

# 2019年度事業報告

## I 事業の状況

### 1. 事業と公益性

公益財団法人電磁材料研究所（以下「本法人」という。）は、「自然と調和しつつ健全な人類社会を支える公益目的事業の重要性を強く認識し、新規で優れた性能を持つ機能材料の開発とその有効な応用分野の開拓を進め、得られた研究成果を広く一般に公開して、学術及び科学技術並びに産業の振興を通じて次世代社会の発展と幸福に貢献するための研究活動を行う」ことを設立の目的としている。

この目的を達成するため、本法人は、以下の事業を実施している。

- (1) 電磁に関連する機能材料及びデバイスの研究開発並びに試作に関する事業
- (2) その他本法人の目的を達成するために必要な事業

ここで、(1)の事業は、公益目的事業であり、(2)の事業は、公益目的事業を実施するのに必要な財源の一部に充当するための収益事業である。

本法人は、事業の公益性を確保するため、「事業の内容、成果等は、一般の研究者、技術者、企業家等に広く公開・提供する」ことを基本方針としている。このため、実施している研究開発の課題、事業内容及び成果の概要並びに提供しうる試作品については、本法人の事業計画書及び事業報告書に記載し事務部に保管して一般の閲覧に供すると共に、インターネットのホームページ、要覧、展示等により広く公開している。研究開発成果の詳細に関しては、関連する学会誌、講演会、研究会、国際会議等で一般に公表している。また、事業内容等についての外部からの問い合わせには事業支援室が対応するなどして、公益性の確保に努めている。

なお、本法人の知的財産権に関する情報は、インターネットのホームページ、事業報告書等で広く一般に公開し、供与を希望する企業に対して平等に門戸を開放すると共に、知的財産権についての外部からの問い合わせには事業支援室が対応している。

## 2. 公益目的事業

### 2-1 公益目的事業の範囲

本法人の公益目的事業の内容は、「物質・材料がもつ本質的な機能的物性を有効に利用した電磁材料を探索し、新たに見出した材料を活用して高性能かつ超小型機能デバイスを開発すると共にその実用化を図る」ことであり、事業の範囲は、電磁材料及びデバイスの研究開発からその成果が実用化に至るまでである。

これら事業は、研究開発事業部の研究員が行う「自主研究」、公的及び民間機関からの「科学研究費補助金等の競争的資金による研究」、大学等の公的研究機関又は研究員が進める研究に興

味を持ち協力を申し出た企業との「共同研究」、そして、本法人独特の「試作開発研究」として実施する。ここで、試作開発研究とは、研究開発成果の完成度の更なる向上と実用化の促進を図るため、企業及び公的研究機関からの要請（委託）に応じて試作品を提供し、実装又は実機試験を行い、その評価結果を基に、実用上での問題点の抽出とその改良、新規応用分野の開拓及び有効性の実証を行うものである。

## 2-2 研究開発事業の内容と実施体制

2019年度（以下本年度という。）に実施した事業は、2016年（平成28年）11月7日開催の臨時理事会において承認された「中期事業計画」（計画期間は、2017年（平成29年）度から5年間である。）に記載されている中期事業目標及び計画に基づくものである。

上記の研究開発事業は、研究開発事業部の三つの研究開発部門及び二つの開発施設で実施され、その各々の研究開発テーマは、以下の通りである。

[研究開発部門]

- (1) 新機能材料創生部門：研究開発テーマ「新機能電磁材料の研究開発」
- (2) デバイス用高機能材料開発部門：研究開発テーマ「デバイス用高機能薄膜材料の研究開発」
- (3) 次世代デバイス開発部門：研究開発テーマ「次世代デバイスの研究開発」

[開発施設]

- (4) 素形材開発施設：研究開発テーマ「次世代バルク機能材料の開発及びその試作研究」
- (5) デバイス開発施設：研究開発テーマ「高性能電磁素子及びデバイスの試作研究」

なお、本年度（2020年3月31日現在）の各研究開発部門、開発施設、事業支援室及び事務部に所属する職員数は、下表の通りであった。

（ ）内は、委嘱者で外数

部門及び施設名等	研究員	嘱託研究員	技術員	嘱託技術員	事務員	嘱託事務員等	合計
新機能材料創生部門	4名	0名	4名	0名	0名	1名	9名
デバイス用高機能材料開発部門	3名	0名	1名	1名	0名	0名	5名
次世代デバイス開発部門	2名	3名	2名	0名	0名	0名	7名
素形材開発施設	0名	0名	4名	0名	0名	0名	4名
デバイス開発施設	0名	1名	2名	0名	0名	0名	3名
事業支援室	0名	0名	0名	0名	1名	1(1)名	2(1)名
事務部	0名	0名	0名	0名	3名	4名	7名
計	9名	4名	13名	1名	4名	6(1)名	37(1)名

## 2-3 各研究開発部門及び開発施設の研究開発実施状況

各々の研究開発部門及び開発施設の本年度の研究開発実施状況は、以下の通りである。

### [1] 新機能材料創生部門

本部門は、異種の機能性材料をナノサイズで複合化し組織制御するなどにより、電磁に関係する新機能性、高次機能性及び複合機能性を発現する新たな実用的機能材料の創生を図ることを目的としている。

本年度の具体的な研究テーマ及び得られた主な成果は、以下の通りである。

#### 1-1) 透明強磁性ナノグラニューラ薄膜の磁気-光学効果に関する研究

本部門では、昨年度までに、磁性ナノグラニューラとフッ化物マトリックスから成るナノグラニューラ薄膜が、室温で可視光から光通信領域を含む広い波長帯域の光に対して優れた透過性を示す透明強磁性体であり、光通信帯域の波長において YIG などの従来材料の 40 倍もの巨大なファラデー効果を示すことを世界に先駆けて見出した。

昨年度は、ナノグラニューラ薄膜の磁気光学効果の性能指数が、基板過熱とその後の熱処理によって向上することを明らかにした。

本年度は、ナノグラニューラ薄膜の膜厚を厚くすることによりファラデー効果の磁界感度が向上することから、膜厚が  $3\mu\text{m}$  程度の薄膜の作製を試みた。しかしながら、熱処理によりマトリックスが結晶化し粒界が発生・結晶成長することに伴い、膜表面の荒れや膜剥離が発生した。この問題を解決するためマトリックス材料を種々検討し、結晶粒径を微細化することにより、膜表面が平滑で膜剥離が生じない厚膜を得ることに成功した。

#### 1-2) 高屈折率マトリックスを用いたナノグラニューラ薄膜の磁気光学効果の検討

本研究は、ナノグラニューラ薄膜のフォトニックデバイスへの応用を目指し、磁気光学特性と微細加工性が共に優れたナノグラニューラ薄膜材料を開発することを目的とする。

本年度は、FeCo 磁性合金をナノグラニューラとし、半導体プロセスに広く用いられているシリコンナイトライドをマトリックスとするナノグラニューラ薄膜を採り上げ、その磁気特性及び光学特性を検討した。その結果、波長が  $1550\text{nm}$  の光通信波長帯域において、最大  $8\text{deg.}/\mu\text{m}$  を超える極めて高いファラデー回転角と屈折率が 4 以上の値を併せ持つ薄膜が得られた。しかしながら、半面、光透過性が低下してしまった。

来年度は、成膜後に熱処理を施すなど種々検討することにより、光透過性の改善を図る予定である。

#### 1-3) 光機能性酸化物薄膜の光触媒特性と光電換特性に関する基礎研究

本部門では、サステナブル社会の実現に向けて、環境浄化や希少元素を使わない材料体系の構築を目標とする光機能性材料の探索研究を進めている。

昨年度は、Ge を添加したマグネタイト  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  薄膜を大気中で熱処理することにより、膜表面に  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  の薄い層を有するヘテロ構造が自己形成され、純  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  単体よりも優れた光

触媒特性を発現することを明らかにした。

本年度は、上記  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  薄膜への Ge 添加効果に関し検討を進めた結果、Ge は  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  の A 格子点に位置し、ドーパントとして働き電氣的整流特性を発現することを見出した。この整流特性が光触媒機能の高効率化に大きく寄与していると考えられる。

また本年度は、この  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  薄膜の他に粉末試料に関しても検討を開始し、可視光領域で優れた応答性を示す光触媒特性を有することを明らかにした。

来年度は、粉末試料を本格的に採り上げ、大気中熱処理と試料表面の特異な相構造及び光触媒特性との関係等を検討する予定である。

#### 1-4) 鉄酸化物エピタキシャル単結晶薄膜の合成

本研究は、エピタキシャル  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  薄膜に整合ひずみを導入することにより、磁気異方性の増大を図ることを目的としている。

昨年度は、 $\text{SrTiO}_3$  (111) 基板上に  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (111) エピタキシャル膜を成膜することにより、磁化測定結果から垂直磁化膜が得られたことを確認した。

本年度は、上記  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (111) エピタキシャル膜を用い保磁力の膜厚依存性を測定し、膜厚 87nm で保磁力が最大となることを明らかにした。また、強磁場下での磁気トルク特性測定から、垂直磁気異方性エネルギーが反磁界エネルギーと同程度の  $1.47 \times 10^6 \text{ erg/cm}^3$  であること、またメスバウアー分光測定から、磁気モーメントの方向が膜面に垂直方向から  $30^\circ$  以内であることを確認した。

## [2] デバイス用高機能材料開発部門

本部門は、センサ、高周波デバイス及びアクチュエータ等のデバイスの高性能化を図るため、それらを構成する電磁薄膜材料の高機能化と新規機能薄膜材料の開発を目的としている。

本年度の具体的な研究テーマ及び得られた主な成果は、以下の通りである。

### 2-1) 新規高性能ひずみセンサ薄膜及び素子に関する基礎的研究

本部門で開発された Cr-N 薄膜ひずみセンサは、高感度ひずみ特性及び安定した温度特性を有することから各種力学量計測に広く使用されている。

本年度は、第一原理計算により、スピン密度波の励起に起因する磁気体積効果が Cr-N 薄膜の高ゲージ率発現要因のひとつであることを明らかにした。また、Cr-N ひずみセンサが持つ大きな横感度特性を有効利用することにより、新たな小型・高感度力学量計測センサの実現が可能であることを示した。

来年度は、Cr-N 薄膜中の窒素原子がひずみ特性に及ぼす効果について理論的検討を進め更なるひずみセンサ特性の向上を目指すと共に、横感度特性を利用したデバイスの新規用途の開拓を進める予定である。

### 2-2) 特殊環境用新規ひずみセンサ素子の開発

内燃機関や各種プラント等における高温環境或いは高圧水素雰囲気中などの特殊環境下での力学量計測のため、それらの環境下でも安定した高感度ひずみ特性を保持する安価なひずみセンサの実現が熱望されている。

本年度は、高温用 Cr 系ひずみセンサ薄膜の高温における電気抵抗の優れた安定

性は、大気中熱処理を施すことにより薄膜表面に自然形成される酸化層が薄膜内部への酸化の進行を阻止することに起因することを明らかにした。また、700℃の高温で大気中熱処理したCr系ひずみセンサ薄膜のゲージ率が、室温で、熱処理前と殆ど変わらない5~8の大きな値を維持していたことから、大気中での高温熱処理は、ゲージ率を劣化させないことを確認した。

来年度は、650℃まで使用可能なひずみセンサ薄膜材料の開発を継続すると共に、高圧水素雰囲気中で安定して使用可能なCr-N薄膜/ジルコニア基板ひずみセンサ素子の実用化に向けた検討を進める予定である。

### 2-3) ナノグラニューラー積層磁性薄膜を基軸とした高周波材料開発に関する研究

本研究は、高周波磁気特性が優れた新規なナノグラニューラー薄膜の開発とそのデバイスへの応用を目的とする。

昨年度は、高周波インダクタ用材料として膜面内で等方的磁気特性を有するナノグラニューラー薄膜の開発を目指し、硝子基板上に、非磁性絶縁層を中間に挟み面内磁気異方性の方向が互いに直行したナノグラニューラー磁性薄膜の積層体を試作してその実現を図ったところ、薄膜中のナノグラニューラーが膜面に垂直方向にそろう傾向を示し、磁気特性が膜厚の影響を受けることが明らかにした。

本年度は、更に、上記積層体において、ナノグラニューラー薄膜の磁気特性が薄膜と下地層の界面の影響を受けることを新たに見出した。ナノグラニューラー薄膜は、絶縁層を挟んだ上下の薄膜の成膜条件が例え同一であっても、極めて平滑な硝子基板を下地層とする下層薄膜と絶縁層を下地層とする上層薄膜とでは磁気特性が異なる。そこで本年度は、予め硝子基板上に絶縁層を成膜し、その上に下層ナノグラニューラー薄膜、絶縁層、面内異方性が下層薄膜と直行した上層ナノグラニューラー薄膜の順に積層することにより、膜面内で等方的な高周波磁気特性を示す積層体を得ることに成功した。

また、本年度は、電磁ノイズ抑制体への応用を目指し、磁気共鳴周波数が20 GHzを超える高周波用ナノグラニューラー薄膜の開発を進め、薄膜の組成及び膜厚を調整することにより、共鳴周波数が26 GHzを超える薄膜を得た。

### 2-4) 非鉛系圧電セラミック膜の形成及びデバイス化に関する研究

本研究は、堅牢でバネ性、加工性に優れるステンレス金属基板上に非鉛圧電厚膜をAD法により成膜し、その圧電特性の向上を図ると共にデバイスへの応用を目的とする。

昨年度は、ステンレス基板上に形成したBaTiO<sub>3</sub>厚膜を用いた片持ちバネ型振動発電デバイスの試作評価を行い、1回のスナップ振動で37 μJのエネルギーの発電に成功した。

本年度は、発電エネルギーの更なる向上を目指し、AD法による厚膜形成技術の改良とNb系圧電材料を新たに採り上げ検討を行った。厚膜形成技術に関しては、AD法で使用する粉末の一次粒子径を調整することにより表面粗さRaが約0.05 μm、厚さ40 μm以上の緻密な厚膜を形成することに成功した。また、Nb系圧電材料の研究では、KNbO<sub>3</sub>とNaNbO<sub>3</sub>を適量配合した厚膜で、BaTiO<sub>3</sub>厚膜の約1.5倍の発電エネルギーの向上が確認された。

一般に、IoTでデータの無線送信を行うためには約150 μJのエネルギーが必要であることから、来年度は、この値の実現を目標に更なる圧電膜の特性向上と発電デバイスの構造の

検討を進める予定である。

### **[3] 次世代デバイス開発部門**

次世代デバイス開発部門は、本法人で開発した各種機能薄膜材料を用いて高性能かつ超小型の次世代情報処理・制御デバイス、電磁変換デバイス及び生体情報デバイスの研究開発を行うと共に、外部機関との共同研究や試作開発研究を通して成果の実用化を推進し、広く社会に貢献することを目的としている。

本年度の具体的な研究テーマ及び得られ主な成果は、以下の通りである。

#### **3-1) 多次元磁気情報センシング技術の研究開発**

次世代社会では電子機器、建築物、生体など様々な物体から発生する磁気エネルギーを可視化して、それらの内部情報を非破壊で読み取り、その動作状態や機能を診断する新たな技術開発が望まれている。

本法人では、これまで、車載用リチウムイオン電池の製造ラインにおける品質検査の高速化及び高品質化を目指し、GIGS®磁界センサを用いた数百チャンネルの二次元磁界センサアレイモジュールを作製し、リチウムイオン電池から発生する磁気情報を一括収集するための技術開発を進めてきた。

本年度は、生体等から発生する微弱な磁気エネルギーの可視化を目指し、GHz帯の高周波キャリア信号の反射特性を利用した磁界センサ素子と信号検出モジュールを試作し、検出可能磁界の最小限界値として従来のGIGS®磁界センサの100分の1以下である約0.5nTを確認することができた。

来年度は、更なる磁界検出感度の向上と3×3chのアレイ構成によるセンサモジュールを試作し、リチウムイオン電池の内部を流れる微小な漏洩電流の検出に加え、生体等から発生する磁気エネルギーの可視化に関する基礎的実験を行う。また、これらの基盤技術を活かした新たな応用展開を図る予定である。

#### **3-2) 磁気光学応用デバイスの開発**

本研究は、新機能材料創生部門で研究開発が進められつつあるナノグラニューラー薄膜が持つ優れた磁気光学効果を有効に利用した新規な磁気光学デバイスの開発を目的とする。

本年度は、FeCo-MgF系ナノグラニューラー薄膜のファラデー効果を利用したプローブ型光磁界センサを作製し、その基本的特性評価の一環として、センサ出力の周波数依存性及び室温から100°Cの温度範囲におけるファラデー回転角の温度依存性等を測定し、数10MHzの周波数帯域までは平坦な出力特性を示し、数100MHz以上で大きなピークを有すること等を明らかにした。

来年度は、プローブ型光磁界センサの検出感度の向上及びセンサの小型化を検討すると共に、新たに二次元磁界成分の同時検出を試みる予定である。

#### **3-3) 三次元位置計測システムの研究開発**

本研究は、光などが遮蔽された環境下でも安定して位置計測が可能な新たな磁気式三次元位置計測システムの開発を目的としている。

本年度は、複数の磁気マーカと磁気センサを用い、各々の磁気マーカの位置を同時計測す

る磁気式三次元位置計測システムの高性能化を実現するため、マーカ位置を高速・高精度で推定するアルゴリズムの検討を進めた。また、マーカの位置推定精度の向上及び計測可能空間域の拡大のためには、マーカから発生する微弱磁界を高精度で測定する必要があることから、その障害となる環境磁気雑音を低減化するための基礎的検討を開始した。

来年度は、本年度の成果を基に、磁気マーカの位置推定計算を更に高速度・高精度で行うためのアルゴリズム及び環境磁気雑音の低減化の検討を継続して進める予定である。

### **3-4) 装着型小型運動情報計測システムの研究開発**

昨年度は、靴センサシステムにおいて検出回路の高性能化を検討し、信号処理能力の700Hzまでの高周波化を実現し、本システムを用いて靴底の各部位の個別床反力ベクトルの時間変化を詳細に観察することに成功した。

本年度は、靴センサシステムの実使用を希望する研究者、企業家等への貸し出しや供給を積極的に進め、医療及び運動学等の分野における新たな用途開拓を図ることを目的として、本システムを企業で生産できる体制の構築を念頭に、靴センサシステム全体の見直しを行った。その結果、増幅回路をセンサ素子に組み込むことによりノイズの低減化とセンサデバイスの小型化を実現し、市販靴を改良して4個のセンサデバイスをアウトソール内部に収め、更には無線で1kHzまでの信号処理能力の高速化を実現し、外観上普通の靴と殆ど変わりなく履き心地においても違和感のない靴センサシステムに纏め上げることに成功した。また、それらをサイズの異なる複数の靴に仕上げた。

来年度は、上記システムに方位センサ及び慣性センサ等を組み込んで更なる多機能化を進め、歩き癖の計測、歩行機能回復訓練の診断等への応用も可能とし、様々な状況下での生活及び運動時の身体の動きを計測し分析する新たな運動情報システムの構築を図る予定である。

## **[4] 開発施設**

素形材開発施設及びデバイス開発施設は、研究開発部門が実施する研究開発において必要とする材料、素子及びデバイスの試作並びにそれらの性能評価に関し全面的な支援を行うと共に、それらの製造技術及び評価技術に関する独自の開発を行う。また、試作開発研究を実施して、外部機関の求めに応じて本法人の研究開発成果である素形材並びに電磁素子及びデバイスの試作品の提供も行うことを目的としている。

本年度の主な研究開発内容は、以下の通りである。

### **4-1) 素形材開発施設**

素形材開発施設では、本法人で発明・開発した各種機能性バルク材料の実用化を目的に、積極的に試作開発研究を進めている。

本年度は、より安定した材料の提供を目指し、材料特性及び品質と製造条件との相関を明らかにすることに重点を置き、主として下記材料の研究開発に取り組んだ。

#### **(1) バイカロイ**

試作開発研究の相手先から頻繁に製造工程の微妙な条件変更の依頼があったが、可能な限り対応し、バイカロイの更なる性能向上を目指した。

#### **(2) コエリンバー**

本年度は、昨年度に引続きコエリンバー材料を用いたひげゼンマイ製作時の断線問題を検討し、真空溶解工程の抜本の見直しなどによりほぼ解決した。

### (3) パラコロイ

本年度から、本法人で開発したパラコロイ（耐磁性・恒弾性・高弾性特性を有する時計用ひげゼンマイ材料）より更にヤング率が高い新たな合金材料の開発研究を開始した。

## 4-2) デバイス開発施設

本年度は、本法人のクリーンルームを安定かつ安全に年間を通して運用すると共に、クリーンルーム内に設置されている半自動両面マスクアライメント装置やマルチチャンバー成膜装置の維持管理及び作業の標準化を進め、各研究開発部門の高精度、高効率な電磁素子及びデバイスの作製に積極的に支援協力を行った。

また、熱安定性に優れた Cr-Al-B 薄膜ひずみセンサの膜組成の最適化、センサの形状、デバイス作製工程等の見直しを行い、ひずみ感度特性の改善を行った。

## 2-4 共同研究及び試作開発研究等

本法人では、研究成果の学術的・社会的貢献の観点から、公的研究機関や企業との共同研究及び試作開発研究並びに公的研究機関からの競争的科学研究費補助金による研究を精力的に進めた。

本年度に本法人が実行した他機関との共同研究、試作開発研究及び公的研究機関からの競争的科学研究費補助金による研究は、以下の通りである。

### [1] 共同研究（35件）

#### 1 新機能材料創生部門関係・・・・・・・・・・・・・・・・ 13件

（共同研究先：東北大学学際科学フロンティア研究所、東北大学工学研究科、東北大学医工学研究科、東北大学材料科学高等研究所、東北大学多元物質科学研究所、東北大学 CSRN、大阪大学ナノテクノロジー共用拠点、信州大学工学部、東京大学生産技術研究所、企業4社）

#### 2 デバイス用高機能材料開発部門関係・・・・・・・・・・・・・・・・ 17件

（共同研究先：東北大学工学研究科2件、新潟大学工学部、福島工業高等専門学校、信州大学工学部、産総研つくば、企業11社）

#### 3 次世代デバイス開発部門関係・・・・・・・・・・・・・・・・ 3件

（共同研究先：東北大学工学研究科、東北大学歯学研究科、企業1社）

#### 4 開発施設関係・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2件

（共同研究先：企業2社）

### [2] 試作開発研究（143件）

#### （デバイス開発施設）

#### 1 磁気測定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1件



(試作品提供先：企業 1 社)

- 2 圧電素子・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1 件

(試作品提供先：東北大学学際科学フロンティア研究所)

**(素形材開発施設)**

- 1 バルク機能材料・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 141 件

(試作品提供先：企業 15 社)

**[3] 公的機関からの競争的科学研究費補助金による研究 (9 件)**

**(交付者：独立行政法人 日本学術振興会)**

- 1 補助金の名称：科学研究費助成 基盤研究 (B) (2017. 4～2020. 3)  
研究テーマ：「新しい磁気光学効果を示すナノグラニューラー透明強磁性材料の開発」  
研究代表者：小林伸聖 (電磁材料研究所主席研究員)  
研究分担者：池田賢司 (電磁材料研究所主任研究員)  
増本 博 (東北大学学際科学フロンティア研究所教授)  
藪上 信 (東北大学医工学研究科教授)
- 2 補助金の名称：科学研究費助成 基盤研究 (C) (2017. 4～2020. 3)  
研究テーマ：「元素添加マグネタイト薄膜の整合性歪による磁気異方性制御」  
研究代表者：渡邊雅人 (電磁材料研究所主任研究員)  
研究分担者：阿部世嗣 (電磁材料研究所主席研究員)
- 3 補助金の名称：科学研究費助成 基盤研究 (C) (2017. 4～2020. 3)  
研究テーマ：「ナノグラニューラー薄膜の構造制御による複合機能材料の開発」  
研究代表者：池田賢司 (電磁材料研究所主任研究員)  
研究分担者：小林伸聖 (電磁材料研究所主席研究員)  
藪上 信 (東北大学医工学研究科教授)
- 4 補助金の名称：科学研究費助成 基盤研究 (B) (2017. 4～2020. 3)  
研究テーマ：「強磁性金属－強誘電体ナノ複相薄膜の作製による新複機能物性材料の開発」  
研究代表者：増本 博 (東北大学学際科学フロンティア研究所教授)  
研究分担者：小林伸聖 (電磁材料研究所主席研究員)  
池田賢司 (電磁材料研究所主任研究員)  
青木英恵 (東北大学学際科学フロンティア研究所助教)
- 5 補助金の名称：科学研究費助成 基盤研究 (C) (2018. 4～2021. 3)  
研究テーマ：「特異な構造を自己形成する鉄酸化物薄膜の開発と光触媒機能の発現」  
研究代表者：阿部世嗣 (電磁材料研究所主席研究員)
- 6 補助金の名称：科学研究費助成 挑戦的研究 (萌芽) (2019. 4～2021. 3)  
研究テーマ：「強磁性ナノグラニューラー膜を用いた非相反ナノフォトニックデバイスの創出」  
研究代表者：岩本 敏 (東京大学生産技術研究所教授)

- 研究分担者：小林伸聖（電磁材料研究所主席研究員）
- 7 補助金の名称：科学研究費助成 基盤研究（A）（2019. 4～2022. 3）
- 研究テーマ：「圧電・磁歪材料力学設計による電子複合材料の高エネルギー変換機能の創出」
- 研究代表者：成田史生（東北大学工学研究科教授）
- 研究分担者：川上祥広（電磁材料研究所主任研究員）  
荒木雅子（埼玉大学・理工学研究科・准教授）  
栗田大樹（東北大学工学研究科助教）  
森孝太郎（茨城大学・理工学研究科助教）  
宮本直人（東北大学・未来科学技術共同研究センター・准教授）

**（交付者：国立研究開発法人 科学技術振興機構）**

- 1 補助金の名称：CREST（2019. 10～2025. 3）
- 研究領域：「トポロジカル材料科学に基づく革新的機能を有する材料・デバイスの創出」
- 研究課題：「トポロジカル集積光デバイスの創成」
- 研究題目：「新規磁性コンポジット材料及びプロセス技術の開発」
- 研究代表者：岩本 敏（東京大学生産技術研究所教授）
- 研究担当者：岩本グループ 岩本 敏 他  
小林グループ 小林伸聖（電磁材料研究所主席研究員）  
池田賢司（電磁材料研究所主任研究員）  
早坂淳一（電磁材料研究所主席研究員）  
大場裕行（電磁材料研究所特任研究員）  
高橋グループ 高橋 駿（京都工芸繊維大助教） 他
- 2 補助金の名称：研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）（2018. 10～2019. 9）
- 研究テーマ：「ステンレス表面を電気絶縁化し薄膜電子デバイス基板として使用可能にする粘土ペーストの開発」
- 研究代表者：野口幸紀（㈱イチネンケミカルズ）
- 研究分担者：丹羽英二（電磁材料研究所主席研究員）

## 2-5 研究成果の報告、特許出願及び主な取得設備等

本法人は、研究開発により得られた成果を一般の研究者、技術者、企業家等に広く公開・提供すると共に、地域社会への貢献重視の観点から地方自治体、地元大学、企業との協同事業（展示会・発表会等）にも積極的に参加するなどして、学術的・社会的貢献を果たしている。また、知的財産権の取得は、わが国の科学技術の発展に寄与するばかりでなく、最先端技術の保護としても極めて重要であることから、国内外に積極的に出願・登録し、本法人独自の技術資産の蓄積を図っている。

本年度の本法人の研究成果の報告、特許出願及び主な取得設備等は、以下の通りである。

## [1] 研究成果の報告

### (1) 論文 (20編)

#### (新機能材料創生部門関係)

##### 査読有

- 1 Yang Cao, Hanae Kijima-Aoki, Nobukiyo Kobayashi, Shigehiro Ohnuma and Hiroshi Masumoto: Large spin polarization of granules enhances the TMD effect of nanogranular films, Journal of Applied Physics, In the press.
- 2 S. Abe: InSb-ZnO:Ge nanocomposite thin films: One-step synthesis, structural, optical and electrical properties, AIP Advances, 9, (2019) 075110 1-7

##### 解説など

- 3 小林伸聖: 金属-セラミックスナノグラニューラー薄膜の磁気-誘電効果, 日本磁気学会第224回研究会資料, 224-3 (2019)
- 4 池田賢司, 小林伸聖, 荒井賢一: 窒化物をマトリックスとしたナノグラニューラー薄膜の磁気光学効果, 電気学会マグネティックス研究会資料, MAG-19-090 (2019)

#### (デバイス用高機能材料開発部門関係)

##### 査読有

- 1 丹羽英二, 林 晋也, 須貝一郎, 野口幸紀, 飯島高志, 棚池 修, 蛭名武雄: 金属基材薄膜センサ素子用塗布型粘度絶縁膜, 電気学会論文誌 E, 139, (2019.7) 201-208
- 2 K. Adachi, H. Matsukuma, T. Sugawara, Y. Shimizu, W. Gao, E. Niwa, and Y. Sasaki: Integration of a Cr-N Thin-Film Displacement Sensor into an XY Micro-stage for Closed-Loop Nano-positioning, Nanomanufacturing and Metrology, 2 (2019) 131-139
- 3 S. Muroga, J. Ma, Y. Endo, S. Hashi, M. Naoe, M. Tanaka, H. Yokoyama, and K. Ishiyama: Crosstalk suppression of magnetic films covered by two parallel microstrip lines, Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 58, No. 8, 080902 (2019.8)
- 4 直江正幸: マグネティックス技術委員会の活動状況, 電気学会論文誌 A, 140 巻, 1 号 (2020.1) 21-22

##### 著書・解説

- 5 佐藤勝昭, 福永博俊, 遠藤 恭, 三谷誠司, 加藤剛志, 雨宮健太, 齋藤 準, 石橋隆幸, 谷垣俊明, 竹澤昌晃, 藤崎敬介, 直江正幸, 今岡 淳, 水野 勉, 笠置映寛, 赤城文子: 基礎から学ぶ磁性材料(仮) (共著, 担当範囲: 磁性材料の高周波インダクタへの応用), R&D 支援センター (2020.3 発刊予定)

##### 査読なし

- 6 丹羽英二: 高温ひずみセンサ用 Cr-Al-N 薄膜, 第36回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム講演論文集, 21p1-30 (2019.11)
- 7 丹羽英二: 高感度 Cr-N ひずみセンサ薄膜の横感度利用, 電気学会交通・電気鉄道/マイクロマシン・センサシステム合同研究会, TMR-20/MSS-20-006 (2020.3)

- 8 後藤拓哉, 佐藤拓人, 内山純一郎, 田代晋久, 脇若弘之, 直江正幸: 線引加工で製作した FeCoV 磁性線の磁気特性評価, 電気学会マグネティックス/リニアドライブ合同研究会, MAG-19-044/LD-19-032 (2019.6)
- 9 内山純一郎, 後藤拓哉, 田代晋久, 脇若弘之, 直江正幸: FeCoV 磁性線を用いた磁気式トルクセンサの検討, 第 28 回 MAGDA コンファレンス講演論文集, OA-4-2 (2019.10)
- 10 後藤拓哉, 内山純一郎, 田代晋久, 脇若弘之, 直江正幸: FeCoV 磁性線を用いた磁気双安定素子による環境磁界発電装置の試作, 第 28 回 MAGDA コンファレンス講演論文集, OA-4-3 (2019.10)
- 11 直江正幸, 曾根原誠, 遠藤 恭: 高周波ナノグラニューラー面内磁化直交積層膜の基礎検討, 電気学会マグネティックス研究会, MAG-19-133 (2019.12)
- 12 後藤拓哉, 内山純一郎, 石黒裕之, 田代晋久, 脇若弘之, 直江正幸, 竹村泰司: FeCoV 線を用いた磁気双安定素子等価回路の検討, 電気学会マグネティックス研究会, MAG-20-004 (2020.3)
- 13 直江正幸: 強磁性体の高周波複素透磁率, 令和 2 年電気学会全国大会講演論文集, S-16-1 (2020.3)
- 14 川上祥広: ステンレス基板に AD 法で直接形成した BaTiO<sub>3</sub> 厚膜の圧電デバイス応用, セラミックス, 54[8], (2019) 536-539

#### (次世代デバイス開発部門)

##### 査読有

- 1 白川 究, 佐々木祥弘: 高い熱安定性を有する Cr-Al, Cr-Al-B 薄膜歪センサ, 電気学会論文誌 E, 8 (2020) 265-270

##### 著書・解説

- 2 早坂淳一: マルチチャンネル磁気センサモジュール, 日本磁気学会 第 226 回研究会資料, ISSN 1882-2940 (2020) 25-28

#### (2) 国際会議発表 (4 件)

##### (新機能材料創生部門関係)

- 1 Y. Cao, N. Kobayashi, S. Ohnuma, H. Masumoto: Structure and Magneto-dielectric Properties in Co-F-C Nanocomposites, The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies, 2019, Okinawa, Japan
- 2 M. Kimura, Y. Cao, H. Aoki, N Kobayashi, S. Ohnuma, H. Masumoto: Improvement of tunneling magnetodielectric effect for Co-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nano-composite films by optimization of preparation conditions, The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies, 2019, Okinawa, Japan

##### (デバイス用高機能材料開発部門関係)

- 1 Y. Kawakami: Evaluation of piezoelectric property and Vibration Energy Harvester of BaTiO<sub>3</sub> thick film formed by Aerosol Deposition Method, The 13<sup>th</sup>

Pacific Conference of Ceramic societies, October 29<sup>th</sup> 2019, Okinawa, Japan  
(Invited)

### (次世代デバイス開発部門)

- 1 M. Shindo, T. Yamaguchi, Y. Sasaki, K. Hokkirigawa : Development of instrumented shoe with miniature high-capacity load vector sensor and application to gait assessment, ISGR World Congress, 2019, Edinburgh, Scotland

### (3) 国内会議発表 (32件)

#### (新機能材料創生部門関係)

- 1 曹 洋, 小林伸聖, 大沼繁弘, 増本 博 : Reactive magnetron co-sputtering deposition of CoF<sub>2</sub>-C granular films, 日本金属学会 2020 年春季講演会 (2020 年 3 月, 東京)
- 2 小林伸聖 : 金属-セラミックスナノグラニューラー膜の磁気・誘電・光機能性, 令和 2 年電気学会全国大会 (2020 年 3 月, 東京) (招待講演)
- 3 木村萌, 曹 洋, 青木英恵, 大沼繁弘, 小林伸聖, 増本 博 : Co-酸化物系ナノコンポジット薄膜の構造とトンネル磁気-誘電効果, 日本セラミックス協会 2020 年年会 (2020 年 3 月, 東京)
- 4 木村 萌, 曹 洋, 青木英恵, 小林伸聖, 大沼繁弘, 増本 博 : 差動圧力スパッタ法により作製した Co-SrTiO<sub>3</sub> 系ナノ複相薄膜におけるトンネル磁気-誘電効果の発現, 日本セラミックス協会東北北海道支部大会 (2019 年 11 月, 新潟)
- 5 池田賢司, 小林伸聖, 荒井賢一 : 窒化物をマトリックスとしたナノグラニューラー薄膜の磁気光学効果, 電気学会マグネティックス研究会, (2019 年 8 月, 仙台)
- 6 池田賢司, 小林伸聖, 荒井賢一 : SiN マトリックスナノグラニューラー薄膜の磁気光学効果, 第 43 回日本磁気学会学術講演会 (2019 年 9 月, 京都)
- 7 小林伸聖, 池田賢司, 岩佐忠義, 荒井賢一 : FeCo-BaF ナノグラニューラー膜の構造と巨大ファラデー効果, 第 43 回日本磁気学会学術講演会 (2019 年 9 月, 京都)
- 8 阿部世嗣 : 耐酸化性を発現する Ge 添加鉄酸化物薄膜における添加濃度の最適化, 日本金属学会春期大会 (2020 年 3 月, 東京)
- 9 荒木 航, 田邊匡生, 阿部世嗣, 小山 裕 : 金属元素 (Mg, Cu) 添加  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のテラヘルツ帯屈折率測定, 日本金属学会春期大会 (2020 年 3 月, 東京)
- 10 阿部世嗣 : Ge<sub>x</sub>Fe<sub>3-x</sub>O<sub>4</sub> 固溶体の作製と大気中熱処理によるヘテロ構造化, 日本金属学会秋期大会 (2019 年 9 月, 岡山)
- 11 荒木 航, 田邊匡生, 阿部世嗣, 小山 裕 : マグネシウム添加  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> のテラヘルツ帯屈折率測定, 日本金属学会秋期大会 (2019 年 9 月, 岡山)
- 12 渡邊雅人 : Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (111)/SrTiO<sub>3</sub> (111) スパッタエピタキシャル膜の垂直磁気異方性, 第 43 回日本磁気学会学術講演会 (2019 年 9 月, 京都)
- 13 渡邊雅人 : RF マグネトロンスパッタ法による  $\epsilon$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (001) 層のエピタキシャル成長, 第 43 回日本磁気学会学術講演会 (2019 年 9 月, 京都)

## (デバイス用高機能材料開発部門関係)

- 1 丹羽英二：抵抗変化型高感度ひずみセンサ用 Cr 基薄膜の開発，精密工学会次世代センサ・アクチュエータ専門委員会・第 17 回定期講習会（2019 年 5 月，東京）
- 2 小田洋平，丹羽英二，直江正幸：金属クロムのスピン密度波状態に対する格子ひずみ効果の第一原理計算（II），日本物理学会・秋季大会（2019 年 9 月，岐阜）
- 3 丹羽英二：高温用 Cr-Al-N ひずみセンサ薄膜の組織に及ぼす成膜ガス圧の影響，日本金属学会秋期講演大会（2019 年 9 月，岡山）
- 4 丹羽英二，林 晋也，須貝一郎，野口幸紀，飯島高志，棚池 修，蛭名武雄：塗布型粘土絶縁膜を用いたステンレス基板 Cr-N 薄膜ひずみセンサ素子の断面観察，第 80 回応用物理学会秋季学術講演会（2019 年 9 月，札幌）
- 5 丹羽英二：高温ひずみセンサ用 Cr-Al-N 薄膜，電気学会 E 部門大会；第 36 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム（2019 年 11 月，浜松）
- 6 本間 遼，米原洸平，安部 隆，丹羽英二，寒川雅之：Cr-N 薄膜ひずみゲージ触覚センサにおける感度・温度特性の熱処理温度依存性，日本機械学会；第 10 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム（2019 年 11 月，浜松）
- 7 丹羽英二：高感度 Cr-N ひずみセンサ薄膜の横感度利用，電気学会交通・電気鉄道/マイクロマシン・センサシステム合同研究会（2020 年 3 月，三島）
- 8 丹羽英二：高感度 Cr 基感歪薄膜の各種センサ応用，力触覚技術応用コンソーシアム研究会（2020 年 3 月，新潟）
- 9 直江正幸：従来よりも高い周波数帯域での実用を目指したナノグラニューラー高周波膜，第 20 回九州・山口・沖縄磁気セミナー（2019 年 5 月，熊本）
- 10 後藤拓哉，佐藤拓人，内山純一郎，田代晋久，脇若弘之，直江正幸：線引加工で製作した FeCoV 磁性線の磁気特性評価，電気学会マグネティックス/リニアドライブ合同研究会（2019 年 6 月，長野）
- 11 内山純一郎，後藤拓哉，田代晋久，脇若弘之，直江正幸：FeCoV 磁性線を用いた磁気式トルクセンサの検討，第 28 回 MAGDA コンファレンス（MAGDA2019）（2019 年 10 月，大分）
- 12 後藤拓哉，内山純一郎，田代晋久，脇若弘之，直江正幸：FeCoV 磁性線を用いた磁気双安定素子による環境磁界発電装置の試作，第 28 回 MAGDA コンファレンス（MAGDA2019）（2019 年 10 月，大分）
- 13 直江正幸：ナノグラニューラー膜と高周波磁気測定，日本ボンド磁性材料協会 第 18 回軟磁性材料研究会，（2019 年 11 月，東京）
- 14 直江正幸，曾根原誠，遠藤 恭：高周波ナノグラニューラー面内磁化直交積層膜の基礎検討，電気学会マグネティックス研究会（2019 年 12 月，大阪）
- 15 後藤拓哉，内山純一郎，石黒裕之，田代晋久，脇若弘之，直江正幸，竹村泰司：FeCoV 線を用いた磁気双安定素子等価回路の検討，電気学会マグネティックス研究会（2020 年 3 月，岡山）
- 16 直江正幸：強磁性体の高周波複素透磁率，令和 2 年電気学会全国大会（2020 年 3 月，東京）

#### (次世代デバイス開発部門関係)

- 1 早坂淳一：マルチチャンネル磁気センサモジュール，日本磁気学会 第 226 回研究会/第 74 回スピントロニクス専門研究会（2020 年 1 月，東京）
- 2 早坂淳一，菅原和幸，植竹弘明，荒井賢一：軟磁性薄膜を有する CPW 線路を用いた反射型磁気センサ，令和 2 年 電気学会全国大会（2020 年 3 月，東京）
- 3 山口健，進藤真人，山縣俊亮，佐々木祥弘：高容量小型 3 軸力覚センサを用いた鞋底センサシステムの開発と歩行解析への応用，姿勢と歩行研究会（2020 年 3 月，東京）

#### (4) 展示会への出展（3 件）

##### (デバイス用高機能材料開発部門関係)

- 1 展示会名称：新機能性材料展 2019（産総研コンソーシアム Clayteam 展示エリア）  
開催日：2020 年 1 月 29～31 日  
場 所：東京ビッグサイト  
展示テーマ：高感度 Cr-N ひずみセンサ

##### (次世代デバイス開発部門関係)

- 1 展示会名称：2019 マイクロエレクトロニクスショー「アカデミックプラザ」  
開催日：2019 年 6 月 5～7 日  
場 所：東京国際展示場 会議棟 7 階  
展示テーマ：磁気センサを用いた 3 次元位置計測システム、ナノグラニューラー薄膜を用いた光磁界センサ
- 2 展示会名称：Care Show Japan 2020，ヘルスケア IT 2020  
開催日：2020 年 1 月 28～29 日  
場 所：東京ビッグサイト 青海展示場  
展示テーマ：靴センサシステム

#### [2] 特許出願（12 件）

##### (1) 国内出願（10 件）

- 1 新機能材料創生部門関係・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3 件
- 2 デバイス用高機能材料開発部門関係・・・・・・・・・・・・ 4 件
- 3 次世代デバイス開発部門関係・・・・・・・・・・・・・・・・ 3 件

##### (2) 外国出願（2 件）

- 1 デバイス用高機能材料開発部門関係（PCT 出願）・・・・ 2 件

#### [3] 主な取得設備

- 1 紫外可視近赤分光光度計 UV-3600Plus（榊島津製作所製）
- 2 微細形状測定機 ET200A（榊小坂研究所製）
- 3 分光式ファラデー効果測定装置 BH-501F-SVI-DJK（ネオアーク榊製）他

#### [4] 所内講演会

学術講演会

開催日：2019年11月25日

講師：井上光輝 教授（豊橋技術科学大学）

講演題目：磁気光学と応用デバイス・システム

#### [5] 会議等

研究開発事業報告会

開催日：2019年9月2日（中間事業報告会）

2020年2月3日

### 3. 収益事業

上記の公益目的事業のほか、本法人の目的を達成するために必要な事業として、下記の収益事業を行った。

#### 3-1 事業内容

##### [1] 知的財産権の供与

電磁関連の機能材料及びデバイスに関し、本法人が所有する有効な特許件数（登録及び出願中の特許）は、国内76件、国外3件（4カ国）である。本法人では、これら知的財産権を企業が広く利用し、社会に役立ててもらうため、所有する知的財産権の供与事業を行っている。

本年度は、4社に28件の知的財産権を供与した。

##### [2] その他の収益事業

その他の収益事業として、本法人の公益目的事業遂行の妨げにならない範囲内で、所有する土地の一部を民間に賃貸する事業を行っている。

本年度は、1件の賃貸事業を行った。

#### 3-2 収益事業に係る契約

本法人が本年度に締結した収益事業に係る契約は、以下の通りである。

##### [1] 特許実施契約（継続4社、28件）

- 1 Cr-N ひずみセンサ関係・・・・・・・・ 3社 （9件）
- 2 GIGS<sup>®</sup> 磁気センサ関係・・・・・・・・ 1社 （19件（包括契約））

##### [2] 土地の賃貸契約（1件）

- 1 東北電力の電柱等敷地



## II 処務の状況

### 1. 規則及び規程等の整備

#### 1-1 制定

- 1 監事監査規程（2020年3月9日理事会決議、2020年4月1日施行）

#### 1-2 改正

- 1 運営委員会規程（2020年3月9日理事会決議、2020年4月1日施行）
- 2 特許発明委員会規程（2020年3月9日理事会決議、2020年4月1日施行）
- 3 組織規程（2020年3月9日理事会決議、2020年4月1日施行）
- 4 公印管理規程（2020年3月9日理事会決議、2020年4月1日施行）
- 5 就業規則（2020年3月9日理事会決議、2020年4月1日施行）
- 6 育児休業、介護休業等育児又は家族介護に関する規程（2020年3月9日理事会決議、2020年4月1日施行）
- 7 嘱託職員等の就業に関する細則（2020年1月23日常任理事会決議、2020年4月1日施行）
- 8 再雇用職員の就業に関する細則（2020年1月23日常任理事会決議、2020年4月1日施行）
- 9 表彰実施要領（2020年1月23日常任理事会決議、2020年4月1日施行）
- 10 慶事・弔事等に関する内規（2020年1月23日常任理事会決議、2020年4月1日施行）
- 11 給与規程（2020年3月9日理事会決議、2020年4月1日施行）
- 12 職員の級別資格基準及び昇格基準等に関する細則（2020年1月23日常任理事会決議、2020年4月1日施行）
- 13 退職金支給規程（2020年3月9日理事会決議、2020年4月1日施行）
- 14 旅費支給規程（2020年3月9日理事会決議、2020年4月1日施行）
- 15 交通費支給内規（2020年1月23日常任理事会決議、2020年4月1日施行）
- 16 会計規程（2020年3月9日理事会決議、2020年4月1日施行）
- 17 職務発明に関する規程（2020年3月9日理事会決議、2020年4月1日施行）

#### 1-3 廃止

- 1 研究開発推進委員会規程（2020年3月9日理事会決議、2020年3月31日施行）
- 2 研究職員の勤務時間の特例を定める内規（2020年1月23日常任理事会決議、2020年3月31日施行）

### 2. 諸会議

2019年4月1日から2020年3月31日の間に、下記の諸会議を開催した。

#### **(1) 評議員会**

2019年6月20日(定時)、 2020年3月19日(臨時・書面決議)

#### **(2) 理事会**

2019年5月30日(定時)、 2019年6月10日(臨時・書面決議)、  
2019年6月20日(臨時)、 2020年3月9日(定時)

#### **(3) 常任理事会**

2019年4月18日、 2019年5月15日、 2019年6月25日、  
2019年7月18日、 2019年9月19日、 2019年10月27日、  
2019年11月21日、 2019年12月19日、 2020年1月23日、  
2020年2月20日、 2020年3月18日

#### **(4) 諸委員会**

- 1 財務基盤調査検討委員会：4回
- 2 資産運用管理委員会：2回
- 3 公益目的事業推進委員会(拡大会議)：2回

### **3. 委員会の廃止**

- 1 研究開発推進委員会(2020年3月9日理事会決議, 2020年3月31日廃止)

### Ⅲ 事業報告の附属明細書

2019年度事業報告には、「一般社団法人及び一般財団法人に関する法律施行規則」第34条第3項に規定する附属明細書「事業報告の内容を補足する重要な事項」が存在しないので作成しない。