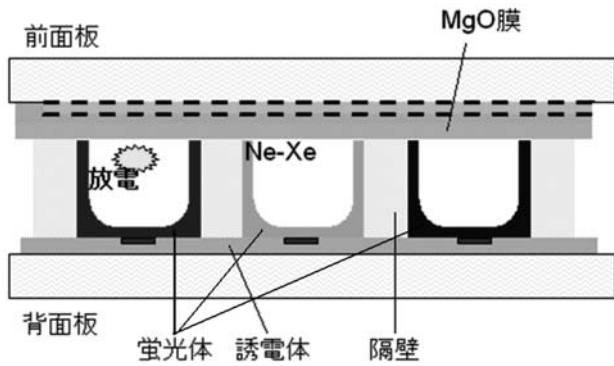


図6 PDPの構造

3.4 OLED (Organic Light Emitting Diode : 有機EL)

有機EL (Organic Electro Luminescence)とは、電流を流すと発光する性質の有機物質を応用した発光現象のことである。有機ELは、基板に有機物質が挟み込まれた構造をしており、電流を流すことで有機物質の分子が励起され発光する仕組みとなっている。図7に示すように構造が比較的単純で、バックライトなどの装置が不要であるために極端な薄型化が可能であり、電流の調節によって光の強さも加減できるなどの特徴をもっている。日本では有機ELと呼ばれることが多いが、欧米ではOLEDと呼ばれている。デバイスの動作原理からはOLEDの呼び名が適している。

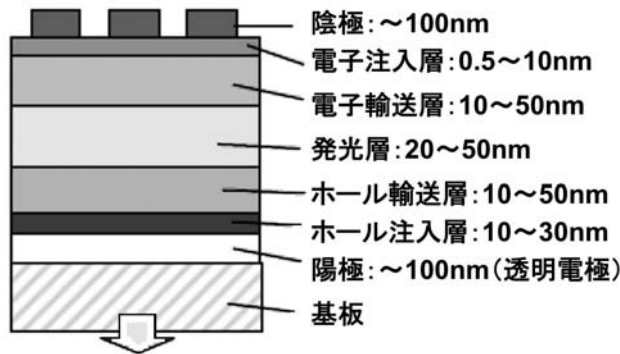


図7 OLEDの構造

3.5 FED (Field Emission Display : 電界放出ディスプレイ)

平面状の電子放出源(エミッター)から真空中に電子を放ち、蛍光体につけて発光させる原理の表示装置。ブラウン管の電子銃にあたる装置を平面状にした技術で、CRTのような明るくてコントラストの高い画面が実現する。CRTでは電子を放出する電子銃が発光面から十数~数十cm離れた位置の一つあるが、図8に示すようにFEDではガラス基板上に微小な突起状の電極が画素と同じ数

だけ格子状に並んでおり、各々が数mm離れて向かい合って配置されたガラス基板上の蛍光体に向けて電子を放射する。CRTのように偏向が必要ないため薄型大画面の平面ディスプレイを作ることができ、また、消費電力もCRTの半分程度で済む。

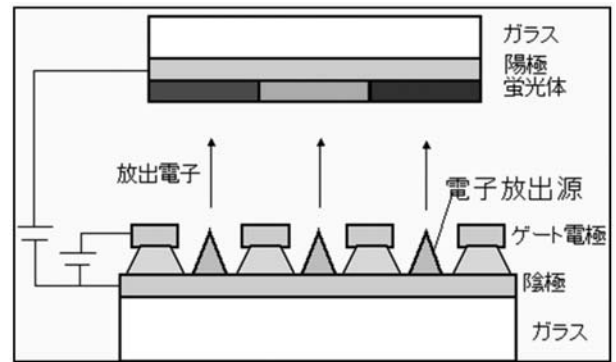


図8 FEDの構造

3.6 LCD (Liquid Crystal Display : 液晶ディスプレイ)

電圧を加えると分子の配列が変わる液晶分子を利用した表示装置のことである。液晶分子自体は発光するものではない。バックライトもしくは周囲光を液晶分子の向きを変え、光の透過率(透過型)もしくは反射率(反射型)を制御することで、画像を表示する。図9に示すように液晶分子は電極が形成された2枚のガラス基板にはさまれており、電極に電圧を印加すると、向きが変わる。またガラス基板の外側は、特定方向の光だけを透過させる偏光板が配置されている。

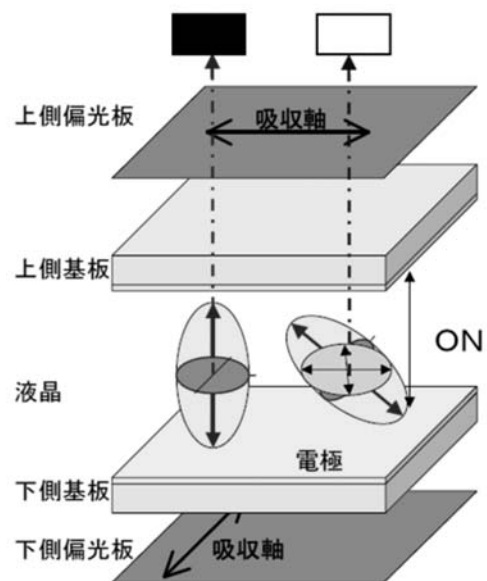


図9 LCDの構造と動作原理

3.7 EPID (Electrophoretic Image Display : 電気泳動ディスプレイ)

液体に微粒子が分散したコロイド溶液中では、電気二重層の形成で分散粒子は正または負に帯電している。このようなコロイド溶液に直流電圧を印加すると、分散粒子はクーロン力で溶液中を泳動する。EPIDは、このような電気泳動現象を利用している。このディスプレイは元松下電器の太田氏によって発明されたものである。図10に、現在商品化されているE-Inc製のEPIDのデバイス構造と原理を示す。

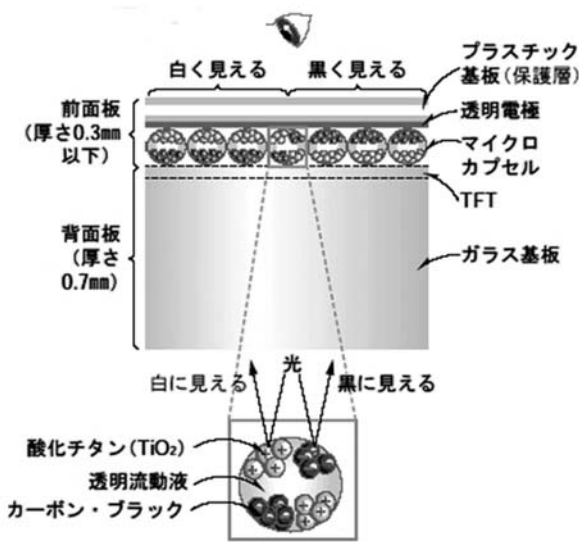


図10 EPIDの構造と原理 (E-Inc)

表1に代表的なFPDの特徴を比較して示す。個々の特性に関しては次回以降に詳しく述べる予定である。なお、太線で囲った箇所は他のFPDに比べ優れている特性を示す。

表1 FPDの特性比較

	LCD	OLED	PDP	FED
解像度 (画素数)	~ 9M	~ 2M	~ 8M	~ 2M
大画面化【型】 量産 開発	108	40	150	36/55
輝度 (Nit)	500	500	~ 1500	~ 1500
コントラスト	~ 3,000	1,000,000	~ 30,000	100,000
応答時間	4ms ~ 数十ms	~ 数 μ s	数十 μ s	数十 μ s
諧調表示法	電圧	電流	時間	時間
駆動電圧	ソース 20V ゲート 40V	ソース 20V ゲート 40V	データ 90V スキャン 180V	データ 20V スキャン ?

4. FPDに求められるもの

マン・マシン・インタフェースとしてのディスプレイデバイスの求められる事項を、機能 (物理的特性)、性能 (電気光学的特性) および生産性・グリーン化の3項目に分けて列記した。

4.1 機能 (物理的特性)

- ・画面サイズ：対角長 (型、cm)、縦横比 (アスペクト比) 3:4、ワイドなど
- ・表示容量：画素数 (ディスプレイフォーマット、放送規格)、諧調数
- ・携帯性：薄さ、軽さ、消費電力
- ・信頼性：温度、湿度、衝撃などの耐久性 (寿命)

4.2 性能 (電気工学的特性)

- ・解像度：画素サイズ、ppi (pixel per inch)
- ・視野角：十分なコントラスト比のとれる上下・左右の角度
- ・輝度：画面の明るさ (ルミナンス cd/m^2 もしくはNit)
- ・応答速度：動画表示に必要な画面の高速切り換え
- ・コントラスト比：最大輝度/最少輝度、黒の沈み
- ・諧調 (白黒中間調)：微妙な色調を表現するグレースケール
- ・色再現範囲 (Color Gamut)：表示可能な色度範囲
- ・表示画面の均一性、表示ムラのないこと
- ・立体表示

4.3 生産性・グリーン化

- ・歩留まり
- ・スループット (単位時間当たりの処理能力)
- ・コスト
- ・運搬性 (画面サイズの大型化に伴って、製品や製造装置の運搬が課題になっている)
- ・環境対応：ライフサイクル (製造・使用時・廃棄時) での省エネルギー、省資源

最近では、物理量として表すことが難しい「質感」「臨場感」といった「感性」の領域にまで性能が向上してきた。商品化されているLCD-TVやPDP-TVのコントラスト比が100万:1とか、色再現範囲がNTSC比100%といった数字が話題になっている。しかし、輝度計による電気光学特性がよければ人間にとって好ましいディスプレイとは限らない。今後は、質感や光沢感などの評価方法の確立とあいまって、大型FPD-TVの開発および実用化に画像観賞の生理

的疲労の定量的測定法の確立が求められている。

5. FPDの電極構造と駆動方式

FPDの駆動に用いられる電極構造とその主な用途は、

- ①セグメント電極(数字表示、アナログバーグラフ表示)
- ②固定パターン電極(記号表示、パターン表示)
- ③マトリクス電極(キャラクタ表示、グラフィック表示、ビデオ表示)

である。各種セグメント電極の中で代表的なものは、図11aに示す7セグメント電極で、全面基板上の7個のセグメント電極と背面基板上の1個のコモン電極からなる。各セグメントに選択的に電圧印加することにより、0~9の数字を任意に表示できる。アナログバー表示の場合は、多数のセグメント電極を1列または円形に並べて使用する。ある特定の記号やパターンを常時表示する場合は、その形状に固定化された電極を用いる。なお、この駆動方式はスタティック駆動と呼ばれ、表示セグメントとコモン電極には表示期間中連続して電圧が印加される。

任意のパターンを表示する場合に用いられるマトリクス電極構造を図11bに示す。一方の基板上の帯状行(走査)電極(X)と他方の基板上の帯状列(信号)電極(Y)からなり走査電極と信号電極からなる任意の交点(画素)に選択的に電圧を印加することでキャラクタ表示、グラフィック表示、ビデオ表示などが実現できる。

以上が一般の単純マトリクス(マルチプレックス)駆動方式におけるマトリクス電極構造であるが、各画素にトランジスタスイッチング素子を付加するアクティブマトリクス駆動方式では、走査電極と信号電極はスイッチング素子を介して同一基板面に形成されており、他方の基板面には全面電極が形成されている(図11c)。

単純マトリクス駆動は、多桁の数字表示のように比較的多数のセグメント電極を用いる場合やマトリクス電極構造の場合に適用される駆動方式で、時分割駆動あるいはダイナミック駆動とも呼ばれる。

アクティブマトリクス方式では、スイッチング素子と必要に応じてキャパシタ素子を付加・集積し、コントラストやレスポンスなどの表示性能の向上を図っている。各画素のスイッチング素子とコンデンサは、それぞれクロストークを防ぐ役割と信号電荷を蓄積する役割を担っている。これによって、実質的に走査電極数の制約をなくし、原理的に

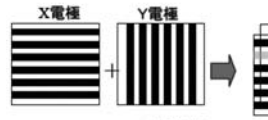
デューティ比100%のスタティック駆動に近い表示が実現できる。

a. デジタル表示に代表される7セグメント電極構造



スタティック駆動:
それぞれの電極部に直接電圧を印加して駆動する方式

b. ドット(画素)表示のためのマトリクス電極構造

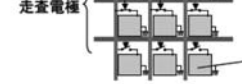


単純マトリクス駆動:

重なり合った電極部分が画素になる。
XY間の電圧がしきい値以上になるように(片側だけではしきい値を超えないように)時分割駆動
*クロストークが問題

画素数の少ない表示、静止画情報 向き

c.



アクティブマトリクス駆動:

TFT(薄膜トランジスタ)で各画素に駆動電圧を印加

画素数の多い表示、動画対応

図11 FPDの電極構造と駆動方式

6. FPDの応用と市場動向

図12にディスプレイ(CRTおよびFPD)の技術別市場規模の推移と予測を示す(Display Search, July 29-30,2009)。2008年後半のLCD価格急落により、2009年は前年比-20%と過去最大の減少幅となった。2010年は同12%増の見込みで、2011年以降は年率1ケタの安定成長時代になると予測されている。2010年の市場規模は\$US 93.7 Billionで技術別のトップはa-Si TFT-LCD(アモルファスシリコン薄膜トランジスタ-液晶ディスプレイ)\$US 78.1 Billion(シェア83%)、次いでLTPS TFT-LCD(低温ポリシリコン薄膜トランジスタ-液晶ディスプレイ、図中ではLTPS)\$US 7.2 Billion(同7.7%)、PDP \$US 4.1 Billion(同4.4%)、OLED \$US 1.5 Billion(同1.6%)である。なお、CRTは\$US 1.5 Billion(同1.6%)。a-Si TFT-LCDが飛び抜けていることが分かる。この技術は小型(例えば3型)から大型(108型)まで量産されている。基本的なデバイス構造および生産技術を変えないで広範囲のサイズを実現できる技術は他にはない。2015年には市場規模は\$US 109.7Billionとなるが、順位は2010年と変わらないと予測されている。ただ、電子ペーパーの台頭でEPID(図中ではEPD)が1.4%になると思われる。

図13にFPD用途別市場規模の推移と予測を示す(Display Search, July 29-30,2009)。2010年のトップはLCD-TV \$US 37.3Billion(39.8%)、次いでDesktop

Monitor \$US 15.3Billion (16.3%)、Mobile Phone \$US 13.6Billion (14.5%)、Notebook PC \$US10.1Billion (10.8%)、Plasma-TV \$US 3.9Billion (4.3%)である。2015年はLCD-TV \$US 37.3Billion (34%)、Mobile Phone \$US 20.0Billion (18.2%)、Notebook PC \$US 14.2Billion (12.9%)、Desktop Monitor \$US 13.0Billion (11.9%)、OLED-TV \$US 1.9Billion (1.7%)と予測されている。

7. おわりに

マン・マシン・インタフェースとしてのディスプレイデバイスの分類から各々FPDの特徴について概説した。FPD共

通事項として、求められるもの、電極構造と駆動方式を紹介し、応用と市場動向についても紹介した。今後の予定としては、下記を考えている。

- 第 2回：液晶ディスプレイ(LCD)
- 第 3回：有機EL (OLED)
- 第 4回：電子ペーパー
- 第 5回：新規ディスプレイ(フレキシブル、3Dなど)
- 第 6回：FPDを支える部品・材料技術 (1)
- 第 7回：FPDを支える部品・材料技術 (2)
- 第 8回：FPDの製造技術 (1)
- 第 9回：FPDの製造技術 (2)
- 第10回：FPDの将来展望

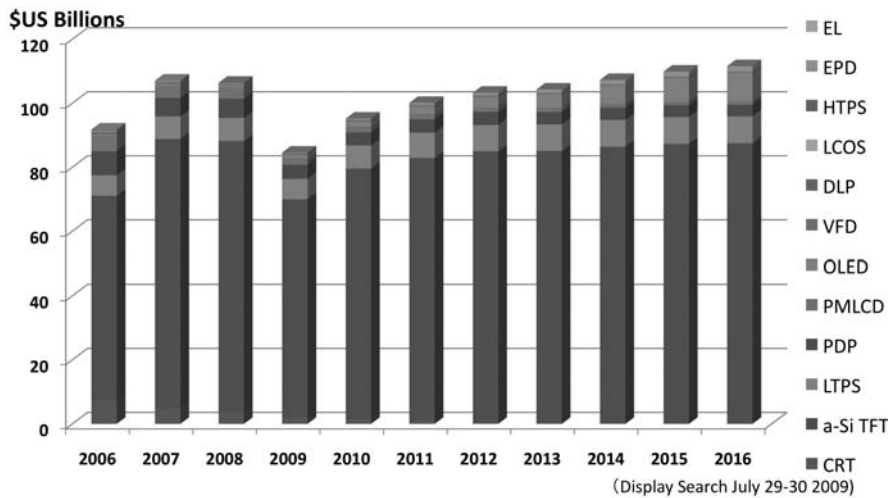


図12 ディスプレイ技術別市場規模

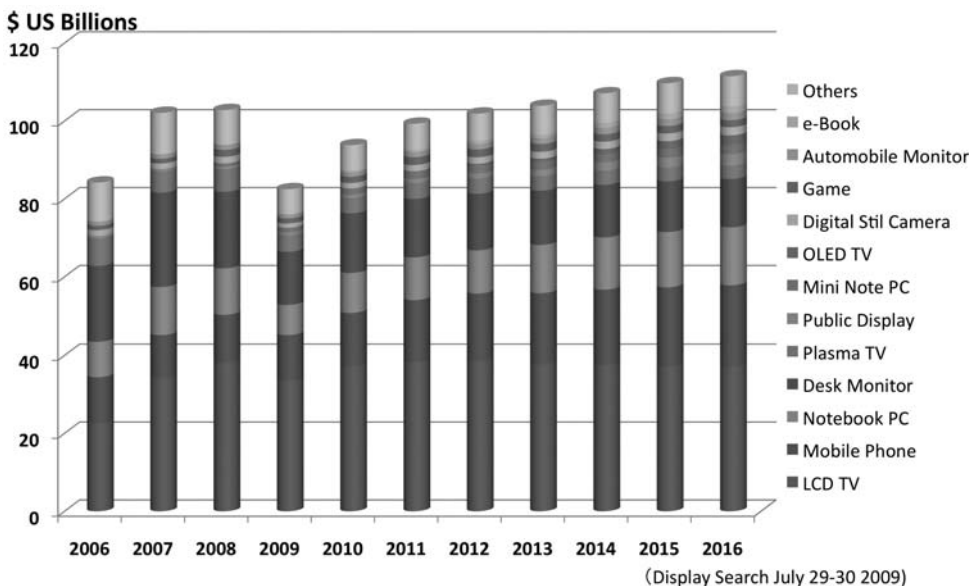


図13 FPDの用途別市場規模