

# 近代物理实验预习笔记——晶体的电光调制

物理 (4+4) 1801 胡喜平 U201811966

个人网站 <https://hxp.plus/> 电子邮件 [hxp201406@gmail.com](mailto:hxp201406@gmail.com)

2020 年 10 月 26 日

## 1 实验内容

- 观察电光效应, 测量晶体的半波电压。
- 改变晶体的工作点, 观察线性调制、倍频失真、非线性调制。
- 用  $1/4$  波片改变工作点, 观察晶体的倍频失真和线性调制。

## 2 实验原理和注意事项

### 2.1 横向电光调制原理

下图是晶体横向电光调制装置图, 入射光经过起偏器成为平行于  $x$  轴的线偏振光, 通过电光晶体,  $x$  分量和  $y$  分量产生相位差  $\delta_1$ , 通过  $1/4$  波片再产生相位差  $\delta_2$ , 最终从平行于  $y$  轴的检偏器出射。

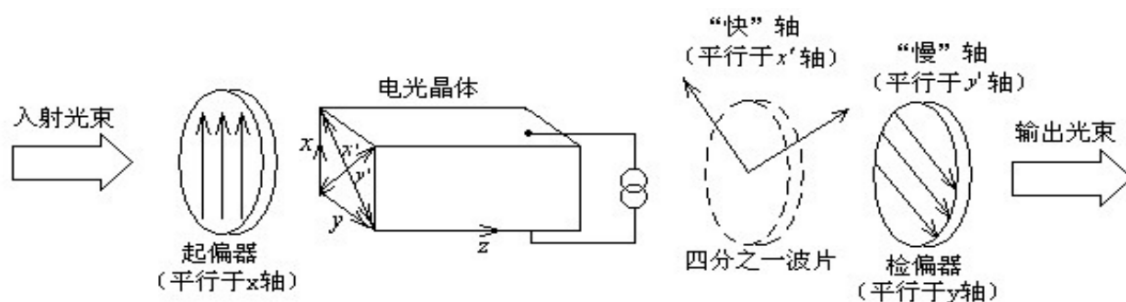


图 1: 晶体的横向电光调制装置图

其中光通过电光晶体产生的相位差  $\delta_1$  是正比于电光晶体上加的电压的, 为

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} n_0^3 \gamma_{22} V \frac{\lambda}{d}$$

同时, 光透过检偏器后透射率为

$$T = \sin^2 \frac{\delta_1 + \delta_2}{2}$$

当晶体两端电压在某一个特定数值的时候, 光透过晶体产生  $\pi$  的相位差, 定义这个电压为  $V_\pi$ , 则

$$V_\pi = \frac{\lambda}{2n_0^3\gamma_{22}} \left( \frac{d}{l} \right)$$

则

$$\delta_1 = \pi \frac{V}{V_\pi}$$

## 2.2 依靠改变直流偏压的电光调制

如果我们把直流偏压  $V_0$  和交流调制信号  $V_m \sin \omega t$  同时加到电光晶体两端, 随着交流调制信号的改变, 透过率也会改变。

$$T = \sin^2 \frac{\delta_1}{2} = \sin^2 \frac{\pi}{2V_\pi} (V_0 + V_m \sin \omega t)$$

调制信号不失真应当有两个前提:  $V_0$  设置的静态工作点处, 透射率对于晶体两端电压的偏导数是 1, 且  $V_m \ll V_0$ 。原因看下面的图自然很容易就明白。

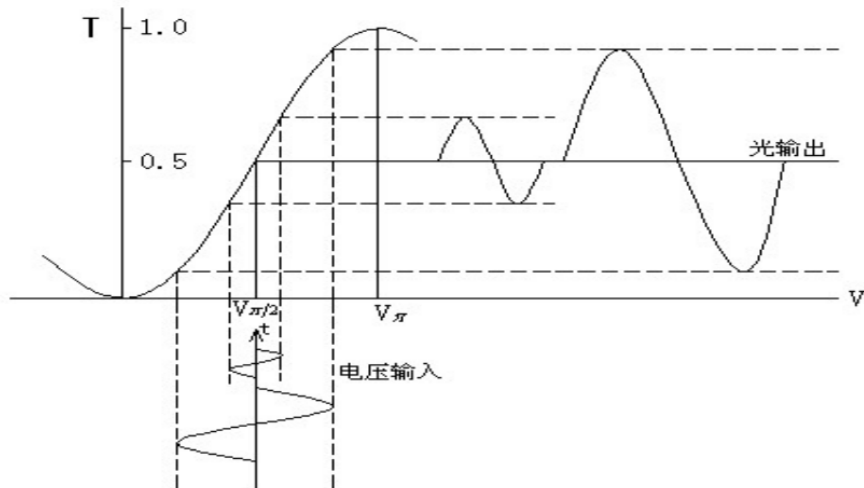


图 2: 电光调制原理图

理想的静态工作点是  $V_\pi/2$ 。当  $V_0 = V_\pi/2$  时, 如果有  $V_m \ll V_0$ , 则

$$T \approx \frac{1}{2} \left[ 1 + \left( \frac{\pi V_m}{V_\pi} \right) \sin \omega t \right]$$

此时输出波形是我们想要的**线性调制**信号。

当不满足  $V_m \ll V_\pi$  时, 调制信号幅度过大, 会出现奇次谐波, 输出波形会出现严重**非线性失真**。

当选择静态工作点  $V_0 = \pi$  或者  $V_0 = 0$  时,

$$T \approx \frac{1}{8} \left( \frac{\pi V_m}{V_\pi} \right)^2 (1 - \cos 2\omega t)$$

看上面的原理图很容易明白, 由于电压高于静态工作点和低于静态工作点时, 输出对称的重复图像, 所以输出频率是原先的两倍。这种现象称作**倍频失真**。

### 2.3 依靠改变 1/4 波片朝向的电光调制

我们已经知道影响最后投射光强的本质因素是相位差  $\delta_1 + \delta_2$  (**依靠改变直流偏压的电光调制**中没有 1/4 波片,  $\delta_2 = 0$ ), 因此我们除了可以调节晶体两端直流偏置电压  $V_0$  来改变  $\delta_1$  来改变最终信号光的相位差, 也可以通过更改 1/4 波片的朝向, 来改变  $\delta_2$ , 达成相同的目的。

当 1/4 波片主轴和检偏器光轴夹角为 0 或者  $\pi/2$  时,  $\delta_2 = 0$ , 和**依靠改变直流偏压的电光调制**中设置  $V_0 = 0$  或者  $V_0 = V_\pi$  是一样的, 都会输出**倍频失真**的波形。

当 1/4 波片主轴和检偏器光轴夹角为  $\pi/4$  或者  $3\pi/4$  时,  $\delta_2 = \pi/2$ , 和**依靠改变直流偏压的电光调制**中设置  $V_0 = V_\pi/2$  是一样的, 输出**线性调制**的波形。