

## “信息光子技术”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“信息光子技术”重点专项。根据本重点专项实施方案的部署，现提出 2024 年度项目申报指南。

本专项总体目标是：积极抢抓新型光通信、光计算与存储、光显示与交互等信息光子技术发展的机遇，重点研发相关核心芯片与器件，支撑网络通信、人工智能、高性能计算、物联网等应用领域的快速发展，满足国家战略需求。

2024 年度项目申报指南部署坚持需求导向、问题导向和应用导向，拟围绕光通信器件及集成、光显示与交互等 2 个技术方向，启动 18 项指南任务，拟安排国拨经费约 2.07 亿元。其中，青年科学家项目拟安排国拨经费 1400 万元，每个项目 200 万元。共性关键技术类项目配套经费与国拨经费比例不低于 1:1。

项目统一按指南二级标题（如 1.1）的研究方向申报。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，实施周期不超过 3 年。基础研究类项目下设课题数不超过 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。

青年科学家项目不要求对指南内容全覆盖，不再下设课题，项目所含参与单位总数不超过 3 家。项目设 1 名项目负责人，项目负责人年龄要求不超过 40 岁（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。

除指南中特殊说明外，每个指南任务拟支持项目数为 1 项。

## **1. 光通信器件及集成技术**

### **1.1 超高带宽密度片间光互连阵列集成收发芯片（共性关键技术类）**

**研究内容：**针对人工智能（AI）需求，研究适用于芯粒（Chiplet）片间光互连的超高带宽密度阵列集成硅光收发芯片技术。研究高带宽、高集成度的微米尺寸电光调制器、光电探测器等硅光器件与集成收发芯片，研制片上光电混合的监控与调控回路；研究光电协同的互补金属氧化物半导体（CMOS）驱动放大、信号处理和闭环调控电路；研究高带宽密度大规模 2.5D/3D 光电合封集成技术；研究基于光电芯片合封集成技术的阵列化高带宽光接口，并开展光互连收发系统架构的传输示范应用。

**考核指标：**（1）硅光集成收发芯片：工作波长 O 波段，硅光调制器尺寸微米级，调制器 3dB 带宽 $\geq 45\text{GHz}$ ，消光比 $\geq 3.5\text{dB}@2\text{V}$ 驱压，探测器 3dB 带宽 $\geq 45\text{GHz}$ ，波分复用通道数 $\geq 8$ ，波长间距

≤200GHz，平面带宽密度≥100Gb/s/mm<sup>2</sup>；（2）CMOS 驱动放大电芯片：通道速率≥112Gb/s，通道数≥8，收发功耗≤3pJ/bit，驱动器差分输出幅度≥2.5V<sub>ppd</sub>，跨阻放大器增益≥65dBΩ；（3）硅光芯片和电芯片的 2.5D/3D 共封装集成：封装后光纤通道数≥2，波长复用通道数≥8，带宽≥1Tb/s，边沿带宽密度≥500Gb/s/mm；（4）阵列集成的光接口：收发双向总带宽≥4Tb/s，传输距离≥500m。申请国际/国内发明专利不少于 20 项，相关行业技术标准或多源协议（MSA）提案不少于 2 项。

**关键词：**芯粒片间光互连，高密度硅光集成收发芯片，阵列化高带宽光接口。

## **1.2 面向短距光互连应用的 1.6Tb/s 多模光电芯片与模块研究（共性关键技术类）**

**研究内容：**面向人工智能（AI）大模型对短距光互连模块的应用需求，研究多模单通道 200Gb/s 高速垂直腔面发射激光器（VCSEL）和探测器芯片及模块。研究砷化镓（GaAs）基高速 VCSEL 外延结构的优化与生长技术、器件设计、工艺开发与器件制备技术、电流限制与模式控制技术；研究单通道 200Gb/s 高速探测器芯片的设计和制备技术；研制 1.6Tb/s 多模光互连模块，研究传输性能测试、老化寿命和长期可靠性等性能表征技术；研究 1.6Tb/s 多模光互连模块在 AI 大模型中的示范应用。

**考核指标：**（1）基于 GaAs 材料体系的 VCSEL 芯片：波长范

围覆盖 844nm ~ 863nm, 单通道速率 $\geq 224\text{Gb/s}$ , 3dB 带宽 $\geq 38\text{GHz}$ , 相对强度噪声 (RIN)  $\leq -154\text{dB/Hz}$ , 工作电流 $\leq 9\text{mA}$ , 可靠性测试通过 GR468 标准;(2)探测器芯片: 波长范围覆盖 840nm ~ 870nm, 单通道速率 $\geq 224\text{Gb/s}$ , 3dB 带宽 $\geq 45\text{GHz}$ , 响应度 $\geq 0.5\text{A/W}$ , 暗电流 $\leq 20\text{nA}$ ;(3) 1.6Tb/s 光互连模块: 单通道速率 $\geq 224\text{Gb/s}$ , 发射色散眼图闭合四相 (TDECQ)  $\leq 4.4\text{dB}$ , 消光比 $\geq 2\text{dB}$ , 灵敏度 $\leq -3.5\text{dBm}$  @BER=2.4E-4, 传输距离 $\geq 30\text{m}$ ;(4) 示范应用: 实现 1.6Tb/s 多模光互连模块在 AI 大模型中的示范应用。申请国际/国内发明专利不少于 10 项, 相关行业技术标准或多源协议 (MSA) 提案不少于 2 项。

**有关说明:** 企业牵头申报。

**关键词:** 短距光互连, 单通道 200Gb/s 多模光电芯片, 1.6Tb/s 多模光互连模块。

### **1.3 面向短距光互连应用的单模光电芯片与模块研究 (共性关键技术类)**

**研究内容:** 针对数据中心多通道大容量光互连的迫切需求, 研究面向短距光互连应用的单模光电芯片与模块。研究超宽带、低功耗的电吸收调制激光器 (EML) 材料生长与芯片制备技术; 研究超高速光电探测器材料生长与芯片制备技术、探测器芯片结电容和频率响应技术; 提出多维度复用和光电板载封装技术, 以及基于四电平脉冲幅度调制 (PAM4) 收发芯片光电一体化设计

技术,研制基于单通道 200Gb/s 光收发芯片的 1.6Tb/s 短距互连光收发模块;开展短距光互连 1.6Tb/s 光模块的示范应用。

**考核指标:** (1) EML 芯片: 单通道速率 $\geq 224\text{Gb/s}$ , 3dB 带宽 $\geq 60\text{GHz}$ , 激光器出光功率 $\geq 5\text{mW}$ , 阈值 $\leq 20\text{mA}$ , 工作波长 1271nm /1291nm /1311nm /1331nm, 精度 $\pm 6.5\text{nm}$ , 非制冷工作温度  $20^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ ; (2) 探测器芯片: 波长范围覆盖 1260nm ~ 1340nm, 单通道速率 $\geq 224\text{Gb/s}$ , 3dB 带宽 $\geq 55\text{GHz}$ , 单芯片响应度 $\geq 0.7\text{A/W}$ , 暗电流 $\leq 20\text{nA}$ ; (3) 1.6Tb/s 光模块: 单通道速率 $\geq 224\text{Gb/s}$ , 波长复用通道数 $\geq 4$ , 发射色散眼图闭合四相 (TDECQ)  $\leq 3.4\text{dB}$ , 消光比 $\geq 3.5\text{dB}$ , 灵敏度 $\leq -3.2\text{dBm}@BER=2.4\text{E-}4$ , 传输距离 $\geq 500\text{m}$ ; (4) 示范应用: 实现 1.6Tb/s 单模光互连模块在智算中心大模型中的示范应用。申请国际/国内发明专利不少于 10 项, 相关行业技术标准或多源协议 (MSA) 提案不少于 2 项。

**有关说明:** 企业牵头申报。

**关键词:** 短距光互连, 单通道 200Gb/s 单模光电芯片, 1.6Tb/s 单模光互连模块。

#### **1.4 面向下一代移动前传的 100Gb/s 关键光电子芯片与模块 (共性关键技术类)**

**研究内容:** 面向下一代移动通信前传的应用需求, 研究移动前传 100Gb/s 关键光电子芯片与模块关键技术。研究支持移动前传高速 100Gb/s 四电平脉冲幅度调制 (PAM4) 的激光器芯片技

术；研究高响应度 100Gb/s PAM4 光电探测器芯片技术；研究高速光电子芯片片上高频测试技术、光芯片和电芯片协同设计和光发射芯片的超频技术；研制单通道 100Gb/s 工业级温度小型可插拔（SFP）光收发模块；搭建面向应用场景的演示验证平台，对光收发模块进行功能验证和性能评测。

**考核指标：**（1）直调激光器（DML）芯片：3dB 带宽 $\geq 28\text{GHz}$ ，边模抑制比 $\geq 40\text{dB}$ ，出光功率 $\geq 3\text{dBm}$ ，工作波长  $1304.5\text{nm} \sim 1317.5\text{nm}$ ；电吸收调制激光器（EML）芯片：3dB 带宽 $\geq 40\text{GHz}$ ，边模抑制比 $\geq 40\text{dB}$ ，出光功率 $\geq 3\text{dBm}$ ，工作波长  $1304.5\text{nm} \sim 1317.5\text{nm}$ ；（2）光电探测器芯片：3dB 带宽 $\geq 35\text{GHz}$ ，响应度 $\geq 0.7\text{A/W}$ ，工作波长  $1304.5\text{nm} \sim 1317.5\text{nm}$ ；（3）光电子芯片片上测试系统：频率范围 $\geq 50\text{GHz}$ ，频率分辨率 $\leq 1\text{kHz}$ ，实现对激光器芯片的频响平坦度、调制深度、啁啾系数以及光电探测器芯片频响平坦度、线性度等参数测试；DML 超频封装器件带宽支持 100Gb/s PAM4 传输；（4）SFP 光收发模块：发射光功率 $\geq 0\text{dBm}$ ，接收光调制幅度（OMA）灵敏度 $\leq -6.8\text{dBm}@BER=2\text{E}-4$ ，功耗 $\leq 3.5\text{W}$ ，满足 $-40^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$ 工业级温度需求；（5）演示验证平台：通信速率 $\geq 100\text{Gb/s}$ ，移动前传光纤链路 $\geq 10\text{km}$ 。申请国际/国内发明专利不少于 10 项，提交多源协议（MSA）提案或标准提案不少于 2 项，实现相关芯片和模块的小批量应用。

**关键词：**移动通信前传，100Gb/s 光电子芯片，可插拔光收

发模块。

### 1.5 高性能薄膜钛酸钡电光调制器研究（基础研究类）

**研究内容：**针对超宽带光通信与互连网络对高性能电光调制的需求，研究钛酸钡（ $\text{BaTiO}_3$ ，BTO）单晶薄膜电光调制器及光学复用关键技术。分析 BTO 单晶薄膜制备工艺对薄膜结晶质量与表面形貌的影响，以及 BTO 单晶薄膜折射率在电场作用下的响应特性，研究高品质 BTO 单晶薄膜材料生长与制备技术；建立 BTO 电光调制器的仿真模型，制备高品质 BTO 波导，研究 BTO 单晶薄膜电光调制器芯片设计和器件制备技术，研制高性能 BTO 单晶薄膜电光调制器；研究基于 BTO 单晶薄膜的波长及模式复用技术，研制波分、模分复用/解复用器，分析各功能单元的单片集成技术，研制出多通道单晶薄膜 BTO 调制-复用一体化集成光子芯片，满足大容量、低延时与低功耗通信与互连需求。

**考核指标：**（1）BTO 单晶薄膜材料：表面粗糙度 $\leq 1\text{nm}$ ，XRD 摇摆曲线半高宽 $\leq 0.1^\circ$ ，电光系数 $\geq 500\text{pm/V}$ ；（2）BTO 单晶薄膜电光调制器：半波电压长度积（ $V_\pi L$ ） $\leq 0.25\text{V}\cdot\text{cm}$ ，3dB 带宽 $\geq 70\text{GHz}$ ，无杂散动态范围 $\geq 100\text{dB}\cdot\text{Hz}^{2/3}$  @1GHz，调制器速率 $\geq 100\text{Gbaud}$ ；（3）研制出单晶薄膜 BTO 调制-复用一体化集成光子芯片，通道数 $\geq 4$ ，数据总吞吐量 $\geq 400\text{Gbaud}$ 。申请国际/国内发明专利不少于 10 项。

**关键词：**钛酸钡单晶薄膜材料，钛酸钡波导，钛酸钡单晶薄

膜电光调制器。

## **1.6 高速高效非线性光子器件与信息操控技术（青年科学家项目）**

**研究内容：**针对光纤通信、光子计算对信息操控的应用需求，研究非线性光子器件和光子信息操控技术。发展非线性光子器件的光谱调控技术、多维融合调控方法，研究基于新型材料或结构的非线性光子器件；研究基于非线性光子器件的光子信息多维操控集成芯片技术；构建可片上集成的多参量联合操控的高速高效安全光纤通信系统，开展非线性光子器件在高速高效安全光纤通信领域的典型应用验证。

**考核指标：**（1）高速高效非线性光子器件：信息操控带宽 $\geq 50\text{GHz}$ ，单比特操控功耗 $\leq 100\text{fJ/bit}$ ，三阶非线性转换效率 $\geq -10\text{dB}$ ；（2）光子信息多维操控集成芯片：在同一芯片上实现操控功能 $\geq 3$ 种（波长转换、逻辑运算、信号再生等），操控维度 $\geq 5$ 个（波长、幅度、相位、偏振等），操控波长数 $\geq 8$ 路，操控总容量 $\geq 1\text{Tb/s}$ ；（3）多参量联合操控的安全光纤通信系统：支持波长数 $\geq 8$ 路，支持四相移相键控（QPSK）/16正交幅度调制（QAM）等信号格式，实现典型应用验证。申请国际/国内发明专利不少于5项。

**关键词：**非线性光子器件，光子信息多维操控集成芯片，可片上集成的安全光纤通信系统。



### 1.7 多波长拓扑光子晶体半导体激光芯片(青年科学家项目)

**研究内容:** 为了满足大规模光子集成芯片和新一代光通信技术网络扩容需求,发展多波长拓扑半导体激光芯片技术。研究片上光子能带拓扑特性,揭示激光工作模式精细调控技术,开发外延材料生长、芯片制备和性能提升等关键工艺技术,研制高性能多波长光子晶体半导体拓扑激光器;研究小尺寸、低功耗、扩展光谱覆盖范围的多波长微纳光子晶体拓扑激光技术;开展基于多波长拓扑激光芯片的大容量光纤传输演示验证。

**考核指标:** (1) 多波长光子晶体半导体拓扑激光阵列: C 波段,单波输出功率 $\geq 1\text{mW}$ ,远场半高全宽发散角 $\leq 5^\circ$ ,边模抑制比 $\geq 35\text{dB}$ ,波长数目 $\geq 32$ ,频率间隔 $\leq 50\text{GHz}$ ,平均频率误差 $\leq 12.5\text{GHz}$ ;  
(2) 多波长微纳拓扑光子晶体激光器: C 波段,芯片有效尺寸 $\leq 0.01\text{mm}^2$ ,波长数目 $\geq 24$ ,波长间隔 $\leq 3.2\text{nm}$ ,平均波长误差 $\leq 0.5\text{nm}$ ;  
(3) 光纤传输的实验演示: 容量 $\geq 100\text{Tb/s}$ ,传输距离 $\geq 20\text{km}$ 。申请国际/国内发明专利不少于 5 项。

**关键词:** 拓扑光子,光子晶体激光阵列,微纳光子晶体拓扑激光激光器。

### 1.8 高宽带高线性度电光调制器(青年科学家项目)

**研究内容:** 面向高速光通信和微波光子系统对大带宽、大动态范围的需求,研究高带宽、高线性度的电光调制技术。研究光场和电场相互作用增强理论,以及调制工作带宽和高频半波电压

性能提升优化方法，研制高性能电光调制器芯片；提出大动态范围、超宽带电光调制器传输函数的线性化技术，以及光学与电学高频封装技术，研制高带宽、低半波电压、高线性的电光调制器；搭建基于高带宽高线性电光调制器的大动态范围光传输或者微波光子链路，进行典型示范应用。

**考核指标：**（1）电光调制器芯片：工作波段覆盖 C 和 L 波段，静态消光比 $\geq 33\text{dB}$ ，半波电压（ $V_\pi$ ） $\leq 1.9\text{V}$ ；（2）电光调制器：射频半波电压 $\leq 4\text{V}@70\text{GHz}$ ，3dB 带宽 $\geq 100\text{GHz}$ ；（3）在微波光子链路等场景下，实现不少于 1 种典型示范应用，无杂散动态范围 $\geq 125\text{dB}\cdot\text{Hz}^{2/3}@30\text{GHz}$ 。申请国际/国内发明专利不少于 5 项。

**关键词：**微波光子链路，大动态范围，高宽带高线性度电光调制器。

### 1.9 太赫兹光电导混频器（青年科学家项目）

**研究内容：**面向宽带通信、超宽带雷达、太赫兹噪声发生器等超宽带光电系统应用需求，研究光电导混频器的带宽、转换效率与光电导材料参数之间的映射理论模型，非相干光激励光电导产生宽带信号机理。研究短载流子寿命、高电阻率的光电导材料外延技术；研究局域场及载流子输运同时增强的高响应度混频器芯片设计及制备技术；研究宽带、低损耗波导输出封装技术，研制宽带光电导型太赫兹光混频器，并开展示范应用。

**考核指标：**（1）短载流子寿命光电导材料：载流子寿命 $\leq 1\text{ps}$ ；

(2) 太赫兹光混频器芯片：响应度 $\geq 0.2\text{A/W}$ ，超噪比 $\geq 20\text{dB}@0.5\text{THz}$ ；(3) 光电导型太赫兹光混频器：响应带宽 $\geq 2\text{THz}$ ，实现不少于 1 种典型示范应用。申请国际/国内发明专利不少于 5 项。

**关键词：**超宽带电光系统，光电导材料，太赫兹光混频器芯片及器件。

### **1.10 存算一体高线性忆阻光子类脑芯片（青年科学家项目）**

**研究内容：**针对智能物联网中智能终端对光学图像高效识别应用需求，研究存算一体高线性忆阻光子类脑芯片及智能图像识别系统。研究兼具光学感知与计算功能的高线性度片上感存算一体阵列以及感存算系统与互补金属氧化物半导体（CMOS）信息接收电路系统的集成芯片技术；研究光电一体的感存算智能图像识别系统和相应的配套训练及识别算法，并开展感存算智能图像识别演示验证。

**考核指标：**(1) 存算一体高线性忆阻光子类脑芯片：实现感存算系统与 CMOS 信息接收电路系统的集成，智能像素规模不小于  $32\times 32$ ，单元线性度不小于 0.99，调制速度不大于 10ns，循环次数不小于  $10^7$  次，调制能耗不大于 10pJ，状态漂移系数不大于  $10^{-4}\text{dB/h}$ ，运算速度不低于 20TOPS，计算系统总能效不低于 3TOPS/W；(2) 感存算智能图像识别系统：演示识别 0~9 十个数字光学图像，识别率不低于 95%。申请国际/国内发明专利不少

于 5 项。

**关键词：**智能终端，忆阻光子类脑芯片，感存算智能图像识别系统。

### **1.11 高速高饱和硅基锗波导探测器（青年科学家项目）**

**研究内容：**针对微波光子链路对宽频带、大动态范围的需求，研究高速高饱和功率硅基锗波导光电探测器关键技术。分析探测器在大输入光功率下的性能劣化机理以及带宽和饱和功率之间的制约因素，提出探测器在大输入光功率下的电场和光场的耦合技术、高浓度光生载流子的操控技术、有源区和电极的阻抗匹配技术，研制高速高饱和功率的硅基锗波导探测器；开展示范应用。

**考核指标：**（1）高速高饱和硅基锗波导探测器工作波段为 C 波段，最大线性输入光功率 $\geq 23\text{dBm}$ ，探测器响应度 $\geq 0.6\text{A/W}$ ，入光功率  $20\text{dBm}$  时  $3\text{dB}$  带宽 $\geq 40\text{GHz}$ ；（2）在微波光子链路等场景下，实现不少于 1 种典型示范应用。申请国际/国内发明专利不少于 5 项。

**关键词：**微波光子链路，高饱和功率，硅基锗波导探测器。

### **1.12 晶圆级集成的电控非易失光学可编程门阵列芯片技术（青年科学家项目）**

**研究内容：**针对可编程光子处理器的应用需求，研究新型光学可编程门阵列（OFPGA）芯片技术。研究晶圆级硅光后道兼容相变材料集成工艺，实现高质量相变材料薄膜与硅光芯片的单片

集成；研究低光学串扰、高消光比的非易失可控光开关，实现路径切换；研究高比特调控精度的非易失可调谐衰减器，实现分光可控；设计可重构光网络拓扑架构，研究具有相变材料集成的非易失 OFPGA 芯片，并开展功能验证演示。

**考核指标：**（1）硅光后道兼容晶圆级相变材料集成：晶圆尺寸 $\geq 8$ 英寸，相变材料种类 $\geq 2$ 种，波导层数 $\geq 3$ 层；（2）电控非易失  $2 \times 2$  MZI 集成光开关：插入损耗 $\leq 0.5\text{dB}$ ，消光比 $\geq 30\text{dB}$ ，器件调控位数 $\geq 5\text{bit}$ ；（3）非易失可调谐衰减器：插入损耗 $\leq 1.0\text{dB}$ ，衰减 $\geq 40\text{dB}$ ，尺寸 $\leq 20\mu\text{m}$ ，调控位数 $\geq 7\text{bit}$ ；（4）非易失 OFPGA 芯片：包含非易失 MZI 单元器件数量 $\geq 30$ ，可重构功能数量 $\geq 10$ 个，功能切换重复次数 $\geq 1000$ 次，并开展演示验证。申请国际/国内发明专利不少于 5 项。

**关键词：**晶圆级相变材料，电控非易失光开关，电控非易失可调谐衰减器，可调谐衰减器光学可编程门阵列芯片。

## **2. 光显示与交互技术**

### **2.1 大场景沉浸式虚实融合交互技术与系统（共性关键技术类）**

**研究内容：**面向大场景沉浸式虚实融合应用需求，研究大场景虚实融合核心交互技术、器件与系统。研究大场景沉浸式虚实融合中环境感知的阵列式光电薄膜和力交互传感器件装置；研究大范围场景虚实融合精准配准技术，以及定位技术；研究融合三

维光场、三维声场、力多源传感数据的交互意图识别技术；研究虚实融合系统中交互意图推理引擎及其核心集成器件装置；研究融合光、声、力交互传感器件装置的大场景虚实融合交互系统，并开展示范应用。

**考核指标：**（1）阵列式光电薄膜和力交互传感器件：器件厚度不大于 0.5mm，检测区不少于 200 点/平方分米，可以感知的力不大于 1 磅；（2）虚实融合配准与空间定位：大范围虚实融合配准误差不超过 1cm，空间定位误差不超过 1cm，人体局部位位置定位精度达到毫米级；（3）交互意图识别：一次性准确率不低于 90%，具有交互行为和交互情境的高效计算能力；（4）交互意图推理引擎及集成器件装置：支持虚实融合场景和任务下多模态交互技术不少于 5 个，多通道信号采样率超过 200Hz，同步误差不超过 5ms；（5）虚实融合交互系统：支持多空间、多用户协同交互，实现 3 种以上大场景虚实融合交互的示范应用。申请国际/国内发明专利不少于 10 项，相关行业技术标准提案不少于 1 项。

**关键词：**大场景沉浸式虚实融合，阵列式光电薄膜和力交互传感器件，交互意图推理引擎及集成器件装置。

## **2.2 面向移动终端的虚实协同技术与系统(共性关键技术类)**

**研究内容：**面向便捷虚实协同应用的需求，研究具有高配准精度的轻量级虚实融合技术与系统。研究融合高性能显示器件的轻量级便携式虚实融合终端；研究三维虚实内容无缝匹配与呈现

技术；研究高精度三维光声同步呈现技术；研究基于轻量级虚实融合移动终端设备的高性能三维场景语义理解、用户行为理解、场景和行为记忆与反馈、多用户下的虚实协同交互等技术；研究端云协同的三维多通道虚实协同装置与系统，进行典型场景中示范应用。

**考核指标：**（1）轻量级便携式虚实融合终端：单目视场角不低于  $55^{\circ}$ ，光显示分辨率不低于  $1920 \times 1080$ ，显示对比度不低于  $600:1$ ，3D 空间定位实现厘米级，以及  $1^{\circ}$  以内定位精度，整机重量不高于 100g；（2）三维虚实融合呈现：具备基于移动终端的三维虚实融合呈现机制，二维和三维图像实时像素级自动配准，成像帧率达到 75 帧/秒；（3）三维光声同步呈现：具备 6 自由度的三维光声同步呈现机制，角度分辨率不高于  $5^{\circ}$ ；（4）虚实融合终端的场景理解、用户行为理解、协同交互：支持 5 种以上三维场景感知，在移动侧实现场景实时分割和分类，准确率高于 85%，支持多通道融合交互能力，开放空间下用户一次性交互意图理解的准确率不低于 95%；（5）示范应用：开展 3 种以上端云协同的三维多通道虚实协同场景的示范应用。申请国际/国内发明专利不少于 10 项，相关行业技术标准提案不少于 1 项。

**关键词：**移动终端，轻量级便携式虚实融合终端、三维多通道虚实协同装置。

### 2.3 广域高分辨自适应光场成像技术与系统（共性关键技术类）

**研究内容：**面向光场成像技术在大场景和远距离的应用需求，研究广域、高通量、高分辨率的光场成像技术与系统。研究具有大范围光学像差矫正能力的广域数字自适应光学技术；针对高动态、弱光等复杂光场环境下的高分辨率光场成像问题，研究高分辨率自适应光场成像技术和动态光场超分辨率技术；研究编码光场景深拓展技术和适用于弱光动态场景下的光场去噪技术；针对低质光学系统、环境等引起的空间非一致的光学像差问题，研究大范围高速波前传感技术，支持视频帧率下多区域动态像差估计；研制广域、高分辨、高灵敏度自适应光场成像系统，并开展示范应用。

**考核指标：**（1）广域数字自适应光学技术：环境像差估计视场直径不小于 1000"，空间非一致像差估计区域数不少于 400，像差估计速度不高于 100ms；（2）高分辨率自适应光场成像技术和动态光场超分辨率技术：动态场景下，光场子视角图像分辨率提升不低于 3 倍，子视角数目不少于 36，可去除高动态目标光场重建伪影；（3）光场景深拓展技术和光场去噪技术：相比典型二维光学成像系统，远、近景深均扩展 5 倍以上，实现与自适应光场重建算法适配的光场去噪算法，提升成像信噪比 10dB 以上；（4）高速波前传感技术：可见光波段下（以 525nm 为中心波长），光



学像差均方根误差不大于 3 个波长时，多区域矫正后残留像差均方根误差不大于 0.5 个波长，开展 2 种以上广域高分辨自适应光场成像场景的示范应用。申请国际/国内发明专利不少于 10 项。

**关键词：**广域数字自适应光场成像，高分辨率自适应光场成像技术，光场去噪与高速波前传感技术。

## **2.4 远程互动式三维全息呈现技术与系统(共性关键技术类)**

**研究内容：**面向全息视频会议、文艺演出、体育赛事等应用需求，研究远程互动式三维全息呈现技术与系统。研究动态场景实时智能重建技术，构建低成本、易部署的多相机同步采集系统，实现复杂场景的精准在线三维表达；研究场景模型的高效数据压缩和流式传输技术，进行模型在 5G 网络上低延迟传输；研究端云结合的复杂场景模型高真实感实时绘制技术，实现场景模型在混合现实头显装置、裸眼三维显示屏等低算力显示设备上的实时呈现；研究高逼真数字人建模及多模态智能驱动技术；研究远程互动式三维全息呈现系统，并开展示范应用。

**考核指标：**(1) 多相机同步采集系统：支持普通相机作为采集设备，对不小于 400m<sup>2</sup> 的动态场景进行实时重建，重建帧率不低于 25fps；(2) 数据压缩和流式传输：实时影像传输的带宽要求不高于 1Gbps，系统端到端显示延迟不超过 250ms；(3) 端云结合的场景模型实时绘制：支持 6 自由度自由视点呈现，4K 分辨率下绘制帧率不低于 60fps，绘制图像质量峰值信噪比 (PSNR) 不

低于 30; (4) 数字人建模与多模态智能驱动: 实现数字人三维模型和动作驱动的自动匹配, 具有基于视觉、语音、文本等的数字人模型的多模态驱动能力; (5) 示范应用: 开展 3 种以上远程互动式三维全息呈现场景的示范应用。申请国际/国内发明专利不少于 10 项, 相关行业技术标准提案不少于 1 项。

**关键词:** 远程互动式三维全息呈现, 多相机同步采集系统, 场景模型实时绘制, 数字人建模与多模态智能驱动。

## **2.5 高精度实时交互式三维重建技术与系统 (共性关键技术类)**

**研究内容:** 面向复杂场景中便携式快速三维重建的应用需求, 研究高精度实时交互式三维重建技术与系统。研究可用于高精度可交互式实时光场感知的专用便捷式光场传感装备; 研究多类型对象的高精度光场重建技术; 研究非刚体运动对象的动态实时光场重建技术和高维度细粒度运动重建模型; 研究交互运动下遮挡等因素造成的信息缺失等欠定条件下动态对象相互作用关系模型; 研究多对象交互运动的实时高效动力学模型; 研制高精度实时交互式三维重建系统与快速仿真装置, 并开展示范应用。

**考核指标:** (1) 光场传感装备: 具备高精度定位、交互数据采集及三维重建能力, 可重建物体尺寸范围上限不小于 5m; (2) 高精度光场重建技术: 实现复杂纹理、材质、结构等 3 种以上因素影响下的三维重建, 每种因素影响下的可重建对象类别不少于

10 种，光场重建结果平均峰值信噪比（PSNR）大于 30，平均结构相似性（SSIM）大于 0.92；（3）动态实时光场重建技术和细粒度运动重建模型：具备复杂非刚体运动的实时三维重建能力，可实时求解的非刚体运动维度数大于 5000 维，具有语义、形状、运动协同优化的实时三维重建能力；（4）动态对象相互作用关系模型：实现多个物体复杂运动下交互动态实时重建，在交互过程中发生遮挡时物体运动跟踪成功率大于 95%，跟踪误差上升幅度小于 20%；（5）交互对象动力学模型：实现实时交互物理仿真，复杂场景交互重建结果符合真实物理规律，运动重建误差低于 1.5cm/s，重建延迟小于 60ms；（6）示范应用：开展 2 种以上高精度实时交互式三维重建与快速仿真场景的示范应用。申请国际/国内发明专利不少于 10 项，相关行业技术标准提案不少于 1 项。

**有关说明：**企业牵头申报。

**关键词：**便携式实时三维重建，动态对象相互作用关系模型，交互对象动力学模型。

## **2.6 基于全介质超构表面的增强现实成像技术（共性关键技术类）**

**研究内容：**面向增强现实显示设备对近眼系统在体积、重量与功耗等方面的需求，研究基于全介质超构表面的轻量化增强现实成像技术。研究超大深宽比  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{SiC}$  超构表面的加工工艺，以及  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{SiC}$  纳米结构的倾斜刻蚀工艺；研究基

于连续域中束缚态（BIC）等模式相互作用的异常反射理论，以及虚拟像与现实像高效叠加的超构表面叠加器；研究用于红绿蓝三基色的高效率消色差成像的大口径、大数值孔径（NA）、大视场角（FOV）的全介质级联超构透镜；基于超构表面叠加器和超构透镜，研制轻量化增强现实光学成像原型系统，并开展示范应用。

**考核指标：**（1） $\text{TiO}_2$  和  $\text{Si}_3\text{N}_4$  超构表面的加工工艺：最小特征尺寸 $\leq 50\text{nm}$ ，最大深宽比 $\geq 30$ ； $\text{SiC}$  超构表面的加工工艺：最小特征尺寸 $\leq 50\text{nm}$ ，最大深宽比 $\geq 5$ ； $\text{TiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{SiC}$  纳米结构的倾斜刻蚀工艺： $\text{TiO}_2$  和  $\text{Si}_3\text{N}_4$  刻蚀角度  $0 \sim 45^\circ$  精确可调，刻蚀角度准确度 $\leq 1^\circ$ ，侧壁双侧平行度在  $0 \sim 10^\circ$  范围内精确可调；（2）超构表面叠加器：在维持外部环境光高透射率的同时，可实现虚拟光在大入射角度情况下的高效率反射，可见光区域平均透射率 $\geq 70\%$ ，虚拟光单波长异常反射在入射角 $\geq 50^\circ$ 和反射角 $\leq 5^\circ$ 时效率 $\geq 60\%$ ；（3）全介质级联超构透镜：通光口径 $\geq 1.2\text{mm}$ ， $\text{NA} \geq 0.6$ ， $\text{FOV} \geq 15^\circ$ ，焦点偏移量 $\leq 5\%$ ，实现级联透镜的单片集成；（4）增强现实原型系统：集成超构表面器件和超构透镜，透视光路厚度 $\leq 1\text{mm}$ ，叠加器单片重量 $\leq 6\text{g}$ ，开展 2 种以上增强现实场景的示范应用。申请国际/国内发明专利不少于 10 项。

**关键词：**增强现实，超构表面工艺，超构表面叠加器，全介质级联超构透镜。