

# 液晶及其应用

仇九子

液晶是1888年由奥地利的F. Reinitzer发现的。他把各向同性的胆甾醇苯酸酯晶体加热到 $145.5^{\circ}\text{C}$ 时，它熔融成为各向异性的混浊液体。继续升温到 $178.5^{\circ}\text{C}$ ，混浊液体突然变为清亮的液体。这个由混浊到清亮的过程是可逆的。这说明在各向同性的固相和各向同性的液相之间存在着一个各向异性的液态中介相。把这个各向异性的液态中介相叫做液晶相。凡是能出现液晶相的物体统称为液晶。混浊的胆甾醇苯酸酯液体就是一种液晶。

由于液晶具有各向异性而且是液态，所以液晶必然是由各向异性的分子构成，而且分子倾向于定向排列。各向同性分子构成的液态是不可能出现各向异性的。液晶分子有棒形，盘形和碗形三种形状。目前，发展最成熟，应用最广泛的是棒形分子液晶。盘形分子液晶和碗形分子液晶还处于研究阶段。

液晶相物质的机械性能与该物质在各向同性液相时的机械性能相类似，但是两者的光学性质却不同。正是由于这一特点，液晶在显示器件方面得到了广泛的应用。液晶显示器件本身并不发光，而是借助于周围的人射光来达到显示的目的。因此，可在明亮的环境中使用。液晶显示器件的耗能低，一般只有 $10-100\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 的功率，因此无需庞大的电源设备。有一些液晶显示器件还可以存贮信息而不需要能量来维持这种存贮过程。液晶显示器件还容易满足显示面积大而体积小的要求，同时还可以实现彩色显示。这些优点使液晶显示器件得到了迅速的发展。本文简要介绍液晶的基础知识及其在显示器件方面的应用原理。

## 一、液晶的分类

中国人民武装警察部队学院 廊坊 065000

对于长棒形分子构成的液晶，从成分来看，可以分成两种类型。一种是由单一化合物或由少数化合物的均匀混合物形成的液晶，叫做热致液晶。热致液晶是由于其通常是在一定温度范围内处于液晶相而得名。典型的长棒形热致液晶的分子量一般在 $200-500\text{g}/\text{mol}$ 左右，分子的长宽比大约在 $4-8$ 之间。另一种是包含溶剂化合物在内的两种或多种化合物形成的液晶，叫做溶致液晶。这种液晶只有当溶液中溶质分子的浓度处于一定范围内时才出现液晶相。溶致液晶中的溶剂主要是水或其他极性分子溶剂。其长棒形溶质分子一般要比热致液晶中的分子大得多，分子的长宽比大约在 $15$ 左右。

长棒形分子液晶，按分子排列的有序性来分，可以分为三大类：丝状液晶，螺旋状液晶和层状液晶。丝状液晶的特点是局部地区的分子趋向于沿同一方向排列。螺旋状液晶的特点是同一分子层的分子取向趋于一致，而不同分子层的分子排列的方向沿一条垂直于分子层的螺旋轴螺旋式地改变方向，从而形成了螺旋状的排列结构。螺旋状液晶的一个特征物理量是螺距，即两个分子排列取向相位差为 $2\pi$ 的相邻分子层之间的距离。一般把不属于丝状和螺旋状中介相液晶都归为层状液晶。层状液晶的特征是分子形成单分子层或双分子层，在每一层分子当中分子具有长程排列有序性。层状液晶按分子取向的不同还可分为A, B, C……等14个不同的层状相。目前，已了解得比较清楚的是层状A相和层状C相。其中，层状A相的分子取向与层面相垂直，层状C相的分子取向与层面相倾斜。

## 二、液晶显示原理

长棒形分子液晶中，在垂直于棒的平面上

现代物理知识

的各个方向,分子的各种物理特性是相同的,具有各向同性.沿棒长方向的物理性质与垂直于棒长方向的物理性质不同.液晶相的基本特征是液晶分子的长轴趋向于互相平行排列.同时,在保持接近平行排列的状态下分子又可以像各向同性液体那样作平移运动.为了从宏观上来描述液晶分子的排列状态,通常引入一个平滑的矢量场  $n$ .  $n$  是一个单位矢量,是描述一个无限小范围内大量分子的平均长轴取向的物理量,称为指向矢.液晶分子有头尾之分.但实验表明,一般情况下  $n$  与  $-n$  从物理性质上来看并没有区别.这表明液晶中头部向上的分子数与头部向下的分子数相等.

在一个宏观尺度的小范围内观察液晶,可以发现单轴液晶的光学性质在横向是各向同性的,在从横向转向单轴的各个方向上光学性质按一定的规律发生变化.由于液晶的指向矢可以用外界条件来控制,因此液晶可用作显示器件.在显示器件中一般是把一薄层液晶注入两片平行的玻璃片(基片)之间.为一装置称做液晶盒.一般要求液晶盒中液晶的指向矢作定向排列.为此,基片与液晶相接触的一面要进行适当的处理.用纤维布在基片上定向打磨可以使指向矢顺着打磨的方向排列.这种排列方式称做沿面排列.在基片上涂一层近乎单分子层的卵磷脂或二甲基聚硅氧烷可以得到指向矢与基片相垂直排列的效果.这种排列方式叫做垂面排列.斜蒸氧化硅在不同操作方式下可以得到指向矢与基片成不同排列的效果.对液晶施加外电场(或磁场)也可以使指向矢按一定要求作定向排列.如何使指向矢与基片按一定角度排列是显示器件的一项重要工艺.

如果液晶分子具有一个与长轴接近平行的永久电偶极矩,这类液晶称为正性液晶.如果分子的永久电偶极矩与分子长轴基本相垂直,这类液晶称为负性液晶.在外电场  $E$  的作用下,正性液晶的指向矢趋向于与  $E$  平行排列,负性液晶的指向矢趋向于与  $E$  垂直排列.用外加电场(或磁场)改变液晶盒中指向矢的取向时,一般都是在在外电场(或磁场)强度增大到一定阈

值时指向矢才突然发生变化.这一阈值叫做液晶的电场(或磁场)阈值.

对装有负性丝状液晶的恒温液晶盒施加电压,当电压增大到一定阈值时会出现不稳定,产生一定的畴状结构,指向矢只在一个畴内具有同一排列方向.如果继续升高电压,畴状结构将会被破坏,液晶发生湍流,形成直径只有微米量级的小畴,对入射光具有强烈的散射性.这就是 60 年代末发现的动态散射现象.根据动态散射原理制作出了最早的液晶显示器件.

在光频范围内液晶的折射率和吸收系数在平行于长轴的方向和垂直于长轴的方向上分别具有两个不同的数值.因此,定向排列的液晶是一种双折射介质.在液晶盒的两基片间施加一定的外电场以改变盒内液晶的排列取向就可以改变光的透射率.根据这一原理也可以制作显示器件.如果在液晶内掺进一些具有二色性的长形染料分子,由于液晶分子的定向排列,使得染料分子也作定向排列.由于二色性染料分子对不同方向入射的偏振光具有不同的吸收系数,从而能得到彩色显示的效果.

### 三、液晶的其他应用

虽然液晶被发现已有一个多世纪,但其真正获得发展还只不过 20 多年的历史.现在,液晶显示器件已随处可见,并还在不断地完善和发展.然而,液晶的应用远不只限于显示器件方面.在其他领域液晶也有着广泛的应用.比如人们常用于洗涤的肥皂水就是一种常见的溶致液晶.层状液晶的分子层很容易发生相对滑动,所以是良好的润滑剂.一些溶致液晶也是很好的泡沫剂.螺旋状液晶的电场阈值与其螺距有关,而螺距对温度和所含杂质浓度非常敏感.利用这一性质,可进行温度测量,环保监测,无损探伤以及医疗诊断等等.随着人们对液晶的研究和应用,已形成了液晶物理学,液晶化学以及生物液晶学等学科.总之,液晶不仅是一种有着广泛用途的材料.液晶学也是一门正在兴起的多科性学科,有着美好的发展前景.