

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 液晶蒸鍍薄膜對放電圖形之影響研究

計畫類別：V 個別型計畫            整合型計畫  
計畫編號：NSC 89 - 2112 - M - 009 - 066        -  
執行期間：89 年 08 月 01 日至 90 年 07 月 31 日

計畫主持人：趙如蘋  
共同主持人：

本成果報告包括以下應繳交之附件：  
  赴國外出差或研習心得報告一份  
  赴大陸地區出差或研習心得報告一份  
  出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份  
  國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立交通大學電子物理系

中 華 民 國 9 0 年 1 1 月 2 8 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 液晶蒸鍍薄膜對放電圖形之影響研究

### Study of Dielectric Breakdown patterns with evaporated liquid crystal films

計畫編號：NSC NSC 89 - 2112 - M - 009 - 066 -

執行期限：89年08月01日至 90年07月31日

主持人：趙如蘋 國立交通大學電子物理系

計畫參與人員：許家榮 國立交通大學電子物理系

#### 一、中文摘要

利用蒸鍍法將少量液晶分子附著在導電玻璃表面並做成 Hele-Shaw 樣品盒以進行放電實驗。蒸鍍時間的長短造成其附著之液晶分子的多寡，同時也造成放電圖樣的差異。較長時間蒸鍍之樣品其放電圖樣呈現枝狀與彎曲結構，其情形相似於充滿液晶之 Hele-Shaw 樣品盒放電所得之結果。此外，蒸鍍樣品之放電圖形只出現在與電壓源負極連接之導電玻璃表面。

關鍵詞：蒸鍍法、Hele-Shaw 樣品盒、放電圖樣

#### Abstract

We study the dielectric breakdown with Hele-Shaw cell, which has small amount of evaporated liquid crystals on the conductive surface. There are differences on dielectric breakdown patterns when the glass plates are evaporated with different length of times. Evaporating with longer period, the dielectric breakdown patterns possess dendritic and wiggling structure, which is similar to the experimental results obtained from the cells filled with liquid crystals. On the other hand, the dielectric breakdown patterns only appear on the glass plate surface connected to the negative end of the power supply.

Keywords: evaporation, Hele-Shaw Cell, dielectric breakdown pattern

#### 二、緣由與目的

關於放電圖樣的研究中，利用網印與 ITO 蝕刻的方法，我們已經可以製成具備實驗條件一致性的實驗樣品，從實驗結果中我們可以解釋放電圖樣之結構與影響因素之關係[1-4]。我們將放電圖形做了分類，有幅射枝狀，盤繞狀，細枝狀，以及它們的組合。一般而言，液態之介電材料在放電過程中因劇烈反應而有氣泡形成的現象，這些氣泡會對放電圖形產生影響而造成實驗中難以掌握的變因。為了達到降低放電反

應的劇烈程度以及避免氣泡形成所造成的問題，我們利用蒸鍍法(Fig.1a)將液晶附著在導電玻璃表面以做成 Hele-Shaw 樣品(Fig.1b)。經 power supply 提供之直流電壓輸入至上下兩極之間進行放電實驗。附著於玻璃上之液晶份量多寡可以藉由蒸鍍時間長短或溫度的控制來決定。少量液晶附著可以降低放電過程中劇烈的反應，同時也沒有氣泡形成問題而影響放電圖形。

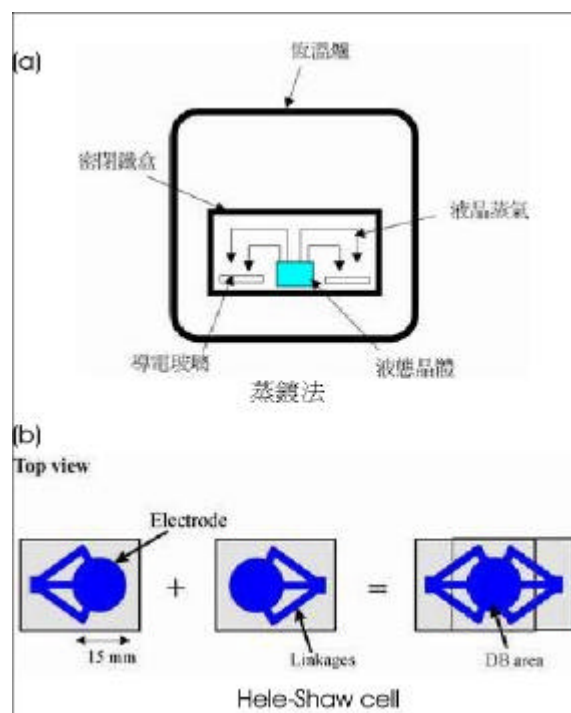


Fig.1(a)蒸鍍法示意圖(b)Hele-Shaw cell 示意圖。液晶加熱後部份蒸發，蒸汽附著在玻璃上形成一層液晶薄膜覆蓋在電極上。Hele-Shaw cell 由兩片固定間隔之玻璃組成，中間有流體介質。我們在玻璃上製作特定圖形之透明電極。介質包括液晶，空氣，以及液晶蒸鍍薄膜。上下兩電極重疊之區域即為放電區。

實驗裝置如 Fig.2 所示，CCD 記錄樣品在放電過程中之影像，我們可得知放電圖形之生長，同時經

由被擴束之 He-Ne laser 光及垂直之偏光器可得液晶方向隨時間之變化。示波器記錄放電過程之電壓與

電流值與時間之關係。放電完成後，有永久性之圖形留在玻璃表面上。

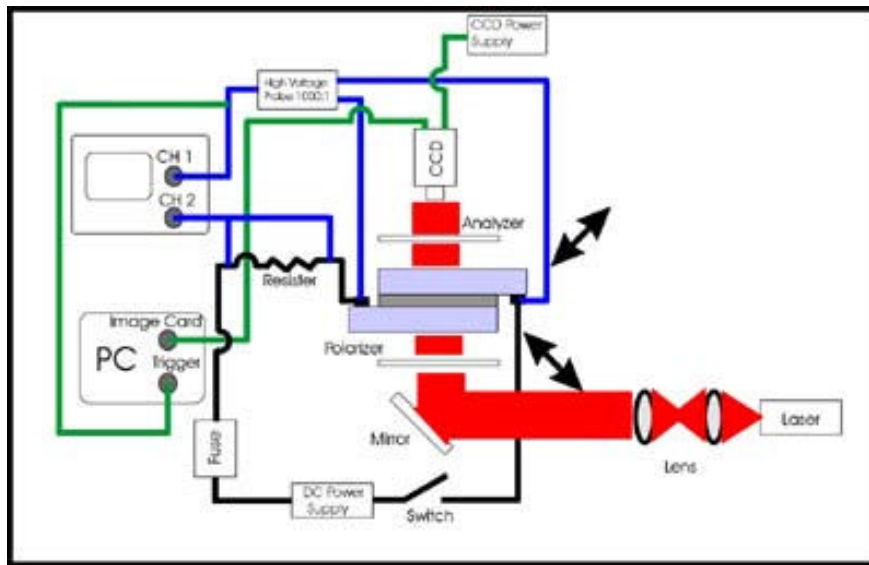


Fig.2 實驗裝置圖

### 三、結果與討論

Fig.3 表示五個不同蒸鍍時間的 Hele-Shaw 樣品以 300 volt 固定直流電壓所得之放電圖樣，其放電起始點皆發生在電極連通處附近。較短蒸鍍時間的樣品其放電圖樣為簡單的枝狀結構。蒸鍍時間較長的樣品其放電圖樣呈現枝狀與彎曲結構，此結果相似於之前充滿液晶之 Hele-Shaw 樣品所得之結

果。此外，放電圖樣僅出現在與負極電源連接的導電玻璃表面。這點是與液態樣介質不同，在液態介質的情形，圖樣同時留在正極與負極兩片玻璃表面。在蒸鍍液晶前，玻璃表面已經鍍了一層使液晶可平行配向之 Polyimide，如果放電圖形與液晶的方向有關我們應可觀查到。

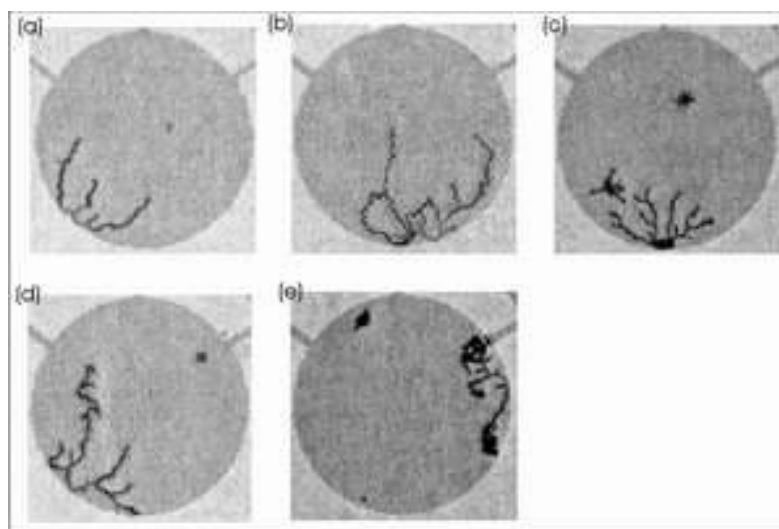


Fig.3 五個樣品以 polyimide 塗佈，放置於 50 烤箱中，蒸鍍時間分別為 30、60、90、120、180 分鐘(由 a 到 e)，以 300 volt 固定直流電壓所得之放電圖樣。

在蒸鍍液晶膜的 Hele-Shaw cell 放電過程中產生之電流與液晶 cell 有很大的不同。在 Fig.4 表示在相同的實驗條件下(300 volt 放電)兩個分別以蒸鍍法(Fig.4a)與充滿液晶(Fig.4b)之 Hele-Shaw 樣品其 V-T 與 I-T 曲線之差異，從 I-T 圖發現蒸鍍法之樣品其放電時間較充滿液晶之樣品短，亦即蒸鍍法之

樣品在放電過程中降低了反應的劇烈程度，此結果將有助於減少實驗過程中之變因。

在 Fig.5 所表示的是不同的 Hele-Shaw 樣品製作條件下所得到的放電圖樣，Fig.5a 是 ITO 表面不做任何處理且 Hele-Shaw 樣品中不填充任何介電材料(亦即只有空氣在導電玻璃之間)，以 500 volt 固定電壓放電，其放電圖樣巨觀上是放射枝狀結構，以顯微鏡做細部觀察可以見到每一枝狀結構是由更細微之結構所構成。Fig.5b 是在 ITO 表面塗佈 polyimide 且樣品中不填充任何介電質(僅有空氣)，以 300 volt 固定電壓放電，其放電圖樣呈現放射枝狀結構且無更細部枝結構產生。Fig.5c 是在 ITO 表面塗佈 polyimide 且以蒸鍍法將液晶分子少量附著所製作之樣品，以 300 volt 固定電壓放電，其放電圖樣呈現較粗的放射枝狀結構(與 Fig.5b 比較)。Fig.5d 是充滿液晶之 Hele-Shaw 樣品在固定電壓下所得之放電圖樣。

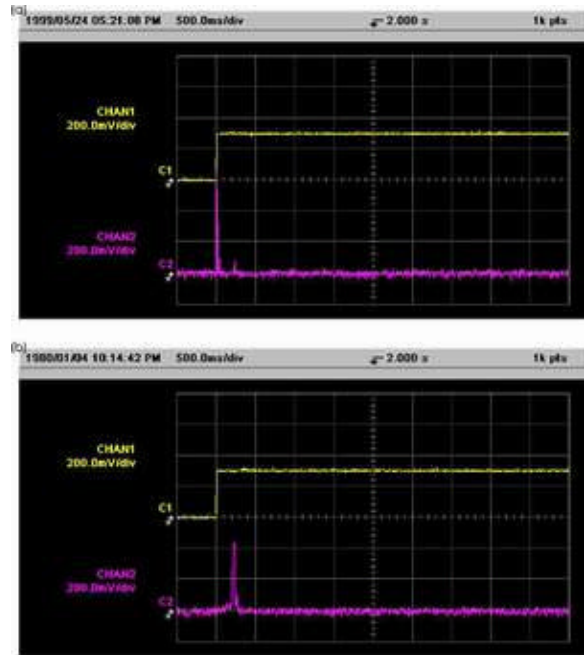


Fig.4 蒸鍍法製作之樣品(a)與充滿液晶樣品(b)在相同實驗條件(polyimide 塗佈, 300 volt 固定電壓放電)下之 V-T 與 I-T 曲線之比較，充滿液晶之樣品其放電時間較長(i.e.反應較劇烈)。(ch1 表示 V-T 曲線，ch2 表示 I-T 曲線)

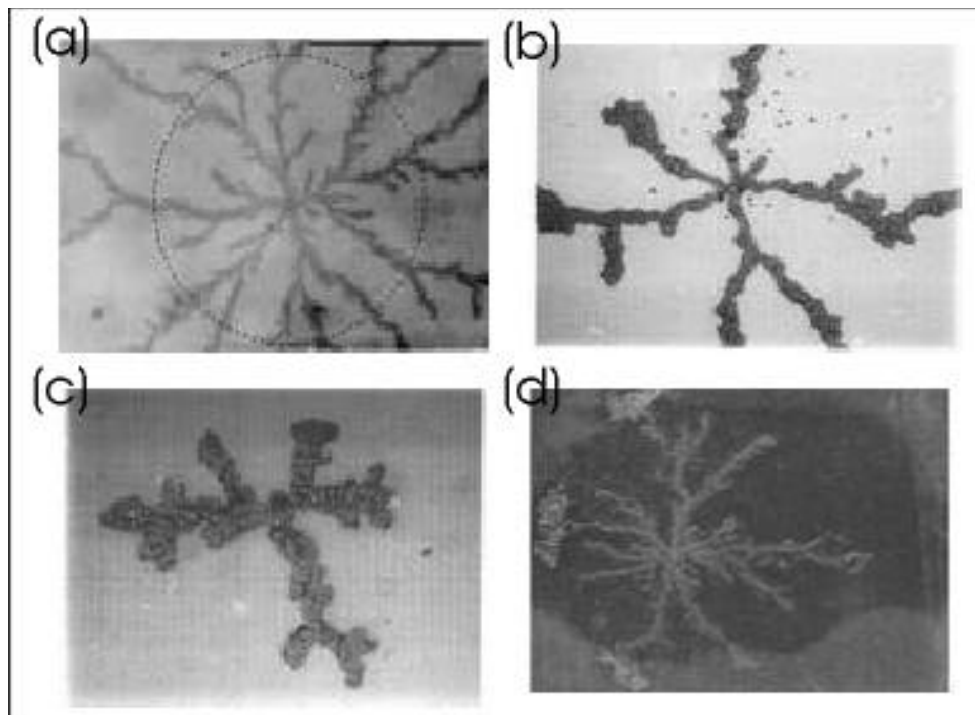


Fig.5 四種不同條件之 Hele-Shaw 樣品所得之放電圖樣比較。(a)ITO 表面不做任何處理之空氣 Hele-Shaw 樣品，以 500 volt 固定電壓放電。(b)ITO 表面塗佈 polyimide 之空氣 Hele-Shaw 樣品，以 300 volt 固定電壓放電。(c)ITO 表面塗佈 polyimide 且以蒸鍍法所製作之 Hele-Shaw 樣品，以 300 volt 固定電壓放電。(d)充滿液晶之 Hele-Shaw 樣品在固定電壓下所得之放電圖樣。

此外，在充滿液晶的 Hele-Shaw 樣品的放電過程中，我們觀察到 orientational wave 的現象(Fig.6)。

垂直配向之樣品放置於正交之偏光板之間，當放電開始時由於液晶分子之方向改變(可能是氣泡形成所造成的)造成 orientational wave 從放電起始點向外

傳遞，此現象在其他的液晶流體現象之實驗也有發現[5]。

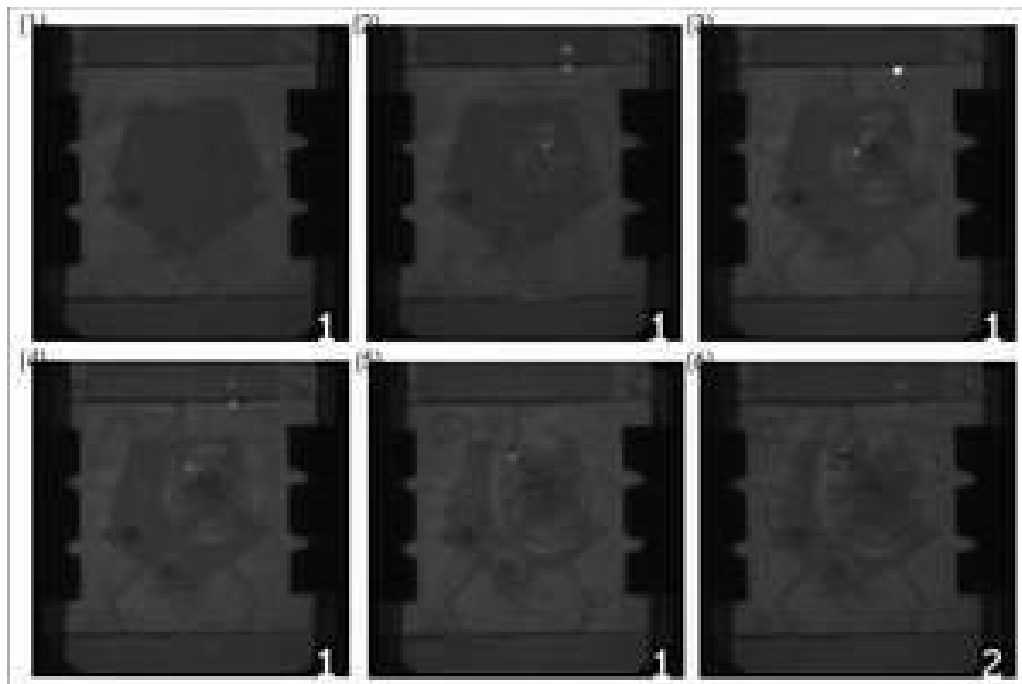


Fig.6 Orientational wave 現象。在放電開始時樣品出現十字暗紋與同心圓亮紋(在 Fig.6 (2)之中心右上區域)，亮紋隨著放電過程(1~6)從放電起始點向外傳遞。

從以上之實驗結果，以蒸鍍法製作 Hele-Shaw 樣品進行放電實驗確實可以降低放電反應的程度，且沒有氣泡形成的問題以致減少實驗變因。較長蒸鍍時間之樣品其放電圖樣類似於充滿液晶之樣品所得之結果(放射枝狀與彎曲結構)，表示少量的液晶分子附著與充滿液晶之樣品所得之結果是一致的。

#### 四、計劃自評

本計劃所提之工作均已完成，惟蒸鍍薄膜之厚度測量以利用橢圓一方法在探求中。雖有初步結果，但準確度人在改進中。

#### 五、參考文獻

- [1] L. Lam, R. D. Freimuth and H. S. Lakkaraju, "Fractal Patterns in Burned Hele-Saw Cells of Liquid Crystals and Oils", *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, Vol. 199, pp.249-255,1991.
- [2] R. P. Pan, C. R. Sheu, L. Lam, "Dielectric-Breakdown Patterns in Thin-Layers of Oils", *Chaos Solitons & Fractals*, Vol. 6, pp.495-509,1995.
- [3] C. R. Sheu, C. Y. Cheng and R. P. Pan, "Dielectric

breakdown patterns and active walker model", *Phys. Rev. E*, Vol. 59(2), 1999.

- [4] C. R. Sheu et al., "Analysis of dielectric breakdown patterns in parallel-plate capacitors", *Chinese Journal of Physics*, 38, 461, 2000.
- [5] J. T. Gleeson et al., "Propagation of excitations induced by shear flow in nematic liquid crystals", *Phys. Rev. A*, 44, 2588, 1991.