

班号 1903201 学号 19040102 姓名 方尧 教师签字 ny
 实验日期 2021.5.12 组号 C6 预习成绩 总成绩

实验 (七) 双光栅检测微弱振动

一. 实验目的

1. 测量音叉微弱振动的振幅.
2. 测量外力驱动音叉的谐振曲线.

二. 实验原理

1. 位相光栅的多普勒效应.

多普勒效应 - 光波源和观察者之间有相对运动, 观察者观测到的频率会发生变化, 该现象叫做多普勒效应.

衍射角由光栅方程表示. $d \sin \theta = n \lambda$

若光栅在 y 方向以速度 v 移动着, 出射的衍射面也以速度 v 在 y 方向移动. 在不同时刻, 对应于同一条衍射光线, $\Delta \phi(t) = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta \delta = \frac{2\pi}{\lambda} v t \sin \theta$.

$$\Delta \phi(t) = \frac{2\pi}{\lambda} v t \sin \theta = \frac{2\pi}{\lambda} v t \frac{n \lambda}{d} = 2n\pi \frac{v}{d} t = n \omega_d t$$

式中, $\omega_d = 2\pi \frac{v}{d}$.

光波形成如下形式, $E = E_0 e^{j(\omega_0 t + \phi(t))} = E_0 e^{j(\omega_0 + n \omega_d) t}$

2. 光拍频信号检测

光电探测器: 光束 1: $E_1 = E_{10} \cos(\omega_0 t + \phi_1)$ 光束 2: $E_2 = E_{20} \cos[(\omega_0 + \omega_d) t + \phi_2]$
 光电探测器检测拍频信号, 即 $I_s = \frac{1}{2} E_1 E_2 \cos[\omega_d t + (\phi_2 - \phi_1)]$.

$$f_{\text{拍}} = \frac{\omega_d}{2\pi} = \frac{v}{\lambda} = v n_0 \quad n_0 = \frac{1}{d}$$

3. 微弱振动位移量的检测

$$\text{微弱振动的位移振幅为 } A = \frac{1}{2} \int_0^T v(t) dt = \frac{1}{2} \int_0^T \frac{f_{\text{拍}}(t)}{n_0} dt = \frac{1}{2n_0} \int_0^T f_{\text{拍}}(t) dt$$

4. 波形数计算说明.

波形数 = 波的首和尾部分中满 $1/2$ 或 $1/4$ 或 $3/4$ 个波长相对应分数 (1/2 波形对应 0.5, 1/4 波形对应 0.25, 3/4 对应 0.75) $\frac{\arcsin d}{360}$

三. 数据处理

1. 计算音叉共振时微振动的振幅;
由公式

$$A = \frac{1}{2n_\theta} \int_0^{T/2} F_{\text{拍}}(t) dt = \frac{1}{2n_\theta} \times n \quad (1)$$

(n 为 $T/2$ 内的波的个数)

得到共振振幅 $A_{\text{max}} = 0.1175\text{mm}$

2. 计算偏离共振频率下音叉的振幅, 用坐标纸画出频率与振幅的关系曲线;
根据(1)式处理得到

表格 1 偏离共振频率下音叉的在各频率振幅

频率 μ/Hz	501.432	501.532	501.632	501.732	501.832	501.932	502.032	502.132	502.232
振幅 A/mm	0.0167	0.02375	0.041	0.09375	0.1175	0.0582	0.0367	0.0265	0.02065

作出曲线如图

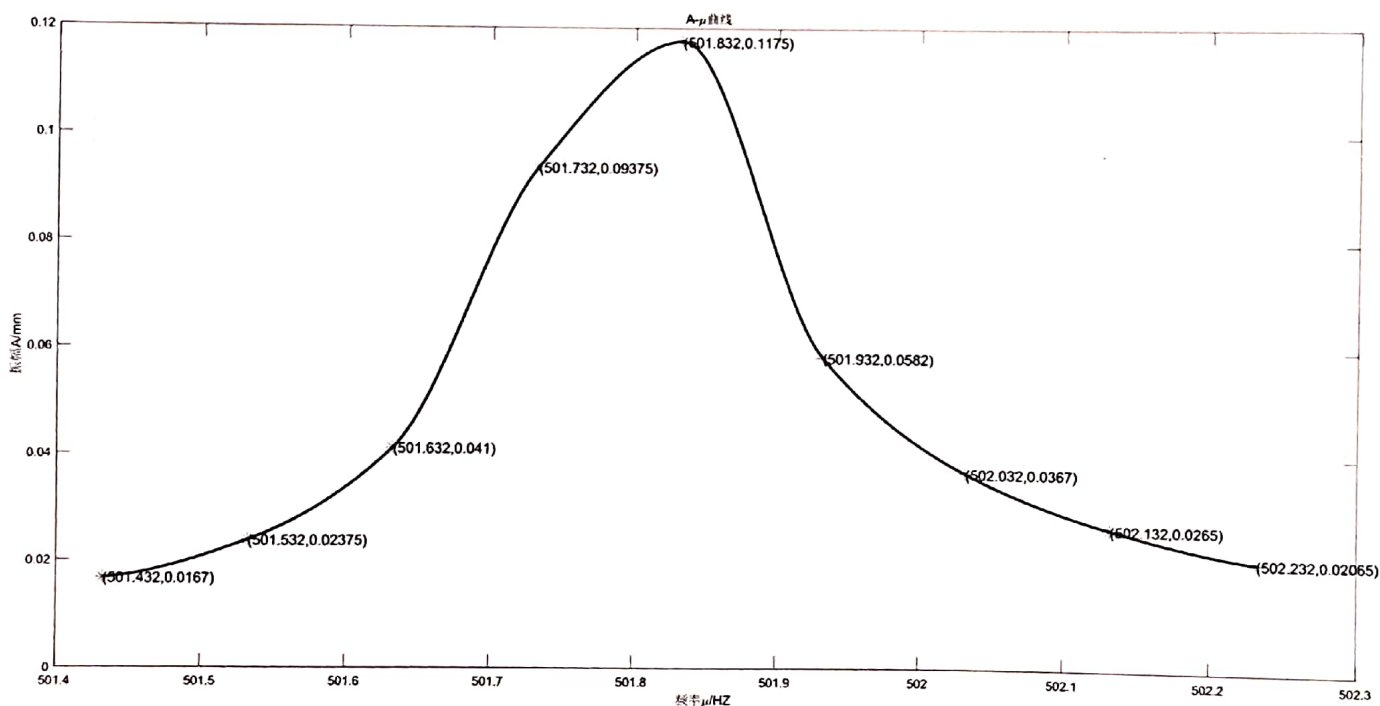


图 1 $A-\mu$ 曲线

四. 实验结论及现象分析

1. 共振振幅 $A_{\max} = 0.1175\text{mm}$
2. 偏离共振频率下音叉的振幅如表 1; 频率与振幅的关系曲线如图 1

表格 1 偏离共振频率下音叉的在各频率振幅

频率 μ/Hz	501.432	501.532	501.632	501.732	501.832	501.932	502.032	502.132	502.232
振幅 A/mm	0.0167	0.02375	0.041	0.09375	0.1175	0.0582	0.0367	0.0265	0.02065

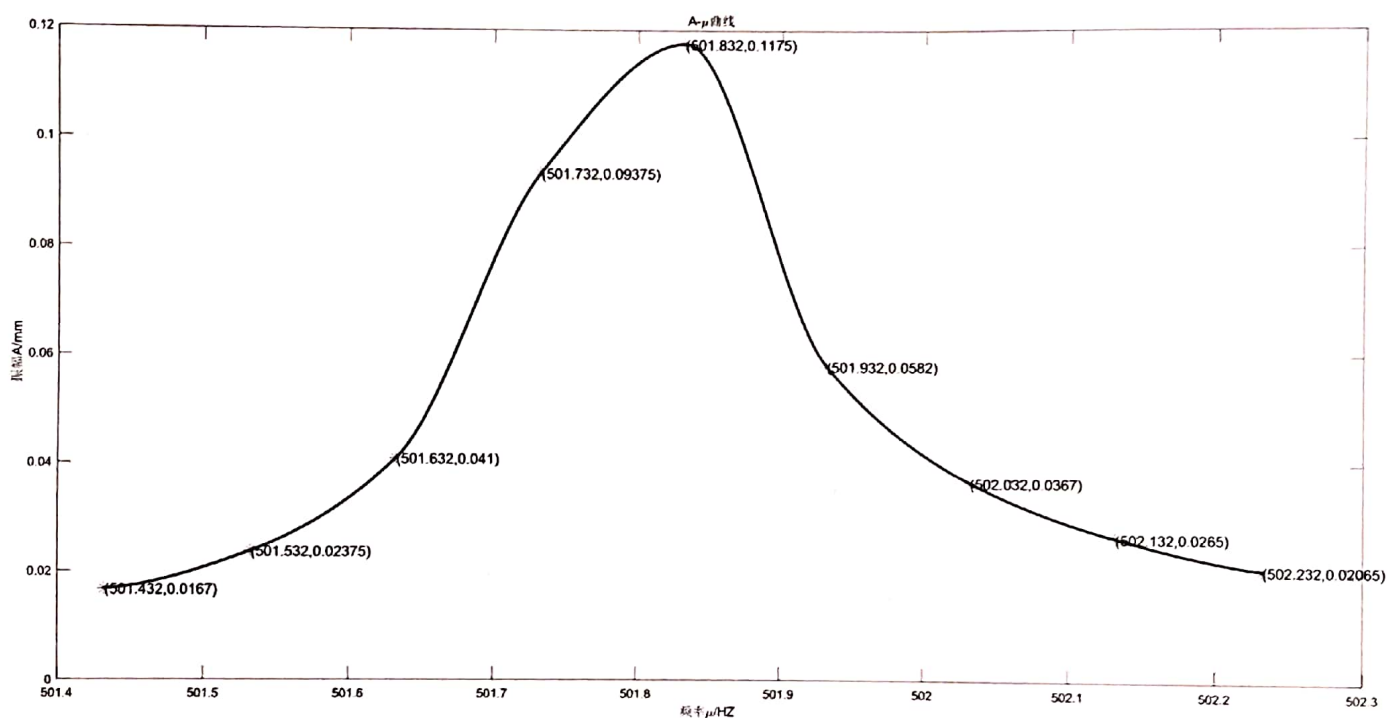


图 1 $A-\mu$ 曲线

五. 讨论问题

问题一:

驱动频率和功率都会引起音叉振幅改变。故需要控制变量——固定功率, 在各频率下测音叉的振幅。即可得到振幅与频率的关系。

问题二:

不能互换, 虽然静光栅和动光栅采用完全相同的两个光栅构成, 但是二者的作用不同, 动光栅的作用为频移作用, 即产生不同频率的光, 但之间没有叠加形成拍, 而静光栅则起衍射作用, 将不同频率的光合在一起形成拍。若调换位置, 则会形成未合成拍的不同频率的光, 故不可调换。

实验现象观察与原始数据记录

频率(Hz)	半周期波数	音叉振幅(mm)
501.832	23.50	

频率(Hz)	501.432	501.532	501.632	501.732	501.832	501.932	502.032	502.132	502.232
半周期波数	3.34	4.75	8.20	18.75	23.50	11.64	7.34	5.30	4.13
振动幅度									

学生	姓名	学号	日期
签字	方尧	190410102	2021.5.12

教师	姓名
签字	RF