

研究課題名	Fe-Ga 単結晶を用いた振動発電 IoT デバイスの実用化に向けた研究		
研究者名 (所属名)	望月陽介・八代浩二・勝又信行・萩原義人・寺澤章裕・尾形正岐・古屋雅章・石黒輝雄・坂本智明・中村聖名 (産業技術センター) 鈴木茂 (東北大学)・上野敏幸 (金沢大学)		
研究期間	令和3年度～令和4年度	報告年度	令和3年度

【背景・目的】

製造業の生産性向上のためにはIoT技術の活用が有効である。しかし、それらのシステムの多くは大規模でコストが高いため、単純なシステムを用いた安価なIoTシステムのニーズは多い。当センターではこれまで振動エネルギーを利用して自ら発電する新磁歪材料 (Fe-Ga単結晶) を用いた安価なIoTデバイスの開発・普及に取り組んできた。本デバイスで使用するFe-Ga単結晶は近年開発された材料であるため、発電素子として利用する際にその加工方法等が発電性能に与える影響など明らかでない点が多い。そこで、本研究では加工方法が素子の特性に与える影響を調査するとともに、素子への表面処理等やデバイス構造の検討を行うことで、デバイスの発電性能の安定化や出力向上を図る。

【研究・成果等】

1. 素子特性の評価システムの構築

Fe-Ga単結晶から16×4×0.5mmのサイズに切断した磁歪素子の特性を評価するため、インピーダンスアナライザ、DC電源、計測治具から構成される評価システムも作製した (図1)。計測治具は計測コイル、励磁コイル、コアで構成され、計測コイルの中に磁歪素子を挿入し計測する。励磁コイルに10mA～70mAの電流を流すことで磁界を発生させ、各印加磁界でのインピーダンスの抵抗成分とリアクタンス成分を計測する。得られた計測結果から力係数 (機械系と電気系の結合度) および力係数が最大となる励磁電流 (印加磁界) を算出し、素子特性を評価した。以下、力係数は、各励磁電流で計測した力係数の最大値、励磁電流は、力係数が最大となる励磁電流を指す。

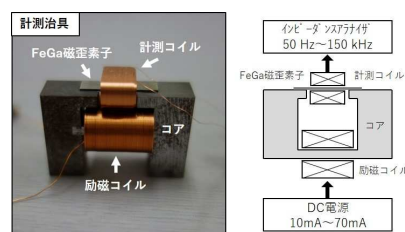


図1 素子特性の評価システム

2. 加工方法が素子の特性に与える影響について

加工方法による素子特性への影響を比較するため、同一の単結晶の同位置からワイヤ放電加工機 (WEDM) およびダイヤモンドワイヤソーを用いて素子を作製した。素子特性を比較した結果を図2に示す。WEDMで切断した磁歪素子は、励磁電流が25～35mA、力係数が130～135N/Aであった。一方、ワイヤソーで切断した素子は、励磁電流が10～20mA、力係数が110～125N/Aであった。WEDMで切断した場合、力係数、励磁電流ともにワイヤソーで切断した場合よりも大きくなることが分かった。それらの差異はWEDMで切断した際に単結晶表面に多結晶化した再凝固層が生成され、表面に引張応力が生じることが要因であると考えられる。

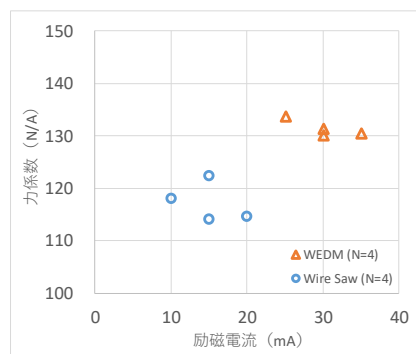


図2 加工方法の影響

3. デバイスの振動のシミュレーションについて

デバイス構造等の検討するため、試作したデバイスの3Dモデルを作成し、解析ソフト (Ansys) を用いて振動のシミュレーションを行った。錘のない状態においては、1次の振動モードとしてフレーム全体が振動する振動モード、2次の振動モードとして主に磁歪素子を固定するフレーム上部が振動する振動モードが生じていることが分かった (図3)。実際のデバイスで得られる共振周波数と同等の値をシミュレーションの2次の振動モードで得ることができた。

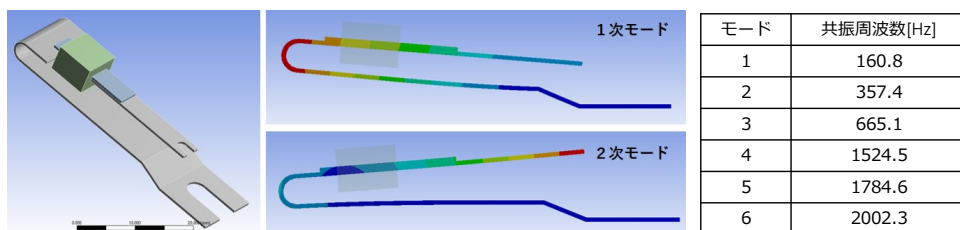


図3 振動解析

4. デバイスに取り付ける錘の影響について

上記シミュレーションを用いて、デバイス先端に取り付ける錘を0.4g~1.6gで段階的に変化させ、フレーム上部が振動する振動モード（上部振動）の共振周波数および先端部分の変位、フレーム全体が振動する振動モード（全体振動）の共振周波数について解析を行った（図4）。錘が0.4gから重くなるにつれ、上部振動の共振周波数は減少した。一方、変位は0.85gまで増加、0.85g~0.9gの範囲で減少、0.9gから再び増加した。変位の減少が生じる範囲では、上部振動の共振周波数とR部振動の共振周波数が近くなり、1次と2次が切り替わっており、それが要因であると考えられる。

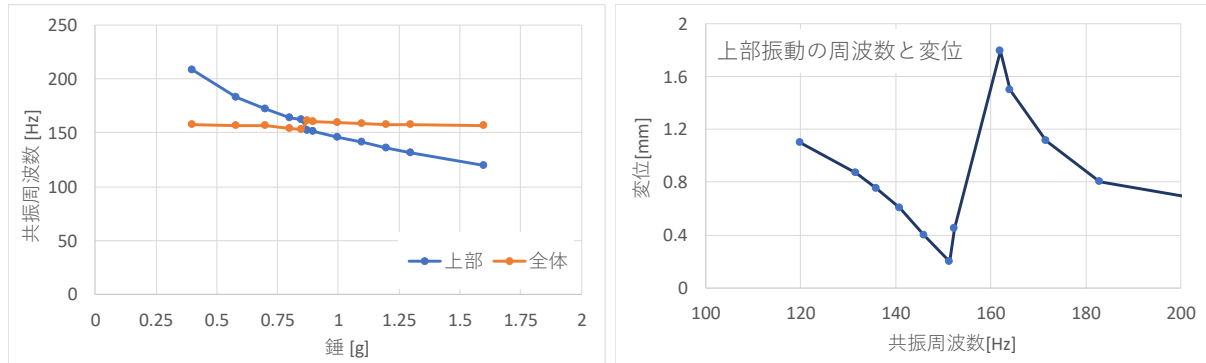


図4 錘の影響（シミュレーション）

【成果の応用範囲・留意点】

本年度は素子特性、デバイス構造についてそれぞれ検討を行った。次年度はそれらを組合せてデバイスの発電性能について検討を進めていく。

【問い合わせ先】

所 属	産業技術センター 富士技術支援センター 機械電子技術部	
代表者	望月陽介	E-mail: mochizuki-amvw@pref.yamanashi.lg.jp