

重点实验室研究进展

新金属材料国家重点实验室 通过调整层错能韧塑化非晶合金材料

北京科技大学新金属材料国家重点实验室块体非晶与亚稳材料研究梯队吕昭平教授课题组通过在非晶合金复合材料中调整内生奥氏体型析出相的层错能,优化其孪晶及马氏体相变过程,进而提高了非晶合金复合材料的力学性能。文章在国际著名学术期刊《Physical Review Letters》发表(Wu Y, Zhou D Q, Song W L, Wang H, Zhang Z Y, Ma D, Wang X L, Lu Z P. Ductilizing Bulk Metallic Glass Composite by Tailoring Stacking Fault Energy. 2012, 109: 245 506.),审稿人认为该论文对非晶合金研究中的重要挑战进行了探讨并对领域内的相关研究起到引导作用。

非晶合金的室温脆性和应变软化问题是制约其实际应用的关键问题,吕昭平教授课题组继 2010 年在国际著名的学术期刊《Advanced Materials》发表论文将“形变诱导相变”效应引入到非晶合金之后(Wu Y, Xiao Y H, Chen G L, Liu C T, Lu Z P. Bulk Metallic Glass Composites with Transformation-Mediated Work-Hardening and Ductility [J]. *Advanced Materials*, 2010, 22: 2 770 - 2 773.),再次对该类合金的变形机理和性能优化进行了深入探讨。在大量的实验和理论计算基础上,认为电负性和原子尺寸与被替代元素接近的合金化元素能够更有效地降低奥氏体型晶相滑移面上的电子浓度转移,进而降低层错能(如图 1),促进马氏体相变和孪晶的发生(如图 2),提高非晶复合材料的综合力学性能。下一步,吕昭平教授课题组将对所得科研成果在其它非晶合金体系中的应用以及相关的科学与技术问题进行更进一步的研究。

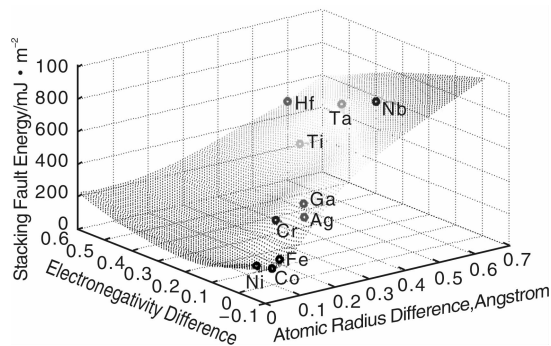


图 1 合金化元素与被替代元素间电负性和原子尺寸差对奥氏体型析出相层错能的影响

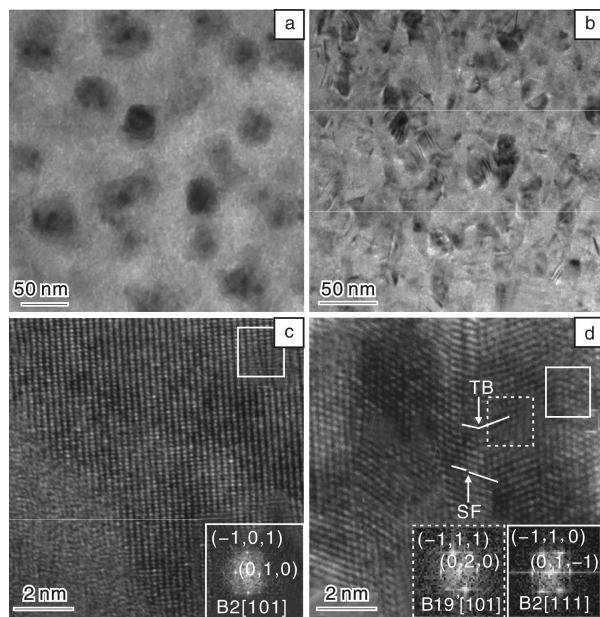


图 2 TRIP 强韧化非晶复合材料的高分辨电镜研究, (a) 为未加合金化元素的基础合金照片, (b) 为加入显著降低奥氏体型晶相层错能元素 Co 后的照片, (c)、(d) 分别为 (a)、(b) 的局部放大, 其中插图在所框部分对应的选区衍射斑点

(北京科技大学 吴 渊)

高分子材料工程国家重点实验室在 阻燃材料研究方面取得重要进展

通过采用各类含有不同阻燃元素(如 Cl, Br, P, N 等)的阻燃剂对普通有机高分子材料实现阻燃化是解决高分子材料易引发重特大火灾事故最重要的措施。然而, 现有的高效阻燃剂已被证明存在毒性问题, 权衡阻燃剂毒性对人体的危害与其赋予材料阻燃性的得失一直困扰着学术界和产业界。四川大学环保型高分子材料国家地方联合工程实验室、高分子材料工程国家重点实验室的王玉忠教授领导其阻燃材料研究团队, 提出了通过在 高分子中引入可智能化热交联的化学结构而非传统的阻燃剂分子, 使高分子自身在高温下实现自交联进而炭化的方法赋予材料阻燃性能的全新理念, 发展了一种“无传统阻燃剂”的阻燃新原理和新方法。采用二苯乙炔单体与对苯二甲酸、乙二醇(即合成 PET 的单体)共聚后合成的高温自交联共聚酯具有如下特点: (1) 高分子结构中不含有任何传统的阻燃元素; (2) 热交联温度可以调控, 确保在 高分子成形加工温度下不交联, 即不影响成形加工, 而在高温下交联; (3) 高温自交联时赋予材料极大的熔体粘度, 并且黏度随温度升高急剧提高, 彻底改变了 PET 的高温熔滴本性, 从而解决了 PET 不能抗熔滴的技术难题; (4) 自交联后促进材料成炭,

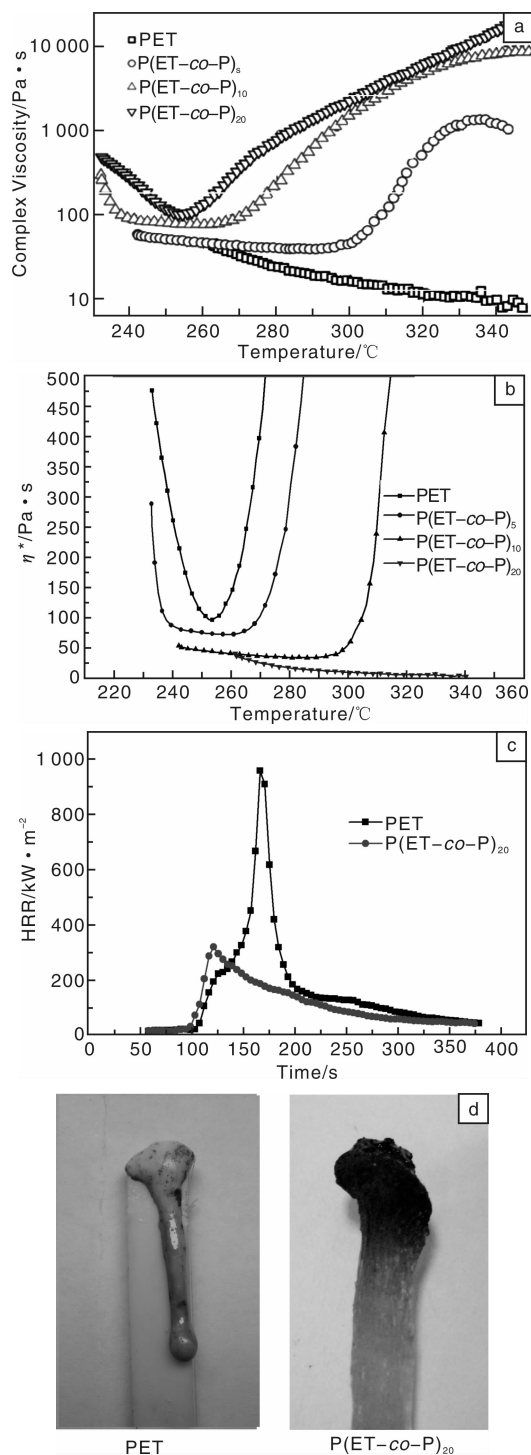


图1 高温自交联共聚酯的流变与燃烧行为: (a) PET与不同单体含量共聚酯的复数黏度随温度变化曲线(对数坐标); (b) PET与不同单体含量共聚酯的复数黏度随温度变化曲线(普通坐标); (c) PET与 P(ET-co-P)_{20} 共聚酯的热释放曲线; (d) PET与 P(ET-co-P)_{20} 共聚酯小火测试(顶部点燃)后的照片

阻燃自熄,且热释放速率大幅降低,显著增加了材料的火安全性。相关成果已申请了发明专利,并且在提交申

请后的17个月内获得了授权(ZL201110043163.4),主要的成果发表在《Journal of Materials Chemistry》(2012, 22: 19 849–19 857)上。该研究工作得到国家自然科学基金重点项目的支持。

(四川大学 杨科珂)

我国高温超导滤波技术实现规模商业应用

清华大学物理系曹必松教授团队和综艺超导科技有限公司联合,成功研制了达到工程化应用要求的高温超导滤波器系统。2012年我国自主研发、拥有完全自主知识产权的高温超导滤波系统首批产品已完成生产并交付用户使用,在全国16个省市的通信装备上投入长期实际应用。

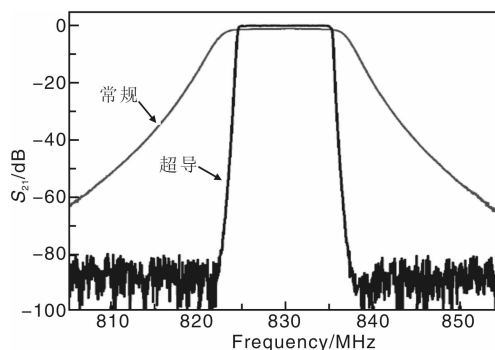


图1 用于CDMA移动通信的超导滤波器与常规滤波器的性能比较

课题组研制成功的系列超导滤波器覆盖了从40 MHz到20 GHz的微波工作频段,实现了从相对带宽0.1%的超窄带滤波器到相对带宽110%的超宽带滤波器。研制成功了采用单螺旋结构谐振器的超低频滤波器,采用H型结构谐振器的高频滤波器,采用双螺旋结构的超窄带超导滤波器,以及采用短截线结构的超宽带超导滤波器。

课题组将超导滤波系统安装于中国联通CDMA移动通信基站进行应用试验获得成功,实现了中国高温超导在通信领域的首次实际应用。在北京大钟寺地区建成的超导移动通信应用示范基地,经测试表明,手机发射功



图2 超导滤波器系统在通信基站运行

率平均下降 50%，对人体健康可能造成的影响大幅下降，手机电池寿命也相应延长。大幅提高基站的灵敏度和抗干扰能力，改善通话质量，扩大基站覆盖范围。2008 年，中国联通公司与清华大学、综艺超导科技有限公司一起，将示范基地从 5 个基站增加到 8 个，超导滤波系统的数量增加到 48 路，覆盖居民增加到 20 余万人。

为了实现超导滤波系统在我国规模化商业应用，

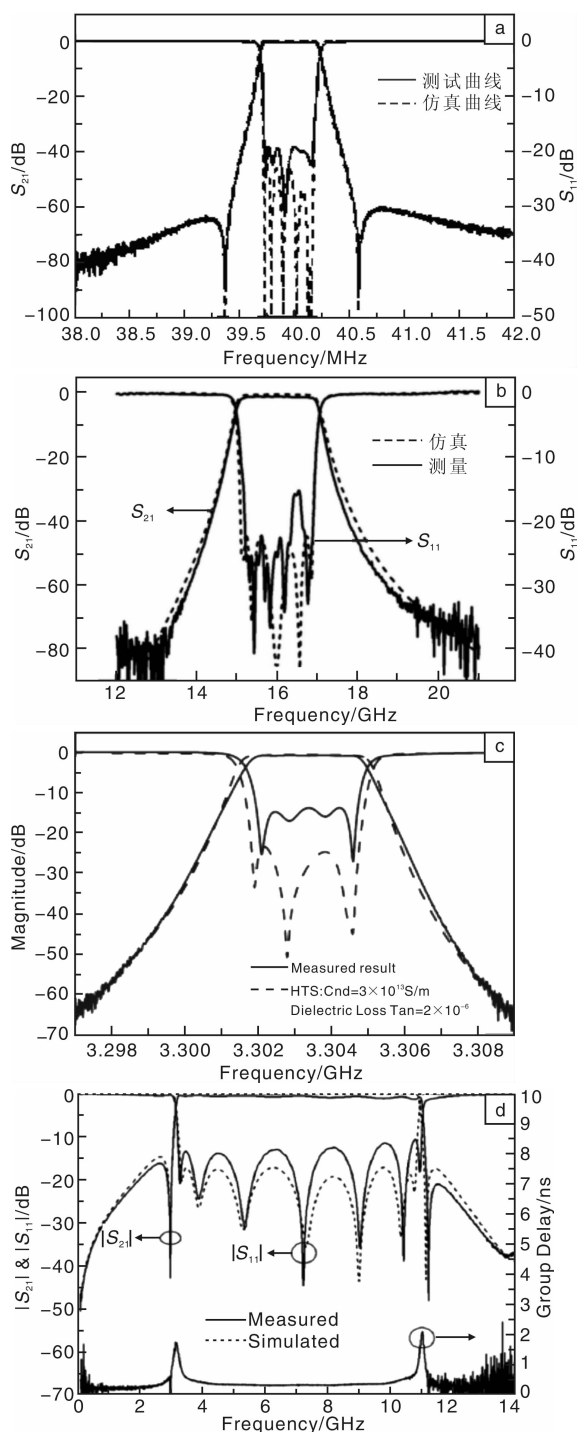


图3 (a)超低频, (b)超高频, (c)超窄带和(d)超宽带超导滤波器频率响应特性图

课题组经过多年努力,攻克了高性能超导滤波器和低温低噪声放大器设计制备技术、多通道超导滤波器性能一致性研制技术、满足装备苛刻使用要求的环境适应性技术和超导滤波系统集成技术等一系列技术难题。

该技术在我国形成一个全新的高温超导高技术产业,为我国通信技术的升级换代提供一种全新的、性能优异的解决方案。

(清华大学 魏 斌)

南京大学环境材料与再生能源研究中心在 CO₂ 再生利用研究方面取得重要进展

探索稳定地控制大气中 CO₂ 总量的方案和积极应对能源危机,是各国政府和科学家们的重大研究课题。在目前提出的解决方案中,通过人工光合作用将二氧化碳有效转化为碳氢燃料是同时解决温室效应和能源危机的有效方法之一。人工光合作用,即在光催化剂作用下,通过太阳光的辐照和温和的反应条件(常温和常压),实现二氧化碳有效转化(CO₂ + H₂O → 碳氢化合物 + O₂)。开发新型高效的光催化材料,减少光生电子-空穴对的复合,是提高光催化效率和产物选择性的的重要途径之一。

南京大学环境材料与再生能源研究中心邹志刚教授研究团队利用人工光合成反应,将二氧化碳转化为碳氢燃料研究中,取得新进展,一系列研究成果近期发表在《Adv Funct Mater》(2012, 22, 1215; 2012, DOI: 10. 1002/adfm. 201202349; 2012, DOI: 10. 1002/adfm. 201202042; 2012, DOI: 10. 1002/adfm. 201202484)。研究的合成半导体催化剂与石墨烯复合材料,利用石墨烯快速传导电子的功能,提高了电子-空穴分离速率并减少其复合几率,大幅度提高光催化效率及产物选择性。制备了特殊晶面暴露的 ZnGa₂O₄ 纳米立方块单晶光催化材料,较高的空穴迁移能力促进水氧化过程,高效地为 CO₂ 还原过程提供质子,促进 CO₂ 转化为碳氢燃料的效率。

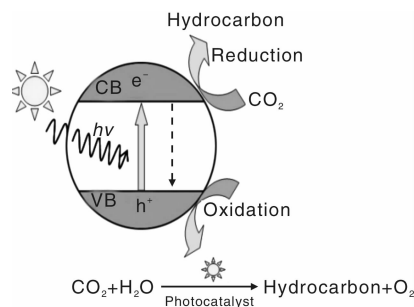


图1 光催化还原 CO₂ 为碳氢燃料示意图

(南京大学 王瑞琼)