

同行专家业内评价意见书编号: 20240854190

## 附件1

# 浙江工程师学院（浙江大学工程师学院） 同行专家业内评价意见书

姓名: \_\_\_\_\_ 刘焯

学号: \_\_\_\_\_ 22160453

申报工程师职称专业类别（领域）: \_\_\_\_\_ 电子信息

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2024年04月01日

## 一、个人申报

**（一）基本情况【围绕《浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】**

### 1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况

深入了解了空间引力波项目与计划的背景、目标与发展现状，学习了空间引力波探测器的原理、系统模型与相关指标，理解了空间引力波探测望远镜在空间超长链路激光外差干涉探测系统中的重要性及其设计目标。作为具体研究对象，通过对空间望远镜光学系统进行设计与优化的过程，掌握了离轴反射式中继光学系统的设计流程、公差不确定度分析、设计优化思路等。在调研光场衍射计算算法的过程中，明晰了标量、矢量衍射算法的不同及其适用范围，根据系统复杂度、元件类型、计算精度要求等可细分为更多的具体算法。采用了合适的矢量衍射积分算法，细致地学习了其模型计算流程与相关算法原理，学习并掌握了相关代码实现，在此基础上进行了应用于望远镜光学系统的光场仿真程序编写与系统化耦合。

### 2. 工程实践的经历

（1）基于矢量衍射算法，编写了适用于空间引力波望远镜系统的光场仿真程序，在此基础上设计了望远镜光学系统矢量光场传输仿真系统，总结了输入输出设置流程，整理编写了相关技术文档。

（2）将仿真系统应用于望远镜系统设计结果，实现将特定望远镜参数模型作为输入，进行矢量光场输出的仿真模拟与工程化分析过程，给出了合理的分析结论与工程建议。

（3）在理想望远镜模型基础上加入不同参数接口变量，如非球面圆锥系数、元件偏心倾斜、表面复折射系数、高斯光束光场参数等，进行误差情况下光场传输仿真分析。

（4）围绕光场传输偏振特性变化，设计了。。。验证实验，建立单个金属表面离轴抛物面反射镜模型，仿真通过模型系统后XY偏振相位延迟量变化，进行实验比较结果，以验证仿真程序有效性。

### 3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例（不少于1000字）

（1）充分学习了空间引力波与望远镜系统相关课题背景，调研了空间望远镜光学系统的国内外研究进展，发现其中缺少对激光高斯光场在望远镜系统中传输，到达出瞳时偏振光场分布情形的模拟研究。针对该问题，分析比较了不同光学系统内部衍射光场仿真计算方法的特点与适用范围，总结了适用于空间引力波望远镜系统的算法流程与仿真模型。

（2）基于矢量光线追迹衍射积分算法，利用matlab环境建立了矢量光场传输仿真程序，其光线追迹算法计算结果与商用光学设计软件对比验证，其精度基本保持在10-3pm量级，可有效仿真均一介质各类型折反射系统内部矢量光场衍射传输过程。

（3）基于离轴无焦四反扩束中继构型，依据相关参数指标，利用商用光学设计软件，设计并优化了一空间引力波望远镜初始光学结构，有超低的理论波前畸变与较高的公差裕值，结合公差分析得到了较高的波前指标实现因子，具有一定的工程价值。

（4）将设计的望远镜结构参数输入矢量光场仿真程序，利用光线追迹对系统波前进行仿真验证，得到结果与商用光学设计软件一致，进一步验证了设计结果有效性；模拟工程实际中高斯矢量光场输入情形，计算得到系统处静态光场具有较理想的振幅与相位分布，与几何光学仿真结果互补，具有一定的光学设计价值与系统工程价值；利用程序参数接口，对望远镜系统模型可能出现的误差进行了设置，仿真了误差情况下动态光场复振幅分布与统计特性，对仿真模拟引力波空间望远镜在轨真实动态场景下工作状态具有一定参考价值。

（5）本工作建立的矢量衍射光场仿真程序不仅适用于引力波望远镜光学系统，通过更改系统接口设置可以将一般光学系统的具体元件参数代入仿真系统，进行各分布矢量光场输入情形下衍射传输过程的仿真与分析，具有较高光学设计与工程分析价值。

(6) 设计实验验证光学系统内部光场传输仿真系统有效性。利用单个金属表面离轴抛物面镜元件搭建了光场

传输探测系统，通过相位延迟片与偏振相机在输入输出面上进行光强采集，可处理得到探测面上相位延迟量，比较经过系统后相位延迟分布变化，与仿真结果对比进行验证。

该实验具有较高可行性与可重复性，对于验证与优化仿真系统具有一定价值。

(7) 在实验室条件下搭建了离轴抛物面镜聚焦准直高斯光束系统光路，在此过程中积累了一定离轴系统的位姿调整与测试的经验。此外，为有效处理光强图像得到相位延迟量信息，基于斯托克斯参量测量原理，设计了旋转波片与偏振相机联合采集模块，编写了图像处理程序，积累了该方面的经验。

**(二) 取得的业绩(代表作)【限填3项, 须提交证明原件(包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等)供核实, 并提供复印件一份】**

**1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】**

成果名称	成果类别 [含论文、授权专利(含发明专利申请)、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	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	备注
空间引力波望远镜内部光场计算方法研究	一级期刊	2023年12月29日	光学工程	1/6	

**2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】**

<b>(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况</b>	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩： 86 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间： 1.1 年（要求1年及以上） 考核成绩： 86 分（要求80分及以上）
<b>本人承诺</b>	
<p>个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！</p> <p style="text-align: right;">申报人签名：刘焯</p>	



## 浙江工业大学研究生学院

## 攻读硕士学位研究生成绩表

学号: 22160453	姓名: 刘焯	性别: 女	学院: 光电科学与工程学院	专业: 电子信息	学制: 2.5年						
毕业时最低应获: 24.0学分		已获得: 24.0学分		入学年月: 2021-09	毕业年月: 2024-03						
学位证书号: 1033532024302008			毕业证书号: 103351202402300034								
学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质	学习时间	课程名称	备注	学分	成绩	课程性质
2021-2022学年秋季学期	电子信息工程中数学模型与方法		2.0	93	专业学位课	2021-2022学年春季学期	光学系统设计		2.0	88	专业学位课
2021-2022学年秋季学期	人工智能算法与系统		2.0	90	专业学位课	2021-2022学年夏季学期	工程伦理		2.0	77	公共学位课
2021-2022学年秋季学期	科技写作		2.0	88	专业学位课	2021-2022学年夏季学期	研究生英语基础技能		1.0	免修	公共学位课
2021-2022学年秋季学期	光学电磁理论		3.0	99	专业学位课	2021-2022学年夏季学期	研究生英语		2.0	免修	公共学位课
2021-2022学年秋季学期	中国特色社会主义理论与实践研究		2.0	92	公共学位课	2021-2022学年夏季学期	自然辩证法概论		1.0	83	公共学位课
2021-2022学年冬季学期	世界经典剧作赏析		1.0	91	公共素质课	2021-2022学年夏季学期	先进传感技术		2.0	92	专业学位课
2021-2022学年秋季学期	工程前沿技术讲座		2.0	80	专业学位课						

说明: 1. 研究生课程按三种方法计分: 百分制 (通过、不通过), 两级制 (优、良、中、及格、不及格)。

2. 备注中“\*”表示重修课程。

学院成绩校核章:

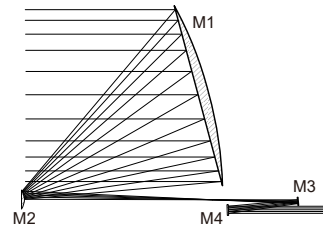
成绩校核人: 张梦依

打印日期: 2024-04-02

DOI: 10.12086/oe.2023.230186

# 空间引力波望远镜内部光场计算方法研究

刘 烨, 华喆, 彭韶婧, 吴 兰, 刘 东, 刘 崇\*

浙江大学 光电科学与工程学院 现代光学仪器国家重点实验室,  
浙江 杭州 310027

**摘要:** 在空间引力波探测系统中, 望远镜系统出瞳处的复振幅光场分布仿真准确性密切影响着干涉测量的准确性和TTL噪声控制分析有效性, 因此对其内部光场传输进行高精度衍射仿真计算十分必要。本文论证了采用基于矢量光线追迹的衍射积分算法建立仿真算法的必要性, 结合离轴无焦四反望远镜模型进行了算法流程说明。基于该算法建立了仿真程序, 带入望远镜系统设计参数, 进行了波前计算精度的验证, 并展示了矢量光场仿真计算结果。基于该系统模型, 对输入高斯光场参数、元件表面复折射率两个因素对输出光场矢量特性带来的影响进行了仿真讨论。

**关键词:** 空间引力波望远镜; 矢量光场仿真; 矢量衍射理论; 矢量光线追迹

**中图分类号:** O436; TH743

**文献标志码:** A

刘烨, 华喆, 彭韶婧, 等. 空间引力波望远镜内部光场计算方法研究[J]. 光电工程, 2023, 50(11): 230186

Liu Y, Hua Z Y, Peng S J, et al. Research on optical field calculation methods in the space gravitational wave telescope[J].

Opto-Electron Eng, 2023, 50(11): 230186

## Research on optical field calculation methods in the space gravitational wave telescope

Liu Ye, Hua Zheyi, Peng Shaojing, Wu Lan, Liu Dong, Liu Chong\*

State Key Laboratory of Modern Optical Instrumentation, College of Optical Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310027, China

**Abstract:** In the space gravitational wave detection system, the accuracy of the complex amplitude field distribution simulation at the telescope exit pupil closely affects the accuracy of the interferometric measurement and impacts the effectiveness of TTL noise control analysis. Therefore, it is necessary to carry out the high-precision diffraction calculation for the field propagation. This paper demonstrates the necessity of the vectorial ray-based diffraction integral algorithm for simulation and illustrates the algorithm flow combining the telescope model. A computational model was established based on the algorithm. The telescope system parameters were substituted to verify the wavefront calculation accuracy, and the vectorial field simulation results were presented. Based on the system model, the effects of the input Gaussian field parameters and the complex refractive index on the output vectorial optical field characteristics are simulated.

**Keywords:** space gravitational wave telescope; vectorial optical field simulation; vectorial diffraction theory; vectorial ray tracing

收稿日期: 2023-07-26; 修回日期: 2023-11-14; 录用日期: 2023-11-15

基金项目: 国家重点研发计划项目(2021YFC2202001)

\*通信作者: 刘崇, chongliu@zju.edu.cn。

版权所有©2023 中国科学院光电技术研究所