

“十四五”国家重点研发计划“新型显示与战略性电子材料”重点专项2022年度项目申报指南

(征求意见稿)

1. 新型显示材料与器件

1.1 柔性显示用无镉无铅量子点发光显示关键材料及器件研究（共性关键技术，部省联动）

研究内容：研究无镉无铅高性能红、绿、蓝量子点发光材料及其功能材料关键技术，开发出无镉无铅量子点材料；设计适合于无镉无铅量子点的新型量子点发光二极管（QLED）器件结构，研究器件光电性能提升技术；研究无镉无铅量子点 QLED 器件的失效机理，开发出长寿命 QLED 器件；研制基于无镉无铅量子点的印刷 QLED 全彩柔性显示屏原型样机。

考核指标：红色 QLED 器件电流效率 ≥ 18 坎德拉/安培@ $CIE-x \geq 0.68$ ，寿命 $LT_{95} \geq 1,000$ 小时@1000 坎德拉/平方米；绿色 QLED 器件电流效率 ≥ 70 坎德拉/安培@ $CIE-y \geq 0.70$ ，寿命 $LT_{95} \geq 1,000$ 小时@1000 坎德拉/平方米；蓝色 QLED 器件电流效率 ≥ 6 坎德拉/安培@ $CIE-y < < 0.06$ ，寿命 $LT_{95} \geq 120$ 小时@1000 坎德拉/平方米；样机亮度 ≥ 250 坎德拉/平方米，色域 $\geq 100\%$ NTSC，分辨率 $\geq 4K$ ；申请发明专利 ≥ 20 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.2 基于计算-实验-数据融合的高光效窄谱带蓝光 OLED/QLED 发光材料与器件研究（基础前沿技术）

研究内容：研究基于计算-实验-数据融合的有机发光二极管（OLED）/QLED 发光材料设计方法，构建显示发光材料数据库，建设 OLED 和量子点发光材料高通量筛选平台；研究 OLED 分子结构、取代基团、主客体分子匹配，以及量子点核壳组成、表面配体、合成工艺参数等对材料发光性能及其稳定性的影响，开展蓝光材料结构、制备工艺和光电性能的智能化设计和筛选研究，研制高光效、高稳定性、窄谱带蓝光 OLED 材料和量子点材料；研究 OLED/QLED 发光材料反应合成与分离纯化过程的纳微尺度混合/传质强化技术，开发配套的高效合成和纯化工艺，研制 OLED 和 QLED 发光器件。

考核指标：材料计算-实验-数据协同筛选系统的数据量 ≥ 20 万条，材料高通量计算和高通量实验分别实现 ≥ 100 样品/批次；研制新型 OLED 分子材料 ≥ 3 种和新型量子点材料 ≥ 2 种，其中 OLED 蓝光材料(450-470 纳米)，FWHM < 20 纳米，单节器件 CIE-y < 0.05 ，效率 ≥ 9 坎德拉/安培、EQE $\geq 20\%$ 、寿命 LT95 ≥ 200 小时@1000 坎德拉/平方米；反应收率 $\geq 85\%$ ，纯度 $\geq 99.95\%$ ；OLED 材料合成批次量 ≥ 20 千克，纯化批次量 ≥ 10 千克；申请发明专利 ≥ 20 件，软件著作权 ≥ 1 件。

1.3 柔性显示用聚酰亚胺新材料关键技术（共性关键技术）

研究内容：建立透明耐高温聚酰亚胺（PI）新材料设计方法，研究耐高温透明 PI 单体纯化、浆料配比、涂膜工艺技术；开发透明耐高温柔性显示 PI 基板新材料和批量化生产工艺，开展透明柔性显示器件功能化验证；研究可显影 PI（PSPI）的光敏机理、PSPI 材料纯化与批量生产工艺技术，研究透明耐高温 PI 和 PSPI 柔性显示材料与生产工艺的匹配性技术，开展满足产品需求的柔性显示器件的应用验证。

考核指标：柔性 PI 基板透光率 $\geq 83\%$ ，浊度 $< 0.2\%$ ， $T_g \geq 460$ 度，热膨胀系数 $< 10^{-5}/\text{摄氏度}$ @100-400 摄氏度，抗拉强度 > 300 兆帕；PSPI 浆料粘度波动 $< 5\%$ @冷冻存储 6 个月，单种金属离子 $< 10^{-6}$ ，曝光量 < 300 毫焦，解析度 < 3 微米；两种 PI 材料的批量生产能力 ≥ 200 公斤级/批次，并导入 G4.5 代及以上量产线；申请发明专利 ≥ 20 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.4 柔性显示加工关键装备工艺技术开发（共性关键技术）

研究内容：研究面向柔性显示的高能量密度、高均匀性紫外线的激光剥离装备，研究高功率激光合束、匀化及线光斑整形技术，研究 PI 薄膜激光剥离界面烧蚀行为，以及 PI 薄膜与基板界面分离、冲击、碳化的精确调控技术；研究面向柔性显示的 PI 基底与蒸镀掩膜版的高精度电荷耦合器件

(CCD)对位系统技术,以及透明氧化物阴极沉积的低损伤溅射系统,实现与国产 OLED 柔性显示蒸镀装备的集成;研究面向柔性显示的高精度、高效率自动光学检测(AOI)装备,研究多视角、高动态、低对比度缺陷视觉成像技术。

考核指标:激光剥离扫描光斑长度 380~1300 毫米,最高光功率密度 ≥ 330 毫焦/平方厘米、光束指向补偿精度 ≥ 500 纳弧度,剥离扫描速度范围为 0~200 毫米/秒,长度方向光斑均匀性 $\geq 97\%$ (2σ); CCD 对位系统精度 $< \pm 5$ 微米;低损伤溅射系统基底温度 < 60 摄氏度,透明导电膜厚均匀性 $\geq 95\%$,透光率 $\geq 85\%$ @550 纳米;以 IZO 为透明阴极的顶发射绿光 OLED 器件的寿命 $LT_{95} \geq 2,000$ 小时@1000 坎德拉/平方米;检测成像精度 < 5 微米,点、线、划痕、裂纹等缺陷检出率 $\geq 99\%$,误检率 $< 5\%$;; 申请发明专利 ≥ 20 件,其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.5 OLED 显示玻璃材料关键技术开发(典型应用示范)

研究内容:面向 OLED 显示用配套玻璃材料,开展 OLED 显示用基板玻璃和超薄玻璃组成-结构-性能规律研究,开发满足特定生产工艺的玻璃配方;研究 OLED 基板玻璃熔化制备的热力学、动力学过程与温度场、流动场的高效协同机理,开发 OLED 基板玻璃高效熔化、澄清均化、精密成形等关键技术;研究基板玻璃应力弛豫机理,开发再热收缩率精细调控技术与装置;研究超薄玻璃成形的粘弹特性-流变特性规律,开发超薄玻璃一次成形、切割、强化技术。

考核指标: OLED 基板玻璃示范线熔化能力 ≥ 25 吨/天,

尺寸 ≥ 2200 毫米 $\times 2500$ 毫米，再热收缩率 $< 10^{-6}$ （600 摄氏度，10 分钟），线热膨胀系数 $(3.3 \sim 3.9) \times 10^{-6}$ /摄氏度，应变点 ≥ 720 摄氏度，杨氏模量 ≥ 80 吉帕斯卡，应力 < 50 磅力/平方英寸，厚度及偏差 0.4 ± 0.05 毫米和 0.5 ± 0.05 毫米，翘曲度 < 0.2 毫米，308 纳米紫外光透过率 $\geq 70\%$ ；柔性玻璃一次成形厚度 < 50 微米，有效板宽 ≥ 400 毫米，经过强化处理后，极限弯曲半径 < 1.0 毫米，落笔冲击高度 ≥ 12 厘米，连续弯折次数 ≥ 20 万次，铅笔硬度 ≥ 7 硬（hardness 硬度），透过率 $\geq 90\%$ @ $\lambda = 550$ 纳米，良品率 $\geq 50\%$ ；申请发明专利 ≥ 20 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 1 项。

1.6 面向 AR 应用的高像素密度 Micro-LED 微显示关键技术（共性关键技术）

研究内容：研究低缺陷密度和高均匀性的 LED 外延生长技术，研究 Micro-LED 发光效率提升的芯片工艺技术；研究 Micro-LED 芯片非接触电场激励发光检测技术、高像素密度 Micro-LED 芯片巨量转移与金属键合和坏点修复技术；研究 Micro-LED 显示低功耗和高画质驱动技术，开发全彩色 Micro-LED 微显示器件；研究基于 Micro-LED 微显示器件的高效率光线耦合技术，开发基于 Micro-LED 微显示的高性能 AR 眼镜。

考核指标：单色 Micro-LED 器件发光点像素间距 (pitch) < 8 微米，芯片尺寸 $< 5\mu\text{m}$ ；芯片检测率 $\geq 99.99\%$ ，键合良率 $\geq 99.99\%$ ，坏点修复后的不良率 $< 0.1\%$ ；全彩色 Micro-LED 显示器件像素尺寸 < 16 微米，分辨率 $\geq 960 \times 540$ ，峰值亮度

≥10000 坎德拉/平方米，灰度等级≥10 比特，刷新率≥120 赫兹；色域≥115%NTSC；AR 眼镜系统视场角（FOV）≥50 度，最高亮度≥2000 坎德拉/平方米，畸变<2%；发明专利≥20 件，其中 PCT 专利≥5 件。

1.7 高亮度 Micro-LED 投影显示关键技术研究(共性关键技术)

研究内容：研究适用于大电流密度工作的高效率 Micro-LED 显示芯片制备与键合技术，开发高亮度单色 Micro-LED 显示器件；研究 Micro-LED 显示器件的光束收集与整形技术，以及 Micro-LED 显示器件合色结构的光提取效率和发光均匀性的提升技术；研制 Micro-LED 投影显示的高分辨、低色散成像镜头和光学引擎模组，开发 Micro-LED 全彩色投影显示系统。

考核指标：单色 Micro-LED 显示屏尺寸≥0.7 英寸，分辨率≥1920×1080，红色亮度≥1,000,000 坎德拉/平方米，绿色亮度≥2,500,000 坎德拉/平方米，蓝色亮度≥300,000 坎德拉/平方米，刷新率≥120 赫兹；彩色 Micro-LED 投影显示尺寸≥100 英寸，光效≥5 流明/瓦，对比度≥10000:1，色域≥110% NTSC，均匀性≥90%（JBMA），畸变<1%；发明专利≥20 件，其中 PCT 专利≥5 件。

1.8 柔性 Micro-LED 显示关键技术研究（共性关键技术，部省联动）

研究内容：研究驱动电路走线设计、材料和膜层结构、

制造工艺对柔性 Micro-LED 显示的形变应力及电路电学性能和可靠性的影响，开发适用于 Micro-LED 显示的柔性驱动背板；研究适用于柔性驱动背板的高良率巨量转移技术，以及键合材料及键合区域的改性强化技术，开发 Micro-LED 芯片与柔性驱动背板电极键合工艺；研究键合材料与修复的可兼容性，柔性封装和模组集成技术，开发柔性 Micro-LED 全彩显示屏。

考核指标：全彩 Micro-LED 显示屏尺寸 ≥ 6 英寸，芯片尺寸 < 15 微米，像素间距 < 80 微米，分辨率 $\geq 1920 \times 960$ ，弯曲半径 < 10 毫米，峰值亮度 ≥ 2000 坎德拉/平方米，功耗 < 150 毫瓦/平方厘米（白场亮度 500 坎德拉/平方米）；申请发明专利 ≥ 20 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.9 近零功耗彩色电子纸显示材料与柔性显示器件（典型应用示范）

研究内容：研究电子纸彩色显示纳米粒子制备、墨水配制及高速、均匀、高精度大面积薄膜印刷制造技术；研究双稳态、近零功耗、高分辨率、彩色、柔性显示电子纸的像素结构、制造工艺、封装及器件驱动技术；形成柔性彩色电子纸的规模生产及应用。

考核指标：电子纸薄膜器件色度值 ($L^*a^*b^*$): 红 (20, 16, 7)、绿 (22, -17, 10)、蓝 (18, 4, -16); 显示色域 $\geq 50\%$ NTSC, 对比度 $\geq 20:1$, 响应时间 < 80 毫秒, 双稳态 $\geq 80\%$ (弯曲、断电 24 小时对比度保持率); 柔性显示屏 ≥ 10 英寸, 弯

曲半径<3 毫米，分辨率 ≥ 200 每英寸的像素点数，刷新次数 ≥ 100 万次，按压可靠性 ≥ 10 公斤力（按压下可正常工作），功耗<1.5 毫瓦/平方英寸；电子纸薄膜产能 \geq 万平方米/年，电子纸模组出货量 ≥ 10 万件；申请发明专利 ≥ 20 件，国家标准/行业/团体标准 ≥ 1 项。

1.10 全印刷薄膜晶体管(TFT)与电场调控驱动技术(共性关键技术)

研究内容：研究印刷 TFT 的半导体/绝缘层/电极材料、印刷半导体图案化和器件制备工艺技术；研制高电流开关比、高稳定性、高分辨率的全印刷有机及氧化物 TFT 器件阵列；研究电场直接调控的发光驱动一体化技术，研制发光驱动一体化原型器件；开展全印刷 TFT 与发光器件集成技术研究，研制全印刷 TFT 驱动的显示样机。

考核指标：低温工艺印刷绝缘层材料种类 2-3 种，单位电容 ≥ 300 纳法/平方厘米，漏电流密度 $< 10^{-7}$ 安培/平方厘米 @2 兆伏/厘米；全印刷 TFT 器件电流开关比 $\geq 10^9$ ，迁移率 ≥ 30 平方厘米/(伏特·秒)，在栅压应力下阈值电压漂移电压应力测试 PBTS < 1 伏特 @ $V_{gs}=10$ 伏特 @70 度， $V_{ds}=0.1$ 伏特，应力时间 1 小时；发光驱动一体化器件开启电压 < 3.5 伏特，红光效率 ≥ 25 坎德拉/安培；全印刷 TFT 驱动的显示样机尺寸 ≥ 3.5 英寸，分辨率 ≥ 120 ppi；申请发明专利 ≥ 20 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

1.11 集成屏下摄像头等传感技术的柔性显示微系统应用示范（典型应用示范，部省联动）

研究内容：研究柔性显示屏下摄像头、屏上毫米波天线或屏内指纹识别的设计方案、材料配方和合成技术；开发基于柔性显示屏下摄像头技术，屏上或屏内新型传感器的显示微系统；研究柔性传感设计与显示微系统集成的量产技术，形成新型可弯形态产品的批量化生产，以及柔性传感和显示微系统集成的典型应用示范。

考核指标：透明聚酰亚胺（CPI）基板在 430~460 摄氏度无翘曲发生，溢出气体量 $<500\text{ppb/秒}$ ；屏下摄像头（CUP）区域像素物理密度 $>400\text{ppi}$ ，透过率 $\geq 40\%$ ；新型柔性传感显示微系统样机尺寸 ≥ 6 英寸，分辨率 $\geq 400\text{ppi}$ ，摄像头区域和其附近区域亮度差 $<1.5\% @ 500$ 坎德拉/平方米，环境光照度 20 勒克斯条件下拍照成像清晰度 >1200 （每个图像高度的线宽， $\text{LW/PH}@TV\text{-line}$ ）；屏上毫米波天线电压驻波比 $<1.5 @$ 矢量网络分析仪；屏内指纹识别认假率 $<0.001\% @ \text{FVC}$ 指纹库，拒真率 $<0.1\% @ \text{FVC}$ 指纹库；柔性传感显示微系统导入 G4.5 及以上产线，批量生产能力 ≥ 100 张/批次；提供给手机等终端批量化应用；申请发明专利 ≥ 20 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 1 项。

1.12 LTPO 技术应用示范（典型应用示范）

研究内容：研究面向柔性显示的低温多晶硅与氧化物半导体复合（LTPO）技术，开发低漏电流、高稳定性的氧化物

半导体材料；研究新型柔性显示 LTPO 像素电路和背板技术，开发高低频自由切换的面板驱动电路系统；研究基于柔性衬底的 LTPO 量产技术，形成适用于中尺寸、新型折叠形态的宽驱动频率柔性显示产品的批量化生产，以及 LTPO 技术在柔性显示中的应用示范。

考核指标：氧化物 TFT 器件漏电流 (I_{off}) $\leq 10^{-16}$ 安倍，电流开关比 $\geq 10^9$ ，稳定性 (PBTS) < 1 伏特 @ $V_{gs}=30V@70$ 度，2 小时；可折叠形态的柔性显示样机尺寸 ≥ 10 英寸，驱动频率 1 赫兹-165 赫兹，闪烁 (Flicker) < -40 分贝 @ 可变刷新频率 (1 赫兹/165 赫兹频率直接切换， L_{127} 灰阶)，折叠次数 ≥ 40 万次 @ 内折 180 度 (30 次/分钟)；LTPO 技术导入 G6 及以上产线应用，柔性 OLED 显示屏量产 ≥ 1 万张大板；提供给手机等终端批量化应用；申请发明专利 ≥ 20 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 1 项。

2. 第三代半导体材料与器件

2.1 抗辐射 SiC 基功率电子器件及其在航天电源中的应用 (共性关键技术)

研究内容：开展高可靠低损耗碳化硅 (SiC) 基功率电子器件关键技术研究，以满足航天等领域能源系统对高抗辐射、高功率密度性能的需求；研究 SiC 基功率电子器件在辐射条件下的可靠性，特别是总剂量辐射和单粒子辐射的失效机理，构建辐射缺陷演化的物理模型；研究抗辐射 SiC 基功率电子器件的结构设计和关键制备工艺，优化栅氧介质、势

垒金属化、钝化层、终端等结构和工艺参数；研制满足航天应用的高可靠 SiC 基金属-氧化物半导体场效应晶体管（MOSFET）和 SiC 基二极管，并在航天电源中进行应用验证。

考核指标：研制出宇航用高可靠 SiC 基 MOSFET 和 SiC 基二极管，抗辐射总剂量 ≥ 100 千拉德硅，抗单粒子烧毁能力线性能量传输值 ≥ 75 兆电子伏特·平方厘米/毫克，最高工作结温 ≥ 200 摄氏度；SiC 基 MOSFET 额定电压 ≥ 650 伏特，抗单粒子烧毁能力阻断电压 ≥ 400 伏特，导通电阻 < 25 毫欧，导通电流 ≥ 50 安培，阈值电压 ≥ 3.0 伏特；SiC 基二极管额定电压 ≥ 800 伏特，抗单粒子烧毁能力阻断电压 ≥ 400 伏特，导通电流 ≥ 50 安培，正向电压 < 1.4 伏特；搭建宇航应用要求的抗辐射 SiC 基功率器件验证平台；开发基于 SiC 基功率器件的抗辐射电源，输入电压 ≥ 300 伏特，功率等级 ≥ 5 千瓦，最高效率 $\geq 97\%$ ，功率密度 ≥ 400 瓦/立方英寸；申请发明专利 ≥ 10 件，编制国家/行业/团体标准 ≥ 1 项。

2.2 面向轨道交通和智能电网应用的高压 SiC 基功率电子材料和器件（典型应用示范）

研究内容：研究 6 英寸 SiC 基功率电子材料中缺陷、杂质对器件性能的影响规律及表征方法，研究 SiC 基同质厚外延生长动力学规律和缺陷/应力控制技术；研究 SiC 基功率电子器件阈值电压漂移机制、高压电场平衡技术、负栅偏压和体二极管可靠性技术；研究高耐压、高可靠、低导通电阻 SiC 基 MOSFET 器件设计和制备技术；研究 SiC 基功率电子器件

高温可靠、高压绝缘、电磁干扰（EMI）抑制、低感互连、低热阻和兼具高红外发射率、高热导率的双功能辐射冷却材料等封装技术；开展 3.3 千伏和 6.5 千伏 SiC 基功率电子器件在轨道交通、智能电网中的应用示范。

考核指标：6 英寸 SiC 基同质外延薄膜厚度 ≥ 60 微米，厚度不均匀性 $< 5\%$ ，表面缺陷密度 < 0.5 /平方厘米，基平面位错密度 < 1 /平方厘米；3.3 千伏的 SiC 基 MOSFET 单芯片导通电阻 < 40 毫欧，比导通电阻 < 20 毫欧·平方厘米，半桥模块电流 ≥ 1000 安培，阈值电压 ≥ 3 伏特，可靠性要求通过负栅压 1000 小时耐久试验，阈值电压漂移不超过 10%；6.5 千伏的 SiC 基 MOSFET 单芯片导通电阻 < 60 毫欧，比导通电阻 < 40 毫欧·平方厘米，半桥模块电流 ≥ 600 安培，阈值电压 ≥ 3 伏特，负栅偏压满足长期可靠性要求；辐射冷却涂层红外发射率 ≥ 0.9 ，热导率 ≥ 2 瓦/(米·开尔文)；在轨道交通、智能电网中实现高压兆瓦级以上电力电子装置的应用示范，满载效率 $\geq 96\%$ ；申请发明专利 ≥ 10 件，编制国家/行业/团体标准 ≥ 1 项。

2.3 面向工业电机应用的 GaN 基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 衬底上高耐压、低漏电、低缺陷密度、低翘曲的厚膜氮化镓（GaN）外延生长技术；开发高工作电压、高可靠性 GaN 基功率电子器件的产业化制造技术，特别是用于耐压提升的电场调控技术；研究高耐压器件的动态电导退化机制和可靠性问题解决方案；研究面向高速精密伺服电机驱动的高效率、高功率密度整流与逆变技术，

研究高工作电压下 GaN 基器件高频驱动和开关噪声串扰抑制技术。

考核指标:实现 900 伏特耐压等级 GaN 基功率电子材料与器件的国产化规模制造；6 英寸及以上 Si 衬底上 GaN 基外延层厚度 ≥ 6 微米，厚度不均匀性 $<2\%$ ，位错密度 $<5 \times 10^7$ / 平方厘米，翘曲 <30 微米，GaN 基缓冲层纵向漏电 <0.01 微安/平方毫米@900 伏特；900 伏特耐压等级的 GaN 基平面结构器件比导通电阻 <6 毫欧·平方厘米，导通电阻 <50 毫欧，动态导通电阻上升在施加反向应力 1000 小时后 $<20\%$ ；10 千瓦三相 380Vac 高速电机驱动器输出基波频率 ≥ 2000 赫兹，开关频率 ≥ 50000 赫兹，效率 $\geq 98.5\%$ ，功率密度 ≥ 300 瓦/立方英寸；申请发明专利 ≥ 10 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.4 GaN 基纵向功率电子材料与器件研究（基础前沿技术）

研究内容:研究面向 GaN 基纵向功率电子器件的材料外延生长技术，研究 GaN 基材料中点缺陷及其对载流子输运特性的影响机制；研究 GaN 基纵向功率电子器件的终端保护技术和增强型器件实现方法；研究 GaN 基纵向功率电子器件关键制备工艺及异质外延衬底剥离技术；研制具有强雪崩能力和抗浪涌能力的低导通电阻、高耐压纵向功率二极管；研制高耐压、耐雪崩、低导通电阻、高阈值电压纵向场效应晶体管和高耐压双极型晶体管。

考核指标: GaN 自支撑衬底同质外延薄膜位错密度

$<1 \times 10^4$ / 平方厘米, Si 衬底上 GaN 外延薄膜位错密度 $<4 \times 10^7$ / 平方厘米, 漂移区厚度分别 ≥ 25 微米和 7 微米, 电子浓度均 $<1 \times 10^{16}$ / 立方厘米, 室温迁移率均 ≥ 1000 平方厘米/伏特·秒。同质外延和异质外延垂直型 GaN 基功率二极管耐压分别 ≥ 2500 伏特和 900 伏特, 比导通电阻分别 <2 毫欧·平方厘米和 1 毫欧·平方厘米, 同质外延 GaN 纵向功率二极管的抗浪涌电流能力 ≥ 11000 安培/平方厘米; GaN 基纵向场效应晶体管耐压 ≥ 1800 伏特, 阈值电压 ≥ 2 伏特, 比导通电阻 < 3.0 毫欧·平方厘米; GaN 基双极型晶体管电流增益 ≥ 20 , 耐压 ≥ 650 伏特; 申请发明专利 ≥ 15 件。

2.5 GaN 基互补型逻辑集成电路技术的基础研究 (基础前沿技术)

研究内容: 面向 GaN 基互补型逻辑集成电路的需要, 研究高性能增强型 n/p 沟道器件单片集成的外延结构及生长技术; 研究该结构中空穴输运性质及其调控技术、材料缺陷的影响机制; 研究 GaN 基 p 沟道场效应晶体管 (p-FET) 的阈值电压调控技术、低阻欧姆接触技术、开态电流提升与关态电流抑制技术; 研究 GaN 基互补型逻辑集成电路关键制备工艺, 研究器件稳定性和可靠性问题及其解决方案; 研究 n/p 沟道迁移率差异悬殊情况下的互补型逻辑电路设计方法; 研究多级、多功能 GaN 基互补型逻辑电路的设计及制备验证。

考核指标: 掌握满足 GaN 基互补型逻辑集成电路制备需求的外延设计、生长方法及制备技术, p 沟道区域空穴迁移率 ≥ 20 平方厘米/伏特·秒, 面电荷密度 $\geq 1 \times 10^{13}$ / 平方厘米;

p-FET 阈值电压 < -0.5 伏特，饱和电流密度 ≥ 10 毫安/毫米，电流开关比 $\geq 1 \times 10^6$ ，偏压温度不稳定性所致阈值漂移小于工作电压的 10%；实现电路仿真所需的器件模型，设计并制备出互补型逻辑电路，逻辑门输出电压摆幅达到供电电压，单级时延 < 10 纳秒，在室温至 300 摄氏度范围内维持正确逻辑功能；实现多级互补型逻辑电路与功率晶体管的单片集成；申请发明专利 ≥ 10 件。

2.6 高频宽带移动通信用滤波器关键技术研究（典型应用示范）

研究内容：研究满足高频宽带移动通信用滤波器研制需求的高阻 Si 衬底、AlN 衬底等材料关键制备技术；研究高频宽带通信用主要频段滤波器的设计仿真技术和关键器件制备工艺，发展标准器件工艺，形成批量生产能力；研究电路设计及仿真技术，解决高频宽带通信主要频段滤波器的工艺集成和批量生产技术，研究高性能、低成本高频宽带通信滤波器解决方案。

考核指标：在高阻 Si 衬底上研制出 20 吉赫兹-55 吉赫兹主要通信频段的微机电系统（MEMS）滤波器，插损最小点 < 0.8 分贝，带外抑制 > 40 分贝；在 AlN 衬底上研制出 3.0-6.0 吉赫兹主要通信频段的 BAW/FBAR/XBAR 滤波器，谐振器 Q 值 > 3000 ，滤波器插损最小点 < 0.8 分贝，带外抑制 > 45 分贝；6 英寸流片产能 ≥ 1 万片/年，滤波器产能 ≥ 1 亿只/年；申请发明专利 ≥ 10 件，编制国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.7 InGaN 基长波段 LED 关键技术（共性关键技术，定向委托）

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 ≥ 520 纳米绿光 LED 在 20 安培/平方厘米电流密度下 WPE $\geq 50\%$ ，流明效率 ≥ 240 流明/瓦；波长 ≥ 565 纳米黄光 LED 在 20 安培/平方厘米电流密度下 WPE $\geq 30\%$ ，流明效率 ≥ 180 流明/瓦；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 开尔文，显色指数 ≥ 90 ，灯珠流明效率 ≥ 150 流明/瓦，L70 寿命 ≥ 10 万小时；申请发明专利 ≥ 10 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.8 面向现代农业高效种养需求的 LED 技术及其示范应用（典型应用示范，部省联动）

研究内容：研究高效率近红外、红光和 UVB-LED 外延生长及芯片关键技术，研究高可靠性 LED 器件封装技术，以满足农作物繁育过程对 LED 光源的光谱优化需求；开发现代农业优质种子快速繁育与高价值作物优质、高效栽培的专用多光谱 LED 灯具及其配套光环境智能调控系统；研究基于 LED 光环境优质主粮作物快速繁育与高价值作物高效栽培

的光配方及其配套栽培关键技术；制定行业规范或技术标准，并开展规模化应用示范。

考核指标：波长 730 ± 5 纳米近红外 LED 在 35 安培/平方厘米电流密度下 $WPE\geq 55\%$ ；波长 660 ± 5 纳米红光 LED 在 15 安培/平方厘米电流密度下 $WPE\geq 80\%$ ；波长 310 ± 5 纳米 UVB-LED 在 20 安培/平方厘米电流密度下 $WPE\geq 8\%$ ；专用 LED 灯具光合光量子系统发光效率 ≥ 3.2 微摩尔/焦耳；研制出现代农业高品质主粮作物快速繁育与高价值作物高效栽培需求的专用高防护高可靠性 LED 灯具产品 ≥ 9 种，研发出 LED 光环境智能控制系统 ≥ 3 种；构建现代农业优质农作物快速繁育与高价值作物高效栽培需求的 LED 光配方 ≥ 15 种；主粮作物繁育周期缩短 $\geq 40\%$ ，亩产提升 $\geq 10\%$ ，高价值作物经济效益增加 $\geq 20\%$ 。建设示范基地 ≥ 2 个，专用 LED 灯具推广应用数量 ≥ 30000 套；申请发明专利 ≥ 10 件，制定相关国家/行业/团体标准或技术规范 ≥ 2 项。

2.9 面向生殖健康医疗需求的 LED 技术及专用系统研制（典型应用示范）

研究内容：研究具有窄光谱结构半导体 LED 材料与器件关键制备技术，开发基于氮化物半导体材料的超窄谱发光器件与芯片级光谱形态调控技术，研究生物相容的柔性发光芯片封装与阵列集成技术，以满足光医疗应用对 LED 多波段集成、多波段辐照度可调控、芯片可植入等功能需求；针对生殖健康医学问题，研究 LED 光的干预方法、作用机制和剂量设计理论；研发用于机理研究、动物试验与临床应用的

LED 光源装置和诊疗设备，并进行临床示范应用。

考核指标：研制出近紫外到近红外的多波段光谱自由组合及精确调控的 LED 光源芯片和装置，芯片辐射通量密度 ≥ 300 毫瓦/平方毫米；实现光谱半高宽 < 10 纳米的氮化物光源；研制出应用于生殖健康医疗的柔性 LED 器件，拉伸度 $\geq 150\%$ ；开发出 400-550 纳米、630-950 纳米波段复合光谱生物相容光源，光谱结构 ≥ 10 波段可调，调控精度 ≥ 256 级；目标光场的空间均匀性 ≥ 0.8 ，在生物体内运行时组织温升 < 1 摄氏度，满足生物相容性要求；建立机理和剂量理论，光辐照对生殖系统感染损伤等的治愈率 $\geq 90\%$ ；研制出生殖系统疾病专用 LED 诊疗设备 ≥ 2 种，每种设备完成临床试验 ≥ 200 例；制定相关国家/行业/团体标准或技术规范 ≥ 3 项，申请专利 ≥ 10 件。

2.10 大功率深紫外 AlGa_N 基 LED 发光材料与器件产业化关键技术（典型应用示范）

研究内容：面向大功率深紫外 LED 需求，研究 2~4 英寸蓝宝石衬底上深紫外 AlGa_N 基 LED 高量子效率发光有源区结构外延技术；研究低电压、高出光效率、大功率深紫外 AlGa_N 基 LED 芯片制备关键技术；研究深紫外 LED 高光提取效率、高气密性、低热阻封装技术；研究深紫外 AlGa_N 基 LED 的外延结构、器件和封装工艺等对器件失效和光衰的影响机制，发展器件标准化评价方法。

考核指标：研制出大功率深紫外 AlGa_N 基 LED 并实现

量产,深紫外 LED 单芯片封装后在 350 毫安电流下的输出光功率 ≥ 250 毫瓦(发光峰值波长 < 280 纳米),电光转化效率 $\geq 10\%$,寿命 $LT_{50} \geq 10,000$ 小时;2 英寸高性能深紫外 LED 外延芯片产能 ≥ 10000 片/年,4 英寸外延芯片产能 ≥ 2500 片/年;申请发明专利 ≥ 10 件,编制相关国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.11 高灵敏度宽禁带半导体紫外探测器及多元成像技术(共性关键技术)

研究内容:研究宽禁带半导体紫外探测材料外延生长的缺陷抑制、掺杂和均匀性控制技术;研究高增益日盲雪崩光电探测器、极紫外探测器、紫外单光子探测器及多元成像器件的结构设计和关键制备技术;研究盖革模式下紫外雪崩器件的暗计数产生机理和单光子检测方法,紫外光电探测器的失效机理、光电稳定性和可靠性评估方法;研究低噪音读出电路和封装技术,研究多谱段紫外辐照监测模组及多元成像技术。

考核指标:研制出室温下探测效率 $\geq 30\%$ 的紫外单光子探测器及 256×1 多元成像器件;实现雪崩增益 $\geq 1 \times 10^6$ 、具备单光子探测能力的日盲雪崩光电探测器;研制出工作波段 $5 \sim 200$ 纳米、响应度 ≥ 0.03 安培/瓦的极深紫外探测器;建立宽禁带半导体紫外探测器寿命预测模型和性能检测标准;面向火焰探测、污染物检测和深紫外光刻等应用,开发紫外辐照监控模组及产品 ≥ 3 种;申请发明专利 ≥ 10 件,编制国家/行业/团体标准 ≥ 1 项。

2.12 面向公共卫生等领域的深紫外 LED 模组和装备开发及应用示范（典型应用示范）

研究内容：研究深紫外 LED 光源的波长、功率等参数在不同照射时间、距离、温度等条件下对病毒和细菌的作用效果，建立相关参数与灭活效果之间的定量关系；面向公共卫生、物流等领域应用需求，开发典型病菌消杀的深紫外 LED 光源模组，开发用于消杀装备安全性设计需求的监控模组；开发面向公共卫生或物流等领域高安全性、智能化的深紫外 LED 消杀装备及系统解决方案，并开展应用示范。

考核指标：建立起深紫外 LED 光源参数与公共卫生等领域病菌灭活效果之间的定量关系，典型病菌 ≥ 5 种，并形成行业应用指导方案；研制出专用深紫外 LED 消杀光源模组，波长 < 280 纳米，输出光功率 ≥ 3 瓦，病菌消杀率 $\geq 99.9\%$ ；研制出用于公共场所的安全智能消杀装备 ≥ 10 种；形成面向公共场所消杀系统解决方案，深紫外消杀产品示范规模 ≥ 10000 台套；申请发明专利 ≥ 10 件；制定相关国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.13 波长短于 250 纳米的 AlGaIn 基深紫外 LED、紫外激光材料与器件关键技术（共性关键技术）

研究内容：研究 AlN 和高 Al 组分 AlGaIn 量子结构的外延生长技术，研究 Al 组分大于 70%的 p 型 AlGaIn 掺杂方法，突破 250 纳米发光器件 p 型掺杂瓶颈；探索 AlGaIn 基深紫外量子结构的量子限域、载流子输运、光发射与传播、光子与

电子耦合及其调控方法；研究波长短于 250 纳米的深紫外 LED 关键制备技术，特别是光提取效率提升技术；研究波长短于 280 纳米的深紫外 LD 激光材料，探索大注入、高增益、强光限域下激光器光限制结构效率提升方法与高质量谐振腔实现途径。

考核指标：Al 组分 $\geq 70\%$ 的 AlGaIn 外延层位错密度 $< 5 \times 10^7$ /平方厘米，Al 组分 $\geq 70\%$ 的 p-AlGaIn 空穴浓度 $\geq 3.0 \times 10^{18}$ /立方厘米；波长短于 250 纳米的深紫外量子阱内量子效率 $\geq 50\%$ ；波长短于 250 纳米的深紫外 AlGaIn 基 LED 芯片输出功率 ≥ 1 毫瓦；研制出波长短于 280 纳米的深紫外 LD 结构材料并实现激射；申请发明专利 ≥ 10 件。

2.14 GaN 单晶衬底材料制备产业化技术（共性关键技术）

研究内容：开展大尺寸 GaN 单晶衬底材料生长装备的温场、流场以及浓度场均匀性等关键技术研究，研究 GaN 单晶衬底材料的高速率均匀生长稳定性及一致性技术；发展大尺寸 GaN 单晶衬底的中试及量产技术，研究应力调控技术、缺陷控制技术以及可控掺杂技术；研究极低位错密度 GaN 单晶材料的制备技术；研究 GaN 单晶衬底的同质外延技术并开展器件验证。

考核指标：实现 6 英寸 GaN 单晶衬底中试研发，生产能力 ≥ 500 片/年；实现 4 英寸 GaN 单晶衬底量产，产能 $\geq 15,000$ 片/年；4 英寸量产及 6 英寸中试生产的 GaN 单晶衬底位错密

度 $<1\times 10^6$ /平方厘米，GaN 单晶衬底材料生长速率 ≥ 200 微米/小时，电阻率在 $0.01\sim 10^9$ 欧姆·厘米之间可控，其中导电性 GaN 单晶衬底电阻率 <0.02 欧姆·厘米，半绝缘 GaN 单晶衬底电阻率 $\geq 3\times 10^8$ 欧姆·厘米；4 英寸极低位错密度 GaN 单晶衬底位错密度 $<1\times 10^5$ /平方厘米；申请发明专利 ≥ 10 件，制定国家/行业/团体标准 ≥ 2 项。

2.15 AlN 单晶衬底制备和同质外延关键技术(共性关键技术)

研究内容：开展大尺寸、高质量 AlN 单晶衬底和模板材料生长技术及同质外延技术研究；研究高质量 AlN 晶体生长方法和缺陷调控机理；研究 2 英寸 AlN 晶片制备的量产技术；研究 4 英寸 AlN 模板的产业化核心技术；研究基于 AlN 单晶衬底和 AlN 模板衬底的同质外延生长技术，探索高性能同质外延器件的制备技术。

考核指标：4 英寸 AlN 单晶衬底 XRD (002) 面摇摆曲线半高宽 <500 弧秒；实现高质量 AlN 单晶衬底，位错密度 $<5\times 10^4$ /平方厘米，光吸收系数 <25 /厘米@265 纳米；2 英寸 AlN 单晶衬底位错密度 $<1\times 10^5$ /平方厘米，实现量产，产能 ≥ 200 片/年；4 英寸低位错密度模板材料的 AlN 层厚度 ≥ 10 微米，位错密度 $<2\times 10^7$ /平方厘米，实现量产，产能 ≥ 5000 片/年；AlN 单晶衬底上同质外延层位错密度 $<1\times 10^6$ /平方厘米，制备出波长在 265-280 纳米范围内的深紫外 LED 器件，IQE $\geq 80\%$ ；申请发明专利 ≥ 10 件，编制国家/行业/团体标准 ≥ 1 项。

2.16 镓系宽禁带半导体异质结构材料基因工程和信息感知器件（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基因工程研究，探索相关高通量计算设计和制备技术，研究固溶度、微结构、相变、极化、缺陷等与材料能带结构、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。

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）；发展出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；发展出基于材料基因组技术的新型异质结构设计、制备和表征方法 ≥ 3 项；申请发明专利或软件著作权登记 ≥ 10 件。

2.17 大尺寸氧化镓半导体材料与高性能器件研究（共性关键技术）

研究内容：研究大尺寸氧化镓单晶生长技术、缺陷形成机制及其抑制方法，研究单晶掺杂和电阻率调控技术，及其晶片整形、晶面调制和衬底加工技术；研究氧化镓薄膜的外延生长、缺陷抑制和背景载流子调控技术，研究氧化镓物相调控技术；研究

n型和p型可控掺杂技术和高效激活机制，探索异质结构制备、能带剪裁及界面控制工程；研究氧化镓的界面态抑制、低阻欧姆接触、高压复合终端等关键器件工艺技术，研制高性能功率电子器件和光电探测器件。

考核指标：氧化镓单晶衬底尺寸 ≥ 6 英寸，位错密度 $< 1 \times 10^4$ /平方厘米，n型掺杂衬底电阻率 $< 5 \times 10^{-3}$ 欧姆·厘米，半绝缘衬底电阻率 $\geq 1 \times 10^{10}$ 欧姆·厘米；氧化镓外延薄膜背景电子浓度 $< 1 \times 10^{16}$ /立方厘米，XRD摇摆曲线半高宽 < 90 弧秒，掺杂电子浓度在 10^{16} - 10^{19} /立方厘米范围可控，室温电子迁移率 ≥ 160 平方厘米/伏特·秒，掺杂空穴浓度 $\geq 2 \times 10^{15}$ /立方厘米；异质结构二维电子气面密度 $\geq 1 \times 10^{13}$ /平方厘米，室温迁移率 ≥ 120 平方厘米/伏特·秒；二极管击穿电压 ≥ 3000 伏特、导通电阻 < 10 毫欧·平方厘米，场效应晶体管击穿电压 ≥ 3000 伏特，导通电阻 < 15 毫欧·平方厘米，日盲紫外探测器响应度 $\geq 10^5$ 安培/瓦，响应时间 < 5 毫秒；申请发明专利 ≥ 10 件。

2.18 面向器件研制的大尺寸金刚石半导体材料制备和高效掺杂（基础前沿技术）

研究内容：研究大尺寸金刚石单晶材料的生长动力学规律、应力消除技术和缺陷控制方法，以及金刚石薄膜材料的外延生长规律和缺陷物理；研究金刚石p型和n型掺杂技术，特别是固溶度和激活效率提升机制；研究高稳定性、高电导金刚石表面终端结构的制备技术，探索载流子迁移率调控方法及其输运机制；研究金刚石器件结构、器件物理和关键制备工艺，研制高性能微波功率器件和探测器件。

考核指标：金刚石单晶衬底尺寸 ≥ 3 英寸，XRD（400）面摇摆曲线半高宽 < 200 弧秒，未掺杂金刚石同质外延薄膜非平衡电子或空穴迁移率寿命乘积 $\geq 1 \times 10^{-5}$ 平方厘米/伏特；掺杂金刚石外延薄膜 n 型和 p 型室温载流子浓度分别 $\geq 1 \times 10^{17}$ /立方厘米和 2×10^{18} /立方厘米；金刚石表面终端方块电阻 < 5000 欧姆/平方；金刚石微波功率器件输出功率密度 ≥ 4 瓦/毫米，金刚石光电探测器响应度 ≥ 100 安培/瓦，金刚石辐射探测器 α 粒子能量分辨率 $< 2\%$ ；申请发明专利 ≥ 10 件。

2.19 氮化物宽禁带半导体强耦合量子结构材料和器件（基础前沿技术）

研究内容：研究氮化物宽禁带半导体强耦合低维量子结构材料和器件。研究 GaN 基量子点结构中电声子相互作用和激子行为，研制室温光泵浦单光子发射器件；研究 GaN 基量子级联结构的原子级外延生长技术，研制太赫兹量子级联激光器；探索 GaN 基低维量子结构中自旋轨道耦合及其调控规律，研制室温自旋电子器件；探索 GaN 基半导体中基于自发极化和压电极化的突触器件特性，研制半导体高速忆阻器。

考核指标：实现基于 GaN 基量子点结构的室温光泵浦单光子源器件，发光波长 < 400 纳米，二阶相关度 < 0.15 ；GaN 基量子级联结构 ≥ 100 周期，厚度 ≥ 2.5 微米，实现 ≥ 1 太赫兹的太赫兹波发射；实现 GaN 基自旋光电/电子器件，室温自旋扩散长度 ≥ 200 纳米，自旋注入效率 $\geq 18\%$ ；实现 GaN 基半导体高速忆阻器，开关响应时间 < 85 皮秒；申请发明专利 ≥ 10 件。

3. 大功率激光材料与器件

3.1 大尺寸激光晶体材料制备的关键技术与应用研究 (共性关键技术)

研究内容：研究大尺寸激光晶体生长机理及结晶过程关键参数定量化技术，开发界面实时精准控制的激光晶体生长方法；研究大尺寸激光晶体缺陷的形成、发展、演变规律与机理，开发出晶体缺陷精确表征与抑制技术；研究大功率激光材料损伤行为及损伤机理，研制出可实现高功率激光输出的大尺寸、低损耗、高光学均匀性激光晶体材料。

考核指标：重频高功率脉冲激光所需的关键增益材料 Nd:CaF₂ 和 Nd:LuAG 晶体：元件尺寸≥120 毫米×120 毫米×10 毫米，散射损耗<0.0015/厘米，光学均匀性优于 1×10⁻⁵，抗激光损伤阈值≥15 焦耳/平方厘米；超快激光用大尺寸钛宝石晶体：元件尺寸≥Φ240 毫米×50 毫米，散射损耗小于 0.002/厘米，光学均匀性优于 5×10⁻⁵；高平均功率激光材料 Yb:YAG 和 Nd:LiLuF₄ 晶体：元件尺寸分别≥150 毫米×200 毫米×14 毫米和 100 毫米×50 毫米×1.35 毫米，散射损耗小于 0.002/厘米，光学均匀性优于 5×10⁻⁵；Yb:CaGdAlO₄ 和稀土掺杂倍半氧化物晶体：元件尺寸≥Φ50 毫米，散射损耗小于 0.002/厘米，光学均匀性优于 5×10⁻⁵。申请发明专利≥20 件；制定国家/行业/团体标准≥3 项。

3.2 晶体薄片加工及新一代增益器件制备（基础前沿技术）

研究内容：研究能量场动态调控的飞秒激光与材料作用微观成形/改性机理，揭示高精度低缺陷创成/散热结构控形控性机制；研究晶体薄片表面损伤、缺陷等对增益器件性能的影响规律，发展晶体内部改质分层切片、高散热效率微结构加工、高热导率辅助键合等制造新方法，掌握机械化学抛光、高抗损伤阈值镀膜等工艺技术；开发激光晶体增益器件制备工艺，实现高单脉冲能量的皮秒薄片激光应用验证。

考核指标：YAG、 Lu_2O_3 等晶体薄片：直径 $\geq\Phi 45$ 毫米，厚度100~200微米， $\text{Ra}<0.3$ 纳米@RMS，面型精度 $\text{PV}<\lambda/10@632.8$ 纳米，膜系损伤阈值 ≥ 1.2 焦耳/平方厘米@30皮秒；SiC热沉微结构：尺寸误差 <5 微米，与未制备散热结构的热沉相比散热效率提升5%；晶体薄片增益器件：高热导率辅助键合界面拉伸强度 ≥ 15 兆帕@-20~120摄氏度，插层厚度 <50 纳米，面内残余应力 <100 兆帕，封接复合热导率 ≥ 350 瓦/米/开尔文；晶体薄片皮秒激光器验证：单脉冲能量 ≥ 50 毫焦，重复频率 ≥ 2000 赫兹。申请发明专利 ≥ 20 件，制定国家/行业/企业标准 ≥ 1 项。

3.3 光纤激光器用高性能激光光纤（典型应用示范）

研究内容：研究镱离子配位场精确调控和增益多维度控制技术，抑制模式不稳定效应、非线性效应及热损伤；研究高性能增益光纤的新型结构设计、高均匀性掺杂技术和精确

拉丝技术，研制高模式不稳定和高非线性阈值的大模场高功率单模运转增益光纤；研究高消光比的保偏光纤结构，研制具有高模式不稳定、高非线性阈值和高消光比的保偏增益光纤。项目研制的增益光纤实现量产。

考核指标：高模式不稳定阈值增益光纤：模式不稳定（MI）阈值 ≥ 8 千瓦，承受连续功率 ≥ 10 千瓦，光束质量 $M^2 < 1.5$ ，数值孔径 $NA < 0.07$ ，吸收 ≥ 0.5 分贝/米@915 纳米；大模场单模运转增益光纤：模式不稳定（MI）阈值 ≥ 6 千瓦，承受连续功率 ≥ 20 千瓦，光束质量 $M^2 < 2$ ，数值孔径 $NA < 0.07$ ，吸收 ≥ 0.8 分贝/米@915 纳米，保偏光纤：双折射系数 $\geq 3.5 \times 10^{-4}$ ，高功率窄线宽线偏振激光输出 ≥ 3 千瓦，光光效率 $\geq 80\%$ ，线宽 < 0.2 纳米，光束质量 $M^2 < 1.3$ ，消光比 ≥ 12 分贝，无模式不稳定效应，拉曼抑制比 ≥ 20 分贝。研制的增益光纤实现大于 1,000 公里的应用验证。申请发明专利 ≥ 10 件。

3.4 高损伤薄膜光学器件及大口径光栅制备及工艺研究 (共性关键技术)

研究内容：研究纳米复合薄膜材料的生长机制和性能调控技术，发展 < 100 纳米空间分辨薄膜纳米吸收缺陷的无损表征方法；构建纳秒、飞秒、连续多运转模式、不同重复频率作用的激光损伤测试平台，研究连续激光作用下薄膜损伤失效机制，阐明飞秒激光作用下薄膜的非线性效应；开发基于光谱、色散复合监控的薄膜精确制备技术，突破大口径薄膜均匀性极限。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：宽带色散薄膜：700~900 纳米波段群延迟色散 $<\pm 100$ 平方飞秒，反射率 $\geq 99.5\%$ ，损伤阈值 ≥ 1 焦耳/平方厘米@800 纳米&20 飞秒；大口径超高损伤阈值双色镜：透射率 $\geq 99\%$ @800 纳米，反射率 $\geq 99.5\%$ @527 纳米，损伤阈值 ≥ 15 焦耳/平方厘米@527 纳米&5 纳秒，口径 ~ 500 毫米；超低吸收反射薄膜：吸收 $<$ 百万分之 0.3，损伤阈值 ≥ 5 兆瓦/平方厘米@1064 纳米；偏振无关合束光栅：波长 1060 ± 15 纳米，线密度 ≥ 1300 线/毫米，衍射效率 $\geq 98\%$ ，耐强光辐照能力 ≥ 70 千瓦/平方厘米，100 秒温升 < 2 摄氏度，口径~ 400 毫米；脉冲压缩光栅：波长 1053 纳米，对角线 ≥ 1.6 米，波面误差 $< 0.3\lambda$ ，波前梯度 GRMS < 30 纳米/厘米，衍射效率 $\geq 98\%$ ，损伤阈值 ≥ 1 焦耳/平方厘米@1 皮秒；锁波体光栅：光栅厚度 ≥ 5 毫米，反射率 $15\%\pm 5\%$ ，半高宽 (FWHM) < 0.05 纳米，实现大于 1,000 件的应用验证。申请发明专利 ≥ 10 件，制定国家/行业/企业标准 ≥ 1 项。

3.5 高性能 SESAM 材料器件关键技术(典型应用示范)

研究内容：研究可饱和吸收镜 (SESAM) 外延材料和生长技术，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。

考核指标:半导体可饱和吸收镜(SESAM)弛豫时间<500 飞秒, 损伤阈值 ≥ 3.5 毫焦/平方厘米 @1064 纳米, 弛豫时间<12 皮秒, 损伤阈值 ≥ 3.5 毫焦/平方厘米@1064 纳米, 寿命 $\geq 2,000$ 小时。研制实用化高质量外延材料及商用化器件, 研制的 SESAM 器件实现大于 500 件的应用验证; 申请发明专利 ≥ 5 件。

3.6 重频宽带大脉冲能量激光技术研究(共性关键技术)

研究内容: 研究面向百焦耳级重频宽带激光系统设计、高功率大面阵 LD 封装及均匀整形泵浦、增益介质高效热管理及热效应控制、重频大脉冲能量下光束质量控制、重频大脉冲能量宽带啁啾脉冲展宽压缩、激光传输放大过程光谱控制等关键技术, 开展激光系统集成技术与关键技术集成验证。

考核指标: 激光波长~1 微米, 脉冲能量 ≥ 100 焦耳, 重复频率 ≥ 10 赫兹, 脉冲宽度<10 纳秒, 光谱宽度(啁啾脉冲) ≥ 5 纳米, 光束质量<5 倍衍射极限, 主放大模块储能提取效率 $\geq 30\%$, 泵浦模块输出均匀性<1.2:1 (在 100 千瓦量级)。申请发明专利 ≥ 10 件, 制定团体标准 ≥ 6 项。

3.7 千瓦级高功率特种光纤激光器(典型应用示范, 部省联动)

研究内容: 研究 1 微米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; 研究折射率精确调控和掺杂离子体系

优化，突破适用于千瓦单频激光放大的高增益特种光纤制备技术，实现功率高效放大和光束质量保持；研制出单模块千瓦级低噪声窄线宽单频光纤激光器，支撑超远距离空间相干测速的应用；研究 2 微米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 微米波段光纤激光器，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 微米波段单频光纤激光器：工作波长~1.0 微米，单模块输出功率 ≥ 1 千瓦，线宽 < 10 千赫兹，频率漂移 < 1 兆赫兹/30 分钟，相对强度噪声 < -160 分贝/赫兹，功率不稳定性 $< 1\%$ ，光信噪比 ≥ 55 分贝，光束质量 $M^2 < 2$ ；2 微米波段光纤激光器：工作波长 1.8~2.2 微米，输出功率 ≥ 1.2 千瓦，线宽 < 0.05 纳米，功率不稳定性 $< 5\%$ ，光信噪比 ≥ 30 分贝，光束质量 $M^2 < 2$ 。申请发明专利 ≥ 6 件，制定团体标准 ≥ 6 项。

4. 前沿电子材料与器件

4.1 量子点纳米像元发光显示(QD-NLED)关键技术(共性关键技术)

研究内容：发展表面亲/疏水性能可控的量子点发光材料，研究量子点纳米像元的制备技术，重点发展纳米/亚微米尺度量子点高质量异相界面组装与转印成膜技术；设计并优化适用于亚微米/纳米像元的 QD-NLED 发光器件结构，突破 QD-NLED 漏电流抑制技术，发展新型微观形貌和光电特性测试表征技术；研究极高像素密度 QD-NLED 显示器件的干

涉消除和电场驱动技术，研制单色 QD-NLED 样屏。

考核指标：QD-NLED 发光阵列器件分辨率 $\geq 1024 \times 768$ ，发光单元尺寸 < 500 纳米 $\times 500$ 纳米，外量子效率 $\geq 15\%$ ；单色 QD-NLED 显示样屏像素密度 ≥ 11000 每英寸的像素点数，亮度 ≥ 1500 坎德拉/平方米，实现动画显示；申请发明专利 ≥ 20 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

4.2 集成成像光场显示关键技术（共性关键技术）

研究内容：研究光场显示用 2D 显示屏的高精细化像素结构，开发超高分辨率 2D 显示面板制造技术；研制高性能微透镜阵列和 2D/3D 切换显示的液晶微透镜等精密光学调控元件；开发结合人眼感知的光场渲染和 2D/3D 切换显示技术，研究集成成像光场 3D 显示的精密光学调控元件与高分辨率显示面板的大面积组装工艺，开发高性能集成成像光场显示系统。

考核指标：2D 显示屏尺寸 ≥ 27 英寸，物理分辨率 ≥ 600 ppi；集成成像光场显示系统空间带宽积 $\geq 10^8$ ，串扰 $< 5\%$ 、摩尔纹 $< 10\%$ ，视场角 ± 32 度，视点 ≥ 32 ，视点间隔 < 2 度，光场观看范围 ≥ 1 平方米，单视点分辨率 ≥ 326 ppi；2D 和 3D 显示亮度相同条件下，3D 显示功耗上升幅度 $< 20\%$ ；完成 2D/3D 切换功能开发；申请发明专利 ≥ 25 件，其中 PCT 专利 ≥ 5 件。

4.3 高频大带宽射频滤波关键材料与器件技术（共性关键技术）

研究内容：开展高性能射频滤波器用碳化硅基多层压电

复合薄膜材料研究，突破结构可控的高机电耦合系数的多层压电复合材料制备技术，研发具有高功率耐受性的滤波器结构和与之相适应的新型叉指电极材料；开展不同模式的声波在多层压电薄膜材料中的传播规律与控制技术研究，突破高品质因素、大带宽谐振器材料与器件制备关键技术，研发面向 5G 应用的高频大带宽射频滤波器。

考核指标：开发 2~3 种碳化硅基多层压电复合薄膜材料，机电耦合系数 $k^2 > 30\%$ ，高功率耐受性的新型叉指电极材料抗电迁移 ≥ 20 小时（在 210 摄氏度和 10^6 安培/平方厘米条件下）；谐振器频率 5-10 吉赫兹，品质因素 > 3000 ，功率耐受性 ≥ 38 分贝毫瓦；5G 应用大带宽射频滤波器相对带宽 $\geq 32\%$ ，插入损耗 < 1 分贝，带内波动 < 1 分贝，带外抑制 ≥ 45 分贝；申报发明专利 ≥ 20 件。

4.4 中红外气体检测材料与器件关键技术及应用（共性关键技术）

研究内容：研究宽增益中红外半导体激光材料与芯片设计制造技术，研究大面阵中红外探测器半导体材料生长及暗电流抑制技术，研究中红外激光气体检测核心部件驱动、温控与信号调理电路芯片设计技术，研究高光谱中红外气体成像技术，实现中红外气体检测材料与芯片自主可控和批量生产，研制高灵敏度、高可靠性、长距离灾害气体监测终端，实现在燃气、交通等重点行业的示范应用。

考核指标：中红外激光器波长包含 3.0~6.2 微米波段

(3.0~4.3 微米可调、单模输出功率 ≥ 30 毫瓦, 4.3~6.2 微米可调、单模输出功率 ≥ 200 毫瓦; 电光转换效率 $\geq 8\%$); 中红外探测器响应波长范围 3.0~6.2 微米可调, 分辨率达 10 纳米, 比探测率 $\geq 10^{10}$ 琼斯。气体检测量程(积分浓度): 甲烷、乙烷和丙烷 0~10000ppm·米, 乙醇 0~1000ppm·米, 一氧化碳、氰化氢 0~100ppm·米; 灵敏度(积分浓度)达 1 ppm·米, 精度 $\pm 2\%$ F·S; 面阵像素达百万级。中红外气体检测和成像仪年产能力 ≥ 5000 台套, 在省级市政、交管部门或龙头企业示范应用 ≥ 100 台套; 申请发明专利 ≥ 10 件, 制定团体标准 ≥ 3 项。

4.5 垂直沟道铟镓锌氧场效应晶体管动态随机存储器(DRAM)技术研究(基础前沿技术)

研究内容: 研究铟镓锌氧半导体成膜工艺和材料组份调控对垂直沟道层薄膜侧壁覆盖性、均匀性和电学特性的影响, 形成高质量垂直半导体沟道层的制备工艺方案; 研究基于垂直沟道的氧化物晶体管的器件结构和制备工艺, 建立器件结构-工艺-性能的协同优化策略, 实现高性能、高可靠性的氧化物晶体管器件; 基于垂直沟道的氧化物晶体管, 研究新型的 DRAM 单元集成结构, 开发三维堆叠工艺, 实现高密度 DRAM 单元。

考核指标: 制备的氧化物垂直沟道层满足 $L < 50$ 纳米, $W < 200$ 纳米, 垂直角度不低于 85 度; 研制垂直沟道氧化物晶体管器件, 其性能满足 $I_{on} > 2$ 微安, $I_{off} < 10^{-18}$ 安培, $SS < 100$ mV/decade, 400 摄氏度退火各项指标退化 $< 5\%$; 基于上述

器件实现工艺特征尺寸 <50 纳米，存储密度达到 $4 F^2$ 的 DRAM 单元结构，并实现三位堆叠，单元保持时间 >300 秒，写入时间小于 10 纳秒。

5. 青年科学家项目

5.1 新型镓化合物量子点发光材料研究

研究内容：研究新型的高光效窄峰宽镓化合物量子点材料体系，解决蓝色印刷 QLED 寿命短的技术瓶颈；研究新型镓化合物量子点材料合成和工艺参数等对所制备量子点材料性质的影响，优化量子点材料制备技术，研制新型镓化合物发光量子点的印刷型 QLED 器件结构。

考核指标：新型镓化合物量子点发光材料的发光峰波长在可见光范围内，半峰宽 <40 纳米，镓化合物量子点蓝色 QLED 器件外量子效率 $\geq 10\%$ 。

5.2 柔性双栅氧化物 TFT 器件与电路研究

研究内容：探究金属氧化物半导体中阴阳离子对深浅能级缺陷态和载流子的耦合调节机制，研制低缺陷高迁移率的新型氧化物半导体材料；研究双栅耦合电场下氧化物量子阱中载流子的传输机制，研制高稳定高性能的双栅氧化物 TFT 器件；探索低热预算柔性化制程诱发短沟道稳定性退化的原理，提出氧化物 TFT 的双栅结构和柔性工艺的针对性改进方案，研发面向柔性显示的高可靠像素阵列和驱动电路。

考核指标：氧化物 TFT 场效应迁移率 ≥ 60 平方厘米/伏

特·秒，1 小时正负栅压 (± 20 伏特) 温度 (80 度) 应力造成的阈值电压漂移量 $< |1 \text{ 伏特}|$ ；柔性氧化物 TFT 像素阵列间非均匀性 $< 5\%$ ，阵列基板行驱动电路 (GOA) 速度退化率 $< 10\%$ 。

5.3 基于原子层沉积氧化物半导体薄膜晶体管的 Micro-LED 驱动研究

研究内容：研制高性能、高可靠性氧化物半导体薄膜晶体管器件；设计 Micro-LED 显示驱动的大灰阶像素单元电路和高分辨率、高刷新率阵列周边电路，构建材料-器件-阵列的协同设计方法及驱动架构，探究驱动架构自反馈自适应的 TFT 驱动电流调制方法，研制超大规模 Micro-LED 驱动阵列。

考核指标：氧化物薄膜晶体管场效应迁移率 ≥ 30 平方厘米/伏特·秒，电流开关比 $\geq 10^{10}$ ；像素单元电路支持灰度等级 ≥ 10 比特，周边电路支持 4K 分辨率 1 赫兹 ~ 120 赫兹刷新率动态自适应调整。

5.4 高动态彩色激光全息三维显示关键技术研究

研究内容：探索动态全息三维显示的全息图快速生成和空间带宽积展宽方法，构建三维信息实时获取、场景信息重构和彩色全息图高效生成理论模型，研究人眼观看舒适的空间带宽积展宽、视场角扩展、散斑噪声抑制等彩色激光全息三维图像再现技术，研制出高动态彩色全息显示样机。

考核指标：高动态彩色激光全息三维显示系统的图分辨率 $\geq 10^7$ ，帧频 ≥ 24 赫兹，图像采样像素数 $\geq 65\text{K}$ 点；申请发明专利 ≥ 10 件。

5.5 高折射高透明聚环烯烃关键材料与聚合反应研究

研究内容：研究高透明、高折射率、高耐磨聚环烯烃树脂的结构与聚合反应机制；设计合成环烯烃结构的活性单体，以及聚合反应的高性能催化剂；研究环烯烃的分子结构，树脂的组成、微观结构、分子量及其分布等对其光学、热学、机械性能和成型工艺的影响；开展环烯烃树脂在显示领域的应用研究。

预期指标：折射率 ≥ 1.7 ，可见光范围的透过率 $\geq 95\%$ ，摩擦系数范围为 0.05~0.11，实现显示领域中的应用。

5.6 高性能长寿命晶态蓝光 OLED 器件研究

研究内容：发展晶态有机半导体薄膜的低缺陷态生长技术，探索高质量晶态有机半导体薄膜形成的科学规律；研究具有电传输、发光层主体、发光层客体等不同功能定位材料的晶态薄膜生长、分子取向等科学问题；开展影响晶态有机半导体材料与器件发光效率与稳定性的机理性研究；开展晶态 OLED 器件结构、晶态 OLED 电输运特性与寿命特性等方面研究，建立长寿命晶态 OLED 方案。

考核指标：发展出若干基于晶态有机半导体的薄膜体系，基于 OLED 器件构型且低电场与低电荷密度条件下，空穴迁移率达 0.1~10 平方厘米/(伏特·秒)，电子迁移率达 0.01~1 平方厘米/(伏特·秒)，蓝光 OLED 器件 (CIEy ≤ 0.4) 寿命 LT₉₅ ≥ 300 小时@3000 坎德拉/平方米。

5.7 大功率低插损 GaN 基开关关键技术

研究内容：面向大功率低插损 GaN 基射频开关研制需求，研究 GaN 基开关用外延材料高质量、高均匀性生长技术；研究高击穿电压、低导通电阻 GaN 基开关器件设计及制备关键技术；研究 GaN 基开关功率耐受机理、大功率低插损 GaN 基开关电路拓扑及设计技术。

考核指标：实现 4-6 英寸 GaN HEMT 外延材料高均匀生长，研发 Sub-6 吉赫兹典型频段大功率单刀双掷开关，功率达到 100 瓦量级；研发毫米波段典型频段单刀双掷开关，功率达到 20 瓦量级；申请发明专利 ≥ 2 件。

5.8 高维多自由度涡旋光场的调控机理与调控技术

研究内容：开展涡旋光场新型自由度调控机理、高维多自由度涡旋光场定制技术等研究，利用高维多自由度涡旋光场实现经典纠缠演示。

考核指标：涡旋光场的新型调控自由度 ≥ 3 ，最大经典纠缠态数目 ≥ 8 （纠缠维度 ≥ 3 ），通信加密维度 ≥ 20 。

5.9 大功率连续啁啾激光远距离单光子差分测距技术

研究内容：探索连续啁啾激光单光子差分探测原理，研究低量化非线性误差抑制与差分信息提取技术，实现啁啾激光脉冲压缩与远距离目标差分测距精度达亚毫米量级。

考核指标：连续啁啾激光探测距离 ≥ 30 千米，距离差分测量精度 < 1 毫米。

5.10 大功率高频段太赫兹激光器研究

研究内容：开展基于第一性原理的太赫兹激光动力学建模方法、大功率长波红外激光泵浦源及其主动稳频技术、太赫兹激光高效耦合及被动稳频技术等研究。

考核指标：太赫兹激光频率 ≥ 5 太赫兹（频点数 ≥ 2 ），平均功率 ≥ 250 毫瓦。

5.11 基于线性单光子过程的极紫外相干光源研究

研究内容：开展基于单光子过程的极紫外相干光源产生机理、高转化电泵浦亚稳态介质的产生技术、亚稳态介质与激励激光的高效率耦合技术等研究。

考核指标：光源波长 < 60 纳米，光通量 $\geq 10^{12}$ 光子/秒。

5.12 基于范德华外延的柔性氮化物纳米发光器件及显示阵列研究

研究内容：研究氮化物半导体材料的范德华外延技术，探索外延界面构筑方法和调控规律；研究外延应力和缺陷对InGaN/GaN量子结构发光效率的影响，以及柔性氮化物半导体纳米发光器件的制备工艺；研究纳米尺度发光器件中表面缺陷对发光性能的影响及其抑制方法，研制基于纳米发光器件的柔性显示阵列。

考核指标：柔性氮化物发光材料的内量子效率 $\geq 40\%$ ，柔性显示阵列像素密度 ≥ 5000 每英寸的像素点数，曲率半径 < 20 毫米。

5.13 虚实融合真 3D 显示机理与关键材料研究

研究内容：探究基于微纳结构的视角光场调控机理，发展信息密度非均匀空间排布方法，研究无视疲劳的真 3D 显示与虚实融合显示融合方法；研究基于微纳结构的虚实融合相位调控功能材料设计方法，探索彩色融合显示方法；研究大幅面高精度像素化复杂纳米结构光刻技术，发展大幅面纳米结构高效制备工艺，研制虚实融合彩色真 3D 显示样机。

考核指标：虚实融合彩色真 3D 显示视场角 ≥ 30 度 $\times 10$ 度，眼盒范围 ≥ 200 毫米 $\times 100$ 毫米，光透过率 $\geq 80\%$ ，3D 图像深度 ≥ 1 米。

5.14 基于阻变存储器件的神经网络脉冲动力学研究

研究内容：研究利用传统互补金属氧化物半导体（CMOS）工艺及阻变存储器件（如瞬态转变器件）产生脉冲信号并在时序上精确调控脉冲信号的技术；研究利用阻变存储阵列作为人工突触时的随机性、非线性阻值变化等非理想化特性；研究神经元与突触器件性能、脉冲神经网络结构、网络算法之间的优化关系；实现非传统计算功能的验证和演示。

考核指标：实现大于 1 兆比特的阻变存储器（突触）阵列和大于 2 千个脉冲神经元电路的集成；实现至少两种利用脉冲神经网络求解非线性时间复杂度问题的应用功能演示。

5.15 新型铅基铁电材料与器件集成技术研究

研究内容：针对物联网、可穿戴等应用对高速、低功耗存储器的需求，发展新型铅基铁电材料与器件集成关键核心技术。研究铅基铁电体的畴结构与极化翻转动力学过程；研究铁电存储单元与 CMOS 的匹配互连和集成，实现阵列集成；基于阵列数据的统计，研究材料-结构-性能之间的定量关系，优化阵列性能与可靠性；完成读写电路的设计与芯片存储功能验证。

考核指标：阐明铅基铁电畴结构与电畴翻转过程；在 CMOS 工艺线上实现铅基铁电的阵列，集成规模 ≥ 1 兆比特；阵列中器件的疲劳特性 $>10^{10}$ ；实现 1 款铁电存储芯片，实现数据存储功能验证。