兰州化物所燃料电池双极板防护涂层研究取得进展

燃料电池是把燃料具有的化学能直接转换为电能的化学装置，又称电化学发电器。燃料电池具备运行中零排放、高效率等优点，是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的核心部件，主要作用是收集燃料电池产生的电流、向电极供应反应气体、阻止两极间反应物质的渗透，并支撑加固燃料电池。然而，由于燃料电池的酸性工作环境，双极板易被腐蚀。因此，开发具有优良的导电性、耐腐蚀性的新型双极板是该领域的重要任务。

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，并取得系列研究进展。

针对碳薄膜沉积效率低、导电性能差，科研团队运用催化反应磁控溅射法，制备了导电耐蚀碳薄膜（图1）。研究依靠桥接的纳米铜团簇和石墨烯状碳结构在体相中构成空间网络，该结构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，赋予样品优异的耐腐蚀性能。相关研究成果以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上。

科研人员发现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关于接触电阻和腐蚀电流密度的标准，无法实现双极板的商业化。为解决这些问题，研究提出了非晶纳米晶
弥散结构，来
突破导电和耐腐蚀相统一的
矛盾。科研人员利用高功率微脉冲磁控溅射（HiPIMS
）在宽N_2/Ar比（4-10%）条件下沉积了具有高导电性（最低可达6.14 mΩ · cm^2 at 1.4
MPa）和强耐蚀性（腐蚀电流密度均小于1 μA · cm^{-2}，最低可达0.086
μA · cm^{-2}
）的CrN膜
。研究表明，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_2
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_2N纳米团簇的空间网络结构，提高了薄膜的耐腐蚀性（图2）。相关研究成果以Nano-Cr2N dominated films with high conductivity and strong corrosion resistance for Ti bipolar plates为题发表在Materials & Design上。

科研团队利用HiPIMS制备了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。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。研究通过织构系数、晶粒尺度的计算论证证明，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）。研究
证实了高能等离子调控可实现宽工艺（N_2
/Ar比（4-10%））范围内实现导电、耐腐蚀的统一。相关研究成果以Adjustable TiN coatings deposited with HiPIMS on titanium bipolar plates for PEMFC为题，发表在《国际氢能杂志》（International Journal of Hydrogen Energy）上。

近日，科研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《国际氢能杂志》（International Journal of Hydrogen Energy）上。

目前，科研团队在燃料电池双极板薄膜/涂层方面获中国发明专利授权3件，在双极板涂层装备方面获中国发明专利授权1件，正在积极寻求产业合作。研究工作得到吉林省与中科院科技合作高新技术产业化专项、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。

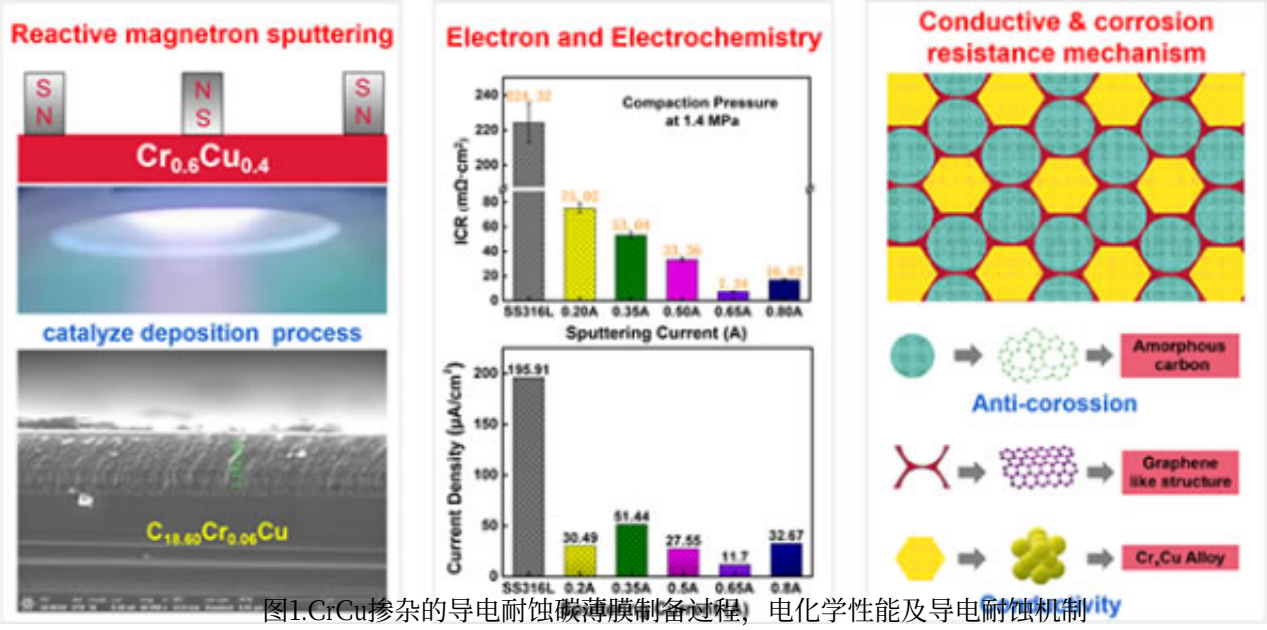

图1.CrCu掺杂的导电耐蚀碳薄膜制备过程，电化学性能及导电耐蚀机制

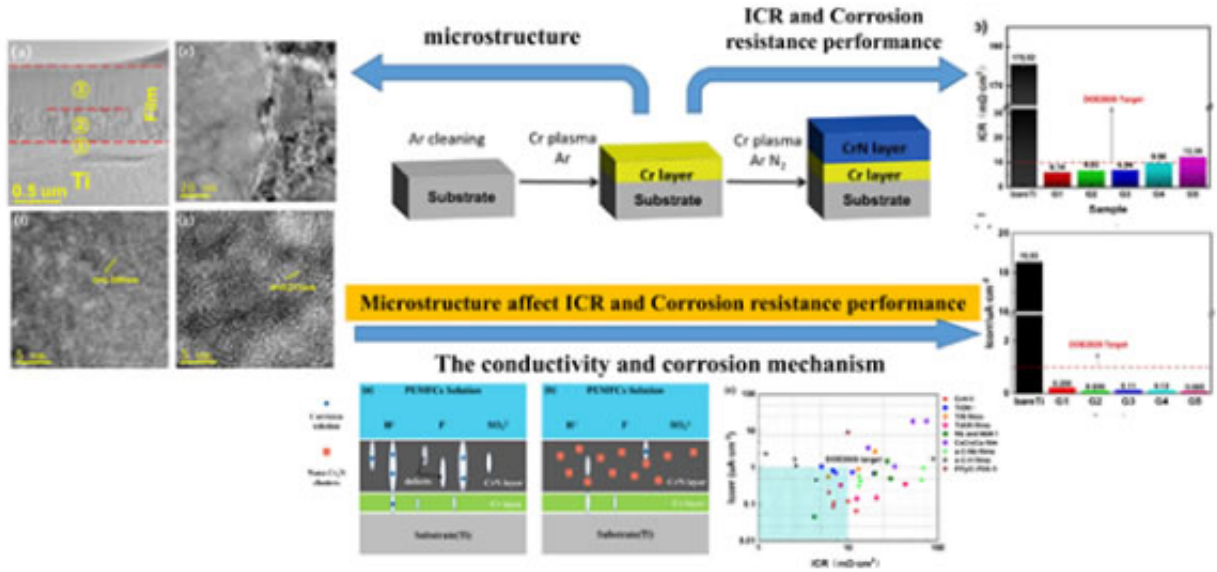

图2.HiPIMS制备一种高导电、强耐蚀的CrN薄膜及其性能分析

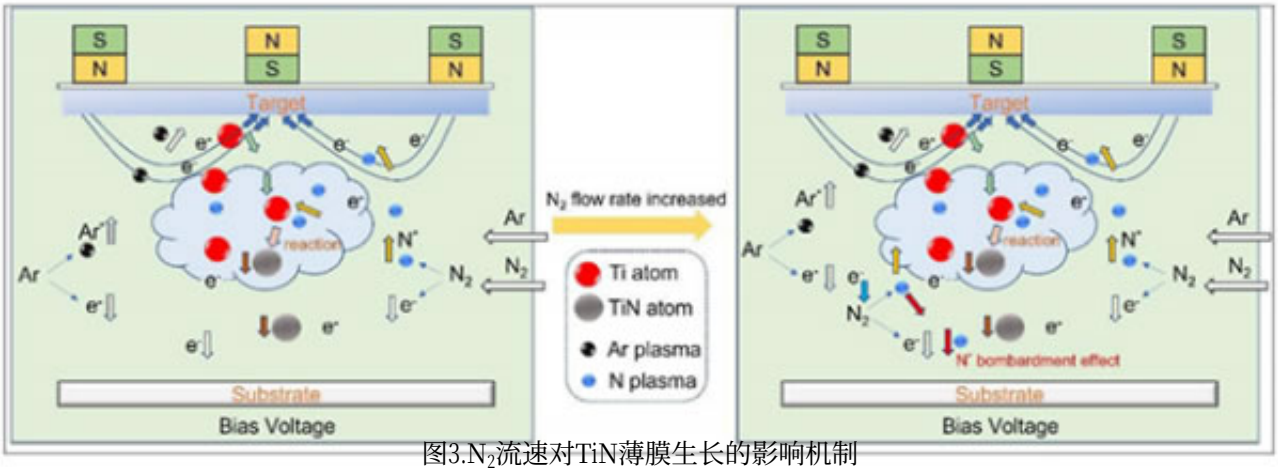

图3.N_2流速对TiN薄膜生长的影响机制

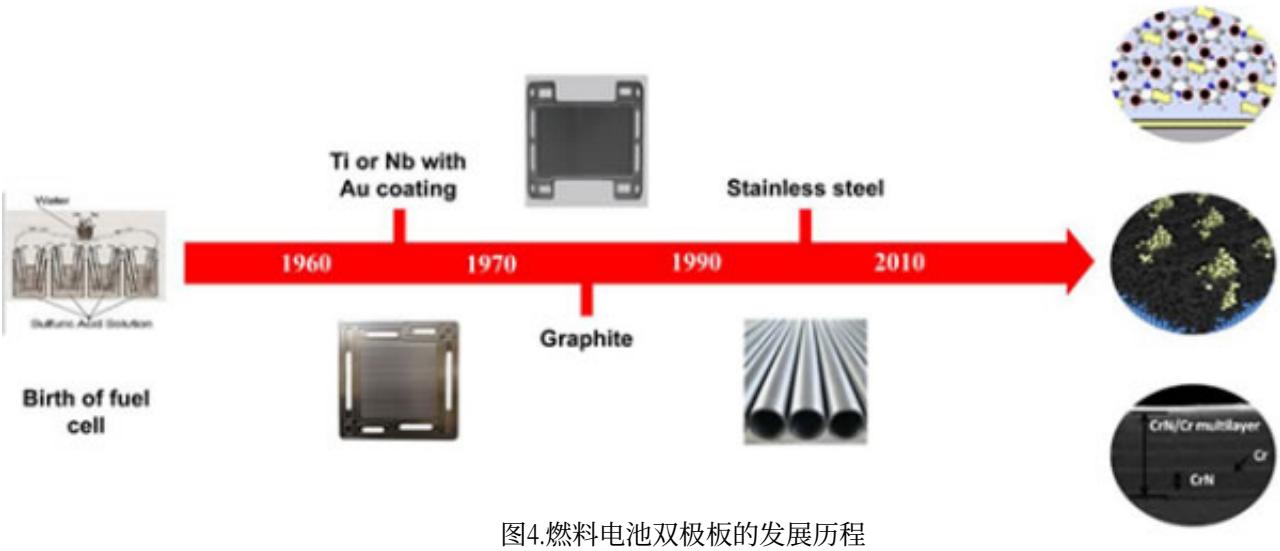

图4.燃料电池双极板的发展历程

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/188252.html