



Press Release

配布先:宮城県政記者会、文部科学記者会、科学記者会、石川県文教記者会
**報道解禁日: (新聞)平成 30 年 10 月 16 日(火)付け朝刊
 (テレビ・WEB・ラジオ)平成 30 年 10 月 16 日(火)0 時(日本時間)**

平成 30 年 10 月 15 日

報道機関 各位

東北大学多元物質科学研究所
 金沢大学理工研究域電子情報通信学系
 株式会社福田結晶技術研究所

Fe-Ga 単結晶の板材の低成本量産製造技術を確立 電池を代替する振動発電デバイスの大幅コスト低減が実現、 各分野の IoT 実用化が加速

【発表のポイント】

- Fe-Ga 単結晶の大型結晶の製造に成功しました。
- 大型 Fe-Ga 単結晶を低成本で板状成形する技術を確立しました。
- 単結晶製造・板状成形の低成本量産が実現可能となり、磁歪(じわい)^{(*)1} 振動発電^{(*)2} 技術の実用化への道筋がつきました。
- 同素材使用の発電デバイスと応用モジュール・システムを MEMS センシング & ネットワークシステム展 2018(10/17-19@幕張メッセ)で展示する予定です。

【概要】

磁歪材料の 1 つである Fe-Ga 単結晶は、非常に優れたエネルギー変換材料であり、小型で高出力、高感度な振動発電デバイスの根幹部分を占める材料です。振動発電が実用化すれば、ボタン電池や乾電池を利用しない無線通信モジュールが実現でき、利便性が大幅に向かう見守りから防犯、防災、工場の機械の保全、インフラの管理など、様々な分野や用途で IoT^{(*)3} を普及させることができます。振動発電デバイスは Fe-Ga 単結晶の「板」を利用したシンプルな構造で耐久性も高く実用的ですが、この「板」の価格が高いのが本格的な実用化に向けた大きな課題がありました。

今回、本研究チームでは、チョクラルスキー(CZ)法^{(*)4}により従来にない直径 4 インチ直胴^{(*)5} 10 センチの巨大 Fe-Ga 単結晶合金の製造に成功しました(4 インチ=約 10 センチ)。更に、この単結晶を、マルチワイヤーソーを用いたスライス加工により、低成本で板状に成形する技術を確立しました。これにより従来の乾電池利用のモジュール・システムに比べて 1/2 以下の価格で提供できることになります。本技術の確立により、単結晶製造における光熱費や人件費を大幅に抑制することが可能になり、材料ひいてはデバイスの量産化にめどがつき、磁歪振動発電の実用化への道筋がつきました。今回の単結晶板を使用した発電デバイスや、そのデバイスの様々な応用モジュール・システムを MEMS センシング & ネットワークシステム展 2018(10/17-19@幕張メッセ)で展示する予定です。

なお、本研究は、科学技術振興機構(JST)の戦略的創造研究推進事業チーム型研究(CREST)「微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出(研究統括:谷口研二(大阪大学名誉教授))」の研究課題「磁歪式振動発電の実用化に向けた革新的メカニズム・材料の創成(代表研究者:上野 敏幸(金沢大学))」と東北大学出資事業BIP(ビジネスインキュベーションプログラム)の支援を受けて行われました。



写真 1: 手前が直径2インチ直胴 25 センチ、奥が直径 4 インチ直胴 10 センチの Fe-Ga 単結晶インゴット^(*6)



写真 2: 振動発電デバイス(中)と、これに利用している幅 8mm×厚さ 1mm×長さ 26mm の Fe-Ga 単結晶合金の板(下)と単 3 乾電池(上)。デバイスは 20~100Hz の振動でミリワットの電力を output する。半永久の寿命を持ち、IoT(無線通信センサモジュール)の電池(通常、長くて3年で交換)を代替する。従来、この単結晶板が高価なことが商品化における課題であった。今回の技術革新により、上述の単結晶板の数百円/枚での生産が現実となり、磁歪振動発電デバイスが大幅に安価になることで、電池フリー モジュール・システムを用いた各分野で IoT の実用化が加速されると確信する。

【詳細な説明】

IoT(Internet of Things:モノのインターネット)はAI(Artificial Intelligence:人工知能)と並び、今後、さまざまな分野や用途で普及が期待される技術です。しかし、現状、IoT用無線通信モジュールの電源は有限な寿命を持つボタン電池や乾電池に頼っており、交換に対する懸念がIoTの普及を阻害する重要な要因の1つとなっています。電池を代替する技術として、特に、振動発電が注目されており、本研究チームの金沢大学の上野敏幸准教授のグループではFe-Ga合金の単結晶板を利用する画期的な磁歪振動発電技術を開発してきました。Fe-Ga合金は優れたエネルギー変換特性を有する材料で、特にその単結晶は振動発電デバイスの性能を飛躍的に向上させ、その実用化を可能にする材料です。しかし、この単結晶板の製造コストが高いことが磁歪振動発電の実用化における障害となっており、商品化における大きな課題でありました。

今回、本研究チームの福田結晶技術研究所の福田承生社長のグループでは、チョクラルスキイ(CZ)法により従来にない直径約10センチ直胴10センチの巨大Fe-Ga単結晶合金の製造に成功しました。CZ法は、種結晶を用いた融液成長法^{(*)7}で、単結晶製造技術の中では特に良質の単結晶を育成できる手法です。しかし、CZ炉内部の温度勾配(温度分布)や種結晶の移動速度など、非常に多くのパラメータを最適化する必要があり、特に大型の結晶の育成には熟練と工夫が不可欠です。今回の研究では、特に温度勾配を制御する周辺の保温材の配置を工夫し、結晶化進行を促進させることで単結晶の大型化を実現しました。今回の研究により基本的な温度最適構造を見いだすことに成功したため、今後のさらなる大型化も視野に入っています。また、本研究チームの東北大学多元物質科学研究所鈴木茂教授のグループでは、磁歪振動発電における最適組成の検討を行ってきており、組成の最適化と福田結晶技術研究所の開発した方法を組合せることにより、磁歪振動発電として最大の特性を示すような単結晶製造が可能となる見込みです。

さらに、この大型単結晶を、マルチワイヤーソー^{(*)8}を用いて低コストで板状に成形する技術を確立しました。従来、金属の細かい加工には時間のかかる放電加工機が必要であるとされていました。Fe-Ga単結晶合金においても、放電加工機ではウエハ^{(*)9}1枚の作製に丸一日要するレベルで、小さい板材への加工は時間的にも経費的にもロスの多い工程で、実用には程遠い状態でした。今回、切断工程を見直し、マルチワイヤーソーの砥粒などの条件を最適化することで、単結晶のインゴットから板材までの加工を数時間から半日程度で可能であることを確認しました。

以上の技術により、磁歪振動発電デバイス用Fe-Ga単結晶板材の製造にかかる光熱費や人件費を大幅に抑制することが可能になり、板材の製造コストの低コスト化、ひいてはデバイスの商品化に目処がつきました。具体的には、乾電池を代替する大きさの発電デバイスの大幅なコスト低減が実現できます。今後、モジュール・システムの設計やその量産プロセスを改善することで、更に安くなると予想されます。

今回の単結晶板を使用した発電デバイスや、さまざまな応用モジュール・システムを、

MEMS センシング＆ネットワークシステム展 2018(10/17-19@幕張メッセ)で展示する予定です。

本研究グループの開発する磁歪振動発電デバイスの普及により電池を利用しない IoT モジュール・システムが実現でき、その使い勝手は大幅に向かいます。IoT の対象となるモノは 500 億個とも言われ、デバイス・モジュールだけでもその市場規模は数兆円です。見守りから防犯、防災、工場の機械や電気設備、橋梁などのインフラの保守、保全など、Fe-Ga 単結晶板の磁歪振動発電を利用した電池フリーのモジュール・システムは IoT の様々な分野や用途で活用できます。

【用語・解説】

*1. **磁歪**: 磁場を与えたときに、延びたり縮んだりする磁性体の性質。磁歪は、周辺磁場によって磁性体中の磁壁が移動することによって生じる。

*2. **磁歪振動発電**: 磁歪を持つ材料は、素材を延ばしたり縮ませたりすると、磁束密度の変化が生じる。このような磁歪材料を用いた発電のこと。磁歪材料による磁束密度の変化をコイルでピックアップし、電力として利用する。

*3. **IoT (Internet of Things)**: あらゆるものをインターネットにつなぐこと、また、その技術のこと。無線での接続が体勢を占めると予測されているが、電源の寿命がボトルネックとなっていることも、普及が期待通り進んでいない原因と言われている。

*4. **チョクラルスキ法(Czochralski method)**: 単結晶育成法の一つで、坩堝の中に融かした原料に、上部から種結晶を浸した後、上方向に引き上げることで、単結晶を製造する方法。完全性の高い(欠陥などが極小の)結晶が製造可能な装置で、シリコンの製造でも有名。

*5 **直胴**: 結晶の胴部で、直径の変化がない部分を指す。

*6 **インゴット**: 融液から固化した固体のことであり、ここでは、チョクラルスキ法で作製したままの Fe-Ga 単結晶の塊のこと。

*7 **融液成長法**: 粉末やブロックなどの多結晶の原料を融点以上に熱して、融けた液体を作り、冷却して再び結晶化して、単結晶のような均質で大型の結晶を作製する方法

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学多元物質科学研究所

教授 鈴木茂

電話:022-217-5168

E-mail: ssuzuki@tagen.tohoku.ac.jp

(報道に関すること)

東北大学多元物質科学研究所

広報情報室 (担当:伊藤)

電話:022-217-5198

E-mail: press.tagen@grp.tohoku.ac.jp

*8 ウエハー：インゴットから切り出した板材のこと。

*9 マルチワイヤソー：ワイヤー（ワイヤー状の一種の鋸）を何本も並べて複数の板材を一度に切断可能な切断装置のこと。