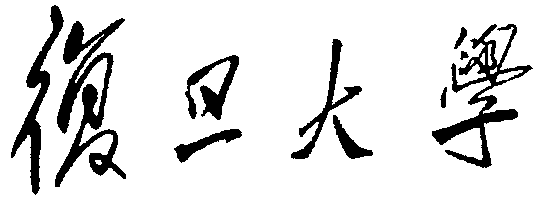
·材料之一·



博 士 学 位 申 请 书

|  |  |
| --- | --- |
| 申 请 人 姓 名： | 李彪 |
| 学 号： | 17110720018 |
| 专业(领域)名称： | 光学 |
| 指 导 教 师： | 刘丽英 教授 |
| 所 属 院 系： | 未来信息创新学院 光科学与工程系 |

二○ 25年 8月 21日

**说 明**

1. 表内所列项目应实事求是认真填写。如不够填写，可另加附页。
2. 表内项目一律使用黑色钢笔或水笔书写，字迹端正、清楚。
3. 一律使用近期一寸正面免冠照片。
4. 申请人用于申请学位的课程成绩、发表学术论文必须符合学位学术水平的基本要求。
5. 本表和其它学位材料（如学位论文评阅书、学位论文答辩会议记录和决议书等）由院系送校档案馆存档。

**自我介绍（一）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 李彪 | | | | | | | | | | | | 性别 | | | 男 | | | 出生日期 | | | | 1991年 9月 30日 | | | | | | |  |
| 籍贯 | 湖北 | | | 民族 | | 汉 | | | | | | | 政治面貌 | | | 群众 | | | | | | | 学制 | | | 3年 | | | |
| 身份证件号码 | | | | 4 | 2 | | 1 | 2 | 2 | | 2 | 1 | | 9 | 9 | | 1 | 0 | | 9 | 3 | | | 0 | 5 | | 6 | 1 | 7 |
| 博士入学年月 | | | 2017年 9月 | | | | | | 是否硕博连读 | | | | | | | 否 | | | | | | 入学前户口所在省（自治区、直辖市） | | | | | | | | 北京市 |
| 所学专业 | | 光学 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 指导  教师 | | | | 姓 名 | | | | 刘丽英 |
| 研究方向 | | 微光子学材料与器件 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 专业技术职务 | | | | 教授 |
| 联系电话 | | 19821220878 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | E-mail | | | | 17110720018@fudan.edu.cn | | | | |
| 主要学习、工作经历  （从高中开始） | | 起 讫 年 月 | | | | | | | | 单 位 名 称 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 学生或职务 |
| 2007年 9月至2010年6月 | | | | | | | | 湖北省通城一中 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 无 |
| 2010年 9月至2014年7月 | | | | | | | | 三峡大学 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 无 |
| 2014年 9月至2017年3月 | | | | | | | | 北京理工大学 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 无 |
| 2017年 9月2022年6月 | | | | | | | | 复旦大学 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 无 |
| 年 月至 年 月 | | | | | | | |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |  |
| 在学期间奖惩情况 | | 无 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 入  学  前  获  学  位  情  况 | | 入学前获最高学历 | | | | | | | | 硕士学历 | | | | | | | | | 入学前获最高学位 | | | | | | | | | | 硕士学位 | |
| 2014年 6月 30日 毕业（肄业）于 三峡大学 （院校）  光信息科学与技术 专业，获 理学 学士学位。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2017年 3月 30日 毕业（肄业）于 北京理工大学（院校）  光学工程 专业，获 工学 硕士学位。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

**在学期间科研成果一览表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序  号 | 发表学术论文情况  说明：1.填写以第一作者\*发表、且第一署名单位为复旦大学的学术论文；  2.按下列格式填写：作者，论文题目，期刊名称，期刊类型（SCI杂志须注明影响因子），出版年份，卷号(期号)，起止页码；  3.中英文期刊名称均须写全称。 | | | | | | | 备注 | | |
| 已  发  表 | | 已  录  用 |
| 1 | 作者：**Li, Biao**, Liying Liu, and Lei Xu.  论文题目：Ultra-sensitive active whispering gallery mode sensor in an optofluidic microcapillary with Vernier effect of coupled modes  期刊名称：*Optics Express*  期刊类型：SCI学术期刊，影响因子3.2  出版年份：2025  卷号：33（7）  起止页码: 14668-14676. | | | | | | | **是** | | **是** |
| 2 | 作者：**Li, Biao**, Liying Liu, and Lei Xu.  论文题目：[Ultrasensitive and wide-range temperature sensing utilizing a Microbottle Resonator coupled with Fiber Mach–Zehnder Interferometer](https://prism.optica.org/Author/Details/566867)  期刊名称：*Optics Express*  期刊类型：SCI学术期刊，影响因子3.2  出版年份：2025  卷号：33（16）  起止页码: 33704- 33714 | | | | | | | **是** | | **是** |
| 发表论文总数 | | 2 | 1.被SCI收录数 | 2 | 2.被SCIE收录数 |  | 3.被EI收录数 | |  | |
| 4.被SSCI收录数 | |  | 5.被A&HCI收录数 |  | 6.被CSSCI收录数 |  | 7.被CSCD收录数 | |  | |
| 获奖及专利情况（获奖或专利名称、级别、申请人排名）：无 | | | | | | | | | | |
| 学位申请人填写的在学期间科研成果情况属实，同意将以上科研成果用于申请博士学位。  导师审核签字： 年 月 日 | | | | | | | | | | |
| 已查验科研成果证明材料的原件，申请人在学期间的科研成果满足院系对申请博士学位的相关要求。  院系秘书审核签字： 年 月 日 | | | | | | | | | | |

\*可包括以下特殊情况：

（1）以姓氏笔画排名的期刊，导师证明学位申请人是第一执笔人；

（2）申请人为第二作者、且第一作者为学位申请人的导师；

（3）SCI期刊的影响因子大于6.0且学位申请人排名在前三名。

|  |
| --- |
| 论文证明材料粘贴处  （注：粘贴重点的2～3篇文章，粘贴内容依次为期刊封面、目录页和文章首页。  粘  贴  线 |

|  |
| --- |
| 论文证明材料粘贴处  粘  贴  线 |

|  |
| --- |
| 其它证明材料粘贴处  同等学力申请博士学位者在此页粘贴如下材料：  1、硕士学位证书复印件；  2、最后学历证明复印件；  3、获奖证明复印件；  4、两位教授或相当专业技术职务专家的推荐书（其中至少一位是博导）。  粘  贴  线 |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 在学期间作科学报告或知识讲座情况 | 题目 | 主办单位 | 时间 | 地点 |
| 1. Hybrid plasmonic–photonic whispering gallery mode resonators for sensing 2. Tunable single-mode laser based on whispering gallery mode microcavities 3. Mode Coupling Assisted Kerr Comb Generation in Normal Dispersion Microcavity 4. Detection limit enhanced through Polarization mode sensing in High-Q WGM resonators 5. Mode coupling enhanced sensitivity in optofluidic whispering gallery modes microcavity 6. Cavity ring‑up spectroscopy for ultrafast sensing in a whispering gallery mode resonator 7. Exceptional points enhance sensing in whispering-gallery Microcavity | 复旦大学  复旦大学  复旦大学  复旦大学  复旦大学  复旦大学  复旦大学 | 2017/10/13  2018/12/14  2019/05/11  2018/04/26  2019/05/28  2020/12/11  2021/03/02 | 光学楼525  光学楼525  光学楼525  光学楼525  光学楼525  光学楼525  叉二楼B2009 |
| 指导教师意见 | | | | |
| 学位申请人所填写的在学期间作科学报告或知识讲座情况属实。  指导教师（签名）：  2025年8月 21日 | | | | |

**自我介绍（二）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 学位论文题目：  光学回音壁模式微腔的模式耦合及传感研究 | | | 开题时间 | 2018年11月 |
| 完成时间 | 2022年03月 |
| 论文主题词 | 回音壁模式微腔 | | 论文字数 | 5万 3千 |
| 论文类型 | 基础研究 | 选题来源 | 国家自然科学基金项目 | |
| 一、选题意义  传感器技术是信息源头获取技术中的重要手段，而受到广泛关注。光学回音壁模式微腔以其高品质因子和小模式体积，可对环境中的微小变化进行检测，因而在光学传感领域有着重要应用。回音壁模式微腔通过感知待测量对腔折射率以及尺寸的变化，并以谐振波长的移动为传感信号来进行检测，其传感灵敏度受限于模式光场在传感介质中的分布而存在灵敏度极限。利用微腔中的模式耦合，可以调控模式在空间和频域的分布，产生新的传感机制，有助于提升传感灵敏度和降低探测极限。本文基于微管/微瓶腔模式耦合产生的游标效应、Fano共振以及奇异点，研究新的传感机制和结构，旨在提高回音壁模式微腔的传感性能。  二、本课题前人的主要研究成果（简要说明）  为了提高回音壁模式微腔的传感性能，国内外的课题组研究了利用模式耦合产生的游标效应、Fano共振以及奇异点来提高传感灵敏度和降低传感探测极限。如我们课题组之前研究了耦合腔中模式耦合产生的游标效应，并利用该效应将液体折射率传感灵敏度提升了355倍。北京理工大学的研究组利用回音壁模式微腔的模式耦合产生的Fano共振进行温度探测，实现了7.49 dB/oC的温度探测灵敏度和244 μK温度分辨率。中佛罗里达大学的研究组通过耦合微环腔产生的奇异点将微环温度探测灵敏度提高了23倍。然而，目前所有的基于模式耦合产生的游标效应和奇异点的耦合腔结构均比较复杂，这极大地限制了其传感应用。而利用模式耦合产生的Fano共振虽然可以提高传感灵敏度，但是其传感范围小。  三、论文工作中曾得到导师、其他教师和协作者哪些指导或帮助？  我的导师刘丽英教授在文献调研、程序修改、实验操作等诸多细节上给予了我耐心的指导。徐雷老师和吴翔老师在实验方案也给予了宝贵建议。中国计量科学研究院的潘奕捷老师出借仪器助我完成了相关的实验。上海理工大学的张启明老师为我测试仪器提供了帮助。 | | | | |

注：1. 论文类型：包括基础研究、应用研究、综合研究、其它，选择其中一项。

2. 选题来源：包括973、863项目，国家社科规划、基金项目，教育部人文、社会科学研究项目，国家自然科学基金项目，中央、国家各部门项目，省（自治区、直辖市）项目，国际合作研究项目，与港、澳、台合作研究项目，企、事业单位委托项目，外资项目，学校自选项目，国防项目，非立项，其他，选择其中一项。

|  |
| --- |
| 四、论文有何新方法、新内容或新见解？意义何在？    首先，研究了在单个微管腔中利用模式耦合产生的游标效应和奇异点来提高传感灵敏度，简化耦合腔的结构，提高了回音壁模式微腔的传感稳定性。利用该结构提高了液体折射率传感灵敏度，这对于液体纯度、成分等信息的分析具有重要意义。  其次，研究了微瓶腔与光纤马赫曾德干涉仪耦合结构，提出了新的透射谱强度传感机制，增强了微瓶腔的温度传感灵敏度。接着，在此基础上提出了新的条形码编码方式，实现了高灵敏度和大范围的温度探测。该研究有望实现大范围、高精度、抗干扰、易集成的温度传感器，并在包括机器人技术在内的高端制造业上发挥重要作用。  五、哪些问题有待继续探索？  1、在利用耦合微管腔的游标效应进行液体折射率传感时，需要在被液体中掺入染料，这一方面增加了传感的难度，另一方面对于无法溶解染料的液体不能进行测量，此外对于折射率低于二氧化硅的液体也无法进行测量。因此，可以在微管内壁镀一层低折射率的掺有增益介质的薄膜，再通过游标效应来进行传感。  2、利用光子条形码对温度进行标定时，条码宽度受强度噪声影响，而条码位置受频率噪声影响，根据我们的编码方式，条码宽度实际上免疫频率噪声，而条码位置免疫频率噪声，因此可以设计一套算法，来过滤条码标定时的一些噪声，从而提高温度探测精度。此外也可以将回音壁微腔和马赫曾德干涉仪耦合结构做在硅片来进行传感。  3、目前，在通过调节损耗得到的奇异点进行传感时，虽然传感灵敏度提升了，但是都会遭遇Q值的降低。根据第五章的计算，当增大液芯损耗获得奇异点时，虽然液芯损耗增大了，但是模式在液芯的光场占比却变小，有没有可能增大损耗到奇异点时，模式*Q*值不降低，甚至还能提升，这需要对微管腔奇异点的性质做进一步分析和计算  学位申请人（签名）：  2025年8月21日 |

**自我介绍（三）**

|  |
| --- |
| 在校期间科研工作和科研成果简介（限1000字内）  科研工作：我研究的课题是光学回音壁模式微腔的模式与传感研究，该课题下有三个子课题。第一个子课题是微管腔的模式耦合及液体折射率传感研究，该课题研究的时间是2017年9月到2019年4月。刚开始是在学习回音壁微腔的基本理论，并计算微管腔内的模式，接着是学习实验样品的制备和实验台的搭建，最后在无源微管腔中观察到了模式耦合现象以及通过有源微管腔进行了液体折射率传感，实验上获得了2924 nm/RIU液体折射率传感灵敏度，相比于单腔灵敏度极限提高了7.3倍。在做这个课题的过程中还研究了利用气压法测微管的壁厚以及利用程序识别光谱模式的方法。第二个子课题是微瓶腔与马赫曾德干涉仪耦合及温度传感研究，该课题研究的时间是2020年10月到2021年6月。也是先理论分析回音壁模式微腔与马赫曾德干涉仪耦合结构的特点，根据分析结果提出了透射谱强度传感新机制，接着设计实验并在实验上获得了105.4 dB/oC温度传感灵敏度，相比于其他基于Fano强度传感的工作，温度灵敏度提升了14倍，温度探测极限达2.8×10-5 oC；最后考虑到该传感方式实现的温度传感范围小，又提出了条形码温度传感机制，将温度探测范围提高到300 oC。第三个子课题是回音壁模式微腔中的奇异点，该课题研究的时间是2021年7月到2021年12月。首先是调研和阅读了微腔中与奇异点相关的文献，对奇异点的性质和应用做了详细了解。之后通过仿真计算分析了耦合微管腔中奇异点的传感性质，并提出了用奇异点来提高液体折射率和温度传感灵敏度，同时降低光场在高损耗液芯中的占比。最后也设计了相关的实验，只是由于时间关系该实验还在开始阶段，尚无有用实验数据。  科研成果：第一和第二个子课题已经结束，获得了较好的实验结果，两篇相关的科技论文也在准备中。 |

**指导教师评阅及推荐意见**

|  |
| --- |
| 一、请简要给出对申请人学位论文的评阅意见  光学回音壁模式微腔具有品质因子高、模式体积小的优点，在光传感领域有着重要的应用。和传统的微球、微盘光学微腔利用倏逝场通过微腔模式频率移动量进行传感方式相比，通过微腔中两个模式之间的耦合调控光场的空间分布和模式光谱分布，可产生新的传感机理，并提高传感灵敏度。李彪同学的博士学位论文工作围绕光学回音壁微管/微瓶型谐振腔的模式耦合和传感展开，利用模式耦合出现的模式劈裂及游标效应、Fano共振效应和满足宇称-时间对称状态的奇异点，进行了液体折射率和温度传感，获得了高灵敏度、低探测极限和传感动态范围大的优势。主要内容包括:  1. 利用中空微管腔中管壁模式和液芯模式的强耦合获得了模式劈裂，利用游标效应的光谱调制包络移动传感机制进行折射率传感，突破了单谐振腔模式移动传感灵敏度极限，实验上获得了2924 nm/RIU液体折射率传感灵敏度。  2. 利用光纤马赫-曾德干涉仪和微瓶腔耦合产生的Fano共振效应进行温度传感研究，单个模式透射谱强度传感实现了105.4 dB/oC的温度传感灵敏度，温度探测极限达2.8×10-5 oC；在此基础上，利用多个模式频率、强度构成条形码进行温度传感，扩展了温度探测范围。  3. 利用微管腔中管壁模式和液芯模式的耦合并通过损耗和增益的调节获得了满足宇称-时间对称状态的奇异点，理论模拟计算了该奇异点的液体折射率传感和温度传感灵敏度。  李彪同学的博士学位论文结构完整，对光学微腔传感研究特别是涉及模式耦合方面的文献进行了较好的综述。研究工作数据详实，具有较好的逻辑性。建议进行毕业论文送审及后续环节。 |

|  |
| --- |
| 二、对申请人理论水平、研究能力、外语程度、治学态度的综合评语：  申请人经过博士生阶段的培养，已掌握了光学专业的基础知识和光学微腔传感研究方面的专业知识；能制备光学微腔并进行封装，进行光学微腔基本性质的测量和光学传感方面的研究；能使用商用软件模拟光学微腔中的光传输特性；在光学微腔传感研究中取得了较好的研究结果。这些表明申请人已具备独立从事科学研究工作的能力。申请人外语程度良好，能阅读英文文献，并可撰写英文文章。在工作上，申请人踏实肯干，全身心投入工作，努力掌握新技能，治学态度认真。  三、论文是否在导师指导下由申请人独立完成？申请人是否存在学术违规行为？是否同意论文送审？  该论文是在导师指导下由申请人独立完成，申请人不存在学术违规行为。同意论文送审。  指导教师（签名）：  2025年8月21日 |

**学位审查（一）：课程审查**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 粘贴《复旦大学研究生课程成绩单》（原件） | | | | | |
| 已获得总学分 | 20 | 已获得学位课总学分 | 11 | 学位课程平均成绩 | 2.44 |
| 院系审核意见：  经审核，学位申请人的课程成绩达到申请博士学位要求。  研究生秘书（签名）：  年 月 日 | | | | | |

**学位审查（二）：评阅审查**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 学位论文评阅起止时间 | | | | 年 月 日 至 年 月 日 | |
| 学位论文评阅人 | 姓 名 | | 职 称 | 导师类型 | 工作单位 |
| 戴宁 | | 研究员 | 博导 | 上海技术物理研究所 |
|  | |  |  |  |
|  | |  |  |  |
|  | |  |  |  |
|  | |  |  |  |
|  | |  |  |  |
|  | |  |  |  |
|  | |  |  |  |
| 指导教师审查意见：  申请人已通过学位论文预审，学位论文达到送审要求。  指导教师（签名）：  2025 年 8月21日 | | | | | |
| 院系审核意见：  分管领导（签名）： 年 月 日 | | | | | |
| 学位论文  评阅结果 | | 评阅专家共 3 人，同意答辩的 3人，略作修改后答辩的 人，须作重大修改重新送审通过后答辩的 人，不同意答辩的 人。 | | | |
| 评阅结果：通过（ √ ），不通过（ ）。 | | | |

**学位审查（三）：答辩审查**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 拟组织学位论文答辩委员会成员名单 | | | | |
| 职责 | 姓 名 | 职 称 | 导师类型 | 工作单位 |
| 主席 | 戴宁 | 研究员 | 博导 | 中科院上海技术物理研究所 |
| 答  辩  委  员 | 王廷云 | 教授 | 博导 | 上海大学 |
| 朱鹤元 | 教授 | 博导 | 复旦大学 |
| 孙真荣 | 教授 | 博导 | 华东师范大学 |
| 张大伟 | 教授 | 博导 | 上海理工大学 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 秘书 | 费义艳 | 副研究员 | 未来信息创新学院 | |
| 拟定学位论文答辩时间 | | | 2022年 5月 22日 | |
| 院系审核意见：  分管领导（签名）：  年 月 日 | | | | |
| 学位评定分委员会审核意见：  学位评定分委员会主席（签名）：  年 月 日 | | | | |
| 学位论文答辩表决结果 | | 答辩日期： 2022年 5月 22日 | | |
| 答辩平均成绩： 91.8分  总体评价：优秀（ √ ），良好（ ），一般（ ），差（ ）。 | | |
| 答辩委员会成员出席 5人，其中：同意授予学位 5 人，不同意授予学位 0人；建议授予（不授予）博士学位。 | | |

**学位审查（四）：学位评定分委员会审议意见**

|  |  |
| --- | --- |
| 学位表决情况 | 学位评定分委员会共有委员 人， 年 月 日会议出席委员 人。经表决， 人同意授予博士学位。根据《复旦大学学位授予工作细则》  **同意（不同意）授予 博士学位**  学位评定分委员会主席（签名）：  年 月 日 |

**学位审查（五）：校学位评定委员会审议意见**

|  |  |
| --- | --- |
| 学位表决情况 | 校学位评定委员会共有委员 人， 年 月 日第 次会议出席委员 人， 人同意授予博士学位。根据《复旦大学学位授予工作细则》  **同意（不同意）授予　　　　　 博士学位**  校学位评定委员会主席（签名）：  年 月 日 |
| 博士学位证书编号： | |

注：学位评定委员会、分委员会会议必须有三分之二以上委员出席方为有效，会议的决议以无记名投票方式，经全体委员过半数通过，方为有效。

**学位评定分委员会复议意见**

|  |  |
| --- | --- |
| 学位表决情况 | 学位评定分委员会共有委员 人， 年 月 日会议出席委员 人。经表决， 人同意授予博士学位。根据《复旦大学学位授予工作细则》  **同意（不同意）授予 博士学位**  学位评定分委员会主席（签名）：  年 月 日 |

**校学位评定委员会复议意见**

|  |  |
| --- | --- |
| 学位表决情况 | 校学位评定委员会共有委员 人， 年 月 日第 次会议出席委员 人， 人同意授予博士学位。根据《复旦大学学位授予工作细则》  **同意（不同意）授予　　　　　 博士学位**  校学位评定委员会主席（签名）：  年 月 日 |
| 博士学位证书编号： | |