

電子紙的迷思

電子紙 (Electronic Paper, 簡稱 e-Paper) 是類似紙張的顯示器, 不能用油墨印刷, 僅能以電子方式顯示, 並需要維持紙的輕軟可攜, 在可見光 (陽光、燈光) 下閱讀的特質。電子紙有材料與成品之分, 材料可以成卷製造, 但若要使用, 則需在製成成品時把控制電路、記憶、電源、軟件功能加進去, 成為實用的閱讀工具。電子紙顯示的圖畫與文字, 經燈光或日光照射顯示, 符合紙的另一個性能。正因為這一性能, 部分人士把電子紙與電子閱讀器連在一起, 甚至把電子紙與電子書聯繫在一起, 但無論是電子閱讀器, 或是電子書, 都不能與電子紙畫上等號。

電子紙不是紙, 僅是類似紙張的顯示器, 與電視、電腦、手機的顯示器功用相同, 都是用來展示電子形態的文字與圖畫。電子紙與普通紙相同之處, 是靠可見光的照射才看得見, 而其他電子顯示器則由內部發光對外投射; 電子紙如普通紙般外形輕軟, 猶如一張塑膠片, 又可以折疊, 只是在實際使用時需加上電子零件, 與電子紙一同安裝在硬質底板上, 抵消了輕軟的優點。

早期的電子紙由施樂公司開發, 目前由美國麻省理工學院 (MIT) 分公司 E-Ink 公司繼續發展, 在這十餘年間經歷了一些轉變, 當初電子紙的技術還不足以發展成為實用的商品, 也找不到合適的市場, 幾乎停滯下來, 直到 E-Ink 致力於技術發展而成型。2004年5月, Sony 公司推出第一台以電子紙為顯示屏幕的電子書閱讀器, 取名 Libre (意大利文的「書」), 轟動一時。2007年底, 亞馬遜公司推出 Kindle 閱讀器, 2009年5月又推出大型顯示器 Kindle DX, 把這一技術炒熱到頂點。

電子紙的基本原理

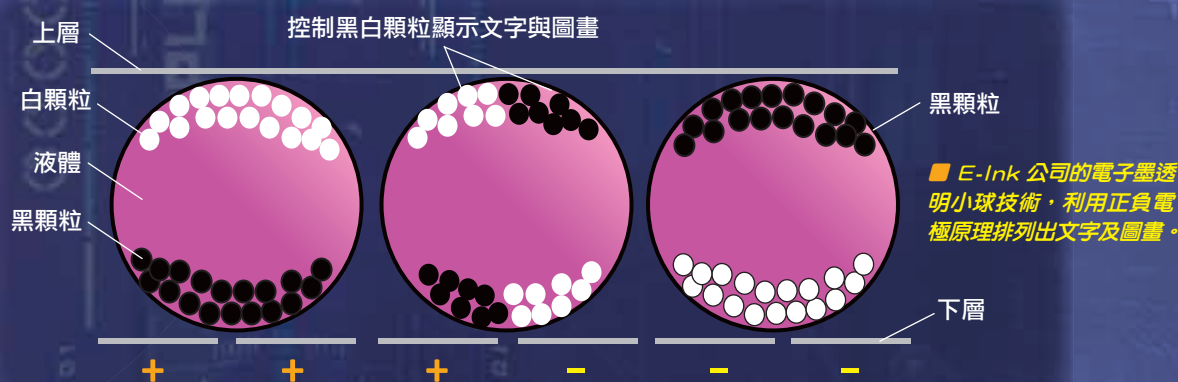
電子紙的基本原理很簡單, 僅是在兩層透明膠片夾層當中, 以不同顏色的小顆粒排列成文字與圖畫, 借日光或燈光照射觀看, 與閱讀紙質書報一樣。其技術重點在於如何排列那些小顆粒, 施樂公司研究中心 PARC (Palo Alto Research Center), 最先研究電子紙, 夾層內的小顆粒好像藥丸膠囊, 一頭黑色, 一頭白色, 用白色作底, 黑色就可以排列成字形或圖形, 反之也可以排成黑底白字的樣式。小顆粒的黑白兩頭, 帶有不同的正負極靜電, 只要膠片上呈現電極, 就可依同極排斥、異極相吸的原理, 在預設的位置翻轉小顆粒的黑白頭, 組成文字和圖畫。黑白顆粒非常細小, 猶如印表機用的墨粉, 緊密夾在膠片當中, 不會移動。除了更換文字與圖畫的內容, 不需要任何能源, 這就是電子紙節省能源的原因。



■ 施樂公司早期研發的電子紙。

■ 電子紙是類似紙張的顯示器, 現已發展至彩色的電子紙。





目前應用較廣的電子紙採用了 E-Ink 公司的技術，這項技術雖然稱為電子墨，實際上卻是電子紙的結構。膠片夾層由整齊排列的固定透明小球組成，小球內含液體，球內有許多微小的黑白顆粒，黑顆粒與白顆粒各帶正負不同的電極，膠片底層與上層各加電級，依同極排斥、異極相吸的原理，即可對各小球作正負電荷控制，使小球內的黑白顆粒上升或下沉，排列出文字與圖畫。

因為小球內含液體，所以稱為「墨」，多年的發展頗具成效，成為電子閱讀器顯示幕的材料，日本 Sony 公司和美國 Plastic Logic、亞馬遜公司等都採用此技術來開發電子紙閱讀器。台灣的元太科技公司把 TFT (Thin Film Transistor) 薄膜電晶體與電子墨結合，強化了電子紙的功能，成為全球電子紙的供應商。

這類電子紙僅算是第一階段，因為小顆粒僅有黑白兩色，一為底色、一為字體與圖畫顏色，僅能單色顯示。另外電子紙材料雖然輕薄柔軟，但在製成閱讀器後，因為控制顯示的電路需要支持，因此仍製作在硬質背板上。到目前為止，還未有軟質閱讀器在市面出售，僅有幾家廠商正在研究。用可見光照明，是電子紙的最大優勢，能大幅節省用電量，除了更換顯示內容時需要用電外，電子紙上的畫面顯示無需電源。目前唯一的缺陷是黑白對比不足，看上去不似黑白，更似深灰與淺灰。

彩色的電子紙是進一步的必然發展，日本富士通 (Fujitsu) 公司於 2009 年 3 月 18 日搶先發佈彩色電子紙 FLEPia，直接瞄準仍在研發的 E-Ink 彩色電子紙。FLEPia 採用特殊的 LCD 顯示技術，但與一般的 LCD 電腦顯示器不同，不單有以上提及的優點，更重要的是能夠產生鮮艷的彩色。FLEPia 是富士通公司借用 Kent 公司電子紙的技術，兩層透明導電膠片以液晶夾心，液晶特別分層排列，反射紅、綠、藍光，或者完全透明，不像一般的液晶顯示器把紅綠藍緊鄰排列組成一個圖元，也不需要背面光源透視。Kent 的色彩同樣是靠外界照明，大幅減少耗電開支，閱讀器的電池足以應付 40 小時連續翻頁顯示，目前僅在一家日本餐廳作為功能表使用，主要因為售價較為昂貴 (1,000 美元)，只有價格下降才能夠普及應用。

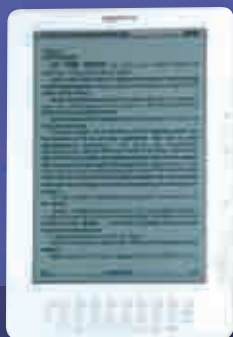


富士通彩色電子紙 FLEPia 於今年面世，其顯示彩色的功能為電子紙帶來突破。

■ Plastic Logic 期望製作軟質電子紙閱讀器。

電子紙閱讀器

電子紙是膠片，其柔軟性可以彎曲甚至折疊，但要更換內容，就必須加入控制系統，也就是讓電子紙上的小顆粒能夠靈活反轉、變黑變白。做法是在電子紙表面加一層透明電極網，網上每一點都由電路控制帶正電或負電，電子紙裡的帶電顆粒相對作黑白反轉。電子紙閱讀器所用的透明電極，也就是目前觸摸式螢幕用的 ITO(氧化錫銻)透明導電膜，但 ITO 在彎曲時容易破裂，所以需要另加支持底板作防範。觸摸式螢幕電腦和手機都有硬底盤，同樣的技術應用在閱讀器上，也不能例外。



■ 電子紙雖是軟質的，但電子紙閱讀器如 Kindle DX 卻是硬質的。

因此，電子紙雖然是軟質的，但製作成閱讀器仍然是硬質的，這才能維持電子紙的內容機動更換，而不只是作為樣張。市面上出售的閱讀器大多屬於這一類，亞馬遜公司的 Kindle DX 大螢幕閱讀器就是代表。

紙張的兩大特性，就是依靠可見光閱讀，以及輕軟而可彎曲折疊。電子紙雖然勉強做到以上特性，但閱讀器只能做到前者，卻無法彎曲折疊，仍有待廠家積極研究。不久前，日本富士膠片 (Fujifilm) 宣佈開發出新型透明導電薄膜，可以放在 PET 薄膜上，透光率與 ITO 同為 80% 以上；如果這一材料能替代 ITO，放在電子紙的上層，那閱讀器就可變為軟質了，至少顯示幕是軟質的。

2009年6月初，Plastic Logic 電子閱讀器在美國正式登場，與 Kindle DX 直接競爭，但兩者的市場目標略有區別。Plastic Logic 主要針對商旅人士，以公務用途為主，重量不及 0.5 kg，



厚度約是 6 張信用卡，畫面呎吋是 A4，沒有硬體鍵盤，以輕觸式操作，讓使用者可以輕便地攜帶原來沉重的資料。雖然如此，在市場調查中發現，用戶反映軟性閱讀器不易操作，感覺不踏實；因此 Plastic Logic 閱讀器仍附有硬殼，回應客戶的回饋。這閱讀器預計在 2010 年上市。

即使顯示幕是軟質的，閱讀器仍有硬質部分，如電池、記憶體、處理晶片、通訊等電子零件，即使縮小了，仍是硬質的裝備。

根據 E-Ink 提供的資料顯示，E-Ink 電子紙最高有 SVGA(1200 dpi × 825 dpi) 的顯示質素，白色反射率為 40%，明暗對比為 7:1，用 4 位即共有 16 個灰階層次，換頁時間為 0.25 秒，有灰階的圖像則為 0.75 秒，分辨力最高為 200 dpi，沒有彩色功能。這樣的規格與印刷的品質相距太遠，作為活動顯示的動能又顯然不足，或許要創造另一個市場尋找出路。美國 Esquire 雜誌就踏出了第一步。

市面上有多種利用電子紙作為顯示幕的閱讀器，雖然呎吋大小不一，電子功能也有強弱之分，但大多以 E-Ink 或類似技術為基礎，所以顯示品質幾乎相同。最常見的電子紙閱讀器有三星的 Payrus、亞馬遜的 Kindle、Plastic Logic、iRex iLiad、Sony 的 Libre。

什麼是最理想的電子紙顯示器？眾多牌子及型號之中，瑞典 Propeller 公司所設計的

Newsboy 或可成為代表。Newsboy 是全彩色、軟質可折疊的，如紙張輕便可攜，輕觸式操作，使用親和自然，沒有僵硬的技術指令。這雖然仍未正式面世，暫時仍是一個概念，但已獲得許多人的肯定，亦為未來電子紙閱讀器的發展提供了方向性指引。不過，實際的技術研發還需要一段時日才能成功。

學習用電子閱讀器市場

以電子紙作為顯示幕的閱讀器好參半，好處是利用可見光照明可節省用電，只要不翻頁或不作其他動作就不耗電，因此一枚電池能使用很長的時間；但弊端是在沒有照明的地方就不能閱讀內容，這一點與紙張相同。顯示技術還在初期階段，文字與底色的明暗對比不足，解析度偏低，導致字體不夠清晰及銳利，同時只能顯示單色圖像，灰階層次有限，品質不高。電子功能方面，各品牌產品的記憶容量、下載方式、翻頁等基本功能都大同小異。

閱讀器適合廣泛應用，但用於哪一領域最為恰當呢？亞馬遜公司推出電子紙閱讀器 Kindle，利用其強大的網絡書店作後盾，又與 Sprint 電話公司合作，可以透過用手提電話網絡下載電子書，將其價格拉近至蘋果公司生產的 iPod，期望盡快普及發展，做到「一人一台」。這也許是電子紙閱讀器最先的市場測試。

2008年聖誕節前夕，英國顧問 Mr. Andrew Tribute 以《聖誕老人會送給我電子閱讀器嗎》為題撰文，以 Kindle 說明電子閱讀器與 iPod 的相似之處，兩者都有固定的銷售點，以專門的數據格式下載資訊，除了沒有版權的書籍外，下載電子書的價格與印刷紙質書的差不多。Kindle 與 iPod 的最大分別，在於前者不能把儲存在閱讀器的電子書傳送出去，iPod 則可以把儲存的音樂通過個人電腦傳送。

據估計，2008年 Kindle 的銷售量超過 30 萬台，2009年反應更加熱烈，甚至缺貨。但到目前為止，亞馬遜公司從未正式公佈其銷售量，僅表明了增加的百分比。Andrew 認為，這些統計數字有可能是虛張聲勢，近年電子書的銷售量的確增加了，但那是因為以前的技術不夠成熟，沒有真正的閱讀器，現在只是靠熱衷新技術的電腦玩家刺激銷售量上升。

Andrew 質疑，到底有多少人願意花 359 美元，買一台不好用的電子閱讀器，而捨棄容易使用的紙質書？又有多少人願意以 10 美元購買一本不能與人分享、又不能儲存到電腦的電子書呢？此外，紙質書常有折扣，但電子書全價出售，並不化算。

不過，他並不是完全反對電子閱讀器，反倒認為它有很大的市場潛力，Plastic Logic 電子閱讀器就是好例子。Plastic Logic 閱讀器具有標準呎吋，專為文書工作而設計，使工作更加便捷，不但可以下載任何電子檔、書籍、報紙及雜誌，在教育市場更擁有強大的發展潛力。現時校方面對的最大問題，就是教材不斷更新，如果校方與出版社能夠達成協議，更新版教材不再出版紙質新書，改為網絡出版，學生可以使用如 Plastic Logic 閱讀器下載教科書，這樣勢必改變教育出版的情況，紙質教科書也會大幅減少。

將 Kindle 比作 iPod，Andrew 認為是亞馬遜公司的錯誤決定，人們會不斷重複播放同一首歌，但極少重複閱讀同一則新聞報道、雜誌專欄或書本。書刊的營運模式與音樂截然不同，電子閱讀器不會如 iPod 般成為大眾消費品。亞馬遜繼推出 Kindle、Kindle 2 之後，又推出 Kindle DX，其顯示屏放大到對角線 25 厘米，並放棄了要成為 iPod 的路線，轉向大學教科書、報章雜誌、企業內部使用的三大市場推廣。

■ Esquire 雜誌 2008 年 10 月號。



及後，Andrew 針對 Kindle DX 再度撰文，他認為 Kindle DX 較以往的產品進步很多，也加大了閱讀面積，令閱讀更為便利。不過，他始終認為 Plastic Logic 更加容易使用，例如 Kindle DX 只可支援 PDF 文檔，所有資料必須先轉換成 PDF 格式才能閱讀，Plastic Logic 則可支援 Word、PowerPoint、Html、JPEG 等格式。

報刊市場方面，《紐約時報》與《華盛頓郵報》宣佈與亞馬遜公司合作，推出 Kindle DX 版本的報紙，同時向偏遠、不派報的地區客戶提供訂閱優惠。他認為這是報社和雜誌社的商機，透過數字傳遞，可探索新的營運模式，把更加個性化的新聞報道及廣告傳遞予讀者。教科書市場方面，現時的大學生都是「解碼專家」，預計不難出現大學教科書在網上免費流傳的情況，出版商須要加強防範。

亞馬遜公司推出不同版本的 Kindle，正好與各個應用領域互相磨合，終有一天電子紙閱讀器會找到最適合發展的市場。Plastic Logic 雖然親和，但同類產品 Kindle DX 已搶先面世，冀望大顯示屏給商務工作帶來便利。另外，有消息指亞馬遜公司正積極研發有機的電極控制層，製造軟質顯示屏，這可能會開拓另一個應用領域。

第一本電子紙雜誌

美國 Esquire 雜誌創刊於 1933 年，在 2008 年 10 月出版了特別慶祝版，除了回首發展史，打出了「21 世紀從現在開始」的口號外，更在雜誌封面及封面裡加上電子紙，以“THE 21ST CENTURY BEGINS NOW”的英文與圖案字樣作封面，又在封面裡利用閃爍圖文做出福特 FLEX 汽車廣告。其實 Esquire 雜誌、E-Ink 公司及福特汽車早已宣佈，這次製作了十萬本電子紙收藏本，只在美國出售，並且不包括世界各地數十萬的訂戶。當時，企業對電子紙的顯示方式仍然保密，直到 9 月中旬上架，大家才看到具創意的閃動電子紙，這十萬本雜誌很快便搶購一空。

Esquire 的電子紙展示，效果新穎又生動，但製作技術頗為單純，封面字體與底色明暗交互顯示，然後把每個字顯示的時間拉開，再加上閃爍的彩色圖畫即成。其實那幾張彩色小畫只是透明的彩色圖畫膠片，貼在以 E-Ink 作底層的紙張上面，E-Ink 明暗變更，彩色圖畫的明暗也跟著改變，產生閃動的效果。福特汽車的廣告是一張彩色透明圖片，E-Ink 底層選擇在車身不同部分作明暗的變動，使整輛汽車好像動了起來，這正是設計者的創意。



■ 透明的彩色圖畫膠片，貼在以 E-Ink 作底層的紙張上面，隨著 E-Ink 明暗變更，彩色圖畫的明暗也跟著改變，產生出閃動的效果。

為了節省開支，這本雜誌在製作時先動用了上海七家電子廠，製作出10萬組夾在紙裡面的小電池，以及10萬組讓 E-Ink 閃動的電子零件；然後空運到美國德州達拉斯，裝上冷凍卡車，防止高溫降低電池壽命；再運到墨西哥的 Negras，利用大批員工把電子零件與 E-Ink 本體（封面與廣告）組裝在一起，合共20萬片；最後以冷凍卡車把這20萬片合體版運回美國肯德基州的當納利印刷廠，以特製的專用裝訂設備，把每片 E-Ink 與印好的紙本雜誌裝訂起來，才正式完工。雖然大費周章，但這本雜誌在美國的售價只是5.99美元，比平常的零售價僅多了1美元。

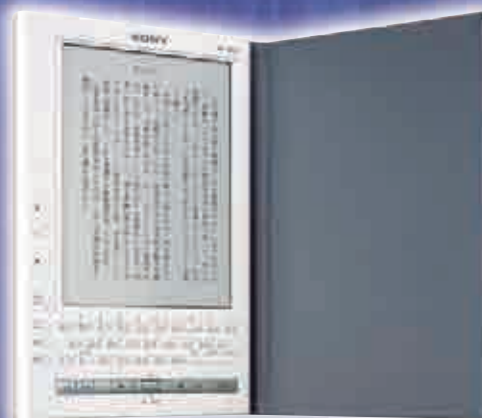
繞過地球半圈才製作出來的兩小片閃動的電子紙，其象徵意義大於實質效益，至少大家看到兩種不同的「紙」如何有機地結合在一起，儘管 E-Ink 在閱讀文字的顯示方面仍不理想，但運用在 Esquire 的標題與廣告上，確實讓人眼睛一亮。隨著無線網絡與手機通訊的便捷，電子紙有接收資訊的功能，雜誌、報紙可開關電子紙視窗，隨時更換新的資訊，成為數字出版的新市場。

沒有書香的電子書 ■

很多人把電子紙與電子書結合在一起，有可能是因為書本的重量不宜攜帶，因此，大家都憧憬有一天，能夠把上百本書放在輕小的閱讀器內。日本 Sony 公司針對這期盼，製作出第一本稱為「書」(Libre) 的電子紙閱讀器，其設計酷似一本精裝書，內文也仿照傳統的直排，有適當的行距，除了黑白反差不足與字體不夠清晰等電子紙的先天特性外，還有幾分紙質書的風味。

Libre 是最像紙質書的閱讀器，人們的傳統觀念，對書有著特殊的情感，並超過對電子功能的期望，因此大家都會以紙質書的標準來要

■ Sony 公司的 Libre 電子書。



求電子書。電子閱讀已流行多年，讀者適應與否，通常以 Reading Experience 與 Reader Experience 來衡量。Reading 指閱讀工具的物理功能，Reader 則指人在閱讀時的心理感受，所以電子閱讀的適應性在於工具與感受的平衡。

讀書不同於查詢數據、觀賞圖片、瀏覽文檔，讀書是一種心靈活動，看到一本新書有隨手翻閱的衝動，隨後細心閱讀，又陷於沉思聯想，直到融會貫通，當中帶來的喜悅正是書本的核心價值。我們常說「書香」，除了指紙張與油墨的氣味，主要是指讀書這個心靈活動。由此可見，電子書即使功能再強，卻缺少了一分書香氣息，不能成為讀書心靈活動的最佳拍檔。

電子紙閱讀器的應用領域廣泛，不局限於書本閱讀。全球最大的數字出版印刷廠 Lightning Source 新任總裁 Mr. David Taylor 認為，電子書的出現，原意是要減少紙質書，卻令紙質書不減反增。■