

精确测定液晶双折射率及其色散的多光束干涉方法

何雪华 张合义

(北京大学物理系)

液晶是目前显示器件的重要材料。向列型液晶在其光学性质上类似单轴晶体。液晶的随波长改变的双折射率是基本的物理常数之一。测量液晶的双折射率及其色散的方法,主要有折射法与干涉法。而在测量双折射率的色散方面,干涉法要比折射法简便得多。干涉法所测得的是光程,即 $n_o h$, $n_e h$ 以及光程差 $(n_e - n_o)h$ 。其中 n_e 与 n_o 是液晶的折射率,而 h 是干涉仪中液晶层的厚度。介绍用干涉法测液晶双折射率的文献不少^[1,2],但一般双光束干涉法不易准确测出液晶层厚度 h 。W. Kuczyński 和 B. Stryła^[3] 用多光束干涉法测量 MBBA 液晶双折射率,其方法的优点是可用多光束干涉法测空气膜厚度 h 。但是他们的装置不能控温,先测 h 后充液晶, h 易发生变化。他们对正交偏振光场中测双折射率 $(n_e - n_o)$ 时的干涉条纹的分析也不全面。我们改进了他们的实验装置,又从原理上对干涉光强公式进行了全面的分析。实验上测量了 EBBA 液晶在 4900—7400 Å 波长范围的双折射率。

一、原理部分

实验装置如图 1 所示。S 是白炽灯泡, P 与 A 为

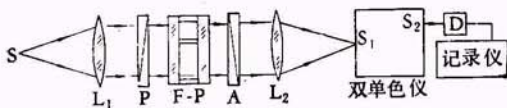


图 1

偏振片, F-P 为法-白式多光束干涉仪,即样品室。样品室中液晶是平行于表面沿一定方向排列的,其指向

矢的方向也就是光轴的方向。

当光束通过 F-P 上半部空气室时,取 $P//A$ (两偏振片平行),干涉光强为

$$I = I_1 \frac{T^2}{(1-R)^2} \frac{1}{1 + \frac{4R}{(1-R)^2} \sin^2 \delta}, \quad (1)$$

I_1 为通过 P 之后的光强, R, T 为干涉仪平板内表面上膜的反射率与透射率, $\delta = \frac{2\pi}{\lambda} h$ 。(1) 式是普遍的多光束干涉的光强,用这种等色序条纹可测 h 。图 2 是我们测量空气膜厚 h 时的多光束干涉等色序条纹。当 h 为 0.1—0.2mm 时,误差可达到 1×10^{-3} 。

当光束通过 F-P 下半部液晶室,使 $P//A$, 并且平行于液晶的指向矢时,

$$I_e = I_1 \frac{T^2}{(1-R)^2} \frac{1}{1 + \frac{4R}{(1-R)^2} \sin^2 \delta_e}, \quad (2)$$

$$\delta_e = \frac{2\pi}{\lambda} n_e h.$$

这是 e 光的多光束干涉,可用以测定 n_e 及其色散。

当 $P \perp A$, 并且与液晶指向矢垂直时,

$$I_o = I_1 \frac{T^2}{(1-R)^2} \frac{1}{1 + \frac{4R}{(1-R)^2} \sin^2 \delta_o}, \quad (3)$$

$$\delta_o = \frac{2\pi}{\lambda} n_o h.$$

同理,这是液晶 o 光的多光束干涉,可用以测量 n_o 及其色散。

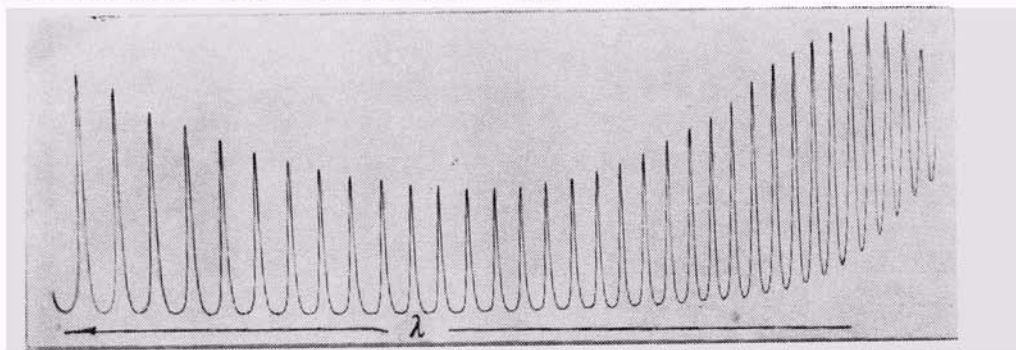


图 2

当 $P \perp A$, 且与液晶指向矢成 45° 角时, 即可测 $(n_e - n_o)$. 我们导出了这种测量 $(n_e - n_o)$ 方法的光强公式:

$$I = \frac{1}{2} I_1 \frac{T^2}{(1-R)^2} \frac{1}{1 + \frac{4R}{(1-R)^2} \sin^2 \delta_e} \cdot \frac{1}{1 + \frac{4R}{(1-R)^2} \sin^2 \delta_o} \cdot \left[1 + \frac{4R}{(1-R)^2} \cos^2 \frac{\delta_e + \delta_o}{2} \right] \cdot [1 - \cos(\delta_e - \delta_o)]. \quad (4)$$

显然这是四种干涉条纹的乘积, 其中

$$[1 - \cos(\delta_e - \delta_o)] = 1 - \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda} h(n_e - n_o) \right]. \quad (5)$$

(5) 式是典型的偏振光场中双光束干涉, 可用来测定 $(n_e - n_o)$ 的干涉条纹. 但由 (4) 式看出这种条纹被其他三种干涉条纹所调制. 式中第一、二两项分别为 e 光与 o 光的多光束干涉条纹, 干涉极大是锐的, 而光强极小部分较宽, 第三项决定于 $\frac{n_e + n_o}{2} \cdot \frac{2\pi}{\lambda} h$, 它与第

一、二两项对比, 极大峰较宽, 而极小锐. 这三组条纹对第四项变化缓慢的双光束干涉条纹进行调制.

图 3 中 (a), (b), (c) 为间隔层厚度不同时由 (4) 式决定的干涉条纹. (a) 是 h 较小时的情况, (b) 与 (c) 是相应于 h 为 $0.1-0.2\text{mm}$ 的干涉等色序条纹. 图里调制情况看得很清楚. (a) 中 o 光与 e 光等色序分得很清楚, 但这时测 $(n_e - n_o)$ 有困难. (b) 与 (c) 的短波部分已变为没有次峰调制的双光束干涉条纹了. 这

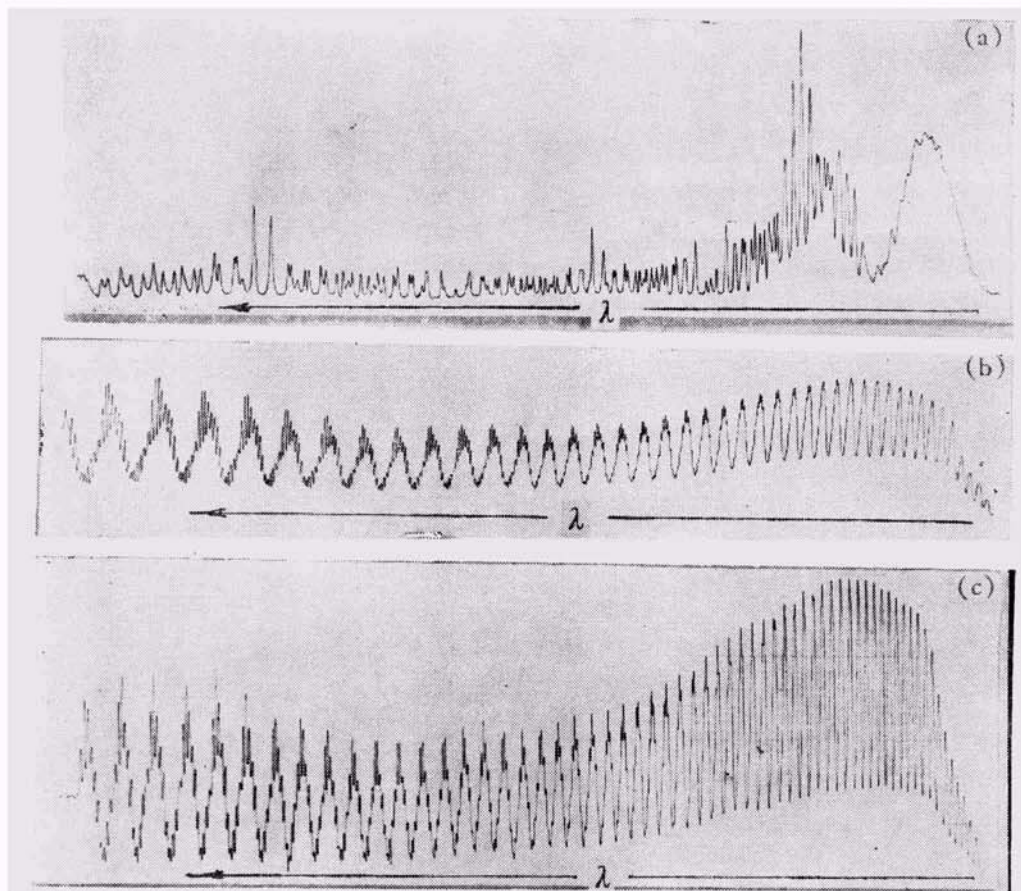


图 3

是因为在短波区我们所镀的多层介质反射膜反射率 R 下降, 使 e 光与 o 光干涉条纹分不开了. 我们所镀的反射膜中心波长 $\lambda = 6328 \text{ \AA}$, $R \approx 0.5$. 根据干涉条纹的这些特点, 我们在测量 n_o 与 n_e 时, 利用 $P \parallel A$ 且平行指向矢或垂直于指向矢. 为了充分利用双单色仪的分辨本领, h 的取值应使 n_e 与 n_o 的干涉峰刚好清晰地分开, 这样在一波段范围内干涉峰较多, 测量计算误差

小. 在测 $(n_e - n_o)$ 时, 利用更大的 h , 如 $h > 0.2\text{mm}$, 这时 o 光与 e 光干涉条纹已分不开, 变成了双光束干涉条纹.

二、实验结果

我们所用涤纶膜制的间隔垫圈如图 4 的形状, 以

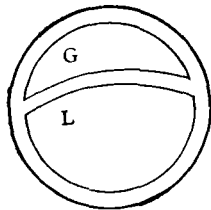


图 4

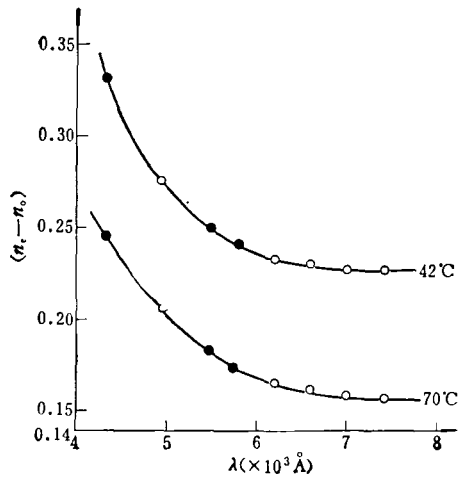


图 5

○ 为实验测出数据;
● 为文献[4]的数据

便将干涉仪分为两个室。G是空气室，L为液晶室。为使液晶取向，在干涉仪平板的反射膜上又镀了SiO₂的沟槽状薄膜。干涉仪架子是用双层铜管制成。通入恒温水对干涉仪控温，控温精度 $\Delta t \approx 0.5^\circ\text{C}$ 。我们测量了不同温度下 EBBA 液晶的 $(n_e - n_o)$ ，波段 4900—7400 Å。图 5 是在两个不同温度下测出的双折射率 $(n_e - n_o)$ 曲线。文献[4]只测了 EBBA 对 4358 Å，5461 Å 与 5780 Å 的 n_e 与 n_o ，由图 5 看出，我们所测的数据与文献[4]的数据符合较好。我们测量的 $(n_e - n_o)$ 误差为 0.003。

我们的液晶样品 EBBA 及沟槽膜都是由清华大学化学系廖松生、张百哲等同志提供的，谨致谢意。

参 考 文 献

- [1] I. Haller, H. A. Huggius and M. J. Freiser, *Mole. Cryst. and Liquid Crystals*, 16(1972), 53.
- [2] Roger Chang, *Mole. Cryst. and Liquid Crystals*, 30(1975), 155.
- [3] W. Kuezyński and B. Stryła, *Mole. Cryst. and Liquid Crystals*, 31(1975), 267.
- [4] H. S. Subramhanyam and J. Shashidhara Prasad, *Mole. Cryst. and Liquid Crystals*, 37(1976), 23

深 能 级 瞬 态 谱 仪

杜永昌 晏懋洵

(北京大学物理系)

一、引 言

众所周知，如果在半导体中存在着某些杂质或缺陷，相应地在半导体的禁带中就出现一些能级。离开导带底较远或者离开价带顶较远的能级，都称为深能级。深能级的存在对于半导体的电学、光学和热学性质都有深刻的影响。对二极管和晶体管的开关特性与击穿特性，对发光二极管及半导体激光器的量子效率和使用寿命，对发光二极管的发光颜色以及电荷耦合器件的电荷转移效率等方面，深能级杂质和缺陷都有重要的甚至是决定性的影响。因此，从半导体的应用角度研究深能级杂质和缺陷十分重要，这方面的工作已经开展二十多年了，但由于长期缺乏有力的实验手段，故

在这一领域还缺少充分的实验资料和令人信服的理论解释。所以从固体物理学与半导体物理学的理论方面来看，深能级杂质和缺陷也有大量的问题尚待解决。然而近年来已发展了一些用来研究深能级的新方法和新技术，其中结电容技术就是最有效的方法之一。利用处于反向偏置下的 pn 结、肖特基势垒或 MOS 二极管的电容测量，研究其深能级杂质和缺陷的特性，统称为结电容技术。其中包括热激电容法、光电容法和瞬态电容法等^[1-3]。1974年 D. V. Lang 在研究深能级的结电容技术方面取得了重大进展，研制成深能级瞬态谱仪，又称为 DLTS^[4]。深能级瞬态谱仪具有快速、灵敏、测量能级范围较宽、同时可以测量多子陷阱和少子陷阱等优点。它不仅是研究深能级的有效工具，而且也可以用作生产过程的监测，因而几年来发展很快。最近几年