
科学家在镍基超导体中发现电荷密度波

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/19724.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！

科学家在镍基超导体中发现电荷密度波。近日，英国Diamond光源RIXS线站科学家周克瑾课题组与电子科技大学物理学院乔梁课题组以Charge density waves in infinite-layer NdNiO₂ nickelates为题，在Nature Materials上发表论文。英国Diamond光源博士生Charles C. Tam、博士后Jaewon Choi和电子科技大学2019级博士生丁翔作为该论文的共同第一作者。该项研究的主要参与者还包括英国Diamond光源科学家Stefano Agrestini/Abhishek Nag、北京大学电镜中心武媚/高鹏、北京计算科学中心黄兵和中科院物理所罗会仟。

高温超导的研究具有重大的科学意义和广阔的应用前景。自从1986年基于铜氧化物的高温超导被发现以来，在具有类似铜酸盐结构的材料中复现超导电性是科学家们长期寻求的目标。近30年来，元素周期表中介于铁元素（铁基超导）和铜元素（铜基超导）之间的无限层结构的镍酸盐被认为最有可能具备超导性，但是一直没能实现。直到2019年，美国斯坦福大学Hwang教授课题组[1]率先在基于无限层结构的镍氧化物外延薄膜（Nd_{0.8}Sr_{0.2}NiO₂）中发现了超导电性（镍基超导），具有划时代的意义。这也是近年来超导研究领域的重要进展，立即吸引了大量后续的理论 and 实验研究。然而，由于无限层镍基超导薄膜的样品制备极其困难，当前国内外仅有少数几个研究小组可以制备出具有超导态的薄膜样品，这成为当前镍基超导研究中面临的挑战。尽管如此，过去三年里，镍基超导的研究领域还是有不少激动人心的新发现，包括母体材料（NdNiO₂）的电子结构[2,3]，掺杂相图[4,5]，低能磁激发、磁有序[6,7]，以及Ruddlesden-Popper相无限层结构的镍氧化物超导体[8]等。然而，铜基高温超导中常见的电荷密度波(CDW)和自旋密度波(SDW)等与超导紧密关联的多种有序态还没有被在镍基超导中被实验证实。

鉴于电荷序在超导材料研究中的重要性，该团队通过基于同步辐射的共振X射线非弹性散射谱(RIXS)观察到了无限层NdNiO₂薄膜中电荷密度波(CDW)。光谱研究表明CDW与Nd 5d - Ni 3d轨道杂化之间的紧密联系。在20%Sr掺杂下进入超导状态后，CDW消失。该工作证明了CDW在无限层镍酸盐中的存在，具有与铜酸盐不同的多轨道、独特的低能激发的物理性质。为了进一步探索无限层NdNiO₂中CDW的特性，该团队通过改变还原退火温度（200 °C、220 °C和290 °C）获得了不同的NdNiO₂薄膜（NNO₂-1、NNO₂-3和NNO₂-2）。图1展示了对NNO₂-1动量相关的RIXS测试，其中观察到的准弹性散射峰来源于由电荷密度调制引起的平移对称性破坏。

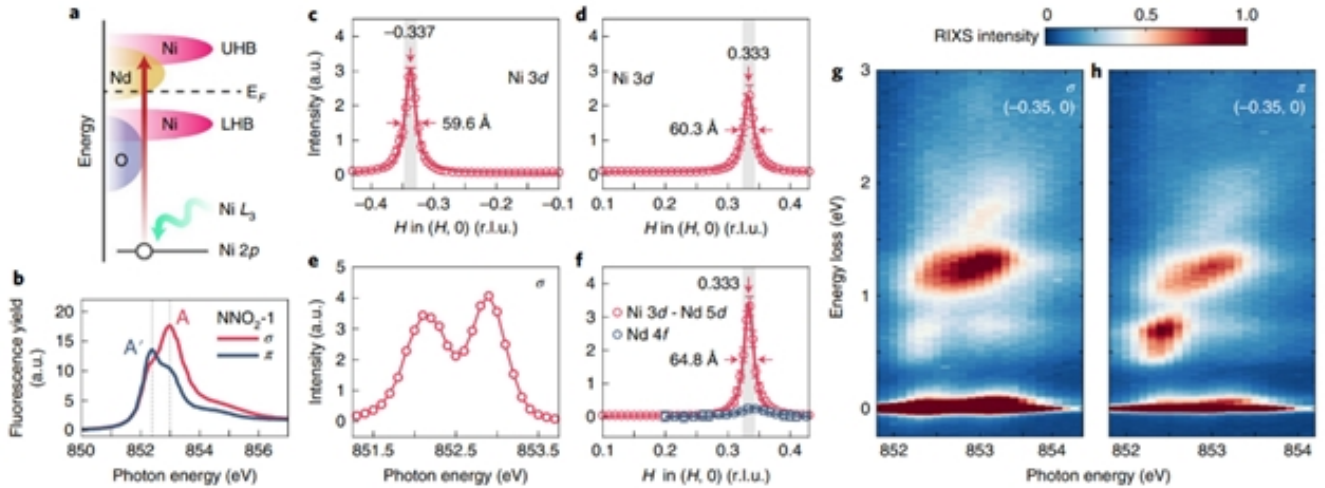


图1. NdNiO₂ 薄膜 NNO₂-1 中的CDW。

团队进一步对Ni L₃-边的XAS吸收谱进行了定量拟合（图2a-h）从中可以提取Nd 5d 和Ni 3d轨道占有率(图2m-n)。结果显示Nd 5d_{3z²-r²} 和Ni 3d_{3z²-r²} 轨道含量均逐渐减少，表明Nd-Ni杂化从NNO₂-1 到NNO₂-3 是减少的。图2i-l总结了积分准弹性峰强度作为沿(H, 0)方向的q的函数，清楚地显示了CDW存在于所有NdNiO₂样品中。母体和超导样品的结果表明，Nd 5d杂化轨道对无限层镍酸盐中的CDW有序态有积极贡献。

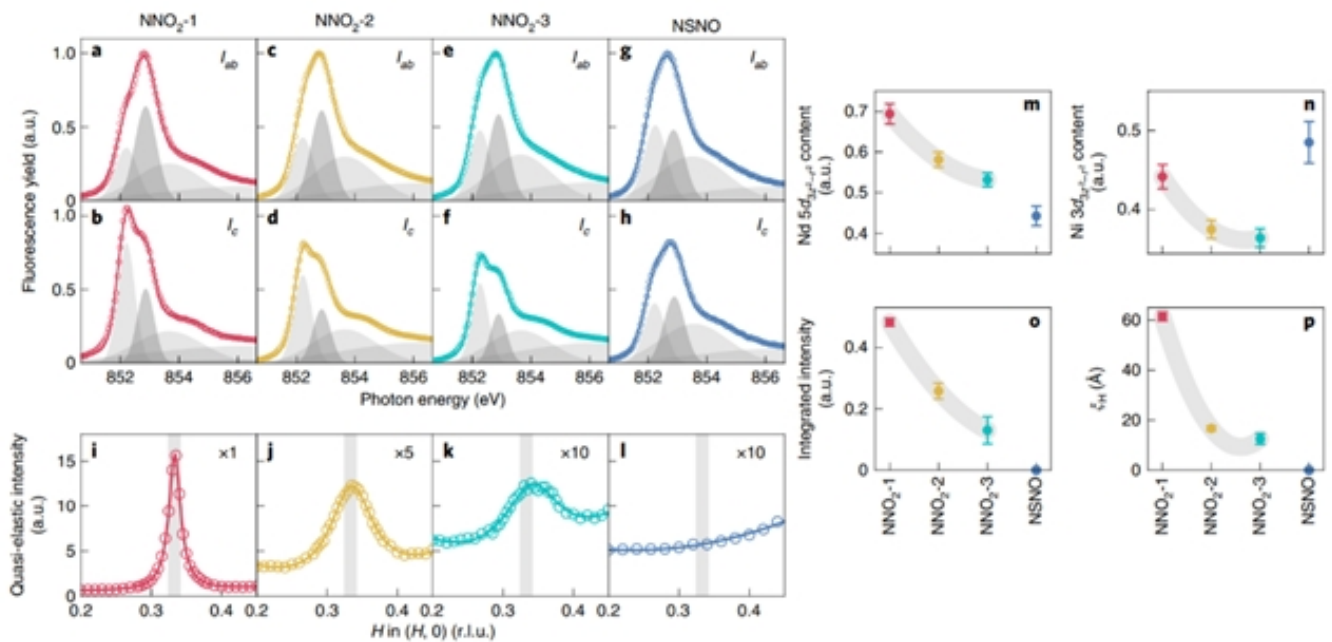


图2. NdNiO₂ 和超导 Nd_{0.8}Sr_{0.2}NiO₂ 中的 Nd 5d – Ni 3d 轨道杂化和 CDW。

Nd 5d_{xy}、Nd 5d_{3z²-r²}和Ni 3d_{x²-y²}轨道参与CDW的形成表明，需要一个最小的多轨道模型来描述无限层镍酸盐的低能物理。该研究发现超导Nd_{0.8}Sr_{0.2}NiO₂中没有CDW迹象，这意味着下一步还需要对具有不同载流子浓度的Sr掺杂Nd_{1-x}Sr_xNiO₃进行研究以了解CDW和超导的起源。上述结果对进一步理解镍基超导体的超导起源、构建理论模型和理解其超导机理提供了重要参考。

值得注意的是，镍基超导CDW的研究受到了领域内学者的广泛关注，除了该团队外，还有另外两个研究团队也在同一时间段、类似的镍基超导样品中发现了CDW现象。有兴趣的读者可以参考来自美国斯坦福大学的Hwang教授/美国斯坦福国家加速器中心的Wei-Sheng Lee博士团队在Nature Physics发表的研究成果[9]，以及来自新加坡国立大学Ariando教授/法国国家科学研究中心的Preziosi博士团队在Physical Review Letters发表的研究成果[10]。

Nature Materials 是Nature旗下子刊，中科院1区，最新期刊影响因子为43.841。材料研究是一门多样化且快速发展的学科，它已经从一个广泛应用的工程重点转向对物理、化学和生物学等其他经典学科产生越来越大影响的位置。Nature Materials 涵盖材料的合成/加工、结构/组成、特性和性能的所有应用和基本方面，旨在汇集材料科学和工程领域的前沿研究。

文章链接：<https://www.nature.com/articles/s41563-022-01330-1>

参考文献

- 1 Nature 572, 624-627 (2019)
- 2 Matter 5, 1806-1815 (2022)
- 3 Nat. Mater. 19, 381 – 385 (2020)
- 4 Phys. Rev. Lett. 125, 027001 (2020)
- 5 Phys. Rev. Lett. 125, 147003 (2020)
- 6 Nat. Phys. (2022)
- 7 Science 373, 213 – 216 (2021)
- 8 Nat. Mater. 21, 160 – 164 (2021)
- 9 Nat. Phys. 18, 869-873 (2022)
- 10 Phys. Rev. Lett. 129, 027002 (2022)

来源：科学网

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