

先端技術キーワード解説

知っておきたい最新の動き

[反強磁性体による熱発電]

エネルギー変換の分野で、面白い発表がありました。2017年7月、東京大学らが、熱から電気エネルギーを取り出す「熱発電」で、巨大熱起電力を発現する熱電変換材料を発見したとの発表です。

その物質とは、100分の1以下の磁化を持つ反強磁性体物質（反強磁性マンガン合金（ Mn_3Sn ））で、強磁性体と同程度以上の大きな熱起電力が生じることを、世界で初めて見出したとのことです。

一体、どのようなものなのでしょう。

1. 従来の熱電変換素子による熱発電

従来の熱電変換素子は、温度差を有する材料の両端に起電力が生じるという「ゼーベック効果」を利用しています。この発電装置は温度差が大きいほど発電量は大きくなります。また、小型化が可能なうえ、可動部分もなく発電装置の長寿命化が期待できます。

しかし、現在、使われている非磁性体の半導体を利用した発電素子は、温度差の方向と起電力を取り出す方向が同じです。このため、構造上の制約が大きく、大型化や高集積化などに課題がありました。

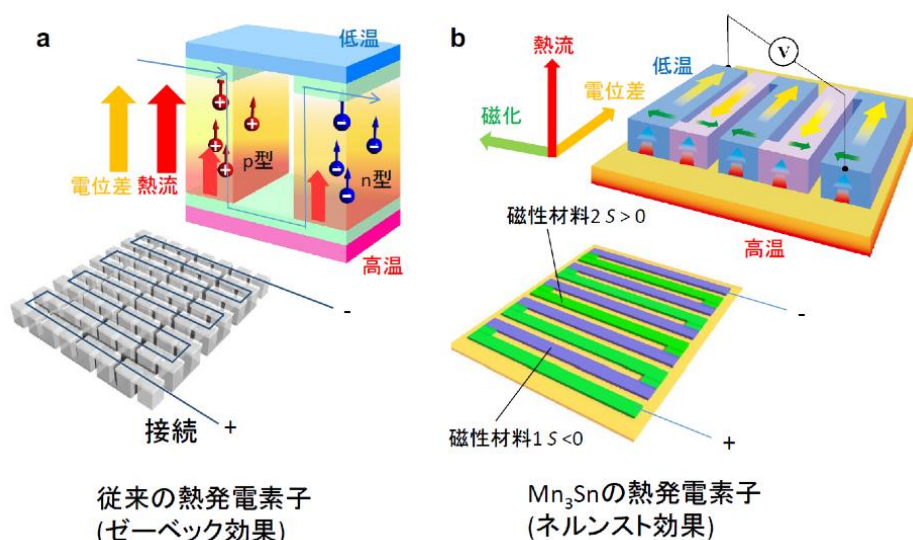
2. 反強磁性体

スピントロニクスにおいて、最近、注目を集めているのがこの反強磁性です。これは、隣り合うスピンのそれぞれ反対方向を向いて整列し、全体として磁気モーメントを持たない（自発磁化を持たない）物質の磁性のことを言います。これは、金属イオンの半数ずつのスピンの互いに逆方向となるためです。

代表的な物質は、絶縁体では酸化マンガン（ MnO ）や酸化ニッケル（ NiO ）などがあります。

3. 反強磁性対による熱発電の原理（巨大異常ネルンスト効果）

「ネルンスト効果」とは、熱の流れ・電子の流れの方向と垂直に電圧が生じる現象です。ゼーベック効果とは起電力の方向が90度異なります。通常は、電子の流れに対して、外から垂直方向に磁場をかけることで発生させます。（図は文献2）より引用）



「異常ネルンスト効果」とは、外部から磁場ではなく、電子スピンのなす渦状の幾何学構造が「電子状態の幾何学構造」（異常ネルンスト効果は、電子の進む軌道が「磁場」によって曲げられる効果であり、この「磁場」は電子状態を表す波が住む空間の曲がった幾何学構造を示す）に転写されて現れる量子力学に起因した効果です。

この現象は「仮想磁場」と呼ばれる新しい物理概念です。仮想磁場はおよそ数百 T 級に相等、磁化の小さい物質でも、熱流と一緒にすることで巨大な熱起電力が得られたとみているとのこと。しかも、仮想磁場は磁化とともに自発的に生じるため、温度勾配を与えるだけで熱起電力が現れるとしています。

4. 期待される応用

既存磁性体物質より磁化当たりで 100 倍大きい熱起電力特性を持つ反強磁性体は、磁化が小さいことを利用することで、高集積化、高効率の熱電変換材料として期待できます。

特に、今回の熱発電素子 (Mn₃Sn) は、温度差と磁化と電位差が全て垂直に取り出せるため、モジュールを薄いシート状の構造とすることができます。しかも、集積化が容易なため、従来に比べて高い電圧を出力することが可能であるとしています。

[参考文献]

1) 磁性体を用いて熱から発電を可能にする新技術

～反強磁性体での巨大な異常ネルンスト効果の発見～

<http://www.jst.go.jp/pr/announce/20170725/>

2) 東京大学プレスリリース :

磁性体を用いて熱から発電を可能にする新技術 反強磁性体での巨大な異常ネルンスト効果の発見

<http://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/news2.html?pid=1572>

(注)

本解説は、執筆当時の状況に基づいて解説をしております。ご覧になる時には、状況が変わっている可能性がありますので、ご注意をお願いします。

Copyright (C) Satoru Haga 2017, All right reserved.

技術・経営の戦略研究・トータルサポーター	
ティー・エム研究所	
E-Mail: info_tm-lab@mbn.nifty.com	URL: http://tm-lab@a.la9.jp/

工学博士 中小企業診断士 社会保険労務士(登録予定) 代表 芳賀 知
--