

根据(b)中的对称(ii)和(iii), (5), (7)和(8)式仍然成立, 但 $B_1 \equiv a_{\xi\eta\xi\eta} \neq a_{\eta\xi\eta\xi} \equiv B_2$, 即(6)式不再成立. 在这个情况, (9)式中的 A_2 项应改为 $B_1 n_{\xi\eta}^2 + B_2 n_{\eta\xi}^2$. (14)式中的 A_2 项变作

$$(B_1 + B_2)[(n_{xx} + n_{yy})^2 - (n_{yx} - n_{xy})^2] + 2i(B_1 - B_2)[(n_{xx} + n_{yy}) \cdot (n_{yx} - n_{xy})]. \quad (21)$$

在这里, (9), (14) 和(15)式的 F 应理解为(18)式中的 F_2 .

(21) 式中的后一项相当于 $(\text{div} \mathbf{n}) (\mathbf{n} \cdot \text{curl} \mathbf{n})$, 含有三个 \mathbf{n} , 不符合对称(i), 所以 $B_1 = B_2$. 因此, 只要在(14)和(15)式中把 A_2 换作 B_2 , 即可应用于胆甾相.

把(20)和(15)式相加, 得胆甾相的自由能, 与(1)式只差一个常数 $\frac{1}{2} K_2 q_0^2$, 两者当然等

价. 当 \mathbf{n} 作螺旋变化时, 亦即 $\mathbf{n} = (\cos q_0 z, \sin q_0 z, 0)$, 这个附加常数保证了 $F = 0$.

上述自由能的推导方法, 亦适用于向列相和胆甾相的耗散函数^[6]方面. 有关自由能(1)式各项的物理内容与几何图象, 可参看文献[8].

参 考 文 献

- [1] C. W. Oseen, *Trans. Faraday Soc.*, **29**(1933), 883.
- [2] H. Zöcher, *Trans. Faraday Soc.*, **29**(1933), 945.
- [3] F. C. Frank, *Disc. Faraday Soc.*, **25**(1958), 19.
- [4] P. G. de Gennes, *The Physics of Liquid Crystals*, Oxford U. P., (1974).
- [5] J. Nehring and A. Saupe, *J. Chem. Phys.*, **54**(1971), 337.
- [6] L. Lam (林磊), *Z. Physik B*, **27**(1977), 349.
- [7] L. D. Landau and E. M. Lifshitz, *Theory of Elasticity*, Pergamon Press, (1959), §10.
- [8] 谢毓章, *物理*, **9**(1980), 51.

用于电视显示的胆甾相一向列相 相转变电光效应的研究*

赵静安 童寿生 阮亮

(清华大学基础部液晶物理研究组)

液晶用于电视的研究, 意义是显而易见的. 若能解决, 对电视工业将是一个很大的冲击, 就象液晶用于全电子手表工业那样或更甚. 当前在显示方面常用的液晶电光效应主要有两种, 即动态散射效应和扭曲效应, 它们的响应速度(上升时间 > 几毫秒, 下降时间有上百毫秒)均不能满足电视要求.

另外还有一种液晶电光效应, 即相转变效应^[1], 已被人们所重视, 最近几年对这种电光效应的研究逐渐增多起来了. 但对其弛豫时间其说不一. 如1972年 Jakeman^[2]等人对电感应的胆甾相一向列相相转变电光效应(以下简称 Ch-N 相变效应)进行了研究, 得到了几十微秒的响应时间, 并给出理论分析及电光响应速

度公式:

$$\tau_{上升} = \eta / (\epsilon_1 E^2 / 4\pi - Kq^2),$$

$$\tau_{下降} = \eta / Kq^2,$$

式中 η 是扭曲粘滞系数, K 是扭曲弹性系数, q ($=\pi/p$, p 为螺距) 是胆甾相螺旋线的波矢, ϵ_a ($=\epsilon_{11} - \epsilon_{\perp} > 0$) 是介电各向异性, E 是所加的电场. 他们的实验结果与其理论分析基本相符, 但由于未对液晶响应的过渡过程作全面的分析, 因此未能控制快速响应的条件, 其应用少有报道.

为了把液晶用于投影大屏幕电视, 我们以胆甾相液晶和正介电各向异性的向列相液晶的

* 1978年12月24日收到.

混合物为材料, 对其电光响应的弛豫过程进行了研究。(关于其电光响应的上升时间 <1 毫秒的问题, 本文不加赘述.)

此液晶膜, 在零场时可能呈现两种稳定态, 一种为平面结构, 如图 1(a) 所示, 另一种为焦锥结构, 如图 1(b) 所示. 前者透明, 有选择性反射, 后者以强烈散射为主. 它们的差别在于畴的分布不同, 在平面结构中螺旋轴都近似地平行, 并垂直于基片. 在焦锥结构中螺旋轴都近似地平行于基片. 零场时, 在相变液晶中, 这

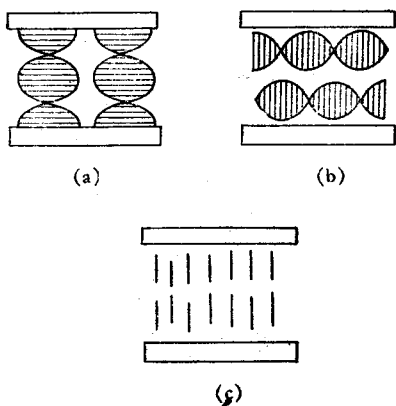


图 1 Ch-N 相变效应中的液晶三个状态示意图
(a) 平面结构; (b) 焦锥结构; (c) 垂直结构

两种结构常常兼而有之, 比例的多少视材料的种类, 液晶盒的表面条件, 温度以及切除电场的方法和存放时间而定. 如液晶盒表面作分子平行排列的处理, 那末存放时间越长, 平面结构的比例也越大. 若液晶盒表面作分子垂直排列的处理, 则容易造成焦锥结构.

下面我们介绍, 加在液晶盒上的直流电压缓慢地增加, 观察它的电光变化过程 (见图 2).

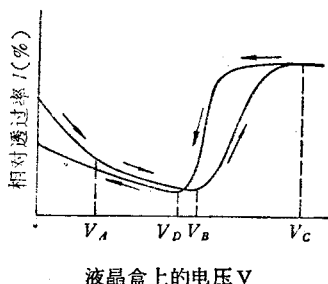


图 2 直流电压缓慢地变化 Ch-N 液晶的电光曲线

首先在长期存放 (否则光的透过率曲线的起始位置就不重复了) 的 Ch-N 相变液晶盒上, 加上少许电压, 于是在透明的平面结构中或半透明的平面结构和焦锥结构的混合体中焦锥结构的成分增加, 当电压增至 V_A (正比于螺距 $p_0^{-1/2}$) 时, 出现螺旋轴周期性畸变, 呈方栅状图形. 再增加电压并接近于 V_B , 螺旋轴平行于盒壁, 并且是随机的, 此时液晶极为混浊, 对光具有强烈地散射. 在显微镜中观察, 乃是许多畴状双折射区域组成, 即焦锥结构. 在显示或电视中常选此种状态为暗场. 将电压去掉, 强烈散射本领仍能保存一段时间, 但最终是要回到透明状态或半透明状态, 这过程是依靠壁力和液晶分子小畴之间的弹性力来完成的.

进一步将电压从 V_B 增至 V_C , (正比于 p^{-1} , $K^{1/2}$, $\epsilon_a^{-1/2}$ 和液晶盒的厚度 d)^[3] 时, 此液晶则有与上述不同的结构变化. 随着电压的增加, 螺距则按指数规律增加. 当电压增至 V_C 时, 液晶分子的方向子 (director) 倾向平行于电场, 螺距变成无限大, 螺旋结构解体, 此时相变液晶盒变成透明, 即垂直结构, 示于图 1(c). 类似于向列相, 在显示或电视中常选此种状态为亮场. 如果将电压从 V_C 降至 V_B , 液晶分子的方向子, 从基本上垂直于液晶盒壁转为具有螺旋结构的胆甾相, 最终, 其螺旋轴是随机的, 但平行于盒壁; 同时形成小的双折射畴状结构. 这过程是分子力完成的.

综上所述, 不能用一种结构的变化来描述此液晶转变的全过程.

下面介绍脉冲驱动. 这里应该指出脉冲驱动液晶是指受到的驱动电压基本上是方波 (上升沿与下降沿均为 <1 毫秒), 这一点易被忽略. 液晶盒可等效于一个电阻和一个电容并联, 这个 RC 回路的时间常数可为几毫秒量级, 如果驱动器件或线路处理的不好, 液晶盒的两个电极的电压的建立和衰减都将以时间常数较大的指数形式出现, 此时所测出的液晶的电光响应就不能真实地反应液晶本身的特征.

我们发现驱动脉冲的宽窄影响相变液晶的弛豫时间, 如图 3 所示. 在图 3(a) 和 (b), 分别

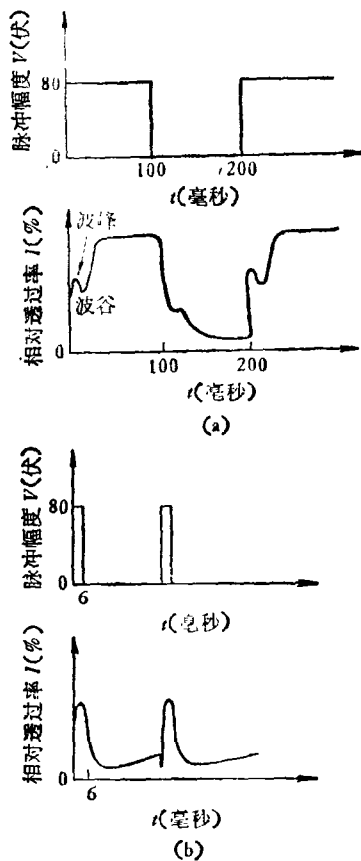


图3 驱动脉冲的宽度与Ch-N相变液晶的弛豫时间
(a) 脉宽100毫秒; (b) 脉宽6毫秒

为宽度100毫秒和6毫秒脉冲驱动。在脉冲驱动过程中都存在着一个“波峰”，在弛豫过程中都存在一个最暗点，此后有一个“翻白”过程。

“波峰”出现的机理，尚待对相转变的微观过程作电磁流体力学，分子弹性理论，分子统计理论的综合分析，以进一步搞清之。它并非特定材料所独有，甚至连某些其它效应的液晶盒也有类似的“波峰”。我们初步认为，这可能是分子间的作用力，在外场作用下的一种振荡特征。此液晶在电场作用下，由于最初液晶分子在液晶盒中所处的位置不同（靠近液晶盒表面的液晶分子除外），在瞬间有部分液晶分子的方向子转变到与电场平行，形成“波峰”，产生塑性形变，见图3。这些分子受到与其邻近的取向与电场平行的后来的分子所牵动，使已与电场平行取向的分子的方向子略微偏离了电场方向，出现透过率下降的趋势。若电场依然存在，

将会扭转这种下降的趋势，形成“波谷”而后直到螺旋结构完全解体为止。

当脉冲加在液晶盒上，使相变液晶从焦锥结构—“波峰”—“波谷”—垂直结构，我们把这个过程叫做胆甾相的结构振荡。螺旋结构解体之后，把液晶盒上的电压迅速切除，将出现与这个结构振荡相似的逆过程。

将驱动脉冲宽度限制在大量分子完成取向平行于电场方向之后，立即切除驱动电压，此时相变液晶的螺旋结构并未完全解体，转为容易恢复螺旋结构，不致产生明显的结构振荡。因而在窄脉冲驱动下，从“波峰”到焦锥结构的过渡时间可小于1毫秒。

从图3(a)可以观察到，这个“波峰”不是透过率最好的状况。“波峰”的大小，除决定于相变液晶材料、盒厚和盒表面条件外，还依赖于脉冲幅度。在图4中示出了窄脉冲幅度与“波峰”大小的关系，这也是用窄脉冲驱动时图象灰度的调节方法。在此应该指出：脉宽在相当大的范围内变化（如1—6毫秒）不影响“波峰”的大小。

为了避免象素出现“翻白”现象，我们选择了适当的象素（包括液晶）的电容和电阻，并注入电荷以抑制焦锥结构向平面结构转变的缓慢过程。具体做法是：前一帧给这个象素注入电荷后，当这个象素完成了它对灰度的贡献而转到焦锥结构，在焦锥结构尚未来得及向平面结构转变，后一帧的电子束又扫到了这个象素上。注入电荷多少，根据此点的图象灰度而定，如图5所示。如果要求此点为最黑，那末我们仍需

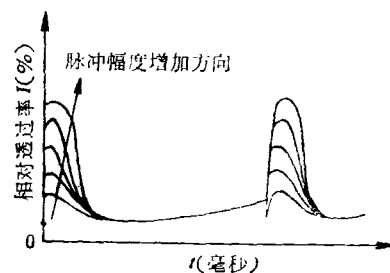


图4 窄脉冲幅度与透过率关系

对此象素注入相应于形成焦锥结构的电荷，以保持象素中的液晶在这一帧内一直处于焦锥结

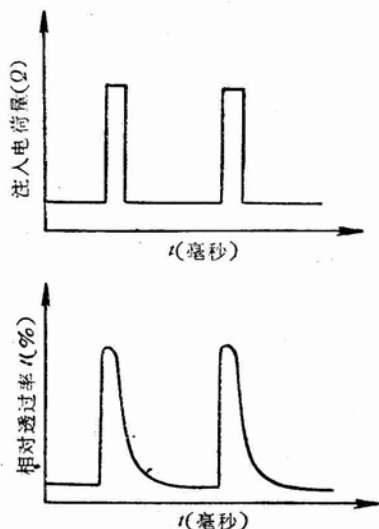


图5 避免在某一象素产生“翻白”现象的注入电荷方法示意图

构。这个措施不仅获得了较快的弛豫时间，而且能提高图象的对比度。

根据以上研究，我们选出了一种相变液晶54[#]，控制液晶电阻率在 3×10^{10} 欧姆-厘米左右。在反射式的，由约有40万根导电玻璃丝做



图6 接收北京电视台1975年电视节目时，在2×3米的屏幕上拍下来的照片

成的靶，密封在电子束光阀管上，接收北京电视台播出的节目（与北京化工厂、北京玻璃研究所等协作），见图6。我们曾多次作过电视实况接收表演，能够跟上电视速度。分辨率在250线以上，对比度10:1以上。图象质量，液晶使用寿命有待进一步提高和解决。

参 考 文 献

- [1] J. J. Wysocki, J. Adams and W. Hass, *Phys. Rev. Letters*, **20** (1968), 1024.
- [2] E. Jakemen., E. P. Raynes, *Phys. Letters*, **39A** (1972), 69.
- [3] P. G. de Gennes, *Solid State Comm.*, **6** (1968), 163.

一种用等光程光波干涉法测量地壳断层蠕变的原理*

李茂山 李风云 罗慧敏
(中国计量科学研究院分院)

根据地震学原理，地震源孕育过程导致地壳断层间距发生微小而缓慢的蠕动位移。其位移量的大小和速率是直接对应地震源的孕育、发展以至发震的信息。若精密测量这一参量，可以给预测预报地震提供一个可靠依据。由于待测的量是几十米间距的微米量级的变化，用目前的调制波测距仪或因瓦(Invar)基线尺都达不到精度要求。经室内外原理性实验¹⁾，本文提出一种用物理光学中等光程干涉原理测量断层蠕变的新方法。

一、基本原理

本原理是用不跨断层的某一间距作标准，与横跨断层两岸的同一间距进行等光程光波干涉比较测量，应用白光源等光程光波干涉的“0”级条纹作判别断层两岸间距位移。其位移量用氦-氖(He-Ne)激光(6328埃)光波干涉条纹

* 1979年2月12日收到。

1) 参加实验的还有周明秀、陈富林等同志。