

中国科学院大连化学物理研究所应聘人员登记表

申报岗位		二维热电材料研究组 (DNL2104)组长		岗位类别	管理()	科研(☒)
姓 名	姜鹏	出生日期	1981. 06	民 族	汉	照  片
性 别	男	政治面貌	群众	户口所在地	大连	
毕业学校及专业		中国科学院物理研究所 凝聚态物理		学历/学位	博士	
工作单位及职务		中国科学院大连化学物理研究所研究员				
是否有亲属在所内 工作或学习, 如有 请说明		否				
联 系 方 式		电 话: 84379976 传 真: 电子邮箱: pengjiang@dicp.ac.cn				
学习及工作经历 (从高中填起, 内容包括时间、单位、学位、所学专业, 担任行政职务、专业技术职务情况, 时间段要连续, 准确到月份, 在职学习请注明)						
1995.09-1998.07 山东省招远市第一中学						
1998.09-2002.07 山东大学光学系 光学 学士						
2002.09-2007.08 中国科学院物理研究所 凝聚态物理 博士						
2007.10-2011.10 美国劳伦斯伯克利国家实验室/加州大学伯克利分校 博士后						
2011.11-2012.12 中国科学院大连化学物理研究所 副研究员						
2011.11-2016.06 中国科学院大连化学物理研究所 研究员						

主要经验及业绩

(可根据个人情况分项填写)

自 2011 年加入大连化学物理研究所，研究工作可以分为两个阶段。2013 年以前主要是聚焦于表面化学，利用博士后期间掌握和发展的原位表征技术，协助包信和院士研究团队的其他研究人员，具体开展了两项工作，第一是利用原位 X 射线吸收光谱，研究了金属性和半导体性的碳纳米管对于包裹在碳纳米管内部的镱金属的氧化还原过程的调控作用，相关工作发表于 Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 110, 14861-14866 (2013)；第二是利用近常压 X 射线光电子能谱，系统地研究了气体分子在石墨烯/金属界面的插层现象，并揭示了石墨烯对金属表面化学反应活性的影响 (Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 111, 17023-17028 (2014))。另外基于前期研究工作的积累，受邀撰写了一篇关于利用扫描隧道显微镜研究催化反应过程的综述文章，发表于 Acc. Chem. Res. 48, 1524-1531, (2015)。

考虑到国家对洁净能源的重大需求，以及大连化物所洁净能源国家实验室（筹）在新型能源材料方向上的部署，并结合自己的表界面物理和化学的背景，自 2013 年下半年，主要研究方向调整为二维热电材料。热电材料是一种可以实现热能和电能相互转化的能源材料，在民用和国防军事领域都有重要的应用价值。评价热电材料性能好坏的参数是热电优值 ZT ， $ZT = S^2 \sigma T / \kappa$ ，其中 S 表示 Seebeck 系数， σ 表示电导率， T 表示绝对温度， κ 表示热导， ZT 值越高，热电能量转化效率越高。但是传统的热电材料通常都是含有碲、铅、铋等有毒并且价格昂贵的贵金属，极大地限制了其大规模的产业应用。我们热电研究的整体思路是聚焦于开发环境友好的非常规热电材料，包括硫化物、硒化物和碳基材料，结合包信和研究团队表界面研究的特色和优势，着重于从原子尺度上调控和理解二维薄膜热电材料的性质，从新材料、新表征和新概念三个角度出发，力争在二维热电材料研究中取得创新性的成果并在实际应用上取得进展。

工欲善其事必先利其器，从 2013 年到 2015 年这两年工作的重中之重是热电实验室的搭建，在包信和院士和大连化物所的大力支持下，围绕着低维热电研究的关键科学问题，以面向国民经济的实际应用为目标和导向，经过两年多的时间，从零开始，顺利经过实验室装修、仪器设备的设计、签约、安装和调试，目前基本完成热电实验室的搭建。该实验室目前可以实现体相热电材料和二维薄膜热电材料两个不同研究体系的材料制备和性能测试，其中专门针对体相热电材料研究的设备包括用于材料成型的放电等离子烧结系统 (LABOX-650F)，电导和塞贝克系数测量装置 (ZEM-3)，热导率测量装置激光导热仪

(LFA457), 专门针对薄膜热电材料研究的设备包括可用于低维材料生长的化学气相沉积 (CVD) 系统以及分子束外延生长 (MBE) 系统, 测量纳米材料形貌和微观电学性质的红外近场光学显微镜 (IR-SNOM) 和扫描隧道显微镜 (STM), 以及自主研制的用于二维薄膜热电性质测量的四探针系统。

基于热电实验室的成功搭建, 紧密围绕二维热电材料的科学问题和研究目标, 这两年在热电研究方面的具体科研进展如下:

1. 二维硫族化合物热电性质的研究

具有层状结构的硫族化合物, 例如二硫化钼 (MoS_2) 和二硫化钨 (WS_2), 由于其独特的物理化学性质, 正受到越来越多的关注。目前硫族化合物作为热电材料的研究不是很多, 并主要集中在薄膜的研究, 例如虽然单层 MoS_2 的 Seebeck 系数很大, 但是作为热电材料仍存在很大的挑战, 主要是电阻和热导太大, 目前实验上报道的最好的热电优值 ZT 也仅仅只有 0.05。我们利用有效的元素掺杂技术, 大幅度提高了 WS_2 的导电性, 同时有效地降低其热导, 并且维持较高的塞贝克系数, 从而极大地提高了其热电优值, 目前最高值在 1000K 已经达到 0.22, 比初始没有掺杂的 WS_2 提高了 70 多倍; 我们还观察到, 由于其独特的二维特性, WS_2 的热电性质表现出明显的各项异性, 该部分工作已经申请了国内专利 (申请号 201510962265.4), 文章已投至 J. Mater. Chem. A (现处于 Revision 状态)。另外通过选用不同的元素掺杂, 我们成功的获得了稳定的 n 型和 p 型的 MoS_2 材料, 并都取得了较高的热电优值, 这些研究为开发全 MoS_2 热电器件迈出了至关重要的一步。该部分工作已经申请了国内专利 (申请号 201510961008.9), 并已经投稿。

2. 二维石墨烯热电性质的探索

由于其优异的物理化学性质, 石墨烯作为一种二维材料自 2004 首次报道以来, 受到科学界的广泛和持续关注。石墨烯具有优异的导电性以及可观的塞贝克系数, 使其成为潜在的热电材料, 但是其超高的导热性 ($>1000 \text{ W/mK}$) 极大地限制了其整体的热电优值。我们通过对石墨烯进行氧化改性, 发现通过引入氧、缺陷以及界面散射, 氧化石墨烯的热导可以得到大幅度的降低到 0.15 W/mK , 实现如此低的热导是开发石墨烯基热电材料的保证和前提。另外我们还研究其导电性质, 发现对于高氧化程度的氧化石墨烯在含水的情况下, 存在电子导电和质子导电共存的导电机理, 这方面的研究将对开发新型离子导电热电材料以及石墨烯其它方面例如超级电容器和燃料电池中的应用有重要指导作用, 该工作发表在 Carbon 101, 338–344 (2016)。

3. 硫化亚铜热电性质的研究

最近硫化亚铜 (Cu_2S) 作为一种环境友好的热电材料受到业界很大的关注, 一方面铜和硫都是自然界广泛存在的元素, Cu_2S 价格便宜, 环境友好, 另一方面 Cu_2S 具有较大的热电优值, 目前报道的最高 ZT 已经可以达到 1.9 (970K)。但是 Cu_2S 在升降温过程中存在复杂的结构相变, 并且铜离子在电流施加过程中具有非常高的迁移率, 导致了 Cu_2S 在实际应用时出现严重的铜偏析和样品变形, 如何提高稳定性和机械强度是 Cu_2S 实际应用面临的瓶颈问题。我们发现通过合适的元素掺杂, 既可以提高 Cu_2S 热电性质, 又可以有效的抑制 Cu_2S 的结构相变, 并且抑制铜的偏析和形变, 该研究一方面为研究 Cu_2S 基热电材料的机理问题提供了重要的研究平台, 另一方面将极大促进 Cu_2S 的实用化进程。该工作已投至 J. Mater. Chem. A (现处于 Revision 状态)。

4. 硒化锡热电性质的研究

2013 年研究发现硒化锡 (SnSe) 单晶材料具有超高热电优值, ZT (923K) 峰值可以达到 2.6, 该超高热电优值被归结于单晶 SnSe 的层状结构导致的超低晶格热导。能否在多晶 SnSe 材料通过引入更多的界面散射进一步降低晶格热导, 从而进一步提高热电优值? 能否通过引入其他元素对其热电性质进行调控? 我们利用球磨和放电等离子烧结工艺成功制备多晶 SnSe , 并系统地研究了不同掺杂元素对多晶 SnSe 热电性质的影响, 发现合适的元素掺杂确实可以显著提高多晶 SnSe 的热电性能。该研究对于理解 SnSe 超高热电优值提供了有用的信息, 并且为多晶 SnSe 材料的热电器件化迈出了重要的一步。这部分工作正在整理中。

除了上述工作, 我们还利用化学气相沉积 (CVD) 和分子束外延 (MBE) 成功获得了 SnSe 、 FeSe 、 Bi_2Se_3 、 MoS_2 的二维原子晶体, 并利用红外近场光学显微镜 (IR-SNOM) 进行了微观电学和光学性质的表征, 相关研究工作正在深入展开。

总之, 经过两年多的热电材料研究, 目前研究方向已经明确聚焦到二维热电材料, 并取得了一些进展, 实验室建设和人员队伍建设也有了一定的积累, 有信心和有能力在国家洁净能源国家实验室里带领二维热电材料小组做出优秀的业绩。

(本表可扩充)