

松山湖材料实验室(阿秒中心)关于采购 (高重频高功率飞秒激光器)的需求论证和市场调研报告

1. 需求论证

1.1 购买该仪器或服务的原因

松山湖材料实验室目前正在承担国家十四五科学装置：先进阿秒激光的项目。装置建设周期较长，为5年。在建设初期，需要采购飞秒激光，进行高次谐波、阿秒脉冲产生的研究。鉴于国际形势，在性能可以达到要求的前提下，我们倾向于购买国产激光器。

超短飞秒脉冲宽度的飞秒激光器在高次谐波生成（HHG）和阿秒科学领域中具有重要作用。其高峰值功率能够驱动更强的非线性效应，生成更高阶的谐波并延展到极紫外和软 X 射线波段，同时提供高时间分辨率，使得超快现象的研究更加精确。

使用飞秒激光和高次谐波探索固体材料的结构和超快动力学，需要高重复频率的飞秒激光。在光电子探测等实验中，我们需要降低单脉冲能量，以避免空间电荷效应，以及避免过高能量导致的多事件，队测量造成的影响。同时，需要提高激光重复频率，使得单位时间内能够积累更多的数据。高重频系统在固体材料的探测中必不可少。

1.2 主要技术指标和质量要求

对高重频高能量飞秒激光器的技术指标和质量要求有：

- 1、平均功率： ≥ 50 W
- 2、最大脉冲能量： ≥ 1 mJ @ 50 kHz
- 3、重复频率：1 kHz-500 kHz 可调
- 4、中心波长： 1040 ± 10 nm
- 5、光谱宽度： ≥ 10 nm
- 6、脉冲宽度： ≤ 200 fs
- 7、光束质量：TEM00, $M^2 < 1.2$

- 8、光斑直径：>3 mm
- 9、光斑圆度：>0.9
- 10、指向稳定性：<20 $\mu\text{rad}/^\circ\text{C}$
- 11、偏振：水平偏振
- 12、脉冲输出方式：单脉冲
- 13、功率稳定性：RMS<0.5%
- 14、能量稳定性：RMS<1%
- 15、预脉冲对比度：>1000:1
- 16、后脉冲对比度：>200:1
- 17、激光器保质期：2 年
- 18、售后服务：24 小时内响应

2. 市场调研

2.1 相关行业分析

欧美作为传统的激光技术强国，最先在工业生产领域大规模使用激光设备，从而培育出了从事固体激光器研发、生产和销售的德国通快和美国相干等长期占据全球激光器市场绝大部分份额的国际巨头。近年来，随着我国制造业的转型升级，国产激光器得到了发展机会，并逐渐在中低端激光器市场开始占据主导地位，但在高端激光器生产上，由于普遍存在的规模小、起步晚、研发水平不足的问题，与欧美发达国家尚存在差距，该部分市场目前仍由德国通快、美国相干和立陶宛 Light conversion 等公司掌控。以全固态飞秒激光放大器为例，Light conversion 公司的 PHAROS 和 CARBIDE 系列飞秒激光器已在全球安装使用 5000 多套。2023 年，中国超快光学仪器中标数量为 300 余台，中标金额约 5 亿元人民币，其中包含了超快激光器份额占比为 30%，而 Light conversion 公司的产品在超快激光器领域中份额占比超 80%，中标金额约 1.3 亿元，处于垄断地位。但受到《瓦森纳协议》和美国《实体清单》的限制，Light conversion 公司较高参数的激光器产品

禁止出售给国内，只提供平均功率小于 29W、脉冲能量小于 400 μ J、峰值功率小于 2 GW 的飞秒激光器。

高性能全固态飞秒激光器无法通过进口解决研究需求，促使国内激光器厂商在关键技术的研究上不断突破和创新。其中，以光纤激光技术为代表的是武汉华日精密激光股份有限公司和武汉安扬激光技术股份有限公司，均可提供平均功率超过 1000 W 的光纤飞秒激光器产品；以板条激光技术为代表的北京盛镭科技有限公司和杭州奥创光子技术有限公司，可提供平均功率百瓦量级的光纤、板条混合放大产品；以全固态激光技术为代表的江苏星控激光科技有限公司、杭州奕力科技有限公司和上海镱镭飞秒激光技术有限公司，可提供脉冲能量大于 1 mJ、脉冲宽度小于 200 fs、重复频率 kHz 到百 kHz 可调的激光器产品。随着市场需求的扩大，国内飞秒激光器制造厂商正在加速提高产品竞争力，针对国内科研和工业市场的需求能提供定制化的解决方案。此外，国内飞秒激光器制造厂商在产品服务方面也培养了一批专业的售后技术服务人员，能在极短的时间响应并解决用户的问题，解决了进口激光器售后维护困难的问题。

2.2 产业发展状况

激光具有方向性好、亮度高、单色性好及高能量密度等特点，欧美等发达国家最先开始将激光器用于加工制造等各行业，随后激光技术向发展中国家如中国等制造业大国转移。全球超快激光行业市场规模从 2016 年 7 亿美元增长至 2022 年 25 亿美元，全球超快激光器市场规模持续增长，预计全球市场从 2022 年 25 亿美元将增长至 2026 年 53 亿美元，对应 2022-2026 年市场规模年复合增长率为 21%；其超快固体激光器市场规模从 2018 年的 2.2 亿美元增长至 2023 年的 6.51 亿美元，预计到 2026 年增长至 12.7 亿美元，2022-2026 年市场规模年均复合增长率约为 26.3%。

自 2015 年起，中国便跃居全球激光器消费市场榜首，制造业迎来激光设备更新换代潮，带动超快激光市场在精细微加工领域需求激增。2021 年，国内销售的超快激光器中 95% 是皮秒激光器，飞秒激光市场份额较少。2022 年，国内销售的超快激光器中 85% 是皮秒激光器，飞秒激光器市场份额上升。国产激光器占总销量的 55%，市场份额占 30%。随着国内超快激光器技术的不断进步和市场需求的持续增长，2023 年国内超快激光器市场规模有望达到 39.5 亿元的规模。

2.3 主要供应商

(1) 立陶宛 Light conversion

Light Conversion 公司成立于 1994 年，是世界顶级的超快激光高科技公司。同时，也是飞秒光学参量放大器（OPA）和非共线 OPA（NOPA）的最大制造商。其飞秒激光系统目前已在全球安装了 5000 多套，OPA 产品在波长连续可调超快光源全球市场占有率达到 80%。但受到《瓦森纳协议》和美国《实体清单》的限制，Light conversion 公司较高参数的激光器产品禁止出售给国内，只提供平均功率小于 29W、脉冲能量小于 400 μ J、峰值功率小于 2 GW 的飞秒激光器。目前国内发布招标公告的有 Carbide-120W 产品，平均功率为 120W、最大脉冲能量为 1 mJ，脉冲宽度 250 ps，售价超过 280 万元，但由于进出口限制，采购被中止的风险非常大。

(2) 美国 Coherent

Coherent 公司于 1966 年创立，并且于 2008 年在美国纳斯达克证券交易所的上市公司，与高意公司合并后重新划分为激光，材料和网络三个部门。报告显示，完成收购交易后的 Coherent 在 2023 财年全年的收入为 51.60 亿美元，激光(Lasers)业务部门低于 15 亿美元（占比 29%），按区域市场划分，北美市场份额最高（约 27.34 亿美元，占比 53%），随后依次是欧洲（约 9.80 亿美元，占比 19%）、日韩（约 7.23 亿美元，14%）、中国（约 5.68 亿美元，11%）。以该公司 Astrella 产品为例，该一体化钛宝石放大器可产生脉宽小于 35fs 的超短脉冲，但脉冲能量可达到 7mJ，但是重复频率仅 1kHz 和 5kHz 可选，而且其产品 Astrella-Tunable-USP-1k 的招标价格达到了 300 万人民币。

(3) 武汉华日精密激光股份有限公司

武汉华日精密激光股份有限公司成立于 2003 年，总部位于中国武汉，注册资本达到 4474 万人民币。华日激光具备多种脉冲宽度，多种波长的激光器核心技术和持续研发能力，在激光种子源、脉冲电子控制、运动控制、应用工艺等领域拥有多项核心技术。以该公司高能量飞秒光纤激光器 IR-1000-100 为例，其最高输出功率为 100 W，最大单脉冲能量为 1 mJ，脉冲宽度小于 250 fs，光束质量 $M^2 < 1.3$ ，光斑圆度大于 85%，功率稳定性 $RMS < 2\%$ 。但由于光纤非线性限制，大能量光纤激光器可能存在潜在的脉冲质量问题，未经市场广泛验证。

(4) 杭州奕力科技有限公司

杭州奕力科技有限公司由中国科学院光电研究院（现名为中科院空天信息创新研究院）支持成立，是中科院光电研究院“超快激光技术研发中心”的运营实体。企业一直致力于为客户提供最优的激光器解决方案，其产品“高功率飞秒激光器”和“飞秒/皮秒种子源”等产品广泛应用于激光放大器、计量学、生物光子学等领域。以该公司产品 YC-FL-20 为例，最高单脉冲能量为 2 mJ，脉冲宽度可达到 150fs，但最大平均功率只有 20 W，难以在高重复频率下输出较高的能量。

（5）南京科韵光电技术有限公司

南京科韵光电技术有限公司成立于 2018 年，创始团队来自于国内外知名高校和行业头部企业，是一家专业从事超快激光器研发生产，精密加工应用研究，各类高速光电产品生产的高科技企业。公司产品包括高功率超快皮秒、飞秒激光器（红外-紫外），超快皮秒、飞秒激光振荡器，高速光电器件和超快激光配套模块：倍频器、展宽压缩器等。以该公司 IVY-20 产品为例，平均功率为 20W，但脉冲能量在 50kHz 的时候为 0.4mJ，功率稳定性达到 0.5%，脉宽最短为 600fs。

（6）江苏星控激光科技有限公司

江苏星控激光科技有限公司聚焦“光与物质的相互作用”，专注“航空航天、军工、新能源、半导体”等领域的精密激光加工、检测设备的研制。公司业务覆盖高性能超快激光器、激光制孔与刻蚀设备及精密检测等系列设备的研发生产、销售和定制化解决方案。公司 Orient-HP 系列全固态飞秒激光放大器采用独创的高性能再生放大设计，可提供 40 W 的平均功率（60 W 可定制），重复频率 Single shot-1 MHz 可调，最大可输出 4 mJ 的单脉冲能量（可定制更高），脉冲宽度<190 fs，时域和空域光束质量优异，100 小时功率波动小于 0.5%，支持内置二次谐波模块，二倍频效率> 50%。

（7）华族激光科技（深圳）有限公司

华族激光科技（深圳）有限公司是一家高科技研发型民营企业，专注于固体飞秒激光、高功率紫外等激光器的研发及生产。其产品 Thoron 系列钛宝石飞秒激光器，Ares 系列掺镱固体飞秒激光器，Glinder 系列高重频皮秒紫外激光器和 Saber 系列高能量皮秒激光器等多项产品直接对标进口激光器，是国内高能量固体激光器的领航者。该公司 Ares-HE 产品平均功率为 10W，能量 2mJ，重频 1Hz-200kHz 可调，脉宽最短 300fs，功率稳定性 1%，招标价格为 269.8 万人民币。

2.4 满足需求的供应商及其设备/服务

1. 供应商：江苏星控激光科技有限公司

2. 产品型号：Orient HP-50

关键参数：

(1)平均功率： ≥ 50 W

(2)最大脉冲能量： ≥ 1 mJ

(3)重复频率：1 kHz-500 kHz 可调（1-50 kHz 脉冲能量不低于 1 mJ）

(4)中心波长： 1040 ± 10 nm

(5)光谱宽度： ≥ 12 nm

(6)脉冲宽度： ≤ 190 fs

(7)光束质量：TEM00， $M^2 < 1.2$

(8)光斑直径： > 3 mm

(9)光斑圆度： > 0.9

(10)指向稳定性： < 20 $\mu\text{rad}/^\circ\text{C}$

(11)功率稳定性：RMS $< 0.5\%$

(12)能量稳定性：RMS $< 1\%$

(13)预脉冲对比度： $> 1000:1$ （提供测试数据）

(14)后脉冲对比度： $> 200:1$ （提供测试数据）

3. 货期：从签订合同起 5 个月

4. 保质期：2 年

5. 技术培训：根据用户要求提供相应的线下和线上技术培训服务

6. 售后服务：24 小时内对用户遇到的问题进行反馈

3. 高重频高能量飞秒激光器设备采购方案

3.1 拟选购的设备信息

产品型号：Orient HP-50

技术指标：

(1)平均功率： ≥ 50 W

(2)最大脉冲能量： ≥ 1 mJ

(3)重复频率: 1 kHz-500 kHz 可调 (1-50 kHz 脉冲能量不低于 1 mJ)

(4)中心波长: 1040±10 nm

(5)光谱宽度: ≥12 nm

(6)脉冲宽度: ≤190 fs

(7)光束质量: TEM00, $M^2 < 1.2$

(8)光斑直径: >3 mm

(9)光斑圆度: >0.9

(10)指向稳定性: <20 $\mu\text{rad}/^\circ\text{C}$

(11)功率稳定性: RMS<0.5%

(12)能量稳定性: RMS<1%

(13)预脉冲对比度: >1000:1 (提供测试数据)

(14)后脉冲对比度: >200:1 (提供测试数据)

3.2 拟采用的供货方案

制造/生产/品牌商: 江苏星控激光科技有限公司

地址: 宿迁市宿城区经济开发区激光小镇孵化器 10 号楼一二楼

价格: 95 万元

特定的采购要求 (比如供货时间, 预付款等): 50%预付款, 50%验收款

4. 结语

经广泛调研, 满足实验所需技术指标要求的高重频高能量飞秒激光器, 目前有江苏星控激光科技有限公司提供的 Orient HP-50 型号设备能满足我方要求, 且优势明显。特此, 拟申请采购江苏星控激光科技有限公司 Orient HP-50 型号高重频高能量飞秒激光器, 预算为 95 万元。

采购需求部门论证签字 (3 人以上, 含部门负责人):

附件: 调研供应商产品报价单

2024年10月9日