

光栅实验实验报告

学院： 航空航天学院

班级： 工程力学（强基）2101

姓名+学号：

黄于翀 3210105423、丁宇航 3210104787、孙嘉源 3210101164、
王子鸣 3210102341、周鑫煜 3210104783、于晋浦 3210101779

2024 年 5 月 29 日

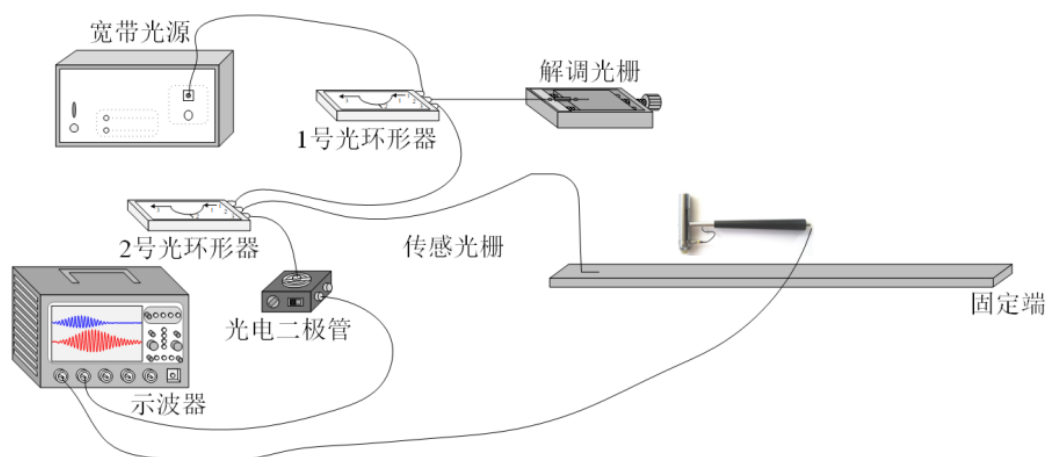
实验报告正文

一、实验目的与任务

- 1、了解并掌握光纤光栅传感器的工作原理
- 2、了解光环行器、光电二极管、光谱仪、力锤的使用方法
- 3、了解光纤光栅中心波长的测量流程
- 4、了解光路连接方法
- 5、了解光栅中心波长测量方法
- 6、了解瞬态响应与结构振型的测量方法

二、光纤光栅传感器

实验仪器：光纤光栅传感器、光环行器、光电二极管、光谱仪



光纤光栅传感器

光纤光栅传感器的工作原理是基于外界物理参量对光纤布拉格波长的调制来获取传感信息。这种传感器属于波长调制型光纤传感器，其核心在于光纤光栅，这是一种通过一定方法使光纤纤芯的折射率发生轴向周期性调制而形成的衍射光栅。当一束宽光谱光经过光纤光栅时，满足光纤光栅布拉格条件的波长将产生反射，其余的波长透过光纤光栅继续传输。这种特性使得光纤光栅传感器能够对外界环境的变化表现出敏感性。其作用实质上是在纤芯内形成一个窄带的（透射

或反射) 滤波器或反射镜, 从而反应外界物理量的变化。

光环形器

光环形器是一种多端口的具有非互易特性的光器件。光信号由任一端口输入时, 都能按顺序从下一端口以很小的损耗输出, 而该端口通向所有其他端口的损耗都很大, 成为不相通端口。光环形器的非互易性使其成为双向通信中的重要器件, 它可以完成正/反向传输的分离任务。

光谱仪

所使用的光谱仪型号为: YOKOGAWA AQ6370D



该光谱仪属于衍射光栅光谱仪, 其工作原理是基于光的衍射与色散。当一束复合光线进入单色仪的入射狭缝时, 首先由光学准直镜汇聚成平行光, 然后通过衍射光栅色散为分开的波长。这一过程利用了每个波长离开光栅的角度不同, 由聚焦反射镜再成像出射狭缝。通过电脑控制, 可以精确地改变出射波长, 从而实现光谱的测量和分析。衍射光栅的原理在于, 它通过有规律的结构使入射光的振幅或相位(或两者同时)受到周期性空间调制, 因而可以有较大的色散率和较高的分辨本领。

三、实验步骤

实验一、光纤光栅传感器的使用

1、了解并掌握光纤光栅传感器的工作原理, 学习光环形器、光电二极管、光谱仪、力锤的使用方法。

2、熟悉光纤光栅中心波长的测量流程, 按需连接光路, 测量任意3个光纤光栅的中心波长, 并记录。

实验二、瞬态响应和结构振型

1、确定悬臂梁尺寸、悬臂梁上 A 与 B 两点的位置, 可以设计其位于悬臂梁上表面某些特殊位置, 如中轴线位置。

2、在悬臂梁上表面粘贴光纤光栅传感器，位于悬臂梁上表面中轴线上，并记录其所在位置。

3、使用力锤敲击 A、B 两点，收集光纤光栅传感器 50ms 左右的瞬态响应，对该瞬态响应进行 FFT 处理。

4、通过 COMSOL 有限元软件仿真确定悬臂梁的前 16 阶模态，结合光纤光栅信号的 FFT 处理结果，论述力锤敲击位置与瞬态响应的关系，即解释不同模态的波峰大小关系为何如此呈现。

四、实验结果与分析

实验过程照片



图 1 连接光路过程



图 2 实验光路图

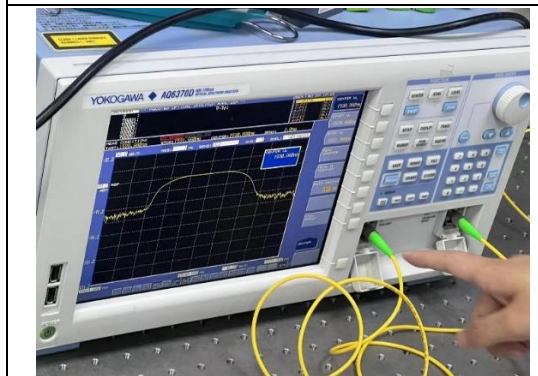


图 3 测量光纤光栅的实验波长

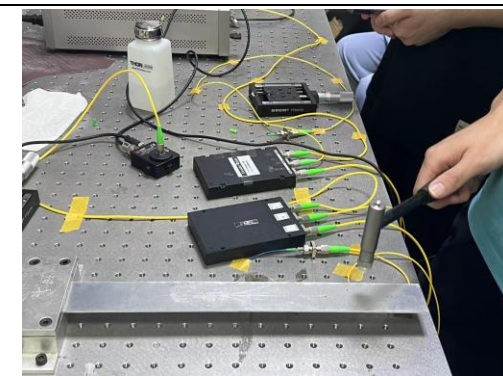


图 4 敲击悬臂梁过程

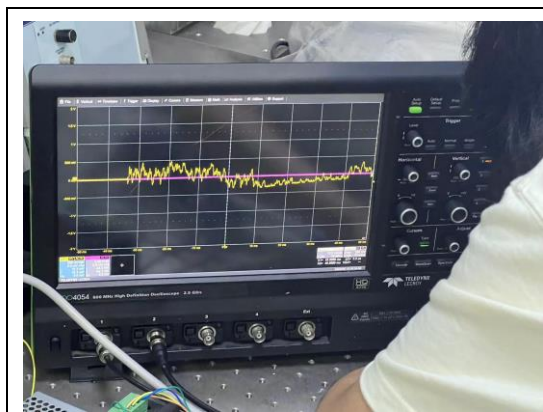


图5 收集瞬态响应过程

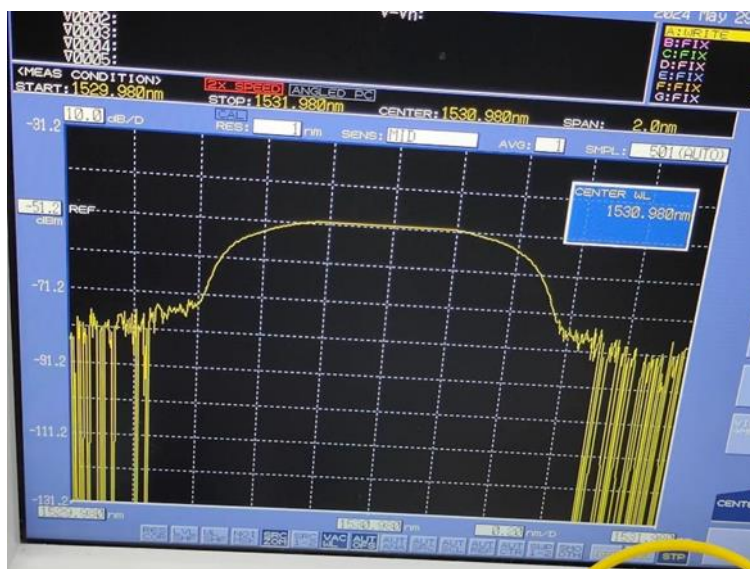
1. 悬臂梁参数与 A, B 两点的位置

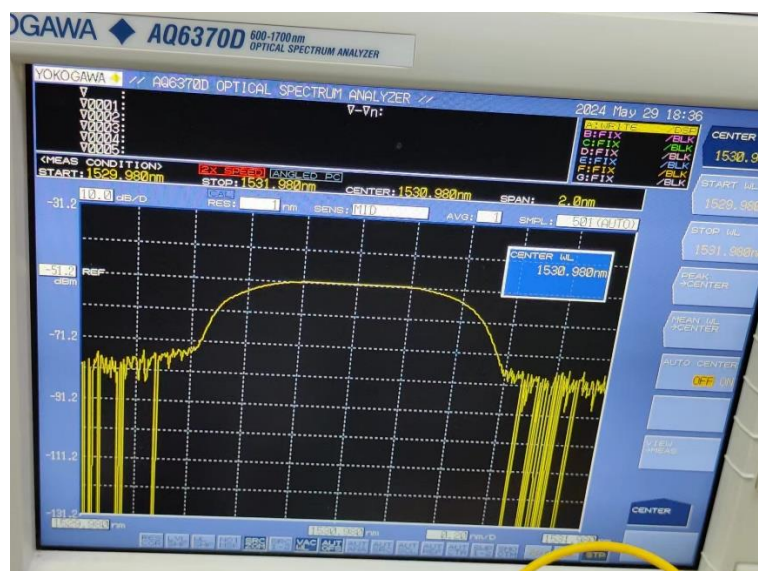
实验所使用的铝制悬臂梁，杨氏模量为 70GPa，密度为 $2.7 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ ，泊松比为 0.33，长度为 351.0mm，宽度为 41.03mm，厚度为 2.04mm。

A 点位于中轴线距悬臂梁固定端 25cm 的位置。

B 点距离中轴线 1cm，距离悬臂梁固定端 27.5cm。

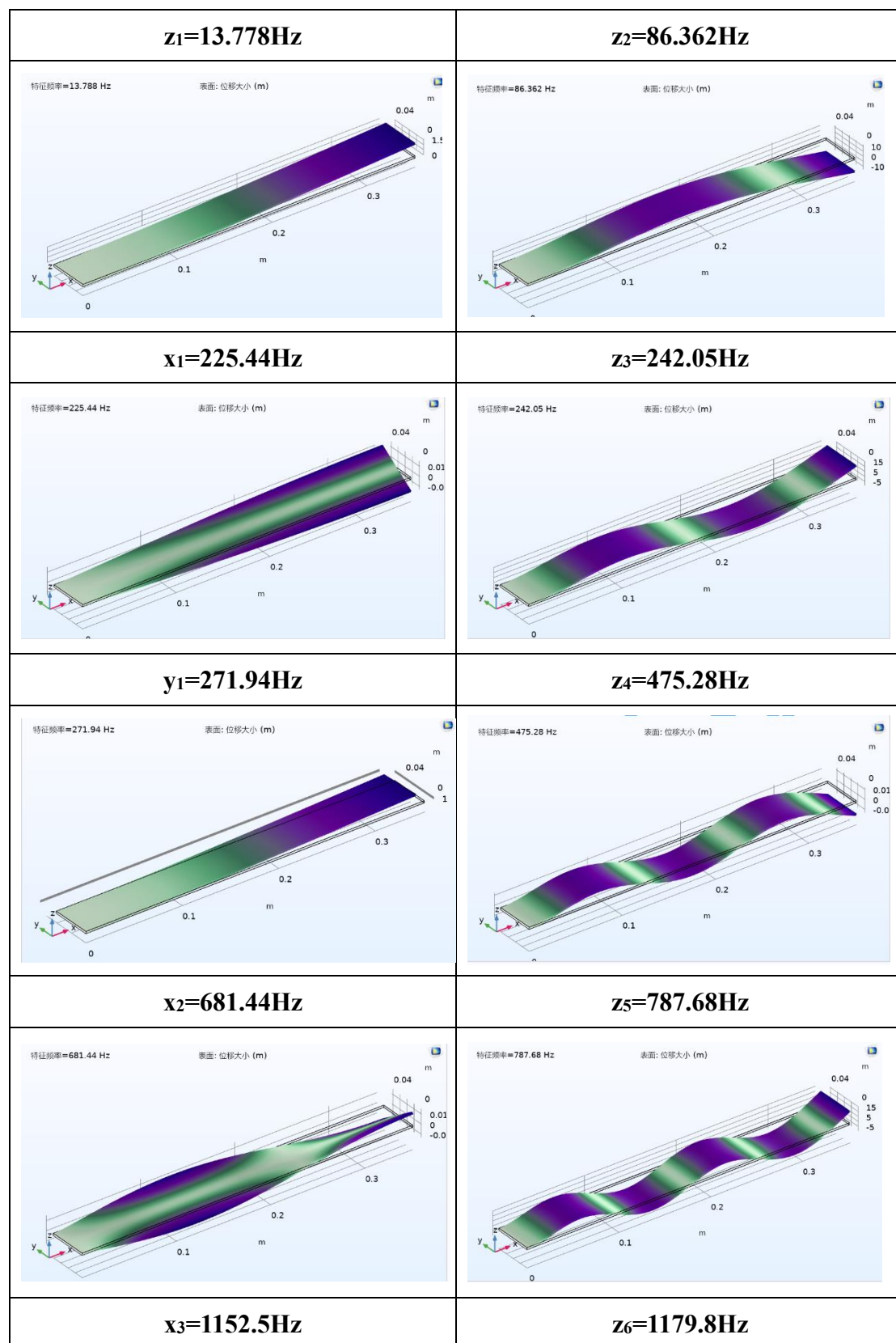
2. 任意 3 个光纤光栅的中心波长

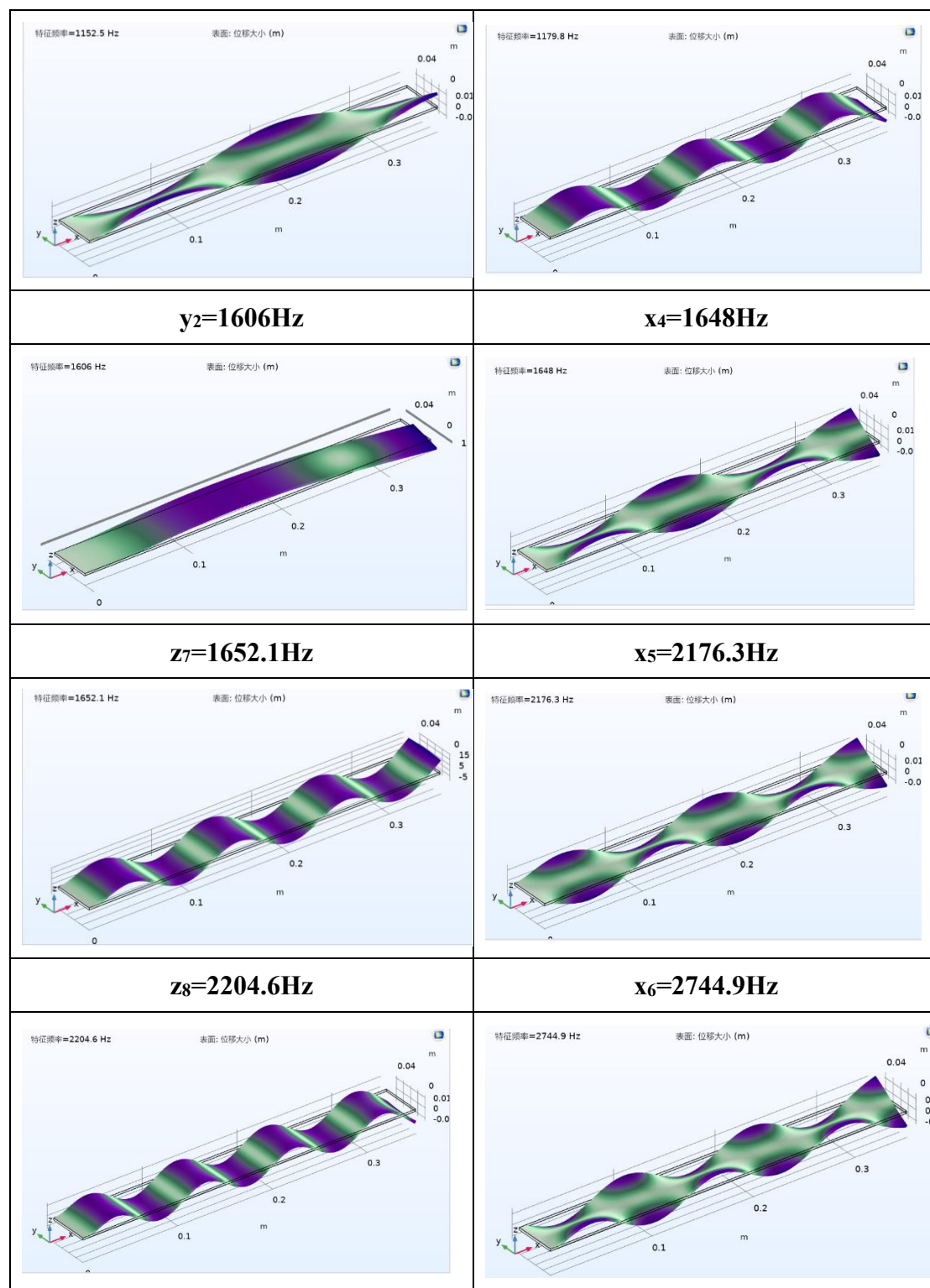




3. COMSOL 仿真结果

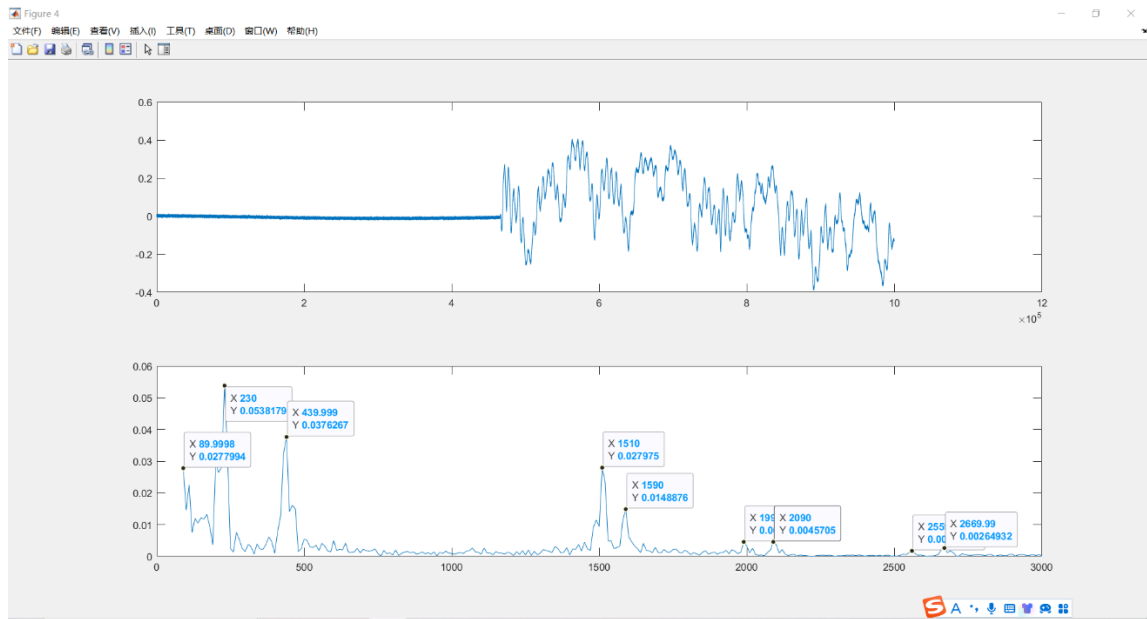
下列结果分别是沿着某一轴振动的某一阶振型，并以固有频率从小到大排列取前十阶。以下将以 x_i 的记号表示其振动方向与阶数，例如 y_2 是沿着 y 轴振动的第 2 阶振型。沿 x 轴上发生的振动是扭转类型的振动。沿 y 轴，z 轴发生的振动则是纵向振动。



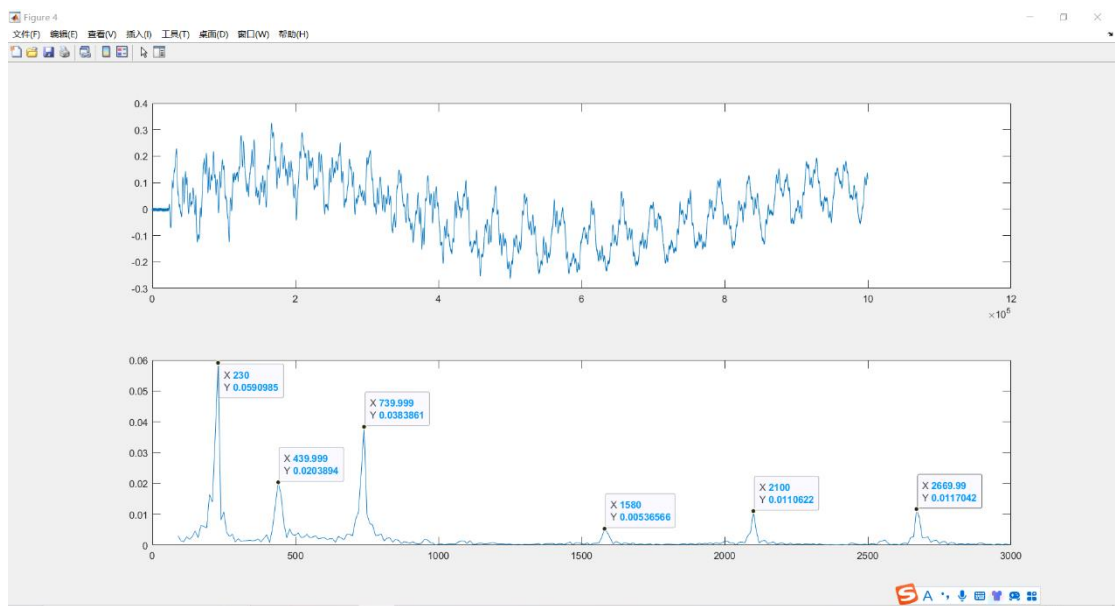


4. 光纤光栅信号 FFT 处理结果

(1) A 点敲击信号处理结果



(2) B 点信号处理结果



5. 对比

将 COMSOL 模拟结果与对实验数据 FFT 处理的结果进行对比。发现在 A 点，振动主要是沿着 z 轴的纵向振动，这是由于 A 点的位置处于中轴线上，不过，敲击位置不能保证准确，所以也有一些其他成分。B 点则是沿 z 轴的纵向振动和沿 x 轴扭转的组合。这些实验现象与预测符合。