

合肥研究院研发出新型高效固态热整流二极管

近期，中国科学院合肥物质科学研究院固体所研究员童鹏团队基于前期研发的新型热导率自主调控材料，研制出具有优异热整流性能的固态热二极管，相关研究结果以Large thermal rectification in a solid-state thermal diode constructed of iron-doped nickel sulfide and alumina为题，发表在Physical Review Applied上。

据统计，目前约90%的能源在使用过程中涉及热量的产生和操控。从化石燃料发电，到废热回收利用、建筑物供暖，再到动力电池热管理、微电子器件散热等，都离不开热量的产生与传输。因此，有效控制热量，使其按需、有序传输，对于提高能源利用率、实现节能减排和可持续发展均具有重要意义。

热二极管是重要的热流控制元件，在热量收集、储热、制冷等领域具有广阔应用前景。在热二极管中，热流正向导通，而沿相反方向则受到阻碍，即热整流效应。按照热量传输方式（对流、辐射和传导）的不同，实现热整流的方法也有所不同。利用气体或液体在不同方向的对流强度不同、材料的辐射率随温度的非线性变化，可实现较大的热整流效应，但其装置难以小型化。将具有相反的热导率温度关系的两种固态材料构筑成异质结，可获得传导热整流效应，并能避免上述问题。其中，具有非线性热导率温度依赖关系的固态材料是实现高整流效率的关键。

童鹏团队在前期研究中发现六角硫化物 $\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_x\text{S}$ 具有奇异热导率跳变行为，热导率在相变处变化率高达200%，即该材料的导热能力在高低温下存在巨大差异。在此基础上，研究人员利用 $\text{Ni}_{0.85}\text{Fe}_{0.15}\text{S}$ 和 Al_2O_3 分别作为两端构筑了热二极管，其具有优异的整流性能：当热二极管冷端温度设定为250K时，在温差为97K条件下，最大热整流系数可达1.51。在小于100K的驱动温差下，其最大热整流系数也高于已报道的同类固态热二极管。虽然镍钛合金基热二极管的最大热整流系数接近1.5，但其对应的驱动温差大于150K，且工作温区远高于室温，实际应用受到限制。通过理论计算，研究阐明了最大热整流系数对 $\text{Ni}_{0.85}\text{Fe}_{0.15}\text{S}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 长度比、冷端温度以及 $\text{Ni}_{0.85}\text{Fe}_{0.15}\text{S}$ 一级相变陡峭程度的依赖关系，为进一步提高热整流系数提供了理论依据，也为基于固态相变材料设计新型热二极管提供了参考。此外，研究发现 $\text{Ni}_{1-x}\text{Fe}_x\text{S}$ 系列材料的相变温度可以通过改变Fe含量进行调控，且均具有可逆的热导率突变，为设计和构建面向不同工作温区和应用环境的高性能固态热二极管提供了备选材料。

研究工作得到国家自然科学基金、中科院前沿科学重点研究计划和中科院合肥大科学中心高端用户培育基金项目的资助。

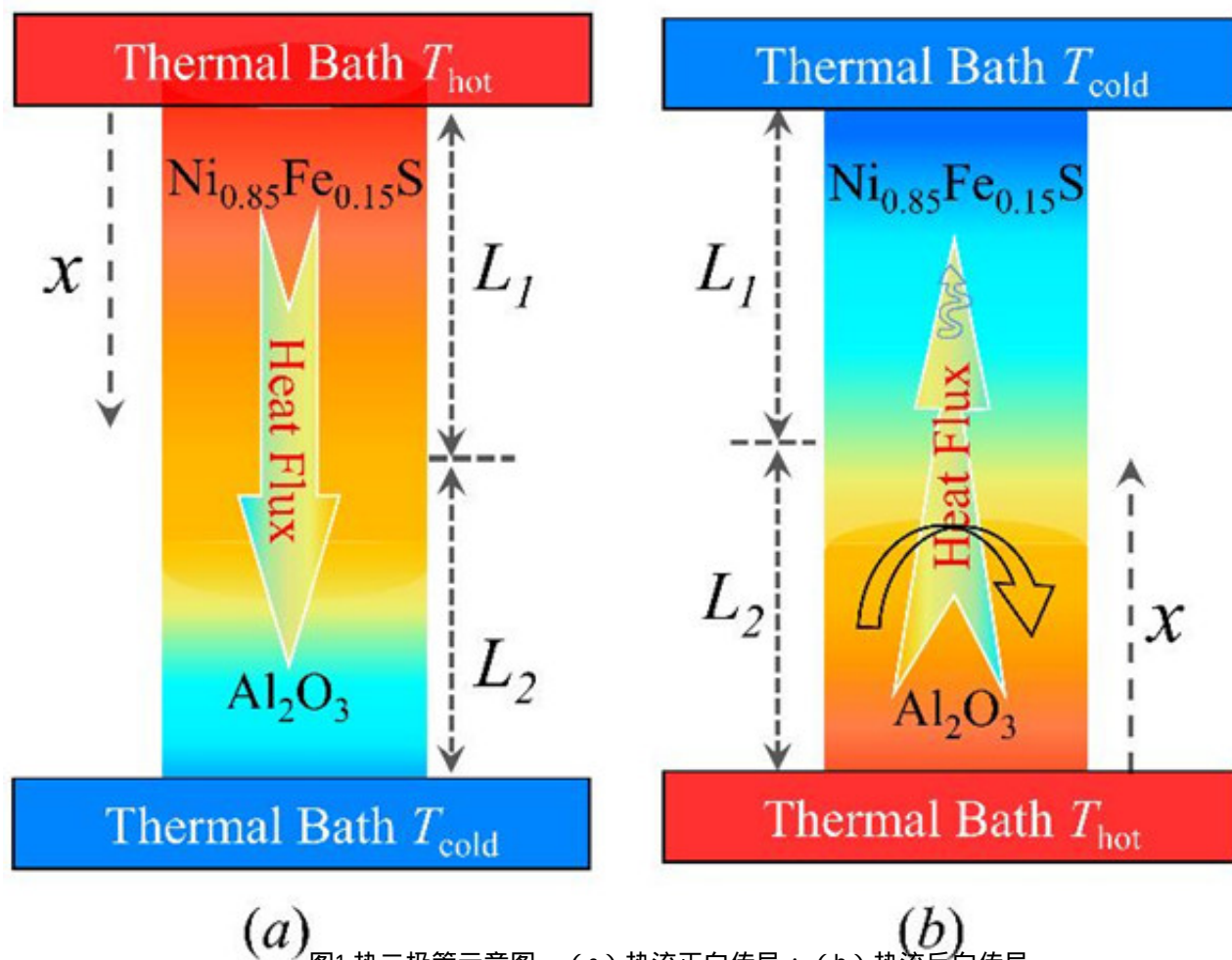


图1.热二极管示意图。(a) 热流正向传导；(b) 热流反向传导

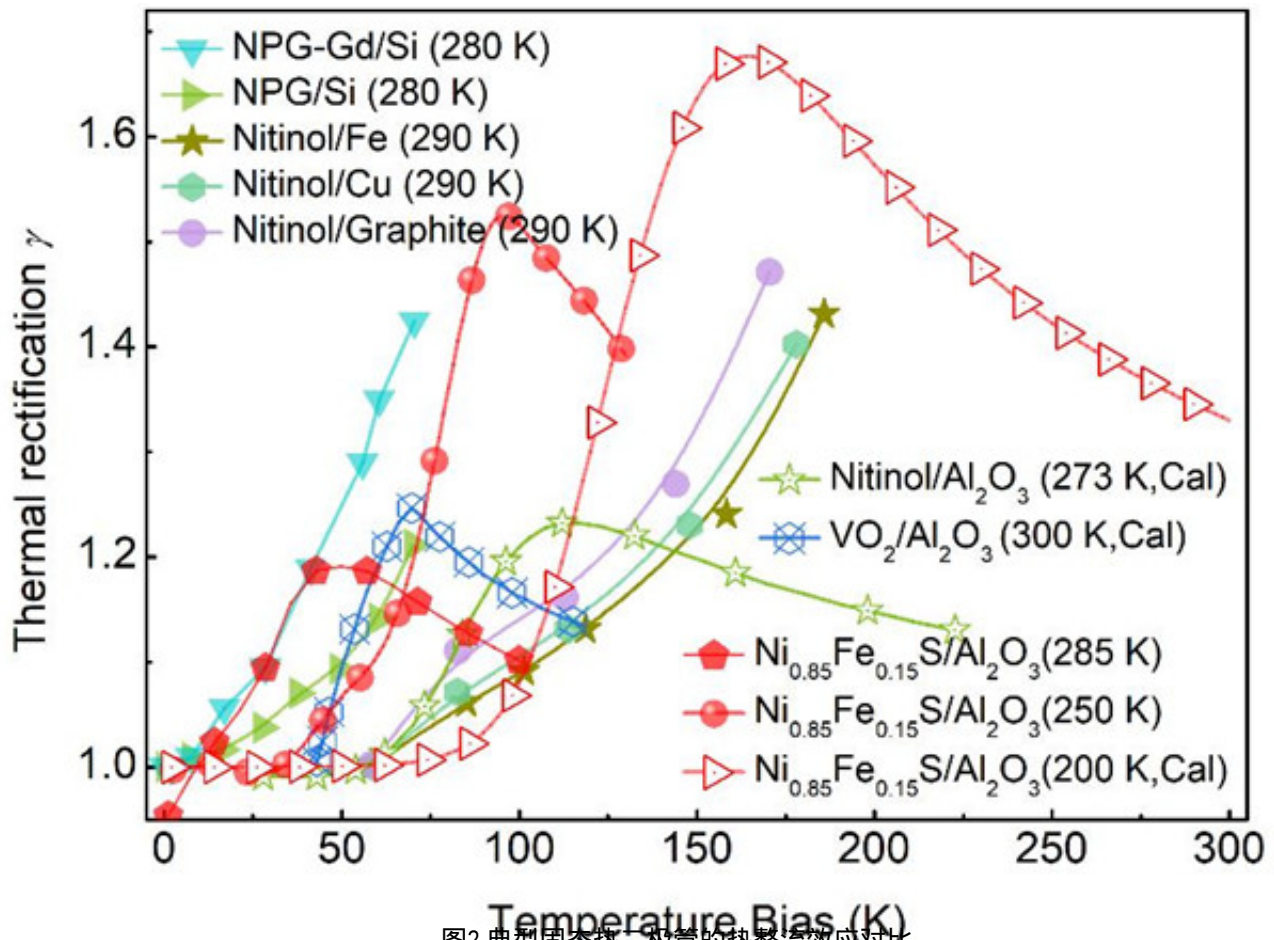


图2.典型固态热二极管的热整流效应对比

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/172997.html>