
用于同质架构储备池计算的莫尔突触晶体管

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/24685.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！

用于同质架构储备池计算的莫尔突触晶体管。 研究背景

莫尔材料，是通过堆叠二维原子晶体所形成的一类具有新奇强关联和拓扑物性的新型低维量子材料体系。与传统量子材料不同的是，莫尔材料拥有丰富的量子态（例如，关联绝缘体、轨道磁性、界面铁电性等），可被电场、光场、应力场等外场进行调控。这使得莫尔材料不仅成为了物性探索的新型理想平台，而且在莫尔电子器件应用方面展现出巨大的潜力。目前的相关研究主要集中在莫尔材料中新型量子态的探索与调控方面，如何利用莫尔材料的独特量子态与调控规律设计莫尔电子器件是一个广受关注的议题。

内容简介

面对上述机遇与挑战，南京大学物理学院繆峰教授合作团队，以原子乐高的方式搭建了六方氮化硼与双层石墨烯对齐的莫尔超晶格异质结，首次实现了可模拟生物突触短时可塑性与长时可塑性的莫尔突触晶体管（Moiré synaptic transistor）。进一步，合作团队基于莫尔突触晶体管的动力学高度可调谐的特性，提出了能够执行同质架构储备池计算的全莫尔物理神经网络（Full-moiré physical neural network, MPNN）。

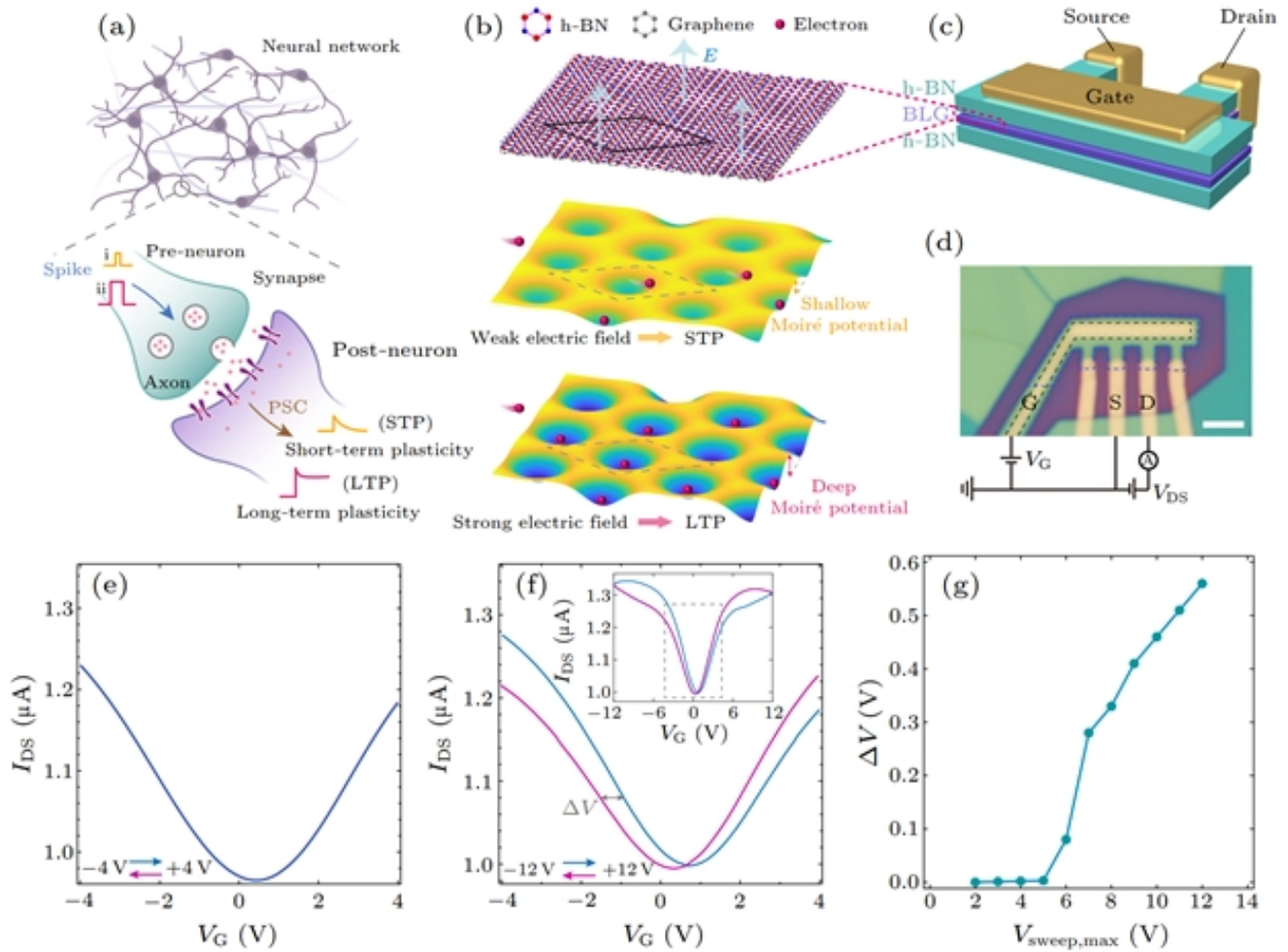


图1. 莫尔突触晶体管。(a) 生物神经网络及突触示意图。由神经元所发放的尖峰信号的强度会影响突触后膜电流的变化行为，弱的信号会激发短时可塑性行为(STP)，强的信号会激发长时可塑性行为(LTP)。(b) 由六方氮化硼与石墨烯晶格对齐产生的电场可调的莫尔势场示意图。在弱电场作用下，浅莫尔电势对电子分布实现短时调制；在强电场作用下，深莫尔势将电子强烈局域于石墨烯上层，实现长时调制。(c-d) 基于莫尔异质结的突触晶体管的结构示意图和光学图。(e) 莫尔突触晶体管在 ± 4 V扫描范围下的转移特性曲线。(f) 莫尔突触晶体管在 ± 12 V扫描范围下的转移特性曲线，展示出明显的记忆窗口。(g) 记忆窗口大小与扫描电压范围的关系。

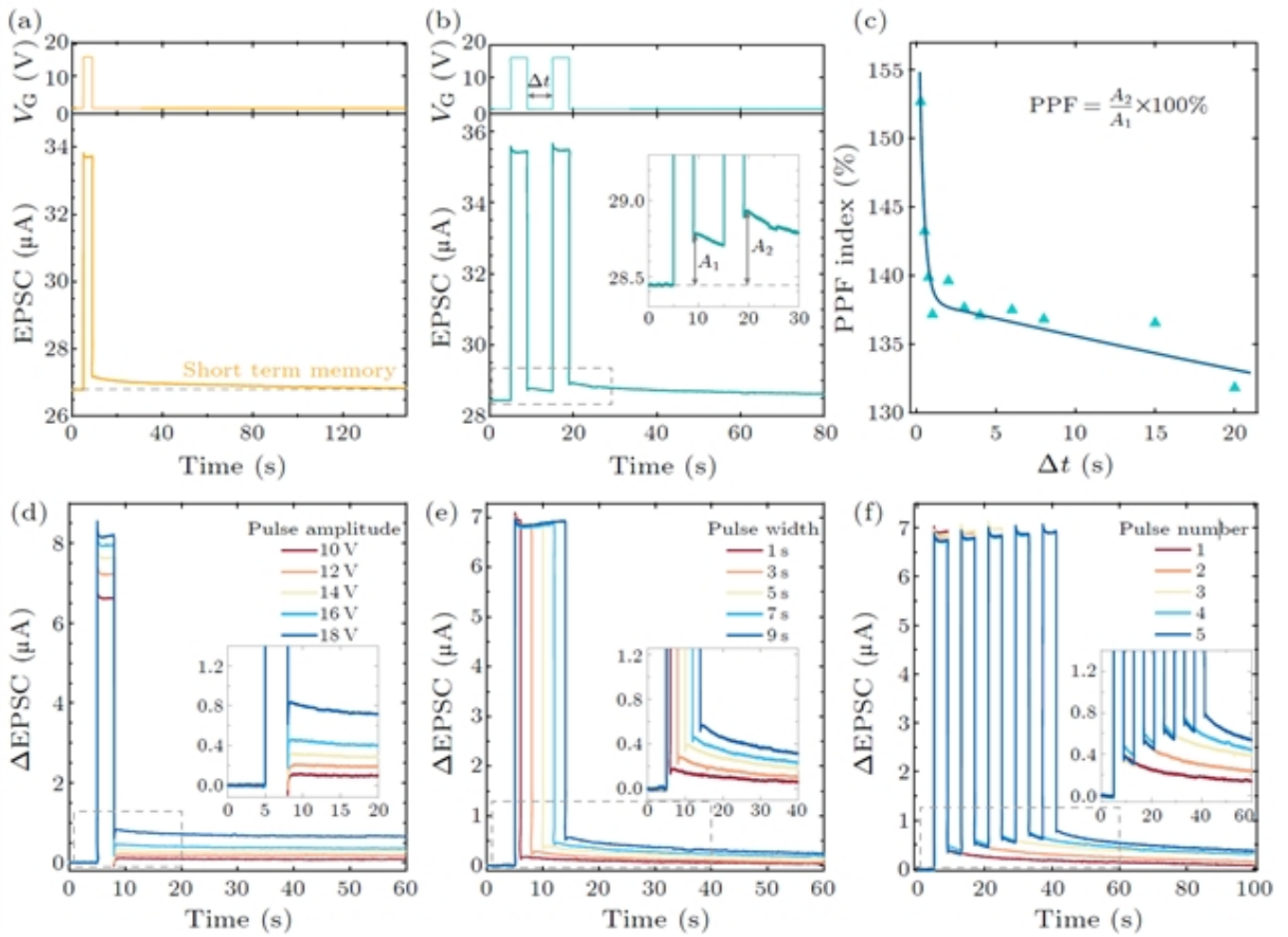


图2. 短时可塑性的实验表征。(a) 莫尔突触晶体管对短时记忆行为的模拟。(b-c) 莫尔突触晶体管对双脉冲异化行为的模拟及双脉冲异化指数随施加脉冲间隔的变化关系。(d-f) 不同强度的外部刺激下(改变施加脉冲的幅值、宽度、数目), 莫尔突触晶体管的动态电流变化, 展现出可分辨的动力学行为, 可以用于构建物理储备池。

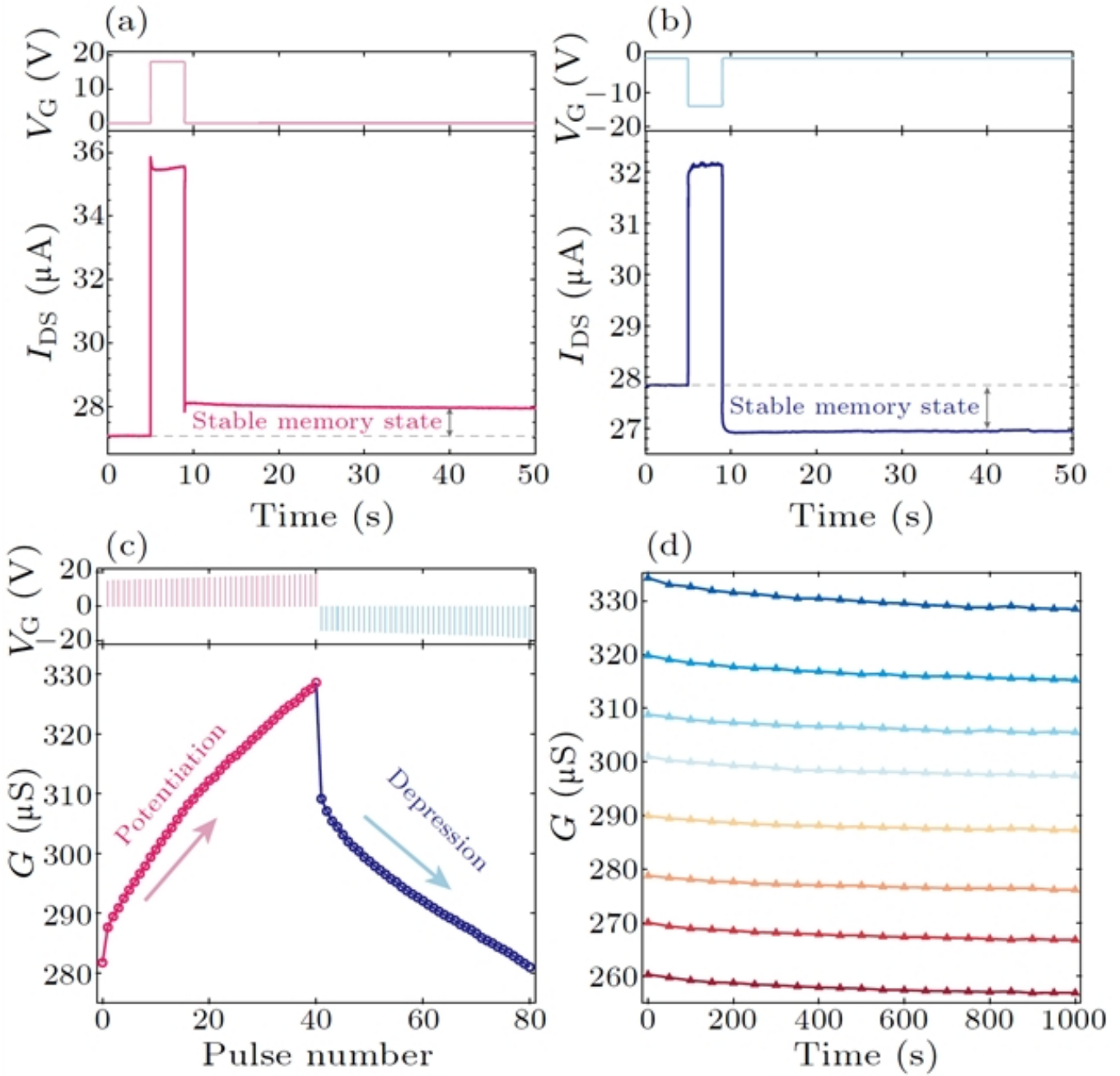


图3. 长时可塑性的实验表征。(a-b) 莫尔突触晶体管对长时增强和长时抑制行为的模拟，展示出长时记忆特性。(c) 莫尔突触晶体管基于脉冲序列作用下的电导连续调控。(d) 莫尔突触晶体管所选取的8个电导状态的保持时间表征。器件的每个状态在1000秒内均不会出现明显退化，可以作为典型的神经网络权重器件。

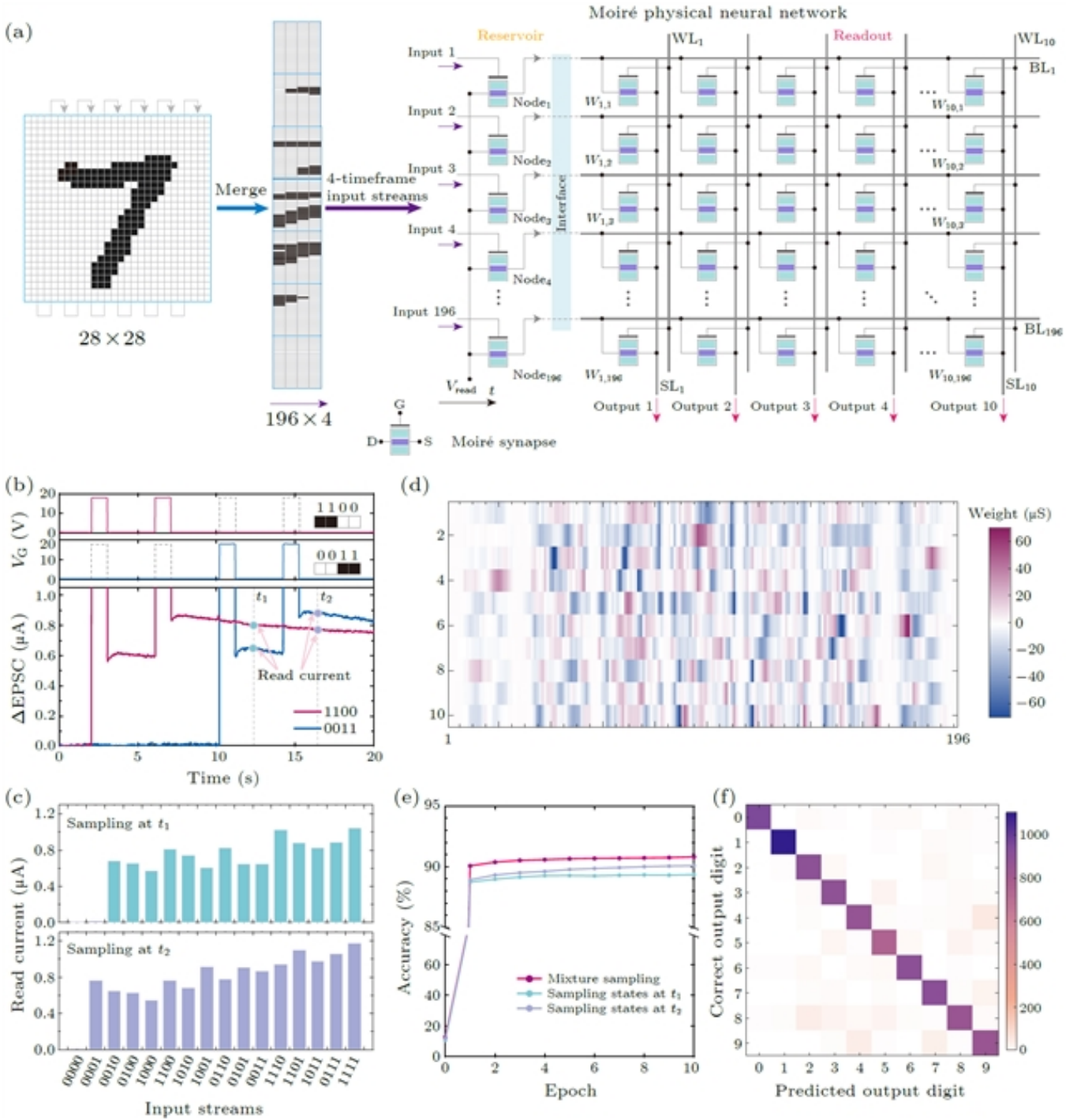


图4. 全莫尔物理神经网络。(a-b) 用于执行同质架构的储备池计算系统的莫尔物理神经网络的示意图，其包含由同一类的莫尔突触器件构建的储备池层和读出层。(b) 以施加编码后的1100和0011时域信息脉冲序列为例，展示了莫尔突触器件作为储备池节点对时域信息的处理，其中不同采样时刻读取的电流值可作为储备池状态。(c) 在两种不同采样时刻下读出的16种输入序列下的储备池状态分布。(d) 读出层训练完成后的权重状态分布。(e) 基于不同采样模式获取的储备池状态的训练周期与识别率关系。基于混合采样模式下的识别率可达到90.8%。(f) 训练完成后，测试集的识别结果。

研究意义和重要性

该工作是石墨烯莫尔材料用于神经形态计算的初次尝试，为莫尔电子学的发展开辟了一条重要的技术路线。（来源：ChinesePhysicsLetters微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1088/0256-307X/40/11/117201>

作者：梁世军等 来源：《中国物理快报》

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