



新闻动态

- 综合新闻
- 科研动态
- 学术活动
- 媒体聚焦
- 通知公告

## 金属所发明一种光控二极管

2022-05-11 | 文章来源: 先进炭材料研究部

【大】 【中】 【小】 【打印】 【关闭】

未来集成电路的发展呈现出多元化发展趋势,其中光电芯片可实现光传输及信息处理功能。通过与现代电子芯片技术的底层融合,支撑未来大容量、低功耗、集成化与智能化信息芯片技术的发展需求。其中,二极管作为一种重要的基本电学元件,在集成电路、大功率驱动、光学成像等领域具有重要应用,其结构和功能也十分丰富(图1)。

光电探测器是一类通过电信号探测光信号的重要半导体器件,包括光电二极管、光电晶体管和光电导等。尽管种类繁多,但光电探测器的信号状态在光照前后可归纳为全关态(0,0)、全开态(1,1)以及整流态(0,1)或(1,0)三类(图2)。已往的光电探测器可以实现两种状态的相互转换,以光电二极管为代表的器件实现由整流态向全开态转换,以及以光电导和光电晶体管为代表的器件实现由全关态向全开态转换。从图中的电学行为的完备性出发,理论上应存在一类由全关态向整流态转换的新型器件。

近日,中国科学院金属研究所的科研人员提出了一种光控二极管,通过异质结的设计与构筑,器件获得了新型光电整流特性,光照条件下电流状态实现了由全关态向整流态的转换,进而构筑出首例无需选通器件的光电存储阵列。研究成果于2022年5月10日在《国家科学评论》(National Science Review)在线发表,题为“一种具有新信号处理行为的光控二极管(A photon-controlled diode with a new signal processing behavior)”。

科研人员使用二硫化钨n/n-结作为沟道,利用石墨烯作为接触电极、六方氮化硼作为光栅层材料,构筑了光控二极管。在一定的栅压下,黑暗时器件表现为全关态,而光照时则转换成整流态,且具有超过 $10^6$ 的电流开关比(图3)。同时,器件具有光电探测器行为,其响应度超过 $10^5$  A/W,响应速度小于1s;当六方氮化硼厚度逐步增加时,光控二极管的器件行为转变为光电存储器,并获得迄今最高的非易失响应度( $4.8 \times 10^7$  A/W)和最长的保留时间( $6.5 \times 10^6$  s)(图4)。

通过器件能带结构的分析,研究人员阐明了器件的工作原理。光控二极管本质上是由位于正和负极的两个石墨烯/二硫化钨肖特基结和位于沟道的二硫化钨n/n-结串联而成。在负栅压下,处于截止态的肖特基结将使器件处于全关态;在光照时,氮化硼光栅层将捕获光生载流子,从而屏蔽栅压的调控作用,使肖特基结处于导通态,进而使得二硫化钨n/n-结的整流特性得以呈现,器件处于整流态(图5)。研究人员进一步设计构筑了 $3 \times 3$ 像素的光电存储阵列,首次在无选通器件的条件下展现了优异的抗串扰能力;同时,基于器件对不同波长和强度光信号响应的差异,研究人员演示了阵列对光信号的探测及处理功能,表明了光控二极管具有实现高集成度、低功耗和智能化光电系统的极大潜力(图6)。

冯顺为论文的第一作者,韩如月和张莉莉为共同第一作者,孙东明、刘驰和成会明为论文的通讯作者。该研究工作得到了国家重点研发计划项目、国家自然科学基金项目、中科院先导项目、沈阳材料科学国家研究中心等项目支持。

[全文链接](#)

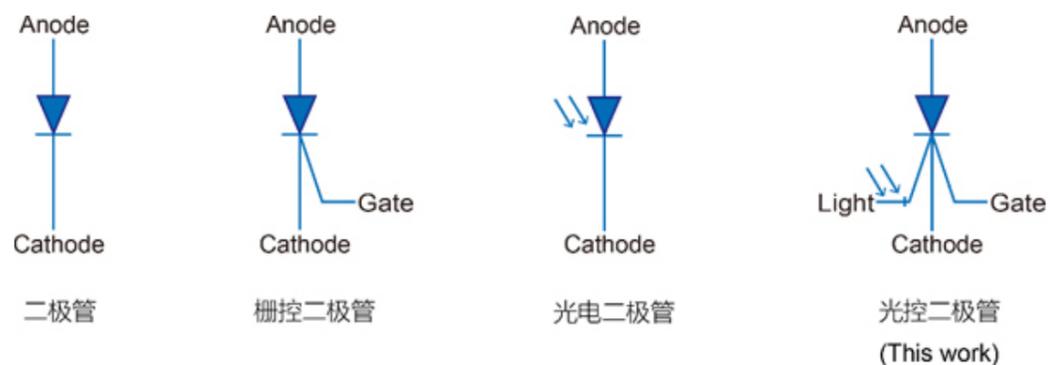


图1. 二极管的基本器件类型。

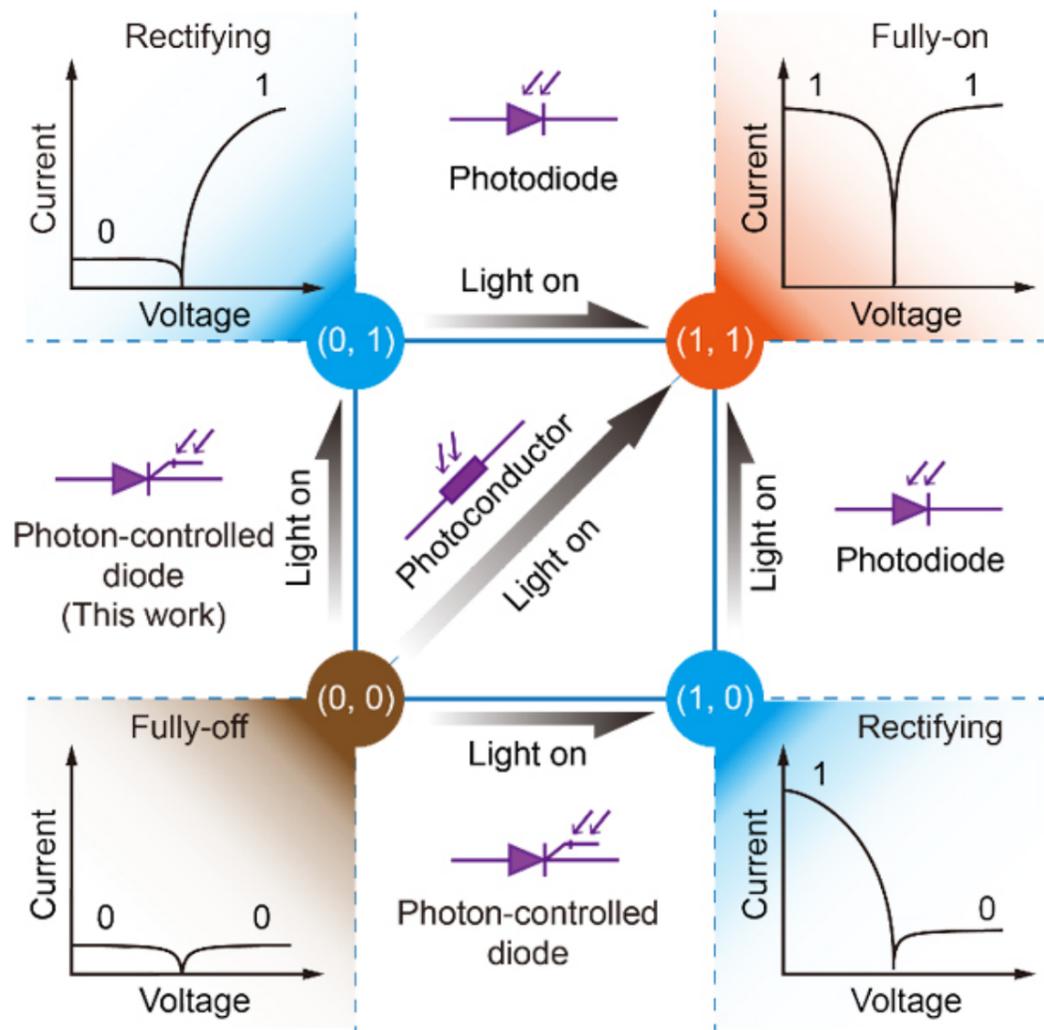


图2. 光电探测器件的基本电流状态：全关态 (0,0)、全开态 (1,1) 和整流态 (0,1) 或 (1,0)。

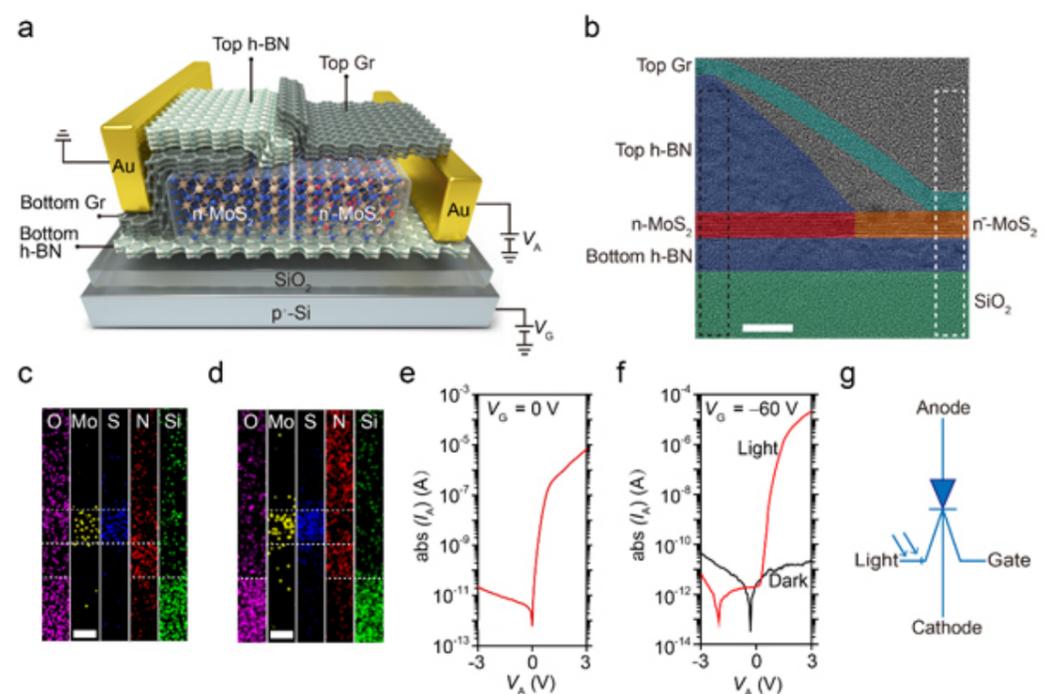


图3. 二硫化钼光控二极管。a. 器件结构示意图；b. 局部截面TEM图像；c. 图b白色虚线区域元素分布图；d. 图b黑色虚线区域元素分布图；e.  $I_A$ - $V_A$ 特性 ( $V_G = 0$  V)；f. 在暗态和光照下的 $I_A$ - $V_A$ 特性 ( $V_G = -60$  V)；g. 等效电路图。

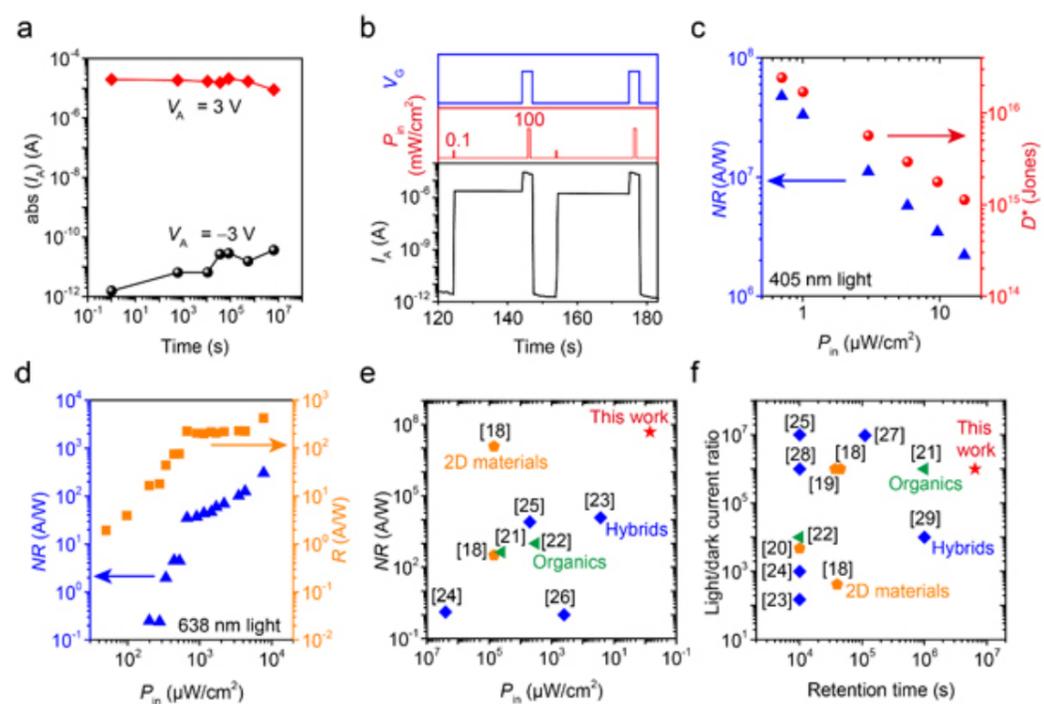


图4. 光控二极管的光电存储特性。a. 存储特性；b. 开关特性；c. 405 nm光非易失响应度和探测度；d. 638 nm光非易失响应度和响应度；e-f. 基于不同材料体系的器件性能对比。

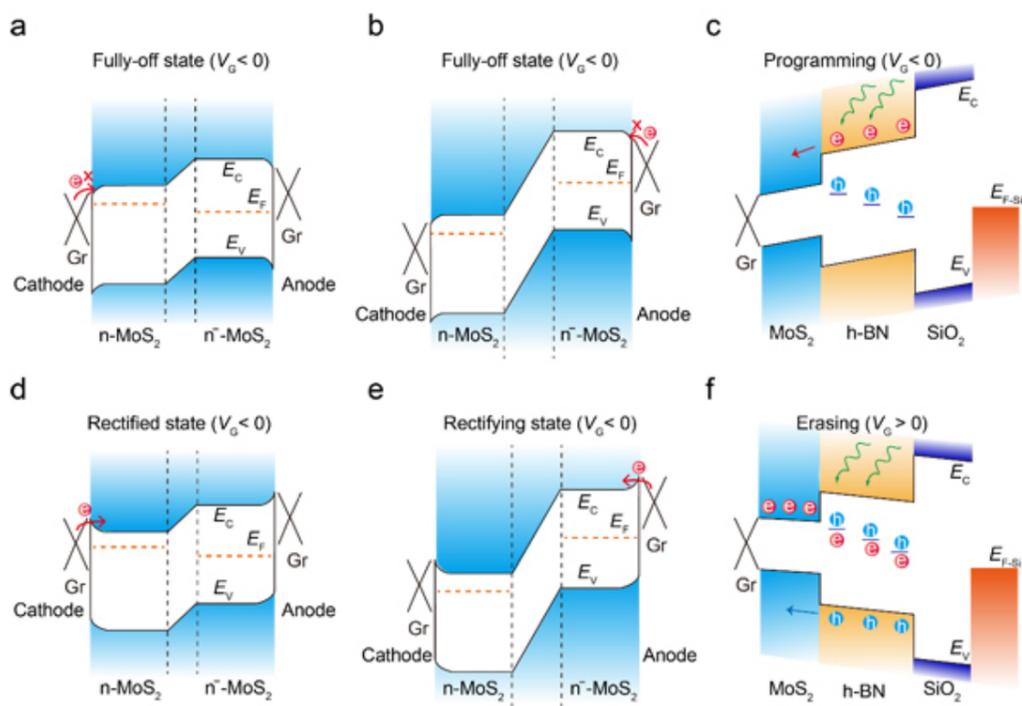


图5. 工作机制。a. 全关态 ( $V_A > 0$ )；b. 全关态 ( $V_A < 0$ )；c. 数据写入过程；d. 整流态 ( $V_A > 0$ )；e. 整流态 ( $V_A < 0$ )；f. 数据擦除过程。

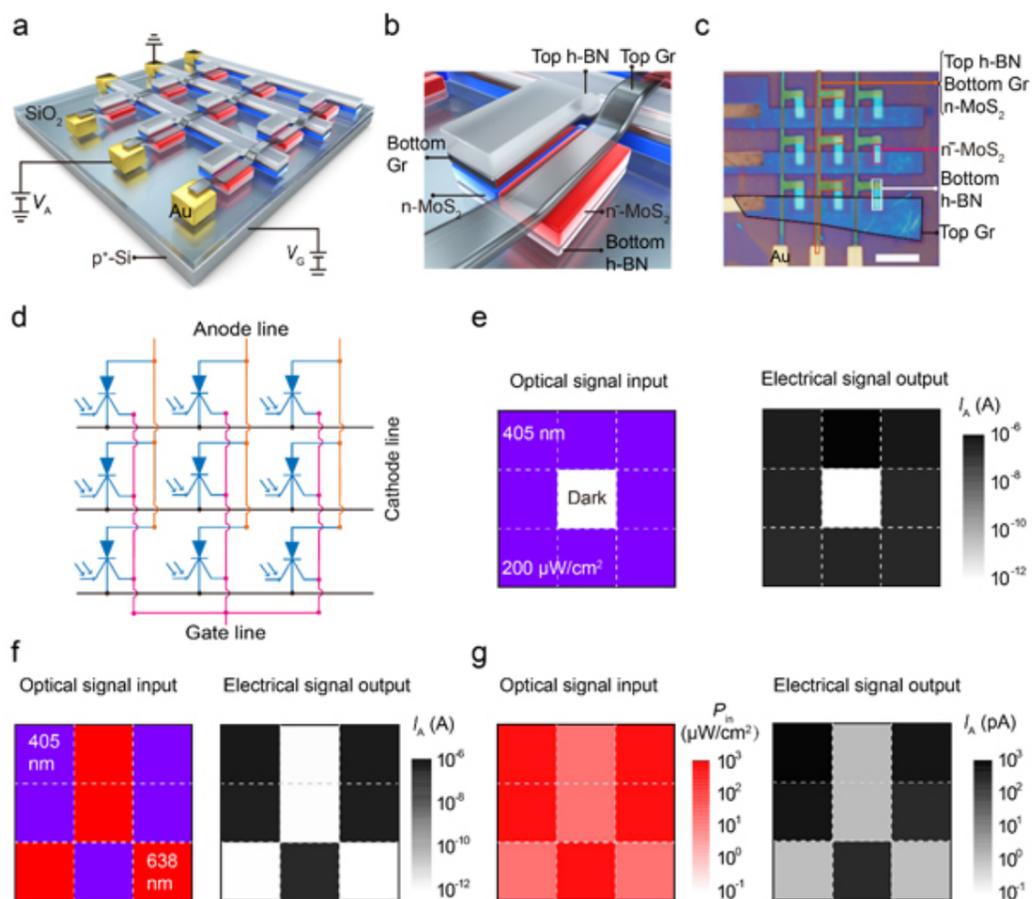


图6. 光电存储器阵列应用示例。a. 无选通器的3×3光电存储阵列；b. 局域放大图像；c. 制作完成的器件阵列；d. 等效电路图；e. 无串扰功能验证；f. 波长依赖关系验证；g. 功率依赖关系验证。

» 文档附件

» 相关信息

联系我们 | 友情链接



地址：沈阳市沈河区文化路72号 邮编：110016  
 运维邮箱：office@imr.ac.cn  
 中国科学院金属研究所 版权所有 辽ICP备05005387号-1



官方微博



官方微信