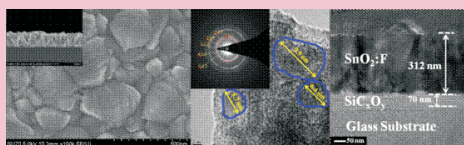




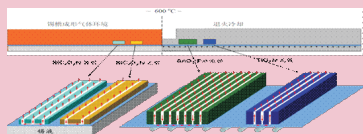
硅材料国家重点实验室2013年度浙江省科学技术一等奖

项目名称: 大面积氧化物薄膜材料的微纳结构可控制备、性能调控技术与应用
作者: 韩高荣等

我国建筑物能耗占全社会总能耗近40%，并以年均5%以上的速度增长，而建筑外窗传热损失造成的能源消耗约占建筑能耗的1/3至1/2。通过对建筑玻璃表面进行镀膜处理，使其具有保温、隔热及自清洁等功能，是降低建筑能耗的有效途径。针对节能镀膜玻璃功能单一、高成本等问题，韩高荣课题组在国家自然科学基金、国家科技支撑计划以及浙江省科技项目资助下，历经10年共同攻关，揭示了氧化物薄膜化学气相沉积条件下的成膜机理以及工艺参数与薄膜微纳结构之间的内在联系，研发了针对中国浮法玻璃工艺特点的高效沉积微纳结构氧化物薄膜的关键工艺技术和装备。项目获国家授权发明专利14项，美国发明专利1项，发表论文34篇，形成了完整的从基础理论到产业化的技术体系，打破了国外技术封锁和产品垄断，促进了我国玻璃行业的技术进步。在国内2家著名浮法玻璃企业的4条生产线上成功实施，近三年累计生产节能镀膜玻璃6000万平米，以比同类结构未镀膜中空玻璃平均节能20%计算，可降低建筑能耗约53.8万吨标煤/年，减排146.1万吨CO₂/年。近三年累计新增产值超过18亿元，新增利润超过4.3亿元，新增税收1.3亿元，出口创汇超过7千万美元，取得了重大的经济效益和社会效益。



氧化物薄膜微纳结构表征与多层膜复合



在线常压化学气相沉积技术与反应器示意图

项目名称: 纳米增强碳化硅陶瓷制备技术及其在机械密封中的应用
作者: 杨辉等

碳化硅陶瓷硬度高、耐磨损、耐腐蚀、耐高温，已广泛用于石油、化工、机械、船舶、核电等重要工业的核心密封领域。项目针对高端密封件市场被国外垄断、先进密封件关键技术被国外所封锁的现状，在省重大科技攻关、教育部重点等项目支持下，发明了纳米增强碳化硅陶瓷及其制备方法，制备出高强度、高断裂韧性的纳米增强碳化硅陶瓷，实现了低成本工业化生产。主要发明成果: ①自主研发了纳米增强碳化硅复合粉体，设计氮化钛、硼化硅、硼化锆、碳化锆、碳化硅等纳米颗粒、晶须为碳化硅陶瓷的增强相，发明了溶胶协同分散多相复合纳米颗粒新技术，制备出均匀稳定的碳化硅水基纳米复合料浆，借助喷雾干燥技术，实现组分均匀、球形度可控、流动性能优异的碳化硅纳米复合粉体的稳定制备; ②开发了纳米增强碳化硅陶瓷无压烧结技术，优化了干压与冷等静压相结合的二步成型技术，制备出均匀高致密碳化硅陶瓷素坯，发明了以溶胶-凝胶引入纳米钇铝石榴石为烧结助剂，纳米增强碳化硅陶瓷的无压液相烧结技术，有效控制碳化硅陶瓷的晶粒尺寸、微观结构和致密度，制备出高强度、高断裂韧性的纳米增强碳化硅陶瓷; ③形成了纳米增强碳化硅陶瓷密封件成套生产技术，自主设计、特殊定制改造，获得大型生产设备，建立集粉体制备、陶瓷烧结、成品加工为一体的高端碳化硅密封件流水线，优化出无压烧结制度，生产出大尺寸纳米增强碳化硅陶瓷密封件。

成套发明成果已应用于台州东新密封有限公司的碳化硅机械密封件生产，建成年产60吨纳米复合碳化硅陶瓷密封件生产线，生产出使用寿命长、大尺寸的纳米增强碳化硅陶瓷密封件制品，产品已定点供货国内外知名机械密封企业。碳化硅陶瓷密封件的产量和销售量均居国内首位。获授权发明专利10项，授权实用新型专利1项，申请发明专利10项。发表学术论文27篇(其中SCI、EI收录21篇)。近3年累计实现新增产值2.1亿元，新增利税5191.28万元。促进了我省碳化硅等相关陶瓷产业的技术升级，支持我国重大机械装备产业结构升级，打破我国高端碳化硅密封件依赖进口的局面。



碳化硅密封件加工用全自动磨床



纳米增强碳化硅密封件产品

能源材料课题组最新研究成果

能源材料课题组赵新兵教授和朱铁军教授指导的博士生胡利鹏、姜广宇在高效热电材料点缺陷调控方面的研究取得重要进展，相关成果最近连续在国际著名学术期刊Adv. Funct. Mater. (2篇)，NPG Asia Mater.上发表。

热电材料是一种能实现热-电直接相互转化的能源材料，如何提高其热电优值是当前热电学领域的中心内容。通常分别通过“能带工程”提高电性能和“声子工程”降低热导率是改善热电优值的两个主要方法。赵新兵教授课题组最近提出调控半导体材料中的点缺陷来同时提高电性能并降低热导率的新思路。

胡利鹏博士生的工作利用室温热电材料Bi₂Te₃基固溶体中存在本征反位缺陷和空位的结构特征，通过增加Sb元素含量降低反位缺陷形成能，增加空穴浓度和禁带宽度，抑制了少子激发; 同时利用热变形诱发的类施主效应优化载流子浓度，大量点缺陷的存在也使热导率显著下降，结果P型Bi₂Te₃基材料热电优值在较高温度下达到1.3。胡利鹏同学把类似原理也用在改善N型Bi₂Te₃基热电材料上，并明确提出了热电材料“点缺陷工程”的优化方法，利用热变形诱发的类施主效应、晶格扭曲以及本征空位缺陷，使热电优值达到1.2，是目前N型Bi₂Te₃基热电材料报导的最高值。

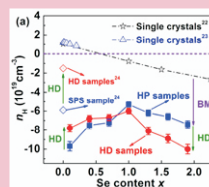


图1、热变形诱发的类施主效应以及Se含量对N型Bi₂Te₃载流子浓度的影响。

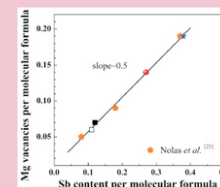


图2、Mg空位与Sb掺杂量的关系。表明每两个Sb取代产生一个Mg空位。

Mg₂(Si₂Sn)固溶体则是近年来广受关注的高性能中温区热电材料。以往研究发现，该体系中存在的Mg间隙可有效调控载流子浓度。Sb在Sn为少量掺杂时可提供电子，但当Sb含量高于10%时，会导致Mg空位出现。姜广宇博士生利用这一特性，同时调节Mg和Sb含量，实现了Mg₂(Si₂Sn)固溶体中Mg间隙和空位的共存，并采用理论模型对热导率进行深入分析。发现大量Mg空位造成显著的应力应变散射和质量波动散射，使材料晶格热导率接近其理论最小值，最终获得热电优值改善的Mg₂(Si₂Sn)材料。

以上研究工作得到了国家科技部973计划，国家自然科学基金，教育部新世纪优秀人才，教育部创新团队，硅材料国家重点实验室，浙江省电池新材料与应用技术重点实验室的资助。