

## 宁波材料所在全疏水离子液体凝胶用于可穿戴水下传感与通讯领域取得进展

作者：，日期：2021-08-10

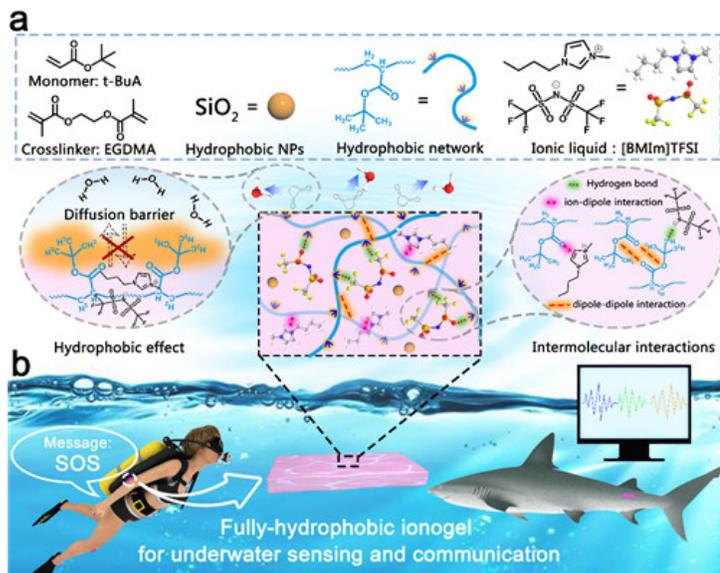
海洋是一个巨大而神秘的宝藏，人们对于海洋的探索与开发从未停止。潜水是探索海洋的重要方式之一，但复杂多变的水下环境潜藏着各种各样的危险，甚至威胁潜水员的生命安全。水下通讯困难的问题也使得潜水员在遭遇突发状况时难以及时求救，这进一步增大了海洋勘探的风险。如果能发展出可用于水下的可穿戴传感与通讯技术，实现对潜水过程的实时监测以及高效的水下通讯，将对提高海洋勘探效率，保障水下作业安全具有重要意义。

在诸多可穿戴传感材料中，离子导电凝胶材料由于其良好的生物相容性、力学匹配性与可修饰性，被认为是最理想候选材料之一，已被广泛应用于运动感知、健康监测等领域的研究。然而，离子导电凝胶材料的水下应用却面临着巨大挑战，这主要是因为：1) 离子导电凝胶在水环境中会出现吸水溶胀现象，导致力学性能与导电性能的不稳定；2) 离子导电凝胶中的导电离子在水环境中会扩散流失，导致导电与传感能力的逐渐丧失。因此，赋予离子导电凝胶材料必要的水下抗溶胀能力与防离子流失能力对于实现离子导电凝胶材料的水下长期稳定，发展可穿戴水下传感技术具有重要意义。

中国科学院宁波材料技术与工程研究所智能高分子材料团队陈涛研究员近年来致力于柔性可穿戴传感材料 (*J. Mater. Chem. C*, 2018, 6, 5140; *Chem. Mater.*, 2018, 30, 4343; *ACS Nano*, 2019, 13, 4368; *J. Mater. Chem. A*, 2019, 7, 26631; *Nano Energy*, 2019, 59, 422; *Adv. Mater.*, 2020, 2004290; *Nano Energy*, 2021, 81, 105617; *Chem. Eng. J.*, 2021, 415, 128988; *Adv. Funct. Mater.*, 2021, 2105323等) 与智能高分子水凝胶 (*Adv. Funct. Mater.*, 2018, 28, 1704568; *Adv. Funct. Mater.*, 2019, 29, 1905514; *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2019, 58, 16243; *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2020, 59, 19237; *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2021, 60, 8608; *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2021, 60, 3640; *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2021, DOI:10.1002/anie.202107281等) 这两方面的研究工作。基于这两方面的研究基础，该团队近期与浙江省之江实验室郑音飞教授合作，利用疏水界面对水分子和导电离子的扩散屏障功能，开发了一种具有水下长期稳定性的全疏水离子液体凝胶材料，并实现了其在水下环境中的传感与通讯应用。

该工作通过疏水单体(丙烯酸叔丁酯, t-BuA)在疏水离子液体(1-丁基-3-甲基咪唑双三氟甲磺酰亚胺盐, [BMIm]TFSI)中的聚合,制备了具有全疏水结构的离子液体凝胶。在水环境中,该凝胶表面的疏水聚合物网络在疏水作用下发生聚集,形成致密的疏水界面,从而可有效阻断水分子的跨界扩散,实现离子液体凝胶的抗溶胀功能。同时,[BMIm]TFSI的疏水性也阻碍了其向水相中的扩散,使其具有一定的防离子泄漏能力。此外,[BMIm]TFSI与聚丙烯酸酯间丰富的相互作用力(包括氢键、偶极-偶极作用、离子-偶极作用)可以将导电离子牢牢“锁”在凝胶网络中,进一步提高该离子液体凝胶的防离子泄漏能力。这种优异的抗溶胀和防离子泄漏性能确保了该离子液体凝胶在水环境中能保持长期稳定。该全疏水离子液体凝胶在水环境中展现出了优异的应变传感性能,包括高灵敏度、快速响应性和长期稳定性。研究人员对其作为可穿戴水下传感器的性能进行了详细研究,发现该凝胶传感器不仅可以粘附在人体各关节处实现对人体游泳状态(游泳姿态、划水频率、呼吸状态等)的实时监测,而且也可以粘附在鱼类体表感知生物在海洋中的运动行为(游动速度、转向、跃出水面等)。更有意义的是,结合凝胶传感器的水下传感功能与传统的摩斯密码编码规则,研究人员设计了一套基于指关节弯曲传感的新型水下通讯编码机制,即以指关节的大、小弯曲幅度分别对应摩斯密码的长、短信号,从而成功构建了可用于水下通讯的可穿戴水下收发机,并初步实现了信息的水下发送。本工作所构筑的全疏水离子液体凝胶不仅具有长期的水下稳定性,拓宽了离子导电凝胶材料的应用环境,而且在水下运动监测、水下通讯、水下生物考察等领域都展现了良好的应用潜力,有望提高海洋勘探的效率和安全性。

该工作以题为“Fully-hydrophobic ionogel enables highly efficient wearable underwater sensor and communicator”发表在*Materials Horizons* (<https://doi.org/10.1039/D1MH00998B>)上。本研究得到了国家自然科学基金(51773215)、中国博士后科学基金(2021M690157)、中科院前沿科学重点研究项目(QYZDB-SSW-SLH036)、中德合作国际交流项目(M-0424)和王宽诚教育基金(GJTD-2019-13)等项目的支持。



全疏水离子液体凝胶的构建及其水下传感与通讯应用

(高分子与复合材料实验室 魏俊杰)

打印文本 | 加入收藏 | 返回顶部