

2021年度事業計画

1 事業目的と組織

- 1-1 事業目的
- 1-2 事業実施のための組織体制
- 1-3 公益性確保のための基本方針

2 公益目的事業

- 2-1 研究開発の公益目的事業範囲
- 2-2 研究開発事業の内容
- 2-3 各研究開発部門及び開発施設の研究開発計画
 - [1] 新機能材料創生部門
 - [2] デバイス用高機能材料開発部門
 - [3] 次世代デバイス開発部門
 - [4] 素形材開発施設及びデバイス開発施設

3 収益事業

- 3-1 知的財産権の供与
- 3-2 その他の収益事業

2021年度事業計画

1 事業目的と組織

1-1 事業目的

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電磁に関連する機能材料の重要性を強く認識し、新規で優れた性能を持つ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、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公益活動を行う」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、公益目的事業であり、(2)の事業は、こ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る。

1-2 事業実施のための組織体制

本法人の組織は、事業全体を統括する法人本部と、その下に設置される研究開発事業部及び事務部から成る。

法人本部は、理事会及び常任理事会の決議に沿って、法人の管理及び運営に関する総合的職務を行う。

研究開発事業部は、本法人の研究開発事業を実施する部局であり、3研究開発部門及び2開発施設並びに事業支援室で構成され、相互に密接な連携を保ちつつ事業を行う。研究開発部門及び開発施設では、本法人の研究員及び技術員が自主研究、受託研究、共同研究及び試作開発研究として事業を実施する。事業支援室は、外部研究機関及び企業等との受託研究、共同研究及び試作開発研究の契約、知的財産権の出願、登録、維持、管理及び実施権供与、研究開発成果の公開など事業の支援に関する業務を行う。

事務部は、本法人を運営するための総務及び財務関係の事務処理を行う。

本法人は、上記組織体制に拠り、研究開発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す。

1-3 公益性確保のための基本方針

本法人は、事業の公益性を確保するため、事業内容及び事業の成果などを社会一般の研究者、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。

この基本方針に則り、研究開発の課題、内容及び成果の概要並びに提供し得る試作品の内容等に関しては、本法人の事業計画及び事業報告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する。また、研究開発成果の詳細は、関連する学術誌、講演会、研究会、国際会議等で一般に公表する。

知的財産である「特許」の取得に関しては、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る。この知的財産権に関する情報は、本法人のインターネットのホームページ、事業報告等で広く一般に公開する。

地域社会への貢献としては、地元企業との共同研究及び試作開発研究の実施、地方自治体及び民間機関との協同事業（展示会・発表会等）への参加等を積極的に勧め、地域社会の産業の振興に協力する。

2 公益目的事業

2-1 研究開発の公益目的事業範囲

本法人の公益目的事業の具体的内容は、「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、その実用化を図り、社会の発展に寄与すること」である。

この目的を達成するため、本事業では、得られた研究成果が実用化に至るまでの研究開発を公益目的事業の範囲とし、その過程を「研究段階」、「開発段階」及び「実証段階」の3段階に分け、各々の段階で以下の研究を実施する。

最初の「研究段階」での研究は、本法人の研究員によって行われる「自主研究」である。この研究は、以降の過程の研究の基となるものであり、得られた成果は、学術論文、インターネットのホームページ等で公開すると共に一部は特許出願する。

「開発段階」では、自主研究の更なる発展及び展開を目的に、公的または民間機関の競争的資金による「受託研究」、或いは企業または大学等の公的研究機関と「共同研究」を実施する。これら研究によって得られた成果は、学術論文、展示会、ホームページ等を通して公開し、特に実用上有効な成果は、特許出願する。

「実証段階」では、上述した自主研究、受託研究及び共同研究で得られた成果の完成度の更なる向上及び実用化の促進を図るため「試作開発研究」を実施する。この研究では、企業等に研究開発成果の試作品を提供（有償）して実装試験及び実機試験等を行い、その試験結果を参考にして、試作品の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、有効性の実証などを行う。この研究は、公益目的事業の中の「試作に関する事業」として位置づ

けられ、他に類例を見ない本法人独自のものであり、企業からの研究申し込みが多く好評であることから、今後とも積極的に進める。

2-2 研究開発事業の内容

2021年度(以下「本年度」と言う。)に各研究開発部門及び開発施設で実施する研究開発事業は、平成28年(2016年)11月7日の臨時理事会で承認された「中期事業計画(平成29年度(2017年度)から5年間)」に基づくもので、その具体的内容は、以下の通りである。

[研究開発部門]

- (1) 新機能材料創生部門：「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：「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：「次世代デバイスの研究開発」

[開発施設]

- (4) 素形材開発施設：「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：「高性能電磁素子及びデバイスの試作研究」

2-3 各研究開発部門及び開発施設の研究開発計画

本年度は、昨年度までの各研究開発部門の研究開発の実施内容及び進捗状況等を検討し、研究開発能率の更なる向上を図り優れた成果を挙げるため、一部研究担当者の研究開発部門間の異動及び研究開発題目の変更を行う。

本年度の各研究開発部門及び開発施設の研究開発計画内容は、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、電磁に係る新機能性、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を創生することを目的とする。

この目的を達成するために、本年度に計画している研究開発の題目及びその内容並びに研究担当者は、以下の通りである。

- (1) 透明強磁性ナノグラニューラー薄膜の磁気光学効果に関する研究
(小林主席研究員、池田主任研究員)

本部門では、スツパタ法により成膜された磁性ナノグラニューラーとフッ化物や窒化物等のマトリックスから成るナノグラニューラー薄膜が、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と共に室温で強磁性を示す『透明強磁性体』

であり、光通信帯域の波長光において従来材料の 40 倍もの巨大ファラデー効果を示すことを世界に先駆けて見出した。

本研究は、光透過性能に優れかつ大きなファラデー回転角を有する、即ち性能指数の大きなナノグラニューラー薄膜材料の開発を目指す。

昨年度は、加熱基板上への成膜及びその後の熱処理によってファラデー回転角と光透過率が共に改善することを明らかにした。特に熱処理において、加熱の際に電気炉中の雰囲気を制御することによって近赤外領域の光透過率が劇的に向上することを見出した。また、磁界を印加しながら熱処理を施して膜面垂直方向に磁気異方性を誘導することにより、ファラデー回転角の磁界感度特性が改善することも明らかにした。

本年度は、これら熱処理条件を更に詳細に検討し、ナノグラニューラー薄膜の性能指数及びファラデー回転角の磁界感度特性の更なる向上を目指す。

また更に、ナノグラニューラー薄膜の詳細な構造解析及びナノグラニューラーの磁気モーメントの解析を進めて巨大ファラデー効果の発現メカニズムの更なる解明を図ると共に、企業等と協力して光学デバイスへの応用を検討する。

(2) ENZ (Epsilon Near Zero) 材料を用いたナノグラニューラー薄膜の検討

(池田主任研究員)

ナノグラニューラー薄膜は、磁性ナノグラニューラーの界面近傍の磁気モーメントがエンハンスされることにより巨大なファラデー効果が発現すること、マトリックスの誘電特性に由来する高い光透過性を有すること、微細加工による光学特性の劣化が少ないことなどから集積フォトニクスデバイス等への応用が期待される。特に集積フォトニクスデバイスの研究では、ナノグラニューラー磁気光学材料を適用することにより既存材料では実現困難な特異な現象が発現することが予測されている。

本研究は、集積フォトニクスデバイス及び光導波路用コア材として使用可能な優れた磁気光学特性を有するナノグラニューラー薄膜の実現を目的とする。

本年度は、誘電率の実数成分がほぼ零である ENZ (Epsilon Near Zero) 材料である ITO 及び ZnO 等をマトリックス材料とし、誘電率テンソルの対角成分を減少させることにより、赤外通信波長帯域において大きなファラデー効果を示す新たなナノグラニューラー薄膜材料の実現を目指す。

(3) ナノグラニューラー強磁性薄膜の磁気異方性の原因究明とデバイス実証

(直江主任研究員) (デバイス用高機能材料開発部門から異動)

一般に強磁性薄膜の優れた高周波特性は、薄膜の一軸磁気異方性方向に直交した磁化困難方向(面)の磁気特性を利用することにより実現する。ナノグラニューラー薄膜は、GHz 帯に及ぶ高周波帯域まで周波数分散が少なく極めて高い透磁率を維持し、また絶縁性マトリックスとの複合材料であることから高電気抵抗値を有し、耐渦電流損失特性にも優れているなどにより、電気電子機器の高周波化・小型化を実現するための最適材料として近年注目されている。

一方、「ナノ結晶磁性体の磁気異方性は、ほぼランダムである」との従来からの一般的な概念に反し、本研究のナノグラニューラー薄膜の磁気異方性は、成膜中に磁界を印加する等の特別な手法を施さなくとも、自発的に特定方向に誘導されることが本部門の研究により確かめられている。しかしながらその起因は、未だ明確ではない。

本研究では、このナノグラニューラー薄膜の自発的な磁気異方性発現のメカニズムを明らかにすることを目的とする。

昨年度は、ナノグラニューラー薄膜の磁気異方性がナノグラニューールの配向、磁歪などに強く関係していることが示唆される実験結果を得た。

本年度は、詳細な微細構造観察、磁歪計測、磁区観察などを進め、自発的な磁気異方性発現の要因を解明し、この磁気異方性の分散・制御を可能とする方法を見出し、ナノグラニューラー薄膜の一層の高透磁率化・高周波化を図り、UHF帯(300 MHz~3 GHz)でのパワーエレクトロニクス材料及びSHF帯(3~30 GHz)での電磁ノイズ抑制材料への応用を検討する。

[2] デバイス用高機能材料開発部門

本部門は、光エレクトロニクス、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、それらデバイスを構成する薄膜材料の高機能化及び新規な機能薄膜材料の開発を目的とする。

この目的を達成するために、本年度に計画している研究開発の題目及びその内容並びに研究担当者は、以下の通りである。

(1) 鉄酸化物を用いた可視光応答性光触媒材料の開発研究

(阿部主席研究員)(新機能材料創生部門から異動)

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が求められている。

本研究は、ありふれた元素である「鉄」に着目し、この鉄酸化物に機能性を発現する第三元素を添加し熱処理を施すことにより形成される特異な相構造と、その光触媒特性との関係を検討することを目的とする。

昨年度は、薄膜試料に加え新たに粉末試料を取り上げ、 $\text{Ge}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ 固溶体を大気中で熱処理すると粉体表面に $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 層が自己形成され、可視光で応答する光触媒機能を発現することを見出した。

本年度は、光触媒に有効な特異構造を比較的短時間で得るために、第三元素の添加濃度、熱処理温度及び熱処理時間を詳細に検討すると共に、室内での光触媒利用を想定してLED白色光源下での揮発性有機化合物ガスの分解性能の検討を行う。

(2) 高性能新規薄膜力学量センサ素子の開発に関する研究

(丹羽特任研究員)

本部門で開発した Cr-N 及び Cr-Al-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し、これまでに様々な分野、環境、形態での各種力学量計測に広く実用化されている。

昨年度は、Cr-N 薄膜ひずみセンサ素子をダイアフラムの周方向に配置する等によって Cr-N 薄膜の優れた横感度特性を積極的に利用した超小型・高耐荷重の力覚及び圧力センサデバイスの実現が可能であることを実証した。

本年度は、先ず基礎研究として、第一原理計算による大きなゲージ率発現機構の解明を昨年度に引き続き進めると共に、Cr-N 薄膜中に含まれる窒素原子が電気抵抗の温度係数に及ぼす効果についても検討を行う。次に、ロードセル用センサとして本部門で開発し実用化に成功した接着式センサ素子に現用されているジルコニア基板に代わる柔軟性、耐久性等に優れた新たな基板材料の検討、Cr-N 薄膜の横感特性を利用した超小型、高耐荷重定格のひずみセンサデバイスの開発、650℃まで使用可能な新たなひずみセンサ薄膜材料の開発を行う。

また更に、水素エネルギー社会の実現に邁進する地元企業及び自治体と連携して、高圧水素ガス環境用ひずみセンサ素子及び圧力センサデバイスの開発研究を進め、その実用化を図る予定である。

(3) エアロゾル・デポジッション法による電磁波吸収複合磁性膜の合成

(渡邊主任研究員) (新機能材料創生部門から異動)

昨年度から利用が開始された 5G 移動体通信システム、高度道路交通システム、無線 LAN などの展開に見られるように、SHF 帯(3~30GHz)から EHF 帯(30~300GHz)に踏み込んだ周波数帯域の用途が急速に拡大しており、今後これらの帯域を利用する機器及び素子の通信障害に対処可能な電磁波吸収材料の開発が極めて重要になる。

本研究は、数 GHz から 100 GHz 帯において優れた特性を有する新規な電磁波吸収材料の開発を目的とする。

本年度は、10GHz 以上の周波数帯域に対応した電磁波吸収材料として既に実用化されているカルボニル鉄微粒子磁性材料をベースとしそれに各種導電性材料などを加え複合化し、エアロゾル・デポジッション法により厚膜に成形すると共に、近傍電磁界下での高周波特性を評価するための高周波電磁気特性評価装置を新規構築して、それら厚膜の高周波特性を評価し電磁波吸収材料としての可能性を追求する。

(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

(川上主任研究員)

本研究は、ステンレス基材上にエアロゾル・デポジッション法により鉛フリー高性能圧電セラミック厚膜を形成し、IoT における情報の無線送受信のための振動発電デバイスへの応用を目的とする。

本研究では、1 回の無線送信に必要なエネルギーとして約 200 μ J を発電エネルギーの

目標値として定め研究を進めている。本研究では既に約 $40 \mu\text{J}$ のエネルギーを発電する振動デバイスを得ているが、更に約 5 倍程度発電エネルギーを増加させる必要がある。

昨年度は、圧電膜の体積を増加することによる発電エネルギー向上の検討を行った。その結果、使用する粉末を予め 2 次粒子化することにより膜表面が平滑で緻密な厚膜が形成可能で、成膜後に熱処理を施しても基板から剥離しないことを確認した。この技術を用いて成膜した従来よりも 3 倍厚い約 $30 \mu\text{m}$ の厚膜を用い熱処理条件等を種々変えて検討を進めた結果、発電エネルギーの増加が確認された。

本年度は、体積増加による発電エネルギー向上技術の更なる検討を進め、目標とする $200 \mu\text{J}$ の発電エネルギーの実現を図る。また、発電エネルギー増加のための新たな技術開発も行う予定である。

[3] 次世代デバイス開発部門

本部門は、次世代社会の発展に必要不可欠な電気・電子機器の高性能化及び高品位化を図るため、それら機器を構成する情報処理・制御、電磁変換及び生体情報等に関連する新たな高次機能デバイスを創成すること目的としている。

この目的を達成するために、本年度計画している研究開発の題目及びその内容並びに研究担当者は、以下の通りである。

(1) 多次元磁気情報センシング技術の研究開発 (早坂主席研究員)

次世代社会では、様々な電気・電子機器、土木構造物、生物などから発生する磁気エネルギーを可視化して内部情報を非破壊で検知し、動作状態や機能を診断するための新たな技術開発が望まれている。

昨年度は、CPW 線路上に軟磁性薄膜を配した高周波キャリア型磁気センサ素子と信号検出モジュールを試作し、生体の活動に伴って発生する nT 以下の極微弱な磁気信号の計測を試み、生体刺激に対する応答波形を観測することができた。このセンサは、伝送線路の動作伝送行列の S_{11} 要素成分を利用するもので、高感度で、かつ構造が極めて簡素で生産性に優れるなどの特長を有しており、生体磁場計測のみならず、建物の構造ヘルスマニタリング等への応用も期待できる。

本年度は、磁気センサモジュールの小型化と検出磁界感度の更なる向上を図るため、複数素子による差動検出法の適用を検討する。また、昨年度に続き生体から発生する磁気エネルギーの可視化に加え、新たな分野への応用展開を見据え、本センサを利用した他の物理量計測に関わる基礎的検討も行う予定である。

(2) 磁気光学応用デバイスの開発 (大場特任研究員)

本研究は、新機能材料創生部門で現在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。

昨年度は、FeCo-MgF 系、FeCo-SiN 系及び FeCo-BaF 系ナノグラニューラー薄膜のフェラデー効果を利用した光磁界センサの周波数依存性を検討し、高周波磁界の検出特性は、いずれの薄膜でも約 40MHz までは平坦であり 100MHz を超えると低下することを明らかにした。また、磁界の多次元成分の同時検出を目的とし、二次元磁界検出用センサとして、ナノグラニューラー薄膜を光学プリズムで挟み膜内を 45deg の角度でレーザ光を伝搬させる方式と、垂直にレーザ光が入射する 2 枚のナノグラニューラー薄膜を互いに 90deg の角度で配置する方式を検討し、各々の方式での問題点、課題等の抽出を行った。

本年度は、昨年度に得られた成果を基に、二次元磁界検出センサとして 1 枚のナノグラニューラー薄膜を光学プリズムで挟み、膜内で互いに 90deg の角度で交差する 2 本のレーザ光を入射させる方式を中心に更なる研究開発を進める。また、三次元磁界検出センサとして、垂直にレーザ光が入射する 3 枚のナノグラニューラー薄膜を、互いに 90deg の角度で配置する方式について試作、検討を行う予定である。

(3) 三次元位置計測システムの研究開発 (若生特任研究員)

身体の運動を計測する技術は、スポーツ技能向上や健康リハビリテーションへの活用、機器における人間工学的設計への活用等様々な分野への応用が期待される。その身体運動計測技術の一つとして、本部門では、磁気式三次元位置計測システムの研究を進めている。

本研究は、三次元位置計測システムとして従来良く知られている光学式計測システムが使えない遮蔽環境下などでも安定して使用可能な新たな磁気式計測システムの実現を目的とするものであり、複数の磁気マーカを用い、各々のマーカの三次元位置を高速度・高精度で計測して、それらの位置情報を外部に出力するシステムの開発を目指している。

昨年度は、位置計測が可能な空間範囲の拡張及び位置計測の高精度化を目指し、従来用いてきた GIGS 磁気センサより高感度特性を有する新たな磁気センサを採用した場合に、現用の三次元位置計測システムに生じる問題点の抽出等に関する基礎的検討を行った。また、この場合に計測される磁界強度からマーカ位置を推定するアルゴリズムに関し、磁気マーカの寸法及び方向並びに磁気センサとの距離を考慮した新しい位置推定アルゴリズムの検討も進めた。

本年度は、磁気センサとして、本部門内で新たに研究開発が進められつつある高周波キャリア型薄膜磁気センサ素子を本位置計測システムに使用することを想定し、環境磁気雑音等の削減を図るための新電子式グラジオメータの研究開発を行う。また、昨年度検討を進めた位置推定アルゴリズムの実用性能を確認し、更にその完成度を高める予定である。

(4) 装着型小型運動情報計測システムの研究開発

(佐々木研究員、植竹特任研究員)

本研究は、運動時の身体情報や歩行時の転倒の原因となる動きなどを検知して外部に送信する装着型小型運動情報計測システムの実現を目的とする。

昨年度は、外観上は全く普通の靴と変わらないが靴底に力覚センサを内蔵し、歩行時等に靴底に加わる反力を計測し、得られたデータを外部に送信する無線式靴底反力計測システムを完成させ、展示会等に出展し、特にヘルスケア分野で大きな反響を呼んだ。

また、力覚センサと同時に靴底内に記憶素子を組み込むことにより無線通信環境が悪い状況下でも得られた反力データを記憶素子に記録蓄積し、必要時に取り出して再生可能とするデータストレージ式靴底反力計測システム、更には、靴底に慣性センサも同時に組み込んだ高機能靴底反力計測システムを実現し、デモンストレーション用として無線式システム3足、高機能システム2足を準備した。

本年度は、デモンストレーション用システムをリハビリ、医療、スポーツ関係等の技術者、研究者に積極的に貸し出すなどして実際に使用してもらい、本システムの問題点の抽出、新たな用途開拓などを進めて広範囲な普及を図ると共に、本システムの更なる小型・軽量・高性能化を進める予定である。

[4] 素形材開発施設及びデバイス開発施設

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事業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。更に試作開発研究として、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。

素形材開発施設では、昨年度は、バルク機能材料の溶解技術を改善することにより試作品提供先企業での加工工程の歩留まりの大幅な改善に寄与することができた。

本年度は、昨年度に引き続き素形材開発相談室の協力を得ながら、試作品の高品質化に積極的に取り組んで行く予定である。

デバイス開発施設では、本年度は、昨年度に引続き種々の形状の起歪体上にCr系ひずみセンサを作製可能とする成膜技術及び微細加工技術の検討を進め、外部機関からの様々な要求に迅速かつ的確に応じられる体制の構築を目指す。

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う。

3-1 知的財産権の供与

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、2020年12月1日現在で、国内82件、国外9件（5カ国）である。

本事業は、これら知的財産権の実施を希望する企業に実施権を供与し、企業活動の中で幅広く利用し、社会に役立ててもらふことを目的とするものであり、本年度もこの事業を積極的に進める予定である。なお、これら知的財産権についての問い合わせには、事業支援室が対応する。ただし、供与する知的財産権は、「できるだけ多くの企業を対象にして広範囲な普及を図る」という本事業の基本方針に基づき、原則として、通常実施権とする。

3-2 その他の収益事業

本法人は、「その他の収益事業」に該当する事業として、本法人が所有する土地の一部を電柱等敷地として東北電力に賃貸する事業を行う。