

プロジェクター光源等排熱利用熱電変換システムの開発

ヤマハ(株) 堀尾 裕磨 Yuma HORIO

Key Words: 高性能熱電材料, 光源排熱利用, 民生用熱電変換

■ねらい

家電製品から発生する排熱は、産業機器に比べ小さなものではあるが、社会における総量は地球温暖化において無視できないものとなっている。ヤマハ株式会社は、身の回りにある民生用製品から発生する低品位の排熱を利用することを目的として、まずはプロジェクター等の光源排熱の利用に着目し、開発を行なった。

■独自のモジュール化、実装技術

弊社は、独自の高性能熱電材料とモジュール化技術、実装技術を有し、これを利用して既にペルチェ素子(冷却及び温度制御素子)として事業展開を行い、国内外から高い評価をいただいている。¹⁾⁻²⁾ 本開発においては、これらの技術を熱電変換に応用した結果、300 K以下の低温度領域において、世界最高水準の熱電変換素子の開発に成功した。さらにこれを応用することにより、プロジェクター光源からの排熱を回収し、熱電変換によって発生した電力を同一筐体内で利用できるプロジェクター機器を試作した。このシステムは、プロジェクター以外の照明機器等の排熱を利用した熱電変換システムにも容易に応用できるものである。

■材料の開発

材料技術

ビスマス-テルル系熱電材料を用いた。弊社独自の「液体急冷法を利用した高性能熱電材料」は、超急冷による微細結晶の結晶方位制御と熱電特性を制御する固化成形技術を利用している。ペルチェ素子と異なり、熱電変換素子への応用には「熱電特性の温度制御」が必要となる。すなわち、最高性能を示す温度ピークのシフトが重要である。本開発においては、材料組成とドーパント制御、固化成形及び加工条件の制御により、p型・n型ともに温度ピークシフトを確認し、これらをモジュール作製に利用した。

開発した材料の特性

開発した材料は、図1に示すように、微細な結晶粒を有し、結晶方位が一方向に揃っている。これは、抵抗率及び熱伝導率の低減に貢献し、高い性能指数(Z)を得るために有効である。熱電材料の性能指数として、p型・n型ともに、50 Kから200 Kの温度域平均値で $2.4 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ 以上の値が得られた。図2に、(0001)面に対する極点図を示す。図3に、N型材料における、性能指数の温度依存性を示す。組成とドーパント量制御により、性能指数の温度ピークシフトが実現されていることが確認される。

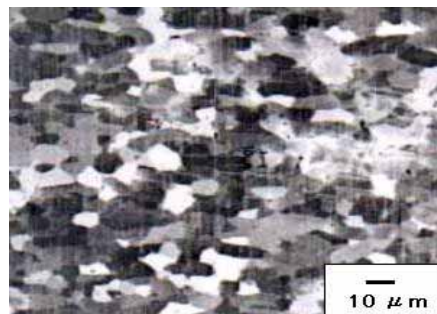


図1 開発材料のマイクロ組織

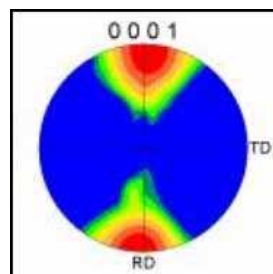


図2 (0001)極点図

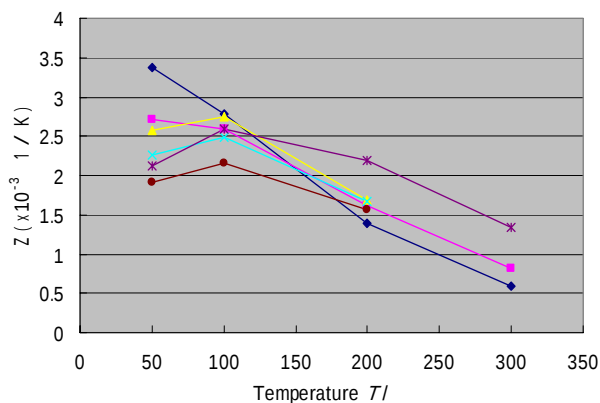


図3 性能指数(Z)の温度依存性(N型)

■熱電変換モジュールの開発

光源排熱利用のためのモジュール性能の最適化設計技術を用い、独自の高精度・高密度実装を応用して、熱電変換モジュールを試作した。チップ接合用には、耐熱性と信頼性向上のために金-スズ系はんだを使用した。開発材料を用いて試作した熱電変換モジュールの外観を図4に示す。14mm×14mmと28mm×28mmサイズの2タイプを試作した。基板には、アルミナを使用しているが、使用条件によっては窒化アルミの使用も可能である。

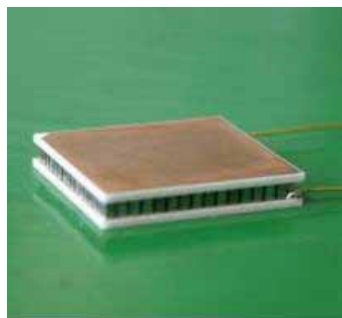


図4 熱電変換モジュール外観

熱電変換モジュールの特性

熱電変換モジュールの特性を、図5, 6に示す。開放電圧は8.18V、最大電流値は0.60A、最大発電電力は1.24Wであった。

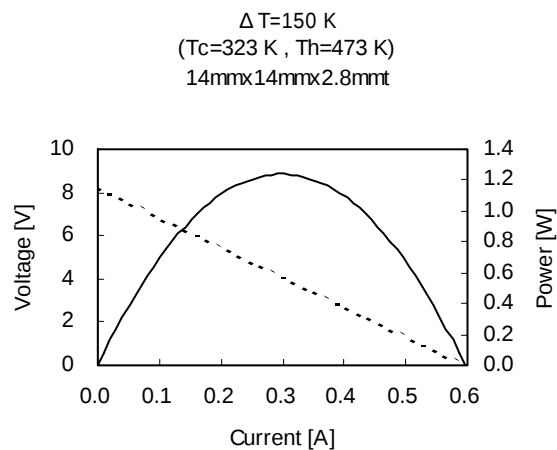
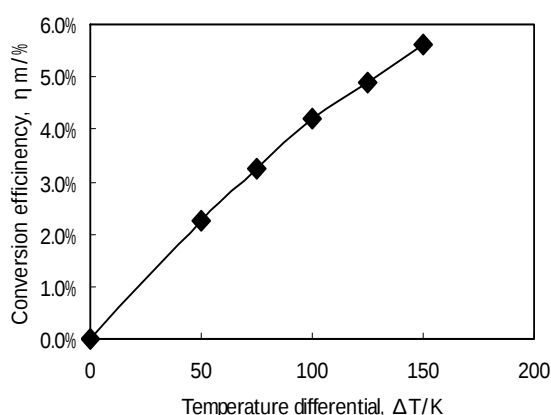


図5 モジュールの熱電変換特性

図6 モジュールの変換効率(η_m)

14mm角サイズの熱電変換モジュールの変換効率(η_m)の値を図6に示す。 $T_c = 50$ 、 $T_h = 200$ ($\Delta T = 150$)において $\eta_m = 5.6\%$ の値が得られており、これは世界最高水準である。この温度条件は、プロジェクターランプのレフレクターから

の熱回収及び熱電変換を想定しており、実用的観点からも有効な性能であると判断できる。なお、モジュール性能評価として変換効率(η_m)に対して、産業技術総合技術研究所における測定値との相関を取り確認した。³⁾

■プロジェクター光源排熱利用熱電変換ユニット

開発した熱電変換モジュールを使用した「光源排熱利用熱電変換ユニット」を試作し、これを実際のプロジェクターシステムに搭載した。光源からの排熱を熱電変換して得られた電力を、筐体内において冷却用ファンの駆動に利用した。



図7 試作プロジェクター外観(型)

図7に、熱電変換ユニットを実際に搭載した「試作プロジェクター 型」の外観を示す。開発した熱電変換ユニットにより発生した電力は、同一筐体内において、冷却用ファンの駆動電力として利用され、電源スイッチのオフ後にも、90秒以上のファン駆動が確認された。この結果は、消費電力の低減のみならず、システムの利便性向上にも貢献すると考えられる。

■まとめ

- 1) 最高水準の熱電変換モジュール性能を確認した。
- 2) これを用いたプロジェクターシステムの試作により、消費電力の低減のみならず、利便性において商品価値を高める技術開発であることを確認した。今後は、信頼性・コストダウン技術の開発に注力する。

【参考文献】

- 1) Y.Horio, H.Yamashita, T.Hayashi: Mater. Trans. 8(2004) pp.2757-2760.
- 2) Y.Horio, H.Yamashita, T.Hayashi: Mater. Trans. 12(2004) pp.3309-3313.
- 3) H. Takazawa, et al: "Development of a precise evaluation technique for thermoelectric modules", to be published in Proc. 23rd Int. Conf. on Thermoelectrics (2004), Adelaide, Australia.