

胆甾相液晶盒贝纳德效应实验

杨 磊, 刘 洋, 郑永磊, 高 攀, 范志新*

(河北工业大学 应用物理系, 天津 300401)

摘 要: 介绍了贝纳德效应, 胆甾相液晶结构等概念, 实验制备出胆甾相液晶平面态样品, 用偏光显微镜观察温度场致织构变化, 观察到液晶盒在清亮点温度附近出现特殊花纹图案, 类似于贝纳德效应或者是温度场致方格栅效应。实验现象说明了温度场使液晶分子产生对流, 在偏光显微镜下观察双折射干涉, 指向矢分布有周期性变化, 形成了微观的贝纳德花纹。实验现象对于胆甾相液晶基础研究具有一定意义。

关 键 词: 胆甾相液晶; 平面织构; 方格栅效应; 贝纳德效应; 偏光显微镜

中图分类号: O753+.2; TN104.3

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20122703.0288

Bernard Effect Experiment of Cholesteric Liquid Crystal Cell

YANG Lei, LIU Yang, ZHENG Yong-lei, GAO Pan, FAN Zhi-xin*

(Department of Applied Physics, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China)

Abstract: The conception of Bernard effect and cholesteric liquid crystal texture are introduced. The sample of cholesteric liquid crystal in planar texture is prepared, the texture change with temperature field by polarizing microscope is observed. The Bernard effect or pane grate effect under the cleaning temperature is appeared. The experimental phenomena show that the temperature field induced the liquid crystal molecule convection, the birefringence interference is occurred, and liquid crystal director distribution is periodical variation, so that the microcosmic Bernard effect pattern formed. The experimental phenomena wait for explanation rightly, and have some significance for liquid crystal physics basic research.

Key words: cholesteric liquid crystal; Bernard effect; pane grate effect; planar texture; polarizing microscope

1 引 言

1900 年, 法国的贝纳德(Bernard)首次发现了蜂巢状的自组织花纹。在一个透明的碟子里加入一些液体, 在炉子上加热, 液体在竖直方向上便产生一个温度差。当液层顶部和底部之间的温度差达到一个阈值后, 对流开始, 下层较热的液体流入上面较冷的部分。这时由于浮力、热扩散、黏滞力 3 种作用的耦合而形成液面上大范围规则的蜂

巢状花纹(贝纳德花纹)六边形网格。液体的传热方式由热传导过渡到了对流, 每个六角形中心的液体向上流动, 边界处液体向下流动。这是对流与抑止因素(黏性和热扩散)竞争的结果。为了形成这种蜂巢状的对流单元, 无数分子必须遥相呼应, 协调行动。常见的贝纳德效应是宏观的, 可以用肉眼直接观察, 目前主要应用于地震的预测。

液晶材料是即具有晶体的各向异性, 又具有液体流动性的物质状态, 有溶致液晶和热致液晶

收稿日期: 2012-02-08; 修订日期: 2012-03-11

基金项目: 国家自然科学基金(No. 10974042)

作者简介: 杨磊(1987-), 男, 河北藁城人, 硕士研究生, 研究方向: 液晶器件。

* 通讯联系人: zxfan@hebut.edu.cn

之分。热致液晶在温度低时结晶,这个温度称为熔点温度;在温度高时成为各向同性液体,这个温度称为清亮点温度。液晶还有近晶相,向列相和胆甾相之分,向列相液晶因为具有独特的电光特性而被广泛应用于显示和电光器件领域。胆甾相液晶具有螺旋结构,指向矢沿垂直于它的螺旋轴扭转排列,在液晶盒中,偏光显微镜下能观察到胆甾相液晶会有平面态,焦锥态,场致向列相等织构。平面态(planar texture)是在液晶盒中,螺旋轴方向平均而言垂直于基板表面,而棒状液晶分子的指向矢是垂直于螺旋轴,平行于基板表面。胆甾相液晶平面态具有布拉格选择反射效应和旋光效应。焦锥态(focal conic texture)有其固有的扭曲螺距,但是在液晶盒中,液晶分子处于一种多畴(Polydomain)状态,在每一个畴内,螺旋结构仍然存在,但不同畴的螺旋轴在空间的取向杂乱无章,焦锥态也可以分为三维、二维、一维(ULH, uniform lying helical)等情况。螺距比较大的指纹织构(fingerprint texture)也是一种焦锥态。场致向列相(homotropic texture)只有液晶盒处在在外电场中才能看见,这种状态是没有扭转,螺旋被解旋,而液晶分子的指向矢都是垂直于基板表面。研究表明,在基板表面是小预倾角取向材料时,平面态织构最容易制备;当基板表面是预倾角比较大取向材料时,焦锥态织构也能稳定^[1-10]。把特殊螺距的胆甾相液晶盒置于干燥箱中加热,在达到清亮点温度时,从平面态转变到各向同性液体之前,在偏光显微镜下能观察到贝纳德效应或者方格栅效应,本文报道这个实验现象。

2 实验

实验用液晶空盒由汕头超声显示器公司提供,空盒尺寸 $3\text{ cm} \times 6\text{ cm}$,空盒间隙 $8\text{ }\mu\text{m}$,取向层预倾角 10° 以上,中等强度摩擦条件,灌注螺距约 $4\text{ }\mu\text{m}$ 的胆甾相液晶。液晶盒外观是不很清澈的半透明状态,在偏光显微镜下观察处于平面态,施加电场能出现指纹织构。将偏光显微镜置于电热鼓风干燥箱内,胆甾相液晶盒放置在偏光显微镜的样品台上,干燥箱加热升温,在干燥箱玻璃门外放台灯照明,从偏光显微镜目镜处观察织构随温度的变化,如图1所示。

平面态样品在加热到 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 以上转变为各向同性液体,因此得知清亮点温度为 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 。降温至

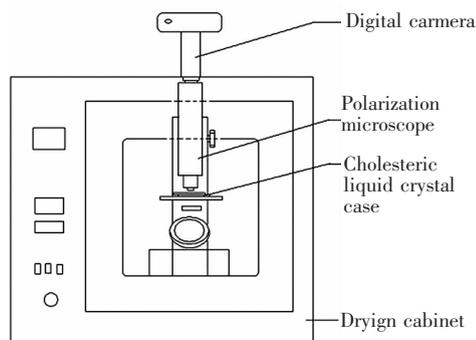


图1 实验装置示意图

Fig. 1 Experiment set-up

清亮点温度之下 $70\text{ }^\circ\text{C}$ 经恒温数小时后再降温至室温,取出样品,在偏光显微镜下观察样品进入大畴焦锥态。对焦锥态样品用手指反复按压,迫使样品再度进入平面态。把平面态的样品放置到干燥箱中,加热到 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 恒温,从偏光显微镜观察随恒温时间增加织构纹理变化,放大倍数100倍。每隔一定的时间对样品进行观察,并拍摄照片。图2是胆甾相液晶盒样品偏光显微镜偏光片平行时的贝纳德效应照片,图3是同一个样品在偏光显微镜偏光片正交时的贝纳德效应照片。进入清亮点温度后,偏光片平行得到白底照片,偏光片正交得到黑底照片,两种效果对比观察胆甾相液晶盒的贝纳德效应图案。图2(a),升温到 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 时的平面织构照片;图2(b),在 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 加热10 min后液晶织构开始变化的照片;图2(c),15 min后贝纳德花纹增多照片;图2(d),20 min后充满视野的贝纳德花纹照片;图2(e),25 min后出现各向同性相白斑区域;图2(f),30 min后各向同性相白斑区域增大;图2(g),35 min后各向同性相白斑区域更大;图2(h),40 min后各向同性相白斑区域即将充满视野。图3(a),升温到 $80\text{ }^\circ\text{C}$ 时的贝纳德花纹照片;图3(b),10 min后贝纳德花纹照片;图3(c),15 min后贝纳德花纹照片;图3(d),20 min后贝纳德花纹照片,出现各向同性相黑斑点;图3(e),25 min后出现各向同性相黑斑区域增大;图3(f),30 min后各向同性相黑斑区域再增大;图3(g),35 min后各向同性相黑斑区域更大;图3(h),40 min后各向同性相黑斑区域即将充满视野。与液晶盒中衬垫料直径大小比较得知方格图案边长约在 $10\text{ }\mu\text{m}$ 左右。实验也做过其他几种胆甾相液晶盒,螺距分别是 $0.3\text{ }\mu\text{m}$, $0.5\text{ }\mu\text{m}$, $2\text{ }\mu\text{m}$, $6\text{ }\mu\text{m}$,以及向列相液晶盒等,都没

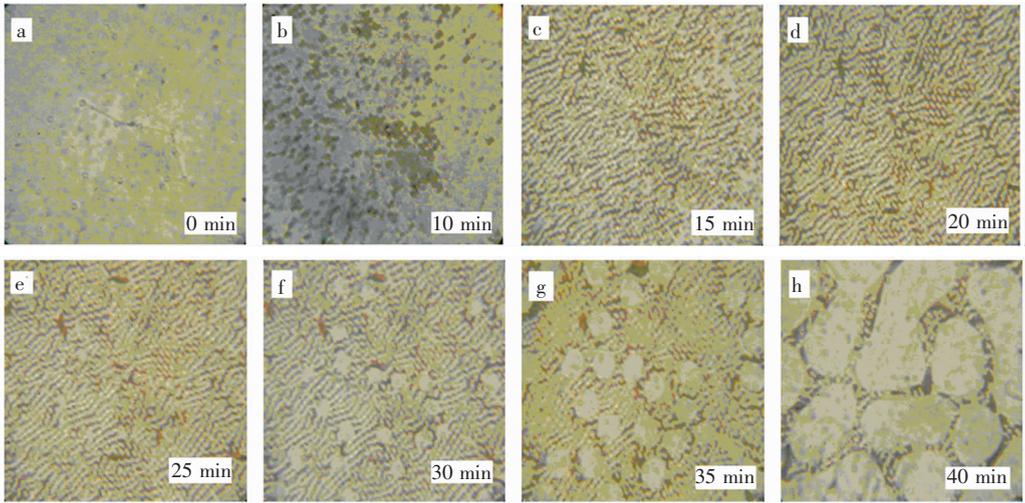


图 2 胆甾相液晶盒平行偏光场贝纳德效应偏光显微镜照片(80 °C,100×)

Fig. 2 Bernard effect polarizing microscope photographs of cholesteric liquid crystal cell within parallel polarizing field (80 °C,100×)

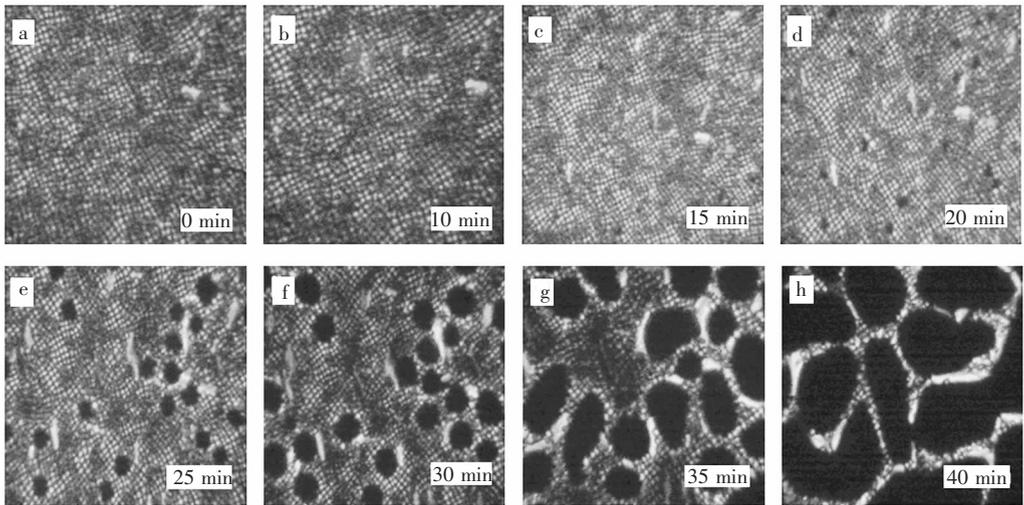


图 3 胆甾相液晶盒正交偏光场贝纳德效应偏光显微镜照片(80 °C,100×)

Fig. 3 Bernard effect polarizing microscope photographs of cholesteric liquid crystal cell within crossed polarizing field (80 °C,100×)

有能观察到出现贝纳德效应图案。

3 分 析

对于螺距比较长,大到与液晶层间隙相当的胆甾相液晶盒,施加电场作用下,在达到平面-焦锥织构转变之前,胆甾相液晶中有时会出现一类新的形变,偏光显微镜下观察看起来液晶似乎表面出现起伏,实际上是液晶指向矢的周期性畸变造成的。由于这些周期性畸变是二维的,所以从上方看下来呈方格栅图案。这就是胆甾相液晶的方格栅效应,有时又称为 Helfrich 效应。

本实验所观察到的现象是一种胆甾相液晶温度场致方格栅效应,本文称其为胆甾相液晶盒的贝纳德效应。出现这个实验现象的条件与电场致方格栅效应的条件相似,出现的花纹图案与胆甾相液晶的螺距和液晶层厚度有关,也与液晶黏度、热扩散系数等参数相关。相同的胆甾相液晶盒样品,在处于焦锥态时加热到清亮点温度的过程没有出现贝纳德花纹,仅在处于平面态加热到清亮点温度的过程中出现了贝纳德花纹。与宏观贝纳德效应不同,液晶层只有微米数量级的厚度,形成的贝纳德花纹需要用偏光显微镜才能观察到。另

外,宏观贝纳德效应液体上下层存在温度差形成对流,但是干燥箱里液晶盒中上下层不一定存在明显的温度差。类似于宏观液体的贝纳德花纹,温度导致形成了局部区域的上下层液晶分子流动,长棒状的液晶分子指向矢产生了二维的周期性畸变,破坏了原来液晶分子螺旋结构。在二维平面平行和垂直基板的两个方向上形成了周期性变化,导致入射液晶盒的偏振光在盒内由于双折射,形成的两束光通过的光程也产生周期性的变化,从而通过偏光显微镜才观察到的明暗相间的方格栅结构,形成特定螺距和液晶层厚度的样品

的胆甾相液晶盒独有的贝纳德效应,或者这个实验现象也是一种“蓝相”。

4 结 论

报道了一个实验现象,特定螺距和盒厚的胆甾相液晶平面态样品在清亮点温度附近恒温,用偏光显微镜能观察到特殊的周期图案,可能是温度场致方格栅效应,或者是微观的贝纳德效应,也或者是一种蓝相,有待于人们给出合理解释。这个胆甾相液晶贝纳德效应实验适合开发成为一个液晶物理实验,丰富人们对胆甾相液晶材料的认识。

参 考 文 献:

- [1] de Gennes P G. 液晶物理学 [M]. 孙政民,王新久,编译. 上海:上海翻译出版公司,1990:316-323.
- [2] 谢毓章. 液晶物理学 [M]. 北京:科学出版社,1986:346-374.
- [3] 王新久. 液晶光学与液晶显示 [M]. 北京:科学出版社,2006:226-227.
- [4] 王海飞,马少龙,范志新. 胆甾相液晶实验 [J]. 大学物理实验,2005,18(2):59-62.
- [5] 范志新,于天池,黄欢,等. 胆甾相液晶电控螺旋畸变导致的布拉格反射特性 [J]. 光学学报,2008,28(4):744-748.
- [6] 苑梦尧,邓罗根. 液晶盒边界效应对胆甾相液晶电控螺距的影响 [J]. 液晶与显示,2010,25(1):21-28.
- [7] 夏亮,徐琼,陆红波,等. 聚合物分散胆甾相液晶相形态调控与光电性能 [J]. 液晶与显示,2011,26(3):306-310.
- [8] 张天翼,许军,董佳垚. 胆甾型液晶显示技术和产业发展 [J]. 液晶与显示,2011,26(6):471-475.
- [9] 牛红林,华懿魁,史高飞,等. 聚合电场频率对聚合物稳定胆甾相液晶光电性能的影响 [J]. 液晶与显示,2012,27(1):21-25.
- [10] 朱宪亮,杨文君,黄子强. 聚合物稳定的双稳态胆甾液晶显示单元反射特性的研究 [J]. 现代显示,2009,(99):34-37.

《液晶与显示》投稿指南

《液晶与显示》投稿方式为网上投稿。网上投稿便于您随时查询稿件的处理情况,方法为:登录本刊网站 <http://www.yjyxs.com>,进入“作者投稿”栏目,在线注册投稿。注册时“用户名”和“口令”由您设定,登录后按“提示”进行操作即可。稿件请用 Word 完成以便专家网上审理。

《液晶与显示》稿件发表的正常周期为3~6个月,缩短论文发表周期是学术论文的社会效益尽早实现的重要条件,而满足《液晶与显示》征稿简则,特别是第3项中(1)~(7)的要求,是稿件可以尽早编辑加工的必要条件。因此,您若希望论文能够早日发表,请您务必按“简则”写稿。

若您的稿件附有同行专家评语及单位推荐信,则您的稿件将优先发表,也欢迎您推荐2~3名审稿专家;同时,本刊更欢迎国家各重大科技攻关项目和基金课题产出的自主创新性文章。

《液晶与显示》稿件发表含印刷版、电子版和网络版,对版权有特殊要求者,请事先声明。