

国内外强磁场实验室 科研动态

2025 年第二季度

中国科学院强磁场科学中心

2025/7/15

前言

本科研动态的宗旨是为强磁场领域的科研技术人员提供国际上最新的科研成果以及各强磁场实验室发展动向，每季度发布一期。以下是美国、欧洲、日本和中国的强磁场实验室简介。

美国国家强磁场实验室

National High Magnetic Field Laboratory 又称 MagLab，是目前世界上规模最大，实验设施最全，用户最多的强磁场实验室。其稳态场部分位于 Tallahassee，脉冲场部分位于 Los Alamos，另有一个 high B/T 组位于 Gainesville。MagLab 于 1994 年建成并不断升级改造，创造并保持了多项世界纪录。

欧洲强磁场实验室

European Magnetic Field Laboratory (EMFL) 是由法国 Grenoble 的稳态场、Toulouse 的脉冲场、荷兰 Nijmegen 的稳态场以及德国 Dresden 的脉冲场实验室于 2015 年组合而成，有统一的用户申请入口。

日本强磁场实验室

日本的强磁场实验室主要有东京大学的 MegaGauss 实验室，东北大学的超导材料高场实验室 (HFLSM)、大阪大学的先进强磁场科学中心 (AHMF) 和 NIMS 的筑波磁体实验室 (TML)。

中国强磁场实验室

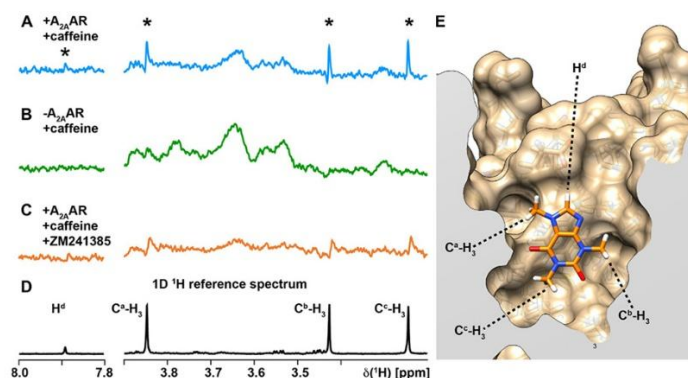
中国的稳态强磁场装置建成于 2017 年，法人单位是中国科学院合肥物质科学研究院。该装置混合磁体产生了 45.22 T 的世界最高稳态磁场，水冷磁体产生了 42.02 T 的水冷磁体磁场世界纪录，磁体技术和综合性能处于国际领先地位。中国的脉冲强磁场装置建成于 2014 年，法人单位是华中科技大学，最高脉冲磁场达到 94.8 T，位居世界第三。

科研动态

1. 美国国家强磁场实验室

● 利用先进核磁共振技术发现潜在药物分子的新筛选方法

大多数药物都是通过附着在人体内的蛋白质上发挥作用的。然而，超过 4,000 种具有重要治疗作用的蛋白质却没有现成的药物可以治疗。寻找能与这些蛋白质结合的分子对于开发新药至关重要，但传统方法只适用于某些类型的分子。寻找能与这些蛋白质结合的分子是开发新药的关键部分，但传统方法仅限于能轻易用放射性同位素或荧光化合物 "标记" 的分子。这种新的 "无标记" 技术使科学家们能够研究更广泛的分子，为发现以前不可能发现的新药物打开了大门。



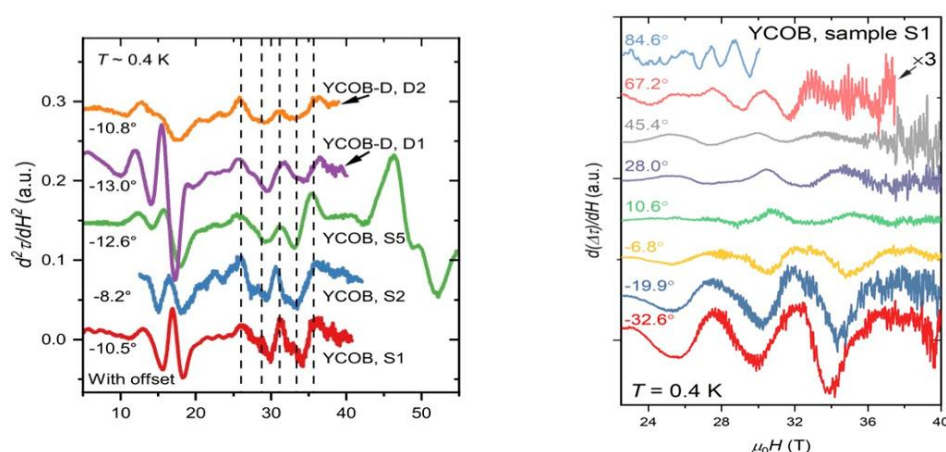
Cite: *Enzo Petracco, et al. ACS Chem. Biol. 20, 401-411 (2025)*

装置: 800MHz NMR

● kagome 绝缘体中的非常规磁振荡

分数化是现代凝聚态物理学的一个核心主题，分数量子霍尔效应就是一个例子。量子自旋液体是另一个被长期追寻的例子，在这种液体中，反铁磁秩序

被量子波动所抑制，电子的自旋电荷分离可导致电荷中性的自旋子。通过对具有 3-eV 电荷隙的 kagome 莫特绝缘体进行超灵敏磁力测量，该文报告了磁矩的量子振荡。这一观测结果有力地证明了费米子自旋子和有效规范场的存在，后者允许外加磁场与电荷中性粒子耦合。自旋子带状结构的现象学模型包括 $1/9$ 磁化平台附近的狄拉克节点，其预测结果与观测到的振荡模式一致。



Cite: [*Guoxin Zheng, et al. PNAS 122, e2421390122 \(2025\)*](#)

作者信息：本文通讯作者 Lu Li 中科大本科，普林斯顿大学博士，在 MIT 工作 3 年后于 2011 年加入密歇根大学，现为物理系临时主席。研究方向为强关联体系如氧化物界面、阻挫量子磁体、高温超导等。三位共同一作均为中国人。

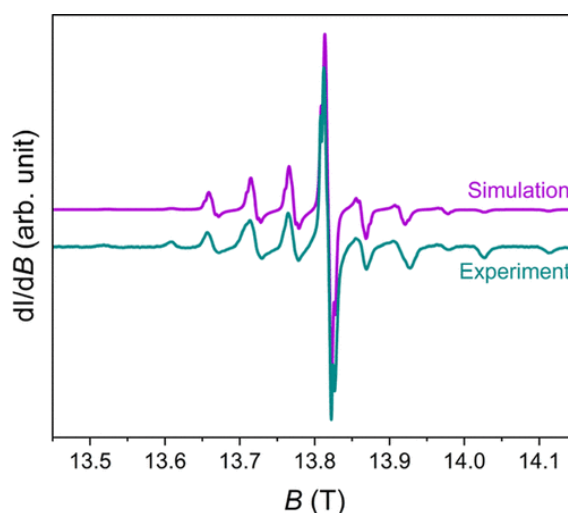
Guoxin Zheng，中科大本科，密歇根大学博士在读；祝源，加州大学圣地亚哥分校本科，密歇根大学博士在读；陈冠文，台湾大学本硕，佛罗里达州立大学博士，现为密歇根大学博后。

装置：脉冲磁体

● 用于下一代制冷技术的独特磁性材料

要达到开尔文以下的温度，在技术上仍具有挑战性，除非采用绝热去磁制冷，否则往往依赖于稀缺的 ^3He 资源。在这种情况下，活性冷却剂通常由弱耦

合顺磁离子组成，其磁性相互作用强度的能量与相关冷却温度机制相当。这种相互作用在很大程度上取决于离子间的距离，从根本上阻碍了用于亚开尔文制冷的致密冷却剂的实现。该文介绍了一种高浓度磁性的三角形配位网络材料 $\text{Eu}_{0.9}\text{Ba}_{0.1}\text{I}_2(\text{pyz})_3$ ，它具有 Eu(II) 的大磁矩 $s = 7/2$ 。电子顺磁共振、磁化和热容测量表征了 Eu(II) 离子之间的反铁磁关联性和主要的易平面磁各向异性。对于一种低维、基于分子的磁性制冷剂来说，如此低的工作温度为芯片低温制冷提供了可能，尤其是在无法使用无机制冷剂的场合。



Cite: [*A.S. Manvell, et al. J. Am. Chem. Soc. 147, 7597-7603 \(2025\)*](#)

装置：EMR（超导磁体）

● CuCrZr 复合材料中的形变诱导析出

该文主要研究了 $\text{Cu}_{0.66}\text{Cr}_{0.05}\text{Zr}$ 线材的冷变形及后处理，要点如下：冷变形使金属线的硬度提高了 100%，导电率提高了 24%；变形后的老化使硬度进一步提高了 27%-38%，导电率提高了 80%。

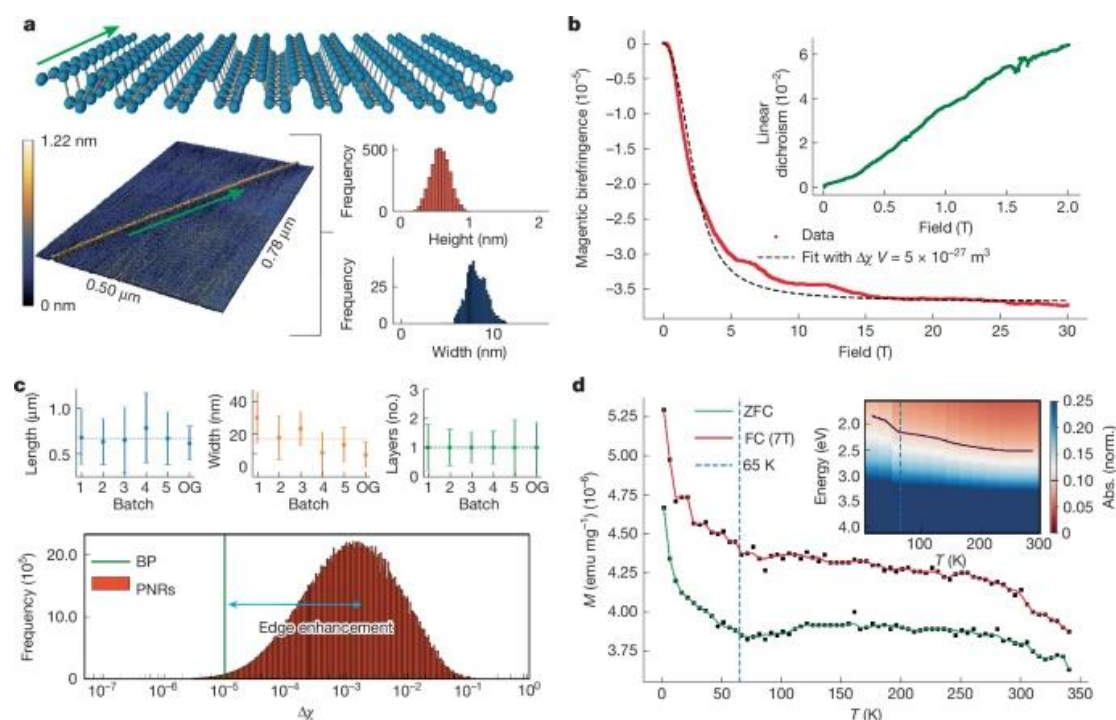
Cite: [*Rongmei Niu, et al. Mater. Sci. Eng. A 875, 145092 \(2023\)*](#)

2. 欧洲强磁场实验室

● 磷烯纳米带中的磁性和光学活性边缘

研究人员首次证明，磷烯纳米带（只有几纳米宽的黑磷薄片）在室温下同时具有磁性和半导体特性。这使得磷烯纳米带成为一类独特的材料，挑战了人们对磁性半导体的传统看法，并为开启新的量子技术提供了一块垫脚石。

科学家们一直怀疑低维磷烯纳米带可能具有独特的磁性和半导体特性，但要证明这一点一直很困难。通过在外加磁场中使用超快磁光光谱、电子顺磁共振和磁双折射等多种实验技术，研究人员得以证明磷烯纳米带在室温下的显著磁性行为，并展示了这些磁性如何与光相互作用。在相对较弱的磁场下（低于 1 T），磷烯纳米带在溶液中竟然像铁屑一样立在磁铁周围。此外，在沉积成薄膜后，它们还能显示出与铁和镍等传统磁性金属类似的宏观磁性。



最令人兴奋的是，磷烯纳米带的磁性边缘还存在激发态，它与原子振动（声子）相互作用，而这种振动通常是材料的体对称性所不允许的。这种不寻

常的相互作用使纳米带能够在其一维边缘独特地耦合磁、光和振动特性。这些发现具有特别重要的意义，因为它们标志着磷烯纳米带磁性能的首次实验验证，而这种磁性能是可以预测但难以观察到的，而且不需要低温或掺杂。

这项研究的最大亮点在于它有可能影响多个科技领域。这项研究可以为自旋电子器件开辟新的道路，利用电子自旋而不是电荷来实现新型计算技术，如量子器件的可扩展制造、柔性电子器件和下一代晶体管。

Cite: [A. Ashoka, et al. Nature 639, 348 \(2025\)](#)

装置：水冷磁体

● SuperEMFL 项目圆满结束

自 2021 年 1 月起，由欧盟资助的 SuperEMFL 设计研究已于去年年底圆满结束。根据最初的目标，SuperEMFL 项目的主要成果包括产生了具体的技术方案、模型、32+ 和 40+ T 全超导用户磁体（TRL 7）的设计，以及在 EMFL 内实施此类设备的可能方案。

使用 HTS（高温超导）插件来高效产生静态磁场带来了范式的改变。预计将出现新的实验可能性，特别是持续时间长、噪音极低的实验。静态高场实验运行成本的大幅降低，也将大大提高 EMFL 接待用户实验的能力。改善环境影响以及优化资源和能源也是该项目的一些主要益处。

HTS 技术的发展目前在欧洲、美国和中国具有广泛的竞争力，项目目标是 40 T。我们正在通过各种研讨会和会议，与欧洲超导实验室以外的其他团体进行接触，这些团体通过提交自己的项目来利用 HTS 技术，即中子散射设施、欧洲核子研究中心（CERN）的 μ 子对撞机项目和核聚变团体，显示出了浓厚的兴

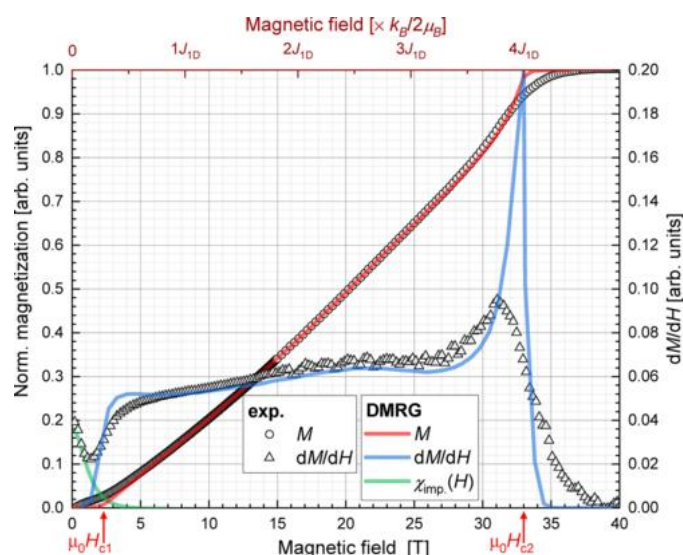
趣。

我们期望通过将磁场范围扩大到目前商业超导磁场的极限之外，为工业合作伙伴带来竞争优势，了解 HTS 磁体中的淬火事件并对其进行建模，以及将高磁场作为一种研究工具向生物和生命科学领域开放，从而产生创新影响。该项目是牛津仪器公司 LTS 外线圈和 THEVA 带材的展示平台。

在 SuperEMFL 的整个设计研究过程中，我们培养了多名博士生和博士后，提高了他们的技能和在劳动力市场上的价值，同时也帮助培养了未来的 HTS 技术人才，使欧洲能够在这一战略性技术领域发挥重要作用。

3. 日本强磁场实验室

● 有机模型 $S=1$ Haldane 链系统的特性



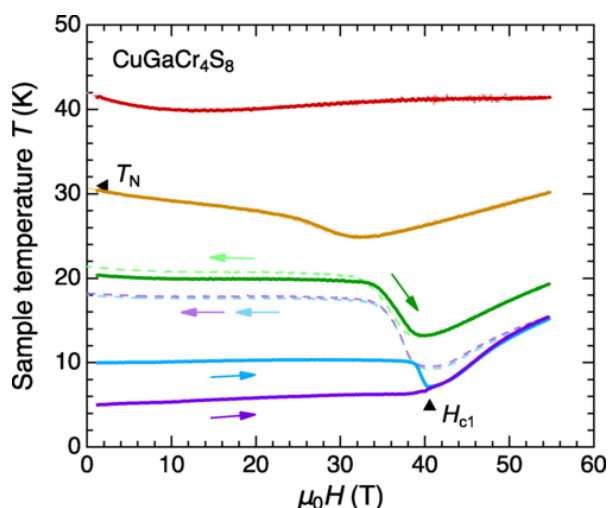
该文介绍了有机 $S=1$ 反铁磁链系统 $m\text{-NO}_2\text{PhNO}$ (简称 BoNO) 的特性。在这个双极性体系中，来自氨基羟基的两个未成对电子具有强铁磁耦合，从而导致每个分子形成一个有效的 $S=1$ 态。BoNO 双辐射链沿着晶体学的 a 轴

传播。g 因子和电子顺磁共振 (EPR) 线宽的温度依赖性与具有反铁磁相互作用的低维系统相一致。EPR 数据进一步表明, BoNO 是一个 Haldane 系统, 其 g 因子 ($2.0023 \pm 2\%$) 几乎是各向同性的。在高达 40 T 的磁场中进行的磁化测量和低磁场磁感应强度, 加上 ^1H 核磁共振谱 (NMR), 揭示了一种占主导地位链内反铁磁交换耦合, 以及临界磁场 $H_{c1}=2\text{T}$, $H_{c2}=33\text{T}$ 。这些测量结果表明, BNO 是具有极小磁各向异性的 Haldane 系统的一个罕见例子。本研究结果对于今后在整个相空间对低温 Tomonaga-Luttinger 液体和磁场诱导相进行深入的核磁共振研究至关重要。

Cite: *Ivan Jakovac, et al. Phys. Rev. B 111, 064407 (2025)*

装置: 脉冲磁体

● 阻挫螺旋磁体 $\text{CuGaCr}_4\text{S}_8$ 在 40 T 以上磁化平台的 XRD 研究



$\text{CuGaCr}_4\text{S}_8$ 含有铬呼吸热绿石网络, 表现出多种磁相, 包括 31 K 以下的不对称螺旋态和 40 T 以上的 1/2 磁化平台。研究人员在 55 T 的脉冲强磁场中对 $\text{CuGaCr}_4\text{S}_8$ 进行了单次粉末 X 射线衍射实验, 发现在进入 1/2 磁化平台阶段后, 出现了正方体到立方体 (或伪立方体) 的结构转变。这一观察结果表明出

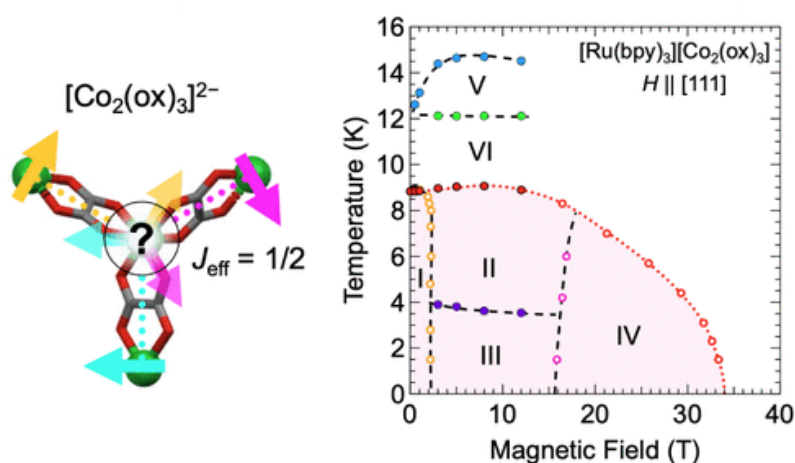
现了相称的铁磁秩序，即在每个小四面体中实现了 3 上 1 下的自旋构型，而在每个大四面体中实现了全上或全下的自旋构型。他们提出了两种类型的 16 子晶格磁结构，它们在第一、第二和第三近邻之间的交换相互作用中是退化的。

Cite: *M. Gen, et al. Phys. Rev. B 111, 214441 (2025)*

装置：脉冲磁体

● 陀螺状金属有机框架磁体中的阻挫磁性

金属有机框架（MOFs）提供了一个多样化的化学平台，由于其可控特性，在功能材料领域实现了创新性突破。近年来，MOF 磁体领域取得了重大进展，主要重点是为各种应用开发基于分子的新型磁体。尽管如此，MOFs 作为理解量子磁性平台的潜力仍有待开发。该文基于 Co(II)-oxalate gyroidal MOF 单晶体的强磁场实验揭示了多种量子磁态的竞争。虽然这种相竞争通常会在几何阻挫磁体中观察到，但陀螺结构本身并不会引起自旋的几何阻挫。研究人员认为，在这个体系中，键依赖的各向异性相互作用的出现和局部三棱轴的倾斜导致了观察到的竞争。这一发现揭示了 MOF 磁体作为量子磁性新来源的潜力。

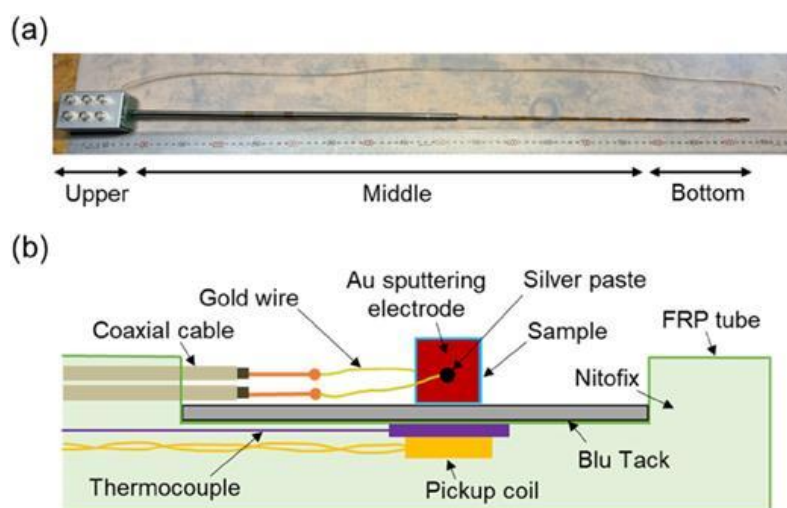


Cite: *Shusaku Imajo, et al. Chem. Mater. 37, 297-302 (2025)*

装置：脉冲磁体

● 100T 超高磁场下的介电测量

该文介绍了利用射频(RF)调制技术在超高磁场中测量介电常数(ϵ)的进展展情况。超过 100 T 的超高磁场由单匝线圈技术产生。射频频率范围为 30 至 50 MHz，这对于磁场持续时间为数微秒的脉冲场来说已经足够高了。我们将所开发的技术应用于原型铁电材料 BaTiO_3 ，发现当磁场高于 100 T 时，铁电转变温度附近 ϵ 会降低。在更高温度下，顺电相的 ϵ 不存在磁场变化，这表明 BaTiO_3 的铁电性受到超高磁场的显著影响。



Cite: [*Polin Chiu, et al. J. Appl. Phys. 137, 155903 \(2025\)*](#)

装置：脉冲磁体

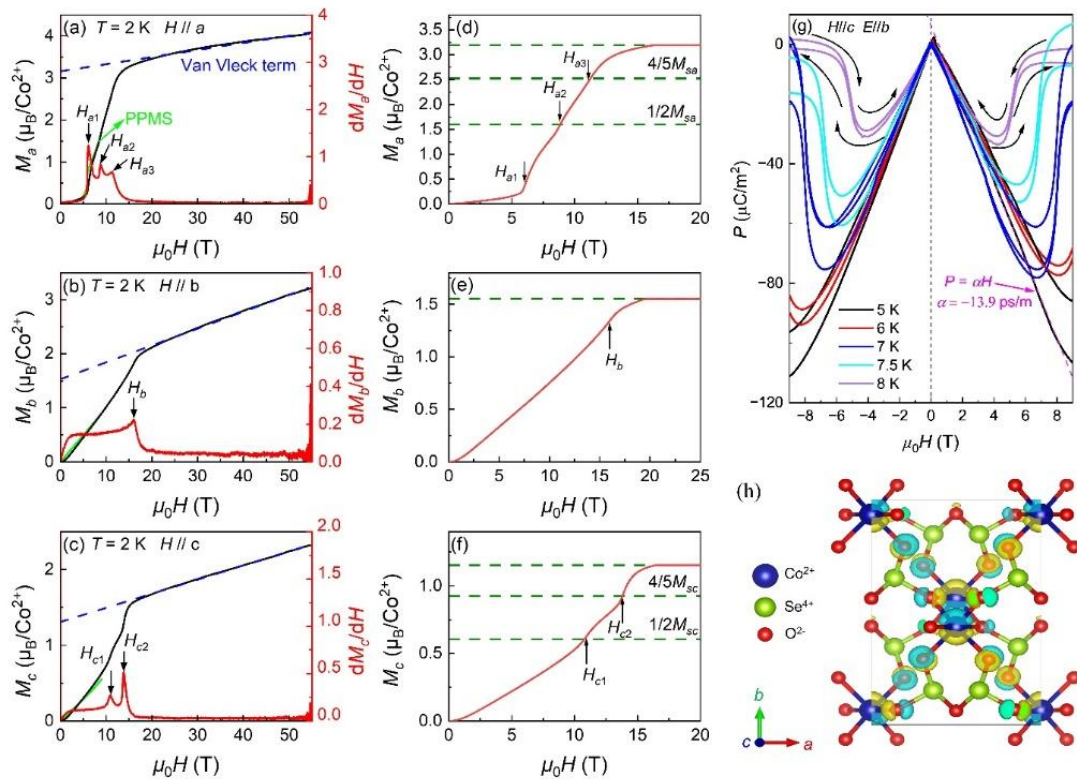
4. 武汉脉冲强磁场实验室

● 线性磁电耦合材料 CoSe_2O_5 研究进展

准一维自旋链体系有着非常丰富的基态性质和独特的量子效应，是研究量子材料与物理的理想平台。近年来，在一些自旋链体系中也实现了多铁性，外

加磁场调控多重晶格间的关联耦合，丰富的磁相变如 spin-flop、磁台阶、亚磁转变等同时破坏空间和时间反演对称破缺，常常伴随铁电极化发生跳变，为寻找新的磁电材料和探索多铁相变提供了思路。

依托脉冲强磁场设施，林林课题组研究了 CoSe_2O_5 单晶在 55T 强磁场下的磁相变与磁电耦合响应。研究表明，在 $T=2\text{K}$ 时，当磁场 $H//a$ 时，除了在 $H_{a1}=6.1\text{T}$ 附近伴随 spin-flop 相变以外，分别在 $H_{a2}=8.8\text{T}$ 和 $H_{a3}=11.2\text{T}$ 附近展现出两个连续的异常。其中， H_{a2} 附近的磁化强度表明存在一个类似 $1/2$ 的磁化台阶，同时 H_{a3} 附近的磁化率约为 $2.5\text{mB}/\text{Co}^{2+}$ ，接近 $4/5M_{sa}$ ，在 $H_s=17\text{T}$ 以上，磁化达到饱和。对于 b 轴磁化，只有一个相变，对应饱和磁矩。然而， c 方向的磁矩同样在 $H_{c1}=10.7\text{T}$ 和 $H_{c2}=13.9\text{T}$ 出现了两个连续的跳变，归因于沿 c 轴较强的磁交换相互作用。



值得关注的是， CoSe_2O_5 在 $T_N=8.5\text{K}$ 以下形成长程共线反铁磁序，磁空间

群为 $Pb'cn$ ，只允许非对角线磁电张量，其中非零的磁电张量 a_{yz} 预示着沿 a 轴方向的环形矩的存在，但沿 a 轴的自旋二聚化只可能引起垂直于 a 轴的环形矩，这与 $LiCoPO_4$ 的情况不同，为探索非对角磁电性和铁环矩间的耦合提供了一个良好的平台。进一步，不同温度的磁致铁电极化表明铁电态的翻转规律，磁电态切换的临界场与温度的关系满足 $H_C \sim (T_N - T)^{1/2}$ ，与理论模型预测结果一致。利用第一原理计算，确定了磁基态为沿 a 轴的共线自旋序，同时伴随着 O-p 和 Co-d 轨道之间的强杂化。因此，p-d 杂化与对称性降低的八面体环境，可能是导致自旋驱动铁电极化的机制之一。此外，理论计算显示沿 b 轴的净离子位移极小，表明 $CoSe_2O_5$ 中的铁电极化主要由电子贡献而非离子贡献驱动。本工作揭示了强磁场对于探索新的磁电相具有重要的科学价值。

Cite: J. S. Li et al. Phys. Rev. B 111, 224117 (2025)

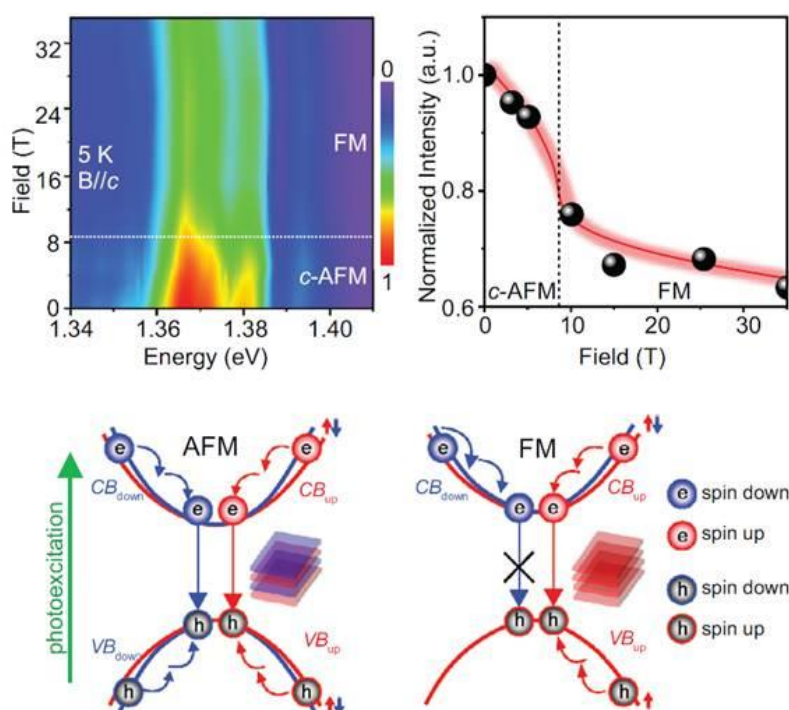
装置：脉冲磁体

● 范德瓦尔斯磁体 $CrPS_4$ 中磁序诱导光致发光抑制现象

近年来，二维磁性材料因其在自旋电子学和光电子学器件应用中的巨大潜力，备受科研人员关注。然而，二维磁体在实际应用中不仅面临着空气不稳定性的挑战，还面临着对其磁序与电子、声子和光子间复杂耦合效应认知不足的挑战。作为少数空气稳定的范德瓦尔斯磁体， $CrPS_4$ 凭借其独特的物理性质，为揭示自旋-激子耦合机制提供了理想平台。

该研究中，针对少数具有空气稳定性的范德瓦尔斯磁体 $CrPS_4$ ，团队系统研究了其在温度、波长和磁场依赖条件下的光致发光 (PL) 光谱特性，发现 PL 峰强度在外部磁场作用下显著降低，揭示了范德瓦尔斯磁体 $CrPS_4$ 中强烈的磁

光耦合效应。特别地，团队通过结合强磁场实验数据与精确的 DFT 理论计算，首次证实了磁序会诱导大量自旋禁戒暗激子形成，导致激子 PL 强度显著降低。其中，PL 发射主要源自于 Cr 原子 3d 轨道向 S 原子 3p 轨道的跃迁过程。二维磁序诱导的电子-空穴对暗化过程可能普遍存在于二维磁性材料中，体现了磁序对光学选择定则的深刻影响。这些发现不仅揭示了一种普适性的自旋-电荷耦合效应，更为深入理解二维磁体磁序调控光学特性提供了重要理论基础，同时彰显了基于 CrPS₄ 开发先进磁光电器件的广阔前景。



Cite: [Lili Hu et al. Laser & Photonics Rev. online \(2025\)](#)

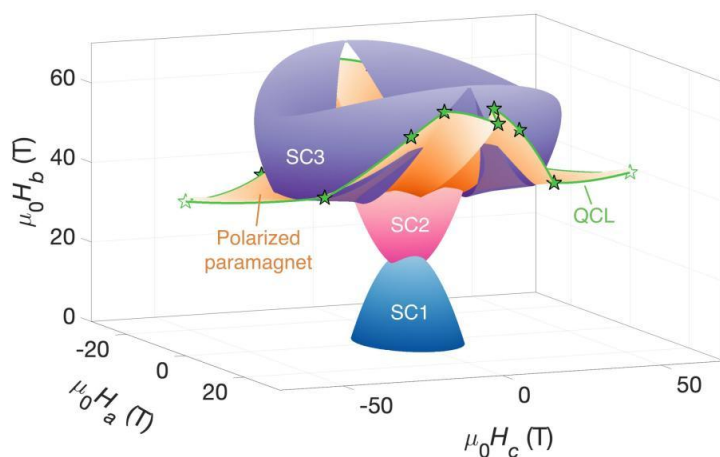
装置：脉冲磁体

● 重费米子超导材料的量子临界行为

UTe₂是一种极具代表性的重费米子体系材料，近年来因其在极端条件下展现出丰富的超导与磁极化相行为而受到高度关注。此前研究多集中在其低场范围内的多超导相共存与配对机制，而其超高磁场下重入超导相的演化规律仍不

清晰。该研究聚焦于 UTe_2 在 50T 以上磁场中的相图演化。不同于其他任何材料中的量子相终止于零维的量子临界点 (Quantum Critical Point)，该研究首次探测到一条分布于三维磁场空间的量子临界线 (Quantum Critical Line) 包围了其一级磁相变表面。这一发现打破了对量子临界行为的传统理解范式，揭示了更为复杂且富有拓扑特征的临界结构，拓展了凝聚态物理的认知边界。

更为重要的是，研究团队发现的量子临界线，为理解 UTe_2 超高磁场重入超导相 SC3 提供了重要基础。该超导态突破了传统轨道破坏机制的限制，其超导临界场高达 70T 以上，具备显著的非欧姆电流-电压特性与高方向敏感性，暗示其可能来源于临近的量子临界涨落场的增强配对作用。进一步的实验表明，该超导态并不完全局限于极化顺磁相 (PPM) 内部，而是在靠近临界线附近呈现外溢，显示出复杂的相互作用机制，排除了 Jaccarino-Peter 机制导致 SC3 超导相的可能性。同时，研究团队发展了基于高阶自由能展开的理论模型，解释了该量子临界线的形成条件及其对 UTe_2 相图构型的主导作用。研究认为，该极高磁场重入超导态的形成很可能源于与量子临界线相关的强烈自旋磁涨落，这与之前在同类材料 URhGe 中发现的高场诱导超导现象相互呼应，进一步证明了磁致量子临界性在非常规超导形成中的关键角色。



该研究成果不仅在实验上发现高维度的量子临界相边界，也在理论上提出了量子临界结构的新可能形式，为后续探索非传统配对机制、设计具有强量子波动驱动的功能材料提供了重要的理论基础和实验模板。

Cite: [*Z. Wu et al. Phys. Rev. X 15, 021019 \(2025\)*](#)

装置：脉冲磁体

5. 合肥稳态强磁场实验室

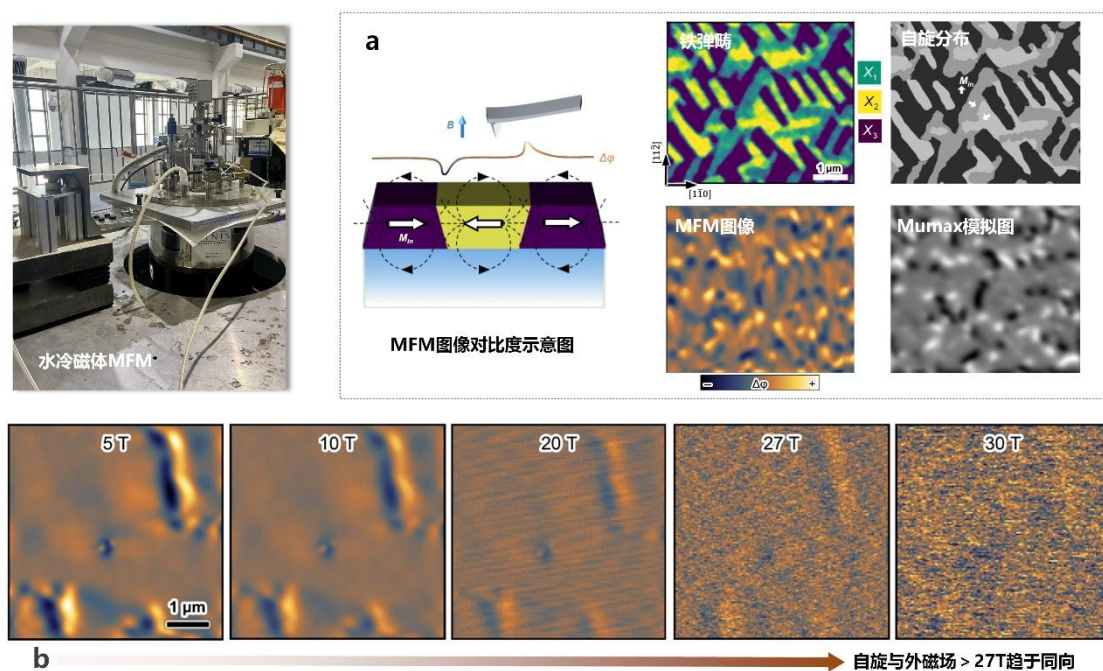
● 超高场扫描力成像推动实现薄膜晶向高密读写新方法

铁性材料（如铁磁、铁电、铁弹）中复杂的畴结构及其诱导的局部异质性，为理解与优化材料的功能物性带来了挑战与机遇。比如，针对铁电/铁磁序开发的电、磁控制推动了多种电子学器件的发展。铁弹材料作为铁性材料中最庞大的一类，其特征是晶格在机械应力下表现出具备弹性滞后的多取向态（孪晶）切换。在复杂氧化物中，铁弹序（晶体取向）常与其他自由度（如电荷、自旋、轨道等）强烈耦合，成为深刻影响电子性质的重要因素。然而，目前仍然缺乏在纳米尺度上针对铁弹序的非易失性、非破坏性控制手段，极大地制约了相关基础研究和应用开发。

以铁磁金属氧化物 SrRuO_3 薄膜为例，研究团队利用 SHMFF 水冷磁体平台开发的高灵敏磁力显微镜系统（MFM），在 2-300 K 温度范围和 0-35 T 磁场条件下，直接观测了纳米磁畴结构。实验发现，具备（111）晶体取向的 SrRuO_3 薄膜在 5 K 以下低温基态时需 27 - 35 T 超高场才能使磁畴逐渐饱和。这一首次发现的超稳定磁结构促使团队深入探究磁性起源。通过原位对比扫描

电子显微镜电子通道衬度（ECC）的铁弹畴图像和 MFM 的磁畴图像，并结合微磁模拟，团队证实铁弹畴壁处的面内磁化分量以“头对头 / 尾对尾”模式排列，产生杂散场对比。这一结果揭示了这一体系内的铁磁-铁弹性耦合（即磁弹性耦合），表现为晶体取向锁定的磁各向异性。

在调控技术上，团队通过控制超锐针尖施加的剪切应力场，在 SrRuO_3 (001) 和 (111) 薄膜中，分别实现了四变体和三变体晶体取向的选择性切换，ECC 成像清晰展示了畴结构的可控转变。磁输运和 MFM 观测进一步表明，铁弹切换可精确选择磁易轴取向。通过调节原子力显微镜（AFM）针尖的载荷力，团队实现了纳米级深度分辨调控：低载荷力可选择性作用于薄膜表层，施加 3 mN 载荷力可贯穿 10 nm 厚薄膜全层，为设计垂直磁异质结构提供了新路径。



该铁弹性“书写”技术已成功制备出 50 nm 宽的磁畴条纹和 $26 \times 26 \text{ nm}^2$ 点状磁畴，其磁态可通过 MFM 稳定读取，估算存储密度达 148 Gbit/cm²。在自旋电子学领域，团队通过调控层间磁各向异性，在 SrRuO_3 单层膜中实现无外场自旋轨道矩（SOT）磁化翻转：当表层晶体取向旋转 180 度时，自旋霍

尔效应产生的层间自旋流不再抵消，反常霍尔信号变化幅度翻倍。该调控方案在 $(\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3})(\text{Mn}_{0.9}\text{Ru}_{0.1})\text{O}_3$ 体系中的成功复现，验证了其普适性。

研究中所使用的水冷磁体显微镜系统，在 0-35 T 超强磁场下实现高分辨磁畴成像，弥补了传统输运测试在微观观测上的不足。该成果不仅建立了基于 AFM 针尖的三维铁弹性“写入”技术，为研究超导、磁输运等涉及结构异质性的相关物性提供了新方法，还为机械可编程的非易失性纳米电子学开辟了新方向。

Cite: [*Wei Peng et al. Nature Nanotech. online \(2025\)*](#)

装置：水冷磁体 (MFM)

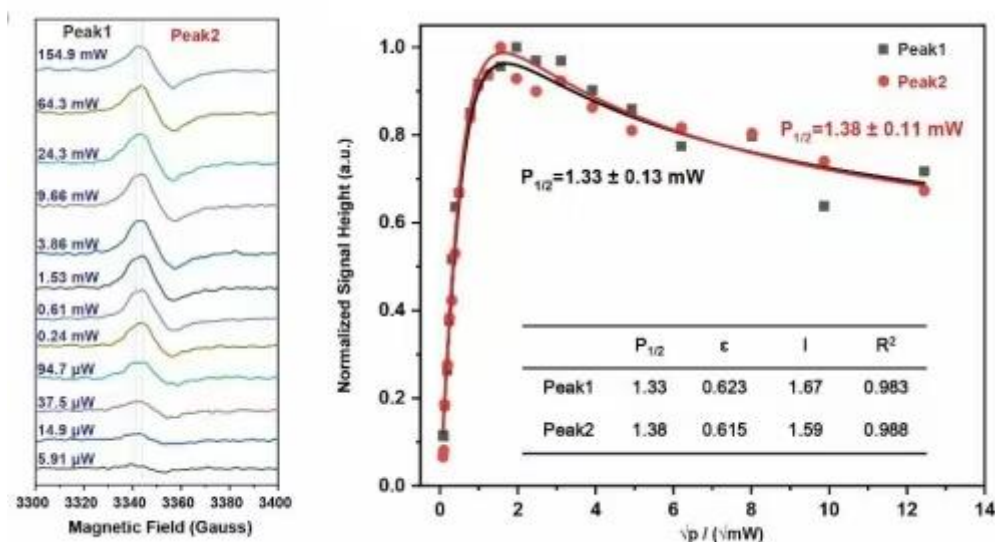
● SHMFF 用户开辟不对称电酶催化新赛道

近年来，人工酶和光酶催化等策略的发展，不断突破生物合成的边界。另一方面，电化学合成作为化学合成领域快速发展的创新工具，具有廉价、电势可控和可持续等多重优势。当前电化学合成与酶催化的结合主要集中在以下两类（图 1）：通过电化学来实现酶的辅因子再生，继而实现酶的天然反应；电化学生成的中间体或底物参与后续酶催化天然转化中（电化学/酶级联）。然而，如何利用电化学驱动酶催化，去解锁非天然的新催化模式，仍待突破。

黄小强教授团队巧妙地融合了二茂铁甲醇介导的阳极氧化和 ThDP 依赖酶催化的自由基过程，将连续 2 次单电子氧化机制引入酶中，并结合定向进化技术理性改造酶的活性位点，成功开发了一例电酶催化非天然转化（图 1c），开辟了“电驱动酶催化”不对称合成新方向。

针对该电酶催化体系，团队利用 EPR 对其电子转移机理开展了详细研究。

通过低温 EPR 实验检测并表征了电酶催化过程中的关键自由基中间体，并进一步通过自旋定量方法确定了该自由基中间体的浓度（图 2g）；通过温度依赖（temperature-dependent）EPR 方法和功率饱和（power-saturation）EPR 方法进一步确认了催化体系中自由基的来源（图 3）。EPR 实验为证实该催化体系中的自由基中间体的存在和来源提供了关键的直接实验证据。



通过融合电催化和酶催化，成功解锁了 ThDP 依赖酶的新催化功能，实现醛到手性羧酸的动态动力学氧化新转化。该成果开辟了“电驱动酶催化”不对称合成的新范式，为苯丙酸类药物的不对称生物合成提供了新途径。

Cite: *Beibei Zhao et al. Nature online (2025)*

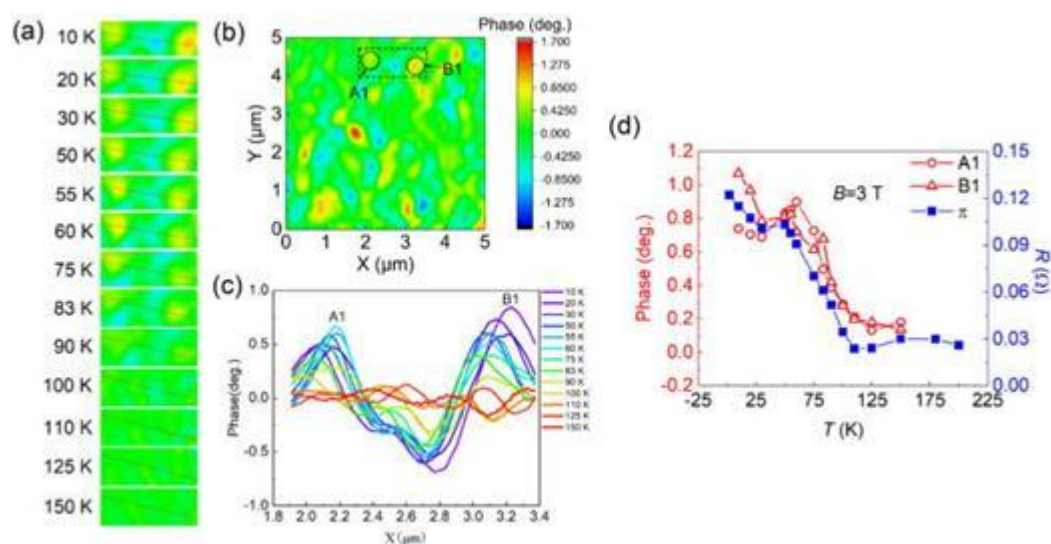
装置：ESR

● MnGe 薄膜平面霍尔效应研究

平面霍尔效应（PHE）凭借其高信噪比和低热漂移的特性，在自旋电子学应用领域备受瞩目。一般而言，PHE 呈现出 π 周期性。然而，此次研究团队在 MnGe 薄膜中发现了独特现象： π 和 $\pi/2$ 周期性共存。研究人员对 MnGe 薄膜

的 PHE 和各向异性磁电阻效应进行了输运测量，在固定磁场的条件下旋转样品来测量 PHE 时，发现 PHE 会随着磁场的变化而改变符号。值得注意的是，在 7 T 磁场下， $\pi/2$ 周期的快速振荡现象格外显著。通过对实验数据进行分解和拟合，研究人员成功确定了 π 和 $\pi/2$ 周期分量的特征。

为深入理解这种周期性共存现象背后的物理机制，团队成员利用 MFM 展开进一步研究，该设备具备能够在 12 T 超导磁体的 5 K 低温环境中直接旋转显微镜的独特优势，从而实现高达 12 T 面内磁场下、分辨率优于 50 nm 的磁畴图像表征。通过 MFM 对不同温度和磁场下的磁畴进行测量，研究人员发现磁畴强度的变化与 PHE 的周期性变化存在紧密联系。例如，在 3 T 磁场下，部分磁畴强度的变化与 π 周期 PHE 的变化趋势一致；而另一部分磁畴强度的变化则与 $\pi/2$ 周期 PHE 的变化相符。这一发现从微观层面揭示了 PHE 周期性的磁畴起源，为解释实验现象提供了关键证据。



该研究成果进一步加深了人们对 MnGe 薄膜磁特性的认识，有望为开发新型高性能磁存储和传感设备提供理论与技术支撑。

Cite: [Zhaohang Li et al. Appl. Phys. Lett. 126, 132403 \(2025\)](#)

装置：MFM（超导磁体）

● 强磁场中心研制出紧凑型动态磁扭矩探测器

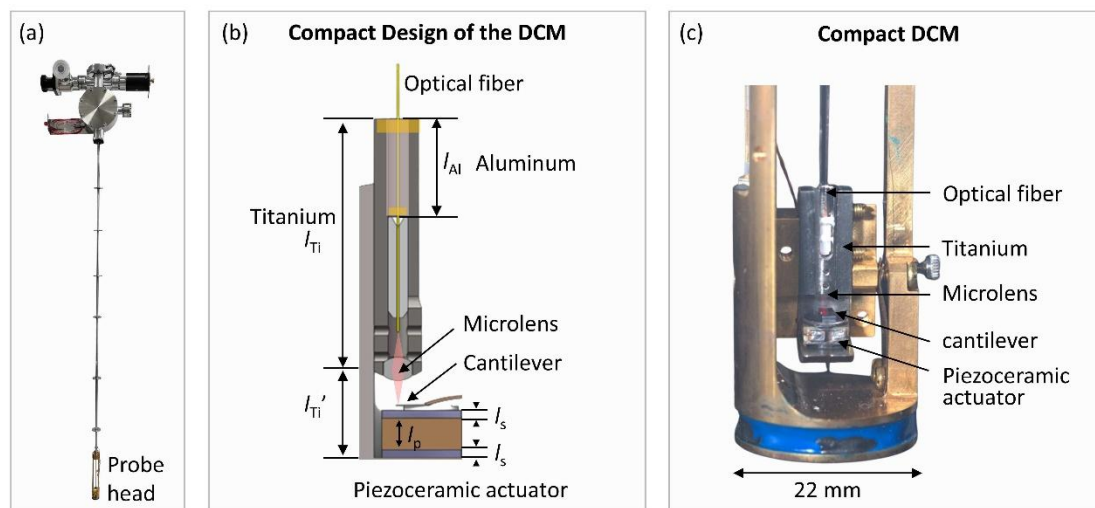
中国科学院合肥物质科学研究院强磁场科学中心低功耗量子材料研究团队近日成功研制出一种直径仅为 22 mm 的紧凑型动态磁扭矩探测器，该设备不仅兼容稳态强磁场实验装置与各类小口径商用磁体，而且磁矩测量灵敏度可达 $10^{-17} \text{ A}\cdot\text{m}^2$ 量级，填补了强磁场条件下对低维磁性和超导、量子功能材料、生物弱磁等材料进行超高灵敏磁性测量的技术空白。

强磁场下的磁性测量是表征强磁场条件下材料物性的一个关键手段。目前，强磁场下的磁性测量采用的是振动样品磁强计，在快速变场条件下，背景信号强，导致灵敏度低，只能用于探测宏观尺寸材料的磁性信息。随着物质科学的发展，涌现出很多新奇的低维量子材料和量子物态，如量子磁性材料、二维超导材料、拓扑量子材料等。这些材料的体积小，磁信号弱，因此迫切需要开发强磁场下的超灵敏磁测量系统，以适应微、纳尺度先进功能材料的研究需求。

针对这一技术难题，研究团队设计出一种新型动态磁扭矩探测器。动态磁扭矩探测器是一种非常灵敏的磁性测量设备。该设备利用激光干涉测距技术，实时捕捉悬臂梁末端样品引起的共振频率变化，可以灵敏检测单个微纳尺度材料的磁性。而传统动态磁扭矩探测器需借助三维精密定位台对激光聚焦位置进行温度补偿调节，导致探头直径大于 100 mm，大大限制了其在小口径商用磁体和稳态强磁场实验装置中的应用。

研究团队提出并实现了一种激光自对焦补偿技术，摒弃了繁重的机械定位装置，成功将探头直径缩减至 22 mm，使得设备兼容综合物性测量系统（26 mm 口径）、Janis 9 T 磁体和稳态强磁场实验装置（32 mm 口径）等多类磁

体，并具有 $10^{-17} \text{ A}\cdot\text{m}^2$ 量级的磁矩测量灵敏度。该设备已成功测得二维磁性材料 $\text{Cr}_2\text{Ge}_2\text{Te}_6$ 的磁矩、磁各向异性参数，并在 Kagome 金属 ZrV_6Sn_6 中清晰观测到量子振荡现象，充分验证了其在强磁场下对微弱磁信号的灵敏探测能力。



该紧凑型动态磁扭矩探测器不仅大幅缩小了探头体积、提升了系统兼容性，而且极大拓展了强磁场下超高灵敏磁性测量的应用范围，将为低维磁性材料、量子物态研究及生物磁学等前沿领域提供强有力的技术支撑。

Cite: [*Kang Wang et al. Rev. Sci. Instrum. 96, 045104 \(2025\)*](#)

装置：水冷磁体、超导磁体