

基于碳化硅中硅色心实现高压原位磁探测的示意图

本报讯 3月23日，我校郭光灿院士团队的李传锋、许金时、王俊峰等与中科院合肥物质科学研究院固体所高压团队刘晓迪研究员等合作，在国际上首次实现了基于碳化硅中硅空位色心的高

中国科大实现基于碳化硅中硅空位色心的高压原位磁探测

压原位磁探测。研究成果在线发表于《自然·材料》。

一直以来，原位高分辨率的磁测量是高压科学研究的难题，并制约着高压超导抗磁行为和磁性相变行为的研究。为解决这一关键核心难题，金刚石NV色心的光探测磁共振技术已被用于原位压力诱导磁性相变检测。然而，由于NV色心具有四个轴向，并且其电子自旋的零场分裂是温度依赖的，不利于分析和解释测量得到的光探测磁共振谱。

针对高压磁探测的难题，研究组加工了碳化硅对顶砧（又称为莫桑石对顶砧），然后在碳化硅台面上利用离子注入产生浅层硅空位色心，并利用浅层色心实现高压下的原位磁性探测。碳化硅

中的硅空位色心只有单个轴向，而且由于电子结构的特殊对称性，该色心电子自旋的零场分裂是温度不敏感的，能够很好地避免金刚石NV色心在高压传感应用中遇到的问题。

研究组首先刻画硅空位色心在高压下的光学和自旋性质，发现其光谱会蓝移，而且其自旋零场分裂值随压力变化很小，远小于金刚石NV色心的变化斜率14.6 MHz/GPa。这有利于测量和分析高压下的光探测磁共振谱。

在此基础上，研究组基于硅空位色心光探测磁共振技术观测到了钕铁硼磁体在7GPa左右的压致磁相变，并测量得到钕铜钒超导体的临界温度-压力相图。实验装置和实验结果如图所示。该

实验发展了基于固态色心自旋的高压原位磁探测技术。碳化硅材料加工工艺成熟，可大尺寸制备并且相对金刚石有很大的价格优势，该工作为磁性材料特别是室温超导体高压性质的刻画提供一个优异的量子研究平台。

该工作得到审稿人高度评价：“总的来说，我发现这项工作非常有趣，通过展示碳化硅中室温自旋缺陷作为原位高压传感器的使用，我认为这项工作可以为使用碳化硅对顶砧的量子材料的新研究打开大门”。

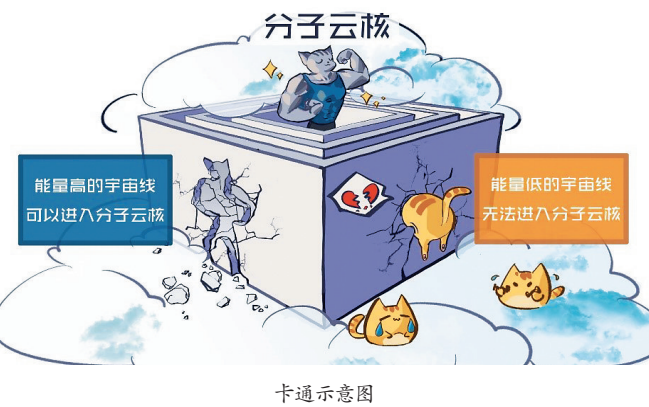
中科院量子信息重点实验室王俊峰特任副研究员（现为四川大学研究员）、合肥研究院博士生刘琳及刘晓迪研究员为论文共同第一作者。（量宗）

“穿越失败”：低能宇宙线在恒星诞生地的艰辛之旅

本报讯 近日，中国科大杨睿智教授、刘冰副研究员与天体物理领域的专家合作，对距离地球较近的巨分子云Taurus和Perseus的伽马射线辐射进行分析研究，发现致密的分子云团块对低能宇宙线有较强的“屏蔽”作用，分子云致密团块处的宇宙线密度显著低于星际介质中的平均值。研究成果发表于《自然·天文》。

宇宙线是来自外太空的相对论性带电粒子，它们与星际介质作用产生的伽马射线是追溯其起源和传播过程的绝佳探针。

以杨睿智为首的合作团队通过对费米大视场望远镜的观测数据的研究分析，发现在均匀宇宙线分布的假设下，所得到的费米大视场望远镜的伽马射线残余辐射分布图上，巨分子云Taurus和Perseus中致密分子云团块处出现了显著的“空洞”结构，这一结



果意味着这些致密分子云云团块处的实际宇宙线密度是低于密度较低的弥散区域的宇宙线密度的。研究者将来自分子云的伽马射线辐射拆分为与致密团块和弥散气体分别对应的两种成

分，结合伽马射线数据和气体密度分布数据，推导出两种区域宇宙线的能谱分布。他们发现与弥散气体中的宇宙线分布相比，致密团块处的低能的宇宙线密度显著下降。

针对这一能谱特征，一种可能的解释是宇宙线在分子云团块中的扩散要显著地慢于其在星际介质中的扩散，使得低能宇宙线在穿透进致密团块之前已经由于强烈的电离过程和非弹性散射过程损失了大部分能量，因而无法进入最致密的区域。自身能量较高的宇宙线可以穿透分子云致密的核心区域，而低能宇宙线则因能损过快被“屏蔽”在外。被“屏蔽”的这一部分能量较低的宇宙线也正是主导气体的电离与加热，从而调控恒星形成和星际化学过程的主要成分。

该项研究首次对致密的分子云团块内的宇宙线密度进行了测量，发现了分子云密度涨落对宇宙射线的调制效应。研究结果有望对恒星形成和星际化学等领域的工作产生深远影响。

（天文系）

我校发现手性选择能量转移的奥秘

温磷光体系进行了深入研究，取得了系列进展。相比传统荧光，磷光因辐射跃迁速度慢、发光寿命更长等优势，使得有机室温磷光在生物成像、信息存储、数据加密、防伪、传感和光电显示等众多领域应用潜力巨大。然而，目前学界对于有机室温磷光的产生机理和光物理过程依然缺乏深刻理解。

在前期研究基础上，张国庆团队在有机室温磷光体系中引入手性元素，并合成两个主体分子

和两个客体分子，通过低浓度客体掺杂于主体构建了全手性的有机室温磷光体系，并观察到手性选择室温磷光增强现象：即当主客体为相同手性时，室温磷光会显著增强。

研究人员结合变温磷光谱、发光寿命等实验证据，提出该现象是因为电子/能量转移有手性依赖性，并且可以表现在有机室温磷光光谱上。

为了进一步验证该现象的普适性和应用潜能，研究人员把具

有重要生物功能的氨基醇引入体系中，同样观测到了显著的室温磷光增强现象，证实了该现象可用于氨基醇的高效手性识别。

论文第一作者、中国科大特任副研究员陈彪介绍，这种手性识别原理基于电子转移过程的手性差异，不同于利用分子间强、弱相互作用及反应性的识别机理，不仅加深了对室温磷光机制及电子交换、能量转移过程的理解，并且为室温磷光应用和手性识别提供了思路。（王敏）

我校揭示全固态电池空间电荷层微观机理

本报讯 3月24日，中国科大马骋教授团队通过球差校正电镜的原子尺度观测，研究空间电荷层对全固态锂电池中离子传输的影响，并发现这一现象的微观机理和过往几十年的认知截然不同。研究成果发表于《自然·通讯》。

相比于目前的商业化锂离子电池，全固态锂电池具有更好的安全性和更大的能量密度提升空间。在这种电池中，空间电荷层可以产生于各种固-固界面附近；

只有深入理解了该现象对离子传输的影响，才有可能有针对性的进行界面优化。在之前的文献报道中，研究者普遍认为空间电荷层对离子迁移的影响只由锂离子的浓度决定：锂离子浓度高则有利于离子迁移，而锂离子浓度低则不利于离子迁移。

马骋团队发挥了球差校正透射电镜具有原子级分辨率的优势，以锂镧钛氧这一经典固态电解质的晶界作为研究对象，揭示了空间电荷层对其离子传输的

影响。在文献报道中，研究者普遍认为该材料之所以会具有过大的晶界电阻，是因为空间电荷层在晶界附近形成了锂离子浓度极低的区域，从而限制了离子迁移效率。

不同于这一认知，马骋团队通过球差校正电镜观测发现晶界附近的锂离子浓度反而高于材料中的平均水平，并且精准确定了这些多余锂离子在晶格中的位置。

在此基础上，研究者发现这

种晶体结构能实现相当高效的离子传输，和文献中被普遍接受的假想截然相反。这一发现修正了研究者关于空间电荷层的认知，也为全固态电池的界面优化提供了指导法则。

审稿人认为本工作“具有重大新意”，并且认为“（本工作所揭示的）晶界附近细致的原子结构信息对于理解固态电解质的物理性质和性能是必不可少的”。

本论文第一作者为博士生古震琦，共同第一作者为博士后马家乐和博士生朱峰，通讯作者为马骋教授和李震宇教授。

（合肥微尺度物质科学国家研究中心 化学与材料科学学院）

本报讯 3月23日，中国科大魏海明教授、郑小虎教授、田志刚教授课题组与黄光明教授课题组以及安徽医科大学第一附属医院钱叶本主任合作，发现肿瘤组织微环境自然杀伤细胞（NK细胞）丢失表面膜突起，无法识别肿瘤细胞，失去了抗肿瘤功能。研究成果在线发表于《自然·免疫》。

NK细胞是肿瘤的“职业杀手”，在抗肿瘤免疫治疗上发挥举足轻重的作用，但大部分晚期肿瘤都能逃避NK细胞的杀伤，急需弄清机理，寻找恢复NK细胞功能的新方案。

该研究利用透射与扫描电镜技术，能够清晰看到正常组织和肿瘤组织微环境NK细胞膜的拓扑学形态有明显区别，正常NK细胞膜表面存在丰富突起，而肿瘤组织微环境NK细胞膜表面异常光滑，突起明显丢失。

进一步发现，正常NK细胞利用膜突起识别和抓取肿瘤细胞，并促使细胞间相互作用，形成“免疫突触”，发挥杀伤肿瘤作用。这种免疫突触是NK细胞与肿瘤细胞形成的细胞间特殊结构，NK细胞通过免疫突触释放颗粒酶溶解杀伤肿瘤细胞。然而，晚期肿瘤患者肿瘤组织微环境NK细胞突起丢失，无法识别肿瘤细胞，不能形成免疫突触，从而失去杀伤肿瘤细胞能力。

他们还创建“单个免疫细胞膜质谱检测技术”，发现肿瘤微环境NK细胞的膜成分发生改变，主要是鞘磷脂的含量显著降低，并证实肿瘤微环境的丝氨酸代谢失调是导致鞘磷脂下降的主要诱因。使用靶向鞘磷脂酶的抑制剂能够显著提高肿瘤微环境NK细胞膜鞘磷脂的含量，恢复突起形成，提高肿瘤细胞识别以及杀伤能力。靶向鞘磷脂酶的干预方式联合免疫检查点阻断剂，起到协同抗癌的效果。

该研究从全新的细胞膜拓扑学角度诠释了肿瘤来源NK细胞功能紊乱和免疫逃逸的新机制，也为提高NK细胞的免疫治疗提供新策略。

（合肥微尺度物质科学国家研究中心 生命科学与医学部 化学与材料科学学院）

科研简讯

○3月16日，我校杨金龙院士课题组的李星星团队通过调整有机连接体的自旋态和晶体结构的对称性/拓扑性，在二维络基五元杂环金属有机框架中理论预言了一类同时具有五种重要功能特性的单层磁性半导体材料。相关研究成果发表于《美国化学会志》。

○3月16日，我校曾长淦教授、李林副研究员研究团队与北京大学物理学院量子材料科学中心冯济教授课题组合作，通过构筑氮化硼绝缘层间隔的多种石墨烯基电双层结构，首次揭示了在层间拖拽这一复杂得多粒子输运过程中存在显著的量子干涉效应。相关研究成果在线发表于《自然·通讯》。

○近日，我校陈维教授联合江海龙教授和李震宇教授团队，在期刊《焦耳》发表研究型论文。论文采用一种功能化的金属有机框架材料作电极，实现了锂-氯气二次电池的高比容量（2000mAh/g）、长循环稳定性（500圈）和低温（-40℃）工作等性能。

我校发现自然杀伤细胞失去抗肿瘤功能关键机制