

粘弹性无机玻璃：开创固态电池革命的新时代

由中国科学院物理研究所（IOP）胡永生教授领导的研究小组在固态电池领域取得了重大突破。他们对一种新型粘弹性无机玻璃(VIGLAS)电解质的研究发表在《自然能源》杂志上。

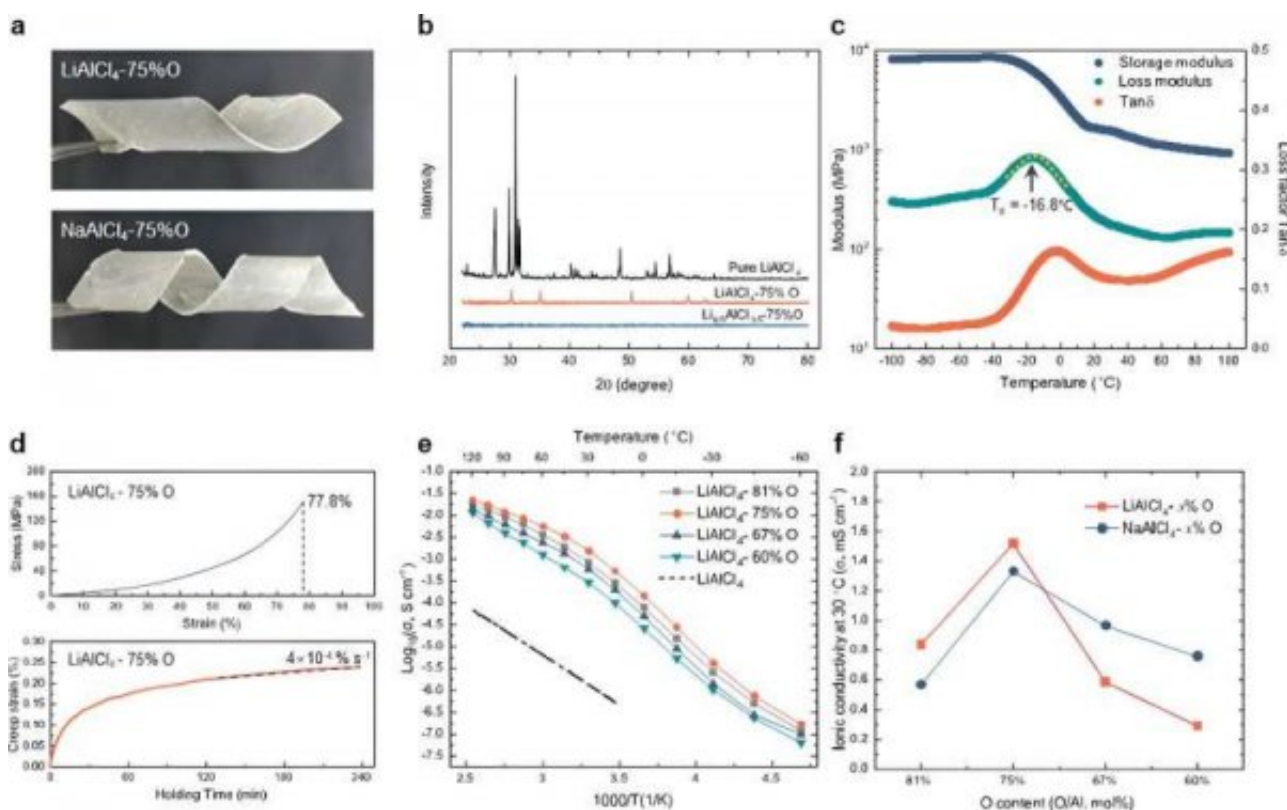
固态电池通常被誉为下一代颠覆性的电池技术，它为传统液体锂离子电池的安全问题提供了一个有希望的解决方案，同时显著提高了能量密度。这一技术成就有可能彻底改变关键行业，包括电动汽车、储能和移动设备。

然而，固态电池的实际实施受到与界面稳定性和制造成本有关的几个关键问题的阻碍。例如，有机聚合物固态电池在界面上表现出令人印象深刻的机械稳定性，但在化学稳定性方面却有所欠缺。这限制了它们的能量密度，主要是由于与高压阴极的兼容性问题。

另一方面，商业上可行的无机硫化物固态电池虽然很有前景，但其缺点是制造成本高。此外，它们需要在极高的压力下运行，通常达到几十个大气压，这对商业化的道路构成了重大挑战。因此，寻找一种能够有效解决这些问题的新型电解质材料在追求固态电池技术的进步中变得至关重要。

在这项研究中，研究人员通过引入氧原子代替某些氯原子，成功地将精致的室温熔盐，即 LiAlCl_4 和 NaAlCl_4 ，转化为称为 $\text{LiAlCl}_{2.5}\text{O}_{0.75}$ (LACO)和 $\text{NaAlCl}_{2.5}\text{O}_{0.75}$ (NACO)的粘弹性玻璃。

使这种材料与众不同的是它在室温下容易弯曲和折叠的非凡能力，挑战了以前无机固体电解质不能表现出与有机电解质相关的机械灵活性的假设。这一发现为固态电解质的发展开辟了一条全新的道路。



研究人员已经揭示了这些被称为VIGLAS材料的无机玻璃的形成和离子传导机制。这些材料表现出玻璃化转变温度(T_g)低于室温，导致粘弹性行为让人想起在环境条件下的聚合物。这种低 T_g 可归因于平衡的氧铝比，其中氧桥在形成适当大小的Al-O-Al网络中起着至关重要的作用。这些网络反过来又限制了缩合过程中的原子重排。

此外，作为“增塑剂”的微量未配位 $\text{Li}_x\text{AlCl}_{3+x}$ 的存在有助于 T_g 的降低。就离子导电性而言，VIGLAS材料中的氧桥缩短了Li-Li对之间的距离，从而促进了 Li^+ 离子的跳跃。此外，VIGLAS电解质表现出类似于在PEO聚合物电解质中观察到的链段运动。该运动促进了 Li^+ 离子在附近的集体迁移，从而增强了离子导电性。

重要的是，VIGLAS不仅表现出与有机聚合物相当的显著的可变形性，而且还继承了传统无机电解质的理想特性。这些特性包括高达4.3V的高电压耐受性和超过1mS/cm的令人印象深刻的离子电导率。

这种固有的优势有效地解决了固态电池正极界面机械和化学稳定性的挑战。因此，它使无机全固态锂和钠电池在不需要外部压力(保持在<0.1MPa)的情况下实现真正的环境温度工作的突破性成就。

目前，固态电池的商业化面临着制造成本高、生产工艺复杂等重大挑战。幸运的是，这项研究提出了一个理想的解决方案。首先，这种创新的固态电解质材料的生产成本非常低，主要是因为它的核心成分铝，而铝在地壳中含量丰富。

这导致LACO每公斤材料成本仅为6.85美元，NACO每公斤材料成本仅为1.95美元。与目前主流的Li6PS5Cl固态电解质(每公斤319美元的高价)相比，这两种电池的成本分别为2%和0.6%，只是一个零头。

另一个优点是这些VIGLAS具有低熔点，低于160°C，允许它们在适当的加热条件下像液体一样有效地渗透多孔电极。这种能力使得实现超过20毫克/平方厘米的商业阴极负载成为可能。

此外，这些材料表现出与有机聚合物相似的延展性，可以使用卷对卷工艺等技术制造大面积电解质薄膜。这些显著的特性使这种新型固态电解质材料在材料和制造成本方面都具有很强的竞争力，使其成为解决全固态电池阴极无压运行挑战的理想选择。

(素材来自：中国科学院物理研究所 全球储能网、新能源网综合)

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/201276.html>