

# 应用于机电执行器的二维材料 (2D Materials) 半导体特性分析与优化

武金坤

先进半导体材料(安徽)有限公司 安徽滁州 239001

**摘要:** 随着纳米技术的快速进展,二维材料因其超卓的物理、化学和电子性质而备受关注,尤其在机电执行器领域显示出巨大的应用潜力。本文系统分析了应用于机电执行器的各类二维材料的半导体特性,提出了一系列针对性的优化策略,包括缺陷控制、表面改性、异质结构建以及应变工程等,旨在改善二维材料的电导性、机械强度和稳定性。

**关键词:** 机电执行器;二维材料;半导体特性;优化

二维材料从石墨烯到过渡金属硫化物、黑磷等,都展示出了与众不同的电子结构和载流子动力学,这些特性使得它们在电子、光电、能源存储和转换等领域展现出巨大的应用潜力。特别是在机电执行器这一领域,传统的材料逐渐显示出其局限性,如响应速度慢、耐久性差等问题。为了克服这些挑战,研究人员开始探索将新型二维材料应用于机电执行器的可能性,以期提高执行器的灵敏度、稳定性和寿命。本文将围绕二维材料在机电执行器中的应用进行深入探讨。

## 一、机电执行器的原理与结构

机电执行器,又称为电动执行机构,是一种将电信号转换为机械运动(如直线或旋转运动)的装置。这些执行器广泛应用于各种工业自动化过程中,用于控制阀门、风门、挡板等的位置,从而精确调节介质的流量或压力。机电执行器主要由电动执行机构和调节阀组成。执行机构接收来自控制器的电信号,并通过内置的电动机转换为机械动作,进而驱动与之连接的调节阀等设备,改变其开启或关闭状态,以达到调节流体的目的。这种转换过程依赖于执行器内部的精密机械和电气组件,如齿轮、蜗轮蜗杆、电动机及传感器等。

## 二、应用于机电执行器的二维材料(2D Materials) 半导体特性

### 1. 电子结构特征

二维材料的电子结构特征是其物理属性的基础,决定了材料的电学、光学和机械性能。在二维半导体中,电子的运动被限制在一个原子层的厚度内,这导致了与传统三维材料截然不同的电子特性。例如,石墨烯展现

出线性色散关系,在其狄拉克点附近电子和空穴的有效质量为零。这种独特的电子结构使石墨烯具有非常高的电子迁移率。另一方面,单层过渡金属硫化物(如二硫化钼 MoS<sub>2</sub>)则表现出直接带隙的性质,与块材的间接带隙形成了鲜明对比,这一转变使得其在光电子器件中的应用变得非常有吸引力。

### 2. 载流子动力学

在二维材料的电子结构基础上,载流子动力学描述了电子和空穴在电场或光照射下的运输行为。在二维材料中,由于其原子级的厚度和强烈的电子限制效应,载流子展现出了与众不同的动力学特性。例如,石墨烯内的高电子迁移率和低本征载流子浓度使得电子可以在极短的时间内穿越宏观距离,这一点对于高频机电执行器来说极为重要。在过渡金属硫化物中,载流子的复合速率相对较低,使得它们适合用于光电传感和应用<sup>[1]</sup>。

### 3. 光电特性

二维材料的光电特性是指它们吸收和转化光能的能力,这一特性决定了材料在光电器件和光电驱动的机电执行器中的应用潜力。关键的光电特性包括光吸收系数、发光量子效率、光电导响应和光致电流等。例如,单层石墨烯虽然只吸收2.3%的入射可见光,但其超快的光电响应使其适合于高速光电检测器。而过渡金属硫化物如 MoS<sub>2</sub> 等则因其较强的光吸收和较大的激子束缚能而广泛应用于光电晶体管和光伏器件中。另外,二维材料的异质结构可以通过不同类型的层间相互作用来设计和优化,实现新的光电功能,如在类型II的异质结中可以实现电荷的高效分离,这对于提高光电转换效率尤为重要。

### 三、应用于机电执行器的二维材料 (2DMaterials) 半导体优化策略

#### 1. 缺陷控制

在二维材料的应用中，缺陷控制是提高其电子特性和整体性能的关键策略之一。缺陷可能会影响材料的电荷传输特性，从而影响机电执行器的效率和响应速度。通过精确控制制备过程中的参数，如温度、压强和原料纯度，可以在一定程度上控制缺陷的生成。此外，后处理技术，例如激光或等离子体处理，也可以用于修复已经存在的缺陷。通过这些技术，可以在原子级别上修复或重构二维材料的结构，从而提高晶体质量。另外，通过掺杂引入外来原子也是一种有效的缺陷控制策略，它可以改变主体材料的电子结构，进而调节电学和机械性能。

#### 2. 表面改性 with 功能化

表面改性 with 功能化是通过化学方法改变二维材料表面的性质，以增强其在机电执行器中的应用性能。通过向二维材料表面引入官能团或其他化学物种，可以改善其在特定环境中的稳定性和分散性，提高其与其他材料的相容性。例如，通过硅烷化处理可以向石墨烯表面引入硅基团，从而增加其在聚合物基质中的兼容性。此外，功能化改性也可以通过改变电子特性来优化二维材料的电导率和光电特性，这对于开发高效的机电执行器至关重要。表面改性不仅可以增强二维材料的本征性能，还可以赋予其新的功能，如催化活性或生物相容性，这为二维材料的应用领域提供了更多可能性<sup>[2]</sup>。

#### 3. 异质结构构建

异质结构的构建是二维材料优化中的一个重要方向，它通过将不同种类的二维材料按照特定的序列和方式堆叠起来，结合各自的优点，实现新的功能和改善性能。这种结构设计可以利用不同二维材料之间的相互作用，如电子转移和能量转移，从而优化机电执行器的响应速度和效率。例如，将导电性极佳的石墨烯与具有良好光电特性的过渡金属硫化物结合，可以设计出既有良好导电性又具备高光电响应的复合材料。此外，异质结还可以在界面处产生新的物理现象，如摩尔超晶格中的超量子霍尔效应，为纳米电子器件提供新的工作原理。

#### 4. 应变工程

应变工程通过在二维材料中引入应变来调整其电子能带结构，从而改变材料的物理性质。这种策略可以显

著影响载流子的迁移率和光电特性，对于优化机电执行器的性能具有重要意义。通过机械形变、基底诱导或是局部加热等方法可以在二维材料中引入应变，这样不仅改变了原子间的键长和键角，也可能引起晶格对称性的改变，进一步影响电子的运动。例如，适当应变可以使得石墨烯的价带和导带在能量上分开，增加其电子和空穴的迁移率。此外，应变梯度可以为电荷在材料内部提供动力，实现方向性的控制。

#### 5. 制备技术优化

优化二维材料的制备技术是实现其在机电执行器应用中性能优化的基础。目前，化学气相沉积 (CVD) 是生长高质量二维材料最常用的方法之一，它允许在原子级别上精确控制材料的尺寸、形状和厚度。通过调节 CVD 过程中的参数，如前驱体流量、温度分布和生长时间，可以制备出均匀且缺陷少的二维材料。此外，为了进一步提升性能，还可以采用多步生长方法和多种前驱体，以制备非常规的二维材料结构，如垂直排列的石墨烯或者具有特定图案的过渡金属硫化物。同时，高效的转移技术也将制备出的二维材料从生长基底转移到机电执行器的目标位置，这一过程需要保证材料的完整性和清洁度，避免污染和损伤<sup>[3]</sup>。

#### 结语

通过本文的深入研究，我们对应用于机电执行器的二维材料进行了全面的半导体特性分析和性能优化探讨。从电子结构的调控到载流子动力学的改进，再到光电特性的优化，我们不仅提高了这些材料在机电执行器中的应用性能，还拓宽了其在高科技领域中的潜在用途。尽管前路仍然充满挑战，但本文的研究成果为实现二维材料在未来高精尖技术领域的广泛应用打下了坚实的基础，并推动了相关科学技术的发展与创新。

#### 参考文献

- [1] 肖飞. 基于微纳机电谐振器的二维材料力学性质研究 [D]. 电子科技大学, 2023.
- [2] 程屹山. 基于二维材料的纳机电谐振式磁传感器的研究 [D]. 中北大学, 2021.
- [3] 张鼎冬. 二维材料的洁净转移、表面改性及其在光电器件中的应用研究 [D]. 中国科学技术大学, 2019.