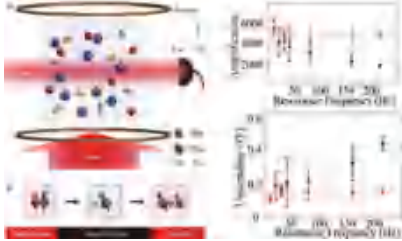


中国科大在极弱磁场量子精密测量领域取得重要进展

本报讯 中国科大中国科学院微观磁共振重点实验室彭新华教授、江敏副教授团队在极弱磁场量子精密测量领域取得重要进展，首次利用暗态自旋实现极弱磁场的量子放大，磁场放大倍数突破5000倍，单次磁场测量精度达到0.1fT水平。相关研究成果于4月19日发表在《美国国家科学院院刊》上。

彭新华教授团队在2021年首次发现气态原子自旋对极弱磁场的放大现象。尽管如此，自旋量子放大还远未发挥出它全部的潜力，主要是由于气态自旋的初始化、相干时间和读出灵敏度相关的约束，使得自旋量子放大的性能受到限制，特别是在测量带宽、工作频率和放大增益等方面。克服这些局限对于释放量子放大的全部潜力并使其在更广泛的应用中得到充分利用至关重要。



图：暗态自旋放大原理图（左）；不同工作频率磁信号放大增益（右上）；不同工作频率可探测的最小磁场（右下）

针对上述难题，彭新华教授团队提出了暗态自旋量子放大的概念，并在气态氦和铷原子混合体系中进行了实验展示。在该体

系中，气态铷原子作为放大介质，被激光极化的铷原子作为铷原子核自旋的极化和读出手段。在以往的实验中，由于混合的气态原子处于同一空间，极化、放大和读出的过程通常是同时进行的，此过程中，铷原子核自旋的极化、相干时间和读出灵敏度等之间存在着相互竞争，由此限制了自旋放大的放大增益、工作频率等性能。本文研究人员独辟蹊径，通过操控铷原子极化激光、铷原子偏置磁场等实验条件，将极化、放大和读出的过程分离开来，使得量子放大过程中铷原子核自旋处于暗态之中，免受来自极化铷原子的干扰，发挥出量子放大更多的潜力。实验发现处于暗态的铷原子核自旋相干时间长达6分钟，相较以往提升了1个数量级。更长的相干时间有助于提升放大增益，研究人员观

察到更长相干的暗态自旋对弱磁信号的放大增益约为5400倍。作为一项应用，暗态自旋放大与原子磁力计相结合，实现了单次测量（约500秒）可探测的最小磁场达到亚飞特斯拉水平（1fT=10⁻¹⁵T）。

该项工作指出极弱磁场测量技术还具有更高的灵敏度极限，例如利用氦3惰性气体有望实现106倍的磁场放大倍数，测磁灵敏度可以超过SERF磁力计多个数量级，有望达到10⁻¹⁸T水平。这项技术将用于生物医学中的心脑血管诊断、化学分子的极弱磁场测量（即零磁场核磁共振）、暗物质探测等领域。

中国科学院微观磁共振重点实验室江敏副教授、博士研究生黄颖为该文共同第一作者，彭新华教授为该文通讯作者。

（中国科学院微观磁共振重点实验室 中国科大物理学院 中国科学院量子信息和量子科技创新研究院）

中国科大在高压下二维器件高分辨电流成像研究中取得进展

本报讯 中国科大张增明教授团队将NV色心与金刚石对顶砧装置（DAC）相结合，展示了二维石墨烯器件中电流密度的无损、高分辨率二维成像及其在高压下的演化，为研究高压下二维材料和电子器件中的电子输运和电导变化以及半导体电路的无损评估开辟了一条重要的新途径。相关研究成果于4月15日发表在《纳米快报》上。

许多二维材料和范德华异质结在高压下表现出非常丰富的电子性质，如范德华量

子自旋霍尔（QSH）绝缘体和转角双层石墨烯（tBLG）中压力诱导的超导和拓扑相变、富氢氢化物表现出的高温超导等。然而，传统的电阻率测量忽略了关键的空间信息，如边缘效应、杂质和缺陷，而这些在许多有趣的物理现象中起着关键作用。电流的直接可视化与传统的电输运测量相结合，可以提高对载流子动力学的理解。现有的磁流成像技术（如SQUID）受限于复杂的实验条件与有限的空间分辨率，并且难以在高压

下实现。因此，迫切需要发展一种能够在高压下实现二维器件中电流密度的无损、高分辨率成像的实验技术与装置。

NV色心因其高磁场灵敏度及空间分辨率，已经在常压下实现集成电路与二维器件中的二维电流密度成像。此外，NV色心与金刚石对顶砧装置（DAC）相结合，可以在高压下实现高分辨率磁成像。基于此，这项工作进一步将NV色心与金刚石对顶砧装置（DAC）相结合，在高压下实现了二维

电流密度的无损、高分辨率成像。利用金刚石近表面NV中心层映射的石墨烯中电流产生的二维矢量磁场，可重构石墨烯器件中的二维矢量电流密度。电流密度图像准确、清晰地再现了高压下被压缩石墨烯的复杂结构（如裂纹、孔洞的产生）和电流流动。此外，提取的高压下石墨烯器件中的压力空间分布图合理地解释了电流密度的不均匀性，如接触电阻的差异和厚度不均匀性等。

我校物理学院博士生仲成、王宇鹏、麦捷为共同第一作者，张增明教授、王中平副教授、代如成副教授为共同通讯作者。

（物理学院）



中国科学技术大学国家同步辐射实验室软X射线成像线站

照亮微观世界的“神奇之光”

近年来，上海张江综合性国家科学中心与安徽合肥综合性国家科学中心携手实施“两心同创”，探路科技创新共同体建设。“合肥光源”和“上海光源”的合作，正是这一探索的生动实践案例。

“光源”是大科学装置“同步辐射光源”的简称，被誉为“前沿科研的眼睛”，为先进功能材料、能源与环境、生命科学与医学等领域提供微观观测条件。位于安徽合

肥的中国科学技术大学国家同步辐射实验室是我国建设的第二代光源，位于上海张江的“上海光源”是第三代光源。

由中国科学技术大学国家同步辐射实验室党委书记、副主任李良彬研究员带领的安徽省先进功能高分子薄膜工程实验室团队正在进行“面向先进高分子薄膜加工与功能改性的同步辐射研究平台”的研究，这一项目就是由“合肥光源”和“上

海光源”合力承担的一个国家重点研发计划，旨在为我国新型显示产业、新能源汽车产业提供关键核心材料和技术支持。该团队利用“合肥光源”进行日常科研工作，不定期前往“上海光源”开展实验，满足更高水平的科研需求，从而促进更多科技成果转化。

不仅合作进行科研项目，“上海光源”和“合肥光源”更强强联合，正在共建第四代“合肥先进光源”，让长三角合作的“神奇之光”能更进一步“照亮”微观的世界。

（源自新华社全媒+ 记者 张端 方洁）



▲ 4月6日，在中国科学技术大学，安徽省先进功能高分子薄膜工程实验室团队成员在讨论实验设备的设计方案。



▲ 4月6日，在中国科学技术大学，安徽省先进功能高分子薄膜工程实验室团队成员朱健和在介绍实验室与企业联合开发的薄膜产品。



▲ 4月10日，安徽省先进功能高分子薄膜工程实验室团队成员在上海同步辐射光源实验线站讨论实验数据。



▲ 4月10日，安徽省先进功能高分子薄膜工程实验室团队成员朱健和（左）在上海同步辐射光源实验线站向团队成员讲解实验设备运行情况。



▲ 4月10日，安徽省先进功能高分子薄膜工程实验室团队成员朱健和（左）在上海同步辐射光源实验线站向团队成员讲解实验设备运行情况。



▲ 2月27日拍摄的位于上海张江科学城的“上海光源”（无人机照片）。



▲ 4月6日，在中国科学技术大学国家同步辐射实验室，安徽省先进功能高分子薄膜工程实验室团队成员崔昆明教授（左一）同学生交流。



▲ 4月6日，在中国科学技术大学，安徽省先进功能高分子薄膜工程实验室团队成员将研制的原位实验装置装车，准备运往“上海光源”开展实验。



▲ 4月6日，在中国科学技术大学，安徽省先进功能高分子薄膜工程实验室团队成员韩雪晴在准备要在“上海光源”进行实验的样品。



▲ 4月13日，安徽省先进功能高分子薄膜工程实验室团队成员朱健和在中国科学技术大学国家同步辐射实验室软X射线成像线站记录实验参数。



“合肥先进光源”的效果图（资料图片）