技术发明奖公示内容

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称： | 多功能强激光薄膜器件设计与全流程制作技术及应用 |
| 提名单位： | 中国仪器仪表学会 |
| 提名等级： | 2等奖 |
| 项目简介： | 本项目属于光电子学与激光技术领域。  激光惯性约束聚变装置、海陆空天激光对抗装备以及先进激光技术不仅是聚变能、军事精确打击、反介入和区域拒止能力的必需，也是光电子、微电子、信息产业和高端加工制造行业等跨越式发展的必备，还是强场物理、量子光学、非线性光学等前沿研究的基础和前提，军事、科学和经济意义重大，激光装置所涉及的核心元器件技术是全球国家硬实力竞争的技术制高点。  多功能强激光薄膜器件是影响激光装置输出能力和皮实耐用程度的瓶颈，主要问题是损伤阈值低、环境适应性差、制备难度大、成品率低，其主因在于激光薄膜器件的结构设计缺失、材料选择受限、制备技术无法量化三个方面：1）缺乏抑制强激光辐照热点产生的薄膜器件结构设计方法，2）没有致密、非晶微观结构的多功能高折射率薄膜材料，3）无法实现制备技术中缺陷的定量化全流程闭环控制。这些问题成为制约我国参与强激光装置和技术制高点竞争的软肋，为此该项目在国家重大科技专项、863、自然科学基金等项目的资助下，历经十余年开拓研究：  1. 发明了通过调控薄膜器件中驻波场和行波场分布抑制强激光辐照下局域热点产生的薄膜结构设计技术，国际上首次提出了多种薄膜器件结构，相比于传统薄膜器件结构，损伤性能提升了数倍至数十倍；  2. 发明了调控薄膜材料组分和结晶态的离子束辅助电子束共蒸发技术，合成了兼顾损伤、光谱、损耗、应力、防水等综合性能的HfxSi1-xO2薄膜新材料，破解了多功能高折射率薄膜材料缺失的难题，提高了强激光薄膜的多功能性和环境适应性，极大地拓展了其应用范围；  3. 发明了集缺陷定量损伤规律、基板抛光和刻蚀、超声波清洗、薄膜制作技术等于一体的全流程定量化缺陷控制多功能强激光薄膜制备技术和设备。将依赖经验的工艺改进上升到基于科学定量研究的技术创新层面，实现了“敏感缺陷的零残留”，能够确定性地制备出所设计的多功能强激光薄膜器件。  本项目获授权发明专利41项，2017年6项专利技术实现转让，获技术转移总投资1.56亿元，实现技术转移直接收益0.38亿元，转让专利“一种激光薄膜的制备方法(ZL201210480267.6)”获得2018年第二十届中国专利金奖。发表SCI收录论文53篇；在SPIE Laser Damage等重要国际会议做邀请报告十余次。美国Laser Focused World杂志2011年5月专题介绍并推荐了本项目的清洗技术；美国劳伦斯-利弗莫尔国家实验室的Christopher Stolz博士是美国激光惯性约束聚变装置光学器件负责人，他在5篇论文中13次引用、正面评价该项目的研究成果。经国际权威第三方测试机构（美国Quantel Laser、美国Spica、德国汉诺威激光中心）检测和比对，专家鉴定认为：“高损伤阈值激光薄膜器件制作技术达到国际先进水平，损伤阈值指标达到国际领先水平。”  近三年来，项目组共为我国激光聚变、激光对抗、先进激光技术等国家重大工程和型号装备提供激光薄膜器件近万件、清洗和刻蚀设备78台，直接经济效益近亿元。中国工程物理研究院、洛阳电光设备研究所等用户单位使用项目组提供的强激光器件和单元技术产生的间接经济效益超过2亿元。部分研究成果获得教育部技术发明一等奖。 |
| 客观评价： | **成果鉴定：**  2015年04月25日通过了教育部组织的科技成果鉴定，以庄松林院士为主任委员，龚惠兴院士、范滇元院士为副主任委员组成的鉴定委员会认为：“高损伤阈值激光薄膜器件是实现高功率/高能激光装置输出能力达标和稳定运行的关键因素之一，是限制高功率/高能激光技术及装置在国防工业和新兴高技术产业中应用和发展的瓶颈之一。”、“该成果技术复杂、难度极大、创新性强，具有多项自主知识产权。”、“高损伤阈值激光薄膜器件制作技术达到国际先进水平，损伤阈值指标达到国际领先水平。” |
| 应用情况： | 多功能强激光薄膜器件以点带面推动了我国强激光技术的发展，在激光惯性约束聚变重大工程、激光雷达、引信、测距等型号装备以及国内多家研究单位的高功率激光装置上得到成功应用，满足了国家重大战略的相关需求。近三年直接经济效益近亿元：研制出系列高损伤阈值激光薄膜器件近万件，项目的清洗技术还在上海天粹自动化设备有限公司获得商业应用。项目发明的高损伤阈值激光薄膜制备技术2017年实现6项专利技术转让，获技术转移总投资1.56亿元，实现技术转移直接收益0.38亿元。中国工程物理研究院、洛阳电光设备研究所等十余家用户单位使用项目组提供的激光薄膜器件或单元技术产生的间接经济效益超过2亿元。 |
| 主要知识产权和标准规范目录： | 授权发明专利：  1. 一种基于人工缺陷的激光薄膜定量化研究方法（ZL2014100501861）  2. 一种激光薄膜的制备方法(ZL201210480267.6)  3. 一种渐变光学厚度窄带负滤光片膜系(ZL2013101346267)  4. 一种面向激光薄膜内部缺陷的溯源性损伤阈值测量方法（ZL2014100503689）  5. 一种提高近红外高反膜激光损伤阈值的方法(ZL2014100502915)  6. 一种防水性激光薄膜的制备方法（ZL201310093167.2）  7. 一种基于多次迭代刻蚀的透射光学元件损伤阈值提升方法（ZL201410050337.3）  8. 一种超声波-兆声波复合频率全自动光学元件清洗装置（ZL2015105981060）  9. 一种光学基板亚表面中纳米吸收中心深度分布的检测方法 (ZL201310090224.1)  10. 一种钕玻璃激光器用背入射式高反薄膜系统的制备方法（ZL201610940925.3） |
| 主要完成人情况： | **1、王占山**，作为项目负责人，对项目整体方案进行了规划和实施，并提出了三个发明点的思路及研究路线，对三个发明点均有创造性贡献。提出了多功能强激光薄膜器件的设计方法和制备技术，指导并参与了多功能强激光薄膜制作技术的研发；**2、程鑫彬**，对项目的三个发明点均作出创造性贡献，提出并开展了多功能强激光薄膜设计、材料、制备和表征技术的研究；**3、焦宏飞**，对项目的三个发明点均作出创造性贡献，主要发明了薄膜设计方法，损伤阈值的控制技术和测试装置，为提升薄膜的损伤阈值，特别是为提升激光介质上镀制薄膜的损伤阈值做出了重要贡献；**4、杨泽平**，对发明点二和三有创造性贡献，提出了把变形镜镜面镀膜和变形镜系统总成分离的总体设计思想，为高损伤阈值镀膜奠定了基础，参与了镀膜技术的整体构思和技术研发，为有效地控制薄膜应力并同时获得高损伤阈值做出了重要的贡献；**5、杜建立**，对发明点三有创造性贡献，专利技术转让单位的负责人，是激光薄膜工程化技术和工艺研究以及中试的主要负责人。主要提出了重复性和再现性好的薄膜制备技术和工艺，为激光薄膜的批量化生产以及在产业界的应用做出了重要贡献；**6、崔勇**，对发明点三有创造性贡献，是清洗技术和设备的主要参与人员，主要发明了玻璃基板、激光介质基板和激光薄膜的清洗装置。为去除薄膜中的缺陷，提升激光薄膜的损伤阈值做出了重要贡献。 |
| 完成人合作关系说明： | 同济大学、中国科学院光电技术研究所、润坤（上海）光学科技有限公司、上海天粹自动化设备有限公司本着发挥各自优势，“产学研用”紧密结合的原则，联合开展了“多功能强激光薄膜器件设计与全流程制作技术及应用”研究，合作各方在同济大学的总体策划下，确定相应的研究目标、技术路线和实施方案等内容。  王占山、程鑫彬、焦宏飞重点开展了薄膜设计、材料、制备、表征方面的系统研究，旁证资料为多项共同获得的发明专利。王占山、程鑫彬、杨泽平共同开展了低应力、高损伤阈值变形镜的研究，获得了用户单位的认可和高度评价，旁证资料为用户单位应用证明。王占山、杜建立共同实现了多功能强激光薄膜的成果转化，并共同开展了激光薄膜的批量生产技术研究，旁证材料为技术转让合同。王占山、程鑫彬、崔勇共同开展了超声波清洗技术和装置的研究，旁证资料为多项共同获得的发明专利。 |