

2019~2020 年度广东省重点领域研发计划

“激光与增材制造”重大专项

申报指南（征求意见稿）

为全面贯彻落实党的十九大和习近平总书记关于加强关键核心技术攻关的系列重要讲话精神，按照省第十二次党代会、十二届四次、六次全会和全省科技创新大会相关部署，落实《“十三五”广东省科技创新规划（2016~2020年）》《广东省重点领域研发计划实施方案》，以国家战略和广东产业发展需求为牵引，瞄准国际最前沿，集聚国内优势团队，集中力量联合攻关一批制约产业创新发展的重大技术瓶颈，掌握自主知识产权，取得若干标志性成果，启动实施“激光与增材制造”重大专项。

本重大专项目标是：围绕我省战略性新兴产业重点领域，在激光制造与增材制造的高性能关键器件/部件、重大关键技术方面取得突破性进展，解决激光制造与增材制造原创性技术不足和关键核心技术上的“卡脖子”问题。进一步攻克激光制造与增材制造领域的核心技术和关键工艺，不断推进技术迭代，研制一批激光制造与增材制造智能装备，并实现典型应用示范，形成激光制造与增材制造技术创新和产业高地，促进广东高端制造产业的发展 and 传统制造产业的转型升级。

本专项重点部署三个专题，拟支持10个项目，项目实施周期为3年。申报时研究内容必须涵盖该项目下所列的全部内容，项目完成

时应完成该项目下所列所有考核指标，参研单位总数不得超过10个。所有项目除特殊说明外，鼓励大型企业联合创新型中小企业、高校、科研院所等单位，开展产学研合作申报。

专题一、高性能关键器件、部件（专题编号：20190000）

项目1 高稳定紫外超快激光器

研究内容：研制高重频、窄脉宽、高平均功率的355nm紫外激光光源。开展大尺寸晶体材料、高抗损伤镀膜、非线性频率变换等技术研究；突破高功率皮秒、飞秒超快激光种子光源、啁啾放大、色散补偿、SBS抑制等关键技术；完成整机热效应抑制、光束质量演化与主动操控、双轴晶体走离补偿、工程化装调工艺、可靠性等技术研究；实现355nm工业级皮秒、飞秒紫外超快激光器产业化和应用示范。

考核指标：研发完全自主高稳定紫外皮秒、飞秒激光器。

1) 皮秒激光器：中心波长 355nm，脉宽 $\leq 15\text{ps}$ ，平均功率 $\geq 40\text{W}$ 。

飞秒激光器：中心波长 355nm，脉宽 $\leq 800\text{fs}$ ，平均功率 $\geq 20\text{W}$ 。

2) 激光器重复频率可调，范围为 10kHz~1MHz，稳定性 $\pm 3\%$ ； M^2 因子 ≤ 1.5 ，功率稳定性（RMS） $\leq 1.5\%$ ，使用寿命 $\geq 20,000\text{h}$ 。

3) 实现 355nm 皮秒、飞秒激光器产业化。本项目研制的皮秒激光器销售不少于 50 台、飞秒激光器不少于 15 台，并在激光制造装备上实现应用示范。

支持方式：无偿资助。

项目 2 高亮度半导体激光器芯片及应用

研究内容：针对半导体激光芯片的重大需求，开展激光增益芯片超低反射率腔面膜设计、制造和腔面钝化技术以及有源区和波导结构研究；开展外腔反馈对激光增益芯片内部光场分布的调控及芯片可靠性等性能影响研究；开展激光增益芯片封装对外腔反馈光谱锁定影响技术和密集型光谱合束技术研究；突破激光增益芯片光谱锁定及防串扰、光谱合束谱宽窄化等关键技术，完成芯片制造、集成、封装、可靠性等国产化及小批量生产。

考核指标：1) 研发完全自主的用于密集光谱合束的半导体激光芯片，单管输出功率 $\geq 16\text{W}$ （ $100\text{ }\mu\text{m}$ 宽度），电光效率 $\geq 60\%$ ，光束质量优于 $4\text{mm}\cdot\text{mrad}$ 。

2) 研发光纤耦合输出光纤激光泵浦模块：激光功率 $\geq 500\text{W}$ ，光纤参数 $\leq 105\text{ }\mu\text{m}/0.18\text{NA}$ ，中心波长 $976\text{nm}\pm 0.3\text{nm}$ ，光纤输出光谱宽度 $\leq 4\text{nm}$ ，电光效率 $\geq 45\%$ ，寿命 $\geq 10,000\text{h}$ ，销售不少于 100 台，并实现应用示范。

支持方式：无偿资助。

项目 3 工业用高亮度半导体激光器

研究内容：面向制造业领域对大功率高亮度激光光源的重大需求，基于国产半导体激光芯片，开展双面主动散热、热沉、大功率多光束合成、光纤耦合、光束整形等关键技术研究，突破半导体激光器失效机理、芯片腔面特殊处理技术与工艺，实现大功率半导体激光器制造、集成、封装、测试和可靠性的国产化及小批量生产。

考核指标：研发完全自主的高稳定紫外超快激光器。

1)研发完全自主的半导体激光单管,高亮度单管输出功率 $\geq 20\text{W}$ ($100\text{ }\mu\text{m}$ 宽度), 高功率单管输出功率 $\geq 35\text{W}$ ($200\text{ }\mu\text{m}$ 宽度), 光束慢轴发散全角 $\leq 9^\circ$, 中心波长 $955\text{nm}\sim 995\text{nm}$, 电光效率 $\geq 63\%$; 封装高功率巴条, 单巴输出功率 $\geq 500\text{W}$ 。

2) 开发输出功率 $4\text{kW}@100\mu\text{m}$ 高亮度光纤耦合模块和输出功率 $10\text{kW}@400\mu\text{m}$ 的系列化长寿命光纤输出半导体激光器, 中心波长 975nm , 光纤输出光谱宽度 $\leq 40\text{nm}$, 电光效率 $\geq 45\%$, 预期寿命大于 $10,000\text{h}$ 。其中: $4\text{kW}@100\mu\text{m}$ 光纤耦合模块光束质量优于 $4\text{mm}\cdot\text{mrad}$, 且销售不少于50台; 输出功率大于 $10\text{kW}@400\mu\text{m}$ 光纤耦合器光束质量优于 $20\text{mm}\cdot\text{mrad}$, 且销售不少于10台。

3) 实现两型模块在增材制造/激光制造装备上的应用示范。

支持方式：无偿资助。

项目 4 大功率蓝光半导体激光器与应用

研究内容：研制 450nm 大功率蓝光半导体激光光源。开展蓝光半导体激光芯片的材料生长、流片工艺、封装以及光束准直、光束整形、空间合束、偏振合束和光纤耦合技术等技术研究, 突破芯片腔面特殊处理技术与工艺、散热、热沉、失效机理及寿命评价等关键技术, 实现大功率蓝光半导体激光器制造、集成、封装、测试及可靠性等国产化、批量化生产与推广应用。

考核指标：1) 开发蓝光半导体激光单管, 在连续运转模式下单管功率 $\geq 4\text{W}$ ($100\text{ }\mu\text{m}$ 宽度), 中心波长 $450\text{nm}\pm 10\text{nm}$, 电光效率 $\geq$

35%。

2) 开发高亮度蓝光光纤耦合模块，其中500W光纤耦合模块输出功率 $\geq 500\text{W}$ ，光纤参数 $\leq 400\text{ }\mu\text{m}/0.22\text{NA}$ ；1000W光纤耦合模块输出功率 $\geq 1000\text{W}$ ，光纤参数 $\leq 1000\text{ }\mu\text{m}/0.22\text{NA}$ 。中心波长 $450\text{nm} \pm 10\text{nm}$ ，光纤输出光谱宽度 $\leq 10\text{nm}$ ，电光转化效率 $\geq 30\%$ ，预期寿命 $\geq 5,000\text{h}$ 。

3) 销售500W@400 μm 高亮度蓝光光纤耦合模块不少于20台，实现输出功率大于1000W@1000 μm 光纤耦合系统销售不少于5台，并在不小于5种型号激光加工设备和不小于2种型号蓝光/红外激光复合焊接设备上应用。

支持方式：无偿资助。

专题二、重大关键技术（专题编号：20190000）

项目 1 4D 打印专用材料与变体结构智能打印调控技术

研究内容：面向复杂智能“异质异构”构件制造的可控变形、变性和变功能的应用需求，研究4D打印用陶瓷前驱体和高品质钛镍形状记忆合金粉末等的制备技术，建立4D打印缺陷抑制策略与组织性能调控之间的关系，突破4D打印构件质量稳定性调控技术，研究形状记忆材料4D打印结构的智能变形行为，开展4D打印智能构件的创新设计与性能表征，实现4D打印智能构件的创新应用。

考核指标：研发4D打印专用装备2台/套。

1)4D打印陶瓷装备，结构件尺寸可达 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 150\text{mm}$

以上范围，打印速度 ≥ 10 件/h，比抗压强度 $\geq 300\text{MPa}\cdot\text{cm}^3\cdot\text{g}^{-1}$ 。4D打印前驱体变形率 $\geq 200\%$ ，变形回复量 $\geq 90\%$ 。可同时打印3种以上材料。软硬集成构件，1mm厚软体部分的折叠变形能力 $\geq \pm 175^\circ$ 。

2) 4D打印钛镍形状记忆合金变体装备，结构件尺寸可达 $200\text{mm}\times 200\text{mm}\times 200\text{mm}$ 以上范围，尺寸精度优于 $0.3\text{mm}/100\text{mm}$ ，抗拉强度 $\geq 850\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 15\%$ ，无塑性变形率 $\geq 40\%$ ，变形效率 $\geq 4\%/s$ ，持续支持刚度 $\geq 0.11\text{MPa}$ ，塑形精度提高15%，控温精度 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。

3) 实现3类5种以上专用材料体系的应用，制定材料、工艺、装备等规范或标准，在航空航天、生物医药、建筑等领域应用示范。

4) 申请发明专利8件以上，发表高水平研究论文不少于5篇。

支持方式：无偿资助。

项目 2. 复杂三维微纳结构器件高精度增材制造技术

研究内容：面向高效低成本制造复杂三维精细结构器件的需求，解决传统精密注塑工艺对复杂精细结构器件的加工难度大、研发周期长、成本高等问题，研究微纳结构增材制造工艺与器件功能需求匹配的成形材料体系，开发应用于复杂三维微结构器件的高精度增材制造技术、高性能材料及其打印工艺，实现微纳特征的三维结构与功能一体化制造；开展以微机电系统、精密连接器、微纳电子、精密医疗器件、生物芯片等对象的复杂三维精细结构器件应用研究，并形成应用示范。

考核指标：研发微纳结构增材制造装备1台/套。

1) 结构特征尺寸小于 $6\mu\text{m}$ ，层厚小于 $3\mu\text{m}$ ，结构尺寸偏差小

于20%；制造范围大于 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 50\text{mm}$ ，二维分辨率精度大于 $1\text{ }\mu\text{m}$ 。

2) 专用材料不少于5种，器件应用对象不少于5类；形成材料、工艺、装备等规范或标准。

3) 申请发明专利8件以上，发表高水平研究论文不少于5篇。

支持方式：本项目要求企业牵头申报，无偿资助。

专题三、重大装备与应用（专题编号：20190000）

项目1 非金属材料超高速光固化增材制造关键技术与装备

研究内容：面向非金属精密部件在汽车、医疗和航空航天等领域应用需求，开展高速连续光固化增材制造理论、流体与热力学仿真技术研究，完成连续均质可控光固化生长反应部件等关键技术攻关和装备系统研制，实现高分子、陶瓷等非金属材料的复杂结构功能一体化部件的制备；突破非金属材料光固化增材制造的效率和精度的瓶颈，推动非金属材料高精度高速成型制备工艺的产业化。

考核目标：1) 非金属材料超高速光固化3D打印装备1台/套，芯片物理分辨率大于800万像素。关键部件和核心工艺具有自主知识产权。

2) 最大成形尺寸不低于 $192\text{mm} \times 108\text{mm} \times 300\text{mm}$ ，像素分辨率不低于 $50\text{ }\mu\text{m}$ ，最高分辨率优于 $2\text{ }\mu\text{m}$ 。打印速度不低于 1800mm/h ，最小打印层厚 $1\text{ }\mu\text{m}$ ，数字模型切片投影切换速度不低于50帧每秒。可制备高分子和陶瓷基高性能精密打印件，结构特征尺寸小于 $10\text{ }\mu\text{m}$ 。

3) 高速打印用非金属材料配方及打印工艺 3 组 (包括光敏树脂和陶瓷浆料等)。

4) 装备应用于汽车、医疗、电子和航空航天等行业中, 实现产品销售 5000 万元以上。

5) 申请发明专利 6 件以上, 发表高水平研究论文不少于 3 篇。

支持方式: 本项目要求企业牵头申报, 无偿资助。

项目 2 高效大尺寸激光选区熔化增材制造及复合制造工艺与装备

研究内容: 针对现有金属增材制造技术难以兼顾高效率、高精度和低成本制造的瓶颈问题, 研究高效大尺寸高精度成形的装备设计原理与实现方法、粉末预热温度的设计与控制方法、同一成形区域多振镜协同高速动态调焦成形、成形自适应分层与自适应工艺参数等, 开发高可靠性气氛控制、多材料工艺参数自主优化与决策、打印前后处理全闭环与智能化生产装备。建立增材制造装备的相关工艺数据库和标准规范, 开展在工程制造领域中直接应用和传统结构精准定位复合制造中的应用。

考核指标: 研发金属激光选区熔化增材制造装备 1 台/套。

1) 自主研发振镜及多振镜协同模块, 其重复精度优于 2.0 urad, 位置速度大于 30rad/s, 正常工作 8h 下漂移小于 60urad。

2) 自主研发控制与路径规划软件, 多振镜成形尺寸范围不小于 500mm×500mm×500mm; 成形几何精度优于 $\pm 50 \mu\text{m}$, 表面粗糙度小于 Ra10, 成型室预热温度 600℃ 以上, 不同结构尺寸的零件成形效率提升 10 倍以上, 复合制造整体结构件不低于原件的综合力学性能,

装备的无故障运行时间大于500h。

3) 申请发明专利6件以上，装备应用于航空航天、模具、汽车等行业领域中，实现产品销售值1亿元以上。

支持方式：本项目要求企业牵头申报，无偿资助。

项目3 面向骨精准修复的生物活性材料增材制造技术与装备

研究内容：针对金属、高分子定制式骨植入体生物活性差、不具有再生修复能力等临床问题，开展生物活性骨诱导再生材料的规模化增材制备技术研究，实现具有天然骨组织仿生微观结构、宏观尺寸精准匹配的多级功能骨修复体的制备；开展多喷头高精度、高通量、协同打印等关键技术研究，研制可打印多组分复杂结构的生物增材制造装备；开展医学临床应用研究，建立增材制造定制式生物活性修复体的质量标准规范，并形成临床应用示范。

考核指标：1) 研发3种以上促进骨再生修复的增材制造用生物活性材料及与其匹配的3D打印专用装备，满足大缺损、长骨等修复要求，成型尺寸 $\geq 150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 100\text{mm}$ ，单轴分辨率 $\leq 20\text{ }\mu\text{m}$ ，功能部分的局部单轴定位精度 $\leq 2\text{ }\mu\text{m}$ 。

2) 掌握复杂仿生拓扑结构定制植入体设计，尺寸匹配率达到90%以上，生物力学达到松质骨水平，修复体植入2~4周有新骨生成。

3) 制作过程满足植入物安全规范，产品通过安全性评价，临床试验20例以上，并建立增材制造定制式骨科生物活性修复体质量标准规范。

4) 申请发明专利6件以上，发表高水平研究论文不少于3篇。

支持方式：本项目要求企业牵头申报，无偿资助。

项目 4 超快激光多轴精密加工刀具装备研发与应用

研究内容：研发超快激光多轴精密加工刀具关键工艺技术与装备。攻克激光振镜模块与多轴运动平台联动的关键技术瓶颈，实现多轴加工装备的高静态刚度和动态响应稳定性，保证曲线加工中激光光斑质量及焦点的稳定运动；研发满足刀具复杂型面特点及大曲率曲面激光成型加工需求的运动控制、插补方式、残余识别等控制技术，以及轨迹监控、自诊断技术和数控系统开放式通信技术；建立成套典型刀具的激光多轴联动数控加工工艺数据库；制造的复杂型面刀具满足超硬材料、硬质合金、超硬涂层、陶瓷等的加工要求，实现在汽车、模具、航空航天等领域的推广应用。

考核指标：1) 超快激光多轴精密加工刀具装备 1 台/套。采用国产皮秒激光器，脉冲功率不小于 $50\ \mu\text{J}$ ，最小光斑直径小于 $50\ \mu\text{m}$ 。

2) 加工尺寸范围 $20\text{mm}\sim 400\text{mm}$ ，可实现复杂型面大曲率曲线多轴联动一次性加工成型；加工精度大于 $5\ \mu\text{m}$ ，刀具轮廓精度大于 $10\ \mu\text{m}$ ，尺寸精度大于 $10\ \mu\text{m}$ ；移动定位精度达到 X、Y、Z 轴： $0.1\ \mu\text{m}$ ；A、C 旋转轴： 0.01° 。

3) 申请发明专利 5 件以上，实现在汽车、模具、航空航天等领域应用，实现产品销售不小于 200 台，新增产值 7000 万元以上。

支持方式：无偿资助。