

2016年度中科院科技促进发展奖获奖团队系列报道①

为激光器而生 执同行之牛耳

——记长光所高功率、高光束质量半导体激光合束技术及应用团队

■本报记者 沈春蕾 通讯员 周立勋

产生激光的光源非常多,有气体激光器、固体激光器、光纤激光器、半导体激光器等,其中半导体激光器是目前转换效率最高的一种光源。中国科学院长春光学精密机械与物理研究所(以下简称长春光机所)是国内最早研制出半导体激光器和固体激光器的单位。

如今,长春光机所的高功率、高光束质量半导体激光合束技术在全国21个省市近百家企业、科研院所应用,为全面提升激光技术水平,改善产品质量和增强国际竞争能力做出了巨大贡献,为我国工业技术升级转型、节能减排起到重要作用。



诺贝尔奖获得者、俄罗斯科学院院士阿尔费罗夫(中)来实验室交流参观。



高功率、高光束质量半导体激光合束技术及应用团队。

攻坚瓶颈技术

激光是先进制造技术发展的前沿,是最具活力的经济增长点之一,在航空、航天、核能、交通、信息、医疗等众多军民领域应用广泛,激光加工技术的水平直接代表了国家的工业基础水平。

在产生激光光源的众多激光器中,半导体激光器的转换效率超过50%。对此,长春光机所研究员、高功率、高光束质量半导体激光合束技术及应用团队负责人宁永强的解释是,通过半导体激光器,一千瓦的电可以产生五百瓦的激光,转换效率比光纤激光器高50%,比固体激光器高1倍,比二氧化碳气体激光器高4倍。

宁永强告诉《中国科学报》记者:“半导体激光器可有效降低能源消耗,实现节能减排,对我国由高能耗社会向节约型社会转变具有重大意义。”

激光加工需要将成千上万的激光聚焦到一个非常小的点,使焦点处达到很高的功率密度。这时光束输入的热量远远超过被材料反射、传导或扩散的部分,材料很快加热至熔化或汽化程度,从而实现焊接或切割。

与此同时,宁永强指出:“半导体激光器的单元功率非常小,最大只有十瓦量级,而且发散非常严重,难以直接聚焦,制约了其在激

光加工、高能激光泵浦以及作为直接光源在激光武器等领域的应用,已成为国际上的重大瓶颈技术问题,世界主要发达国家均将其列入国家级发展计划。”

因此,团队合力攻坚半导体激光合束技术,这是一项实现高功率、高光束质量半导体激光输出的最有效技术。激光合束是一个提高光束质量、增加输出功率的过程,宁永强称:“该技术将多个单元器件输出光束耦合成一束,通过光束整形,提高整体光束质量,提高功率密度;通过合束,提高输出功率,形成大功率激光,最终实现千瓦以上光纤耦合输出。”

谋求合束成果转化

长春光机所在半导体激光基础研究及应用技术研究方面一直走在国内前列。自2006年,王立军带领团队开始部署半导体激光合束技术研究新方向,从芯片技术、封装技术、合束技术等多方面提升半导体激光器的光束质量。

宁永强向《中国科学报》记者介绍:“我们的技术打破了高功率高光束质量半导体激光合束技术由国外垄断的局面,并在该领域拥有自主知识产权,于2011年获国家技术发明二等奖一项,于2015年获科技部创新人才推进计划重点领域创新团队荣誉。”

团队不仅实现了国内少有的芯片制备、列

阵封装、光束整形、系统集成等方面完整技术条件,还在知识产权保护方面下功夫:近5年来获得授权发明专利共计27项,覆盖了高光束质量半导体激光器单元器件设计及制备、合束方法以及应用,形成完整的半导体激光器研究链条,获得多项国际领先技术成果。

宁永强告诉记者:“依靠这些技术,长春光机所在激光加工领域研制出200瓦~10千瓦功率范围的半导体激光加工光源,已形成激光焊接、激光切割、激光打标、激光3D打印四大系列产品,并在国内率先推广大功率半导体激光加工技术。”

团队借着国家鼓励科技成果转化的东风,

谋求合束技术成果转化。如今,长春光机所的高功率、高光束质量半导体激光合束技术在全国21个省市近百家企业、科研院所应用,为全面提升激光技术水平,改善产品质量和增强国际竞争能力做出了巨大贡献,为我国工业技术升级转型、节能减排起到重要作用。

2016年初,由吉林省科技厅、中科院长春光机所共同出资创建了吉林省长光瑞激光技术有限公司,团队负责进行半导体激光技术成果的转化,先后开发出了激光加工光源、激光医疗仪器等多项产品。宁永强说:“公司目前签订合同订单近千万元,为社会提供了近30个就业岗位。”

建设三层人才梯队

经过多年的积淀,高功率、高光束质量半导体激光合束技术及应用团队配合得相当严密,建立了老中青三层人才梯队。

王立军发挥院士的学术带头和方向把握作用,根据国家需求,统筹规划团队的重点发展方向,依靠研究领域发展的前瞻性和战略性,确定团队的创新性发展。

作为团队的中坚力量,宁永强力求建设开放、流动、竞争、择优的团队环境,调动团队的积极性,以学术水平、成果为核心对成员业绩进行考核,建立稳定的技术职称队伍,保障科研工作顺利进行。

研究员秦利负责前沿创新工作,从理论上

为团队的工作提供支撑,为团队的技术发展奠定坚实的基础;研究员刘云与单肖楠则发挥其在封装技术领域不断攻关所积累的丰富经验,不断提升激光器的散热能力,提高单元输出功率,增加激光器可靠性。

单肖楠2004年进入长春光机所,一直从事半导体激光器方面的研究。“从我们认准高功率半导体激光器开始,就没有退缩,最先的目标是实现高功率,后来,当我们实现千瓦级的激光输出时,发现高光束质量是一个必然趋势,就不停地不断改进,紧跟国际发展趋势,研究如何实现高功率、高光束质量。”他告诉《中国科学报》记

者,“在历时近一年的探索后,确定了几个可行的实现方案,大家开始分头行动,从不同方面攻克这个难关。正是大家多年的不懈努力,才实现了国内和国际领先,填补了国内空白。”

团队中不断涌现的青年力量则负责具体的工作,在技术领域和产业化两个方面进行交叉分工,采取相互支持的方式,推动项目顺利进行。彭航宇与张俊主要负责合束技术的创新,将技术由脑袋中的一丝闪光,一步步完善,从原理样机变成工程样机。而朱洪波与付喜宏则将实验室中的样机最终转化为产品上市,完成技术从实验室走向市场的转变。

从制冷剂到氟化试剂: 首次成功制备含二氟甲基芳香化合物

本报讯 中科院上海有机所有机氟化学国家重点实验室张新刚团队经过努力,首次成功实现了利用廉价工业原料一氯二氟甲烷(CICF₂H)制备含二氟甲基的芳香化合物。相关研究成果日前发表于《自然-化学》。

含氟有机化合物由于氟原子的独特性质,在医药、农药和材料领域具有十分广泛而重要的应用。近年来,发展与之相关的高效引氟方法和手段,受到了合成化学家们的高度关注。尽管在过去的十年中,大量高效、新颖的氟化方法和反应相继被报道,但大多使用的是商品化的“明星”氟化试剂,通常价格昂贵,而对于大量存在的含氟工业原料小分子氟烷烃的高效转化却鲜有报道。这些小分子氟烷烃具有结构简单、廉价易得的特点,但是由于缺乏灵活多样的可转化位点以及相对惰性的反应性,造成其除了单一工业用途之外,很少有其它高效转化手段。

二氟甲基(CF₂H)通常被认为是羟基和

硫基的生物电子等排体,选择性向生物活性分子的芳环中引入二氟甲基可以显著提高它们的生物代谢稳定性和口服生物利用度等,因此对生物活性分子二氟甲基化已成为改造其生物活性的一种有效手段,但已有的方法均使用经多步合成、价格昂贵的二氟甲基化试剂。

CICF₂H(简称R22)曾经是应用量最大、应用范围最广的一类传统制冷剂,近年来,由于国际环保政策调整,R22作为制冷剂的用量逐年减少。为了开发R22的新用途,化学家开展了大量的研究工作。目前,R22作为重要、大宗、廉价氟化工原料(8~10元/千克)主要用于制备如特氟龙(Teflon)、聚偏氟乙烯(PVDF)等含氟聚合物,而从原子、步骤经济性和成本效率角度,R22更是一种理想的二氟甲基化试剂,但是到目前为止,利用R22直接对芳香化合物进行二氟甲基化仍然是个挑战,一直没有实现。

张新刚研究团队在长期研究过渡金属催化下氟烷烃反应的基础上,首次发现了钌催化下经历二氟卡宾途径的溴二氟乙酸酯对芳基硼酸的二氟甲基化反应。尽管二氟卡宾的金属络合物已经被分离,但是利用二氟卡宾金属中间体进行催化的反应仍存在很大挑战。研究人员采用过渡金属二氟卡宾催化策略,在钌催化下首次成功实现了CICF₂H对(杂)芳基硼化合物的二氟甲基化,为CICF₂H的高效转化提供了新的模式。该反应具有包括反应高效简洁、底物普适性强、氟化试剂成本低廉和官能团兼容性优秀,含氮杂环、复杂生物活性分子均适用等特点。同时,该反应还可以对生物活性分子代谢位点进行后期氟修饰,即使是微量反应也可以取得良好收率,从而为药物研发提供了高效简便的方法。

张新刚表示,目前对于催化剂使用量的降低以及对反应机理和相关反应的深入研究正在进行之中。(黄辛)

进展

长春应化所

线虫衰老内在机制被揭示

本报讯 日前,中国科学院长春应用化学研究所电分析化学国家重点实验室研究员、美国石溪大学教授汪劲和电分析化学国家重点实验室助理研究员赵磊,通过量化分析线虫衰老相关的势能地貌,揭示了线虫衰老的内在机制,并指出了逆转衰老过程的可能性和相应的路径。该成果在《Journal of the Royal Society Interface》发表后,石溪大学网站也报道了汪劲课题组的这项工作。

近年来,科学家们通过实验发现,对一些特定基因的编辑能够大幅延长秀丽隐杆线虫的寿命。“但这些基因之间是如何相互作用,从而形成一种机制来影响线虫的衰老过程却尚未得到明确的解释。”汪劲告诉《中国科学报》记者。

汪劲课题组通过构建与线虫衰老相关的基因调控网络,对决定其动力学的势与流地貌进行了量化分析,发现描述线虫衰老的势能地貌中存

在衰老和年轻化两个可以通过基因表达强度进行区分的系统状态。

课题组通过模拟基因静默实验发现,当静默有益于或有害于长寿的基因时,分别提高了衰老或年轻化状态的稳定性,揭示出两种系统状态与线虫寿命之间的关系,进而识别了对衰老和年轻化有较大影响的基因和基因调控。

汪劲说:“在自然条件下,衰老化状态的稳定性会随着线虫的衰老而逐渐增强,然而基因编辑和环境变化可以改变两种状态的稳定性,从而逆转生命体衰老的趋势。”

该项工作从系统层面量化分析了线虫衰老的动态演化过程,揭示了衰老及其逆转过程(返老还童)的相应内在机制及途径,为研究生命体衰老这一课题提供了一个全局量化的物理模型。

(沈春蕾 于洋)

微电子所

硅光子平台开发获重要成果

本报讯 近日,中国科学院微电子研究所集成电路先导工艺研发中心研究员闫江团队在硅光子平台开发方面取得新进展,完成硅基波导集成的锗探测器和硅基调制器的芯片并取得优良结果。

硅光子技术是集成电路后摩尔时代的发展方向之一,旨在利用基于互补金属氧化物半导体(CMOS)工艺的大规模集成电路技术在硅衬底上进行光子器件和芯片的开发,最终实现光电单片集成。硅光子技术的优势在于充分利用成熟的CMOS基础设施和工艺,根据市场需要,实现低成本大规模量产。但光子器件和芯片的材料选择和工艺流程与集成电路存在一定的差异,需要进行相关工艺的开发。近年来,欧美等国在硅光子领域已有大量投入和经验积累,并逐渐形成产业优势。我国在分立器件的设计和制作方面成果显著,但国内尚无完善的硅光子工艺平台,国内设计的高端硅光子芯片基本都要在国外流片,导致成本高、周期长、难以进行工艺定制等问题,很大程度上制约了我国硅光子技术的发展。

微电子所集成电路先导工艺研发中心拥有一条完整的8英寸CMOS工艺线,2011年建成以

来出色完成了多项国家重大科技专项课题。2015年,该中心结合微电子技术和光电子技术融合的发展趋势,果断组织团队,依托先导中心CMOS工艺线进行硅光子工艺技术的开发。硅光子团队成立以来开展了大量细致的研发工作,并与中科院半导体研究所、中电38所和武汉邮电科学院紧密合作,联合成立了硅光子平台开发小组,发挥各单位优势,确立了硅光子平台工艺设计工具包(PDK)方案,设计了硅光子无源和有源器件库版图,进行了多次工艺流片实验。经过近两年的努力,成功开发了系列硅光子流片工艺模块和初版PDK,而最近有源工艺的成功开发,将向标准单元库中添加加热电极、调制器和Ge(锗)光电探测器等有源器件。

此次有源器件流片的成功,加上先导中心2016年上半年开发成功的硅光子无源工艺及器件,使微电子所硅光子平台具有为业界提供基于180nm工艺的硅光子流片服务的能力,成为国内首个基于8英寸CMOS工艺线向用户提供完整硅光子多项目晶圆(MPW)和定制流片服务的平台,为我国硅光子研究和应用开发提供有力支撑。(王晨绯)