

# 理化所一三五季报

2015 年第三季度

## 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 7 项，结题 6 项。

人才团队建设方面：拟引进光学专业博士 3 名、机械设计派遣人员 2 名，自动化人才派遣 2 名；在条件保障方面：新增实验室面积 406.5 平方米。

本季度在大功率固体激光、钠信标、皮秒激光、短波紫外激光、自由电子激光等方面取得重要进展。（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，召开重要工作会议 2 次。

本方向本季度重要进展：

1、2015 年 8 月 28 日，质量办组织召开二期项目质量管理方案会议。质量办主任张伟、中心主任龚领会、二期项目总质量师李青，以及部门质量员、质量师等参加了会议。会上讨论完善了《液氦到超流氦温区大型低温制冷系统研制专项质量方案》，明确了相关部门及人员职责，强调了项目研制阶段的质量控制要点，规定了文件和档案的管理措施，为保证项目质量管理的受控性和有效性，以及固化研制成果打下了基础。

2、2015 年 9 月 28 日，福建雪人公司董事长兼总经理林汝捷率团来理化所交流访问。副所长刘新建、产业策划部副部长张彦奇、中心主任龚领会、项目首席科学家李青研究员和刘立强研究员，以及中

心部分骨干参加了会议。双方就组建联合实验室与气体公司开展了深入交流和合作探讨。在理化所提供的合作框架基础上，双方将进一步协商探讨，建立良好的合作机制，为未来的合作及产业化打下基础。

3、低温工程与系统应用研究中心（以下简称“中心”）按照质量管理体系完善了二期项目管理办法及人员、CESA技术文件编号原则、二期项目各阶段输出文件要求、二期项目执行流程、技术工程部及相关研究方向负责人职责、二期项目内外采购报销流程等相关管理实施文件。各子方向严格按照质量管理体系进行研究工作的安排和实施。

4、各子方向根据二期项目中两套制冷机系统流程确定的主要设备性能参数，开展了设备购置和进口的调研工作。初步完成了真空泵组、冷压缩机、复合式测量机和轴类零件快速扫描仪等关键设备的选型、询价和意向购置单位的确定，进入了相应的采购程序。

5、完成了“氦气喷油式螺杆压缩机”、“超流氦负压换热器试验平台研制”和“Solidworks数据管理和动态模拟软件”的招标工作。完善了“进口压缩机”招标技术文件，待财政部审批通过后，启动招标程序。

6、2015年9月25日，自主研制的氦透平液化器取得了突破性进展：研究团队攻克了20万转/分钟级氦气体轴承透平膨胀机的稳定性难题，实现了氦气液化。该突破性进展不仅宣告理化所具备了自主研制超高转速氦透平膨胀机的能力，而且验证了理化所自主研制的4.5K制冷机/液化器系统设计的正确性与合理性，为完成项目二期的目标奠定了坚实基础。研究团队将进一步提高氦透平效率，优化系统结构与运行参数展开工作。

## 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、 $\sim 167$  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；采用不同激光晶体测试了基频光功率放大效果。正在对新激光晶体的特性进行评估，为下一步提高种子输出功率做准备；同时正在进行基频光稳频实验。

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

1342 nm 样机所需机械件全部到货，正在进行样机调试；正在设计深紫外激光产生和传输用真空腔；对深紫外光源与光电子能谱仪的对接方案进行了讨论。

（3）ps、120 MHz、177.3 nm、1.5 mW DUV – DPL（为大动量极低温深紫外激光光电子能谱仪、深紫外激光调制反射光谱仪配套）

根据用户物理所的要求进行了窄线宽 177.3 nm DUV-DPL 样机研制。完成了紫外激光器外部采用标准具进行激光线宽调控的方案设计并进行了实验验证，目前基频紫外激光的线宽已由 $\sim 15$  pm 压至 $< 10$  pm（如图 1 所示）。

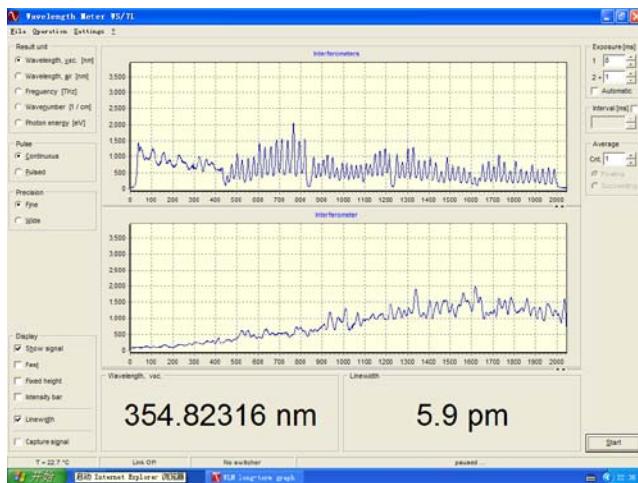


图 1 基频紫外激光器外部光路插入标准具后的线宽测量图

完成了 177.3 nm DUV-DPL 模拟样机的组装及测试，正在进行光路调试，待泵浦源到货后进行最终调试。同用户单位半导体所进行了多次技术及交付事宜的沟通讨论，待用户单位具备存储及安装条件后即交付用户。

(4) 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：基本完成仪器调试，正在进行宽调谐深紫外激光的稳定性测试和指向性测试。

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：所需元器件全部到货，真空腔体完成安装调试。对泵浦源进行了安装调试，发现泵浦光的模式没有达到要求，返厂维修，待泵浦源到货后再进行宽调谐深紫外激光源研制。

(5) ps、10 Hz、177.3 nm、15  $\mu$ 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)

协助用户单位进行实验，已探测到深紫外激光对部分样品的激发信号。待前沿装备指标满足测试指标后，与前沿装备一起进行技术测

试。

## 2、新型深紫外全固态激光源及其前沿装备开发

### （1）第 1 台 177.3 nm DUV-DPL 样机研制

协助用户单位进行实验，光源和 PEEM 测试指标已初步达到任务书要求。等待 PEEM 指标进一步提高后，光源与 PEEM 一起进行技术测试。

### （2）第 2 台 177.3 nm DUV-DPL 样机研制--偏振可调 177.3nm DUV-DPL 样机交付及联机

偏振可调 177.3nm DUV-DPL 样机已交付用户单位物理所，在用户单位实验场所完成样机安装及配套水电的调试；配合用户单位 PEEM 仪器的安装及调试，进行了 DUV-DPL 位置对接及布局（如图 2 所示）。

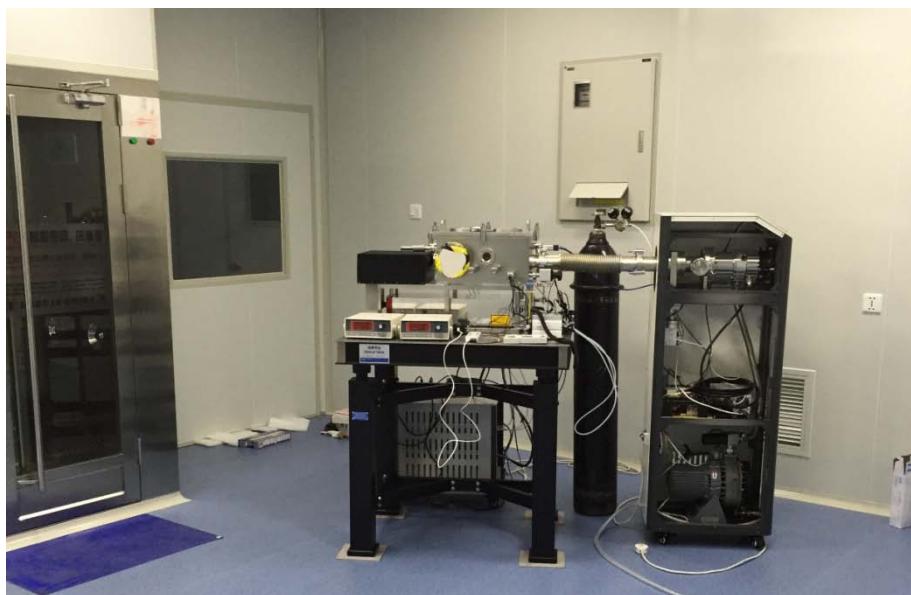


图 2 用户单位偏振可调 177.3nm DUV-DPL 样机布局照片

### （3）第 3 台 177.3 nm DUV-DPL 样机研制

完成了第 3 台 177.3 nm DUV-DPL 的光路调试及指标测试，形成可交付样机。待用户超净实验室准备完善后即交付，并配合用户进行仪器对接及光路联机调试。

#### (4) 第 4 台 177.3 nm DUV-DPL 样机研制

完成了第 4 台 177.3 nm DUV-DPL 模拟样机的组装及测试(如图 3 所示), 正在进行光路调试, 待泵浦源到货后, 进行最终调试。同用户单位中科大进行了多次技术及交付事宜沟通讨论, 待 2015 年底用户单位存储及安装条件具备后即交付用户。



图 3 第 4 台 177.3 nm DUV-DPL 模拟样机调试照片

## 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 34 项。

本季度继续开展光化学转换与光化学合成研究工作, 并在光化学合成方面取得了显著成果。

### 1、富含缺陷的 Zn-水滑石 (LDH) 纳米片用于光催化还原 $\text{CO}_2$

在光催化还原  $\text{CO}_2$  方面, 如何提高  $\text{CO}_2$  吸附能力是提高光催化效

率的限速步骤。相关报道表明，提高表面缺陷位比例，可显著提高对  $\text{CO}_2$  吸附特性，进而提高光催化活性。本研究工作通过控制 Zn-LDH 粒径大小，实现了对其表面氧缺陷位的调控，在光催化还原  $\text{CO}_2$  制备 CO 方面展现出优良的性能。粒径为 70 nm，厚度 4 nm 的 ZnAl-LDH 纳米片，其 CO 生成效率为  $7.6 \mu\text{mol h}^{-1} \text{g}^{-1}$ ，而大粒径 LDH 片却没有任何光催化活性。DFT 理论计算表明表面掺杂的氧缺陷作为杂质能级，进而提高了对  $\text{CO}_2$  吸附性，促进了光催化还原能力。本研究工作中通过调控粒径大小引入缺陷位的方法，为制备其他金属配位不饱和价态提供了新型设计思路。此外该催化剂具有易于合成，使用廉价的优点。相关工作发表于国际顶级期刊 *Adv. Mater.* (2015, DOI:adma. 201503730)。

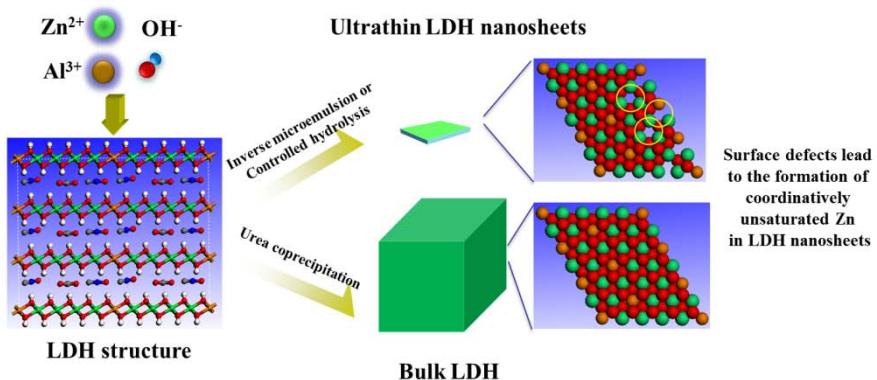


图 4 富含缺陷的 Zn-LDH 纳米片用于光催化还原  $\text{CO}_2$  示意图

## 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 6 项。

本季度在大动态调制器、集成光子技术和光控波束形成网络技术等方面有重要进展。（略）

## 培育三 清洁生产技术与环境友好材料（新突破四）

概述：本方向本季度在研项目 4 项，围绕酶法明胶关键技术召开讨论会共计 2 次。

本方向本季度重要进展：

### 1、宁夏快速明胶生产工艺项目

以骨粉为原料，采用酶解工艺快速制备食用、药用明胶生产工艺，实施地点在宁夏自治区吴忠市，总投资 2000 多万，预计产能 1000 吨/年。2015 年 9 月，产品月销售量超过 100 吨，并申请国家三板上市。

### 2、东宝生物半酶法生产工艺项目

以骨素为原料，采用酶解工艺快速制备食用、药用明胶生产工艺，实施地点在内蒙古自治区包头市，中试实验线的规模在 20 公斤/批，2015 年 9 月，试验产品达到国家药用明胶标准；完成中试工艺确认，开始进行工业化设计。

## 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 2 项型号配套项目正样产品研制及交付，且已启动地面寿命试验工作，交付 2 套中间产品，在深低温、小型化制冷等方面取得重要进展。（略）

## 培育五 分散能源气体液化分离技术与应用

本方向本季度在研项目共计 3 项。本方向本季度重要进展：

### 1、偏远天然气气井方面

根据西北地区天然气气体组分特点，在净化工艺增加脱重烃吸附剂，并在冷箱中增加气液分离器用以脱除重烃，防止后续换热器内重烃冻堵。

### 2、煤层气液化装置应用方面

调试“十二五”重大专项日处理量 2 万方的煤层气液化装置，获取了大量不同压力和流量条件下的实验数据。改造山西晋城煤层气液化试验基地日处理量 1 万方煤层气液化装置，并实现日处理量 1 万方和日处理量 1.5 万方 2 套液化装置同时开机。

### 3、管道气调峰液化方面

在日处理量 10 万方的撬装液化装置的工艺及核心设备设计积累了丰富的经验，并对前处理装置的撬块化设计进行了探索，为以后整体撬装化设计和制造奠定了研发基础。