

---

# 滑移铁电：无限次读写不疲劳

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/27619.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！*

## 滑移铁电：无限次读写不疲劳

。近年新兴的铁电材料，因为具有超快的读写速度，断电后数据不丢失，以及超低功耗和很好的抗辐射能力，越来越多被应用于卫星存储器等复杂场景。

但也因制造成本高、存储密度低等劣势，这种材料的商业发展前景颇为受限。其中的疲劳失效问题，则导致铁电材料存储器的读写次数仅为几次。

为此，中国科学院宁波材料技术与工程研究所（宁波材料所）联合电子科技大学、复旦大学相关团队，基于二维滑移铁电机理，共同创制了一种无疲劳的铁电材料。

显然，滑移铁电中极化翻转的势垒远小于缺陷迁移势垒。该成果6月7日发表于《科学》，期刊审稿人认为，作者展示了一种解决传统铁电材料性能下降的方法。

## 极化翻转机制导致疲劳失效

铁电材料是一种常见的功能材料，因其晶体中正负电荷中心不重合，产生电偶极矩，从而具有自发极化的性质，并能够被外场所调控。

小到打火机、麦克风、耳机、存储器等，大到驱动器、能量转换器、滤波器、制动器、减震器等都离不开铁电材料，它也是航空动力诊断设备、火星岩石钻孔器、深海声纳设备等尖端领域必不可少的材料之一。

对于这种材料的极化特性，文章共同第一作者、宁波材料所柔性磁电功能材料与器件团队副研究员何日，打了个比方：在一支原地休息的队伍中，所有士兵的目光随机看向左边或右边，当军官下达口令，队伍就统一向左看或向右看，只要没有下一个口令，即使军官不在场，队伍也会一直保持之前的状态。

因为电场加上以后极化翻转非常快，所以铁电材料存储器读写非常快，并且具有非易失性。

然而，随着极化翻转次数的增加，铁电材料极化会减小而导致其性能衰减，最终引发器件失效故障。

在全球范围内，传统铁电材料的疲劳失效是各种电子设备出现故障的主要原因之一。

尤其是近年来,在航空航天、深海探测等重大技术装备领域,利用铁电材料制作的各类器件常常被用于在高温、高压、高频、高强磁场等复杂环境下执行存储、传感、驱动、能量转换等关键任务,铁电材料会受到外场的反复加载而反复发生极化翻转。

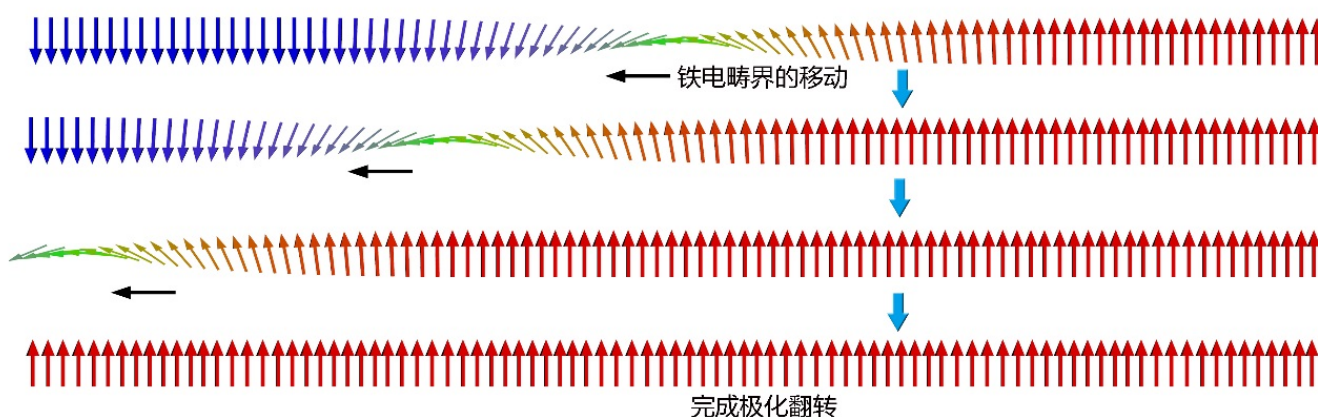
因此,对铁电材料的抗疲劳特性进行优化和设计,是保障器件可靠性的基础。

缺陷不移动,疲劳不产生

对于传统铁电材料发生疲劳的内在原因,何日介绍,材料内部有无数个晶格单元,每个晶格单元内都聚集了带电离子,同时也存在很多缺陷,这些带电离子在电场的作用下会移动,进而产生极化翻转。

在电场下,铁电材料中的每个晶格单元的极化翻转不是同时发生的,而是如同海浪一般从材料的一端传播到另一端,传播过程中,材料中的缺陷会随传播而移动并聚集,久而久之聚集成为缺陷团簇,阻止极化翻转的传播过程,进而使得材料产生极化疲劳,是一种不可逆的损坏。

就像海浪卷起海水中的小石子,小石子会聚集成大礁石,阻止海浪的移动。何日解释。



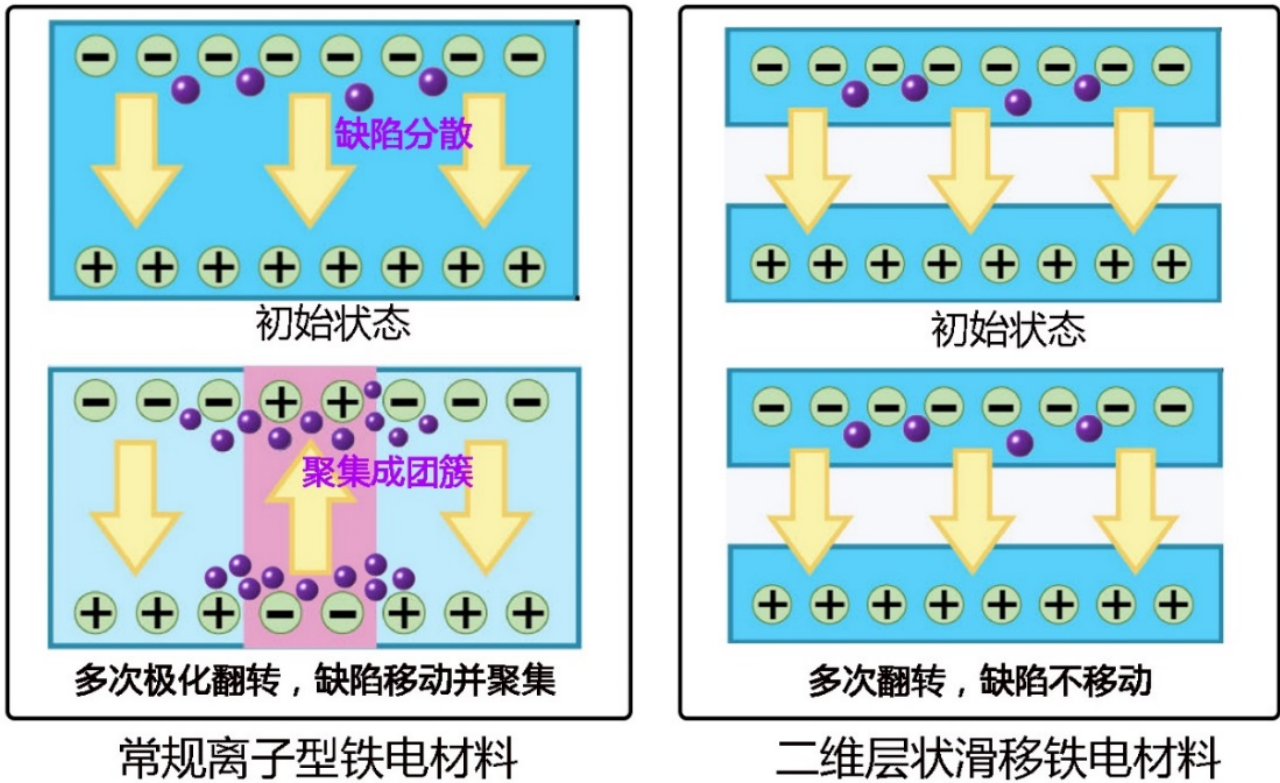
极化翻转过程示意图:电场下,铁电极化翻转并非整体同时发生,而是通过畴界移动实现,畴界如同海浪一般从材料的一端传播到另一端,最终实现铁电材料的极化翻转。

针对这一问题,何日与团队研究员钟志诚通过理论计算,预言了滑移铁电具有抗疲劳特性。

他们联合相关团队基于滑移铁电机理,制备出了无疲劳的二维层状滑移铁电材料,并通过AI辅助的大规模原子模拟,从微观角度阐明了该机制实现无铁电疲劳的原因。

滑移铁电机理与传统铁电材料的离子移动机制不同,滑移铁电机理主要适用于二维层状材料,在电场的作用下,层与层之间会产生滑移,同时层间发生电荷转移,进而产生极化翻转。

何日表示:二维滑移铁电材料,没有原子的独立移动,而是两层原子像两张纸一样整体滑动。其间也有缺陷,但是由于原子层间滑移无需克服离子键或共价键,所以极化翻转所需外加电场较小,不足以让缺陷移动,而且由于二维层状的结构,缺陷难以跨越层间移动,所以缺陷更加不会聚集。也就是说,不会产生铁电疲劳。



常规铁电材料和二维滑移铁电材料疲劳特性的对比。左图为传统离子型铁电材料铁电疲劳的机制：极化翻转畴界移动过程中缺陷会移动并聚集成团簇，阻碍畴界移动，使得极化翻转无法继续进行，最终产生铁电疲劳；右图为二维层状滑移铁电抗疲劳机制：极化翻转过程中，缺陷被牢牢钉扎在层内无法移动，不会聚集和阻碍畴界移动，故无铁电疲劳。宁波材料所供图

百万次翻转无衰减

在该研究中，作者以双层二硫化钼（MoS<sub>2</sub>）二维材料为代表，设计出合适的原子堆叠方式，通过化学气相输送（CVT）法制备了双层二硫化钼铁电器件，其厚度仅为1.3纳米。

研究发现，在400万次循环电场翻转极化以后，电学曲线测量表明，铁电极化并没有发生任何衰减，抗疲劳性能明显优于传统离子型铁电材料。

这意味着，使用新型二维层状滑移铁电材料的存储器，不仅基本没有读写次数限制，超薄的厚度还可以大大提升其存储密度。

因此对于深海探测或航空航天重大装备领域而言，无疲劳的新型二维层状滑移铁电材料可极大提升设备可靠性，降低维护成本。

该成果甫投稿，即得到《科学》期刊编辑、审稿人的认可。几位审稿人表示：通过滑移铁电机制来解决铁电疲劳问题非常巧妙。显然，滑移铁电中极化翻转的势垒远小于缺陷迁移势垒。

下一步，研究团队将就如何提升滑移铁电器件高温稳定性这一问题开展研究，以实现无疲劳滑移铁电器件在各类极端条件下的应用。（来源：中国科学报张楠 高晓静）

---

相关论文信息：<https://doi.org/10.1126/science.ado1744>

作者：何日等 来源：《科学》

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](http://www.iikx.com)转发