

熱磁気特性を利用したマイクロ熱電発電

Thermo-magnetic micro energy scavenger

東北大工, °酒寄 圭佑, 川合 祐輔, 小野 崇人

Tohoku Univ., °Keisuke Sakayori, Yusuke Kawai, Takahito Ono

E-mail: kawai@nme.mech.tohoku.ac.jp

近年持続可能なエネルギーとして注目されている環境発電の新しい方式として、強磁性体の熱磁気特性を利用したヒートエンジンを試作し、熱電発電の動作確認を行った。強磁性体は温度がキュリー点を超えると常磁性体に相変化するため、キュリー点を挟んで、加熱・冷却をすることで永久磁石に対する吸着力をスイッチングできる。このため熱端に磁力吸着させ、支持ばねによって冷却端に押し付ける構造を作ることによって、熱差による往復運動が可能になる。熱磁気特性を利用した熱電発電デバイスでは、強磁性体をスイッチング運動させ、その際に生じる磁束変化により発電を行う。熱端-冷却端スイッチングの速度が大きくなると出力は大きくなるため構造体を小型化することにより、往復運動の高速化が可能になり、高出力化が期待できる。本研究では、マイクロスケールでの動作が期待される熱電発電のデモンストレーションを行い、温度勾配が生じている環境下において、基礎的な特性を明らかにし、高出力化のための構造を確立することを目的とする。

本研究では、強磁性体として低キュリー点(18.1°C)材料のガドリニウム Gd を用い、図 1 のようにセットアップを組み実験を行った。Gd がペルチェ素子により冷却されると、磁化され SmCo 磁石(20×20×5mm)に引き寄せられる。SmCo 磁石は磁力が強く高温下での使用が可能である。磁化された Gd は、磁石に引きつけられヒーターと接触し、加熱されて磁性を失う。Gd はばね (Mo) に固定されており、磁力が弱まるとペルチェ方向へと引き下げられる。スイッチング運動に伴い発生する磁束変化は冷却端側に設置したピックアップコイルで電流として取出され、コイルにつないだ負荷抵抗(1MΩ)より電力として計測した。コイルはφ4mm の Cu 棒にφ100μm のエナメル線を 200 回巻き作製した。

ヒーターおよびペルチェ素子を稼働したところスイッチング運動を確認した。図 2 に示すように運動に応じて一定の周期での電力のピックアップを確認した。実験条件熱端温度 78.7°C,冷却端温度 8.6°C,熱端-冷却端距離 6mm のときに最大 60mV の出力電圧を得た。続いてヒーターとペルチェ素子の温度を一定に保ち、熱端-冷却端距離を変えたところ図 3 に示すようなスイッチング運動の周波数特性をえた。距離が近くなるにつれ周波数が高くなるが、次第に収束するという結果を得た。また距離を固定し、温度差を変化させた場合は、温度差に拡大に従いスイッチング周波数は大きくなったがある温度差で周波数のピークが見られ、それ以上の温度差では動作周波数が減少した。

以上より、熱勾配の生じる環境下において強磁性体のスイッチング運動およびその基礎的な特性が確認でき、同時に発生する出力を観測することができた。今後デバイスをマイクロスケールに縮小・改善することで、高出力の発電デバイスとしての活用が期待される。

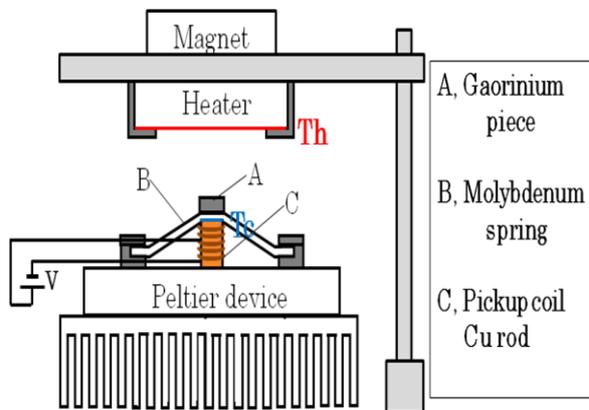


図 1 実験系の概略図

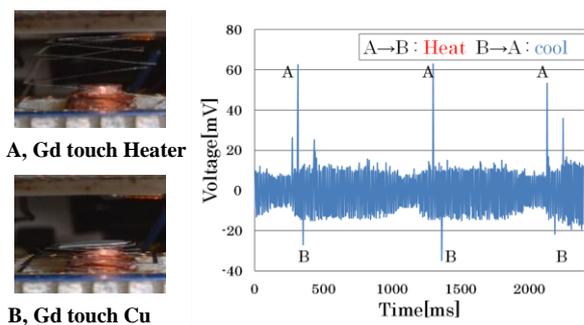


図 2 熱スイッチングの様子(A:加熱時, B:冷却時)とピックアップコイルからの出力

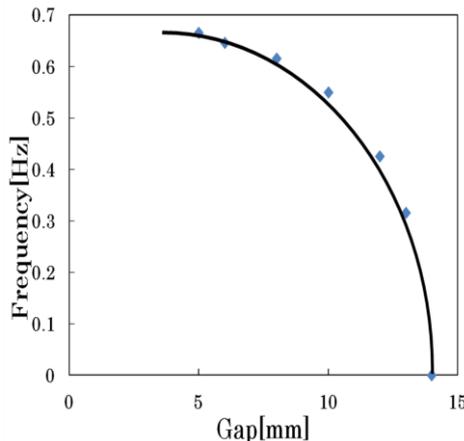


図 3 スイッチング動作周波数の距離依存性