

边界条件引起的胆甾相液晶 螺距变化对于阈值电压的影响

于天池 郭青山

(郑州工学院数理力学系)

接 要: 本文利用斜劈液晶盒研究了边界条件引起的胆甾相液晶螺距变化对于阈值电压的影响。并从理论上给予了探讨和解释。

关键词: 胆甾相液晶; 阈值; 斜错线

中图分类号: O734

早期的实验研究表明^{〔1〕}: 对于沿面平行排列的胆甾相液晶, 在沿螺旋轴的方向施加一低频交流电场, 当电压达到某一阈值时, 液晶产生电流体不稳定现象。这时, 在偏光显微镜下可观察到周期性的方格栅图案。Huranlt 采用 Helfrich 模型对此给出了理论解释^{〔2, 3, 4〕}。他指出阈值电压的平方正比于螺距数(即 $V_{th}^2 \propto n$)。然而, Helfrich-Hurault 理论仅适用于自然螺距的情况。

本文对胆甾相液晶电流体动力不稳定性阈值电压与盒厚及螺距数的关系进行了实验研究和理论探讨。

1 实验结果

在斜劈液晶盒中注入负性胆甾相液晶, 使其沿面排列, 胆甾层的厚度沿一个方向连续变化, 但由于在上、下两端指向矢的排列取向固定, 因此, 在玻璃片之间液晶的半螺距数必然是整数, 也就是说螺距数是量子化的。在

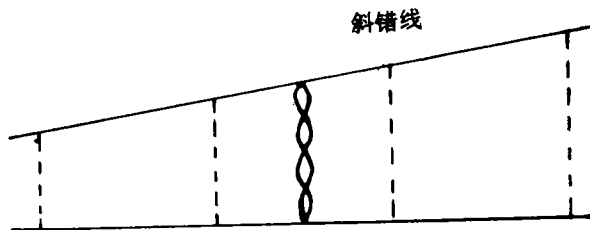


图1 斜劈胆甾液晶的 Grandjean-Cano 线

那些厚度刚好等于正常液晶半螺距整数倍的位置处, 液晶是处于正常的平衡状态, 但是在其它位置, 液晶的螺距不得不有所改变, 以适应边界条件的要求, 这就发生了形变, 于是产生如图1所示的斜错线。在两个相邻斜错线构成的直条纹区域内, 螺距数为常数, 但螺距 P 是变化的。在直条纹的中间有着自然螺距 P_0 。朝着宽边 P 增加, 在宽边处有 $d/p = (d/p_0 - 1/4)$, 朝着窄边 P 减小, 在窄边处有 $d/p = (d/p_0 + 1/4)$ 。

沿着螺旋轴方向给液晶盒施加一低频电场 $f = 10\text{HZ}$, 我们发现阈值电压产生的方格栅

总是先出现在直条纹的宽边, 然后随着电压的增加, 慢慢地扩展到窄边。

我们的实验结果表明: 阈值电压不仅与螺距数有关, 而且与边界条件引起的螺距收缩和伸展有关。自然螺距的收缩提高阈值电压, 自然螺距的伸展减小阈值电压。

进一步我们测量了阈值电压随盒厚及螺距数变化的关系曲线如图 2、3。

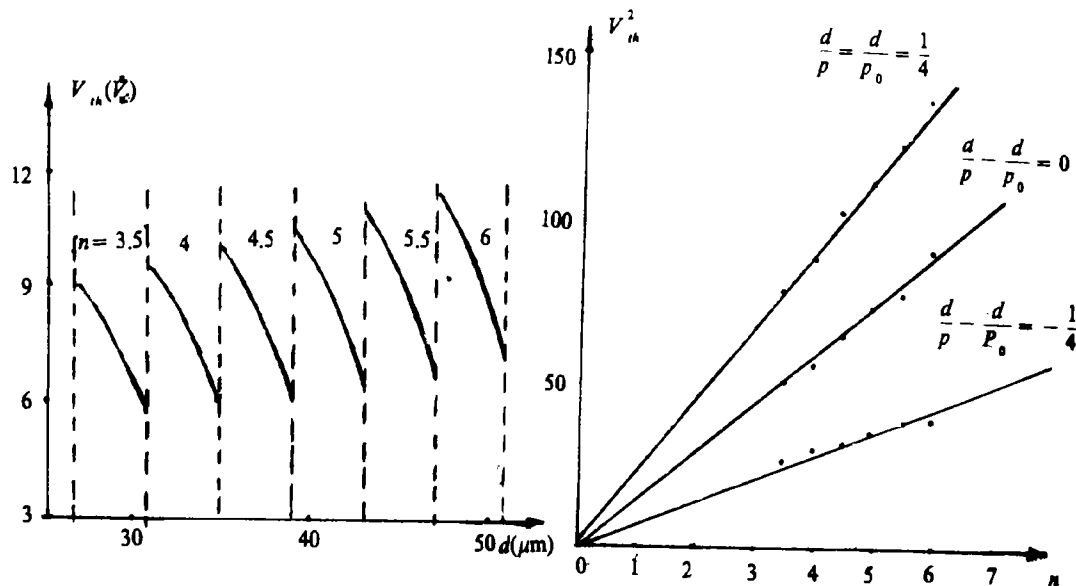


图 2 斜劈盒阈值电压与盒厚关系曲线 图 3 斜劈盒阈值电压与螺距数关系曲线

图 2 中的虚线对应于 Grandjean-Cano 线, 在这个地方两边螺距数变化 $1/2$ 。对于确定的 n , 在每个区域内阈值电压随盒厚减小, 在 Grandjean-Cano 线处阈值电压是不连续的。从图 3 可以看出: 在不同直条纹区域内的相同位置, 阈值电压的平方正比于螺距数 n , 这些直线可延续到原点, 但他们的斜率是不同的。

2 理论探讨

2.1 理论公式的建立

设胆甾相液晶的自然螺距为 P_0 , 考虑到边界条件的影响, 对应于某一厚度的实际螺距为 P 。在无电场作用下, 胆甾平面的位移为:

$$u(x, z) = u_0(z) + u_1(x, z) \quad (1)$$

其中 $u_0(z) = \frac{P - P_0}{P} z$ 表示由于边界条件引起的螺距收缩或伸展所产生的胆甾平面的位移;

$$u_1(x, z) = u_1 \sin \frac{\pi}{L} z \sin kx \text{ 是微扰}$$

设沿螺旋轴方向施加一电场:

$$E = E_0 \cos \omega t \quad (2)$$

根据 P. G. deGennes 理论^[5], 在粗粒近似下, 胆甾相液晶能量密度公式可写成:

$$F = \frac{1}{2} B \left[\frac{\partial u}{\partial z} - \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 \right]^2 + \frac{1}{2} \tilde{\kappa} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right)^2 - \frac{\epsilon_a}{16\pi} E^2 \left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 \quad (3)$$

$$\text{而 } B = k_{22} q^2; \quad \tilde{\kappa} = \frac{3}{8} k_{33}; \quad q = \frac{2\pi}{p}$$

从而我们可得到平均能量密度为:

$$\langle F \rangle = F_0 + \frac{1}{8} u_1^2 k^2 \left[B \frac{\pi^2}{L^2} \frac{1}{k^2} + \tilde{\kappa} k^2 - B \frac{P - P_0}{P_0} - \frac{\epsilon_a}{16\pi} E^2 \right]^2 \quad (4)$$

根据能最电小原则, 我们可求得:

$$k^2 = \sqrt{\frac{B}{\tilde{\kappa}}} \frac{\pi}{L} \quad (5)$$

从而得到阈值电压公式如下:

$$V_{th}^2 = V_{th_0}^2 \left[1 - \frac{4(P - P_0)n}{P_0} \sqrt{\frac{2k_{22}}{3k_{33}}} \frac{P_0}{P} \right] \quad (6)$$

其中: n 是螺距数

V_{th_0} 是 Helfrich-Hurault 理论中的阈值电压

当 $P = P_0$ 时, (6) 式化简为 Hurault 理论公式^[4]。

2.2 实验结果与理论公式的比较

实验中我们配制了 Exp.Mixture 3478 98% + CN2% + 0.01%, 四丁基溴化铵的大负性胆甾相液晶作为实验样品 (物理参数已知), 取 $f = 10\text{HZ}$, 得到斜劈宽边, 中间及窄边的阈值电压随螺距数变化的理论曲线如图 4 中的实线, 同时我们分别用三角, 圆点和圆圈给出了对应于劈直条纹窄边, 中间及宽边的实验点。这些实验结果与我们的理论公式基本符合。

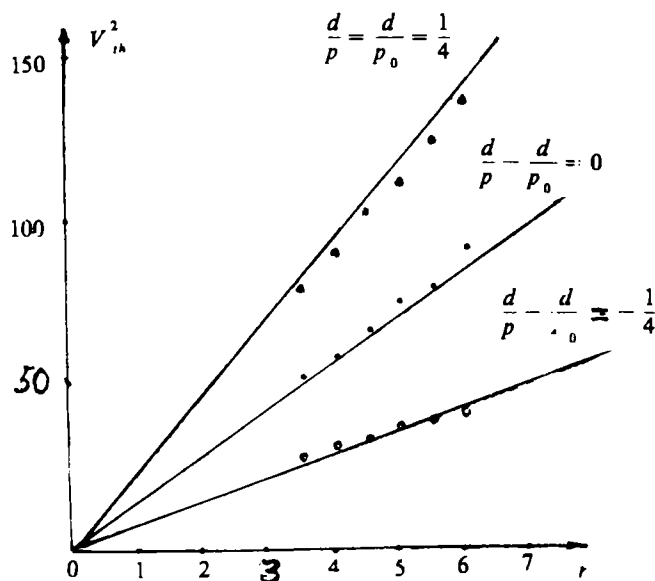


图4 斜劈盒阈值电压与螺距数关系理论曲线

(下转第 118 页)

- 3 富马酸二甲酯质量标准, 农牧渔业部(1987)农(牧饲)字第450号
- 4 王元祥. 广西化工,(3)16-18, 1990
- 5 Mis. N.Islain. Journal of Food Science, (47) 1710-1712(1982)

Study on the synthesis and Industrialized

Production of Dimethyl Fumarate

Wang Liucheng Song Chengying Zhao Jianhong Xu Haishen
(Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: The technology of dimethyl fumarate synthesized from maleic anhydride and methyl alcohol by one-step reaction has been researched in this paper. The effects of the ratio of reactants, reaction temperature, using quantity of catalyst and reaction time on the product yield have been investigated and the optimum reaction conditions have been found. The experiment results show that the technology has some advantages of shorter technology process, higher product yield and steadier product quality. The reliability of reaction conditions have been testified by industrialized production.

Keywords: dimethyl fumarate, synthesis, industrialized production

(上接第 101 页)

参 考 文 献

- 1 F. Rondelez and H. Arnould, C.R. Acad. Sci. 273B 549(1971).
- 2 W. Helfrich; Appl. phys. Lett., 17, 531(1970).
- 3 W. Helfrich, J. Chem. Phys., 55, 839(1971).
- 4 J.P. Hurault, J. Chem. Phys., 59, 2068(1973).
- 5 P.G. de Gennes, The Physics of Liquid Crystals (clarendon, Oxford, 1974) P.245, P292.

Thickness Dependence of Threshold Electric

Field for Instabilities in Cholesterics

Yu Tianchi Guo Qingshan
(Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: An instability of the cholesteric planar texture is investigated under superposed dilatation and external field. The oscillatory behaviour of the threshold field versus thickness is explained.

Keywords: cholesteric Lique crystals, threshold, Grandjean line.