

神奇的液晶

渠基雷 刘子林

液晶,这是一个人们并不陌生的名词. 在日常生活中,我们到处都会碰到它,如液晶手表, BP机、数字式仪表的液晶显示屏以及液晶电视机等. 但是若问什么是液晶? 液晶为什么具有显示功能? 则不少人又无言可答了.

一、液晶的发现

早在 1888 年,奥地利植物学家莱尼茨尔在加热溶解胆甾醇脂过程中发现,这种有机化合物结晶体随着温度的变化会出现一种神奇的现象:当加热到 145.5°C 时,结晶体溶解成混浊粘稠的液体;当继续加热到 178.5°C 时,则又变成了透明的液体. 当时,莱尼茨尔就明确认为该有机物有两个熔点. 前者叫熔点,后者则被人们称为清亮点. 翌年,德国物理学家莱曼对上述 145.5°C — 178.5°C 的混浊粘稠的液体用偏光显微镜进行观察,发现它具有光的双折射现象,即如同晶体一样具有光学各向异性. 于是,对于这种似乎是流体的软晶体,或者是晶体结构的流体,莱曼称之为液晶. 因此,人们公认为,液晶是由莱尼茨尔和莱曼两个人发现的.

二、一种特殊的物态

众所周知,物态通常有三态:固态、液态和气态. 而不同的物态(相),是由其分子在不同温度下具有不同有序度所决定的.

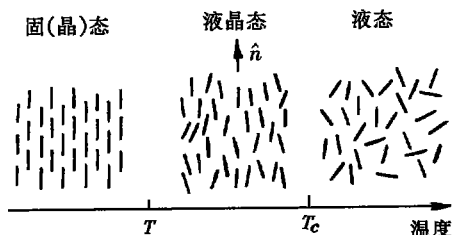


图1 胆甾醇的物态变化

那么,液晶是一种什么样的物态? 它的有序度又如何呢?

现在液晶科学家已经弄清楚,液晶多数是由具有分子长轴的棒状有机大分子所组成. 以胆固醇(胆甾醇的俗称)为例,它在不同温度下处于不同物态时,分子排列的有序情况如图 1 所示. 胆固醇的两个熔点(相变温度) T 和 T_c 分别为其熔点和清亮点.

固(晶)态时,分子排列具有两种有序度. 分子的质心位置有序, 即有固定位置;分子的长轴方向有序,即平行排列.

液晶态时,分子的质心位置有序已失去,(因分子可以自由流动);而分子的长轴倾向于平行排列,即方向有序仍保存. 如果用指向矢 \hat{n} 作为描述大量分子长轴平均取向的单位矢量,则液晶分子长轴大体沿指向矢方向.

液态时,分子排列的两种有序度全部丧失. 不但分子质心无固定位置,而且分子长轴的排列也无一定的倾向. 至于气态,分子则为无规则热运动了.

可见,液晶是一种特殊的物态,其分子排列的有序度介于固(晶)态与液态之间,故又叫介晶态或介晶相.

三、液晶的类型

自从液晶被发现后,许多科学家致力于液晶化合物的制取和其结构的研究. 到 1920 年,仅德国液晶科学家沃兰德一人就合成了液晶化合物 250 种以上;到目前为止,人们已知道的各种液晶化合物已达到五千余种. 科学家借助偏光显微镜和加热台,对各种液晶化合物进行观察,发现液晶的结构按其分子的排列方式主要

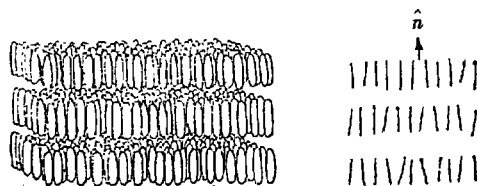


图2 近晶相液晶模式及其略图

有三种基本类型,亦即液晶相还可分为三个亚相.

1. 层状相又称近晶相(S相)

在较低温度端,分子分层排列,每层分子长轴大体沿指向矢方向相互平行;分子只能在本层中活动,而不能处于层与层之间,如图2所示。

2. 螺旋状相又称胆甾相(Ch相)

若加热近晶相,在某个亚相变温度下,分子的分层性破坏。但分子会沿着某个方向螺旋排列,即在垂直于螺旋轴的每个平面内,分子都相互平行于该平面的指向矢,且沿螺旋轴平移,指向矢作均匀转动,如图3所示。

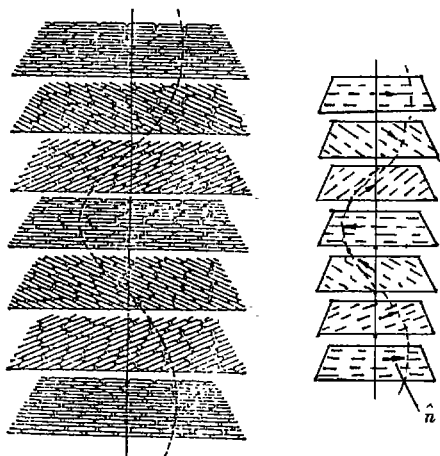


图3 胆甾相液晶模式及其略图

3. 丝状相又称向列相(N相)

若继续加热,螺旋结构被破坏,整个空间分子倾向于平行指向矢的方向,其分子除了可以转动和前后左右滑动外,还可以上下滑动,如图4所示。由于向列相液晶分子的排列和运动较自由,对外界影响相当敏感,故是目前液晶显示技术中的主要材料。

以上液晶都是由晶体加热而形成的,故叫热致液晶。另外,科学家还发现,某些有机大分子化合物溶解于溶剂(如水、硫酸、甲苯等)中也可形成液晶,称之为溶致液晶。例如,肥皂的浓水溶液所形成的近晶相液晶。

四、液晶的电光效应

液晶既有其物理性质,又有其化学性质,又有其生物学性质。在物理性质方面以电光效应

最为突出,应用也最早、最广泛。

通过研究知道,液晶分子有两个显著的物理特征:

1. 液晶分子多呈长棒形,有分子长轴,而分子长轴是其光轴,故液晶具有光学各向异性,其透光性与分子的排列取向有关。

2. 在电场的作用下,液晶分子会产生感生电偶极矩,而该偶极矩又可在电场力矩的作用下发生转动,从而可改变分子的排列取向。

正因如此,所以通过调控电场的变化便可改变液晶分子的排列,产生电光效应。

当液晶分子规则排列时,液晶具有光学单轴性。若入射光沿光轴传播,则会无折射的透射;若入射光前进方向偏离光轴,则入射的偏振光以左旋光或右旋光进行反射或透射。若对液晶施加电场使其分子排列取向改变,则按照一定偏振方向入射的光,将在液晶中发生电控双折射现象。

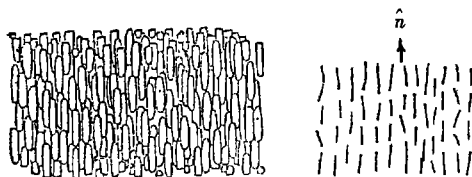


图4 向列相液晶模式及其略图

当液晶分子为扭曲排列时,则液晶会使入射光的偏光轴顺从液晶分子的扭曲而旋转,液晶呈旋光性。

当液晶在电场的作用下出现不稳定状态或湍流时,则会产生光的动态散射现象,透明的液晶将变得混浊而不透光。

总之,由于液晶的光轴(指向矢)随电场的大小而偏转,所以液晶的透光度将随电场的变化而变化,因而造成液晶透光或不透光。利用这种电光效应调制环境光,便可实现亮态与暗态的显示。在技术领域中,液晶材料的这种显示功能,已得到广泛应用,如制造各种数字、文字甚至图象的显示器件等。