

特种光电功能材料与器件应用研讨会

主办单位：

中国光学工程学会

承办单位：

中国科学院大连化学物理研究所

中国科学院上海光学精密机械研究所

中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

中国科学院光电技术研究所-中国科学院光束控制重点实验室

联办单位：

中国科学院西安光学精密机械研究所

中国科学院安徽光学精密机械研究所

中国工程物理研究院机械制造工艺研究所

中国科学技术大学

国防科技大学

晶体材料国家重点实验室

中国科学院功能晶体与激光技术重点实验室

大会主席：

庄松林 院士（上海理工大学）

祝世宁 院士（南京大学）

大会执行主席：

邵建达（中国科学院上海光学精密机械研究所）

张学军（中国科学院长春光学精密机械与物理研究所）

陶绪莹（山东大学）

岳晓斌（中国工程物理研究院机械制造工艺研究所）

杨 虎（中国科学院光电技术研究所）

金玉奇（中国科学院大连化学物理研究所）

谢小平（中国科学院西安光学精密机械研究所）

庄松林 院士



庄松林（1940.8.14- ）光学专家。出生于1940年8月14日，江苏省溧阳人。1962年毕业于上海复旦大学。1979年赴美访问研究，1982年在美国宾夕法尼亚州立大学电子工程系获得博士学位。1984年被评为国家级有突出贡献中青年专家，1985年、1987年被评为上海市劳动模范，1989年获第一届上海市科技精英提名奖，1990年获政府特殊津贴，1991年获优秀突出贡献回国人员荣誉证书。他是国际光学工程学会和美国光学学会资深会员，中国仪器仪表协会理事长，中国光学学会理事。现任上海理工大学光学与电子信息工程学院院长、博士生导师，中国兵器工业集团有限公司科技委委员，中国兵器北方光电集团有限公司研究员、华太极光光电技术有限公司董事长，上海交通大学、复旦大学、浙江大学兼职教授。

庄松林院士长期从事应用光学、光学工程和光电子学的研究，多次获部级科技进步奖及多项荣誉奖。他设计了百余种光学系统及仪器，是国内率先开展光学系统CAD的研究者。主持完成了国内最大的光学仪器设计软件系统，在统计试验总极值最优化方法极公差的非线性模型等方面取得独创性成果。在光学像心理物理实验研究方面开展了国内首创性的工作。他对非相干光学信息处理及彩虹全息技术作了全面系统的研究，被誉为“现代白光信息处理的主要贡献者之一”。在复物体的位相恢复研究种提出多种光学方法，开创了该领域研究的新方向。所研制的CdSe（硒化镉）液晶光阀达到了当时国际先进水平。在梯度折射率光学材料、光栅衍射矢量模态理论、高速光学多通道模/数变换和光容新无源期间和高密度光存储技术等研究中取得突出的研究成果。先后在国内外重要刊物上发表论文140余篇，著有《光学传递函数》一书。1995年当选为中国工程院院士。

祝世宁 院士



祝世宁，功能材料学家。南京大学教授。1949年12月生于江苏省南京市，籍贯江苏镇江。1981年毕业于淮阴师范学院，1988年在南京大学获硕士学位，1996年在南京大学获博士学位。现任南京大学物理系主任，教育部科技委材料学部主任，江苏省科协副主席。2007年当选中国科学院院士。

长期从事微结构功能材料研究。在铁电畴工程方面，发现了铌酸锂型铁电体电畴反转动力学规律，发展了图案极化技术，研制出不同功能的介电体超晶格材料。在微结构晶体功能研究方面，发展了非共线准相位匹配技术，并应用于光的非线性弹性散射、增强拉曼散射、非线性切仑科夫辐射和纠缠光研究等。在全固态激光器研究方面，将超晶格材料与全固态激光技术结合，研制了光学超晶格多波长激光器和可调谐激光器等。

桑凤亭 院士



桑凤亭，1942年3月生，中国科学院大连化学物理研究所研究员，博士生导师，中国工程院院士。中科院化学激光重点实验室学术委员会主任，国际气体流动与化学激光会议顾问委员会委员，大连化物所学术委员会副主任，学位委员会委员。

桑凤亭从事化学激光研究四十多年，解决了一系列技术难题，取得了多项科研成果，使我国的氧碘化学激光研究水平达到了国际先进水平。先后获得中科院科技进步特等奖(1996, 1999) 二等奖(1994)，国家科技进步二等奖(1997, 2003)，省部委科技进步一等奖，二等奖(1996, 1999, 2000, 2002, 2007, 2009, 2012, 2014)多项。同时编写了《短波长化学激光》、《化学激光》、《化学激光及其应用》及《氧碘化学激光》四本专著，并在国内外刊物上发表文章一百余篇，培养研究生十余名。

邵建达



邵建达，研究员，博士生导师。一直从事高性能激光薄膜技术与光学元件抗激光损伤方面的研究工作，近年作为国家重大专项光学元器件攻关组组长，科研工作主要关注满足高功率激光装置中光学元器件的攻关达标工作。已发表科技论文 260 余篇，获得了国家技术发明二等奖、上海市技术发明一等奖、军队科技进步奖二等奖等奖项。

张学军



张学军，1997 年在中科院长春光机所获工学博士学位。获国家“杰青”基金资助，入选中科院“百人计划”，入选第二批国家“万人计划”科技创新领军人才，SPIE Fellow。现任长春光机所副所长和中科院光学系统先进制造技术重点实验室主任。张学军博士 20 多年来一直从事光学系统设计、加工、检测方面的研究工作，作为项目负责人完成了多项国家重点项目，先后 3 次获得国家科技进步二等奖(1999,2008,2011)。他目前主持 5 项国家重点项目，同时是美国 30 米望远镜(TMT)第三镜研制团队的负责人。发表学术论文 100 余篇。

陶绪堂



陶绪堂，男，江西省新建县人，1962年9月出生，1995年获日本东京农工大学工学博士学位。现任山东大学教授，博导。2002年被聘为教育部“长江学者奖励计划”特聘教授，获2003年度国家杰出青年基金，作为学术带头人获2007年基金委创新研究群体基金并获得二次延续资助。曾任山东大学晶体材料研究所所长，晶体材料国家重点实验室主任。兼任中国硅酸盐学会理事，中国晶体学会理事，中国硅酸盐学会晶体生长专业委员会副主任，中国物理学会固体缺陷专业委员会副主任，第六、七届教育部科学技术委员会国防科技学部委员。浙江大学硅材料国家重点实验室、中科院上海技术物理研究所红外物理国家重点实验室学术委员。

发表学术论文400余篇，研究成果曾被美国的 Chem. & Eng. News，英国的 Chemistry & Industry，美国化学会，“Nature Asia”等报道。连续五年（2014-2018）入选爱思唯尔中国高被引学者（Most Cited Chinese Researchers）榜单。

岳晓斌



岳晓斌，男，研究员，博士，中国工程物理研究院机械制造工艺研究所所长，国家机床产品质量监督检验中心（四川）主任，四川省超精密加工工程技术研究中心理事长，中物院超精密加工技术重点实验室常务副主任，国防基础科研核科学挑战专题极端制造领域副首席科学家，中国光学会制造专委会常务委员，四川省有突出贡献的优秀专家，《Intelnational Journal of Extreme Manufacaturing 》期刊副主编。

长期从事精密制造、高效制造、高端工艺装备等相关技术研究，主持、指导了多项基金制、国防科技预研、XX 装备型号研制课题的研究工作；作为负责人之一，主持或参与完成了国家重大科学仪器设备开发专项、04 专项 904-1/904-2 项目，中物院 909 科技专项等多项重要科研项目，解决了 XX 工程中多项关键重要制造技术难题，部分成果已成功应用于国家重大工程中。先后获得军队科技进步奖九项，荣获中物院双百人才等称号，享受国务院政府津贴。

杨虎



杨虎，男，1982年毕业于浙江大学光学仪器工程学系，长期从事光电跟踪测技术和光束控制技术研究。获国家科技进步一等奖一项，二等奖二项，省部级科技进步一等状奖五项。获中国科学院杰出科技成就奖。享受国务院政府特殊津贴专家。现在中国科学院光束控制重点实验室主任，研究员，中国光学工程学会常务理事。

金玉奇



金玉奇，男，汉族，1965年生，中共党员，研究员，博士生导师，现任中国科学院大连化学物理所副所长，中国科学院化学激光重点实验室主任。长期从事化学激光研究工作，在激光器功率放大、高品质光束质量获取以及系统集成等方面做出了重要贡献，先后组织突破了多项化学激光核心关键技术，成功研制出多套不同的类型的氧碘激光器系统，圆满完成了国家级系列重大演示验证任务，填补了我国在这一领域的多项空白，使我国的短波长氧碘化学激光研究水平上了一个新的台阶，在短时间内跨入了世界先进行列。在国内外公开发表学术论文 100 余篇，学术专著 4 部，授权专利 30 余项。相关成果曾先后获得国家科技进步一等奖 2 项、国家科技进步二等奖 2 项，省部级科技进步一等奖 7 项，省部级科技进步二等奖 2 项。曾获国家政府特殊津贴，中国科学院杰出成就奖，国家高技术装备发展建设工程荣誉奖章，新世纪百千万人才工程国家级人选，863 计划任务先进个人，大连市劳动模范，辽宁省劳动模范，第四届辽宁省青年科技奖，辽宁省优秀专家，辽宁省领军人才等荣誉称号。

谢小平



谢小平，研究生学历，理学博士，中共党员。现任中国科学院西安光学精密机械研究所副所长，基础科研部部长（兼）。

主要从事光通信网络领域研究工作。2014年以来，历任中科院西安光机所科技与管理部部长、所长助理、副所长。2018年11月任中科院西安光机所副所长。

化学激光走向未来面临的科学与技术挑战

桑凤亭

中国科学院化学激光重点实验室, 中国科学院大连化学物理研究所

摘要: 化学激光以其不依赖于外部能源,能量功率易于放大,高功率条件下仍可获得近衍射极限的光束质量等独特优点,在高能激光家族中占有重要地位。化学激光具有重要的应用前景,而且在高能激光实际应用的探索过程中,一直扮演着先行者和践行者的角色,极大推动了高能激光的发展。

本报告首先回顾了各类化学激光的发展史,包括燃烧驱动的二氧化碳激光、氟化氢/氟化氙化学激光、以及氧碘化学激光等具有代表性的化学激光,并简要的阐述国外了这些化学激光的发展现状。

随后,本报告将针对未来应用发展需求,剖析了化学激光未走向未来面临的科学与技术挑战。从化学激光实用化发展来看,高效化和小型化是化学激光首要的科学与技术挑战;从化学激光的对抗应用发展来看,波长调控的中红外化学激光的高效高能输出是巨大挑战。如果化学激光在这些高效化、小型化和波长调控等些科学与技术上取得突破,仍将是大功率高能激光光源的理想选择。

个人简介: 见上。

“上海硬 X 射线自由电子激光装置” (SHINE) 简介

刘志

上海科技大学

摘要: X 射线是在原子/分子尺度上揭示物质结构和生命现象的理想探针。人类自发现 X 射线以来,已在诸多学科领域实现了一系列发明创造,成就了二十多个诺贝尔科学奖,对确立物理、化学、生命等学科的发展方向及世界科学发展路径产生了深刻的影响。同步辐射和 X 射线自由电子激光装置是最新一代的大型综合性光子科学科学实验装置平台,具有以往任何 X 射线光源都无可比拟的优点,其光子峰值亮度比实验室的 X 射线光源亮 10^{22} 倍以上,并具有极好的相干性以及飞秒级的超短脉冲。这些优点意味着人们可以以极高的效率研究原子空间尺度和飞秒时间尺度的超快动力学过程。X 射线自由电子激光的出现使得单脉冲单粒子成像、非线性 X 射线光谱学、超快泵浦一探针以及相干散射等实验方法成为可能。

我将简单介绍近期开工建设的高重复频率硬 X 射线自由电子激光装置“上海硬 X 射线自由电子激光装置”(SHINE)。包括,建设内容、目前进展和所面临的相关技术挑战。



个人简介: 刘志,毕业于北京大学大学地球物理系和物理系,获理学学士学位。在美国斯坦福大学获得电子工程硕士学位和物理学博士学位。后在斯坦福直线加速器国家实验室和伯克利国家实验室任职。获得第八批“中央千人计划”资助后全职回国,任中国科学院上海微系统与信息技术研究所研究员、上海科技大学物质科学与技术学院副院长。长期从事表面化学与同步辐射方法学研究。近年来,从事同步辐射与自由电子激光等大型光子科学设施的建设和先进表征线站和技术的研发工作。发表 SCI 论文 200 多篇。

光学、光电等系统中薄膜态材料研究现状与展望

邵建达

中国科学院上海光学精密机械研究所

摘要：薄膜态材料广泛应用于强激光系统、光电对抗、航空/航海、高能物理等领域，如强激光系统中实现了光的传输、调制、光谱和能量的分割与合成等功能，航天领域的薄膜太阳能电池，高能物理领域的短波段多层高反膜等。随着系统性能和集成度要求的提升，薄膜作为一种重要的功能材料，具有实现光、电、声、磁、热特性调谐能力且集成化优势明显，因此占据着越来越重要的地位，这也为薄膜态材料的发展带来了新的机遇。国内无机薄膜材料在需求的牵引下已经形成了产业化能力，但整体表现出“大而不强”的发展态势，许多高性能薄膜元件与国外还有差距，短波段多层薄膜严重依赖进口。本报告以光学、光电等系统应用中各类关键薄膜元件的研究现状为基础，从材料特性出发梳理限制各类薄膜器件性能提升的关键影响因素，如薄膜材料损耗、缺陷类型及密度、膜层纳米控制精度、材料微结构、膜层应力、致密度等，由此出发针对未来系统对薄膜器件性能需求，从材料性能优化角度设计未来发展路线图。

个人简介： 见上

机载光电载荷材料器件发展需求

王合龙

洛阳电光设备研究所

摘要：机载光电载荷以光学工程、激光工程、精密机械、信息处理、自动控制和计算机等高新技术为依托，以材料和器件为基础，实现光电瞄准、预警探测、监视侦察、告警对抗等特定任务的总称。经过近四十年发展，机载光电载荷在反隐身探测、夜视侦察、目标识别、防区外突袭和精确毁伤等方面为作战平台带来了能力上的飞越，成为名副其实的作战效能“倍增器”。

机载光电载荷的发展与材料、器件的发展息息相关、相互促进。近年来随着军事及民用发展需求不断增长，为机载光电系统及材料、器件的发展提供了良好机遇。本文介绍了机载光电载荷的发展历程和近年来在研项目发展情况，分析了机载光电载荷的发展趋势，提出了应用于机载载荷领域的材料和器件的发展需求和方向。



个人简介：王合龙，现任中航工业集团公司首席技术专家，中国航空研究院博士生导师，洛阳电光设备研究所副所长/总工程师，中国惯性技术学会技术咨询专家委员会成员，河南省光学学会副理事长。长期从事机载光电系统及相关技术的理论研究和型号研制工作，荣获国防科技进步奖和集团公司科技进步奖 10 余项，享受国务院政府特殊津贴。

九年磨一镜— 我国首套高端光刻机投影物镜系统研发历程回顾与未来发展展望

杨怀江

长春国科精密光学技术有限公司

摘要：以 NA0.75 光刻投影物镜研发历程的回顾为主线，从系统复杂度及技术极限挑战性角度，阐述了典型超精密光学系统-光刻投影物镜研发必须遵循系统工程研发逻辑的认识，总结了研发团队在物镜超精密光学系统设计与集成、深亚纳米级精度光学制造、超精密光机结构/机构设计与装配、亚微米级精度机械制造等方面的技术突破情况。同时，亦对高 NA 投影物镜系统研发进展情况及及所涉及的高性能光学材料、驱动器、传感器等方面的需求情况进行了简要的介绍。



个人简介：杨怀江，男，1966 年 1 月出生，辽宁省丹东市人。工学博士，研究员，博士生导师。1998 年博士后出站并正式进入长春光机所工作。2005 年获国务院政府特殊津贴，2015 年获中科院首批特聘研究员。长春国科精密光学技术有限公司 CEO。自 2009 年以来，先后担任国家科技重大专项 02 专项 193nm 投影光刻曝光光学系统研发一期、二期项目首席科学家/项目负责人，主持成立了我国首个以超精密光学技术产品研发为主业的高端光学企业-长春国科精密光学技术有限公司。十年来，率领团队在超精密光学系统设计与集成、深亚纳米级精度光学制造、超精密光机结构/机构设计与装配、亚微米级精度机械制造等方面取得全面突破，主持研制的我国首套 NA0.75 光刻投影物镜已于 2016 年交付用户。目前正在主持 NA0.82 及 NA1.35 投影光刻曝光光学系统产品的研发及产业化准备工作。

专题一：激光与非线性光学晶体材料与器件

主席：

何京良（山东大学）

张庆礼（中国科学院安徽光学精密机械研究所）

程序委员会：

苏良碧（中国科学院上海硅酸盐研究所）

叶 宁（中国科学院福建物质结构研究所）

丁守军（安徽工业大学）

齐红基（中国科学院上海光学精密机械研究所）

姚吉勇（中国科学院理化技术研究所）

贾志泰（山东大学）

高进云（中国科学院安徽光学精密机械研究所）

丁雨幢（中国电子科技集团公司第二十六研究所）

何京良



何京良，1998 年在中科院物理所获博士学位。2005 年被聘为山东省首批“泰山学者”特聘教授，现为山东大学晶体材料国家重点实验室教授、博士生导师。主要研究领域为：新型全固态激光器研究和应用，激光晶体和非线性晶体材料的表征及相关器件，光学非线性过程，超快激光动力学。先后主持多项国家级课题，两次获教育部自然科学一等奖，发表 SCI 论文 200 余篇。

Yb:YAG 晶场及其发光跃迁计算

张庆礼, 刘文鹏, 高进云, 孙贵花, 窦仁勤, 殷绍唐

中国科学院合肥物质科学研究院

zql@aiofm.ac.cn

摘要: Yb:YAG 是大功率激光材料的重要工作物质。由于 Yb 离子仅有二个多重态能级, 观察到的吸收或发射跃迁数量有限, 因此其晶体场参数、跃迁强度参数难以确定, 因而长期以来对发光微观过程理解很少。

首先通过仅有三个参量的晶体场叠加模型初步计算了 Yb 的固有晶体场参数 \bar{B}_k 和旋轨耦合参数, 获得了初步的晶体场参数 B_q^k , 以此作为初始值, 采用数值迭代进一步进行优化, 获得了 Yb:YAG 的晶体场参数和旋轨耦合参数。

通过晶场参数计算出 Yb:YAG 的波函数。采用全谱拟合方法对 Yb:YAG 的低温发光谱进行拟合, 给出了 Yb:YAG 的跃迁强度参数 A_{tp}^k , 以及黄昆因子。结果表明 Yb:YAG 的发光过程中不仅发射声子, 即激发光能变为热, 同时也吸收声子, 即晶格振动能量也转化为光能。固定跃迁强度参数用全谱拟合方法拟合了室温下的发光谱, 表明室温下的光谱的展宽主要来自于吸收声子辅助跃迁的增强。讨论了通用的 F-L 公式和全谱拟合方法计算发射截面的结果, 发现在如果有再吸收时, F-L 公式给出的发射截面偏小, 而在其他波段 F-L 给出的发射截面偏大。



个人简介: 张庆礼, 中国科学院合肥物质科学研究院, 研究员, 博导, 主要从事激光晶体、闪烁体等人工晶体材料研究。申请专利 30 余项, 10 余项已获授权; 发表 SCI 论文 100 余篇, 译著一部, 晶体生长控制软件登记 1 项。

非线性光学晶体 CLBO 研究进展

陈建荣, 王国影

北京中材人工晶体研究院有限公司

18911629029@163.com

摘要: 硼酸铯锂($\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$, 简称 CLBO)具有优异的紫外非线性特性, 具有高抗激光损伤阈值、较小的走离角、较大的可接受角度以及较大的光谱带宽和温度带宽, 可适用于 Nd:YAG 1064nm 激光的二倍频 (SHG)、三倍频 (THG)、四倍频 (4HG)、五倍频 (5HG) 的频率变换, 特别是能够实现 Nd:YAG 激光的四倍频(4HG)和五倍频(5HG)频率变换, 在大功率深紫外固体激光器具有重要应用前景。本文主要综述了 CLBO 晶体的生长、应用研制进展, 介绍了该晶体的特性、晶体生长、缺陷、潮解习性、提高抗潮解能力的办法以及溶胶凝胶法镀制防潮保护增透膜研究、应用情况^{[1] [2] [3]}, 并对今后的发展和面临的挑战做了展望。

参考文献:

- [1] T.Sasaki, Y.Mori, M.Yoshimura, Progress in the growth of a $\text{CsLiB}_6\text{O}_{10}$ crystal and its application to ultraviolet light generation, *Opt. Mater.*, 2003,23 (1-2) :343-351.
- [2] X.Yuan, G.Shen X.Wang, et al., Growth and characterization of Large CLBO crystals, *J.Cryst. Growth*, 2006, 293(1):97-101.
- [3] X.Zhu, H.Tu,Y.Zhao et al., Growth of high-quality Al-doped CLBO crystals using $\text{Cs}_2\text{O-Li}_2\text{O-MoO}_3$ fluxes, *Crystals*, 2017, 7:83-94.



个人简介: 陈建荣, 教授级高工, 男, 江西东乡县人, 1973 年 11 月出生, 2004 年获中国科学院物理研究所凝聚态物理博士学位, 现任北京中材人工晶体研究院有限公司副总工程师, 兼任全国人工晶体标准化技术委员会秘书长, 发表学术人 30 余篇, 主要研究方向为非线性光学晶体、闪烁晶体生长与物性研究。

光谱调控光纤激光变频中红外激光器及新型激光材料研究

李霄*, 王鹏, 程曦, 冯嘉程, 韩凯, 许晓军

国防科技大学

crazy.li@163.com

摘要: 报告主要综述了国防科技大学前沿交叉学科学院高能激光技术研究所团队在光纤变频技术领域的成果进展, 介绍了利用新型光纤光源实现光谱灵活可控中红外频率下转换激光的技术途径和相关研究进展。阐述了团队在高功率光参量振荡器技术、随机光纤激光器变频技术、超荧光光纤激光器变频技术、多波长光纤激光器变频技术等方面的工作, 概述了团队是深入发掘光谱灵活可控频率下转换技术的研究历程和所取得的主要成果。介绍了利用光纤激光变频激光器对过渡金属掺杂陶瓷激光材料、Nd:YAG 掺杂单晶光纤和硒镓钡晶体等新型激光材料样品开展的初步测试和激光试验工作, 汇报了新型光谱调控光纤激光变频激光器与新型激光材料结合的创新思路。



个人简介: 李霄, 国防科技大学前沿交叉学科学院副研究员, 主要从事固体激光及其频率变换技术研究。以第一作者及通讯作者身份在 IEEE JSTQE、Optic Express、IEEE P J、Laser Physics Letters 发表学术论文 20 篇, 以第一作者身份获得授权国家发明专利 4 项; 参加国内外学术会议 7 次, 均做大会专题口头报告交流。以负责人身份展开的高功率中红外光学参量振荡器于 2013 年经由十余位专家现场测试并鉴定为国际领先水平, 第一作者发明专利“基于增益竞争和混合泵浦的高增益低噪声掺镱光纤放大器”获得 2016 年中国发明协会举办的“第九届国际发明展览会”金奖, 2017 年度中国专利奖优秀奖和湖南省专利奖一等奖。

稀土钽酸盐晶体生长和性能研究

刘文鹏, 张庆礼, 窦仁勤, 彭方

中国科学院安徽光学精密机械研究所, 光子器件与材料重点实验室

wpliu@aiofm.ac.cn

摘要: 稀土钽酸盐晶体是密度最高的无机非金属材料之一, 具有优良的物化和发光性能, 作为闪烁体材料在高能物理、核医学成像等领域有着重要应用前景。中科院安徽光机所在国内外率先开展了稀土钽酸盐系列单晶的提拉法生长和性能研究工作, 实现了高熔点优质 GdTaO_4 系列晶体的生长。

本文回顾了稀土钽酸盐单晶生长的探索过程, 总结了 GdTaO_4 晶体热学、发光和闪烁性能, 发光衰减中主要包括一个 72.6 ns 的快成分, 绝对光产额接近 PbWO_4 晶体的四倍; 通过 Ca^{2+} 离子掺杂, 进一步提高了发光强度。同时, GdTaO_4 晶体属于单斜晶系, Gd^{3+} 处于 C_2 低对称格位, 可以使掺杂的稀土激活离子宇称禁戒跃迁得到部分解除, 增强发光效率。为此, 开展了 Nd^{3+} 、 Yb^{3+} 、 Tm^{3+} 、 Ho^{3+} 等离子单掺或共掺 GdTaO_4 晶体的生长、光谱和激光性能研究, 实现了 Nd^{3+} 晶体 1.064 和 1.38 μm 、 Ho^{3+} 晶体 2.1 μm 的激光输出; 通过基质组分调制, 获得了 Ho^{3+} 晶体在水汽弱吸收 2.911 μm 精细波长处的发射。本文研究将为推动 GdTaO_4 晶体走向应用和稀土钽酸盐晶体生长工艺理论的发展提供参考。

关键词: 稀土钽酸盐, 闪烁体, 晶体生长, 激光

参考文献:

- [1] Liu W P, Zhang Q L, Zhou W L, et al. Growth and Luminescence of M-Type GdTaO_4 and $\text{Tb}:\text{GdTaO}_4$ Scintillation Single Crystals [J]. IEEE Trans Nucl Sci, 2010, 57(3): 1287-90.
- [2] Xing X, Wang X, Zhang Q, et al. High-Temperature Phase Relations in the $\text{Lu}_2\text{O}_3\text{-Ta}_2\text{O}_5$ System [J]. Journal of the American Ceramic Society, 2016, 99(3): 1042-6.
- [3] Yang H, Peng F, Zhang Q, et al. A promising high-density scintillator of GdTaO_4 single crystal [J]. Crystengcomm, 2014, 16(12): 2480-5.
- [4] Renqin Dou, Qingli Zhang, Jinyun Gao, et al. Rare-Earth Tantalates and Niobates Single Crystals: Promising Scintillators and Laser Materials [J] Crystals, 2018, 8(2):55.

| 24 专题一：激光与非线性光学晶体材料与器件



个人简介：刘文鹏，男，安光所副研究员，稀土晶体专委会委员。主要从事光功能晶体生长和性能研究工作。主持和参与了自然科学基金、重点研发计划、JW 创新特区等项目。发表论文二十余篇，合译《晶体场手册》专著一部，申请和授权发明专利十余项。

高性能红外非线性光学材料的设计与合成

梅大江

上海工程技术大学

meidajiang718@pku.edu.cn

摘要: 近年来, 红外非线性光学(NLO)材料在激光变频、信号通信等领域得到了广泛的应用¹。在我们之前的工作中, 针对传统红外 NLO 材料存在的二次谐波(SHG)不强、激光损伤阈值(LDT)较低等问题, 从化合物结构出发设计合成了一系列高性能红外非线性光学材料: (1) 通过引入两种 NLO 活性基团 $[\text{ZnS}_4]^{6-}$ 和 $[\text{SnS}_4]^{4-}$, 合成了一种新型非线性光学晶体材料 SrZnSnS_4 ²。该材料具有较大带隙和 SHG 响应, 达到了带隙与 SHG 效应之间的平衡; (2) 合成了一种与 SrB_4O_7 结构类似的 NLO 晶体材料 BaAl_4S_7 ³, 该化合物在所有已知的硫属 NLO 晶体材料中, 具有很大带隙和高 LDT; (3) 在高熔点 NLO 材料 LiGaS_2 中用部分 Ge 原子代替 Ga, 合成了一种熔点低、NLO 性能优良的新型非线性光学晶体材料 $\text{LiGaGe}_2\text{S}_6$ ⁴; (4) 合成了一种新型 Sn 基硫化物 $\text{Sr}_3\text{MnSn}_2\text{S}_8$ ¹, 该化合物具有较宽的带隙和较强的 SHG 响应; (5) 从传统化合物 AgGaSe_2 出发, 通过在结构中引入 SiSe_4 四面体来增大其光学带隙, 提高材料的 LDT, 最终得到了综合性能良好的红外 NLO 材料 $\text{Ag}_3\text{Ga}_3\text{SiSe}_8$ ⁵。

参考文献:

- [1] C. Liu, D.-J. Mei, W.-Z. Cao, Y. Yang, Y.-D. Wu, G.-B. Li and Z.-S. Lin, *J. Mater. Chem. C*, 2019, 7, 1146-1150.
- [2] Y.-L. Zhang, D.-J. Mei, Y. Yang, W.-Z. Cao, Y.-D. Wu, J. Lu and Z.-S. Lin, *J. Mater. Chem. C*, 2019, 7, 8556-8561.
- [3] D.-J. Mei, J.-Q. Jiang, F. Liang, S.-Y. Zhang, Y.-D. Wu, C.-T. Sun, D.-F. Xue and Z.-S. Lin, *J. Mater. Chem. C*, 2018, 6, 2684-2689.
- [4] D.-J. Mei, S.-Y. Zhang, F. Liang, S.-G. Zhao, J.-Q. Jiang, J.-B. Zhong, Z.-S. Lin and Y.-D. Wu, *Inorg. Chem.*, 2017, 56, 13267-13273.
- [5] D.-J. Mei, P.-F. Gong, Z.-S. Lin, K. Feng, J.-Y. Yao, F.-Q. Huang and Y.-C. Wu, *CrystEngComm*, 2014, 16, 6836-6840.

| 26 专题一：激光与非线性光学晶体材料与器件



个人简介：梅大江，上海工程技术大学副教授，主要从事新型红外非线性光学晶体材料的研究及应用。现主持国家自然科学基金项目 1 项，在 *Journal of Material Chemistry C*, *Inorganic Chemistry*, *Crystal growth & design* 等国际期刊上发表 SCI 论文 30 多篇，并担任 *Inorganic Chemistry*, *Crystal growth & design* 等国际期刊审稿人。

DKDP 晶体快速生长技术研究进展

齐红基^{1*}，王斌¹，陈端阳^{1,2}，邵建达¹

1 中国科学院上海光学精密机械研究所强激光重点材料实验室

2 中国科学院大学材料与光电研究中心

qhj@siom.ac.cn

摘要：大口径 DKDP 晶体是目前高功率激光装置不可或缺的元件，其主要技术指标包括抗激光损伤阈值、材料均匀性、元件口径等。除此之外，该类型元件的制备效率及制备可控性成为高功率激光驱动器装置建设的重要考量因素。围绕 DKDP 晶体抗激光损伤性能的提升，项目组从循环过滤技术入手，持续提升过滤效果；另外，利用 CFD 方法对晶体生长槽内的流场进行模拟，对晶体生长过程液体包藏缺陷进行抑制，小口径 DKDP 晶体的损伤阈值已经达到 $15\text{J}/\text{cm}^2$ (355nm, 3ns)。从工程化角度出发，自主研发了晶体生长实时监控系統，建立了溶液汽化率测试规范，强化晶体生长过程参数定量化控制。针对目前 DKDP 晶体点籽晶快速生长技术存在的柱锥交界面问题，课题组在国际上首次提出了长籽晶快速生长技术，不仅成功的解决了快长晶体内部存在的柱锥交界面问题，而且提高了三倍频元件的切割效率。

关键词：DKDP 晶体；长籽晶快速生长；循环过滤



个人简介：齐红基，研究员，实验室主任，博士生导师。发表或合作发表论文近百篇，申请或合作申请专利 30 余项。先后获得军队科技进步二等奖、上海市技术发明一等奖等奖项。中国稀土学会晶体材料分会委员、光学晶体标委会委员、《人工晶体学报》编委会委员。

非线性光学功能分子设计

宋瑛林

苏州大学

ylsong@suda.edu.cn

摘要：扭曲并苯分子具有大的 π 共轭体系，是优良的非线性光学功能材料。结合量子化学分子前线轨道计算，发展了扭曲并苯分子的光学非线性设计方法。



个人简介：宋瑛林，主要从事非线性光学测量技术、非线性光学功能材料设计与应用、超快光谱技术、光开关、激光防护研究等，发明了单点单脉冲测量光学非线性技术---T-PO 技术以及泵浦探测 TPO 技术。

铌酸锂、钽酸锂电光调 Q 晶体的研究进展

孙军、许京军

南开大学

sunjun@nankai.edu.cn

摘要：电光调 Q 激光输出可以实现高峰值功率，在医疗、美容、测量以及加工等领域得到了广泛应用，电光晶体是其中的核心材料。然而，能够实用化的电光调 Q 晶体很少，只有铌酸锂、磷酸二氘钾、钽酸锂、低温相偏硼酸钡、磷酸氧钛铷等晶体得到了实际应用。铌酸锂晶体和钽酸锂晶体结构类似、性能相近，均为单轴晶，都具有较大的电光系数，作为电光调 Q 晶体得到了较多应用。铌酸锂晶体可以采用光轴方向通光，而钽酸锂晶体在光轴通光时能利用的有效电光系数太小，多采用非光轴方向通光、双晶匹配的方法应用。

本报告对铌酸锂、钽酸锂电光调 Q 晶体的制备和应用研究情况进行了总结和展望。



个人简介：孙军，南开大学教授，博士生导师，教育部新世纪优秀人才支持计划入选者，主要从事光电晶体制备、晶体生长装备以及光电器件方面的研究工作。现兼任全国人工晶体标准化技术委员会委员、中国兵工学会激光技术专委会委员、中国硅酸盐学会晶体生长与材料分会理事、CSTM 光电晶体与产品领域委员会委员/人工晶体技术委员会副主任委员。

微下拉法单晶光纤的生长和性能研究

徐晓东^{1*}, 宋青松¹, 徐军²

1 江苏省先进激光材料与器件重点实验室, 江苏师范大学物理与电子工程学院

2 同济大学物理科学与工程学院

xdxu79@jsnu.edu.cn

摘要: 微下拉法晶体生长技术具有生长速度快、用料少、实验周期短、效率高等优势, 在激光放大、闪烁探测、白光 LED 照明等方面具有很大的应用价值。如采用微下拉法生长的 $\Phi 0.3-1\text{mm}$ 的激光单晶光纤, 具有高长径比、大比表面积、散热好、非线性增益系数小等优势, 在短脉冲激光放大上取得了一系列令人瞩目的成果。采用微下拉法技术生长的闪烁单晶光纤, 无需再加工, 可直接用于闪烁探测器上, 非常适用于工业化生产。本文主要介绍了微下拉法在激光单晶光纤、闪烁单晶光纤和共晶上的研究进展。通过改变晶体生长工艺, 获得了高光学质量的单晶光纤, 在多种激光单晶光纤中获得了激发震荡和激光放大输出。

关键词: 单晶光纤; 微下拉法; 晶体生长; 激光性能

参考文献:

- [1] Wang, J.; Song, Q.; Sun, Y.; Zhao, Y.; Zhou, W.; Li, D.; Xu, X.; Shen, C.; Yao, W.; Wang, L.; Xu, J.; Shen, D. *Opt. Lett.* 2019, 44: 55.
- [2] Song, Q.; Xu, X.; Liu, J.; Bu, X.; Li, D.; Liu, P.; Wang, Y.; Xu, J.; Lebbou, K.; *CrystEngComm* 2019, In press
- [3] Xu, X.; Lebbou, K.; Moretti, F.; Pauwels, K.; Lecoq, P.; Auffray, E.; Dujardin, C. *Acta Materialia* 2014, 67: 232



个人简介: 徐晓东, 男, 博士, 教授, 江苏省先进激光材料与器件重点实验室副主任, 中国稀土学会稀土晶体专业委员会委员、《人工晶体学报》青年编委会委员。主持科技部重点研发项目子项目、国家自然科学基金等多项项目。发表 SCI 论文 200 余篇, 被 SCI 他引频次总计 1400 余次。参与出版学术专著 4 部。授权发明专利 6 项。

稀土晶体快速生长研发

薛冬峰

中国科学院长春应用化学研究所稀土资源利用国家重点实验室

dongfeng@ciac.ac.cn

摘要: 稀土晶体是指稀土元素可以完整占据结晶学结构中某一格点的晶体[1]。在结晶过程中, 稀土离子和配体之间通过形成化学键产生一系列具有短程有序特征的亚结构, 这些亚结构通过能量降低过程产生相转移形成长程有序的晶体结构[2]。4f 化学研究表明, 稀土晶体中稀土离子和配体之间的相互作用主导了晶态材料形成过程中团簇结构的形成和演变[3,4]。本报告从多尺度的观点出发, 表明了 4f 化学能够为稀土新材料的结构构筑提供基础理论数据。本报告还将展示稀土晶体材料体系新进展, 以及稀土激光晶体与光纤、稀土闪烁晶体生长方面的新进展。

参考文献:

- [1] 徐兰兰, 孙丛婷, 薛冬峰, 稀土晶体研究进展, 中国稀土学报, 36(1), 1-17, (2018)
- [2] 孙丛婷, 薛冬峰, 结晶生长的化学键合理论及其在稀土晶体快速生长中的应用, 中国科学: 化学, 48(8), 804-814, (2018)
- [3] C. Sun, K. Li, and D. Xue, Searching for novel materials via 4f chemistry, J. Rare Earths 37(1), 1-10, (2019)
- [4] C. Sun and D. Xue, Perspectives of multiscale rare earth crystal materials, CrystEngComm 21(12), 1838-1852, (2019)



个人简介: 薛冬峰研究员, 稀土资源利用国家重点实验室主任。1993年毕业于河南大学, 1998年于中科院长春应化所获无机化学博士学位。此后, 分别在德国奥斯纳布吕克大学、加拿大渥太华大学、日本国立材料科学研究所做博士后。2003年8月应聘到大连理工大学工作, 2011年2月应聘到中科院长春应化所。2011年获国家杰出青年科学基金资助, 结题评为优秀。2012年获中科院“百人计划”择优支持, 终期评估优秀。2014-2018连续五年入选 Elsevier 中国高被引学者榜单。2018年入选科睿唯安跨学科“高被引科学家”。2016年入选国家万人计划科技创新领军人才。2016年

| 32 专题一：激光与非线性光学晶体材料与器件

起享受国务院政府特殊津贴。2017 年受聘国家新材料产业发展专家咨询委员会委员。2018 年入选英国皇家化学会会士。

提出了结晶生长的化学键合新思想，探索了不同尺度下无机材料在生长过程中的介尺度结晶热力学和动力学，研发了公斤级大尺寸、高质量稀土晶体的稳定快速生长技术。提出了组成元素晶相金属电负性、离子电负性、共价电负性、键电负性标度和溶液相的电负性标度，强化了原子水平上新型无机材料的相组成计算与预测研究。提出了稀土元素轨道杂化成键模式，明确了稀土离子配位数变化范围为 2-16，奠定了稀土元素平衡利用的基础。建立了胶体离子超级电容器电极材料新体系，极大提高了电极材料的电化学活性和利用率。在 *Chem. Soc. Rev.*, *J. Am. Chem. Soc.*, *Adv. Mater.*, *Adv. Energy Mater.*, *Phys. Rev. Lett.* 等期刊上发表论文 500 余篇，论文被他人正面引用 10000 余次；撰写专著 3 部、译著 1 部。曾获 1998 年中国科学院研究生院院长奖学金特别奖、2000 年全国优秀博士学位论文、2009 年中国建筑材料科学技术奖二等奖、2010 年中国颗粒学会青年颗粒学奖、2011 年 ISFM 功能材料进展杰出科学家奖、2018 年中国颗粒学会自然科学奖一等奖、2019 年 ISMMM 杰出贡献奖。目前兼任中国稀土学会副理事长，还兼任 *CrystEngComm* 副主编, *Science China-Technological Sciences*, *Journal of Rare Earths*, *Materials Research Bulletin*, 《应用化学》等 10 余种学术期刊编委。

中红外 2-3 μm 波段固体超快激光研究

杨克建

山东大学

k.j.yang@sdu.edu.cn

摘要： 高峰值功率 2-3 μm 中红外超短脉冲激光包含大气透明窗口，为众所周知的“分子指纹”光谱区域，不仅广泛应用于物理、化学、生物和材料等领域，而且在加速器、超短 X 射线脉冲、阿秒脉冲等高能物理研究中展现出重要的应用前景，已成为当前激光领域的研究热点之一。近年来，我们课题组围绕 2-3 μm 波段中红外固体超快激光开展了一系列研究工作，并基于不同材料体系的量子阱结构半导体饱和吸收锁模机制实现了中红外波段超快激光输出，包括子带间跃迁（ISBTs）半导体量子阱锁模 2.1 μm 波段固体超快激光、新型带间跃迁 GaInSb/GaSb 量子阱结构半导体锁模 1.9-2.1 μm 波段固体超快激光以及 GaAs/InGaAs 量子阱 SESAM 锁模 2-3 μm 波段固体超快激光。本报告将总结汇报我们课题组及国内外同行在 2-3 μm 波段固体超快激光方面的最新研究进展，并对未来 2-3 μm 波段固体超快激光的发展趋势进行展望。



个人简介： 杨克建，工学博士，山东大学教授、博士生导师，德国洪堡基金获得者，中国光学学会高级会员，山东省激光学会理事，长期从事全固态及超快激光研究。2002年毕业于山东大学光电系，获学士学位；2007年毕业于山东大学信息学院光学工程专业，获工学博士；2008-2009年及2011-2012年在德国 Konstanz 大学从事博士后研究工作。主持承担国家及省部级科研项目 10 余项，以第一或通信

作者在 Optics Letters、Optics Express、Photonics Research 等期刊发表 SCI 论文 50 余篇，当前 h-index 因子 27，先后获山东省优秀博士学位论文、山东省高校优秀科研成果一等奖 1 项、二等奖 5 项。

新型红外非线性光学晶体 BaGa_4Se_7 的生长和激光变频性能研究

姚吉勇

中国科学院理化技术研究所，人工晶体发展研究中心

jyao@mail.ipc.ac.cn

摘要：主要介绍近年在研制新型红外非线性光学晶体方面的一些进展：（一）采取通过离子键“剪切”降低能带色散增加带隙、优化微观功能基团堆积方式增加非线性光学效应等设计思想，发现 BaGa_4Se_7 等几类具有优秀综合性能的新型红外非线性光学材料；在 BaGa_4Se_7 的实用化研究方面取得重要进展，揭示了晶体生长规律，用布里奇曼法生长出 $\phi 40 \times 120 \text{ mm}$ 高质量晶体（图 1b）；详细测试新晶体的主要性质；实现优于商用 AgGaQ_2 （ $Q = \text{S, Se}$ ）晶体的宽波段、高功率中远红外激光输出（图 1d）。

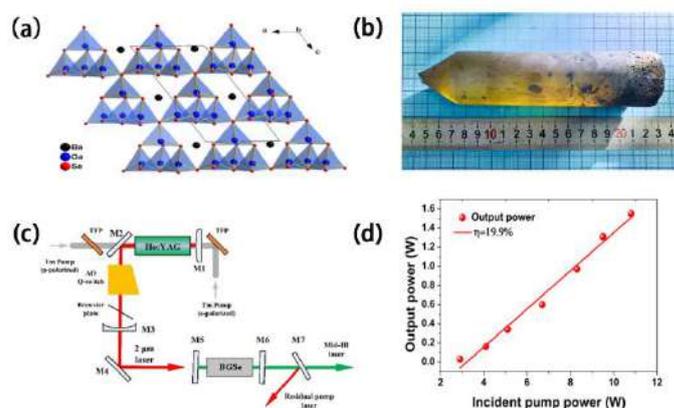


图 1. (a) BaGa_4Se_7 晶体结构；(b) 布里奇曼法生长 BaGa_4Se_7 大尺寸单晶；(c) BaGa_4Se_7 OPO 实验装置图示；(d) OPO 输出特征

参考文献：

- [1] Yao, J.-Y.; Mei, D.-J.; Bai, L. et al. *Inorg. Chem.* 2010, 49, 9212-9216.
- [2] Yang, F.; Yao, J.-Y.; Xu, H.-Y. et al. *IEEE Photonic Tech. L.* 2015, 27, 1100-1103.
- [3] Yang, F.; Yao, J.-Y.; Xu, H.-Y. et al. *Opt. Lett.* 2013, 38, 3903-3905.
- [4] Yuan, J.-H.; Li, C.; Yao, B.-Q. et al. *Opt. Express* 2016, 24, 6083-6087.
- [5] Guo, Y.-W.; Li, Z.; Lei, Z.-T. et al. *Cryst. Growth Des.* 2019, 19, 1282-1287.



个人简介: 姚吉勇, 中国科学院理化技术研究所研究员, 博士生导师。长期从事无机晶态功能材料的合成、晶体生长、结构解析和非线性光学、磁学、超导电性等物理性质表征的研究工作。

典型激光器件工作物质选择与控制

赵显

山东大学光学高等研究中心，激光与红外集成技术教育部重点实验室

zhaoxian@sdu.edu.cn

摘要：针对本单位近期开发的几款激光器，介绍了根据要求指标进行选型和控制的过程。紫外激光器，采用布儒斯特角切割的三倍频晶体避免膜层损伤，利用温度补偿角度相位失配来获得高转换效率，获得了 3.6W/40kHz/17ns 紫外激光输出，进行了封装；双波长激光器，采用 YVO_4 -Nd:YVO₄ 键合晶体降低热效应、输出偏振光，常温 LBO 晶体倍频，旋光晶体进出加偏振片进行波长切换，实现了 20kW/10kHz/10ns 的基模双波长自由切换输出，应用于光声成像；微片激光器，采用 C-mount 封装半导体激光器作为泵浦源，脉冲泵浦降低热效应，Nd:YAG 作为增益介质，采用 Cr^{4+} :YAG 作为调 Q 晶体，高透过率腔镜输出，实现了 kHz 级亚纳秒激光输出，应用于激光雷达；高重频窄脉宽激光器，采用电调制窄带半导体激光器作为种子源，掺镱光纤进行放大，实现了 1-5ns/50-150kHz@1064nm, 2-5ns/500Hz@1064nm 激光输出，谱宽均控制在 0.3nm 以内，应用于激光雷达。针对功率提升和光束质量控制，对各类激光器的后续改进提出了设想。



个人简介：赵显，山东大学教授、博士研究生导师、国防 973 首席科学家、曾任晶体材料国家重点实验室副主任，现任激光与红外系统集成技术教育部重点实验室主任。1998 年获山东大学物理化学专业博士学位，师从邓从豪院士；1998-2000 年在晶体材料国家重点实验室从事博士后研究，师从蒋民华院士。2010 年获山东省杰出青年基金，2012 年获教育部高等学校科学研究优秀成果自然科学二等奖 1 项（第一完成人）。主要从事光电功能晶体材料（包括压电晶体和非线性光学晶体等）的结构设计、性能与缺陷研究及应用基础研究。先后主持国家安全重大基础研究项目（GF973）、国家自然科学基金重大研究计划重点课题、973 重大基础研究前期专项、国家自然科学基金面上项目、山东省重点研发计划项目等多个课题。近几年在《Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America》、《Science Advances》、《Advanced Materials》和《Physical Review B》等材料 and 物理领域顶尖或有重要影响的杂志上发表 SCI 和 EI 论文 150 余篇，申请中国国家发明专利 40 项，其中授权 33 项。现被聘为国家科技进步奖评审专家。

两类中红外氧化物非线性光学晶体的研究进展

郑燕青*, 何欣超, 殷利斌, 涂小牛, 王升, 熊开南, 施尔畏

中国科学院上海硅酸盐研究所

zyq@mail.sic.ac.cn

摘要: 硼酸氧钙钇 (YCOB) 系列晶体和硅酸镓镧 (LGS) 系列晶体是两类重要的具有非中心对称结构的多元氧化物晶体, 其中 YCOB 晶体的 Y 元素和 LGS 晶体中 La、Ga 和 Si 元素可以被其它元素替代, 形成一系列同构晶体, 它们既是优异的高温压电晶体, 又是优异的非线性光学晶体。这两类晶体都具有较高的抗激光损伤阈值, 有效二阶非线性光学系数适中, 大约是 KDP 的 1~4 倍。YCOB 晶体可用于产生 0.4~2.4 μm 波段的激光, LGS 类晶体可用于产生 0.6~3.7 μm 波段的激光, 而其有序型同构晶体 CTGS 可用于产生 0.3~4.5 μm 波段的激光, 均是较好的中红外非线性光学晶体, 有望扩大高功率中红外激光波段范围。本研究团队从 2001 年和 2009 年分别开始这两个系列晶体的设计和制备研究, 采用提拉法和下降法成功生长了 LGS、LGT、LGN、Sm:LGN、YCOB、SmCOB、Sm:YCOB、Tm:YCOB 等稀土晶体, 采用提拉法生长了 CTGS、CNGS、STGS、SNGS 等有序晶体以及 CTAGS、CNAGS 等晶格混位晶体。并对部分晶体表征了其倍频、光参量放大、准参量放大等多种性能。目前应用于高功率激光系统的 YCOB 晶体元件最大尺寸达到了 80 mm \times 60 mm \times 50 mm; 高质量 CTGS 晶体元件尺寸达到 120 mm \times 70 mm \times 20 mm。

关键词: 硅酸镓镧系列; 硼酸氧钙钇系列; 非线性光学晶体; 中红外激光

参考文献:

- [1] Tu, X.; Wang, S.; Xiong, K.; Zheng, Y.; Shi, E. *Journal of Crystal Growth*, 2018, 488: 23-28.
- [2] Ma, J. et al, *Optica*, 2015, 2(11):1006-1009.
- [3] Tu, Y.; Zheng, Y.; Tu, X.; Xiong, K.; Shi, E. *CrystEngComm*, 2013, 15: 6244.
- [4] Tu, X.; Wang, S.; Xiong, K.; Zheng, Y.; Shi, E. *Journal of Crystal Growth*, 2014, 401: 164-168.

| 38 专题一：激光与非线性光学晶体材料与器件



个人简介：郑燕青，中国科学院上海硅酸盐研究所研究员，博士生导师。2000年毕业于中国科学院上海硅酸盐研究所，获工学博士学位。2003~2004年在日本高知大学做访问学者。主要从事多元氧化物压电和非线性光学等人工晶体研究。

专题二：光纤材料、光电功能材料与器件

主席：

郭海涛（中国科学院西安光学精密机械研究所）

廖梅松（中国科学院上海光学精密机械研究所）

程序委员会：

秦冠仕（吉林大学）

王鹏飞（哈尔滨工程大学）

董国平（华南理工大学）

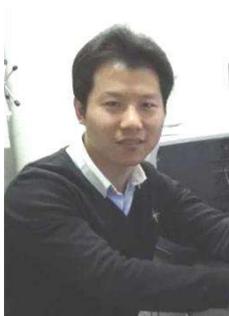
李进延（华中科技大学）

杨志勇（江苏师范大学）

侯超奇（中国科学院西安光学精密机械研究所）

于春雷（中国科学院上海光学精密机械研究所）

郭海涛



郭海涛, 现任中科院西安光机所特种光纤材料及器件研究中心(筹)主任、研究员, 中国光学学会纤维光学与集成光学专业委员会委员、秘书长。主要从事中红外玻璃和光纤的设计制备方面的研究工作。主持国家自然科学基金、国家重点研发计划、总装预研共用技术基金、中国科学院创新交叉团队等国家和省部级项目十余项, 在 *Optics Express*、*Journal of the American Ceramic Society* 等期刊发表论文 80 余篇, 申请和授权国家发明专利 11 项。

亚皮秒机制下全固态高非线性光子晶体光纤 及其高相干性超连续谱

廖梅松*, 黄春雷, 李夏, 王龙飞, 胡丽丽, 毕婉君, 于飞, 关珮雯, 王天行

中国科学院上海光学精密机械研究所高功率激光单元技术实验室

liaomeisong@siom.ac.cn

摘要: 高相干性超连续谱在超短脉冲压缩、波长变换、光学频率梳技术中有重要应用。然而, 一直以来, 要获得较好的宽带相干超连续谱, 需要百飞秒以内的飞秒脉冲泵浦。当采用泵浦脉冲宽度超过 100 fs 时, 要获得较好的相干性一直是一个挑战。在本研究中, 我们提出了一种星型芯的全固态光子晶体光纤, 该光纤由两种具有不同的折射率和色散特性、相近的热学性质的硅酸盐玻璃拉制而成。光纤在小于 2.4 微米的近中红外波段具有特殊的全正色散特性, 可避免高阶孤子对相干性的不利影响, 并有效抑制拉曼效应对噪声的放大。研究表明, 在 0.5 皮秒左右的脉冲泵浦下, 仍可获得具有较好相干性的宽带超连续谱。本研究为高功率高全光纤结构的超连续谱光源的研制开辟了新的道路。

关键词: 全固态光子晶体光纤非线性光纤超连续谱相干性



个人简介: 廖梅松, 研究员, 博士生导师, 中国科学院上海光学精密机械研究所高功率激光单元技术实验室主任。入选中科院“百人计划”。研究方向为光子晶体光纤、软玻璃微结构光纤、非线性光纤及其器件、超连续谱激光器等。现已在国际知名期刊与会议上发表论文 180 余篇。现任美国 Applied Optics 期刊编辑, 中国硅酸盐学会特种玻璃分会理事, 上海市稀土学会理事。

纳米晶掺杂玻璃光纤的可控制备与光学性能研究

董国平

华南理工大学

dgp@scut.edu.cn

摘要：荧光纳米晶/量子点掺杂玻璃结合了纳米晶/量子点发光性能优异和玻璃易拉制光纤的优势，成为获得高效近-中红外光纤激光输出的理想基质材料，因此受到学者们的广泛关注。本研究小组采用新颖的管内熔融法，克服了传统光纤拉制过程中纳米晶/量子点的非可控快速长大等一系列关键瓶颈问题，成功制备了近-中红外荧光纳米晶/量子点掺杂玻璃光纤。通过一系列的测试表征发现，所制备光纤的结构保持良好，没有明显的元素扩散，展现出了优异的近红外宽带可调谐荧光和中红外新波段荧光发射。进一步，通过组分的设计和参数的优化，在荧光纳米晶掺杂玻璃光纤中成功实现了性能显著提升的近红外激光输出。该研究拓展了纳米晶掺杂玻璃光纤在光纤激光器和光纤放大器领域的潜在应用。



个人简介：董国平，华南理工大学材料科学与工程学院教授，博士生导师，发光材料与器件国家重点实验室成员。中国硅酸盐学会特种玻璃分会理事，中国稀土学会光电材料与器件专委会理事。曾获中科院院长奖，广东省科学技术二等奖等学术奖励。入选了广东特支计划百千万工程青年拔尖人才，广东省自然科学基金杰出青年基金等计划。主持了国家自然科学基金（3项）等项目10余项，并作为学术骨干参与了科技部重点领域创新团队、教育部长江学者创新团队等团队项目。发表SCI论文100余篇，论文被引用4000余次，H因子38。申请国家发明专利30余项，授权20余项。在国内外学术会议做邀请报告30余次，并20余次作为国内外学术会议的组委会委员/分会主席。近年来主要从事特种玻璃光纤材料与器件方面的研究。

螯合物气相沉积法制备 Yb 掺杂双包层光纤的研究

侯超奇, 折胜飞, 高崧, 张岩, 李艺昭, 郭海涛

1 中国科学院西安光学精密机械研究所特种光纤材料与器件研究中心

2 中国科学院西安光学精密机械研究所瞬态光学与光子技术国家重点实验室

houchaoqi@opt.ac.cn

摘要: Yb 掺杂激光光纤是光纤激光器的核心器件, 目前商用的光纤多采用 MCVD 结合溶液掺杂法进行制备, 但该制备方法工艺较为复杂, 而且所制备的预制棒芯较小, 一般为 1.5-2mm, 导致单根预制棒所拉光纤的产率很低。本文采用螯合物气相沉积技术, 通过对预制棒配方及制备工艺的优化, 获得了一种大芯 Yb 掺杂光纤预制棒, 预制棒芯径为 3.3mm。将该预制棒套管、抛光并拉成光纤, 光纤在 976nm 和 915nm 的吸收系数分别为 1.22 dB/m 和 0.39 dB/m; 光纤纤芯在 1200nm 和 1300nm 的背景损耗分别为 1.55dB/km 和 4.83 dB/km。用该光纤作为激光放大级, 获得了 1023W 的激光输出, 激光的光-光转化效率为 85.1%, 激光光束质量 M^2 为 1.35。对该光纤进行了加速光暗化测试, 该光纤和 Nufern 光纤在 633nm 的附加损耗水平接近; 同时对该光纤在 1kW 条件下进行 100 小时的长时间考核, 激光功率无明显衰减, 说明该光纤的光暗化得到了很好的抑制。通过上述研究可以看出, 螯合物气相沉积技术在制备 Yb 掺杂光纤方面具有产率高、耗时短、损耗低等优点, 在 Yb 掺杂双包层光纤批量化生产方面具有很好的应用前景。



个人简介: 侯超奇, 中国科学院西安光学精密机械研究所副研究员, 2018 年入选中科院“西部青年学者”A 类人才计划, 西安光机所特种光纤材料学科带头人, 主要从事高功率激光光纤材料与器件的研究工作。参加工作以来, 作为项目负责人主持国家 863、国家重点研发计划项目、国家自然科学基金项目、西部青年学者、横向项目近 10 项; 同时作为核心骨干参与项目 20 余项。在国内外杂志发表文章

40 余篇, 申请发明专利 11 项。

大模场有源光纤的单模运转机理和实现方法及其抗辐照特性研究

李进延, 邢颖滨, 褚应波

华中科技大学

l jy@mail.hust.edu.cn

摘要: 大模场单模运转光纤是解决高功率光纤激光器 SRS、SBS 等非线性效应、热效应, 同时又能保证良好光束质量的有效方法。报告介绍两种大模场单模运转光纤制备和性能——纤芯凹陷包层多沟道(CSCT)光纤和增益裁剪光纤。其中 CSCT 光纤纤芯直径 40 μm , 数值孔径 0.043, 实现激光输出 456W, 斜率效率 79.2%, 光束质量 1.1; 增益裁剪光纤芯包比为 30/400, 掺杂比 70%, 实现激光输出 1.2kW, 输出质量 1.43, 其模式不稳定阈值 1.25kW。随着有源光纤在辐照环境下越来越多的应用, 报告介绍了稀土掺杂光纤的辐照特性以及辐照恢复的方法。通过对光纤进行泵浦漂白以及高压载氙, 可以实现辐照后有源光纤性能的恢复并提高其抗辐照的性能。



个人简介: 李进延, 男, 汉族, 博士, 教授。2001 年 8 月获得中科院上海光机所材料学博士学位。现任华中科技大学武汉光电国家研究中心教授、博士生导师, 担任武汉光电国家研究中心激光和太赫兹功能实验室副主任, 光纤激光技术团队负责人。主要从事掺稀土光纤、光子晶体光纤等特种光纤, 光纤激光器和光纤传感等领域的研究工作。主持和承担完成了多项国家、省各级重大科研项目和重点攻关计划, 包括国家“863”计划、国家自然科学基金重点项目, “973”课题、总装预研项目、电子发展基金项目等。获得两项省部级科技进步二等奖, 一项省部级科技进步一等奖, 在国内核心期刊上发表论文 100 余篇, 获得发明专利 20 余项。

基于氧化物半导体薄膜的光开关和超快脉冲激光器

刘小峰

浙江大学

xfliu@zju.edu.cn

摘要：超快脉冲激光器具有广阔的应用领域。目前，通过使用可饱和吸收体来实现调-Q 或者锁模的激光脉冲输出被认为是技术上较为简便的解决方案。然而商用的基于可饱和吸收效应的半导体量子阱光开关响应波段有限，且成本高昂。近年来出现了一系列的基于各类低维纳米材料的光开关，例如碳纳米管，石墨烯，以及各类二维半导体材料，例如 MoS₂，这些新型光开关都实现了不同波段的脉冲输出，但其稳定性等参数仍有待提高。本报告将展示我们课题组在基于简并氧化物半导体光开关方面的最新成果。我们基于一系列掺杂的氧化物半导体，（包括 ZnO, ITO, WO₃ 等），成功制备了近红外、中红外波段的具有飞秒级响应速率的可饱和吸收体，并在不同的光纤和固体激光器中实现调-Q 和锁模的激光脉冲输出，输出波段覆盖 1.0 - 3.0 微米波段。这些基于氧化物半导体的可饱和吸收材料将有望替代商用的基于量子阱的饱和吸收体用于各种波段的超快激光器。



个人简介：现任浙大材料学院副教授。2010 年在中科院上海光机所取得博士学位，曾在东京工业大学和马普胶体所做博士后研究。当前研究主要围绕基于非线性光学效应的光开关和脉冲激光器，已在《先进材料》等知名期刊发表论文百余篇。

新型高功率中红外光纤激光材料与相应激光器研究

秦冠仕*

吉林大学 电子科学与工程学院 集成光电子学国家重点实验室

qings@jlu.edu.cn

摘要：高功率全光纤中红外激光光源在基础研究、医疗、红外遥感与成像、光电对抗等领域有着重要应用。近年来，我们一直致力于这一前沿领域，围绕面向高功率中红外激光光源应用的中红外玻璃光纤与器件开展了系统性的研究，在氟碲酸盐玻璃光纤设计与制备、高功率中红外光纤激光等方面获得了多项研究结果。在本报告中，首先介绍近年来国际上高功率中红外光纤激光的发展状况，然后重点介绍我们在该方面的研究工作，主要包括：（1）新型氟碲酸盐玻璃光纤、氟化铟基玻璃光纤设计与制备，（2）基于色散调控氟碲酸盐玻璃光纤的高功率中红外超连续相干光源，（3）基于稀土离子掺杂氟化铟基玻璃光纤的中红外光纤激光器。

参考文献：

- [1] N. Li, F. Wang, C. Yao, Z. Jia, L. Zhang, Y. Feng, M. Hu, G. Qin, Y. Ohishi, and W. Qin, Appl. Phys. Lett. 110, 061102 (2017).
- [2] S. Jia, Z. Jia, C. Yao, L. Zhang, Y. Feng, G. Qin, Y. Ohishi, and W. Qin, IEEE Photon. Technol. Lett. 30(4), 323 (2018).
- [2] C. Yao, Z. Jia, Z. Li, S. Jia, Z. Zhao, L. Zhang, Y. Feng, G. Qin, Y. Ohishi, and W. Qin, Optica, 5,1264 (2018).



个人简介：秦冠仕，吉林大学，电子科学与工程学院，集成光电子学国家重点实验室，教授、博士生导师，教育部“新世纪优秀人才支持计划”入选者。主要研究方向是特种玻璃光纤与器件。近年来在 Adv. Mater., Optica, Appl. Phys. Lett., Opt. Lett.等重要学术期刊发表 SCI 论文 120 余篇；相关研究结果被 Nature Photonics、Laser Focus World 等国际知名杂志和媒体作专题报道（Highlight）；20 余次应邀做国内外学术会议邀请报告，并受邀担任第四、五届国际特种光纤及其应用会议的技术程序委员会委员；获得 2009 年度日本“丰田奖学基金研究奖励赏”、2010

年度吉林省科技进步一等奖（排名第三）、2011 年国家自然科学二等奖（第三完成人）、2016 年度吉林省自然科学一等奖（排名第三）。近年来，作为项目负责人获得了三项国家自然科学基金项目、华为技术有限公司技术开发项目等支持，作为子课题负责人获得了一项国家重大科研仪器研制项目支持。

高增益玻璃光纤以及在高性能单频光纤激光器中的应用

史伟

天津大学

shiwei@tju.edu.cn

摘要：有源光纤是光纤激光系统的核心关键器件，有源光纤的增益和损耗等性能参数直接决定激光系统的整体性能，特别是高性能单频光纤激光系统中，需要高增益光纤优化其纵模和光谱特性。与石英光纤相比，多组分软玻璃光纤具有疏松的玻璃网络结构，可实现更高浓度的稀土离子掺杂，从而提升有源光纤的增益。我们将物理化学性质稳定的硅酸盐玻璃材料作为研究重点，自主研发了多种多组分硅酸盐激光玻璃，利用管棒法制备光纤预制棒，并通过低温拉丝塔拉制成为光纤。目前已研发出掺 Yb 和掺 Tm 硅酸盐玻璃光纤，掺杂浓度最高分别达到 5wt% 和 8wt%，芯径尺寸覆盖了从 6 μm 单模到 40 μm 大模场等规格，并研制出保偏单包层和双包层光纤；通过对玻璃折射率控制和光纤结构的优化，实现了光纤数值孔径从 0.04 到 0.47 的大范围调控。测试结果验证了硅酸盐高掺杂光纤的高增益系数，在此基础上，利用自主研发的高增益光纤搭建了单频光纤激光器及光纤放大器，得到优良的实验结果。



个人简介：史伟，博士，天津大学精密仪器与光电子工程学院教授、博导，专业方向为光纤激光技术及太赫兹光子学，现为美国光学协会会员（Fellow），美国 Applied Optic 编辑，《红外与激光工程》第 16 届编委会副主编。他作为项目或课题负责人先后承担过包括 863、973、自然科学基金项目在内的多项国家和省部级重大科研项目。已在 Optics Letters, Applied Physics Letters 等国际光学高水平期刊上发表 170 多篇论文，被 SCI 引用 2300 余次，其中单篇 SCI 论文引用 315 次，H 因子 25。拥有 4 项美国专利，30 余项中国专利。

基于多组分玻璃的微球激光器

王鹏飞

哈尔滨工程大学

pwang@hrbeu.edu.cn

摘要：近年来，多组分光功能玻璃被广泛应用于光纤放大器，光纤激光器以及微腔激光器。通过改变玻璃组分，可以有效调节玻璃的声子能量、透过窗口、热学性能以及机械性能等性质，进而可以有目的地制备出具有诸如高稀土离子溶解度、高热稳定性等不同特点的光学玻璃材料。本报告将介绍基于几种多组分玻璃材料的回音壁模式光学器件，包括基于稀土或过渡金属掺杂的多组分玻璃的可见及近红外微球激光器件，以及基于内嵌玻璃微球的多芯中空光纤的温度传感器。



个人简介：王鹏飞，青年千人计划入选者，哈尔滨工程大学物理与光电工程学院特聘教授，博士生导师。主要从事中红外波段激光玻璃材料，中红外波段激光器、光纤传感器件、微纳光纤器件和集成光学光子器件等方向的应用研究。

新型激光钕玻璃的研究进展

王欣^{*}, 胡丽丽, 唐景平, 陈辉宇, 陈树彬, 张丽艳, 何冬兵, 翁泽安, 孟涛¹

高功率激光单元技术研究室, 中国科学院上海光学精密机械研究所

mijinsan@163.com

摘要:近年来激光技术的发展对激光增益介质不断提出新的要求。为适应目前及未来激光装置的工作条件, 激光增益材料的种类、工艺及性能也在不断丰富和完善。激光玻璃作为一种重要的激光增益材料, 为满足激光聚变点火装置以及超短超强激光装置的需求, 其相应性能和工艺也在不断发展。本文主要介绍中国科学院上海光学精密机械研究所近几年在激光玻璃制造工艺和新型激光玻璃研究方面的最新进展。首先, 在 N31 型激光玻璃连续熔炼工艺基础上开发了 N41 型激光玻璃连续熔炼技术, 相比坩熔产品, 连续熔炼产品在各项性能指标一致性上得到了有效改善; 其次, 为克服激光驱动器装置输出能量不足的缺点, 开发了受激发射截面大于 $4.3 \times 10^{-20} \text{cm}^2$, 非线性系数小于 1.05 的 N51 型激光玻璃; 再次, 面向超短超强激光玻璃应用, 研究了铝酸盐激光钕玻璃, 其荧光有效线宽可达 50nm; 此外, 未适应特殊形状激光玻璃包边, 开发了硬包边工艺。



个人简介:王欣(1987-), 男, 中国科学院上海光学精密机械研究所, 高级工程师。目前主要从事新型激光玻璃的开发和配方设计工作。相继成功开发出了 $2\mu\text{m}$ 激光用掺铈激光玻璃和光纤、N41 型和 N51 型激光玻璃等产品, 通过配方设计改进了原有包边玻璃的工艺特性。所开发产品在国内外大型激光装置及激光器公司得到应用并获好评。

高纯硫系玻璃光纤和传像束的制备及其性能研究

许彦涛^{1,2}, 肖旭升^{1,2}, 郭海涛^{1,2,*}, 闫兴涛^{1,2}, 陆敏^{1,2}

1 中国科学院西安光学精密机械研究所

2 中国科学院大学, 材料与光电研究中心

摘要: 硫系玻璃光纤具有优秀的红外透过能力, 在红外信号放大和调制、红外图像传输变换、中红外光纤激光器等领域具有重要应用。基于硫系玻璃光纤制备的红外光纤传像束, 由于柔软易弯曲, 打破了传统光学系统必须成直线或空间折线排列的固定格局, 大大提高载荷分布的自由度设计, 且可通过传像束排列形式, 实现图像的变换和重组, 因此在空间遥感成像、环境监测、资源勘察等领域具有重要应用价值。制约硫系玻璃光纤应用的主要瓶颈是杂质吸收高。本报告系统开展了硫系玻璃的除杂技术研究。基于氯气除水原理, 设计了一套氯气除杂系统, 很好的消除了硫系玻璃中的氢、氧杂质吸收, 获得了在中红外波段透过优异的硫系玻璃。采用棒管法, 制备出具有芯包结构的 As-S 红外光纤, 光纤丝径 $50\mu\text{m}$, 丝径波动小于 1%。利用自主设计的光纤排丝机, 排制出了两套用于线-面变换的异型红外光纤传像束, 像元分别为 1024 元和 4096 元。该传像束应用到红外推扫原理验证相机中, 成功获得了红外推扫成像。

关键字: 硫系玻璃; 红外光纤; 红外光纤传像束; 氯气除杂

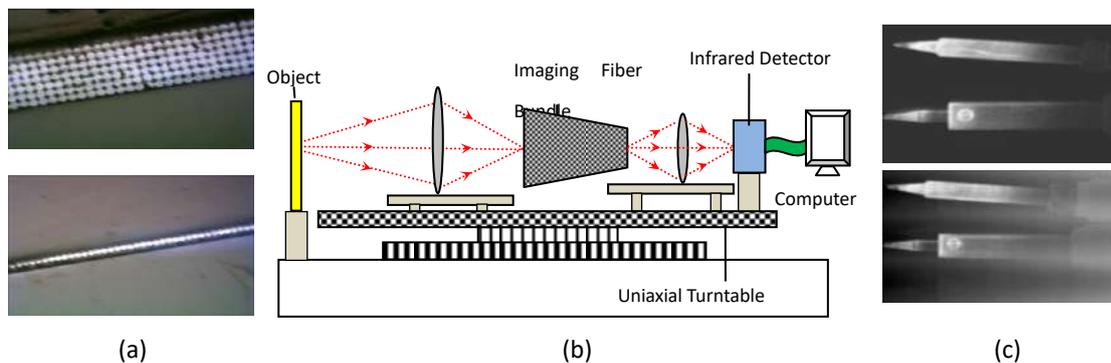


图 1. (a)传像束端面照片; (b)红外推扫成像验证原理; (c)推扫成像(右下)与 CCD 成像(右上)对比

| 52 专题二：光纤材料、光电功能材料与器件



个人简介：许彦涛，中国科学院大学博士，现工作于中国科学院西安光学精密机械研究所瞬态光学与光子技术国家重点实验室，副研究员，主要从事红外硫系玻璃、光纤及器件的研究工作。作为项目负责人和骨干主持参与国家自然科学基金、重点研发计划、预研项目等 20 余项。在国内外期刊发表文章 30 余篇，申请专利近 20 项。

特种结构硫系玻璃光纤及红外光学应用

杨志勇^{*}，任和，冯宪，田康振，杨安平，祁思胜，李耀程

江苏师范大学，物理与电子工程学院

yangzhiyong@jsnu.edu.cn

摘要：硫系玻璃具有优异的中红外透光性能和高的三阶非线性光学系数，被认为是较理想的红外传输材料和非线性光学材料。报告主要介绍几种特种结构硫系玻璃光纤的研究，重点介绍：（1）超大模场硫系玻璃微结构光纤的制备及其在红外传输和非线性光学中的潜在应用；（2）保偏硫系玻璃微结构光纤的制备及其在红外光学中的应用；（3）脊型芯硫系玻璃光纤的制备及其在线偏振中红外超连续谱产生中的应用；（4）方形单丝光纤束的制备及其在热像传输中的应用。

关键字：硫系玻璃；光纤；微结构光纤；光纤束



个人简介：杨志勇，男，江苏师范大学教授，博导。主要从事红外玻璃与光纤、新型功能光学材料等方面的研究。主持国防项目 3 项、国家自然科学基金 2 项。发表 SCI 论文 80 余篇，获授权发明专利 12 项。曾获澳大利亚基金委 DECRA 人才项目资助。

大口径高结构刚度碳化硅反射镜坯制备技术研究

张舸

中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

中国科学院光学系统先进制造技术重点实验室

摘要：摘要：中科院长春光机所从上世纪末开始开展碳化硅反射镜坯制备技术的研究工作，提出采用凝胶注模成型工艺结合反应烧结工艺的技术路线，研究凝胶注模成型工艺实现了大口径复杂形状碳化硅陶瓷素坯近净尺寸成型、研究液体干燥工艺实现了碳化硅陶瓷素坯无宏观裂纹干燥、研究素坯连接工艺实现镜坯同质连接、研究反应烧结工艺实现镜坯致密化，同时建立了大口径高结构刚度碳化硅反射镜坯研制平台。制备得到的0.5-3 米量级系列碳化硅反射镜坯已成功应用于我国多项型号任务和预研项目，制备得到的4.03 米碳化硅反射镜坯是目前世界上公开报道口径最大的碳化硅反射镜坯。测试了碳化硅陶瓷的关键性能指标，结果显示研制的碳化硅陶瓷密度为 3.01g cm^3 、弹性模量为 360GPa 、抗弯强度为 361MPa 、断裂韧性为 $4.22\text{MPa m}^{1/2}$ 、导热率为 $180.0\text{W m}^{-1}\text{K}^{-1}$ 、线膨胀系数为 $2.67@10-100^\circ\text{C}$ ，以上指标均与国际同类产品相当。



个人简介：张舸，男，理学博士，研究员，硕士生导师。主要从事大口径碳化硅反射镜坯制备技术的研究，发表学术论文 19 篇，授权发明专利 12 项。主持和参与完成的 0.5-4 米量级系列碳化硅反射镜坯已成功应用于我国多项型号任务和预研项目。

含铈磁光晶体及薄膜的制备与性质研究

庄乃锋*, 郭飞云, 陈新, 赵斌, 胡晓琳, 陈建中*

福州大学

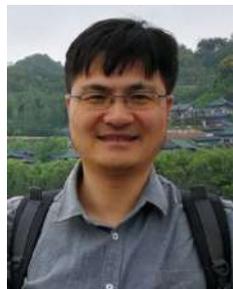
nfzhuang@fzu.edu.cn, j.z.chen@fzu.edu.cn

摘要: 磁光材料是光隔离器、光纤激光器、光纤电流传感器等的关键材料, 在光通讯、激光加工、智能电网等领域有广泛应用。随着信息技术和激光技术的发展, 对磁光材料不断提出新要求^[1,2]。在可见光-近红外光区, TGG、TSAG 等含 Tb^{3+} 类磁光晶体近年来得到较多关注, 且已得到商用。相比含铽磁光材料, 由于 Ce^{3+} 的 $4f^1 \rightarrow 4f^0 5d^1$ 跃迁波长较长, 含铈化合物也具有强磁光效应, 而且还具有价格低廉、在 1550~2000nm 波段无吸收的优点。然而, 由于 CeO_2 的热力学高稳定性, Ce^{3+} 容易变价为无磁光性能的 Ce^{4+} 。因此, 如何进一步提高 Ce^{3+} 掺杂浓度和保持价态稳定是当前的研究难题。为此, 围绕含铈化合物, 我们开展了可见-近红外、近中红外两类磁光晶体和薄膜材料的研究。相继制备了 $NaCe(MoO_4)_2$ ^[3]、 $Ce_{9.33}(SiO_4)_6O_2$ 、 $CeAlO_3$ 等具有强磁光效应的可见-近红外光区磁光晶体, $Ce,Ga:RIG$ 、 $Ce,Bi:RIG$ 的近中红外光区磁光晶体, 以及可适用于光子集成的 $V:CeFeO_3$ ^[4]、 $Ce:GdFeO_3$ ^[5]、 $CeSrFeVO_3$ 等钙钛矿型硅基磁光薄膜, 并探讨了晶体成分与结构对磁光性能的影响规律。

关键词: 磁光晶体; 磁光薄膜; 含铈化合物; 晶体结构

参考文献:

- [1] Fei Fan, Sai Chen, Sheng-Jiang Chang, IEEE J. Select. Top. Quan. Elect., 2017, 23, 1-14.
- [2] Iris Crassee, Julien Levallois, Andrew L. Walter, et al. Nat. Phys., 2011, 7, 48-51.
- [3] Feiyun Guo, Xunpeng Gui, Zhen Tao, et al. Opt. Mater. 2018, 84, 658-662.
- [4] Nanxi Lin, Lina Huo, Haipeng Liu, et al. J. Am. Ceram. Soc. 2017, 100, 2932-2938.
- [5] Nanxi Lin, Yajing Wang, Yadi Zhao, Ceram. Int. 2019, 45, 14928-14933



个人简介: 庄乃锋, 教授, 博士生导师, 现任福州大学光功能晶态材料研究所所长, 中国化学会晶体化学专业委员会秘书。长期从事磁光、激光、非线性光学等光功能晶体和薄膜研究。已主持多项国家自然科学基金及省级和横向研究项目。至今已在发表学术论文 60 多篇, 授权 2 项发明专利。开发的多种掺杂钒酸盐激光晶体、TGG 磁光晶体获得实际应用。

专题三：精密光学加工检测技术及装备

主席：

薛栋林（中国科学院长春光学精密机械与物理研究所）

徐学科（中国科学院上海光学精密机械研究所）

马 平（成都精密光学工程研究中心）

程序委员会：

徐 敏（复旦大学）

任 戈（中国科学院光电技术研究所）

黄 文（中国工程物理研究院机械制造工艺研究所）

张 建（中国科学院西安光学精密机械研究所）

石 峰（国防科技大学）

孙天祥（中国科学院大连化学物理研究所）

章光建（北京航天控制仪器研究所）

杨伟声（北方夜视科技集团有限公司）

大口径碳化硅非球面制造技术研究进展

薛栋林

中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

xuedl@ciomp.ac.cn

摘要：阐述典型光学系统的发展现状，分析大口径碳化硅非球面制造面临的技术需求与挑战，梳理大口径碳化硅非球面反射镜先进制造技术方法以及制造系列关键技术，系统介绍适用于大口径碳化硅复杂曲面制造的镜体制备、高精度加工与检测技术领域当前研究现状与进展，展望大口径光学系统技术未来发展趋势、探讨大口径光学系统先进制造领域相关的新技术与新方法。



个人简介：薛栋林，男，博士，研究员。现任中科院长春光机所光学技术研究中心主任、中科院光学系统先进制造技术重点实验室副主任。获得吉林省拔尖创新人才、吉林省优秀青年，吉林省重大科技项目研发人才团队学科带头人、吉林省“五一”劳动奖章等荣誉称号。主要从事光学系统先进制造技术研究，主持国家重点研发计划项目课题、中科院创新重点部署项目课题等 20 余项，研究成果获得国家与省部级奖励 6 项。

大口径激光钕玻璃元件精密加工技术

徐学科

中国科学院上海光学精密机械研究所

xuxk@siom.ac.cn

摘要：大口径激光钕玻璃作为增益介质广泛应用于各类高功率激光装置。钕玻璃材料由于其材质软、化学稳定差、热膨胀系数高并且元件具有较大的径厚比（25:1），因此给加工提出了严峻的挑战。本文系统介绍了环形抛光加工大尺寸激光钕玻璃学元件的三代技术发展进程：要素类控制技术、系统工艺控制技术以及基于数据分析的智能环形抛光加工技术在钕玻璃元件加工中的技术最新进展；同时介绍了钕玻璃元件加工过程中缺陷产生的机理如以及何通过工艺参数的优化实现此类元件近零缺陷加工。基于上述工艺技术基础，目前已经建成了大口径激光钕玻璃元件的全频谱、低缺陷的全口径高效加工工艺流程线，完成了系列高功率激光装置用大口径激光钕玻璃的精密加工任务，加工精度和缺陷控制水平达到国内领先国际先进的水平。



个人简介：徐学科，光学工程博士，上海光机所精密光学制造与检测中心主任、上海恒益光学精密机械有限公司总经理。主要致力于光学元件的超精密制造及检测技术技术研究。作为项目负责人，主持承担了国家某重大专项、科技部、上海市科委等各类课题十余项。2016年获“中科院现有关键技术人才”。

大口径三倍频熔石英窗口元件制造技术研究

马平

成都精密光学工程研究中心

map@263.net

摘要：大口径三倍频熔石英窗口元件是大型强激光装置中终端光学组件的重要组成部分，装置对该元件提出的全频段波前误差控制及高抗激光损伤性能的要求是其主要研制难点。国内外相关研究单位发展了诸如磁流变抛光、离子束抛光、随机路径数控抛光等加工技术，来解决该元件的全频段波前误差收敛难题。为提升抗激光损伤性能，以美国 NIF 为首的国内外相关研究单位发展了如磁流变辅助亚表面缺陷检测方法、时间分辨荧光光谱成像检测方法，深入研究了熔石英元件的激光损伤机制，基于不断发展的 AMP 刻蚀技术（AMP2.0 和 AMP3.0）使大口径三倍频熔石英元件的损伤密度大幅降低。我们针对该元件的制造难点，发展了低缺陷加工技术和低调制度数控抛光技术，结合兆声辅助酸洗工艺使大口径三倍频熔石英窗口全频段波前误差达到 NIF 要求，同时元件的三倍频抗损伤能力得到大幅提升。

光学精密加工技术在导航领域的应用

白满社

中航工业西安飞行自动控制研究所

13991275162@163.com

摘要：首先介绍了制导、导航与控制的基本概念，指出惯性导航作为一种自主导航方式在航空领域的重要地位。光学陀螺是目前惯性导航的核心传感器。在军用和民用领域得到广泛的应用，光学精密加工技术是实现这一导航方式的重要支撑。报告中展现了自控所的光学陀螺仪产品和技术水平。报告接下来详细介绍了光学精密型腔机械加工技术、超光滑表面抛光技术、大曲率小口径的球面镜加工技术、离子束溅射镀膜及检测技术等激光陀螺制造中的应用；详细介绍了光纤熔融拉锥技术、光纤熔接技术、光纤绕环技术等光纤陀螺中的应用。报告最后展望新一代陀螺仪，包括原子陀螺、核磁共振陀螺、半球谐振陀螺的最新发展以及对光学精密加工技术提出的最新需求，号召光学精密加工领域的同行共同面对这一技术挑战。

关键词：光学精密加工；导航惯性；导航激光陀螺；光纤陀螺



个人简介：白满社，航空工业自控所，研究员，专业副总师。研究方向：光学元件精密/超精密加工技术。内容涉及：玻璃复杂结构型腔的机械加工，高精度多面体的研磨抛光，超光滑表面抛光及其光学辅料，镀膜技术，真空技术。发表科研论文十多篇，发明专利技术 20 多项，获集团科技一等奖 2 项，集团科技二等奖 3 项，集团科技三等奖 1 项；荣立集团公司预先技术研究、型号研制个人三等功 4 次。

基于 FIB 直写技术的高质量深宽比涅尔波带片的制备工艺

陈杰

中国工程物理研究院材料研究所

摘要：菲涅尔波带片（Fresnel Zone Plates, FZPs）由线密度径向增加的明暗相间的同心圆环组成，是极紫外到软 X-射线显微成像技术的核心光学元件。对于这种衍射性质的元件，其最外环宽度（ $\Delta r_{outmost}$ ）及特征深宽比（Aspect Ratio）是两个最为重要的参数，决定了 SMFZPs 的聚焦性能。鉴于此，具备亚纳米级特别是纳米级精度的加工方法始终是 FZPs 制备领域的追求，经过数十年地不断探索，已经发展出多种有效的 SMFZPs 制备技术。其中，基于聚焦离子束（Focused Ion Beam, FIB）技术的制备方法，具有制备过程简单、精度高等优势，备受关注。该技术利用高能 Ga^+ 离子束轰击材料表面，在靶材表面直接“写”出预设加工图案，极大提高了微结构的制备效率。然而，对于最外环宽 100nm、深宽比 3:1（及以上）的菲涅尔波带片，由于局部空间的位阻效应，导致 FIB 加工过程中较为严重的再沉积现象，在很大程度上影响了高质量深宽比的获得。通过一系列实验，发展出了“单像素线辅助溅射（Single-Pixel Line Assisted Sputtering Strategy, SLAS）”技术，可在加工工程中对 V-型沟道进行侧壁垂直度原位校正，获得了高质量深宽比 FZPs，其最外环宽度小于 100 nm，深宽比 3:1。该方法同时也能为其它微结构加工中再沉积现象的消除提供解决思路。

硬脆薄壁半球型谐振子超精密机床研制

方针

中国电子科技集团公司第二十六研究所

摘要：目前受到业界关注的高精度半球谐振陀螺，其核心部件--半球谐振子，系选用高品质因数融融石英玻璃材料，其典型特征为 Ψ 型形状硬脆薄壁结构件。针对半球谐振子的轴对称结构异形复杂曲面光学加工需求，本报告介绍了一种专用五轴联动超精密磨削加工装备，攻克了装备特殊构型设计、关键部件优化仿真、高精度运动部件选型及多轴联动系统搭建调试等关键技术，研制出了用于全包络点磨加工的半球谐振子专用磨削装备，装备主要达到了主轴转速大于60000rpm；回转精度优于 $1\mu\text{m}$ ；运动部件定位精度优于 $\pm 1\mu\text{m}/100\text{mm}$ 。有效解决了半球谐振子小曲率半径根部干涉和光滑过渡加工难题，实现了高精度光学表面质量加工，提高了半球谐振子面型精度，加工的工件Q值达到 10^7 以上，由此构建的半球谐振陀螺随机漂移精度达到了 $0.001^\circ/\text{h}$ 的国际先进水平，填补了国内半球谐振陀螺的技术空白，满足了高精度长寿命卫星型号的应用需求。



个人简介：方针，研究员现任中国电子科技集团公司首席专家。长期从事高精度惯性仪表及系统研究，是国内半球谐振陀螺研究方面著名专家，在国际振动惯性技术领域也享有较高的声誉。在半球谐振陀螺理论设计与超精密加工技术、总体装配技术、机电控制技术等方面的研究具有独到之处。二十多年来，承担了国家重大科研项目20余项，包括国防预研、型谱、对俄专项以及国际合作、民用航天等，目前仍

担任国家核高基重大专项总师、高分重大专项主要负责人和“863”计划课题负责人等。申请各类发明专利18余项，在国内外期刊杂志上共发表文章30余篇，获省部级奖8项。带领团队攻克了多项关键技术，在国内首次研发成功高精度半球谐振陀螺，并成功应用于我国多个卫星型号，为我国航天事业做出了突出贡献，2019年获中国航天基金会颁发的“钱学森杰出贡献奖”。

大口径非球面磁流变抛光技术与装备研究进展

黄文

中国工程物理研究院机械制造工艺研究所

摘要：磁流变抛光技术一种具有极高加工精度和效率、近无表面损伤的确定性光学抛光技术，在大口径非球面的超精密加工方面具有广阔的应用前景。针对我国重大光学工程及光电行业发展需求，系统开展了大口径非球面磁流变抛光技术与装备研究，先后攻克了高精度高强度柔性磨头的优化设计、高稳定性高可靠性循环系统的稳定性控制、多轴联动法向加工轮廓误差的精确补偿、非球面形误差的高精度收敛、超光滑高效率磁流变抛光液制备等关键技术，成功研制了以“双摆动磨头”为核心的五联动多台套大口径非球面磁流变抛光机床、开发了适于硬脆玻璃材料的高效率超光滑磁流变抛光液、开发了满足大口径非球面高确定性、高精度加工的抛光工艺软件。开发的多台磁流变抛光装备已获得了成功应用，有效满足了重大光学工程对高抗激光损伤光学非球面元件的超精密、高效率制造需求。



个人简介：黄文，男，研究员，工学硕士，现任中物院机械制造工艺研究所超精密研究中心副主任、全国光整加工专业委员会委员，主要从事磁流变抛光技术与装备研究工作，先后完成了中物院重大基金课题及重大预研项目、国防科工局消化吸收再创新项目及基础科研项目、高档数控机床专项、科学挑战专题极端制造等多个重大项目，发表高水平论文十余篇，申请发明专利十多项，荣获邓稼先青年科技奖 1 项、军队科技进步奖 2 项、中物院机械制造工艺研究所突出贡献奖 1 项。近年来，主要从事弱刚性、复杂曲面、微纳结构及光学加工等极端制造技术与装备研究工作。

强激光元件控形控性智能制造装备与工艺

石峰

国防科技大学

sf.wind@yahoo.com

摘要：微电子制造、空间望远镜、惯性约束装置、四代光源等重大光学工程对先进光学制造装备与工艺提出了更高要求，强激光元件纳米精度控形控性制造已成为最新发展前沿。报告重点介绍磁流变、离子束等可控柔体智能制造装备与工艺方面的研究，包括：强激光元件纳米精度控形制造理论与方法，强激光辐照光学表面纳米损伤前驱体产生机理与控性制造理论与方法，可控柔体智能制造装备设计、组合工艺优化策略和加工实例等。



个人简介：石峰，国防科技大学智能科学学院研究员，博士生导师，中国光学学会光学制造委员会常委，研究方向：超高精度、高抗损伤、特种材料、复杂形状光学元件智能制造技术，磁流变、离子束、纳米胶体射流抛光装备与工艺等。

超光滑表面高面形精度非球面制造技术

孙天祥

中国科学院大连化学物理研究所

摘要：非球面光学元件最初应用在成像系统中，仅要求控制低频误差，即面形 PV (Peak-Valley) 及 RMS(Root-Mean-Square)，而对高频误差如表面粗糙度要求较低。随着极紫外光刻技术、同步辐射光源及高能激光的发展，系统中越来越多的使用非球面光学元件，保证高面形精度的前提下，与成像系统最大的区别是对表面粗糙度及表面光洁度提出了严格的要求，通常 SRrms(Surface-Roughness-root-mean-square) 小于 1nm 及 II 级以上的表面光洁度。

基于计算机控制光学表面成形技术 (CCOS)，为达到高精度面形，要求抛光工具稳定，即去除函数在多轮迭代过程中重复精度高，面形收敛可控。同时，为提高表面粗糙度，要求采用柔性抛光工具，能够平滑峰值误差。本文针对两个相悖的技术要求，从非球面成形工艺、预抛光工艺、精抛光及超光滑工艺分析，实现了超光滑表面高面形精度非球面制造。



个人简介：孙天祥，男，博士，副研究员，硕士生导师。

2009年毕业于中科院光电技术研究所；

2009年至今就职于中科院大连化物所；

2015年获批中科院青年访问学者，赴德国 Degendorf 大学、OptoTech 及 Opteg 公司工作；

2016年担任光学制造专委会常务委员。

主要研究方向为超光滑表面高面形精度非球面制造技术。

超轻蜂窝非球面反射镜加工技术

万勇建

中国科学院光电技术研究所

yjwan@ioe.ac.cn

摘要：大型光学装置、航天光学系统对于光学口径的需求越来越大，对于光学系统大口径反射镜的光学面密度需求越来越苛刻。面密度从 100kg/m^2 、 70kg/m^2 、 15kg/m^2 甚至希望做到 $1\sim 5\text{kg/m}^2$ 。空间大口径反射镜主要的材料是 SIC 反射镜、ULE 超轻镜、铍反射镜三种材料。本文着重探讨 ULE 超轻反射镜的确定性光学加工技术。ULE 超轻反射镜具有超轻面密度、优异的热力学性能（“零”膨胀系数）、优异的光学加工性能和较强的镜坯结构强度，在空间光学应用中具有独特的优势。

针对超轻结构的 ULE 反射镜，考虑加工的压印效应的抑制、兼顾效率和精度，采用能动磨盘、机器人抛光、离子束抛光等组合加工技术，并且从成型阶段到最终精度抛光阶段的全频段面形误差测量，光电所形成了自己特色的大口径超轻反射镜加工工艺路线。本报告主要介绍光电所近年来在智能机器人光学制造技术方面所开展的一些研究工作，涉及大口径非球面、离轴非球面和自由曲面光学元件制造中的应用和思考。



个人简介：万勇建，男，博士，研究员，1996年毕业于重庆大学机械学院机械工艺与设备专业，获学士学位。2000年，进入中科院光电技术研究所先光中心从事先进光学制造工作至今。同年进入中国科学院研究生院攻读光学工程专业，2007年获工学博士学位。现任中国科学院光电技术研究所先进光学研制中心主任，从事先进光学制造和测试技术研究。参与863高技术多项不同类型大口径光学系统制造项目

研制。现主要从事高精度光学非球面制造工艺和测试技术研究。

光学元件精密模压技术

张云龙

西安应用光学研究所

zyl_office@aliyun.com

摘要：复杂表面光学元件（主要包括非球面透镜，折衍混合透镜，自由曲面镜）等在光学系统中的应用日趋广泛，其加工方法一直备受人们关注。本报告重点介绍高精度复杂表面光学元件对模压技术的需求，本单位在光学玻璃非球面和红外材料非球面模压的一些研究进展情况，以及在模压技术领域下一步的工作设想。



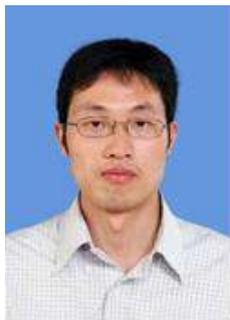
个人简介：张云龙，西安应用光学研究所工艺技术研究室主任，研究员，装备副总工艺师。主要从事光学元件精密与超精密加工技术和光电产品精密装调技术研究工作，主持国防科工局基础科研重点项目，国家科技部对外合作专项等多项课题研究。担任中国机械工程学会生产分会精密装配技术委员会委员。

光学微纳结构精密模压制造技术

周天丰

北京理工大学

摘要：微纳阵列是由单元特征尺寸为数百纳米到数十微米的三维结构阵列或透镜阵列组成的玻璃光学元件，单位面积内微结构单元数量巨大，具有特殊的几何光学特性，主要用于高精度三维定位用微纳结构阵列与高清晰三维成像。本报告重点介绍光学微纳结构精密模压制造技术，以单元极小化、面积超大化、精度极限化和形状复杂化为光学微纳阵列制造技术目标，以新型模具材料制备，超精密微纳切削加工和精密模压成形为技术手段，重点介绍微模具材料制备方法，微纳模具超精密切削制造及在位测量技术、玻璃模压制造技术及相应的表征评价方法。通过理论创新、装备设计制造和工艺研究，实现大面积高密度玻璃光学微纳阵列的高效超精密跨尺度制造。



个人简介：周天丰，男，1981年12月生，工学博士，中共党员，北京理工大学教授，制造工程系副主任，博士生导师，青年千人，青年973首席科学家。主要研究方向包括模具材料制备、模具制造、玻璃模压成形、微纳加工等。主持国家重点基础研究发展计划青年科学家专题项目(青年973)项目，国家自然科学基金，北京市自然科学基金。发表论文90余篇，其中SCI论文50余篇；申请发明专利40余项，

授权专利10余项。

红外-可见光宽频谱光学的超精密车削加工技术

宗文俊

哈尔滨工业大学

zongwenjun@163.com

摘要：红外-可见光宽频谱光学的超精密车削加工技术在可见光、近红外等太空反射镜和地面环境模拟反射镜的研制中具有良好应用前景。首先，基于超精密车削加工表面粗糙度的二维模型，进一步扩展建成超精密车削加工表面三维形貌模型，该三维形貌模型综合考虑了机床运动学和动力学因素、金刚石刀具几何参数、最小切削厚度、弹性回弹与塑性测流变形、工件材料特性以及加工表面缺陷等。然后，基于超精密车削加工表面三维形貌模型和工件表面光学性能模拟仿真方法，阐明超精密车削加工表面衍射效应的形成机理和各因素的影响规律。最后，提出超精密车削加工表面粗糙度‘3C’控制策略，实现红外-可见光宽频谱光学的纯超精密车削加工技术。



个人简介：宗文俊，哈尔滨工业大学机电工程学院教授、博导，主要从事可见光-红外宽频谱光学超精密车削技术、天然金刚石刀具与微工具制造技术研究，目前为中国生产工程分会精密工程与微纳技术专业委员会委员、中国机械工程学会高级会员、国际纳米制造学会会员、亚洲精密工程与纳米技术协会会员。近年来，承担了国家自然科学基金、国防基础科研核科学挑战计划项目、0902工程某精密机床专项子课题等研究任务。发表SCI论文40余篇，EI 15篇，编写专著1部。获2017年国防科技进步三等奖1项，授权国家发明专利17项，申请国家发明专利5项。

专题四：精密光学薄膜制备与表征技术

主席：

熊胜明（中国科学院光电技术研究所）
李刚（中国科学院大连化学物理研究所）
刘华松（天津津航技术物理研究所）

程序委员会：

易 蔡（中国科学院上海光学精密机械研究所）
王笑夷（中国科学院长春光学精密机械与物理研究所）
段微波（中国科学院上海技术物理研究所）
吴周令（合肥知常光电科技有限公司）
焦宏飞（同济大学）
岳 威（华北光电技术研究所）

熊胜明



熊胜明，博士、1964年3月生，四川省巴中市人，中国科学院光电技术研究所研究员，博士生导师，四川省有突出贡献的优秀专家、国家科技成果奖励评审专家。国家八六三计划十五周年先进个人。国家863计划某专题专家组成员，中国光学学会光学材料专业委员会副主任委员，中国科学院强激光材料重点实验室学术委员会委员。中国光学学会薄膜光学技术专业委员会常委、美国光学学会 OSA、国际光学工程师协会 SPIE 会员；

作为项目主持人和项目主要参加者，有 17 项成果通过中国科学院主持的鉴定、获国家和军队、国防科技工业局和中国科学院科技奖励。获奖情况：获国家科学技术进步一等奖 1 项、二等奖 2 项；省部级科学技术进步特等奖 1 项、一等奖 7 项、二等奖 7 项、三等奖 1 项；中国科学院杰出科技成就奖 1 项。中国发明专利两项和实用新型专利三项，在国内重要核心期刊外发表论著 70 余篇。其中 SCI 收录 8 篇，EI 收录 70 余篇。

高质强光光学元件

李刚

中国科学院大连化学物理研究所

lig@dicp.ac.cn

摘要：随着高能激光的不断发展，对强光光学元件不断提出更高的技术指标要求。本文从化学激光对强光光学元件的发展需求出发，结合光学元件的现有制造和检测标准，从原材料、超光滑表面加工和超低损耗光学薄膜的制备、光学元件的测试表征等方面介绍了当前强光光学元件的现状，并对强光光学元件下一步发展需求和当前面临的问题进行了阐述，最后对微结构超疏水激光窗口、原子层沉积薄膜等技术在强激光领域的应用进行了展望。



个人简介：李刚，男，汉族，生于 1977 年，研究员，博士生导师，现任中国科学院大连化学物理所化学激光先进精密光学技术研究组组长，国家光子学标准专业委员会元件与材料分会副主任委员，CSTM FC60/TC04(光学元件标准化委员会)副主任委员,中国光学工程学会理事，中国仪器仪表学会工艺分会理事，中国激光杂志社青年编委会委员。长期从事强光光学元件的研发工作，带领团队在超光滑表面加工、超低损耗激光薄膜制备、薄膜应力形变的补偿和控制、高效换热技术等方面形成了一定的技术特色，所制备的精密光学元件成功应用到了国家系列重大任务中。在国内外公开发表学术论文近 30 篇，申请和授权专利 20 余项。参与完成的项目曾先后多次获得省部级科技奖励。

ZnS 红外光学窗口增透保护膜技术研究

刘华松

天津津航技术物理研究所

摘要: 针对 ZnS 红外窗口透过率低、高温环境下稳定性差等问题,开展了基于氧化物薄膜体系的红外增透保护膜设计研究。本研究基于 Y_2O_3 、 Al_2O_3 和 HfO_2 三种氧化物薄膜材料,首先开展了三种氧化物薄膜的高温结构稳定性研究;其次,针对部分氧化物薄膜高温失效问题,设计了以 Y_2O_3 薄膜为主体材料、 Al_2O_3 薄膜为过渡层、 HfO_2 薄膜为最外层保护膜的红外增透保护膜方案,开展了氧化物薄膜匹配增强红外窗口功能膜系稳定性研究。通过考察应力、面形、表面形貌、光学透过率等指标,提出一种新型的增透保护膜方案,最终通过了环境试验和高温热处理实验,实现了在保证光学性能满足服役要求的前提下,提高红外光学窗口的高温稳定性。



个人简介: 刘华松(1980-),男,博士后,研究员。2011年毕业于同济大学物理系,获光学博士学位。现为天津津航技术物理研究所先进光学薄膜与材料技术研究室主任,天津市薄膜光学重点实验室副主任。国家“万人计划”青年拔尖人才(2018),天津市有突出贡献专家(2018),中国航天科工集团工艺技术专家(2017),中国航天科工集团第三研究院院级专家(2016),中国仪器仪表学会青年科技人才奖获得者(2018),天津市人才发展特殊支持计划高层次创新团队负责人(2018),天津市 131 创新型人才培养工程第一层次人选(2017),天津市创新人才推进计划重点领域创新团队负责人(2017),天津市创新人才推进计划中青年科技领军人才(2016),天津市创新人才推进计划青年科技优秀人才(2015)。主要研究领域为先进光学薄膜设计与制造技术,研究方向为:1) 超低损耗光学薄膜元件技术;2) 超宽谱段光学薄膜设计与制造技术;3) 使役条件光学薄膜失效与控制技术。近年来,承担国家自然科学基金等课题 20 余项,发表学术论文和会议论文 120 余篇,出版学术专著 1 部,申请国家发明专利 70 余项(已授权 23 项),四项科研成果鉴定为“国际先进,国内领先”,先后获省部级等奖励 8 项。

光学薄膜在新一代静止轨道气象卫星光学载荷中的应用

段微波

中国科学院上海技术物理研究所

duanweibo@mail.sitp.ac.cn

摘要：风云四号卫星是我国发射的新一代静止轨道（GEO）定量遥感气象卫星，搭载了多通道扫描成像辐射计、干涉式大气垂直探测仪、闪电探测仪等多个光学载荷。业务星阶段多通道扫描成像辐射计共有 15 个光谱通道，光谱覆盖范围 $0.45\mu\text{m}\sim 13.6\mu\text{m}$ ，用于获取地球表面和云的多光谱、高精度定量观测数据和图像，其中包括高频次的区域图像，全面提高对地球表面和大气物理参数的多光谱、高频次、定量探测能力。扫描辐射计光学系统共涉及到反射镜、分色片、透镜窗口和滤光片等四大类近 50 种光学薄膜器件，用于实现高效光学能量传递、高精度光谱定位和高信噪比带外抑制。本文介绍了辐射计系统中光学薄膜器件的设计、制备、环境模拟实验和测试分析。光学薄膜器件经过首发星在轨测试验证和业务星阶段技术升级，可全面满足辐射计业务运行技术要求。



个人简介：段微波，中国科学院上海技术物理研究所研究员，主要从事空间光学薄膜技术及其航天工程化应用研究工作。在微纳光学与光谱调控、光学薄膜的位相与偏振态控制、宽光谱分色与带外抑制、光学薄膜元件空间环境适应性等研究方向取得关键突破。近年来在国内外期刊发表论文三十余篇，申请和授权发明专利十余项。

高性能激光薄膜技术研究

焦宏飞

同济大学

jiaohf@tongji.edu.cn

摘要：在充分理解纳秒脉冲激光作用下近红外激光薄膜的损伤机制的基础上，分别针对反射元件和透射元件的损伤特点，探讨了两种元件的激光损伤规律，提出了有效提升近红外激光薄膜激光损伤性能的方法。



个人简介：焦宏飞，男，1982年9月出生，博士生导师，副教授，主要从事高性能光学薄膜和激光薄膜的研制工作。主持国家自然科学基金2项，国家重点研发计划课题1项，XXX专项7项，同时参与国家自然科学基金重点项目、创新群体、973等多项科研项目，发表SCI/EI论文20余篇。

全介质相位延迟膜设计及其光学特性研究

吕亮, 马平, 蒲云体, 张明骁, 乔璽, 卢忠文, 邱服民

成都精密光学工程研究中心

摘要: 调控激光光束偏振态在激光粒子加速实验、激光工业切割、高功率激光器设计等领域具有重要意义。石英波片作为常用的偏振态调控器件在应用于高功率激光装置中时, 存在损伤阈值低, 带宽范围小, 尺寸容易受限等一系列问题。相位延迟膜是利用光倾斜入射时的偏振分离效应实现光束相位调控的一种薄膜型光学器件。与透射式石英波片相比, 相位延迟膜能够承受更高功率激光负载, 实现宽光谱应用, 结构紧凑, 更容易实现大尺寸样品制备。本文针对高功率激光应用背景, 设计并制备了中心波长分别为 800nm 和 1064nm 的全介质相位延迟膜。膜厚误差分析显示, 相位延迟膜的反射率受膜厚误差影响较小, 相位延迟值对膜厚误差更加敏感。不同入射角度下的相位延迟值测量结果显示, 入射角度偏差会导致相位延迟值的整体偏移。激光损伤特性测试结果显示, 全介质相位延迟膜的激光损伤阈值接近普通介质反射膜, 具备应用于高功率激光装置的潜力。



个人简介: 吕亮, 男, 1985 年 7 月出生, 汉族, 博士, 成都精密光学工程研究中心助理研究员, 主要从事高损伤阈值激光薄膜设计与制备研究。

红外薄膜材料折射率温度特性研究方法

王多书, 李凯朋, 李佑路, 王济洲, 董茂进

真空技术与物理重点实验室, 兰州空间技术物理研究所

wang_d_s@163.com

摘要: 红外光学系统中靠近探测器的光学薄膜元件通常工作在低温条件下, 其折射率会随温度改变而发生变化, 对于光学系统性能有很大影响。如何准确获取红外光学薄膜材料的折射率及其温度特性显得尤为重要。论文在研究传统测量方法基础上, 将包络线法与全光谱反演法相结合, 得到了红外薄膜折射率快速准确测量的方法。在此基础上, 通过分析几种波长色散模型的特点, 提出了一种红外薄膜材料折射率温度特性的研究方法。该方法基于不同温度测得的透射率光谱, 利用包络线+全光谱反演法测得不同温度条件下薄膜材料的折射率, 并在 Cauchy 色散模型的基础上, 通过数据拟合分析, 得到红外光学薄膜材料的折射率温度/波长色散公式。采用该方法对 PbTe、Ge 等典型红外薄膜材料折射率温度特性进行了测量研究, 研究结果验证了该方法的可行性。

关键词: 折射率测量, 折射率温度特性, 红外薄膜



个人简介: 王多书, 男, 博士, 硕士生导师, 研究员, 兰州空间技术物理研究所科技委专职常委, 中国空间技术研究院遥感专业组专家, 中国空间技术研究院学术带头人, 中国光学学会光电专委会委员, 中国真空学会薄膜专委会委员。主要从事空间功能薄膜技术与相关产品的开发, 重点开展了空间集成光学薄膜技术、二次电子发射薄膜技术以及衍射光学技术研究, 先后突破了多项航天重大工程研制的关键技术瓶颈问题, 获得甘肃省科技进步一等奖 1 项、二等奖 2 项, 技术发明奖 1 项, 中国计量学会科技进步二等奖 1 项, 发表论文 70 余篇, 获授权国家发明专利 20 余项。

PMMA 基底上利用 PVD 制备全介质宽波段高反射薄膜的研究

王笑夷

中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

wangxiaoyi1977@sina.com

摘要：聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 是一种极具吸引力的光学塑料，广泛用于增强现实、虚拟现实设备、显示器、可穿戴设备、便携式光学设备和轻质光学器件。目前，物理气相沉积 (PVD) 工艺是在 PMMA 镀膜的首选方式，但它同时面临着严峻的膜层附着力和薄膜应力问题。在本文中，我们详细地分析了在 PMMA 表面利用 PVD 制备高反射 (HR) 薄膜存在的问题，并提出了有效解决附着力和应力问题的方法。基于目前的研究背景和理论分析，我们通过引入特殊的硬膜作为介质膜和 PMMA 基片之间的连接层有效地增强了薄膜与 PMMA 基底的结合力。通过比较不同涂层材料和材料组合的应力，确定了 Nb_2O_5 和 SiO_2 的最佳组合，并成功在 PMMA 表面制备了满足要求的、具有低应力和优异的环境适应性的高反射膜。此外，通过调节氧分压的方式，在 PMMA 表面实现了 750 至 1550nm 的较宽波段的高反射薄膜。

关键词： PMMA；高反射膜；附着力；膜应力



个人简介：王笑夷，男，1977 年出生，中国科学院长春光学精密机械与物理研究所研究员，主要从事光学薄膜和表面微结构领域的基础、应用基础及工程应用方面的研究工作。发表高水平论文十余篇。2018 年度获中科院首届十佳“科苑名匠”称号。

超精密光学元件微纳缺陷研究进展

吴周令，陈坚，黄明，赵建华

超光滑表面无损检测安徽省重点实验室，合肥知常光电科技有限公司

zlwu@zc-hightech.com

摘要：随着超精密加工技术和精密镀膜技术的发展，光学元件性能指标不断提升，达到了前所未有的水平。这类超精密光学元件的加工和使用都对缺陷检测提出了更高的要求，传统光学缺陷检测方法因此而面临严峻挑战。

本报告在综述各类超精密光学元件缺陷检测技术基础上，重点介绍基于激光散射技术的光学元件微纳缺陷检测技术及应用。激光散射检测技术检测速度快，检测灵敏度高(划痕缺陷宽度检测灵敏度达到 50nm 量级)，是一种极为有效的适用于缺陷“快速发现”的检测方法，特别是针对大口径元件，具有较为显著的优势。

对缺陷实现快速发现并精确定位后，一般需要对缺陷进行进一步精确分析和评估。本报告将举例介绍我们在相关方面的工作进展，特别是对多模态缺陷检测技术的研究进展。这些技术包括光热显微成像技术，显微拉曼光谱技术，激光共聚焦技术以及荧光成像技术等。

被测样品包括晶体元件，石英元件，以及光学薄膜元件。元件类型以大口径平面元件为主，部分技术已经推广至球面，柱面，以及非球面元件。



个人简介：吴周令，博士，主要从事精密光学测试与精密激光加工技术研究开发和产业化工作。现任合肥知常光电科技有限公司首席科学家兼超光滑表面无损检测安徽省重点实验室主任。已发表学术论文 120 多篇。

红外光学薄膜技术的现状和发展趋势

谢启明

云南北方驰宏光电有限公司

xieqiming@sina.com

摘要：随着优先发展海、空、天武器系统战略的实施，各种明星武器不断涌现，机载和弹载光电系统对光学薄膜技术的牵引日益突出，为满足昼夜、全天候、全域作战的需求，光学薄膜的光谱性能和环境适应性日益提高，薄膜制备技术出现了一个快速发展的势头。报告对近年来国内外红外薄膜技术的发展动态进行了简要回顾，重点介绍我国在红外减反膜领域取得的突出成绩。同时，汇报了兵器夜视集团作为红外热成像领域的重要一员，近期在红外薄膜技术方面取得的进步和成果。最后，对红外光学薄膜未来的发展方向进行了判断和预测。



个人简介：谢启明，男，1966 年出生，北京理工大学应用光学本科毕业，研究员级高工，现就职于云南北方驰宏光电有限公司，先后从事光学设计、型号项目研制、单点金刚石切削技术研究、光学工艺、薄膜技术研究等工作。

薄膜的椭偏光谱表征中光学建模分析与应用研究

郑玉祥^{*1,2}, 张荣君¹, 王松有¹, 李晶¹, 陈良尧¹

1 复旦大学光科学与工程系

2 复旦大学工程与应用技术研究院

yxzheng@fudan.ac.cn

摘要: 椭圆偏振测量技术是一种具有高精度、高灵敏度、非接触式、非破坏性等优点的光学测量方法, 在科学研究及工业制造领域具有广泛应用。尤其在薄膜科学领域, 椭圆偏振测量技术已经成为主流的代表手段之一。

椭圆偏振测量技术通过测量偏振光经物体透射或反射后偏振态的变化来获取物体各种光学常数及薄膜材料厚度等信息的光学手段, 但该技术属于间接测量方法, 各种物理参数获取依赖光学模型的正确选择与椭偏参数数据的分析处理。

本文将介绍椭圆偏振光谱分析中几种物理模型的构建及色散模型的合理选择, 并对一些金属膜、合金膜及介质膜进行分析, 获取样品的各类光学常数或其他物理与化学参量, 表征金属薄膜熔化过程、固态液态相变及合金成分相变等过程。



个人简介: 郑玉祥, 1996年毕业于复旦大学物理系, 获理学博士学位。现为复旦大学信息科学与工程学院教授, 博士生导师, 上海市激光学会副理事长。长期从事薄膜材料光学性质和光谱技术研究, 主持和参与 20 多项国家及地方科研项目。已发表 SCI 论文 170 多篇, 已获授权专利 20 多项。主编普通高等教育“十一五”国家级规划教材《近代光学》。2006 年入选教育部新世纪人才计划, 2012 年入选上海市优秀技术带头人计划。

专题五：光栅制造技术及应用

主席：

付绍军（中国科学技术大学）

李立峰（清华大学）

程序委员会：

巴音贺希格（中国科学院长春光学精密机械与物理研究所）

洪义麟（中国科学技术大学）

吴建宏（苏州大学）

周常河（中国科学院上海光学精密机械研究所）

徐光（中国科学院上海光学精密机械研究所）

冷雨欣（中国科学院上海光学精密机械研究所）

胡中文（中国科学院南京天文光学技术研究所）

邱克强（中国科学技术大学）

付紹军



付绍军，教授级高级工程师，博士生导师。1977年中国科技大学物理系毕业，同时留校从事教学和科研工作。1985年起负责建设同步辐射光学实验室，在短波光学、微光学技术和超微细加工技术研究方面取得了一系列成果。率先在国内组织开展了软 X 射线和真空紫外波段的衍射元件研究工作，替代进口产品使用在同步辐射光束线与惯性约束激光核聚变研究中。承担多项自然科学基金及军口 863 专项项目，并作为国家重大专项 XX 工程负责人，带领研究团体帮助我国在大尺寸衍射光栅的研制领域，从无到有，2016 年完成首块米量级衍射光栅技术攻关，2017 年获得军队科学技术进步一等奖。

李立峰



李立峰从 1984 年开始研究光栅理论、设计和制作，其主要学术成绩有：一、扩展和改进了经典模态法、Fourier 模态法、和坐标变换法等光栅计算方法；二、在光栅理论中倡导并推广了 S 矩阵算法；三、建立了周期函数乘积的 Fourier 因式分解理论。

1.5 米全息光栅扫描干涉场曝光技术及设备

巴音贺希格

中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

bayin888@sina.com

摘要：米级全息光栅是高能拍瓦激光输出系统、大口径光学天文望远镜等大科学装置的核心元件，更是研制米级脉冲压缩光栅的前提。近年来，随着高端光刻机产业的发展，大面积全息光栅成为二维工作台超精密定位的核心技术。扫描干涉场曝光是制作全息光栅的一种新技术，其原理是使用两束高斯激光束束腰处相叠加形成干涉条纹，并通过工作台的 X 方向和 Y 方向的二维运动以步进扫描曝光方式将干涉条纹记录于光刻胶上，从而制作出全息光栅掩模。在实施全息光栅制作的扫描干涉场曝光技术时，曝光系统研制是基础，涉及到重载荷长行程纳米精度工作台设计方法、精密部件加工工艺、光机结构测量及系统装调技术、微位移控制理论及技术、曝光光束质量控制方法及技术、干涉场测量及调整技术、干涉场相位锁定技术、光栅衍射波前控制方法及技术、关键环境控制技术等多方面的内容。因此，扫描干涉场曝光系统是一套将多学科、多项技术融于一身的大型超精密复杂光电设备。



个人简介：巴音贺希格，1962 年生，理学博士，中科院长春光机所研究员，博士生导师，主要从事光栅理论与技术研究，现负责国家重大仪器专项（基金委）“1.5 米扫描干涉场曝光系统的研制”项目。

神光 II 高能皮秒拍瓦激光系统研究进展

崔勇, 徐光, 王韬, 李大为, 华能, 欧阳小平, 杨朋千, 姜卓偲

中国科学院上海光学精密机械研究所高功率激光物理联合实验室

摘要: 高能皮秒拍瓦激光对高能量密度物理、激光聚变、核物理、激光加速等领域具有重要的科学意义和应用价值, 积极发展高能皮秒拍瓦激光平台已成为国际科技领域的一大趋势, 并呈现竞争态势。本报告首先综述了世界范围内高能皮秒拍瓦激光装置的概况。然后着重介绍了我国首台千焦耳级皮秒拍瓦激光系统——神光 II 升级装置高能拍瓦激光系统的总体技术路线、关键单元技术进展和总体输出水平。应用国产大口径介质膜压缩光栅(1025mm×350mm), 该系统于 2016 年 7 月实现了 1035J(@8ps)、950J(@1.7ps) 的千焦耳级皮秒高能短脉冲输出, 聚焦功率密度达 $10^{20}\text{W}/\text{cm}^2$, 脉冲信噪比 10^8 , 这一结果标志着我国高能拍瓦激光系统输出能力已跨入国际先进水平。迄今为止, 系统已成功为物理实验提供了近千发次的运行输出, 为我国高能量密度物理研究提供了一个可以与世界先进水平媲美的驱动器平台。报告最后展望未来高能皮秒拍瓦激光系统的发展趋势及其对核心元件——大口径介质膜光栅的需求。



个人简介: 崔勇, 2009 年本科毕业于西北工业大学, 2012 年硕士毕业于复旦大学, 2012 年 8 月进入中国工程物理研究院上海激光等离子体研究所(高功率激光物理联合实验室)工作, 于 2018 年获中国工程物理研究院光学工程博士学位。主要从事高能皮秒拍瓦激光系统关键单元技术、超短超强激光脉冲相干组束、低相干光脉冲传输放大等研究。主持和参加了多项国家自然科学基金、XX 专项子课题、863 等课题的研究。在 Optics Letters、IEEE Photonics Technology Letters、Optics and Laser Technology 等期刊发表 SCI 论文十余篇, 授权发明专利 5 项。

合肥先进光源预研-超高分辨本领光栅单色器研制

杜学维

中国科学技术大学

xwdu@ustc.edu.cn

摘要：合肥先进光源（HALS）定位于低能量区、国际先进的衍射极限储存环型光源。衍射极限光源优异的光学性能，使得建设超高能量（光谱）分辨本领光束线成为可能。能量分辨本领是光束线核心指标之一，是光束线光学设计、光机加工及检测、光束线准直等综合技术水平的体现。当光束线的能量分辨本领要求达到 10^5 量级时，对光束线的光学设计、光学元件质量、热负载及冷却、机械精度及环境稳定性等提出了苛刻的要求。在 HALS 预研工程中，先进光束线技术预研的核心任务是研究并掌握先进光束线核心技术，建立必备的技术研发平台。为此研制一套能量分辨本领($E/\Delta E$)接近 $10^5@1000\text{eV}$ 的超高分辨本领光栅单色器，将为未来 HALS 高性能光束线建设奠定基础。报告介绍了超高分辨本领光栅单色器设计、研制关键技术及研究进展。

关键字：光栅单色器、超高分辨本领、光束线、衍射光栅



个人简介：杜学维，博士，中国科学技术大学国家同步辐射实验室，研究方向：同步辐射光束线工程。一直从事光束线研究及建设工作，在合肥光源、北京同步辐射装置、大连相干光源等装置中负责/参与了多条光束线建设任务。

米量级尺寸衍射光栅研制进展

洪义麟

中国科学技术大学

ylhong@ustc.edu.cn

摘要：2017年，中国实现了皮秒脉宽的千焦耳能量输出以及10PW（fs脉宽）的目前世界最强功率激光输出。100PW级高功率激光将是强激光领域的下一个科学高峰，为此，世界强激光领域正踌躇满志、雄心勃勃。

啁啾脉冲放大技术是高功率超短脉冲压缩的主流技术，其脉冲压缩器由多块大口径多层介质膜光栅或镀金光栅构成。多层介质膜光栅具有高阈值与高衍射效率，镀金光栅带宽宽并且具有较高衍射效率，两种光栅分别用于皮秒与飞秒脉冲压缩。法国HORIBA JobinYvon、美国PGL、美国LLNL，由中国科学技术大学、清华大学、苏州大学、中科院上海光学与精密机械研究所组成的大光栅团队，是目前世界上能制作米量级脉冲压缩光栅的单位。三家国外单位，早在2010年就能提供米量级压缩光栅，为世界主要的高功率激光装置均使用它们生产的光栅。如欧洲的Extreme Light infrastructure（ELI）、Thales，美国NIF装置、日本大阪大学提供介质膜脉冲压缩光栅，最大尺寸达到940mm×420mm。

大光栅团队从2002年开始为我国的高功率激光系统进行衍射光栅研制。2009年完成第一块400mm×200mm脉冲压缩光栅研制，2013年完成了20多块430mm×350mm脉冲压缩光栅，并提供给相关单位使用。十二五期间，针对纳秒、皮秒脉冲压缩光栅，完成米级尺寸光栅的第一阶段技术攻关，研制的1025mm×350mm脉冲压缩光栅已在上海神光装置获得了千焦耳能量输出。研制了970mm×370mm光栅，激光聚变中心（绵阳）获得了5PW的功率输出。十三五期间，项目团队完成1400mm×420mm脉冲压缩光栅样件研制，平均衍射效率达到97.3%，衍射效率均匀性RMS0.3%，光栅阈值达到1J/cm²(10Ps)，并开始中试技术攻关与验证。

报告将介绍米量级的大口径脉冲压缩光栅的研制现状，聚焦于未来高能高功率超短脉冲激光装置发展需求，展望压缩光栅的研究重点与方向。

关键词：光栅；米级光栅；全息光刻；离子束刻蚀；脉冲压缩



个人简介：洪义麟，教授级高级工程师。1985 年，浙江大学光学仪器系毕业。1997 年以来共发表论文 60 多篇，已授权发明专利 20 余项。1985 年-2000 年，一直从事同步辐射光栅和 ICF 透射光栅、同步辐射光束线、单色器研制，微机械系统研制。2000 年后，主要参加大口径光栅研制，主要负责光栅研制的工艺设备的研制，先后负责研制了大口径涂胶机、大口径灰化机、提胶机、射频离子束刻蚀机、大口径电子束镀膜机改造。2014 年以来，作为国家重大专项 XX 工程负责人，完成了大口径光栅清洗机、米级涂胶机、米级离子束刻蚀机、助力系统等大型工艺设备研制，2017 年获军队科学技术进步一等奖，为我国的 1400mm 口径全息离子束刻蚀衍射光栅的研制成功做出了卓越贡献。

天文新应用中的衍射光栅

胡中文

中国科学院南京天文光学技术研究所

摘要：天文观测的诸多前沿课题依赖于大视场、高分辨和高通量的天文光谱技术，作为天文光谱关键的色散元件衍射光栅是整体性能提升的一个重要环节。衍射光栅技术的进展对天文观测能力的提升成效显著。近三十年来，大尺寸透射式体位相全息光栅、大尺寸反射式光栅特别是阶梯光栅、高效率离子束刻蚀光栅、非球面光栅、浸入式光栅等方面的技术发展对高通量、高分辨率、全光学波段天文光谱观测有重要推动作用。报告给出了已建或在研天文项目中的光栅需求和应用情况。报告涉及的天文项目包括大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜 LAMOST、国际三十米望远镜 TMT 相关仪器、中国大型光学红外望远镜 LOT、世界空间天文台 WSO/UV 等，光谱仪器类型涉及多缝光谱仪、多目标光纤光谱仪、长缝光谱仪、高精度高分辨率视向速度测量光谱仪等。



个人简介：胡中文，研究员，从事天文光学仪器技术方法研究，主要有高分辨率光谱和集成视场三维光谱技术、极大望远镜科学仪器概念与技术、长基线恒星干涉仪概念与技术。曾参与国家同步辐射实验室表面物理光束线、LAMOST 低分辨率光谱仪、TMT 宽视场成像光谱仪概念研究和 WSO/UV 长缝光谱仪概念研究，负责多台天文观测光谱仪的研制。目前负责空间站巡天无缝光谱组件研制、申请书阶段中国大型光学红外望远镜科学仪器概念、海尔望远镜下一代光谱仪研制。

高功率衍射光栅的抗激光损伤研究

晋云霞

中国科学院上海光学精密机械研究所

摘要：报告针对高效率衍射光栅在超短超强拍瓦激光系统和高能激光系统中的应用及其抗激光损伤机理进行分析和梳理，展示高效率衍射光栅在超强超短和高能激光系统中的应用前景。



个人简介：晋云霞，研究员、博士生导师、上海光机所薄膜光学实验室副主任。2004年6月中科院固体物理研究所博士毕业后进入中科院上海光学精密机械研究所从事科学研究工作至今，主要从事光功能薄膜、高功率衍射光栅膜及光栅等激光元器件研制及其抗激光损伤方面的研究。曾先后承担国家自然科学基金、国家专项项目和国家863计划、科技委及配套项目等近二十项；获得国家军队科技进步一等奖（排名5）和二等奖各1次（排名9）。近两年，在 *Optics Letters*, *Scientific Report*, *Optics Express*, *Applied Optics* 等国际知名期刊发表相关学术论文20余篇，授权专利多项。

偏振无关光栅的研制

李朝明

苏州大学

chaoming@suda.edu.cn

摘要：偏振无关光栅在光谱仪器与激光合束领域中有着重要的应用价值。围绕 1.06 μm 波长的激光光谱合束开展透射式和反射式光栅研究工作。设计了 940line/mm 的纯石英透射偏振无关透射光栅，分析光栅的槽形对衍射效率的影响。利用高频光栅替代增透膜，既能保证光栅的高透过率，又可以避免镀膜对光栅面型的影响，提高了光栅的损伤阈值。采用双层光栅结构，在 1.5mm 厚的石英基底上研制出高衍射效率的纯石英透射光栅。另外，设计和研制了 1300line/mm 多层介质膜反射式偏振无关光栅，兼顾偏振无关和大角度色散对光栅的制造容差提出了很高的要求，我们通过精密控制光栅的掩模结构，离子刻蚀的工艺优化，研制出衍射效率大于 97%（@1050nm-1080nm）的偏振无关光栅。



个人简介：李朝明，1975 年生，苏州大学，教授，博士，光学工程专业。从事光栅设计与加工、光电测量与控制技术等领域的研究工作。先后主持完成国家 863、国家自然科学基金等项目。设计和研制出国内最大口径全息曝光系统。

全息离子束刻蚀光栅的研制与应用

邱克强, 刘正坤, 陈火耀, 刘颖, 徐向东, 洪义麟*, 付绍军

中国科学技术大学国家同步辐射实验室

blueleaf@ustc.edu.cn

摘要: 全息光刻与离子束刻蚀是制作衍射光栅的常用技术, 全息光刻使用双光束干涉产生光刻胶光栅条纹, 离子束刻蚀被用于将光刻胶图形转移至基底中, 形成不同材料的光栅结构。

中国科学技术大学三十多年来一直致力于发展小口径光栅的全息光刻及大口径光栅的光刻胶涂布及离子束刻蚀与清洗技术, 先后为同步辐射、航空航天、天文观测等领域研制了多种特殊光栅。最大光栅尺寸达到 1400mm×420mm, 最高线密度达到 4600 线/mm, 使用波段涉及 X 射线至中远红外线。报告将介绍脉冲压缩光栅、光束采样光栅、同步辐射光栅、平焦场光栅、X 射线透射光栅、紫外透射闪耀光栅、浸没式硅棱栅、变间距光栅、光谱合束光栅的研究进展。



个人简介: 邱克强, 中国科学技术大学副研究员。2008 年, 博士毕业于中国科学技术大学。主要从事 X 射线波段、紫外、可见光及红外波段的全息-离子束刻蚀衍射光栅研制。近年来在米量级衍射光栅的离子束刻蚀与清洗技术、X 射线透射光栅研制技术、全息离子束刻蚀矩形、正弦、三角形等光栅槽型的精密控制技术领域取得突破进展。

光谱仪用衍射光栅的制作、检测与应用

盛斌

上海理工大学

bsheng@usst.edu.cn

摘要：衍射光栅是光谱仪的核心分光元件。上海理工大学庄松林院士领导的光栅团队一直专注于光谱仪用衍射光栅的制作、检测与应用，近三年的主要工作体现如下：（1）光栅制作方面，提出利用已有光栅结构在旋转中存在的阴影自掩模效应结合蚀刻或者沉积实现对中阶梯光栅闪耀角超精密调控的新方法，实现对中阶梯光栅闪耀角的精密调控，并制作多闪耀面中阶梯光栅实现谱仪光谱强度的展宽；（2）光栅检测方面，提出基于光纤及光纤耦合器作为前置光路的检测方法，以及利用单波长多衍射级次，结合 Littman 转镜自准直实现对光栅线密度的精密测量；（3）利用机械刻划方法制作了面积为 110 mm × 110 mm、闪耀角为 6 度的闪耀光栅，制备了具有 18 级阶梯的高精度光密度板，研制成功一种新型光谱感光仪，其特点是宽光谱(340 nm - 900 nm)，大尺寸曝光面积(202 mm × 90.5 mm)，且面上具有多阶梯光强，每个台阶的光密度值误差不大于 0.01。



个人简介：盛斌，博士，副教授，硕士生导师，主持完成国家自然科学基金课题，参与完成数项国家重大科学仪器专项课题；主要研究衍射光栅的制作、检测与应用；发表论文 20 多篇，其中 SCI 收录的 10 多篇，授权相关发明专利 5 项。

高性能光栅在空间光谱仪应用及需求发展趋势

王伟刚

北京空间机电研究所

wangwg_bisme@163.com

摘要：随着中国高分重大专项的逐步实施，我国空间光学不断跳跃式发展，空间分辨率不断提升，成像质量不断提高。特别 2018 年 5 月 9 号高分五号卫星发射，中国空间光学探测进入高光谱探测的新时代。空间光学探测从定性向定量化方向发展，光谱载荷需求越来越广泛。我国十三五重点预研项目，63%光学载荷为光谱探测载荷。光栅型光谱仪光谱分辨率高，光谱纯度高，稳定性高，无活动机构，可实现大幅宽，是定量化空间光谱探测载荷的主流，占空间光谱载荷 50% 以上。本文总结给出了平面光栅、浸没式光栅、凸面光栅等各个型式光栅在我国在轨、在研和预研等光谱载荷的应用情况，包括我国研制国际上尺寸最大的 125mm 硅浸没式光栅（国外尺寸为 45mm）。根据正在论证的后续任务及未来规划，给出了高性能光栅的宽谱段、高效率、低偏振需求发展趋势和自由曲面光栅、变栅距、多闪耀角等产品需求发展趋势。



个人简介：王伟刚，研究员，北京空间机电研究所光谱技术总体室主任，我国首个针对日光诱导荧光探测的超光谱探测仪主任设计师。主要从事陆地、深空探测高光谱和多光谱遥感器总体技术研究。工作以来，先后担任 8 个型号项目的主任设计师，成功在轨运行 7 个，先后担任 3 个国家重点预研项目负责人。

多层介质膜光栅在高功率光纤激光光谱合成中的应用和展望

颜宏

中国工程物理研究院应用电子学研究所

18981110711@189.cn

摘要：光纤激光具有光束质量好、电光转换效率高等显著优点，但单纤输出亮度受到非线性效应、模式不稳定性等因素的限制。基于多层介质膜光栅的光谱合成技术具有系统相对简单、易定标放大等特点，可在提高总输出功率的同时保持较高的光束质量，并具有较高的合成效率，是突破单纤功率限制，获得高亮度激光输出的有效手段。建立了双光栅光谱合成物理模型，研究子束光谱、光斑尺寸、光栅失配等因素对合成光束质量的影响，获得了多尺寸、多模式下双光栅光谱合成的光束质量，为设计和研制实用的高效率、高光束质量、高功率双光栅光谱合成系统提供了理论依据。重点分析了优质高效的双光栅光谱合成系统对多层介质膜光栅线密度、耐强光能力、面形、参数一致性等具体指标要求。介绍了国内多层介质膜光栅产品现状，及中物院采用双光栅光谱合成方案实现高功率、高光束质量光谱合成的发展历程和技术成果。最后以高功率双光栅光谱合成系统需求为牵引，给出了对多层介质膜光栅未来发展的展望。



个人简介：颜宏，1981年7月出生，副研究员，博士。现任中物院应用电子学研究所一室副主任。长期在高技术领域从事全固态激光技术研究工作，先后承担了多项高技术863及预研专项重大科研项目和课题研究，并在光纤激光光谱合成技术领域取得创新性研究成果。推动了多层介质膜光栅在光纤激光光谱合成领域的批量应用，及高功率光纤光源的产品化发展和实际应用。先后获得军队科技进步二等奖3项、三等奖1项，获得授权专利11项，在国内外期刊公开发表论文18篇。

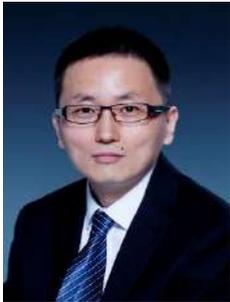
大尺寸二维平面光栅在光刻机工件台超精密位移测量系统中的应用与挑战

张鸣

清华大学

zm01@mails.tsinghua.edu.cn

摘要：双工件台是当今主流高端光刻机的核心子系统之一，其运动精度、速度直接影响光机的三大核心指标：分辨率、套刻精度和产率。双频激光干涉仪曾一度是光刻机工件台的主要测量反馈系统，然而随着工件台运动精度的不断提升，该测量方式易受环境扰动的缺点逐渐凸显。相比较而言，基于二维平面光栅的位移测量系统由于光路极短而具有良好的环境变化鲁棒性，因而替代双频激光干涉仪成为当前主流光刻机工件台的测量反馈系统。为满足工件台的测量反馈需求，其光栅采用多块特殊设计的“L”型二维大尺寸平面光栅拼接而成，制造、装配、测校难度极高。本报告从需求的角度对平面光栅的应用进行了全面的描述，提出了其中面临的关键技术问题，期待与国内同行共同努力，迎接挑战。



个人简介：张鸣，1973 年出生，工学博士，清华大学机械系副研究员。主要研究方向为面向 IC 制造装备的精密机械设计、超精密测量、特种电机设计等。负责及参与国家重大专项、973、863、NSFC 等 6 项国家级项目。共发表论文 66 篇，获得发明专利授权 95 项。获得北京市科学技术一等奖，集成电路产业技术创新战略联盟创新奖，中国专利银奖。

从光栅到阿秒皮米光学

周常河

中国科学院上海光学精密机械研究所信息光学与光电技术实验室

chazhou@mail.shcnc.ac.cn

摘要：展望了基于光栅的阿秒皮米光学。其物理过程如下，采用激光干涉仪得到纳米级分辨率，通过测量多个光栅的栅距，例如，测量 1000 个光栅栅距，将纳米级的分辨率除以 1000，假设光栅栅距是均匀的，就可以得到皮米精度的光栅栅距。利用不同皮米精度栅距的差值，就可以发展出皮米光学测量技术；利用莫尔光学效应，我们发明了皮米光梳器件，实验结果验证了皮米光梳的正确性。展望未来，以皮米光梳和皮米测量技术为基础，利用阿秒激光脉冲，就可能发展出阿秒皮米光学，研究超快时间尺度、皮米尺度下的超快非线性光学效应和信息处理技术，发展出挑战时间、空间极限下的光学技术。



个人简介：周常河，上海光机所研究员。国家杰出青年基金获得者，中科院百人计划获得者，美国光学学会 OSA Fellow。搭建出光学工程领域极具挑战性的并行激光直写大尺寸光栅装置，发明了基于光栅的皮米测量技术，提出了皮米光学研究方向。

超强激光功率突破与光栅的极限挑战

周凯南

等离子体物理重点实验室,中国工程物理研究院激光聚变研究中心

摘要: 超短超强激光以宽带激光的啁啾脉冲放大 (CPA) 技术为基石, 以追求超强功率输出为目标。光栅作为啁啾脉冲展宽与压缩技术的关键器件, 在强激光功率提升之路上起到了关键作用, 正是伴随着光栅、晶体等核心元器件生长制造工艺的提升, 超强激光进入了 PW 时代。然而光栅等元件尺寸不可能无限增大, 当前的激光发展已经脱离了仅仅依靠规模增长的“线性”发展区, 面临着技术与元器件的众多瓶颈问题, 要想实现功率的提升, 在寻求激光技术突破的同时, 提升光栅损伤阈值是快速有效的方法, 特别是在当前高能激光系统例如 ARC、PETAL 以及星光-III 等装置中, 光栅负载能力与系统输出能力仍不匹配, 存在较大提升空间。



个人简介: 周凯南, 副研究员, 激光聚变研究中心超短脉冲激光技术研究课题组组长, 作为核心骨干, 参与组织完成多台套超短脉冲激光装置的研制, 包括百太瓦级激光装置 SILEX- I, 星光-III 多功能激光装置以及数 PW 全 OPCPA 装置等, 上述装置目前已经全面对外开放运行, 成为我国重要的强场物理研究主力实验平台。

曾获得国家科技进步一等奖一项, 部委级一等奖二项, 二等奖三项, 独立及合作发表文章数十篇。

专题六：光与物质相互作用

主席：

巨 新（北京科技大学）

宋瑛林（苏州大学）

陈 军（北京应用物理与计算数学研究所）

程序委员会：

吴卫东（中国工程物理研究院激光聚变研究中心）

张大勇（中国工程物理研究院流体物理研究所）

聂劲松（国防科技大学）

王 峰（中国工程物理研究院激光聚变研究中心）

巨新



巨新, 1982年毕业于中国人民解放军国防科学技术大学应用物理系, 1993年在中国科技大学获理学博士学位, 现为北京科技大学物理系教授、博士生导师。主要研究领域为: 强光材料与器件的损伤产生和演化机理, 核技术(包括同步辐射、中子和正电子技术等)在材料科学中的应用。先后主持多项国家级课题, 在相关研究领域国际主流刊物发表论文 300 余篇。

陈军



陈军，北京计算物理与应用数学研究所，研究员。主要从事材料动态损伤、高能炸药反应机理数值模拟、多尺度数值模拟方法等研究。在激光加载光学材料损伤机制、高能炸药安全性、强冲击下金属材料损伤机理与宏观建模方面作出了一系列创新性研究工作。负责和参与 973 课题、科技部重大专项、国家自然科学基金等项目，以第一作者或通讯作者在包括“Science”、“Phys.Rev.Lett”、“Int.J.Plasticity”、“J.Mech.Phys.Solid”等国际重要学术期刊发表论文 120 余篇,文章他引 500 余次。获得“于敏数理科学奖”和军队科技进步一等奖一项。2014 年获科技部“科技创新中青年领军人才”称号,2016 年入选第二批中组部“国家万人计划”。

宋瑛林



宋瑛林，主要从事非线性光学测量技术、非线性光学功能材料设计与应用、超快光谱技术、光开关、激光防护研究等，发明了单点单脉冲测量光学非线性技术---T-PO 技术以及泵浦探测 TPO 技术。

二维材料中高次谐波的产生和调控研究

陈自宇

中国工程物理研究院流体物理研究所

ziyuch@caep.ac.cn

摘要：在凝聚态固体材料中产生高次谐波是新近发展起来的一门前沿学科，它为研究凝聚态物质的强场非微扰非线性光物理和开发新型光电功能器件材料等应用带来了全新的机遇。相比于体材料，二维材料由于具有独特的能带结构、对外界调控更加敏感和易于组合构建新型人工材料等优越性质，其高次谐波的产生和调控研究也受到特别关注。通过基于含时密度泛函理论的第一性原理计算，我们开展了几种典型单层二维材料中的高次谐波研究。（一）从零带隙的半金属材料石墨烯，到小带隙的半导体材料黑磷与二硫化钼，再到宽禁带的绝缘体材料六方氮化硼，黑磷表现出最优越的高次谐波性质，具有最高的谐波强度和截止频率^[1]。（二）采用单束近红外圆偏振激光进行激发，可以在单层石墨烯中产生极紫外波段的圆偏振高次谐波，这为石墨烯及相关材料中手性结构的谱学及成像研究提供了可能。此外，圆偏振高次谐波的光谱结构还提供了一种新的光学方法来探测二维材料的晶体结构及其旋转对称性^[2]。（三）我们首次开展了通过力学手段调控固体材料电子结构从而调控其高次谐波性质的研究。对单层硅烯施加单轴或者双轴应力，在 6% 的应变范围内，硅烯能带结构可以发生显著变化，但未破坏其狄拉克锥，而高次谐波某些阶次强度可以出现一个量级的增强，说明了应变调制可以作为高次谐波调控的有效手段，同时高次谐波也为研究无质量狄拉克费米子的强场超快动力学和非线性响应提供了有力手段^[3]。（四）对石墨烯/六方氮化硼构成的范德瓦尔斯异质结材料，其高次谐波表现出和两种材料组分单独存在时明显不同的性质，体现了异质结带来的新颖性质；在与激光偏振垂直的面内方向出现了很强的偶次谐波，它与空间反演对称性破缺引起的非零贝利曲率有关；通过对异质结施加垂直平面的压力，可以调控体系的能带结构与贝里曲率，从而有效调控高次谐波性质。随着压力增大，谐波强度可以得到一至两个数量级的增强^[4]。这些结果对于研究二维材料中的结构与超快动力学，以及开发紧凑型全固态极紫外光源、拍赫兹电子学和阿秒光子学等新型器件具有重要参考价值。

参考文献：

[1] Zi-Yu Chen# and Rui Qin#, Superior strong-field optical properties of monolayer black

phosphorus, *Nanoscale* (2019) (# equal contribution) (in revision)

[2] Zi-Yu Chen* and Rui Qin*, Circularly polarized extreme ultraviolet highharmonic generation in graphene, *Optics Express* 27, 3761 (2019) (* corresponding author)

[3] Rui Qin# and Zi-Yu Chen#, Strain-controlled high harmonic generation with Diracfermions in silicene, *Nanoscale* 10, 22593 (2018)

[4] Rui Qin* and Zi-Yu Chen*, Pressure-enhanced high harmonic generation in graphene-hexagonal boron nitrideheterostructures.(in preparation)



个人简介：陈自宇，2007年本科毕业于北京大学物理学院，2012年博士毕业于中国工程物理研究院，同年进入中物院流体物理研究所工作至今，期间，于2014年至2016年在德国杜塞尔多夫大学理论物理研究所从事博士后研究工作，2015年至今任流体物理研究所副研究员。主要从事强场激光与物质相互作用、先进光源产生及应用、高能量密度物理等研究工作，曾获得中物院和四川省优秀博士学位论文等

奖励，以第一作者在 *Nature Communications* 等专业期刊上发表论文近二十篇，长期担任 *Optics Letters*, *Journal of Physics: B/D*, *Physics of Plasmas* 等学术期刊审稿人。

高强度 X 光作用下分子的电离动力学

Yajiang Hao (郝亚江)¹, Ludger Inhester^{2,3}, Sang-Kil Son (손상길)^{2,3}, and Robin Santra^{2,3,4}

1Department of Physics, University of Science and Technology Beijing, 100083 Beijing, People's Republic of China

2Center for Free-Electron Laser Science, DESY, Notkestrasse 85, 22607 Hamburg, Germany

3The Hamburg Centre for Ultrafast Imaging, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg, Germany

4Department of Physics, University of Hamburg, Jungiusstrasse 9, 20355 Hamburg, Germany

haoyj@ustb.edu.cn

摘要：X 射线自由电子激光（X-ray Free Electron Laser, XFEL）是最新一代光源，由于具有亮度高、脉冲短和相干性等独特的性质，可用于研究生物分子、复杂材料，以及单个非结晶粒子的结构和动力学。这类实验的完成极大地依赖于多原子分子中原子对 X 射线光子的响应机制的定量理解。运用我们新发展的第一性原理计算程序 XMOLECULE，研究了多原子分子 CH_3I 和 $\text{C}_6\text{H}_5\text{I}$ 对超强 X 射线（峰值亮度达到 10^{19} W/cm^2 ，光子能量 8300eV ）的动力学响应。结果表明，高能量的光子足以使原子和分子的内层电子被激发， CH_3I 分子被高度电离，通过 CREXIM（charge-rearrangement-enhanced x-ray ionization of molecules）机制，62 个电子中的 54 个都被光子“踢”出了分子，得到高荷电分子。进一步理论研究表明，CREXIM 机制极大地依赖于分子尺寸，例如， $\text{C}_6\text{H}_5\text{I}$ 的带电量可以达到 +66。我们得到了分子与 X 光作用过程中的完整的电子动力学。

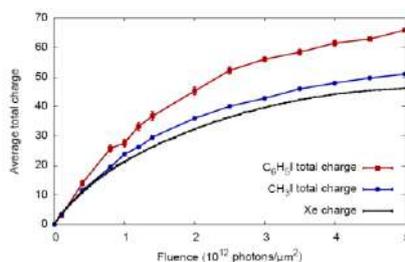


Figure 1 Average final charge of xenon, iodomethane, and iodobenzene at 8.3 keV as a function of fluence.

关键词：XFEL, XMOLECULE, CREXIM, 电离动力学

参考文献：

- [1] Yajiang Hao, *etc.*, Efficient electronic structure calculation for molecular ionization dynamics at high x-ray intensity, *Structural Dynamics*, 2015, 2, 041707.
- [2] Ludger Inhester, *etc.*, X-ray multiphoton ionization dynamics of a water molecule irradiated by an x-ray free-electron laser pulse, *Phys. Rev. A*, 2016, 94, 023422
- [3] A. Rudenko, *etc.*, Femtosecond response of small polyatomic molecules to ultra-intense hard X-rays, *Nature*, 2017, 546, 129.
- [4] Yajiang Hao, *etc.*, Theoretical evidence for the sensitivity of charge-rearrangement-enhanced x-ray ionization to molecular size, accepted by *Phys. Rev. A*.



个人简介：郝亚江，北京科技大学物理系 副教授。近年来关注超强 X 射线自由电子激光与物质的相互作用。运用新发展的第一性原理计算程序 XMOLECULE，通过计算高荷电激发态，研究强 X 射线与原子分子的相互作用过程中的电子和分子动力学。近期，致力于发展线性标度的计算程序。

二维材料中激子动力学的超快光谱研究

江天

国防科技大学

tjiang@nudt.edu.cn

摘要：近年来，二维材料因其优异的光学特性受到了光电领域的广泛关注。本报告内容分三部分。第一、介绍二维过渡金属硫族化合物在调 Q 锁模激光器中的应用，结合 Z-Scan 和泵浦探测技术从动力学角度揭示其宽带光调制机理。第二、介绍通过在单层过渡金属硫族化合物表面旋涂钙钛矿量子点实现单层硫族化合物荧光增强的方法，结合瞬态光谱学研究该异质结中载流子传输过程对荧光增强过程的影响。第三、利用超快光谱方法研究 2D/3D 钙钛矿杂化体系中载流子的动力学过程，发现不同层数 2D 钙钛矿材料界面广泛存在因激子-激子相互作用导致的强耦合效应，观察到能带重整化现象和载流子/激子的跨界面超快传输过程，认为这种相互作用是基于该杂化体系制备的太阳能电池和 LED 保持高效的原因之一。



个人简介：江天，国防科技大学 前沿交叉学科学院 副研究员，中国科协军事领域“青年人才托举工程”计划学者。先后获得军队科技进步一、二等奖各 1 项（排名第 2）、教育部学术新人奖等。主要从事超快光谱技术和智能光谱探测方面的研究。近三年来，以第一作者或通讯作者身份在 Laser Photonics Reviews、Nanoscale、Adv. Opt. Mater.、Opt. Lett.及 Opt. Express 等国际高水平期刊上发表 SCI

论文 30 余篇。

基于自由电子激光的太赫兹源 及其在材料、生物等领域的应用进展

黎明

中国工程物理研究院应用电子学研究所

摘要：太赫兹辐射处于微波与激光之间，是宏观电子学向微观光子学过渡的频段，具有非常独特的性质，例如瞬态性、低能性、穿透性、宽带性等，近年来引起了广泛的关注，在生物医学样品检测、安全检测、爆炸材料标示、高数据率通信等方面蕴含着巨大的应用前景。但现阶段面临着太赫兹源功率低、频率范围窄等问题，急需发展高功率的太赫兹源。

自由电子激光光源(简称 FEL)是人类光源发展史上重要的里程碑，具有波长连续可调、窄线宽、高功率、全相干、光束质量接近衍射极限等重要优势，可以作为一种优异的太赫兹源。

中国工程物理研究院的高平均功率太赫兹自由电子激光装置(CTFEL)是国内唯一一台运行的长波长自由电子激光，在太赫兹研究领域具有广泛的应用前景。CTFEL 装置主要基于半导体光阴极高压直流电子枪和超导直线加速器，于 2017 年 8 月饱和出光。辐射的太赫兹频率调节范围 1~4THz，重复频率 54.17MHz，峰值功率大于 0.5MW，平均功率大 10W。在这一频率范围内，CTFEL 装置的平均功率达到了亚洲第一、世界第三的水平。

目前，天津大学、北京大学、中科院固体所、四川大学、电子科技大学、解放军三医大、中科院微系统所、中科院纳米所等单位都在 CTFEL 上开展了相应实验，主要方面集中在太赫兹波谱分析、先进材料分析，器件研究，生物医学效应这几个方向，获得了诸多有价值的应用研究成果。



个人简介：黎明，男，1968 年生，研究员，中国工程物理研究院应用电子学研究室加速器与自由电子激光研究室主任。主要从事加速器、自由电子激光、太赫兹和辐射成像等领域科学研究。

连续激光损伤 CCD 的机理与演化规律

聂劲松

国防科技大学脉冲功率激光技术国家重点实验室

njs7001@sina.com

摘要：为了探究高功率连续激光作用下 CCD 的损伤特性随时间的演化规律，理论上根据 CCD 的结构特点和工作原理，建立了连续激光辐照 CCD 的六层结构热力耦合的三维模型，综合考虑了微透镜聚焦和遮光铝膜开口率等因素的影响，通过有限元方法分析了 CCD 多层结构中热的产生、传导和材料的相变规律，获得了多层结构的损伤机理和损伤现象的时间演化规律；实验上建立了连续激光损伤 CCD 的实验系统，对损伤时间进行了分段量化，获得了不同时间 CCD 的损伤状态，用电子显微镜对 CCD 表面的损伤状态进行了观察和分析，与理论分析结果进行了对比和验证。得到的主要结论如下：激光与 CCD 相互作用中热的产生发生在 Si 基底，但由于微透镜材料的熔点最低，热传导的结果是微透镜最先发生熔融，CCD 表现为点损伤，损伤的进一步演化是在应力损伤和热损伤的共同作用下，遮光铝膜层熔融剥落，表现为纵向亮线损伤，铝膜剥落后，激光直接照射在硅电极上，导致硅电极熔融，造成布线电路损伤，对应的像元中的电荷无法转移，出现横向暗线损伤，损伤的最后阶段是二氧化硅绝缘层收到剪切应力作用而断裂，使得硅电极和硅基底相互导通，造成 CCD 的完全损伤。



个人简介：聂劲松，男，49岁，国防科技大学脉冲功率激光技术国家重点实验室研究员，是军用激光技术和军用光电技术领域的知名专家，获得过军队科技进步一等奖1项，二等奖3项，军队院校优秀教学成果一等奖1项，近5年在国际知名期刊发表论文近三十篇。

气流条件下激光烧蚀金属材料实验与数值模拟研究

谭福利, 张永强, 张黎, 吴冀川, 赵剑衡

中国工程物理研究院流体物理研究所

摘要: 激光作为一种新型技术已经广泛应用于激光加工、激光热处理等领域, 激光辐照效应的相关研究是一个重要课题。在实际的激光辐照过程中, 气流条件具有不可忽视的作用。如激光加工通常引入辅助气流对金属熔池进行保护, 而辅助气流的引入也将导致激光辐照动力学过程发生明显变化。气流条件下激光辐照金属材料存在复杂的物理化学变化过程, 首先是材料对激光的反射和吸收, 材料的类型、表面状态、激光波长以及激光入射角度等都对材料初始反射率产生影响, 辐照过程中, 温度和材料组分的变化对反射率也影响巨大。激光辐照下金属表面温度会急剧上升, 随着辐照区温度的增加, 材料可能经历一个软化、熔化再到气化的过程, 气流流经该区域时会通过对流换热交换部分热量; 当辐照区温度足够高, 气流速度足够大时, 高速气流可能冲刷带走部分受热软化、熔化或气化的金属材料, 靶的质量发生损失, 此时必须考虑烧蚀效应才能正确描述激光与金属靶相互作用的动力学过程。

本报告系统介绍了研究团队在气流条件下激光烧蚀金属材料相关实验与数值模拟研究工作。利用积分球反射率测量装置, 采用连续激光辐照 30CrMnSiA 碳钢材料, 对其反射率的动态变化进行了测量, 得到了空气、氧气以及氮气环境对材料激光反射特性的影响结果。开展了风洞条件下激光烧蚀金属实验, 获取了静态和气流条件下材料的瞬态温度响应和烧蚀动力学物理图像, 给出了烧蚀形貌观测结果。最后基于以上研究成果建立了气流作用下激光辐照金属材料烧蚀动力学模型, 该模型采用热-流-固耦合计算方法, 使用两相流模型和凝固/熔化模型模拟气流对烧蚀物的剥蚀, 较完整地模拟了激光辐照金属材料的物理变化过程。结果表明, 激光辐照金属材料动态相应的热-流-固耦合模型能较好的模拟高速气流作用下激光加热金属平板的温度响应, 能够较全面的模拟对流换热、熔化与凝固过程以及金属液体在气流冲刷下的动力学过程, 对于预测气流作用下激光与金属材料相互作用规律具有重要意义。

| 112 专题六：光与物质相互作用



个人简介：谭福利，男，研究员，装发某重大项目和军科委某主题专家组成员。长期从事激光与物质相互作用、材料动态响应特性等方面的研究，负责完成了三十余项课题（863 计划重大课题 3 项），获军队科技进步一等奖 3 项，二等奖 2 项，三等奖 1 项；授权专利 15 项；发表论文 30 余篇。

基于神光系列装置的光学诊断技术

王峰*, 徐涛, 理玉龙, 彭晓世, 魏惠月

中国工程物理研究院激光聚变研究中心

xiaozei7566@163.com

摘要: 高能量密度物理领域的发展离不开精密和新型的诊断技术。光学诊断技术是高能量密度物理领域的重要诊断技术。本报告将比较系统的介绍神光系列装置上的光学诊断技术, 主要包括任意反射面速度干涉仪技术、背向散射光精密诊断技术、Bangtime 诊断技术等等。除了传统的任意反射面速度干涉仪技术(VISAR), 本报告还将介绍一种新的三维任意反射面速度干涉仪(3DVISAR)技术。该技术以激光惯性约束研究中的 VISAR 技术为基础, 提出探针光立体分光的设计, 实现不同经纬度方向上多个“敏感”区域的取样; 提出“空分复用”光路设计, 用 2 台光学条纹相机实现多角度、多维速度数据的采集; 使用数据可视化的方式复原、显示三维压缩状态, 最终完成靶丸上不同经度、纬度方向上速度的多维、高时空分辨的连续测量, 从而达到研究和发展 3DVISAR 技术的目的。同时, 针对散射光诊断的需求, 介绍了定量测量和散射板测量两种技术路线, 比较了两种技术的优缺点。从空间分光的角度, 介绍了长焦离轴反射镜聚光+空间滤波器的技术路线和实验结果。对其标定方法以及不确定度来源进行了分析。对 Bangtime 测量技术进行了介绍, 分析了技术难点, 并对噪声来源进行了介绍。

关键词: 空分复用; 三维 VISAR; 背向散射光; Bangtime



个人简介: 王峰(1975--), 男, 博士, 研究员, 现为激光聚变研究中心实验物理部副主任。参加工作以来, 一直在科研一线从事激光 ICF 物理实验诊断技术的研究工作, 主要研究方向包括诊断技术整体规划与学科论证, 精密物理实验技术研究, 光学诊断技术研究等。作为具体课题负责人, 负责多项 XX 专项课题、高技术课题、国家自然科学基金课题的研究工作。先后获得军队科技进步一等奖 2 项, 二等奖 3 项。近年来以第一作者和通讯作者身份发表 SCI、EI 文章 30 余篇, 第二作者及其他文章近 100 篇。参加 ICF 领域重要的国际会议, 并作大会邀请报告 10 余次。

光学元件亚表面损伤及其对激光损伤阈值的影响研究

王海容

西安交通大学

whairong@mail.xjtu.edu.cn

摘要：光学元件加工过程中产生的亚表面缺陷严重影响光学元件的激光损伤性能，对亚表面损伤检测、控制以减小元件的激光损伤阈值有着重要意义。本文首先介绍了全息反演方法进行光学元件亚表面损伤检测的思路和过程；然后，基于断裂力学和运动学，建立了磨削加工主要工艺参数与被加工光学元件的表面粗糙度和亚表面损伤的数学模型，通过实验验证了模型的有效性；进而，针对光学元件，采用数值仿真结合实验研究了化学刻蚀对表面形貌和亚表面损伤的演化规律，为采用刻蚀方法降低表面形貌和亚表面损伤提供了依据；更进一步，利用有限差分时域(FDTD)算法，研究了几种典型亚表面缺陷及杂质对光场的调制作用及参数的影响规律，分析了不同亚表面缺陷与杂质共同作用下的调制机理；最后，进行了光学元件激光抗损伤阈值的相关实验验证。研究工作对于选取磨削工艺参数，以及采用化学刻蚀工艺改善光学元件激光抗损伤阈值有着参考价值。



个人简介：王海容，1973年6月出生，博士，西安交通大学机械工程学院教授，研究方向为MEMS与纳米技术、微纳传感器、超精密加工。第一或通讯作者发表论文110多篇，其中SCI收录40多篇，已获授权发明专利28件。

快响应光电器件研究进展

韦永林

中国科学院西安光学精密机械研究所

摘要： 主要介绍皮秒-飞秒时间分辨条纹变像管、快响应光电倍增管、纳秒时间选通像增强器的研制进展及应用情况。在光电阴极材料制备方面，设计光电阴极各层掺杂浓度、厚度等参数，使阴极积分灵敏度提升 40%，研究衬底-光电阴极增透技术，优化设计衬底（内外）增透膜，降低反射，将光电阴极对 500-650nm 光子的吸收率从 23% 提升至 30% 以上，研究日盲紫外光电阴极制备方法及日盲特性影响因素。在光电器件制备方面，突破多项关键技术，研制出 450fs 时间分辨的条纹变像管及相机系统，动态范围达到 12800: 1 的条纹变像管及相机系统，3ns 选通型像增强器及系统，具有单光子探测能力的大面积光电倍增管和快响应光电倍增管等。另外，介绍研制的条纹相机在高能量密度物理、强激光驱动器诊断、激光雷达、荧光寿命等超快探测领域的应用情况，大面积光电倍增管和快响应光电倍增管在高能物理领域应用情况，以及选通像增强器系统在三维成像领域的应用前景。



个人简介： 韦永林，研究员级高级工程师，硕士生导师，研究方向为电材料与器件。主要从事超快条纹变像管、快响应光电倍增管、微光像增强器等等光电器件制备与应用研究。发表学术论文 50 余篇，申请专利 40 余项，授权发明专利 17 项。

激光清创机器人

吴军

中山大学附属第一医院

摘要：通过以液晶可调滤光片为核心技术的医用反射多光谱成像仪，联合神经网络和深度学习等算法提高光谱成像精度，实现创面烧伤深度等信息的三维重建。将这些信息输入光纤激光清创仪，光纤激光清创仪根据输入的皮肤空间结构信息，生成相应的控制信号控制光纤阵列不同位置处输出的激光功率密度，精准清除皮肤坏死组织，实现皮肤烧伤诊断和清除的智能控制。



个人简介：吴军，烧伤外科教授，主任医师，博士生导师

中山大学附属第一医院烧伤外科学科带头人

中山大学附属第一医院精准医学研究院副院长

中华医学会烧伤外科学分会主委

中国康复医学会烧伤治疗与康复专业委员会 主委

国际烧伤学会（**ISBI**）指南委员会 委员

国际烧伤学会（**ISBI**）执委会委员，东亚代表，中国代表

Burns and Trauma 主编

Burns 编委

International Journal of Burns and Trauma 编委

中华烧伤杂志副主编

广东省医学领军人才、中国公益人物、深圳三名工程、国家科技进步二等奖、军队科技进步二等奖、重庆市科技进步二等奖、军队杰出青年基金获得者、重庆市突出贡献中青年专家

作为第一作者和通讯作者共发表 **SCI** 论文 **50** 余篇、主编专著 **3** 本，获得授权发明专利 **15** 项，转让或产业化 **6** 项，牵头和参与制订 **10** 余项烧伤创面方面的指南/共识制订主持并参加多项研究基金及国防科研重大培育专项等多项课题

光学材料纳米结构技术的研究进展

叶鑫[✉]，邵婷，胡锡亨，伍景军，杨李茗，郑万国

中国工程物理研究院激光聚变研究中心

yexin@caep.cn

摘要：纳米结构化是一种表面特征尺度小于光波长的微纳结构。通过调控微纳结构的尺度可以改变材料的折射率，实现对光的调控，从而实现抗反射的特性。这种纳米结构化表面由于直接在基片表面进行微纳米加工操作，因而在很多方面具有薄膜所不具有的优势，如可以不受材料的限制实现从空气到基底的任意折射率调控，不引入外部材料不存在界面的热失配问题，具有高功率激光领域应用的背景。针对紫外-可见光波段，由于波长较短，其结构特征尺度已经接近纳米量级，在亚波长结构的加工与制备方面存在很多问题。本文将介绍近年来亚波长结构在制备上的一些研究进展，以及我们团队从事纳米结构化微纳结构加工与性能研究的一些成果。理论上基于时域有限差分方法对亚波长结构的抗反射特性，散射特性进行了设计与优化。实验上基于多种不同模板技术加工了从近红外到深紫外不同波段需求的抗反射纳米结构，抗反射性能优异，同时研究这种亚波长结构的超亲水防雾性能。

关键词：纳米结构，超亲水，抗反射，自掩模



个人简介：叶鑫博士，中物院八所材料科学与技术部高功率微纳光学材料研究团队负责人，所科协委员、青科协理事。获第四届全国光学工程学科优秀博士论文优秀奖，获中物院八所“攀登基金”资助，主要从事新型强光微纳光学材料的研制工作。

会议投稿目录 (光盘目录)

MCA01 激光与非线性光学晶体材料与器件

MCA01-001	坩埚下降法生长 La ₃ Nb _{0.5} Ga _{5.5} O ₁₄ (LGN)晶体及其性能研究	殷利斌
MCA01-002	红外非线性光学晶体 CdSiP ₂ 的合成、生长与性能研究	张国栋
MCA01-003	Growth of Large Size CLBO crystals	陈建荣
MCA01-004	Crystal growth and properties of BaGa ₄ Se ₇	王振友
MCA01-005	用于移动式高功率激光器的高比功率高比能量电源系统	张洪章
MCA01-006	The investigation of mid-far infrared nonlinear crystal AgGaGe ₅ Se ₁₂	Youbao Ni
MCA01-007	基于 CdSe 单晶的高灵敏度 X 射线探测器	曾体贤
MCA01-008	A dual-wavelength mid-infrared source pumped by the Raman fiber oscillator	冯嘉程
MCA01-009	石榴石结构单晶光纤的优化生长及光电领域的应用研究	王涛
MCA01-010	大口径会聚光束高效四倍频技术研究	柴向旭
MCA01-011	BaGa ₄ Se ₇ 与 KTiOAsO ₄ 光参量振荡产生中红外激光性能对比	孔辉
MCA01-012	新型长波红外非线性晶体 PbIn ₆ Te ₁₀ 的生长研究	姜鹏飞
MCA01-013	光学晶体三维缺陷无损检测技术及应用研究	陈坚
MCA01-014	(D) KDP 晶体体光致发光缺陷检测技术研究	周晓燕
MCA01-015	熔石英元件表面损伤过程超快探测研究	邓青华
MCA01-016	液态金属纳米颗粒用于全光逻辑门的研究	王木东
MCA01-017	Theoretical study on passively Q-switched intracavity frequency-doubled diamond Raman lasers	Huihua Xu
MCA01-018	新型抗潮解非线性光学晶体 LCB 和 NSBBF 紫外激光输出特性研究	王丽荣
MCA01-019	VCSEL 端面泵浦高能量调 Q Nd:YAG 激光	谢仕永

MCA02 光纤材料、光电功能材料与器件

MCA02-001	特种结构硫系玻璃光纤及红外光学应用	杨志勇
MCA02-002	Study on defect level distribution in CdZnTe crystals by thermally stimulated current spectroscopy	徐凌燕
MCA02-003	激光照明用荧光玻璃薄膜的光学特性研究	魏然
MCA02-004	光子晶体光纤及其在超快光纤激光器中的应用	廖梅松
MCA02-005	Single Mode 2.4kW Part-doped Ytterbium Fiber Fabricated by Modified Chemical Vapor Deposition Technique	王标
MCA02-006	光电探测用特种光纤及制品的发展与新应用	贾金升
MCA02-007	新型 Ga-Sb-Se 基硫卤玻璃及光纤的制备与性能研究	徐甫
MCA02-008	微通道板电子增益理论模型与模拟的研究进展	石攀
MCA02-009	质子诱导 CMOS 图像传感器单粒子效应和累积辐射效应	蔡毓龙
MCA02-010	高峰值通量杂散光焦斑吸收体设计	郑天然
MCA02-011	TeO ₂ -ZnO-BaF ₂ -Nb ₂ O ₅ 玻璃制备与性能研	赵斌
MCA02-012	C-band laser in Er ³⁺ -doped tellurite glass microsphere resonator	赵海燕
MCA02-013	伽马辐照对熔石英材料和硼酸盐材料性能的影响	刘红婕

MCA03 精密光学加工检测技术及装备

MCA03-001	Removal function and chemical composition of RS-SiC surface useing atmospheric pressure plasma processing	宋力
MCA03-002	惯性核心元件的光学精密制造技术	白满社
MCA03-003	Research on Rapid Repair Methods of the Surface Damage of Fused Silica Optical Components	张耀飞
MCA03-004	基于相机阵列的光学组件表面缺陷在线检测技术研究	张文学
MCA03-005	Research on Motion Control and Pattern Recognition Method for Optical Component Detection	邓明杰
MCA03-006	多星敏感器地面热漂移标定位置误差检测方法研究	高婧婧

| 120 会议投稿

MCA03-007	Surface Quality Evolution of Single Crystal Silicon under Plasma Cleaning and Ion Beam Figuring	Kun Zhang
MCA03-008	小口径带拐点非球面批量化加工技术研究	马峰亮
MCA03-009	Ion beam figuring Aluminum alloy mirror for visible system	唐瓦
MCA03-010	Fabrication of large aperture laser beam splitter with ion beam figuring method	尹小林
MCA03-011	Research on surface extension process technology for restraining edge effect in CNC polishing	黄金勇
MCA03-012	Research on the Technology of Correcting the Transmitted Wavefront GRMS of Large-diameter Spatial Filter Lens by CCOS	Li Zhigang
MCA03-013	The control technical research of the subsecond accuracy parallelism in polishing sapphire window	朱衡

MCA04 精密光学薄膜制备与表征技术

MCA04-002	高功率激光系统中大口径反射镜镀膜技术研究进展	卫耀伟
MCA04-003	Sol-Gel derived Al ₂ O ₃ -SiO ₂ glass and P ₂ O ₅ -SiO ₂ glass thin films with ultrahigh doping level of Er ³⁺ /Yb ³⁺ ions	夏丽斯
MCA04-004	2.06 微米激光偏振膜设计与工艺方法	张永久
MCA04-005	Discussion on the development method of multi-channel spectral filter based on hyperspectral	刘方
MCA04-006	离子束溅射制备大角度高陡度合束镜	焦宏飞
MCA04-007	一种可见集成滤光片及窗口的设计与制备	余德明
MCA04-008	351nm 反射膜制备和后处理技术研究	潘峰

MCA05 光栅制造技术及应用

MCA05-001	High line density fused silica transmission gratings by deep reactive ion beam etching for ultra-short pulse laser pulse compression	王雅楠
MCA05-002	Fabrication of blazed gratings by use of reactive ion beam etching through a trapezoidal homogenous mask	陈智文
MCA05-003	抑制谐波的近红外频率选择表面	蔡茂琦
MCA05-004	全息光刻-反应离子束刻蚀制作硅光栅	郑衍畅
MCA05-005	长春光机所刻划光栅的研究进展	张善文

MCA05-006	Optimal design of double-angle blazed grating	陈智文
MCA05-007	全息湿法腐蚀硅光栅的均匀性改善	蔡茂琦
MCA05-008	用于飞秒激光制备光纤光栅的相位掩模研制	刘全
MCA05-009	窄频压缩反射式体光栅研究	孔钊宇
MCA05-010	High-power OAM Generation using vortex volume gratings	赵靖寅
MCA05-011	大尺寸变形镜的结构设计与仿真	吴新朴
MCA05-012	低能离子轰击诱导的光刻胶表面纳米结构的产生与演化	杨高元

MCA06 光与物质相互作用

MCA06-001	基于神光系列装置的光学诊断技术	王峰
MCA06-002	Optical anisotropy metal nanowire arrays on surface of fused silica	陈宇恒
MCA06-003	A study of biological effect of picosecond pulse solid laser on porcine skin tissue	薛冬冬
MCA06-004	光学诊断技术在惯性约束聚变研究中的应用	理玉龙
MCA06-005	高强度 X 光作用下分子的电离动力学	Yajiang Hao
MCA06-006	基于金属微纳结构增强半导体激光放大自发辐射的研究	吴小龔
MCA06-007	Single-band terahertz supermaterial perfect absorber	张玉斌
MCA06-008	Influence of Potassium pyrophosphate content on the structure and properties of KDP Crystals	Liyuan Zhang
MCA06-009	Energy deposition in the initial stage of laser damage on KDP crystal induced by processing surface defects	Hao Yang
MCA06-010	液晶光学器件的激光损伤研究	刘晓凤