

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

液晶配向對液晶薄膜放電圖形及電光性質之影響研究

Alignment effect on dielectric breakdown and electro-optical properties of liquid crystal thin films

計畫編號：NSC 87-2112-M-009-010

執行期限：86年8月1日至87年7月31日

主持人：趙如蘋 教授 國立交通大學電子物理學系

一、中文摘要

我們觀察液晶分子方向性對 Hele-Shaw 樣品盒放電圖樣的影響，探討非各向同性的介電材料其放電行為是否也有方向性。我們也探討了溫度對放電圖樣的影響。

我們可以藉由外加電壓控制以液晶為夾層之光纖耦合器的耦合率，藉由不同配向更可以降低工作電壓。我們並討論耦合端的光強度變化與外加交流電壓的相位差，以瞭解液晶薄膜之反應時間。

關鍵詞：液態晶體、樣品盒、放電圖樣、光纖耦合器、液晶、配向

Abstract

Applying dc voltages to the Hele-Shaw liquid crystal cells with two pieces of glass substrate coated with various surface alignment materials, we study the orientational effect of liquid crystals to the dielectric breakdown patterns. We have also studied the temperature effect to the dielectric breakdown patterns.

We study the variable fiber coupler with liquid crystal interlayer controlled by varying the applied voltages. In this report we further show that the threshold voltage can be significantly reduced by changing the alignment orientations of the liquid crystals. The phase difference between the applied voltage and the coupled light intensity is also

studied.

Keywords: Threshold voltage, Liquid crystals, Hele-Shaw cell, dielectric breakdown pattern, fiber coupler, liquid crystal

二、緣由與目的

在本計畫中我們提出的研究包括了兩個主題：(A)液晶方向對放電圖形的影響，及(B)在具液晶之光纖耦合器中，液晶方向對其表現之影響。在本報告中、我們亦將針對此兩部份來報告。

(A)

我們已進行了許多放電圖形的產生及模擬的工作[Ref.1-2]。由於液晶分子具有隨電場變化而改變其方向性的特質，所以液晶薄膜與油類介電質之間的放電過程是不同的。利用配向的方法對液晶材料的方向性做控制，以觀察介電材料的方向性與放電圖樣的關係是本研究的主要目的。另外，溫度對介電質放電圖樣的影響也是我們所探討的。

(B)

我們對於以液晶為夾層之光纖耦合器做過一系列研究[Ref.4]：使用正介電異向差的液晶為夾層，會得到耦合率漸增趨勢的光纖耦合器；而使用負介電異向差液晶為夾層，則會得到耦合率漸減趨勢的光纖耦合器。我們亦探討在不同頻率及樣品厚度時，此光纖耦合器耦合率之改變。對液

晶樣品隨外加交流電場的頻率響應的部份，確定液晶在低頻下相位延遲現象。本實驗是以交流電壓及直流電壓作外加電場，調整電壓大小來觀察介電常數差不同的液晶樣品，在平行排列和 45° 排列不同的條件下其訊號耦合情形。採用平行排列之耦合器，需要較大外加電壓使液晶分子轉動，如果在製作樣品時先將液晶分子偏轉一角度，會得到臨界電場較小的耦合器。沒有臨界電場的 45° 排列更可使操作電壓降低約一個數量級。實驗中亦利用低頻的交流電壓或具有 Offset 的交流電壓源，繼續觀察液晶分子遲滯造成的相位延遲及振幅變化。

三、結果與討論

(A)

我們分別以 5CB 液晶與礦物油做為 Hele-Shaw 樣品盒的夾層，夾層厚度 $6\mu\text{m}$ 且電極皆為六連通圓形 ITO 導電膜。以固定電壓與漸緩增加電壓兩種方式進行放電實驗。所得結果分成五項敘述如下：

(一) 放電圖形之特性：

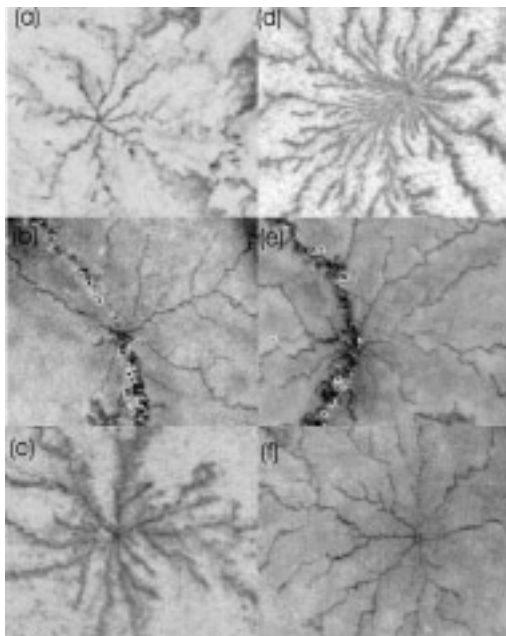


Fig.1 圖 (a) 至 (f) 皆是 5CB 液態晶體厚度 6 微米，六連通圓形 ITO 導電膜區域的樣品，以固定 400 V 電壓 (a-e) 與漸緩增加電壓 (f) 兩種方式進行放電實驗。(a) 以 MAP 為配向層但不滾刷的樣品，其液晶分子不呈均勻平行 (homogeneous) 排列，(b) 是以

Polyimide 為配向層，樣品無滾刷，(c) 與 (d) 則是以 MAP 為配向層且樣品經過滾刷，其液晶分子呈均勻平行排列，(e) 是以 Polyimide 為配向層且樣品經過滾刷過程，液晶分子呈平行排列，(f) 是以 Polyimide 為配向層且樣品經過滾刷，其液晶分子呈平行排列，放電時電壓為 275 V。所有放電圖形都是呈輻射對稱狀，而在末梢有彎曲的結構出現，但看不出樣品配向方式對放電圖形造成的影響。

在 Fig.1 中，我們顯示使用數種配向方法時的放電圖形。我們可看出配向材料對液晶夾層的放電圖樣影響不大，其圖樣對稱性明顯且分枝結構朝向連通位置發展，放電起始點周圍的放電圖樣分枝數目則有 6 至 8 個。放電圖樣的基本結構，在起始點附近為輻射狀，而在末梢則為彎彎曲曲的結構。

(二) 溫度的影響：

溫度影響放電圖樣分枝的粗細，但不影響其基本結構。Fig.2 為在一上下兩部份具有不同溫度之樣品上所得之放電圖形。以礦物油做夾層將六連通導電膜分成上下兩半，上半部以加熱片加熱至 100°C ，下半部則是室溫。我們發現上下兩半的圖形基本結構都一致，但在分枝的粗細與分枝末梢的彎曲程度上是不一樣的，在我們實驗的溫度範圍內，放電的起始點並沒有特別喜歡高溫區或是低溫區，分枝的發展也沒有刻意的朝高溫區進行而造成放電圖樣的不對稱性。

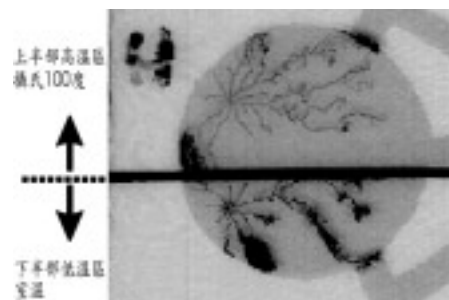


Fig.2 這是一個礦物油夾層樣品在兩個溫度不同區域固定電壓放電所得的圖形。以黑線為基準，上半部是 100°C 的區域，下半部是室溫區域，在高溫區與在低溫區的放電圖樣基本結構是一致的，但是圖樣的分支的粗細與彎曲程度則不同，高溫區的分支較細且彎曲較不明顯，低溫區則反之。

(三) 放電延遲現象：

以 MAP 配向的平行樣品中，多數的樣品都

有放電延遲的現象,這是以前礦物油介質放電所沒有的現象。Fig.3 為在放電過程中取得之電流與電壓隨時間之變化關係圖。

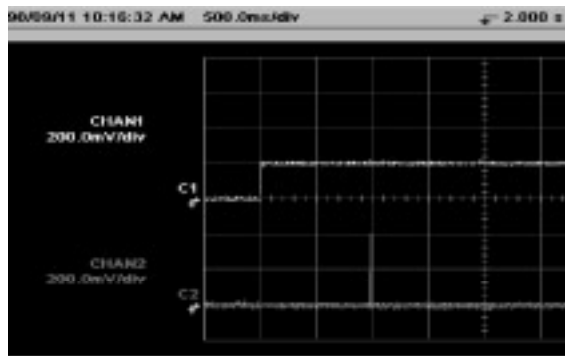


Fig.3 MAP 平行配向的樣品,固定電壓 (200 V) 放電。上面曲線為電壓,下面曲線為電流。我們可以看到在電壓啟動後約一秒時才發生放電現象。

(四) AWM模擬：

實驗的放電圖樣與 Active Walk Model [Ref. 3] 模擬圖形很相似。

(五) 電極長寬比之影響：

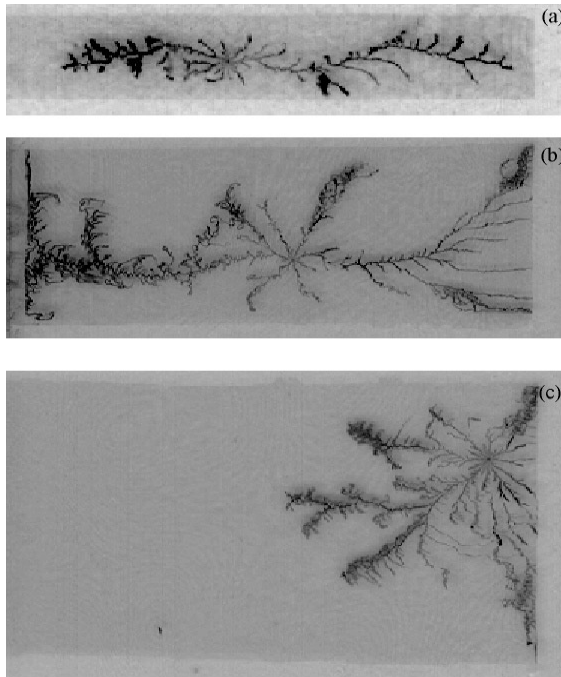


Fig.4 (a)至(c)分別是寬度 3mm,10mm 及 15mm 的矩形 ITO 導電膜所得到的放電圖樣。由於 ITO 導電區域是矩形使得放電圖樣的輻射形狀被破壞,但當寬度增加時,放電圖樣便恢復成輻射對稱形式。

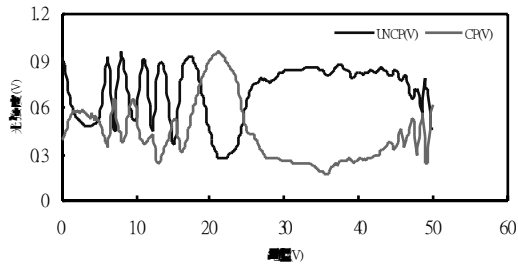
我們也利用改變導電膜形狀來造成放電圖樣的非各向同性。下圖是三個矩形 ITO 導

電膜在不同的寬度得到的放電圖樣,很明顯地可以看出其放電圖樣隨導電膜寬度的變化。

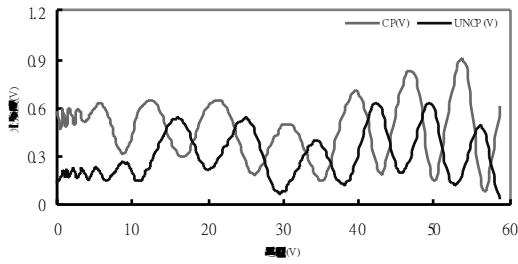
我們的結論有以下幾點：(一)所有放電圖樣的基本結構都是明顯的分枝與彎彎曲曲的結構組成,這些結構很顯然地與反應過程電流變化的情況有關。若是反應過程的時間短促,則其放電圖樣末期彎彎曲曲的現象較不明顯。若是反應過程時間較長,則其圖樣末梢的彎彎曲曲現象很明顯。(二)放電圖樣的 walkers 數大多為 6 至 8 個(以 6 個 walkers 的居多),因此,walkers 數是否與連通位置數有關,或是決定於介電層材料,或是與表面配向膜有關,這都有待進一步確認的。(三)在平行排列的液晶樣品中,其放電過程有放電延遲現象(電壓啟動後一段時間才放電)。此現象與 5CB 具有正介電異象差 (dielectric anisotropy) 因而有向電場方向旋轉之特性有關。我們猜想 5CB 平行電極時之介電強度較高不易放電。但當電壓啟動後液晶分子被迫轉向而形成垂直電極之排列,而降低其絕緣能力,放電因而發生。

(B)

光纖耦合器之實驗中採用厚度為 $6\mu\text{m}$ 的兩種耦合器樣品, 45° 排列的 BDH-18523 (介電異向差大於零) 液晶夾層耦合器及 45° 排列的 BDH-14627 (介電異向差小於零) 液晶夾層耦合器樣品。Fig.5 是外加電壓與光強度的關係,(a)的液晶材料是正介電異向差,所以耦合端一開始不出光,(b)反之。由圖中可看出不論是 18523 或 14627 的 45° 配向的樣品都沒有臨界電壓。



(a)



(b)

Fig.5 45° 配向耦合器在外加電壓下的耦合率變化。(a)18523、(b)14627

在交流電壓之下，由示波器上的圖形 (Fig.6，上方為電訊號，下方為光訊號) 可以明顯的看出三個現象：1、倍頻現象--耦合器輸出光訊號的頻率為外加電壓的兩倍。2、遲滯現象--耦合器輸出光訊號與外加電壓訊號之間存在著一相位差，隨著頻率增加相位延遲越大 (Fig.7，縱軸表示相位差、橫軸表示外加電壓的頻率)。3、衰減現象--耦合器輸出光訊號其振幅大小會隨著頻率增加而減小。

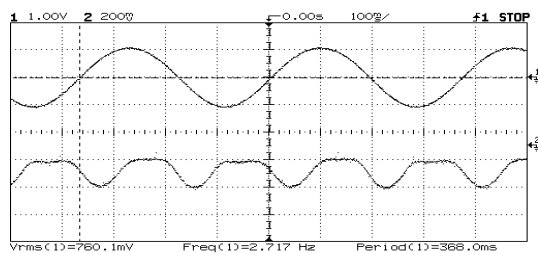


Fig.6 交流電壓下電訊號與光訊號的示波器圖形

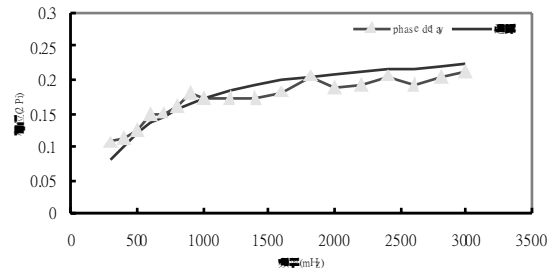


Fig.7 相位延遲與頻率的關係

四、計畫自評

本計畫所提之工作均已完成。溫度對放電圖形之影響部分將進一步做理論之探討。光纖耦合器部分則將朝向實際應用方向進行。

參考文獻

1. Ru-Pin Pan, Chia-Rong Sheu and L. Lam, *Chaos, Solitons & Fractals* vol. 6, pp.495-509, 1995.
2. 鄭敬彥, "平面電極放電圖形之分析及模擬", 國立交通大學電子物理研究所碩士論文, 1996.
3. Lui Lam and Rocco Pochy, *Computers in Physics*, vol. 7, p.534, 1993.
4. 王伯賢, 碩士論文, *The optical fiber coupler using liquid crystal layer and its time response to the applied ac voltage*, 1997.