有机神经形态视觉传感器中的极性调控用于光信息解密

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/25520.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！

有机神经形态视觉传感器中的极性调控用于光信息解密。近日，天津大学胡文平-纪德洋教授团队在Light: Science Applications发表题为Retina-inspired Organic Neuromorphic Vision Sensor with Polarity Modulation for Decoding Light Information的研究论文。研究团队将羧基引入到聚合物介电层中，研究了基于有机场效应晶体管的神经形态视觉传感器中的极性官能团界面调控效应，发现羧基的存在有助于在导电沟道中形成更有序的分子堆积层，并优先诱导半导体和介电层界面的电荷转移，以实现有效的载流子传输。器件在-1 V的低工作电压下具有高达20 cm2 V-1 s-1的最佳迁移率，此外，极性调控效应可以进一步提高神经形态视觉传感器的光响应和光突触性能，表现出更好的图像识别与记忆能力，并可用于对光信息解密。该成果对极性官能团调节电荷传输机制的完善具有重要意义，为开发具有极性官能团的高质量聚合物介电层开辟了新途径。

研究背景

在有机场效应晶体管(OFETs)和基于OFETs的光子器件中，介电层和半导体之间的界面质量对于有效电荷的分布至关重要。聚合物介电层由于其在机械灵活性和表面可操作性方面的优越性，具有构建优异的半导体-介电层界面的巨大潜力，而极性官能团为聚合物介电层提供了影响电荷分布的最大可能性。根据一些研究，由于偶极过程的影响，含氟的极性官能团可以通过降低导电通道中的界面缺陷和增加电荷密度来提高载流子传输效率。然而，许多研究人员发现，聚合物介电层中含有极性羟基(-OH)的官能团会产生界面电荷陷阱，抑制整个沟道层的电荷分布，导致活性降低。羟基(-OH)、醚(-O-)和酯(-COO-)等官能团倾向于在形成电荷陷阱的环境中与H2O和O2结合，从而降低器件性能。而一些报道表明，含有极性羟基的官能团可以提高器件的活性。因此，含有极性羟基的官能团对器件性能的影响机制还不够清楚，只有少数报道关注它们对神经形态视觉传感器中光生载流子的影响，探索极性羟基官能团对器件性能的影响机制，对于理解聚合物介电材料的化学结构与器件性能之间的关系至关重要。

研究创新

在本文中，作者合成了两种化学结构相似的聚合物，带有羧基(-COOH)的聚酰胺酸(PAA)和不含羧基的聚酰胺(PA)，作为低压有机场效应晶体管的介电层，以DNTT作为有源层，研究了器件中的极性调控效应。原子模拟和理论计算表明在PAA/DNTT体系中，HOMO能级主要分布在DNTT上，LUMO能级分布在PAA上，并且带隙较小为1.5eV，PAA/DNTT的小带隙和HOMO-LUMO的不同空间分布促进了电子的激发、分离和迁移，而PA/DNTT体系中HOMO和LUMO都分布在DNTT上，带隙较大为2.4eV，表明界面处没有发生电荷转移，载流子难以在界面分离和迁移。AFM

、GIXRD、拉曼光谱等表征也证明了PAA表面上的分子堆积更加有序，薄膜结晶度更高，可以实现更有效的电荷传输。

如图1所示，对于带有羧基的PAA器件，在-1V的低操作电压下，所有器件的迁移率均大于10 cm2 V-1 s-1，最高值达到20 cm2 V-1
s-1，开关比高于105，而使用不含羧基的PA介电层的器件的迁移率仅为0.5 cm2 V-1 s-1左右。对于评价光响应性能的光灵敏度(P)、光响应度(R)、比探测率(D*)，带有羧基的PAA器件的所有值均比PA器件高一个数量级，此外，基于其他三种半导体DPA、C6DPA和C10-DNTT的光电晶体管，也证实了羧基对光生载流子有利作用的普遍适用性。

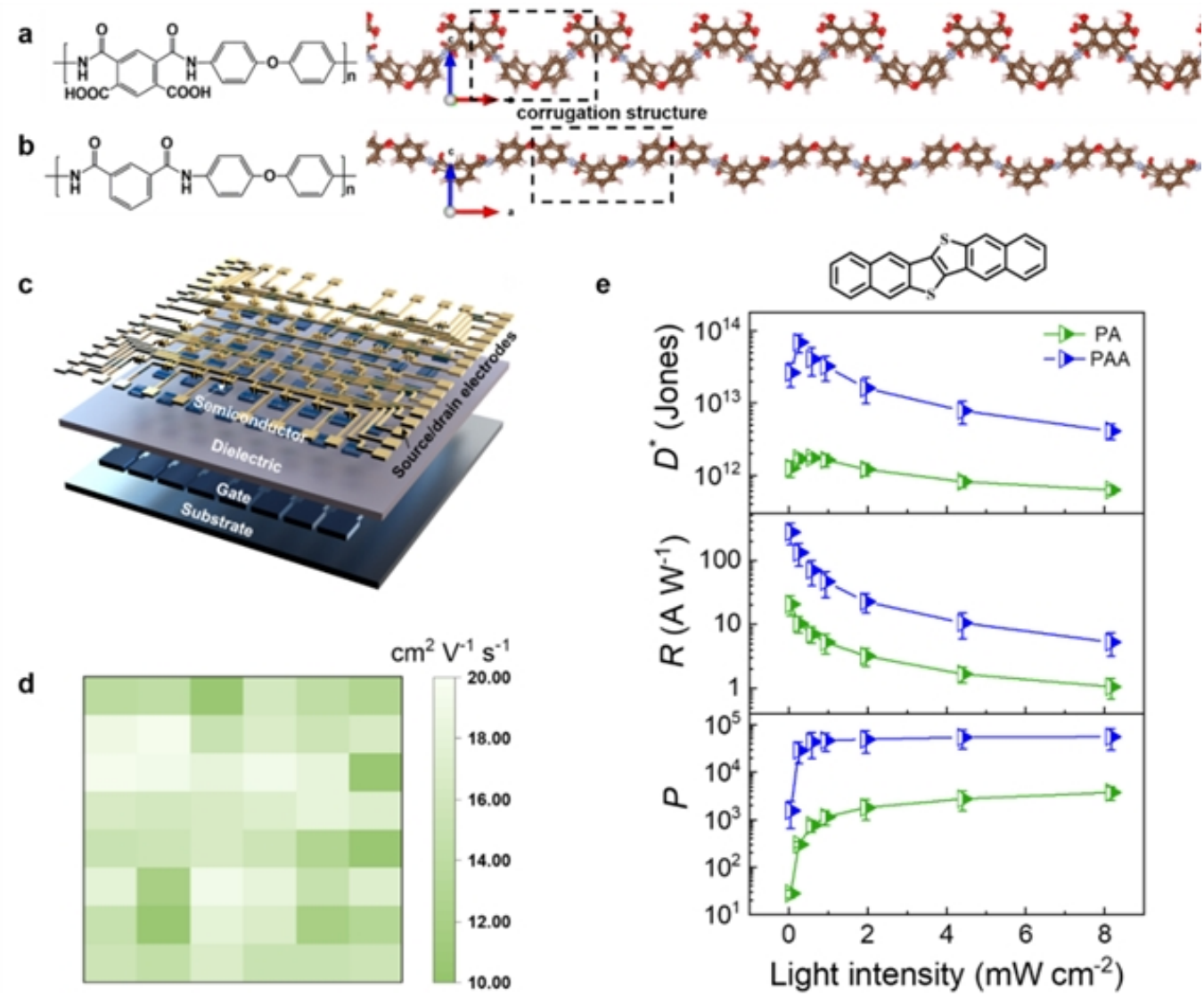


图1. 基于PAA和PA有机场效应晶体管阵列的电学和光响应性能。PAA（a）和PA（b）的分子结构；（c）器件结构示意图；（d）PAA器件阵列的迁移率统计；（e）基于DNTT半导体的PAA器件和PA器件的P、R和D*值比较。

如图2所示，受人类视觉系统中生物突触的启发，研究了聚合物中的羧基对器件的光刺激突触功能的影响。基于PAA介电层的突触晶体管的兴奋性突触后电流(EPSC)在去掉光刺激后，表现出更长时间的电流保持特性，而通过改变光脉冲宽度、脉冲数目和脉冲的强度，成功地实现了由短期

记忆到长期记忆的转换。对于成对脉冲促进(PPF)指数，基于PAA器件的最大PPF指数超过200%，而PA器件的最大PPF指数仅为130%。展示了两种器件的T型光刺激突触晶体管阵列的图像传感和记忆过程，对于PAA的器件在5分钟后才降低到初始电流水平，而对于PA器件，电流在30秒后就会被遗忘到初始水平，表明基于PAA的器件对图像识别和记忆能力更好。此外，器件对手写数字的识别率分别为88%(基于PA的器件)和93%(基于PAA的器件)。以上结果证明了聚合物电介质中的羧基在基于OFET的光子突触的有效作用。

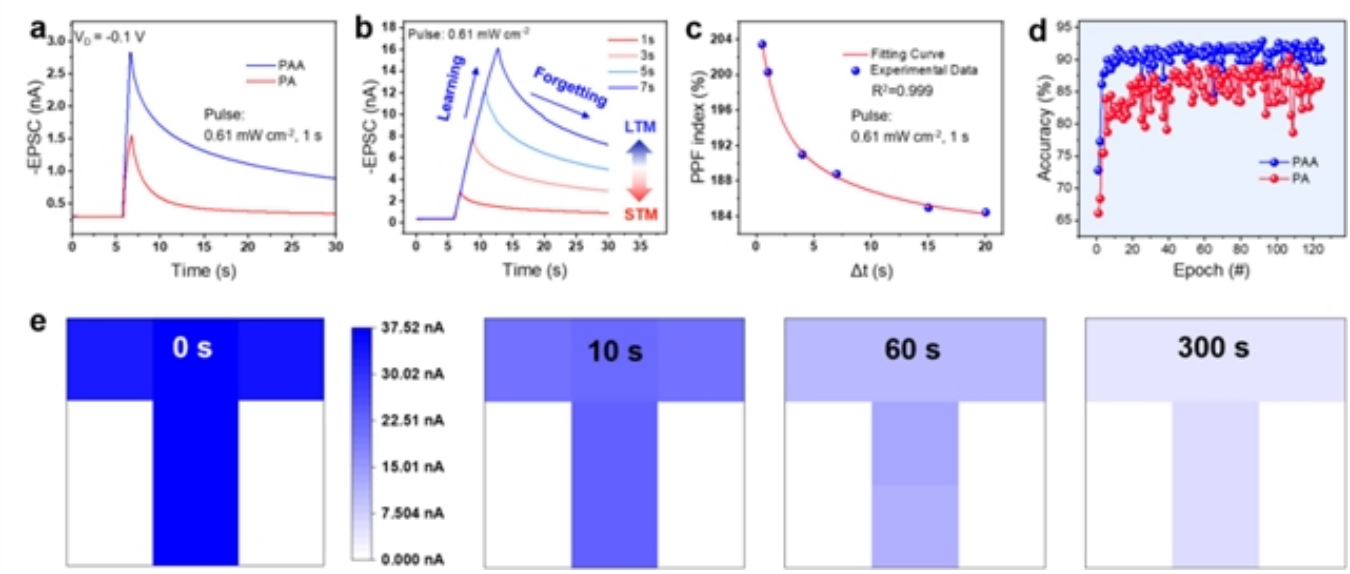


图2. 基于PAA器件的光突触性能。（a）PAA器件的EPSC和PA器件进行比较；（b）不同光脉冲宽度下，PAA器件的EPSC；（c）PAA器件的PPF指数分布；（d）PAA器件和PA器件识别准确度比较；（e）基于PAA的T型光突触晶体管阵列的图像传感和记忆过程。

如图3所示，利用基于PAA的光突触器件对不同光强度显示出可区分的电信号响应，作者将PAA器件用于对光信息解密，制作了结合光强度和光响应电流信号的52个灰度信号的密码本。有趣的是，器件对0.021到18.99 mW cm-2之间的52个灰度信号显示出清晰的光响应，可与52个英文字符完全匹配，用于解码任何英文或中文拼音的加密内容。

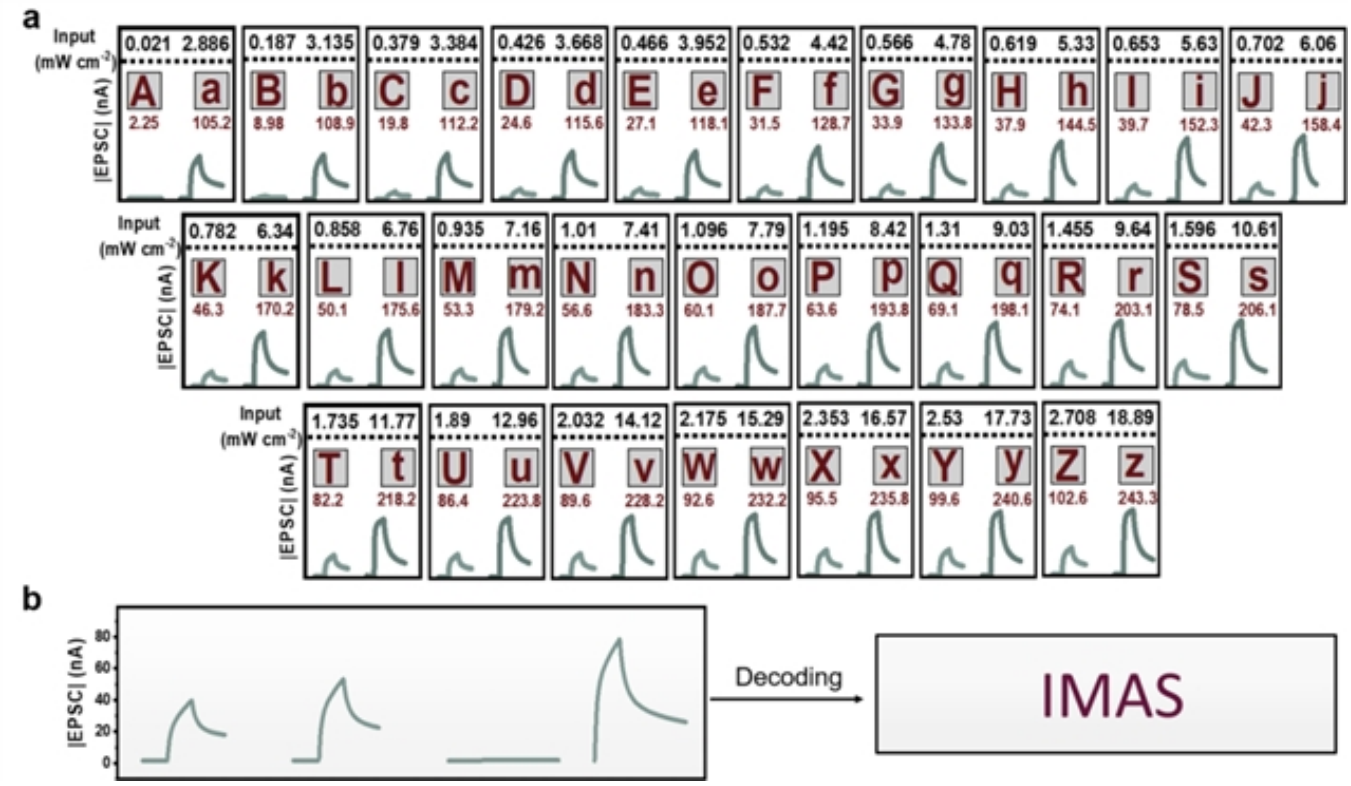


图3. PAA器件用于对光信息解密。（a）包含从A a到Z z 52个灰度信号的密码本；（b）对IMAS的解密过程。

以上研究成果以Retina-inspired Organic Neuromorphic Vision Sensor with Polarity Modulation for Decoding Light Information为题发表在《Light: Science Applications》上。天津大学博士研究生蒋婷为本文第一作者，纪德洋教授为本文的通讯作者。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：https://www.nature.com/articles/s41377-023-01310-3

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等事宜，请与我们接洽。
作者：纪德洋等 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转发