

单层氮化硼涂层实现固体表面改性

石墨烯等二维原子晶体材料技术可以把表面涂层降到单原子厚度,并具有抗腐蚀和抗氧化等涂层性质.但单原子涂层能否实现固体表面润湿性改性却面临困境:2012年莱斯大学等学者报道单层石墨烯丝毫不改变固体表面的亲疏水性的实验结果,提出石墨烯是“亲疏水性透明的”(Nat Mater, 11, 217, 2012);但MIT的研究者否定这种“透明性”,认为是“半透明的”,即单层石墨烯仅能部分改变固体表面的亲疏水性(Phys Rev Lett, 109, 176101, 2012);进一步的实验研究发现石墨烯的亲疏水性随暴露在大气中的时间变化(Nat Mater, 12, 925, 2012).

南京航空航天大学机械结构力学与控制国家重点实验室、纳智能材料器件教育部重点实验室郭万林教授科研团队通过系统的实验和理论计算发现,单层六方氮化硼涂层能够在空气中长期稳定地完美改变固体表面的润湿性能,使任何固体表面具有统一稳定的亲疏水性.相关研究成果于2017年5月18日以“Wettability of Supported Monolayer Hexagonal Boron Nitride in Air”为题在Adv Funct Mater发表(doi: 10.1002/adfm.201603181).

二维六方氮化硼是一种结构类似于石墨烯的由硼原子和氮原子组成的蜂窝状材料.六方氮化硼独特的B-N离子键使得其有各种独特的性质,包括卓越耐热性、优异的化学惰性、较高的热导性、大约6.0 eV的禁带宽度以及和石墨烯相近的优异的弹性模量.超平的六方氮化硼涂层可以在高温下有效地保护基底不受氧化,并且降低表面摩擦同时保持较高的介电常数.同时由于六方氮化硼的超平滑和无悬键的表面使得其可以在石墨烯电子器件中充当理想的基底.这些优异的特性使得六方氮化硼有着广泛的应用.在实际应用中,六方氮化硼的亲疏水性质起了至关重要的作用,但是,由于在合成高质量大面积的六方氮化硼薄膜的技术上存在巨大挑战,现有的关于六方氮化硼亲疏水性的研究集中在六方氮化硼的纳米片和纳米管薄膜上,

单层氮化硼涂层的亲疏水性缺少认识.

郭万林团队通过在铜箔、镍箔、锗片等基底上使用化学气相沉积生长高质量大面积六方氮化硼,然后系统地测试了六方氮化硼的亲疏水性.研究表明新生长的六方氮化硼薄膜的接触角和基底材料以及层数无关.但由于自然的吸附了空气中的有机污染物,其接触角会单调增加直到达到一个稳定值,并且在大气环境下18个月保持稳定.第一性原理计算和范德华作用分析证实单层六方氮化硼涂层可以有效地调节水分子和不同基底间的作用趋同于同一数值.此外,六方氮化硼涂层在空气中的饱和接触角对多个因素包括基底材料、不同离子溶液、紫外辐照等都非常稳定,使得单原子层涂层具有重要的实际意义.结合了六方氮化硼优异的化学和热稳定性,其可以成为一种非常有应用前景的单原子层涂层.

该工作受到国家纳米技术重大研究计划(2013CB932604, 2012CB933403)和国家自然科学基金(51472117, 51535005和11402113)的资助.

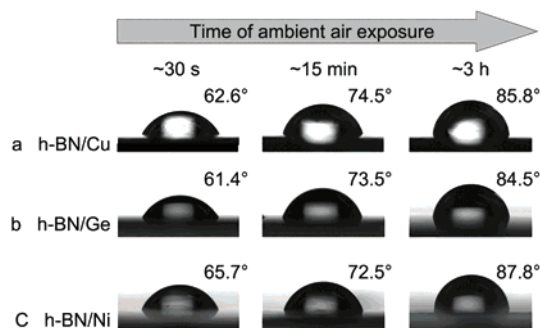


图1 铜箔上生长的单层六方氮化硼(a), 锗基底上生长的单层六方氮化硼(b)以及镍基底上生长的多层六方氮化硼(c)在空气中放置不同时间的接触角

(本刊讯)