

一、专业实践训练整体情况

实践单位名称	余姚舜宇智能光学技术有限公司	
实践单位地点	中国浙江省余姚市兰江街道世南西路 1898 号	
实践岗位名称	设计课课长	
专业实践训练时间	集中进行	2021 年 11 月 30 日开始 至 2022 年 06 月 15 日结束
		专业实践训练累计 197 天（单位考核前），其中项目研究天数 180 天（单位考核前）
<p>(1) 基本概况（含实践单位简介、实习实践内容等）</p> <p>余姚舜宇智能光学技术有限公司隶属于舜宇光学科技有限公司，立志成为机器人视觉系统方案解决商，以机器人视觉大平台为核心，基于识别与定位两个应用领域布局技术与产品，场景应用覆盖元宇宙（AR/VR/MR）、智慧家庭（家用服务机器人/智能门、锁/智能家电），智慧商用（人身核验终端/商用服务机器人/智慧物流终端），智慧工业（工业机器人/工业测量与检测）等。本人主要实践内容为基于外差式激光多普勒干涉测量方法，对主要的光学系统作改进，针对性设计了分离式收发镜头、调焦机构并对探测信号进行解调处理实现对远距离振动信息获取并进行实验验证。</p>		
<p>(2) 项目研究概述（含项目名称、项目来源、项目经费、主要研究目标和技术难点等）</p> <p>项目名称：LV-RFS01 产品开发 项目来源：校外实践单位 项目经费：1500 万元 主要研究目标及难点：为实现 300 米外振动信号的有效探测。项目旨在研制速度误差 <1.0%，位移分辨率小于 50pm 的远距离激光振动测量设备。 技术难点：收发分离光学系统中的不同测试距离不易共焦调节的问题，并突破解决外差相干光路中寄生反射信号难于降低的问题从而提高探测灵敏度。采用对称稳定的调节机构设计，经过失效模式仿真设计满足调节要求。 设计解调电路对采集得到相位信号进行解调和分析。设计信号处理方案完成数字解调信号处理电路设计，并进行实验验证</p>		

(3) 项目开展情况（含项目研究内容、研究方案及技术路线，研究团队分工、本人承担任务及完成情况，存在问题与改进建议等，不少于 500 字。）

研究内容：对主要的光学系统作改进, 针对性设计了分离式收发镜头、调焦机构并对探测信号进行解调处理实现对远距离振动信息获取并进行实验验证。

方案及技术路线：

首先从激光多普勒测振原理入手，分析实现多普勒频移探测所要求的基本环境和条件，包括测振原理、外差与零差区别、光混频及光拍测量机制；

第二，分析激光雷达方程，得到在不同距离下要求的接收镜头天线尺寸。分析不同镜头方案优缺点，最终采用卡塞格林望远结构作为接收镜头，红外准直作为发射镜头结合组合式外差法使得光学系统内寄生反射保持在噪声以下，为电路信号解调提供高信噪比信号进而大大增强系统探测能力；

第三，在调焦机构上由于系统较成像调节要求更为严格，需要保证收发光路在调节过程中的同轴度，更改卡塞格林望远镜中的单侧调焦机构为对称方式使得机构稳定调节主镜和次镜距离实现在不同工作距离接收信号；

第四，采用 FFT 及 CORDIC 两种算法进行数字信号处理，实现既定设计要求；

最后，整机集成组装测试后在室外进行标准信号测试得到系统探测距离、精度及相关振动信息。

团队分工：1 名光学系统设计工程师、2 名结构设计工程师、2 名 FPGA 硬件工程师、1 名电子设计工程师、1 名软件开发工程师、1 名光学评测工程师、1 名过程质量管理工程师，本人主要担任光学系统设计以及结构方案协助并同时主导系统方案测试等工作。

完成情况：

1 采用收发分离且同轴工作的准直出射、卡塞格林望远形式接收的光学天线，解决收发分离过程中的不同距离不易调节的问题；

2 实现信号在频谱仪测试时无明显寄生反射信号；

3 采用对称稳定的调节机构设计，经过失效模式仿真设计满足调节要求；

4 设计解调电路对采集得到相位信号进行解调和分析：设计信号处理方案完成数字解调信号处理电路设计，并进行实验验证实现 300 米外振动信号的有效探测。速度误差 $<0.5\%$ ，最大测试频率 50kHz，最大线性误差 $<1\%$ ，位移分辨率小于 25pm, 速度分辨率 $<0.2\mu\text{m/s}@1\text{kHz}$ ；

5 最终实现产品的工程化应用及出货；

二、专业实践训练收获

(一) 围绕考核评价指标体系，举例说明以下收获（不少于 800 字）

系统方案设计中，分析制约探测距离主要因素：一方面在理论上分析激光雷达方程，使得在设计中针对理论输入参数有一个初始规划；另一方面学习不同系统方案的优缺点并在实际的方案平台搭建测试中找到开发方向；

在系统测试的环节中，分析各个关键器件的主要指标参数，学习到了各个器件的工作原理外，还能针对远距离测试要求选型不同指标产品，选择在满足要求下的高性价比器件，特别是针对红外窄线宽激光器、外差移频器件以及平衡探测器的原理学习及选型；

在光学系统设计中，采用准直光束发射，掌握了如何针对高斯光束进行光束准直并在实际测试中得到验证；接收系统从常用的折射式光学系统改为反射式光学系统，借鉴经典卡塞格林光学望远结构创新的用到光纤耦合光路中，不仅提升了耦合效率，也是的收发系统结构合理方便成像调节；

在结构方案设计中，由于激光收发系统对于调节要求高于传统的望远成像要求，对于收发光路的同轴度要求很高，采用平衡扭力式结构方案设计，采用对称式精密微调螺旋结构，搭配高精度要求的线性导轨，在前后移动调焦时，达到 2 μ m 的直线行走精度，能稳定的接收散射回的光信号实现信号稳定测量；

电路调理方案中，学习具体的解调流程并还原振动信号，光电探测器将带有物体运动信息的光学干涉信号转换成微弱的电流信号，通过转换电路将电压信号进入弱信号调理：对电信号进行阻抗匹配转换，然后通过前置放大电路放大微弱电压信号至模数转换器合适的采样量程，再经过高通滤波器滤除低频噪声和直流噪声，接着通过低通滤波器滤除高频噪声，经过放大滤波后的模拟电信号通过模数转换器采样成为数字信号并传入 FPGA 中进行后续数据处理；

在后续的上位机软件方案开发中，分析信号采样并通过傅里叶变换实现振动信号的显示及调节分析；

在实际的工程化应用中，学习加深调节复杂光学平台的方法以及多种测试仪器的使用，特别是在光学收发系统中的红外相机协助调解准直镜头组装以及在系统测试中的示波器以及频谱仪的使用，在光电转换的要求中平衡边界，例如在实际的应用中光学系统 300 米黑色标靶实现载噪比不低于 5dB 的观测信号作为电路解调的最低阈值。

仪器设备开发需要光、机、电、软件等综合知识，在项目中学会更多协调合作的方法并共同完成既定目标并分享成果。

(二) 取得成效

社会效益与经济效益:

效益一: 完成以下创新点的成果转化应用于产品开发以及工程应用

创新点 1: 光学发射系统采用高斯准直光束进行, 配合接收镜头时, 只需要在接收镜头一处位置调焦即可实现不用距离成像及信号探测,

创新点 2: 接收镜头采用卡塞格林结构的反射式望远镜头, 此类光束接收方式避免多次透射耦合入光纤的能量损失, 同时相对同尺度的透射系统有更大的焦距进而相对更小的耦合光 NA 大程度上提升信号光在光纤端的耦合效率。

创新点 3: 移频器为衍射光学器件, 在使用单一的移频器的外差干涉光路中, 由于衍射级次的串扰会使得不同级次间存在混频干涉信号, 该信号的存在作为干扰会影响后续有效探测信号的调理, 因此我们采用组合式移频且组合输出的移频不等于任何单一器件的移频数值, 减少串扰噪声来获得等大的通断消光比实现混频的干扰信号在底噪以下, 大大提升探测距离。

创新点 4: 光电探测器为平衡光电探测器, 每个平衡光电探测器具有至少两个光电二级管。相比于普通的光电探测器, 平衡探测器实现出色的共模抑制比, 从而得到较好降低噪声, 这样就可以从干扰噪声中得到信号路中的微小变化。

创新点 5: 光学系统中发射镜头、激光信号接收镜头为分离式光学系统实现在发射天线端消除信号的寄生反射, 寄生反射的存在使得信号载频频率始终存在较大幅度无探测表面信息的信号, 很大程度上限制了探测距离, 特别在微弱信号传输情况下, 方案在天线接收端消除寄生反射, 从而提升信号的载噪比提高外差效率实现了远距离微弱信号的有效探测。

创新点 6: 卡塞格林系统用于望远系统, 调焦机构被设计为单侧铰链式机构, 使用螺杆调节时, 会产生扭转力矩, 方案采用的对称式精密微调螺旋结构, 搭配高精度要求的线性导轨, 在前后移动调焦时, 达到 2um 的直线行走精度, 能稳定的接收散射回的光信号实现信号稳定测量。

效益二: 远距离激光测振产品国内能达到 200 米以上的测量尚属空白, 与美国、德国等有较大差距; 仪器的成功研制提升该类仪器的国产化研发水平;

效益三: 产品现已实现工程化应用, 出货三台用于电力系统振动测试, 对一些远距离、高危险场所振动测试提供有效方案; 产品已实现 120 万元销售;

相关性说明: 学位论文与产品开发高度相关, 主要来源于实践单位项目需求。

3. 在校期间主要研究成果【含产品与样机、专利(含申请)、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等】

成果名称	类别含产品与样机、专利(含申请)、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、	发表时间/授权或申请时间等	刊物名称/专利授权或申请号等	本人排名/总人数	学校排名/总参与单位数
------	-------------------------------------	---------------	----------------	----------	-------------


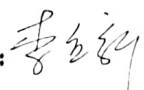
	成果转化等]				
一种基于卡塞格林系统的激光测振光学系统研发	发明专利	2021-09-30	无(申请通过)	1/5	无
基于激光测量的微型器件振动测试	论文	2022-06-30	测控技术	2/2	无
科技部·微纳结构动态特性测试仪·专项结项验收	产品	2022-04-14	课题编号: 2018YFF0101 3201	4/13	无


本人承诺

在专业实践训练及考核报告撰写过程中，如实提供材料，严守学术道德、遵循学术规范。

签字:  2022年6月5日

三、考核评价

<p>校外合作 导师(或现 场导师) 评价</p>	<p>重点对研究生项目研究开展情况、职业素养、行业知识掌握、环境和岗位适应能力、工程实践能力、团队协作能力, 以及通过技术创新、成果转化、解决工程实际问题等取得的经济和社会效益等方面的评价:</p> <p>该生在实践期间主导激光测振及传感方向产品开发工作, 特别在光机系统设计及工程化应用上深入研究, 完成远距离激光测振产品及线激光传感产品研制, 过程中采用多种创新方法攻克设计开发中的实际问题, 思维活跃、乐于钻研、团队意识强。</p> <p>此外, 作为技术骨干参与的科技部“微纳结构动态特性测试仪”专项于2022年4月完成验收, 为提升我司技术水平及知名度做出较大贡献, 项目执行期间取得了超千万元的经济效益。</p> <p>校外合作导师(或现场导师)签字:  2022年6月6日</p>
<p>校内导师 评价</p>	<p>重点对研究生科学素质、基础及专业知识掌握、技术应用创新能力、取得的研究成果、项目研究与学位论文撰写的相关程度等方面的评价:</p> <p>学生基础知识扎实, 在校期间积极学习, 相关学科内容细致周全、治学严谨。在实践中, 能够针对研发方向调研并分析国内外已有方案, 在此基础上探究可跨领域应用创新点, 同时将积累的专业知识应用于项目中, 解决项目实际难题。光机系统设计综合能力强。</p> <p>研究生期间参与申请并完成的科技部专项得到行业专家认可, 研究项目与学位论文高度相关, 并完成相关知识产权构建。</p> <p>校内导师签字:  2022年6月7日</p>

<p>实践单位 过程考核 意见</p>	<p>实际实践开始时间2021年11月7日 实际实践结束时间2022年6月15日 专业实践训练累计天数：197 其中项目研究天数：180 实践单位过程考核结果：<input checked="" type="checkbox"/>优秀 <input type="checkbox"/>良好 <input type="checkbox"/>合格 <input type="checkbox"/>不合格 审核签字并盖公章： 2022年6月8日</p>
<p>最终考核 结果审核 备案</p>	<p>考核总成绩（由现场答辩考核成绩90%+单位过程考核成绩10%组成）： 是否重修：<input type="checkbox"/>是 <input type="checkbox"/>否 教学管理部（或相关分院）审核签字（公章）： _____ 年 月 日</p>

四、相关支撑材料

在校期间主要研究成果【含产品与样机、专利（含申请）、著作、软件著作权、论文、标准、获奖、成果转化等】证明材料原件扫描件，具体提交要求如下：

1. 产品与样机扫描件包含企业证明材料（含产品与样机功能及创新性介绍、社会经济效益、个人贡献说明及相关照片等）。

2. 授权专利扫描件包含专利证书授权页；未授权专利扫描件包含专利受理书扫描件和专利请求书扫描件。

3. 著作扫描件包含封面、封底和版权页。

4. 软件著作权扫描件包含著作权证书和登记申请表。

5. 论文扫描件包含封面、封底、目录和论文全文（含收录证明）。

6. 标准扫描件包含封面、版权页、发布公告、前言和目次。

7. 获奖扫描件包含显示单位和个人排名的获奖证书。

8. 成果转化扫描件包含企业证明材料（含成果技术说明、社会经济效益、个人贡献说明及相关照片等）。