

# 液晶学及其交叉学科

王素红

(郑州信息工程学院 450002)

1888年奥地利植物学家莱尼茨尔发现了液晶。从那时至今,已经过去了一个多世纪,在这段漫长的岁月里,先后创立了液晶的连续体理论、液晶的双折射理论、液晶的相态理论、液晶的X射线结构分析、液晶弹性和粘度性质、分子间作用力研究、光散射理论、旋光理论等,并将研究成果从科研实验室推入到了实际的应用领域。本世纪60年代以来,随着微电子工业、航空工业、激光、微波以及全息照相新技术的迅速发展,迫切需要使用一些对低能量激励有灵敏反应的物质。液晶物质的特点,正好符合这样的要求。到本世纪70年代,液晶已被广泛应用到许多尖端新技术领域中,如:电子工业的显示装置、环境污染和公害测定、医学上的皮癌检查、体温测定、胎儿定位等。最引人注目的是,改变液晶分子排列所需的驱动功率极低。这一特征为研制袖珍计算机和全电子手表的数字显示提供了条件。近年来,推动液晶研究迅速发展的另一个动力,就是液晶与生命现象有着密切的关联。许多国家先后建立了液晶科学的专门研究机构,制定了具体的研究规划和措施,并为此投入了大量的经费和雄厚的科研力量,对液晶领域进行全面研究。建立了液晶学及其液晶物理学、液晶化学、液晶生物学及液晶电子学等交叉学科,已取得了可喜的成就。

## 一、液晶的结构

液晶的结构按分子排列方式的不同,可以分为三种类型:

**1. 向列型液晶** 该种液晶分子的形状像雪茄烟,分子的长轴近于平行,但不能排列成层。处于这种液晶态的分子,能上下、前后、左右移动,单个分子也能绕长轴旋转。近几年发现,利用向列型液晶分子定向排列这一特性,可把它作为取向

溶剂,使溶质分子与溶剂分子一起显示定向排列。现正在试验把它用于核磁共振波谱及电子光谱的研究中。

**2. 近晶型液晶** 能形成这种液晶态的分子,形状也像雪茄状,分子长轴互相平行,且排列成层,层与层之间相互平行,分子排列比较整齐,近似于晶体的排列状况。在这种液晶结构中,通常分子只能在层内前后左右移动,而不易在上下层之间越层移动。但是,单个分子也能绕其长轴旋转,由于层内分子之间有较大的约束力,该液晶态对电磁场等外界干扰不如向列型敏感。

**3. 胆甾型液晶** 形成这种液晶态的棒状分子分层排列,在每一层中,分子的排列是平行的,取向是一致的。但相邻两层分子的排列方向扭转了一定的角度,因而多层分子链的排列方向逐层扭转,而呈现螺旋形结构。该种液晶相具有如下特性:(1)干涉色。胆甾相液晶薄层在白光照射下,呈现如孔雀羽毛般的美丽色彩,这是由于它选择反射某些波长的光所产生的现象。(2)旋光性。呈现干涉色的胆甾相液晶薄层具有很大的旋光度,至少可达到 $100\sim 1000^\circ/\text{mm}$ ,这个值比水晶的旋光度 $20^\circ/\text{mm}$ 要大得多。

因液晶结构很娇嫩,微弱的外界能量或压力,就能使液晶的结构发生变化,从而使其功能发生相应的变化,因此液晶表现出许多奇妙的效应。

## 二、液晶的效应

**1. 温度效应** 当胆甾型液晶的螺距与光的波长一致时,就产生强烈的选择性反射。白光照射时,因其螺距对温度十分敏感,就使它的颜色在几摄氏度温度范围内剧烈地改变,引起液晶的温度效应。该效应在金属材料的无损探

伤,红外像转换,微电子学中热点的探测及在医学上诊断疾病,探查肿瘤有重要的应用。

**2. 电光效应** 液晶分子对电场的作用非常敏感,外电场的微小变化,就会引起液晶分子排列方式的改变,从而引起液晶光学性质的改变。因此,在外电场作用下,从液晶反射出的光线,在强度、颜色和色调上都有所不同,这就是液晶的电光效应。该效应最重要的应用是在各种各样的显示装置上。

**3. 光生伏特效应** 在镀有透明电极的两块玻璃板之间,夹有一层向列型或近晶型液晶,用强光照射,在电极间出现电动势的现象叫光生伏特效应,即光电效应。该效应广泛应用于生物液晶中。

**4. 超声效应** 在超声波作用下,液晶分子的排列改变,使液晶物质显示出不同的颜色和不同的透光性质。目前,科学家正在利用这一特性,加紧研制液晶声光调制器。

**5. 理化效应** 把液晶化合物暴露在有机溶剂的蒸气中,这些蒸气就溶解在液晶物质之中,从而使物质的物理化学性质发生变化。这就是液晶的理化效应。利用该性质可以监测有毒气体。

此外,还发现了应力效应、压电效应、辐照效应等。依据液晶表现出的各种效应,液晶的应用领域大致可分为以下几个方面:

(1)液晶显示、软件复制方面的应用。主要利用液晶的电光效应、热效应等。

(2)检测器、感受器方面的应用。利用液晶的热效应,切变力效应,胆甾相液晶吸收气体后颜色变化及光生伏特效应等。

(3)分析化学、合成化学方面的应用。电场或磁场使液晶分子整齐排列,在光谱学研究和聚合反应方面,把液晶当作各向异性溶剂加以利用。

科学家们通过对液晶不同性质的研究,确立了不同的研究方向,建立了不同的学科。

### 三、液晶及其交叉学科的发展

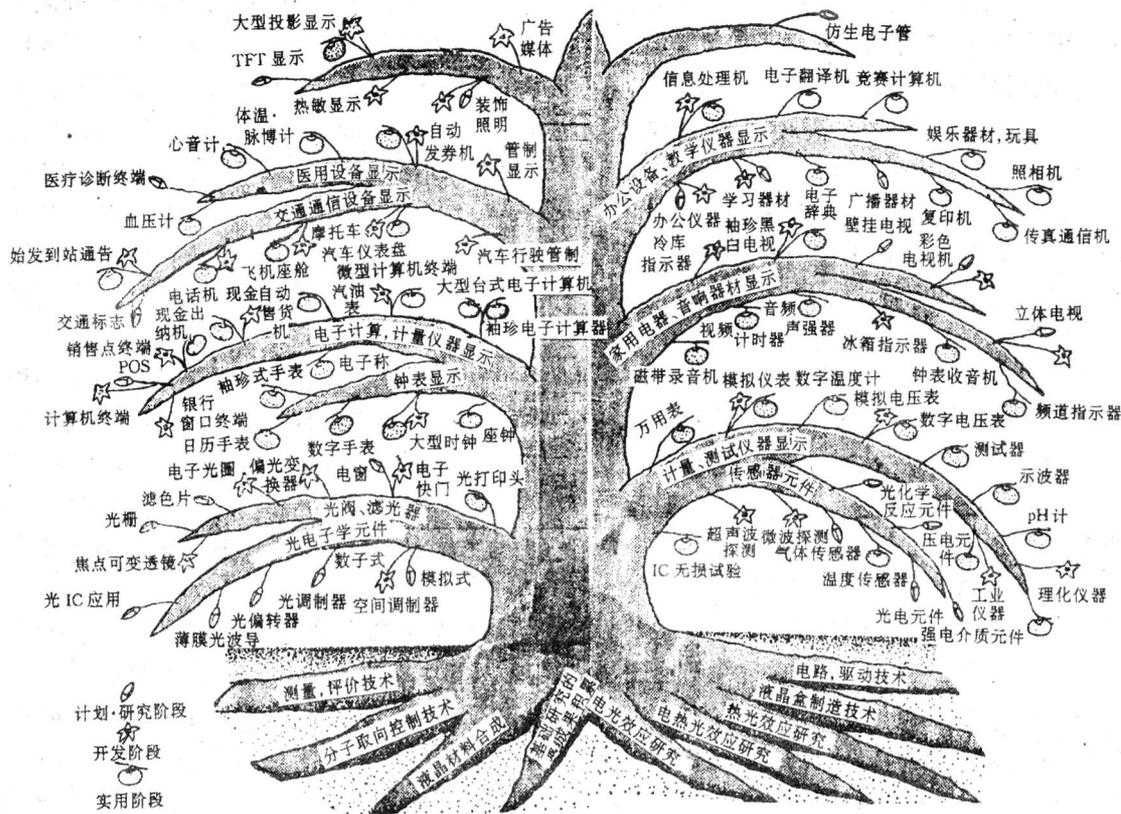
**1. 液晶物理学** 本世纪20年代,由卡斯特等人创立了液晶的连续体理论,研究了外场对

液晶的影响,并测量了液晶的电导率,开展了化学合成和物理实验研究。随后观察到了光的偏振、圆偏光二向色性、旋光性、电光效应、液晶光阀等。提出了液晶的相转变理论,液晶电流体效应,弹性效应,液晶的介电、介磁、压电、超声效应。在现代测量技术中,利用液晶的某些性质,有望制成微温传感器、压力传感器、光敏印刷头、用于光通信的光路转换开关、光调制器等。

**2. 液晶化学** 主要研究液晶分子结构和性质的关系、新型液晶材料的合成、表面取向剂的结构和功能、高分子液晶及其应用、液晶色谱学、液晶光谱学、表面化学、定向化学反应、液晶态分离膜及宾主效应中的染料分子的结构等。

液晶的物理性质与其分子结构密切相关,到目前为止已合成了数千种液晶化合物,积累了相当数量的数据。已测定了许多液晶的介电常数、折射率、粘度、有序参数等物理量,又经X射线衍射,红外、紫外、质谱及核磁共振,确定了液晶分子的结构,逐步揭示了液晶分子结构和性质之间的内在联系,为合成各种新型液晶材料指出了方向。近年来,化学工作者获得了超高模量、超高强度、热稳定性高和力学性能好的合成纤维,引起了人们对高分子化合物液晶态结构的巨大兴趣。目前,从液晶态聚合物得到的复合材料已应用于飞机、火箭等尖端技术领域中。在化学工业中,液晶可作为有序溶剂促进有机化学定向反应,旋光物质的聚集和分离;作为色谱固定液可提高色谱选择性和分离效率;液晶态功能分离膜具有选择性渗透性能及良好的分离效率。这些都是化学工业的重要研究课题。

**3. 液晶生物学** 液晶生物学是一门崭新的边缘学科。当代医学研究表明:动脉粥样硬化、胆结石、衰老、微循环障碍等疾病,均与人体某些器官、组织偏离正常的液晶态有关。对这类疾病,必须设法使体内恢复到正常的液晶态。因此,对生物液晶的研究,为预防、诊断和治疗某些疾病打开了新的思路。科学工作者利用液



晶的结构和原理,解释包括人、动物、植物和微生物在内的广泛的生命现象,也取得了极大的成功。当前,各国学者正在对生物液晶作广泛的探求,他们的研究工作正在沿深入和实用两个方面向前发展。在临床诊断中,用人工合成的液晶物质诊断疾病,具有迅速、成本低、携带方便等特点,颇受人们的青睐。

**4. 液晶电子学** 液晶作为信息显示材料有许多优越的性质,如:①功耗极低( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ );②驱动电压低(通常只需1~3V即可,少数显示器需要20V电压,与MOS、CMOS电路匹配组成可靠性高的微电子器件);③在明亮环境下显示等。而且,显示器件尺寸大小灵活,式样新颖,实现了器件平板化、弯曲化,使用方便,成本低廉。

现在,液晶已广泛应用于电子显示器件,尤其液晶显示器件已控制了与它竞争的其他电子显示器件的市场,独占了手表和袖珍计算器等领域,最近已开始应用在各种计量仪器,家用电

器,文字处理机等办公设备,以及摩托车和汽车上的液晶显示器件上。液晶在电子学方面的应用及最新发展详见文中插图。

总之,自液晶发现至今,液晶学与交叉学科之间相互渗透,如雨后春笋般迅速发展起来。其中液晶显示技术方面已趋于成熟,并投入市场已初见成效。液晶作为有机溶剂及外界反映改变癌变组织周围的液晶结构等,正作为新的研究课题,摆在许多科研工作者面前。期望在21世纪能利用生物液晶理论攻克癌症这一难关。

·致作者· 关于投稿的几点要求

1. 感谢广大作者对本刊的厚爱和支持,热忱欢迎广大新老作者踊跃投稿。
2. 来稿要求一式两份,用20×20稿纸誊写或打印。字迹工整清楚,公式、符号书写规范。
3. 随稿请附英文题目。文中插图要绘制清楚,并统一附在稿后。

《现代物理知识》编辑部