
负光电导和忆阻态协同的钙钛矿光电突触

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/31995.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！

负光电导和忆阻态协同的钙钛矿光电突触。 导读

受人脑视觉感知系统的启发，集成了光学感知、存储和信号处理功能的光电人工突触器件的研究成为神经形态计算系统发展的关键。目前，忆阻器因其精准可控的阻变存储特性，被认为是模拟生物突触功能的有效手段，如果能够将负光电导响应和阻变存储的双重功能结合在一个器件中，并实现这两种效应之间的调控，将有望为发展新型人工光电突触提供新的思路。

基于此，郑州大学史志锋教授团队联合北京理工大学李营副教授提出了一种基于新型钙钛矿Cs₂CoCl₄单晶的双端光电突触器件，其兼具负光电导响应和阻变存储特性。通过集成阻变存储的电脉冲增强和负光电导性质的光脉冲抑制，所构筑的人工神经网络模拟器在手写数字识别中表现出较高的识别准确率和效率，以及良好的容错能力。

相关研究成果以Simultaneous achieving negative photoconductivity response and volatile resistive switching in Cs₂CoCl₄ single crystals towards artificial optoelectronic synapse为题在线发表在国际顶尖光学期刊《Light: Science Applications》，论文第一作者为郑州大学硕士研究生江慧芳，通讯作者为郑州大学史志锋教授、马壮壮研究员和北京理工大学李营副教授。

研究背景

神经元和突触作为类脑计算的基础，是人类大脑进行信息处理和记忆的两个基本单元，他们共同构成了神经形态计算网络。受突触在神经元之间传递信息的启发，类突触器件是神经形态计算系统中的重要组成部分。其中，新型的光电突触器件利用光电双调制模式，结合光子学与电子学各自优势，在新一代神经形态计算领域中逐渐崭露头角。当前，大多数光电突触器件主要利用光学材料的正光电导响应特性，然而，由于饱和光电流的限制，以及弱光探测能力的不足，其在一些特殊的使用场景中受到了阻碍。负光电导效应通常表现为材料电导率在光照下的显著减小，这种变化往往比正光电导效应更为明显。因此，基于负光电导效应的光电器件通常具有较高的灵敏度，能够更准确地探测到微弱的光信号变化。利用负光电导效应可以实现高对比度的图像传感，提高成像质量和准确率，有利于增强人工视觉系统对图像的处理能力和识别功能。鉴于此，开发具有负光电导效应的人工光电突触器件，对未来构建先进的视觉神经形态计算系统具有重要的意义。

创新研究

近日，郑州大学史志锋教授团队开发出一种新型的钙钛矿 Cs_2CoCl_4 单晶材料，其同时具有负光电导响应和阻变存储特性。通过设计多层垂直结构（ITO/ Cs_2CoCl_4 /Cu）的光电器件，在光学和电学工作模式下都获得了优异的器件性能。通过调制电脉冲和光脉冲，可以在同一设备中实现了电写入和光擦除的人工光电突触。基于人工神经网络算法的仿真，所设计的光电突触器件成功实现了手写体数字图像的高精度识别应用。

研究人员首先通过水热法成功制备出高质量大尺寸（1.3 cm × 1.1 cm）钙钛矿 Cs_2CoCl_4 单晶。基于 Cs_2CoCl_4 单晶，设计并制备出结构为ITO/ Cs_2CoCl_4 /Cu的垂直结构光电器件（图1）。该器件在宽波段（265 – 780 nm）光照下表现出特殊的负光电导响应，并且具有优异的光探测能力，其响应度和比探测率分别达到了 -18.3 mA W^{-1} 和 $2.7 \times 10^{12} \text{ Jones}$ 。理论计算和实验分析证明， Cs_2CoCl_4 本征的铯空位缺陷（VCs）自发捕获光生载流子，产生带负电的激子与带正电的氯空位（VCl）形成与外加电场方向相反的内建电场，导致负光电导响应。该器件同时表现出易失性阻变特性，在较小电场强度下（ $5 \times 10^4 \text{ V m}^{-1}$ ）实现了高达 10^4 的开关比，并表现出高循环稳定性。电学测试表明，该忆阻器的阻变机理归因于金属阳离子和卤素空位迁移形成的导电细丝。

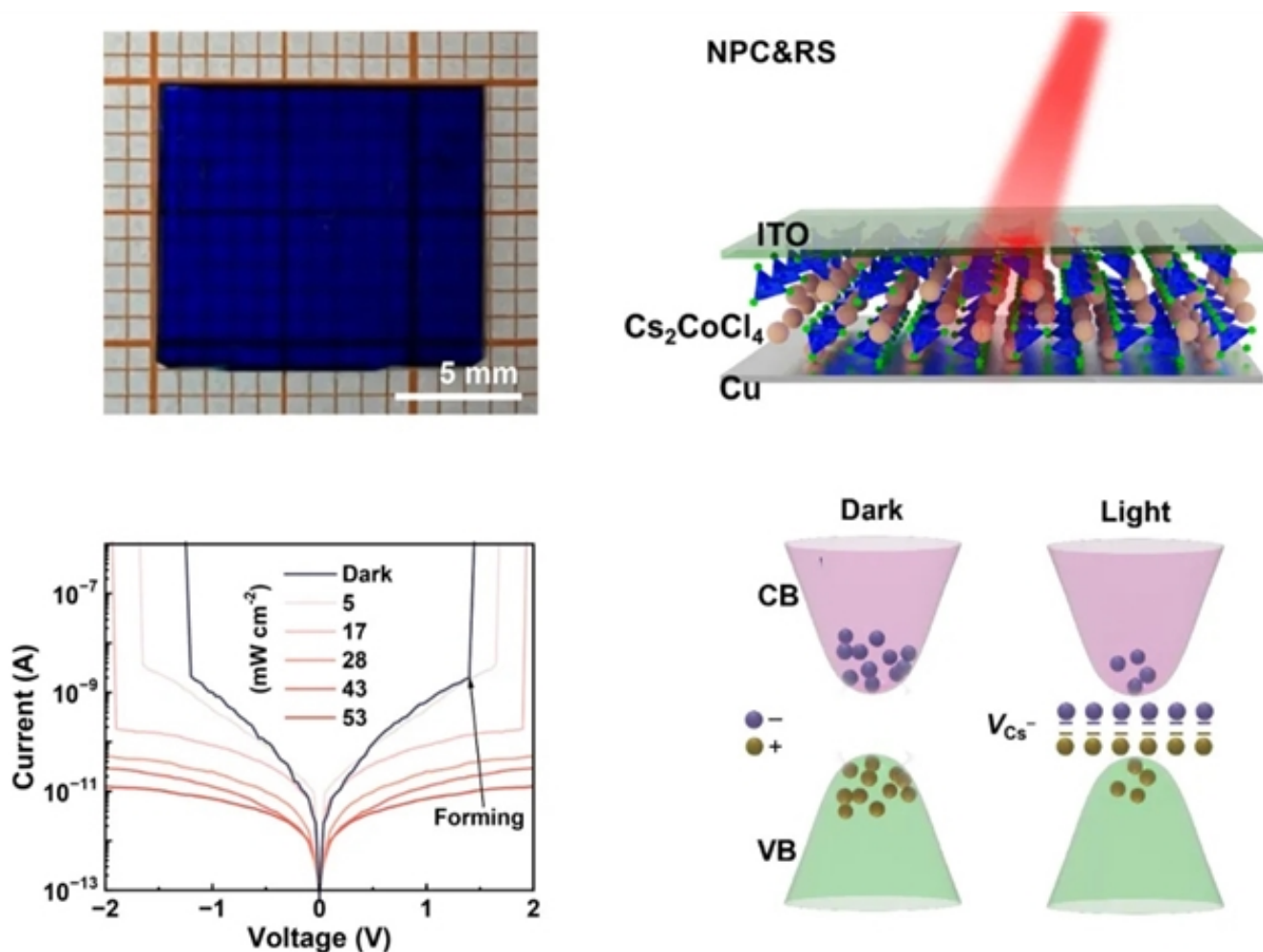


图1. 基于 Cs_2CoCl_4 单晶光电器件的负光电导响应和阻变存储特性

同时，作者通过集成阻变存储性质的电脉冲增强和负光电导性质的光脉冲抑制特性，成功实现了电写入和光擦除的人工光电突触（图2）。并模拟了生物突触的多种功能，包括长时程增强（LTP）、长时程抑制（LTD）和双脉冲易化（PPF）等。基于人工神经网络算法的仿真，所设计的光

电突触器件成功实现了手写体数字图像的高精度识别应用。

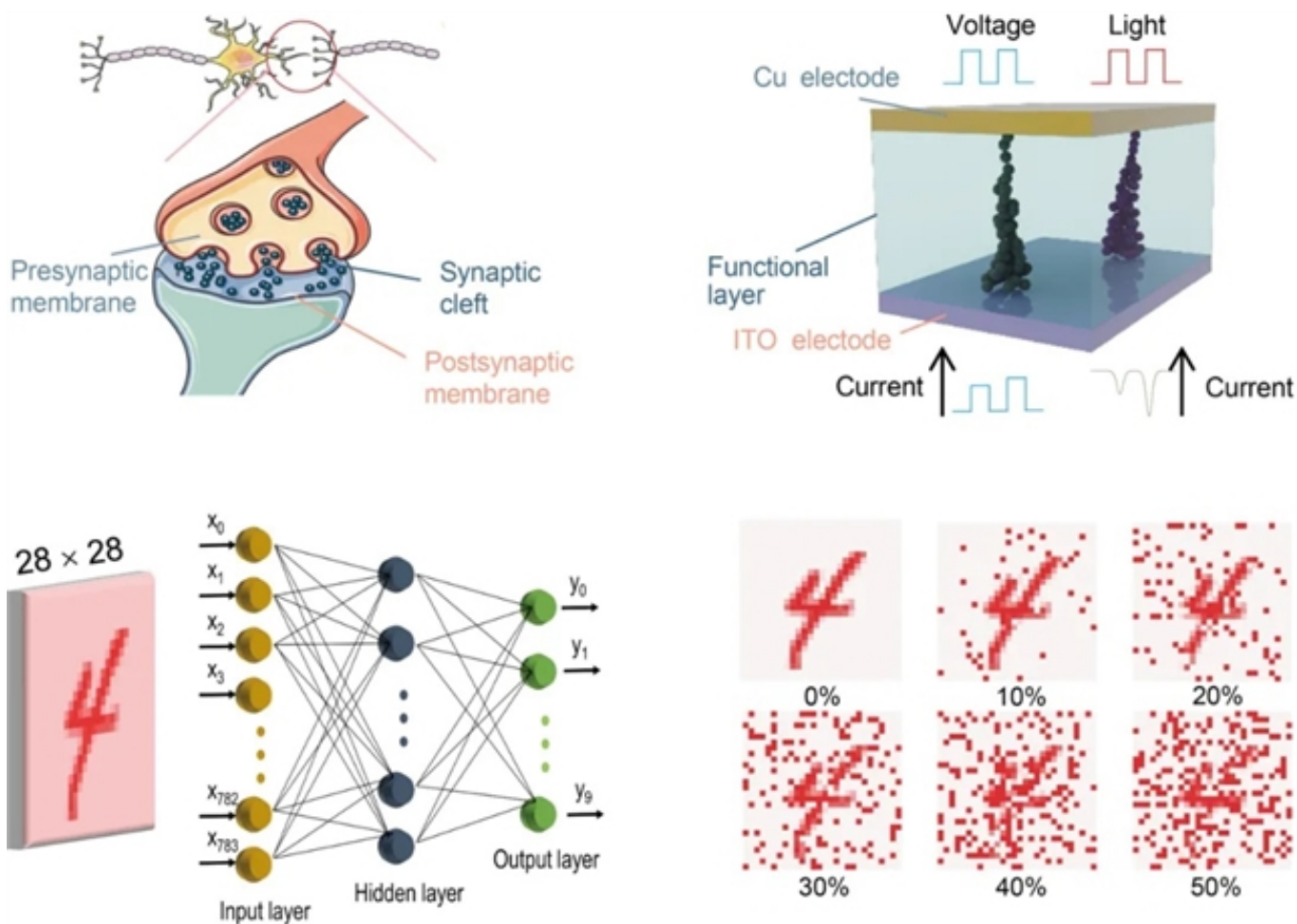


图2. 基于Cs₂CoCl₄单晶的人工光电突触构建及图像识别应用

总结与展望

作者提出了负光电导效应和忆阻态协同的钙钛矿人工光电突触模型，详细的实验和理论分析证实了负光电导效应、阻变机理以及协同工作的机制，并成功使用该突触单元构建了具有图像识别功能的人工视网膜。这项研究为光电子学和神经形态计算领域的发展提供了新的思路，未来有望应用于人工智能技术领域。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-024-01642-8>

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

作者：史志锋等 来源：《光：科学与应用》

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