

平成31年1月28日

報道機関 各位

東北大学マイクロシステム融合研究開発センター

ナノメートルの流路を用いて熱から発電し、 蓄電するデバイスを開発

IoT用センサのバッテリーフリー化が期待

【発表のポイント】

- ・イオン液体とナノメートルサイズの流路を利用して温度差から発電を行う
- ・発電だけでなく蓄電機能も有している(熱電バッテリー)
- ・IoT^{*1}で使用されるさまざまなセンサと組み合わせてバッテリーフリー化をもたらす

【概要】

国立大学法人東北大学(東北大学総長: 大野英男)マイクロシステム融合研究開発センターおよび大学院工学研究科機械機能創成専攻の小野崇人教授の研究グループは、10nm径の高密度ナノチャンネル^{*2}における電解液のイオン伝導を利用することで、温度差から発電し、同時に蓄電する新しい原理のデバイス(熱電バッテリー)のプロトタイプを試作し、原理検証に成功しました。

本技術の開発により、太陽光発電が利用できない暗所においても温度差から発電し、必要な時にセンサに給電させて動作させることが可能になります。将来はバッテリーを必要としないIoT機器の動作を可能にしたり、携帯端末の低消費電力化に利用されたりすることが期待されます。

【詳細な説明】

モノのインターネット化が進んだスマート社会では、様々な機器が情報空間につながり多くの情報が人工知能で処理され、新しいサービスや付加価値が生み出されていきます。この中で、多種の膨大な数のセンサが様々なシーンで大量に利用される社会が到来すると考えられています。しかし、これら膨大な数のセンサへのエネルギーの供給が課題となっています。明るい場所であれば、太陽電池で発電してバッテリーに給電するなどの方法が可能ですが、暗所での動作は困難でした。暗所でも温度差があれば使える発電として、半導体等の材料の熱起電力を利用した熱電発電が知られています。しかし既存の技術ではその小型化・高性能化には限界があると考えられています。また、発電素子に加えて従来は蓄電池の利用が不可欠でした。

開発した熱電バッテリーは、ナノメートルのサイズのナノチャンネル(貫通穴)における熱浸透流を利用して発電し、温度差がない状態ではこのナノチャンネルが電解液中のイオンにより閉じてしまうことを利用して蓄電します。通常、ナノチャンネルの内部には、イオンが移動し電気二重層と呼ばれるイオンの層が形成されています。チャンネルの寸法が小さいと、この電気二重層^{*3}により電気は流れません。しかし、温度差をその両端に加えるとこのイオンの層の厚さに分布が生じ、イオンの流れが生じ電流が流れて電荷が蓄積されます。試作した熱電バッテリーは、小型の電解液体容器を10nm径のナノチャンネル(貫通穴)をもつ薄膜で2つに分割した構造を持ち、それぞれの電解液室には金属電極が形成されています。電解液を入れて温度変化を与えた実験で、既存の固体熱電素子^{*4}と同等以上の発電性能が得られ、しかも発電したパワーを蓄電できることを確認しました。

本発表の内容は、世界最大のマイクロエレクトロメカニカルシステム (MEMS) ^{*5}に関する国際学会「The International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS 2019)」(2019年1月27日~31日、韓国ソウル)にて発表されます。

タイトル：ELECTROLYTE BASED THERMAL TO ELECTRIC ENERGY CONVERSION UTILISING 10 NM DIAMETER AL₂O₃ NANOCHANNELS (10 nm 直径のアルミナのナノチャンネルを用いた電解質型の熱-電気変換)

著者：Nguyen Van Toan(東北大学), Megat Muhammad Ikhsan Megat Hasnan(マレーシア マラヤ大学)、Daiki Udagawa(東北大学)、Naoki Inomata(東北大学)、Masaya Toda(東北大学)、Suhana Mohd Said(マラヤ大学)、Mohd Faizul Mohd Sabri(マラヤ大学)、Takahito Ono(東北大学)

今回の熱電バッテリーは更に大きな出力と蓄電容量を目指して開発を加速し、2022年にIoTセンサ給電システムとしてのサンプル提案を目指しています。

また、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)^{*6}第2期/フィジカル空間デジタルデータ処理基盤(管理法人:国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO))に参加し、常温発電分野において更なる研究開発を進めるとともに、各種IoT機器向けセンサに適用するシステムの開発を進めてまいります。

【補足説明】

開発した熱電バッテリーの模式図と原理図を図1に示した。電解液が入った容器(セル)をナノチャンネルで分割し、それぞれの電解液室セルに電極が形成されている。温度差を与えるとナノチャンネル内の電気二重層の厚さ分布が発生し、圧力(熱キャピラリー力)により低温側から高温側にプラスイオンによる熱浸透流が生じる。図2は10nm径の貫通孔が高密度で形成されているアルミナのナノチャンネルの電子顕微鏡写真である。図3は1つの素子に温度差を与えた時の温度差と出力電圧、および温度差と出力密度を示す実験結果である。30°Cの温度変化で $250\mu\text{W}/\text{cm}^2$ の出力密度が得られていることが分る。出力を開放にして長時間の出力電圧変化の測定から電荷の保持特性を評価した結果を図4に示す。48時間以上の時間が経過しても6割以上の電荷が安定的に保持されていることが分る。

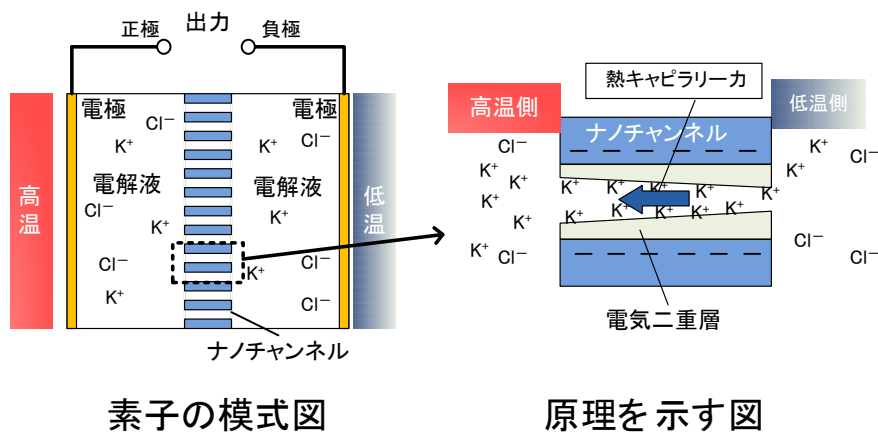


図1. 熱電バッテリー素子の模式図(左図)および原理を示す図(右図)

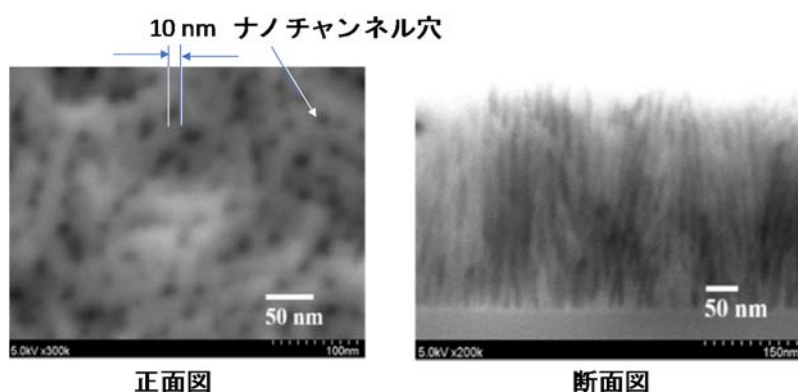


図2. ナノチャンネルの電子顕微鏡写真
(暗く見える部分がナノチャンネルの貫通穴)

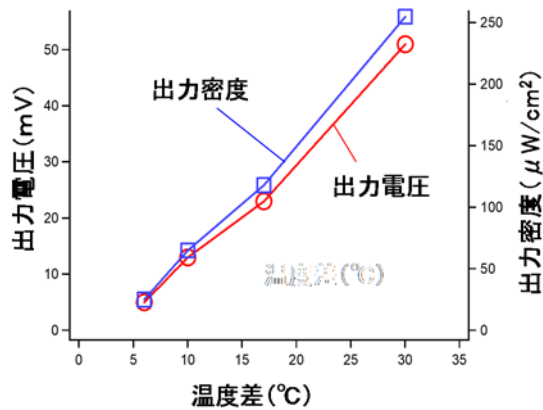


図3. 素子に与えた温度差と出力電圧と出力密度の関係(実験値)

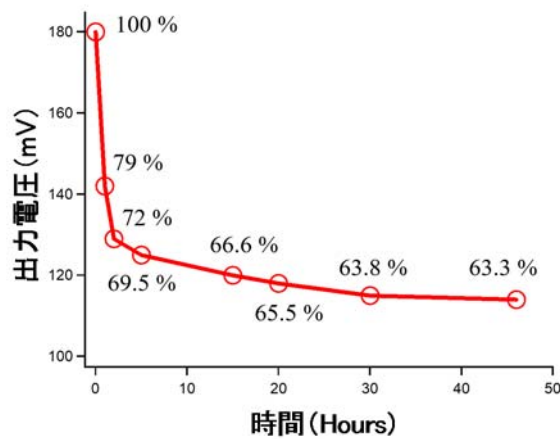


図4. 蓄電特性の評価結果(実験値)。出力を開放にして出力電圧の時間依存性を測定した。長時間の経過後6割以上の電荷が安定に保持されている。

<用語解説>

1. IoT(Internet of Things)

モノのインターネット化と呼ばれ、従来インターネットに接続されていなかった様々なモノ(センサー機器、建物、車、電子機器など)が、ネットワークを通じてサーバーやクラウドサービスに接続され、相互に情報交換をする仕組み。モノのインターネット化と呼ばれる。

2. ナノチャンネル

ナノメートル(10^{-9} m)スケールの直径をもち内部に液体が透過できる流路。

3. 電気二重層

荷電粒子が自由に動ける系に電位が与えられたとき、電場により荷電粒子が移動し、界面に正負の荷電粒子が対を形成して層状に並んだもの。

4. 熱電素子

金属や半導体に温度差を与えた時、内部の電荷が熱により移動し電位差を生じる。いわゆる、ゼーベック効果を利用した発電素子。

5. マイクロエレクトロメカニカルシステム (MEMS)

微細加工により電気や機械要素を集積化した小型のシステム。

6. 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)

総合科学技術・イノベーション会議が司令塔機能を担い、府省や分野の枠を超えたマネジメントにより科学技術イノベーションを実現するために創設されたプログラム。

[本件に関する問い合わせ先]

(研究内容について)

国立大学法人 東北大学

マイクロシステム融合研究開発センター(μ -SiC)

小野 崇人 教授

Tel: 022-795-5806

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

(報道担当)

国立大学法人 東北大学

マイクロシステム融合研究開発センター(μ -SiC)

特任教授 大高剛一

Tel: 022-795-6258

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