

# 平成28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、以下の事業を行う。

- (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、公益目的事業として位置づけられるものであり、物質・材料がもつ本質的な機能的物性を有効的に利用した電磁に関連する機能材料を探索し、新たに見出した材料を活用して次世代に必要な高性能かつ超小型機能デバイスの開発と実用化に関する研究を行うものである。

(2)の事業は、本法人の目的を達成するための主事業である(1)の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り、その規模は(1)の事業に比べ極めて小さい。

本法人は、これら各事業を効率的かつ積極的に進め、設立目的を確実に実現することを目指している。

また、本法人は、事業の公益性を確保するため、事業の内容、成果等を一般の研究者、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の内容については、本法人の事業計画書及び報告書に記載し、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。また、事業内容等についての外部からの問い合わせには、事業支援部が対応するなどして公益性の確保に努めている。なお、本法人で行われた研究開発成果の詳細は、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、知的財産である「特許」に関する情報は、本法人の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、知的財産権の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、この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部が対応している。

## 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は、「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」を行うことであり、新たな高機能性を持つ電磁材料を自らの手で探索し、それら材料を活用して高性能かつ超小型機能デバイスを開発し、その実用化を図ることにより社会・経済の発展に寄与することを目的としており、その事業の範囲は、研究開発成果が実用化に至るまでとしている。

本事業では、研究開発事業部の研究員によって行われる「自主研究」、公的及び民間機関からの「競争的科学研究費補助金による研究」、大学等の公的研究機関又は本事業の研究成果に興味を持ち研究協力を申し出た企業との「共同研究」、そして本法人独特の事業である「試作開発研究」を行う。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、実装試験及び実機試験を行い、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

平成28年度（以下「本年度」という。）の本法人の研究開発事業は、平成24年3月6日開催の理事会において決定された「中期事業計画」に則り、電磁に関する「薄膜材料とそのデバイス化」及び「バルク材料とそのデバイス化」を主題とし、研究開発事業部の下記の五つの「研究開発グループ」と二つの「附属開発施設」で、自主研究、競争的科学研究費補助金による研究、共同研究及び試作開発研究を実施した。

- (1) 電磁気材料グループ
- (2) センサ材料グループ
- (3) 光材料グループ
- (4) デバイス開発グループ及びデバイス開発施設
- (5) 素形材開発グループ及び素形材開発施設

薄膜材料とそのデバイス化に関する研究開発は、気相凝縮制御法による新規な高性能電磁機能薄膜材料の探索と、その情報計測・制御用素子及びデバイスの研究を主題として、(1) から (4) の各研究開発グループが進めた。

バルク材料とそのデバイス化の研究開発は、法人設立当初（昭和19年）から今日に至るまで蓄積してきた溶解、鋳造、加工、熱処理等に関する製造技術とそのノウハウを基に、本法人が独自に開発した金属系バルク機能材料の新たな展開研究を進め、機能材料としての更なる高度化と高性能化を図るもので、(5) の研究開発グループが中心になって実施した。

試作開発研究に関しては、デバイス開発施設及び素形材開発施設が中心となり、外部機関の求めに応じて、本法人の独自技術により作製された薄膜及びバルク機能材料並びに薄膜機能素子・デバイスの試作・提供を行った。

なお、本年度の各研究開発グループ及び施設に所属する研究員及び技術員数は、下表の通りであった。

各研究開発グループ及び施設の研究員数及び技術員数

グループ及び施設名	研究員数	嘱託研究員数	技術員数	嘱託技術員数
電磁気材料グループ	2名	0名	2名	0名
センサ材料グループ	2名	1名	1名	1名
光材料グループ	1名	0名	1名	1名
デバイス開発グループ及び施設	2名	3名	3名	0名
素形材開発グループ及び施設	1名	2名	5名	0名
計	8名	6名	12名	2名

## 2-3 各研究開発グループ及び施設の研究開発実施状況

各々の研究開発グループ及び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] 電磁気材料グループ

電磁気材料グループは、本法人で独自に開発した「ナノグラニューラー薄膜」を一層発展させ、新しい電磁気現象に起因して発現する新規な機能性を有する薄膜材料の創生を目指している。

本グループはこれまでに、FeCo-MgF系絶縁性ナノグラニューラー薄膜において、巨大誘電率の発現及び磁界印加による誘電率の変化などの新しい磁気誘電(TMD: Tunneling Magneto-Dielectric)効果を、世界に先駆けて見いだした。本年度は、このナノグラニューラー薄膜のGHz帯域における磁気誘電効果及び光学特性に着目して検討を進めた。

平成28年度 of 具体的な研究開発テーマ及び得られた主な成果は、以下の通りである。

#### 1-1) 高周波特性の検討

本グループにより見出されたナノグラニューラー薄膜の磁気誘電効果は、ナノ構造に起因した量子効果によるもので、グラニューラー間の電子のトンネル伝導に基づく電荷振動で説明される。

本年度は、ナノグラニューラー薄膜の磁気誘電効果に関して、実用的に特に注目されているGHz帯域の特性について検討した。本研究に先立ち、従来測定が困難とされていた薄膜試料の高周波誘電特性計測技術の開発を行った。新たに開発された技術は、ガラス基板上に成膜した薄膜試料の表面上にAu薄膜でコプレーナー型伝送線路を形成し、この伝送線路の電気容量測定結果と電磁界シミュレーションの計算値を整合して誘電率を求めるもので、MHzからGHz帯域における薄膜試料の誘電率の高精度測定を可能とする画期的な方法である。本方法を用いてナノグラニューラー薄膜の誘電率測定を行った結果、GHz帯域においてもTMD効果が発現すること、また、FeCoグラニューラー量の増加と共に誘電率が上昇することなどが明らかになった。

#### 1-2) 磁気-光学特性の検討

昨年度、本グループは、FeCo-AlFやFeCo-YF系ナノグラニューラー薄膜が強磁性と高い光透過特性を併せ持つ透明強磁性体であることを明らかにした。

本年度は、FeCo-AlF 系ナノグラニューラ膜について更に検討を進めた結果、光透過率が磁化の変化に対応して増減する現象を新たに見出すと共に、この現象が TMD 効果に起因することを明らかにした。また、昨年度見出された FeCo-AlF 系ナノグラニューラ膜の大きなファラデー効果に関し、ナノグラニューラとマトリックスとの界面でナノグラニューラを構成する磁性元素の磁気モーメントの増大が第一原理計算により明らかになり、このモーメントの増大がファラデー効果に大きくかかわっていると考えられることから、今後、更に理論的解析及び実験を進める予定である。

## **[2] センサ材料グループ**

センサ材料グループは、本法人で開発した Cr-N ひずみセンサ薄膜を用いた各種力学量センサ素子、並びにそれらセンサを用いた荷重ベクトルセンサデバイス及び二次元圧力分布センサデバイス等の開発研究を、自主研究、共同研究及び試作開発研究として進めている。

本年度は、Cr-N 薄膜を用いた各種のセンサ素子に関し、得られた学術的成果は学会等で発表し、展示会では試作品を展示・公開し、また試作開発研究を通して企業等への研究協力及び技術支援を積極的に行った。その結果、共同研究を希望する企業数が増え、センサ素子の営業販売の可能性を打診されるなど、実用上の成果が着実に広がりつつある。

平成 28 年度の具体的な研究開発テーマ及び得られた主な成果は、以下の通りである。

### **2-1) Cr-N 感歪薄膜を用いた新規センサ素子の開発研究**

近年、水素エネルギー社会の実現に向けた動きが加速しつつあることから、高圧水素中での力学量検知のため、高圧水素環境下でも安定したひずみ感度特性を有し、簡便で安価なひずみセンサ素子の開発が熱望されている。

本年度、本グループは、Cr-N 薄膜ひずみセンサ材料が高圧水素ガス中でも高感度で安定したひずみ感度特性を示すことを見出すと共に、起歪構造体を必要としない新たな高圧水素ガス用圧力センサの開発に成功した。

### **2-2) 高温用ひずみセンサ薄膜の開発と実用化研究**

本グループは、200℃を超える高温環境下でも安定した高感度ひずみ測定を可能とする新たなひずみセンサ薄膜材料の開発、及びそれら材料を用いた力学量センサの実現に向けた基礎及び応用研究を進めている。

本年度は、Cr が持つ大きなゲージ率が Cr の反強磁性と密接に関連していると考え、Cr のネール温度を高温化する元素として知られる Mn 及び Al を Cr 薄膜中に添加し、ゲージ率の温度特性を測定した。その結果、400℃におけるゲージ率は、Al 添加の場合には約 8、Mn 添加の場合には約 12 という大きな値が得られた。また、Al を添加した Cr-N 薄膜は、熱処理により電気比抵抗の温度係数及びゲージ率の温度係数の低減化が可能であることを見出した。

### **2-3) ひずみセンサ薄膜を用いた新規デバイスの開発と実用化研究**

本年度は、昨年度試作した小型荷重ベクトルセンサを用いた高耐荷重鞋底センサシステムにおける信号処理の高速化を試みた。その結果、信号処理周波数を従来の約 3 倍である 90Hz まで高めることができ、高速度での荷重ベクトル検出が可能となったことから、これまで検出が不可能であった跳躍後の着地瞬間時に鞋底の各部位に加わる応力及びその時間変化の情報を詳細に得

ることができるようになった。

また、本年度は、この高耐荷重靴底センサシステムと歩行時の足裏全体に加わる床反力測定法として従来用いられている床反力計との相関を検討した。その結果、両者は定量的に一致した結果が得られ、高耐荷重靴底センサシステムの信頼性が確認された。本研究の靴底センサシステムは、床反力計では計測ができない靴底（足裏）の個別部位における荷重ベクトルの定量的な情報収集も可能であることから、今後は医療、福祉及びスポーツ等の分野における新たな応用を目指し、研究を進める予定である。

### **[3] 光材料グループ**

光材料グループは、半導体ナノ粒子が酸化物等のマトリクス中に分散したナノ複相構造薄膜を、種々の物理成膜法によりワンステップで合成し、ナノ粒子の量子閉じ込め効果とマトリクスの機能を複合化させた新しい光機能性薄膜材料の探索研究を行っている。また、鉄系強磁性半導体マグヘマイト( $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)に着目し、特定元素の微量添加によりマグヘマイトを簡便に作製可能な新たな手法の開発とその生成メカニズムの検討を進めている。

平成28年度の具体的な研究開発テーマ及び得られた主な成果は、以下の通りである。

#### **3-1) 生成熱離散型複相薄膜のワンステップ成膜と光電特性**

本年度は、量子ドット増感型次世代太陽電池用材料の探索研究として、p型Si基板上にZnOバッファー層、Ge/TiO<sub>2</sub>複相薄膜層及びITO透明電極層を積層し、バッファー層材料と光電特性との関係を検討した。その結果、TiO<sub>2</sub>をバッファー層として用いた場合と比較して、光電変換効率が約5倍に向上することを明らかにした。この際、最適なバッファー層厚は20nmであった。この特性向上は、新たに用いた酸化物半導体バッファー層中に複相薄膜層のGeがn型不純物として拡散し、低電気抵抗化したためと考えられる。

#### **3-2) 溶解度型複相薄膜の気相反応性ワンステップ成膜と光電特性**

本グループは、量子ドット増感型太陽電池用材料の探索研究として、ホットウォールデポジション法による複相薄膜のワンステップ成膜を行っている。

本年度は、蒸発源としてPbS及びZnTeを用いた場合について検討を進めた。その結果、微細構造観察によりナノ粒子の格子面間隔はPbTeに近く、またマトリクスのそれはZnTeに近い値を有することが明らかになり、成膜過程でPbSがPbTeに相変化することが確認された。また、ナノ粒子のサイズは20nm以上であることから、既に報告したZnSeをマトリクスとする複相薄膜の方が粒子サイズの微小化に有効であると考えられる。

#### **3-3) 鉄酸化物薄膜の選択的ワンステップ成膜と生成メカニズムの検討**

本グループは昨年度までに、ヘマタイト( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)焼結体ターゲット上にCuチップを配置してスパッタ成膜することにより、成膜状態でも比較的良好な磁気特性を有するマグヘマイト( $\gamma$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)薄膜が得られることを明らかにした。

本年度は、得られた薄膜の微細構造観察を行った結果、添加したCuは薄膜中で結晶相として存在し、マグヘマイト相との複相構造を形成することが明らかになった。また、電子エネルギー損失分光スペクトルにより、ヘテロ界面近傍においても添加したCuは酸化されずに存在し、マグヘマイトとのヘテロ界面は明瞭に相分離することが確認された。

### **[4] デバイス開発グループ及びデバイス開発施設**

デバイス開発グループ及びデバイス開発施設は、本法人で開発した各種機能薄膜材料を用いた高性能かつ超小型のセンサ素子及び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。

本年度は、自主研究として新たな機能薄膜材料の開発及び実用化に関する基礎研究を、また共同研究として、新規センサ素子及びデバイスの開発及び応用に関する研究、特に次世代のリチウムイオン2次電池の検査及び医療福祉分野に関連する磁気を利用した応用研究を実施した。試作開発研究に関しては、デバイス開発施設が中心となり、ナノグラニューラーTMR 薄膜を用いた「GIGS<sup>®</sup>磁気センサ (nano-Granular In Gap Sensor)」と、Cr-N 薄膜を用いた「ひずみセンサ」について、外部機関の実証試験に供するための試作品を作製・提供し、その実用化を促進した。

平成28年度の具体的な研究開発テーマ及び得られた主な成果は、以下の通りである。

#### 4-1) 機能薄膜材料の実用化に関する研究

本年度は、エアロゾルデポジション法により作製した非鉛(BaTiO<sub>3</sub>)圧電厚膜の圧電特性に影響を及ぼす基板材質及び膜の微細結晶粒組織に関し検討を行った。

その結果、圧電膜中の残留応力は基板材質によって異なり、ジルコニア基板では約30MPa、ステンレス基板では約50MPaの圧縮応力が残留し、結晶粒径と共に圧電特性に大きな影響を与えていることが明らかになった。

#### 4-2) 機能薄膜材料を活かした素子及びデバイスに関する研究

本年度は、リチウムイオン2次電池の品質検査機への応用を目的とした新たな微小電流計測技術の開発研究を実施した。具体的には、0.02 mT以下の磁界を検出可能なGIGS<sup>®</sup>素子を2次元に高密度実装した300ch磁気センサモジュールを試作し、リチウムイオン2次電池の内部に流れる約4mAの微弱電流から発生する漏洩磁界の検出に成功した。来年度は、この磁気センサモジュールをリチウムイオン電池の品質検査装置へ実装し、実用化に向けた検討に着手すると共に、この技術の新たな応用展開を図る。

また、本年度は、医療福祉用の高精度マーカー位置計測技術の開発研究を実施した。その結果、FPGA (Field-Programmable Gate Array) を搭載したシステムを構築し、最大3個の磁気マーカーの位置の同時計測、12個の磁気センサの磁気情報の無線伝送、信号処理回路の低雑音化、システム本体の低背化(高さ30mm)に成功した。来年度は、本年度の研究成果をもとに、本システムのマーカー位置の高精度・高速計算のための最適アルゴリズムの検討を行うと共に、人体の3次元姿勢計測への応用を図る。

更に本年度は、食品中などに含まれる極めて微小な金属異物の検出を目的に、L-C共振特性を積極的に利用した数10MHz帯の高周波渦電流金属片検出システムの研究開発を行い、長さ約0.1mmの金属細線の検出に成功した。来年度は、本システムの更なる高感度化、高速化及び安定化を目指し、センシングシステムの要素、機構及び構成の最適化を検討する。

#### 4-3) 素子及びデバイスの試作開発研究

デバイス開発施設では、GIGS<sup>®</sup>磁気センサ及びCr-N 薄膜ひずみセンサ素子の安定した試作品の提供体制を確立するため、本年度は、最新のウェッジワイヤボンディング及びダイボンディング装置を購入した。来年度は、これらの装置を実際の素子及びデバイス作製プロセスに導入して実使用を開始する。また、試作開発研究として、GIGS<sup>®</sup>磁気センサ、Cr-N 薄膜ひずみセンサ及び

非鉛圧電センサを外部機関の実証試験に供するため、外部機関からの仕様に合わせた試作品を作製・提供し、その実用化を推進した。

## **【5】 素形材開発グループ及び素形材開発施設**

素形材開発グループ及び素形材開発施設では、本法人が永年に亘って蓄積してきた金属バルク材料の製造技術及び材料性能評価技術並びにそれらのデータベースを基に、時代のニーズに適合した新しい機能性金属バルク材料の開発研究を行っている。

平成28年度の具体的な研究開発テーマ及び得られた主な成果は、以下の通りである。

### **5-1) 不感磁性恒弾性合金の研究開発**

本年度は、本グループが開発したエリンバー及びインバー特性を示す反強磁性 Fe-Mn 系合金について、それら諸特性の起因解明のための基礎研究、及び実用材料を目指し更なる特性改善のための第3元素添加効果に関する検討を行った。

その結果、Fe-26 at.%Mn 2元合金に周期律表の4族から6族の元素を数%添加することにより、ネール点以下の温度で優れたエリンバー及びインバー特性が得られた。特に、Nb, Ta, Ti, Zr, Hf の添加が極めて効果的であり、最も優れた特性は約2 at.%Nb 添加で得られ、そのヤング率の温度係数は  $0.3 \times 10^{-5}/K$ 、熱膨張率の温度係数は  $0.8 \times 10^{-5}/K$  であった。また、Fe-Mn-Nb 合金へ B, C 等の軽元素を複合添加することにより、硬度が向上することが確認された。

### **5-2) 時計用ひげゼンマイ材の研究開発**

本研究は、外部磁場の影響を受けても時計の歩度が不変な機械式腕時計を実現するために、ひげゼンマイを主とするテンプレ材の開発を目的としている。

昨年度は、本法人が開発したコエリンバーを基に、合金組成、加工プロセス及び熱処理条件等を検討し、300 Oe の外部印加磁場中で歩度がほぼ零を示すひげゼンマイ材料の作製に成功した。本年度は、このひげゼンマイ材料を用い、更にテンプレ材料として非磁性材料を採用することにより、3 kOe の外部磁場中でも歩度が殆ど零となることを確認した。

### **5-3) 機能性材料の試作開発研究**

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、昨年度までに実施した製造装置の改良に伴い大幅に変更された作業方法及び作業工程の標準化を徹底し、全工程において品質の安定化を推進した。また、昨年度に引続き、企業からの依頼に基づき「時計用ひげゼンマイ用コエリンバー」、「プラチロンマグネット」、「エルコロイ」、「パーマロイ」等の試作品を提供した。

## **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、並びに公的及び民間機関からの競争的科学的研究費補助金による研究を精力的に進めている。また、公的プロジェクト研究への参加も積極的に実施している。

本年度に本法人が実行した他機関との共同研究、試作開発研究並びに公的及び民間機関からの競争的科学的研究費補助金（助成）による研究は、以下の通りである。

### **【1】 共同研究（27件）**

- 1-1) 電磁気材料関係の共同研究 . . . . . 3件  
(共同研究先：東北大学学際フロンティア研究所、東北学院大学、東北大学金属材料研究所)
- 1-2) Cr-N ひずみセンサ関係の共同研究 . . . . . 14件  
(共同研究先：企業 11 社、東北大学工学研究科 2 件、産業技術総合研究所)
- 1-3) GIGS<sup>®</sup>磁気センサ関係の共同研究 . . . . . 4件  
(共同研究先：企業 4 社)
- 1-4) 素形材関係の共同研究 . . . . . 6件  
(共同研究先：企業 5 社、高エネルギー加速器研究機構)

**[2] 試作開発研究 (74件)**

- 2-1) Cr-N 薄膜等ひずみセンサ関係の研究 . . . . . 5件  
(試作品提供先：企業 2 社)
- 2-2) 非鉛圧電素子関係の研究 . . . . . 3件  
(試作品提供先：企業 1 社)
- 2-3) コエリンバー等バルク機能性材料関係の研究 . . . . . 63件  
(試作品提供先：企業 21 社)
- 2-4) 磁気特性の分析評価 . . . . . 3件

**[3] 公的及び民間機関からの競争的科学的研究費補助金による研究 (4件)**

**3-1) 交付者：(独) 日本学術振興会 (2件)**

- イ) 補助金の名称：科学研究費助成 基盤研究 (B) (H26.4~H29.3)  
研究テーマ：「複機能物性を有する磁性金属-結晶質誘電体のナノ複相構造薄膜の創製」  
研究代表者：増本博 (東北大学教授)  
研究分担者：小林伸聖 (電磁材料研究所主席研究員)、野瀬正照 (北陸能力開発大学学校校長)、張亦文 (東北大学助教)
- ロ) 補助金の名称：科学研究費助成 基盤研究 (B) (H27.4~H30.3)  
研究テーマ：「室温動作のセンサで最高感度を有する高周波駆動薄膜磁界センサの開発と生体磁気計測」  
研究代表者：藪上 信 (東北学院大学教授)  
研究分担者：小林伸聖 (電磁材料研究所主席研究員)

**3-2) 交付者：国立研究開発法人科学技術振興機構**

- 補助金の名称：研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP) (H27.12~H28.12)
- 研究テーマ：「多チャンネル同期検波 IC 搭載・高感度高速二次元アレイ磁気イメージセンサ」
- プロジェクトリーダー：坂本修二 (セイコーNPC(株))
- 研究責任者：小林伸聖 (電磁材料研究所主席研究員)

**3-3) 交付者：田中貴金属助成金**

- 補助金の名称：国内研究助成 (H27.4~H28.3)
- 研究テーマ：「マイクロアクチュエータへの応用を目指した Aerosol Deposition 法



による Fe-Pt 系永久磁石厚膜の合成」

研究者：渡邊雅人（電磁材料研究所主任研究員）

## 2-5 研究成果の報告、特許出願及び主な取得設備

本法人では、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

#### 1-1) 論文（18編）

（電磁気材料関係）

1. Y. Zhang, N. Kobayashi, S. Ohnuma, M. Nose and H. Masumoto : Structure, magnetic and dielectric properties of BaTiO<sub>3</sub>-Co multi-layer nano-composite films, J. Magn. Mater., 401, (2016) 925-928
2. N. Kobayashi, H. Masumoto, S. Takahashi, and S. Maekawa : Optically Transparent Ferromagnetic Nanogranular Films with Tunable Transmittance, Scientific Reports, 6, (2016) 34227 ; DOI: 10.1038/srep34227
3. Y. Cao, N. Kobayashi, Y. W. Zhang, S. Ohnuma, and H. Masumoto : Enhancement of low-field magneto-dielectric response in two-dimensional Co/AlF granular films. Appl. Phys. Lett. 110, (2017) 072902 ; DOI: 10.1063/1.4976743
4. 小林伸聖 : ナノグラニューラー膜を用いた高感度・小型磁気センサ GIGS®, 機能材料 36, (2016) 39-47
5. 小林伸聖 : MSJ サマースクール 40 「ソフト磁性材料」テキスト, 日本磁気学会、2016年9月8日
6. 小林伸聖, 岩佐忠義, 石田今朝男, 池田賢司, 増本博, 高橋三郎, 前川禎通 : FeCo-AlF ナノグラニューラー透明強磁性薄膜, 電気学会マグネティックス研究会, (2016年12月, 東京)
7. 小林伸聖 : 透明かつ強磁性を示すナノグラニューラー薄膜材料の開発に成功, セラミックス, 52, (2016) 48

（センサ材料関係）

1. 湊 崇文, 村田嘉利, 鈴木彰真, 佐藤永欣, 佐々木祥弘 : 角度センサを用いた障害者向け自動車操縦インタフェースの開発, 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス & システム (CDS), 6, (2016) 11-21
2. 丹羽英二, 佐々木祥弘, 白川 究, 荒井賢一 : 運動動作計測を可能とする高耐荷重な

- 底 3 軸床反力分布計測システム, 第 33 回「センサ・マイクロマシンと応用」シンポジウム論文集, (2016. 10 月, 平戸)
3. 丹羽英二: 高温域で安定な高ゲージ率を示す Al 添加 Cr-N ひずみセンサ薄膜, 第 48 回応力ひずみ測定と強度評価シンポジウム講演論文集, (2017. 1 月, 東京)
  4. 丹羽英二: 高温域のゲージ率に及ぼす Cr 薄膜への第 2 元素添加の影響, 電気学会・交通・電気・鉄道フィジカルセンサ合同研究会, (2017. 3 月, 名古屋)
  5. 丹羽英二, 三上 浩: 高圧水素ガス環境下での Cr-N 薄膜によるダイアフラムレス圧力検知, 安全・安心な社会を築く先進材料・非破壊計測技術シンポジウム論文集, (2017, 3 月, 函館)

#### (光材料関係)

1. S. Abe: Preparation and low temperature stability of PbTe nanocrystals embedded in ZnTe matrix by hot-wall deposition, Materials for Renewable and Sustainable Energy, 5, (2016) 1-7
2. K. Sato and S. Abe: Nanocrystal growth and morphology of PbTeSe-ZnSe composite thin films prepared by one-step synthesis method, Journal of Applied Physics, 120, (2016) 155301 1-6

#### (デバイス開発関係)

1. 武田 茂, 直江 正幸, 発知 富夫, 本村 貞美, 鈴木 洋介: 10 GHz 帯以上で磁性薄膜の高周波透磁率を測定する際の問題点, 電気学会マグネティックス研究会, (2016. 8 月, 山口)
2. Y. Kawakami, M. Watanabe, K. I. Arai and S. Sugimoto: Piezoelectric Properties and Microstructure of BaTiO<sub>3</sub> Films on Heat-Resistant Stainless-Steel Substrates Deposited Using Aerosol Deposition, Trans. Mat. Res. Soc. Japan, 41[3], (2016) 279-283
3. Y. Kawakami, M. Watanabe, K. I. Arai and S. Sugimoto: Effects of substrate materials on piezoelectric properties of BaTiO<sub>3</sub> thick films deposited by aerosol deposition, Japanese Journal of Applied Physics 55, (2016) 10TA10
4. 早坂 淳一, 白川 究, 小林 伸聖, 荒井 賢一, 大竹 伸明, 森平 浩史, 坂本 修司: 多チャンネル同期検波 IC を搭載した磁気センサモジュール, 電気学会マグネティックス研究会, (2016. 9 月, 横浜)

#### 1-2) 国際会議発表 (11 件)

##### (電磁気材料関係)

1. K. Araake, Y. Zhang, N. Kobayashi, S. Ohnuma, M. Nose, H. Masumoto: Structure, Magnetic and Dielectric Properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Co Nano-Composite Films, The 9th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing. 2016, Kyoto, Japan
2. N. Kobayashi, T. Iwasa, K. Ishida, K. Ikeda, H. Masumoto, S. Takahashi, S. Maekawa: Tunneling Magneto-Dielectric Effect of Insulating Nanogranular

Films, The 9th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing. 2016, Kyoto, Japan

3. Y. Zhang, N. Kobayashi, S. Ohnuma, M. Nose, H. Masumoto : Improvement of Magnetic Properties of BaTiO<sub>3</sub>-Co Nanocomposite Films by Differential Pressure Sputtering, The 9th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing. 2016, Kyoto, Japan
4. Y. Cao, Y. Zhang, S. Ohnuma, N. Kobayashi, H. Masumoto : Interlayer-Driven Spin-Reorientation Transition in Nanogranular Films, The 9th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing. 2016, Kyoto, Japan
5. Yang Cao, Yiwen Zhang, Shigehiro Ohnuma, Nobukiyo Kobayashi, Hiroshi Masumoto : Structure and Tunneling Magnetoresistance Effect of Co-AlF Nanogranular Films Prepared by Co-Separate Sputtering, The 15th International Conference on Molecule-Based Magnets, 2016, Sendai, Japan
6. Y. Zhang, H. Kosukegawa, H. Miki, N. Kobayashi, S. Ohnuma, T. Takagi, H. Masumoto : Electrical and Magnetic Properties of DLC-Co Nanocomposite Films by Hybrid Deposition Method, 61st Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials, 2016, New Orleans, USA
7. Y. Cao, Y. Zhang, S. Ohnuma, N. Kobayashi, H. Masumoto : Enhancement in Low-field Sensitivity of TMR in 2D Co/AlF Granular Films, 61st Annual Conference on Magnetism and Magnetic Materials, 2016, New Orleans, USA

#### (光材料関係)

1. S. Abe : One-Step Synthesis of Nanocomposite Thin Film with Lead and Zinc Chalcogenide, The 9th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing, 2016, Kyoto, Japan
2. M. Watanabe and S. Abe, Out of Plane Magnetic Moment and Lattice Distortion of Element-Added Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Thin Films, The 9th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing, 2016, Kyoto, Japan
3. K. Sato and S. Abe, Nanowire Formation in PbSe/ZnSe Composite Thin Films Prepared by Hot-Wall Deposition, The 9th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing, 2016, Kyoto, Japan
4. Y. Oba and S. Abe, Formation of Nanocrystals in PbSe-ZnSe Composite Thin Film Characterized by Small-Angle X-Ray Scattering, The 9th Pacific Rim International Conference on Advanced Materials and Processing, 2016, Kyoto, Japan

#### 1 - 3) 国内会議発表 (21編)

##### (電磁気材料関係)

1. Yang Cao, Nobukiyo Kobayashi, Yiwen Zhang, Shigehiro Ohnuma, Hiroshi Masumoto : Tunneling-magneto-dielectric effect with high low-field sensitivity in Co/AlF

granular multilayers, 日本セラミックス協会 第 29 回秋季シンポジウム, (2016 年 9 月, 広島)

2. 荒明晃平, 張亦文, 増本博, 小林伸聖, 大沼繁弘, 野瀬正照: Co-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ナノグラニューラー薄膜の微細構造と磁気・誘電特性, 日本金属学会 2016 年秋期(第 159 回)講演大会, (2016 年 9 月, 大阪)
3. 張亦文, 小助川博之, 三木寛之, 小林伸聖, 大沼繁弘, 高木敏行, 増本博: Magnetic and Dielectric Properties of DLC-Co Nano-composite Films, 日本金属学会 2016 年秋期(第 159 回)講演大会, (2016 年 9 月, 大阪)
4. 荒明晃平, 張亦文, 小林伸聖, 大沼繁弘, 野瀬正照, 増本博: Co ナノ粒子を分散した Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ナノコンポジット薄膜によるトンネル型磁気 - 誘電効果の発現, 平成 28 年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会, (2016 年 10 月, 札幌)
5. 小林伸聖, 岩佐忠義, 石田今朝男, 池田賢司, 増本博, 高橋三郎, 前川禎通: FeCo-AlF ナノグラニューラー透明強磁性薄膜, 電気学会マグネティックス研究会, (2016 年 12 月, 東京)

#### (センサ材料関係)

1. 清水裕樹, 菅原拓馬, 安達圭祐, 伊東 聡, 高 偉, 丹羽英二, 佐々木祥弘: XYZ マイクロステージに関する研究-ステージ基礎特性の評価-, 日本機械学会 2016 年度年次大会, (2016.9 月, 福岡)
2. 丹羽英二: 高温領域における Cr-N ひずみセンサ薄膜のゲージ率, 応用物理学会秋季講演会, (2016.9 月, 新潟)
3. 丹羽英二, 佐々木祥弘, 白川 究, 荒井賢一: 運動動作計測を可能とする高耐荷重な靴底 3 軸床反力分布計測システム, 電気学会 E 部門大会・第 33 回「センサ・マイクロマシンと応用」シンポジウム, (2016.10 月, 平戸)
4. 丹羽英二: 高温域で安定な高ゲージ率を示す Al 添加 Cr-N ひずみセンサ薄膜, 日本非破壊検査協会・第 48 回「応力・ひずみ測定と強度評価」シンポジウム, (2017.1 月, 東京)
5. 丹羽英二: 高温域のゲージ率に及ぼす Cr 薄膜への第 2 元素添加の影響, 電気学会・交通・電気鉄道フィジカルセンサ合同研究会, (2017.3 月, 名古屋)
6. 丹羽英二, 三上 浩: 高圧水素ガス環境下での Cr-N 薄膜によるダイアフラムレス圧力検知, 日本非破壊検査協会・「安全・安心な社会を築く先進材料・非破壊計測技術」シンポジウム, (2017.3 月, 函館)
7. 丹羽英二, 三上 浩: 高圧水素ガス中で水素の影響を受けない Cr-N ひずみセンサ薄膜, 電気学会全国大会, (2017.3 月, 富山)

#### (光材料関係)

1. 阿部世嗣, 渡邊雅人, 星信夫, 佐藤詩織: 金属元素添加によるマグヘマイト薄膜の作製, 日本金属学会春期大会, (2017.3 月, 東京)
2. 阿部世嗣, 渡邊雅人, 星信夫, 佐藤詩織: 金属元素を添加したマグネタイト薄膜の耐酸化性, 日本金属学会秋期大会, (2016.9 月, 大阪)

## (デバイス開発関係)

### (招待講演)

1. 直江 正幸: 強磁性体と絶縁体から成るナノグラニューラー膜の有用性-特に GHz 帯高周波特性について, 電気学会東海支部若手セミナー, (2017.2月, 長野)

### (一般公演)

1. 若生直樹, 早坂淳一, 荒井賢一, 鈴木和浩: 高感度磁気センサ GIGS®を用いた生体モデル用の 3D 位置計測システム, 第 55 回日本生体医工学会, (2016.4月, 富山)
2. 川上祥広, 渡邊雅人, 荒井賢一, 杉本諭: AD 法で成膜した BaTiO<sub>3</sub> の圧電特性に及ぼす基板の影響, 第 33 回強誘電体応用会議, (2016.5月, 京都)
3. 武田 茂, 直江 正幸, 発知 富夫, 本村 貞美, 鈴木 洋介: 10 GHz 帯以上で磁性薄膜の高周波透磁率を測定する際の問題点, 電気学会マグネティックス研究会, (2016.8月, 山口)
4. 早坂淳一, 白川究, 小林伸聖, 荒井賢一, 大竹伸明, 森平浩史, 坂本修司: 多チャンネル同期検波 IC を搭載した磁気センサモジュール, 電気学会マグネティックス研究会, (2016.9月, 横浜)
5. 武田 茂, 直江 正幸, 発知 富夫, 本村 貞美, 鈴木 洋介: 30 GHz 帯を目指した磁性薄膜の高周波透磁率の測定, 第 40 回日本磁気学会学術講演会, (2016.8月, 山口)
6. 早坂淳一, 白川究, 小林伸聖, 荒井賢一, 大竹伸明, 森平浩史, 坂本修司: アレイ型磁気センサモジュールによるリチウムイオン電池の微小欠陥電流検知, 電気学会 E 部門大会・第 33 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム, (2016.10月, 長崎)

## 1-4) 展示会への出展 (7件)

### (センサ材料関係)

1. 展示会名称: 第 7 回医療機器開発・製造展 (MEDIX)  
開催日: 2016 年 6 月 22~24 日  
場 所: 東京ビッグサイト  
展示テーマ: 1kN 定格の荷重ベクトルセンサを用いた靴底センサシステム (タカノ(株))
2. 展示会名称: 第 8 回総合検査機器展 JMMA2016  
開催日: 2016 年 9 月 28~30 日  
場 所: 東京ビッグサイト  
展示テーマ: 超小型・高耐荷重 3 軸力覚センサを用いた靴底センサシステム
3. 展示会名称: 産学官連携フェア 2016 みやぎ  
開催日: 2016 年 11 月 29 日  
場 所: 仙台国際センター  
展示テーマ: Cr-N 薄膜次世代ひずみセンサとその応用
4. 展示会名称: 新機能性材料展 2017  
開催日: 2017 年 2 月 15~17 日  
場 所: 東京ビッグサイト

展示テーマ：金属用塗布型粘土コーティング「クレコート」(㈱イチネンケミカルズ)

**(デバイス開発関係)**

1. 展示会名称：組込み総合技術展 (ET 2016)  
開催日：2016年11月16～18日  
場 所：パシフィコ横浜  
展示テーマ：磁気式3次元位置計測システム
2. 展示会名称：第8回総合検査機器展 JIMA 2016  
開催日：2016年9月27～30日  
場 所：東京ビックサイト  
展示テーマ：多チャンネル2次元アレイ磁気センサモジュールによるリチウムイオン電池の検査技術
3. 展示会名称：産学官連携フェア2016みやぎ  
開催日：2016年11月29日  
場 所：仙台国際センター  
展示テーマ：高感度・超小型磁気センサ GIGS®とその応用

**[2] 特許出願 (10件)**

**2-1) 国内出願 (10件)**

1. 電磁材料関係の特許・・・1件
2. 磁気デバイス関係の特許・・・1件
3. Cr-N ひずみ薄膜センサ関係の特許・・・6件
4. 光材料関係の特許・・・1件
5. アルミニウム合金関係の特許・・・1件

**[3] 主な取得設備**

**(デバイス開発関係)**

ウエッジボンダー

ボールワイヤー・バンプボンダー

**[4] 所内講演会、その他**

**4-1) 所内講演会**

1. 学術講演会  
開催日：平成28年9月26日、  
講師：笹田 一郎 教授 (九州大学大学院 総合理工学府 量子プロセス理工学専攻)  
講演題目：フラックスゲート磁界センサの原理と応用

**4-2) 所内研修会**

1. 特許研修 (4回)  
開催日：平成28年9月14日、平成28年10月12日、平成28年11月9日、  
平成28年12月15日  
講師：加賀谷 剛 弁理士(創成国際特許事務所所長)

### 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

本法人では、電磁関連の機能材料及びデバイスに関し、今までに約390件の知的財産権（特許等）を取得し、現在なお国内36件、国外5件（延べ17地域及び国）の知的財産権を保有している。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、昨年度に引き続き5社に26件の知的財産権の供与を実施した。

##### [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。

本年度は例年通り4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5社、26件）

1. Cr-N ひずみセンサ関係・・・・・・・・ 4社 （1件）
2. GIGS<sup>®</sup> 磁気センサ関係・・・・・・・・ 1社 （25件（包括契約））

##### [2] 土地の賃貸契約（継続 4件）

1. NTTドコモの携帯電話無線局用土地（継続）
2. 東北電力の電柱用土地（継続）
3. 日本赤十字病院の職員用駐車場（継続）
4. 民間の調剤薬局用土地（日本赤十字病院と隣接）（継続）

## II 平成28年度処務の状況

### 1 規則及び規程等の整備

#### 1-1 制定

1. 研究開発推進委員会規程（平成29年4月1日施行）
2. 研究活動上の不正行為の防止及び対応に関する規程（平成29年4月1日施行）

#### 1-2 改正

1. 資産取得資金「電磁材料研究所移転用地取得資金」の改正  
資産取得資金「電磁材料研究所移転先用地及び建物取得資金」(平成28年5月23日施行)
2. 公益目的事業推進委員会規程 (平成29年4月1日施行)
3. 運営委員会規程 (平成29年4月1日施行)
4. 特許発明委員会規程 (平成29年4月1日施行)
5. 安全衛生環境委員会規程 (平成29年4月1日施行)
6. 組織規程 (平成29年4月1日施行)
7. 安全衛生及び環境管理に関する規程 (平成29年4月1日施行)
8. 就業規則 (平成29年4月1日施行)
9. 職務発明に関する規程 (平成29年4月1日施行)
10. 資産取得資金「電磁材料研究所移転先用地及び建物取得資金」(平成28年12月19日改正)
11. 会計規程 (平成29年4月1日施行)

## 2. 会議

平成28年4月1日から平成29年3月31日の間に、下記の会議を開催した。

### 2-1 評議員会

平成28年6月17日 (定時)、                      平成29年1月18日 (臨時)、  
平成29年3月22日 (臨時)

### 2-2 理事会

平成28年5月23日 (定時)、                      平成28年11月7日 (臨時)、  
平成28年12月19日 (臨時)、                      平成29年3月9日 (定時)

### 2-3 常任理事会

平成28年4月22日、                      平成28年5月20日、                      平成28年6月27日、  
平成28年7月22日、                      平成28年9月30日、                      平成28年10月28日、  
平成28年11月25日、                      平成28年12月16日、                      平成29年1月19日、  
平成29年2月24日、                      平成29年3月24日

### 2-4 諸委員会

1. 財務基盤調査検討委員会：5回
2. 資産運用管理委員会：3回
3. 公益目的事業推進委員会 (拡大会議)：3回
4. 特別委員会 (研究棟将来計画検討委員会)：7回



### Ⅲ 事業報告の附属明細書

平成28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。