

高効率フレキシブル熱電変換デバイスの小型軽量化に成功

大阪大学産業科学研究所の菅原徹准教授（先端実装材料研究分野）と工学研究科の伊庭野健造助教らの研究グループは、精密な半導体チップ加工と精密な実装プロセス、新規の実装材料を採用することで、大面積・高効率・高機械的信頼性のフレキシブル熱電変換デバイスのデザインを保持したまま小型・軽量化することに成功しました。（図1）

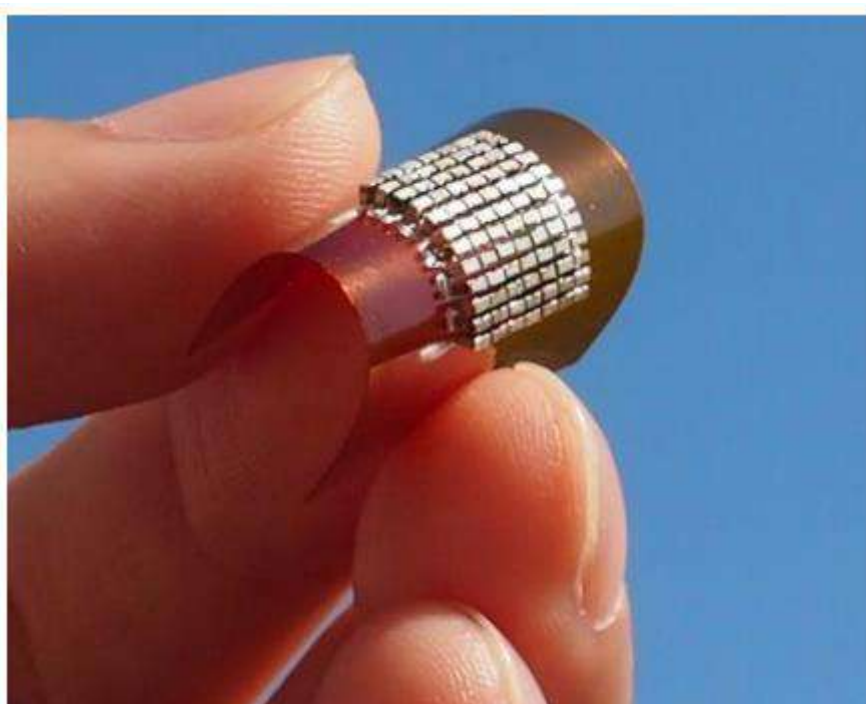


図1 開発した小型フレキシブル熱電変換デバイスの外観写真。

今回開発したデバイスは超小型の熱電半導体チップを、1cm角あたり約200個で高密度に搭載し、フレキシブル性を向上させることで、湾曲した熱源から熱の回収効率がよくなるとともに、微細化と軽量化により機械的信頼性もさらに向上しています。

これにより、低コストかつ未使用率の高い100°C以下の廃熱を効率よく回収することができます。Society5.0を実現するために必須のIoTセンサを支える熱電変換を利用した自律分散型電源システム※6の社会実装が期待されます。

また、この熱電変換デバイスは、小型・軽量かつフレキシブルなペルチェ素子として利用できるため、全く新しいエンターテインメントコンテンツや、メディアアートなどのエンターテインメント機器、視聴覚室生涯者への情報呈示機器に応用が期待されます。さらに、パーソナルエアコンや局所冷却器などの各種医療機器として社会実装が期待されます。

本研究で開発された熱電変換デバイスは、大面積のフレキシブル熱電変換デバイスと同様に、ダイシングなど半導体加工技術を駆使して熱電半導体チップを超微細加工し、軽量でフレキシブルな基板へ高精度チップマウンタを使用して、高密度に正確に実装することで、超小型・軽量化を実現しました。

また、大面積のフレキシブル熱電変換デバイスと同様に、上部電極を湾曲面と並行に配置するよう工夫することで、さらに 1 軸方向へ大きなフレキシブル性を持たせることも可能です。なお、大面積のフレキシブル熱電変換デバイスは、本研究のチップサイズ(μm サイズ)と比較して大きい(mm サイズ)ため湾曲率が制限されていました。しかしながら、本研究で開発した小型・軽量フレキシブル熱電変換デバイスは、曲率半径 1 cm以下を実現し、かつ総重量が僅か約 0.4g で、そよ風になびくほど軽量です。

一方で、この小型・軽量フレキシブル熱電変換デバイスは、他のエネルギー・ハーベスティングデバイスと比較して、遜色ない出力密度($630\ \mu\text{W}/\text{cm}^2@dT=10^\circ\text{C}$)を示しました。また、非常にフレキシブル性に優れているため、チップにかかる機械的ストレスが大幅に軽減され、機械的(物理的)信頼性がさらに向上しました。これらの熱電変換デバイス実装技術には、多くのノウハウがあるものの一般的な半導体技術におけるデバイス実装技術が基盤となっており、大量生産における製造コストの大幅な削減が期待できます(図 2)。

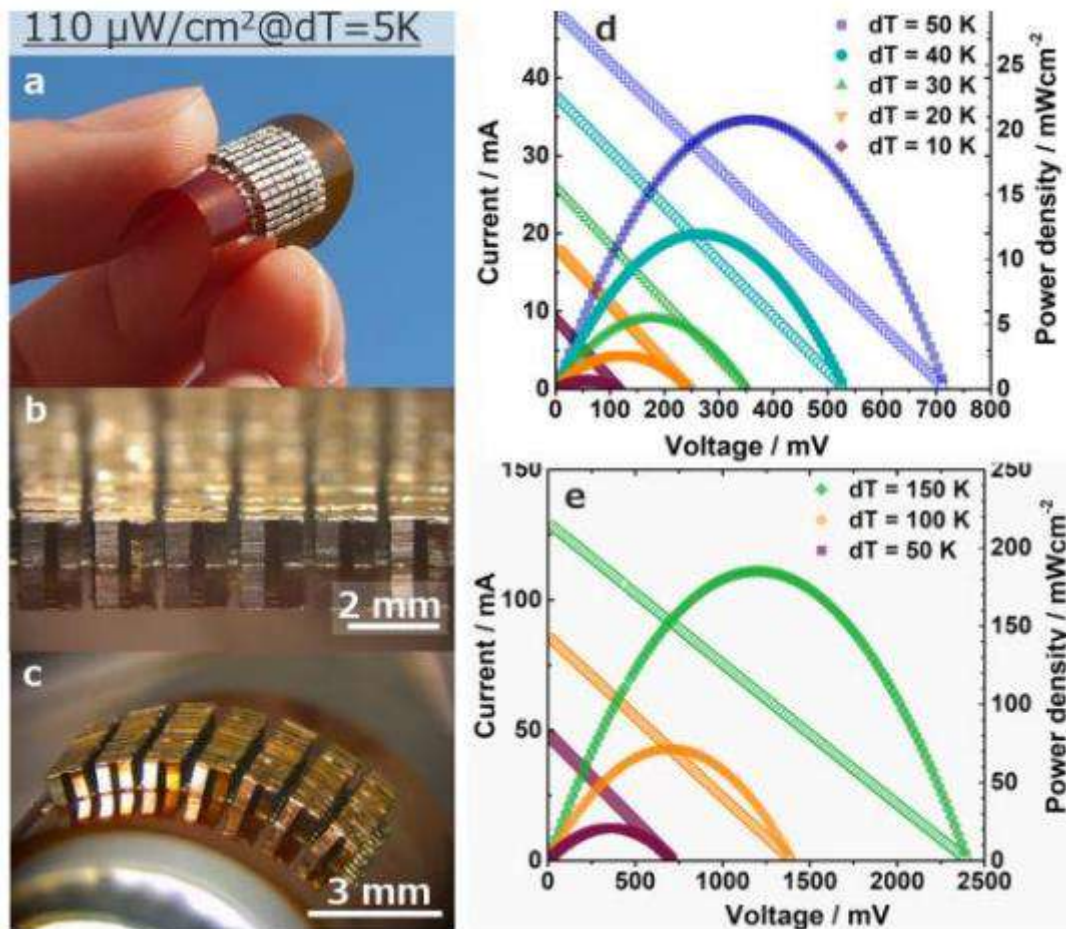


図2 開発した小型フレキシブル熱電変換デバイス

a 外観写真と側面からの拡大写真 (b:平面 c:折り曲げ時)。各温度差(d:dT=10~50K, e:dT=50~150K)における熱電変換特性(電流-電圧、出力-電圧)。

論文情報

論文タイトル Fabrication and Characterization of Ultra-Lightweight, Compact, and Flexible Thermoelectric Device Based on Highly Refined Chip Mounting.

雑誌 Advanced Materials Technologies

日本語原文 http://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2020/20200318_1

