



中国科大在双极膜规模化制备取得新进展

来源: 科研部 发布时间: 2021-01-06 浏览次数: 92

最近, 中国科学技术大学化学与材料科学学院徐铜文教授和吴亮教授研究团队在低成本高性能双极膜开发及产业化方面取得突破进展, 采用原位生长思路, 通过调控苯胺分子在阴阳膜层界面处原位锚定、聚合生长并包裹FeO(OH)颗粒构建稳定水解离中间层制备高性能双极膜。研究成果于2021年1月4日以“Shielded goethite catalyst that enables fast water dissociation in bipolar membranes”为题在线发表于《自然通讯》(Nat. Commun.)。

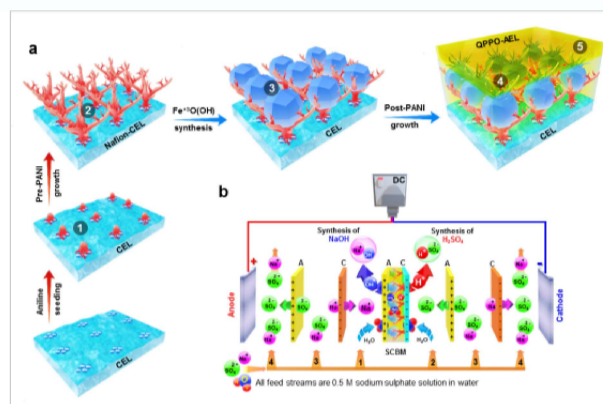


图1.原位生长制备双极膜示意图(a); 双极膜电渗析在线产酸碱工作原理图(b)。

双极膜是一种新型离子交换膜, 由阴阳膜层和中间水解离层组成, 利用其在反向偏压下中间层水分子受极化产生OH⁻和H⁺的特性, 双极膜可作为H⁺和OH⁻在线发生源, 在HER/OER和CO₂RR等领域有广泛应用, 曾列入2020年全国高考化学试题; 同时在食品、化工清洁领域的清洁生产, 石油石化、煤化工、烟气吸收液等含盐废水资源化等也具有重要工业应用, 利用双极膜不仅能够实现有机酸盐直接转化为有机酸、食品工业的电酸/碱化, 还能够在不引入新组分的情况下将盐水溶液直接转化为对应的酸和碱而循环利用, 因此双极膜被认为是零排放技术的关键材料。双极膜产业化的难点在于两个方面: 1) 阴阳膜层由于膨胀系数不同, 使用过程中容易分层; 2) 目前多采用小分子或者过渡金属离子作为中间层催化剂, 使用过程中催化剂易泄露失效。有鉴于此, 国内双极膜产品处于批量试制阶段, 还没有真正实现大规模的工业应用, 而日本等发达国家一直对中国进行技术封锁和价格垄断。

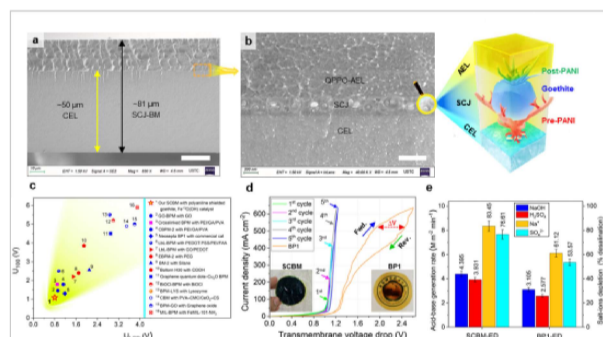


图2.双极膜及中间层断面SEM图(a,b); 与商业化产品和文献报道双极膜水解离启动电压及在100 mA cm⁻²电流密度下水解离工作电压比较图(c); 不同电流密度下双极膜运行稳定性(d); 双极膜产酸碱效率比较(e)。

中国科学技术大学徐铜文教授和吴亮教授研究团队长期致力于高性能双极膜开发及应用技术研究。针对第一个难题, 研究团队早期在单一离子膜方面的研究积累了丰富的经验, 开发了聚苯醚基材的阴阳膜层, 解决了两层材料膨胀系数不同的问题(ZL200410044997.7); 针对第二个难题, 团队早期也进行了大量的研究, 先后制备出系列由亲水性高分子、明胶、超支化高分子、凹凸棒土等固载过渡金属离子的中间催化层结构(ZL200510039013.0; ZL200710025548.1)。但这些尝试用于规模制备时, 双极膜的水解离压降偏高, 催化层稳定性不能满足工业长期应用的需求。为进一步提升双极膜水解离效率和中间层稳定性, 研究团队采用原位生长思路(如图1)(CN 201911255075.3, CN 201911255856.2), 通过调控苯胺分子在阴阳膜层界面处原位锚定、聚集、聚合生长并包裹FeO(OH)颗粒构建稳定水解离中间层制备双极膜, 聚苯胺网络提供膜层间强结合力并实现FeO(OH)颗粒的固定和均匀分散(图2a, b)。尺寸均一的FeO(OH)颗粒提供水解离活性位点, 促进水极化并在电场下快速释放H⁺和OH⁻。IV测试表明, 该双极膜具有极低的水解离启动电压(0.8V), 在100 mA cm⁻²电流密度下水解离电压仅为1.1V(日本商业膜Neosepta® BP-1这两个指标分别为1.1V和1.3V)(图2c); 该膜还表现出优异稳定性, 可在极限电流密度(300-600 mA cm⁻²)下稳定运行, 而相应进口双极膜Neosepta® BP-1在300 mA cm⁻²电流密度下水解离效率明显降低并发生分层现象(图2d)。同时该膜表现出优异的水解离产酸碱能力, 在100 mA cm⁻²下产酸速率达到3.9 ± 0.19 M m⁻² min⁻¹, 产碱速率达到4.4 ± 0.21 M m⁻² min⁻¹, 高于进口Neosepta® BP-1膜(H₂SO₄: 2.6 ± 0.13 M m⁻² min⁻¹; NaOH: 3.1 ± 0.16 M m⁻² min⁻¹)(如图2e)。

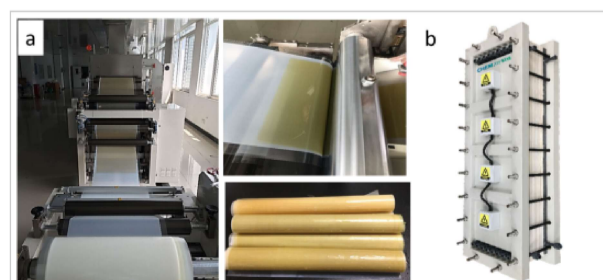


图3. a双极膜中试生产线及膜产品(a); 双极膜电渗析器(b)。

在此基础上，研发团队开发出具有自主知识产权的高性能双极膜材料及流延+催化层喷涂一次性成型制备技术，已建成中试生产线（图3a），设计制作出相应膜组件（图3b），规模化生产线正在建设中。

该工作得到了国家自然科学基金项目（22038013, 21875233, 21720102003）、国家重点研发计划(2018YFB1502301)、中科院“一带一路”平台项目(No. 21134ky5b20170010)和安徽省科技重大专项(18030901079)等资助。

论文链接: <https://www.nature.com/articles/s41467-020-20131-1>

(化学与材料科学学院、科研部)



中国科学技术大学 科研部
University of Science and Technology of China

Copyright 2009-2020 中国科学技术大学科研部 All Rights Reserved.
电话: 0551-63601954 传真: 0551-63601795 E-mail: ustckjc@ustc.edu.cn
办公地址: 安徽省合肥市包河区金寨路96号中国科大东区老图书馆三楼 邮编: 230026



微信公众号

