

蓬勃发展：从热电理论研究到器件应用

——热电材料分论坛侧记

文/武汉理工大学材料复合新技术国家重点实验室 祝婷 谭刚健

在“2019新材料国际发展趋势高层论坛（IFAM2019）”举办之际，专门组织召开“热电材料分论坛”。分论坛由武汉理工大学和《中国材料进展》杂志社联合承办，中国科学院上海硅酸盐研究所、清华大学、浙江大学、南方科技大学、北京航空航天大学、华中科技大学和武汉大学共同协办。武汉理工大学唐新峰教授主持开幕式，中国科学院院士、武汉理工大学校长张清杰致辞，中国科学院上海硅酸盐研究所陈立东研究员作分会总结。



唐新峰教授主持开幕式



张清杰院士致辞



陈立东研究员总结

专家齐聚 报告精彩纷呈

分会邀请了14位国内热电材料领域高校和研究所的热电材料专家，分别是：中国科学技术大学陈仙辉院士，中国科学院上海硅酸盐研究所陈立东研究员，浙江大学赵新兵教授，清华大学李敬峰教授，南方科技大学张文清教授，清华大学林元华教授，中国科学院上海硅酸盐研究所史迅研究员，浙江大学朱铁军教授，北京师范大学陈玲教授，北京航空航天大学邓元教授，南方科技大学何佳清教授，同济大学裴艳中教授，中国科学技术大学肖翀教授和哈尔滨工业大学隋解和教授。

13个邀请报告内容涵盖了热电材料中的众多热点研究。除传统 Bi_2Te_3 、Half-Heusler材料以外，还介绍了： CsCu_5S_3 、 CsCu_5Se_3 单晶材料的制备及其结构解析，类液态热电材料，拓扑绝缘体材料， Ag_2S 柔性材料，层状氧化物 BiCuSeO 热电材料，热电薄膜材料等。同时，专家们结合理论概念，对材料性能的影响因素进行了深入解读：磁场对拓扑绝缘体材料性能的影响、类液态热电材料的特点与性能稳定性研究、纳米复合方法对性能的协同调控作用、计算分析实验结果预测材料性能、本征点缺陷对性能的影响、声子色散与散射对性能的影响，微结构调控对性能的影响。专家们还介绍了新兴的材料表征手段：原位TEM、4D-超快TEM、原子分辨EDS、表征缺陷结构的正电子湮没技术、表征局域结构的X射线吸收谱学技术（XAFS）、表征能带结构的角分辨率光电子能谱（ARPES）等。热电材料的应用也是众人关注的热点，此次报告介绍了无机柔性半导体器件的制备方法与制备机理、热电薄膜器件的结构设计、定向薄膜制备方法等。

热烈讨论

Q：关于 CsCu_5S_3 及 CsCu_5Se_3 单晶材料的制备，在以前我也有过尝试，但总是无法排除其中的杂相，在您的工作中，制备出了纯相，您的制备思路是如何呢？如何得到纯的 CsCu_5Se_3 单晶材料？

A：如果用单质的Cs、Cu及Se作为原料来制备 CsCu_5Se_3 这一化合物，通过相图可以知道会有各种中间相的生成。而我们团队选择了以高温相 CsCu_4Se_3 作为起始原料，它比较稳定，与Cu单质反应后就能生成纯 CsCu_5Se_3 单晶材料，超过了其他杂质相生成的可能。

Q：热电薄膜器件的制备目前在实验室已经取得了一定的进展，但这种微器件的成本是否更大，商业化生产时如何控制成本？

A：热电器件的成本更多地来源于材料，而微器件的使用使得材料成本大幅度降低，目前制作一个器件的成品率在70%~80%之间，如果进行商业化生产，整体工艺可能会更加规范，成本会降低。



中国科学院上海硅酸盐研究所陈立东研究员总结：

中国的热电研究在国际上有着越来越重要的作用，后备军力量十足。从报告而言，与10年前相比，今天的报告有关于材料、应用、计算、理论和表征等各个方面，涵盖范围广，研究内容更加具有深度。各个单位之间开放合作，同心解决问题，未来可期。中国的年轻学者从前很难在国际热电领域获奖，而现在接近一半的奖项为中国学者所获。这一次的交流会更全面、更深层次，让我们共同期待下一次的交流。

2019 IFAM