
微电子所在氧化物栅控离子晶体管研究中获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/13647.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

随着人工智能、物联网等新兴信息技术的发展，信息处理已由计算密集型向数据密集型转移，亟须具有非结构化数据处理能力的低延时、低能耗边缘计算系统，满足终端设备对未来海量非结构化数据处理能力的需求。受生物启发的脉冲神经网络（SNN）因其使用稀疏、异步的脉冲序列作为输入/输出，并以存内计算的方式处理信息而具有大规模并行和低能耗的特点。然而，要充分发挥SNN的优势，亟须在硬件方面开发出紧凑、低功耗、可训练的新型突触电子器件。

电解质栅控晶体管（EGT）是一种新型非易失性电子器件，具有满足上述需求的潜力（D. S. Shang, et al. Adv. Intell. Syst. 2020, 2, 2000156；D. S. Shang, et al. Adv. Func. Mater. 2018, 28, 1804170；D. S. Shang, et al. Adv. Mater. 2017, 29, 1700906）。在前期工作中，中国科学院院士、中科院微电子研

究

所微

电子器件

与集成技术重点实

验室研究员刘明团队的研究员尚大山

等利用无机氧化物 Nb_2O_5 和Li掺杂 SiO_2

作为沟道和栅电解质材料，实现了EGT的大面积阵列制备以及SNN功能演示（Y. Li, J. Lu, D. S. Shang, et al. Adv. Mater. 2020, 32, 200301）。然而，利用EGT构建SNN边缘计算系统还面临一些挑战：由于EGT具有类似电池的结构和工作机制，沟道电导更新后会存在自放电现象，导致沟道电导退化，影响网络的识别精度；原位脉冲时序依赖可塑性（In-situ STDP）是SNN中的重要学习规则，如何在EGT阵列中实现这种STDP学习规则是实现低功耗在线学习的关键。

针对上述问题，研究人员提出了一种One-Transistor-One-EGT（1T1E）结构作为突触单元。该结构不仅可有效缓解EGT的自放电现象（图1a-b），优化阵列器件选通问题，还能结合CMOS神经元电路灵活、高效实现STDP学习规则（图1c-d）。根据突触单元的测试结果，研究人员进一步构建了一种基于时间编码的SNN。该网络具有联想记忆功能，能够实现对MNIST数据集中手写数字图像的学习和恢复（图1e-f），并对EGT器件读写噪声、非线性调节等非理想特性展现出良好的鲁棒性（图1g-i）。由于采用了时间编码方式，并结合器件自身的低电流操作，这种基于1T1E突触单元的SNN在训练过程和推理过程中的核心峰值能效分别可达2 pJ/SOP（Picojoule per synaptic operation）和80 TOPs-1W-1（Tera operations per second per watt），相比常规的基于忆阻突触器件和频率编码方式的SNN有了提升。该研究结果为构建低能耗的神经形态边缘计算系统提供了参考。

相关研究成果以One Transistor One Electrolyte-Gated Transistor Based Spiking Neural Network for Power-Efficient Neuromorphic Computing System为题，发表在Advanced Functional

Materials

上。微电子所博士研究生李悦、中国科学技术大学博士研究生宣自豪为论文的共同第一作者，尚大山为论文通讯作者。研究工作得到科学技术部、国家自然科学基金委、中科院和之江实验室的支持。

[论文链接](#)

图1. (a) 1T1E突触单元结构示意图；(b) 1T1E突触单元保持特性；(c) 基于1T1E和CMOS神经元电路的in-situ STDP学习规则实现方案；(d) 器件沟道电导变化量 (G) 随前、后脉冲时间差 (t) 变化的关系图；(e) 时间编码示意图，利用0-200 ms间的分立时间点编码图像中五种不同的灰度值；(f) 对网络输入残缺并带有噪声的数字“1”图像，网络能够恢复出正确的图像；器件非理想特性 (g) 非线性 (h) 写噪声和 (i) 读噪声对网络恢复率的影响规律，器件特性实测结果也被标出

研究团队单位：微电子研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发