

我国的液晶研究和液晶工业

赵 静 安

(清华大学现代应用物理系,北京 100084)

1985—1990年,我国的液晶研究和液晶工业正处在一个蓬勃发展时期,并取得可喜的成果。本文介绍了1985年以后的液晶研究和液晶显示器工业发展概况。

我国液晶研究始于1969年,至今已20多年了。在此以前,虽然液晶已被发现80年,但我国很少理会,只是在1968年美国RCA公司公布了他们发现液晶的电光效应以后,人们看见它有极大的应用前景,我国对液晶的研究才逐步开展起来初期的研究课题多与应用联系密切。今天,在液晶应用方面已形成具有一定生产规模的液晶工业,在液晶理论研究方面更取得可喜的成果,我国的液晶正处在一个蓬勃发展时期。

1985年以前的液晶研究情况已有文章介绍^[1,2],这里只介绍1985年以后的我国液晶研究和液晶显示器(简称LCD)工业发展概况。

一、液晶研究

液晶是介于固体和液体之间的一种物质态,在自然界中大量存在。目前液晶的前沿热门课题极多,并已形成一门由物理学、化学、生物学、微电子学等学科交叉而成的交叉学科。液晶的可能应用极为广泛,在显示、电视方面的应用已形成巨大的工业体系。在我国液晶研究方面也很多,现按液晶理论、液晶化学、高分子液晶、生物液晶以及应用研究的顺序分别介绍如下

1. 液晶理论研究

液晶理论研究正从液晶弹性形变理论、液晶分子统计理论、液晶相变理论、液晶电磁流体动力学、液晶非线性光学以及液晶中非线性波等方面向纵深发展。

根据向列相液晶发生形变时其 $D_{\infty h}$ 对称性发生破缺的理论,首次给出简单展曲形变或弯曲形变时的对称性属于 $C_{2v}[mm2]$ 点群,简单

扭曲形变属于 $D_2[222]$ 。从理论上预言,向列相液晶发生Freedericksz转变将会引起非线性光学的Pockels效应(即光生伏打效应)。

把光学双稳态中状态的不连续变化看成一种相变,给出时延非线性弛豫方程,并用实验证明双稳态和混沌运动具有普适性。

对 S_D 相结构的X射线衍射实验研究,首次明确地给出 S_D 相是简单的立方结构,而且是各向异性的。

将液晶的弹性自由能中指向矢的各次形变项的系数用不同阶的张量表示,用对称群理论得出三次项中的独立各阶张量分量以及具有 C_{∞} , $C_{\infty h}$, $C_{\infty v}$, D_{∞} 和 $D_{\infty h}$ 对称群的液晶弹性自由能密度的表示式,并预言了液晶可能存在的对称群。

在液晶分子统计理论中,根据向列相、胆甾相和近晶相都具有短程平移序的性质,利用一个可计算的分子短程关联的理论,建立了一种液晶的格胞理论。用它对PAA(一种液晶名称)进行数值计算,其结果比其它的理论有不同程度上的改进,还可以用它计算向列相、胆甾相、近晶相的平衡态热力学量。

早些时候提出的“可能存在碗形分子液晶”的设想已成现实,现在已合成了这样的几何形状的分子的有机化合物,并用实验证明它存在液晶态。

在瞬变电场作用下 N_p -Ch相转变的弛豫时间,可满足电视制式的快速响应要求。分析表明,电致 N_p -Ch相转变弛豫过程中存在螺旋断裂现象。

在向列相液晶的非线性光学研究方面也取得进展:在垂面校列的圆盘状液晶盒中观察到

白环状波的传播;两光束交叉照射时,发现弛豫时间与光角呈线性关系;强光可引起液晶的负透镜效应;交变电场可增强非线性衍射效应以及四波混频中的热振荡现象等。

在液晶物理参数测量方面也有进展,如在两种形变(展曲和弯曲,扭曲和弯曲)混合区域利用光子相关分光测定向列相液晶弹性和粘滞系数,以及利用衰减全反射-等离子激元的方法测量向列相液晶分子表面锚泊能等。

2. 液晶化学研究

我国已能合成数百种单体液晶材料,对液晶理论研究和液晶显示技术研究作出重要贡献。在此基础上,最近几年又合成一系列的新型液晶,其中有:具有刚性碗形核和六条全同柔软侧链的碗形分子液晶;宾主效应用的高有序参数的正二向性液晶染料,并用其中的红、黄、蓝三种染料按适当的比例配制成黑色混合液晶;芳香族铁电液晶等。此外,还找到一种用于宾主效应和动态散射效应的大负性液晶的较佳合成路线。

我国已能小批量生产扭曲型显示器件用的液晶以及热变色用的胆甾相液晶,走出了液晶显示和热色显示膜所用的材料国产化可喜的一步。

3. 高分子液晶研究

早期合成的液晶都是低分子有机化合物,直到本世纪50年代人们发现天然高分子多肽是一种溶致液晶后,才发现人工合成某些聚合物也具有液晶性质,并从60年代开始对它进行应用研究。它的主要用途是纺丝。用它纺丝可得到高强度、高模量的特种纤维,在航天、航空、国防等工业中有广泛应用。

我国在这方面的研究起步较晚,但成果可佳。例如,对新型侧链液晶聚甲基丙烯酸酯液晶态的研究指出,形成液晶态的能力可以从液晶基元引起分子刚性化作用进行解释;为了降低全芳族热致液晶性共聚酯的熔点,引入柔性间隔,取得成功。并在Flory创造的“1956年近似”(1956年创造的一种数学近似)的基础上,引入柔性基团在空间的构型熵,给出了含柔

性间隔基的主链高分子液晶的格子模型,首次从理论上解释了亮点随柔性间隔基增加而降低的实验事实;更重要的成果是在梳形高分子液晶的有序性方面,提出了双有序参数的概念,用两个有序参数分别描述侧链和主链的有序性,并用以建立梳形高分子液晶的相变理论。在液晶纺丝工业方面,我们已能小批量生产。

4. 生物液晶研究

生物液晶研究在我国一直非常活跃,研究工作也卓有成效。在生物膜理论方面的研究成果有:我国学者与W. Helfrich合作导出生物膜形状的普遍方程;用胆甾相液晶原理解释手征磷脂膜的螺旋结构;从理论上预言存在半径比为 $\sqrt{2}$ 的环状生物膜的论文在1990年发表之后,很快被法国的实验室证实;用生物膜的弹性理论解释血球的闪烁现象,解决以前理论上的发散困难。在生物体液晶方面的研究成果有:在鸡胚发育过程中发现卵黄囊、生殖腺、肝脏、肾上腺等器官中的某些物质存在液晶态,在偏光显微镜下呈马尔它十字图像。这些器官的液晶又各具特点,可以发生可逆相变,其结构均为同心片层结构(即近晶A相)。在人体胆汁中同样发现上述液晶态;在胆固醇代谢紊乱疾病中,发现在病变过程中有大量的液晶物质出现,初步研究认为,液晶物质的出现有可能延缓病变发生。

5. 液晶应用研究

已在市场出售的液晶应用研究成果有:64×64TN矩阵显示器;大屏TN矩阵显示器;64×64STN矩阵显示器;用于温度显示和微波强度测定的热变色胆甾相液晶膜;液晶气相色谱固定液。

在应用上很有前途的技术成果有:多路驱动三基色TN屏;具有自存贮功能的 N_a -Ch相转变20×20矩阵汉字显示屏;可用于立体电视快速响应的 N_p -Ch相转变光阀;利用无机光导材料CdS, a-Si, SnO₂/Si及有机光导材料PVF-TNF制成的光阀;电光响应速度可达9μs的表面双稳态的铁电液晶;不用偏振片的快速响应的新的动态散射型的铁电液晶显示

技术; 高分辨率的薄膜晶体管有源矩阵 TN 显示屏等。

为了改进液晶工业技术管理和指导工业技术发展,在最近六年期间,制订了七个国家基础标准,推动了中国液工业发展。

二、我国 LCD 工业状况简介

1985 年,我国引进五条属于 70 年代末的 LCD 生产线,当年销售额约 400 万元,主要市场是国内,在国际市场上的竞争能力很弱。在国际上 LCD 的产品日新月异、新技术层出不穷之际,人们曾对我国的液晶前途担忧。

到 1990 年,我国引进 LCD 生产线增至 13 条,均属低档 LCD 产品,销售额增至 17000 万元,五年间增长 40 倍。1987—1990 年,年平均增长率为 28%,主要市场在国外,这说明中国 LCD 产品在国际市场上有一定竞争能力。这五年能以如此高速度发展的主要原因是我国技术力量有很大的发展,工人素质好,劳动力廉价和 LCD 世界市场的需要急速增长。

由于我国 LCD 工业具有这样的优势以及高档 LCD 世界市场的需求增长迅速,使技术

先进的国家与地区让出低档 LCD 市场,如液晶全电子手表的世界市场四亿只,中国占 2 亿只。今天,这个势关仍然未减,我国在整个的扭曲液晶显示器件的市场中有很大的潜力,就是在中档 LCD 方面现在也已初露锋芒。值得一提的是,中国液晶学会根据国际 LCD 的低档市场将向有利于我国的方向变化的趋势,并在对我国十家 LCD 工厂进行调研的基础上,在 1987 年中国液晶学会主持的“中国液晶工业发展战略研讨会”上,向中国液晶工业界呼吁莫错过发展的良好时机,事实上从这几年中国液晶工业的发展速度可证明这个呼吁是正确的。我们今天又看到了一个良好的时机将从我们眼前走过。我们应当对低档 LCD 生产线进行技术改造,提高产品的成品率和质量;要集中人力、物力开发中档 LCD;跟踪高档 LCD 技术。很显然,要想抓住这个良好时机,需要科学技术和大量的训练有素的科技人才。我相信中国的 LCD 工业在第八个五年计划期间将会有有一个更令人振奋的发展。

- [1] Lin Lei, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **91** (1983), 77.
[2] 谢毓章,物理, **16**(1987), 470.

(上接第 419 页)

内矿物电阻率均随压力增高而增大;(b) 超过 8GPa,电阻率的上述压力相关性减弱,但辉石电阻率则随压力增高而有不同程度地下降;(c) 在 14—20GPa 区间,顽辉石电阻率再次随压力的增高而明显增大。辉石从约 12GPa 开始的这种电阻率随压力而陡增的结果,可能有助于解释 400km 深处地幔中出现的电阻率突然上升的事实,值得进一步分析、研究。

铁是公认的地核物质的主要成分,故铁的熔化曲线研究对地核状态研究具有重要的科学意义。谭华与 Ahrens 教授等^[7]合作,重新分析了过去报道的 Fe-Al₂O₃ 和 Fe-LiF 界面辐射温度数据,得出铁的熔点温度在 120GPa 时是 5300K, 240GPa 时是 7300K,比过去报道的熔化温度值约提高 350K。这个结果对了解地核的真实状态有重要意义。

- [1] 金孝刚等,高压物理学报, **2-1**(1988),17.
[2] 顾援等,强激光与粒子束, **3-1**(1991),1.
[3] 徐锡申等著,实用物态方程理论导引,科学出版社,(1986).
[4] 经福谦等著,实验物态方程导引,科学出版社,(1986).
[5] 张万箱等,高压物理学报, **1-1**(1987), 13.
[6] 金庆华等,高压物理学报, **4-1**(1990), 17.
[7] H. Tan et al., *High Pressure Research*, **2-2**(1990), 159; **2-2** (1990), 145.
[8] W. Su et al., *Phys. Rev. B*, **37-1** (1988), 35; **40-1** (1989), 102; *High Pressure Research*, **1-1** (1989), 131; 高压物理学报, **2-2**(1988),123.
[9] 苏文辉等,高压物理学报, **2-1**(1988), 58; **4-1**(1990), 50; **4-2**(1990), 137.
[10] Y. F. Xu et al. *Appl. Phys. Lett.*, **56-3** (1990), 1957.
[11] 苏昉等,高压物理学报, **2-4**(1988), 354.
[12] 胡金彪等,高压物理学报, **3-3**(1989), 187.
[13] 唐志平等,高压物理学报, **3-4**(1989), 290.
[14] 刘振兴等,高压物理学报, **3-3**(1989), 241.
[15] 苟清泉等,高压物理学报, **3-1**(1989), 25.
[16] 张铁臣等,高压物理学报, **4-3**(1990), 218.
[17] 熊大和等,高压物理学报, **2-1**(1988), 1.
[18] 蒋怀济等,高压物理学报, **4-1**(1990), 72.