

磁性材料是电力电子、新能源、交通、国防军工等现代工业的关键基础功能材料，其研究与应用水平代表一个国家的工业化水平。磁性材料种类多、应用广，同时表现出丰富的物理效应，在近一个世纪的工业应用中，已经走进千家万户，围绕磁性材料的产业化应用和基础研究方兴未艾。近年来，随着新能源、电动汽车、信息产业等领域的快速发展，磁性材料及器件市场规模及应用领域不断扩大，同时，磁性材料表征、磁电子器件、磁热材料等新兴领域的基础研究取得了一系列重大突破，对科技发展和社会进步产生重要的推动作用。

磁性材料：现代工业的基础功能材料

——磁性及相关功能材料分论坛侧记

文/浙江大学 白国华

“2019新材料国际发展趋势高层论坛——磁性及相关功能材料分论坛”于2019年9月26日在武汉国际会议中心顺利召开。继2018年后，本届分论坛是第二次作为IFAM系列会议的分论坛，是国内磁性材料学术界、产业界以及其他领域同仁的交流与研讨聚会。分论坛由钢铁研究总院、浙江大学、中科三环股份有限公司、北京大学、中国科学院金属研究所、杭州电子科技大学、《中国材料进展》杂志社承办。中科三环股份有限公司胡伯平研究员、浙江大学严密教授担任主持人。与会报告人就磁性材料表征、永磁材料、软磁材料、磁性薄膜、磁斯格明子、磁热材料等领域的最新进展作了精彩报告，并与参会代表就相关材料的物理机制、制备方法、性能调控以及产业发展情况进行了深入的探讨与交流。会议主要分为传统磁性材料、磁性薄膜、磁热材料产业三大主题，参会代表互动频繁、讨论热烈，为我国磁性材料领域的基础研究和产业发展提供了参考。



田明亮 教授



李昂研究员和刘先国教授



王守国 教授

专家寄语

电动汽车、大科学装置等对高性能永磁材料、软磁材料的需求越来越大，我国磁性材料产业在未来很长时间都将有不错的发展。传统磁性材料虽然经过了很多年发展，工艺和基本理论已经较为成熟，但是其中仍然有很多基本的科学问题待学术界解决。这次很幸运地看到了很多这方面的报告，相信我国的磁性材料将取得越来越好的成绩。

——胡伯平研究员



胡伯平 研究员



严密 教授

磁性材料是我国的优势产业，这次参加“磁性材料及相关功能材料”论坛的报告人不仅在传统永磁和软磁材料方面作了精彩的报告，同时展示了我国磁学界在磁电子薄膜、磁热材料等一系列新型磁性材料领域的重大突破。希望在座的各位青年才俊能够继续聚焦磁性材料研究，保持我国在该领域的研究优势，同时注重科研成果的产业应用，将论文变成实际的生产力。

——严密教授

磁性薄膜

北京科技大学王守国教授介绍了光发射电子显微镜（PEEM）的工作原理，重点介绍了利用我国科学家独创的深紫外激光作为激发源在PEEM系统中开展磁性薄膜高分辨成像方法，并介绍了该系统在研究垂直各向异性FePt磁性薄膜成像方面的最新进展。安徽大学田明亮教授综述了其团队利用透射电子显微镜和电子全息技术对磁斯格明子的研究结果，详细介绍了磁斯格明子的形状以及模式的调控和表征方法。中国科学院宁波材料技术与工程研究所钟志诚研究员介绍了团队提出的一种新的磁控电子结构效应，通过外磁场来调控磁化方向，借助于自旋轨道耦合改变电子结构，该成果为磁光耦合等基础研究以及磁性功能器件等应用领域开辟了一条新的道路。清华大学宋成副教授介绍了基于自旋轨道力矩效应，利用相邻Pt层所产生的自旋流来驱动反铁磁NiO和Mn₂Au的磁矩翻转；利用铁弹应变，在单层Mn₂Au薄膜中实现了电场驱动反铁磁磁矩翻转和电厂对自旋轨道力矩效应的调控；同时，可利用自旋力矩-铁磁共振技术在Mn₂Au/双层膜中观察到z方向的自旋极化及其引起的面内类场力矩效应。北京科技大学冯春教授提出了一种基于形状记忆效应的新型应变调控方法，通过控制形状记忆合金基底的逆马氏体相变，产生显著且非易失性的晶格畸变，有效调节了一系列磁功能薄膜材料的电子结构、原子结构或者磁结构，以及其关键磁学性能。

磁热材料

中国科学院金属研究所李昂研究员介绍了大科学装置在磁性阻挫材料、相变制冷材料等典型体系中的应用。大科学装置因其强大的实验能力（探测多尺度原子/自旋结构与动力学）和丰富的样品环境（温度、磁场、电场、压力/应力、光、气氛等）为相变材料的原位研究提供了无与伦比的硬件条件，对该类材料的研究有巨大的推动作用。湖北大学杨昌平教授介绍了其团队在Ni-Mn-Z铁磁记忆合金的预马氏体相变及磁卡效应研究，证实了低温马氏体条纹出现之前的微结构调制及马氏体相的存在。杭州电子科技大学李领伟教授回顾了团队在重稀土金属间化合物磁热材料方面的一系列研究成果，发现某些稀土金属间化合物的磁热效应相比传统材料具有数量级的提升，并探讨了其中的物理机制。该类材料未来产业化应用前景广阔。



杨昌平 教授

传统磁性材料

中国科学院宁波材料技术与工程研究所阿儒研究员对高性能高稳定性2:17型钕钴铁磁体的结构和性能调控进行了全面报告，介绍了其团队针对2:17型钕钴铁磁体的母合金、固溶体、胞状结构开展组织分析和调控，实现高性能高稳定性磁体的制备。北京工业大学岳明教授将液相化学合成和还原退火结合起来，通过设计特殊形态纳米结构的前驱体，以及退火工艺的调控，实现对RCo颗粒尺寸和形貌的可控制备，并开发了火焰燃烧法大规模制备RCo颗粒的技术，使得该材料的工业化生产成为可能。西安交通大学马天宇教授以高Fe含量钕钴磁体为例，探讨了六方结构高温过饱和固溶体的相分解过程，发现其相分解为扩散控制的位移型相变，同时包括局域成分调制和基面堆垛周期变化，揭示了2:17R纳米孪晶和2:17R'菱方结构中间相的形成机制。浙江工业大学车声雷教授指出，随着第三代宽禁带半导体逐步走向实用化，磁性功率电子器件向小型化、高频化、集成化发展，对软磁材料

在高频率、高饱和磁通密度和低损耗方面提出了更高的性能要求。随后介绍了其团队在高频高磁通低功耗软磁铁氧体和软磁复合材料领域的最新研究进展和产业化状况。横店集团东磁股份有限公司杨武国

高工简要介绍了永磁材料及永磁铁氧体材料的技术发展历程、国内外永磁铁氧体材料产业现状，并结合公司生产研发实际对永磁铁氧体产业未来技术进步方面进行了展望。



马天宇 教授



车声雷 教授

岳明 教授

2019 IFAM