

SHMFF用户利用磁场辅助微结构调控热电材料性能取得新进展

近期，稳态强磁场实验装置（SHMFF）用户南京理工大学教授唐国栋课题组利用强磁场原位水热合成SnSe热电材料，实现了对材料微结构的调控，显著提升其热电性能，说明利用强磁场调控热电材料微结构及其电子声子输运，可有效优化热电材料性能。相关研究成果发表在国际期刊Journal of Materials Chemistry A 上。

热电材料是实现热能和电能直接相互转换的功能材料，用热电材料制成的温差发电装置和制冷装置具有无需传动部件、运行安静、尺寸小、无污染等诸多突出优点，在温差发电和便携式制冷等领域有重要应用前景。研发具有高热电性能材料进而实现高效能量转换是实现热电材料规模应用的关键。国家、行业和企业对热电新技术的需求十分迫切。决定热电材料性能的重要参数是热电优值（ZT），其大小由Seebeck系数（S）、电导率（ σ ）和热导率（ k ）共同决定。目前，对热电材料的微结构调控是提高热电性能的有效手段，而磁场是对物质微结构进行调控的一种重要手段。

在众多体系的热电材料中，SnSe基化合物具有热电性能较高、元素无毒性、来源丰富、成本低等优势，是极具发展前景的一类热电材料。唐国栋课题组采用强磁场原位水热合成技术制备出了Se量子点/Sn_{0.99}Pb_{0.01}Se纳米材料，研究了磁场对材料微结构及其热电性能的影响。研究人员分两步制备材料，首先在不同的磁场下（零场，5T, 9T）进行水热合成，然后用放电等离子体烧结。在高角环形暗场扫描透射电镜（HAADF-STEM）的表征中发现，磁场能够对材料的微结构产生明显影响：其一，磁场引起晶粒尺寸的减小；其二，磁场能够对纳米析出相的形状、尺寸和空间分布产生明显影响（图1）；更重要的是，磁场还导致Se量子点的形成。针对微结构的变化，通过对磁场下成核自由能的分析可以获得很好的说明（图2）。

课题组发现，磁场下合成的样品的Seebeck系数大幅提高（图3a），这主要归因于Se量子点的出现引起电子结构的变化。紫外光电子能谱(UPS)测量表明，Se量子点导致费米能(E_f)附近具有更大的电子态密度，从而提高了材料的Seebeck系数和功率因子。另一方面，磁场下合成的样品中Se量子点、更小的晶粒尺寸、纳米析出相使其具有极低热导率。通过强磁场调控热电材料的电声输运，使得磁场下合成的样品热电优值显著增加，最大ZT约为2.0，与零场下制备的样品相比，最大增幅达到了47%，证明了强磁场是提高热电性能的有效手段。

该研究成果为热电材料的设计和性能优化提供了新思路，推动了新型高性能热电材料的研发与应用。

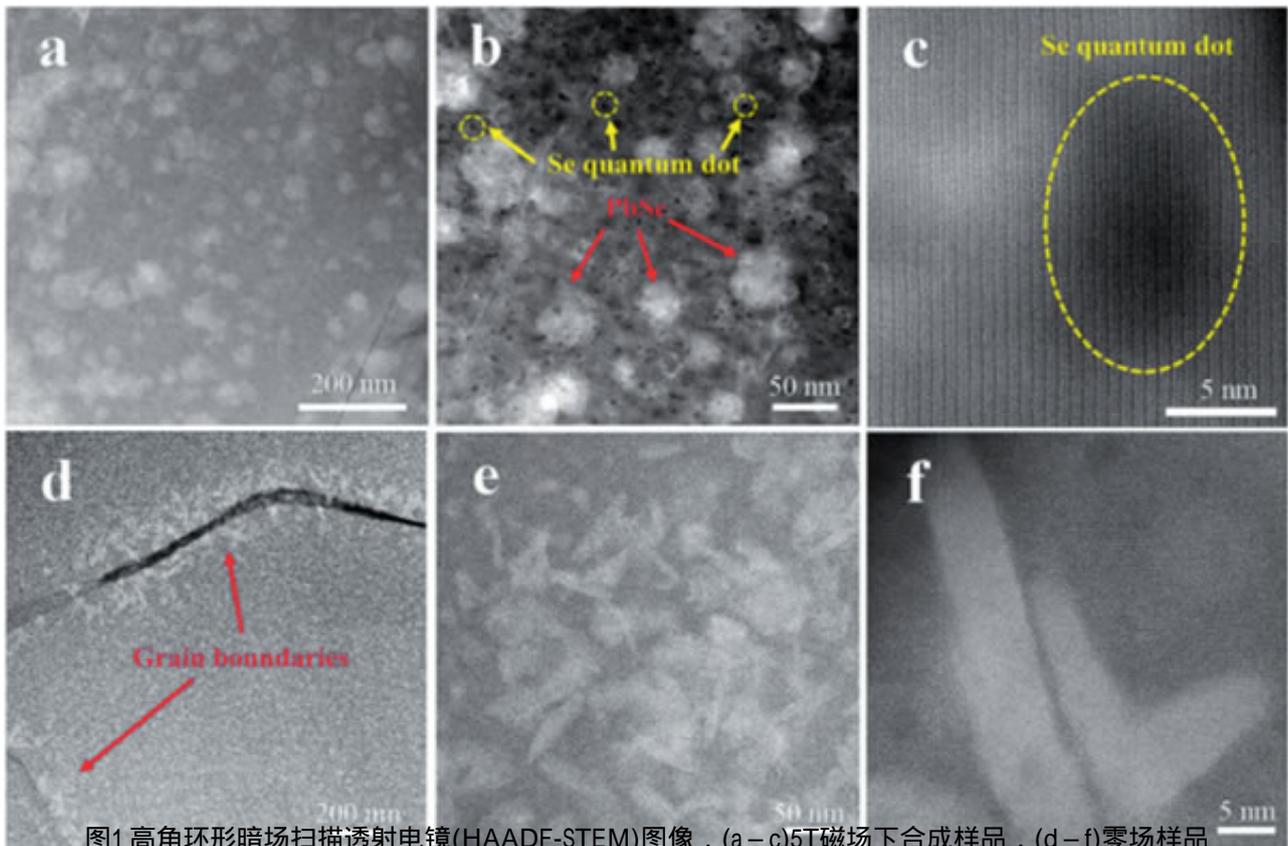


图1 高角环形暗场扫描透射电镜(HAADF-STEM)图像，(a-c)5T磁场下合成样品，(d-f)零场样品

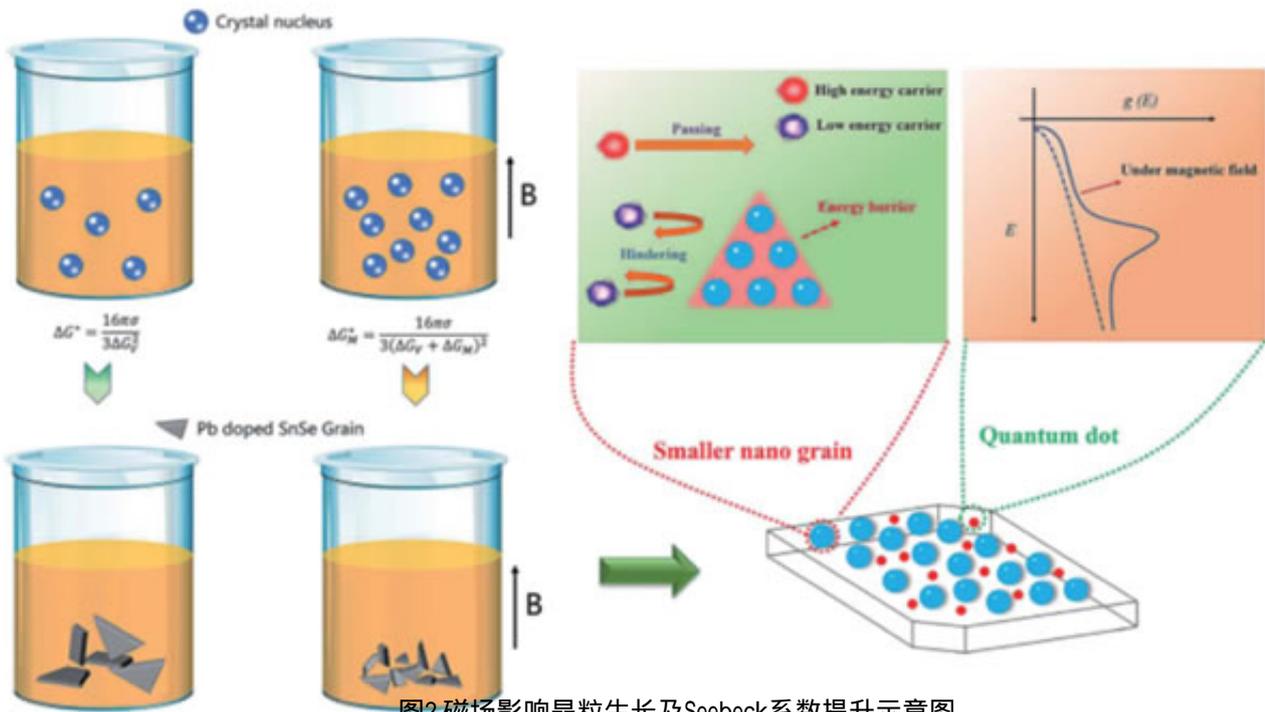


图2 磁场影响晶粒生长及Seebeck系数提升示意图

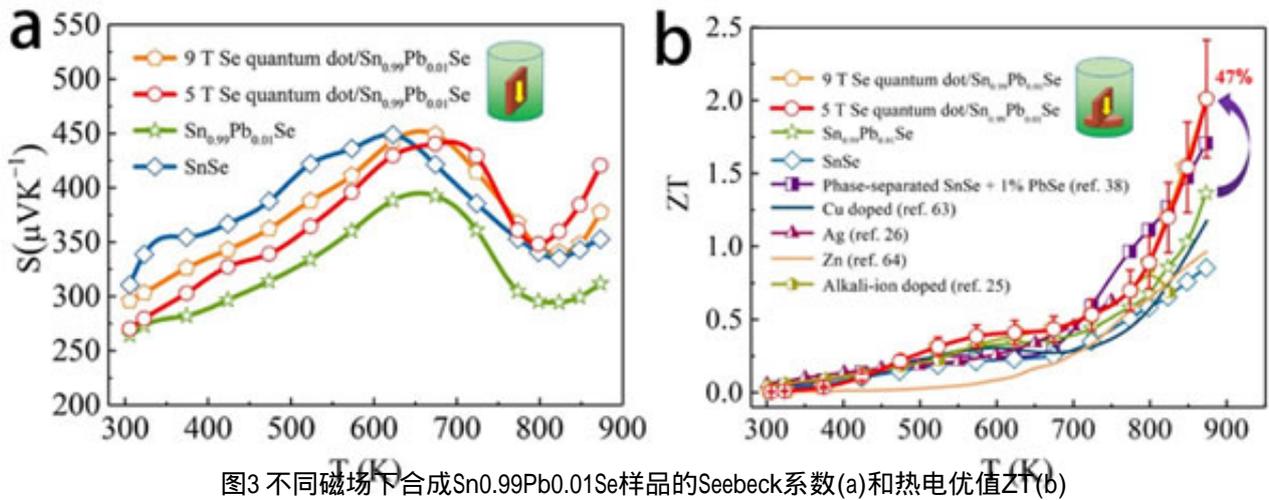


图3 不同磁场下合成 $\text{Sn}_{0.99}\text{Pb}_{0.01}\text{Se}$ 样品的Seebeck系数(a)和热电优值 ZT (b)

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/143258.html>