

在混合排列的向列中的光致双折射

G. Barbero, F. Simoni and P. Aiello

(意大利卡拉布里亚大学物理系)

在最近的文章中,我们提出在混合排列的向列晶胞中(HAN),非线性双折射可以通过结构的预畸变或是通过在壁上引起一个弱碓系而增强。这里我们给出了对此现象的完整描述。它可以在不需要任何我们以前对 HAN 晶胞所考虑的近似或是其它作者对类变及面型晶胞所作的近似的情况下对此问题进行研究。为清晰起见,在这里所保留的仅有的限制是光在晶胞表面的入射角为 0 (垂直入射),而且它很容易推广到任意入射角的情况。因此在导出最终表达式时允许以下条件: i) 介电常数的各向异性 $\Delta\epsilon$ 可为任意值; ii) 弹性常数 K_1 及 K_3 可以不同; iii) 在壁上的碓系能量 W_1 、 W_2 可为有限值。这样,就可以去掉小的各向异性,只采用一个弹性常数($K_1=K_2$)以及强碓系等近似。

我们从总的自由能出发:

$$\psi = \int_{-d/2}^{d/2} F(\varphi, \varphi_z) dz + \psi_s(\varphi) \quad (1)$$

这里 $F(\varphi, \varphi_z)$ 是体能量密度, $\psi_s(\varphi)$ 是由于对壁的碓系所引起的量。 $\varphi(z)$ 是实际的分子方向对所选定的与边界垂直的 z 轴的倾斜角, 并且 $\varphi_z = d\varphi/dz$ 。对 (1) 式取极小值, 并考虑到边界条件, 我们可从上面的方程得到函数 $\varphi(z)$ 。

$$\int_{\varphi(-d/2)}^{\varphi(z)} \left[\frac{1 - K \sin^2 \varphi'}{h^2 C^2 - (\epsilon_{\parallel} - \Delta\epsilon \sin^2 \varphi')^{1/2}} \right]^{1/2} d\varphi' = z + \frac{d}{2} \quad (2)$$

这里 $K = 1 - K_1/K_3$, ϵ_{\parallel} 是与分子指向相平行的介电常数, C^2 是通过边界条件由 $\varphi(-d/2)$ 及 $\varphi(d/2)$ 所确定的积分常数。 $h^2 = \frac{1}{2} \frac{\Delta\epsilon}{\epsilon_{\parallel} \epsilon_{\perp} k_3} S_z$, 式中 ϵ_{\perp} 是与分子指向相垂直方向的介电常数, S_z 是玻印廷矢量的 Z 分量。当由 (2) 式求出 $\varphi(z, h)$ 以后, 可以算出为光所看到的有效介电常数中的非线性光学效应。

$$\langle \delta\epsilon(h) \rangle = \frac{\Delta\epsilon}{2} \left[\bar{\epsilon}^2 - \left(\frac{\Delta\epsilon}{2} \right)^2 \right] \left\langle \frac{\cos 2\varphi(z, 0) - \cos 2\varphi(z, h)}{\left[\epsilon + \left(\frac{\Delta\epsilon}{2} \right) \cos 2\varphi(z, h) \right] \left[\epsilon + \left(\frac{\Delta\epsilon}{2} \right) \cos 2\varphi(z, 0) \right]} \right\rangle \quad (3)$$

这里, 我们定义 $\langle \epsilon \rangle = \langle \epsilon(0) \rangle + \langle \delta\epsilon(h) \rangle$, $\langle \rangle$ 表示在晶胞厚度上取平均, 并且 $\bar{\epsilon} = (\epsilon_{\parallel} + \epsilon_{\perp})/2$ 。

从 (3) 式可以得到由场所引起的介电常数的总变化, 而不仅是以前所计算的平方项。由方程 (2) 和 (3) 以及相应的边界条件, 对某些情况进行了数值计算, 并给出了一些例子。另一个令人感兴趣的方面是计算了能使 HAN 构型不稳定, 并能产生向类变或面型结构的有序相变的光场。在这些场中, 由于分子不再畸变, 介质的非线性响应下降到 0。在这些转变中具有滞后的可能性被认为可以导致光学双稳态。