

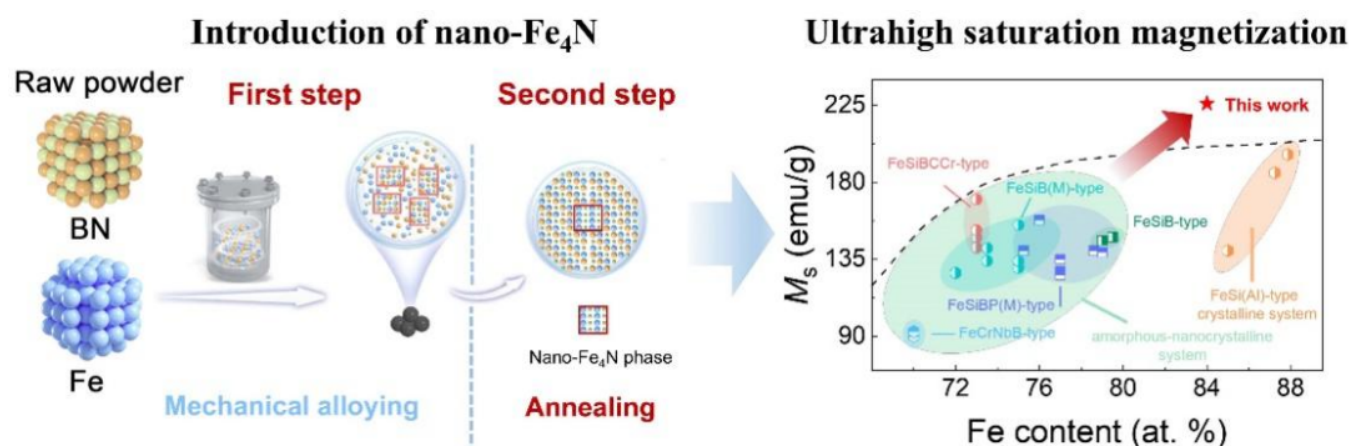
原位磁性氧化界面工程制备高频非晶软磁复合材料

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/42312.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！

原位磁性氧化界面工程制备高频非晶软磁复合材料。在国家自然科学基金、广东省重点研发计划等项目资助下，松山湖材料实验室/中国科学院东莞材料科学与技术研究所研究员柯海波、汪卫华团队提出原位纳米磁性氧化物界面工程+超低压成型一体化制备策略。相关成果近日发表于《材料科学技术》（Journal of Materials Science Technology）。

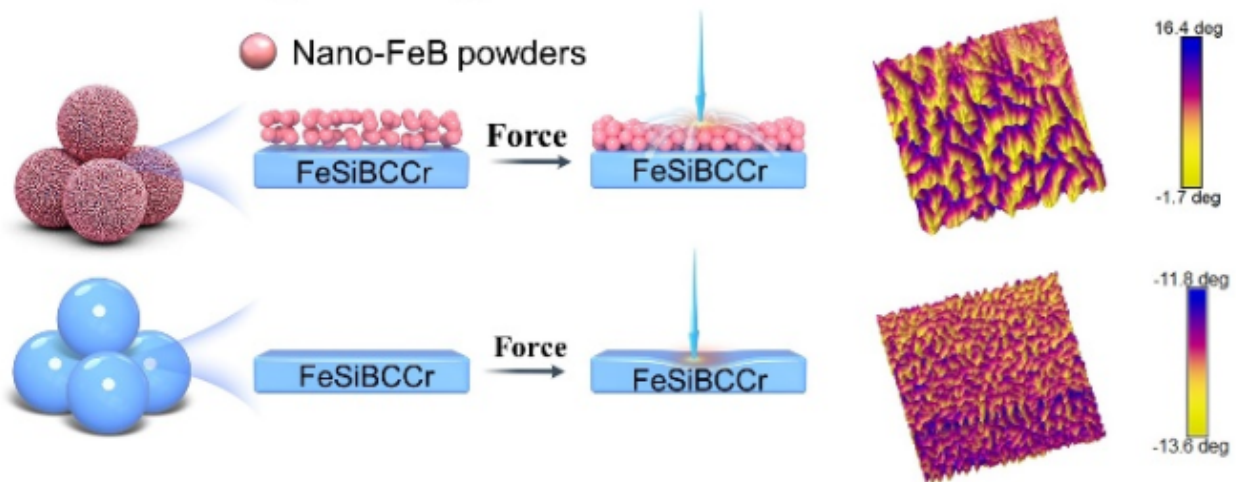


引入纳米级Fe₄N相实现超高饱和磁感应强度。研究团队供图，下同

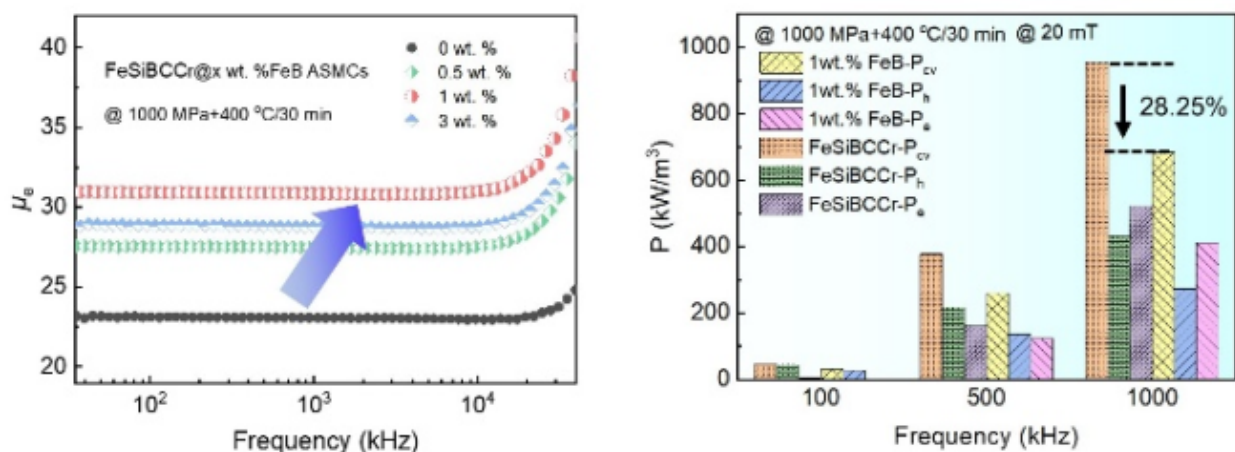
当前，电力电子、5G/6G通信、AI服务器及新能源汽车等领域对电子元器件的高频化、大功率、小型化和低能耗要求日趋严苛。软磁材料作为能量转换与信号传输的核心功能材料，长期面临高饱和磁化强度、高频稳定磁导率、低损耗难以兼得的困境：硅钢高频损耗过高，铁氧体虽损耗低但饱和磁化强度不足，无法满足大功率需求。

非晶基软磁复合材料被认为是最具潜力的候选方案，但其性能提升受制于三重矛盾——非晶形成能力与铁含量的制约限制了饱和磁化强度；非磁性绝缘包覆层会稀释磁性相；传统多步制备工艺（粉末制备、包覆、高压压制、退火）环节相互牵制，易破坏绝缘层或诱发晶化。

(a) Buffering the stress induced during cold processing via surface nanoengineering



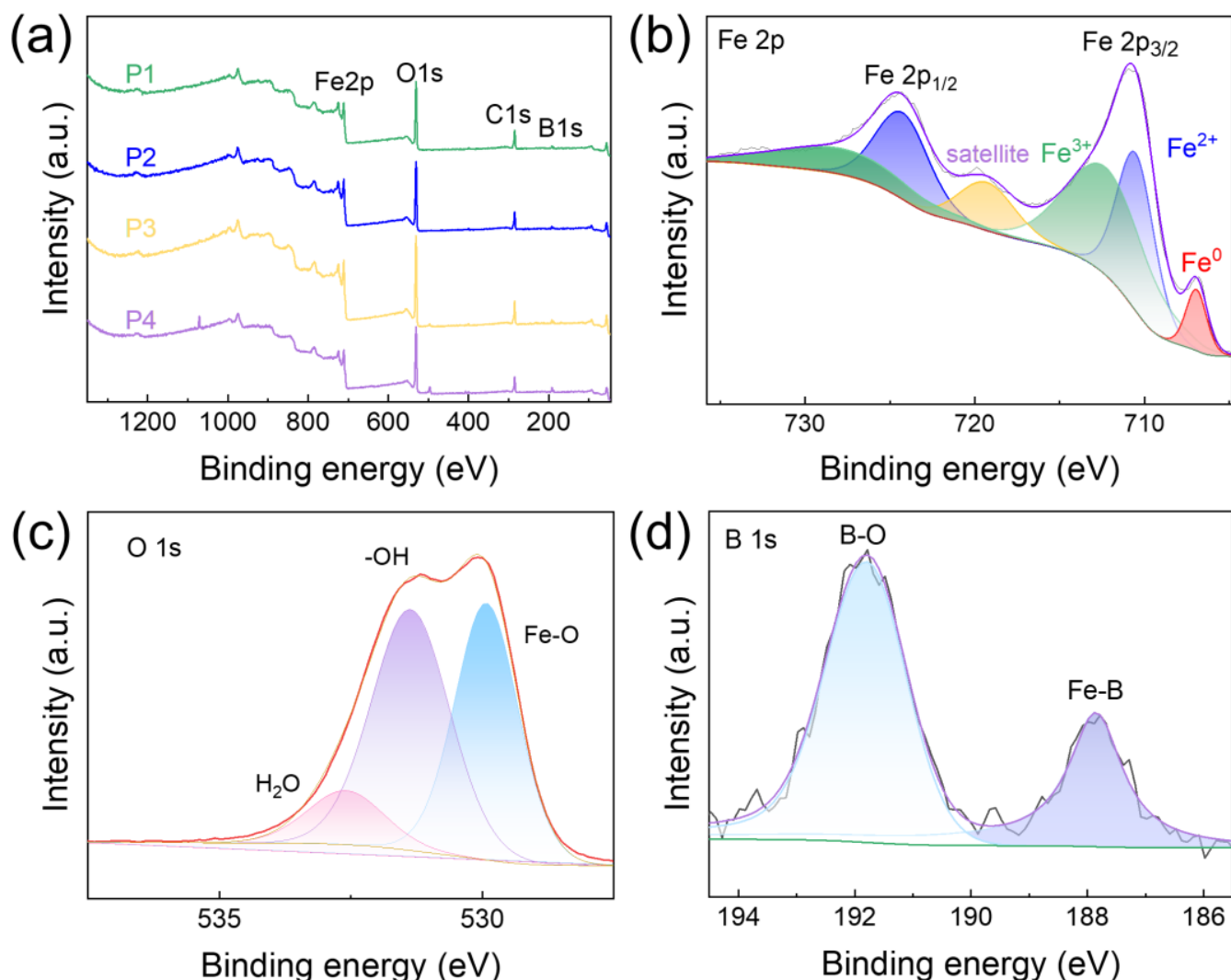
(b) A simultaneous improvement of μ_e and P_{cv}



表面纳米工程实现磁导率与损耗协同优化。

针对上述难题，团队前期已取得两项关键突破：引入纳米Fe₄N相将比饱和磁化强度提升至约226 emu/g，突破 α -Fe析出极限；提出表面纳米工程包覆改性，实现磁导率与损耗的协同优化。在此基础上，本次研究进一步提出一体化新策略——将粉末表面氧化缺陷转化为优势，通过可控原位氧化在纳米非晶粉末表面生成厚度仅约2纳米的超薄磁性氧化物壳层。该壳层既有效阻断颗粒间涡流路径，又因其磁性本质避免了显著磁稀释，从界面层面化解了绝缘与磁性能的核心矛盾。

据介绍，制备工艺大幅简化：采用化学还原法制备超细FeB非晶粉末，仅需100 MPa超低压即可致密成型，无需传统数GPa高压及后续高温退火，将原有四步流程缩短为两步，显著降低能耗与时间成本。



Nano-FeB非晶粉末的XPS结果。

性能测试显示：该纳米FeB粉末比饱和磁化强度达约172 emu/g，远超常规雾化铁基非晶粉末体系；其软磁复合材料在高达85 MHz频率范围内磁导率保持稳定，品质因数（Q值）峰值约105（对应~80 MHz），优于绝大多数已报道微米粉基材料；100 kHz下损耗优于传统体系；抗压强度较传统FeSiBCCr基复合材料（树脂包覆、2 GPa压制+退火）提升约2倍，服役可靠性显著增强。

优异性能的物理机制源于超细粒径与丰富界面的协同效应：颗粒间空隙形成强退磁场，抑制高频磁导率衰减；金属内核与磁性氧化物界面生成内建电场，限制垂直界面电子传导，削弱涡流损耗，从而同时实现高频稳定与低损耗。

论文通讯作者柯海波指出，该研究为开发小型化、高频、低损耗的新型软磁器件提供了全新设计思路，在高速开关电源、射频电感、车载功率磁元件及AI服务器供电模块等前沿领域具有广阔应用前景。（来源：中国科学报朱汉斌）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.jmst.2026.07.067>

作者：柯海波等 来源：《材料科学技术》

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