

阻滞胚胎进行对比分析。结果发现,在发育受阻的胚胎中,ERV家族中的*MLT2A1*亚家族表达显著下降,暗示其可能与胚胎能否顺利完成ZGA密切相关。

进一步分析显示,*MLT2A1*并非以单一基因的方式发挥作用。其核心序列相对固定,却能够与下游的蛋白编码基因、非编码RNA片段,甚至其他逆转座子序列发生融合,形成大量嵌合转录本。研究人员在人类8细胞期胚胎和干细胞中鉴定出数百种不同的嵌合RNA,其长度多在500~1000个碱基之间,主要通过剪接事件形成。这种“模块化拼接”的方式,显著拓展了RNA序列的多样性,也为胚胎在短时间内快速建立复杂的基因调控网络提供了可能。

从功能角度看,这一机制为理解ZGA提供了新的视角:早期胚胎并非完全依赖传统意义上的“基因开关”,而是借助进化遗留下来的病毒序列,快速生成一批具有调控潜力的RNA分子,从而完成从母源控制向自主发育的过渡。

研究团队表示,若未来能够将*MLT2A1*等关键ERV相关分子作为检测指标,有望在胚胎移植前更早、更精准地评估其发育潜力,为辅助生殖中优质胚胎的筛选提供新的分子依据,从而提高试管婴儿的成功率。

(综合:《Science》、浙江大学官网、中国新闻网)

在接近晶格极限的尺度上操控电学单元

在信息器件不断向高密度、小

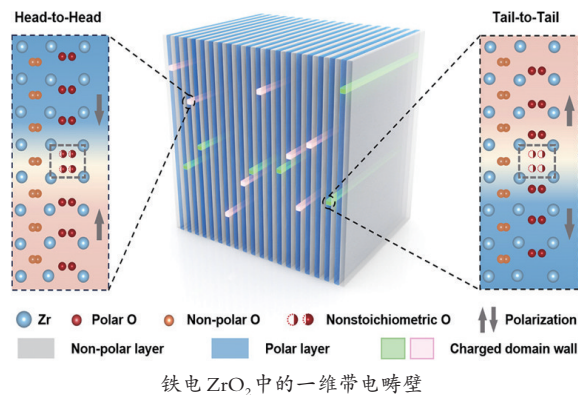
尺度演进的过程中,如何在极限尺寸结构中承载和操控电学功能,已成为材料科学与信息技术交叉领域的重要前沿。中国科学院物理研究所金奎娟、葛琛、张庆华等团队在铁电材料研究中取得突

破性进展,首次在萤石结构氧化锆薄膜中观测到一维带电畴壁,并实现了对产生、移动和擦除的人工操控。2026年1月22日,相关研究成果发表于《Science》。

铁电材料是一类具有自发极化特性的晶体,其内部可看作由大量微小的“电学指南针”组成——正负电荷在晶格中发生微小位移,形成稳定的极化方向。在外加电场作用下,这些极化方向可以翻转,使铁电材料成为信息存储、传感以及类脑计算的重要候选材料。极化方向一致的区域被称为“铁电畴”,不同铁电畴之间的分界面即为畴壁。

长期以来,人们普遍认为畴壁是二维平面结构,类似魔方中不同颜色方块之间的界面。这一认知几乎成为铁电物理中的“常识”。然而,该研究发现,在具有特殊层状晶体特征的萤石类铁电材料中,铁电极化被限制在分离的极性层内,使得原本应呈二维展开的畴壁,被进一步“压缩”到一维线状结构。

为验证这一设想,研究团队利用激光沉积等方法制备出自支撑的萤石结构氧化锆薄膜,并借助高分辨电子显微镜对其进行原子尺



铁电 ZrO_2 中的一维带电畴壁

(图片来源:《Science》)

度表征。实验结果清晰地捕捉到了一维带电畴壁的存在,其厚度和宽度仅为埃米级——相当于头发直径的数10万分之一,已接近晶格尺度的极限。

进一步研究表明,这类一维畴壁之所以能够稳定存在,与畴壁处氧离子或氧空位的局域富集密切相关。这些带电缺陷如同“电荷补偿的胶水”,中和了畴壁处由于极化突变产生的强电场,使一维带电结构得以在晶体中长期稳定。同时,研究人员还通过电子辐照在局部区域产生可控电场,实现了一维畴壁的写入、驱动与擦除,展示了其良好的可操作性。

在基础科学层面,该工作打破了“三维晶体中畴壁必然是二维结构”的传统认知,揭示了萤石铁电体中极化翻转与氧离子迁移之间的内在耦合机制。在应用层面,尺寸达到埃级的一维畴壁单元,预期可将信息存储密度推向新的极限;通过半个晶胞尺度内操控畴壁的生成与运动,有望实现面向模拟计算的新型铁电器件,为极限密度人工智能硬件提供新的物理基础。

(综合:《Science》、中国科学院物理研究所官网、中国科技网)