

检测到正在使用 Internet Explorer 8。为了更好地浏览新闻经纬，请将浏览器升级到更高版本或更换浏览器 [点击此处安装新内核 \(/download/GoogleChromeFrameStandaloneEnterprise.msi\)](#)

[\(1\)](#)[首页 \(/\)](#)[综合 \(/zonghe\)](#)[校园 \(/campus\)](#)[资讯 \(/information\)](#)[人物 \(/people\)](#)[焦点 \(/reporter\)](#)[媒体 \(/media\)](#)[专题 \(/\)](#)

Q

Nature在线发表我校张清杰教授团队原创性成果的论文

发布：2017-9-14 来源：新材料研究所 浏览：10466

新闻经纬讯 9月13日美国东部时间上午，北京时间9月14日凌晨，Nature在线发表我校张清杰教授团队原创性成果的论文：Superparamagnetic enhancement of thermoelectric performance。论文刚一上线，中国海归学者发起的公益学术交流平台知社学术圈第一时间发布了这个重要消息，其他媒体相继报道。

下面是知社学术圈消息全文。

今日Nature：超顺磁纳米粒子大幅度提升热电性能

导言：

美国东部时间9月13日中午，北京时间9月14日清晨，Nature杂志在线发表武汉理工大学张清杰教授团队研究论文“Superparamagnetic enhancement of thermoelectric performance”，巧妙地利用热电材料中纳米粒子铁磁-超顺磁转变产生的热电磁相互作用，大幅度提升热电性能，颠覆了此前人们普遍信奉的磁性杂质对半导体电输运不利的认知。

Nature同期发表美国俄亥俄州立大学Boona教授撰写的专题文章，对这一工作做了亮点评述。

该团队前不久还在Nature Nanotechnology发表论文，利用热电材料中纳米粒子铁磁-顺磁转变产生的电磁相互作用抑制本征激发下热电性能劣化，这两项工作的发表时间相距不到一年。

热电材料能实现热能与电能之间的可逆转换，在废热回收利用、固态热管理等方面具有广泛的应用前景，最为著名的应用应该是为美国宇航局所发射的旅行者号空间探测器提供能源。旅行者号空间探测器刚刚庆祝完40岁生日，40年过去了，旅行者一号和二号仍然在不懈地前行，可见热电材料热电转换的超高可靠性。



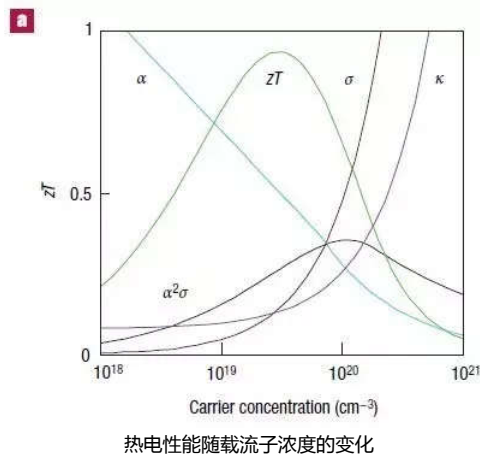
旅行者号探测器

然而，热电材料在不计成本的空间探测之外的商业应用，并没有形成规模。究其原因，是因为热电转换效率取决于所谓的热电优值ZT（可以通过测量得到的电导率、热导率和Seebeck系数进行计算）。高的ZT值需要同时具有高的电导率与Seebeck系数和低的热导率，显然这是一个悖论。从我们的生活常识就知道，金属是优

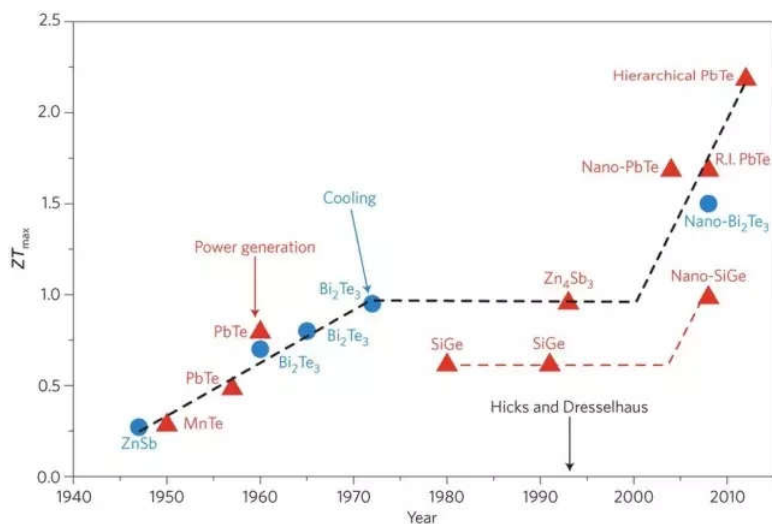
公告 (/bulletin)

[关于2018年下半年大学英语四、六级考](#)
[关于2018年中秋节、国庆节放假安排的](#)
[关于2018年中秋节、国庆节放假期间本](#)
[关于学生校外门诊医疗费报销的通知 \(/a](#)
[关于中国青年志愿者扶贫接力计划第二](#)
[英法双语实验班笔试通知 \(/article/74894](#)
[关于2018-2019学年第一学期课程补退...](#)
[关于西院分馆临时闭馆的通知 \(/article/7](#)
[马房山校区西院停电通知 \(/article/74891](#)
[关于2018年下半年中国少数民族汉语水](#)

良的电和热的导体，陶瓷是好的热和电的绝缘体，熊掌与鱼翅不可得兼。如果深究其原因的话，那是因为带电载流子不仅导电也导热，因此热电材料的热导率是载流子和声子的双重贡献。Jeff Snyder在Nature Materials综述文章中用下图指出了这三项指标在微观机理方面的不可调和性。

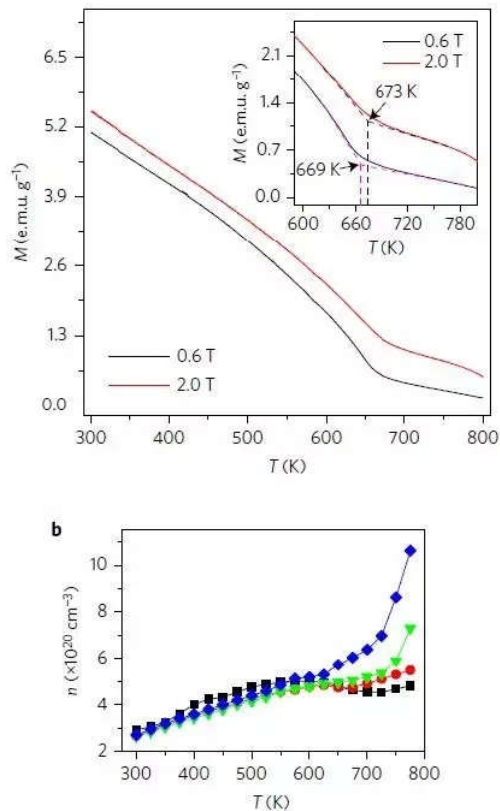


这也是为什么在过去相当长的一段时间内热电材料研发进展非常缓慢的原因。2013年Mildred Dresselhaus发表在Nature Nanotechnology上的综述文章中用下图清楚地显示了热电材料的艰难发展历史，在上世纪后期的30多年时间里，热电材料ZT值停滞不前，几乎没有提升。拐点出现在新的世纪，随着纳米结构的涌现以及人们对电热输运规律认识的不断深入，也因为中国学者的大规模加入，热电材料的ZT值才被大幅度提升，在短短的十几年时间里，很多热电材料的ZT值都实现了翻倍提升。



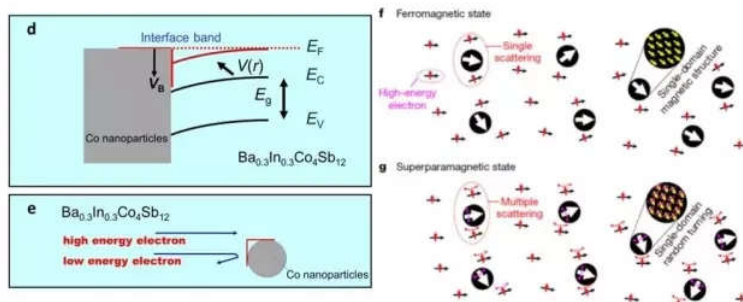
此前的热电材料性能提升主要基于两大策略展开：一个是增强声子散射，降低声子热导率，大多通过纳米结构的大量界面予以实现；另一个则是通过能带结构调控，优化电导率和Seebeck系数予以实现。此外，传统的认识认为磁性杂质对半导体的电输运是不利的，因此在材料制备过程中需要尽量避免。这恰恰正是武汉理工大学团队另辟蹊径、颠覆人们认知的地方。

在2016年发表于Nature Nanotechnology上题为“Magnetoelectric interaction and transport behaviours in magnetic nanocomposite thermoelectric materials”的文章中，武汉理工大学团队在热电材料基体 $Ba_{0.3}In_{0.3}Co_{0.3}Sb_{1.2}$ 中引入硬磁纳米粒子 $BaFe_{12}O_{19}$ ，如下图所示，发现670 K附近在 $BaFe_{12}O_{19}$ 发生铁磁-顺磁相变时，复合材料的载流子浓度会出现反常的大幅度增大现象。经过分析，研究人员认为：在670 K以下，处于铁磁状态的纳米粒子相当于纳米尺度微磁场，运动电子会受到微磁场产生的洛伦兹力作用， $BaFe_{12}O_{19}$ 纳米粒子对带电载流子起束缚作用；而在670 K以上， $BaFe_{12}O_{19}$ 纳米粒子处于顺磁状态，洛伦兹力消失，释放出束缚电子，使得载流子浓度上升，同时提升Seebeck系数。这在很大程度上抵消了材料电导率随温度升高而降低的不利影响，而且纳米粒子的引入也降低了声子热导率，从而提升了材料ZT值，抑制了高温下材料热电性能的劣化。



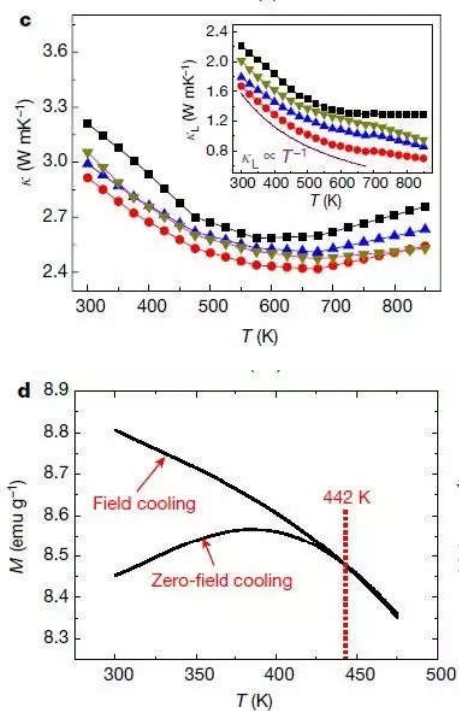
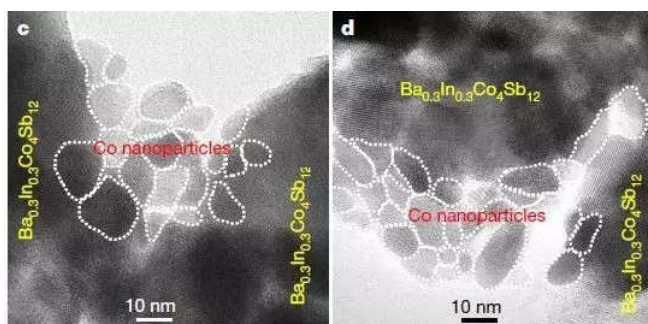
铁磁顺磁转变温度与载流子浓度随温度变化

而在今天所发表的Nature文章，他们更进一步将纳米粒子的磁性相变用到了极致，其核心思想是：通过将软磁纳米粒子加入到热电材料中，利用软磁纳米粒子铁磁-超顺磁转变产生的热电磁相互作用，在超顺磁状态下磁矩随机转动以及磁矩与电子自旋之间的类近藤作用形成电子多重散射中心，大幅度提高Seebeck系数等电输运性能，同时作为声子散射中心优化热输运性能，从而降低热导率和提升Seebeck系数。纳米粒子与基体材料之间功函数的差异，驱动磁性纳米粒子向基底注入电子，从而提升载流子浓度和电导率。这样，通过如下图所示的微观机制，磁性纳米粒子同时提升了电导率和Seebeck系数，降低了热导率，从而大幅度提升材料的热电优值ZT，其最大值达到1.8。



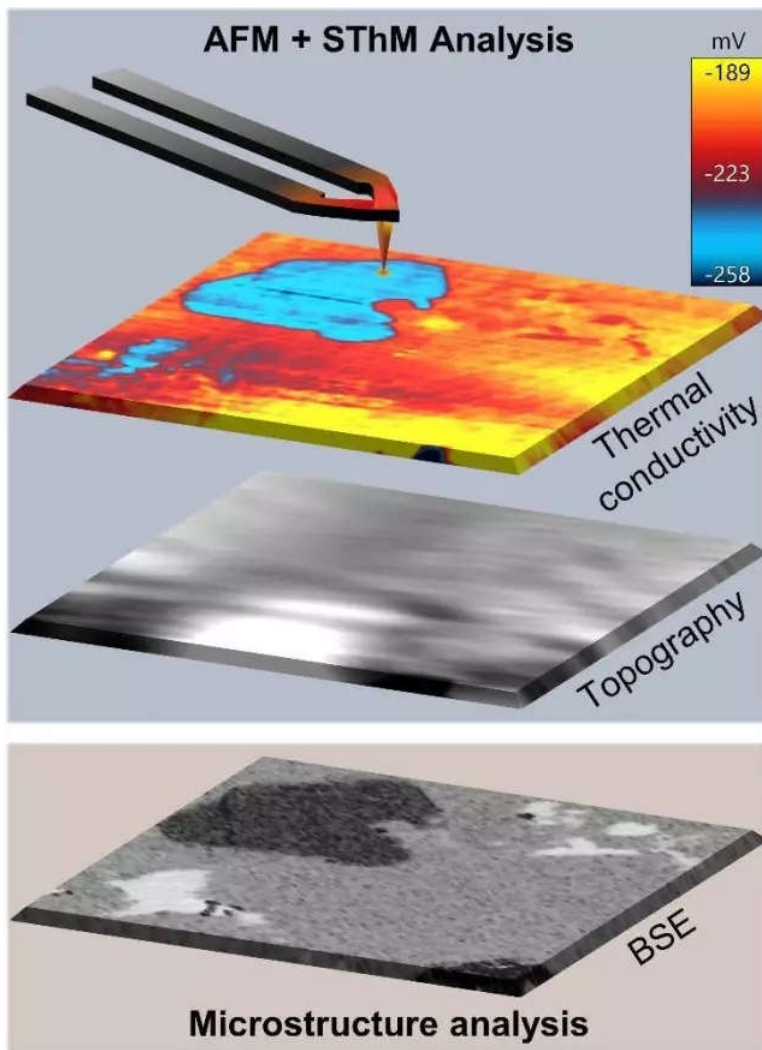
超顺磁纳米粒子的奇特作用：电荷注入、电子多重散射和声子散射

上图所示的微观机理非常美妙，研究人员是如何实现的呢？材料显微结构的透射电镜分析表明，如下图所示，热电材料基体中钴纳米粒子清晰可见，且有一定程度的团簇。其磁性与热电性能之间的关联，还可以通过铁磁-超顺磁转变和热导率随温度变化的关系曲线看出。



复合材料显微结构、热导率和钴纳米粒子铁磁-超顺磁转变

武汉理工大学这一开创性工作也提出一个非常有意思的命题，那就是磁性和电热输运性能在纳米尺度上的局域关联。目前，我们还缺乏直接测量这一关联的有效手段。先进扫描探针技术有可能在这一领域有所作为。最近在National Science Review在线发表的中国科学院深圳先进技术研究院和华盛顿大学的一项工作，题为“Quantitative nanoscale mapping of three-phase thermal conductivities in filled skutterudites via scanning thermal microscopy”，实现了纳米尺度热导率与复合材料微观结构的关联和定量测量，如下图所示。结合基于磁性探针的局域测量，将有可能直接揭示纳米粒子磁性相变对声子和电子散射的影响规律以及磁性纳米粒子对热电材料基体的电荷注入特征。



三相复合材料的热导率成像、形貌和复合结构

武汉理工大学这两篇论文的第一作者为赵文俞教授，通讯作者为张清杰教授和华盛顿大学杨继辉教授。

该消息来源：知社学术圈

供稿 新材料研究所 责任编辑 网宣

关键词 Nature 张清杰 论文

关注校园动态 打造新闻精品

本站所有文章版权归经纬网所有，如需转载，请先征得Token团队授权

© 2018 武汉理工大学经纬网

在线投稿 (/post)

用稿排行

投稿排行

1. 团委 (/ranks)
2. 新材料研究所 (/ranks)
3. 学生工作部 (/ranks)
4. 工会 (/ranks)
5. 交通学院 (/ranks)
6. 材料科学与工程学院 (/ranks)
7. 智能交通系统研究中心 (/ranks)

8. 教务处 (/ranks)
9. 国际交流与合作处 (/ranks)
10. 研究生院 (/ranks)



更多精彩



© 2017 Token Team (<http://token.wutnews.net/join>)

友情链接

- [学校主页 \(http://www.whut.edu.cn/\)](http://www.whut.edu.cn/)
- [党委宣传部 \(http://xcb.whut.edu.cn/\)](http://xcb.whut.edu.cn/)
- [理工党员网 \(http://lqdy.whut.edu.cn/\)](http://lqdy.whut.edu.cn/)
- [掌上理工大 \(http://iwut.wutnews.net/\)](http://iwut.wutnews.net/)
- [理工青年 \(http://youth.whut.edu.cn/\)](http://youth.whut.edu.cn/)
- [学工广场 \(http://stuplaza.whut.edu.cn/\)](http://stuplaza.whut.edu.cn/)
- [中国大学生在线 \(http://www.univs.cn/\)](http://www.univs.cn/)
- [清华大学新闻网 \(http://news.tsinghua.edu.cn/\)](http://news.tsinghua.edu.cn/)
- [武汉大学新闻网 \(http://news.whu.edu.cn/\)](http://news.whu.edu.cn/)
- [华中科技大学华中大在线 \(http://www.hustonline.net/\)](http://www.hustonline.net/)
- [华中师范大学华大在线 \(http://www.ccnu.com.cn/\)](http://www.ccnu.com.cn/)
- [中国地质大学地大之声 \(http://voice.cug.edu.cn/\)](http://voice.cug.edu.cn/)
- [中南财经政法大学文澜新闻网 \(http://news.znufe.edu.cn/\)](http://news.znufe.edu.cn/)
- [华中农业大学南湖新闻网 \(http://news.hzau.edu.cn/\)](http://news.hzau.edu.cn/)
- [人民网 \(http://www.people.com.cn/\)](http://www.people.com.cn/)
- [新华网 \(http://www.xinhuanet.com/\)](http://www.xinhuanet.com/)
- [光明网 \(http://www.gmw.cn/\)](http://www.gmw.cn/)
- [荆楚网 \(http://www.cnhubei.com/\)](http://www.cnhubei.com/)

党宣旗下媒体

- [经纬网 \(http://www.wutnews.net/\)](http://www.wutnews.net/)
- [校报 \(http://newspaper.wutnews.net/\)](http://newspaper.wutnews.net/)
- [广播电视台 \(http://qbdsw.wutnews.net/\)](http://qbdsw.wutnews.net/)
- [微文化工作室 \(http://www.hqzs.wutnews.net/\)](http://www.hqzs.wutnews.net/)

