

Preparation and Characterization of Two Dimensional MoS₂/MoO₂ Mixed Structures

Jiajun Deng*, Chenxiao Ye, Yanfeng Huang, Jiantao Che, Wenjie Wang, Xunlei Ding

School of Mathematics and Physics, North China Electric Power University, Beijing
Email: *djiaj@ncepu.edu.cn, yechenxiao_ncepu@163.com

Received: Apr. 30th, 2019; accepted: May 15th, 2019; published: May 22nd, 2019

Abstract

In recent years, semiconducting two-dimensional transition metal dichalcogenides have been concerned for their potential applications in the semiconductor industry. In this paper, the hexagonal and rhomboic MoS₂/MoO₂ mixed structures were prepared by chemical vapor deposition method using MoO₃ powder and S powder as precursors. First, the morphology of samples was observed by optical microscopy and SEM, and then the composition of samples was determined by XPS and EDS. Finally, the MoS₂/MoO₂ mixed structures of samples we prepared was confirmed by the Raman spectra. At the same time, we tried to explore the growth mechanisms of the mixed structure by comparative experiments.

Keywords

Two-Dimensional Materials, CVD, MoS₂/MoO₂ Mixed Structure

二维MoS₂/MoO₂混合层结构的制备与表征

邓加军*, 叶晨晓, 黄燕峰, 车剑韬, 王文杰, 丁迅雷

华北电力大学数理学院, 北京
Email: *djiaj@ncepu.edu.cn, yechenxiao_ncepu@163.com

收稿日期: 2019年4月30日; 录用日期: 2019年5月15日; 发布日期: 2019年5月22日

摘要

近年来, 半导体性的二维过渡金属硫族化合物(2D-TMDCs)由于其在半导体工业上的潜在应用而备受青睐。本文利用化学气相沉积法(CVD), 以MoO₃粉末和S粉为前驱体, 制备出了六边形和四边形的MoS₂/MoO₂混合层结构。我们首先利用光学显微镜(OM)和扫描电镜(SEM)观测了样品, 然后通过X射线光电子谱(XPS)

*通讯作者。

文章引用: 邓加军, 叶晨晓, 黄燕峰, 车剑韬, 王文杰, 丁迅雷. 二维 MoS₂/MoO₂ 混合层结构的制备与表征[J]. 凝聚态物理学进展, 2019, 8(2): 33-40. DOI: 10.12677/cmp.2019.82005

和能量色散谱(EDS)测试对样品的成分进行了初步判定,最后通过Raman光谱确定了我们制备的样品就是MoS₂/MoO₂混合层结构。同时,我们通过对比实验,对混合层结构的生长机理进行了探究。

关键词

二维材料, 化学气相沉积法, MoS₂/MoO₂混合层结构

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

二维过渡金属硫族化合物(2D-TMDCs)是一种新型的半导体材料,由于其具有与石墨烯类似的六角蜂巢结构和独特的光电、机械以及谷电子学等物理特性,在近年来成为了二维材料研究的热点[1] [2]。二维MoS₂是这类材料的典型代表,其中单层的MoS₂是一种直接带隙半导体(1.8 eV) [3],这一特性使其在纳米电子和光电子器件中具有广阔的应用前景[4]-[9]。目前人们已经能够利用S粉和MoO₃粉末作为前驱体,通过CVD法可控地制备出较高晶体质量的MoS₂薄膜,而作为制备MoS₂的中间产物MoO₂,具有较低的电阻、较高的电导率、较高的化学稳定性和较大的比表面积等特性,使其在传感器、催化剂、电化学超级电容器、高性能场发射体及Li离子电池等方面应用广泛[10] [11] [12] [13] [14]。不难想象,由MoS₂和MoO₂形成的混合层结构也将具有广阔的应用前景。本文我们通过CVD法直接制备了六边形和四边形的MoS₂/MoO₂混合层结构,利用光学显微镜和SEM确认了样品的形貌,并通过XPS、EDS和Raman谱测试分析了样品的成分和结构。我们还尝试对该混合层结构的生长机理进行了分析探究。

2. 实验

图1是我们制备MoS₂/MoO₂混合层结构的单温区管式炉装置示意图。实验中,我们用MoO₃粉末(99.99%, Ourchem)和S粉(99.95%, Aladdin)作为前驱体,用表面覆盖有500 nm SiO₂层的Si片作为沉积衬底。将装有MoO₃粉末的瓷舟放置于管式炉的中心位置,装有S粉的瓷舟放置于管式炉上游区域,S粉的温度通过加热带单独控制。将清洗干净的两片衬底置于管式炉下游的不同位置,分别距MoO₃粉末2 cm和15 cm。开始加热之前,先用机械泵抽出石英管内的空气,使管内压强至0.14 Pa,接着用Ar气将石英管充满并抽气,如此重复三次,尽可能的排出石英管内的空气等杂质,最后通入流速为30 sccm的Ar气作为载流气体。随后以15°C/min的升温速率使管式炉在62 min内加热至950°C,并保持950°C恒温10 min,其中当管式炉中心区域温度达到750°C时,开始用加热带以10°C/min的升温速率对S粉加热至200°C。恒温结束之后,炉子自然冷却到室温。

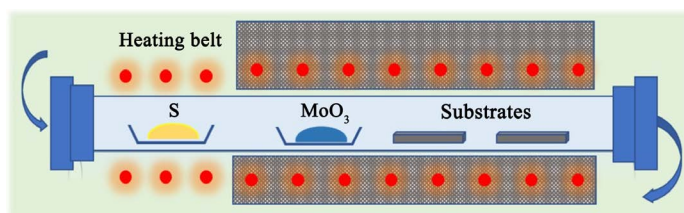


Figure 1. Schematic illustration of the MoS₂/MoO₂ mixed structure using CVD

图1. CVD法制备MoS₂/MoO₂的混合层结构的装置示意图

为了系统地分析所制备样品,我们利用光学显微镜(Olympus, BX51), X 射线光电子能谱(XPS, Thermo escalab 250XI), 扫描电子显微镜和能谱仪(SEM/EDS, Hitachi S-4800; acceleration voltage of 3 kV - 5 kV), 共焦的显微 Raman 光谱仪(Horiba, Lab RAM HR-800 with a 514 nm laser)对样品的形貌、组分和结构等进行表征。

3. 实验结果与分析

图 2(a)~(b)为距 Mo 源较远的样品的光学图像和 SEM 形貌图。从样品的光学显微镜图像中可以看出,衬底上的四边形薄片具有不同颜色,这应该是样品的厚度不同造成的。同时发现衬底上附有黑色颗粒,这种黑色颗粒物应该是未被硫化的 MoO_3 颗粒。光学图像的衬度和 SEM 图像表明这些四边形薄片上的 MoS_2 薄膜比较均匀。图 2(c)、图 2(d)和图 2(e)分别为 Mo、O 和 S 三种元素的 XPS 能谱。众所周知, Mo 的自旋峰以 3d 轨道为主。如图 2(b)所示,通过分峰拟合我们发现,在 232.4 eV 和 229.3 eV 处有两个能量峰,分别对应于 Mo 3d_{3/2} 与 Mo 3d_{5/2} 轨道的能量峰,这与 MoS_2 中 Mo 原子的能量峰符合[15]。同样,在 232.9 eV 与 230.4 eV 处有两个能量峰,分别对应于 Mo 3d_{3/2} 与 Mo 3d_{5/2} 轨道的能量峰,与 MoO_2 中 Mo 原子的能量峰一致[16]。除了上述的能量峰之外,我们发现还有另外两个能量峰,它们分别位于 235.4 eV 与 232.8 eV 处,对应 MoO_3 的 Mo 3d_{3/2} 与 Mo 3d_{5/2} 轨道的能量峰,这与 MoO_3 中 Mo 原子的能量峰是一致的,说明样品中有 MoO_3 存在。此外,图 2(c)中 226.5 eV 处的能量峰对应 S 2s 轨道的能量峰,说明样品中含有 S 元素[17]。在图 2(e)给出的 S 元素的 XPS 能谱中,观察到在 162.2 eV 和 163.2 eV 处有两个能量峰,它们分别对应于 S 2p_{3/2} 和 S 2p_{1/2} 轨道的自旋轨道双重态,与 MoS_2 中 S 原子的能量峰符合[17]。图 2(d)对应 O 元素的 XPS 能谱,通过分峰拟合发现,在 532.7 eV、530.3 eV 和 531.1 eV 处存在三个能量峰,其中 530.3 eV 和 531.1 eV 处的峰分别为 MoO_2 和 MoO_3 中 O 元素的峰位[18],而位于 532.7 eV 的峰对应于衬底中 SiO_2 的 Si-O 键。通过对 Mo、O 和 S 三种元素的 XPS 能谱分析,我们初步判定所制备的样品为 $\text{MoS}_2/\text{MoO}_2$ 的混合层。

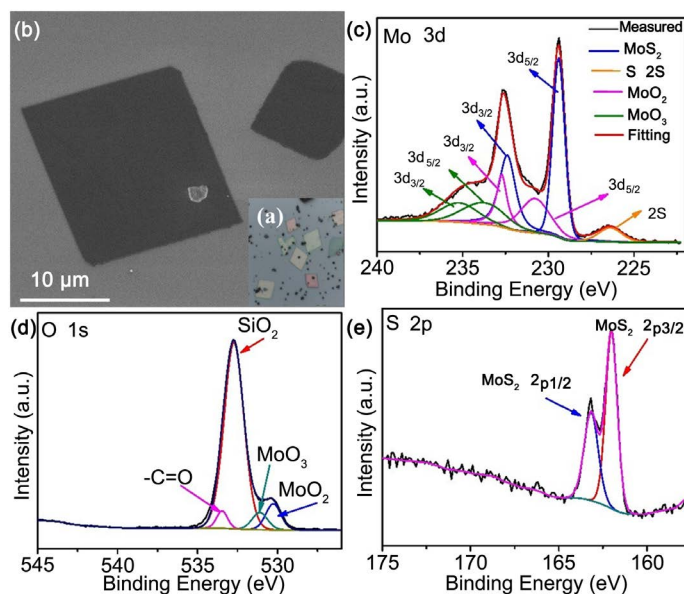


Figure 2. (a, b) Optical and SEM images of rhomboic samples; (c, d, e) XPS spectra of Mo, O, S of the samples
图 2. (a, b) 四边形样品的光学图像和 SEM 形貌图; (c, d, e) Mo、O、S 元素的 XPS 能谱

为了进一步证明这种四边形样品就是 $\text{MoS}_2/\text{MoO}_2$ 混合层,我们对图 3 中四个不同尺寸与颜色的四边

形样品进行了 Raman 光谱测试(四个样品分别标 1、2、3 和 4)。图 3 为这四个样品的光学图像和 Raman 光谱。通过 Raman 光谱我们发现,四个样品中除了在 520 cm^{-1} 处对应的 Si 峰外,在 380 cm^{-1} 和 405 cm^{-1} 附近均出现了明显的 Raman 特征峰,它们分别对应 MoS_2 的 E_{2g}^1 (面内振动模式)和 A_{1g} (面外振动模式)两种模式的特征峰峰位,这证明了样品中存在 MoS_2 [19] [20]。除此,我们还观察到多个强度较小的峰值,它们的峰位分别位于 346 cm^{-1} 、 363 cm^{-1} 、 460 cm^{-1} 、 496 cm^{-1} 、 571 cm^{-1} 和 744 cm^{-1} 附近,这些特征峰的峰位符合单斜晶系的 MoO_2 的 Raman 特征峰,证明了我们的样品中也存在 MoO_2 [21]。可见,Raman 测试结果与 XPS 测试结果一致,这充分证明了我们制备出的四边形样品为 $\text{MoS}_2/\text{MoO}_2$ 的混合层结构。光学显微图像中样品颜色的不同应该是由样品厚度不同引起的。

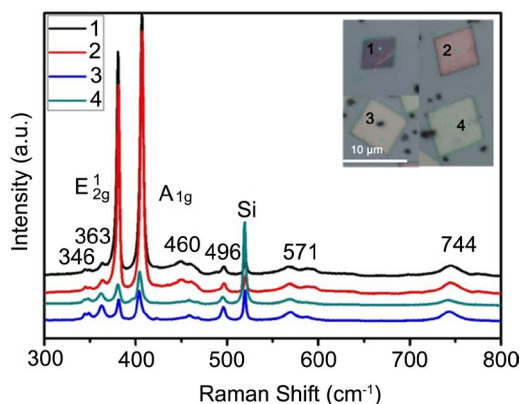


Figure 3. Optical images and Raman spectra of four rhomboic samples with different sizes and colors
图 3. 四个不同尺寸和颜色的四边形样品的光学图像和拉曼光谱

图 4 为离 Mo 源较近的样品的 SEM 图和其中一个六边形的 EDS 能谱。EDS 能谱仪是利用不同元素 X 射线光子特征能量不同来实现对材料成分的分析。从 EDS 图谱中我们得出,制备的样品中含有 Mo、O 和 S 三种元素。

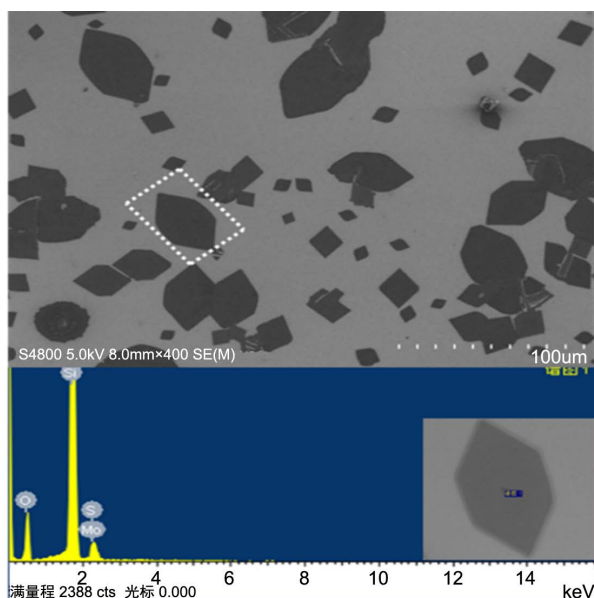


Figure 4. SEM images and EDS spectra of hexagonal samples
图 4. 六边形样品 SEM 形貌图和 EDS 能谱

我们从中选取三个不同尺寸和颜色的六边形样品(分别标记为 1、2 和 3)进行了 Raman 光谱测试, 如图 5 所示, 其中插图在所选取样品的光学图像。通过 Raman 光谱发现, 在 380 cm^{-1} 和 405 cm^{-1} 附近三个样品均出现了明显的 Raman 特征峰, 它们分别对应 MoS_2 的 E_{2g}^1 (面内振动模式)和 A_{1g} (面外振动模式)两种模式的特征峰, 这证明了六边形样品中存在 MoS_2 [19] [20]。除此, 我们还观察到多个强度较弱的特征峰, 它们分别位于波数为 345 cm^{-1} 、 361 cm^{-1} 、 457 cm^{-1} 、 495 cm^{-1} 、 568 cm^{-1} 和 743 cm^{-1} 附近, 这些特征峰符合单斜晶系的 MoO_2 的 Raman 特征峰, 由此证明了这种六边形样品中还存在 MoO_2 [21]。结合 EDS 能谱的测试结果, 充分证明了六边形样品也是 $\text{MoS}_2/\text{MoO}_2$ 的混合层结构。同样地, 样品颜色的差异应该与样品的层厚有关。

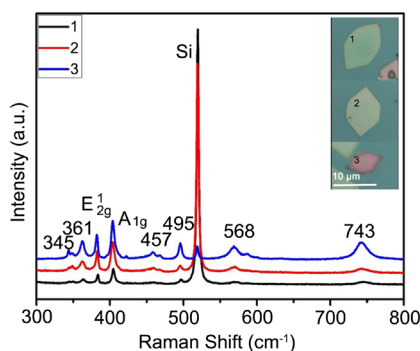


Figure 5. Optical images and Raman spectra of three hexagon samples with different sizes and colors
图 5. 三个不同尺寸和颜色的六边形样品的光学图像和拉曼光谱

为了探究四边形和六边形的 $\text{MoS}_2/\text{MoO}_2$ 的混合层的生长机理, 我们通过改变 S 粉的起始加热时机, 即当管式炉中心区域温度达到 500°C 时, 开始用加热带以 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 的加热速率将 S 粉加热至 200°C , 而其它生长条件不变的情况下, 制备出了一组对比样品, 其 SEM 图像如图 6(a)所示。从图中可以看出, 在此条件制备出的是三角形薄膜。图 6(b)为图 6(a)中对应的三角形样品的 Raman 光谱。通过 Raman 光谱, 我们发现除了在 520 cm^{-1} 处有对应的 Si 峰外, 在 384.8 cm^{-1} 和 405 cm^{-1} 处也出现了明显的 Raman 特征峰, 它们分别对应单层 MoS_2 的 E_{2g}^1 (面内振动模式)和 A_{1g} (面外振动模式)两种特征峰的峰位。这证明了我们制备的三角形的样品为单一组分的单层 MoS_2 。

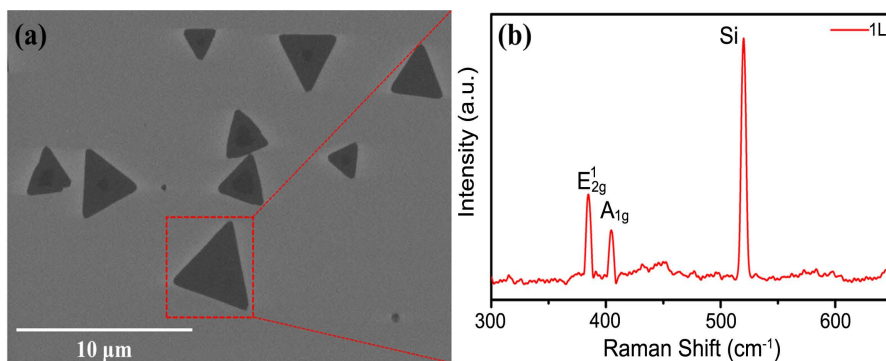
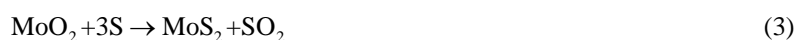


Figure 6. (a) SEM images of triangular samples; (b) Raman spectra of a triangular sample in SEM images
图 6. (a) 三角形样品的 SEM 图像; (b) SEM 图中三角形样品的 Raman 光谱图

$\text{MoS}_2/\text{MoO}_2$ 的混合层结构是在当管式炉中心区域达到 750°C 时, 才开始对 S 粉加热的条件下制备的。可见, 在 S 粉还未蒸发之前, MoO_3 粉末已经开始蒸发, 当 S 粉达到 200°C 时, 石英管内已有大量气态

MoO₃(g), 而 S 蒸气很少, 由于我们的实验是在单温区管式炉内进行的, 衬底表面和炉内中心区域存在巨大的温度梯度, 导致 MoO₃(g) 先转化为 MoO₂(g) [22]。此时在距离 Mo 源较远的衬底附近, 由于 S 浓度很低, 气态 MoO₂(g) 不能被进一步硫化, 进而沉积在衬底上并形成菱形 MoO₂ 薄膜。随着 S 蒸气的进一步通入, S(g) 与沉积在衬底上的 MoO₂ 的表层反应生成 MoS₂, 最终形成了四边形的 MoS₂/MoO₂ 混合层。而在靠近 Mo 源的衬底周围的 S(g) 浓度相对较高, 导致在 MoO₂ 沉积的同时, 部分气态 MoO₂ 与气态 S(g) 反应生成 MoS₂ 也同时沉积, 最终形成了六边形的 MoS₂/MoO₂ 混合层。单一的 MoS₂ 三角薄膜是在当管式炉中心区域达到 500℃ 时, 开始对 S 粉加热的条件下制备的。可见, 在 MoO₃ 粉末开始蒸发时, S 粉早已经开始蒸发, 此时石英管内有足够的 S 蒸气, 导致蒸发的 MoO₃(g) 被充分硫化, 从而得到单一的 MoS₂ 三角薄膜。可见, S 浓度以及 Mo 原子与 S 原子比例的变化是决定 MoS₂ 形貌和生长机制的主要因素, 这与早期的研究结果一致[23] [24] [25]。

事实上, 一些研究者发现, 在 MoS₂ 的化学气相沉积过程中, S 与 MoO₃ 的反应过程可用三个反应式表示, 相应的反应方程式如下[26]。在 S 充足的情况下, S 与 MoO₃ 的反应过程可以用方程式(1)表示, 说明 MoO₃(g) 被充分硫化。这与我们制备单一组分的 MoS₂ 薄膜的生长机制一致。而在 S 不充足的情况下, S 与 MoO₃ 的反应应分为两个过程, 对应化学方程式(2)和(3) [26]。这个反应过程也很好印证了我们之前提出 MoS₂/MoO₂ 混合层结构的形成机理。此外, 在二维材料生长过程中, 晶面的生长速率取决于边缘自由能, 对于二维 MoS₂, 它的形貌由其不同边缘终端的生长速率决定[24]。其中最常见能量最稳定的边缘结构是 Mo 锯齿形(Mo-zz)和 S 锯齿形(S-zz)终端[25]。在不同的 Mo 原子和 S 原子的比例条件下, Mo-zz 和 S-zz 终端的生长速率不同[24], 由于这个原因, S 粉与 MoO₃ 粉末同时蒸发时得到的样品为三角形形貌, 而在中心区域达到 750℃ 才对 S 粉进行加热时距 Mo 源较近的衬底上得到的是六边形形貌的样品, 而距 Mo 源较近的衬底上得到四边形形貌样品是因为先沉积的 MoO₂ 为四边形。



4. 结论

我们通过 CVD 法制备出了六边形和四边形的 MoS₂/MoO₂ 混合层。利用光学显微镜、SEM 表征了样品的形貌, 并通过 XPS、EDS 测试初步确定了样品为 MoS₂/MoO₂ 混合层, 最后通过 Raman 光谱进一步确定了制备出的样品为 MoS₂/MoO₂ 混合层结构。通过对比实验, 我们发现当 S 粉与 MoO₃ 粉末同时蒸发时, 可以得到单一组分的三角形 MoS₂ 薄膜。而当 MoO₃ 粉末先于 S 粉蒸发时, 在距 Mo 源很近的衬底上得到六边形的 MoS₂/MoO₂ 混合层, 在距 Mo 源较远的衬底上得到四边形的 MoS₂/MoO₂ 混合层结构。这种混合层结构的光电性质以及在器件方面的应用还需要进一步的研究。

基金项目

国家自然科学基金(91545122); 中央高校基本科研业务费专项资金(JB2016084); 中央高校基本科研业务费专项资金(JB2015RCY03)资助项目。

参考文献

- [1] Sangwan, V.K., Arnold, H.N., Jariwala, D., *et al.* (2013) Low-Frequency Electronic Noise in Single-Layer MoS₂ Transistors. *Nano Letters*, **13**, 4351-4355. <https://doi.org/10.1021/nl402150r>

- [2] Wu, C.C., Jariwala, D., Sangwan, V.K., *et al.* (2013) Elucidating the Photoresponse of Ultrathin MoS₂ Field-Effect Transistors by Scanning Photocurrent Microscopy. *Journal of Physical Chemistry Letters*, **4**, 2508-2513. <https://doi.org/10.1021/jz401199x>
- [3] Wang, Q.H., Kalantarzadeh, K., Kis, A., *et al.* (2012) Electronics and Optoelectronics of Two-Dimensional Transition Metal Dichalcogenides. *Nature Nanotechnology*, **7**, 699-712. <https://doi.org/10.1038/nnano.2012.193>
- [4] Kadantsev, E.S. and Hawrylak, P. (2012) Electronic Structure of a Single MoS₂ Monolayer. *Solid State Communications*, **152**, 909-913. <https://doi.org/10.1016/j.ssc.2012.02.005>
- [5] Radisavljevic, B., Whitwick, M. and Kis, A. (2011) Integrated Circuits and Logic Operations Based on Single-Layer MoS₂. *ACS Nano*, **5**, 9934-9938. <https://doi.org/10.1021/nn203715c>
- [6] Radisavljevic, B., Radenovic, A., Brivio, J., *et al.* (2011) Single-Layer MoS₂ Transistors. *Nature Nanotechnology*, **6**, 147-150. <https://doi.org/10.1038/nnano.2010.279>
- [7] Splendiani, A., Sun, L., Zhang, Y., *et al.* (2010) Emerging Photoluminescence in Monolayer MoS₂. *Nano Letters*, **10**, 1271-1275. <https://doi.org/10.1021/nl903868w>
- [8] De Jong, S., Haas, A., Qian, J., *et al.* (2010) Atomically Thin MoS₂: A New Direct-Gap Semiconductor.
- [9] Ataca, C., Şahin, H., Aktürk, E., *et al.* (2011) Mechanical and Electronic Properties of MoS₂ Nanoribbons and Their Defects. *Journal of Physical Chemistry C*, **115**, 3934-3941. <https://doi.org/10.1021/jp1115146>
- [10] Wang, Z., Chen, J.S., Zhu, T., *et al.* (2010) One-Pot Synthesis of Uniform Carbon-Coated MoO₂ Nanospheres for High-Rate Reversible Lithium Storage. *Chemical Communications*, **46**, 6906. <https://doi.org/10.1039/c0cc01174f>
- [11] Ni, J., Zhao, Y., Li, L., *et al.* (2015) Ultrathin MoO₂ Nanosheets for Superior Lithium Storage. *Nano Energy*, **11**, 129-135. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2014.10.027>
- [12] Bento, A., Sanches, A., Medina, E., *et al.* (2015) MoO₂ Nanoparticles as Highly Efficient Olefin Epoxidation Catalysts. *Applied Catalysis A General*, **504**, 399-407. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2015.03.024>
- [13] Yang, L., Zhou, W., Hou, D., *et al.* (2015) Porous Metallic MoO₂-Supported MoS₂ Nanosheets for Enhanced Electrocatalytic Activity in the Hydrogen Evolution Reaction. *Nanoscale*, **7**, 5203-5208. <https://doi.org/10.1039/C4NR06754A>
- [14] Rajeswari, J., Kishore, P.S. and Viswanathan, B. (2009) One-Dimensional MoO₂ Nanorods for Supercapacitor Applications. *Electrochemistry Communications*, **11**, 572-575. <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2008.12.050>
- [15] Spevack, P.A. and McIntyre, N.S. (1993) A Raman and XPS Investigation of Supported Molybdenum Oxide Thin Films. 2. Reactions with Hydrogen Sulfide. *The Journal of Physical Chemistry*, **97**, 11031-11036. <https://doi.org/10.1002/chin.199405020>
- [16] Jong, A.M.D., Borg, H.J., Ijzendoorn, L.J.V., *et al.* (1993) Sulfidation Mechanism by Molybdenum Catalysts Supported on Silica/Silicon (100) Model Support Studied by Surface Spectroscopy. *Journal of Physical Chemistry*, **97**, 6477-6483. <https://doi.org/10.1021/j100126a024>
- [17] Qin, P., Fang, G., Ke, W., *et al.* (2014) *In Situ* Growth of Double-Layer MoO₃/MoS₂ Film from MoS₂ for Hole-Transport Layers in Organic Solar Cell. *Journal of Materials Chemistry A*, **2**, 2742-2756. <https://doi.org/10.1039/c3ta13579a>
- [18] Xiao, X., Peng, Z., Chen, C., *et al.* (2014) Freestanding MoO_{3-x} Nanobelt/Carbon Nanotube Films for Li-Ion Intercalation Pseudocapacitors. *Nano Energy*, **9**, 355-363. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2014.08.001>
- [19] Li, H., Zhang, Q., Yap, C.C.R., *et al.* (2012) From Bulk to Monolayer MoS₂: Evolution of Raman Scattering. *Advanced Functional Materials*, **22**, 1385-1390. <https://doi.org/10.1002/adfm.201102111>
- [20] Windom, B.C., Sawyer, W.G. and Hahn, D.W. (2011) A Raman Spectroscopic Study of MoS₂ and MoO₃: Applications to Tribological Systems. *Tribology Letters*, **42**, 301-310. <https://doi.org/10.1007/s11249-011-9774-x>
- [21] Bolzan, A.A., Kennedy, B.J. and Howard, C.J. (1995) Neutron Powder Diffraction Study of Molybdenum and Tungsten Dioxides. *Journal of Biosocial Science*, **40**, 445-458.
- [22] Merchanmerchan, W., Saveliev, A.V. and Taylor, A.M. (2009) Nucleation and Growth Mechanism for Flame Synthesis of MoO₂ Hollow Microchannels with Nanometer Wall Thickness. *Micron*, **40**, 821-826. <https://doi.org/10.1016/j.micron.2009.07.002>
- [23] Najmaei, S., Liu, Z., Zhou, W., *et al.* (2013) Vapour Phase Growth and Grain Boundary Structure of Molybdenum Disulphide Atomic Layers. *Nature Materials*, **12**, 754-759. <https://doi.org/10.1038/nmat3673>
- [24] Wang, S., Rong, Y., Fan, Y., *et al.* (2014) Shape Evolution of Monolayer MoS₂ Crystals Grown by Chemical Vapor Deposition. *Chemistry of Materials*, **26**, 6371-6379. <https://doi.org/10.1021/cm5025662>
- [25] Ma, D., *et al.* (2015) A Universal Etching-Free Transfer of MoS₂ Films for Applications in Photodetectors. *Nano Re-*

search, **8**, 3662-3672. <https://doi.org/10.1007/s12274-015-0866-z>

- [26] Li, X.L. and Prof, Y.D.L. (2003) Formation of MoS₂ Inorganic Fullerenes (IFs) by the Reaction of MoO₃ Nanobelts and S. *Chemistry*, **9**, 2726-2731. <https://doi.org/10.1002/chem.200204635>

Hans 汉斯

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3512, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: cmp@hanspub.org