

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

2020 年 10 月 28 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 δ_1 , 通过 $1/4$ 波片再产生相位差 δ_2 , 最终从平行于 y 轴的检偏器出射。

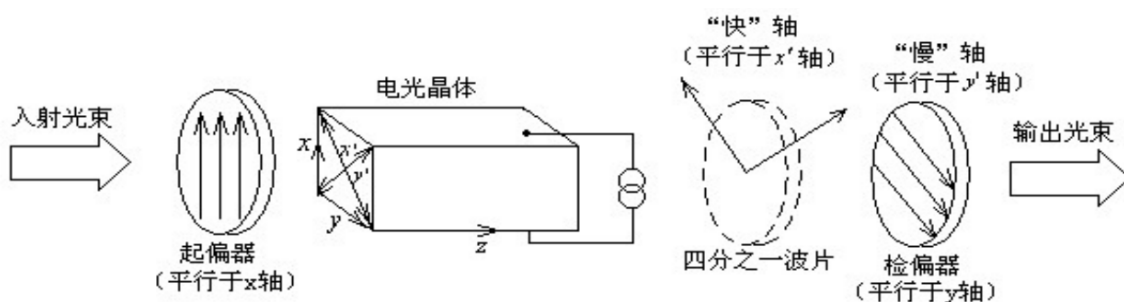


图 1: 晶体的横向电光调制装置图

其中光通过电光晶体产生的相位差 δ_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 π 的相位差, 定义这个电压为 V_π , 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。

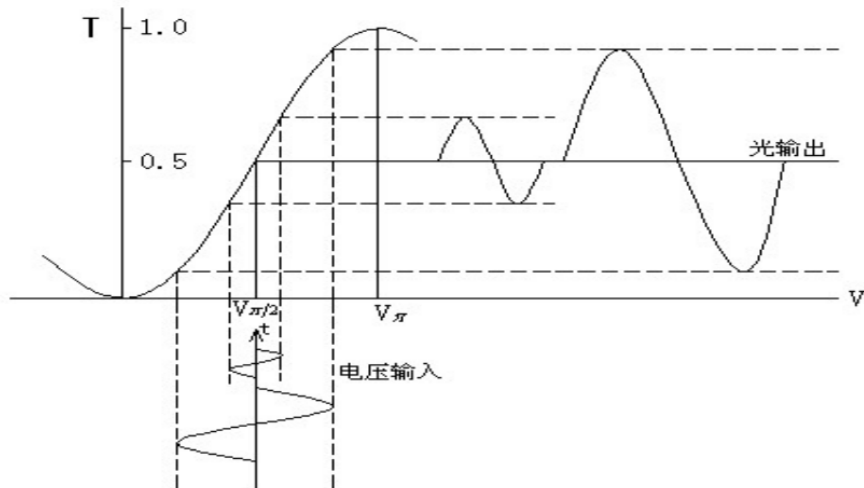


图 2: 电光调制原理图

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 δ_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 δ_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。