

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 19820080150498

UDC_____

廈門大學

博 士 学 位 论 文

界面作用下的液晶盒在磁场中的相变及界面
润湿的研究

Phase transition and wetting behavior of liquid crystal cell
under magnetic field with the substrate coupling

曾 明 颖

指导教师姓名: 吴 晨 旭 教授

专业名称: 理 论 物 理

论文提交日期: 2015 年 月

论文答辩时间: 2015 年 月

学位授予日期: 2015 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2015 年 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

液晶在界面的锚泊能量最早由Rapini和Papoular于1969提出以简单唯象公式 $\frac{1}{2}W \sin^2 \phi$ 表示，在接下来很长一段时间这个公式作为基本的锚泊能被广泛应用于液晶相关的研究中，但是后来人们发现这个公式只能用于方位角形变很小的情况，当方位角的形变不能忽略时，RP公式表示的锚泊能与实验上得到的结果差异较大，于是有人提出对RP公式进行修正，但是这些修正的公式都缺少理论上的证明，一直到最近由Fukuda从理论上计算推得到新的锚泊能公式，我们称之为Fukuda锚泊能，这个锚泊能也得到了实验的证明。

本文研究的是厚度有限的液晶盒模型，液晶盒具有两个相同的界面，并施加垂直于界面的磁场，我们首先考虑以RP公式来描述液晶在界面的锚泊能量，以Landau-de Gennes理论作为液晶盒自由能的一部分，加上液晶在磁场中的能量以及由液晶盒内部序参数不同而产生的弹性能(渐变能量)，分析液晶盒的各个参数对相变的影响，并将它与Kadivar的半无限液晶模型作比较，重点讨论液晶盒的厚度的影响，以及在什么条件下液晶盒可以作为半无限液晶模型来处理。

本文讨论的第二种液晶盒模型以Fukuda锚泊能取代原来的RP公式来表示液晶在界面的锚泊能量，先将其转换为二阶有序参数的表示形式，包含二次耦合能和四次耦合能，RP公式只有二次耦合的序参数表示，再讨论液晶盒的相变情况，分析四次耦合能在液晶盒相变中的作用，以及对液晶盒内有序参数的影响，比较四次耦合能存在与否的区别，最后讨论液晶盒的界面润湿，分析比较两种锚泊能情况下的液晶盒的润湿行为的不同。

关键词：RP公式、Fukuda锚泊能量、界面润湿

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

Anchoring energy of liquid crystals at substrates was first expressed phenomenologically by RP form and had been widely used in the liquid crystal study involving surface interaction for a long time, but later on the deviation of theoretical prediction given by RP from experimental results was found. Further studies showed that it is due to the azimuthal distortion, which can not be neglected. Someone tried to modify RP-type coupling energy in spite of no theoretical support. Recently Fukuda's anchoring energy was derived theoretically and supported by some experiments, leading to reconsideration of phase transition and wetting behaviors in a liquid crystal cell.

In this thesis we study a nematic liquid crystal system of uniform thickness sandwiched between two identically treated substrates. The system is applied by an external magnetic field along the normal of substrates. The phase transition of liquid crystal cell with anchoring energy expressed by RP form is investigated using Ginzburg-Landau theory. A comparison of phase transition was made between a finite-size cell and a semi-finite system, which was investigated by Kadivar. The size effect of the liquid crystal cell is also analyzed.

Then we used Fukuda-type anchoring energy to discuss the phase transition and wetting behaviors in liquid crystal cells. The surface interaction energy was written in terms of a quadratic coupling and a quartic one rather than a simple quadratic coupling proposed by RP. The phase transition and wetting behaviors of the cell is analyzed and the comparison with that of the anchoring energy given by RP is also made.

Key Words: RP form, Fukuda's anchoring energy, wetting behavior

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

第一章 导论.....	1
1.1 什么是液晶.....	1
1.2 液晶的基础知识.....	5
1.3 朗道-德燃纳(Landau-de gennes)理论.....	9
1.4 本论文的主要工作.....	15
第二章 磁场作用下的半无限液晶模型.....	17
2.1 磁场效应.....	17
2.2 锚泊效应.....	19
2.3 润湿行为.....	22
2.4 弹性能量(渐变能量).....	23
2.5 半无限液晶模型.....	26
第三章 液晶盒的相变.....	39
3.1 半无限液晶模型的相变.....	39
3.2 液晶盒的相变.....	42
3.3 两种液晶模型的对比.....	48
第四章 四次项的耦合作用能对液晶盒润湿的影响.....	51
4.1 界面的锚泊作用能.....	51
4.2 理论证明.....	53
4.3 Fukuda 锚泊能的应用.....	63
4.4 四次耦合锚泊能对液晶盒相及相变的影响.....	70
第五章 总结与展望.....	79
5.1 总结.....	79
5.2 展望.....	80
参考文献.....	81

攻读博士学位期间发表的论文及其他成果.....	92
致谢.....	93

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Contents

Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 What is liquid crystal.....	1
1.2 Fundamentals of liquid crystal.....	5
1.3 Landau-P. G. de Gennes theory.....	9
1.4 Summary.....	15
Chapter 2 Semi-infinite liquid crystal sample under magnetic fie....	17
2.1 Magnetic field effect.....	17
2.2 Anchoring Effect.....	19
2.3 Wetting behavior.....	22
2.4 Elastic energy.....	23
2.5 Semi-infinite liquid crystal sample.....	26
Chapter 3 Phase transition in liquid crystal cell.....	39
3.1 Phase transition in semi-infinite liquid crystal system.....	39
3.2 Phase transiiton in liquid crystal cell.....	42
3.2 Comparison between liquid crystal cell and semi-infinite system.....	48
Chapter 4 Effect of quartic coupling on wetting behaviors in liquid crystal cell.....	51
4.1 Anchoring energy.....	51
4.2 Theory.....	53
4.3 Application of Fukuda anchoring energy.....	63
4.4 Effect of quaric coupling on phase and phase transition in liquid crystal cell.....	70
Chapter 5 Summary and prospective.....	79
5.1 Summary.....	79

5.1 Prospective.....	80
References.....	81
Paper published in the period of PH.D. education.....	92
Acknowledgements.....	93

厦门大学博硕士学位论文摘要库

第一章 导论

1.1 什么是液晶

提起液晶，多数人能想到什么？液晶显示器(图 1.1 (a))，液晶显示屏（图 1.1 (b)）等等，日常生活中液晶最大的应用是在显示上。那么液晶到底是什么？下文将做具体的介绍。



图 1.1 (a)液晶显示器与(b)液晶显示屏。

1.1.1 物态

固态、液态、气态是常见的三种物质形态，也称为物相。宏观上，固态物体形状固定并难以改变，液态物质呈现的是容器的外形并占据一定的体积，气态物质与液态一样，但是气态物质充满整个容器。微观上，固态物质（晶体）中，每个分子或者原子被约束为占据一定的位置并保持在那里，形成规则的排列即晶体点阵，整块晶体可以由晶体点阵沿空间三个相互垂直的方向重复堆积而成，所以晶体分子或者原子的位置具有长程有序。由于点阵结构在不同方向并不相同，晶体不同方向上的物理性质也就不同，这是晶体的一个显著的特点即各向异性。晶体分子或者原子还以一定的方式取向排列，即取向有序。因为固态分子之间的距离比较小，一般只有分子取向相同时，才能在一定的体积内容纳更多的分子，而使得系统的势能处于最低。因为晶体分子处于高度有序的排列状态，单个分子受到其他分子的作用力可以叠加在一起，所以有很大的吸引力使得分子可以保持在一定的位置。需要很大的外力才能破坏这种吸引力以改变固体的形状，因此固体呈现出坚硬并且难以形变的

外形。对于非晶态物质，分子排列具有长程无序，短程有序的特点，分子在位置上也是固定的。

液态物质中，分子不占据一定的位置，也不以一定的方式取向排列，分子以近乎无规则的方式自由扩散，相互之间连续不断发生碰撞，并突然改变运动方向，液体分子不具有位置的长程序，但是可以具有短程序，取向上则是无序的。一般液体的物理性质是各向同性的，没有方向上的差别。所以液体分子排列的有序程度远低于固体分子。液体分子位置的不确定使得单个分子之间的相互作用力不能协调有效地叠加在一起，因此让分子保持在一定位置的吸引力比固体的要小得多，在弱的外力作用下，液体的形状就会发生变化，因而液体呈现出容器一样的外形。但是这个吸引力仍然足够大，使得分子相互之间相当的靠近，因此液体占据一定的体积并保持恒定的密度。

在气态中，分子运动更加不规则，分子排列的有序度比液体还低，分子受到的其它分子的吸引力比液体的小，以至于分子相互之间不能靠近在一起，而是扩散到整个容器。

温度是物质形成特定物相的一个重要的影响因素。微观上，温度是分子无规则热运动剧烈程度的量度。不考虑其他因素的影响下，温度越高，分子无规则热运动的越剧烈，而分子之间相互作用以保持一定物态的吸引力不会随着温度的升高而增大，所以当温度升高到一定程度，分子间的吸引力不足以保持原来排列的有序性，于是有序性遭到破坏，形成新的分子排列，物相发生的变化，我们称之为相变。以水为例，温度低于 0°C 时，分子之间排列的十分紧密，这使得分子之间的相互吸引力足够大，可以克服分子的热运动而稳定在某一固定位置上。当温度升高至 0°C 并持续加热时，分子的无规则热运动加剧，分子之间的相互作用力不足以克服这个热运动而保持在固定的位置上，从而固态的晶格结构被破坏，分子的位置有序和取向有序都不存在了，固体熔解形成液体，固相变为液相。无规则的热运动使得液体分子四处扩散，从而使得分子结合在一起的吸引力远小于固体分子，但是这个吸引力还是足够大使得分子之间相当的靠近，所以液体能占据一定的体积。当温度达到 100°C 并持续加热时，分子热运动更加剧烈，以至于分子之间的吸引力再也不能够保持分子能相互挨在一起了，分子扩散到容器的任意一个位置，这时水处于气态。

1.1.2 液晶的微观结构

液晶，顾名思义是既像液体又像晶体，是处于液态和晶态之间的一种物态。晶态物质分子排列具有位置有序和取向有序而且各向异性，如果构成物质的分子也是

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.