

淺談微發光二極體顯示器 (Micro LED Display) 的發展與運用

劉毓容

摘要

隨著科技的進步與數位貨幣 (Digital Currency) 概念的發展，臺灣由數位貨幣概念衍生各種行動支付的運用，包含電子支付、電子票證、第三方支付等；行動支付是一種將實體支付工具與行動載具結合的支付方式，可分為近端與遠端交易，近端交易就是使用幾乎人手一台的智慧型手機付費；遠端交易則是透過電子商務網路交易。而目前最如火如荼發展的，就是近端交易，只要利用 NFC 技術或者 QR Code，原本存在手機裡的實體卡片資料，就能透過感應或刷條碼的方式被讀取而完成交易。本文藉由數位貨幣中電子票證於智慧型手機或電子載具中，呈現畫質與色彩的發光二極體 (Light-emitting diode, LED) 相關概念與技術做論述，期望藉由對其概念的分析與了解，拋磚引玉激發後續研究，以期印刷產業與數位科技有更多元性的結合與應用。

關鍵字：數位貨幣 (Digital Currency)、電子票券 (Electronic ticket, e-ticket)、近距離無線通訊 (Near-field communication, NFC)、QR Code (快速響應矩陣圖碼; Quick Response Code)、發光二極體 (Light-emitting diode, LED)、微發光二極體顯示器 (Micro LED Display)

壹、微發光二極體顯示器 (Micro LED Display)

說起 Micro LED，先得從顯示 TFT-LCD 背光模組應用說起。在 1990 年代 TFT-LCD 開始蓬勃發展時，因 LED 具有高色彩飽和度、省電、輕薄等特點，部分廠商就利用 LED 做背光源。然而因成本過高、散熱不佳、光電效率低等因素，並未大量應用於 TFT-LCD 產品中。直到 2000 年，藍光 LED 晶片刺激螢光粉製成白光 LED 技術的製程、效能、成本開始逐漸成熟；當進入 2008 年，白光 LED 背光模組呈現爆發性的成長，幾年間幾乎全面取代了 CCFL，其應用領域由手機、平板電腦、筆電、台式顯示器乃至電視等等。然而，因 TFT-LCD 非自發光的顯示原理所致，其 open cell 穿透率約在 7% 以下，造成 TFT-LCD 的光電效率低落；且白光 LED 所能提供的色飽和度仍不如三原色 LED，大部分 TFT-LCD 產品約僅 72%NTSC；再則，於室外環境下，TFT-LCD 亮度無法提升至 1000nits 以上，致使影像和色彩辨識度低，為其一大應用缺陷。故另一種直接利用三原色 LED 做為自發光顯示點畫素的 LED Display 或 Micro LED Display 的技術則迅速發展中。

一、發光二極體 (Light-Emitting Diode; LED) 原理

半導體材料有一特性，就是所謂的載子 (carrier) 載子分成兩類，一類為電子，帶負電 (N)，另一類為電洞，帶正電 (P) 如圖 1。這兩種載子在某些條件下可以結合而產生光子，此為發光的基本原理。

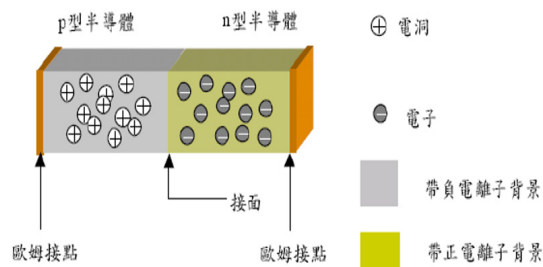
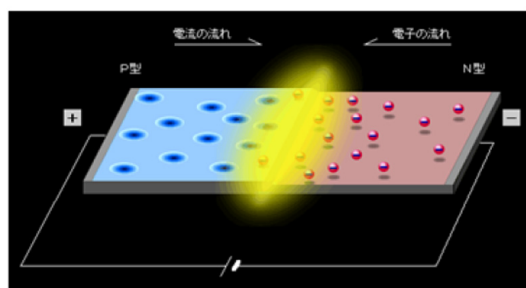


圖 1 PN 二極體基本結構

而 LED 主要為電子與電洞之結合而產生光、為自發性發光，一般半導體材料分為直接能隙 (Direct Bandgap) 和間接能隙 (Indirect Bandgap) 兩種，目前 LED 都是使用直接能隙材料，其導電帶 (Conduction band) 的電子和價電帶 (Valence band) 的電洞可以得到有效的復合 (如圖 2) 而發光，及如圖 3 電子電洞的復合 (Recombination) 與產生。LED 內部構造為 p-n 接面。在未施加任何偏壓下、其 P 型半導體費米能階 (Fermi-level) [8] 與 N 型半導體費米能階經由熱平衡而相互對齊，而在介面處因導電帶和價電帶扭曲而形成電場，此 P、N 半導體導電帶的高低落差便是阻擋載子流動的能障 (Barrier)。當 P、N

接面加入順向偏壓時，P 型區的多數載子電洞會往 N 型區移動，而 N 型區的多數載子電子則往 P 型區移動，最後電子與電洞兩載子會在 PN 接面之空乏區復合，此時因電子由傳導帶移轉至價電帶後喪失能階，同時以光子的模式釋放出能量而產生光。



利用p型材質(電洞)及n型材質(電子)，通入順向電壓，電子與電洞於pn接面結合而產生光

圖2 PN二極體基本結構示意圖

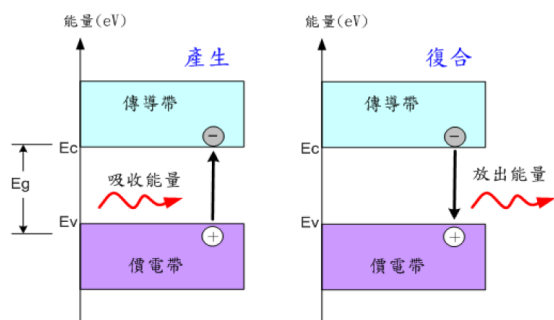


圖3 電子電洞的復合與產生示意圖

一般 LED 晶片包含基板和磊晶層其厚度約在 $100\sim 500\mu\text{m}$ ，且尺寸介於 $100\sim 1000\mu\text{m}$ 。而更進一步正在進行的 Micro LED Display 研究在於將 LED 表面厚約 $4\sim 5\mu\text{m}$ 磊晶層用物理或化學機制剝離，再移植至電路基板上。而 Micro LED

Display 綜合 TFT-LCD 和 LED 兩大技術特點，在材料、製程、設備的發展較為成熟，產品規格遠高於目前的 TFT-LCD 或 OLED，應用領域更為廣泛包含軟性、透明顯示器，為一可行性高的次世代平面顯示器技術。

二、有機發光二極體發光原理體 (Organic Light-Emitting Diode, OLED)

最早的 OLED 技術研發開始於 1950 年代的法國南茜大學，法國物化學家安德烈·貝納諾斯獲譽為「OLED 之父」，最早的實用性 OLED 於 1987 由柯達公司的香港人鄧青雲和美國人史蒂夫·范·斯萊克兩人發現。到了 1990 年，英國劍橋大學物理系的卡文迪許實驗室也成功研製出高分子有機發光原件，並解決了 OLED 穩定性及壽命過短的問題。1992 年劍橋大學成立的顯示技術公司 CDT (Cambridge Display Technology)，這項發現使得有機發光二極體的研究走向了一條與柯達完全不同的研發之路。OLED 最大的優勢是無需背光源，可以自發光可做得很薄，可視角度更大、色彩更富、節能顯著、可柔性彎曲等等。可廣泛利用在各個領域，目前 OLED 更多使用 AMOLED 技術，在 2013 年的柏林國際電子消費品展 (IFA) 上，更有曲面 OLED 電視機種出現並引起注意。

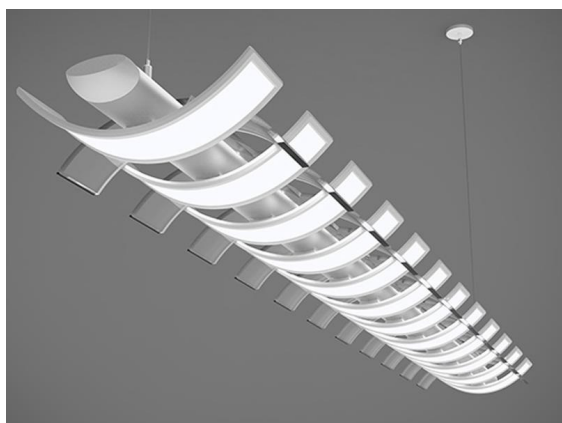


圖 4 面光源之 OLED 燈



圖 5 具撓曲性的 OLED

資料來源：



OLED 是一種多層三明治結構，將可發光的有機材料置於陰極與陽極之間，陰極為不透光且可反射的金屬材料，陽極多以氧化銦錫（Indium Tin Oxide, 以下簡稱 ITO）作為高穿透率的出光材料（圖 6），而當我們在兩極施加電壓後，電洞與電子分別會於陽極與陰極經由各自的傳輸層抵達中間的發光層並再結合成激子，當激子

從激發態（excited state）回到基態（ground state）時，便會產生光能並伴隨著熱量的釋放（圖 7）。為了使電子與電洞的傳輸速度平衡，結構中常會加入幫助電子與電洞傳輸的傳輸層，以控制電性和速度的平衡。

OLED 除了有面光源、可撓曲、反應

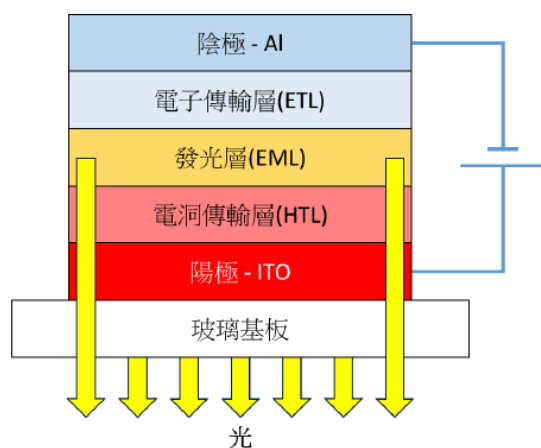


圖 6 有機發光二極體 OLED 結構圖

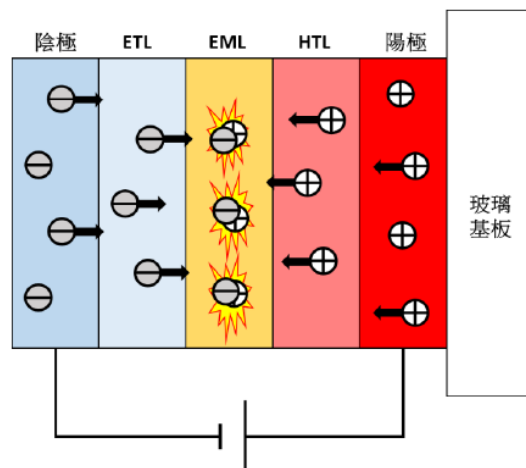


圖 7 電子電洞再結合示意圖

資料來源：



時間快、製程簡單等優點外，其發光柔和，具有接近自然光之光譜，對於人們生活的應用上，是最適合的室內光源，如圖 3、圖 4。由於未來光源扮演的角色將不只是照明，更是影響人們身體健康以及生活上便利的關鍵點之一，故 OLED 技術的發展及成熟度將影響著照明科技之未來。

三、微型發光二極體器 Micro LED Display

顯示器為電子裝置不可或缺的部分，而顯示器面板技術也持續在演進。如 TFT-LCD（Thin Film Transistor Liquid Crystal Display）薄膜電晶體液晶顯示器，之後的 OLED（Organic Light-emitting diode）有機發光二極體顯示器，演變到現在正在發展 Micro LED（Micro Light-emitting diode）微型發光二極體面板，OLED 與 MicroLED 都有自發光的特性，但 OLED 因其材料為有機的，故壽命較短，而微型發光二極體則克服此問題，且體積更小。在 n-tech Research 發佈的調查報告中統計 2019 年 MicroLED 之市場營收已達到 27 億美元，預計 2022 年將大幅提升至 107 億美元，顯示出 MicroLED 之未來前景與其藍海市場的地位。

如同本章第一節所介紹，發光二極體（Light emitting diode，LED）是一種以半導體為發光材料的發光元件，其原理是因半導體的載子產生復合而放出光。LED 被稱

為第四代照明光源，因為其具有節能省電、環保、壽命長、響應快、抗震等優點。發光二極體早期只能發出紅光，經過漫長的發展後，現在已經遍及可見光、紅外線及紫外線。發光二極體當流過順向電流時，電子與電洞在元件內復合發出單色光，稱為電致發光效應，而光線的波長、顏色跟其所採用的半導體物料種類與故意摻入的元素雜質有關。一般發光二極體，其材料大部分是 III - V 族半導體材料以及 II - VI 族材料。目前紅光主要材料是 AlGaInN，雖然 II - VI 族材料也可以得到紅光及綠光，但由於這族材料極為不穩定，故目前材料大部分是 III - V 族。近幾年，由於數位產品朝向「輕、薄、短、小」的開發，傳統的陰極射線管逐漸被平面顯示器取代。目前平面顯示器的主流技術為液晶顯示器（Liquid Crystal Display, LCD），且其照明光源目前為 LED。隨著半導體技術和新型 LED 封裝技術快速發展，LED 的發光效率大幅的提升，目前已應用在大型液晶顯示器上。LED 除了一般照明外，在車用及指示燈與各種地方都有它的一席之地。

微型發光二極體顯示器（Micro LED Display）是將發光二極體結構進行微小化、陣列化並把其當作顯示器的發光像素，之後將微型發光二極體批量轉移至電路基板上，再利用物理沉積製程與封裝，完成一微型發光二極體顯示器。顯示器的

歷史從陰極射線管螢幕（CRT）、薄膜電晶體液晶顯示器（TFT-LCD）至目前的有機發光二極體顯示器（OLED）是目前顯示器的發展過程。顯示器佔人類生活中非常重要的地位，人與人互相溝通的介面都會需要通過顯示器，因此全球面板產值逐年上升，根據日本市調機構 FCR 的統計顯示，2017 年之產值超過 1300 億美金，預估 2020 年可達 1430 億美金。

有機發光二極體（OLED），與微型發光二極體相較於傳統的 LCD 面板需要背光及濾光器，有機發光二極體與微型發光二極體可以自體發光，因此可以達到低功率、高亮度、高對比的優點，且體型也可以小很多。但有機發光二極體也有缺點，因其材料為有機的，故存在壽命衰減的問題，這也會造成「烙印」的現象，衰減較快的有機發光二極體會造成顯示器上亮度的差異而形成「烙印」。而由於微型發光二極體使用的為無機的「氮化鎵」材料，故不會產生「烙印」現象，且同時擁有自發光與體積更小的特性，使他成為下一時代的顯示器發光元件。微型發光二極體可以單獨驅動，這使其功率低於傳統 LCD 90%、低於 OLED 50%，在顯示上也有高對比及廣色域的特性。

Micro LED 尺寸微縮到微米（micron）等級，不僅每一點畫素（pixel）都能定址控制及單點驅動發光，還具有高亮度、低

功耗、超高解析度與色彩飽和度等優點，未來甚至可接合在軟性基板上，實現有如 OLED 般可撓曲特色，應用範圍更廣也更多元。微型發光二極體以微米尺寸晶粒，搭配 CMOS 驅動電路，實現單一畫素控制，且微型發光二極體無封裝，因此可以將晶粒與晶粒排列得相當緊密，以實現現行 SMD LED 無法達到的像素密度。微型發光二極體被視為顯示器的終極解決方案，而且微型發光二極體適用於任何尺寸的顯示設備，小至頭戴式顯示器，大至大型顯示牆。LEDinside 預估，若穿戴式裝置與顯示螢幕全數替換成 Micro LED 顯示螢幕，所需產能將是全球現有 LED 產能的五成。至於大家最關注的智慧型手機市場，若未來手機面板全數導入 Micro LED，則需要現有產能的 4 倍數量才有機會滿足。微型發光二極體是一個常具有潛力及發展技術，

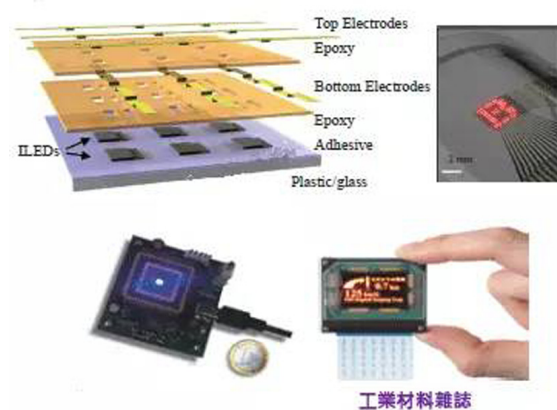


圖 8 Micro LED 結構圖

資料來源：



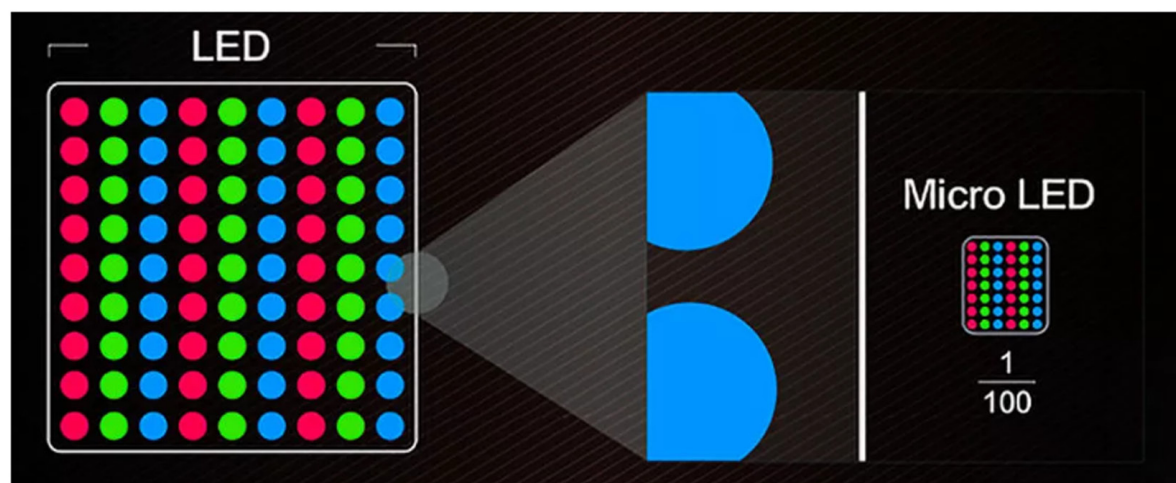


圖 9 LED 與 Micro LED 尺寸示意圖

資料來源：



	LCD	OLED	Micro LED
發光特性	非自發光，背光提供	像素自發光✓	像素自發光✓
功耗	高	中等	低✓
響應時間	毫秒(ms)	微秒(us)	奈秒(ns) ✓
像素密度	500 PPI	600 PPI	1500 PPI✓
亮度	幾百 nits*	500 nits(LG)	1000~2000 nits✓
黑位準*	關閉狀態下仍有漏光現象	絕對黑✓	絕對黑✓
對比	5000:1	∞✓	百萬比一(∞)✓
色域	70%~80% NTSC	>100% NTSC	140% NTSC✓
視角	中等	中等	高✓
輕薄	普通	優✓	優✓
軟性	不具優勢	具優勢✓	普通
使用壽命	中等	中等	長✓
成本	低✓	中等	高
工作溫度	攝氏-40~100度	攝氏-30~85度	攝氏-100~120度✓
供應鏈	已成熟✓	漸成熟	萌芽階段

圖 10 顯示器技術優缺點比較（資料來源：智慧財產月刊 242 期）

但仍有很多技術瓶頸與量產問題，最大之困難為微型發光二極體的巨量轉移，隨後即時如何提高微型發光二極體的穩定性及如何提高其亮度與對比性。微型發光二極體目前應用的產品會先在穿戴式裝置、智慧手錶等小尺寸顯示器，之後會漸進式的應用在 VR、AR 等裝置，最後基於其廣域的特性可應用在大尺寸電視。

微型發光二極體顯示器優點眾多，但其在研發與量產上也遇到一些問題，而其中巨量轉移為關鍵的技術。考量材料的晶

格匹配與基板尺寸的差異，在磊晶製程完成後，必須要進行微型發光二極體薄膜轉移製程，若轉移製程無法有效地在合理時間完成時，則無法量產，因此第一個量產的關鍵技術在於巨量轉移，是否能把微型發光二極體精確無誤的轉移至顯示基板。

以下會介紹幾種熱門之巨量轉移之技術：

一、靜電轉移技術

靜電轉移是利用靜電轉移頭將微型發

尺寸	導入時程	導入應用	應用產品
大尺寸TV應用	5年以上	需高解析度的行動裝置及中大尺寸顯示裝置	智慧手機、電視機或顯示看板等
高解析度中小尺寸	3 - 5年	需高解析度的中小尺寸裝置	VR、AR等小尺寸裝置等
低解析度中小尺寸	2 - 3年	較低解析度的中小尺寸裝置	穿戴裝置、智慧手表等

圖 11 微型發光二極體預期導入時程（資料來源：MoneyDJ&XQ）



圖 12 微型發光二極體發展藍圖（資料來源：MoneyDJ&XQ）

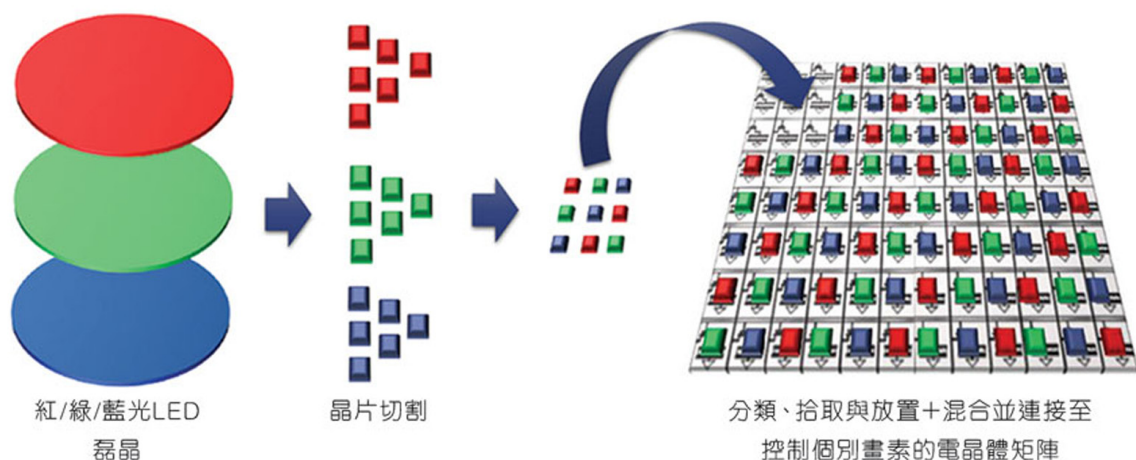


圖 13 微型發光二極體轉移示意圖



資料來源：

光二極體自載體基板上拾取至目的基板，此類技術研發以 LuxVue 公司為主，之後再 2014 年被 Apple 收購，並擁有最多靜電轉移相關技術之專利。靜電轉移的困難在於在轉移過程中，轉移頭之陣列平面需與微型發光二極體之陣列平面平行，因此每一微型發光二極體之位置要非常準確，曾能達到穩定性高的轉移。

二、微轉印技術

微轉印技術是利用彈性體印模將大陣列之微型發光二極體印刷於目的基板上。微轉印技術最早是由伊利諾大學 (University of Illinois) 的團隊所研發，後於 2013 年時專屬授權給 X-Celeprint 公司，此後 X-Celeprint 做後續的研究。其技術困難在於雖可以在矽晶格上形成犧牲層，但由於矽基板與微型發光二極體之間的晶格匹

配較低，故技術尚未成熟，無法進入量產階段。

三、流體組裝技術

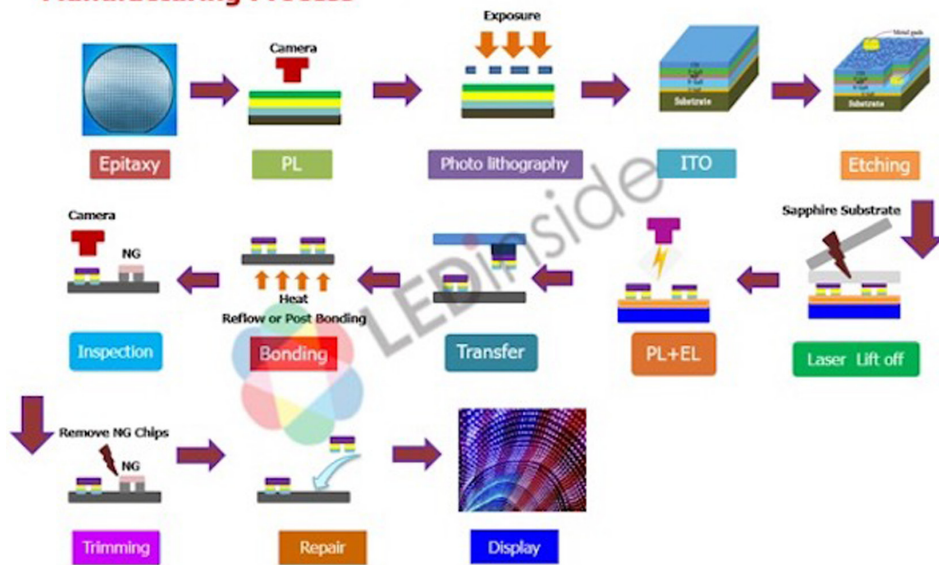
流體基板的目標是以低成本、高產量的方法將微型發光二極體精確定位於顯示基板上。此專利的研發以 Elux 公司為主，2013 年時被富士康收購，2018 年時歐司朗公司 (Osram) 與 X-Celeprint 簽署了技術與專利許可協議。流體組裝的困難在於微型發光二極體與孔洞之間存在公差時，如何確保電連接，以及其他諸多製程上的參數控制，使其產出與良率的提升。

因微型發光二極體顯示器為新興的技術，並未有標準產生，故也造就了許多廠商的互相競爭，繼而除了大公司外，新創公司也研發出諸多不同的轉移技術。

表 1：巨量轉移之技術比較（資料來源：智慧財產月刊 242 期）

	靜電轉移	微轉印	流體組裝
轉移機制	靜電力	主要：凡德瓦力； 次要：聚合物黏附力	運用流體進行滑動
轉移物	Micro LED 薄膜 或晶粒	Micro LED 薄膜或 晶粒；複合微組裝 時為微型系統	碟狀 Micro LED 晶粒（Disk Chip）
利於轉移之結構	穩定柱／穩定腔	錨定／繫鏈結構	碟狀晶粒／基板表 面孔洞
轉移機器工具	轉移頭、機械手臂 以及微拾取陣列架 座	彈性體印模	旋轉刷、容置槽與 超音波機
轉移效率（單次轉 移數量／每小時轉 移數量）	每次數百～十萬， 視轉移頭陣列大小 與像素間距之關係 決定 ¹⁸	印模可經設計以在 一單一拾取及印刷 操作中轉移一單一 裝置或數十萬分離 結構 ¹⁹	推估每小時完成 5,600 萬顆 Micro LED ²⁰
測試方式	非接觸式	非接觸式；複合微 組裝時為接觸式	非接觸式
修補方式	冗餘	冗餘；複合微組裝 時可以替換	替換
主要申請人	APPLE Inc./ LuxVue	X-Celeprint	Foxconn/ SHARP/eLux

Micro LED Technology Bottleneck and Solution Overview- Manufacturing Process



資料來源：



圖 14 從 Micro Led 技術挑戰綜覽 Micro Led 顯示器發展示意圖

貳、微發光二極體顯示器 (Micro LED Display) 產業運用 與現況

Micro LED 被視為取代 TFT-LCD 及 OLED display 的次世代顯示器技術。建立在 LED 高效能的基礎上，理想的 Micro LED 顯示器具有高畫素、高對比、自發光、低能耗及壽命長等各種優勢，備受看好。以下就微發光二極體顯示器 (Micro LED Display) 產業運用與現況做一說明：

一、交大研究團隊採用半極化 Micro LED

理想的 Micro LED 顯示器具有高畫素、高對比、自發光、低能耗及壽命長等各種優勢，然而，當前的 Micro LED 仍面臨許多困難需要克服，其中最困擾研究人員與製造商的便是所謂的巨量轉移製程 (Mass transfer process)，如何將紅、藍、綠三種顏色的 LED 晶片快速且精確地接合至面板的驅動電路上，以及克服晶片材料特性不同的挑戰，特別是紅光 Micro-LED 還有易碎等問題，因此巨量轉移技術至今仍未有能達到量產的解決方案被提出。

本段介紹文字引述 2020 年 4 月 6 日台灣交通大學於社群網路平台上所做的發表，公布台灣交通大學的郭浩中教授等人，與美國新創公司 Saphlux、耶魯大學、廈門大學的研究人員合作，採用半極化

(Semipolar) 的 Micro LED 結合量子點螢光粉光阻 (Quantum dot photoresist) 的技術，製作出高色穩定的全彩 Micro LED 陣列，相關研究成果已被 Photonics Research 期刊接受，並即將發表。研究團隊主持人郭浩中表示，為了減少巨量轉移的次數，該團隊長期專注在量子點螢光粉色轉換技術的應用，只需要一種顏色的 LED 晶片 (藍光或近紫外光) 搭配不同顏色的量子點螢光粉，即可實現全彩的功能，且量子點螢光粉的演色性相當突出。郭浩中也提到，除了巨量轉移製程的挑戰，LED 晶片本身也面臨不少問題。譬如藍綠光 LED 晶片會隨著操作電流改變，產生發光顏色變化的現象，意味著顯示器為了配合環境光源改變亮度時，就有可能產生顏色變化，不利於顯示器的使用，因此必須解決 LED 晶片色偏移的問題。該團隊採用半極化磊晶技術製作 LED 晶片，藉由半極化材料的特性，大幅減少 LED 光源本身的發光波長偏移 (Wavelength-shift) 現象，進而克服色偏移的問題；在這個研究中的第二個突破就是採用量子點螢光粉光阻技術，該技術透過特殊的方法，將量子點螢光粉與光阻液混合，搭配傳統的微影製程，達到大面積製作彩色像素需求，取代分別轉移紅、藍、綠的 LED 晶片的方法，大幅降低轉移製程的困難度。(如圖 15)

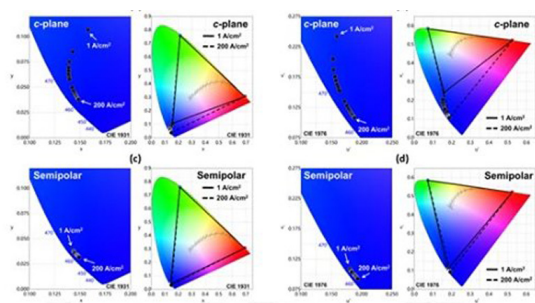


圖 15 半極化 Micro LED 全彩化量子點轉換示意圖

資料來源：



二、友達聯手銓創打造 9.4 吋柔性 Micro LED 顯示器

面板大廠友達與 Micro LED 技術專業廠商銓創合作，各自發揮在面板與 LED 技術上的專長，開發出 9.4 吋的柔性 Micro LED 顯示器，具備 228 PPI 超畫素密度，刷新全球產業標準。報導指出，友達積極投入新世代前瞻技術研發，強化競爭領先優

勢，與銓創科技攜手發表高解析度柔性 Micro LED 顯示技術。友達光電與銓創科技各自發揮在面板與 LED 技術上的專長，共同開發出領先全球的 9.4 吋高解析度柔性 Micro LED 顯示器，具備全球最高 228 PPI 畫素密度，創新領先的技術實力再次刷新了產業標準。雙方共同發表的 9.4 吋高解析度柔性 Micro LED 顯示器，採用 LTPS 背板驅動技術，使每個像素均可獨立驅動發光，以高速巨量移轉技術將多達五百五十多萬顆小於 30um 的 Micro LED 成功轉植到 LTPS 塑膠背板上，達到 228 PPI 之超高畫素密度。此款先進的 Micro LED 顯示面板，可實現精細的高動態對比表現及高飽和的絢麗色彩，在高亮度下亦具備高耐候特性，特別適用於講求信賴性與設計感的未來車載顯示器。其柔性高可撓曲的特點，亦適用於穿戴、消費等多元應用，為 Micro

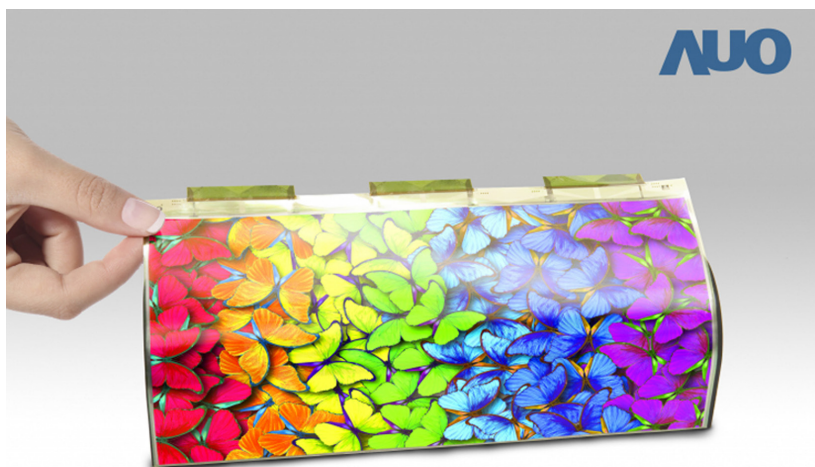


圖 16 友達聯手銓創打造的 9.4 吋高解析度柔性 Micro LED 顯示器

資料來源：



LED 顯示技術開創更多應用的可能性。(如圖 16)

根據友達光電技術長廖唯倫博士表示：「我們與銓創科技在 Micro LED 顯示技術開發上，一直是長期以來的合作夥伴，雙方在次世代 Micro LED 顯示科技也持續領先業界，我們樂見這以精細畫質與柔性顯示為重點的合作成果，能夠領先業界發表。友達會不斷地致力於新技術開發，作為我們奠定競爭優勢與贏得市場先機的成功基石，藉由新科技提供客戶創新的產品解決方案。」銓創科技執行長李允立博士也表示：「顯示技術有許多創新應用的可能，銓創相信，透過 Micro LED 顯示技術，將擴展使用者對顯示技術的想像。此次與友達緊密溝通共同合作，克服技術挑戰，開發出世界第一的高解析度柔性 Micro LED 顯示器，實現不受空間、角度限制，畫面真實呈現的使用體驗。未來，銓創仍會秉持不斷創新的精神，讓蓄勢待發的 Micro LED 顯示技術，帶給消費者更精彩亮麗的觀賞視界。」

此一產業界兩大龍頭業者的合作，代表業者間持續與策略夥伴緊密研發，投入先進顯示技術開發，做為共同創新研發實力引領下世代顯示技術潮流的最佳典範。

三、開發「無壓合低溫鍵結 3um Micro LED 巨量轉移」技術的運用

Micro LED 技術被視為下一世代新契機，顯示器產業業者相繼搶攻，但到底第一個實際應用，會出現在哪裡，業界出現不同看法。開發出「無壓合低溫鍵結 3um Micro LED 巨量轉移」技術的新創公司 Mikro Mesa Technology 認為，在軟性及透明機會大；友達則預期，拼接大尺寸顯示器的應用可能會較快問世。

Mikro Mesa 在 2014 年成軍，致力 Micro LED 研究與量產開發，目前擁有 36 項美國專利、14 項台灣及中國大陸專利，全球申請中專利超過 100 項以上。2017 年起，Mikro Mesa 與中國大陸面板廠中電熊貓合作，在中電熊貓實驗室研發兩年，完成 3um Micro LED 巨量轉移技術開發。據 Mikro Mesa 內部人員表示，該顯示技術能夠轉移 2 到 5um 大小的晶片（如圖 17），可以製造出 1,800 dpi 等級的高精密度顯示器，並可應用在 55 吋或以上的 Micro LED 電視。換句話說，在產品應用上，該技術將從穿戴式裝置、智慧型手機、電視一直到 AR 產品，都具有獨到的競爭優勢。Mikro Mesa 創辦人陳立宜認為，這一技術讓 Micro LED 的成本，可望與 AMOLED 比擬，甚至有機會和液晶顯示面板（LCD）競爭。他預期，因技術製程溫度較低，未來在軟性及透明顯示器的應用上，能發展的空間會更大，將可大幅縮短 Mikro Mesa 相關產品上市的時間點。

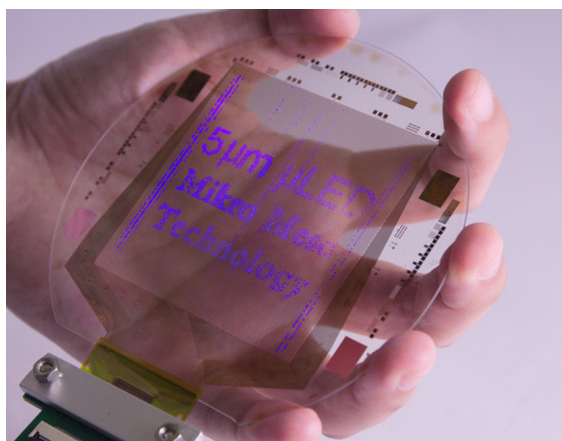


圖 17 採用 Mikro Mesa 巨量轉移技術製作的
5um 晶粒顯示器樣品

資料來源：



Mikro Mesa Technology 也於 2019 年 10 月時宣布，已成功開發無壓合低溫鍵結 3um micro LED 巨量轉移技術，這項領先全球的 micro LED 顯示器製造技術，讓 micro LED 顯示技術量產之路，又往前推進一大步。

Mikro Mesa 2017 年開始與南京中電熊貓合作，在中電熊貓的實驗室，經過兩年的開發，完成領先業界的先進顯示器技術，使用直徑 3 um 的 uLED 晶片，不僅為領先業界的超微小尺寸，更讓磊晶片的利用率達到極致的高水準，讓轉移尺寸接近 4 吋，一次可容納高達數百萬顆以上的 uLED 轉移，並可進行多次多色 uLED 的轉移，而大尺寸的轉移面積，可大幅減少轉移次數，並增加大尺寸全彩色顯示器的量產性。

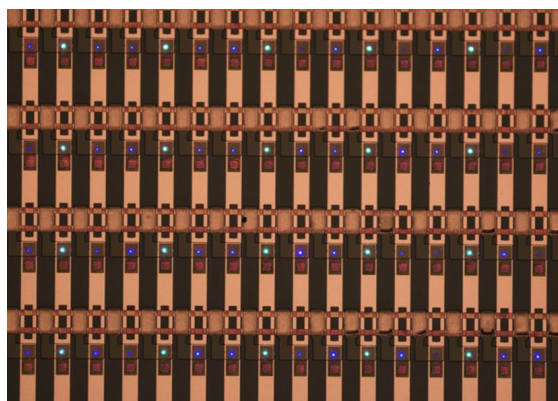


圖 18 小於 5um 的藍綠雙色的像素 (pixel) 結構

資料來源：



直徑 3 um 的 uLED 晶片，大小約為人類頭髮截面積的 1 / 700，該晶片的大小，較目前業界一般常見的 micro LED 面積，更是小了 100 倍以上，成為全球第一的創舉，這也是顯示器業界首度展示超過 3 吋，並使用 5um 以下晶片尺寸的 uLED 顯示技術。據 Mikro Mesa 內部人員表示，該顯示技術能夠轉移 2~5um 大小的晶片，可以製造出高達 1,800 dpi 等級的高精密度顯示器，並可應用在 55 吋或以上的 micro LED 電視，換言之，在產品應用上，該技術將從穿戴式裝置、智慧型手機、電視一直到 AR 產品，均具有獨到的競爭優勢。

此外，由於製程溫度較低的緣故，該技術更是製造柔性及透明顯示器的首選，預期該技術的未來性能與競爭力將遠遠超過 AMOLED，在應用領域上也會更加廣

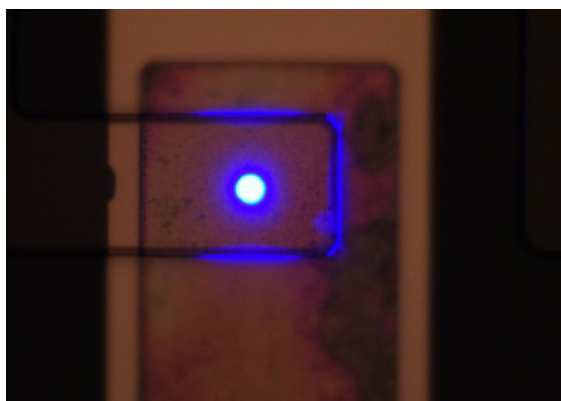


圖 19 使用 3um micro LED 晶粒的像素

資料來源：



Mikro Mesa 創辦人陳立宜表示，該技術是 micro LED 通往消費型產品應用之路的一大突破，由於晶片尺寸變小，因此 micro LED 的材料成本將大幅降低，不但能夠與 AMOLED 比擬，甚至有機會可以與 LCD 競爭，並可望大幅縮短 micro LED 技術相關產品上市的時間點。

針對產業的運用，另一台廠龍頭友達日前在「Touch Taiwan 2019」展會時，展出車載 12.1 吋 Micro LED 儀錶板面板、12.1 吋中控台面板（圖 20 所示）。友達董事長彭 浪曾表示，新技術領域一般會先切入特殊應用，最快兩年內商品化；車載驗證時間較長，走向量產至少需五年；拼接到尺寸現在已有在做，進程或許較快；無論 Mini LED 或 Micro LED，投入者越來越多，今年發展腳步確實比去年更快。

友達於今年初 1 月 7 日至 10 日參加 2020 年美國消費性電子展（CES），推出形塑未來智慧聯網車的最新顯示技術和應用。展出亮點包括實現駕駛艙全面數位化的關鍵顯示技術，包括多片大尺寸曲面面板全貼合技術、具備最佳 HDR 性能的 Mini LED 背光、結合觸控和顯示驅動 IC 實現薄型結構的內嵌式觸控解決方案、螢幕顯示區用以安裝旋鈕按鍵的通孔設計，提供更



圖 20 友達將全彩主動式 Micro LED 顯示技術導入車用面板

資料來源：



直覺的使用體驗。次世代儀錶板顯示技術則包括全球最大 12.1 吋全彩主動式 Micro LED 顯示器、實現像素級極致調光的 12.3 吋雙層液晶曲面面板，以及可展現 3D 真實畫面景深的 12.3 吋 LTPS 面板，提供更為直覺的駕駛體驗。

由 5G 和 AIoT 形塑的新智慧場域，促使汽車成為僅次於家庭和辦公室的第三重要使用空間，數位駕駛艙因而成為智慧車用技術發展重心。友達異型切割曲面駕駛艙顯示器運用高解析、高對比度、廣視角，以及多片面板全貼合技術，銜接搭載 Mini LED 背光的儀錶板顯示器、具備顯示區通孔設計的內嵌式觸控中控台顯示器，以及位於副駕的 AHVA 廣視角曲面顯示器，打造近乎一體成型的超大型駕駛艙顯示器。友達也推出領先的次世代技術，包括可視為終極儀錶板技術的業界首款且最大 12.1 吋全彩主動式 Micro LED 顯示器，其中 Micro LED 尺寸小於 30um，每個像素均可單獨點亮，達到 169 PPI 超高像素密度和高動態範圍，從而清晰呈現關鍵的行車數據。12.3 吋雙層液晶曲面顯示器採可調節像素亮度的直下式 LED 背光，展現超過 100,000:1 的卓越極黑對比度，以實現最佳 HDR 效果。12.3 吋高解析 LTPS 面板可呈現真實的 3D 景深畫面，讓儀錶板畫面更為生動逼真，提供更為直覺的駕駛操作體驗。

除了上述產品，友達也展示領先的顯示技術，應用於智慧家居、電競和個人穿戴裝置，包括 85 吋 8K 全平面無邊框 ALCD 液晶電視面板搭載先進 HDR 技術，友達高端 Mini LED 電競系列也在展示之列，包括 65 吋 4K 大型電競監視器面板，具備 144Hz 超高刷新率，並具備千區以上分區調光效果與 2,500 nits 超高亮度。17.3 吋 4K LTPS 電競筆電面板符合 VESA DisplayHDR1000 最高等級，模組厚度僅 3.5 mm，利於玩家隨身便攜享受遊戲快感。在個人穿戴裝置方面，友達將展示 1.2 吋 AMOLED 面板，具有小於 2 毫米的全球最窄錶殼邊框和中央通孔設計，可放置真實的手錶指針；另一款 1.2 吋面板在待機模式 5Hz 刷新率以下具有超低功耗。1.3 吋真圓形 NFC AMOLED 面板可支援超過 4 公分以上距離的數據傳輸，適用於 POS 系統、自動販賣機，及需要特定傳感器區域以提高交易安全性的行動支付系統。

參、數位貨幣（Digital Currency）

近幾年金融科技（Financial Technology，簡稱為 FinTech）浪潮席捲全球科技與金融產業，其本質是數位經濟帶來改變人類生活方式的火種，藉由逐漸成熟的網路科技為其燃料，因而在各個金融服務領域造成的顛覆性改變。因此建立在

互聯網和數位加密技術基礎之上的數位貨幣也成為金融科技發展中非常重要的變革，不但締造了支付中的相關應用，如無現金世界（Cashless World）與新興支付管道（Emerging Payment Rails）等價值體系，也為傳統金融中介的第三方角色帶來重大的影響。從 2008 年比特幣（Bitcoin）問世至今，以比特幣為首的加密數位貨幣一直是一般大眾、媒體、自由主義者、投資公司、銀行與政府之間討論與爭議的焦點，因其革命性的網路計算科技剔除了交易中間人的角色，卻又保有讓陌生人安全交易的基礎架構，不但能以更低的成本支持更深更廣的交換，更具有從集中式掌控的金融機構手中拿回自主權的偉大願景，自此各種不同之加密數位貨幣便如雨後春筍般應用於不同平台上。同時加密數位貨幣底層科技的基礎——區塊鏈（Blockchain）和分散式帳本技術（Distributed Ledger Technology），在 2013 年底也開始吸引許多金融機構及新創公司的目光，原因是區塊鏈技術帶來的好處不但對所有型態的交易都能大幅降低費用並提升結算速度，還能同時兼具安全性及透明度。此外對於那些需要仰賴中心單位，卻不符合成本效益的交易機制與基礎設施，比特幣以及區塊鏈技術的出現不但有潛力改善其效率與成本，且隨著各式各樣加密數位貨幣的誕生，許多舊有存在法定貨幣經濟體系內的

商業運作模式，都將在數位貨幣經濟體系內有顛覆性的改變。

根據英國金融時報的報導，瑞士銀行正主導並聯合德意志銀行、西班牙國際銀行及紐約梅隆銀行等四家國際級銀行，合作開發一種新型的數位現金，他們相信這種使用比特幣背後技術的數位貨幣將在未來成為金融交易在清算和交割的產業標準，並在 2017 年尋求各國監理單位及中央銀行的認可及合作，計畫在 2018 年初將此貨幣應用在有限及低風險的商業應用。另根據瑞典央行（Riksbank）於 2019 年出爐的報告，該國的現金和銀行支票使用率已經降到 30 年以來的最低，該國央行估計，現金支付在瑞典全國的交易僅佔 15%，銀行控制貨幣流通的作用被大大削弱，流通好幾年的紙幣幾乎形同邁入黃昏。華爾街見聞報導，瑞典央行在報告中指出，無現金社會即將來臨。為了捍衛央行控制貨幣發行、調節貨幣周轉從而調控經濟能力，瑞典央行決定研製自己的數位貨幣 e-krona（圖 20），「該款數位貨幣利用區塊鏈技術（又稱分布式帳簿），讓結算和交易系統更簡便，還保證貨幣的中心化。目前，e-krona 已經進入了測試階段，瑞典央行認為，e-krona 具有法幣特性，不具備信用風險，因此可以像紙幣那樣有價值，並承擔支付功能，而且是記名支付。因此在 e-krona 系統中，所有的交易都可以被央行



圖 20 瑞典央行研製數位貨幣 e-krona 示意圖

資料來源：(1)  (2) 

追蹤，從而有效防止洗錢和逃脫。而 e-krona 的交易方式，則是透過手機 APP 或電腦進行網路上交易。

然而，看似零缺點的 e-krona，在加州大學經濟學家 Rod Garratt 眼中，他則點出，「如果全面開展數位貨幣，可能會打開潘朵拉魔盒，而這將替監管者帶來新的挑戰。」據該報導，使用區塊鏈技術（分布式帳簿），最讓人擔心的是，金融危機的來臨，當各大機構發生擠兌拋棄數位貨幣，引發市場恐慌，一個虛擬的數位貨幣系統，很可能在一瞬間貶得一文不值。

另外根據路透社的報導，IBM 正使用比特幣（圖 2）底層的區塊鏈技術為主要法定貨幣建立一套支付系統，目的是在沒有銀行或結算機構的參與下也能夠即時轉移現金或進行支付來節省交易成本，但與一般去中心化數位貨幣不同，這種數位貨幣將會由中央銀行控制，屬於貨幣供給的一

部分並與個人銀行帳戶連結，透過軟體錢包來整合銀行帳戶和數位貨幣帳本。因此面對加密數位貨幣的發展，不論是以去中心化數位貨幣為主的虛擬形式，或是採中央銀行發行的數位貨幣國家隊，未來通貨的數位化及虛擬化轉變必定成為未來貨幣發展之主流，尤其是當大多數應用的發展是朝去中心化的方向設計時，傳統商業銀行支付系統的功能會面臨極大的挑戰，進而影響各國中央銀行貨幣政策（Monetary Policy）的施行效果，對一國之貨幣供給及需求、利率方向與通膨的穩定能力造成不良的影響。

然而數位通貨的崛起對現代經濟的發展帶來了許多的衝突與風險，除了傳統金融支付體系面臨了挑戰，也剝奪了政府決策者調節貨幣供給的能力，因為去中心化數位貨幣不但具有電子貨幣（E-Money）的



圖 21 比特幣（數位虛擬貨幣，virtual currency）示意圖

資料來源： 

功能也具有虛擬貨幣（Virtual Currency）的特性，具有取代現金成為多用途支付的媒介，也被廣泛認為是具有市場價值的資產（Asset），成為投資及儲蓄的工具。當貨幣供給不再是商業銀行的專屬權利，當各種數位貨幣蓬勃興起並與法定貨幣自由流通就會對貨幣供給和需求造成影響，進而干擾貨幣政策工具控制利率的效果。本文以下對數位貨幣的種類加以分類及定義，並探討去中心化加密數位貨幣的特性、原理與技術。

一、數位貨幣的分類

廣義的數位貨幣（Digital Currency）泛指以數位形式表示價值的貨幣，可以像傳統的法定貨幣（Legal Tender）一樣用來購買商品及服務，但也可以根據其發行目的，限制兌換的範圍及使用場合。隨著比

特幣等去中心化的虛擬貨幣快速發展，此等不由任何個人或機構發行、不具法律保障價值的數位貨幣才逐漸受到各方的研究和討論。本節從較宏觀的角度對數位貨幣加以分類並對各種類別予以簡要介紹。

（一）數位貨幣（Digital Currency）

與傳統紙鈔與硬幣不同，數位貨幣利用數位技術表示貨幣的價值，本文參考IMF（2016）對虛擬貨幣的分類並將近期各國央行研議的中央銀行數位貨幣納入整體數位貨幣的分類中，如表1所示：

依照貨幣是否以法定貨幣計價，數位貨幣可以分成電子貨幣（E-Money）及虛擬貨幣（Virtual Currency）兩類。

（二）電子貨幣（E-Money）

電子貨幣係指以電子載具（如晶片卡、電腦及手機等）儲存法定貨幣價值，透過電子方式發動或傳輸交易資料，用以

表2：數位貨幣的分類

數位貨幣（Digital Currency）						
分類	電子貨幣（E-Money）				虛擬貨幣（Virtual Currency）	
	中央銀行發行		非中央銀行發行		封閉性	開放性
發行流通方式	直接模式	間接（二元）模式	金融機構	非金融機構	特定虛擬環境	跨境流通
實例	尚未有流通發行實例 （研究中如 e-krona 等）		網路銀行	協力廠商支付	遊戲幣	彼特幣
與法定貨幣關聯	法定貨幣計價（法定貨幣電子化）				非法定貨幣計價	
本文使用名稱	中央銀行數位貨幣（CBDC）		電子貨幣（E-Money）		封閉式虛擬貨幣	去中心化數位貨幣

資料來源：自行整理，並參考 IMF（2018）

替代實體現金完成款項支付的貨幣（中央銀行，2018），無論形態如何，通過哪些機構流通，最初的價值來源都是中央銀行發行的法定貨幣，因此電子貨幣指的是法定貨幣的無紙化、電子化。依照發行機構是否為中央銀行，可以將其分為兩類。

1. 非中央銀行發行的電子貨幣

傳統上電子貨幣並不是由中央銀行發行，而是經由主管機關按相關法規核可（如台灣按「電子票證管理條例」及「電子支付機構管理條例」等管制法規），由存款機構及電子支付機構發行，是一種能廣泛流通使用的貨幣。例如由金融機構發行的現金卡、網路銀行帳戶等；還有由非金融機構發行以卡片型式儲存價值的現金儲值卡（如悠遊卡）及近年快速發展的協力廠商支付儲值帳戶（如歐付寶）等，設計的目的是作為法定貨幣的傳輸工具。

2. 中央銀行發行的電子貨幣

傳統電子貨幣的發展已經有幾十年的歷史，近幾年隨著比特幣等去中心化數位貨幣的快速發展，愈來愈多人發現作為一種全新的貨幣及支付工具，去中心化數位貨幣能夠大幅提升金融交易效率、降低交易成本，因而對法定貨幣系統帶來一定的衝擊。

然而對中央銀行來說，發行貨幣是一種主權象徵，貨幣有政府背書擔保，才能成為穩定、安全的金融體系基礎。因此全

球主要國家（例如：英國、中國、瑞典、加拿大等）的中央銀行已逐漸意識到唯有發行中央銀行的數位貨幣（Central Bank Issued Digital Currency，CBDC），才能根本有效保證法定貨幣的市場地位並享有數位貨幣帶來的諸多優點而且達到去現金化的主要目標。

目前主要國家都在研究發行數位貨幣的可行性，例如荷蘭的 DNBCoin、英國的 RSCoin 及瑞典的 e-krona 等，雖然都還在實驗當中沒有真正落地使用，但 CBDC 在未來無疑是一個必然會發生的事件。按照 IMF（2018）對數位貨幣的分類，CBDC 具有法定貨幣的地位，計價方式也完全相同，因此可將其歸類為電子貨幣的一員。未來 CBDC 先行試用的領域也將會是在傳統電子貨幣的相關應用，如電子票據、現金儲值卡、協力廠商支付等。中央銀行發行數位貨幣，都需要先建立一套基礎的數位貨幣系統，目前尚不確定各國 CBDC 的發行機制，但基本上有以下兩種選擇：

（1）二元（間接）模式（中央銀行—商業銀行—公眾）

這種模式類似現今紙幣發行流通模式，即中央銀行將數位貨幣由中央銀行發行至商業銀行，中央銀行開放分散式帳本帳號給予商業銀行，商業銀行間的數位貨幣流通透過中央銀行帳本結算，當個人在商業銀行取款時，數位貨幣便由商業銀行

轉移至個人的數位錢包，透過商業銀行帳本進行結算。商業銀行受央行委託向公眾提供法定數位貨幣存取等服務，並與中央銀行一起維護 CBDC 發行、流通體系的正常運行。用戶可將 CBDC 如同現金一樣存在銀行現金帳戶，獲取其流通、支付等功能，也可以將其存放在銀行存款帳戶裡獲取利息。整體運行框架上與傳統貨幣並無明顯差異。

(2) 一元（直接）模式（中央銀行—公眾）

即中央銀行可以直接將 CBDC 發行至公眾及個人的數位錢包，也就是中央銀行開放分散式帳本帳號給予公眾，資產負債表對每個市場參與者（包括個人）開放。這種貨幣發行機制完全顛覆了現有的貨幣發行流通體系，可能會導致商業銀行存款轉移至中央銀行，由此對經濟產生多方面影響。

目前中國人民銀行明確表示傾向於第一種發行機制，這樣可以在不改變現有貨幣發行流通體系下，逐步在現有框架下讓 CBDC 逐漸取代現金，又可以調動商業銀行積極性，共同參與法定數位貨幣發行流通，適當分散風險，加快服務創新。而英格蘭銀行則對 CBDC 的發行機制還沒有明確採行哪種模式的傾向，只針對不同模式下對總體經濟的影響有廣泛的討論。

(三) 虛擬貨幣（Virtual Currency）

虛擬貨幣同屬數位貨幣的一種，和電

子貨幣都是貨幣價值的數位化，但虛擬貨幣並非法定貨幣的數位化，計價方式也與法定貨幣不同而有自己的計價單位，通常由私人機構發行，只要交易雙方同意使用，就可以作為各種交易目的支付工具。根據其對真實商品、服務、法定貨幣或其它虛擬貨幣的轉換能力，虛擬貨幣分為封閉式與開放式兩種體系（IMF, 2018）：

1. 封閉式：屬不可轉換（Non-convertible）

之虛擬貨幣，指在一個獨立的虛擬環境中單獨操作，對法定貨幣（或其他虛擬貨幣）或虛擬領域以外之商品與服務間的兌換有顯著限制，例如遊戲幣，用來購買遊戲中的裝備、寶物、服裝等。

2. 開放式：屬可轉換（Convertible）之虛擬貨幣，允許虛擬貨幣對法定貨幣（或其他虛擬貨幣）或實體商品與服務間的兌換，與真實經濟體間的聯繫程度遠大於封閉式體系。依據貨幣的發行兌換、使用流通規則的制定及支付結算的流程是否由單一中央機關來完成，開放式的虛擬貨幣又可分為中心化系統和去中心化系統兩類，甚至也存在兩者混合運作之系統。

(四) 去中心化數位貨幣

雖然開放式的虛擬貨幣又分為有中央機構運作的中心化系統（如 WebMoney），以及無中央機構運作的去中心化系統（如比特幣、瑞波幣及萊特幣等），本論文討論的開放式虛擬貨幣特指由密碼學與共識演

算法驗證的去中心化系統，不同於銀行實體帳戶數位化的電子貨幣，這種基於加密機制存儲於數位錢包並運行在特定數位貨幣網路中（如區塊鏈網路）的虛擬貨幣才是最新技術的加密數位貨幣（Cryptocurrency），我們稱為去中心化數位貨幣。根據發行者的不同，我們可以把去中心化數位貨幣分為兩種：

1. 非機構發行的數位貨幣

沒有中心組織，沒有任何單一的機構有自由裁量權來管理隨著時間變化的貨幣單位供給量，整個貨幣發行及運作機制完全由程式演算法決定，交易採匿名（Permissionless）方式進行，典型代表就是比特幣、萊特幣等。

2. 機構發行的數位貨幣

由於一些大型金融機構及組織看中了加密數位貨幣低成本、快速、安全的特點，開始嘗試利用其底層技術，即區塊鏈技術，來研發它們自己的數位貨幣。如由系統整合商、金融機構、國際支付發起人及國際跨境支付解決方案供應者所發展的瑞波幣（XPR），採用實名制（Permissioned）的運作方式。它們的數位貨幣類似於去中心化數位貨幣，只是發行者有所不同，但貨幣的發行兌換、規則的制定及支付結算的流程還是由所有參與者來完成。值得注意的是，有些金融機構開發數位貨幣是為了滿足自己快速清算交易

的需求，並不是意圖通過替代央行所發行的法幣來挑戰金融現狀。

（五）加密數位貨幣（Cryptocurrency）

加密數位貨幣是建立在密碼學之上並由特定共識演算法驗證的一串可代表具體金額的加密數位資訊，可儲存在數位錢包中，應用於移動終端、電腦終端或晶片卡上，並運行在特定數位貨幣網路中進入流通及支付環節，與傳統簡單的實體帳戶數位電子錢不同，是純的數位貨幣。

傳統電子貨幣的缺點是對帳戶體系依賴較大，防篡改能力較弱，KYC（瞭解客戶，Know Your Customer）與 AML（反洗錢，Anti-money Laundering）成本較高。加密數位貨幣的優點是可以借鑒吸收當今各種類數位貨幣的先進技術，以更難篡改、更易線上和線下操作、審計追蹤能力更強、應用管道更為廣泛的方式運行；缺點是需要構建一套全新生態系統，技術要求更高，系統運行維護難度較大。以上兩種形式在一定程度上具有互補性，在不同應用場景下可以擇優使用以滿足不同需求。從本節對數位貨幣的分類解釋中，加密數位貨幣包括兩種：中央銀行發行的數位貨幣 CBDC 及去中心化數位貨幣。

二、去中心化數位貨幣的關鍵特性

廣義的數位貨幣（Digital Currency）泛指以數位形式表示價值的貨幣，隨著資訊

科技發展的日新月異，本章所指之數位貨幣特指具有去中心化支付機制，並利用密碼學保障安全性的加密數位貨幣（Cryptocurrency），因此並不包含傳統由中央服務商發行，以電子形式儲存價值的電子貨幣（Electronic Money）。

在去中心化數位貨幣出現以前，一國貨幣不論種類都具有所謂的單一性（Singleness）（CPSS, 2003），也就是不論貨幣的形式如何，他們都是以法定貨幣（Legal Tender）為計價單位，包括實體形式（紙幣和硬幣）及電子形式兩類，隨著交易形態不同，消費者喜好持有的類型也有所不同，但是不論形式如何，它們都是用相同的法定貨幣定價，可以很容易地透過支付系統相互兌換，因此產生了貨幣的單一性。

但隨著通訊及電腦科學上的突破，許多主張去中化，以更低的價格支持更深度交換的數位貨幣因需求而產生，因此數位貨幣可能符合電子貨幣概念上廣泛的定義，然而在大多數的司法管轄區，它們基本上無法符合電子貨幣法律上的定義。在許多的司法管轄區，被視為電子貨幣的金額，在儲存和移轉時必須以法定貨幣來表示，但是在大多數情況下，數位貨幣並非以法定貨幣來表示或連結，而是以它們自己的價值單位來表達，因此又稱為虛擬的貨幣。在歐盟的情況下，電子貨幣的法律

定義包括按實收資金發行的餘額應該是對發行人的債權請求。鑑於此，在法律意義上，一些去中心化機制的數位貨幣將不被視為電子貨幣（CPMI, 2015），因為它們不是以換取資金（即使它們隨後可買賣）發行的，而且不能由任何個人或機構發行。此外數位貨幣的設計機制具有幾個主要的特點，使得它們與傳統的電子貨幣有所區別：

（一）被當成稀有物品，是由供需決定其價值的資產

例如比特幣需要透過挖礦（Mining）產生，在數學上證明其供應有限，是屬於通縮型貨幣，以確保它的價值會上漲，這與一般主權貨幣不同，一國央行通常有其貨幣政策，用來干預一國主權貨幣的供給，是屬於通膨型貨幣，而去中心化的加密電子貨幣沒有中心組織，沒有任何單一的機構有自由裁量權來管理隨著時間變化的貨幣單位供給量，沒有凱因斯式干預的空間，因而在概念上比較類似商品，如黃金，從這個角度來看，數位貨幣符合貨幣金屬論（Metallism）的觀點。

然而，與商品不同的是它們內在價值為零，不像傳統電子貨幣，它們並非任何個人或機構的一項負債，也沒有任何權利機構作為擔保。因此它們的價值僅僅依賴於相信之後它們可以用來交換商品、服務或是一定量的法定貨幣，這種基於相信數

位貨幣有能力管理價值交換的共識，讓數位貨幣交換機制得以順利運作，從這個角度來看，數位貨幣符合國家貨幣論（Chartalist）的觀點，只是目前信任的基礎並非來自政府的保證，而是交易機制本身的可驗證性、透明度與無法竄改的法則。

（二）支付方式與電子貨幣不同

直到現在，在沒有信任仲介的交易當中，參與交易的對手通常使用實體貨幣（如現金）做為支付工具，這些交易通常為民間零售的小額交易，而電子形式的資金通常透過中心化的基礎設施完成交換，由一個被信任的實體負責交易的清算及交割，尤其指大額之金融交易或企業交易，透過金融市場基礎設施中的支付系統以法定貨幣完成清算（中央銀行，2018）。

而去中心化加密數位貨幣設計的精神是透過密碼學對所有權認證，並使用稱為區塊鏈的分散式帳簿公開一致的紀錄交易細節，可以在沒有信任基礎的對手之間，無需協力廠商仲介機構也能允許遠程點對點的電子價值交換。一般說來，一位付款者將他的密碼鑰匙儲存在一個數位錢包，這些鑰匙使他可以存取數位貨幣，付款者接著可以使用鑰匙啟動一個交易，將一特定金額的貨幣轉移給收款者，這筆交易接著會通過一個認證過程，這個過程會確認這筆交易是否合法，並且將它加入一個統一的帳簿，這個帳簿的多個備份則透過點

對點網路加以發佈。數位貨幣交易確認的過程可在速度，效率和安全性方面有所不同。雖然是基於網際網路的遠端基礎，在效果上，分散式帳簿記錄並清算了端點對端點的價值交換。

（三）交易過程中參與機構的不同

在傳統電子貨幣交易機制中，有幾個服務的提供者對電子貨幣交易機制的運作是不可少的，包括電子貨幣的發行者、網路的營運商、客製化硬體及軟體的廠商，電子貨幣的購買者，電子貨幣交易的清算單位等。而去中心化加密數位貨幣機制並不是由特別的個人或機構負責運作（儘管也有少數由特別機構發行的數位貨幣），這點與傳統電子貨幣有一個或數個價值的發行單位不同，這些價值代表這些發行商資產負債表中的負債。不但如此，這些數位貨幣去中心化的特性使得機制的運作並沒有可識別的運作單位，負責扮演像電子貨幣中由一般金融機構或其它清算單位扮演的角色。但為了使數位貨幣經濟運作得更順暢，仍有許多第三單位提供不同的技術服務。這些仲介單位可能提供錢包服務讓數位貨幣的使用者可以轉移價值，或者提供服務來促進數位貨幣和法定貨幣及其它數位貨幣或其它資產的交換（如交易支付平台），在一些情況下這些仲介為他們的客戶保管數位貨幣帳戶的密碼，以便隨時提供虛擬與真實貨幣間的轉換服務。

目前加密數位貨幣的發展逐漸擺脫其取代現有貨幣的概念，而是如何採用比特幣最重要的基礎—區塊鏈技術，發展出各式各樣取代現有商業模式的應用，目標是去中心化帶來的好處：安全、高效率及低成本。如無手續費且過程透明的群眾集資、數位化產權移轉、與物聯網經濟相結合的智慧合約、去中心化的證 及衍生性商品交易所，這些去中心化的自治應用程式 DApp（Decentralized Autonomous Application），都是基於區塊鏈技術發展出來的計畫，它們各自發行的數位貨幣 altcoin（Bitcoin Alternative）就是扮演其中金流或股份的載具，它們的價值會根據各自所屬的協定與商業模式成功與否而漲跌。

肆、電子票券（Electronic ticket, e-ticket）

台灣首次使用智慧卡的電子票券系統，可追溯至 2000 年金門地區所使用的大眾運輸電子票證系統；隔年 2001 年也曾在台灣 15 家客運公司在其中 20 條路線當進行短暫測試「易行卡」電子票券系統；而後續的台北捷運的悠遊卡系統，則憑藉著捷運系統高乘載量的優勢，發展成為目前國內發卡量最大的電子票券系統。隨著悠遊卡獲取的成功經驗，台灣高鐵也適切的導入電子票券，一時之間電子票券在交

通票證的應用正不斷的快速發展。目前臺北市區廣泛使用的臺北捷運悠遊卡、基隆市公車的交通卡、桃竹苗中彰投地區的臺灣通儲值卡及金門地區的電子票證 IC 智慧卡、高速公路 eTag 電子收費系統等，電子票證的應用，不僅改善民眾交通的便利也同時提升交通運輸業者整體經營效率。

日本學者 K. Fujimura 等人對電子票券的定義解釋為「記載已授權之明確權利的數位憑證並允許持有人依此兌現。」故電子票券不但具備數位憑證的特點，在使用上可代替現金，亦可結合行動裝置透過網路進行線上購票，而免除購買實體票券的排隊時間，同時使用數位憑證可直接將票券回覆至行動裝置，企業經營上可精簡營運成本提升工作效率，精實企業管理效率。防範票券運送過程遺失的風險，也可降低現金交易時，可能收取偽造錢幣的疑慮。為避免數位數據遭受非法監聽、竊取後，所產生的交易安全問題。以下將對於電子票券之資訊安全的完整性、不可否認性、隱私性與存取控制分別進行說明：

一、完整性：確保所讀取的資訊與原來傳送的資訊一致，沒有被篡改或偽造。在傳送的機制中，可透過密碼學的技術，將其數據及參數加以保護，且只有在行動設備下輸入 PIN 碼才能解開使用，確保資訊沒有被篡改或偽造。另外除加密保護外，亦可透過授權機構所發行的數位簽章

背書，驗證其資料的正確及完整性。

二、不可否認性：電子票券在「選購電子票券階段」，電子票券內所包含的數位憑證之中具備加密的公開金鑰。憑證授權機構會使用本身的私密金鑰來簽署所發行的憑證，因此可利用具公信力的授權機構所發行數位憑證，達到其不可否認性。在「取得服務階段」，電子票券內含授權者的公開金鑰，可驗證數位憑證的可信性，發送端不可否認其所同意送出的數位資料。

三、隱私性：電子票券的資訊，在傳送過程，可透過密碼學的加密技術保護及防止敏感資料被竊取或洩露。同時數位型式發行的電子票券，可免除傳統紙張票券所必須印刷的文字內容，避免文字內容洩漏交易資訊的風險，保障的交易隱私性。

四、存取控制：防止使用者超過其使用權限，進行非法的資料存取。本機制的電子票券的使用者，都必須明確界訂使用者的存取權限。在「選購電子票證階段」，消費者獲取服務之前，都必須驗證電子票券內的交易憑證期限是否過期，並判別電子票券類別。在「取得服務階段」，服務提供者的後端資料庫會儲存電子票券相關參數值，參數值可作為電子票券出售後的驗證之用，同時限定使用者所能行使的權利。

在電子票券的主要應用項目包含：機票、樂透彩券、軟體授權、入場券、運輸票券、折價券等。電子票券非常適用在航

空公司所發行的機票上，由於機票上已經紀錄乘客的資料，具備不可否認性，因此乘客無法任意將機票轉移給其他乘客使用，這對於機場嚴格的出入境安全管制作業，是有相當顯著的效益。電子票券具備高防偽性，也適合應用在樂透彩券上。由於兌獎的彩券符合有價證券規範，可兌換對等金額的貨幣，因此彩券發行商的電子票券防偽功能為其應用重點。

電子票券在軟體授權應用方面，可區分為兩種方式，第一種方式為安裝程式過程中，由使用者提供軟體授權進行驗證，經軟體驗證無誤後即可完成安裝進行使用；第2種方式為軟體安裝後，由使用者提供授權驗證，軟體驗證通過後進行使用。不同功能的電子票券，也能作不同的組合應用，例如入場券與折價券的結合可應用複合式經營的企業中，花藝園區遊園券，可以折抵園區內咖啡及餐點的消費金額，進而吸引消費者進入園區內的餐廳消費；演唱會的入場券能夠結合停車系統使用，讓聽眾進入特約停車場停放車輛，增加使用者的便利性。

電子票券在台灣交通運輸的應用，最廣為人知即為使用RFID技術的悠遊卡；通用於大台北地區、桃竹苗地區、中彰投地區、雲林縣、嘉南地區、高屏地區、宜蘭縣、花東地區、金門縣、連江縣等的大眾交通運輸系統。近年來悠遊卡已經可以在

便利商店、停車場、加油站和許多小額消費之消費場合使用，甚至許多高科技的新興住宅也導入了 RFID 技術作為門禁管理，住戶直接使用 RFID 的悠遊卡設定成為門禁通行證。在社區的門禁、電梯升降的控制，使用悠遊卡的感應管制，提供了另一個層次的管制方式。雖然無法完全取代鑰匙的使用，不過在便利性而言，的確帶給使用者不一樣的思維。本文將各種票券的應用種類整理歸類後與其具有之票券特性分析如表 2 所示。

目前盛行的電子票券所使用之技術，

主要包含一維條碼（barcode）、二維條碼（QR Code）以及 RFID 等三種技術，並廣泛應用在各種電子票券以及其他相關的領域。以下分別就一維條碼（barcode）、二維條碼（QR Code）以及 RFID 等三種技術及應用進行詳盡的說明及分析。

一、一維條碼：

1952 年，美國的德瑞索理工學院（Drexel Institute of Technology）的兩名學生 Norman Joseph Woodland、Bernard Silver，為幫助商家加速結帳及實施盤點，研究出

表 3：各式票券之特性分析

功能分類 需求特性	入場券	機票	運輸票券	彩券	軟體授權	折價券
具發行者身分	✓	✓	✓	✓	✓	✓
具供應商身分	✓	✓	✓	✓	×	✓
具擁有者身分	×	✓	×	×	✓	×
使用次數	一次	一次	一次/多次	一次	一次/多次	一次
具使用期限	✓	✓	✓	✓	✓/永久	✓
具移轉性	✓	×	✓	✓	✓	✓
驗票效率	高	中	高	中	低	高
付款型態	預付/後付	預付/後付	預付/後付	預付/後付	預付/後付	免費
具匿名需求	✓	×	✓	✓	×	✓
身分鑑別需求	×	✓	×	×	✓	×
允許發行者修改	✓	✓	✓	×	×	✓
複製限制	✓	✓	✓	✓	✓	×

資料來源：自行整理



圖 22 一維條碼最初的设计：公牛眼圖示

透過電腦快速辨識資料的一維條碼，並且獲得專利。一維條碼最初的设计，爲了要達成各種角度都能夠讀取資料，其形狀由圓條跟空白所繪成同心圓環，也因為外型長得非常像公牛的眼睛而被稱為公牛眼，如圖 22。

1959 年吉拉德·費伊塞爾（Girard Fessel）及其他研究人員將公牛眼的貼心圓環改成由七條平行線所組合成的條碼，藉以儲存 0 到 9 之間的每個數字。七條平行線所組合成的條碼，便成為現今長條式條碼的雛形。此種條碼接續也獲得北美鐵路系統採用。一維條碼的原理是將線條與空白按一定的編碼規則組合起來的符號，用以代表一定的字母，數字等資料，在進行辨識的時候，是用條碼閱讀機掃描得到一組反射光訊號，此訊號經光電轉換後變為一組線條、空白相應的電子訊號，經解碼後還原為相應的文數字，再傳入電腦對相關數據加以分析應用。一維條碼的架構如圖 23 與圖 24 所示。



圖 23 一維條碼架構圖



圖 24 一維條碼掃描圖示

資料來源：



一維條碼的種類超過 225 種以上，每種條碼分別採取不同的編碼方式，普遍應用的一維條碼種類有：UPC、EAN、Code 39 等；由於條碼分別採取不同的編碼方式，所接受的文字及數字格式也不盡相同，大部份的條碼都只能使用數字，少部份條碼可以讓文字與數字同時使用，因此在使用方式上，也產生部份差異。廠商按規定編印的條碼編號，就可為每項產品編成維一的獨特碼，當產品流通國際市場時，就能成為有效的商品身份証編號進行識別，並進行如運輸入庫倉管等管理作業。在一般包裝外箱上，經常能見到 EAN8 及 EAN13；EAN8，由 8 位數字組成，適合

使用在商品小包裝的應用上；EAN13 條碼使用在商品批發、零售，EAN-8 及 EAN-13 如圖 25 所示。



圖 25 EAN-8 及 EAN-13 條碼

一維條碼具備完整的標準規範，經歷長久應用及成熟的發展，目前在各大超商、超市都可輕易的看到其身影；在物流運輸業更是廣泛的應用，目前一維條碼的使用數量，是所有條碼的使用數量之冠，主要是一維條碼擁有六項優點，經訓練的人工輸入錯誤機率約為三百分之一，但透過光學辨識技術辨識一維條碼的錯誤率在一萬五千分之一；透過光學辨識技術，在一維條碼的輸入速度為人工手動輸入的五倍，其輸入速度約每秒 40 個字元；與其他的辨識方式比較起來，一維條碼只需一張小貼紙與簡單的光學掃描器，成本相對較為低廉；一維條碼的編寫及印製上都非常的容易，無需太高的技術能力即可製作條碼；辨識一維條碼的光學辨識設備操作起來相當簡單，在人員的訓練上只需非常短的時間即可學會如何使用；由於一維條碼沒有輸入設備的限制，當光學辨識設備故障時還能夠使用鍵盤輸入達成任務。

雖然一維條碼擁有多項優點，但是一

維條碼單次僅能讀取一個條碼、抗污性不佳、儲存容量較二維條碼低、紙張所列印的條碼不易保存、讀取資料需透過紅外線進行掃描加上儲存資料容量有限，因此通常儲存內容僅作為資料「索引 Index」的用途，在掃描條碼之後，將「索引 Index」提交給資料庫對應完整的詳細資料。以上種種因素造成一維條碼在應用發展上逐漸式微。

二、二維條碼（QR Code）：

一維條碼所能儲存的容量有限，如果要增加儲存量勢必會加長條碼長度，因此出現了二維條碼以矩陣的方式來表現資訊內容。二維條碼的矩陣組合，除了增加資料儲存的資料，同時也提昇了資料存取的效率。在各式的二維條碼之中，最被廣為使用的 QR Code（Quick Response Code，QR Code）所能夠儲存的最高資料容量約在 4,296 個字元。因儲存的資訊增加後，所能運用的範圍變得更加廣泛，因此相關應用也逐漸地開始擴展起來，日本是最為廣泛使用 QR Code 技術的國家，台灣也有越來越多的企業開始使用二維條碼來進行相關的應用，如台灣高鐵所推出的 T Express App 應用程式為使用 QR Code 技術達到電子票券之功能。

1994 由日本的 Denso-Wave 公司所發明的 QR Code 二維條碼，條碼以黑白印刷同



圖 26 台灣高鐵電子票券 T Express App 應用程式

時使用較低的三十畫素的鏡頭作為讀取裝置，較低的使用門檻，使得 QR Code 成為新興主流。QR Code 在 1999 年公布了符合日本當地的「日本工業規格 JIS」標準之後，隨即在 2000 年國際標準組織 ISO 也公佈 ISO/IEC 18004 標準，現在 QR Code 已經成為全球標準的二維條碼。QR Code 採用黑白兩種顏色，形狀呈正方形。在 QR Code 圖型中會有 3 個相似中文字「回」的正方形圖案。這三個正方形圖案可幫助解碼軟體定位，使用者不需要精確的對準 QR Code，資料仍可正確被辨識。QR Code 可以直接在掃瞄之後取得完整內容，省去其他「索引 Index」來源的比對動作。就實務應用面探討，這樣能夠節省「交易時間」而提昇效率，特別是使用遠端資料庫的系統，需要透過「遠端連線」讀取時，比較的差異更是明顯。對於製造業、零售業等有高度物流管理需求的行業，QR Code 能

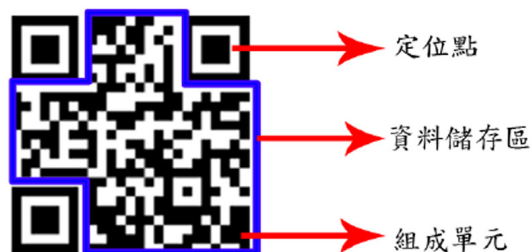


圖 27 QR Code 組成架構

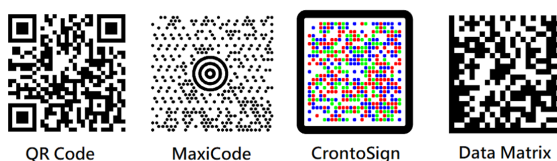


圖 28 四種不同的二維條碼

資料來源：

夠提升不少管理效率；針對一般使用者而言，QR Code 也能建立包含個人資料的二維條碼，透過有支援照相功能的智慧型手機或其他有拍照功能的設備判讀之後，就能將姓名、電話、地址等資訊儲存到手機電話簿，節省逐字輸入的麻煩。

有關更多 QR Code 的介紹說明與應用解析，可參閱印刷科技 34 卷 4 期及 35 卷 1 期〈圖像化二維條碼之輸出尺寸與辨識率分析〉、〈淺談二維條碼與彩色圖像視覺碼之行銷應用〉及〈內外兼具的防護—無線射頻識別 (RFID) 與二維條碼 (2D Barcode) 於防偽設計之運用〉等相關文章，在此不再贅述。

三、RFID

台灣捷運所使用的技術為 RFID，因此 RFID 也成為目前台灣發行量最高，使用最為廣泛的 RFID 電子票券系統。在 RFID 的硬體架構可區分為閱讀器（Reader）以及標籤（Tag），當 Reader 向 Tag 發送無線電波，Tag 吸收無線電波獲得能量後，會利用 Reader 所發出的無線電波能量，將 Tag 晶片內所儲存的資訊回傳給 Reader，此時可由回傳的資訊傳送至電腦的中介軟體進行後續的處理。RFID 系統架構如圖 29 所示。

RFID 標籤種類，依據供電方式可區分為主動式、半主動式及被動三種類型，這三種類型的標籤，主要的差異在於標籤供電的方式。在主動式的標籤，會在標籤上安裝電池或是外接電源，以提供較為特殊之功能，像是整合提供環境的溫度或溼度的晶片功能等。半主動式的標籤類似於主動式的標籤安裝電池，但與主動式標籤不同的地方在於，半主動式標籤在收到

Reader 之訊號後，才會啟動 Tag 標籤，將資料傳送給 Reader；被動式標籤安裝電池，因此必須透過吸收 Reader 所發出的無線電波，將無線電波訊號轉化為能量後，再將儲存在內部的資料回傳至 Reader，被動式的標籤也因為沒有安裝電池，使其被動式的標籤能夠做到極為輕薄，便於攜帶，同時也免除更換電池不便，非常適合應用在某些長期性使用又無法經常性拆換電池的場合。有關更多 RFID 的設計運用，可參閱筆者於印刷科技 35 卷 1 期〈內外兼具的防護—無線射頻識別（RFID）與二維條碼（2D Barcode）於防偽設計之運用〉內相關的詳細說明。

雖然電子票券的應用普遍，但在國內各地區所發行的電子票券多數為被動式智慧卡，單向被動的讀取方式，使得互動式應用範圍受限。同時在各式智慧卡的讀取裝置規格不一的情形下，使得系統的擴充與票證整合難度增加，在電子票券發展上



圖 29 RFID 系統架構圖

資料來源：



面臨著嚴峻的考驗。爲了能讓國道客運業者確實將紙張票券轉換電子票券，持續維運並擴大電子票券在大眾客運的應用範圍，降低設備採購與維運成本，營造一個利於電子票券整合與相關技術發展的基礎環境，本論文探討以近場通訊（Near Field Communication，NFC）技術達成國道客運電子票券的系統設計，分析如何整合現行各式智慧卡，尋找適用於安全性要求較高的金融領域以及對處理速度要求較高的客運應用，同時藉由行動裝置 NFC 技術整合電子票券與電子付款的功能，提升在 NFC 應用在各種電子票券交易可行性。

伍、近距離無線通訊（Near-field communication，NFC）

2004 年 Nokia、Philips 及 SONY 在德國宣佈共同推廣近場通訊技術。NFC 技術源自於無線射頻識別技術 RFID，所以 NFC 技術也相容於 RFID 的 ISO 14443、15693、18092 國際標準。NFC 的資料存取模式共分為三中分別爲：主動模式、被動模式以及點對點傳輸。使用點對點傳輸時，必須使用兩部 NFC 進行資料傳送，同時兩部 NFC 裝置都必須使用相同的通訊協定進行傳輸資料。NFC 點對點所使用的通訊協定就是 NDEF Message（NFC Data Exchange Format Message），透過此 NDEF Message

通訊協定，就可讓兩部 NFC 裝置快速連結並進行雙向資料傳輸。

NDEF Message 通訊協定可分爲 NDEF Record Layout 及 NDEF Short-Record Layout 兩種方式，這兩種通訊協定的主要差異在於所傳遞的資料封包長度大小。NDEF Message 封包之格式如圖 30 NDEF Record 格式示意圖所示。Record 的封包結構大致可分爲封包狀態、封包長度以及封包資料等三個部分說明如下：

1. 封包狀態：在封包前幾個位元在表示封包的狀態如 MB（Message Begin）、ME（Message End）、CF（Chunk Flag）、SR（Short Record）等。

2. 封包長度：紀錄封包所夾帶的長度，由於封包有分兩種 NDEF Record Layout 有四個 Bytes 儲存資料因此所能攜帶的封包長度爲 2^{32} Bytes，在 NDEF Short-Record 所能攜帶的長度爲 2^8 等於 256 個 Bytes。

3. 封包資料：傳送的資料內容或指令。

NDEF Record 的資料要合併成爲傳輸的檔案，必須依據 NDEF Message 的組合格式，如圖 11 中說明表示，資料在開始傳送的第一個封包上 MB Flag 會標示著 1，代表這是第一個封包，當傳輸到最後一個封包時，ME Flag 會標示爲 1，這代表封包資料傳輸結束，因此只要依序將封包接收組合後，就能組合成原始傳遞的資料，如果要傳送的資料不是很大只有一個封包，在封

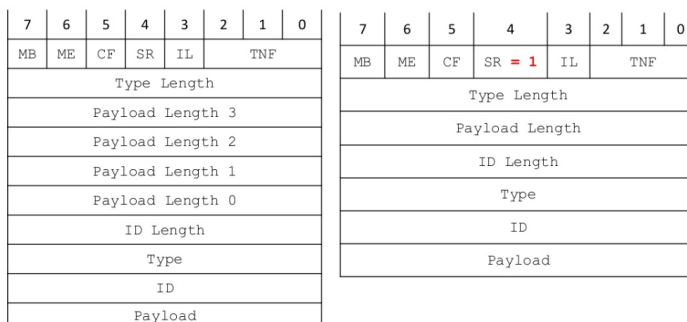


圖 30 NDEF Record 格式示意圖

資料來源：



圖 31 多個 NDEF Record 組合的 NDEF Message

資料來源：



包中 MB 及 ME 的 Flag 都會標示為 1，即完成傳送。

NFC 改善了 RFID 的單向讀取方式，在單一設備上結合感應式讀卡機、感應式卡片等功能；同時 NFC 也承襲非接觸式智慧卡的優點，例如：隱藏讀取無須將卡片貼覆在包裝物品的表面上，直接靠近讀取器即可感應，傳輸速度可達 106Kbit/ 秒、212Kbit/ 秒或者 424Kbit/ 秒，比一般非接觸式晶片卡更加快速等各項優點，讓 NFC 在電子票券的相關應用上，相較一維條碼、二維條碼以及 RFID 等技術上更具應用的優勢。對於高進出量的通行閘道相當受用，只要將 NFC 行動裝置靠近驗票區的讀取器即可快速通關。NFC 技術除了交通運輸系統的應用之外，在世界各地的銀行業以及小額付款的商店，也廣泛的運用 NFC 技

術，提供客戶各種便利的金融服務。

NFC 強調快速、簡便的特性，讓配置 NFC 晶片的行動裝置，可以在大約 10 公分的距離範圍內，讓行動裝置之間實現便捷的短距離通訊，同時補充原來 Mifare 及 FeliCa 智慧卡較欠缺的身分辨識與財務保全功能。在日漸複雜的物聯網中，NFC 可為通訊、娛樂、攝影、適地性服務（Location-based Service，LBS）等應用服務增添可用性、功能性及附加價值。其使用種類與應用大致上能夠區分為以下五種：

1. 接觸通過（Touch and Go）：使用者攜帶著能夠辨別身分的 NFC 裝置或卡片，透過讀取器辨識後即能通過，如門票、車票及門禁管理等。

2. 接觸支付（Touch and Confirm）：使用者可攜帶 NFC 裝置或卡片，透過設備讀

取用戶的裝置餘額並扣款的交易行為，類似於悠遊卡之機制。

3. 接觸連接（Touch and Connect）：當兩個使用者同時都攜帶著包含有 NFC 功能的智慧型手機，雙方能夠透過 NFC 裝置進行名片交換或其他資訊交換。

4. 接觸瀏覽（Touch and Explore）：使用者能夠透過搭載 NFC 裝置的智慧型手機讀取促銷海報上所黏貼含有網址的 Tag，並透過行動網路開啓其促銷網頁。

5. 下載接觸（Load and Touch）：使用者能夠透過讀取 Tag 後透過行動網路下載



圖 32 NFC 系統架構圖



圖 33 NFC 應用示意圖



圖片資料來源

訊息，通常應用於電子支付或門禁功能上。

將 NFC 整併入行動電話或其他可攜帶裝置的優勢，在於能夠自由的在任何提供服務的公共區域行下載及付費的動作。例如現行的日本 JR 的車票，與美國盛行的數位音樂下載服務，透過手機享受娛樂、資訊和服務並且進行安全付款的便利性，深受便利行動生活模式的消費者所青睞。NFC 目標是將近距離無線通訊元件，配置到手機、Smart Phone、PDA、TV、數位相機、NB、個人電腦以及各種數位消費性電子產品上。藉由 NFC 的安全晶片認證，使雙方產品透過 NFC 進行交易與服務的取得。以下介紹近場通訊技術（NFC Technology）的各項應用：

1. Google Wallet：Google 與 MasterCard、花旗銀行、Sprint 共同合作推出的手機 NFC 電子錢包「Google Wallet」功能就像是內建在手機裡的非接觸式的 Mifare 卡，目前在知名的連鎖店 Macy's、Wallgreens、Subway、PayPass、Toys"R"Us 等在全球建置超過 300,000 個據點，都可透過 Google Wallet 來消費進行。在安全機制方面，除了鍵盤鎖、PIN 碼、資料加密等方法之外，特別重視交易隱私，強調絕對不會在手機中顯示完整的信用卡資訊，同時設定在解鎖的狀態之下，NFC 晶片才能啟用，大大降低資料遭側錄的機會。萬一手機遺失時，Google 也能透過遠端方式將資

料抹除。

2. 街旁網：中國的社群服務「街旁網」，使用含 RFIDTAG 晶片的貼紙，貼附在特定道路街旁，提供地理位置服務之行動定位服務，使用者可在道路街旁透過 NFC 完成打卡。使用具備 NFC 晶片的智慧型手機，街旁網的使用者在北京、上海、廣州、成都、香港等城市，靠近貼有街旁網的 RFIDTAG 貼紙後完成打卡，同時可以讀取商店所提供的相關優惠內容。

3. PayPass：MasterCard 萬事達信用所發起的非接觸式信用卡系統，非接觸式信用卡不必接觸刷卡機就可以完成信用授權及交易。PayPass 系統的特色是不必將信用卡交給店員，可有效減種盜刷機會。在安全性機制方面，內建多項加密機制，採用動態資料認證（Dynamic Data Authentication, DDA）功能，能為每筆交易產生唯一的數位簽章，在傳輸過程中提高資料的安全性，防止資料被竊取及側錄，交易時間也比傳統刷卡方式節省 77% 時間，每筆交易最快僅需 4 秒即可完成。PayPass 包含三個部份，Acceptance Network、PayPass Wallet 和 PayPass API 所組成的電子錢包的服務平台。這些服務提供消費者無論在任何地點、透過任何方式消費，都能享受相同的消費服務與購物體驗。

(1) Acceptance Network：藉由 NFC 行

動裝置、電腦或是平板電腦，Acceptance Network 以全球通行的方式，來協助商家處理來自各種管道的電子付款。PayPass 還簡化付款流程，讓消費者不須每筆交易都輸入詳細的付款卡資料。

(2) PayPass Wallet：PayPass Wallet 是整合支付及收貨資訊的開放平台，並可使用其他信用卡（如美國運通、Discover、Visa 等）進行支付。

(3) PayPass API：該應用程式介面允許合作夥伴將它們的 PayPass Wallet 與 Acceptance Network 對接，可取

得 MasterCard 的結算、欺詐檢測和授權認證之服務。

4. TSM（Trusted Service Management，TSM）：由中華電信及悠遊卡等公司共同成立 TSM 支付平台，是一個專門提供 NFC 應用程式下載的服務平台，透過 OTA 技術，將 TSM 平台上的服務下載到智慧型手機中，消費者能透過此平台與特約廠商以更便利的方式進行消費。

除了上述各項 NFC 技術應用之外，以下也就 NFC 與其他電子票券技術做比較。NFC 技術擁有 RFID 的非接觸式晶片優點，不僅是快速且便捷，晶片內含唯一性編

表 4：各類標籤比較表

特色 \ 標籤技術	一維條碼	二維條碼	RFID	NFC
資料儲存量	13 字元 (Ean-13)	4,296 字元 (Ver. 40)	4KB (MIFARE S70)	32KB (Type 4)
可重複使用	×	×	✓	✓
資料互動性	×	×	×	✓
可寫入資料	×	×	✓	✓
標籤的惟一性	×	×	✓	✓
數位內容連結	×	✓	✓	✓
價格	低	低	高	高
抗污性	低	中	高	高
讀取方向性	單向	單向	單向	單向/雙向
辨識技術	光學	光學	電波	電波
讀取數量	單次讀取 1 個	單次讀取 1 個	單次讀取多個	單次讀取多個
讀寫能力	條碼資料內容 無法更新	條碼資料內容 無法更新	電子資料可反覆 更新	電子資料可反 覆更新
標籤配置	表面貼覆讀取	表面貼覆讀取	可隱藏讀取	可隱藏讀取
讀取方式	人工	人工	人工/自動	人工/自動
讀取速度	低速	低速	高速	高速

資料來源：本文整理

碼，所以非常適合用在安全性要求較為嚴格的電子票券以及小額電子錢包等非接觸式的應用領域。NFC 技術不但可免除一維及二維條碼所列印出的條碼，可能遭受側錄的風險。NFC 的雙向傳輸更可輕鬆建立物聯網中的各項裝置通訊，快速連結各種設備，使得使行動網路間的數據交換傳輸變的更加便捷。本文透過相關文獻的探討，將一維及二維條碼、RFID 以及 NFC 比較，整理內容如表 4 所示。

在 NFC 技術持續發展與整合下，行動通訊科技不再只是提供通話與多媒體平台而已，手機與電信網路結合 NFC 的安全晶片與近端通訊能力，賦予了 NFC 手機可以結合身份認證、行動交易付費、訂票、行動網路購物的新管道，若能進一步的整合銀行端至商家端的金流，以 NFC 為核心的信用卡刷卡消費、交易轉帳、繳費投資操作，都能在 NFC 手機的安全環境下操作，將可便利於消費者進行交易與購買慾望，商家與銀行端也能降低營運的繁複流程中所損失的成本。目前消費者拿著手機作為悠遊卡乘車、付款、購物、信用卡小額支付之工具，應用也越來越普及和廣為大眾所接受了。

陸、結論與建議

根據 LEDinside 最新研究報告「2019

Micro LED 次世代顯示關鍵技術報告」，由於 Micro LED 的特性優良，不論是在高亮度、高對比度、高反應性及省電方面，都優於 LCD 及 OLED，未來將可應用於穿戴式的手錶、手機、車用顯示器、AR、VR、Monitor、TV 及大型顯示器應用。LEDinside 分析，Micro LED 技術雖面臨眾多的挑戰，對比兩年前，目前的技術進展已經進步許多，早期的專利技術已經有實體樣品展示機的出現，未來 Micro LED 商品化的時程將隨著 Micro LED 技術的成熟而進展，另外 Micro LED 製造流程繁瑣及要求更加精細，製程中所使用的原材料、製程耗材、生產設備、檢測儀器及輔助治具…等，需求規格嚴謹且精密度相對嚴格。也由於 Micro LED 具有高亮度、低功耗、超高解析度與色彩飽和度等優點，未來甚至可接合在軟性基板上，因此若克服技術上的瓶頸且進入量產後，或許可結合印刷業者運用於電子票證的隱形防偽圖案顯示，實現印刷產業跨科技產業的最佳典範。

柒、參考資料

1. Microblock (2019, June 23) . About Micro-LED, Outline. <https://www.mblock.com.tw/en/microled>
2. Boyce Fan (2019, Oct. 24) . Demand for

- AMOLED-Equipped Cellphones to Continue Rising in 2020, LTPS to Remain Mid-Range Favorites, Says TrendForce. <https://www.witsview.com/2019/10/24/demand-for-amoled-equipped-cellphones-to-continue-rising-in-2020-ltps-to-remain-mid-range-favorites-says-trendforce>
3. Blockchain (2020, Feb 20) . Sweden is now testing its digital version of cash, the e-krona . <https://www.technologyreview.com/f/615266/sweden-riksbank-ekrona-blockchain/>
4. SHAHRUKH AHMED (2020, Feb 23) . Sweden Now Testing Its Digital Currency E-Krona. <https://www.goodtimenation.com/sweden-now-testing-its-digital-currency-e-krona/>
5. James Gooch (2020, March 3) . How to Migrate Your Mobile Ticketing Service to Masabi. <https://www.masabi.com/2020/03/03/migrate-mobile-ticketing-service-masabi/>
6. Geoffrey Morrison, Dale Smith (2020, Jan. 7) . MicroLED could soon replace OLED screens, and Samsung's first in line to try. <https://www.cnet.com/news/microled-could-soon-replace-oled-screens-samsung-first-line-try/>
7. Jack Purcher (2017, Nov 20) . Apple Working with TSMC on Tough Phase of Next-Gen Micro-LED Displays. <https://www.patentlyapple.com/patently-apple/2017/11/apple-working-with-tsmc-on-tough-phase-of-next-gen-micro-led-displays.html>
8. LEDinside (2018 年 5 月 8 日) 。〈Micro LED 與 Mini LED 差異全解析〉。《科技新報》。LEDinside 編。 <https://technews.tw/2018/05/08/micro-led-mini-led-difference-analysis/#:~:targetText=%E8%80%8CMini%20LED%20%E5%8F%88%E5%90%8D,%E5%9F%BA%E7%A4%8E%E4%B8%8A%E7%9A%84%E6%94%B9%E8%89%AF%E7%89%88%E6%9C%AC%E3%80%82&targetText=%E8%80%8CMini%20LED%20%E5%89%87%E4%BB%A5,%E8%83%8C%E5%85%89%E6%BA%90%E6%87%89%E7%94%A8%E7%82%BA%E8%A8%B4%E6%B1%82%E3%80%82>
9. 光速小子 (2018 年 10 月 29 日) 。〈Micro LED 是什麼？微發光二極體的構造〉。《知識力》。STOCKFEEL 編。 <https://www.stockfeel.com.tw/micro-led-%E5%BE%AE%E7%99%BC%E5%85%89%E4%BA%8C%E6%A5%B5%E9%AB%94%E6%A7%8B%E9%80%A0/>
10. 陳芃 (2019 年 8 月 29 日) 。〈「Touch Taiwan 2019 智慧顯示展」現場報導系列〉。《材料世界網》。工研院材化所編。 <https://www.materialsnet.com.tw/DocView.aspx?id=40254>

中央印製廠 / 劉毓容