

競爭的顯示技術比較



競爭的顯示技術比較

白皮書

目錄

執行摘要	1
顯示技術的突破	1
mirasol™ 顯示幕優勢	2
競爭分析	3
高通 mirasol™ 顯示幕的核心	5
IMOD 技術與 LCD	7
IMOD 技術與 OLED	9
IMOD 技術與 EPD	11
IMOD 技術與 ChLCD	12
結語	14

競爭的顯示技術比較

白皮書

執行摘要

顯示技術的突破

由高通(Qualcomm)所開發的mirasol™顯示幕，將為價值美金 1 千億的顯示市場帶來革新，同時大大超越現有顯示技術的限制。這個新一代的顯示技術也將為那些想要尋求吸引人的新品、推動營收與市占率成長的設備製造商、營運商與內容開發商，開啟全新的市場機會。

本文將 mirasol 顯示器與目前的主流顯示技術進行對比和比較：液晶 (LCD)、有機發光二極體 (OLED)、電泳 (EPD) 及膽固醇液晶 (ChLCD) 顯示器。本文主要關注成長迅速的中小尺寸顯示器市場，mirasol 顯示器正式投產的首款產品即為此領域應用。

與 LCD、OLED、EPD 或 ChLCD 不同的是，IMOD 科技是以科技模仿生物的仿生學為基礎。

IMOD 顯示幕產生色彩的原理和蝴蝶翅膀或鸚鵡羽毛在光線下會閃閃發亮、色彩鮮艷的原理相同。翅膀和羽毛上的細微結構會讓光線彼此干擾，造成生動的色彩，這種現象名為「干涉測量(interferometric)」。

高通運用這種自然發光現象，創造出新世代的顯示科技。值得一提的是，mirasol 顯示幕會反射光線，而不是傳送光線。以下討論將指出此點對小型可攜式裝置的製造商和使用者而言將是一大優點。此外，和 LCD、OLED、EPD 和 ChLCD 相比，mirasol 顯示幕所運用的干涉測量調變技術 (Interferometric Modulation ; IMOD) 還有一項重要的不同：它是一種不需有機材料或背光的微電機系統 (MEMS)。如同本文件討論所指出，這兩大特點賦予 mirasol 顯示幕最大的競爭優勢—省電與在陽光下的可視性。

出，這兩大特點賦予 mirasol 顯示幕最大的競爭優勢—省電與在陽光下的可視性。

競爭的顯示技術比較

白皮書

隨著新式行動應用的要求愈來愈嚴苛，如未來的全動式影片與動畫，顯示器產業非常需要一種能夠滿足這些需求，同時耗電更少、能夠提供完整使用者經驗的顯示幕。正當其餘競爭者努力克服現有顯示科技的限制下，以 IMOD 科技為基礎的 mirasol 顯示幕將為消費者與廠商帶來突破性的優勢，而取得一定的市場占有率。

*DisplaySearch，2007 年全球平面顯示產業季報 (Q1, 2006)

mirasol 顯示幕的優勢

可攜式電子裝置的需求持續成長，各種新型應用鼓勵使用者不斷使用，因此需要耗電低於現有科技的零組件。例如高通MediaFLO™科技提供消費者在行動裝置上觀看高品質影片，但是這樣的應用需要提供優秀觀看功能與低耗電的顯示幕。

對消費者而言，mirasol 顯示幕擁有以下優點：

- **低耗電量** – 和傳統科技相比，mirasol 顯示幕僅需要少許電力。mirasol 顯示幕在大部分的觀看環境下只需少許或不需電力，且由於螢幕不需持續更新，影像出現在顯示幕上後只需少許電力維持。
- **可閱讀性** – mirasol 顯示幕的對比和反射率與報紙相當，所以在任何光線下閱讀都十分容易。
- **快速反應時間** – mirasol 顯示幕的快速反應時間，可減少觀看迅速移動影片或遊戲動畫

競爭的顯示技術比較

白皮書

時可能產生的模糊。和 LCD 競爭科技相比，mirasol 顯示幕反應時間快上十倍到一千倍。

- 更加輕薄 – 無需背光可顯著減少模組尺寸與重量，使其非常適合使用於行動應用，例如相機、行動電話、遊戲機、PDA 與 GPS。
- 可升級 – 一旦 mirasol 顯示幕在小尺寸螢幕達到完美地步之後，將可升級提供更多用途，例如電視與戶外數位招牌等。

mirasol 顯示幕開發成功，受益於以下的產業優勢：

- 無需或只需少數新工具生產 – mirasol 顯示幕能夠使用現有原料，在現有平面顯示幕生產線上生產。
- 在既有業界標準介面開發 – 可應用在標準行動系統，因此風險甚低。
- 高通的承諾 – 高通持續進行必要投資，讓 IMOD 科技成為顯示產業的成功競爭者，包括在加州聖荷西成立 MEMS 研究與創新中心。
- 新市場機會 – mirasol 顯示幕可為使用者帶來立即連線、低耗電、直覺式介面與更小的體積等新體驗，而製造商與內容開發者能以 mirasol 顯示幕創造吸引人的創新方式，協助使用者創造舒適生活、時刻關注新聞及其他內容、玩遊戲、觀賞影片等。

競爭分析

如圖表 1 所示，平面顯示器有四種主要類型。穿透式顯示幕 (transmissive displays) 原理

競爭的顯示技術比較

白皮書

是使用液晶混合物等主動光學材料調節如背光光源。像 OLED 之類的發光式顯示幕 (emissive display) 則利用有機材料，在電源通過時產生光線。反射式顯示幕 (reflective display) 調節進入顯示幕的光線，然後以鏡面表面反射出去。直到最近為止，這種調節功能都是使用液晶混合物或電泳混合物達成。而半穿透半反射式顯示幕 (transflective display) 結合穿透式與反射式顯示幕，這種科技研發的目的是讓穿透式顯示幕具備在陽光下觀看的能力，不過作為一種折衷方案，這種顯示幕科技提供打折的觀看經驗。

反射性顯示幕的發明主要是為了解決穿透式與發光式顯示幕的缺點，像是過於耗電與在明亮環境中難以閱讀等問題。由於穿透式 LCD 需要耗電的背光，而 OLED 則需要不斷供電才能產生亮光，這些科技很難達成行動顯示科技的終極目標：降低耗電。而電力消耗問題對於像行動電話、PDA、數位音樂播放器、數位相機、GPS 和行動遊戲機等使用電池的可攜裝置尤為重要。藉由有效使用周圍光源，反射式顯示幕能夠消除背光，而且提供更低耗電與更薄的顯示幕模組。在產值 920 億美元 (2006) 的顯示幕市場，10 吋與更小的電池裝置顯示幕是成長最快的區塊。根據 DisplaySearch 研究指出，此一區塊的產值到 2009 年將達 290 億美元。

小尺寸顯示幕擁有龐大市場潛力，而且持續需要科技進展，因此市場中有許多公司提供多樣解決方案。圖表 2 顯示應用於行動電話與 PDA 產業中，mirasol 顯示幕與多種研發中或使用中顯示科技的比較。

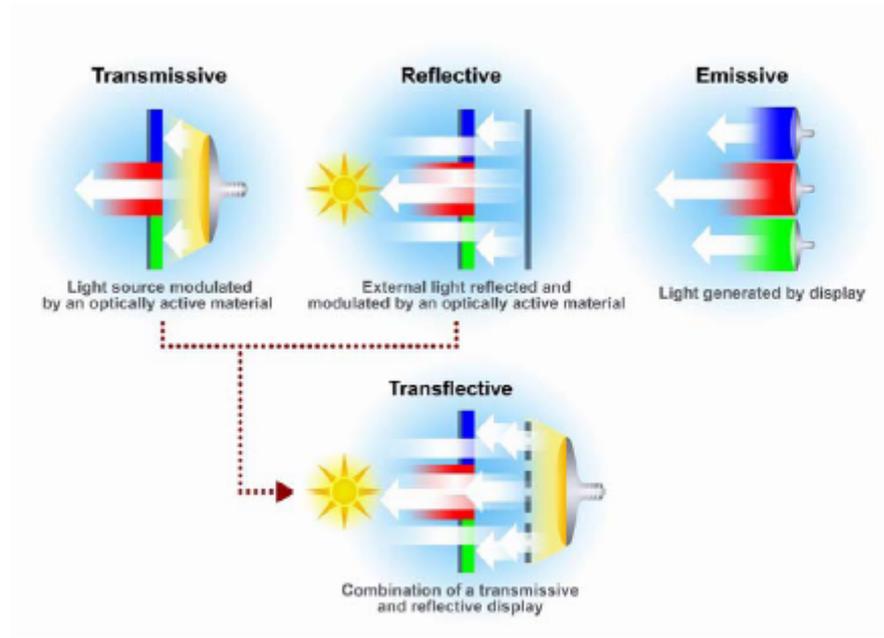


圖 1：平面顯示器的主要類型

Transmissive	穿透式
Reflective	反射式
Emissive	發光式
Light source modulated by an optically active material	以光學活性材料調節光源
External light reflected and modulated by an optically active material	以光學活性材料反射和調節外部光線進行
Light generated by display	由顯示器發光
Transflective	半穿透半反射式
Combination of a transmissive and reflective display	穿透式與反射式顯示器的結合

競爭的顯示技術比較

白皮書

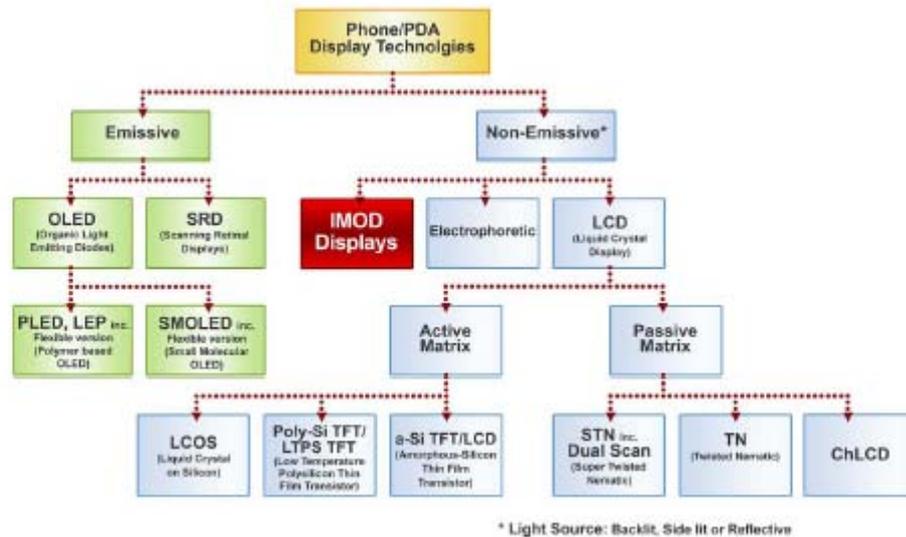


圖 2 : mirasol 顯示幕與其他顯示技術的定位比較

Phone/PDA Display Technologies	行動電話/PDA 顯示技術
Emissive	發光式
Non-Emissive*	非發光型*
OLED (Organic Light Emitting Diodes)	OLED (有機發光二極體)
SRD (Scanning Retinal Displays)	SRD (視網膜掃描顯示器)
mirasol™ Displays	mirasol™ 顯示幕
Electrophoretic	電泳
LCD (Liquid Crystal Display)	LCD (液晶顯示器)
PLED, LEP inc. Flexible version (Polymer based OLED)	PLED, LEP 包括相近說法(聚合物 OLED)
SMOLED inc. Flexible version (Small Molecular OLED)	SMOLED 包括相近說法(小分子 OLED)
Active Matrix	主動矩陣

競爭的顯示技術比較

白皮書

Passive Matrix	被動矩陣
LCOS (Liquid Crystal on Silicon)	LCOS (單晶矽液晶)
Poly-Si TFT/LTPS TFT (Low Temperature Polysilicon Thin Film Transistor)	Poly-Si TFT/LTPS TFT (低溫多晶矽薄膜電晶體)
a-Si TFT/LCD (Amorphous-Silicon Thin Film Transistor)	a-Si TFT/LCD (非晶矽薄膜電晶體)
STN inc. Dual Scan (Super Twisted Nematic)	STN 包括雙層 STN (超扭轉向列)
TN (Twisted Nematic)	TN (扭轉向列)
ChLCD	ChLCD

* 光源：背光式、側光式或反射式

高通 IMOD 顯示幕核心

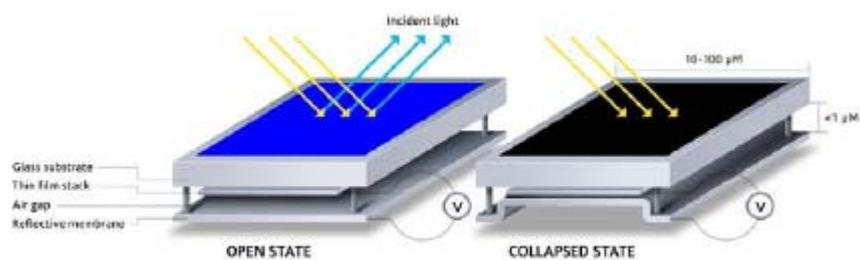


圖 3：IMOD 像素的基本架構

Glass substrate	玻璃基板
Thin film stack	薄膜堆疊層
Air gap	空氣隙

競爭的顯示技術比較

白皮書

Reflective membrane	反光膜
OPEN STATE	開放狀態
Incident light	入射光
COLLAPSED STATE	關閉狀態
10-100uM	10-100uM
< 1uM	< 1uM

圖表3顯示的是IMOD像素的基本結構。像素是由上覆薄膜的玻璃基板組成。在玻璃之下是一層反光膜，兩者之間由一個充滿空氣的薄層分開。當薄膜與反光膜通電時，反光膜會吸引靜電和靠近玻璃，這種狀態稱為封閉狀態 (collapsed state)，當進入的光線轉為紫外線光譜時，像素會呈現黑色。使用較低電流則會讓反光膜回到原來位置，稱為開放狀態 (open state)。在這種狀態下，像素呈現明亮與彩色。色彩是由光線干涉產生，這種過程比使用濾色片更有效率。圖表4顯示mirasol顯示幕與使用濾色片的反射式螢幕相比時的優越效率。

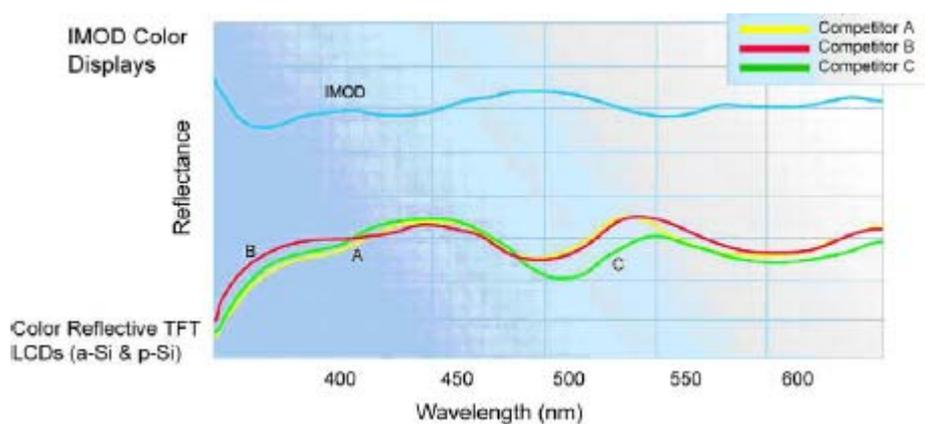


圖 4 : mirasol 顯示幕與 LCD 的反射性比較

White Reflectance Measurements	白色反射係數測量
--------------------------------	----------

競爭的顯示技術比較

白皮書

IMOD Color Displays	IMOD 彩色顯示幕
Reflectance	反射係數
IMOD	IMOD
Competitor A	對比技術 A
Competitor B	對比技術 B
Competitor C	對比技術 C
Color Reflective TFT LCDs (a-Si& p-Si)	彩色反射式 TFT LCD (a-Si & p-Si)
Wavelength (nm)	波長 (nm)

圖表 3 中由 IMOD 像素構成的顯示幕只能呈現雙色。圖表 5 的全彩 IMOD 顯示幕將緊接著最初的雙色顯示幕之後上市。它們將使用同樣的運作原理，但由紅、綠、藍色子像素組成，以空間抖動製造出完整色彩。空間抖動是將子像素分成更小的可尋址單元，分別驅動每個單元以得到需要的灰階。

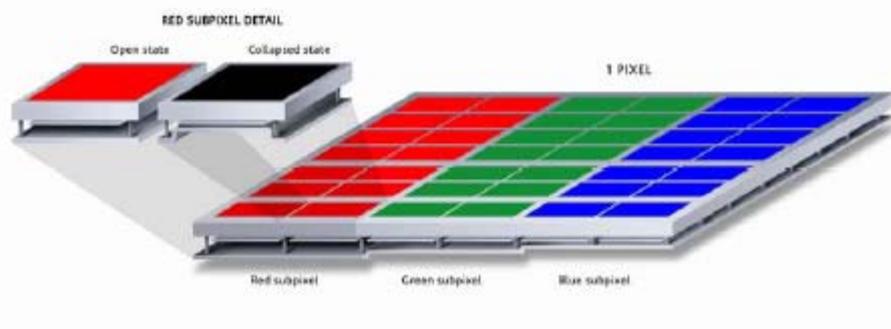


圖 5 : mirasol 顯示幕的彩色像素結構

RED SUBPIXEL DETAIL	紅色子像素細節
---------------------	---------

競爭的顯示技術比較

白皮書

Open state	開放狀態
Collapsed state	關閉狀態
1 PIXEL	1 像素
Red subpixel	紅色子像素
Green subpixel	綠色子像素
Blue subpixel	藍色子像素

mirasol 顯示幕的低耗電優勢歸功於 IMOD 像素的機械結構。如同圖表 6 所示，mirasol 顯示幕的光電功能會有遲滯效應，因此它只需少許電力維持兩種狀態之一。這種名為雙穩態的特色讓 IMOD 像素構成的顯示幕幾乎不需耗電，即可維持影像。

mirasol 顯示幕可以使用現有的平面顯示器生產線製造。事實上，其簡單構造可以使用 LCD 生產設施的一部份來生產。一個 mirasol 顯示幕的 IMOD 單元可提供三個不同的 LCD 單元才能提供的功能，且每個 LCD 單元都需要多種製程。第一，調變是由可動式薄膜而非液晶完成。第二，色彩是由空氣層而非濾色片產生。最後，遲滯效果提供 TFT 在 LCD 之中所產生的記憶單元。

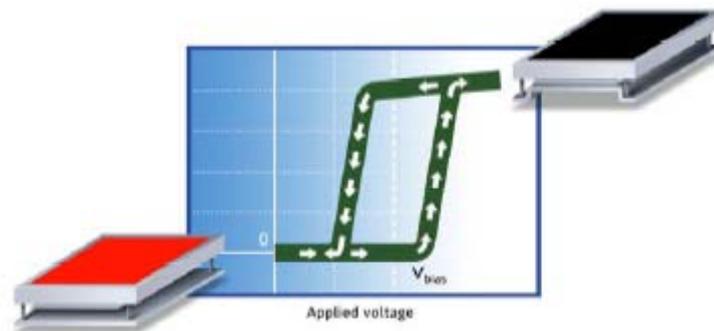


Figure 6. Hysteresis Effect in an IMOD Pixel

圖 6：IMOD 像素中的遲滯效應

V_{bias}	V_{bias}
Applied voltage	施加的電壓

IMOD 技術 vs. LCD

mirasol 顯示幕的簡單構造、低耗電與戶外可視性特點使其成為取代 LCD 的理想設計。在最初階段，mirasol 顯示幕將主要與行動裝置使用的單色 (MSTN) 以及彩色超扭轉向列型 (CSTN) 顯示幕競爭。

LCD 科技在 1968 年問世，接著迅速在顯示幕市場佔有一席之地。LCD 在化學混合配方、顯示幕驅動電子裝置、以及光學膜片的持續改進，已經克服了 STN 顯示幕的最初問題，例

競爭的顯示技術比較

白皮書

如低對比與低解析度。雖然科學家不斷試圖降低 STN 與 TFT LCD 的耗電量與強光下的可

視性，但是此種科技天生的限制使得它們難以獲得有意義的進展。

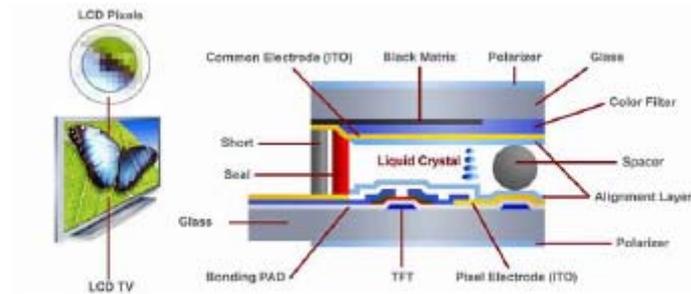


圖 7：LCD 像素內部架構

LCD Pixels	LCD 像素
Common Electrode (ITO)	共集電極 (ITO)
Black Matrix	黑矩陣
Polarizer	偏光片
Glass	玻璃
Color Filter	彩色濾光片
Short	導電膠
Seal	密封框
Glass	玻璃
Spacer	襯墊
Alignment Layer	定向層
Polarizer	偏光片

競爭的顯示技術比較

白皮書

LCD TV	LCD TV
Bonding PAD	接合點
TFT	TFT
Pixel Electrode (ITO)	像素電極 (ITO)

圖 7 顯示 LCD 的複雜性。請注意 LCD 廣泛使用如偏光片或濾色片等光學膜片，以及需要多重程序製造的多晶矽薄膜電晶體元件。由於 LCD 是與偏光共同運作，使用偏光片限制了顯示幕反射或傳送的光量—至少一半的光線都被偏光片捨棄。而濾色片等額外光片更進一步減少光線—一般的 LCD 僅傳送可使用光線的百分之 6 而已。因此今日的 LCD 需要更明亮的背光才能觀看，無論是在無光或強光環境下都一樣，而這些明亮背光使得耗電增加。由於 mirasol 顯示幕是反射式顯示幕，只有在光線弱到無法閱報的情況下才需要電力照明。目前 LCD 的背光是行動裝置最耗電的元件，在強光環境下甚至必須將背光轉至最強。而 mirasol 顯示幕在這些狀況下無需使用額外照明，因此在耗電方面佔有重要優勢。即使在暗室需要輔助光源，mirasol 顯示幕仍然只需 LCD 顯示幕電力的一半到三分之一而已。

考量到一般穿透式 LCD 在日光下難以觀看，LCD 研發人員一直努力開發反射式 LCD，今日有數種行動裝置使用半穿透反射式 LCD。半穿透反射式 LCD 的發明是為改善穿透式顯示幕在戶外的表現，因為戶外的光線很快會蓋過背光的光線，使得顯示幕難以閱讀；另一個目的是解決全反射式 LCD 顯示幕在黑暗中的缺點。

半穿透反射式顯示幕使用一片反射鏡，讓部份背光通過。使用這樣的反射元件，顯示幕能夠在背光照明之下在黑暗中使用；在明亮的戶外，背光能夠關閉以節省電力，反射鏡的鏡面則

競爭的顯示技術比較

白皮書

運用周圍光線讓 LCD 能夠被觀看。理論上來說，半穿透反射式顯示幕似乎解決了全反射式與穿透式顯示幕的缺點。但是事實上，這只是一種折衷作法，而且提供的觀賞經驗仍然不佳。

Qualcomm 的 mirasol 顯示幕要比 LCD 簡單許多。如同前段所述，mirasol 顯示幕中的 IMOD 元件具雙穩態性，因此顯示幕無需持續電力即可維持固定影像。LCD 必須每秒驅動多達 60 次，以避免顯示幕失去影像，因此與 LCD 相比，mirasol 的雙態穩定省下相當的電力。除了省電之外，mirasol 顯示幕能夠提供比 LCD 更佳的觀看經驗。

在我們定義何謂更佳的觀看經驗之前，我們必須了解影響的因素為何。人的視覺認知是與兩個元素相關：照明與對比。照明是到達眼睛的光線量，包括由顯示幕發出或反射的光線。對比是顯示幕明亮像素與黑暗像素的照明比例。如果顯示幕沒有發光，人就無法看到影像，而此時的對比為一；如果顯示幕的明亮與黑暗像素同時反射大量光線，對比會相當糟糕而使影像無法被觀看。

LCD 顯示幕在強光下的問題是發出的光量與周圍的光線相當。此時明亮的周圍光線會蓋過黑暗像素，使得它們看來更亮，並且使對比降低至接近一，因此顯示幕無法觀看。但是就 mirasol 顯示幕而言，其像素具備反射性，在明亮狀態時會反射所有周圍光線，而在黑暗狀態時則會大為減少反射的光線。這種方式提供的對比與黑白報紙相似——比例為 8:1，反射率為百分之 60。因此當 LCD 面對重大的觀看能力問題時，mirasol 顯示幕的反射能力卻為使用者提供優越的觀賞經驗。

競爭的顯示技術比較

白皮書

mirasol 顯示幕的另一個優點是轉換影像速度。如果顯示的影像迅速變化，顯示幕像素必須能在數毫秒、或更短的時間內由黑變白或由白變黑。如果像素變換時間較長，人眼就會察覺此一變換，而造成所謂的「運動模糊」。Mirasol 顯示幕中的 IMOD 像素能在約 10 微秒之內改變狀態，相較下 STN 顯示幕像素則要 10 毫秒左右，IMOD 像素大約快上 1,000 倍左右。這代表可以產生品質更佳、更銳利的影像。高通相信行動裝置對影片應用的需求將在未來數年內持續成長。快速的顯示幕反應時間對於最佳的觀看能力非常重要。IMOD 科技的初期產品每秒可以處理 15 格畫面，日後產品可以提升至每秒 30 格畫面。

行動裝置會面對影響 LCD 運作的極端環境。LCD 通常只能在攝氏 10 度至 30 度之間運作，而且受限於液晶材料黏性的變化。在這方面，mirasol 顯示幕的簡單構造使其佔有優勢，因為這種顯示幕能在攝氏負 30 度至正 70 度之間運作。mirasol 顯示幕優於 LCD 的另一點是 mirasol 顯示幕不受紫外線影響。

與目前的 LCD 顯示幕相比，mirasol 科技的另一優勢是更寬、更對稱的觀看角度、更短的影像反應時間、以及更大的操作溫度範圍。

IMOD 技術 vs. OLED

由於 mirasol 顯示幕中的 IMOD 元件能以平面顯示器晶圓廠的次生產線製造，mirasol 顯示幕的生產成本預料可以隨產量增加而迅速下降。另一方面，OLED 則需要興建全新的晶圓廠。

競爭的顯示技術比較 白皮書

OLED 在工作時必須持續供電才能被觀賞，而這或許是 mirasol 顯示器優於 OLED 的最大好處，特別是在由電池驅動的小尺寸螢幕領域。一般而言，OLED 耗電量為 200mW，而 mirasol 顯示幕在無輔助照明時，僅需數十微瓦（顯示幕在停滯狀態下顯示靜止畫面）。

OLED 提供數項優於 LCD 的優點。然而，這項科技因為數項理由而無法在市場佔有主要地位。其缺點會在下一頁討論，在此先檢視其優點。基本的 OLED 單元結構包括一片透明的陽極與一面金屬的陰極，中間夾有有機薄膜層。當電流通過正極與負極之間時，有機化合物部份會產生光線（見圖 8）。這種方式的明顯優點是 OLED 就像小型燈泡，所以不需要背光或任何外在光源。它們的體積只有一般彩色 LCD 的三分之一，厚度為大部份黑白 LCD 的一半。其觀賞角度更為寬廣，達到約 160 度。OLED 的影像轉換速度要比 LCD 元件更快，可呈現更順暢的動態畫面。一旦新生產設施的初步投資回收之後，OLED 的成本可能會與現有的 LCD 相當或更低。

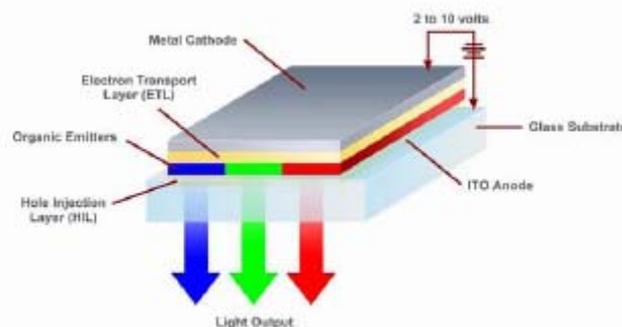


Figure 8. Structure of an OLED Pixel

圖 8：OLED 像素架構

競爭的顯示技術比較

白皮書

Metal Cathode	金屬陰極
Electron Transport Layer (ETL)	電子傳輸層 (ETL)
Organic Emitters	有機發光物質
2 to 10 volts	2 至 10 伏特
Glass Substrate	玻璃基板
ITO Anode	ITO 陽極
Light Output	輸出光
Hole Injection Layer (HIL)	載子注入層 (HIL)

儘管有這些優點，OLED 卻因為數項理由而沒有被業界廣為接納。第一，它們的壽命頗短，而且隨著電力 / 亮度增加，其壽命會迅速減短。這點在顯現藍色時尤為明顯，因為長期使用會使得 OLED 失去藍色平衡。另一個問題是低生產良率，因為其生產成本相當高。由於 OLED 易於受到水與氧的污染，生產時必預密封包裝，增加了生產成本與複雜程度。此外，只有低解析度 OLED 顯示幕能使用被動矩陣基底背板，高解析度顯示幕則需有主動基底背板，後者必需擁有良好的通電性，因為 OLED 是由電流驅動。一般而言，低溫多晶矽 (LTPS) 的背板被使用時將會增加成本與複雜度。這些導體高度的反射需要設計者在顯示幕的前端增加環型的偏光板，因此降低顯示幕的效率與增加成本。最後，在所有的投影顯示幕中，OLED 在戶外強光下的可視性較低。

IMOD 技術 vs. EPD

競爭的顯示技術比較

白皮書

Electrophoretic (EPD)顯示幕使用電泳的概念，意指為顯示資訊，充電物體在電場影響下的移動。充電的物體一般為直徑如人髮的一個小球，一面為黑一面為白，或是如一充滿白色微粒的膠囊懸浮在彩色顏料中。利用電場的應用改變這些物體的方向，因此使得顯示幕的像素在反光下呈現黑或白。

這項技術已成功被多家公司採用且使用，該項技術的顯示幕可提供與 IMOD 基礎的顯示幕同樣媲美的高可讀性、寬廣可視角度、雙穩態特性。然而，這些顯示幕目前並不具有在高反射下提供全彩的能力。但為了顯示色彩則必須使用彩色濾光片，使得亮度與可讀性大為降低，轉換的速度也較 mirasol 顯示幕緩慢許多。自黑轉換至白需要實體物透過黏滯的流體移動，以改變狀態。因為這一緩慢的過程，電泳顯示幕一般而言更新的速度很慢(500 毫秒或更慢)，因而不適用於影像應用。

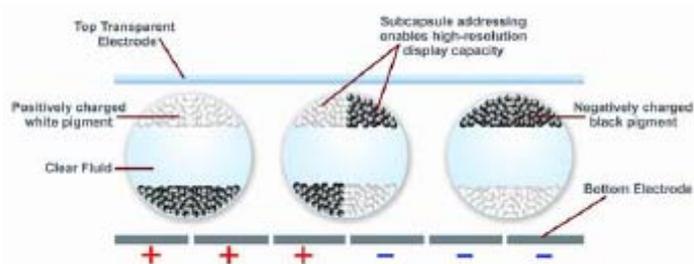


圖 9:電泳顯示幕的內部架構

Top Transparent Electrode	頂層透明電極
Subcapsule addressing enables high-resolution display capacity	膜下定址實現高解析度顯示性能
Positively charged white pigment	帶正電的白色顏料
Clear Fluid	澄清液體

競爭的顯示技術比較

白皮書

Negatively charged black pigment	帶負電的黑色顏料
Bottom Electrode	底層電極

IMOD 技術 vs. ChLCD

膽固醇型液晶(Cholesteric LCDs)是以一種非常緊密的螺旋結構液晶為基礎，使用光線的波長為順序排列。這種材料擁有獨特的能力可以根據不同的螺距反射特定波長的光線，因而呈色。當電場被應用在此種材料時，可轉換成為螺旋結構被打破的狀態，使該材料呈現半透明。假使近於反射式 STN 的顯示幕使用該項材料重新建構，背板則不需被反射。事實上，當此材料呈現半透明時，它會被著色成為黑色，而人所能見的則為黑色的像素。顯示幕建構如同擁有製造雙色影像的能力。為了製造全彩顯示幕，這些顯示幕通常層層堆疊，而製造出紅、綠及藍色。

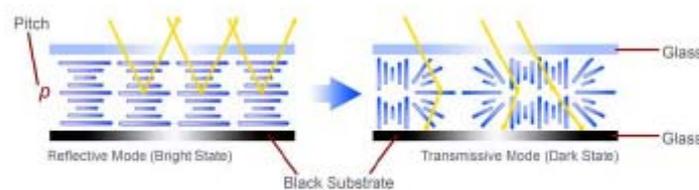


圖 10: ChLCD 架構

Pitch	螺距
Glass	玻璃
Reflective Mode (Bright State)	反射模式 (明亮狀態)

競爭的顯示技術比較

白皮書

Black Substrate	黑色基板
Transmissive Mode (Dark State)	穿透模式 (陰暗狀態)
Glass	玻璃

ChLCD 反射式顯示幕就如同 mirasol 般擁有可視性及雙穩態的特性。然而因為創造全彩需要堆疊，而使得顯示幕變厚且成本變高。而堆疊也因視差或鈍色而產生偽影，意指因為光線達底層時，顯示幕的品質將取決於上面兩層顯示幕的效率。而為了降低視差，可將基板製成更薄，但同時又增加了模組的成本。堆疊同時產生了製造時校準的問題，因為每個顯示幕間必須像素對像素整齊排列。而顯示幕的運作也相對緩慢，因為 ChLCD 必須在狀態轉換時，重新打破與建立其螺旋結構，這將會限制顯示幕更新率，還有無法提供影片更新速度的顯示幕。

現有技術								
參數	單位	mirasol™	反射型 STN	反射型 TFT	背光 TFT	EPD	ChLCD	OLED
色彩		彩色	黑白	彩色	彩色	有限彩色	有限彩色	彩色
解析度		高	低	高	高	高	中	高
強光易讀性	80%對比度 3000 FC	有，極佳	有，良好	有，不佳	無	有，極佳	有，極佳	有，不佳
影像回應速度	毫秒	~1	100	20	20	500	1000	1/1000
靜態功耗 (包括驅動器)	mW	<<1	15	20	200	0	0	200
厚度	mm	1.5	5	6	9	1.25	1.1	3

競爭的顯示技術比較

白皮書

環境	溫度範圍 (°C)	-30 至 70	10 至 30	10 至 30	10 至 30	0 至 50	0 至 70	10 至 50
----	----------------	----------	---------	---------	---------	--------	--------	---------

圖 10: mirasol 顯示幕與其他顯示科技的比較

結語

除了消費者研究外，高通在行動電話的經驗已經說明消費者將會持續需求、且迅速採用具備永遠待機(Always-on)、流暢的影像反應、日光下高可視的顯示幕的行動產品。高通 mirasol 顯示幕不只能取代現有的科技，更能藉改變使用者預期與行為，而使整個產業轉型。其超越 LCDs、穿透式科技、OLED 放射式技術的優越效能，並結合高通對成為可攜式顯示幕要角的承諾，將使得 mirasol 顯示幕在顯示領域成為重要的競爭對手。

對於製造顯示幕的業者或使用顯示幕產品的製造商，mirasol 顯示幕代表一個領先 LCD、OLED、EPD 科技的低成本、引人注目的選擇。且由於 mirasol 顯示幕符合現今多數小尺寸螢幕應用的互聯標準，可以有效率被設計整合入未來新產品中。

競爭的顯示技術比較
白皮書



© 2007 Qualcomm MEMS Technologies, Inc. 保留所有權利。Qualcomm 是 Qualcomm Incorporated 的註冊商標。蝴蝶標誌、mirasol、Digital Paper、Always-On 以及 Inspired by Nature 是 Qualcomm MEMS Technologies, Inc. 的商標。本文涉及的某些其他產品名稱、品牌名稱和公司名稱可能是各自所有者的商標。內容如有更改恕不另行通知。MCL1041
2008/05