研究人员提出一种基于偶极玻璃态的新型低温储能方案

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/42089.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

研究人员提出一种基于偶极玻璃态的新型低温储能方案。近日，哈尔滨工业大学深圳校区教授陈祖煌团队与合作者《自然—纳米技术》发表最新研究。团队创新性提出一种基于偶极玻璃态的新型低温储能方案，为传统储能器件极低温性能衰减的难题开辟了新的解决路径。

同期刊发专家评述文章评价道：该成果展示的低温能量存储概念验证为更广泛的低温介电设备提供了一张蓝图。

在深空探索、量子计算和深海极地探测等前沿领域，电子设备需要在极低温环境下稳定运行。由于离子迁移率急剧下降和电化学反应动力学迟滞，常规储能器件在低温下性能急剧衰减，成为制约极端环境技术发展的瓶颈之一。相比之下，介电电容器凭借其基于物理极化的储能机制，在低温下具有本征优势。

目前，性能最优的介电储能材料大多基于弛豫铁电体，虽然室温下储能效率可达80%以上，但其内部起关键作用的极性纳米微区在低温下会逐渐冻结，形成长程铁电有序，导致极化滞后损耗急剧增加，储能效率断崖式下跌。

为此，研究团队在反铁电材料锆酸铅中引入非极性的锆酸锶组分，在反铁电—顺电相界附近构建了偶极玻璃态（成分为Pb0.6Sr0.4ZrO3）。该体系中，反铁电组元提供了低温下增强的反极性耦合，与化学无序性协同作用，增加了偶极子形成长程有序的难度；同时，顺电组元引入的随机分布使得偶极—偶极相互作用被限制在原胞尺度，局域自由能势垒被显著平坦化，从而在保持高极化率的同时极大抑制了极化滞后损耗。

研究显示，在典型弛豫铁电材料铌镁酸铅-钛酸铅中，300K时原本无序的极性纳米微区在降温至4K后会冻结成单一畴的铁电态，导致剩余极化急剧增大、滞后损耗飙升。而Pb0.6Sr0.4ZrO3即使在4K经电场极化后，仍保持随机取向的局域偶极分布，偶极-偶极空间关联函数在10 Å内即迅速衰减至零，表明其缺乏任何长程极性有序。此外，研究团队还证实了偶极玻璃态在低温下的本征稳定性。

研究团队进一步制备了高质量的Pb0.6Sr0.4ZrO3外延薄膜，该材料在4K至300K的宽温区内均能保持高于88%的储能效率，并在77K的液氮温度下实现了211焦耳每立方厘米的高储能密度，同时在108次充放电循环后性能几乎无衰减，充放电速度达到微秒级别。与商用双轴取向聚丙烯薄膜、多层陶瓷电容器以及已报道的介电薄膜相比，该偶极玻璃体系首次实现了在液氦温度下的高可靠

、高密度储能操作，将低温储能的工作温区从液氮温区大幅拓展至液氦温区。

该研究为极端环境下电子设备的供能问题提供了新的解决方案，通过在原胞尺度上操控极性无序，有望为介电功能材料的设计开辟更广阔的空间。（来源：中国科学报刁雯蕙）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41565-026-02260-8

作者：刁雯蕙 来源：中国科学报

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发