

自然科学奖公示信息

一、项目名称

光子类脑计算研究

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省教育厅

提名意见：

我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，并按照要求对该项目的基本情况进行了公示，公示期间无异议。

根据《陕西省科学技术厅关于做好 2025 年度省科学技术奖提名工作的通知》，参照自然科学奖评定条件和评定标准，提名该项目参评陕西省自然科学奖一等奖。

三、项目简介

脑科学与类脑研究是全球战略科技制高点，欧美日已相继启动人脑计划，我国也将其纳入“科技创新 2030”重大项目及“十四五”规划与 2035 年远景目标重点前沿科技项目；人工智能作为引领科技革命与产业变革的战略性技术，我国亦通过《新一代人工智能发展规划》等文件，凸显对脑科学、类脑研究及人工智能的高度重视。

以大模型为代表的人工智能飞速发展，对算力和能效提出了迫切需求。冯诺依曼架构的传统计算范式已接近摩尔定律极限，且我国面临先进制程微电子芯片“卡脖子”难题。光子类脑计算作为一种后摩尔时代的新型计算架构，是光计算与类脑计算的交叉前沿，借鉴了生物大脑的网络结构与脉冲信息处理机制，以光子作为信息处理载体，以光运算代替电运算，具备波长、偏振、相位等多维度物理场特性，具有高速、低功耗、低延迟、大规模并行等优势，且光子芯片不依赖先进制程。光子类脑计算有望突破传统电子计算芯片的物理瓶颈，实现几个数量级的算力、时延和能耗突破，推动新一代人工智能落地应用，支撑人工智能重大战略。与电子计算相比，光子神经形态计算仍处于发展的起步探索阶段，仍面临诸如光学非线性计算困难（算不全）、光计算精度低（算不准）、光计算解决多样化任务的能力受限（算不多）等关键挑战。

本项目为了突破光计算面临的算不全、算不准、算不动等关键挑战，在国家自然科学基金优秀青年项目、国家自然科学基金面上项目等支持下，以实现算得全、算得准、算得动的光子神经形态计算芯片和软硬协同系统为目标，从新型计算机制与新原理芯片、架构与算法、应用探索方面开展了系统、深入的研究工作。创造性地开辟了光类脑计算的全新路径，为光子类脑计算奠定了理论和算法基础。

四、客观评价

光子类脑计算研究工作被《Nature Photonics》，《Nature Communications》，《Light: Science & Applications》和《Optica》等权威期刊引用。美国普林斯顿大学 P. R. Prucnal 教授（IEEE Life Fellow）、澳大利亚斯威本科技大学 David J. Moss

教授(IEEE Life Fellow)、美国加利福尼亚大学 S. J. Ben Yoo 教授 (IEEE Fellow)、清华大学戴琼海院士、北京大学王兴军教授等本领域著名学者等多次正面引用评价相关成果。项目第一完成人在光子类脑计算领域的系列工作获得光电子领域主流期刊的认可，担任 Frontiers of Optoelectronics (FOE) 青年编委，担任 Photonics 期刊客座编辑。此外，在光子类脑计算相关学术会议组织、主持、主旨报告、特邀报告 30 次，多次担任专题主席及召集人，讲授光子学公开课 1 次。2023 年获优秀创新创业导师。

五、代表性论文专著目录

1. Shuiying Xiang, Yuechun Shi, Xingxing Guo, Yahui Zhang, Hongji Wang, Dianzhuang Zheng, Ziwei Song, Yanan Han, Shuang Gao, Shihao Zhao, Biling Gu, Hailing Wang, Xiaojun Zhu, Lianping Hou, Xiangfei Chen, Wanhua Zheng, Xiaohua Ma, and Yue Hao, “Hardware-algorithm collaborative computing with photonic spiking neuron chip based on an integrated Fabry–Perot laser with a saturable absorber”, Optica, vol. 10, no. 2, pp. 162 – 171, 2023.

2. Shuiying Xiang, Zhenxing Ren, Ziwei Song, Yahui Zhang, Xingxing Guo, Genquan Han, and Yue Hao, “Computing primitive of fully VCSEL-Based all-optical spiking neural network for supervised learning and pattern classification”, IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, vol. 32, no. 6, pp. 2494 – 2505, 2021.

3. Shuiying Xiang, Yahui Zhang, Junkai Gong, Xingxing Guo, Lin Lin, and Yue Hao, “STDP-based unsupervised spike pattern learning in a photonic spiking neural network with VCSELs and VCSOAs”, IEEE Journal of Selected Topics Quantum Electronics, vol. 25, no. 6, 1700109, 2019.

4. Yahui Zhang, Shuiying Xiang, Xingyu Cao, Shihao Zhao, Xingxing Guo, Aijun Wen, Yue Hao, “Experimental demonstration of pyramidal neuron-like dynamics dominated by dendritic action potentials based on a VCSEL for all-optical XOR classification task”, Photonics Research, vol. 9, no. 6, pp. 1055 – 1061, 2021.

5. Yanan Han, Shuiying Xiang, Yang Wang, Yuanting Ma, Bo Wang, Aijun Wen, Yue Hao, “Generation of multi-channel chaotic signals with time delay signature concealment and ultrafast photonic decision making based on a globally-coupled semiconductor laser network”, Photonics Research, vol. 8, no. 11, pp. 1792 – 1799, 2020.

六、主要完成人情况

项水英，郭星星，张雅慧，施跃春，韩亚楠

七、主要完成单位情况

西安电子科技大学，甬江实验室

八、完成人合作关系说明

项目负责人项水英，协同主要完成人郭星星、张雅慧、施跃春和韩亚楠，共同推进了光子类脑计算项目研究。其中，项水英作为项目主持人及第一完成人，负责项目的整体规划和实施，郭星星作为项目的第二完成人，对项目的研究方向和总体目标提出了指导性意见，作为项目的第三完成人，张雅慧与项水英、郭星星共同组织了部分研究方案的制定与实施，对项目的研究方向和总体目标提出了指导性意见，作为项目的第四完成人，施跃春与项水英、张雅慧共同组织了部分研究方案的实施。作为项目的第五完成人，韩亚楠与项水英、郭星星共同组织了部分研究方案的实施，解决了监督训练算法无法应用于多层光脉冲神经网络的难题，提出光子类脑强化学习计算系统。最终，在项目负责人项水英的带领下，项目组成员充分合作，推动了项目的顺利实施，主要完成人之间无利益冲突。

承诺：本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，

特此声明。

第一完成人签名：项水英

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作时间	合作成果	证明材料
1	论文合著	项水英(1)、郭星星(2)、张雅慧(3)、施跃春(4)、韩亚楠(5)	2019.1-2024.12	Hardware-algorithm collaborative computing with photonic spiking neuron chip based on an integrated Fabry-Perot laser with a saturable absorber, Optica, 2023,10 162-171	代表性论文 1

承诺：本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

第一完成人签名：项水英