

首页 > 新闻动态 > 科研动态

中国科学院物理研究所 E01组供稿
北京凝聚态物理国家研究中心

第102期

2023年10月11日

发现一类新型固体电解质材料

固态电池被誉为下一代颠覆性的电池技术，除了有望解决当前液态电池所存在的安全隐患外，还能够大幅提升电池的能量密度，将从根本上改变移动设备、电动汽车以及规模储能等领域的格局。然而，目前该技术在界面稳定性和电池制造等方面仍面临诸多挑战。例如，尽管有机聚合物固态电池在界面力学稳定性方面表现优越，但其界面化学稳定性较差，无法与高电压正极兼容，从而限制了其能量密度。同时，具有高离子电导率的无机硫化物固态电池除了制造成本较高外，还需要施加至少几十个大气压力才能正常运行，这使得其商业化进程困难重重。因此，探索一种能够克服这些挑战的新型固体电解质材料变得尤为重要。

近日，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心胡勇胜团队在固态电池领域取得了重大突破，发现了一类兼具无机晶体固体电解质高离子电导率和有机聚合物固体电解质柔性的新型粘弹性无机玻璃（VIGLAS）固体电解质。相关研究成果于2021年3月29日申请两项发明专利（CN 115140770 B 和 CN 115215361 B，已获得授权），并于近期发表在能源领域顶级期刊《自然-能源》上。中国科学院物理研究所代涛博士为该论文第一作者，中国科学院物理研究所胡勇胜研究员，陆雅翔副研究员和中国科学院过程工程研究所赵君梅研究员为共同通讯作者。

利用四氯铝酸锂（ LiAlCl_4 ）和四氯铝酸钠（ NaAlCl_4 ）较低的熔点（ 146°C 和 185°C ），巧妙地通过熔融法将其中的部分氯原子替换为氧原子，成功将脆性熔盐转化为具备类似于有机聚合物变形能力的粘弹性无机玻璃（ $\text{LiAlCl}_{2.5}\text{O}_{0.75}$, LACO 和 $\text{NaAlCl}_{2.5}\text{O}_{0.75}$, NACO），这种材料在室温下可以实现多次弯曲和折叠。这一发现颠覆了以往人们对无机固体电解质难以具备聚合物电解质机械性能的认知，为固体电解质的研发开辟了新的方向。

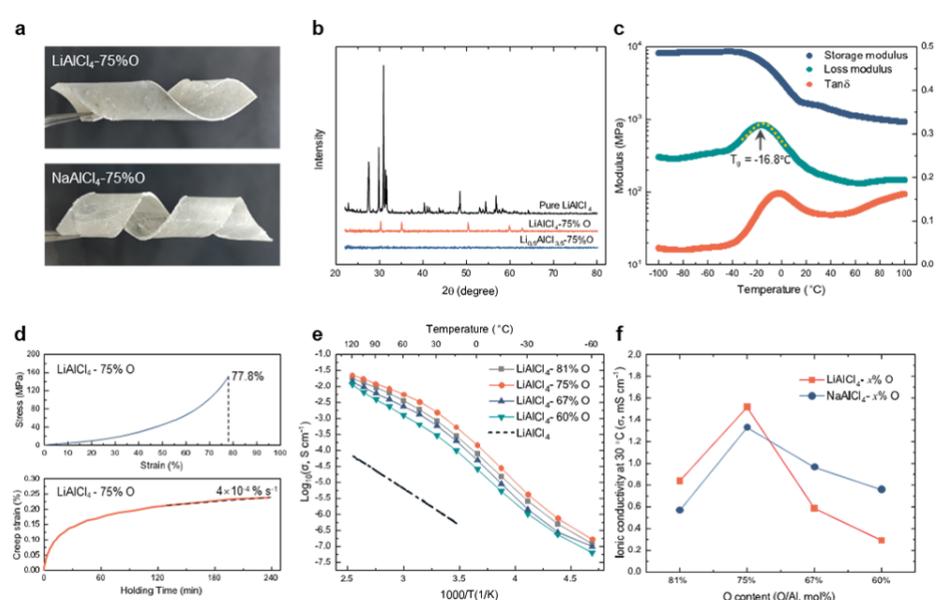


图 1 LACO和NACO电解质的力学特性和离子电导率

结合实验与理论计算，进一步揭示了这类粘弹性无机玻璃的形成机理和离子传导机制。首先，这类VIGLAS具有低于室温的玻璃化转变温度（ T_g ），因此其在室温下具有类似聚合物的粘弹性。而如此低的 T_g 源于其平衡的氧/氯比，氧桥的存在构筑了适当大小的Al-O-Al网络，阻碍了凝结过程中原子重新排列而形成晶体。在离子导电性方面，氧桥的存在一方面缩短了Li-Li之间的距离，从而促进了 Li^+ 的跳跃；另一方面，这类VIGLAS电解质还存在类似于PEO聚合物电解质的链段运动，这种Al-O-Al链段运动也促进了附近的 Li^+ 离子集体迁移。

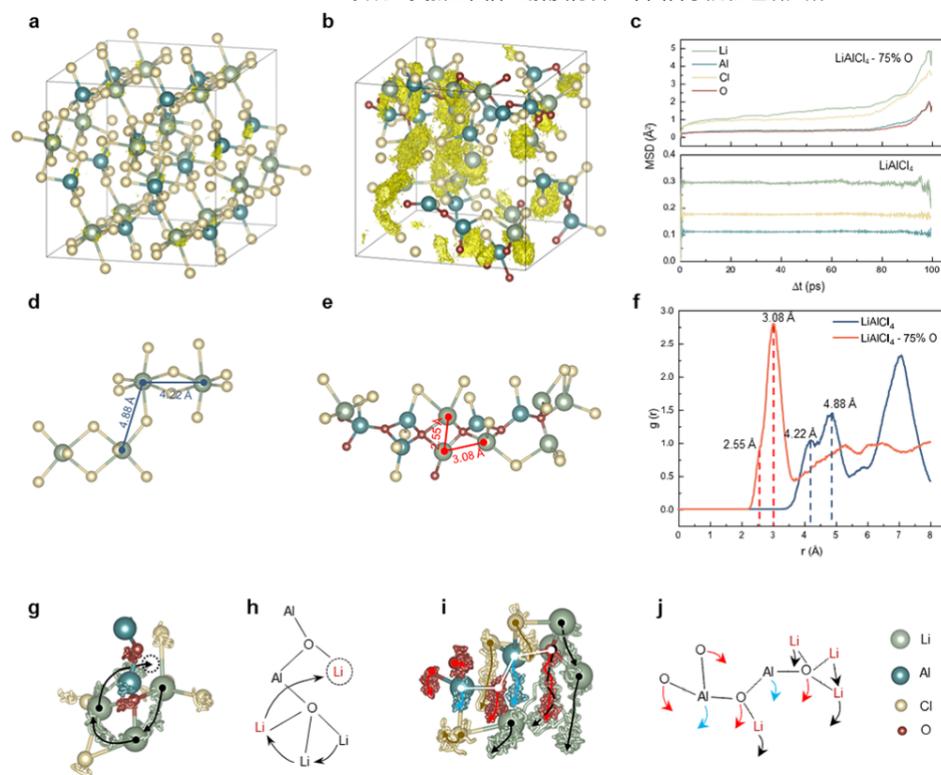


图 2 LACO电解质中存在的两种离子电导机理

更为重要的是，这类无机玻璃固体电解质材料不仅具备有机聚合物优秀的变形能力，还继承了传统无机电解质的特点，如耐受高电压 (4.3 V) 和高离子电导率 (>1 mS/cm)。这些优势成功解决了固态电池正极界面在力学和化学上的稳定性难题，首次实现了真正室温下无需外界压力 (< 0.1 MPa) 即可正常运行的无机全固态锂/钠电池，为推进全固态电池的发展提供了新的路径。

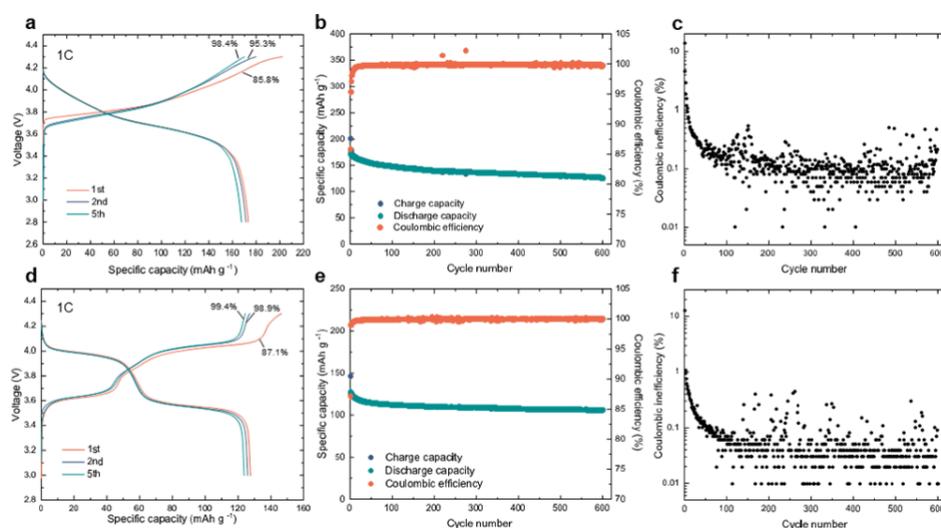


图 3 无额外压力的Li和Na基全固态电池循环性能

本工作得到了国家自然科学基金 (52122214) 和中国科学院青年创新促进会 (2020006) 的支持。

文章信息:

Tao Dai, Siyuan Wu, Yaxiang Lu*, Yang Yang, Yuan Liu, Chao Chang, Xiaohui Rong, Ruijuan Xiao, Junmei Zhao*, Yanhui Liu, Weihua Wang, Liquan Chen & Yong-Sheng Hu*. Inorganic glass electrolytes with polymer-like viscoelasticity. Nature Energy, 2023, DOI: 10.1038/s41560-023-01356-y.

文章链接:

<https://doi.org/10.1038/s41560-023-01356-y>

[Inorganic glass electrolytes with polymer-like viscoelasticity.pdf](#)