

---

# 一个月上线四篇论文 他攻克冷门领域经典难题

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/34103.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！**

## 一个月上线四篇论文 他攻克冷门领域经典难题

。2025年5月15日凌晨2：13，中国科学院大学在站博士后、特别研究助理赵国强收到了一封特殊的邮件。

“几周前我们曾就您的这篇论文发过信件，审稿意见都非常积极，但迄今未收到回复。您打算近期重新提交这篇论文的修订稿吗？”看到这封来自凝聚态物理领域权威期刊《物理评论B》主编的“催稿”，赵国强激动万分。

自2012年踏进稀磁半导体领域，赵国强就开始了漫长的闯关：稀磁半导体材料制备难、表征探测难、理论解析难……其中，机理问题成了困扰广大科研人员的关键难题。

“针对稀磁半导体铁磁机理持续数十年的争论，传统研究长期视‘磁性半导体’为半导体本体附加磁性修饰。”赵国强告诉《中国科学报》，然而，基于长期观察和实验，他创新性将其重新定义为“具半导体特性的磁体”，并对三代磁性半导体的铁磁机理和系列物性问题做了统一认识。

“作者对不同类型的稀磁半导体进行了详细的对比和总结，这可以作为研究领域的权威参考。”对此，论文审稿人作出高度评价。近日，相关研究发表于《物理评论B》，并被选为“编辑推荐”。

值得一提的是，围绕稀磁半导体，他还有3篇第一作者论文也均在近一个月内上线。

在冷门领域“逆袭”

“稀磁半导体领域相对小众，但意义深远。”赵国强说，自20世纪60年代被提出后，稀磁半导体也曾有过“高光时刻”，但近十余年却逐渐沉寂。

“稀磁半导体兼具半导体与磁体的双重特性，既能像传统半导体般处理和传输电子信号，又能像磁铁一样保留磁性信息。”赵国强告诉记者，因此这也成为开发新一代高效节能电子器件提供极具潜力的材料基础。

而回顾稀磁半导体的研究历程，多以材料体系的迭代为核心驱动力。无论是以(Ga,Mn)As体系为代表的第一代稀磁半导体，还是中国科学院物理研究所研究员（以下简称物理所）靳常青率先发现的BaZn<sub>2</sub>As<sub>2</sub>基第二代稀磁半导体，以及Na(Zn,Mn)Sb为代表的第三代稀磁半导体，都为稀磁半

---

导体的研究、应用带来新的可能。

然而，稀磁半导体作为强关联电子体系，电子之间存在很强相互作用，现有理论计算方法大多依赖近似方法，只能给电子拍“单人照”，而忽视了其间相互影响，因此难以全面精准描绘稀磁半导体真实的物理状态和能量图景。

“尤其针对稀磁半导体中铁磁序产生的微观物理机制，学界存在诸多争议，缺少统一共识。”赵国强表示，要想推进稀磁半导体的研究更进一步，解决铁磁机理问题是重中之重。

然而，在本征半导体中掺入少量磁性元素时，只有极少数情况会产生铁磁性，而大多数情况下会出现自旋玻璃态。

“过去研究大多只聚焦铁磁性的物性特征来推导机理，往往陷入‘单轨思维’，我们则提出了‘双轨互证’的新范式，将不同情况都视作同一机理的不同表现，再通过对比研究揭示全貌。”赵国强说，他们将这些不同的实验观测结果都视作揭开铁磁机理“庐山真面目”的“横岭侧峰”，“本质上就是同一物理本质的多维呈现。”

2018年底，赵国强转换思路，创新地将稀磁半导体重新定义为“具半导体特性的磁体”，提出“基于铁磁和自旋玻璃的类比及相图演变”学术思想，尝试对铁磁机理进行系统研究。

通过整合4大材料家族、10余种掺杂组分的实验与理论成果，赵国强依托团队完整描绘了三代稀磁半导体不同状态的演化路径，发现铁磁耦合与近邻磁性原子的反铁磁耦合的竞争决定了材料的磁性，当铁磁主导时显铁磁性，反铁磁主导时呈反铁磁性，二者平衡时则产生自旋玻璃态。

理清铁磁机理后，赵国强团队开始了深入探索：基于BaZn<sub>2</sub>As<sub>2</sub>基稀磁半导体材料，提出系统的居里温度提升方案，为室温磁半导体开辟新道路；同时，瞄准其在半导体核心构建中的应用潜力，成功制备出首个n型磁性半导体单晶候选材料，为磁性半导体器件奠定基础。

博士后决定从零开始

“研究稀磁半导体，不单单是找到合适的材料，更重要的是应用。”赵国强说，但这必须要掌握关键的测量技术，寻找与铁磁机理最相关的物理性质。

然而，“稀磁半导体关键的磁学信号通常极其微弱，现有的实验表征手段存在局限。”怎样才能找到最合适的测量技术，赵国强犯了难。

基于对该领域的长期观察与研究，他不断梳理、回想、思考合适的解决方案。突然，他想起2012年刚接触稀磁半导体时，曾读过一篇文献，详细介绍了缪子自旋谱学技术——该技术能直接判断材料磁性的均匀性，如果材料中磁有序含量达到了100%，就可以认为该磁学信号是材料本征特性，如果没有达到100%，说明材料中还存在别的干扰信号。

缪子是一种不稳定的基本粒子，带有一个单位电荷，带正电基本粒子质量约为电子207倍，且具有很强的自旋极化特性，可以看做“纳米磁针”，将其注入到材料中就会与周围局域磁场发生相互作用，并在2.2微秒后衰变为正电子，通过测量其在磁场中的时序变化，就可以反演局域磁场信息，解析材料磁结构、电子态和动力学行为。

---

而要细数缪子自旋谱学技术领域的权威科学家，美国哥伦比亚大学教授Y.J.Uemura名列前茅。“幸运的是，他经常来物理所交流分享，有几次我负责他的接送机工作。”赵国强回忆道，在车上，他抓紧时间，与Y.J.Uemura分享交流自身工作，“后来，我开始想，是不是用缪子自旋谱学技术能解决稀磁半导体的表征难题。”

思考良久，他决定试一试，向Y.J.Uemura发了邮件。这是一场豪赌。

“我并没有缪子自旋谱学技术的基础，就相当于在博士后阶段从零开始。”赵国强说，但如果不尝试，可能难以在稀磁半导体的研究上向前一步。但很快，Y.J.Uemura的邮件也给他泼了盆冷水，“他担心我没有相关基础，入门难度更大，他也没有足够的经费来支持。”

赵国强不甘心放弃，他一边自己摸索，和Y.J.Uemura保持联络，学习相关领域知识，一边努力申请中国科学院大学的奖学金，终于在2018年10月来到Y.J.Uemura教授的团队做联合培养，并在国家留学基金委的资助下，做了两年博士后研究。

从2018年10月到2021年11月，三年间，赵国强从最基础的工作做起，一点一滴打下坚实基础。“缪子自旋谱学技术在物理、化学、生物、能源等诸多领域都十分重要。”赵国强介绍，他到Y.J.Uemura团队后，还尝试了用该技术开辟“拓扑磁体MuSR新方向”，布局4大类材料，共研究10多种不同体系，“这几年我积累了大量实验数据，仅在这个方向就能以第一作者身份发表多篇论文。”

从稀磁半导体到缪子自旋谱学技术，赵国强自我调侃，“从一个冷门到另一个冷门”，但这正是这段“转行”的独特经历，为他后续一系列成果奠定坚实基础。

“国家需要，我就干”

尽管缪子自旋谱学技术应用前景广阔，但目前全球四大缪子源分别分布于英国、日本、瑞士、加拿大，与其他国家相比，我国起步较晚，落后约60年。

“2022年夏天，有一个国际合作实验的机会，当时我刚结束在Y.J.Uemura教授团队的博士后工作。我们共同开拓的拓扑磁学研究新方向需要继续推进，我们都希望能把课题做好，保持长期合作。”赵国强回忆道，然而，当时新型冠状病毒感染肆虐，“出门都困难，更别提出国了。”

赵国强陷入两难境地：一头是未知的风险，以及家人朋友的担心和牵挂；一头是莫大的机遇，“国内继续发展缪子自旋谱学技术，需要有人把这项技术带回国内。”他没有考虑太多，在国内有一定研究基础和支撑，在国外有顶尖团队指导支持，“国家科技发展需要这项技术，我就要干。”

经过前期的协调沟通，赵国强先把所有需要的实验材料寄到国外，在国内完成配套测试后，2022年6月，他一个人踏上这次特殊的出国之旅。从北京转机福建再到加拿大，十几个小时不吃不喝，为了尽快完成实验，他在加拿大TRIUMF实验室奋战40天，平均每日工作时间超过16个小时，不仅高效完成了自己的实验，还协助合作方和实验室其他科学家完成工作，终于采集了足够的数据，整个人暴瘦了23斤。

回国时，他拿着一封特殊的信——TRIUMF实验室的资深线站科学家Kenji专门写了封感谢信，交由他带回中国科学院大学。信中高度评价了赵国强的实验进展、专业能力和团队精神，并提出了

---

在新一代缪子探测器研发上的合作意向。

“ 缪子自旋谱学技术在各国都备受关注，我们不能掉队。” 赵国强说，而此行也成功深化了他与国际顶尖团队在相关领域的合作。

回国后，赵国强收到了又一个好消息：他成功被评选为中国科学院大学特别研究助理。“ 相当于给了我们青年科研人员更多支持，一定程度上免除后顾之忧，让我们能沉下心投入科研工作。” 赵国强说，他备受鼓舞，全身心投入量子材料的缪子自旋谱学研究，目前与中国散裂中子源、中国科学技术大学等诸多研究团队，在缪子自旋谱学的软件开发方面开展深度合作，2030年，我国将会有自己的缪子源。

回望十三年的研究历程，赵国强非常感谢导师、多位合作者和学校的支持，他也尝试将这份支持传递下去。

现在的他多了一重身份——中国科学院博士后联谊会（简称博联会）理事长。“ 目前中国科学院在站博士后有1万多人，分布在100多个培养单位。我们的核心任务就是发现和培养有潜力成为战略科学家的‘ “ 好苗子” ’，简单概括就是“ 精于学术、强于管理、心怀公义。” 赵国强说，在院人事局指导下，博联会以“ 构建全院博士后工作体系” 为目标，聚焦学术，做好保障，服务“ 博士后全科研生命周期” 。

“ 2025年7月5日是中国博士后制度实施40周年，我们已经启动中国科学院博士后联谊会《年鉴》编纂工作。” 采访结束，赵国强脚步匆匆，除了做好博联会工作、发现培养骨干人才外，他的科研工作也从未停下，“ 过几天又要出国进行科研实验，希望能得到足够的数据，推动我国缪子自旋谱学的量子材料研究更进一步。”

相关论文信息：

<https://journals.aps.org/prb/accepted/10.1103/myxg-tt85>

<https://doi.org/10.3390/nano15130975>

<https://doi.org/10.3390/cryst15060582>

<https://doi.org/10.3390/condmat10020030>



赵国强（左）与导师Y.J.Uemura（受访者供图）

作者：赵宇彤 来源：中国科学报

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](https://www.iikx.com)转发