

附件1

“新型显示与战略性电子材料”重点专项 2021 年度项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“新型显示与战略性电子材料”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2021 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：以国家产业安全和重大工程建设需求为导向，突破新型显示产业应用关键核心技术，打通创新链，突破战略性电子材料制备与应用各环节的共性关键技术，提高我国信息、能源、交通、高端装备等领域核心电子材料和器件的自主可控能力。

2021 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕新型显示、第三代半导体及前沿电子材料与器件、大功率激光材料与器件 3 个技术方向，按照“基础前沿技术、共性关键技术、示范应用”三个层面，拟启动 25 个项目，拟安排国拨经费 3.79 亿元。其中，拟部署 7 个青年科学家项目，拟安排国拨经费 2100 万元，每个项目 300 万元；拟部署 4 个部省联动项目。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。每个项目拟支持数为 1~2 项，实施周期不超过 4 年。申报项目的研究内容必须涵盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标。基

基础研究项目下设课题数不超过 4 个，参与单位总数不超过 6 家；共性关键技术和典型应用示范项目下设课题数不超过 5 个，参与单位总数不超过 10 家。项目设 1 名项目负责人，项目中每个课题设 1 名课题负责人。

青年科学家项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家。项目设 1 名项目负责人，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1981 年 1 月 1 日以后出生，原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

本重点专项部分项目采用部省联动方式组织实施（项目名称后有标注）。应用示范类部省联动项目，由广东省科技厅推荐，广东省科技厅应面向全国组织优势创新团队申报项目。共性关键技术类部省联动项目，各推荐渠道均可推荐申报，但申报项目中应不少于两个课题由广东省有关单位作为课题牵头单位。

指南中“拟支持数为 1~2 项”是指：在同一研究方向下，当出现申报项目评审结果前两位评价相近、技术路线明显不同的情况时，可同时支持这 2 个项目。2 个项目将采取分两个阶段支持的方式。第一阶段完成后将对 2 个项目执行情况进行评估，根据评估结果确定后续支持方式。

1. 新型显示材料与器件

1.1 Micro-LED 显示外延与芯片关键技术研究（共性关键技术）

研究内容：研究大尺寸衬底上低缺陷密度、高波长均匀性 Micro-LED 外延生长技术，开展小注入条件下 Micro-LED 量子效

率的提升机制和实现方法，解决 Micro-LED 尺寸效应、边缘效应以及低损伤刻蚀和钝化修复技术难题，开发高均匀性、高效率的 Micro-LED 外延片和 Micro-LED 芯片；发展驱动背板与 Micro-LED 芯片集成技术，开发单色 Micro-LED 显示样机。

考核指标：大尺寸衬底（ ≥ 6 英寸）上 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ 区域范围内红、绿、蓝 Micro-LED 波长偏差 $< \pm 1\text{ nm}$ ；芯片尺寸 $< 5\text{ }\mu\text{m}$ ，在 0.3 A/cm^2 下，蓝光、绿光和红光 EQE 分别 $\geq 35\%$ 、 $\geq 25\%$ 和 $\geq 10\%$ ，衬底（ ≥ 6 英寸）上芯片良率 $\geq 99.9\%$ ；蓝光（ $465 \pm 5\text{ nm}$ ）FWHM $< 20\text{ nm}$ ，绿光（ $525 \pm 5\text{ nm}$ ）FWHM $< 25\text{ nm}$ ，红光（ $630 \pm 5\text{ nm}$ ）FWHM $< 22\text{ nm}$ ；单色 Micro-LED 显示样机：尺寸 ≥ 0.5 英寸，分辨率 $\geq 2000\text{ dpi}$ ，亮度 $\geq 6000\text{ cd/m}^2$ ，灰度等级 $\geq 10\text{ bits}$ ；申请发明专利 ≥ 25 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.2 高亮度高对比度全彩 Micro-LED 显示关键技术研究（共性关键技术、部省联动项目）

研究内容：开展针对 Micro-LED 显示需求的高效芯片制备工艺研究；发展适用于 Micro-LED 显示的低温共晶金属键合材料和工艺，突破无衬底 Micro-LED 芯片巨量转移和玻璃基驱动背板键合技术；开展非接触 EL 方式实现 Micro-LED 器件高效缺陷检测技术研究，突破高亮度和高对比度的驱动技术，开发高性能全彩化 Micro-LED 显示屏，并实现工程化应用。

考核指标：尺寸 ≥ 10 英寸，ppi ≥ 170 ，分辨率 $\geq 1920 \times 1080$ ，像素间距 $< 150\text{ }\mu\text{m}$ ，芯片尺寸 $< 30\text{ }\mu\text{m}$ ，亮度 $\geq 2000\text{ cd/m}^2$ ，均匀性

≥80%，灰度等级≥10 bits，对比度≥1000000:1；申请发明专利≥25 件，其中 PCT 专利≥5 件。

1.3 超高分辨率 LCoS 空间光调制器关键技术研究（共性关键技术）

研究内容：研究超高分辨率、快速响应的空间光调制器设计、制备与封测等关键技术，解决像素串扰、材料匹配、驱动控制、时间波动、影像模糊、空间形变等关键问题，制备出高性能相位型和振幅型 LCoS 器件；研究 LCoS 芯片与三基色 LD 的高效率匹配技术；研究基于 LCoS 空间光调制器的光学引擎架构设计和优化，并实现整机集成测试与表征。

考核指标：开发出满足激光显示整机应用的超高分辨率 LCoS 空间光调制器，相位调制度≥ 2π ，分辨率 3840×2160（4K）和 7680×4320（8K），器件有效区域≥0.6"（4K）和≥1.2"（8K），帧频速度≥180 Hz，开口率≥90%，反射率≥80%，灰阶等级≥10 bits，对比度≥4000:1，亮度≥400 cd/m²，寿命≥20000 小时。申请发明专利≥25 件，其中 PCT 专利≥5 件。

1.4 无载流子注入纳米像元电致发光显示关键材料与器件（基础前沿技术）

研究内容：研究无电学接触、无载流子注入纳米像元电致发光器件工作机制，解析限域载流子束包的振荡、跃迁、光子辐射原理；研究面向无电学接触、无载流子注入模式纳米发光材料的设计制备与纳米尺度图案化技术；开展器件结构优化设计，研发

具有高电场耦合系数、高载流子产生率、高载流子增益系数的耦合腔和超表面等纳米倍增结构;突破像元级驱动技术与集成工艺,制备原型样屏;探索无电学接触、无载流子注入工作模式在发光芯片非接触检测领域的示范应用。

考核指标: 纳米发光材料尺寸 $<300\text{ nm}\times300\text{ nm}$; 无倍增结构的器件亮度 $\geq 200\text{ cd/m}^2$, 倍增结构的器件亮度提升率 $\geq 500\%$; 研制出红、绿、蓝光单色纳米像元电致发光显示原型样屏, $\text{ppi}\geq 30000$, 交流驱动电压峰值 $<20\text{ V}$, 像元尺寸(包含发光单元和驱动单元) $<500\text{ nm}\times500\text{ nm}$; 发光芯片(衬底尺寸 $\geq 5\text{ cm}\times5\text{ cm}$, 芯片尺寸 $<50\text{ }\mu\text{m}\times50\text{ }\mu\text{m}$)无接触检测准确率 $\geq 99.99\%$; 形成无电学接触、无载流子注入发光器件及纳米发光显示的表征测试与评价方法; 申请发明专利 ≥ 25 件, 其中 PCT 专利 ≥ 5 件; 领域研究报告 1 项。

1.5 超薄宽视角向量光场显示技术与系统(共性关键技术)

研究内容: 开展面向光场显示的变参量结构设计与构筑方法研究, 解决传统多视角三维显示的视角反转、周期重复性视点排布和色彩漂移问题, 突破基于微纳结构的视角调控器件和超薄指向性光源关键技术; 研究基于柔性/曲面显示屏的光场显示方法; 突破变参量微纳结构光刻核心技术, 开发超薄宽视角向量光场显示系统及工程化技术。

考核指标: 彩色动态三维显示, 具有连续运动视差的视角范围 $\geq 150^\circ$, 显示幅面 ≥ 27 英寸, 三维显示系统厚度 $<100\text{ mm}$; 3D

图像深度 ≥ 0.4 m，刷新速率 ≥ 30 Hz；柔性视角调控器件可弯曲程度 <1700 R；自主变参量微纳结构光刻调控精度 <1 nm，实现超薄宽视角向量光场显示示范应用。申请发明专利 ≥ 30 件，其中 PCT 专利 ≥ 6 件。

1.6 彩色电子纸显示材料与器件（共性关键技术、部省联动项目）

研究内容：研究高性能界面功能材料、印刷电子纸墨水材料和界面耦合机制，开发高可靠电子纸显示器印刷制备工艺和高色域显示器件集成技术及驱动系统，突破印刷电子纸显示关键材料瓶颈及印刷制程核心技术；研究高效率、高均一性电子纸显示墨水填充、封装核心设备；实现广色域、高亮度、低功耗电子纸显示器件。

考核指标：电子纸墨水材料基色种类 ≥ 3 种；彩色电子纸显示器尺寸 ≥ 10 英寸，彩色显示色域 $\geq 50\%$ NTSC，响应时间 <30 ms，分辨率 ≥ 180 ppi，能耗 <10 mW/平方英寸，器件寿命 ≥ 1.5 万小时；研制自主知识产权的电子纸显示墨水填充封装关键装备：成膜均匀性 $\pm 5\%$ ，封装对位精度 ± 5 μm ；申请发明专利 ≥ 30 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.7 高性能氧化物 TFT 材料与关键技术（共性关键技术、部省联动项目）

研究内容：面向柔性大面积显示，开发高迁移率、高稳定性、高电流开关比的高性能氧化物半导体新材料；开发用于高世代生

产线的高性能氧化物靶材的工程化技术；开发可用于生产的高性能氧化物薄膜晶体管（TFT）器件的结构及工艺，突破高世代线高性能 TFT 量产技术；开发低能耗、高低频宽范围可调的低温多晶硅-高性能氧化物（LTPO）驱动背板技术。

考核指标：1.场效应迁移率 $>40\text{ cm}^2/\text{Vs}$ ；电流开关比 $\geq 10^9$ 。正栅压应力下阈值电压漂移电压应力测试 $\text{PBTS}<0.5\text{ V @ }V_{\text{gs}}=20\text{ V}, V_{\text{ds}}=0.1\text{ V}$ ，应力时间 1 小时，温度 $=60^\circ\text{C}$ ； $\text{NBTS}<1.0\text{ V @ }V_{\text{gs}}=-20\text{ V}, V_{\text{ds}}=0.1\text{ V}$ ，应力时间 1 小时，温度 $=60^\circ\text{C}$ ；负栅压光照应力下阈值电压漂移 $\text{NBTIS}<2.0\text{ V @ }V_{\text{gs}}=-20\text{ V}, V_{\text{ds}}=0.1\text{ V}$ ，应力时间 1 小时，温度 $=60^\circ\text{C}$ ，光照（白光 LED） $>10000\text{ cd/m}^2$ 。2.高性能氧化物 TFT 技术导入量产线（G8.5 代线及以上）；高性能 LTPO 技术导入量产线（G6 代线及以上）。申请发明专利 ≥ 20 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

2. 第三代半导体及前沿电子材料与器件

2.1 面向大数据中心应用的 GaN 基高效功率电子材料与器件（共性关键技术）

研究内容：研究大尺寸 Si 衬底上 GaN 薄膜及其异质结构的大失配外延生长和缺陷/应力控制技术；研究材料中点缺陷、杂质对器件性能的影响规律及其表征方法；研究器件阈值电压漂移机制及栅压摆幅提升技术；研究高耐压、低导通电阻及高可靠性器件设计与产业化制备技术；研究 GaN 基高压桥式电路及其驱动电路集成技术；研究电压/电流振荡抑制技术和电磁干扰改善技术以

及高转化效率电路拓扑,推动 GaN 基高效功率电子材料与器件在数据中心服务器领域的应用。

考核指标: 实现 650V 电压等级国产 GaN 材料和功率器件规模化生产, 6~8 英寸 Si 衬底上 GaN 外延层位错密度 $< 1 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$, 异质结构方块电阻 $< 300 \Omega/\text{sq}$, 均匀性 $< 3\%$; 电压等级 650 V 的 GaN 基平面结构器件比导通电阻 $< 4 \text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$, 导通电阻 $< 30 \text{m}\Omega$, 高频下动态电阻上升不超过 12%; 整机功率 $\geq 1.5 \text{kW}$ 的 GaN 基 AC-DC (220 V-48 V) 电源实现系统工作频率 $\geq 300 \text{kHz}$, 整机最高转换效率 $\geq 98\%$, 功率密度 $\geq 100 \text{W/in}^3$, 输出电压纹波 $< 0.5\%$, 电流 THD $< 5\%$, 实现在数据中心服务器领域的示范应用; 申请发明专利 ≥ 10 件, 制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.2 InGaN 基长波段 LED 关键材料与器件技术(共性关键技术)

研究内容: 面向下一代无荧光粉纯 LED 照明应用, 研究高 In 组分 InGaN 基材料的外延生长、高效率量子结构设计与高光效黄光与绿光 LED 芯片关键技术, 研究无荧光粉多基色 LED 照明封装技术, 开发无荧光粉纯 LED 健康照明新产品。

考核指标: 波长 $\geq 520 \text{nm}$ 绿光 LED, 20A/cm^2 电流密度下 WPE $\geq 50\%$ 、流明效率 $\geq 240 \text{lm/W}$; 波长 $\geq 565 \text{nm}$ 黄光 LED, 20A/cm^2 电流密度下 WPE $\geq 30\%$ 、流明效率 $\geq 180 \text{lm/W}$; 形成 InGaN 基长波段 LED 芯片批量生产能力; 推出无荧光粉纯 LED 健康照明新产品, 色温 $< 2700 \text{K}$, 显色指数 ≥ 90 , 灯珠流明效率 $\geq 150 \text{lm/W}$; 申请发明专利 ≥ 10 件, 制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.3 新结构、新功能微小尺寸 LED 材料与器件及其在通信/传感领域的应用（共性关键技术）

研究内容：研究高亮度、高复合速率、高调制带宽、高灵敏度的蓝、绿光微小尺寸 LED 材料和器件制备技术；研究超高速可见光通信、空间精确定位和成像技术；研究微小尺寸 LED 柔性阵列芯片制备工艺，实现在光神经调控、血糖实时监测等医疗健康领域的应用；攻克国产化车规级高功率、高亮度微小尺寸 LED 材料、芯片及光源模组的产业化技术，实现在人车信息交互数字化车灯系统的应用。

考核指标：蓝、绿光 LED 外延片位错密度 $< 5 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ ，载流子复合衰减时间 $< 300 \text{ ps}$ ；LED 通信芯片 3dB 带宽 $\geq 1.5 \text{ GHz}$ ，传输距离 $\geq 10 \text{ m}$ ，微小尺寸 LED 阵列 MIMO 通信速率 $\geq 50 \text{ Gbps}$ ，LED 定位和成像系统精度 $< 1 \text{ cm}$ ；医疗健康用柔性 LED 阵列发光峰强度变化率 $< 5\%$ （曲率半径 $< 20 \text{ mm}$ ）；基于国产材料和微小尺寸 LED 芯片的数字前照灯像素 $\geq 200 \times 60$ ，整灯输出光通量 $\geq 3000 \text{ lm}$ ，感知系统夜间识别距离 $\geq 300 \text{ m}$ ，识别率 $\geq 90\%$ ，雨雾雪天识别距离 $> 100 \text{ m}$ ，识别率 $\geq 80\%$ ；实现通信传感、医疗健康、智能交通等领域 3 项以上示范应用；申请发明专利 ≥ 10 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.4 镓系宽禁带半导体新型异质结构高灵敏信息感知材料和器件（基础前沿技术）

研究内容：开展镓系宽禁带半导体异质结构材料的高通量计

算设计和实验研究，探索固溶度、微结构、相变、极化、缺陷和杂质等与材料能带结构、载流子输运性质和器件信息感知能力之间的关联规律，发展材料结构—物理性质—器件性能之间的预测模型；探索具有超高灵敏度的镓系宽禁带半导体异质结构信息感知材料的可控制备新原理、新方法和新工艺，研制可用于高场强、强辐射等极端条件下的光电探测、气体传感和生化传感等新型半导体信息感知原型器件，进而对第三代半导体及前沿电子材料与器件的材料体系进行研究。

考核指标：开发出信息感知材料高效设计筛选技术和计算软件，高通量计算 ≥ 50000 算例，筛选准确率 $\geq 90\%$ ，研发出高通量实验装置 ≥ 2 台（套）；发现镓系宽禁带半导体新型异质结构材料 ≥ 3 种，研制出超高灵敏度半导体信息感知新型原型器件 ≥ 2 种；在高通量材料设计和复合结构制备领域发展出具有自主知识产权的新技术 ≥ 2 项；申请发明专利或软件著作权登记 ≥ 10 件，领域研究报告1项。

2.5 大尺寸 SiC 单晶衬底制备产业化技术（共性关键技术）

研究内容：研究大尺寸 4H-SiC 单晶生长与电学性能控制技术，有效提升电学性质一致性和可靠性；研究 SiC 单晶生长的热力学和动力学特性，研究晶体生长过程中杂质、多相和缺陷控制技术，推进大尺寸、低成本 SiC 单晶的产业化。针对 SiC 衬底加工工艺和表面质量、面型参数等关键技术问题，研究高效、低损耗的加工技术和大尺寸 SiC 单晶衬底表面粗糙度控制技术。

考核指标：实现 6 英寸 SiC 衬底材料规模化生产，6 英寸 SiC 衬底(004)晶面的 XRD 摇摆曲线半峰宽 $< 45 \text{ arcsec}$ ，TTV $< 10 \mu\text{m}$ ，LTV $< 2 \mu\text{m}$ ，WARP $< 30 \mu\text{m}$ ，表面粗糙度 $< 0.2 \text{ nm}$ ；其中半绝缘 SiC 衬底的微管密度 $< 0.3 \text{ cm}^{-2}$ ，电阻率 $\geq 1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ ；导电衬底的微管密度 $< 0.1 \text{ cm}^{-2}$ ，电阻率 $< 0.025 \Omega \cdot \text{cm}$ ，基平面缺陷密度 $< 1000 \text{ 个}/\text{cm}^2$ ，螺位错密度 $< 400 \text{ 个}/\text{cm}^2$ ；8 英寸 SiC 单晶直径大于 203mm，4H 晶型比例大于 95%，使用面积大于 90%，XRD 半峰宽 $< 60 \text{ arcsec}$ ；大于 $0.3 \mu\text{m}$ 的颗粒密度小于 $0.5 \text{ 个}/\text{cm}^2$ ；申请发明专利 ≥ 10 件，制定国家/行业/团体标制 ≥ 2 项。

2.6 高性能忆阻材料与红外智能感知器件研制(基础前沿技术)

研究内容：针对光电感知终端对高功能密度、低功耗及小型化的需求，研究可室温工作的新型红外探测材料设计及性能调控技术；研究基于高性能忆阻材料的突触、神经元器件及其电路配置方案；研究新型红外探测器、忆阻器与外围电路的集成工艺；研究面向智能感知的神经形态计算网络架构，构建多场景的硬件演示系统。

考核指标：实现忆阻材料体系 ≥ 2 种，忆阻器件编程功耗 $< 1 \text{ pJ}$ 、编程速度 $< 50 \text{ ns}$ 、集成规模 $\geq 16 \text{ Mb}$ ；神经元电路具有频率/时序编码、自适应调节和可配置的放电模式；开发 ≥ 2 种室温工作的红外探测材料体系，红外传感器探测率 $\geq 10^{10} \text{ Jones}$ ，红外探测器阵列规模 $\geq 320 \times 256$ ；实现忆阻器与红外探测器的集成；研制感存算一体的红外智能感知硬件系统，实现在探测和目标识别等任务的演示验证；申请发明专利 ≥ 20 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 1 项。

2.7 新型自旋电子材料与高性能存内计算器件研制（基础前沿技术）

研究内容：针对传统电荷型存储器的能效和可靠性瓶颈，突破自旋电子材料物理和器件集成关键核心技术；研究自旋轨道矩全电控驱动自旋翻转物理机制统一模型及其对存内计算特性的调控规律，发展临界翻转电流密度不随器件微缩而显著增加的方法；研究反铁磁材料的电学操控技术及构筑反铁磁自旋器件；开发工业量产可行的高电荷流—自旋流转化效率、低电阻率材料体系和制备方法；建立关键自旋轨道矩材料物性对器件性能调控的工艺库标准；实现全电控新型自旋量子器件存内计算单元结构设计和验证。

考核指标：实现 CMOS 工艺兼容的高电荷流—自旋流转化效率、低电阻率材料体系 ≥ 2 种；实现反铁磁磁矩翻转的临界电流密度 $< 8 \times 10^6 \text{ A/cm}^2$ ，新型反铁磁自旋器件 ≥ 3 类；完成自旋轨道矩驱动型磁存储器关键材料工艺集成，磁存储器隧穿磁电阻率 $\geq 150\%$ ，能耗 $< 0.5 \text{ pJ/bit}$ ，写入次数 $\geq 1 \times 10^{12}$ ，数据保持 ≥ 10 年，实现全电控高效自旋轨道矩驱动磁存储器件单元阵列芯片，演示其读写及高并行存内计算功能；申请发明专利 ≥ 20 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

3. 大功率激光材料与器件

3.1 高性能 SESAM 材料器件及窄线宽泵浦半导体激光器关键技术（共性关键技术）

研究内容：开展可饱和吸收镜（SESAM）外延材料和生长技

术研究，优化可饱和吸收镜时间特性，缩短带间弛豫时间，开发低温生长吸收层材料和离子注入工艺，攻克外延材料生长、检测和表征及镀膜封装等关键技术，提高 SESAM 材料器件性能，开发实用化的低弛豫时间、高损伤阈值的 SESAM 器件；开展窄线宽泵浦激光器外延材料设计、波长稳定、非吸收窗口等研究，拓展 766、780、796、852nm 等新波长，提升窄线宽泵浦激光器性能；开展高均匀、低吸收玻璃的折射率调制度调控机制以及不同应用波长锁波体光栅损耗抑制与应用性能测试研究。

考核指标：半导体可饱和吸收镜(SESAM)：弛豫时间 $<500\text{ fs}$ ，损伤阈值 $\geq 3.5\text{ mJ/cm}^2@1064\text{nm}$ ；弛豫时间 $<12\text{ps}$ ，损伤阈值 $\geq 3.5\text{ mJ/cm}^2@1064\text{ nm}$ ，研制实用化高质量外延材料及商用化器件，实现 SESAM 核心器件应用。窄线宽泵浦半导体激光器：766、780、796、852nm 泵浦 LD，功率 $\geq 10\text{ W}$ ，线宽 $<0.05\text{ nm}$ ，研制的窄线宽 766 nm 等泵浦激光器，实现国产化应用。锁波体光栅：光栅厚度 $\geq 5\text{ mm}$ ，反射率 $15\%\pm 5\%$ ，半高宽 (FWHM) $<0.05\text{ nm}$ ，实现国产化应用。应用验证数量每个品种 ≥ 2 只，申请发明专利 ≥ 5 件，制定国家/行业/企业标准 ≥ 3 项。

3.2 千瓦级高功率特种光纤激光器（共性关键技术、部省联动项目）

研究内容：研究 $1\text{ }\mu\text{m}$ 波段单频光纤激光振荡、放大设计与制作、噪声产生及传递演化机理与抑制，突破线宽压窄技术、频率稳定技术、功率协同放大与稳定技术、光束质量优化技术等，研

制出单模块千瓦级低噪声窄线宽单频光纤激光器，掌握其相位噪声特性，支撑引力波探测及空间相干测速等领域应用；研究 2 μm 波段光纤激光种子源、Tm/Ho 共掺增益光纤激光功率放大、非线性效应抑制、高效热管理等技术，研制出高可靠千瓦级 2 μm 波段光纤激光器，支撑航空航天发动机燃烧流场诊断等领域的应用。

考核指标：1 μm 波段单频光纤激光器：工作波长 $\sim 1.0 \mu\text{m}$ ，单模块输出功率 $\geq 1 \text{ kW}$ ，线宽 $< 10 \text{ kHz}$ ，频率漂移 $< 1 \text{ MHz}/30\text{min}$ ，相对强度噪声 $< -160 \text{ dB/Hz}$ ，功率不稳定性 $< 1\%$ ，光信噪比 $\geq 55 \text{ dB}$ ，光束质量 $M^2 < 2$ 。2 μm 波段光纤激光器：工作波长 1.8~2.2 μm ，输出功率 $\geq 1 \text{ kW}$ ，线宽 $< 0.05 \text{ nm}$ ，功率不稳定性 $< 5\%$ ，光信噪比 $\geq 30 \text{ dB}$ ，光束质量 $M^2 < 2$ 。申请发明专利 ≥ 6 件，制定团体标准 ≥ 6 项。

3.3 激光材料及器件在线测试与自动化设计技术（共性关键技术）

研究内容：开展高置信度、高精度、功率密度 TW 级飞秒激光损伤测试研究，构建损伤测试平台。开展上升沿纳秒、加载高压万瓦级电光晶体开关测试研究，构建电光器件测试平台。开展自由曲面建模、折反光线追迹、智能化光学仿真软件研究，构建异构并行的智能化计算库。

考核指标：检测飞秒激光损伤能量密度 $\geq 0.6 \text{ J/cm}^2 @ 515 \text{ nm} \& 1030 \text{ nm}$ 、 $\geq 0.2 \text{ J/cm}^2 @ 343 \text{ nm}$ ，测量不确定度 $< 8\%$ ，脉宽 $< 500 \text{ fs}$ ；电光晶体消光比 $\geq 40 \text{ dB} @ 1053 \text{ nm} \& 1064 \text{ nm}$ ，测量不确

定度 $<10\%$ @30 dB, 加载电压 0~10000V (上升沿 $<15\text{ns}$)。具有包含自由曲面的多种面型、折反光线追迹、智能优化等功能。具有矩阵及数值迭代运算、傅里叶变换、图像卷积等异构并行智能化计算库, 含 100 余个核函数。技术就绪度 6 级, 对标国外 Zemax、Code V 光学设计软件的核心功能, 实现国产化应用。申请发明专利 ≥ 5 件, 软件著作权 ≥ 3 件, 制定国家/行业/企业标准 ≥ 2 项。

3.4 激光与非线性光学晶体高通量制备与表征(基础前沿技术)

研究内容: 发展激光与非线性光学晶体材料的计算设计软件, 开发激光与非线性光学材料高通量制备和表征技术及设备, 开展材料数据的机器学习研究, 建立材料化学组成、微观结构与吸收效率、发光品质、抗激光损伤阈值和非线性光学响应等关键性能之间的构效关系, 应用于新型深紫外非线性光学晶体、大尺寸低吸收的中远红外非线性光学晶体、大尺寸波长可调谐的黄光激光晶体、大功率高重频人眼安全波段激光晶体与器件和高质量中红外激光单晶光纤等材料的研制, 进而对大功率激光材料体系进行研究。

考核指标: 研发激光和非线性光学晶体材料计算设计软件 1 套和基于机器学习的材料筛选系统 1 套, 研制激光和非线性光学材料高通量制备和表征装置 ≥ 2 台(套)。深紫外非线性光学晶体: 截止边 $<200\text{ nm}$ 、尺寸 $\geq 4\times 4\times 5\text{ mm}^3$; 红外晶体器件尺寸 $\geq 8\times 8\times 30\text{ mm}^3$, 泵浦波长处吸收系数 $<0.03\text{ cm}^{-1}$, 中波和长波激光输出功率分别 $\geq 5\text{ W}$ 。黄光激光晶体: 尺寸 $\geq \Phi 50\times 50\text{ mm}^2$, 平均功率 $\geq 5\text{ W}$,

波长调谐范围 570~590 nm; 1.55 μm 激光晶体: 尺寸 $\geq 60 \times 60 \times 40 \text{ mm}^3$, 峰值功率 $\geq 2 \text{ kW}$, 重频 $\geq 500 \text{ kHz}$; 中红外激光单晶光纤: 直径达百 μm 级, 直径均匀性优于 10%, 单根光纤激光输出功率 $\geq 50 \text{ W}$ 。申请发明专利 ≥ 5 件, 制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项, 领域研究报告 1 项。

4. 青年科学家项目

4.1 基于氮化物半导体的纳米像元发光器件

研究内容: 研究 Micro-LED 从微米进入纳米尺度、结构从二维进入一维乃至零维的纳米尺度量子结构、光学微腔以及超表面结构的生长与制备方法; 研究包括表面等离极化激元、激子极化激元等准粒子的形成机制与非辐射能量转移机制, 探索超自发辐射、受激辐射等发光新机制; 研究超高量子效率、超低受激辐射阈值的纳米像元发光器件, 探索在微显示方面的应用。

考核指标: 衬底上 (≥ 2 英寸) 蓝光纳米像元发光器件: 发光单元尺寸 $< 500 \text{ nm}$, 显示分辨率 $\geq 10000 \text{ ppi}$, 发光效率 IQE $\geq 50\%$; 超辐射发光器件: 室温下表面等离极化激元、激子极化激元的拉比分裂和阈值 $< 1 \text{ kW/cm}^2$ 。申请发明专利 10 项, 其中 PCT 2 件。

4.2 纳米像元量子点发光材料与器件研究

研究内容: 研究新型量子点发光材料制备、结构调控和阵列化技术, 发展纳米像元量子点发光器件的制备方法与工艺, 开展电场调控纳米像元量子点发光器件的性能研究, 探索器件工作机

理，突破纳米像元量子点发光结构设计与电场驱动关键技术，研制纳米像元量子点发光原型器件。

考核指标：单色纳米像元量子点发光器件，分辨率 640×480 ，发光像元尺寸 $< 800 \text{ nm} \times 800 \text{ nm}$ ，亮度 $\geq 1000 \text{ cd/m}^2$ ，发光效率 $\geq 10\%$ 。申请发明专利 ≥ 10 件，其中 PCT 专利 ≥ 2 件。

4.3 中高压 SiC 超级结电荷平衡理论研究及器件研制

研究内容：研究 SiC 超级结结构的电荷平衡理论和电场调控机制；研究超级结器件结构参数对器件性能的影响规律和机制，探索具有低比导通电阻的器件结构及实现方法；研究具有高电场调控能力的终端保护结构；研发高深宽比超级结器件关键工艺技术和实现方法；研制低比导通电阻的 SiC 中高压超级结器件；研究超级结器件的可靠性并进行应用验证。

考核指标：建立起 SiC 超级结器件的电荷平衡基础理论，揭示器件结构参数和工艺条件对电荷平衡效果的影响规律和机制；超级结结构深宽比 $\geq 5:1$ ，器件阻断电压 $\geq 3.3 \text{ kV}$ ，室温下比导通电阻 $\leq 6 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}^2$ ；申请发明专利 ≥ 5 件。

4.4 GaN 基宽禁带半导体与 Si 半导体的单片异质集成方法与技术

研究内容：研究 GaN 基宽禁带半导体晶圆与 Si 晶圆的高强度异质键合技术；研究大尺寸 GaN 单晶薄膜的剥离与转移技术；研究异质集成晶圆上 GaN 基射频电子器件和 Si 半导体逻辑器件的兼容制造工艺技术；研究单片集成 GaN 与 Si 的材料热兼容性

和器件电磁兼容性；研究单片集成的 GaN 基器件和 Si 器件的可靠性及其加固方法。

考核指标：GaN 与 Si(100) 半导体单片异质集成晶圆中 GaN 薄膜位错密度 $< 1 \times 10^7 \text{ cm}^{-2}$ ，异质结构二维电子气迁移率 $\geq 2000 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ ，方块电阻 $< 400 \Omega/\text{sq}$ ；单片异质集成晶圆上的 GaN 基射频电子器件截止频率 $\geq 40 \text{ GHz}$ ，6GHz 时输出功率密度 $\geq 3.5 \text{ W/mm}$ ，功率附加效率 $\geq 50\%$ ，150°C 结温下 MTTF 大于 10^6 小时；Si(100) NMOS 晶体管的饱和电流 $\geq 100 \text{ mA/mm}$ ，开关比 $\geq 10^5$ ，125°C 下 MTTF 大于 10^6 小时；申请发明专利 ≥ 5 件。

4.5 GaN 单晶新生长技术研究

研究内容：开展 GaN 单晶衬底材料的新生长技术探索；研究 GaN 液相生长中的成核、传质运输、结晶生长机制；研究 GaN 中背景杂质控制、应力控制等关键技术；研究 GaN 中位错产生、湮灭、演化机制；研究 GaN 氨热法生长中的杂质控制与光学、电学性能调控技术；研究 GaN 助熔剂生长中的形核控制与大尺寸生长技术。

考核指标：用新生长技术制备的 GaN 单晶直径 ≥ 2 英寸、厚度 $\geq 1 \text{ cm}$ ，在 2 英寸面积范围内位错密度 $< 1 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$ ；n 型 GaN 单晶衬底电阻率 $< 20 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ ，半绝缘 GaN 单晶衬底电阻率 $\geq 1 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ ；申请发明专利 ≥ 5 件。

4.6 面向大功率激光应用的金刚石材料

研究内容：开展单晶金刚石钽元素掺杂技术研究，开发钽源

高效导入系统，突破高掺杂浓度关键工艺；探索铍掺杂单晶金刚石激光增益机理，开展金刚石基增益介质激光产生基础研究；开展低缺陷密度大尺寸光学级单晶金刚石拉曼晶体生长技术研究，突破大尺寸生长设备优化、应力控制、杂质及缺陷调控等关键技术；开展金刚石和激光增益介质超高真空表面活化技术研究，突破低界面热阻金刚石基复合增益介质异质集成键合技术。

考核指标：铍掺杂单晶金刚石材料：铍掺杂浓度 $\geq 10^{17}\text{cm}^{-3}$ ，其晶面（400）的 XRD 摇摆曲线半高宽 $<60\text{arcsec}$ ，金刚石的一阶拉曼位移半高宽 $<4\text{cm}^{-1}$ 。光学级单晶金刚石材料：尺寸 $\geq 20\times 20\times 30\text{mm}^3$ ，N、Si 等杂质浓度 $<1\text{ppm}$ ，B 杂质浓度 $<1\text{ppb}$ ，晶面（400）的 XRD 摇摆曲线半高宽 $<50\text{arcsec}$ ，金刚石的一阶拉曼位移半高宽 $<3\text{cm}^{-1}$ ，缺陷密度 $<10^5\text{cm}^{-2}$ 。金刚石和激光增益介质复合晶体：键合口径 $\geq \Phi 30\text{mm}$ ，界面热阻 $<4\times 10^{-4}\text{cm}^2\text{K/W}$ 。申请发明专利 ≥ 5 件。

4.7 基于氮化铝半导体材料的单细胞分析器件

研究内容：研究高性能压电薄膜材料的压电极化一致性机制，以及主体化合物合成与制备技术；研究新型压电薄膜材料及关键器件的制备及图形化技术；研究新型压电材料与微流控芯片技术的片上集成技术，以及基于图像技术的细胞形态学分析方法，实现对单细胞的检测与分选，推动单细胞分析示范应用。

考核指标：实现基于细胞固有生物物理特性的高灵敏度、无标记性、无损分析方法，器件性能达到单细胞分辨率，实现对单

个细胞>5 个角度的多角度形态学分析；器件分析通量>1 万细胞/分钟，细胞识别准确率>98%；细胞分析样机数量 ≥ 2 款；实现对 ≥ 5 种的肿瘤细胞系和 ≥ 3 种的临床细胞样品的实时检测与分析；临床验证实验数 ≥ 500 例；申请发明专利 ≥ 4 件。