

## “新型显示与战略性电子材料”重点专项 2024 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 2024 年度项目申报指南。

本重点专项总体目标是：突破一批新型显示与战略性电子材料核心关键技术，解决制约新型显示、第三代半导体、大功率激光等产业的核心瓶颈问题，促进我国从显示大国向显示强国的转变，提升产业全链条协同创新能力和产业化技术水平，在若干战略必争领域形成优势，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，带动形成万亿元产业。

通过本专项实施，新型显示、第三代半导体达到国际先进水平，部分关键技术达到国际领先水平，大功率激光材料与器件部分关键技术达到国际先进水平；支撑新一代信息技术、智能制造、新能源和现代交通等战略必争领域，引领产业高质量发展；实现主要电子材料自主保障，促进产业竞争力提升并支撑“双循环”新发展格局建设；提升电子和光电子材料创新能力和研发效率，引领变革性新技术，构建战略性电子材料领域优势。

2024 年度指南部署坚持问题导向、分步实施、重点突出的原则，围绕新型显示材料与器件、第三代半导体材料与器件、大功率激光材料与器件、前沿电子材料与器件 4 个技术方向，按照基础研究类、共性关键技术类、应用示范类三个类别，拟启动 29 项指南任务，拟安排国拨经费 1.02 亿元。其中，拟部署 11 个青年科学家项目和 2 个中小企业项目，拟安排国拨经费 2600 万元，每个项目 200 万元。除基础研究类和青年科学家项目外，配套经费与国拨经费的比例不低于 1:1。

项目统一按指南二级标题(如 1.1)的研究方向申报。除特殊说明外，每个方向拟支持项目数为 1 项，实施周期不超过 3 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。基础研究类项目下设课题不超过 4 个，项目参与单位总数不超过 5 家；共性关键技术类和应用示范类项目下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 8 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，年龄要求应为 1984 年 1 月 1 日后出生。原则上团队其他参与人员年龄要求同上。

中小企业项目要求由科研能力强的“专精特新”中小企业牵头申报。项目下不设课题，项目参与单位原则上不超过 3 家，原则上不再组织预算评估，在验收时将对技术指标完成和成果应用情

况进行同步考核。

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。

## 1. 新型显示材料与器件

### 1.1 蒸镀 AMOLED 材料与器件关键技术及产业化（应用示范）

**研究内容：**开发出具有自主知识产权的国产化蒸镀 OLED 核心材料，导入量产线应用，提升我国蒸镀 OLED 核心材料与器件的技术储备率和量产应用率；研究光刻像素化的柔性 AMOLED 制备工艺、显示器件与显示模组。

**考核指标：**（1）开发 3 种及以上蒸镀 OLED 核心材料，并导入 G6 AMOLED 产线应用，材料批量合成能力 $\geq 10$  kg/批，单台单批提纯能力 $\geq 3$  kg（公斤级以上量产化蒸镀 OLED 材料，材料性能达到器件性能要求，其中主体材料纯度 $\geq 99.99\%$ ），材料导入产线实现高温 240 h 连续蒸镀；（2）在电流密度  $10 \text{ mA/cm}^2$  条件下测试，蒸镀 OLED 器件实现如下性能：蓝光在  $\text{CIE-}y < 0.05$  下电流效率 $\geq 10 \text{ cd/A}$ 、寿命  $\text{LT95} \geq 1000 \text{ h}$ ，绿光在  $\text{CIE-}y \geq 0.72$  下电流效率 $\geq 210 \text{ cd/A}$ 、寿命  $\text{LT95} \geq 1600 \text{ h}$ ，红光在  $\text{CIE-}x \geq 0.68$  下电流效

率 $\geq 85$  cd/A、寿命 LT95 $\geq 1600$  h。(3) 光刻像素化的柔性蒸镀 AMOLED 器件在 G6 AMOLED 产线上应用验证，并导入含有自主知识产权的国产化蒸镀材料；光刻像素化的蒸镀 AMOLED 器件对角线尺寸 $\geq 14$  inch，像素密度 $\geq 260$  PPI，500 nit 亮度条件下，产品寿命 T95 $\geq 2500$  h，色域覆盖 DCI-P3 100%；(4) 申请发明专利 $\geq 10$  件，其中 PCT 专利 $\geq 2$  件。

**有关说明：**自筹经费与国拨经费比例不低于 2:1

**关键词：**蒸镀 OLED，发光材料，光刻，像素化

### **1.2 高性能绿光激光外延材料与器件研究（基础研究）**

**研究内容：**研究绿光激光二极管（LD）外延材料缺陷抑制、组分调控和器件结构等核心技术，研制出高功率绿光 LD 器件；研究绿光激光 LD 模组多芯片结构设计、器件制备与封装评测技术，满足激光显示整机应用。

**考核指标：**绿光 LD 功率 $\geq 2$  W，波长  $530\pm 5$  nm；绿光激光模组功率 $\geq 10$  W；申请发明专利 $\geq 5$  件。

**关键词：**激光显示，光源模组，绿光 LD

### **1.3 8K激光显示光学引擎与抗光屏幕（共性关键技术）**

**研究内容：**研究满足 8K 超高清激光显示的光学引擎仿真和制备技术；研究 8K 可变视场投影光学系统设计、加工与检测技术，研制出大色域/超高清光学引擎；研究抗光膜层材料设计、集成融合与表征评估技术，研制出超高清抗光屏幕。

**考核指标：**超高清激光显示光学引擎，投影尺寸 $\geq 120$  inch，畸变 $< 0.5\%$ ；抗光屏幕环境光遮蔽率 $\geq 85\%$ ，增益均匀性 $\geq 75\%$ ，1/2 亮度半视角 $\geq 20^\circ$ ，激光显示分辨率 8K 时，屏幕中心亮度 $\geq 450$  nit，色域达到 100% BT.2020；申请发明专利 $\geq 5$  件，制定行业或团体标准 $\geq 2$  项。

**有关说明：**自筹经费与国拨经费比例不低于 1:1

**关键词：**激光显示，超高清，光学引擎

#### **1.4 溶液法叠层 QLED 显示关键材料及器件研究（基础研究，部省联动）**

**研究内容：**研发适配于溶液法叠层 QLED 器件的电荷产生层材料，研究其电荷迁移率、光学透过率、抗溶剂特性等；研发溶液法叠层 QLED 器件的发光材料与其他功能材料，包括有机与量子点发光材料、电子与空穴注入及传输材料等；研发满足量产工艺的溶液法叠层 QLED 器件结构，优化叠层器件性能，探究器件电荷复合机理以及衰减老化机制。

**考核指标：**适配于溶液法叠层 QLED 器件的电荷产生材料，能级满足电荷产生条件，具有抗溶剂特性，透过率 $\geq 90\%$ 、工艺温度 $\leq 160^\circ\text{C}$ ；溶液法叠层 QLED 器件：红光在 CIE-x $\geq 0.68$  下电流效率 $\geq 100$  cd/A，寿命 LT95 $\geq 25000$  h@1000 cd/m<sup>2</sup>，绿光在 CIE-y $\geq 0.70$  下电流效率 $\geq 300$  cd/A，寿命 LT95 $\geq 25000$  h@1000

cd/m<sup>2</sup>；蓝色在 CIE-y < 0.06 下电流效率≥20 cd/A，寿命 LT95≥200 h@1000 cd/m<sup>2</sup>；申请发明专利≥5 件。

**关键词：**叠层 QLED 器件，溶液法

### **1.5 高效晶态圆偏振 OLED 关键材料及器件研究（基础研究）**

**研究内容：**发展面向晶态 OLED 的一体化制备技术，构建高效晶态发光器件；研究晶态 OLED 光谱发射调控技术，研制高亮度、低/无角度依赖的高色纯度 OLED 器件；研究晶态材料的偏振发射性质，阐明有机晶态材料中激发态手性起源和圆偏振发光本质，开发具有高不对称因子的圆偏振发光材料和 OLED 显示器件单元。

**考核指标：**开发出高性能红绿蓝三基色晶态材料，色域覆盖范围达到 100% BT.2020；晶态材料电致发光器件外量子效率 EQE≥18%，半峰宽<10 nm，亮度≥100000 cd/m<sup>2</sup>@100 A/cm<sup>2</sup>，不对称因子 Glum≥1.5，器件寿命 LT90≥100 h@1000 nit；申请发明专利≥5 件。

**关键词：**有机晶态发光材料，大色域显示材料与器件

### **1.6 溶液加工型超高分辨全色有机微显示器件（基础研究）**

**研究内容：**研究新型溶液加工型无掩膜、无需真空蒸镀的超高分辨全色 Micro OLED 显示技术；研究有机功能材料在微电极限域环境下的浸润、选择性电化学沉积与表面扩散成核生长等动

力学过程，发展基于有机材料的可控输运/扩散/反应/结晶/组装的科学规律和物理模型；开发无掩模图案化彩色成膜的材料和工艺技术，研制超高分辨率、有源全彩有机发光像素矩阵和 Micro OLED 器件。

**考核指标：**全彩 Micro OLED 显示屏尺寸 $\geq 1.3$  inch，像素密度 $\geq 3000$  PPI，亮度 $\geq 1000$  cd/m<sup>2</sup>，对比度 10000:1，刷新率 $\geq 100$  Hz；申请发明专利 $\geq 5$  件。

**关键词：**微显示，超高分辨率，全彩

### 1.7 量子点协同增效彩色反射式显示技术（青年科学家）

**研究内容：**研究基于 AI 机器学习的反射式显示用快速响应显示材料体系的预测模型和合成方法，以及显示墨水复配及显示流体限域的增效机制；研究外场激励下高光效量子点耦合显示墨水材料的组成和微观结构及其协同增效机制；研究量子点协同增效彩色反射式显示器件设计、印刷制程和显示流体协同驱动技术，研制宽色域彩色反射式显示原理性样机。

**考核指标：**AI 模型对显示材料吸收波长的预测误差 $\leq \pm 10$  nm；量子点增亮 $\geq 20\%$ ；显示样机色域 $\geq 60\%$  NTSC，显示速度 $\geq 24$  帧/秒。

**关键词：**彩色反射式显示，量子点增效，快速响应

## 1.8 限域液体调控及光电材料图案化阵列的高精制造（青年科学家）

**研究内容：**针对液基光电材料的高精图案化制造，设计开发在微米/纳米尺度可精准调控液体的基本结构单元及阵列，研究其多级次多尺度微纳结构限域调控流体的工作机制，开发多种光电材料图案化阵列的高精度制造技术。

**考核指标：**发展 2 种微纳尺度精准操控液体的模型结构单元；在 10 cm×10 cm 面积上，多组分液体图案化阵列粗糙度 $\leq 10$  nm、线宽 $\leq 10$   $\mu\text{m}$ 。

**关键词：**限域液体，高精度图案化

## 1.9 具有分子发光偶极水平取向发光层的溶液加工型有机发光二极管关键技术研究（青年科学家）

**研究内容：**研究溶液法 OLED 发光层的主客体之间、OLED 器件各界面间的相互影响和分子取向机制；开发具有较高分子发光偶极水平取向特性的有机发光材料和主体材料及相关功能材料；研究溶液法 OLED 制备工艺，研制溶液加工型 OLED 器件。

**考核指标：**溶液法 OLED 发光层薄膜的分子发光偶极水平取向度 $\geq 80\%$ ；材料溶解度 $\geq 20$  mg/ml；底发射 OLED 器件 EQE $\geq 30\%$ 。

**关键词：**OLED 器件，溶液法

### 1.10 面向Micro LED全彩显示的色转换层高分辨率喷印制备技术（青年科学家）

**研究内容：**开发 Micro LED 全彩显示用红绿色转换的功能层墨水，研究电场驱动下红绿色转换微纳结构的喷印制备机理及喷印制备技术，揭示溶液参数、打印工艺及干燥工艺对成膜尺寸、厚度、均匀性的影响规律；研究 Micro LED 显示器件红绿蓝像元间的光串扰现象及其抑制技术，提高红绿色转换层的出光效率，探索 Micro LED 全彩显示创新应用。

**考核指标：**色转换层最小像素尺寸 $\leq 5\ \mu\text{m}$ ，像素密度 $\geq 1000$  PPI，实现 Micro LED 全彩显示功能验证。

**关键词：**喷墨打印，色彩转换

### 1.11 激光显示用红绿蓝VCSEL材料、器件及应用研究（共性关键技术，中小企业）

**研究内容：**研究 GaInP 和 GaInN 应变量子阱生长、大极化场等对能带弯曲及有效势垒高度的影响；研究与外延材料匹配的高折射率介电材料 DBR 层制备及多维多尺度表征与调控技术；研究红绿蓝 VCSEL 材料的外延生长和器件制备技术，研制激光显示用 VCSEL 红绿蓝三基色激光芯片及其白光模组，在混合现实眼镜中进行应用验证。

**考核指标：**介电材料 DBR 层的反射率 $\geq 99.5\%$ ；红光 VCSEL 波长  $640\pm 10\ \text{nm}$ ，输出功率 $\geq 0.3\ \text{mW}$ ；绿光 VCSEL 波长  $520\pm 15$

nm, 功率 $\geq 0.2$  mW; 蓝光 VCSEL 波长  $450\pm 15$  nm, 功率 $\geq 0.5$  mW; 白光模块功率 $\geq 3$  mW; 在全息混合现实眼镜进行应用验证, 视场角 $\geq 30^\circ$ , 变焦范围  $0.2$  m ~ 无穷远; 申请发明专利 $\geq 5$  件。

**有关说明:** 自筹经费与国拨经费比例不低于 1:1

**关键词:** 介电材料, 三原色 VCSEL, 全息混合现实眼镜

## 2. 第三代半导体材料与器件

### 2.1 第三代半导体用高端金属有机源与耐高能量密度封装材料产业化技术 (共性关键技术)

**研究内容:** 研究低硅、低氧三甲基铝 MO 源的纯化关键工艺和产业化技术, 开发超低有机硅和氧杂质浓度的检测方法; 开发与高耐压、大电流 SiC 功率电子器件相匹配的高温互联、高性能封装材料的批量制备关键技术, 研究封装互联材料与芯片及基板之间的异质烧结行为及烧结性能; 面向 UVC 波段 LED 对高透光率封装材料的需求, 研制耐深紫外光、高透光率的光电器件封装胶。

**考核指标:** 三甲基铝 MO 源产品中有机硅杂质 $< 0.2$  ppm, 氧杂质 $< 0.2$  ppm, 低硅、低氧三甲基铝年产能 $\geq 2$  吨; 高耐压、大电流 SiC 功率电子器件用封装材料烧结温度 $< 300$   $^\circ\text{C}$ , 导热率 $\geq 300$  W/(m·K), 烧结层耐受温度 $\geq 450$   $^\circ\text{C}$ ; 深紫外封装胶透光率 $\geq 80\%$ @275 nm; 申请发明专利 $\geq 10$  件, 编制国家/企业/团体标准 $\geq 2$  项。

**有关说明：**项目配套资金与中央财政资金原则上不低于 3:1

**关键词：**三甲基铝MO源，封装材料，封装胶

### **3. 大功率激光材料与器件**

#### **3.1 中红外波段玻璃光纤增益材料及应用（共性关键技术）**

**研究内容：**研制低损耗有源氟锆基光纤、氟碲基光纤、硫族化合物光纤；研究光纤基质玻璃组成与性能调控、高质量光纤制备和高反射率 FBG 刻写等关键技术；研究光纤端面损伤抑制、热效应管理和系统集成等关键技术，研制高功率中红外光纤激光。

**考核指标：**有源双包层氟锆基/无源氟碲基/无源硫族化合物光纤，背底损耗分别为 $<0.2$  dB/m,  $<0.1$  dB/m,  $<0.08$  dB/m, 满足参数光纤各 $\geq 200$  m; FBG 反射率 $\geq 99\%$ ; 中红外激光输出功率 $\geq 30$  W@ $\sim 3\mu\text{m}$ 、 $\geq 2$  W@ $\sim 4\mu\text{m}$ , 光束质量  $M^2 < 1.8$ , 实现不少于 2 个领域的应用示范。申请发明专利 $\geq 3$  件。

**有关说明：**自筹经费与国拨经费比例不低于 1:1

**关键词：**中波红外光纤增益材料，中红外光纤激光器

#### **3.2 低损耗空芯传能光纤材料及应用（共性关键技术）**

**研究内容：**针对 3 微米波段激光生物医疗应用中的柔性传输需求，探索空芯反谐振光纤的导光机理和高能脉冲激光在空芯光纤中的传输机制，研究中红外空芯光纤的制备技术、熔接技术及成缆技术，并研制相关配套器件；基于空芯光纤在  $2.7\sim 3.2\mu\text{m}$  波段实现脉冲激光传输。

**考核指标：**在 2.7~3.2  $\mu\text{m}$  波段内空芯光纤最低损耗 <15 dB/km，弯曲损耗 <30 dB/km@15cm 弯曲半径，光纤长度  $\geq 100\text{ m}$ ，空芯光纤之间熔接损耗 <0.1 dB，熔点可承受拉力  $\geq 600\text{ g}$ ；在 2.7~3.2  $\mu\text{m}$  波段，基于空芯光纤实现单脉冲能量  $\geq 250\text{ mJ}$ ，峰值能量密度  $\geq 3,000\text{ J/cm}^2$ ，光束质量  $M^2 < 5$  的中红外激光柔性传输，医学实验验证至少 1 例。申请发明专利 >3 件。

**有关说明：**自筹经费与国拨经费比例不低于 1:1

**关键词：**空芯光纤，柔性传输，中红外激光

### **3.3 高功率准连续掺铥光纤激光及应用（共性关键技术，部省联动）**

**研究内容：**探索高功率准连续全光纤铥激光振荡、调制、合束、ASE 与弛豫振荡抑制、可靠性提升机理与工艺，研究可编程超脉冲激光调制、分布式热管理、双模自由切换及电源电控模块等关键技术，研制全光纤高功率准连续铥光纤激光器样机，实现在医疗和工业领域中的应用示范。

**考核指标：**激光峰值波长  $1940\text{ nm} \pm 20\text{ nm}$ ，激光脉冲频率范围  $1\text{ Hz} \sim 5\text{ kHz}$ ，激光脉冲宽度  $200\text{ }\mu\text{s} \sim 200\text{ ms}$ ，功率不稳定性 <3%，平均功率  $\geq 200\text{ W}$ ，峰值功率  $\geq 2,000\text{ W}$ ，支持双脉冲、三脉冲等脉冲突发模式运转；医疗应用示范获得相关设备的动物实验验证报告和医疗器械注册检验报告，工业应用示范展示相关设备样机与焊接工艺。申请发明专利  $\geq 3$  件。

**有关说明:** 自筹经费与国拨经费比例不低于 1:1

**关键词:** 铥光纤激光器, 脉冲突发模式, 弛豫振荡

### **3.4 GHz重频飞秒激光技术 (共性关键技术, 部省联动)**

**研究内容:** 探索超高重频 ( $\geq 10$  GHz) 脉冲整形与宽谱稳定产生机制, 研究宽谱超高重频飞秒光纤激光产生、放大、脉冲串控制、时空频特性调控及系统集成等关键技术, 研制多参数调控 GHz 飞秒激光器。

**考核指标:** 激光器平均功率  $\geq 3,000$  W@1.0  $\mu\text{m}$ , 基频  $\geq 10$  GHz, 脉冲宽度  $< 200$  fs, 脉冲串频率 10 kHz~10 MHz 可调, 光束质量  $M^2 < 1.2$ ; 非线性脉冲压缩比  $\geq 10$ , 实现在工业领域的应用验证。申请发明专利  $\geq 3$  件。

**有关说明:** 自筹经费与国拨经费比例不低于 1:1

**关键词:** GHz 重频飞秒激光, 脉冲串产生与控制

### **3.5 高功率承载能力SBS器件与应用 (共性关键技术)**

**研究内容:** 探索高功率高能量激光泵浦 SBS-PCM (相位共轭镜) 反射效率和相位共轭保真度衰退机制、外部注入多泵浦结构 SBS 激光组束器件的能量转移效率和光场强度分布演化机制, 研究器件表面频段误差和光学性能评价; 针对高重复频率、高能量激光, 研究多光束 SBS 组束技术、介质材料检测、参数表征及物性控制等关键技术, 实现在千瓦级高功率激光系统的应用验证。

**考核指标:** SBS-PCM 指标: 承载功率  $\geq 100$  W, 透过率  $\geq 99\%$ ,

反射率 $\geq 80\%$ ，能量抖动 $< 3\%$ ，SBS 组束效率 $\geq 70\%$ ，介质吸收系数  $< 10^{-3}/\text{cm}$ ，SBS 器件透过率 $\geq 99\%$ ；应用系统指标：光束质量  $M^2 < 1.6$ ，激光脉冲宽度 5~20 ns，平均功率 $\geq 1,000$  W，重复频率 1 kHz。申请发明专利 $\geq 3$  件。

**有关说明：**自筹经费与国拨经费比例不低于 1:1

**关键词：**SBS-PCM，高光束质量，相位共轭

### **3.6 高功率密度905nm多节半导体激光芯片（共性关键技术，中小企业，部省联动）**

**研究内容：**开展 905nm 多节半导体激光芯片的外延材料设计，研究外延材料生长、芯片制造工艺、检测和表征及镀膜封装等关键技术；研究波长稳定、高光束质量的 905nm 半导体激光芯片应用技术，实现规模化应用。

**考核指标：**波长  $905 \pm 5$  nm，峰值功率 $\geq 100$  W，发光区域宽度 $< 100$   $\mu\text{m}$ ，节点数 $\geq 5$ ，功率密度 $\geq 50$  kW/mm<sup>2</sup>，快轴发散角（FWHM） $< 25^\circ$ ，慢轴发散角（FWHM） $< 12^\circ$ ，波长变化（ $-20^\circ\text{C}$ ， $125^\circ\text{C}$ ） $< 10$  nm，实现在激光雷达、手机等领域中的应用。申请发明专利 $\geq 3$  件。

**有关说明：**自筹经费与国拨经费比例不低于 1:1

**关键词：**多节半导体芯片，高功率密度

### **3.7 高功率、窄线宽、低噪声509nm激光光源（青年科学家）**

**研究内容：**研究高功率 1018 nm 激光放大和高效率倍频技术，

研究 509nm 激光相对强度噪声评估和抑制技术，研究激光线宽压窄和频率噪声抑制技术，实现应用验证。

**考核指标：**激光波长  $509\pm 3$  nm，输出功率  $\geq 100$  W，相对强度噪声  $< 9\times 10^{-8}/\text{Hz}^{1/2}@10\sim 100$  kHz，线宽  $< 10$  kHz，频率稳定性（阿伦方差） $< 8\times 10^{-14}$ ，实现在里德堡原子微波雷达阵列中的应用验证。

### 3.8 双波长背向空气激光技术（青年科学家）

**研究内容：**探索双波长背向空气激光的产生机制，研究大气中增益介质的多光子共振激发与原子分子多体耦合、前后向激光增益控制及能量输出控制等技术。

**考核指标：**大气环境下，双波长为近红外（750~1100 nm）和短波红外（1100~2500 nm），每个波长成分的激光谱宽  $< 1$  nm，输出激光总脉冲能量  $\geq 10$  nJ，脉冲宽度  $< 30$  ps。

**关键词：**背向空气激光，多光子共振激发

### 3.9 半导体-高质量晶体异质材料集成及应用（青年科学家）

**研究内容：**探索复合腔光场调控和光电子态相互作用机制，研究高质量 GaAs 半导体与晶体异质材料集成技术，研制毫米量级尺寸短脉冲激光器。

**考核指标：**异质集成晶体厚度  $< 0.8$  mm，光学均匀性优于  $1\times 10^{-5}$ ，激光器峰值功率  $\geq 50$  kW，脉冲宽度  $< 500$  ps，光束质量  $M^2 < 2$ ，器件尺寸  $< 1$  mm<sup>3</sup>。

**关键词：** 异质材料生长，短脉冲激光器

#### 4. 前沿电子材料与器件

##### 4.1 高性能空间智能计算关键拓扑材料及自旋轨道矩电子器件研究（基础研究）

**研究内容：** 针对传统电荷型存储器的能效和可靠性瓶颈，突破畴结构拓扑材料物理和器件集成关键核心技术；研究全电控驱动自旋、极化翻转物理机制及其对存内计算特性的调控规律，发展能带工程和界面工程，解决小尺寸器件参数均一性方法；研究拓扑自旋材料的电学操控技术及构筑自旋轨道矩电子隧道结器件；探究铁电极化调控拓扑自旋的物理机制；研制铁电/拓扑自旋耦合效应的新型非易失拓扑自旋电子器件；研究空间应用型高自旋霍尔角和低电阻率拓扑材料体系和制备方法；建立铁电物性与关键拓扑材料物性对器件性能调控的工艺库；实现全电场调控新型拓扑自旋材料基空间智能存内计算单元结构设计和验证。

**考核指标：** 实现空间应用型高自旋霍尔角 ( $\geq 90\%$ ) 和低电阻率 ( $< 550 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ) 拓扑自旋材料体系  $\geq 3$  种；实现自旋轨道矩磁矩翻转的临界电流密度  $< 5 \times 10^6 \text{ A/cm}^2$ ，新型拓扑自旋轨道矩电子器件  $\geq 4$  类；实现电场与极化耦合调控的新型非易失性自旋电子存储器件；完成自旋轨道矩全电控驱动磁隧道结关键材料工艺集成，隧穿磁电阻率  $\geq 105\%$ ，离子能量 2 MeV 辐照下 TMR 退化  $< 5\%$ ；能耗  $< 1 \text{ pJ/bit}$ ；实现全电控高效抗辐照多态自旋轨道矩驱动磁存

储器件阵列芯片，演示其读写及高并行存内计算功能；申请发明专利 $\geq 5$  件，制定行业或团体标准 $\geq 2$  项。

**关键词：**自旋轨道电子器件，拓扑电子材料，存内计算

#### **4.2 低功耗CMOS氧化物薄膜晶体管及其三维集成技术研究 (共性关键技术)**

**研究内容：**探索组分、微结构和界面对缺陷和载流子的调节机制，获取 p 型氧化物性能极限，研制高性能 p、n 型薄膜晶体管 (TFT)；研究互补型 TFT 电压和输出匹配方法，研制高性能氧化物 CMOS 逻辑电路；研究基于氧化物薄膜器件的三维集成技术，研制双栅结构 TFT 的 2T0C DRAM 存储单元，实现基于互补型氧化物半导体电子材料的近存计算三维集成方案，支撑互补型低功耗器件领域应用。

**考核指标：**获得 4 英寸互补型氧化物薄膜，p 型 TFT 迁移率 $\geq 20 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ，关态电流 $< 1 \text{ nA}/\mu\text{m}$ ，n 型 TFT 迁移率 $\geq 50 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ，关态电流 $< 1 \text{ pA}/\mu\text{m}$ ；互补型 TFT 的阈值电压接近 0 V，开关比 $\geq 10^6$ ，亚阈值摆幅 $< 300 \text{ mV}/\text{dec}$ ；实现 CMOS 基本逻辑单元，反相器增益 $\geq 100$ ，环形振荡器单个门延迟 $< 1 \mu\text{s}$ ；研制逻辑-存储三维集成单元电路，2T0C DRAM 单元的保持时间 $\geq 300 \text{ s}$ ，写入电压 $< 1 \text{ V}$ ，写入时间 $\leq 10 \text{ ns}$ ，阵列规模达到 1 K。申请发明专利 $\geq 5$  件，制定行业或团体标准 $\geq 2$  项。

**有关说明：**自筹经费与国拨经费比例不低于 1:1

**关键词:** 氧化物半导体材料, 互补型逻辑器件, DRAM, 三维集成

#### 4.3 基于感存算一体化的有机触觉神经形态材料与器件 (基础研究)

**研究内容:** 探索有机半导体材料结构对电子和离子迁移率的影响机理; 探索器件中离子迁移、电子传输及其耦合的关键过程机制; 探索有机半导体的不稳定性机制及其稳定性的提升策略; 研究可拉伸有机电化学晶体管技术; 研制基于感存算一体化的触觉神经形态器件。

**考核指标:** 获得 3~5 个高导电率可拉伸高稳定性有机半导体材料, 载流子迁移率 $\geq 5 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ; 制备高稳定性有机电化学晶体管, 电学性能 $\mu\text{C}^* \geq 100 \text{ F cm}^{-1}\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ; 在 20%拉伸状态下, 有机电化学晶体管跨导  $g_m \geq 5 \text{ mS}$ ; 触觉响应时间 $\leq 50 \text{ ms}$ , 灵敏度 $\geq 1 \text{ kPa}^{-1}$ ; 模拟人体突触的各项行为曲线, 包括尖峰电压、频率、光强、次数、持续时间可塑性(SVDP/SRDP/SDDP/SNDP/ STDP), 短时可塑性 (STP)向长时可塑性(LTP)的转变等; 双脉冲易化(PPF $\geq 1.2$ ); 保留时间 $\geq 1000 \text{ s}$ ; 申请发明专利 $\geq 2$  件。

**关键词:** 有机电化学晶体管, 可拉伸, 感存算一体化, 触觉感知

#### 4.4 宽光谱响应调控量子点探测材料及其异质堆叠集成技术 (共性关键技术)

**研究内容:** 研究面向紫外-短波红外宽光谱探测用 ZnS、PbS 等量子点材料, 实现其批量均匀制备、尺寸调控、掺杂和钝化等技术, 突破宽光谱量子点材料吸收特性调控等技术瓶颈; 研究 ZnS、PbS 等量子点材料宽光谱多波段响应特性, 突破 ZnS、PbS 量子点异质堆叠结构宽谱吸收与高量子效率技术, 实现紫外-红-绿-蓝-短波红外多波段高响应; 突破异质堆叠结构纵向分光并行读出技术, 实现多波段信号的同步读出, 并开展应用验证。

**考核指标:** 研制出光谱吸收范围覆盖 240~2500 nm 的 ZnS、PbS 量子点材料, 平均光吸收系数 $\geq 10^3 \text{ cm}^{-1}$ ; 其中 ZnS 量子点晶粒直径分布范围 1.7 nm~2.3 nm, 尺寸均匀性 $\geq 90\%$ ; PbS 量子点晶粒直径 1 nm~20 nm 可调, 尺寸均匀性 $\geq 95\% @ 10 \text{ nm}$ ; 最高量子效率 $\geq 80\%$ , 载流子迁移率 $\geq 0.1 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 。研制出响应波段覆盖紫外-红-绿-蓝-短波红外的异质堆叠结构探测器, 其中红外波段平均响应度 $\geq 0.3 \text{ A/W}$ 、可见光波段响应度 $\geq 0.5 \text{ A/W}$ 、紫外波段响应度 $\geq 0.05 \text{ A/W}$ ; 像元规模 $\geq 640 \times 512$ , 像元中心距 $< 15 \text{ 微米}$ ; 单个像元内并行读出的信号数量 $\geq 4$ 。申请发明专利 $\geq 10$  件, 制定行业或团体标准 $\geq 2$  项。

**关键词:** 宽光谱, 多波段, 调控, 堆叠, 纵向分光, 并行读出

#### 4.5 面向人工视网膜显示的全透明有机薄膜晶体管关键技术研究（青年科学家）

**研究内容：**面向人工视网膜新型显示技术，研制高性能全透明有机薄膜晶体管器件，研究高迁移率、性能均一的C<sub>8</sub>-BTBT/IDT-BT小分子聚合物共混材料体系，探索其组分对器件缺陷态、迁移率、均一性的调节机制；研究透明薄膜材料的界面工程技术，通过器件结构-工艺-性能的协同优化策略，降低界面缺陷态，提高透明电极载流子注入效率；研究基于有机薄膜晶体管的神经刺激阵列电路，研究抗裁剪失效的电路拓扑结构，研制可曲面部署的人工视网膜样机。

**考核指标：**制备高性能全透明有机薄膜晶体管，满足器件在可见光范围内透明度≥90%，器件迁移率≥3 cm<sup>2</sup>/Vs，亚阈值摆幅≤0.3 V/十倍电流；在2inch圆片内，器件的迁移率标准差≤5%；基于上述器件，实现刺激电路电流分辨率≥6 bits，单通道刺激最大电流≥20 μA，刺激阵列芯片通道数≥1000，像素密度≥1000 像素/cm<sup>2</sup>，裁剪后通道失效率≤5%。

**关键词：**有机薄膜晶体管、神经电刺激、集成电路

#### 4.6 基于半导体Te的光电器件及仿生视觉感知芯片研究（青年科学家）

**研究内容：**研制基于外尔半导体Te的光电器件，实现宽光谱响应以及外尔特性相关的偏振光感知；研究与传统CMOS工艺

兼容的 Te 片上集成方法，实现仿昆虫视觉感知的像素级互连电路，以及时空融合信息的传输；结合前端超表面器件和后端忆阻器交叉阵列，研究仿昆虫视觉感知特性的光电芯片技术，兼具低功耗和高识别率。

**考核指标：**外尔特性相关的偏振光感知；片上集成 Te 到氧化物芯片，传输时空融合信号的阵列规模 $\geq 30 \times 30$ ；仿昆虫视觉芯片的前端神经元密度 $\geq 500$  万/cm<sup>2</sup>，后端信息处理的峰值算力 $\geq 10$  TOPS/W；申请发明专利 $\geq 5$  件。

**关键词：**Te 基光电器件，片上集成，仿生视觉感知

#### 4.7 基于相变材料的全固态彩色反射式显示器件（青年科学家）

**研究内容：**面向视频级高刷新率电子纸显示技术需求，开展高性能反射式显示材料与器件关键技术研究。探索基于相变材料的可调谐人工光学微结构内光场、电场、热场的耦合机制；研究高光学对比度相变材料及制备工艺；研制电致可重构的非易失反射式显示像素器件及阵列化方法，研究灰阶精准调控方案，实现静态零功耗的固态反射式显示器件。

**考核指标：**研制出具有非易失特性的超高速全固态彩色反射式显示器件样件。实现可见光波段内红、绿、蓝三原色反射式显示，反射率 $\geq 50\%$ ，实现静态零功耗的电致可重构像素器件，切换时间 $< 800 \mu\text{s}$ ，驱动电压 $< 5 \text{ V}$ 。超高速全固态彩色反射式显示器件

指标达到国际领先水平，申请发明专利 $\geq 5$ 件，制定行业或团体标准 $\geq 2$ 项。

**关键词：**相变材料，高速响应，反射式显示，近零功耗

#### **4.8 支撑高性能锗基逻辑器件的高效原位掺杂材料研究（青年科学家）**

**研究内容：**面向高速率、低功耗锗基晶体管对高性能源漏区材料的需求，研究高性能锗基源漏关键核心材料的制造与掺杂技术。探索锗材料掺杂过程中原子置换与激发机制，研制高激活效率、高掺杂浓度的锗材料；探索高掺杂材料在多物理场协同作用下的外延与演化机理，研制低热预算下的高性能掺杂锗源漏材料；探索先进逻辑制程节点下的寄生效应与材料掺杂的相互作用机理，研制锗晶体管源漏区的低金属-半导体接触电阻。

**考核指标：**实现掺杂浓度 $\geq 1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 的高质量、高浓度 n 型、p 型硅基锗材料；实现工艺温度 $\leq 500 \text{ }^\circ\text{C}$ 的低温 n 型、p 型硅基锗材料，掺杂浓度 $\geq 1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ ；实现低的金属-锗接触电阻，p 型接触电阻率 $\leq 1 \times 10^{-8} \text{ } \Omega\text{cm}^2$ ，n 型接触电阻率 $\leq 5 \times 10^{-8} \text{ } \Omega\text{cm}^2$ 。

**关键词：**锗材料，原位掺杂，低温外延，接触电阻率