物理所超灵敏二硫化钼湿度传感器研究获进展

二维材料由于其超高的表体比、优异的电学性能、柔性透明等特性在湿度传感器领域显示了巨大的应用前景。这其中以二硫化钼为代表的过渡金属硫属化物由于其优异的电流开关比、迁移率等特性为其在电子学器件中的应用提供了可能。由于二硫化钼本身是一种n型半导体，因此当其表面吸附水分子时，相当于对其进行了p型掺杂，其电学性质会表现出相应的变化，利用这一原理可以用于感知外界水分子量变化的湿度传感器。现阶段对二硫化钼湿度传感器的研究主要受制于加工过程本身引入的残胶对材料表面的污染，影响了其对水分子的吸附，从而导致灵敏度不高或响应时间过长等问题。因而，如何得到具有高灵敏、快速响应时间的二硫化钼湿度传感器成为制约其应用的最主要因素。

针对上述问题，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家实验室（筹）纳米物理与器件实验室N07组博士赵静在研究员张广宇的指导下，利用一种新的金剥离方法加工得到具有干净表面的二硫化钼场效应晶体管，从而实现了对水分子的灵敏响应。这种加工方法主要是利用二硫化钼与金之间的作用力远大于金与衬底间的作用力，从而可以将多余的二硫化钼样品从衬底上完整地剥离下来，与此同时保证了用于器件的二硫化钼表面的干净，利用这种方法一方面有效避免了加工过程中经过反应离子刻蚀后表面残胶对器件性能的影响，另一方面大大简化了加工过程，得到了具有超洁净表面的二硫化钼场效应晶体管，其光学、电学性能的显著提高也从另一个方面证明了这种加工方法得到的样品具有更好的性能。

由于利用这种金剥离方法得到的二硫化钼场效应晶体管具有超洁净的表面，因此能够灵敏感知外界湿度变化，大大提高了二硫化钼湿度传感器的灵敏度。对于水分子的掺杂作用，随着湿度的增加，器件的电流明显的降低，当相对湿度从0%变化至35%时，电阻有近104的增加，相较于之前二硫化钼湿度传感器的研究有将近三个数量级的提高，对应的迁移率和电流开关比也随着湿度的增加线性减小。除了具有超高灵敏度外，由于二硫化钼表面没有悬挂键，对水分子的吸附是纯粹的物理吸附，因此器件可以很容易地进行脱吸附，有效缩短了响应时间和恢复时间，分别可达10s和60s，且这种器件具有很好的可恢复性能，经过一个月的测试后其初始电阻基本不发生变化，具有较长的使用寿命。除此之外，得益于CVD生长的二硫化钼成膜均匀，可以加工得到一系列具有优异性能的二硫化钼湿度传感器阵列，从而对外界不同湿度的空间分布起到定位作用，用来实时监测外界湿度分布的变化。此外，这种具有超高灵敏度的二硫化钼湿度传感器在柔性衬底上仍能很好地工作，其性能基本不受施加应力的变化而改变，从而为将来应用于柔性电子学器件领域提供了可能。

这种基于超洁净表面的二硫化钼样品加工得到的湿度传感器具有灵敏度高、响应时间和恢复时间短、使用寿命长、空间分辨率高等特性，可以广泛应用于未来无接触定位系统及二维材料多功能柔性传感器阵列领域。相关成果发表在《先进材料》上。这项工作得到了中科院B类战略性先导科技专项、国家自然科学基金的资助。

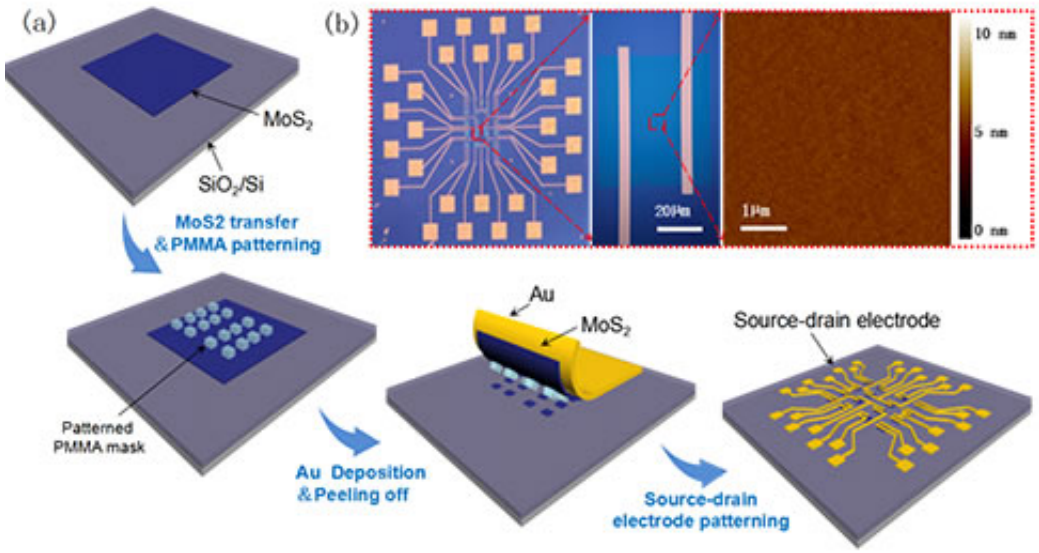

图1. （a）利用金剥离方法进行器件加工的过程。(b) 氧化硅衬底上加工好的二硫化钼场效应晶体管阵列光显图。

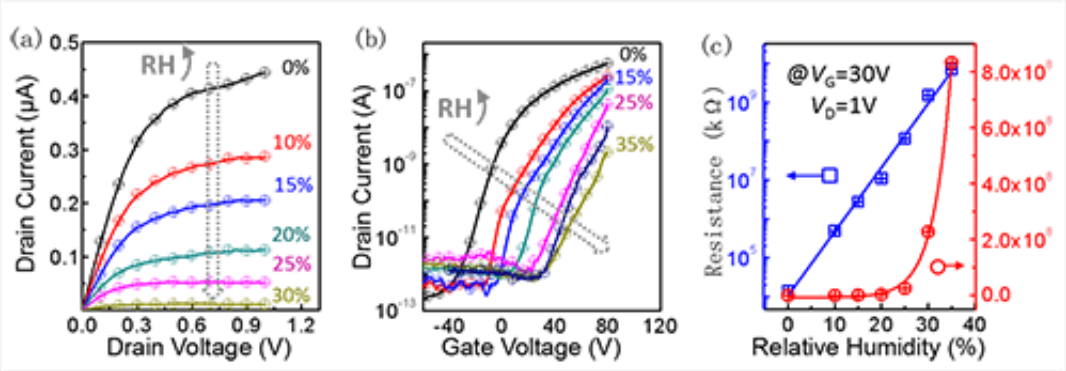

图 2. (a) 随湿度的增加二硫化钼场效应晶体管输出特性曲线的变化。(b) 转移特性曲线随相对湿度增加的改变。(c)电阻变化与相对湿度的对应关系。

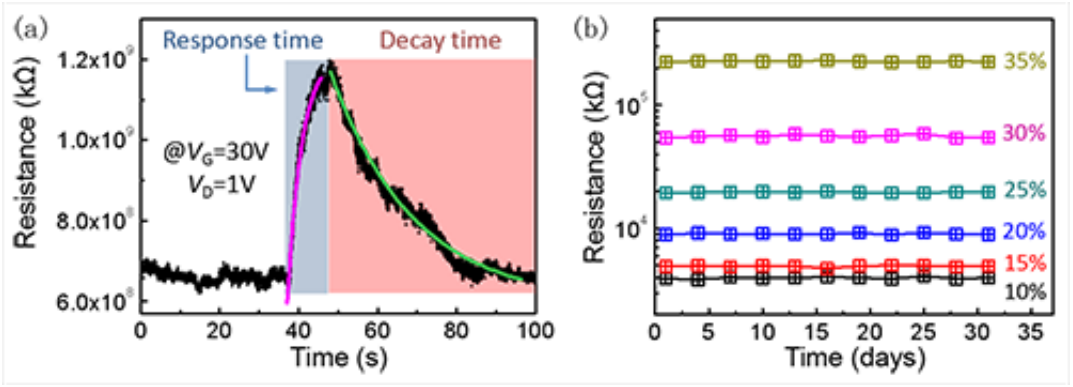

图3. 二硫化钼湿度传感器的时间响应特性。(a)单个湿度脉冲情况下二硫化钼湿度传感器的响应时间和衰减时间分别为~10s和~60s。(b)二硫化钼湿度传感器的寿命测试。

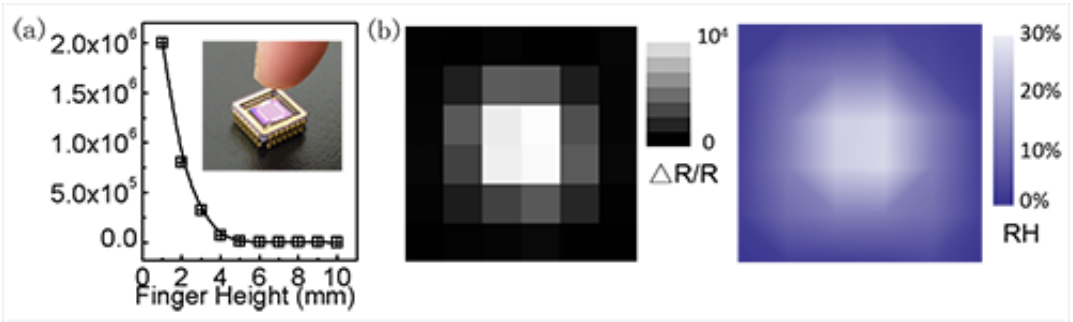

图4. 二硫化钼湿度传感器的空间响应特性。(a)手指靠近二硫化钼湿度传感器时，器件电阻随距离减小而指数增大。(b)、(c)分别为器件阵列对外界湿度分布响应的电阻分布值及计算得到的相对湿度值。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/117138.html