物理所实现磁场对氢键无序-有序相变的调控

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/6004.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！

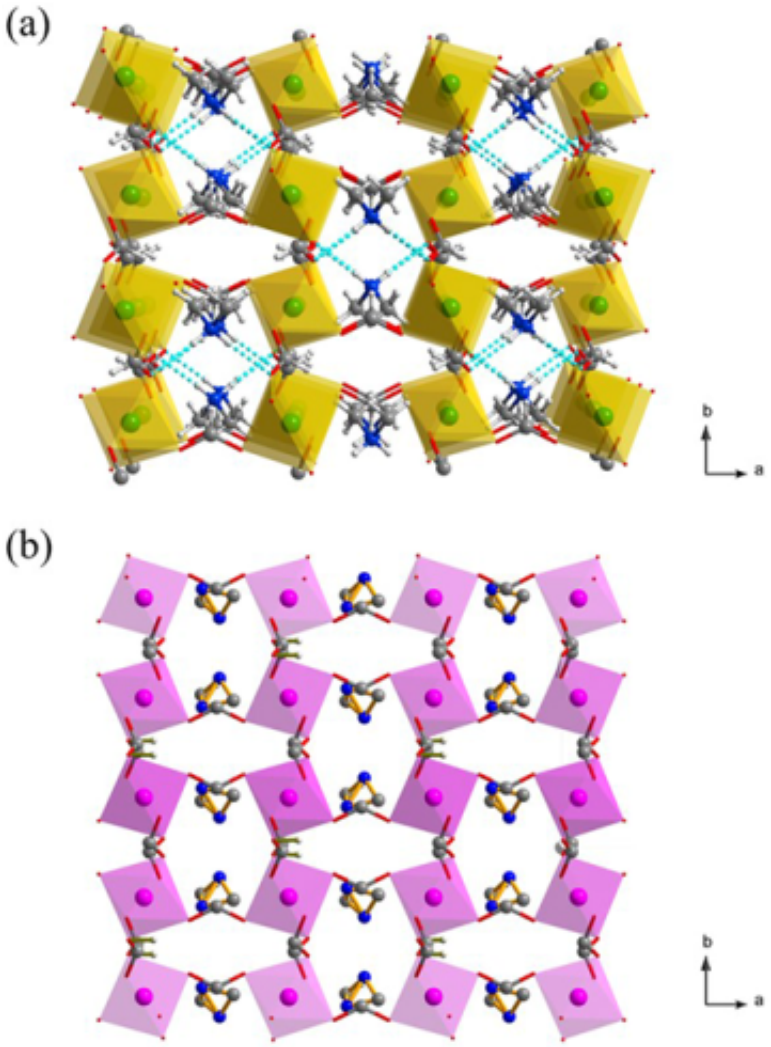
物理所实现磁场对氢键无序-有序相变的调控。氢键是一种以氢原子为媒介的化学键，广泛存在于气态、液态和固态物质中。在一些含有氢键的晶体中，随着温度的降低，热涨落被抑制，氢键集体发生动态无序到静态有序的相变，同时伴随着晶体结构和对称性的变化，并可能产生铁电或反铁电有序。通常，氢键无序-有序的相变过程对外加磁场不敏感，因此，人们难以利用磁场来有效地调控氢键。近期，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心磁学国家重点实验室孙阳研究组在磁场调控氢键研究方向取得进展，成功地在一类金属-有机框架材料中实现了磁场对氢键无序-有序相变的调控。

金属-有机框架(MOF)是一类无机-有机杂化材料，由金属离子与有机官能团相互链接，共同构筑长程有序的晶态结构。金属-有机框架材料由于在能源、催化、储氢、吸附、环保等多个领域具有重要应用而受到广泛关注。近年来，孙阳研究组开展了金属-有机框架的磁电性质的研究，取得了一系列创新性成果：发现了金属-有机框架中磁化强度共振量子隧穿效应 [Phys. Rev. Lett.112, 017202 (2014)]和共振量子磁电耦合效应 [J. Am. Chem. Soc.138, 782 (2016)]，率先报道了金属-有机框架中的磁电耦合效应 [Sci. Rep.3, 2024 (2013);Sci. Rep.4, 6062 (2014);Phys. Status Solidi RRL9, 62 (2015)]等。

在前期工作基础上，博士生马怡妮娜利用研究组自主研制的电容法热膨胀计精确测量了几种钙钛矿结构ABX3金属-有机框架在磁场下的热膨胀效应。在这些钙钛矿MOF中，A位的有机团簇与B位甲酸根中的氧原子形成氢键以稳定在框架中。在高温时，热涨落使得氢键处于动态无序的状态;随着温度降低，氢键集体发生无序-有序相变。通过热释电的测量，研究确定了氢键的有序分别在钙钛矿Fe-MOF和Co-MOF中诱导出反铁电和铁电有序。热膨胀的实验结果表明，氢键的无序-有序过程伴随着晶格发生了显著的变化，导致了在相变处具有巨大的热膨胀系数，比传统的无机氧化物铁电体高一个数量级。当在降温过程中施加一个磁场，氢键无序-有序的相变温度会发生明显的移动。对于低温下铁电有序的Co-MOF，外加磁场驱动氢键无序-有序相变温度向高温移动;与此相反，对于反铁电有序的Fe-MOF，磁场驱动相变温度向低温移动。这些实验结果清晰地表明，磁场可以有效地调控金属-有机框架中的氢键无序-有序相变。其物理机制来源于磁性离子在外加磁场下通过磁弹性耦合产生局域的晶格畸变，该畸变使得氢键的平行取向(铁电有序)具有更低的能量，而反平行排列(反铁电有序)的能量更高。因此，在外加磁场下铁电有序相更加稳定，需要更高的热涨落来破坏氢键的有序。这一发现为磁场调控氢键提供了新的思路。

上述研究成果发表在Physical Review Letters(122, 255701 (2019))上。该工作得到了国家自然科学基金、科技部和北京市等项目的资助。

论文链接



钙钛矿金属-有机框架[(CH3)2NH2]M(HCOO)3(M= Fe, Co)的晶体结构

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