

金属所高性能柔性复合热电材料研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/2961.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！

金属所高性能柔性复合热电材料研究取得进展。热电材料是一种不需任何外力即可将“热能”与“电能”相互转换的“绿色”能源材料，可利用生活、生产中的废热发电，或在施加偏压条件下实现热量的精准传输，被广泛应用于温差电池供电、微系统芯片控温制冷等领域。传统的热电材料为无机共价键/离子键晶体，例如碲化铋(Bi_2Te_3)是目前应用最广的热电材料，其周期性层状结构内为共价键/离子键连接，而层间为弱范德华力连接，因而具有本征的脆性，不能发生柔性变形。传统热电材料在实际应用中无法紧密贴合具有复杂曲率变化的热源表面(如热源管道、人体体表等)，这种不良热接触导致热量散失和较低的热电转化效率;同时也难以适应热电器件日趋微型化和高度集成化发展的需要。因此，高性能柔性热电材料的研发已成为该领域研究的重点和难点。

近期，中国科学院金属研究所研究员邵凯平课题组、刘畅课题组与合作者研制出一种高性能碲化铋/单壁碳纳米管($\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{SWCNT}$)柔性热电材料。研究人员采用自主设计改进的磁控溅射沉积系统，以具有优异力学和电学性能的自支撑碳纳米管三维网络为骨架，利用亚纳米尺度的碳管束沟槽限制扩散和诱导有序形核以及薄膜材料的温度选择性晶面生长机理，首次制备出具有高度有序显微特征的 $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{SWCNT}$ 复合自支撑热电薄膜材料。该复合材料具有纳米孔隙结构，沉积的 Bi_2Te_3 纳米晶粒紧密附着于碳纳米管束表面，且具有高度(0001)面织构， $\text{Bi}_2\text{Te}_3\langle -12-10 \rangle$ 晶向平行于碳纳米管束轴线，相邻 Bi_2Te_3 纳米晶粒间为小角度取向倾转晶界。 $\text{Bi}_2\text{Te}_3(0001)$ 面织构有利于提高载流子面内传导，小角度晶界能进一步降低其对于传导载流子的散射作用，纳米孔隙结构和 $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{SWCNT}$ 界面等缺陷起到散射声子降低热导率的作用。研究显示在这种(0001)面织构中，经弱范德华力连接的 Te1-Te1 -原子面平行于复合薄膜自由表面，范德华力层间的相对运动是复合薄膜沿面外弯曲变形时表现出良好柔性的重要机制，相邻 $\text{Bi}_2\text{Te}_3\langle -12-10 \rangle$ 晶向高度取向一致，且为(0001)范德华力晶面上的易滑移方向，这有利于范德华层间位移在相邻晶粒间的传递。此外，纳米孔隙结构也有利于容纳材料柔性变形时的相对位移，进一步提高柔性变形能力。独特的显微结构赋予该复合材料在室温至100摄氏度范围内，沿(0001)面内方向的热电优值(ZT)高达~0.9，与商用块体脆性热电材料ZT性能相当，同时具有非常优异的弯曲柔性力学性能。进一步研究表明，由于该复合材料具有良好的弯曲柔性与自支撑结构，因此可使用离子束、飞秒激光等微纳加工方法将其裁剪成任意几何形状和转移至各种类型的基底上，有利于灵活方便地制备各种结构的热电器件，甚至可以通过静电力等非接触式方法操控该复合热电材料。同时，研究表明该复合材料的制备原理和技术可同样适用于其他具有弱范德华力连接的层状结构半导体材料体系，在柔性半导体材料和器件领域具有广泛的应用前景。

相关研究成果“Flexible layer-structured Bi_2Te_3 thermoelectric on a carbon nanotube scaffold”于11月19日在《自然-材料》(Nature Materials)在线发表。该工作获得国家重点研发计划、国家自然科学基金、中科院装备研制项目、中科院百人计划等的支持和金属所公共技术服务部

研究员谭军的大力协助。

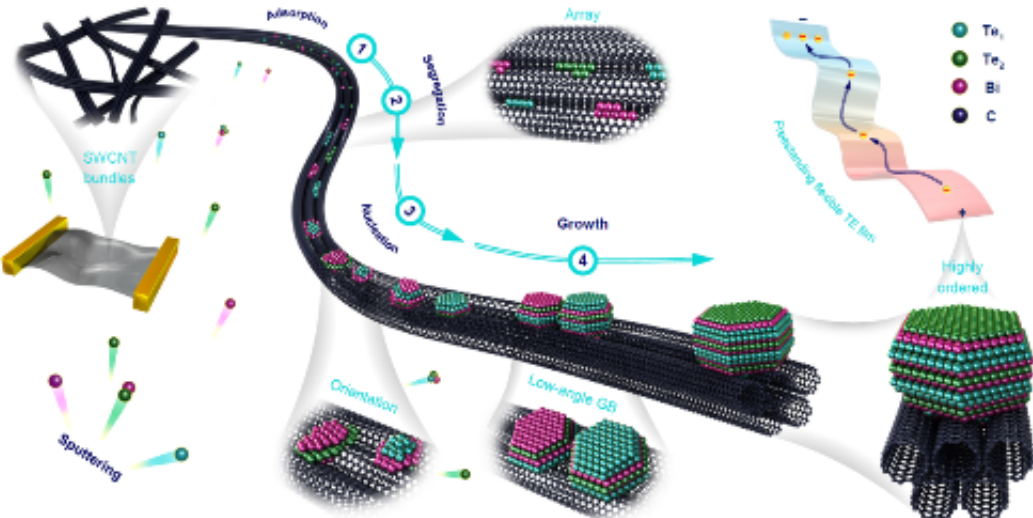


图1 Bi₂Te₃-SWCNT复合自支撑热电薄膜材料生长结构示意图

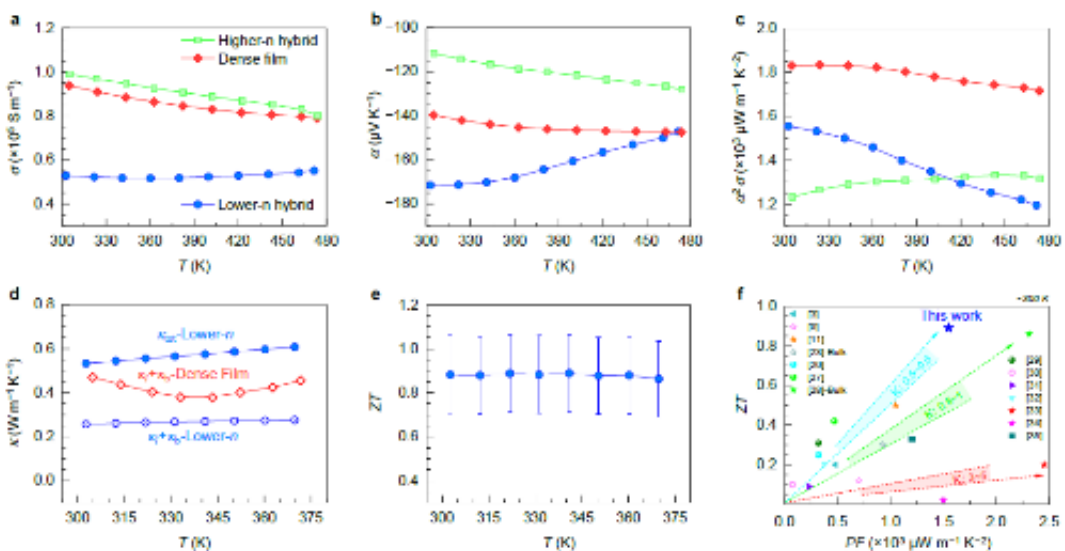


图2 Bi₂Te₃-SWCNT复合材料热电性能分析

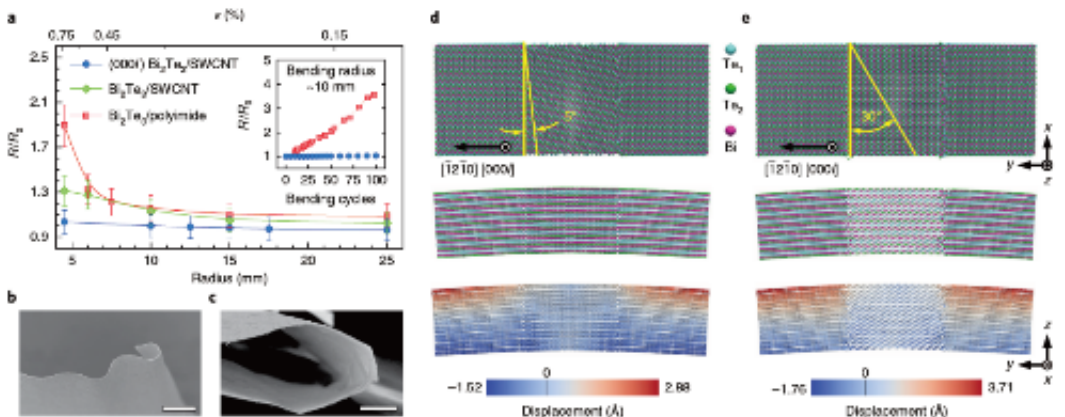


图3 Bi₂Te₃-SWCNT复合材料弯曲柔性性能分析与MD分子动力学模拟

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发