

年级、专业:	19 级天文学	组号:	
姓名:	刘耿昊	学号:	19342070
日期:	2022 年 3 月 15 日		
评分:		教师签名:	

实验 E4 晶体电光、声光和磁光效应

分析与讨论

半波电压理论公式为

$$V_{\pi} = \frac{\lambda d}{2n_0^3 \gamma_{22} L} \quad (1)$$

代入 $\lambda = 0.520 \mu\text{m}$, $n_0 = 2.286$, $\gamma_{22} = 6.8 \times 10^{-12} \text{ m/V}$, $L = 35 \text{ mm}$, $d = 3 \text{ mm}$ 得

$$V_{\pi} = 270 \text{ V} \quad (2)$$

实验中调出的锥光干涉图

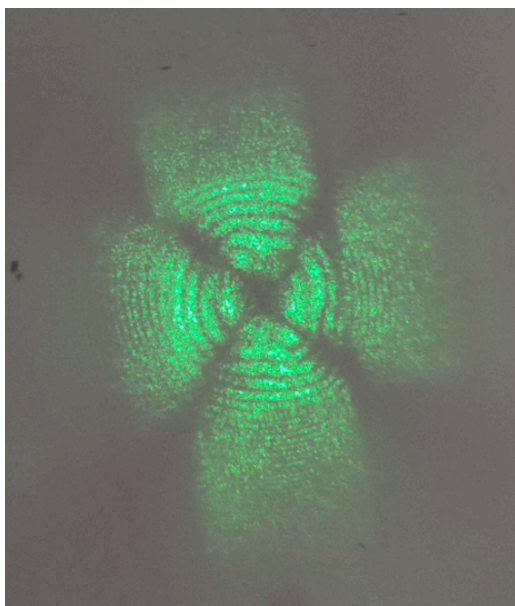


图 1: 锥光干涉图

一、倍频法测量半波电压

图2和图3为调节直流偏压为 568 和 311V 时示波器波形与参考信号波形对比图, 对其做快速傅里叶变换, 可以发现对于上述两个直流偏压, 均观察到倍频信号产生, 反映在 FFT 图上即相对于参考信号, 倍频信号的 FFT 在 2 倍频处的峰值明显增强。

由此可以计算出半波电压:

$$V_{half} = 568 - 311 = 257 \text{ V} \quad (3)$$

相对误差为:

$$\epsilon = \frac{257 - 270}{270} = -0.048$$

误差来源:

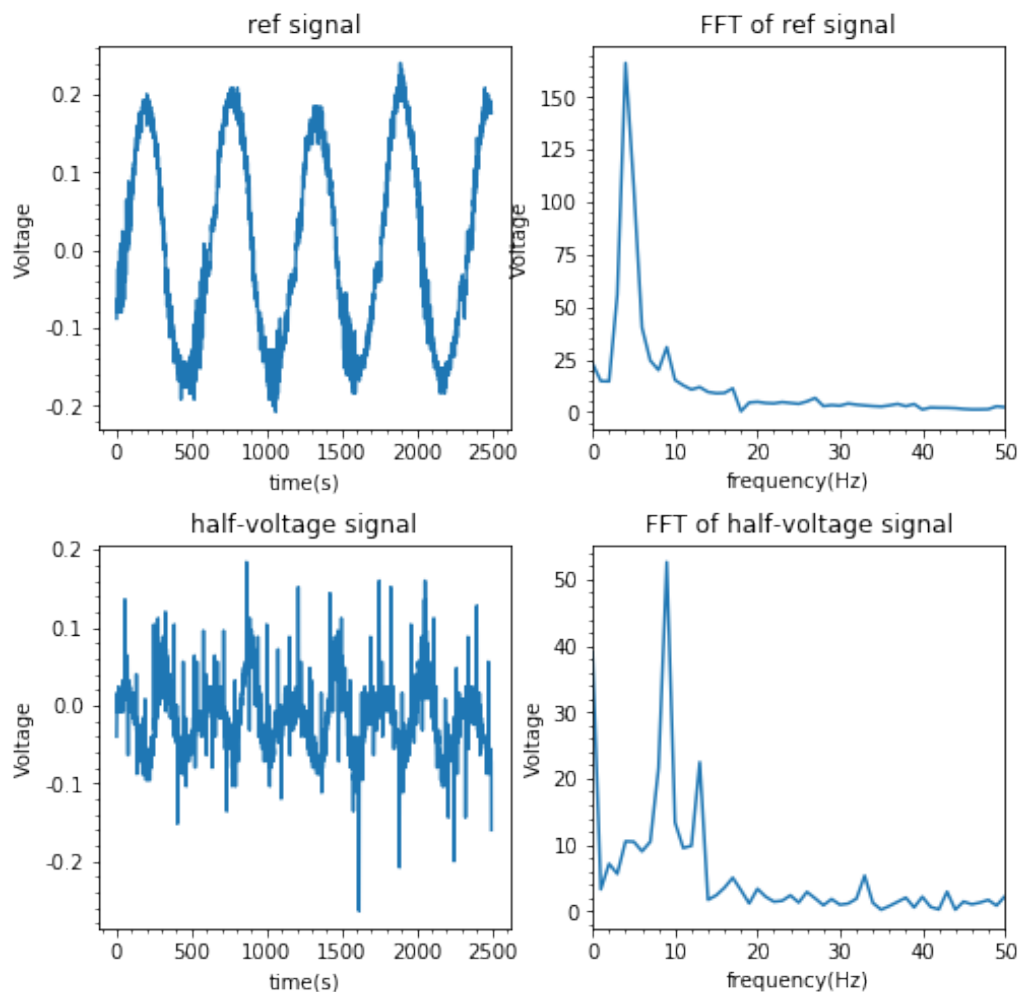


图 2: 直流电压调节为 311V

1. 不能保证激光在晶体中的通光长度为理论计算所代入的 35mm，实验中激光光束并非严格准直，仍有微小的偏差。
2. 波形有漂移。即产生倍频信号后，即使不再改变直流偏压，示波器信号仍会继续变化，使倍频信号消失，这一现象可能导致对倍频信号的判断出现失误
3. 激光功率较低，信噪比低，光功率计受外界光源干扰大。

二、极值法测半波电压

由表1可知，当直流偏压设为 150V 时，功率达到极小值；当直流偏压设为 430V 和 440V 时，功率达到极大值，半波电压为

$$V_{half} = 435 - 150 = 285V$$

误差为

$$\epsilon = \frac{285 - 270}{270} = 0.056$$

误差来源：

1. 不能保证激光在晶体中的通光长度为理论计算所代入的 35mm，实验中激光光束并非严格准直，仍有微小的偏差。
2. 采样间隔大，不能保证人工记录得到的数值就是极值

表 1: 极值法测量半波电压

偏压 U/V	0	10	20	30	40	50	60
功率值读数 $P/\mu w$	40.8	42.2	44.4	47.0	49.5	52.3	54.4
偏压 U/V	70	80	90	100	110	120	130
功率值读数 $P/\mu w$	56.6	58.7	60.0	61.5	62.2	63.2	64.0
偏压 U/V	140	150	160	170	180	190	200
功率值读数 $P/\mu w$	64.6	64.9	64.5	63.9	63.0	61.7	60.2
偏压 U/V	210	220	230	240	250	260	270
功率值读数 $P/\mu w$	59.0	56.8	54.9	53.1	50.9	47.3	44.3
偏压 U/V	280	290	300	310	320	330	340
功率值读数 $P/\mu w$	42.0	38.6	35.7	32.9	30.3	28.0	25.7
偏压 U/V	350	360	370	380	390	400	410
功率值读数 $P/\mu w$	23.9	22.6	20.8	19.1	18.1	16.9	16.0
偏压 U/V	420	430	440	450	460	470	480
功率值读数 $P/\mu w$	15.8	15.7	15.7	16.3	16.9	17.4	19.0
偏压 U/V	490	500	510	520	530	540	550
功率值读数 $P/\mu w$	20.5	22.3	23.9	25.6	27.5	29.2	31.3
偏压 U/V	560	570	580	590	600		
功率值读数 $P/\mu w$	32.7	35.8	37.3	39.0	41.4		

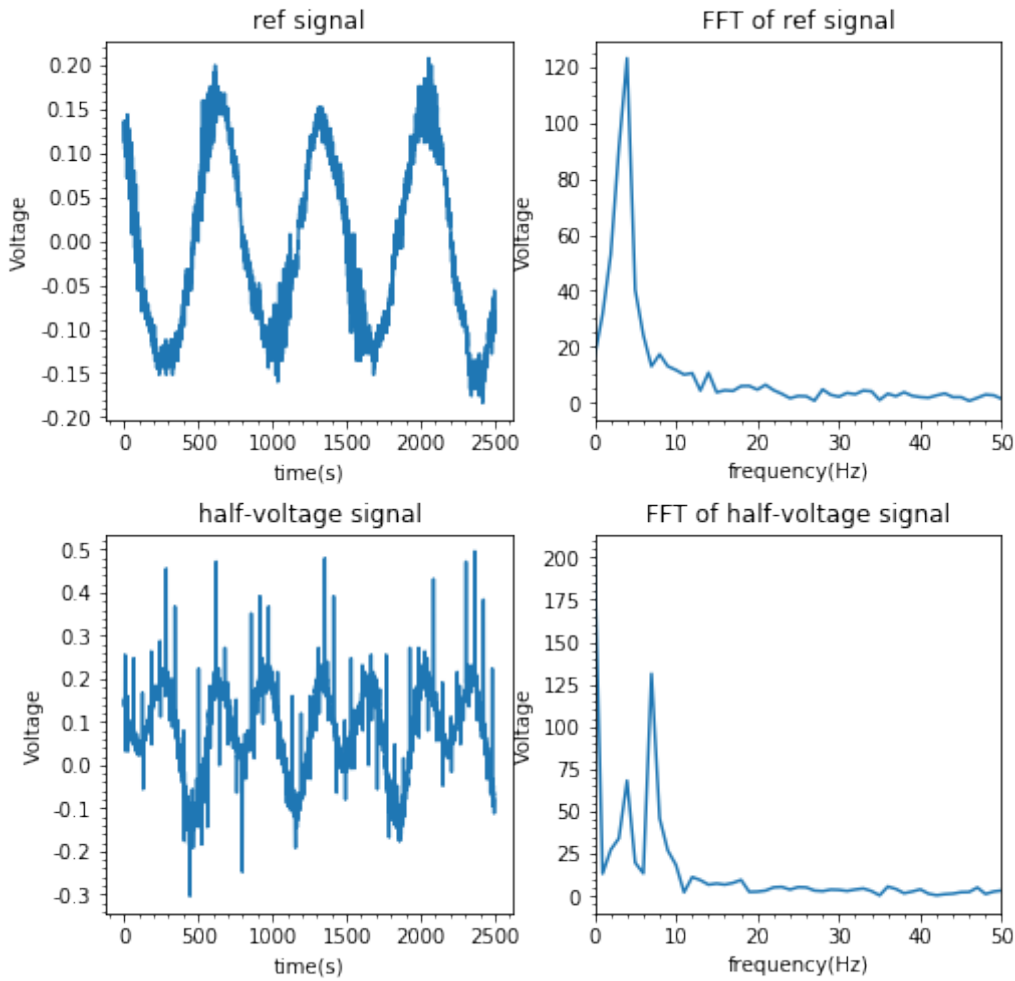


图 3: 直流电压调节为 568V

3. 激光功率较低，信噪比低，光功率计受外界光源干扰大。

4. 光功率计有读数漂移现象，即开始试验一段时间后，光功率计的示数不能保持稳定，而是以一定速率持续下降，影响实验。

鉴于以上现象，本小组关闭交流电压，只用直流偏压进行实验，采用视频记录的方式进行读数，以期最大限度减小光功率计所带来的影响，但电源的电压示数有一定的迟滞性，这将产生直流偏压的漂移，实验中小组成员尽量保持匀速改变电压，使电源电压的漂移对每一个读数都具有相近的值，如此电压示数的显示迟滞将不会影响频率即半波电压的读取。结果如图4

光通过晶体时，感应轴分量会产生相位差

$$E_x = A$$

$$E_y = Ae^{-i\delta}$$

则经过检偏器后，场强为： $E_y = \frac{A}{\sqrt{2}}(e^{i\delta} - 1)$

光强为 $I = \frac{A^2}{2}(e^{-i\delta} - 1)(e^{i\delta} - 1) = 2A^2 \sin^2 \frac{\delta}{2}$

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} (n_\pi - n_y) l = \frac{2\pi}{\lambda} n_0^3 \gamma_{22} V \frac{l}{d}$$

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

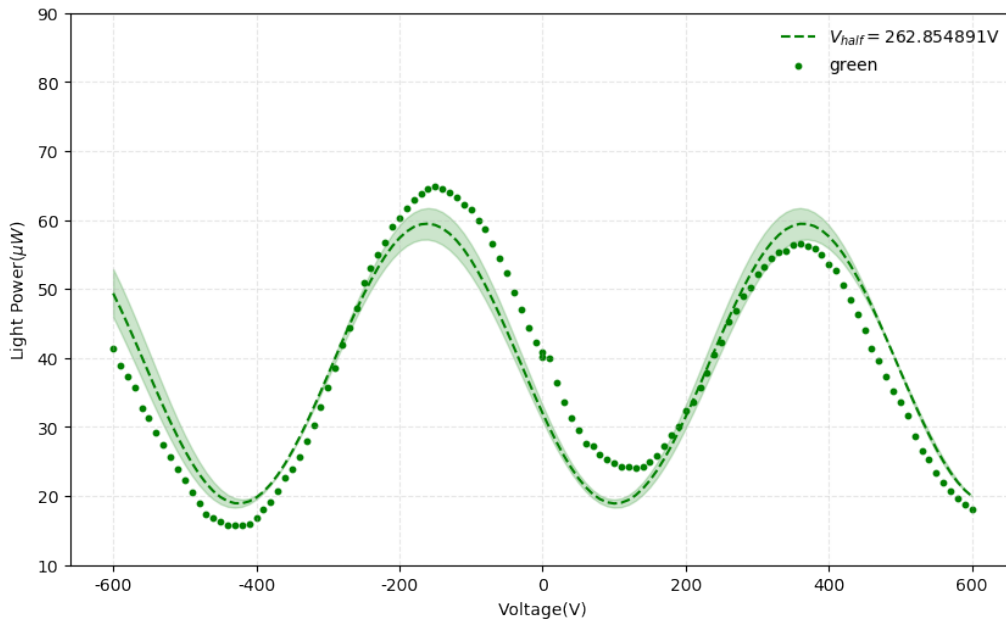


图 4: 视频记录电源电压与功率的关系

所以透射系数为

$$T = \sin^2 \frac{\pi}{2V_\pi} V = \sin^2 \frac{\pi}{2V_\pi} (V_0 + V_m \sin \omega t) \quad (4)$$

若设置交流电压为 0，则有

$$T = \sin^2 \frac{\pi}{2V_\pi} V_0 \quad (5)$$

可以对视频获得的数据使用如下函数进行拟合：

$$y = A \sin^2 \left(\frac{\pi}{2V_\pi} x + b \right) + c \quad (6)$$

所得结果为： $V_{half} = -262.85489142A = 40.55297221b = -18.24513325c = 18.91944854$

半波电压拟合为负值，盖拟合程序有缺陷所致，事实上只需将相位 b 增加 $\pi/2$ ，即可得到相同的拟合结果。

相对误差为：

$$\epsilon = \frac{262 - 270}{270} = -0.02963$$

误差来源：

1. 电源读数与真实电压的偏差。（显示误差）
2. 光功率计的显示误差。
3. 外界光源的干扰。

实验思考题

什么叫电光效应？

答：当给晶体或液体加上电场后，该晶体或液体的折射率发生变化，这种现象称为电光效应。

Listing 1: 绘图 python 代码

```

1 from scipy.optimize import curve_fit
2 import numpy as np
3 import matplotlib.pyplot as plt
4 def half_length_voltage(lamda):
5     gamma = 6.8e-3;L=35;d=3;n0=2.286
6     V_half=lamda*d/(2*n0**3*gamma*L)
7     return V_half
8 def P(V,V_half,a=1,b=0,c=0):
9     return a*np.sin(np.pi*V/(2*V_half)+b)**2+c
10
11
12 green_P2 = np.append(np.array([40.8,42.2,44.4,47.0,49.5,52.3,54.4,56.6,58.7,60.0,61.5,62.2,63.2,64.0,64.6,
13 64.9,64.5,63.9,63.0,61.7,60.2,59.0,56.8,54.9,53.1,50.9,47.3,44.3,42.0,
14 38.6,35.7,32.9,30.3,28.0,25.7,23.9,22.6,20.8,19.1,18.1,16.9,16.0,15.8,
15 15.7,15.7,16.3,16.9,17.4,19.0,20.5,22.3,23.9,25.6,27.5,29.2,31.3,32.7,
16 35.8,37.3,39.0,41.4])[:-1],np.array([40.1,39.9,36.5,33.6,31.3,29.5,27.6,27.3,26.1,25.3,24.7,
17 24.3,24.2,24.1,24.3,24.9,25.8,27.3,28.8,30.1,32.3,33.6,35.8,37.8,40.5,42.3,
18 45.3,46.8,48.9,50.3,52.1,53.3,54.5,55.3,55.6,56.4,56.6,56.2,55.8,54.9,
19 53.6,52.6,50.5,48.4,46.4,44.1,41.3,39.7,37.4,35.2,33.6,31.6,28.6,26.6,25.3,
20 23.3,21.9,20.8,19.6,18.8,18.0]))
21
22 x=np.append(np.linspace(-600,0,61),np.linspace(0,600,61))
23 V=np.linspace(-600,600,1000)
24 P1=P(V,563)
25 P2=P(V,505-121)
26 plt.subplots(figsize=(10,6),dpi=100)
27 #plt.plot(V,P1,label='650nm')
28 #plt.plot(V,P2,label='520nm')
29 poptg,convg = curve_fit(P,x,green_P2,maxfev=1000000,p0=[270,1,0,59])
30 poptr,convr = curve_fit(P,x,red_P2,maxfev=100000,p0=[342,40,0,40])
31
32 plt.scatter(x,green_P2,c='g',s=10,label='green')
33 poptgup=poptg.copy()+np.diag(convg)
34 poptgdown=poptg.copy()-np.diag(convg)
35 print(poptg)
36 plt.plot(x,P(x,*poptg),c='g',ls='--',label=r'$V_{half}=%f$V'%np. abs(poptg[0]))
37 plt.fill_between(x,P(x,*poptgup),P(x,*poptgdown),color='g',alpha=0.2)
38 plt.ylim(10,90)
39 plt.xlabel('Voltage(V)')
40 plt.ylabel('Light Power($\mu$ W$)$')
41 plt.grid(ls='--',alpha=0.3)
42 plt.legend(frameon=False)

```