[Recommendation]

doi: 10.3866/PKU.WHXB201809054

www.whxb.pku.edu.cn

展望硼烯的化学合成

杨金龙

中国科学技术大学化学与材料科学学院, 合肥 230026

An Outlook of Chemical Synthesis of Borophenes

YANG Jinlong

School of Chemistry and Materials Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, P. R. China.

Email: jlyang@ustc.edu.cn

二维材料因独特的尺度具备一系列宏观材料所未有的物理和化学性质, 相关研究不仅充分展示了材料世界的魅力, 而且为制造下一代电子器件提供了重要科学与技术基础。二维材料研究的热点之一是寻找新的具有更独特结构和物性的单原子层材料, 以丰富整个二维材料的家族。自发现石墨烯之后, 国际上已报道了数百种二维材料, 它们展现的晶格结构和物性可谓多姿多彩。然而, 令人惊讶的是, 像石墨烯这样具有纯平面原子结构且由单一元素组成的二维材料一直未见报道。直到2016年, 二维硼单层-硼烯-的出现材料改变了这一局面; 它是由美国西北大学与阿贡国家实验室联合课题组¹和中国科学院物理研究所吴克辉课题组²分别在超高真空条件下, 在干净的银表面上通过分子束外延技术沉积高纯度硼源制备得到。

需要指出的是, 硼烯的理论研究早在上个世纪末就已开始³。然而, 由于硼烯没有对应的层状体块结构, 实验进展缓慢, 使得理论研究在接下来的十几年里成为该领域的主角。理论研究者对硼烯的研究由零维团簇外推到二维结构, 由孤立体系扩展到基底状态, 并提出了如何合成二维硼烯的可行途径⁴。经过理论研究的充分积累, 硼烯最近被上述两个实验室成功制备。较为罕见的是, 实验表征发现, 银基底上的硼烯结构与早期理论所预测的原子结构完全一致⁵, 完美诠释了理论研究在新材料发现中的重要指导作用。同时, 硼烯实现过程中这种理论与实验的成功配合为制备其它合成二维材料提供了良好借鉴。

不同于石墨烯的半金属性, 硼烯具有金属性,

是目前报道的最轻、最薄的金属体⁶。另外, 硼烯在力学性质方面上是集坚、柔、韧于一体的纳米材料⁷, 具有广泛的工程应用前景。然而, 硼烯的合成依然是该领域的一大挑战。当前实验制备硼烯还仅限于昂贵的分子束外延方法, 所得样品尺寸也非常有限。为促进硼烯的实际应用, 实现在基底上化学气相沉积(CVD)生长大面积高品质的硼烯样品是必经之路。鉴于此, 南京航空航天大学张助华教授等人围绕硼烯制备方面的理论与实验研究进展进行了系统分析和总结, 展望了在特定基底上化学气相沉积合成硼烯的可能性。

该综述已在物理化学学报上在线发表(doi: 10.3866/PKU.WHXB201805080)⁸。该文系统分析了生长基底、温度和前驱物等重要因素对硼烯成核和生长的影响, 探讨了硼烯可能的生长机制及所涉及的理论研究方法, 以期能够帮助实验者通过基底选择、生长条件控制等手段实现化学气相沉积制备硼烯。该文对实现通过化学合成制备大面积、高质量的硼烯样品有启发作用。

References

- (1) Mannix, A. J.; Zhou, X. F.; Kiraly, B.; Wood, J. D.; Alducin, D.; Myers, B. D.; Liu, X. L.; Fisher, B. L.; Santiago, U.; Guest, J. R.; *et al. Science* **2015**, *350*, 1513. doi: 10.1126/science.aad1080
- (2) Feng, B. J.; Zhang, J.; Zhong, Q.; Li, W. B.; Li, S.; Li, H.; Cheng, P.; Meng, S.; Chen, L.; Wu, K. H. *Nat. Chem.* **2016**, *8*, 563. doi: 10.1038/NCHEM.2491
- (3) Boustani, I.; Quandt, A.; Hernandez, E.; Rubio, A. *J. Chem. Phys.* **1999**, *110*, 3176. doi: 10.1063/1.477976

-
- (4) Zhang, Z. H.; Yang, Y.; Penev, E. S.; Yakobson, B. I. *Chem. Soc. Rev.* **2017**, *46*, 6746. doi: 10.1039/c7cs00261k
- (5) Zhang, Z. H.; Yang, Y.; Gao, G. Y.; Yakobson, B. I. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2015**, *54*, 13022. doi: 10.1002/anie.201505425
- (6) Tang, H.; Ismail-Beigi, S. *Phys. Rev. Lett.* **2007**, *99*, 115501. doi: 10.1103/PhysRevLett.99.115501
- (7) Zhang, Z. H.; Yang, Y.; Penev, E. S.; Yakobson, B. I. *Adv. Funct. Mater.* **2017**, *27*, 1605059. doi: 10.1002/adfm.201605059
- (8) Wang, Q.; Xue, M.; Zhang, Z. *Acta Phys. -Chim. Sin.* **2019**, *35* (6), 565. [王琴, 薛敏珉, 张助华. 物理化学学报, **2019**, *35* (6), 565.] doi: 10.3866/PKU.WHXB201805080