

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

壓電驅動噴液晶裝置設計與製造-應用於高解析顯示器製程

(1/3)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2212-E-002-038-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立臺灣大學機械工程學系暨研究所

計畫主持人：張所鉉

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 92 年 5 月 29 日

## 一、研究計畫中英文摘要及關鍵詞

### 1. 計畫中文摘要

**關鍵詞：**噴墨頭、壓電驅動噴液晶裝置、準分子雷射、液晶、液晶顯示器、彩色濾光片

本計畫的目標是完成壓電驅動噴液晶裝置的設計與製作，並完成噴液晶(Liquid crystal, LC)與檢測技術。壓電驅動噴液晶裝置最大的特點在於可一體成型，加上成本相當低廉。且用大量製造上之優勢，以期達成高精密度、高解析度及良好動態性能要求的壓電驅動噴液晶裝置。本計劃主持人累積多年研發經驗，為達到壓電驅動噴液晶裝置最佳的效能，利用分析方法來找尋最佳的尺寸之設計方式。以多層層疊、低溫共燒(Low Temperature Cofired)及準分子雷射(Exclaimer laser)加工的方式，以達到精確控制壓電驅動噴液晶裝置尺寸的要求。並測試其性能，包括壓電致動層之形變大小、動態特性、整體壓電式噴液晶裝置之整體工作頻率、觀測液滴形成、液滴速度、液滴大小及液滴碰撞至基材的過程等。

當完成壓電驅動噴液晶裝置的設計與製作，將發展此噴液晶裝置之應用技術，以液晶顯示器之液晶噴墨與檢測技術為應用目標，將進而完成 polyimide alignment layer 及彩色濾光片 (Color filter) 之噴墨與檢測技術，進而奠定開發如生物科技(Biotechnology)材料及藥之分散器、汽車引擎之燃料射出器、電子製程之焊錫、光連接器、光開關、光透鏡、平面波導及有機發光顯示器噴墨製程技術的基礎。

### 2. 計畫英文摘要(Abstract)

**Key words:** piezoelectric ink jet printhead, piezoelectric driven liquid crystal printing device, exclaimer laser, liquid crystal, liquid crystal display, color filter

The goal is to design and fabricate piezoelectric driven liquid printing device for liquid crystal printing. Using the methods of multilayer stack, low temperature Cofired and pattern by the exclaimer laser, piezoelectric driven liquid crystal printing can control the dimensions precisely. And test performances of piezoelectric driven liquid crystal printing including deformation displacement and dynamic characteristics of piezoelectric actuated layer, working frequency of the whole piezoelectric driven liquid crystal printing, and observing of forming, velocity and sizes of droplet, and the processes when droplets impact the substrate and get dried.

二、報告內容：請包括前言、研究目的、文獻探討、研究方法、結果與討論（含結論與建議）…等。若該計畫已有論文發表者，可以 A4 紙影印，作為成果報告內容或附錄，並請註明發表刊物名稱、卷期及出版日期。若有與執行本計畫相關之著作、專利、技術報告、或學生畢業論文等，請在參考文獻內註明之，俾可供進一步查考。

### 1.研究目的

液晶顯示器(Liquid crystal display, LCD)具備輕薄短小、重量輕、高解析度及低輻射特性的，被公認為是此一世代的成熟應用平面顯示器。且現已開發出廣視角、高對比技術，顯示器效能大為提昇，因此目前全球有相當多家廠商投入研發與製造。其應用領域包含小尺寸的電子錶、計算機、收音機、電子儀表板等，大尺寸高階產品則有筆記型電腦顯示器，預計將來更會成為桌上型電腦顯示器的主流。

目前第四代液晶顯示器製程中，玻璃基板尺寸將達到 1m 之長面版，於此製程中真空製程設備相當昂貴。因此，於 2001 年於日本展出噴墨技術(Ink-jet printing technology)於薄膜電晶體液晶顯示器，目的為大幅降低製程設備成本。

製造發光二極體上，噴墨法相較於旋鍍法的優勢[1]在於旋鍍法要製成全彩顯示器、高解析度、大面積、低材料損耗、廣基材選擇性、均勻單一像素發光效應及簡單製程等優勢。

另外，噴墨法除了在新型顯示器的開發，如液晶顯示器中液晶置放、polyimide alignment layer 及彩色濾光片(Color filter, CF)製程之外，亦可應用於生物科技材料[2]、藥之分散器[3]、汽車引擎之燃料射出器、電子製程之焊錫 [4,5]、光連接器(Optical interconnects)[6]、光開關(Optical switch)[6]、光透鏡 [6]、平面波導(branching waveguide)[6]等重要新與製造產業上。

本計畫綜合以上所述，及鑑於噴墨技術在新的高附加價值高科技產業應用的重要，在我國學術機構於噴墨法之製造技術、量測技術、整合技術迅速發展大幅提昇及噴墨頭關鍵技術掌握在國際大廠情況之際，對新型噴墨頭研發和液晶顯示器之噴墨法製程進行相關之研究，實為一刻不容緩且十分重要的事，進而奠定研發相關噴墨應用技術之基礎。

### 2.研究方法與成果

#### a.單噴孔噴墨頭之 MEMCAD 液滴動態特性分析。

#### 設計參數對噴液狀態的影響之研究

在噴墨頭尺寸及驅動波型的設計上，本計畫使用 MEMCAD 套裝軟體，利用

田口式的實驗設計與參數分析法，對噴墨頭主要的各個尺寸參數及驅動參數訂定合理的水準，並對各水準的組合進行模擬，進行平均值分析(ANOM)，即能觀察各參數在水準範圍內的影響力，並依此，作為設計噴墨頭尺寸的依據。

設計參數的選取如圖 3-1 所示，共有壓力艙寬度、深度、噴孔片厚度、噴孔直徑、壓力艙體積總減少量及減少率等。觀測的目標為液滴的尺寸及速度，經模擬後，即能估計各設計參數對液滴速度與尺寸的影響。

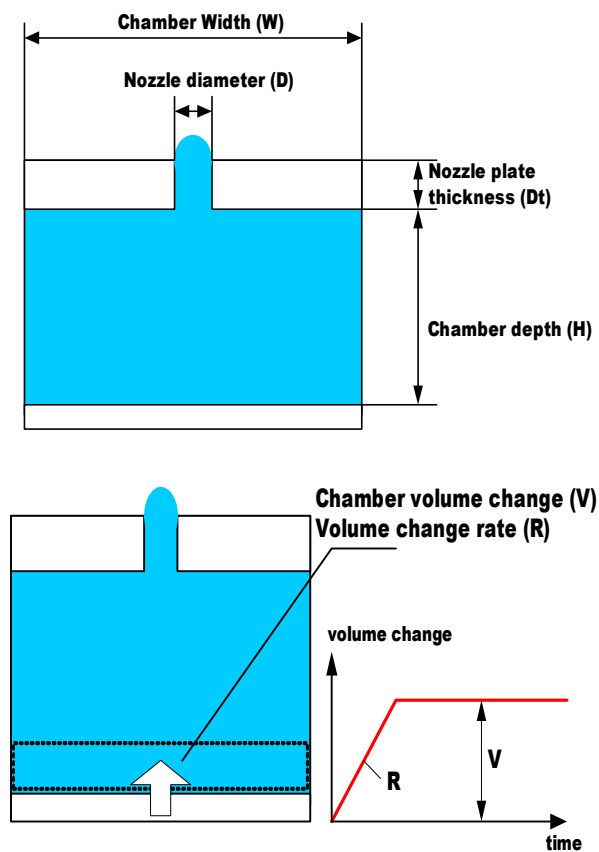


圖 3-1 噴墨頭設計參數示意圖

由於預期噴孔直徑的參數將是非常主要的效果，故將與其他因子分開討論，以防止因子效果被忽略。在參考實際已有的噴墨頭設計與製程可行的尺寸後將噴孔直徑設定為  $30 \mu\text{m}$ ，可以設定如表 3-1 的各參數水準範圍。

表 3-1 各參數水準表

壓力艙寬 (W)	壓力艙深(H)	噴孔板厚 (Dt)	壓力艙體積減少量(V)	壓力艙體積減少率(R)

水準 1	150 $\mu$ m	100 $\mu$ m	10 $\mu$ m	18.5 pl	3.7 $\mu$ l/s
水準 2	500 $\mu$ m	500 $\mu$ m	50 $\mu$ m	37 pl	7.4 $\mu$ l/s

依上述的水準設計一組  $L8(2^7)$  的直交表，進行田口式實驗，選用各實驗所之參數水準。目標的觀測值目標為液滴的最大速度與最小體積。

### 電腦 CAD 模擬噴液過程

MEMCAD 模擬的結果，如圖 3-2 所示，由圖形，即可得到射出液滴的體積和速度，

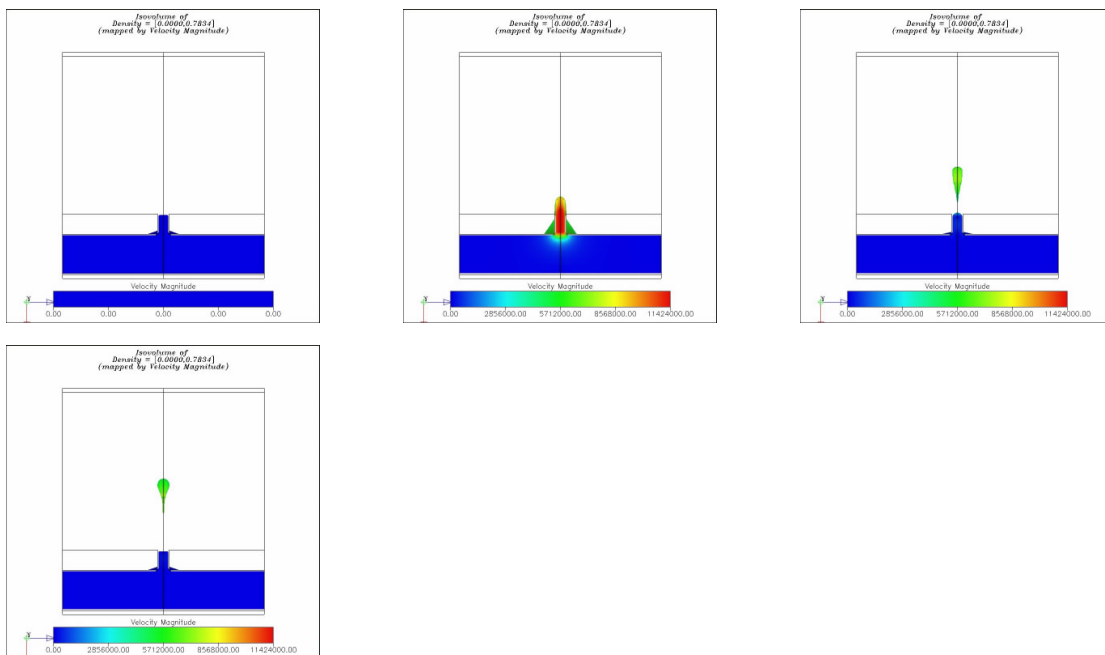


圖 3-2 CAD 模擬結果示意圖

模擬所得的數據，經整理，由因子平均分析(Analysis of Mean)，可得到各因子之效果圖。液滴尺寸及速度在此分開討論，所得之液滴速度及尺寸效果圖，表示於圖 3-3 中。其中，每一條直線代表單一因子在兩水準之間所造成的觀測值變化。

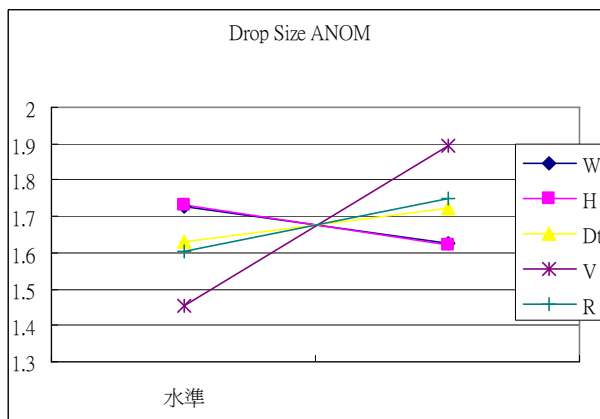
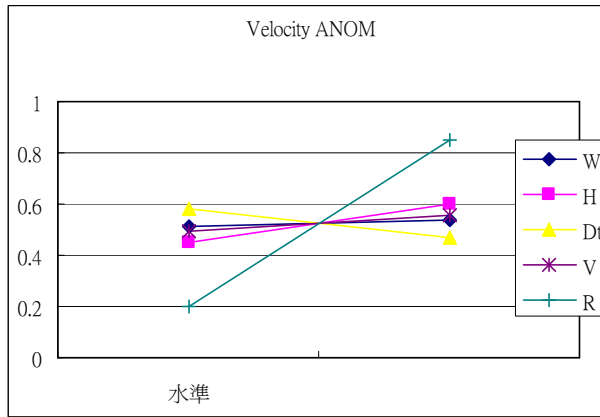


圖 3-3 噴墨頭液滴速度(左)及尺寸(右)因子效果圖。

### 噴孔孔徑對噴液狀態的影響

利用 CAD 模擬保持其他尺寸參數相同下，改變孔徑的噴墨頭設計，即可得到噴孔尺寸對噴液性質的影響，其中重要的觀測值為最低的驅動波型參數，這是噴墨頭設計上重要的參考。在此研究噴孔尺寸範圍由 30~80  $\mu\text{m}$ 。不同噴孔直徑下，固定驅動時間下，最低可產生液滴的壓力腔體積改變率  $R_L$  如圖 3-4 所示，可發現，最低驅動速度可以一比例式(3.1)做估計。

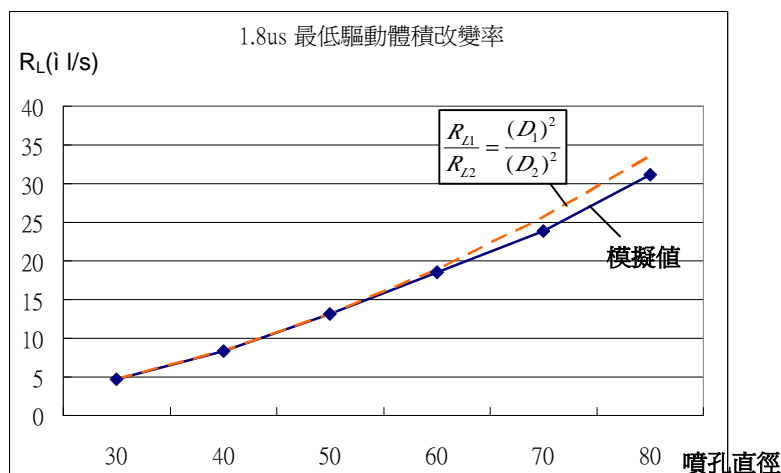


圖 3-4 不同噴孔直徑下，固定驅動時間最低可產生液滴的壓力艙體積改變率

$$\frac{R_{L1}}{R_{L2}} = \frac{(D_1)^2}{(D_2)^2} \quad (3.1)$$

#### b. 厚膜壓電結構製程

壓電厚膜致動、結構層製作，採用材料領域之低溫共燒陶瓷技術 (Low Temperature Cofired Ceramic Technology) 利用壓電粉末加入溶劑、黏著劑、塑化劑及分散劑。和成壓電泥漿後，用刮刀法(Doctor Blade Technique)方式均勻地將泥漿刮成所需壓電致動、結構層。加溫燒結前，需先測得壓電層於升溫過程中，所發生放熱及吸熱之情形，以判定所需施加升溫燒結的曲線。最後需放於高溫爐加溫，使得溶劑、黏著劑、塑化劑及分散劑此有機成分揮發，並同時使得壓電生胚於達到燒結溫度時能夠融熔而緻密化。再經過極化過程，使得壓電分子能夠有同一方向之偶極角度，使整體壓電層的壓電形變效應能達到最大，進而讓噴液裝置之噴液效能更佳。製作流程如圖 3-1 圖所示。

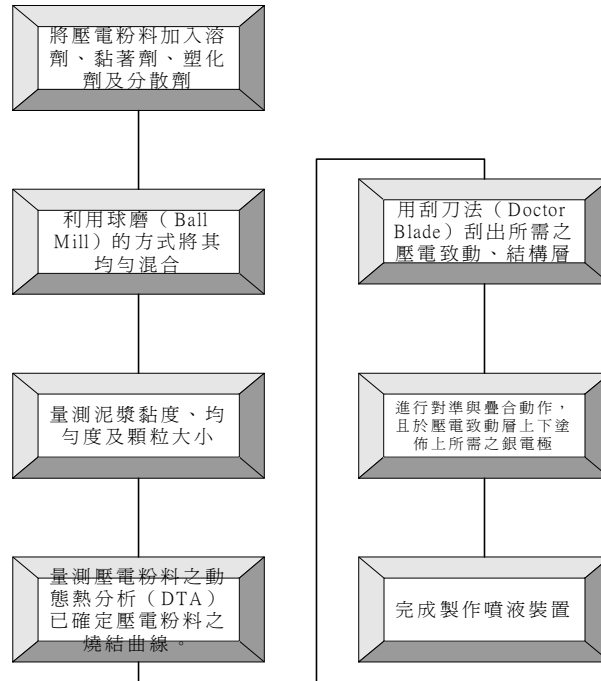


圖 3-5 厚膜壓電致動、結構層及噴液裝置製作流程圖

### c. 厚膜壓電之極化

本實驗進行極化的步驟極化實驗示意圖如圖 3-6 所述，是將壓電片置入恆溫矽油槽中，其溫度維持在 100 左右，施以 42 kV/cm 的電場加以極化，對於 120 μm 厚度而言，亦即施以 500 V 的電壓，極化時間約為 20 分鐘。而將壓電陶瓷片置入矽油槽中極化的目的是為了增加其極化過程的穩定性，因為矽油的介電強度 (dielectric strength) 比空氣高，可防止空氣分子的離子化而產生的放電現象而破壞陶瓷體。同時在液體介質中溫度的均勻性較好。

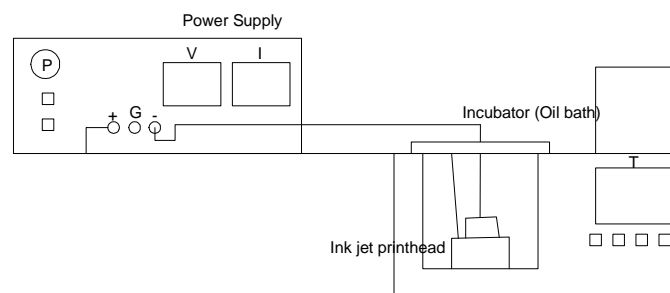


圖 3-6 極化裝置示意圖

極化之效果使用 RT-66A 量測裝置測量其磁滯曲線如圖 3-7 所示，其中可讀得飽合極化值、剩餘極化值和矯頑電場，比較左右兩圖，即可觀察到極化前後壓電性質明顯的差異，比較剩餘極化值，可發現極化前後，極化量改變達約 117%。



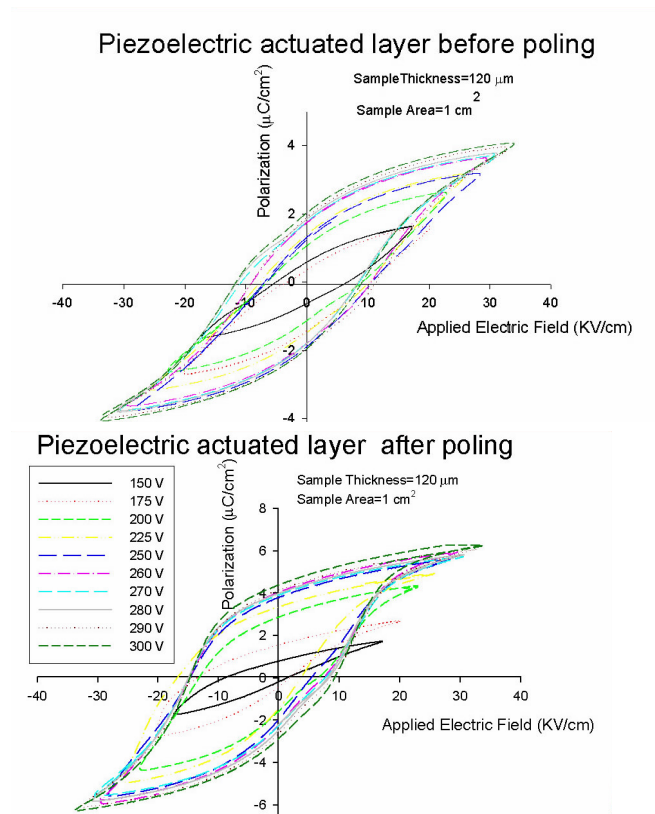


圖 3-7 極化前(左)與極化後(右)之磁滯曲線圖

#### d. 壓電厚膜致動器之性質測試

##### 壓電粉料的性質量測

由於壓電粉料來源為向廠商購買。為了確定壓電粉料的成分，必須經過成分的試驗。即利用 X-Ray Diffraction (XRD) 去量測粉末本身之成分。圖 3-8 即為量測其中壓電陶瓷燒結後的 XRD 圖。由圖 3-8 可以確定壓電薄膜之壓電特性的方向及各種成分含量之大小。

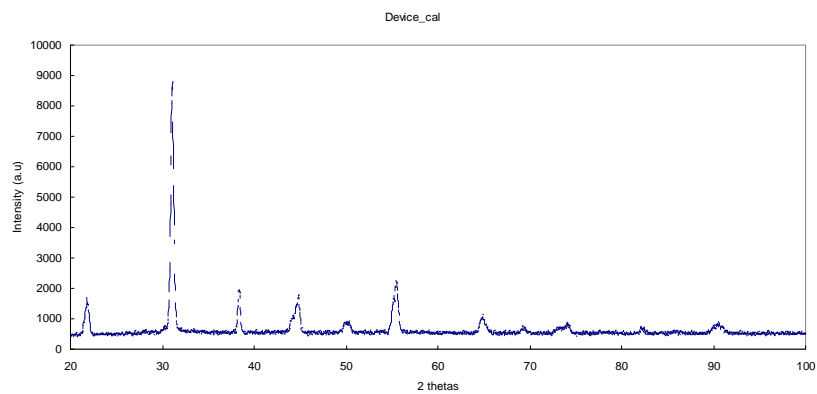


圖 3-8 所使用壓電粉料泥漿燒結後之 XRD 分析圖

### 燒結後之壓電致動層孔洞量測

利用 SEM 觀測壓電層的表面，由於陶瓷為多孔性物質，但若孔洞太大，會導致壓電性質相當差。圖 3-9 為 SEM 將所做出壓電致動層觀察分別放大 1000 與 5000 倍之表面情形。圖中可得知孔洞大小最大約 0.5 $\mu$ m 左右，均勻度佳。

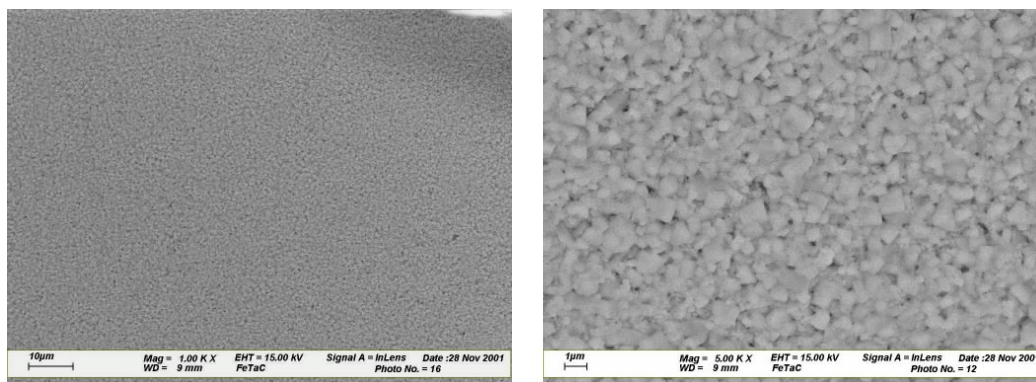


圖 3-9 放大 1000 倍(左)及 5000 倍(右)之壓電層表面 SEM 圖

### 燒結後之壓電陶瓷與電極狀態

壓電層表面上孔洞大小會影響壓電噴液裝置製作上之成敗。若孔洞較大會影響電極材料和壓電致動層之間交互作用較大，而所使用的電極材料（銀鈀膠）亦可能因為含有有機物參雜其中，使得材料在高溫下，導致壓電致動層被銀鈀膠材料破壞其壓電性。在此使用掃描式電子顯微鏡(SEM)觀察裝置截面，如圖 3-10 所示。其中，此一試件上電極未經燒結為製程最後手工塗上，故結合和均勻度較不理想，下電極則結合正常，壓電陶瓷並未破壞，而電極也沒有因為燒結而失去原來的型狀。

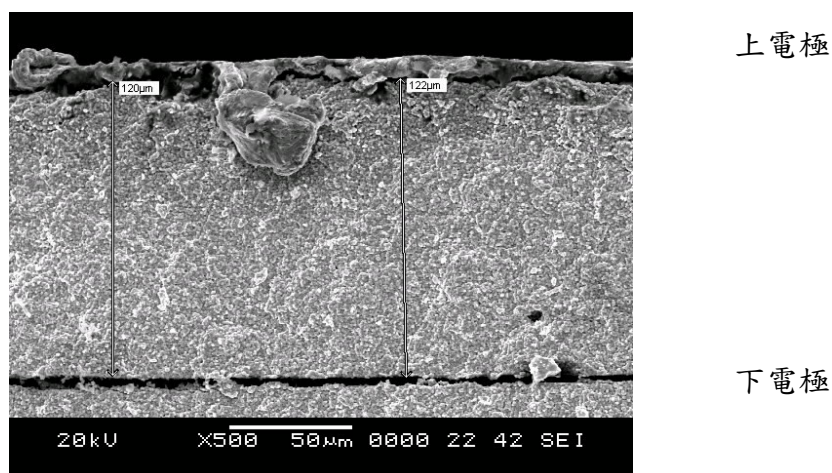


圖 3-10 掃描電子顯微鏡觀察銀鈀電極與陶瓷之截面圖（500X）

## 動態特性量測

動態特性採用 HP-4194 阻抗分析儀，HP-4194 可以在定頻率範圍內，量測各頻率下之阻抗值，可以用來量測壓電致動層結構的共振模態以及機電耦合效率。測試結果示於圖 3-11，共振頻率約 12 KHz，而機電耦合效率可達 0.7。

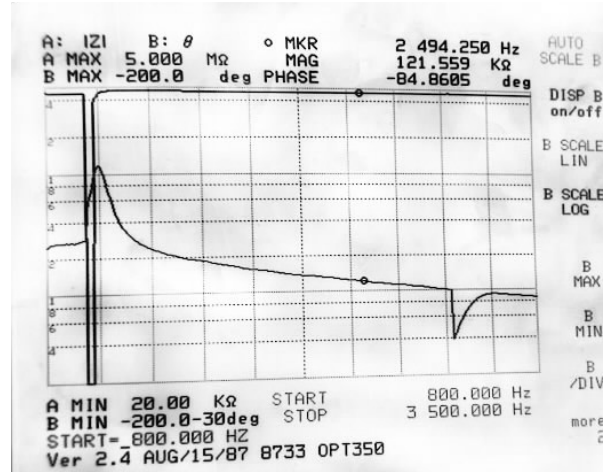


圖 3-11 噴液裝置之阻抗分析圖

## e. 液滴觀測設備之架設

由於超高速攝影機之價格過於昂貴，本研究之液滴觀測採用擬似的連續影像(pseudo-cinematographic visualization)的拍攝方法拍攝，主要的液滴觀測系統的架構與實體圖如圖 3-12 與圖 3-13 所示，拍攝方法為，持續地產生相同的液滴，藉由控制閃頻儀閃光頻率與液滴產生驅動訊號頻率同步，然後調整其間之時間延遲 (delay time)，如此液滴飛行與碰撞過程於觀察者所見則呈現慢動作的定格狀態。

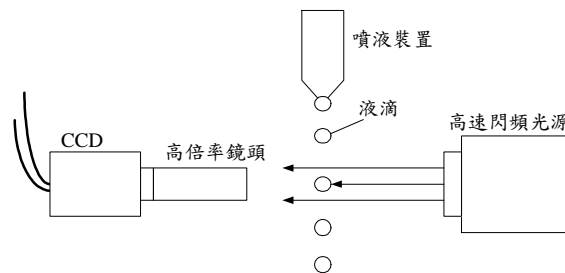


圖 3-12 液滴觀測系統架構示意圖

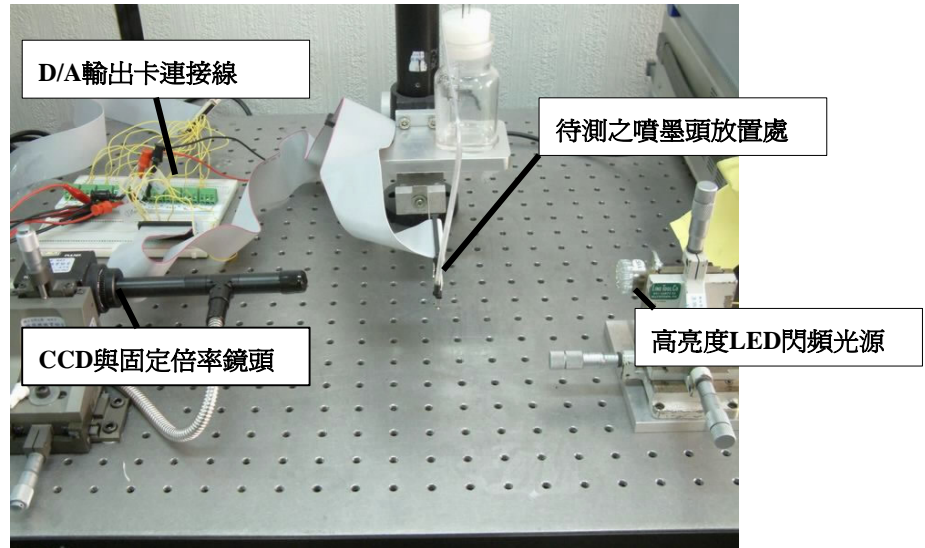


圖 3-13 液滴觀測系統實體圖

## Reference:

- [1] 陳文成，陳炳輝，張所鎡，1997，“熱氣泡噴墨頭噴出墨滴串發展之過程”，桃園縣，第十四屆全國機械工程學術研討會論文集, pp. 70-78.
- [2] P. Cooley, D. Wallace, B. Antohe, “Applications of Ink-Jet Printing Technology to BioMEMS and Microfluidic Systems,” Proceedings, SPIE Conference on Microfluidics and BioMEMS, Oct., 2001
- [3] D. Rose, “Microdispensing Technologies in Drug Discovery,” DDT, Vol. 4, No. 9, Sep., 1999, USA.
- [4] D. J. Hayes, D. B. Wallace, and W. R. Cox, “MicroJet Printing of Solder and Polymers  
for Multi-Chip Modules and Chip-Scale Packages,” IMAPS, 99, MicroFab Technologies, Inc.
- [5] D. J. Hayes, and W. R. Cox, “Micro Jet Printing of Polymers for Electronics Manufacturing,” IEEE, 1989
- [6] W. R. Cox, C. Guan, D. J. Hayes, and D. B. Wallace, “Microjet Printing of Micro-Optical  
Interconnects,” Int. J. of microcircuits & Elect. Packaging, Vol. 23, No. 3, pp. 346-351, 3rd Quarter, 2000