

第一章 液晶顯示的歷史 和現狀

- 1.1 液晶的發現和液晶顯示的發明
- 1.2 TFT LCD 20 年發展回顧
- 1.3 TFT LCD 研究開發的課題
- 1.4 TFT 液晶及薄型顯示器產業

1.1 液晶的發現和液晶顯示的發明

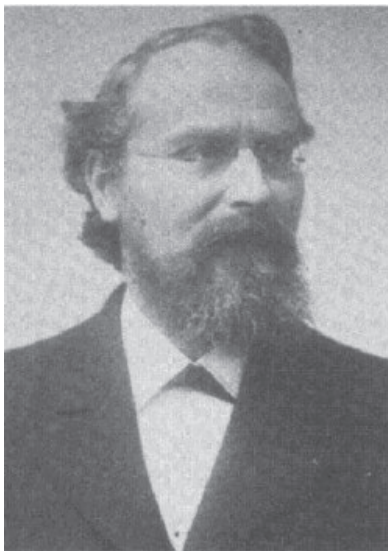
1.1.1 液晶的發現

液晶發現的歷史已相當久遠，1854 年有人發現，肥皂水以及神經細胞含適量水時，會成為具有光學各向異性的有機分子集合體〔溶致型（lyotropic）液晶／濃度轉變形液晶〕，這可算是液晶發現的開始。

1888 年，奧地利植物學家 Friedrich Reinitzer 在研究植物中的膽固醇過程中，當他制得現在我們已熟知的膽固醇苯甲酸酯時，發現了這個化合物具有兩個熔點的奇特現象：加熱固體樣品時可以觀察到晶體變為霧濁的液體；當進一步升高溫度時，霧濁的液體突然變成清亮的液體〔熱致型（thermotropic）液晶〕。更重要的是，兩個熔點之間，他觀測到了雙折射現象和相應的顏色變化。Reinitzer 對此百思不解，於是寫信給著名的晶體學家 Van Zepharovich，Zepharovich 對此也很驚奇，於是推薦 Reinitzer 給當時著名的德國物理學家 Otto Lehmann 寫信，後者是研究相變的權威。



Friedrich Reinitzer (1857-1927)

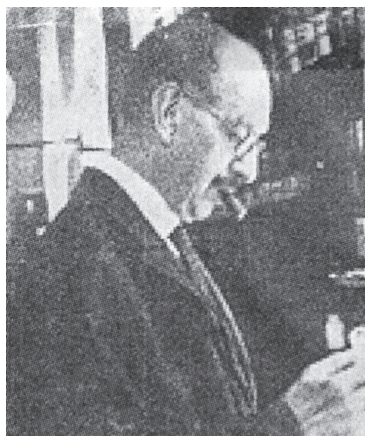


Otto Lehmann (1855-1922)

Lehmann 在收到 Reinitzer 寄給他的兩個樣品後，對其進行了測定，並確認了 Reinitzer 的發現：在 145.5°C ，物質變為霧濁狀液體，升溫至 178.5°C 變為清亮；降溫時，先變為藍色然後是霧濁狀，進一步降溫，變為紫色，最後變為白色固體。

異常的雙熔點現象發現不久，液晶的另一個基本性質——雙折射，也在許多有機物中發現。由於生物體內許多物質具有晶體才具有的雙折射現象，因此這種物質曾被稱為「活晶體」。

Lehmann 進一步對 Reinitzer 的膽固醇物質進行了細致的研究。他把液體中產生雙折射的部分解釋為晶體。當加上電場，發現形成類似單晶的白色網狀條紋，深入分析後，他寫信給 Reinitzer：「……我的結果符合你的觀點，即（膽固醇物質中）存在非常軟的晶體……它是完全均一的，你先前假定的液體是不存在的……晶體以這種被人們誤認為液體的軟物質的形式存在，必將引起物理學家的極大關注。」之後不久，他發表了題為「About Liquid Crystal」的文章。因而，Lehmann 也被稱為年輕的化學家、作家。



Ludwig Gatterman (1860-1920)



George Freidel (1865-1933)

1890 年，Ludwig Gatterman 在德國 Freiburg 合成了一些新的氧化偶氮苯化合物，發現也具有雙熔點現象。這是第一次得到已知結構的液晶，它的流動性要比 Reinitzer 得到的膽固醇結構的要大得多。Lehmann 對此非常興奮，稱它們為「結晶流體」。在 19 世紀 90 年代，Gatterman 和 Lehmann 不斷發表文章介紹他們的新發現，儘管直到 1922 年 G. Friedel 才提出這類物質及其相的分類和命名規則，但在 Lehmann 論文中使用的許多名詞術語，在現在液晶學中一直沿用。

1.1.2 液晶在液晶顯示器中的關鍵作用

1.1.2.1 以電子窗簾類比

目前液晶顯示器所用液晶的液晶分子幾乎都是棒狀的，液晶分子的典型結構如圖 1-1(a) 所示，它是直徑約 0.4nm，長約 2nm 的細長有機體。

這種液晶分子一般由如圖 1-1(a) 所示的四部分，即作為骨架的剛硬部分（聯苯）、柔軟的尾部（戊基）、二者間的連接部分（烷叉基）和極性基（氰基）組成。剛硬的骨架部分保證液晶分子按一定的規則排列（圖 1-1(b)），柔軟部分利於液晶分子的運動，極性基則提供電場作用下的轉矩。

當這種液晶材料被夾於兩個電極之間時，在兩電極間所施加電壓的作用下，液晶分子縱向排列；無電壓時，液晶分子橫向排列。若以圖 1-2 所示的電子窗簾類比，當電壓 ON 時，窗簾打開（圖 1-2(b)）；電壓 OFF 時，窗簾封閉（圖 1-2(b)）。這樣看來，液晶分子所起的作用與窗簾（產生電子窗簾作用）十分類似。

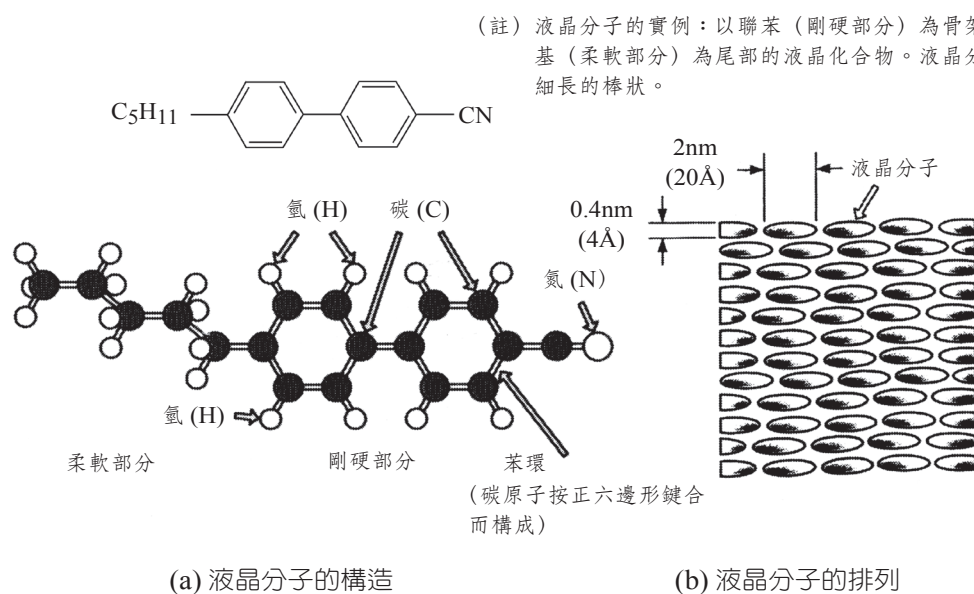
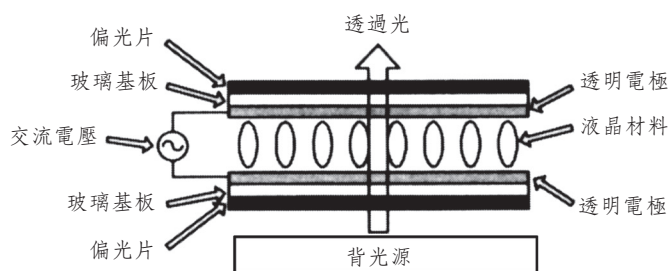
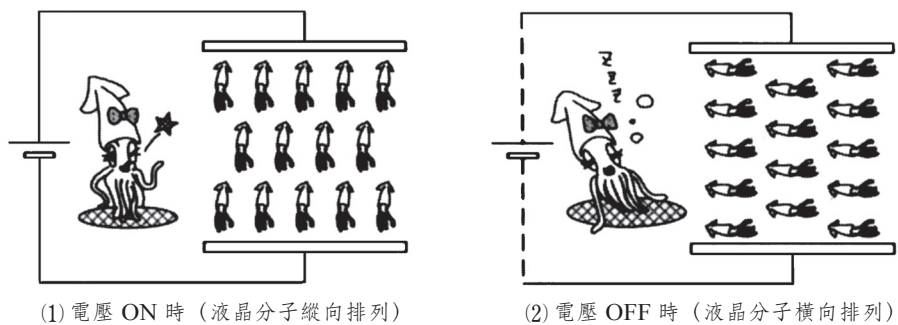
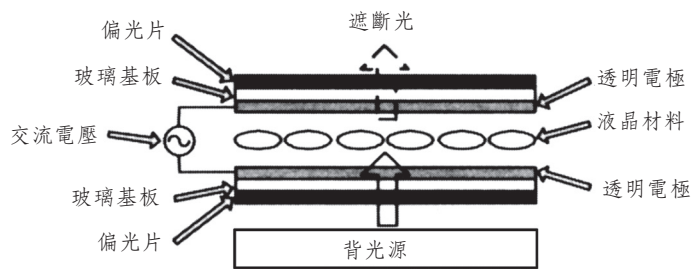


圖 1-1 用於液晶顯示器的液晶材料的分子結構

TFT 液晶顯示原理與技術



(a) 施加電壓時（電子窗簾打開）



(b) 不施加電壓時（電子窗簾關閉）

圖 1-2 產生電子窗簾作用的液晶分子

在液晶顯示器中，液晶材料的使用量是極少的。對於 12 吋（畫面對角線為 30cm）液晶顯示器來說，大約是 230mg，若一滴眼藥按 50mg 計，僅僅是 5 滴眼藥的程度。

液晶材料用量是如此之少，卻又產生著不可替代的作用，足以看出液晶對於液晶顯示器的重要性。

1.1.2.2 對液晶材料要求的特性

液晶顯示器中使用的液晶材料，需具備下述特性，而為了改善視覺特性，以獲得便於觀看且賞心悅目的液晶顯示器，所述項目也是進一步開發提高的重點。

1. 電壓：降低驅動電壓，減少功耗；
2. 溫度：擴大從低溫到高溫穩定的工作溫度範圍；
3. 黏滯性：對應動畫顯示等，響應特性的改善；
4. 折射率：調整色調，以獲得鮮艷且白色純正的顯示效果；
5. 改善開關 ON/OFF 的響應特性，提高對比度等。

為滿足上述多方面的要求，對於實際用於液晶顯示器的液晶來說，一般是以酯系、聯苯系、蒽系液晶母材為基礎，由多種材料調合而成的。

關於新型液晶材料的開發，請見 8.4 節及 9.4.4 節。

1.1.3 液晶顯示器的發明

1.1.3.1 液晶顯示器是科學和技術進步的產物

在 G. Freidel 之後，液晶研究暫時進入低潮，也有人說，1930～1960 年期間是液晶研究的空白期（見表 1-1）。究其原因，大概是由於當時沒有發現液晶的實際應用。但是，在此期間，半導體電子工學卻獲得長足進展。為使液晶能在顯示器中應用，透明電極的圖形化以及液晶與半導體電路一體化的微細加工技術必不可缺。隨著半導體工學的進步，這些技術早已不在話下。

表 1-1 與液晶相關的科學和技術的發展史^①

	液晶的歷史	液晶顯示器的發展史	半導體電子學的發展史
1880	• 液晶的發現 (1888 年)		
1920	• 液晶基礎研究的黃金時代		• 量子力學的形成 (1925 年)
1930			
1940	• 液晶研究的空白時代		• 三極體的發現 (1947 年) • 從真空管電路向半導體電路的轉變 • 透明電極的開發 (1950 年代)
1950			• 半導體積體電路的發現 (1958 年) • 微影技術的進步 (1960 年代)
1960	• Williams 的發現 (1963 年)	• Heilmeler 發表液晶顯示器 (DS 型) (1968 年) • 液晶手錶 (1971 年) • 液晶計算機 (1973 年)	• 微處理器的發明 (1970 年)
1970			• 調製解調器的發明 (1980 年) • 游標的發明 (1985 年)
1980			• 網際網路的推廣與普及 (1989 年起)
1990		• 液晶筆記型電腦、監視器、手機、電視等 (1990 年代)	

註 ①：請繼續見圖 1-7。

20 世紀 40 年代，開發出矽半導體，利用傳導電子的 n 半導體和傳導電洞的 p 型半導體構成 pn 介面 (pnjunction)，發明了二極體和電晶體。在此之前，在電路中為

實現從交流到直流的整流功能，要採用二極體，而要實現放大功能，要採用電晶體。這些大而笨重的元件完全可以由半導體二極體和電晶體代替，不需要向真空中發射電子，僅在固體特別是極薄的膜層中，即可實現整流、放大功能，從而電子回路實現了小型化。

接著，藉由光加工技術實現了包括二極體、電晶體在內的電子回路圖形的薄膜化、超微細化。這種技術簡稱為微影（**photolithography**）。**photo** 即光，**lithography** 意為石版畫。**photolithography** 除表示照相技術之外，還有在像石頭那樣的硬板上利用光加工製作「岩畫」的技術。20 世紀 60 年代，隨著半導體積體電路（**integrated circuit**）技術的進展，電子設備實現了進一步小型化。

上述技術進步，對於在液晶顯示裝置（**display**）中的應用是必不可少的。進一步隨著材料科學和材料加工技術的發展，以及新型顯示模式和驅動技術的開發，液晶顯示器獲得快速發展。

1.1.3.2 數字式液晶手表的最初嘗試

1968 年，任職於美國 RCA 公司的 G. H. Heilmeier 發表採用 DS（**dynamic scattering**，動態散射）模式的液晶顯示裝置。在此之後，美國企業最早開始了數字式液晶手表實用化的嘗試。

此前的手表，以圓盤指針顯示方式為主流，而在所有機器設備都向電子化發展的潮流中，手表實現數字化當然是眾望所歸。

1971 年 5 月美國 Optel 公司，1972 年 Microma 公司先後將採用 DS 模式液晶顯示的數字式電子手表推向市場。但是，兩公司推出的產品在液晶品質和壽命方面都存在問題，不能長時間使用，而且還存在驅動電壓高、響應速度慢等問題。

與之相對，日本的精工集團為了解決上述問題，不是採用 DS 模式，而是採用 TN 模式（圖 1-3），成功地實現了實用化。

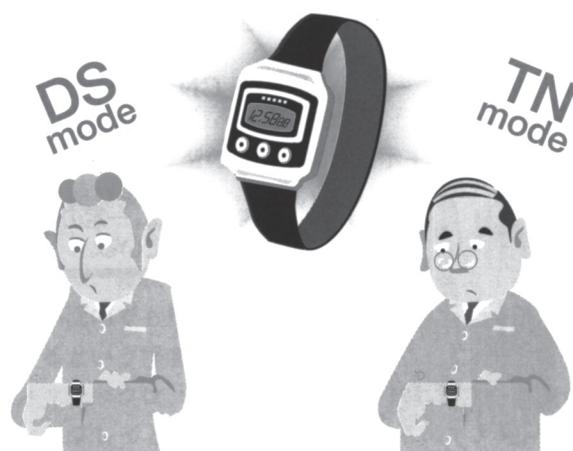


圖 1-3 液晶手錶很快就由 DS 模式轉變為 TN 模

1.1.3.3 精工最早開發出實用性數字式液晶手錶

幾乎與美國在同一時期，在日本由精工集團也對液晶顯示的數字式電子手錶進行了開發。1973 年 9 月，精工株式會社（當時為諏訪精工株式會社）將數字式電子手錶（06LC）推向市場，市場量為數萬支。應特別指出的是，精工集團採用的並非 DS 顯示模式，而是 TN（**twisted nematic**，扭曲向列）顯示模式。

TN 模式是沒有電流流過的顯示方式（見 2.3.5 節），因此耐久性顯著提高，功率耗損也小，即使不更換電池也能連續使用 1.5 ~ 2 年（圖 1-4）。當時的開發負責人山崎淑夫指出：「由於在美國未開發成功，能否實現實用化心裡著實不安，但完美地透過基本特性檢測及加速壽命試驗之後，頓時增強了成功的信心。即使如此，由於當時液晶的工作溫度範圍窄，在 0 ~ 70°C，實現在冰點以下的顯示仍然是有待解決的課題。」

1.1.3.4 卡西歐與夏普對液晶電子計算機開發的早期競爭

20 世紀 70 年代，在電子計算機產業展開了激烈的降價競爭。1972 年卡西歐計算機公司發表 6 位小型計算機「CASIOMINI」（圖 1-5），售價 12,800 日圓，在業務用計算機售價 5 萬日圓的當時，前者的總價格令人驚異。一個月賣出 10 萬台！僅用一個廣告「手持式計算機，CASIO MINI！」，而一躍成為最熱銷商品。受此衝擊，夏普不得已讓出計算機的頭號交椅。