

专 家 论 证 意 见

浙江工业大学材料科学与工程学院于 2022 年 5 月 12 日绿色储能材料研究室对“浙江省低维功能材料与器件创新团队项目”建设资金购置“环境可控多模式微区红外-拉曼共成像系统”的方案进行了论证，专家组听取汇报后，经质询和讨论，形成如下意见：

1、必要性。

浙江省低维功能材料与器件创新团队项目中，涉及诸多与锂电池、光/电催化剂相关的新能源材料前沿研究。目前科研界一直在寻找新的材料以及新的表征技术来改善锂电池和催化剂的性能。光谱技术被广泛的用于各种材料的化学组成鉴定，随着科技的高速发展，材料的设计和表征已经进入纳米尺度。然而受到光学衍射极限的制约，传统的傅里叶变换红外光谱空间分辨率只有 10-30 μm ，显微红外的最大空间分辨率为 3-5 μm ，无法满足纳米尺度材料设计和表征的需要。近年来表面增强拉曼技术和探针增强拉曼技术以其在纳米尺度化学分析的能力而发展迅速，然而表面增强拉曼技术/探针增强拉曼技术存在很多难以解决的问题：a 操作困难；b 再现性很差；c 数据复杂，难以解释；d 适用材料有限。这些问题对科学发展有很大的限制，对研究纳米材料表面特性有很大影响，因此急需引多功能联用纳米尺度光谱分析技术。而环境可控多模式微区红外-拉曼共成像系统是一款可以在锂电池充放电过程中原位监控锂电池电极材料纳米形态、化学组分和分布及其电学、力学、电化学性能的设备，为新电极材料的检测提供了全方位的数据，从而加快新材料从制备到市场应用的进程。此仪器不仅可以用来解决锂电池研究中的问题，还可在纳米尺度进行催化活性点位的检测，对于催化学科的发展具有重要的推进作用。因此，此仪器的购置对于本创新团队建设以及拓展材料学科发展具有重要意义。

2、可行性。

环境可控多模式微区红外-拉曼共成像系统是集成大样品纳米红外光谱系统、高性能原子力显微镜系统、拉曼光谱系统与环境控制手套箱系统联用高度定制化的设备，可在单一平台上提供无与伦比的纳米级红外光谱、拉曼光谱、化学、机械性能和电化学性质表征。该系统的核心技术是光热诱导技术（PTIR），2005年由法国南巴黎大学的 Dazzi 博士首创提出。采用扫描探针探测官能团对红外光的吸收振动，从检测原理上突破了光学衍射极限。美国 Anasys 仪器公司推出了将技术商业化，该系统荣获美国 R&D100 大奖（后由布鲁克公司收购）。

PTIR 可以很好的满足纳米尺度材料化学分析的需要，首先 PTIR 完全取决于有机物分子化学键、官能团和晶格对红外光的振动吸收，获得的吸收光谱与传统的 FTIR 高度吻合，可以用 FTIR 的方法来解释 PTIR 光谱，并且可以通过红外数据库进行未知物的成分鉴定；同时实验结果具有很好的重现性，光谱采集时间只需要几秒钟；可以广泛适用于软质材料，如：生命科学、有机物、高分子聚合物等；PTIR 光谱空间分辨率优于 20nm，红外吸收成像分辨率优于 10nm，可以有效进行纳米尺度材料表面的官能团及其分布、组分分布和相分离结构、微区的结晶结构、原子的排列和分子取向的研究，共振增强模式可以达到单分子层灵敏度。除了可以揭示化学组成，超高分辨率纳米红外光谱系统还可以对试样的局部形貌，机械性能，热学性能进行高分辨率表征。该系统潜在的应用范围横跨聚合物科学，材料科学，生命科学以及对结构和性能关系深入研究的相关领域。

环境可控多模式微区红外-拉曼共成像系统可以提供了一个包含了表面形貌，分子光谱，机械性能和热学性能在内的全面的扫描成像分析。高分辨率形貌分

析由扫描探针系统测试得到,而局部化学表征则由 PTIR 技术的红外光谱和拉曼光谱完成。PTIR 技术也支持接触共振频率检测同时可以对各种材料进行成像分析。利用超高分辨率纳米红外光谱系统能够同时获得样品表面的纳米微区三维图像、界面处的化合物基团分布、化学组成和机械性能、以及进行纳米热分析,获得样品的软化温度等试验参数。应用该系统,近年来国际上众多高校和研究性企业已经连续在 Science、Nature 等著名期刊上发表多篇论文,获得大量突破性研究进展,如:有效区分了电解质膜中自由水和结合水,及其各自的分布;自组装单分子层的红外光谱分析;细菌/细胞的微区红外光谱及红外成像,有机太阳能电池机理研究,纳米纤维核壳结构研究等,该技术在生命科学材料、聚合物共混物、纳米/亚微米尺度相分离结构的微区成分分析方面具有显著的优势。

在新能源材料体系研究中,对实验体系的环境要求十分苛刻,环境气氛控制对于实验的成败至关重要,所以一般都要求在水无氧的环境下进行电池材料的研究。环境可控是环境可控多模式微区红外-拉曼共成像系统的特色之一,在此之前,原子力显微镜在新能源材料研究中应用已经非常广泛,其中置于手套箱中的布鲁克 ICON 原子力显微镜在国内的安装量已有数十套,其可以精准的进行调控实验环境,可以在控制水和氧的含量均能达到<0.1ppm 的条件下进行各种模式的 AFM 表征。目前,在国内已有 10 余个课题组此型号的原力显微镜置于手套箱中,越大多数也都是用于新能源材料的研究。因为基于 Dimension ICON 的纳米红外系统与手套箱结合,可以实现精准的环境控制,该方案具有良好的可行性。

在微纳米尺度下研究材料,如果能在同一位置同时获得材料的物理和化学性质,就可以帮助我们更好的了解材料性质和反应机理。原子力显微镜常用于

对材料的结构形貌和机械性能、电学信息进行准确的表征。将其与纳米红外和拉曼组成联用系统则能够实时的获得分子结构，电子能级，化学组成等相关信息。性能充分扩展的显微拉曼显微镜和配备激光装置的原子力显微镜联用系统对于材料科学领域的研究不可或缺的重要工具。目前，在国内，已经有数个研究课题组将 Dimension ICON 原子力显微镜和显微拉曼系统相联用；在海外也有将其置于手套箱中的应用案例。所以 Dimension ICONIR 大平台纳米红外系统与显微拉曼系统相联用具有可靠的可行性。环境可控多模式微区红外-拉曼共成像系统的引进必将大大推进我校的整体科研水平。

3、市场调研及唯一性。

目前，独立的纳米红外系统在国内已安装数十台，经调研能够生产独立纳米红外系统的厂商主要有布鲁克、MV、Neaspec 这三家。但高度定制化的环境可控多模式微区红外-拉曼共成像系统国内还未配置，国际上也寥寥无几，能够定制生产该系统的厂商只有布鲁克公司（制造商为 Bruker Nano Inc，经销商为布鲁克(北京)科技有限公司）一家。该仪器的购置对我校材料、化学、物理等方向的研究和研究生的培养都会起到重要作用，可以极大的提升整个平台的科研能力。从前期的调研来看此设备在各个高校都是专用设备，对外服务较少。仅有的对外服务的收费都比较高，费用高达 5000 人民币每小时，且预约较满，外校根本无法预约。另外，这些学校和研究所距离都比较远，经常去实验很不方便，因此共享比较困难。因此，我校急需购置一套环境可控多模式微区红外-拉曼共成像系统，且目前只有布鲁克公司（制造商为 Bruker Nano Inc，经销商为布鲁克(北京)科技有限公司）可提供该设备的定制化生产。

4、大仪安装条件及管理情况。

目前安装条件已具备，专门管理人员已到位，具备设备运行条件。

综上所述,购置环境可控多模式微区红外-拉曼共成像系统具有必要性和可行性,且目前只有布鲁克公司可提供该设备的定制化生产。建议:同意购置布鲁克公司(制造商为 Bruker Nano Inc,经销商为布鲁克(北京)科技有限公司)的环境可控多模式微区红外-拉曼共成像系统,且采购方式为单一来源。

专家组组长(签名):

王华

2022 年 5 月 12 日

专家组成员

专家姓名	工作单位	专业	职称	手机	签 名
王华	北京航空航天大学	材料物理学	教授	13811297940	王华
黄宏文	湖南大学	材料物理学	教授	15802521871	黄宏文
孟哲一	东华大学	材料物理与化学	副教授	13810438361	孟哲一
李霄羽	北京理工大学	高分子材料	教授	18519055052	李霄羽
李剑	南京大学	分析化学	副研究员	15380416573	李剑

专家组人员组成原则:

- 1、进口和单价超过 40 万元的大仪:校外必需 5 位、校内不限,均为高级职称,组长为正高职
- 2、单价少于 40 万元的国产大仪:校外必需 3 位、校内不限,均为高级职称。