

理化所一三五季报

2014 年第四季度

突破一 先进激光技术的创新与应用

概述：本方向本季度在研项目 22 项，其中新增 5 项。人才团队建设方面：拟引进电子科学与技术博士 1 名、光学专业博士 2 名、光学加工专业博士 1 名，引进劳务派遣人员 1 名。

本季度在大功率固体激光、钠信标、皮秒激光方面取得重要进展。

(略)

突破二 大型氢氦低温制冷技术与系统应用

概述：本方向本季度在研项目 1 项，召开工作会议 5 次。包括工作协调、二期项目申报筹备、验收工作计划制定等。

本方向本季度重要进展：

本季度 10kW@20K 低温制冷系统研制取得重要成果。2014 年 11 月 3 日，中科院条件保障与财务局组织行业内专家对我所承担的国家重大科研装备研制项目“大型低温制冷设备研制”在廊坊园区进行了现场测试验收（见图 1）。专家组认定该大型低温制冷设备连续平稳运行三天（72 小时），保持冷负载出口温度 $19.7\text{K}\pm0.3\text{K}$ ，制冷量 $10.7\text{kW}\pm0.3\text{kW}$ ，透平绝热膨胀效率 $\geq76\%$ ，现场测试结果优于项目任务书的指标要求。10kW@20K 低温制冷机研制成功，标志着理化所大型低温制冷设备研制能力提升到一个新的台阶，核心关键技术设备如透平膨胀机、低漏率低温换热器、高精滤油系统以及系统集成

等得到实践验证，为进一步开辟国内大科学工程等更低温度的液氦/超流氦制冷系统打下了良好的基础和技术储备。目前一期专项将陆续完成财务验收、档案验收、技术验收等环节。

在一期项目研制成功的基础上，在所领导的大力推动下，全所上下齐心协力，经过半年多努力实现“液氦到超流氦温区大型低温制冷系统研制”财政重大专项二期立项，批复经费达 1.8745 亿元，着力突破 20K 以下温区核心关键技术，使我国大型低温制冷系统综合性能达到国际先进水平，从而为打造中国的低温产业群奠定基础。



图 1. 10kW@20K 大型低温制冷系统现场测试验收

突破三 深紫外晶体器件、激光光源及应用

概述：本方向本季度在研项目 2 项，召开调度会议 5 次。

本方向本季度重要进展：

1.深紫外固态激光源前沿装备研制（二期）

（1）ns、~167 nm DUV-DPL（为铝离子光频标配套）

基本确定了基频源系统方案和备用方案；初步开展了基频源实验研究，实现了 3 W 1336.6 nm 激光输出；正在准备放大系统实验。

进行了 1336nm 激光晶体和玻璃的探索和评估，先后进行了 6 个批次近三十种晶体样品的评估测试，使激光的 1336nm 附近的谱线移动到 1336.6nm。

(2) ps、MHz、~165 nm 或 ~167 nm DUV - DPL (为大动量极低温深紫外激光光电子能谱仪配套)

完成了 1.1 W 皮秒 335nm 基频激光研制，正在准备整机机械设计；正在进行 335nm 激光倍频特性研究。

(3) ps、175-210 nm 宽调谐 DUV - DPL (为可调谐深紫外激光光源近常压光发射电子显微镜和深紫外激光磁光与磁圆(线)二色性谱仪配套)

深紫外激光磁光与磁圆(线)二色性谱仪配套皮秒宽调谐深紫外激光源：基频源已安装调试完成，所需真空用电动器件已到货；真空腔体已到货，正在进行测试。下一步进行宽调谐深紫外激光源研制。

可调谐深紫外激光光源近常压光发射电子显微镜配套皮秒宽调谐深紫外激光源：基频源已到货，所需真空用电动器件已到货，真空腔体即将到货。

(4) ps、10 Hz、177.3 nm、15 μ J / 脉冲 DUV - DPL (为高灵敏度深紫外/红外离子化检测质谱光谱仪配套)

测试了 177.3nm 激光的输出功率和功率稳定性参数等，完成了 ps\10Hz\177.3nm DUV-DPL 与质谱光谱仪的对接，现已交付使用。

2. 新型深紫外全固态激光源及其前沿装备开发

(1) 首台 177.3nm DUV-DPL 与 PEEM 联调

第一台 177nm DUV-DPL 交付科仪，并完成设备的安装；完成了 177nm 激光的光路调试，实现输出功率~1mW；完成了与 PEEM 的对接光路调试，并配合实现了 PEEM 的信号采集。

(2) 偏振可调 177.3nm DUV-DPL 样机研制

进行了 177.3nm 线偏振光变换椭圆偏振光、圆偏振光及偏振方向控制的设计，进行了高真空用波片精密控制电动系统的设计及相关器件购买；并完成了偏振可调 177.3nm DUV-DPL 的加工、装配、光路调试，形成了可交付样机。（见图 2）

(3) 1.5mW 177.3nm DUV-DPL 样机研制

完成了第 3 台更高功率(1.5mW) 177.3nm DUV-DPL 的设计及各模块部件的优化设计与加工，特别进行了针对 1.5mW 深紫外激光输出的优化泵浦光路设计，目前已完成了样机的整体装配，正在进行光路调试。

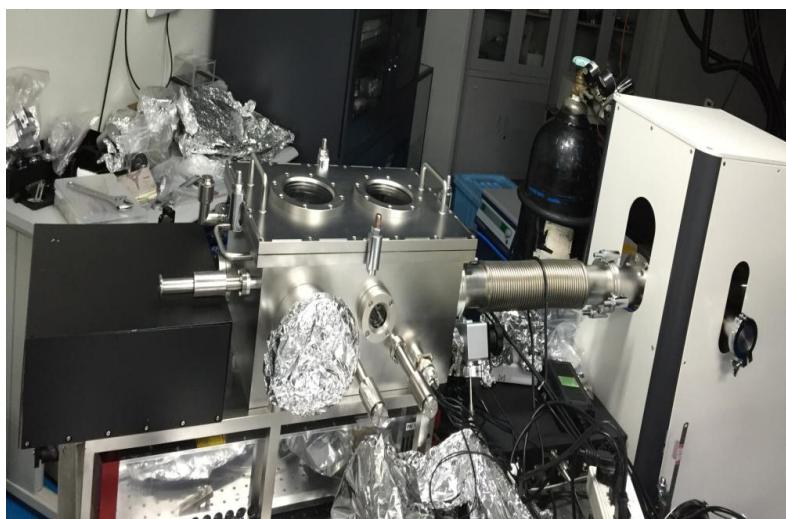


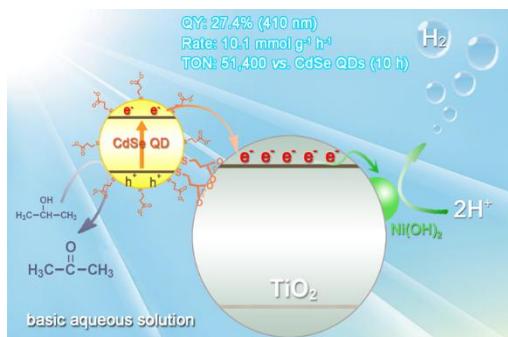
图 2. 偏振可调 177.3nm DUV-DPL 样机

培育一 光化学转换与光化学合成

概述：本方向本季度在研项目 23 项，其中新增 1 项。

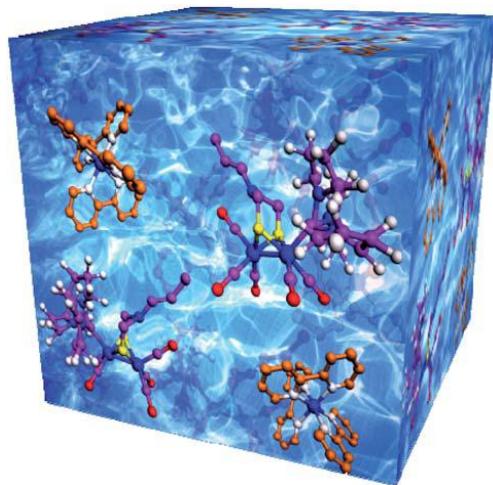
本季度继续开展光催化分解水制氢方面的研究工作，并在人工模拟氢化酶固载以及多组分光催化产氢体系的研究上取得显著成果。

(1) CdSe QDs-TiO₂-Ni(OH)₂ 三组分光催化产氢体系



利用双官能团分子巯基丙酸 (MPA) 的导向作用，实现了 CdSe QDs 在 TiO₂ 表面的组装，进一步通过廉价镍盐的负载，构筑了 CdSe QDs-TiO₂-Ni(OH)₂ 三元组装体系，成功实现了碱性条件下量子点-镍人工光合成体系的高效产氢。通过光照对照实验、高分辨电镜、时间分辨发光光谱和光电子能谱证明了三元组装体中，CdSe QDs、TiO₂ 和 Ni(OH)₂ 扮演着吸光单元、电子中继单元和催化单元的角色。组装体中梯度电子转移过程提高了电荷分离的效率，使体系产氢效率较 CdSe QDs-Ni(OH)₂ 二元体系提高了 5 倍。以异丙醇为电子牺牲体，CdSe QDs-TiO₂-Ni(OH)₂ 三元组装体系在 pH=11 下光照，内量子效率为 27.4%，产氢速率达 10.1 mmol g⁻¹ h⁻¹，基于 CdSe QDs 的催化产氢效率 TON 值达 51400，对应的 TOF 值为 5140 h⁻¹。相关研究成果发表在国际化学类期刊 ChemSusChem 上 (ChemSusChem 2014, DOI: 10.1002/cssc.201402885)，被选为内封面文章向读者重点推荐。

(2) 通过固载实现疏水[Fe-Fe]氢化酶在水中光催化产氢



将分子催化剂固载到适当的载体能够改善催化剂的催化性能以及为催化剂的实际应用提供可行途径。我们以交联 PVP 作为载体，利用非共价的方法将光敏剂和小分子人工模拟氢化酶催化中心固载到 PVP 水凝胶体系中，实现了疏水人工模拟氢化酶在纯水溶液中高效光催化产氢，为疏水催化剂在水相催化体系中的应用提供了一种通用、简便有效的方法，相关研究成果发表在 *J. Mater. Chem. A* 上 (2014, 2(48), 20500-20505)。在对人工模拟氢化酶固载的研究中发现，固载可以提高人工模拟氢化酶的稳定性，有利于光催化产氢过程，研究工作发表在光化学专业杂志 *Photochem. Photobio. Sci.* 上 (2014, 13 (11), 1590-1597)。

培育二 有机光信息材料与加工装备

概述：本方向本季度在研项目 8 项；召开各类调度、检查和汇报会议 3 次。

本季度在大动态调制器、集成光子技术方面有重要进展。（略）

培育三 清洁生产技术与环境友好材料

概述：本方向本季度在研项目 4 项，其中结题 1 项。围绕酶法明胶关键技术召开讨论会共计 3 次。

本方向本季度重要进展：

（1）酶法明胶关键技术

本季度宁夏快速明胶生产工艺项目顺利通过验收。2014 年 11 月，“酶法制骨明胶技术工业化”成果通过宁夏省科技厅组织的成果鉴定，专家一直认为“该工业化技术符合国家产业发展政策，推动了明胶工业技术进步，经济效益和社会效益显著，具有推广和示范作用”。2012 年至今年中国科学院理化技术研究所与宁夏鑫浩源明胶有限公司合作开展酶法骨明胶工业化制造技术研究，并于 2014 年取得重大突破，建成国内首条年产 1000 吨级酶法明胶生产线，目前该公司已取得国家食品生产许可和药品生产许可，该生产线所生产明胶产品达到国家药典标准（2010 版）和食品添加剂国家标准（GB6783-2013），酶法骨明胶产品成功用于食品和胶囊的生产。酶法骨明胶工业化制造技术的实现是明胶制造业的一次革命，对我国乃至世界明胶行业的发展具有重大意义。

（2）生物降解塑料聚丁二酸丁二醇酯（PBS）万吨级生产关键技术

本季度开发了一步法生产 PBS 的 2 万吨合成的设计工艺包 , 和相关工程设计公司合作完成了 2 万吨和 8 万吨的工程设计 , 形成了万吨级 PBS 生产施工图和开车方案 , 实现了技术落地的全流程开发。

在石油基原料的基础上进一步整合开发了以焦化苯为原料加氢制备煤基丁二酸和以生物质为原料通过细胞工厂生物法制备生物质基丁二酸的原料 , 使产品成本显著降低 ; 联合国内外、院内外有关生物工程研究生产机构 , 形成生物基 PBS 完整的生产工艺流程。

采用技术和专利授权方式分别在山东汇盈新材料科技有限公司建立了 2.5 万吨和山西金晖兆隆新材料有限公司建立了 2 万吨示范生产线。

培育四 空间制冷技术及其应用

概述 : 本方向本季度在研项目共计 10 项 , 共召开各类项目协调会、调度会、评审会 10 余次。

本季度完成 4 台专用制冷机交付 , 在深低温、小型化制冷方面取得重要进展。(略)

培育五：分散能源气体液化分离技术与应用

概述 : 本方向本季度在研项目共计 3 项。

本方向本季度重要进展 :

研制成功日处理 2000 方的煤层气液化装置 , 并在淮南矿业集团瓦斯利用现场进行了现场试验 ; 开发了日处理量 3 万方的天然气液化

装置，并联合陕西和胜石化有限公司，在中石化华北局大牛地气田进行了现场试运行（如图 3）。



图 3. 研发的日处理 3 万天然气液化装置