

附件 4

“战略性先进电子材料”重点专项 2017 年度项目申报指南

为落实《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》和《中国制造 2025》等提出的任务，国家重点研发计划启动实施“战略性先进电子材料”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现发布 2017 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：面向国家在节能环保、智能制造、新一代信息技术领域对战略性先进电子材料的迫切需求，支撑“中国制造 2025”、“互联网+”等国家重大战略目标，瞄准全球技术和产业制高点，抓住我国“换道超车”的历史性发展机遇，以第三代半导体材料与半导体照明、新型显示为核心，以大功率激光材料与器件、高端光电子与微电子材料为重点，通过体制机制创新、跨界技术整合，构建基础研究及前沿技术、重大共性关键技术、典型应用示范的全创新链，并进行一体化组织实施。培养一批创新创业团队，培育一批具有国际竞争力的龙头企业，形成各具特色的产业基地。

本重点专项按照第三代半导体材料与半导体照明、新型显示、大功率激光材料与器件、高端光电子与微电子材料4

个技术方向，共部署35个研究任务。专项实施周期为5年（2016 - 2020年）。

2016年，本重点专项在4个技术方向已启动15个研究任务的27个项目。2017年，拟在4个技术方向启动15个研究任务的37-74个项目，拟安排国拨经费总概算为8.38亿元。凡企业牵头的项目须自筹配套经费，配套经费总额与国拨经费总额比例不低于1: 1。

项目申报统一按指南二级标题(如1.1)的研究方向进行。除特殊说明外，拟支持项目数均为1-2项。项目实施周期不超过4年。申报项目的研究内容须涵盖该二级标题下指南所列的全部考核指标。项目下设课题数原则上不超过5个，每个课题参研单位原则上不超过5个。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。

指南中“拟支持项目数为 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.面向新一代通用电源的 GaN 基电力电子关键技术

1.1 用于小型化电源模块的高速 GaN 基电力电子技术

研究内容：研究大尺寸 Si 衬底上高均匀性 GaN 外延生长技术；研究 Si 衬底上 GaN 基高速开关器件设计与产业化

制备技术；研究 GaN 高速器件动态导通电阻的衰退机制及其控制方法；研究适用于 GaN 基高速开关器件的驱动与系统集成技术；开发低寄生参数封装工艺；研究小型化电源模块，应用于通讯设备及新一代数据中心服务器等领域。

考核指标：6~8 英寸 Si 衬底上 GaN 基异质结构材料方块电阻 $<350 \Omega/\text{sq}$ ，方阻不均匀性 $<3\%$ ；100 V 场效应晶体管导通电阻 $<7 \text{ m}\Omega$ ，动态电阻上升 $<50\%$ ，建立动态导通电阻衰退模型；实现开关频率 $>1 \text{ MHz}$ 的无引脚封装；应用于开关频率 1 MHz 的 300 W 电源模块，转换效率 $\geq 96\%$ ；形成 6~8 英寸 GaN 基电力电子器件生产线；申请发明专利 15 项，发表论文 10 篇。

1.2 用于中等功率通用电源的高效率 GaN 基电力电子技术

研究内容：研究 Si 衬底上高耐压 GaN 材料外延生长技术；研究低动态导通电阻、高稳定性大电流功率开关管和二极管平面器件的设计与产业化制备技术；建立异质结构材料与器件的可靠性评价体系，研究器件的失效机理与高耐压、高可靠性提升技术；研究高效散热的封装技术；研发高效率电源模块，应用于太阳能逆变器等通用电源。

考核指标：Si 衬底上 GaN 基场效应晶体管击穿电压 $>1200 \text{ V}$ ，导通电阻 $<100 \text{ m}\Omega$ ，反向漏电 $<10 \mu\text{A}$ (@600 V)；Si 衬底上 GaN 基肖特基二极管击穿电压 $>1200 \text{ V}$ ，导通电压 $<1.8 \text{ V}$ (@15 A)，反向漏电 $<10 \mu\text{A}$ (@600 V)；建立器件高

压击穿机制和失效模型；实现开关频率 300 kHz 的 1 kW 太阳能发电用逆变器，转换效率 $\geq 98\%$ ；申请发明专利 15 项，发表论文 10 篇。

1.3 GaN 基新型电力电子器件关键技术

研究内容：研究新型常关型平面功率器件的设计与制备方法，提高阈值电压和沟道载流子迁移率；研究垂直结构高耐压二极管和功率开关器件；研究新型高耐压提升技术，研究 GaN 基功率器件的雪崩效应等防止电源失效的开关能量泄放机制；研发适用于高频开关电源的新型电路拓扑结构，实现超小型开关电源。

考核指标：常关型平面功率器件的阈值电压 $>3\text{ V}$ ，耐压 $>650\text{ V}$ ，增强型沟道峰值迁移率 $>600\text{ cm}^2/\text{Vs}$ ，动态电阻上升 $<25\%$ ；垂直结构二极管耐压 $>1500\text{ V}$ ，开启电压 $<1.2\text{ V}$ ；垂直结构三极管耐压 1500 V ，开态电流 $>5\text{ A}$ ；在新结构器件上实现稳定雪崩击穿效应；实现开关频率 10 MHz 、转换效率 $>80\%$ 、输出功率 10 W 的超小型电源模块；申请发明专利 20 项，发表论文 15 篇。

2. 超高能效半导体光源核心材料、器件及全技术链绿色制造技术

2.1 超高能效半导体光源核心材料及器件技术研究

研究内容：研究发光效率技术瓶颈，建立高效器件模型；研究基于多种新型衬底的高质量氮化物外延技术；研究高内

量子效率外延设计与量子限制技术；研究新型 p 型氮化物掺杂技术与载流子匹配高效发光器件；研究发光器件导波模式与表面出光结构耦合机制、高光提取效率器件工艺；开发高功率密度、高光通输出、热稳定性能优良的新型光源器件；研究新型高效低热阻集成封装技术；实现全组分低维材料可控制备与发光器件。

考核指标：实现超高能效半导体照明核心材料与器件，p 型 GaN 空穴浓度 $>5\times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ ，氮化物蓝光 LED 主波长 $455\pm 5 \text{ nm}$ ，外量子效率达到 80%；实现高效白光器件，白光 LED 在 $>5 \text{ A/cm}^2$ 注入电流下发光效率达到 280 lm/W；白光 LED 在 100 A/cm^2 注入电流下发光效率达到 160 lm/W；申请发明专利 20 项，发表论文 20 篇。

2.2 高效高可靠 LED 灯具关键技术研究

研究内容：开发大功率 LED 灯具用高效、高可靠性的散热技术与散热材料，研究灯具系统散热特性和热管理解决方案；研究能够提高灯具系统光效的新型光学材料、结构设计和封装技术；研究高温长寿命 LED 驱动电源技术。

考核指标：半导体照明灯具发光效率达到 160 lm/W，光品质满足国家照明设计标准要求；在 55°C 下燃点 1500 小时，灯具光通维持率和中心光强维持率不低于 95%；在 70°C 环境温度下，灯具电源寿命超过 3 万小时；大功率 LED 灯具应用数量超过 3000 盏；申请发明专利 15 项，发表论文 15 篇。

2.3 半导体照明产品全技术链绿色制造技术研究

研究内容：研究 LED 衬底、外延、芯片、封装、模组和灯具全链条各制造环节耗材和耗能减少的新材料、新技术和新工艺；研究 LED 光源及灯具制造的高效自动化节能生产技术；研究 LED 全链条制造环节消耗品的重复利用及回收技术；研究 LED 全链条绿色设计方案和节能环保材料的使用，实现 LED 全生命周期的资源高效循环利用及绿色制造。

考核指标：完成 2~3 套 LED 照明产品的绿色设计方案和原型产品，比普通 LED 照明产品全生命周期能耗降低 15%；建立一套 LED 全技术链绿色制造的评估方法；开发 2 项以上 LED 灯具绿色回收技术，建立 2 条 LED 全链条原材料的循环利用及回收示范线，实现资源循环利用效率提高 50%；申请发明专利 15 项，发表论文 15 篇。

3. 新形态多功能智慧照明与可见光通信关键技术及系统集成

3.1 新形态多功能室内智慧照明关键技术及系统集成

研究内容：研发新形态 LED 照明光源和灯具及与应用领域相结合的产品和集成技术；研发各类具有智能控制接口和功能的智慧照明关键技术和产品；开发智慧照明需求的传感关键技术和产品；研究基于物联网、云计算、大数据分析和人工智能的室内智慧照明及信息处理技术、通信协议和标

准；开发智能控制、传感技术、网络拓扑技术等系统集成技术，实现在智能家居、智能建筑等领域的应用示范。

考核指标：开发出 3 种以上智慧照明用高集成度、小型化、低功耗、高灵敏度的传感器；开发 5 种以上分别集成互联互通功能的新形态多功能智慧照明产品，光效 ≥ 160 lm/W；多功能智慧照明产品内置通信模块，数据传输速率不低于 9.6 kbps，可通过自主通信协议或 Zigbee、WiFi、BLE 等技术组网，并经由智能网关或 Internet 实现互联互通；实现与移动终端的自主组网和通过移动终端的远程控制；制定相关标准 2 项；实现在智能家居、智能建筑等领域应用示范（ ≥ 200 节点）2 项；申请发明专利 20 项，发表论文 20 篇。

3.2 室外智慧照明关键技术及系统集成

研究内容：针对室外智慧照明关键技术瓶颈，引入传感器、物联网、云计算、大数据分析挖掘等技术，开发多功能新形态照明产品，研发基于信息物理系统的室外智慧型 LED 照明应用系统；研究高可靠多功能系统集成技术，实现驱动、通信和环境参数采集的技术集成；研究室外应用环境中规划模式、控制策略、系统联动等系统技术集成，开展应用示范。

考核指标：开发 5 种多功能新形态照明产品，光效 ≥ 160 lm/W，可接入环境状态传感器；灯具可内置通信模块，并经由智能网关或 Internet 实现互联互通；道路照明系统通信带

宽 ≥ 1 Mbps，实现面向智慧交通、智慧城市的集成远程控制与数据传输、智能化场景控制、小型化传感及控制、照明等多功能控制系统的应用示范 2 项；制定相关标准 2 项；申请发明专利 15 项，发表论文 15 篇。

3.3 可见光通信关键技术及系统研发

研究内容：研发满足高速率可见光通信需求的照明、通信两用高带宽白光 LED 器件；研发高速可见光通信探测器及可见光接收机等可见光通信专用单片或准单片集成电路；研究针对单颗 LED 功率不小于 1 瓦的光源的驱动和高速调制技术，研发白光发射、接收模块及应用系统；研究可见光通信技术的系统集成，实现其在智能家居和智慧城市的应用示范。

考核指标：研发的白光 LED 器件功率 ≥ 1 瓦、光效 ≥ 100 lm/W 时，单波长带宽 ≥ 50 MHz；研发的高速可见光通信探测器及专用集成电路支持 100 Mbps 可见光通信应用需求；研发的白光收发模块在单颗 LED 功率 ≥ 1 瓦时，带宽 ≥ 160 MHz；研发的白光实时通信系统速率 ≥ 480 Mbps，通信距离 ≥ 1 m，平均误码率 $\leq 10^{-6}$ ；实现可见光通信应用示范 1~2 项；申请发明专利 15 项，发表论文 15 篇。

4. 半导体照明与生物作用机理及面向健康医疗和农业的系统集成技术与应用示范

4.1 面向健康照明的光生物机理及应用研究

研究内容：研究半导体照明对视觉系统的影响机理，开展不同光环境下的视觉功能、光损伤、脑力负荷、视觉效率、认知心理等方面的人因学研究并构建评价模型。研究并建立人体对不同光参数反应的生理病理数据库，进行国际比对。建立针对健康照明的光品质参数体系和视觉光损伤、舒适度等评价方法，开展健康照明的相关标准研制；根据视觉安全、健康舒适度和光品质要求，开发满足健康照明需求的 LED 照明产品并开展应用示范。

考核指标：建立多种光环境下视觉功能、视觉效率和光损伤的生理病理数据库（包括人眼基础屈光、高阶像差视觉传递函数、闪光融合频率等指标），样本量 ≥ 10000 人次；开展光参数国际比对实验 1 次；研制相关标准 ≥ 5 项；开发 2 种以上针对不同健康需求的 LED 照明产品并开展应用示范；申请发明专利 10 项，发表论文 40 篇。

4.2 LED 用于健康与医疗的机理研究与专用设备研制

研究内容：研究 LED 应用于神经、血管、皮肤和代谢等重大疾病的治疗和健康保健，揭示 LED 不同光谱的细胞生物学效应及其作用机制；形成 LED 治疗增龄性重大疾病的理论体系；优化 LED 健康和医疗应用光源参量（波长、功率密度、

能量密度、输出方式等)和技术方法; 研发相应的健康与医疗专用设备, 并开展应用示范。

考核指标: 形成 LED 面向健康医疗的指导方案, 制定 LED 用于健康与医疗标准或技术文件 4 项; 开发 LED 专用医疗设备 5 项, 设备使用寿命 ≥ 2000 小时; 开展 LED 医疗和健康应用示范 5 项; 申请发明专利 30 项, 发表论文 50 篇。

4.3 用于设施农业生产的 LED 关键技术研发与应用示范

研究内容: 研究 LED 光照影响种苗、叶菜、果菜、菌藻类等设施农业生产及病虫害防治的光生物学机理及其影响效用规律; 开发用于设施农业生产及病虫害防治的节能高效 LED 光源, 研发相应产品, 制定行业规范或标准; 开发用于设施农业生产及病虫害防治的 LED 技术装备, 及其性能评价和检测方法, 并进行产业化应用示范。

考核指标: 研制出设施农业生产和病虫害防治的专用 LED 光源系统和相关装备 10 种以上, 其中光合促进用光源的发光效率 $\geq 3 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{W}^{-1}$; 比传统光源节能 40% 以上, 寿命 > 20000 小时; 制定相关行业规范或标准 5 项以上; 专用 LED 光源应用推广数量 ≥ 10000 套, 开展种苗、叶菜、果菜、菌藻类工厂化生产及病虫害防治应用示范 5 项; 申请发明专利 30 项, 发表论文 20 篇。

4.4 用于设施家禽与水产养殖的LED关键技术研发与应用示范

研究内容：研究设施家禽和水产养殖中繁殖过程、生长发育、品质调控的LED光生物学作用机理，及对生物新陈代谢的反应效用规律；研制专用LED灯具及其光环境调控技术；研究相应产品与应用的性能评价和检测方法，并制定行业规范或标准；集成基于LED光照的设施家禽与水产养殖技术，并进行产业化应用示范。

考核指标：获取4种以上适于设施家禽和水产养殖的LED光要素特征参数，开发专用LED灯具4种以上；光环境智能可调，家禽与水产动物产量提高2%以上；专用LED灯具应用推广数量 ≥ 5000 套；制定相关行业规范或标准3项以上；开展基于LED光照的家禽与水产养殖应用示范4项；申请发明专利30项，发表论文10篇。

5.用于第三代半导体的衬底及同质外延、核心配套材料与关键装备

5.1 第三代半导体的衬底制备及同质外延

研究内容：研究GaN单晶生长过程中的应力控制、位错密度降低等关键技术；研究大尺寸GaN厚膜与衬底分离技术；研究极低位错密度GaN单晶材料生长的新技术；开发GaN单晶研磨抛加工等产业化关键技术；突破6英寸GaN单晶衬底的关键技术，实现4英寸GaN单晶衬底的规模制备；

突破 1~2 英寸 AlN 单晶衬底材料制备的关键技术;开展 2~4 英寸 AlN/Al₂O₃ 模板、其它新型模板衬底的产业化技术研究;开展第三代半导体同质外延技术研究及其在光电子和功率电子器件上的应用。

考核指标: 4 英寸 GaN 单晶衬底位错密度 $<5\times 10^5\text{ cm}^{-2}$, 厚度 $\geq 400\text{ }\mu\text{m}$, 年产能 5000 片; 6 英寸 GaN 单晶衬底位错密度 $<5\times 10^6\text{ cm}^{-2}$, 迁移率 $>600\text{ cm}^2/\text{Vs}$; 4 英寸 GaN 单晶衬底上同质外延材料位错密度 $<1\times 10^6\text{ cm}^{-2}$; 研制出 1~2 英寸 AlN 单晶衬底; 2~4 英寸 AlN 模板衬底位错密度 $<5\times 10^7\text{ cm}^{-2}$, 年产能 20000 片; 申请发明专利 30 项, 发表论文 20 篇。

5.2 第三代半导体核心关键装备

研究内容: 针对第三代半导体核心关键装备, 开展流场、温场设计的模拟和实验优化, 研制 4~6 英寸 GaN 衬底、1~2 英寸 AlN 衬底用氢化物气相外延 (HVPE) 和物理气相运输 (PVT) 生长装备, 研制高温金属有机化学气相沉积 (MOCVD) 生长装备; 探索第三代半导体材料新概念制备与测试系统; 开展半导体照明生产装备信息化技术、工业系统控制技术与装备的开发与集成研究, 构建半导体照明智能化工厂。

考核指标: 完成国产 HVPE 装备的研制并实现 6 英寸 GaN 单晶衬底材料的生长验证, 生长速度 $>100\text{ }\mu\text{m}/\text{小时}$, 厚度不均匀性 $<5\%$; 完成国产 PVT 装备的研制并实现 1~2 英

寸 AlN 单晶衬底材料的生长验证；研制国产高温多片 MOCVD 外延生长系统（2 英寸 15 片以上），外延生长温度 >1400℃；建成 1 条半导体照明智能化工厂示范线；申请发明专利 30 项，发表论文 15 篇。

5.3 第三代半导体核心配套材料

研究内容：开发高纯氮源、AlN 前驱体、稀磁半导体用高纯前驱体等新型有机源；研发适合近紫外光、紫光和高密度能量蓝光高效激发并形成高品质白光的新颖荧光粉和批量制备技术，及其在高密度能量作用下的结构变化、激发饱和、发光猝灭等性能变化规律；研发耐紫外光、高耐湿、高导热、高折射率的第三代半导体器件用关键封装材料。

考核指标：研制出 2~4 种新型高纯有机源，氮源、AlN 前驱体等高纯有机源的纯度均达到 6N；新型黄色荧光材料在 100 A/cm² 电流密度蓝光激发下比现有荧光材料的光效衰减幅度减少 50%；开发出 2~3 款适合氮化镓同质外延近紫外芯片高效激发的新型蓝色和绿色荧光材料；研制出 MSL 1 级耐湿抗紫外封装胶；研制出导热系数为 0.6 W/m·K 的高导热封装胶；研制出紫外线阻隔率 >98%、折射率 >1.7 的有机无机复合封装胶；申请发明专利 30 项，发表论文 15 篇。

6.新型显示产业链建设与产业化示范

6.1 印刷 OLED 显示材料产业化示范

研究内容：开发具有自主知识产权、性能达到国际行业商用级别的新型可溶性有机发光材料、主体材料的设计和制备技术；开发可溶性有机材料的公斤级放大合成及纯化技术；开发具有自主知识产权的印刷 OLED 墨水制备技术；实现印刷 OLED 红/绿/蓝三基色墨水的批量制备及其示范应用。

考核指标：可溶性材料 (@寿命=T95@1000nits)：红光：效率> 18 cd/A，寿命>8000 小时，绿光：效率> 60 cd/A，寿命> 10000 小时，蓝光：效率>5 cd/A，寿命> 1000 小时；材料实现批量制备与应用：小分子印刷 OLED 材料合成与纯化均>20 kg/批次，纯度≥99.5%；溶剂纯化 1000 升/月，纯度≥99.9%；印刷墨水：1000 升/月，粘度 3~15cPs。

6.2 8.5 代印刷 OLED 显示产业化示范

研究内容：研究彩色印刷 OLED 显示器件制程工艺；结合 8.5 代印刷装备，开发彩色印刷 OLED 显示面板制造工程化技术，研制出 55 英寸彩色印刷 OLED 显示器件，建立 8.5 代电视用大尺寸彩色印刷 OLED 显示产业化示范。

考核指标：建成 8.5 代电视用大尺寸彩色 OLED 面板印刷制造示范基地。开发出大尺寸彩色印刷 OLED 显示器件，

彩色印刷 OLED 显示尺寸 ≥ 55 英寸，显示分辨率 3840×2160 ，显示亮度 $> 500 \text{ cd/m}^2$ ，器件工作寿命 > 3 万小时。

6.3 量子点背光关键技术开发与应用示范

研究内容：研究量子点材料在胶体的分散工艺，研究胶体对量子点光转换效率以及水氧阻隔技术，开发大面积量子点彩色增强膜及其制造技术；研究新型量子点柔性导光技术，开发量子点调光混色技术、量子点功能膜与其它光学膜片的光学匹配技术；开发高导光效率新型量子点背光模组技术；开发基于高性能量子点背光的电视机或显示器，实现规模量产应用。

考核指标：量子点色彩增强膜：基色半峰宽 $R \leq 28 \text{ nm}$ ， $G \leq 30 \text{ nm}$ ；（@温度 65°C ，湿度 95% ， 1000 小时加电老化）膜的亮度衰减 $\leq 15\%$ ，CIE 坐标漂移 Δx 和 Δy 均 ≤ 0.01 ；量子点功能膜： $\text{Cd} < 100 \text{ ppm}$ ； $\text{Pb} < 1000 \text{ ppm}$ ；量子点背光模组：亮度均匀性 $\geq 90\%$ ，背光效率 $\geq 65 \text{ cd/W}$ ；基于量子点背光的电视机或显示器：尺寸 ≥ 40 英寸，色域 $\geq 110\% \text{ NTSC}$ ，亮度 $\geq 500 \text{ cd/m}^2$ ；实现 50 万台/年的规模量产及应用示范。

6.4 柔性基板材料关键技术开发与应用示范

研究内容：开发适用于柔性和可穿戴显示的柔性聚合物基板材料的设计及其制备技术，开发柔性 OLED 显示用聚合物基板的放量与纯化技术，实现基板材料的规模量产；结合

柔性 OLED 面板制程,实现中小尺寸柔性和可穿戴 OLED 显示产业应用。

考核指标: 玻璃化转变温度 $>450^{\circ}\text{C}$; 1%热失重温度 $>500^{\circ}\text{C}$; 热膨胀系数 $<5\text{ ppm/K}(@\text{室温到 } 400^{\circ}\text{C})$; 杨氏模量 $>2\text{ GPa}$; 抗拉强度 $>100\text{ MPa}$; 实现中小尺寸柔性 OLED 显示的批量应用。

6.5 超高密度小间距LED显示关键技术开发与应用示范

研究内容: 开发适用于超高密度小间距 LED 显示的高性能芯片与封装材料和裸眼 3D-LED 显示材料, 开发像素级光学设计技术、高精度驱动控制技术、智能化人机交互技术、高精度封装拼接技术、裸眼 3D-LED 显示技术、实时在线光电参数采集和测试评估技术, 研制出高性能超高密度 LED 显示阵列模组, 实现超高密度全彩 LED 大屏幕拼接显示规模生产及应用示范。

考核指标: 产品像素点间距 $\leq 0.8\text{mm}$ (实像素), 样机像素点间距 $\leq 0.5\text{mm}$ (实像素); 屏幕亮度均匀度 $\geq 98\%$; 屏幕色坐标一致性 $\leq 0.005\text{xy}$; 功耗 $\leq 120\text{ W/m}^2$ (@亮度 400cd/m^2); 对比度 $\geq 10000:1$; 灰度等级 $\geq 16\text{ Bit}$; 亮度 $200\sim 1000\text{ cd/m}^2$ 可调; 样机阵列模组尺寸精度 $\leq 10\text{ }\mu\text{m}$; 样机阵列模组拼接精度 $\leq 20\text{ }\mu\text{m}$; 发明专利 ≥ 20 件; 实现规模量产: 像素点间距 $\leq 0.8\text{ mm}$ 的产品产能 1.5 亿元人民币; $0.8\text{ mm} < \text{像素点间距} \leq 1\text{ mm}$ 的产品产能 8.5 亿元人民币。

7. 高光束质量、低阈值、长寿命、低成本红绿蓝 LD 材料及器件关键技术与工程化研究

7.1 高光束质量、低阈值、长寿命、低成本红光 LD 材料及器件关键技术与工程化研究

研究内容：针对激光显示对红光 LD 的光谱、光束质量、效率、功率、寿命、成品率等严格要求，研究 AlGaInP 材料体系的组分及载流子泄露问题；开展外延结构与器件的优化设计，研究低缺陷、低光波导损耗生长工艺，降低阈值电流密度、提升受激辐射量子效率，提高光束质量，改善温度特性；优化腔面的无吸收、钝化以及镀膜工艺，提高腔面损伤阈值，提高输出功率；研发 LD 外延生长、工艺制作及器件封装的相关测试设备。

考核指标：实现 ~ 640 nm 红光半导体激光器单管最大输出功率 > 1 W (40°C)，电光效率 > 35%；红光激光器生产成本降到 5 美元/W 以下，寿命 > 2 万小时；申请发明专利 20 项，技术标准 2 件，形成创新创业团队 2 个。

7.2 高光束质量、低阈值、长寿命、低成本蓝绿光 LD 材料及器件关键技术与工程化研究

研究内容：针对激光显示对蓝绿光 LD 的光谱、光束质量、效率、功率、寿命、成品率等严格要求，研究 AlInGaIn 材料体系的组分及 p 型掺杂活化等调控 LD 发光特性技术；开展外延结构与器件的优化设计，研究低缺陷、低光波导损

耗生长工艺，降低阈值电流密度、提升受激辐射量子效率，提高光束质量，改善温度特性；优化腔面的无吸收、钝化以及镀膜工艺，提高腔面损伤阈值，提高输出功率。

考核指标：实现 ~ 450 nm 蓝光、~ 520 nm 绿光半导体激光器单管最大输出功率分别 > 1 W 和 0.5 W，电光效率分别 > 30% 和 10%；蓝光和绿光激光器生产成本分别降到 7 美元/W、20 美元/W 以下，寿命 > 2 万小时；申请发明专利 30 项，技术标准 3 件，形成创新创业团队 3 个。

8. 千瓦级准连续全固态激光材料与器件关键技术

8.1 千瓦级准连续全固态激光材料与器件关键技术

研究内容：研究高功率高光束质量半导体激光芯片技术；研究高重频、大能量纳秒脉冲对激光晶体及光纤材料的损伤机理；研究高功率密度脉冲激光无损剥离金属材料表面附着物机理；研究高效泵浦技术、高功率振荡器高效脉冲关断技术、脉冲激光放大中的功率提取技术；开展大梯度低损耗石英材料熔接技术、千瓦级高功率准连续激光光纤耦合关键技术、千瓦级百纳秒准连续激光器整机集成技术研究。

考核指标：研制出功率 > 30 W、光谱线宽 < 1 nm、光束质量 $M^2 < 2$ 、寿命 ≥ 2 万小时的半导体激光芯片及高效泵浦技术；开发出关断功率 > 1 kW、重复频率 ~ 20 kHz、脉宽 < 100 ns 的 400 μm 光纤耦合全固态准连续激光器；研制出适用于千瓦级准连续激光器的大梯度（400 μm :8mm）端帽直接熔接

技术及熔接损耗 < 2% 的传能光缆；申请发明专利 50 项，发表文章 20 篇。

9.超短脉冲、单频及中红外激光材料与器件关键技术

9.1 超短脉冲、单频及中红外激光材料与器件关键技术

研究内容：面向高端精密制造、探测、科研等应用需求，研究高峰值功率超快激光核心器件与关键技术，发展高效率超短脉冲啁啾放大技术以及色散补偿和脉冲压缩技术，突破 ~ 300 W 精细加工用超快激光器关键技术，探索获得高通量阿秒脉冲激光的方法；突破固体单频激光器及高效高功率中红外激光器关键技术。

考核指标：研制出平均功率 ~ 300 W、~ 20 ps、~ MHz 超快激光器工程化样机；建成单脉冲 ≥ 100 nJ、波长 ≤ 50 nm 的百阿秒激光装置；研制出单脉冲 ≥ 20 mJ、脉宽 ≤ 300 ns 的 1645 nm 调 Q 单频固体激光器及平均功率 ≥ 100 W 的 1064 nm 连续单频固体激光器，种子线宽分别小于 100 kHz 及 1 MHz，稳定性均优于 $\pm 1\%$ ；开发出波长 1.5 ~ 5 μm 连续可调的纳秒脉冲中红外激光器，平均功率：30W@2.1 μm ，10W@4.3 μm ；功率稳定性（RMS）： $\leq 3\%$ @8 小时；申请发明专利 30 项。

10.半导体光传感材料与器件关键技术及应用

10.1 气体有源红外光传感材料与器件

研究内容：研究红外半导体激光/探测材料的外延生长技术，研制气体传感用中远红外有源光传感材料与器件，近红

外波长可调谐和大功率单纵模有源光传感材料与器件，中远红外低噪声半导体探测材料与器件，基于微腔激光器及集成器件的光学传感器，研究红外气体传感半导体激光器集成封装技术，构建基于可调谐半导体激光吸收光谱技术的可同时探测多种气体的监测系统，实现其在环境监测或工业安全等领域的示范应用。

考核指标：1.5 ~ 1.8 μm 波段波长可调谐室温连续激光器，功率 > 10 mW、波长调谐范围 > 10 nm；2 μm 波段室温连续工作半导体激光器，单模输出功率 > 10 mW；2.8 ~ 4.0 μm 波段室温连续工作激光器，功率 > 10 mW、波长调谐范围 > 10 nm；4 ~ 12 μm 波段室温连续工作中远红外半导体激光器，单模输出功率 > 500 mW。实现与环境污染、工业安全相关气体的快速、实时高灵敏传感检测，甲醛、氮氧化物、二氧化硫、一氧化碳、二氧化碳、氯化氢、氨气、乙炔、甲烷的检测灵敏度优于 1 ppm，丙烷检测灵敏度优于 100 ppm。

10.2 微纳生化传感材料与器件

研究内容：研究面向传感应用的金属微纳结构材料、负折射率超材料和高增敏微纳结构材料；研究基于纳米光子学生化传感、微纳机械结构谐振子传感、聚集诱导发光基元生化传感的新机理，发展具有实时、便携和快速分析功能的检测新技术、新方法；研究高性能微纳生化传感器芯片与微纳流体材料前处理单元、传感检测单元的系统集成技术；实现

高通量、高性能微纳生化传感技术在癌症早期检测或环境监测等领域的应用。

考核指标：高通量、高性能微纳生化传感器芯片 3~4 种，单芯片上传感单元数量不少于 9 个，传感单元的重复性 > 90%，样品消耗量 < 50 μL ，分析时间 < 10 分钟，癌症标记物检测限 < 10 ng/ml；微纳机械结构谐振子生化传感器 Q 值 > 500。搭建折射率传感灵敏度优于 1×10^{-5} RIU、参数不少于 6 个的快速生化检测系统。

10.3 光纤传感材料与应用

研究内容：研究大容量、多参量传感光纤，高性能耐高温传感光纤，多芯结构传感光纤；高温、高压、高增敏的光纤光缆；半导体窄线宽激光器/可调谐激光器；高灵敏、大动态范围、低功耗、大尺度的高性能光纤传感器及大容量、多参量的传感系统；全光纤分布式声传感技术和全光纤连续分布式温度、应变传感系统；实现其在国家重大工程或物理海洋领域的典型示范应用。

考核指标：大容量、多参量传感光纤损耗 < 0.5 dB/km，光纤强度 > 50 N，单根传感光纤上光栅的数量 ≥ 10000 个；耐高温光纤材料及光纤传感器能在 700 $^{\circ}\text{C}$ 下稳定工作。用于高精度测量线宽 < 5 kHz 的窄线宽激光器；分布式声传感器传感距离 > 8 km，光纤压力传感器精度优于 0.1%，加速度传感器灵敏度优于 10 ng，研制出干涉仪集成的多芯光纤传感器；

温度应变传感系统传感距离 > 80 km，光纤水听器灵敏度优于 -120 dB (re Rad/ μ Pa)。构建 40 km 周界安全系统、8 km 分布式声音监听系统、形变传感分辨率优于 1×10^{-10} 的光纤地震台网、复用数 > 4000 个的传感系统。

11. 新型高密度存储材料与自旋耦合材料研究

11.1 新型高密度存储材料与器件

研究内容：研究阻变存储器与相变存储器材料的设计、筛选、优化及器件结构设计，获得低功耗、高可靠、抗串扰、性能均一、易于大规模集成的存储器单元；研究选通器件的材料筛选与结构设计；研究与半导体集成的新型铁电/多铁存储材料与器件；研究同步实现信息存储、逻辑、运算、信息编/解码功能的多功能信息存储器件；解决存储单元的功耗、读写速度、可靠性、高密度集成、柔性化制备等关键技术；研究用于可穿戴设备的存储器件的柔性化制备工艺以及柔性化引起的相关效应。

考核指标：研制出 3~6 种可实用的高密度存储材料；研制出的存储单元存储窗口 > 10、擦写次数 > 10^6 、保持时间 > 10 年、重置时间 < 30 ns；开发出 1~2 种可同步实现存储、逻辑、运算、编/解码的新型多功能存储器件；申请专利 50 项。

11.2 新型自旋耦合材料与器件

研究内容：研究新型自旋电子材料与器件，探索高居里温度、高迁移率、电荷与自旋分离的新型磁性半导体材料，研究基于半导体与磁性金属等构成的多种异质结构的界面效应、高效自旋注入、调控及探测方案等；探索多场耦合材料与多场控制磁化翻转的新途径，建立新型自旋电子材料的磁电耦合效应物理模型，研究低功耗、非易失性的磁电耦合效应。

考核指标：实现铁磁半导体居里温度 $> 300\text{ K}$ ，制备出室温铁磁有序、迁移率 $> 1000\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 的新型磁性半导体；铁磁金属自旋极化度 $\geq 80\%$ ，自旋注入效率 $\geq 40\%$ ；研制出基于室温磁性半导体的新型自旋电子原型器件，通过多场调控来实现自旋存储、逻辑功能；发展 2~3 类低功耗、非易失性的新型磁电耦合原型器件，驱动或辅助磁翻转的电压 $< 2\text{ V}$ ，驱动电流密度为 10^5 Acm^{-2} 量级。

12. 微纳电子制造用超高纯工艺材料

12.1 微纳电子制造用超高纯电子气体

研究内容：研究超高纯电子气体提纯/除杂/纯化原理与制备方法、特定元素控制技术 & 全流程工艺优化集成技术，研制开发微纳电子制造用氯气、氯化氢、氟化氢等超高纯电子气体，突破 5N 级气体制备技术及关键装备技术、ppb 级

气体杂质和金属离子检测技术、生产环境和颗粒控制技术以及产品包装与应用技术。

考核指标：超高纯气体氯气、氯化氢纯度 5N ~ 7N，其中单种气体杂质（如 H₂O、O₂、CO₂、CO、CH₄）< 1.0 ppmv，单种金属杂质（如 Al、Cr、Cd、Cu）< 1.0 ppbw；超高纯气体氟化氢纯度不低于 5N，其中单种金属杂质（如 Al、Cr、Cd、Cu）< 1.0 ppbw。

12.2 微纳电子制造用超高纯稀土金属及靶材

研究内容：研究微纳电子制造用超高纯稀土金属特定痕量元素的控制机理，突破 4N5 级超高纯稀土金属制备技术及装备；研发大型稀土金属及合金铸锭超洁净熔炼成型与微观组织控制技术、超高纯稀土金属纳米尺度薄膜应用检测技术，开发 4N 级超高纯大尺寸稀土金属及合金靶材形变加工、精密机加、表面处理等关键技术。

考核指标：稀土金属纯度 > 4N5，60 种金属杂质总和 < 50 ppm，其中 Na+ K+ Li ≤ 2 ppm，U+Th ≤ 10 ppb，Fe、Co 等过渡金属元素总量 ≤ 20 ppm，氧含量 < 100 ppm；稀土金属靶材纯度 > 4N，60 种金属杂质总和 < 100 ppm，靶材最大横向尺寸 > 500 mm、最小纵向尺寸 < 0.5 mm，晶粒平均尺寸 < 200 μm。

13.高功率密度电子器件热管理材料与应用

13.1 用于高功率密度热管理的高性能热界面材料

研究内容：面向高功率密度电子器件的热管理开展电子器件高性能热界面材料的设计、制备、结构调控与优化、及微观界面声子和热能传输机理与性能研究；通过材料界面分子学设计，原位观测及微纳导热性能实时测试等方式揭示微观及分子层面声子热传导机制。

考核指标：针对纵向热传输研制出聚合物基纵向热导率 ≥ 20 W/mK，界面热阻 ≤ 0.01 Kcm²/W，在可靠性测试条件（-20 ~ 100℃温度循环 1000 次）下热传导性能改变幅度 $\leq 10\%$ ，能重复使用 >10 次的热界面材料；针对横向热传输研制出横向热导率 ≥ 2500 W/mK，能重复使用 >10 次的柔性热界面材料；实现单原子层薄膜界面热阻的测量，微观界面热阻值在 10^{-6} Kcm²/W 数量级的精确测量，确立微观及分子层次热界面声子热传导机制，支撑高功率密度电子器件典型应用研究；申请发明专利 15 项，发表论文 30 篇。

13.2 高导热率复合材料、器件及其典型应用研究

研究内容：面向高功率密度电子器件的有效热传输开展基于气液相变的高导热率复合材料及其器件的研究，通过气液界面分子学设计，原位观测及微纳导热性能测试等方式揭示微观层面气液相变热能传输机理，并开展基于气液相变的

柔性高导热率复合材料及其器件的研究。高功率密度电子器件与高导热率复合材料及其器件的集成与典型应用研究。

考核指标：研制出与半导体器件材料热膨胀匹配 $\geq 80\%$ 、基于气液相变、导热性能远高于金刚石或其他固态导热材料、厚度 $< 1\text{ mm}$ 的高导热复合材料及器件；研制出可动态弯曲（弯曲角 > 160 度）的基于气液相变的高导热复合材料及器件。确立微观层次气液相变热能传输机理，实现与高功率密度电子器件的集成，降低电子器件热阻 50% 以上，延长其工作稳定性和使用寿命 50% 以上。申请发明专利 15 项，发表论文 30 篇。

13.3 用于高功率密度电子器件的前沿热管理材料研究

研究内容：面向下一代高功率密度电子器件的有效热管理开展前沿热管理材料的探索研究，包括新型聚合物基、金属基和陶瓷基基板，储热型、热能利用型或耐热湿型热管理材料，应用于多维电子器件及电子器件热点处近场热管理材料的研究。

考核指标：研制出聚合物基基板导热系数 $\geq 10\text{ W/mK}$ ，杨氏模量 $\geq 25\text{ GPa}$ ，热膨胀系数 $\leq 20\text{ ppm/}^\circ\text{C}$ ，介电常数 $\leq 4.0@5\text{ GHz}$ ；金属基基板热导率 $\geq 800\text{ W/mK}$ ，弹性模量 $\geq 300\text{ GPa}$ ，抗弯强度 $> 350\text{ MPa}$ ，热膨胀系数 $\leq 5.5\text{ ppm/}^\circ\text{C}$ ；陶瓷基基板热导率 $\geq 130\text{ W/mK}$ ，抗弯强度 $> 800\text{ MPa}$ ，热膨胀系数 $\leq 5\text{ ppm/}^\circ\text{C}$ ；实现高频瞬间器件热点温度、多维电子器件热点温

度、高功率 ($\geq 1000 \text{ W/cm}^2$) 热点处温度降低 $40\sim 80^\circ\text{C}$ 。申请发明专利 20 项，发表论文 30 篇。

14. 高性能电磁介质材料及器件开发

14.1 高性能电磁介质材料及器件开发

研究内容：发展高性能电磁介质材料及其共烧技术，减少分立无源元器件的尺寸，提高器件的集成度和性能。发展 4G、5G 移动通讯用的高性能微波介质材料，重点开发介质基滤波器用高稳定性、低损耗、低温度系数的系列化微波介质。发展大感量多层片式电感器件、大容量多层片式电容器件及其关键高磁导率磁介质和高容量电介质材料。研究高性能柔性埋入式容性/感性材料及器件，发展多层器件内部互联互通等集成技术，开发无源集成模块模拟仿真与设计方法、新型微波元件的测试技术，开展相关技术标准体系的建设。

考核指标：掌握一批高性能电磁介质材料的制备技术，包括面向 4G、5G 移动通讯应用的微波介质（介电常数 $15\sim 90$ ）及谐振器件的规模生产技术，面向小型大功率磁性器件应用的磁介质材料及大容量电容器件用电介质材料生产技术，其中介电常数 80 至 90 的微波介质介电常数波动 < 0.5 ， Q_f 值 $> 15000\text{GHz}$ ，介电常数温度系数 $< 5 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 。建立内部导体线宽尺寸 ≤ 10 微米的多层低温共烧陶瓷元器件制造平台。实现多种小尺寸无源元器件的规模化生产，其中大感量小尺寸功率电感感量大于 $20 \text{ nH}@2 \text{ GHz}$ 和 $5 \text{ nH}@10 \text{ GHz}$ ；

01005 型超小型天线应用于物联网及智能可穿戴设备中。建成年产 50 亿只以上片式元件和组件的生产线以及无源集成器件及模块研发基地；申请发明专利 50 项。

15.高性能无源敏感薄膜材料及传感器芯片研发

15.1 高性能无源敏感薄膜材料及传感器芯片研发

研究内容：发展新型高性能敏感薄膜材料制备技术，提升薄膜敏感材料性能，满足传感器芯片对晶圆级薄膜材料厚度和均匀性要求。研究敏感材料及器件与 Si 基集成电路的集成方法，获得高灵敏度、低功耗、高可靠性的传感器芯片异质异构集成技术。基于多物理场综合仿真技术，研究传感器芯片模拟仿真与设计，以及快响应海洋测温热敏电阻器。研究磁性、红外、热敏、射频等芯片级传感器的批量生产与测试技术，建立芯片级传感器相关技术标准体系和典型应用的解决方案。

考核指标：建立敏感材料及器件与 Si 基集成电路的异质异构集成技术，形成芯片级传感器设计、制造方法与技术标准，开发出一批磁性、红外、热敏、射频等高性能无源敏感薄膜材料及器件。与 Si 基电路集成的敏感薄膜晶圆 ≥ 4 英寸，薄膜厚度均匀性 $\geq 95\%$ 。磁阻传感器静态电流 $< 5 \mu\text{A}@3\text{V}$ ，工作温度范围： $-40\text{ }^\circ\text{C} \sim +85\text{ }^\circ\text{C}$ ，工作电压： $1.8 \sim 5\text{ V}$ ；红外气体传感器稳定工作时间不小于 5 年，气体浓度测量范围 $0 \sim 100\%$ ，测量精度 $< 0.1\%$ 。海洋用热敏电阻器热时间常数（在

水中) 10 ~ 500ms, 测量温度范围覆盖-5°C ~ +450°C, 年稳定性优于±0.01°C; 申请发明专利 50 项; 建成年产 5 亿支传感器芯片生产线及研发基地。