



## 兰州化物所燃料电池双极板防护涂层研究取得系列进展

来源：固体润滑国家重点实验室 | 发布时间：2022-11-04 | 【大 中 小】

燃料电池是一种把燃料所具有的化学能直接转换成电能的化学装置，又称电化学发电机。燃料电池具备运行中零排放、高效率等优异特性，是我国在交通运输领域实现低碳排放的重要技术之一。双极板是氢燃料电池三大核心部件之一，其主要作用包括收集燃料电池产生的电流、向电极供应反应气体、阻止两极之间反应物质的渗透，并支撑加固燃料电池。然而，由于燃料电池的酸性工作环境，双极板易发生腐蚀。因此，开发具有优良的导电性、耐腐蚀性的新型双极板始终是该领域的一项重要任务。

近年来，中国科学院兰州化学物理研究所先进润滑与防护材料研究发展中心纳米润滑课题组致力于新型氢气、甲醇和磷酸燃料电池用双极板薄膜/涂层设计、工艺技术开发，取得了系列研究进展。

针对碳薄膜沉积效率低、导电性能差的难题，团队通过催化反应磁控溅射法，成功制备了一系列导电耐蚀碳薄膜（图1）。依靠桥接的纳米铜团簇和石墨烯状碳结构在体相中构成了一个空间网络，赋予样品良好的导电性。同时，桥接的纳米铜团簇被石墨烯状碳结构和无定形碳团簇隔离，从而保护了纳米铜团簇不与腐蚀性液体接触，赋予了样品优异的耐腐蚀性能。相关结果以“Electronic conductive and corrosion mechanisms of dual nanostructure CuCr-doped hydrogenated carbon films for SS316L bipolar plates”为题发表在 *Materials Today Chemistry* (2021, 21, 100521; DOI: 10.1016/j.mtchem.2021.100521) 上。

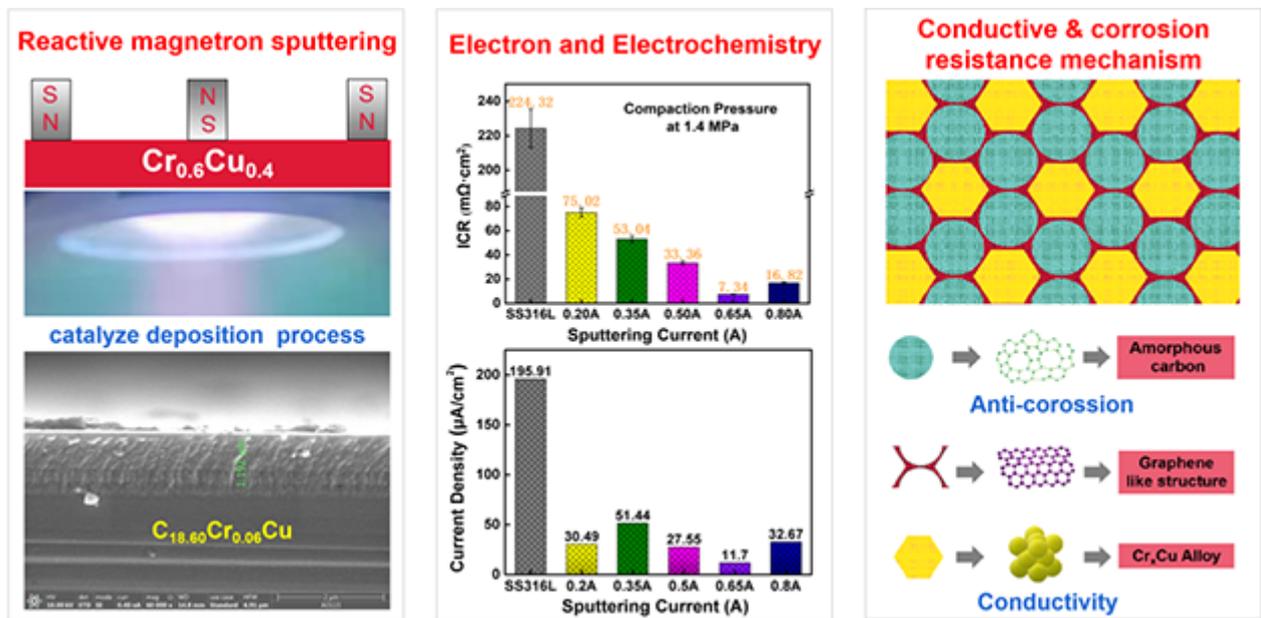


图1 CrCu掺杂的导电耐蚀碳薄膜制备过程，电化学性能及导电耐蚀机制

研究人员发现CrN薄膜具有优异的耐蚀性、导电性和低成本特性，但CrN薄膜的制备窗口很窄，很少有薄膜能同时满足DOE 2025关于的接触电阻和腐蚀电流密度的标准，这显然不足以实现双极板的商业化。为了解决这些问题，研究人员提出了非晶纳米晶弥散结构，来突破导电和耐腐蚀相统一的矛盾。通过高功率微脉冲磁控溅射在宽N<sub>2</sub>/Ar比（4-10%）条件下沉积了具有高导电性（最低可达6.14 mΩ·cm<sup>2</sup> at 1.4 MPa）和强耐蚀性（腐蚀电流密度均小于1 μA·cm<sup>-2</sup>，最低可达0.086 μA·cm<sup>-2</sup>）的CrN膜。结果表明，得益于HiPIMS高的等离子体密度和离子能量，可以调控高金属特性和稳定性的Cr<sub>2</sub>N生长，赋予薄膜良好的导电性，同时可抑制CrN膜柱状结构的生长，形成非晶包裹的Cr<sub>2</sub>N纳米团簇的空间网络结构，极大提高了薄膜的耐腐蚀性（图2）。相关结果以“Nano-Cr<sub>2</sub>N dominated films with high conductivity and strong corrosion resistance for Ti bipolar plates”为题发表在 *Materials & Design* (2022, 224(6), 111305; DOI: 10.1016/j.matdes.2022.111305) 上。

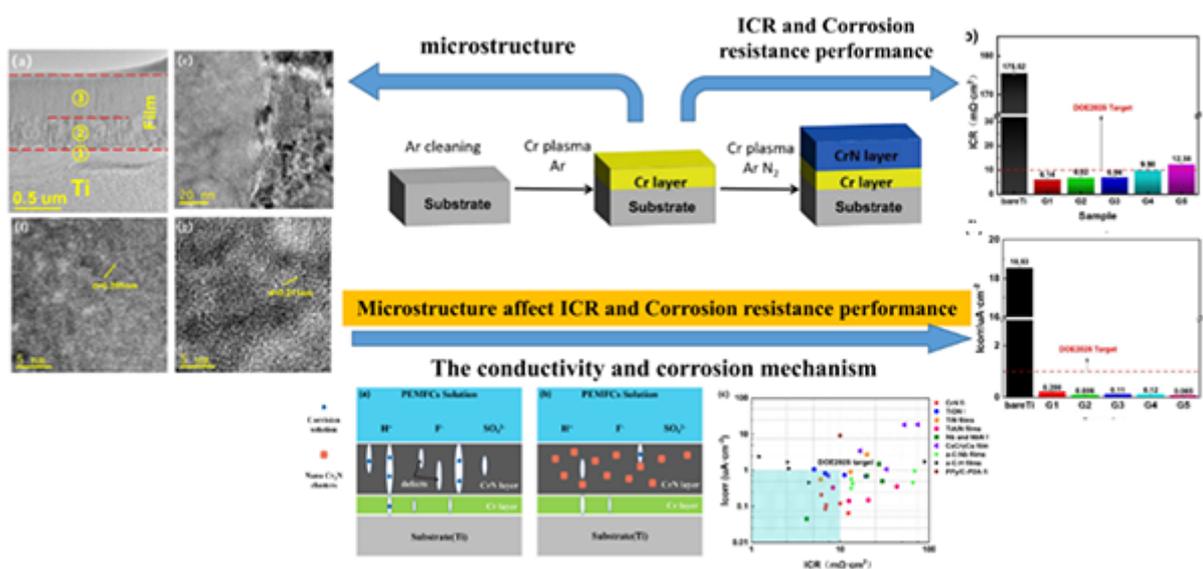


图2 HiPIMS制备一种高导电、强耐蚀的CrN薄膜及其性能分析

另外，研究人员通过高功率磁控溅射(HiPIMS)制备了一种TiN薄膜，系统研究了氮气流速对所沉积薄膜的表面微观结构、耐蚀性、表面电导率和水接触角的影响。由于氮气流量的改变造成分子气体内部自由度的变化而影响动能，从而影响TiN的成核和生长，进而影响TiN薄膜的表面微观结构。通过织构系数、晶粒尺度的计算进一步论证，入射粒子的动能是控制TiN涂层择优取向和结晶度的重要因素(图3)。这一工作进一步证实了高能等离子调控可以实现宽工艺( $N_2/Ar$ 比(4-10%) )范围内实现导电、耐腐蚀的统一。相关结果以“Adjustable TiN coatings deposited with HiPIMS on titanium bipolar plates for PEMFC”为题发表在*International Journal of Hydrogen Energy* (2022; DOI: 10.1016/j.ijhydene.2022.09.066) 上。

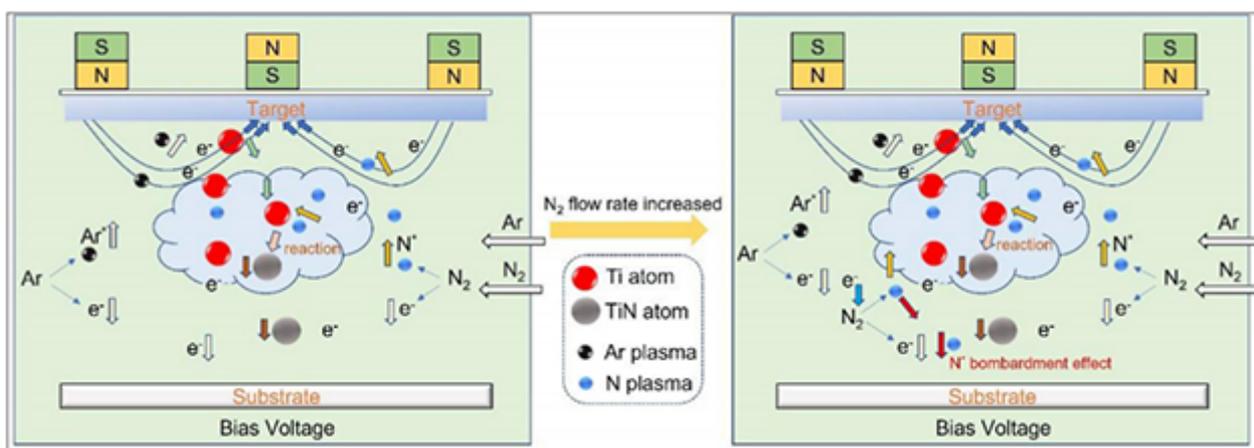


图3  $N_2$ 流速对TiN薄膜生长的影响机制

近日，团队对燃料电池金属双极板的保护薄膜/涂层性质、材料合成方法及应用进行了展望性评述，以“Protective coatings for metal bipolar plates of fuel cells: A review”为题发表在*International Journal of Hydrogen Energy* (2022, 47, 22915-22937; DOI: 10.1016/j.ijhydene.2022.05.078) 上。

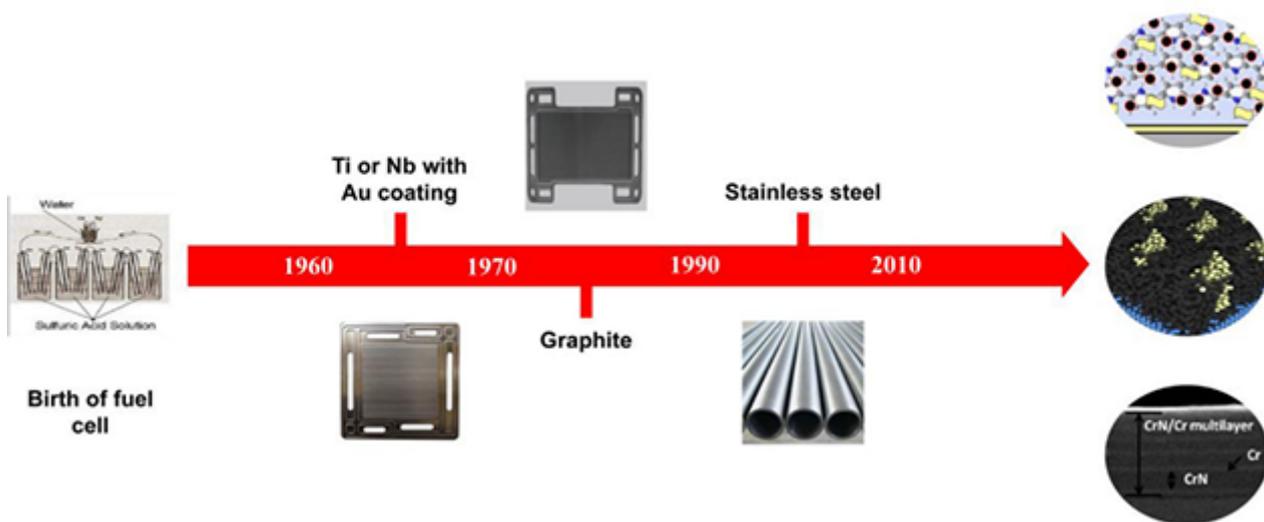


图4 燃料电池双极板的发展历程

团队目前在燃料电池双极板薄膜/涂层方面获得中国发明专利授权3件 (ZL 202011294438.7、ZL 202011021448.3、ZL 202010810313.9)，在双极板涂层装备方面获得中国发明专利授权1件 (ZL 202010241253.3)，正在积极寻求产业合作。



上述研究工作得到了中科院长春分院省院合作专项、中科院洁净能源创新研究院合作基金和中科院青年创新促进会优秀会员项目的支持。



版权所有 © 中国科学院兰州化学物理研究所\*

陇ICP备05000312-1号 甘公网安备62010202000722号

地址 Add: 中国·兰州天水中路18号 邮编 P.C.: 730000

E-Mail: [webeditor@licp.cas.cn](mailto:webeditor@licp.cas.cn) 技术支持: 青云软件



官方微博



官方微信



---

未经中国科学院兰州化学物理研究所书面特别授权, 请勿转载或建立镜像, 违者依法必究

