

令和 2 年 6 月 5 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03374

研究課題名(和文) 鉄合金単結晶の巨大逆磁歪効果 発現機構解明と振動発電デバイスへの応用

研究課題名(英文) Inverse magnetostrictive effect in Fe-Ga alloy single crystals for application to vibration power generation

研究代表者

藤枝 俊 (Fujieda, Shun)

大阪大学・工学研究科・准教授

研究者番号：60551893

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：逆磁歪効果を利用した振動発電は、身の回りの振動を電気エネルギーに変換するエネルギーハーベスティング技術としてIoTデバイスへの応用が注目されている。本研究では、Fe-Ga合金単結晶が逆磁歪効果に起因して応力印加により大きな磁束変化を示すために、それを搭載した振動発電デバイスが優れた特性を示すことに着目し、Kerr効果顕微鏡を用いて磁区観察に取り組んだ。その結果、Fe-Ga合金単結晶の初期磁区構造の特徴と、それに及ぼす磁場および応力印加の影響の特徴を明らかにした。つまり、逆磁歪効果に起因した磁区構造変化の直接観測に成功し、応力印加により大きな磁束変化が生じる磁区構造の変化機構を突き止めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

様々な情報を収集および集約するIoTデバイスは、社会および産業の基盤技術としての重要性が高まっている。しかし、従来のIoTデバイスは電池で駆動しているため、その数が増えると電池の管理および維持の手間が膨大となり普及の障害となる。Fe-Ga合金単結晶を搭載した振動発電デバイスは、身の回りで頻発する振動で数mWの電力を作り出すことが可能で、耐久性にも優れている。本研究により、逆磁歪効果に起因した応力印加による大きな磁束変化の発生機構が明らかになり、さらなる振動発電特性の向上が期待できる。従って、IoTデバイスの普及を促進するメンテナンスフリーの小型電源の実現に貢献する成果を得た。

研究成果の概要(英文)：Vibration power generation is one of the promising energy harvesting technologies that can generate electrical power from ambient vibration. Vibration power generators using the inverse magnetostrictive effect have attracted a great deal of attention for application to electronic power sources for wireless devices. Recently, the superior vibration energy generation performance due to the stress-induced large magnetic flux change was demonstrated by generators using Fe-Ga alloy single crystals. In this study, the magnetic domain structure of Fe-Ga alloy single crystals was observed using a Kerr effect microscope under magnetic fields and tensile stress. As a result, characteristic change of the magnetic domain structure due to the inverse magnetostrictive effect was directly observed. The mechanism of stress-induced large magnetic flux change was successfully explained in connection with the inverse magnetostrictive effect.

研究分野：磁性材料

キーワード：磁性・電子・情報材料 磁区構造

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

無磁場中において、強磁性体は磁区と呼ばれる磁化方向が揃った複数の領域を作り、外に漏れる磁束を低減した磁区構造を形成する。また、各磁区の内部では電子スピンと軌道の相互作用（スピン軌道相互作用）に起因して、磁歪と呼ばれる磁化方向に依存した結晶格子歪みが生じる。そのため、強磁性体に磁場を印加すると外形が歪む。これが磁歪効果である。この逆効果として、強磁性体へ応力を印加すると磁氣的性質が変化する。この現象は、逆磁歪効果と呼ばれる。2011年に逆磁歪効果を利用して身近で発生する振動を電気エネルギーに変換する画期的な振動発電デバイスが開発され、IoT (Internet of Things) デバイス用の小型電源として注目されている<sup>2)</sup>。その振動発電の原理を、電磁誘導の原理と比較して図1に示す<sup>3)</sup>。導電性のコイルに磁石を近づけて磁束がコイルを貫くと電磁誘導により誘導起電力が生じる(図1左参照)。この時に発生する電圧  $V$  は、次式に示す Faraday の法則で表され、コイルを貫く磁束の時間変化  $d\Phi/dt$  に比例する。

$$V = -N \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

ここで、 $N$  はコイルの巻き数を表す。一方、図1右に示したように、逆磁歪効果を利用した振動発電では、コイルの中に磁性体を設置し、バイアス磁場を印加して磁化させる。磁性体が振動により圧縮されたり引張られたりすると、逆磁歪効果によりコイルを貫く磁束が変化するため、磁性体の移動無しでも電磁誘導による誘導起電力が得られる。従って、優れた振動発電デバイスを実現するには、逆磁歪効果により大きな磁束変化を示す磁性体、すなわち”逆磁歪材料”が求められる。

bcc 構造の Fe-Ga 合金は、17 at% 程度の Ga 濃度で Ni、Fe-Al 合金および Fe-Co 合金よりも大きな約 311 ppm の磁歪効果を示す<sup>4)</sup>。この値は超巨大磁歪材料と呼ばれる Tb-Dy-Fe 化合物の磁歪効果より小さい。しかし、Fe-Ga 合金は比較的良好な機械的性質を有し、脆い Tb-Dy-Fe 化合物では困難な機械加工も可能である。さらに、前者の飽和磁束密度は 1.5 T 程度で、後者 (1 T 程度) よりも大きい。つまり、Fe-Ga 合金は比較的大きな磁歪と飽和磁束密度および良好な機械的性質を併せ持っている。Fe-Ga 合金の磁歪定数は結晶方位に強く依存する<sup>4)</sup>。例えば、Ga 濃度 13 at% の Fe-Ga 合金の磁歪定数は  $\langle 100 \rangle$  方向で最大であり、その値 (約 140 ppm) は  $\langle 111 \rangle$  方向の磁歪定数よりも約 9 倍も大きい<sup>4)</sup>。そこで、Fe-Ga 合金単結晶の  $\langle 100 \rangle$  方向と振動による応力の発生方向が平行になるようにデバイスに搭載して振動発電試験を行った結果、飽和磁束密度の 53% に相当する 0.8 T 程度の磁束変化に起因して 4 V 程度の比較的良好な発電特性が得られることが明らかになった<sup>5)</sup>。発電特性のさらなる向上に向けて、Fe-Ga 合金単結晶の逆磁歪効果による大きな磁束変化の発現機構の解明が望まれる。

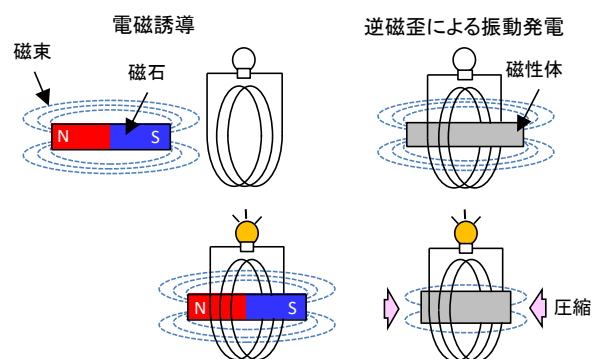


図1 電磁誘導 (左) および逆磁歪効果を利用した振動発電 (右) の原理の比較<sup>3)</sup>。

### 2. 研究の目的

本研究では、Fe-Ga 合金単結晶の逆磁歪効果による大きな磁束変化の発現機構を明確にすることを目的とする。

### 3. 研究の方法

Czochralski 法により作製した Fe-Ga 合金単結晶から試験片を切り出した。結晶方位は、背面反射 Laue 法により評価した。磁区観察には Kerr 効果顕微鏡を用いた。図 2 に示した治具を顕微鏡に設置して、応力および磁場印加が磁区構造に及ぼす影響を調べた<sup>6)</sup>。

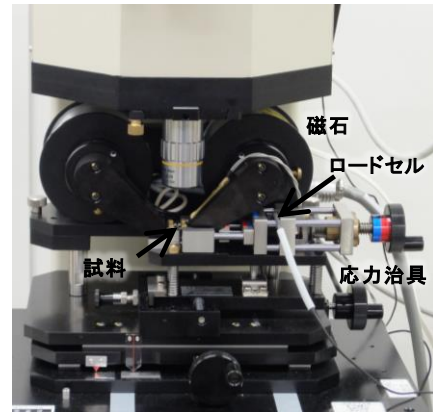


図 2 応力および磁場印加治具を設置した Kerr 効果顕微鏡<sup>6)</sup>。

### 4. 研究成果

#### (1) Fe-Ga 合金単結晶の初期磁区構造および磁場印加の影響

Kerr 効果顕微鏡を用いて逆磁歪効果と密接に関連する磁区構造の詳細な観察を行った。Ga 濃度 16.1 at% の Fe-Ga 合金単結晶の(001)面の初期磁区構造を図 3 に示す<sup>3,7)</sup>。磁場印加により磁化飽和させた状態を基準とし、その差分により磁区画像を得た。観察面が 2°程度傾いているため補助磁区も含むが、コントラストの異なる 4 種類の磁区 (B、W、G1 および G2) が観察された。観察光の入射方向とコントラストの関係を解析した結果、B 磁区および W 磁区の磁化方向は[010]および[0 $\bar{1}$ 0]であり、G1 磁区および G2 磁区の磁化方向は[100]および[ $\bar{1}$ 00]であった。隣り合う B 磁区と W 磁区および G1 磁区と G2 磁区の磁化方向はほぼ 180°で、磁区を隔てる磁壁に着目すると階段状である。一方、隣接する B 磁区と G1 磁区および W 磁区と G2 磁区の磁化方向はほぼ 90°で、その磁壁は直線的である。すなわち、Fe-Ga 合金単結晶の(001)面の初期磁区構造は、主に面内の 4 つの<100>磁化容易軸方向を磁化方向とする磁区で構成され、それらは直線的な 90°磁壁と階段状の 180°磁壁で隔てられる。

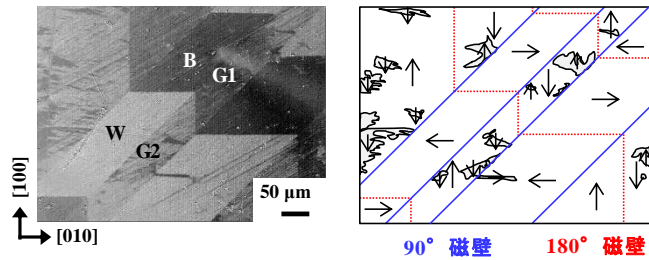


図 3 Fe-Ga 合金単結晶の(001)面の初期磁区像 (無印加磁場および無印加応力) (左) と模式図 (右)<sup>3,7)</sup>。右図において、矢印は各磁区の磁化方向を表し、灰色の磁区は補助磁区を表す。

図 4(A)-(D)に[010]方向への磁場印加による磁区構造の変化を示す<sup>3,7)</sup>。300 Oe の磁場印加によ

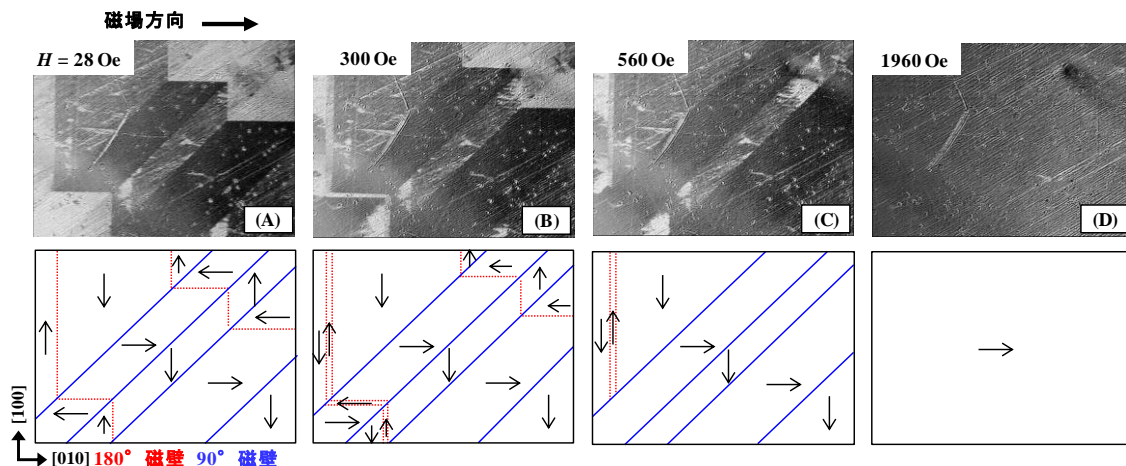


図 4 [010]方向に磁場を印加して観察した Fe-Ga 合金単結晶の(001)面の磁区像 (上) と模式図 (下)<sup>3,7)</sup>。下図の矢印は各磁区の磁化方向を表す。

り、観察領域の左下外側から 180°磁壁が現れる。また、右上の 180°磁壁は、さらに右上に移動する。印加磁場を 560 Oe まで増加させると、左下の 2 つの 180°磁壁は衝突して消滅し、右上の 180°磁壁は観察領域の右上外側へ移動する。上述のように階段状の 180°磁壁が移動・消滅している間、直線的な 90°磁壁は殆ど移動しない。その結果、直線的な 90°磁壁のみで構成された縞状磁区となる。さらに強い磁場を印加すると、90°磁壁が移動し始め、1960 Oe で磁場印加方向を磁化方向とする単磁区状態に達する。このように、磁場印加による磁区構造変化の特徴が明らかになった。

図 5 に磁区観察と同一単結晶の [010] 方向の磁化  $M_{[010]}$  および歪み  $\Delta L/L_{[010]}$  の磁場依存性を示す<sup>3,7)</sup>。これらの測定において、磁場は磁区観察と同様に [010] 方向に印加した。磁場印加により、磁化方向が磁場方向の磁区 (→方向) の割合が増加するため (図 4 参照)、磁化は増加する。一方、300 Oe 以下の印加磁場では、 $\Delta L/L_{[010]}$  曲線は殆ど変化しない。また、560 Oe 程度の印加磁場でも  $\Delta L/L_{[010]}$  は 30 ppm 程度である。その後、さらに強い磁場を印加すると  $\Delta L/L_{[010]}$  は急激に増大し、磁化と同程度の印加磁場で飽和する。Fe-Ga 合金の <100> 方向の磁歪定数は正であり<sup>4)</sup>、各磁区において結晶格子は磁化方向の <100> 磁化容易軸方向に伸びている。つまり、比較的 low 磁場で生じる 180°磁壁の移動では、格子が [010] 方向と平行方向に伸びている磁区 (→方向 および ←方向) の割合は増加しないため、 $\Delta L/L_{[010]}$  曲線は殆ど変化しない。比較的高磁場で生じる 90°磁壁の移動により、格子が [010] 方向と平行方向に伸びている磁区の割合は増加するので  $\Delta L/L_{[010]}$  は増加する。つまり、図 5 下の  $\Delta L/L_{[010]}$  曲線の振舞いは、図 4 に示した磁区観察の結果と対応する。Kerr 効果顕微鏡で観察できるのは表面近傍のみであるが、Fe-Ga 合金単結晶の内部においても図 4 で述べた特徴と同様の磁区構造変化が生じると推察される。

## (2) 応力印加による磁区構造の変化

引張り応力を印加した Ga 濃度 12.8 at% の Fe-Ga 合金単結晶の [010] 方向の歪み  $\Delta L/L_{[010]}$  の磁場依存性を図 6 に示す<sup>3,6,8)</sup>。無印加応力状態において、 $\Delta L/L_{[010]}$  曲線は 160 ppm 程度に飽和する。引張り応力の印加により、 $\Delta L/L_{[010]}$  曲線の飽和値は減少する。前節で述べたように、 $\Delta L/L_{[010]}$  曲線は磁区構造と密接に関わる。従って、引張り応力の印加による磁区構造の変化が強く示唆される。

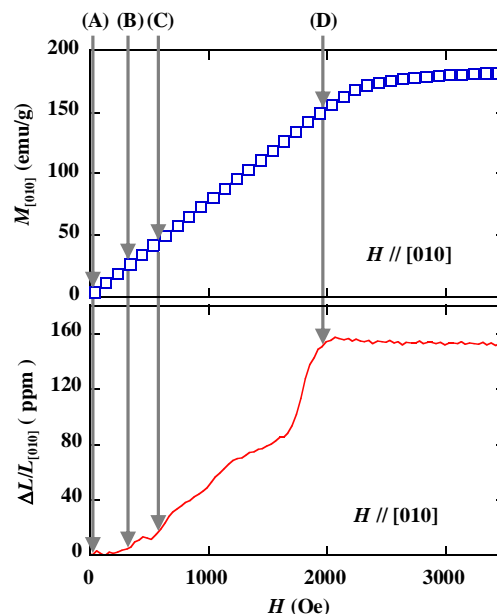


図 5 Fe-Ga 合金単結晶の [010] 方向の磁化  $M_{[010]}$  (上) および歪み  $\Delta L/L_{[010]}$  (下) の磁場依存性。[010] 方向に磁場を印加した<sup>3,7)</sup>。また、図 4 の (A)~(D) に対応する状態を矢印で示す。

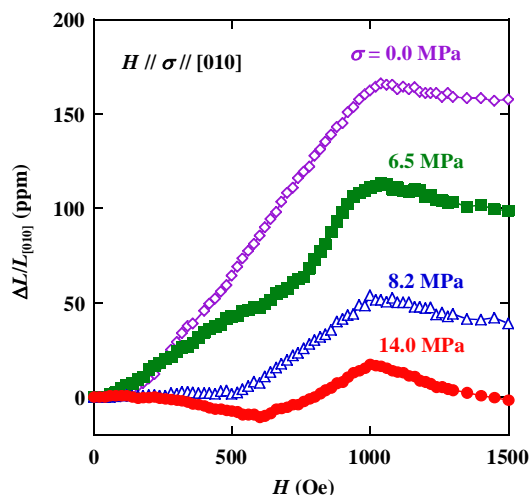


図 6 引張り応力を印加した Fe-Ga 合金単結晶の [010] 方向の歪み  $\Delta L/L_{[010]}$  の磁場依存性<sup>3,6)</sup>。引張り応力および磁場は [010] 方向と平行に印加した。



同一単結晶の[010]方向と平行に引張り応力を印加して観察した磁区構造の変化を図7に示す<sup>3,6)</sup>。5.7 MPa程度の引張り応力を印加すると、初期磁区を構成する直線的な90°磁壁および階段状の180°磁壁は同時に動き出す。さらに応力を印加すると、引張り方向に対して磁化方向が垂直の磁区(↑方向および↓方向)の割合が減少し、磁化方向が平行の磁区(→方向および←方向)の割合が増加する。さらに、11.4 MPaの引張り応力を印加すると、引張り方向に対して磁化方向が垂直の磁区(→方向および←方向)は消滅し、磁化方向が平行の磁区(→方向および←方向)で構成された縞状構造となる。一方、圧縮応力を印加すると、圧縮方向と磁化方向が垂直の磁区で構成された縞状構造が観測された。つまり、磁歪による結晶格子の歪みで印加応力を緩和するために90°磁壁は移動・消滅し、その際に磁束が外に漏れないように180°磁壁は階段状から直線的になると説明される。図4で述べた磁場印加とは異なる、応力印加に伴う磁区構造変化の特徴が明らかになった。また、90°磁壁が消滅する11.4 MPa以上の引張り応力において図6の $\Delta L/L$ 曲線の飽和値はほぼゼロであり、磁区観察結果と対応することから、Fe-Ga合金単結晶の内部においても同様の特徴の磁区構造変化が生じていると推察される。

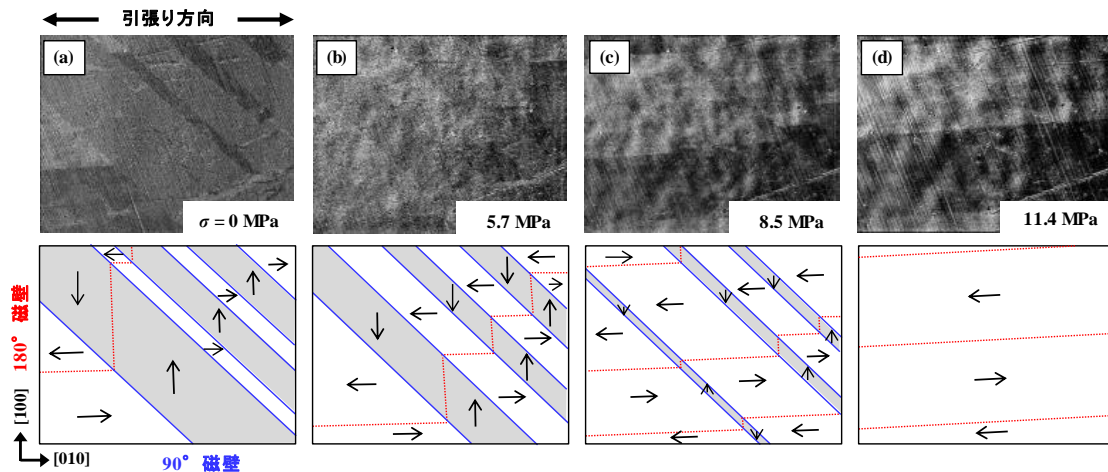


図7 [010]方向と平行に引張り応力を印加して観察した Fe-Ga 合金単結晶の(001)面の磁区像(上)と模式図(下)<sup>3,6)</sup>。下図において、矢印は各磁区の磁化方向を表し、磁化方向が引張り方向と垂直の磁区を灰色で示す。

<引用文献>

- 1) T. Ueno and S. Yamada, IEEE Trans. Magn., **47** (2011) 2407.
- 2) Z. Deng and M. J. Dapino, Smart Mater. Struct., **26** (2017) 103001.
- 3) 藤枝 俊, 栢修一郎, 川又 徹, 志村玲子, 石山和志, 福田承生, 鈴木 茂, 日本金属学会誌 までりあ **59** (2020) 10.
- 4) A. E. Clark, K. B. Hathaway, M. Wun-Fogle, J. B. Restorff, T. A. Lograsso, V. M. Keppens, G. Petculescu and R. T. Taylor, J. Appl. Phys., **93** (2003) 8621.
- 5) S. Fujieda, S. Suzuki, A. Minato, T. Fukuda and T. Ueno, IEEE Trans. Magn., **50** (2014) 2505204.
- 6) S. Fujieda, S. Asano, S. Hashi, K. Ishiyama, T. Fukuda and S. Suzuki, J. Appl. Phys. **124** (2018) 233901.
- 7) S. Asano, S. Fujieda, S. Hashi, K. Ishiyama, T. Fukuda and S. Suzuki, IEEE Magn. Lett., **8** (2017) 6101004.
- 8) S. Fujieda, S. Asano, S. Hashi, K. Ishiyama, T. Fukuda and S. Suzuki, Mater. Sci. Forum, **941** (2018) 914.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Suzuki Shigeru, Kawamata Toru, Simura Rayko, Asano Shimpei, Fujieda Shun, Umetsu Rie Y., Fujita Masaki, Imafuku Muneyuki, Kumagai Tsuyoshi, Fukuda Tsuguo	4. 巻 60
2. 論文標題 Anisotropy of Magnetostriction of Functional BCC Iron-Based Alloys	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 MATERIALS TRANSACTIONS	6. 最初と最後の頁 2235 ~ 2244
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.2320/matertrans.MT-M2019146">https://doi.org/10.2320/matertrans.MT-M2019146</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Takahashi Takumi, Simura Rayko, Fujieda Shun, Kawamata Toru, Suzuki Shigeru, Fukuda Tsuguo	4. 巻 58
2. 論文標題 Investigation of power generation mechanism and anisotropy of Fe-Ga magnetostrictive alloy single crystal based on magnetic domain observations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 106508 ~ 106508
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.7567/1347-4065/ab3e60">https://doi.org/10.7567/1347-4065/ab3e60</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Fujieda Shun, Hashi Shuichiro, Kawamata Toru, Simura Rayko, Ishiyama Kazushi, Fukuda Tsuguo, Suzuki Shigeru	4. 巻 59
2. 論文標題 Inverse Magnetostrictive Effect in Fe-Ga Alloy Single Crystals for Application to Vibration Power Generation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Materia Japan	6. 最初と最後の頁 10 ~ 15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.2320/materia.59.10">https://doi.org/10.2320/materia.59.10</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Fujieda Shun, Asano Shimpei, Hashi Shuichiro, Ishiyama Kazushi, Fukuda Tsuguo, Suzuki Shigeru	4. 巻 941
2. 論文標題 Magnetostrictive Property and Magnetic Domain Structure of Fe-Ga Alloy Single Crystal under Tensile Strain	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials Science Forum	6. 最初と最後の頁 914 ~ 918
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.941.914">https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.941.914</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fujieda Shun, Asano Shimpei, Hashi Shuichiro, Ishiyama Kazushi, Fukuda Tsuguo, Suzuki Shigeru	4. 巻 124
2. 論文標題 Significant reduction in Young's modulus of Fe-Ga alloy single crystal by inverse magnetostrictive effect under tensile stress	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 233901 ~ 233901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1063/1.5063718">https://doi.org/10.1063/1.5063718</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計23件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 藤枝 俊、豊木研太郎、小谷佳範、中村哲也、福田承生、鈴木 茂
2. 発表標題 走査型軟X線MCD顕微鏡装置による振動発電デバイスに搭載したFe-Ga合金単結晶の磁区観察
3. 学会等名 日本金属学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤枝 俊、高橋 巧、志村玲子、鈴木 茂、福田承生
2. 発表標題 Fe-Ga合金単結晶の振動発電デバイスに搭載した状態での磁区構造
3. 学会等名 日本磁気学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤枝 俊
2. 発表標題 磁歪の大きな遷移金属酸化物の歪みを利用した磁氣的性質の制御
3. 学会等名 日本鉄鋼協会フォーラム講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤枝 俊、福田承生、鈴木 茂
2. 発表標題 振動発電デバイスに搭載してバイアス磁場を印加した状態のFe-Ga 合金単結晶の磁区観察
3. 学会等名 日本金属学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井上森平、藤枝 俊、長内史也、杢修一郎、石山和志、清野智史、中川 貴、山本孝夫
2. 発表標題 Fe-Co基合金の逆磁歪効果による磁束密度変化
3. 学会等名 日本金属学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤枝 俊
2. 発表標題 逆磁歪効果を利用した振動発電用の高性能材料の開発
3. 学会等名 日本材料学会 第188回 X線材料強度部門委員会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤枝 俊
2. 発表標題 革新的エネルギー変換に向けた高性能磁性材料の開発
3. 学会等名 IEEE Kansai/Shikoku Joint Sections Magnetism Society Chapter 講演会 (招待講演)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 藤枝 俊
2. 発表標題 Fe-Ga合金単結晶の逆磁歪効果の振動発電エナジーハーベスティングへの応用
3. 学会等名 日本磁気学会 ナノマグネティックス専門研究会「ひずみと磁性の相関における新展開」(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤枝 俊、浅野晨平、志村玲子、鈴木 茂、杵 修一郎、石山和志、福田承生
2. 発表標題 Fe-Ga合金単結晶の<100>方向への引張りおよび圧縮応力印加による磁区構造の変化
3. 学会等名 日本磁気学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤枝 俊、五来直樹、川又 透、志村玲子、鈴木 茂、福田承生、南谷保、上野敏幸
2. 発表標題 平行梁U字型振動発電デバイスの発電特性に及ぼすFe-Ga合金の結晶方位の影響
3. 学会等名 日本金属学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤枝 俊
2. 発表標題 Czochralski法で作製したFeGa合金単結晶の振動発電への応用
3. 学会等名 日本結晶成長学会(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤枝 俊
2. 発表標題 新エネルギー変換技術の実現に向けた磁性材料の開発
3. 学会等名 物質・デバイス領域共同研究拠点合同研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤枝 俊、高橋 巧、志村玲子、鈴木 茂、福田承生
2. 発表標題 ユニモルフU字型振動発電デバイスに搭載したFe-Ga合金単結晶の磁区観察
3. 学会等名 日本金属学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋 巧、志村玲子、鈴木 茂、藤枝 俊、福田承生
2. 発表標題 Fe-Ga合金単結晶材料を用いた振動発電装置における磁区構造変化の結晶方位依存性
3. 学会等名 日本金属学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋巧、志村玲子、藤枝 俊、篠田弘造、福田承生、南谷保、上野敏幸、鈴木茂
2. 発表標題 U字型振動発電デバイスにおけるFe-Ga合金単結晶に及ぼす振動の影響
3. 学会等名 日本金属学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Fujieda, A. Asano, S. Hashi, K. Ishiyama, T. Fukuda and S. Suzuki
2. 発表標題 Magnetic domain observation of Fe-Ga alloy single crystal grown by CZ method
3. 学会等名 Thermec (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤枝 俊、浅野晨平、川又 透、鈴木 茂、杵 修一郎、石山和志、福田承生
2. 発表標題 Fe-Ga合金単結晶の<100>方向への引張り応力印加による逆磁歪効果
3. 学会等名 日本金属学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤枝 俊、三井好古、小山佳一、鈴木 茂
2. 発表標題 遍歴電子メタ磁性転移体LaFe <sub>12</sub> B <sub>6</sub> 化合物の低温・磁場中X線回折
3. 学会等名 日本磁気学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 五来直樹、川又 透、藤枝 俊、篠田弘造、鈴木 茂、福田承生
2. 発表標題 振動発電用Fe-Ga合金単結晶の磁束密度変化に及ぼす結晶方位の影響
3. 学会等名 日本鉄鋼協会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 五来直樹、藤枝 俊、川又透、篠田弘造、鈴木 茂、福田承生
2. 発表標題 FeGa合金の振動発電特性の検討
3. 学会等名 日本金属学会東北支部
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤枝 俊
2. 発表標題 逆磁歪効果を利用した振動発電エネルギーハーベスティング
3. 学会等名 フレキシブルエネルギーデバイスコンソーシアム講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤枝 俊、浅野晨平、川又 透、鈴木 茂、杵 修一郎、石山和志、梅津理恵、福田承生
2. 発表標題 Fe-Ga合金単結晶の<100>方向への応力および磁場印加状態での磁区観察
3. 学会等名 日本金属学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋 巧、川又 透、藤枝 俊、篠田 弘造、T. Inerbaev、川添 良幸、福田 承生、鈴木 茂
2. 発表標題 第三元素を添加したFe-Ga基合金の磁歪特性～試料厚さの効果の検討～
3. 学会等名 日本鉄鋼協会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究者総覧 - 大阪大学

<http://www.dma.jim.osaka-u.ac.jp/view?l=ja&u=10010299&k=%E8%97%A4%E6%9E%9D&kc=1&sm=keyword&sl=ja&sp=1>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----