



首页 所况简介 机构设置 研究成果 人才队伍 研究生教育 党群园地 科学传播 学术期刊 信息公开

新闻动态

当前位置: 首页 > 新闻动态 > 科研动态

所内新闻

科研动态

综合新闻

通知公告

媒体扫描

物理所公开课

中国科学院物理研究所
北京凝聚态物理国家研究中心 EX6组供稿

第66期

2019年09月30日

高压制备大线性磁电效应与磁场诱导铁磁-铁电性材料

线性磁电效应是指磁场 (H) 感生电极化 (P) 或电场 (E) 感生磁化的现象, 感生的电极化与磁化强度可用公式 $P = \alpha H$ 或 $M = \alpha E$ 来表示, 其中 α 定义为线性磁电系数。由于磁场可调控电极化以及电场可调控磁性质, 线性磁电效应材料作为一种重要的磁电耦合多功能材料获得了广泛研究。在实际应用中, 人们期望材料在较为宽广的温度或磁场范围内具有大的线性磁电系数 α 。然而, 自从1960年在 Cr_2O_3 中首次发现线性磁电效应以来, 线性磁电材料 α 的大小往往在 20-30 ps/m 以内。在一些自旋诱导电极化的多铁性材料中, 虽然其 α 系数的最高值可提高几个量级, 但最大值仅发生在磁电相变温度附件, 偏离相变临界温度时急剧下降至可忽略量级。如何在较宽的温度/磁场范围内进一步提升材料的线性磁电效应是极具挑战的难题。

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极端条件物理重点实验室 EX6 组龙有文研究员团队在高压制备的白钨矿型氧化物 $DyCrO_4$ 中, 率先发现了高达 50 ps/m 的线性磁电效应, 并且该效应在较大的磁场范围内 (-3 到 3 T) 保持恒定; 更有意思的是, 较高磁场可诱导变磁转变, 产生大的净磁矩与自发电极化, 罕见地实现铁磁-铁电多铁性。

常压下烧结的 $DyCrO_4$ 结晶为四方锆石型结构, 空间群为 $I4_1/amd$, 具有长程铁磁有序, 但其磁结构不支持线性磁电效应。当锆石型 $DyCrO_4$ 在 700-750 K 温度条件下经过 6-8 GPa 的高压处理后, 会转变为另一种四方结构, 即具有 $I4_1/a$ 空间群的白钨矿相。该结构相变导致 10% 左右的体积收缩, 属于一级不可逆相变。磁化率与中子衍射表明高压白钨矿 $DyCrO_4$ 具有长程反铁磁有序, 且 Dy^{3+} 离子与 Cr^{5+} 离子同时参与反铁磁相互作用, 磁矩沿着晶格 b 轴形成共线型反铁磁排列, 相应的磁点群为 $2'/m$ 。磁对称性分析揭示该磁点群具有非零的磁电张量, 因而可导致线性磁电效应的产生。实验上, 当在零磁场测试介电常数和铁电极化时, 探测不到这些物理量的反常改变。然而, 一旦引入磁场后, 可观察到尖锐的介电峰, 同时伴随铁电极化的出现, 且电极化的大小与所加磁场强度成正比关系, 表明磁场可感生电极化, 证实白钨矿 $DyCrO_4$ 的线性磁电效应。在固定温度下测试电极化随磁场变化关系时, 可明显观察到 P 与 H 的线性关系, 相应的线性磁电系数可高达 50 ps/m, 且在 -3 到 3 T 磁场范围内保持恒定。另一方面, 当去掉磁场改用外加电场作为激励时, 可观察到电场诱导磁化强度的改变, 且诱导的磁化强度与所加电场保持正比关系, 从而实现逆线性磁电效应。此外, 较高磁场可诱导白钨矿 $DyCrO_4$ 的变磁转变 (临界磁场约为 3.1 T), 使其原本共线排列的反铁磁结构发生偏转, 导致大净磁矩 (7 $\mu/f.u.$) 的产生, 使材料呈现铁磁性质。磁场依赖的中子衍射表明, 4.3 T 时铁磁成分占比接近 65%。在临界磁场以上, 新的磁结构要么由 Dy^{3+} 离子沿外加磁场方向的倾斜所导致, 要么由 Dy^{3+} 与 Cr^{5+} 这两种磁性离子的共同倾斜导致。然而, 不管是哪种类型的倾斜, 都将把磁点群由低场时的 $2'/m$ 转变为高场时的 m 。显然, 新的磁点群是一个极化磁点群, 可以打破空间反演对称性, 允许自发铁电极化的产生。因而, $DyCrO_4$ 在较高磁场下不仅展示了具有大净磁矩的铁磁行为, 同时也具有自发电极化, 在单相材料中罕见地实现了铁磁-铁电多铁性。

相关研究结果发表在近期的 NPG Asia Materials 上 (11, 50, 2019), 并且被编辑部选为 Featured Article, 以“磁电效应: 罕见结构为器件控制提供契机, Magnetoelectric effect: Rare structure offers options for device control”为题进行重点推荐。该工作获得了重庆大学物理系柴一晟教授与物理所孙阳研究员的密切合作; 中子衍射实验与美国橡树岭国家实验室 Yan Wu、HuiBo Cao、Clarina Dela Cruz 等博士合作完成; 西班牙马德里材料研究所的 J. S. Alonso 教授与卡洛斯三世大学的 A. Munoz 教授协助分析了磁结构。该工作获得了科技部 (2018YFE0103200,

2018YFA0305700)、国家自然科学基金委(11574378, 51772324, 11674384)、中国科学院(YZ201555, QYZDB-SSW-SLH013, GJHZ1773)等的支持。

文章链接:

<https://www.nature.com/articles/s41427-019-0151-9>



图1: 本工作被选为Featured Article进行重点推荐。

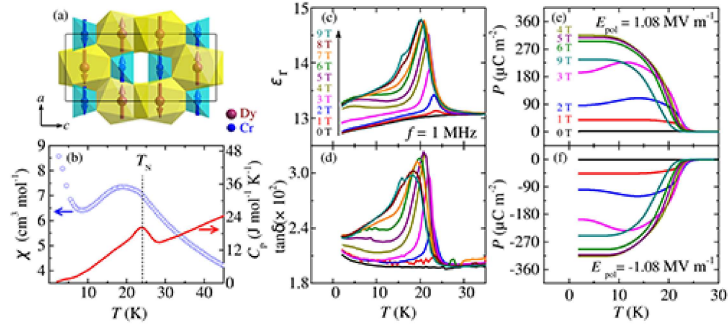


图2: 白钨矿DyCrO4基态磁结构、磁化率、固定磁场下的介电常数与电极化。

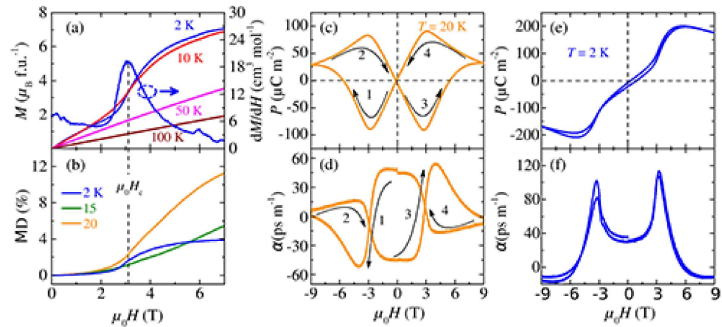


图3: 白钨矿DyCrO4磁场依赖的磁化强度、磁介电效应、电极化及线性磁电系数。

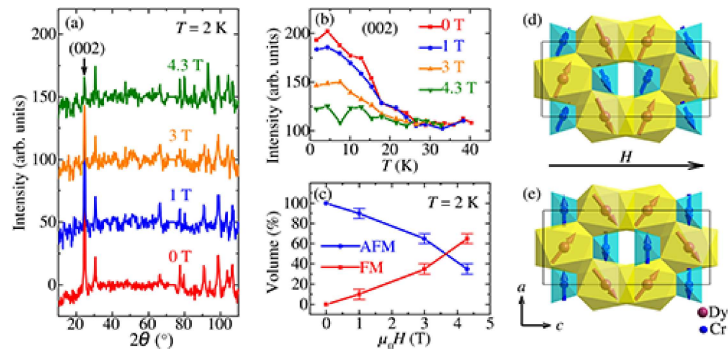


图4: 白钨矿DyCrO4不同磁场下的中子衍射谱与高场下可能的磁结构。

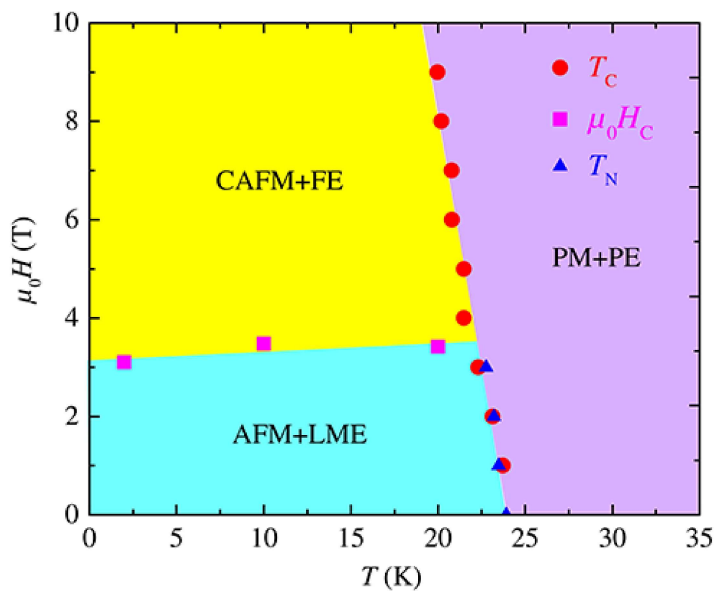


图5: 白钨矿DyCrO₄温度与磁场依赖的相图。

» 附件列表:

[下载附件 >> NPG Asia Materials 11, 50\(2019\).pdf](#)

[电子所刊](#)

[公开课](#)

[微信](#)

[联系我们](#)

[友情链接](#)

[所长信箱](#)

[违纪违法举报](#)

