



熱電發電技術面臨的新挑戰

技術主編：黃振東 J. D. Hwang

現職：工研院材化所 (MCL/ITRI) 金屬材料研究組 組長

學歷：國立清華大學材料博士

專長：金屬材料、熱管理材料、熱電材料

過去十年，熱電材料技術在奈米科技的推波助瀾下掀起新希望，並帶動新一波的研究風潮，這也促使低溫熱電材料 (Bi_2Te_3 系) 的熱電優值(ZT)突破以往的瓶頸，從傳統ZT~1進展到ZT > 1.4，而中溫熱電材料如CoSb₃系、PbTe系的ZT值更可達1.6以上。另外，美國密西根大學更發表了ZT = 2.2@900K的契合型奈米析出結構PbTe系熱電材料，這些都是拜奈米結構操控之賜而燃起新的契機及突破，雖然其穩定性及再現性仍有待考驗，但的確已帶來不少漣漪及曙光。

從相關的學術報導可知，熱電材料性能的確獲得不少突破，但不可諱言地，熱電模組的效能似乎沒有因新的材料特性提升而有大幅的提高，其原因頗耐人尋味。這當中有可能是模組性能提升不能單看材料的最大ZT值，而是平均ZT值；另一方面，熱電模組係由許多P/N對的熱電晶粒所組成，是否每個熱電晶粒都具有均一及高ZT的材料特性也是個大問題，因此在未確認高ZT奈米結構熱電材料再現性及可製造性之前，奢想大幅提高熱電模組性能(熱電轉換效率及輸出功率)仍是個挑戰。反過來的另一種務實思維則是在現有可量產的ZT~1材料中，透過最佳化模組設計及介面接合技術來提高模組的最佳性價比。熱電發電技術要具有經濟的產業應用，按美國能源部(DOE)對熱電在汽車廢熱回收之應用，認為需達到USD 2/W以下才具應用價值；而熱電在工業廢熱回收之應用，依日本JFE鋼廠於連鑄區建置10 kW級熱電發電系統之經驗，系統建置成本若控制在100萬日元/kW以內(<USD 10/W)即具有商業運轉價值，這就是熱電發電技術所要追求的目標及待克服的新挑戰，而不單是材料或模組的性能提升而已。

今年在美國田納西州所舉辦的國際熱電會議共有來自40餘國約550位人士與會、約500篇論文發表以及10個熱電相關企業聯合參展，由此可看出全球在熱電技術的研究發展熱度仍不減，也可看出大家研究的方向不再一味地追求高ZT熱電材料，反而更務實地探討模組組裝技術及最佳化設計，以獲致更好的性價比，亦即發電成本的降低已變成另一顯學，因為這才是關係熱電發電技術能否產業應用的重要關鍵。基於上述，本期熱電技術專題將先從今年國際熱電會議(ICT 2014)之論文發表來觀察剖析全球熱電技術之發展現況與未來方向，另外，也與讀者分享國內在奈米結構高ZT熱電材料之發展及熱電模組最佳化設計與模擬，以及如何運用橫向席貝克係數來提升薄型熱電元件之性能等相關議題，期能藉此專題讓大家更清楚掌握國內外熱電技術之最新發展與趨勢。🔗