

デバイス・材料・テクノロジー

IoT/MEMS

省電力

フレキシブル回路・素子

CNT/グラフェン

機能・ナノ材料

材料設計・解析・評価

セラミックス

リソースを、無駄なく使いつくすセンシング

見えない価値分布を可視化するトリリオンセンサ

- 非連続的に膨大量(トリリオン: 1兆)のセンサ/プローブを駆使
- 情報オリエンテッドな判断、無意識損失の無い潤沢な社会へ挑戦
- 「MEMS」・「画像計測」・「3D/印刷センサ」が重点技術

研究のねらい

非連続的に膨大な量のセンサを駆使するトリリオン(1兆個)センサ社会の到来に備え(2025年、現在の100倍、50兆個/年)、健康、食糧、環境・エネルギー、インフラ、製造における「見えない価値の分布を可視化し、「情報オリエンテッドな判断」を確立することで、無意識に損失すること無い「潤沢な社会(リソースを使いつくす社会)」へと挑戦します。トリリオンセンサRoadmapにもある重点センサ技術「MEMS」・「画像計測」・「3D/印刷センサ」でも、IoT世界をリードする、革新的ONLY-ONEセンシング技術の確立を目指します。

研究内容

重点センサ技術「MEMS」・「画像計測」・「3D/印刷センサ」の中でも、直接価値の分布の可視化が可能な、ONLY-ONE画像センシング技術を開発しています。例えば、1. 業界が長年諦めている「潜傷(表面から見えない傷)」、「静電気」の可視化、2. 経験やシミュレーションで見えている筈(実際は異なる)の「破壊予兆や力学状態」の可視化、3. 現場プロセスの活かされていない「暗黙知」の可視化、を行っています。また、トリリオンセンサ時代に不可欠の超安価・超低環境負荷センサに挑戦すべく、生分解性印刷センサに取り組んでいます。

連携可能な技術・知財

- (1) 画像センシング
- ・超精密研磨基板(Si, SiO₂, SiC等)の潜傷可視化
 - ・静電気分布の可視化
 - ・破壊予兆・マルチマテリアル・接着の応力可視化
 - ・めっきプロセスの暗黙知可視化、溶液の劣化診断
- (2) トリリオンセンサ製造技術
- ・生分解印刷センサ

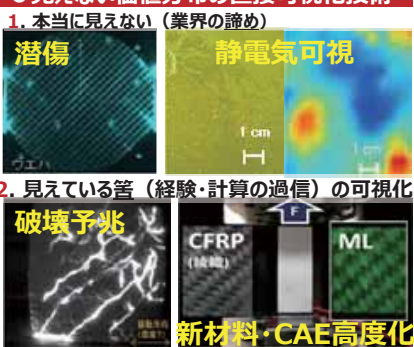
● トリリオンセンサを拓く技術



印刷生分解センサ

画像センシング

● 見えない価値分布の直接可視化技術



画像センシング

- 関連技術分野: トリリオンセンサ、イメージング、印刷、静電気可視化、潜傷検出
- 連携先業種: 製造業(輸送用機器)、製造業(繊維製品)、製造業(ガラス・土石製品)、製造業(食品)、医療・福祉業

寺崎 正 / 古賀 淑哲 / 菊永 和也 / 藤尾 侑輝 / 坂田 義太郎
 製造技術研究部門
 連絡先: rpd-eleman-ml@aist.go.jp
 研究拠点: 九州



無線センサネットワーク用 低コスト面内振動MEMSセンサ

ハイコストパフォーマンスのMEMSセンサ製作技術と評価技術

- 環境の変化に対して安定な面内振動型微小加速度センサを開発
- ICと統合が容易な低コストのキャビティファーストMEMS作製プロセス
- 振動デバイスの信頼性評価技術

関連技術分野：MEMS、センサ、デバイス、加工技術
連携先業種：製造業（電気機器）、製造業（精密機器）

研究のねらい

ピエゾ抵抗型の面内振動MEMSセンサは環境の影響を受けにくく、実用上十分に高感度であり、信号処理も容易という特徴があります。平面型のMEMSセンサはプロセスコストが安く、構造が単純で、パッケージ化も容易なため大量生産に向いています。この開発したMEMSセンサはICと和合性が良く、容易に統合することができ、無線センサノードを低コストで製造することが可能になります。無数の無線センサノードにより構成される無線センサネットワークにより、社会インフラの健全性のモニタリングへの応用を図ります。

研究内容

新規なキャビティファーストMEMS作製プロセスにより、SOIウェハの表側からの加工だけで振動子を片持ち支持する手法を開発し面内振動型MEMS加速度センサを作製しました。このデバイスは低い周波数領域の加速度検出を目的として設計され、6 Hz以上の微小加速度（0.05 g 以上）に対して、0.155 mV/V/ g という高い感度を有しています。

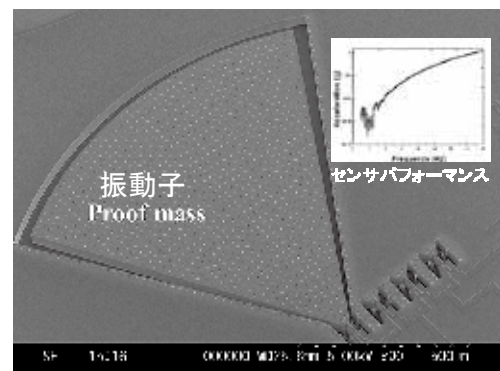
また、このような振動型デバイスの信頼性評価技術も開発しており、振幅管理下での疲労寿命の研究なども行っています。

連携可能な技術・知財

- ・特開2014-176904 (2014/09/25)
- ・Micro & Nano Letters 8 (2013) 700
- ・Microelectronic Engineering. 119 (2014) 70
- ・J. Microelectromechanical Systems 21 (2012) 830,



空中に片持ち支持された振動子



面内振動型MEMS加速度センサ

■研究担当：廣島 洋／池原 毅／魯 健（ルウ ジャン）／武井 亮平／張 嵐（チョウ ラン）
■所 属：集積マイクロシステム研究センター
■連絡先：rpd-eleman-ml@aist.go.jp

●研究拠点
つくば

超低電力無線センサを実現する 圧電 MEMS デバイス技術

圧電 MEMS デバイスの自己発電センシングを活用

- パルスポーリングにより高圧電定数 ($d_{31}=150 \text{ pm/V}$) PZT 薄膜を MEMS 上で実現
- 4インチ、8インチウエハ圧電 MEMS 技術を確立し研究試作から少量生産まで対応
- 自己発電無線センサデバイスによるインフラモニタリング

関連技術分野：圧電、MEMS、センサ
連携先業種：製造業（電気機器）、製造業（機械）

研究のねらい

インクジェット、ジャイロに実用化されている圧電 MEMS デバイスは自己発電センシングが可能であることから、IoT時代の無線センサデバイスへの応用が注目されています。当センターではこれまでに確立してきた圧電 MEMS 基盤技術を活用して、民間企業のニーズに沿った新規センサや、政策課題に対応したインフラモニタリング用の自己発電無線センサデバイスの開発を行っています。さらに、IoT時代の新規実装技術として、圧電 MEMS デバイスとフレキシブルエレクトロニクスの融合技術の開発も行っています。

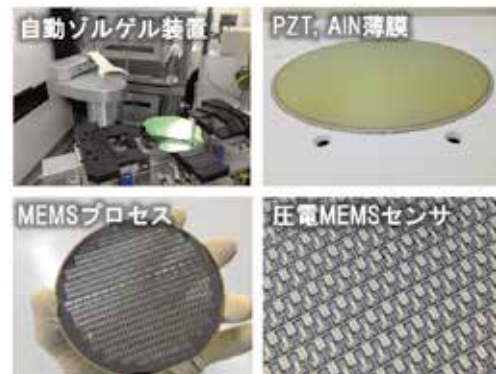
研究内容

基盤技術として高性能 PZT、AIN 薄膜の形成、高歩留り圧電 MEMS プロセス技術、ソフトパッケージング技術などの開発を行っています。最近開発したパルスポーリング法により、1秒以下の超短時間で $d_{31}=150 \text{ pm/V}$ という高圧電定数 PZT 薄膜を MEMS 上で実現することに成功しました。

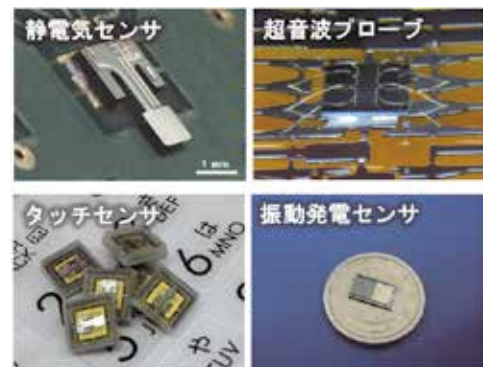
これらの基盤技術を民間企業のニーズと合わせて、静電気センサ、超音波センサ、タッチセンサなどの新規圧電 MEMS センサを開発するとともに、政策課題に対応したインフラモニタリング用自己発電無線センサデバイスの開発を行っています。

連携可能な技術・知財

- ・ PZT、AIN 薄膜の形成と評価、これらを用いた圧電 MEMS デバイスの設計、試作、評価
- ・ 圧電 MEMS デバイスを用いた自己発電無線センサモジュールの開発
- ・ 特許第 4997439 号 (2012/05/25)
- ・ AIP ADVANCES 4 (2014) 117116
- ・ 本研究の一部は、内閣府「最先端研究開発支援プログラムマイクロシステム融合研究開発（平成 21～25 年度）」により行われたものです。



圧電 MEMS 基盤技術



新規圧電 MEMS デバイス

■研究担当：小林 健／岡田 浩尚
■所 属：集積マイクロシステム研究センター
■連絡先：rpd-eleman-ml@aist.go.jp

●研究拠点
つくば

ポンプや配管の維持管理を自動化

電池レスで動作するワイレス振動センサ端末

- 振動発電を搭載しバッテリーレス
- 超低消費電力電源制御回路
- ワイヤレスかつコンパクト

研究のねらい

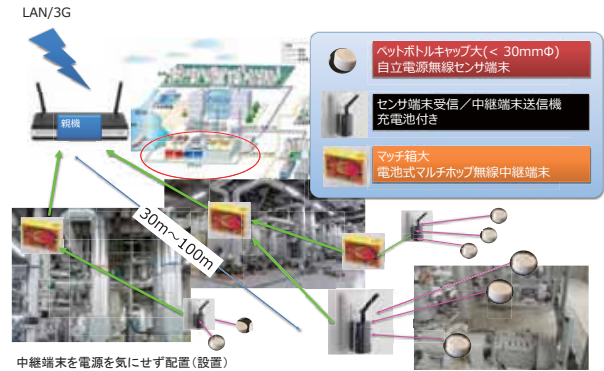
近年の日本では社会インフラの効率的な維持管理が重要な課題に位置付けられています。そういった背景のもと、我々はポンプに代表される回転機器を監視するセンサ端末の開発を行っています。機器から発せられる振動の大きさを無線技術を用いてクラウドに集約させます。端末は振動発電を搭載し電池交換が不要です。この技術は、ポンプの監視にとどまることなく配管、橋梁やビルなど振動しているあらゆる対象の監視に応用できます。また、振動発電の技術はネットに接続するあらゆる端末に電源を供給できる可能性を秘めています。

研究内容

当該センサ端末を実現するにあたって、重要な技術開発は以下の2点です。

- ① 高効率振動発電
- ② 超低消費電力アナログ回路

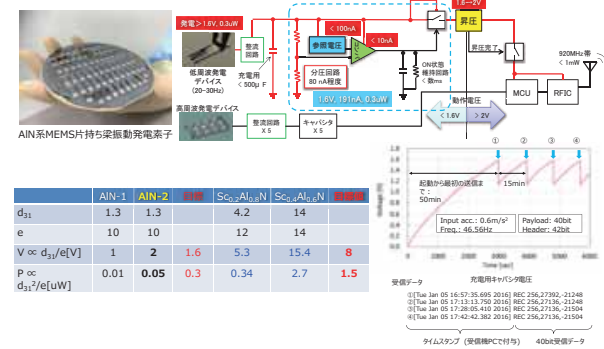
極めて微弱な振動から電力を得るために、半導体MEMSと新圧電材料を組み合わせ高効率振動発電デバイスを開発しています。同時に、高効率整流回路、数百nWオーダーの電源制御回路、920MHz帯無線技術の開発も併せて行っております。



ポンプ監視の自動化システム

連携可能な技術・知財

- ・ MEMS圧電振動発電デバイスの試作・評価
- ・ 圧電振動発電用高効率整流回路
- ・ 超低消費電力アナログ回路技術



自立電源無線振動センサ端末

- 関連技術分野：エネルギーハーベスティング
- 連携先業種：製造業、電気・ガス・水道業

武井 亮平 / 小林 健 / 岡田 浩尚
 集積マイクロシステム研究センター
 連絡先：rpd-element-mi@aist.go.jp
 研究拠点：つくば



外付け部品無しで高効率に電圧を変換

0.1 Vで動くエネルギーハーベスティング向け電源回路

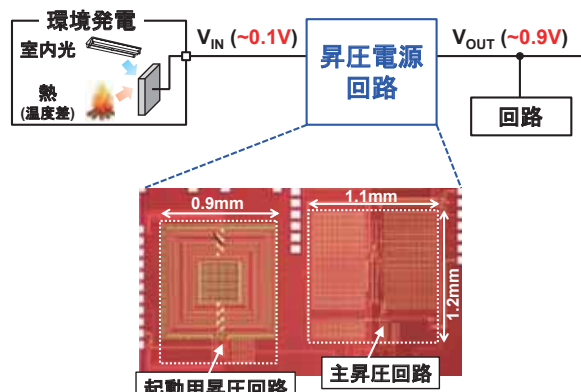
- 0.1 Vの入力電圧を最大0.9 Vまで昇圧、変換効率を従来技術に比べ10倍以上改善
- インダクタやトランスなどの外付け部品が不要
- 温度差発電など出力電圧の低い環境発電素子向けの電源回路として好適

研究のねらい

IoT向けデバイスでは、環境エネルギーから電力を取り出し（エネルギーハーベスティング）、その電力で必要な回路を動作させる試みがなされています。温度差発電など出力される電圧が非常に小さい(0.1 V程度)場合は、その低い出力電圧を回路動作可能な電圧(0.9 V程度)まで昇圧する電源回路が必要となります。しかし従来の電源回路では、インダクタやトランスなどの外付け部品が必要であったり、またそれが不要のものは変換効率が悪いという問題がありました。そこで我々は、外付け部品が不要で変換効率の良い電源回路を開発しました。

研究内容

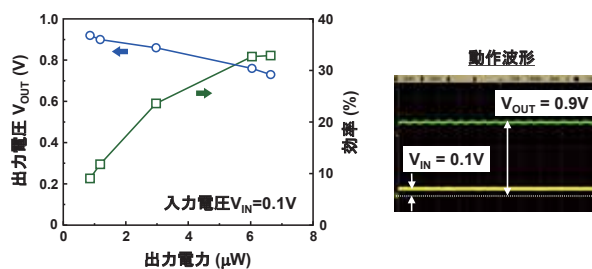
提案する電源回路は、低入力電圧で動作するが効率の悪い「起動用昇圧回路」と、効率は良いが最低動作入力電圧の高い「主昇圧回路」で構成されます。この二つの昇圧回路を切り替えて動作させることで、低入力電圧かつ高効率な昇圧回路を実現しました。65 nmプロセスで試作した本電源回路について評価を行った結果、0.1 Vの入力電圧を最大0.9 Vまで昇圧でき、最高変換効率は33%になることを確認しました。これは、従来からある同種の昇圧電源回路に比べて、10倍以上の効率改善に相当します。



提案の電源回路を実装した試作チップの写真

連携可能な技術・知財

- ・ CMOS集積回路設計技術
- ・ 特許出願中「昇圧電源回路技術」



電源回路の性能と動作波形

- 関連技術分野：エネルギーハーベスティング、ナノエレクトロニクス、集積回路
- 連携先業種：製造業（電気機器）、情報・通信業

更田 裕司／大内 真一／松川 貴
 ナノエレクトロニクス研究部門
 連絡先：rpd-eleman-ml@aist.go.jp
 研究拠点：つくば



しきい値制御と低電圧動作で燃費を一行改善

低消費電力FPGA 技術と評価環境—応用に向けた実装技術

- しきい値を細かくプログラム可能かつ超低電圧動作可能なFPGAを開発
- 総エネルギーを1桁削減するFPGAチップの実装
- 様々なIoT機器向けの回路を実装するソフトウェア・評価ボードを整備

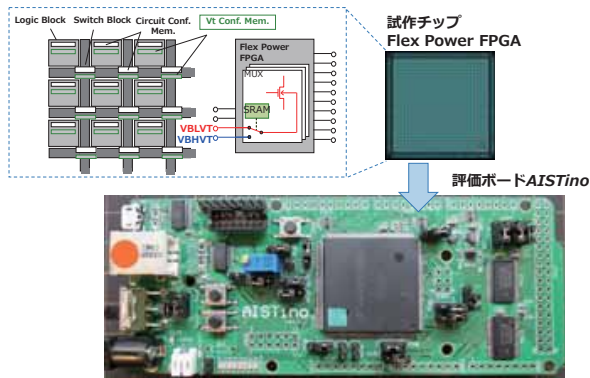
研究のねらい

近年、データセンターからIoT機器まで様々な演算を高速化・省電力化する用途に、回路機能をプログラム可能なFPGAの利用が拡大しています。このFPGAでは、特に静的消費電力の削減が大きな課題となっています。そこで我々は、しきい値電圧を細粒度でプログラム可能とすることで、静的消費電力の大幅な削減を可能とする技術を考案し、これを実現するFlex Power FPGAの試作やCADソフトウェアの研究開発を進めてきました。この革新的デバイス技術によるFPGAの更なる発展を目指し、応用回路の実装など実用化の活動を行っています。

研究内容

静的消費電力を削減する技術を実現するためには、しきい値電圧制御性の高いトランジスタが必要となります。LEAPプロジェクトで開発されたSOTBTトランジスタはこの点で理想であり、これを用いたFlex Power FPGAチップを試作し、静的消費電力を1/51へ削減できることを実証しました。また、電圧動作を0.4Vとすることにより、単位処理あたりのエネルギーを従来のFPGAと比べて1/13に削減できることを示しました。

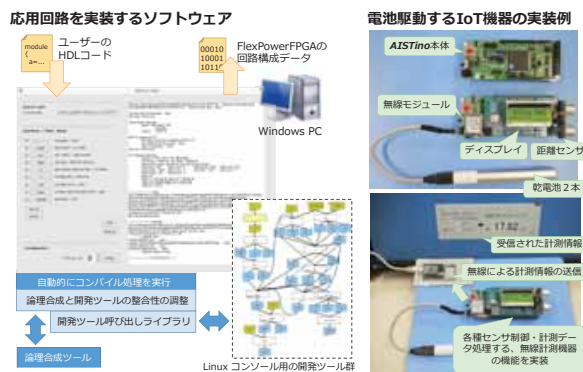
このデバイス技術の実用化に向けて、チップを搭載した評価ボードやFPGAへ応用回路を実装するソフトウェアの開発を進めています。



試作チップFlex Power FPGAと評価ボード

連携可能な技術・知財

- ・ しきい値電圧をプログラム可能なFPGA技術
- ・ 試作チップの性能・機能の評価できる環境一式 (試作チップ、評価ボード、ソフトウェア)
- ・ リファレンスデザインとして使える、FPGAチップ設計フロー式と、設計されたチップと連携して動作するFPGA用CADツールチェーン式
- ・ 本研究の一部は、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の「低炭素社会を実現する超低電圧デバイス技術プロジェクト」において、委託先である超低電圧デバイス技術研究組合 (LEAP) と共同実施されました。



CADツールチェーンとソフトウェア、実装例

- 関連技術分野：デバイス設計、ロジックデバイス、FPGA、回路合成技術
- 連携先業種：製造業(精密機器)、情報・通信業、製造業

片下 敏宏 / 小池 帆平 / 日置 雅和 / 堀 洋平 / 小笠原 泰弘
 ナノエレクトロニクス研究部門
 連絡先：rpd-element-mi@aist.go.jp
 研究拠点：つくば



新材料パワー半導体ツールボックスの提供

高効率電力利用の切り札 次世代パワーエレクトロニクス

- シリコン (Si) に代わるワイドギャップ半導体 (SiC、GaN、C) ウェハ/パワー素子
- 半導体材料から素子開発、応用機器までの一貫研究体制での研究開発
- 高効率の電力利用を可能とする電力変換器 (インバータ、電力系統制御等)

研究のねらい

エネルギー利用の高度化・高効率化を目指して、風力や太陽光などの再生可能エネルギー、スマートグリッド等の高度な電力制御の実現に大きな期待が寄せられています。これらの実現には、パワーエレクトロニクス技術 (電圧、電流、周波数等を使い易いものに変換する技術) の高機能化と大量導入が必要になります。こうした背景から、現在のシリコン半導体に立脚するパワーエレクトロニクスの性能限界を突破するワイドバンドギャップ半導体 (SiC、GaN、ダイヤモンド) を用いた次世代パワーエレクトロニクスの実用化に取り組んでいます。

研究内容

Si半導体に立脚する現在のパワーエレクトロニクスの限界を突破するために、SiCやGaN、ダイヤモンドといったワイドギャップ半導体による高機能パワーエレクトロニクス技術の確立に向けた研究開発を実施しています。

我々は、これら半導体材料の結晶・ウェハ技術から、パワー素子開発、パワーモジュール/電力変換器設計・試作技術に至るまでの幅広い技術領域を一貫研究体制でカバーしています。そして、産業界とも積極的に連携を図りながら研究開発を行い、早期実用化の観点から、それらの積極的な技術移転に努めています。

連携可能な技術・知財

- ・世界最大級のSiC素子の試作量産ラインを活用したパワー素子/プロセス開発
- ・素子提供を通じた素子利用技術の研究促進
- ・ウェハや素子の検査・評価設備を用いた研究開発
- ・本研究の一部は、経済産業省 (NEDOを含む)、文部科学省 (JSTを含む)、内閣府等の支援を受けて実施されました。



- 関連技術分野：パワーエレクトロニクス、パワー半導体、エネルギーマネジメント、省エネルギー
- 連携先業種：製造業 (電気機器)、製造業 (非鉄金属)、製造業 (化学)、製造業 (機械)、電気・ガス・水道業

奥村 元/山口 浩
 先進パワーエレクトロニクス研究センター/ TIA 推進センター
 連絡先: eneenv-ic-ml@aist.go.jp
 研究拠点: つくば、関西



大面積で薄いシート状のセンサデバイス

大面積プリントド圧カセンサによる褥瘡防止システム

- 印刷手法を用いてプラスチック基板上に圧カセンサを作製
- 大面積で薄い形状を活用したアンビエントセンシングを実現
- ベッドセンサとして医療・看護現場の負担軽減を目指す

研究のねらい

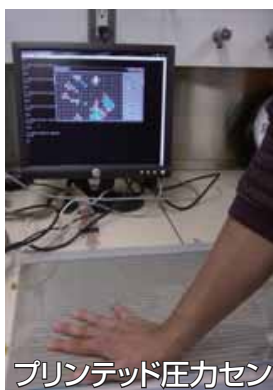
医療現場では、高齢化社会の進行に伴って高齢患者の増加による看護職員への負担が増大しており、センサデバイスのような支援機器の活用によって医療費の増加を抑制しつつ看護業務の効率化を図ることが切望されています。本研究では低コストなプロセスである印刷手法によって大面積で薄いシート状のセンサデバイスを作製し、医工連携の下、ベッドセンサとして病床の見守りシステムや褥瘡防止システムへの応用を目指しています。

研究内容

PET基板上にスクリーン印刷法で各種材料を塗布し、厚み120 μ mと非常に薄いシート状の静電容量型-圧カセンサアレイを作製しました。また、小サイズのセンサシートをタイリング技術によって繋ぎ合わせることで大面積化を実現しています。このしなやかで大きい圧カセンサシートをベッドセンサとして利用し体圧や体動をモニタすることで、病床の見守りや褥瘡の防止を可能とする医療・看護システムへの応用を目指し、現在、医工連携を進めています。

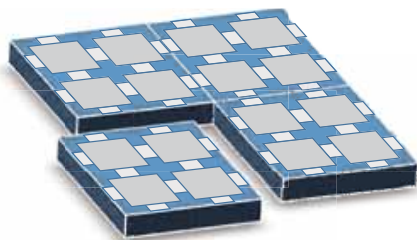
連携可能な技術・知財

- ・印刷手法によるデバイス作製技術
- ・PET基材のタイリング技術
- ・広い感度レンジを持つ圧カセンサ素子構造



プリントド圧カセンサ

印刷法で作製した圧カセンサシート



タイリングによるセンサの大面積化



大面積ベッドセンサ

ベッドセンサとして応用した大面積圧カセンサシート

- 関連技術分野：プリントドエレクトロニクス、センサ、医療デバイス、ヘルスケア
- 連携先業種：製造業（電気機器）、製造業（精密機器）、医療・福祉業

吉田 学／植村 聖／延島 大樹
 フレキシブルエレクトロニクス研究センター
 連絡先：rpd-element-m1@aist.go.jp
 研究拠点：つくば



柔軟なフィルム上に伸縮可能な配線を形成

ストレッチャブル配線を用いた靴中敷センサシステム

- 導電性繊維を用いて高伸縮性・高耐久性を持つ導電配線を開発
- 繰り返し伸ばしても折り曲げても安定な電気特性を持続
- フィット感の良いウェアラブルデバイスや医療・ヘルスケアデバイスへの応用

研究のねらい

近年、人体に装着可能なウェアラブルデバイスが注目を集め、特に医療・ヘルスケア分野での活用が期待されています。ウェアラブルデバイスは人体表面などの曲面にフィットさせて用いるため、高い伸縮性と共に、伸縮・屈曲の繰り返しに対する高い耐久性が必要です。このため、我々は快適で信頼性の高いウェアラブルデバイスを実現するために、高伸縮性・高耐久性を持つストレッチャブル導電配線やそれを用いたセンサシートの開発を行っています。

研究内容

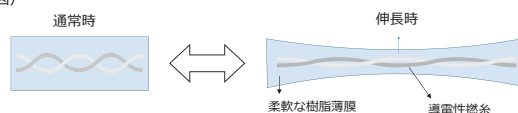
高伸縮性樹脂フィルム上に導電性繊維をバネ状に形成し、高伸縮性の導電配線を開発しました。この導電配線は3倍以上（伸長率200%以上に相当）伸長しても、20万回以上折り曲げても（曲げ半径0.1 mm以下）その抵抗値変化は1.2倍程度に収まり、安定な電気特性を示します。本技術は様々なウェアラブルデバイスや医療・ヘルスケアデバイスへの応用を目指しています。その一例として、伸縮性配線を用いた靴中敷型の圧力センサシートを開発しました。強い衝撃や変形にも耐えられるセンサデバイスとして運動計測用途での活用を可能としています。

連携可能な技術・知財

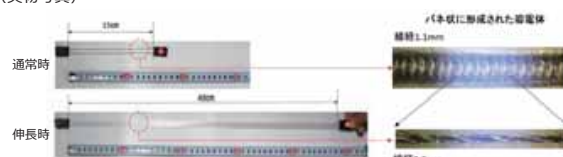
- ・ 高伸縮性バネ状配線製造技術
- ・ 配線上へのデバイス実装、形成技術
- ・ 高伸縮性センサシート製造技術

伸縮性バネ状繊維配線

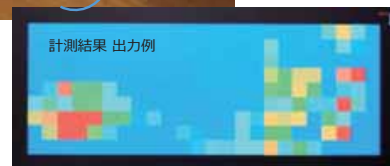
(模式図)



(実物写真)



バネ状に形成した導電性繊維から成るストレッチャブル導電配線



柔軟な靴中敷き型圧力センサシートを用いた運動計測システム

- 関連技術分野：フレキシブル・エレクトロニクス、センサ、医療デバイス、ヘルスケア
- 連携先業種：製造業（電気機器）、製造業（精密機器）、医療・福祉業

吉田 学／植村 聖／延島 大樹
 フレキシブルエレクトロニクス研究センター
 連絡先：rpd-eleman-ml@aist.go.jp
 研究拠点：つくば



モノの陰からさりげなく見守る人感センサ

フィルム近接センサによる離床/呼吸監視システム

- 薄く、軽く、しなやかで、誰にでも設置が容易な見守りセンサ
- 目にとまらない箇所(ベッド裏等)に設置、ユーザの肉体的・精神的負担を軽減
- 印刷技術を用い、安価に、大量に、大面積に製造可能

研究のねらい

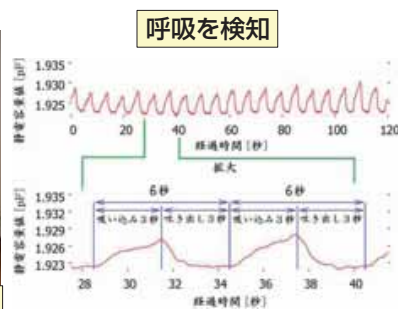
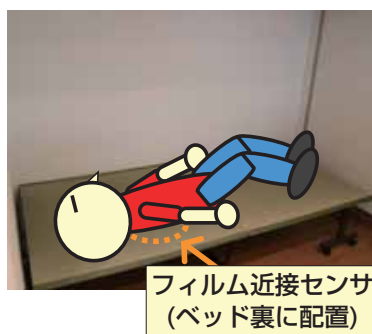
超高齢化社会を迎えた我が国において、介護・見守りを支援する技術の開発は喫緊の課題となっており、実際様々なシステムが検討・一部実用化されています。しかし、装置が視界に入ってしまう、装着式の場合は皮膚に接触して違和感を感じるなど、使用者に肉体的・精神的負担が掛かっているのが現状です。そこで我々は、壁や床、家具の裏側といった使用者の目に触れない箇所に配置されることで、日常生活の中で自然な形で使用でき、さらに安価に大量に製造できる生体情報モニタリング用センサおよびシステムの開発を進めています。

研究内容

電磁界シミュレーションを駆使して電極構造の最適化を進め、S/Nの高いセンサコンポーネントの設計を推進するとともに、産総研で開発したスクリーンオフセット印刷法を利用して、このセンサを安価に大量にかつ安定的に製造するプロセスの開発に取り組んでいます。また、こういったコンポーネントを「モノとして使える」状態にするために必要となるフレキシブル実装技術、さらには人の存在のみならず呼吸・心拍をも検出できる高機能システムの構築を目指し、材料、プロセス、システムといった幅広い視点から研究開発を進めています。

連携可能な技術・知財

- ・特開2016-019588 (2016/02/04)
- ・特開2015-168229 (2015/09/28)
- ・特開2015-078839 (2015/04/23)
- ・W02014/050560 (2014/04/03) 他
- ・Sci. Rep. 6 (2016) 19947.
- ・Microelectron. Eng. 123 (2014) 58.
- ・高品質な配線印刷技術(複雑形状面への形成含む)
- ・フレキシブル/ストレッチャブル素子の作製
- ・本研究開発は島根県産業技術センターと共同で実施されています。



作製したフィルム近接センサおよび就寝時呼吸監視への応用

- 関連技術分野：プリンテッドエレクトロニクス、フレキシブルエレクトロニクス、ヘルスケア、介護、デバイス
- 連携先業種：医療・福祉業、製造業(電気機器)、製造業(精密機器)

野村 健一／山本 典孝／牛島 洋史／鍛冶 良作
 フレキシブルエレクトロニクス研究センター／知能システム研究部門
 連絡先：rpd-eleman-ml@aist.go.jp
 研究拠点：つくば



絆創膏サイズのフレキシブル電流センサ

消費電力量の見える化を実現するフィルム型電流センサ

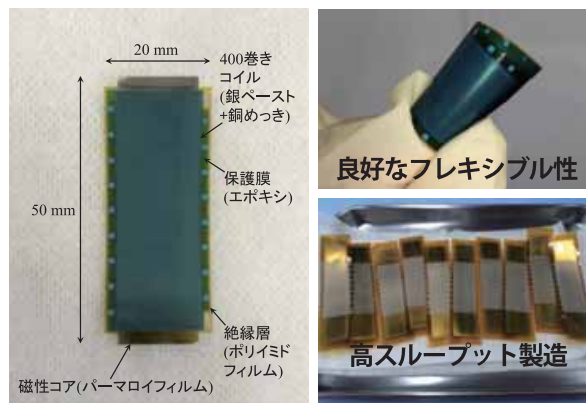
- 大きさ20 mm×50 mm、厚み100 μmのフレキシブル電流センサ
- 安価なフィルム・ペースト材料のみの構成で高スループット製造を実現
- 無線モジュールと組み合わせることでセンサネットワークの構築が可能

研究のねらい

世界規模での省エネルギーが必要となっている現在、電力使用量をモニタリングするための電力センサの需要が高まっていますが、そのサイズは最小のものでも2 cm角程度の立方形状であり、他の機器も混在しスペースの制約が多い条件下(配電盤内等)で全ての電線にセンサを敷設することは困難です。そこで、フィルム材料と導電性ペーストによる高いフレキシブル性を備えたフィルム型電流センサを開発しました。従来の電流センサと比較して大幅な小型化に成功し、電線への取り付け作業も容易です。

研究内容

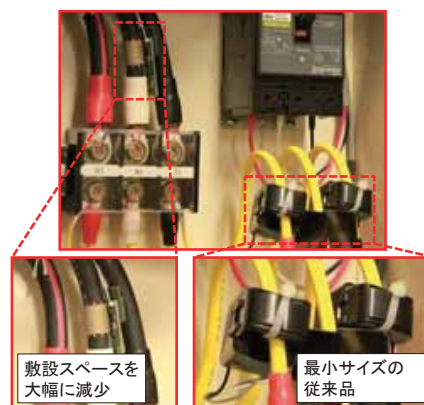
フィルム状の磁性コア基材に絶縁性フィルムを貼り合わせ、スクリーン印刷により導電性ペーストのコイル構造(400巻)を形成し、フィルム型の電流センサを実現しました。大きさは20 mm×50 mm×100 μmで、高いフレキシブル性により電線に巻きつけて使用することで敷設スペースを大幅に低減できます。フィルム基材とペースト材料のみの構成であるため低コスト製造が可能です。センサとしては、140 Aまでの被測定電流に対してリニアな出力応答を確認。現在無線モジュールを組み合わせたセンサネットワークシステムを開発中です。



開発したフィルム型電流センサ

連携可能な技術・知財

- ・無線モジュールと組み合わせたセンサネットワーク
- ・コイルに発生する二次電流を活用したエネルギーハーベスティング
- ・特開2016-048224(2016/04/07)
- ・Microsyst. Technol., 22(2016) 577
- ・本研究の一部は、NEDOの「グリーンセンサ・ネットワークシステム技術開発プロジェクト(平成23～26年度)」により行われました。



配電盤内の電線への敷設の様子

- 関連技術分野：センサ、印刷、加工技術
- 連携先業種：製造業(機械)、製造業(電気機器)、製造業(精密機器)、電気・ガス・水道業、情報・通信業

山下 崇博 / 森川 善富 / 張 毅
 集積マイクロシステム研究センター
 連絡先: rpd-eleman-ml@aist.go.jp
 研究拠点: つくば



身近な未利用熱を回収して省エネルギーに貢献

導電性高分子による熱電材料の開発

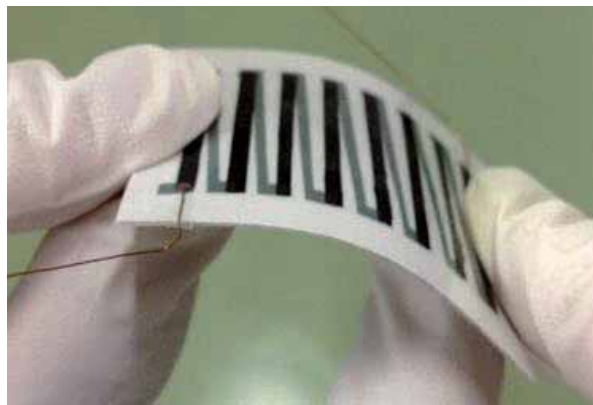
- 有機材料として室温で世界最高レベルの熱電変換性能を達成
- 本材料を用いた熱電モジュールでもLEDを点灯
- 排熱活用やエネルギーハーベスティングへの応用に期待

研究のねらい

クリーンなエネルギー源として、工場や住宅の排熱を有効利用することが期待されています。例えば熱電変換を利用して住宅の未利用熱からの電気を消費電力の小さい家庭用機器の電源として活用したり、人間の体温から作られる電気を携帯用のGPSや腕時計などの電源として活用することが考えられています。導電性高分子は希少元素や毒性元素を含まず、印刷により大面積な素子が形成可能でかつ柔軟性を持つため、従来までの“固い”無機系熱電材料に比べて次世代の熱電材料として非常に有望であると考えられます。

研究内容

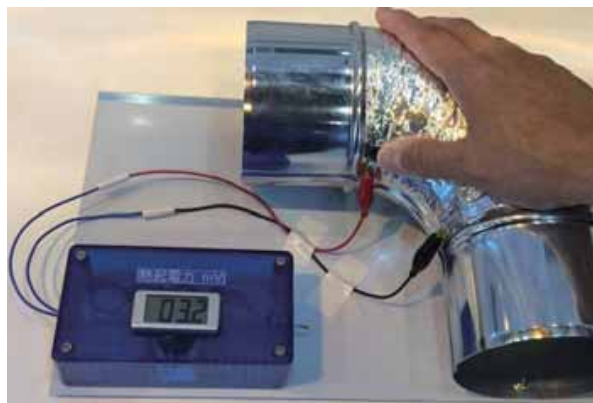
導電性高分子として Poly (3, 4-ethylenedioxythiophene): Poly (styrenesulfonate) (通称 PEDOT:PSS) を用いました(上図)。この薄膜で 870 S/cm の導電率、65 $\mu\text{V}/\text{K}$ のゼーベック係数が得られました。このような高い導電性が得られたのはエチレングリコールが蒸発する過程で溶媒に分散している PEDOT:PSS のナノ結晶粒子が、非常に高い秩序をもって配列されるためだと考えられます。また下図に示すような有機熱電モジュールを試作し LED の発光に成功しました。



導電性高分子 PEDOT:PSS による熱電素子

連携可能な技術・知財

- ・ Appl.Phys.Exp.7(2014) 031601.
- ・ RSC Adv. 4 (2014) 28802.
- ・ 熱電材料および熱電モジュール



薄層モジュールを用いた発電デモ機

- 関連技術分野：省エネルギー、熱電変換材料、エネルギー材料、ナノ材料
- 連携先業種：製造業(化学)、製造業(電気機器)

石田 敬雄 / 向田 雅一 / 桐原 和大 / 衛 慶碩
 ナノ材料研究部門
 連絡先：mc-liaison-ml@aist.go.jp
 研究拠点：つくば

産総研

印刷技術で製造可能な フレキシブルシート状熱電変換素子

未利用熱発電による高利便性自立分散電源の普及に向けて

- 多様な形状に柔軟に設置できるフレキシブルなシート状熱電変換素子を開発
- 材料のインク化で、印刷製造による低コスト、低環境負荷、大面積生産が容易
- BiやTe等の希少金属材料を使用しない、柔軟性、軽量性に優れた部素材

関連技術分野：熱電変換材料、エネルギーハーベスティング、未利用熱発電
連携先業種：製造業（化学）、製造業（電気機器）

研究のねらい

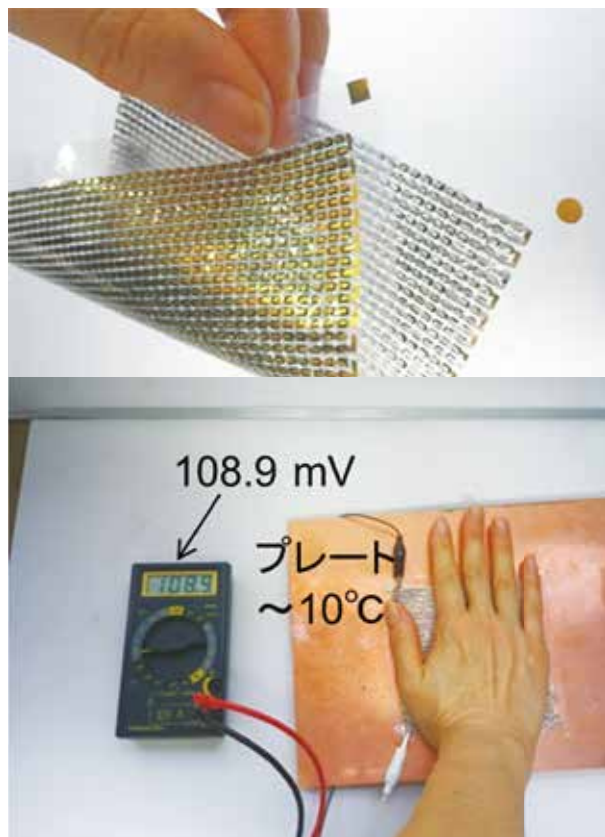
充電や電池交換を必要としない機器の自立分散電源として、排熱などの未利用熱エネルギーを電力に変換し利用するエネルギーハーベスティング向けに、使用利便性に優れた熱電変換素子が必要とされています。設置に対して排熱源の形状や面積に影響されず、資源的な希少性や製造コスト、製品価格に制約されない熱電変換素子を実現し、未利用熱発電を広く普及するため、柔軟性を有し、テルルなどの希少金属を使用せず、印刷技術で大面積製造が可能なフレキシブルシート状熱電変換素子の研究開発を推進しています。

研究内容

印刷法により形成が可能な熱電変換材料として、カーボンナノチューブ：高分子複合体材料が優れた性能を示すことを見出しました。複合体材料の印刷用インク作製プロセスと印刷形成プロセスを高度化することで、熱電変換性能が大きく向上しました。この材料を用いて印刷法によりフィルム基板上に「フレキシブル熱電変換素子」を形成し、室温～体温程度の温度差でも発電することを実証しています。

連携可能な技術・知財

- ・カーボンナノチューブ：高分子複合体インク形成技術
- ・フィルム基板上への、カーボンナノチューブ：高分子複合体熱電変換素子形成技術
- ・上記熱電変換素子の応用に関する技術



印刷法により形成したフレキシブル熱電変換素子と（上）体温による電圧発生の様子（下）

- 研究担当：末森 浩司
- 所 属：フレキシブルエレクトロニクス研究センター
- 連絡先：rpd-eleman-ml@aist.go.jp

●研究拠点
つくば

高性能有機トランジスタを実現する 高品位有機半導体層の印刷技術

有機半導体の性能を最大限に引き出す新しい印刷原理

- 薄膜結晶性の向上によるトランジスタ素子の大幅な高性能化に成功
- きわめて高い材料利用効率を実現
- プリントドエレクトロニクスの開発を加速

関連技術分野：省エネルギー、半導体、印刷
連携先業種：製造業（電気機器）、製造業（化学）

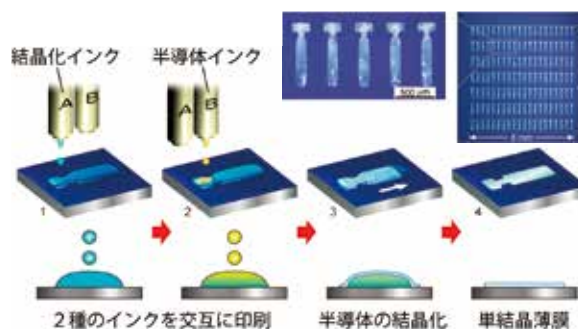
研究のねらい

印刷によって半導体層や金属配線を塗布形成し、電子デバイスを製造するプリントドエレクトロニクス技術は、軽い・薄い・落としても壊れないフレキシブルデバイスを省資源・省エネルギーで製造する技術として期待されています。我々は、フレキシブルデバイスを実現するうえで要となる電子材料として注目されている有機半導体を対象に、デバイスの高性能化に不可欠な高品位の結晶性半導体薄膜を材料の無駄なく形成する新しい印刷塗布技術の開発を進めてきました。

研究内容

有機半導体を溶解させたインクと有機半導体の結晶化を促すインクを微小な液滴として交互に印刷することで低分子有機半導体の単結晶薄膜を作製するダブルショットインクジェット印刷法と、ポリマー半導体の溶液を3層構造スタンプで圧着することで高撥水性表面上に材料ロスなく高均質製膜が可能なプッシュコート法を開発しました。これらの方法により半導体の薄膜結晶性を大幅に改善し、トランジスタの性能を飛躍的に向上させることに成功しました。

ダブルショットインクジェット印刷法

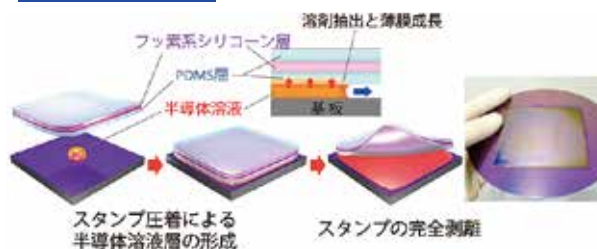


ダブルショットインクジェット印刷法のプロセス模式図と有機半導体単結晶薄膜

連携可能な技術・知財

- ・ Nature 475, 364 (2011)
- ・ Nature Communications, vol. 3, 1176 (2012)
- ・ 特許第5569846号 (2014/07/04)
- ・ 特許第5686403号 (2015/01/30)
- ・ 特開2012-209370 (2012/10/25)
- ・ 本研究の一部は、NEDO産業技術研究助成事業（平成20～24年度）およびJST S-イノベ（平成21～30年度）の支援により行われたものです。

プッシュコート法



プッシュコート法の製膜プロセス（左）と作製したポリマー半導体薄膜（右）

■ 研究担当：峯廻 洋美／堤 潤也／山田 寿一／長谷川 達生
■ 所属：フレキシブルエレクトロニクス研究センター
■ 連絡先：rpd-eleman-ml@aist.go.jp

● 研究拠点
つくば

衣類のように柔らかくて丈夫な トランジスタ

衣類のような感触で、衣類のように扱うことができるデバイス

- 単層カーボンナノチューブ、ゴム、ゲルのみでトランジスタ開発
- 全ての部材が一体化して変形するため、伸ばしても踏んでも壊れない
- 医療用センシングシステムや介護ロボット皮膚への応用に期待

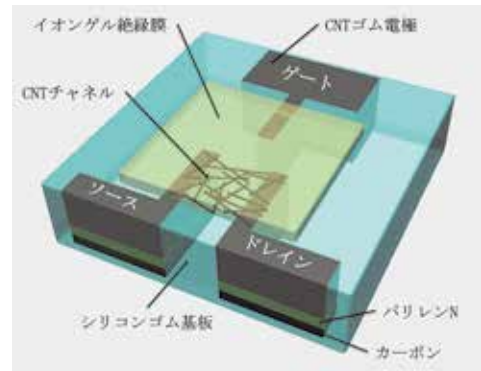
関連技術分野：カーボン材料、ナノ材料、デバイス、ウェアラブル
連携先業種：製造業（電気製品／電子部品・デバイス／ゴム製品）

研究のねらい

安心・安全・快適なスマートコミュニティ実現のため、アンビエント・ウェアラブルなデバイス実現への関心が高まっています。このため身に付けたときに違和感がなく、日常環境で衣類が晒される負荷を加えても壊れないデバイスが必要です。しかしながら従来デバイスは、金属や合金等固い材料を含むため、人体のような複雑な形状に合わせて変形することは困難でした。そこでCNT、ゴム、ゲルという柔らかい材料のみでトランジスタを開発することで、衣類のような感覚で身に付けることができるトランジスタの実現を目指しました。

研究内容

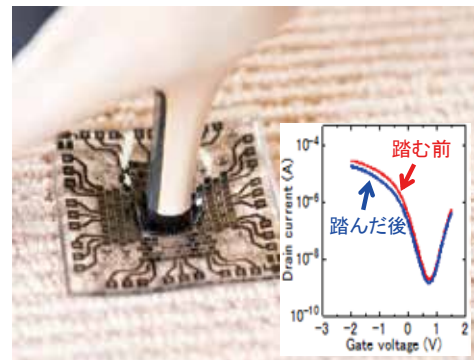
電極に導電性CNTゴム複合材料、チャンネルに半導体CNT、絶縁層にイオンゲル、基板にシリコンゴムを用いたサイドゲート型トランジスタを開発しました。トランジスタ性能は、オンオフ比が約 10^4 、オン電流が-50 mAであり、従来のフレキシブルトランジスタと同等の値を達成しました。またハイヒールで踏むなど強い圧力を加えてもトランジスタ性能はほとんど変化しませんでした。今後は、人体のような複雑な形状と動きに合わせて自在に変形できる特徴を生かした、医療用ヒューマンモニタリングシステムへの応用が期待されます。



CNT、ゴム、ゲルのトランジスタ

連携可能な技術・知財

- ・導電性CNTゴム複合材料の微細加工技術
- ・CNT、ゴム、ゲルトランジスタのアッセンブルプロセス技術
- ・本研究の一部は、CRESTの「プロセスインテグレーションによる機能発現ナノシステムの創製」（平成20～25年度）により行われたものです。



ハイヒールで踏んでも壊れないトランジスタ

- 研究担当：山田 健郎／関口 貴子／畠 賢治
- 所 属：ナノチューブ実用化研究センター
- 連絡先：mc-liaison-ml@aist.go.jp

●研究拠点
つくば

電気を通す透明ラップフィルムを開発

生鮮食品の包装がセンサーに

- 極細金属ワイヤを二枚の柔軟なフィルムの中に波状に配置する技術を開発
- 高伸縮性・透明性・電気的安定性・強靱性を同時に実現
- 曲面上へのセンサーの実装を可能にし、自由形状センサーの普及に貢献

発表・掲載日：2016/01/21

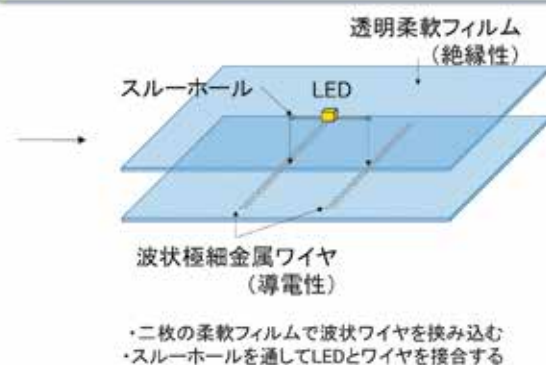
研究概要

国立研究開発法人 産業技術総合研究所【理事長 中鉢 良治】（以下「産総研」という）フレキシブルエレクトロニクス研究センター【研究センター長 鎌田 俊英】印刷デバイスチーム 吉田 学 研究チーム長、植村 聖 主任研究員、延島 大樹 産総研特別研究員は、トクセン工業株式会社【代表取締役社長 金井 宏彰】（以下「トクセン工業」という）と共同で、電気を通す透明ラップフィルムを開発した。

産総研は、トクセン工業が開発した世界最小レベルの線径で、強度に優れ、弾性の高い極細金属ワイヤを二枚の柔軟なフィルムの中に波状に形成するプロセスを開発した。このプロセスにより高伸縮性・透明性・電気的安定性・強靱性を同時に満たす導電性ラップフィルムを作製できる。この透明ラップフィルムは、生鮮食品用のセンサー機能付きの包装フィルムや、あらゆる曲面上へのセンサーへの実装などに应用でき、自由形状センサー普及への貢献が期待される。

生鮮食品包装フィルムの条件

- ・食品に影響を与えない柔軟性
- ・形状変形に対する耐久性
- ・食品の観察を阻害しないための高い透明性



- ・二枚の柔軟フィルムで波状ワイヤを挟み込む
- ・スルーホールを通してLEDとワイヤを接合する

現行の食品用ラップフィルムと同等の透明性と柔軟性をもつ導電性フィルムを実現

開発した導電性透明ラップフィルムにLEDを接続し、苺の包装フィルムとして用いた例

- 研究担当：吉田 学 / 植村 聖
- 所 属：フレキシブルエレクトロニクス研究センター
- 連絡先：rpd-eleman-ml@aist.go.jp

●研究拠点
つくば

高導電率と高耐久性を両立

カーボンナノチューブを用いた透明導電膜

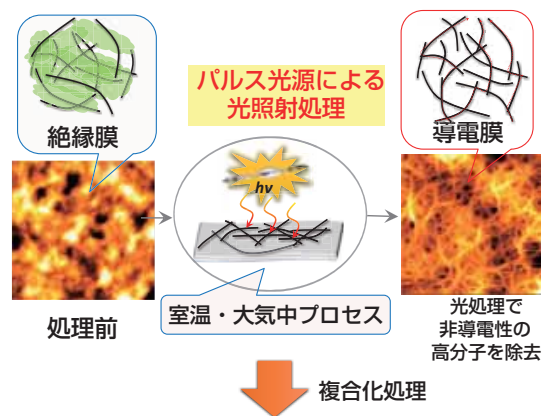
- ITOに代わる高透過率、高導電性の透明導電フィルム
- これまで課題であった導電性の長期安定性を大気環境下で実現
- 多様な基板に適用できる簡易な製膜技術を開発

研究のねらい

現在透明電極の材料として主に使用されている酸化インジウムスズ (ITO) 膜は、希少金属であるインジウムを用いており、資源の枯渇や国際情勢に依存した供給の不安定性が懸念されています。また、ITO膜はもろく、曲げに弱いため、曲げたり折りたたんだりしても使用できる次世代のフレキシブルな電子デバイスの開発には利用しにくいという問題点があります。本研究では、カーボンナノチューブ (CNT) を分散させたインクを用いて塗布製膜することで、高い透過率と導電性を持つ透明導電フィルムを開発しました。

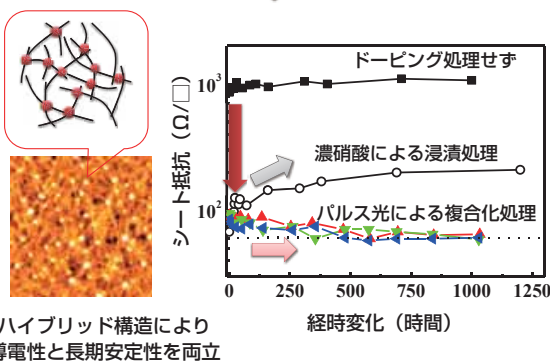
研究内容

高粘度のCNTインクを開発し、基板上に直接塗布することで透明導電フィルムの作製を行いました。インクに含まれるバインダーポリマーは、溶液または光焼成処理を行うことで、CNTの凝集や膜の崩壊を起こさず除去することができました。さらに、無機ナノ粒子とのハイブリッド構造とすることで、これまでCNT導電膜の課題とされてきた、大気保管中のシート抵抗値の長期安定性も実現しました。基材の透過率の85%の透過率を保持しながら、シート抵抗は $60 \Omega/\square$ であり、CNT透明導電膜として実用化に十分な高い透明性と導電性を示します。



連携可能な技術・知財

- ・フレキシブル透明導電膜
- ・ペロブスカイト型太陽電池
- ・特願2012-168951(2012/07/30)
- ・特願2014-212191(2014/10/17)
- ・RSC Advance, 6, 25062 (2016)
- ・Carbon, 87, 61 (2015)



カーボンナノチューブ透明導電膜

- 関連技術分野：カーボン材料、ナノエレクトロニクス、太陽光発電
- 連携先業種：製造業(電気機器)、製造業(化学)

周 英 / 阿澄 玲子
電子光技術研究部門
連絡先：rpd-eleman-ml@aist.go.jp
研究拠点：つくば



カーボンナノチューブの光学機器への応用

3次元物体表面へのカーボンナノチューブ直接成長法

- 大気中での簡単な表面処理により、CNT成長に必要な触媒の保護層を成膜
- 複雑形状かつ大型の3次元物体の表面に、多層CNTを成長させることが可能
- 次世代光学機器に使用する遮光材の開発や放射温度計測の高度化への貢献

研究のねらい

従来、金属・炭素材料からなる3次元形状の物体表面にCNTを緻密に成長させることは困難でした。本技術では表面前処理を改良することで、円筒や球体空洞の内面にCNTを成長させることが可能になりました。本技術により、次世代のカメラ・望遠鏡内部に使われる遮光材開発や、光学機器の校正光源に使われる黒体炉の高度化に寄与することが期待されます。また、この方法は、多層CNTと単層CNTどちらを成長させるためにも必要な金属触媒の担持層を簡便で低コストな粒子プラスト法で成膜しており、CNTの新しい成長法として幅広い応用が期待されます。

研究内容

CNTを化学気相蒸着法により成長させる際に必要な触媒金属の保護層(担持層)を単純な表面処理手法である粒子プラストを用いて成膜しました。

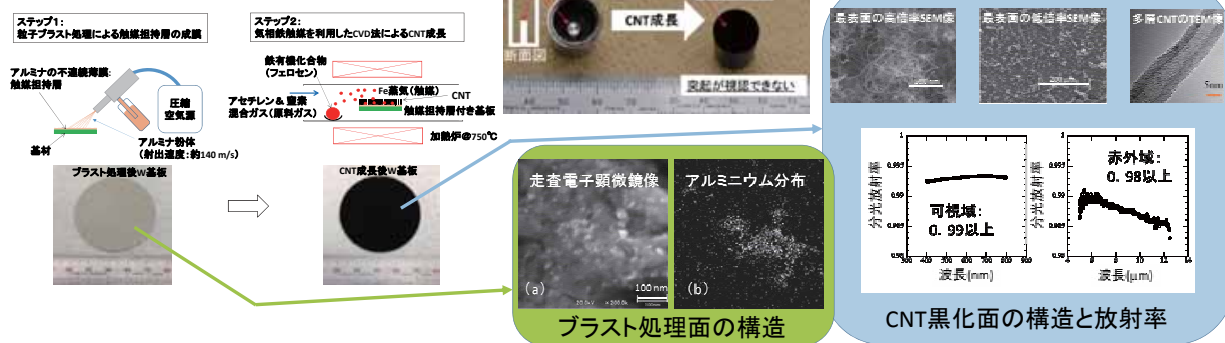
Wを含む18種類の金属・炭素材料基板に対してアルミナ粒子を用いた粒子プラスト処理を施した後、鉄蒸気を触媒としてアセチレンを炭素源に利用したCVD法により全ての基板表面に多層CNT膜を緻密に成長させることに成功しました。

本方法では、担持層と触媒層のどちらも3次元物体への成膜が容易であるため、3次元物体表面へCNTを直接成長させることが可能となります。

連携可能な技術・知財

- ・特許第5633071号(2014/10/24)
- ・特願PCT/JP2015/066116

CNT成長プロセスの概要



CNT成長プロセスの概略図と3次元物体への成膜例

- 関連技術分野: 遮光材、計測技術、コーティング、ナノ材料、カーボン材料
- 連携先業種: 製造業(精密機器)、製造業(化学)、製造業(金属製品)、製造業(電気機器)

渡辺 博道
物質計測標準研究部門
連絡先: nmij-liaison-m@aist.go.jp
研究拠点: つくば



厚さ1 nmの炭素薄膜が未来に輝きを放つ!

グラフェンを透明電極に用いた有機EL素子の開発

- プラズマ処理技術によるグラフェンの大面積かつ高速合成技術を確立
- グラフェンを透明電極に用いたフレキシブル有機EL素子を開発
- 昇温スピードの速い超薄型薄膜ヒーターを開発

研究のねらい

タッチパネルや液晶ディスプレイには酸化インジウムスズ (ITO) が透明導電膜材料として使用されています。ITOには曲げや折れに弱いなどの課題があります。一方グラフェンは炭素のみで構成され、透明導電膜として幅広い工業的利用が期待される先端ナノ材料です。グラフェンはグラファイトのハニカム格子1枚の炭素膜として定義され、電気伝導性以外にも熱伝導性、ガスバリア性、屈曲性などにおいて「グラファイトを超えるグラファイト」と言える優れた特性を有し、これらの特性を利用した応用開発を目指しています。

研究内容

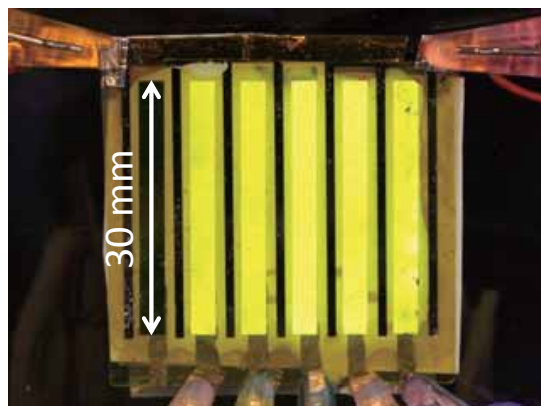
プラズマを用いた大面積グラフェンのCVD合成技術 (A4サイズ) を開発しました。本手法は他の手法と比較して高速な合成法であり工業生産手法として有利です。さらにロールツーロール合成のデモンストレーションに成功するとともに、転写・ドーピングなど高品質グラフェン原子層フィルム作製技術を開発し、静電容量型タッチパネルや昇温スピードが速い超薄型グラフェンヒーターを試作しました。これらの要素技術をさらに発展させ、フレキシブル性を兼ね備えたグラフェンを用いた有機EL素子を開発しました。



昇温スピードが速い超薄型グラフェンヒーター (A4サイズ)

連携可能な技術・知財

- ・フィルムヒーター、熱伝導材料などのフレキシブルデバイス
- ・タッチパネル用、有機EL素子用、太陽電池用等透明電極
- ・特開2014-146478 (2014/08/14)
- ・本研究の一部は、NEDO「希少金属代替材料開発プロジェクト」「グラフェン基盤研究開発」「ナノ炭素材料の革新的薄膜形成技術開発」、科研費 新学術領域研究「原子層科学」により行われたものです。



グラフェンを透明電極に用いた有機EL素子

- 関連技術分野：カーボン材料、ナノ材料、原子層薄膜
- 連携先業種：製造業 (電気機器)、製造業 (精密機器)、製造業 (化学)

長谷川 雅考 / 水谷 亘 / 石原 正統 / 山田 貴壽 / 沖川 侑揮
ナノ材料研究部門
連絡先: mc-liaison-ml@aist.go.jp
研究拠点: つくば



カーボンナノチューブ 近赤外蛍光プローブ

超1000 nm域の近赤外イメージング用蛍光プローブ

- 生体透過性の良い近赤外領域で励起および高輝度発光（約900–1900 nm）
- 励起波長と発光波長の差が大きい（約300 nm以上）
- 光耐久性が非常に高い

関連技術分野：カーボン材料、診断機器
 連携先業種：製造業（化学）、製造業（精密機器）

研究のねらい

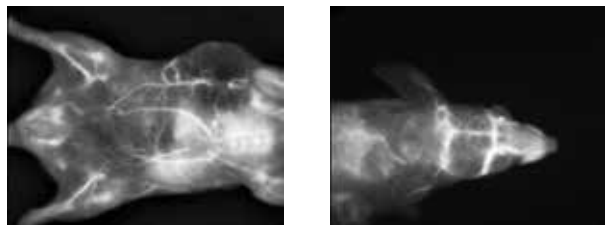
CNTは、高強度、高い熱伝導性、軽量、高電子移動度などの優れた特性に加え、近赤外領域に発光するという非常にユニークな性質があります。特に、一般的な色素分子や量子ドットに比べ10倍以上の光学的耐久性があること、大きな表面積をもち外壁を化学修飾可能であること、励起光と検出光の波長差が大きいことなど、既存物質にはない利点を有しています。そこで、生体透過性の高い超1000 nm域の近赤外イメージングや、ウイルス検出などのバイオセンサーへの利用をめざしたCNT近赤外蛍光プローブの開発を行っています。

研究内容

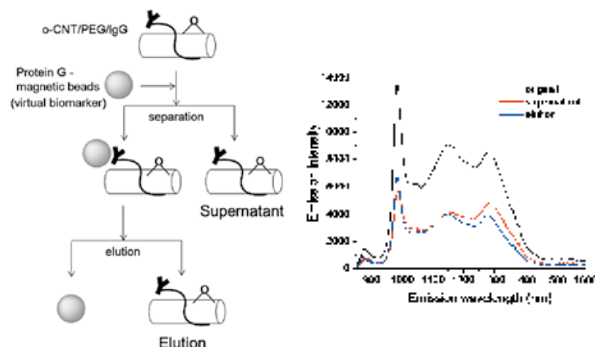
CNTを適度に酸化することによって発光効率を10倍以上向上できることが知られています。最近、酸化CNTを簡単に数10~100ミリグラム量作製可能な新規合成法を開発しました。本手法を用いてカイラル指数(6,5)のCNTを酸化した場合、最も生体透過性の良い1300 nm付近で発光するため、生体中の蛍光プローブとしては最適であることがわかりました。この酸化CNTをポリエチレングリコールで水溶化し、近赤外イメージングプローブとして用いたところ、従来品よりも低濃度で鮮明なマウスの血管造影画像の撮影に成功しました。また、抗体分子であるイムノグロブリンGを化学結合させ、Gタンパクとの免疫沈降反応を行ったところ、未酸化CNTと同様に非常に効率よく反応することが確認できました。

連携可能な技術・知財

- ・特願2015-011852「近赤外発光する半導体単層カーボンナノチューブ」
- ・CNT近赤外蛍光標識
- ・本研究の一部は、(株)島津製作所との共同研究です。
- ・本研究の一部は、科学研究費助成事業・挑戦的萌芽研究「酸化カーボンナノチューブ近赤外蛍光プローブ」の支援の下行われました。



酸化CNTをイメージングプローブとして用いたマウスの血管造影画像
 ((株)島津製作所との共同研究)



酸化CNT (o-CNT) を用いた免疫沈降反応のフローチャートと各溶液から得られたCNT近赤外発光スペクトル

■研究担当：岡崎 俊也／張 民芳／湯田坂 雅子
 ■所 属：ナノチューブ実用化研究センター／ナノ材料研究部門
 ■連絡先：mc-liaison-ml@aist.go.jp

●研究拠点
つくば

有機ナノチューブを用いた ナノカプセル材料

高付加価値な機能性化学品分野への用途展開を目指したナノカプセル

- 物質の分散、貯蔵、安定化、再生、変換を可能にするナノ空間材料
- ニーズに即した特性をもつ有機ナノチューブ群の提供・連携が可能
- 薬物ナノカプセル、酵素リアクター、酸化触媒、吸着剤等への応用

関連技術分野：環境負荷低減、医療デバイス、塗料、機能性材料
連携先業種：製造業（化学）、製造業（医薬品）

研究のねらい

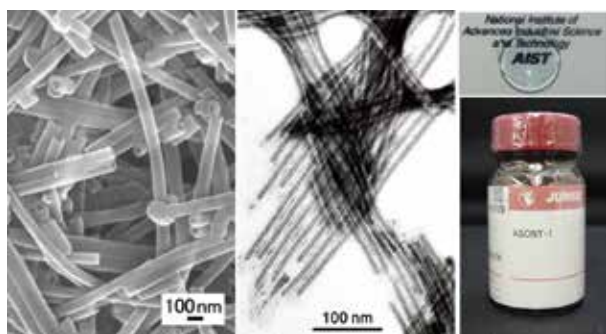
両親媒性分子の自己集合によって形成される有機ナノチューブは、様々な物質を取り込み、保存し、必要に応じて放出するナノカプセル材料の一つです。低エネルギーで製造できて、環境や生体にも優しいという特性を持ちます。これは溶液からの再沈殿や分散液の加熱・冷却、中和といった方法で製造可能で、また必要に応じて元の分子まで戻すこともできるからです。我々は独自の製造技術やテーラーメイド化技術をコアに、同材料を含めたナノカプセル材料の様々な分野での実用化を通してグリーン・テクノロジー、ライフ・テクノロジー両方に貢献することを目指しています。

研究内容

有機ナノチューブに代表されるナノカプセル材料の開発を行っています。基盤技術として多種多様なナノチューブ材料群の創製とともに、ナノ空間の特性の解明、内外表面の修飾、サイズ制御、物質のカプセル化や外部刺激による放出等の機能化を試みています。また用途開発としてチューブナノ空間でのタンパク質の再生・保護、表面修飾による薬剤徐放、高分子等との複合化による機能性部材（例えば機能性コンタクトレンズなど）の実現を目指しています。さらに実用化を加速するため大量製造や低コスト化技術、様々なニーズに応じた各種有機ナノチューブの開発や試料提供、企業連携による用途開発も行っています。

連携可能な技術・知財

- ・各種有機ナノチューブの試料提供と連携
- ・数種類の有機ナノチューブについては、試薬会社より販売
- ・高分子ナノテクノロジーハンドブック、p979-987、第6編5章2節
- ・WO/2012/153576(2012/11/15)
- ・US Patent 9018156 (2015/4/28)



有機ナノチューブの電子顕微鏡像（左、中央）、研究用試薬（右下）、複合化による機能性コンタクトレンズ（右上）



有機ナノチューブの想定される用途

- 研究担当：丁 武孝／亀田 直弘／南川 博之／小木曾 真樹／青柳 将／増田 光俊
- 所 属：機能化学研究部門
- 連絡先：mc-liaison-ml@aist.go.jp

●研究拠点
つくば

生体膜タンパク質の迅速解析を可能にするツール

生体分子の高度輸送・分離を実現する脂質ナノディスク技術

- 難溶性の医薬品、食品、化粧品の有効成分を容易に可溶化
- 微小な膜環境を提供し、膜タンパク質の構造と活性を維持
- ナノディスクに内包した生体分子の選択的な輸送・分離が可能

研究のねらい

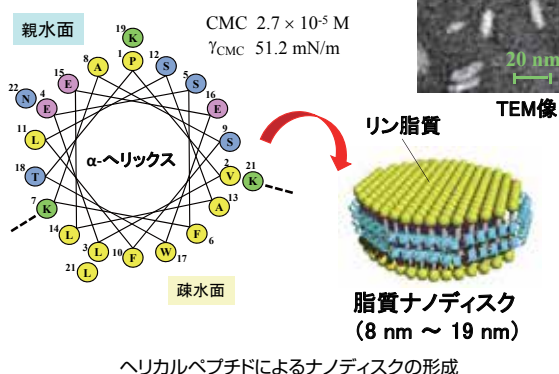
脂質ナノディスク (8 ~ 12 nm) は、生体適合性に優れた新しいナノ粒子であり、生体分子などの高度輸送・分離担体として注目されています。しかし、その製造および制御技術が確立していないため、その産業利用はこれまで大きく制限されていました。ナノディスクを簡便に製造する基盤や制御技術 (粒子径 & 安定性) を確立すれば、難溶性の医薬品、食品、化粧品の有効成分を容易に製剤化・処方することが期待できます。

研究内容

既存のナノディスクは、組み換えアポリポタンパク質を用い、二分子膜状のリン脂質を包み込むことでナノ粒子化されます。製造には多量の界面活性剤が必須であり、その粒子径 (8 ~ 12 nm) は、アポリポタンパク質の長さに制限されてしまいます。

そこで、アポリポタンパク質ではなく、界面活性を持ったヘリカルペプチドを用いることで、簡便かつ迅速にナノディスクを形成し、その粒子径を 8 nm から 19 nm まで制御することに成功しました。各種生体分子の構造や活性を維持しながら、ナノディスクに内包することができます。

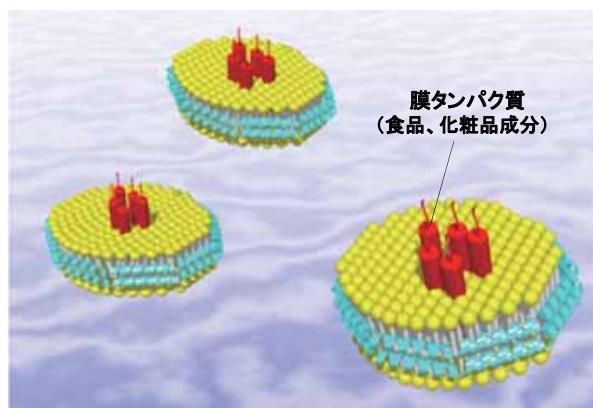
界面活性ヘリカルペプチド



ヘリカルペプチドによるナノディスクの形成

連携可能な技術・知財

- ・ 医薬品、食品、化粧品の有効成分の可溶化
- ・ 膜タンパク質のハイスループット解析ツール
- ・ 生体分子の輸送・分離・貯蔵用の担体
- ・ 脂質異常症を予防する医薬品
- ・ 特願2015-163190
- ・ T. Imura *et al*, Langmuir 2014, 30, 4752-4759
- ・ 本研究は、JSPS 科研費 JP16K05860 の助成を受けたものです。



膜タンパク質を可溶化したナノディスク

- 関連技術分野：ナノ粒子、界面制御、バイオ素材
- 連携先業種：製造業 (医薬品)、製造業 (食料品)、製造業 (化学)

井村 知弘 / 平 敏彰
 化学プロセス研究部門
 連絡先: mc-liaison-ml@aist.go.jp
 研究拠点: つくば



体と環境に優しいコアシェル型ナノ粒子

環境に優しいポリマー / セラミックス複合ナノ粒子

- 界面活性剤を用いることなく常温常圧でコアシェル型ナノ粒子を合成
- 生分解性ポリマーがコア、リン酸カルシウム (アパタイト) 結晶がシェル
- 生物が安全に分解代謝できる材料のみでできたナノ粒子

研究のねらい

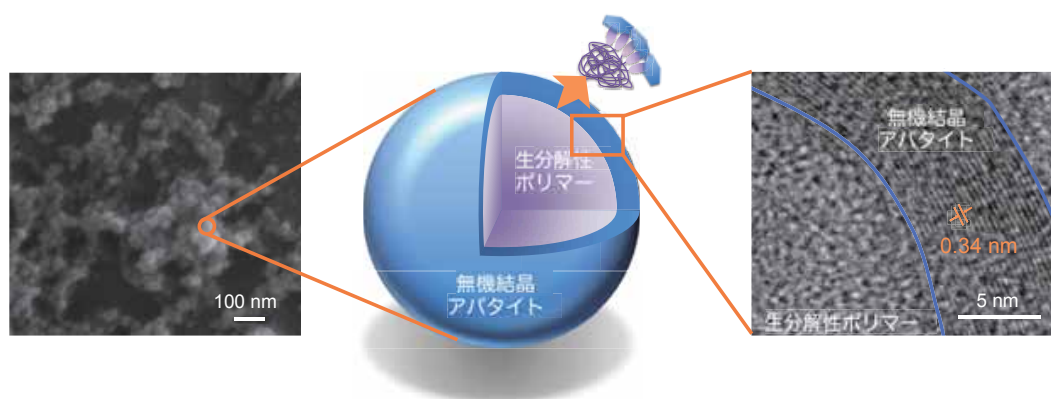
核 (コア) と殻 (シェル) が異なる材料で構成されるコアシェル粒子は、複数の機能を一つの粒子に持たせることができるため、薬物送達システム (DDS) 用担体や、化粧品、分離吸着剤、光機能材料など、幅広い分野で応用が進められています。私たちは、コア部もシェル部も生体内で安全に分解代謝可能な材料のみからなる新しいコアシェル型ナノ粒子の開発を目指しました。界面活性剤を用いずに常温常圧でナノ粒子を合成することができる手法であり、生体に対して安全であると同時に環境に優しいコアシェル型ナノ粒子合成技術です。

研究内容

生分解性ポリマーをコアとし、リン酸カルシウム (アパタイト) をシェルとするコアシェル型ナノ粒子の合成技術を開発しました。生物が貝殻など硬組織を形成する時と同様に、無機有機界面での相互作用を利用する手法で3次元複合構造を形成しました。析出したアパタイトが生分解性ポリマーの分散を安定化するため、界面活性剤を用いなくても安定してコアシェル型ナノ粒子を合成することができます。シェルのアパタイトは0.34 nmを基本ユニットとして規則正しく結晶成長しています。コアの生分解性ポリマーには、薬剤を担持することができます。

連携可能な技術・知財

- ・界面活性剤フリーなコアシェル型ナノ粒子の合成技術
- ・薬剤担持・徐放化技術
- ・特許第5158835号 (2012/12/21)
- ・特許出願中「コアシェル型粒子とその製造方法」



コアシェル型ナノ粒子の模式図と電子顕微鏡写真

- 関連技術分野：ナノ材料、コアシェル、環境負荷低減
- 連携先業種：製造業 (化学)、製造業 (医薬品)、製造業 (その他製品)

永田 夫久江 / 加藤 且也
無機機能材料研究部門
連絡先: mc-liaison-ml@aist.go.jp
研究拠点: 中部



生体活性材料の形成を光でコントロール

液中レーザー法による生体活性ナノ表面・粒子の創製

- 生体活性を有するリン酸カルシウム薄膜を基材上に迅速形成
- リン酸カルシウムナノ粒子をワンポットで簡便に合成
- 金属元素やナノ粒子、タンパク質との複合化により多彩な機能設計が可能

研究のねらい

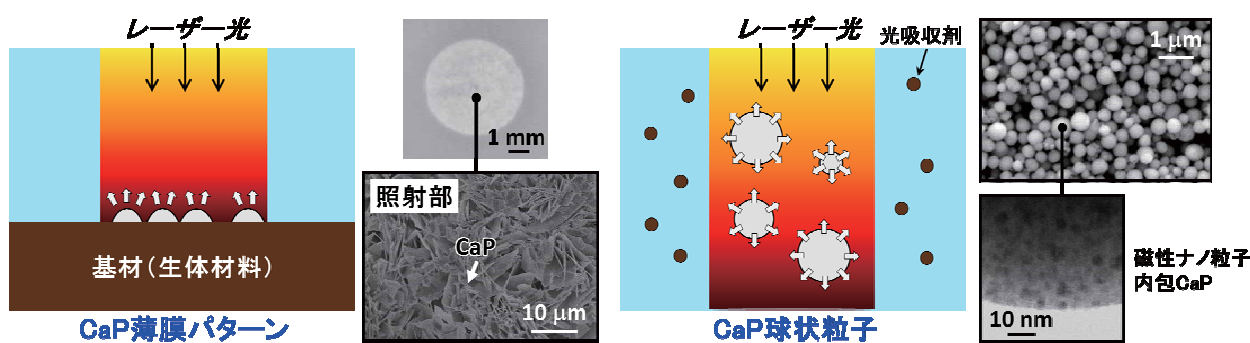
リン酸カルシウムは、生体親和性・骨結合能を示す生体活性物質です。過飽和溶液中からリン酸カルシウムを自発析出させる過程にレーザー光反応を導入することで、簡便で迅速なリン酸カルシウム薄膜およびナノ・マイクロ粒子の形成技術を開発しました。この技術を応用し、リン酸カルシウムに金属元素(亜鉛、鉄、テルビウムなど)やナノ粒子(マグネタイト、銀など)、タンパク質(フィブロネクチンなど)を複合化することで、様々な機能(骨形成促進機能、薬剤徐放機能、造影機能、抗菌性など)を付加した生体活性材料を創製しています。

研究内容

過飽和溶液中に設置された基材上にレーザー光を照射し、ナノ構造を有するリン酸カルシウム薄膜をパターン形成する技術を開発しました(左図)。この手法によれば、金属やポリマー等の基材表面の目的の部位に、簡便(1段階工程)かつ迅速(5~30分)に生体活性を付与することができます。また、溶液組成・照射条件を変更することで、リン酸カルシウムのナノ~マイクロ球状粒子を合成することもできます(右図)。金属元素やタンパク質、磁性ナノ粒子、抗菌性銀ナノ粒子などを複合化することで、様々な機能設計も可能です。

連携可能な技術・知財

- ・リン酸カルシウム薄膜・粒子形成技術
- ・薬剤や生理活性物質の担持・徐放化技術
- ・特開2015-063444(2015/04/09)
- ・特許第5817956号(2015/10/09)
- ・特許第5334030号(2013/08/09)
- ・特許第4606813号(2010/10/15)
- ・特許第4604238号(2010/10/15)
- ・本研究の一部は、JSPS 科研費JP25108517、JP15H00906、JP16H03831、JP15F15331の助成を受けたものです。



リン酸カルシウム (CaP) の薄膜パターン(左) および球状粒子(右)

- 関連技術分野：ナノ材料、医療デバイス、バイオ素材、レーザー
- 連携先業種：製造業(化学)、製造業(医薬品)、製造業(電気機器)

伯田 幸也 / 大矢根 綾子 / 中村 真紀
 ナノ材料研究部門
 連絡先：mc-liaison-ml@aist.go.jp
 研究拠点：つくば



光照射で効率的に発熱する ナノコイル状の新素材を開発

近赤外レーザーによるがん光熱療法への応用に期待

- 生体透過性の近赤外レーザーで効率的に発熱するナノコイル状の新素材を簡便に合成
- 培養したがん細胞へ添加し、レーザー照射すると、6割以上の細胞が死滅
- 近赤外レーザーを用いた生体深部のがん治療への応用に期待

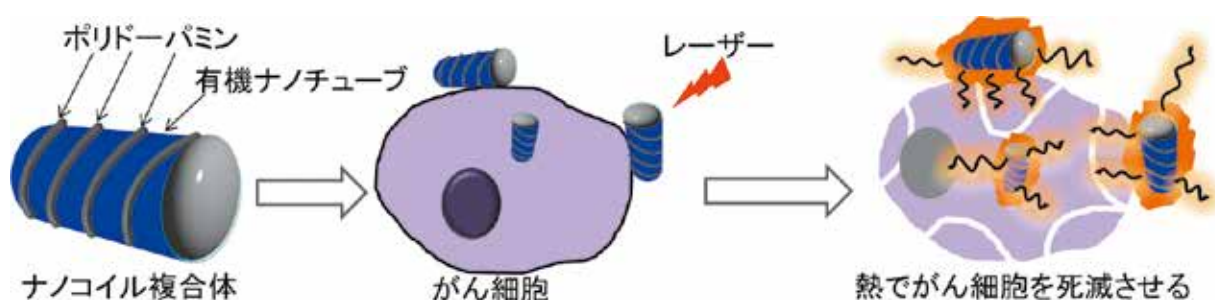
発表・掲載日：2016/03/08

研究概要

国立研究開発法人 産業技術総合研究所【理事長 中鉢 良治】（以下「産総研」という）機能化学研究部門【研究部門長 北本 大】界面材料グループ 丁 武孝 研究員とナノ材料研究部門【研究部門長 佐々木 毅】CNT機能制御グループ 都英次郎 主任研究員らは、優れた光発熱効果を示すナノコイル状の新素材を開発した。

この素材は、有機ナノチューブの表面に、ポリドーパミン（PDA）がコイル状に結合したもので、生体透過性の高い近赤外レーザーを照射すると、高効率で発熱する。培養したがん細胞に少量添加し、レーザー照射すると、60%以上の細胞が死滅した。近赤外レーザーを利用した生体深部のがん治療用材料への応用が期待される（図1）。

なお、この研究の詳細は、ドイツ化学誌 *Chemistry - A European Journal*, 22, 4345 (2016) に掲載された。また、2016年3月24日～27日に同志社大学京田辺キャンパス（京都府京田辺市）で開催された日本化学会第96春季年会で発表された。今回の研究開発の一部は、独立行政法人 日本学術振興会の科学研究費助成事業「挑戦的萌芽研究（平成27年度）」、「若手研究（A）（平成25～27年度）」、公益財団法人 新世代研究所の2014年度研究助成による支援を受けて行った。



光発熱効果を利用したナノコイル複合体によるがん細胞の死滅（概念図）

- 研究担当：丁 武孝／都 英次郎
- 所 属：機能化学研究部門／ナノ材料研究部門
- 連絡先：mc-liaison-ml@aist.go.jp

●研究拠点
つくば

高分子の劣化現象に迫る

高分子の高耐久化に資する材料評価技術

- 機能性高分子材料の耐久性向上に資する評価・解析技術
- 劣化現象を顕在化するための超加速劣化試験、高感度検出技術
- 分子構造や高次構造変化を解析可能な評価技術群

研究のねらい

先端デバイスや軽量構造材等に利用される機能性高分子材料は、我が国化学産業の誇る強みの一つです。本分野における国際競争力を確保し、また持続可能社会の実現に貢献するために、機能性高分子材料の信頼性評価に対する共通基盤的な評価技術に対するニーズが高まっています。本研究では、高分子材料の劣化による分子構造や高次構造の変化を正確に捉える評価技術、及び耐久性を正しく評価するための加速劣化試験法の開発、更に信頼性を向上するための材料設計指針を提案するための研究開発を実施しています。

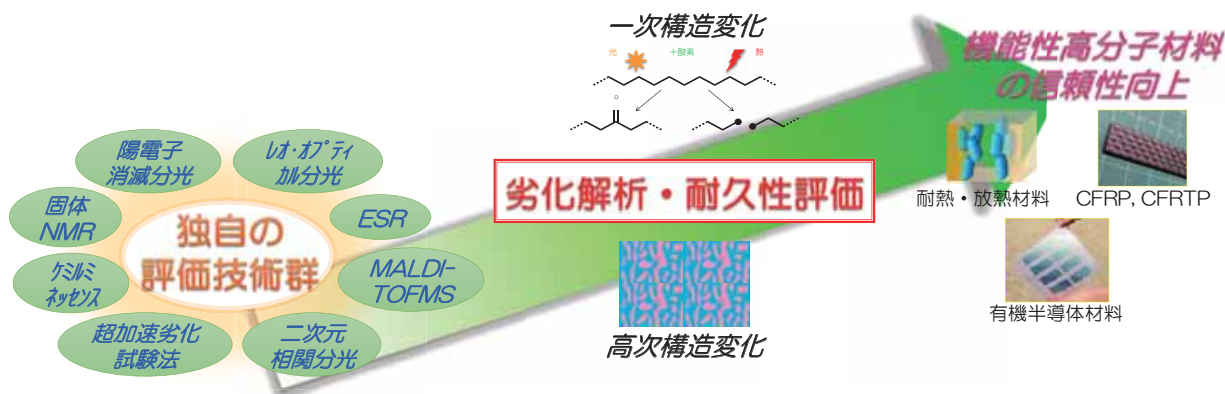
研究内容

複合材料や電子デバイスに利用されている機能性高分子材料の劣化は、熱や光、水分など様々な要因により引き起こされ、更に複雑な構造変化を伴うため、その解析が非常に困難です。

本研究では、産総研の保有する各種評価・解析技術を高度化、更にパッケージ化することにより、高分子材料の劣化に関する課題を解決するための評価技術を開発します。特に、分子構造から高次構造スケールでの劣化現象を捉えることにより、劣化メカニズムを解明し、材料の高耐久化設計指針の構築を目指します。

連携可能な技術・知財

- ・機能性高分子材料（電子デバイス、複合材料など）の劣化メカニズムの解明や高耐久材料の設計指針の構築
- ・高加速度を実現する超加速劣化試験法
- ・ケルミルミネッセンス分光法等を活用した劣化反応検出法
- ・ESRやMALDI-TOFMS等による分子構造変化の解析
- ・陽電子消滅法やレオ・オプティカル近赤外分光法による高次構造変化の解析



高分子材料の劣化解析・耐久性評価

- 関連技術分野：高分子材料、機能性材料、材料特性評価、信頼性
- 連携先業種：製造業（化学）、製造業（ゴム製品）、製造業（繊維製品）

須田 洋幸 / 国岡 正雄 / 水門 潤治
機能化学研究部門
連絡先：mc-liaison-ml@aist.go.jp
研究拠点：つくば



流体デバイスの現象把握と設計条件の最適化

統合的な数値流体解析技術

- メソスケール解法、マルチスケール解法を取り入れた数値流体解析
- 複雑現象における気液二相流解析および流体-構造連成解析
- 数値流体解析における逆問題の適用

研究のねらい

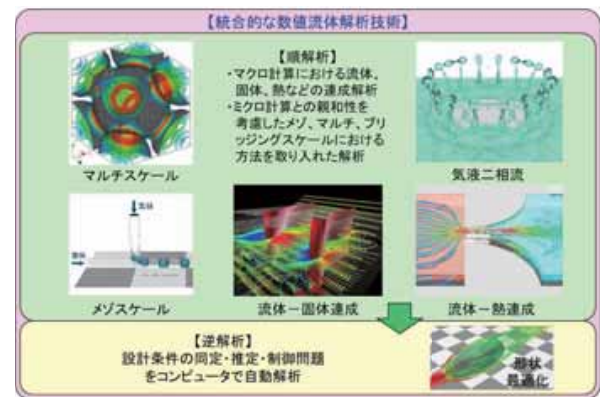
マイクロポンプやマイクロインクジェットなどの流体デバイスでは、マイクロ領域で顕在化する表面張力やぬれ性の影響を考慮した現象の解明や制御が必要となります。また、流体浄化用フィルタやバクテリア浄化槽などの流体浄化システムでは、多孔質構造内の流体特性の把握が高効率な浄化システムの設計において重要となります。このような表面張力やぬれ性、多孔質構造内の流体特性などを含めた現象の把握が望まれる数値シミュレーションについて、メソスケール解法、マルチスケール解法を取り入れた数値流体解析技術を開発しています。

研究内容

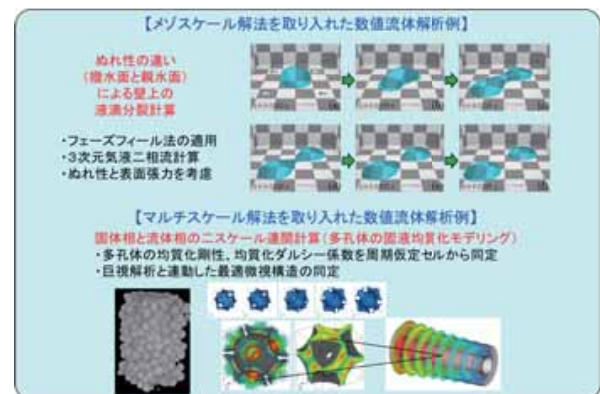
近年、固体問題の界面計算モデルとして注目されているメソスケール解法（フェーズフィールド法）を流体問題の気液界面の計算モデルへ拡張し、表面張力やぬれ性の効果を取り入れた気液が高密度比・粘性比となる計算が可能な手法を開発しました。固体問題のマルチスケール解法として多く用いられている均質化法を流体問題に適用し、多孔質構造内の流体特性の評価が可能な計算技術を開発しました。また、非構造格子による複雑形状問題、3次元大規模並列計算、ロバスト性の高い流体-構造連成計算、最適制御理論に基づく逆問題にも取り組んでいます。

連携可能な技術・知財

- ・プログラム：Phase-Fieldモデルに基づく気液二相流解法による並列計算プログラム
- ・X-FEMによる流体-構造連成シミュレーション技術
- ・日本計算工学会論文集, Paper No.20070016
- ・特許第4729767号(2011/04/28)
- ・非構造格子を用いた有限要素流体解析技術



統合的な数値流体解析技術のイメージ



メソスケール、マルチスケール解法を取り入れた数値流体解析例

- 関連技術分野：シミュレーション、デバイス設計、MEMS
- 連携先業種：製造業（精密機器）、製造業（機械）、製造業（その他製品）

松本 純一／澤田 有弘
機能材料コンピュータシミュレーション研究センター
連絡先：mc-liaison-ml@aist.go.jp
研究拠点：つくば



電磁波吸収・遮蔽材料の設計技術

様々な使用環境に対応できる電磁波吸収・遮蔽材料

- 電磁波機能材料の設計・評価と材料シーズを組み合わせ、電磁波機能材を実現
- 材料の電磁波特性（誘電率等）の高精度な評価技術を用いて材料開発を支援
- 軽量で柔軟な部材で、様々な分野での電磁環境対策ソリューションを提供

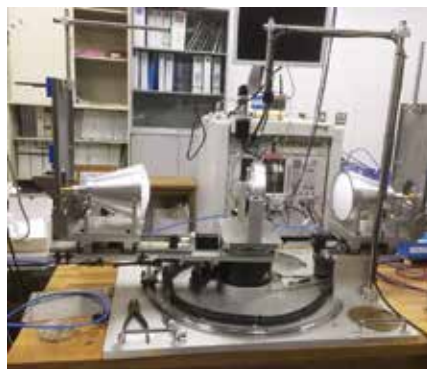
関連技術分野：電磁環境対策、無線通信機器、自動車、無線電力伝送、計測技術
連携先業種：製造業（電気機器／輸送用機器／精密機器）

研究のねらい

かねてより、電磁波材料技術は日本の強みであり、電磁波機能材料の性能も進化してきました。近年では、放送や通信などの公共インフラのみならず、様々な分野で電磁波の利用が進み、電磁環境対策に用いる部材の必要性がますます強くなっています。一方で、使用される環境も応用先ごとに異なるため、形状や軽量性、機械的特性などの要求も異なります。そこで、それぞれの異なる要求を満たす電磁波機能材料の設計手法を実現すると共に、電磁波特性評価を活用して材料設計、合成から機能材料の評価に至る一貫した開発プロセスを構築しています。

研究内容

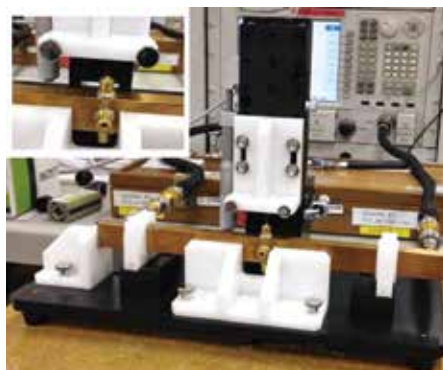
電磁波機能材料を実現するために、材料レベルでの特性の制御と構造の設計技術を確立すると共に、性能実証のために、RF・マイクロ波・ミリ波に至る電磁波吸収・遮蔽特性の評価技術を開発しています。また、設計において不可欠な材料の誘電率や透磁率についても、周波数帯域や誘電率等の特性に適した測定方法の開発と、その精度の保証を実現しています。最近では、測定方法間の結果の差も問題となっています。それらを解決すべく、たとえば、伝送法において近似モデルを利用した影響の解析や、共振法を基礎とした新たな測定・解析方法の開発にも取り組んでいます。



マイクロ波・ミリ波帯電磁波特性評価装置

連携可能な技術・知財

- ・応用先の要求を満たす電磁波機能材料の共同開発
- ・共同研究・測定支援や技術コンサルティング
 - －材料の誘電率計測／現場計測
 - －ベクトルネットワークアナライザ測定
 - －上記技術の測定結果を活用した製品開発
- ・誘電率計測やナノ材料の高周波評価技術に関する国際標準化の動向についての情報提供
- ・本研究の一部は、産総研戦略予算「グラフェン系材料の電磁波対策分野への応用（平成25～26年度）」により行われたものです。



共振法による材料の誘電率／透磁率評価

■研究担当：堀部 雅弘／加藤 悠人／長谷川 雅考／石原 正統／中村 考志／蛸名 武雄／南條 弘
■所 属：物理計測標準研究部門／ナノ材料研究部門／化学プロセス研究部門
■連絡先：standard-liaison-ml@aist.go.jp

●研究拠点
つくば
東北

ナノ材料の産業利用を支える 計測ソリューション

オールジャパン体制でのナノ計測システム開発

- 分級技術を中核としたナノ材料評価の複合システムを開発
- 標準物質開発、国際標準確立との一体推進による国際競争力の強化
- 欧州を中心に広がるナノ材料規制に対応しつつ効率的な品質管理を実現

関連技術分野：計測技術、分析技術、ナノテク材料
連携先業種：製造業（化学／医薬品／食品）

研究のねらい

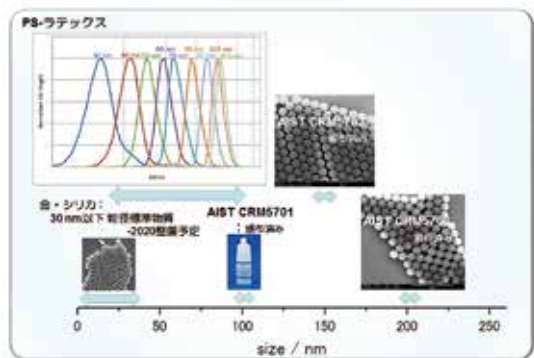
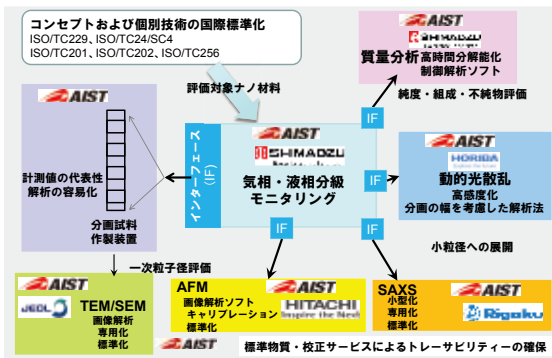
ナノ粒子のサイズ・サイズ分布・組成を高精度に評価できる分級システムをコアとし、複数の計測評価用周辺モジュールから構成される複合計測システムのプロトタイプを完成させ、簡易測定モジュールの利用による産業現場における品質管理コストの低減を実現します。また、本研究を契機として設立したコンソーシアム（COMS-NANO）を発展させ、製造メーカー、計測機器メーカー、さらに公的研究セクターが結集し、産総研をイノベーションハブとした課題解決型の研究開発を官民からの外部資金で継続的に進める場（ソリューションプラットフォーム）の確立を目指します。

研究内容

島津製作所、日本電子、リガク、堀場製作所、日立ハイテクと連携してコンソーシアム（COMS-NANO）を発足させました。COMS-NANOでは、産総研の持つノウハウ・技術を生かした個別モジュールの仕様調整・トレーサビリティ確立のための計量標準開発・国際標準化スキルと、各企業の持つ個別モジュール具現化スキルを融合させた、産総研をハブとしたオールジャパン連携体制にて、ナノ粒子のサイズ・サイズ分布・組成を高精度に評価できる世界初の複合ナノ計測システムを開発しています。

連携可能な技術・知財

- ・ 気中・液中サイズ分級技術
- ・ 動的光散乱計測技術、質量分析評価技術、電子顕微鏡評価技術、小角X線散乱計測技術、原子間力顕微鏡計測技術
- ・ 粒子径認証標準物質
- ・ 顕微鏡用試料担持片の作製方法およびその装置



- 研究担当：藤本 俊幸
- 所 属：物質計測標準研究部門
- 連絡先：coms-nano-office-ml@aist.go.jp

● 研究拠点
つくば

材料開発を支える先端計測分析

見えなかったものを見る技術で材料開発を支援

- 独自開発の先端計測分析機器や解析手法を公開
- 市販計測分析装置では対応不可能な課題解決にチャレンジ
- 企業や大学の研究開発を支援しイノベーションを促進

関連技術分野：計測技術、分析技術、ナノ材料
連携先業種：製造業（化学／石油・石炭製品／電気機器）

研究のねらい

“木を見て森を見ず”ということわざは、ナノ構造材料の評価にも当てはまります。すなわち、透過電子顕微鏡等による原子・分子の構造解析のような“木を見るナノ計測”だけでなく、“原子スケールの平均的構造解析のような“森を見るナノ計測”も必要です。我々は、森を見るナノ計測”を可能にする先端計測分析機器を開発しています。成果普及の一環として、民間企業等では保有困難な大型装置、および独自に開発した先端計測や分析機器をTIAにて公開しています。(http://tia-nano.jp/)

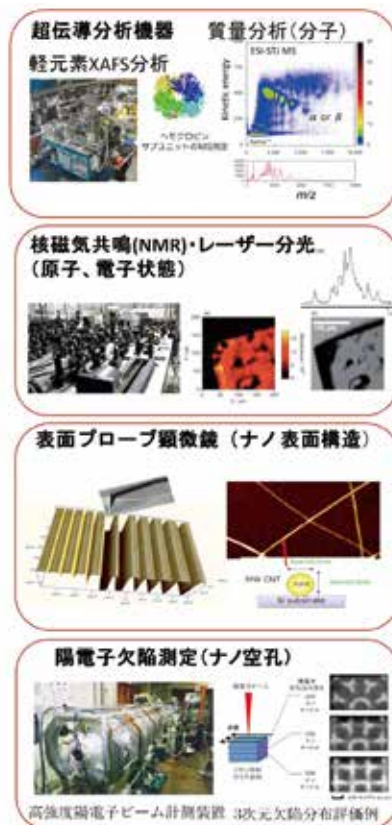
研究内容

ナノ材料、ナノデバイスの開発に適用できる、7種類の先端計測分析機器を公開しています。市販の計測分析機器では不可能な、研究現場の課題の解決に挑戦して、成功事例を蓄積しています。また、ユーザーニーズを反映した装置の改良や高度化を行い、さらに一歩進んだ最先端機器に仕上げています。

文科省のナノテクノロジープラットフォーム事業にも参画し、産総研微細構造解析プラットフォーム(AIST-nano-PF)において、企業や大学等の研究者に広くご利用いただいています。また、共同研究や受託研究でのご利用も可能です。(https://unit.aist.go.jp/rima/nanotech/)

連携可能な技術・知財

- ・ 表面モルフォロジー（ナノ表面構造）
- ・ 質量分析（分子）
- ・ 陽電子欠陥分析（ナノ空孔）
- ・ 固体核磁気共鳴分析(NMR)（固体材料局所構造）
- ・ X線吸収微細構造法(XAFS)（ナノ局所構造、電子状態）
- ・ 極端紫外光光電子分光(EUPS)（ナノ表面物性）
- ・ レーザー分光（原子、電子状態）



代表的な公開研究機器・設備

■ 研究担当：松林 信行／浮辺 雅宏／齋藤 直昭
 ■ 所属：分析計測表標準研究部門／ナノエレクトロニクス研究部門
 ■ 連絡先：nmij-liaison-ml@aist.go.jp

● 研究拠点
つくば

新規構造制御により高気孔率と高強度を両立

軽くて強いセラミックス多孔体の製造法

- 表面に低気孔率層を形成することで高強度化を実現
- 異方性の構造により超高気孔率化と高強度を両立
- 原料の種類によらず高気孔率セラミックス多孔体製造が可能

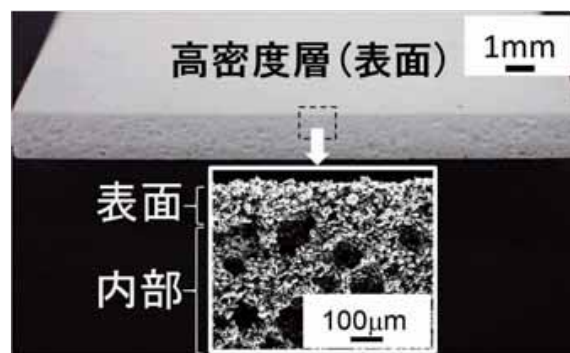
研究のねらい

工業分野において、軽量で高強度なセラミックス多孔体が必要とされていますが、軽量化による気孔率の向上を行うと強度が低下するため、軽量・高強度の両立は困難でした。今回、高気孔率多孔体において高強度を実現するための多孔体製造法を開発しました。(1)50～80%気孔率を有する多孔体では、表面を低気孔率にすることで高強度化を実現。(2)80～98%気孔率を有する多孔体は、一方向に配向した気孔構造により特定方向の圧縮強度の向きを実現。これらの手法は多様な原料に対応でき、広い分野へ展開が期待できます。

研究内容

(1)発泡を利用して、内部を多孔質にすると同時に、表面からの発泡ガス放出量を制御することで荷重のかかる表面部分を低気孔率にし、軽量かつ高強度の多孔体を得る事ができます。また、表面上に異種材料をコートすることで様々な機能が付与可能です。

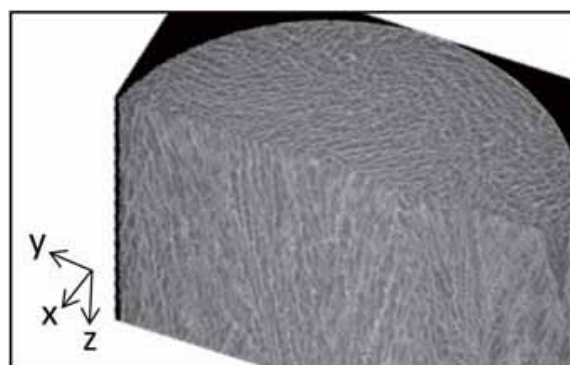
(2)原料粉末を分散させたゲル体を凍結乾燥することにより、マイクロメートルサイズの気孔が配向した超高気孔率多孔体が得られます。気孔サイズ、気孔形状(開/閉塞気孔)など気孔組織や形態の制御も可能です。



低気孔率表面層を備えたアルミナ多孔体

連携可能な技術・知財

- ・セラミックス、金属、樹脂の多孔体
- ・セッター、軽量構造部材、断熱材、耐火物
- ・特許第5176198号(2013/01/18)
- ・特許第5494024号(2014/03/14)
- ・特許出願中「多孔質体及びその製造方法」



異方性をもつムライト多孔体の組織

- 関連技術分野：多孔性材料、セラミックス材料、省エネルギー
- 連携先業種：製造業(ガラス・土石製品)

嶋村 彰紘 / 松永 知佳 / 近藤 直樹 / 福島 学 / 吉澤 友一 / 日向 秀樹
構造材料研究部門
連絡先：mc-liaison-ml@aist.go.jp
研究拠点：中部

産総研

プラスチック、多孔体等の表面高機能化

セラミックスの常温製膜、微構造粒子合成と新機能開発

- 各種基材へのセラミックスコーティング（酸化スズ、二酸化チタン等）を実現
- ナノ構造膜・微構造粒子を合成し、低コスト、常温で大面積コーティング
- ガスセンサ・溶液センサの高感度化、親水性撥水性を付与

研究のねらい

液体中の特定分子の検知による環境センサ、ヘルスケアセンサ等の実用化が期待されています。例えば、呼気中の特定分子を検知するセンサにより、肺がんの早期発見が可能となります。これらには、ナノ構造を有するセラミックス膜が有効と考えられますが、セラミックスの常温合成法を開発することにより、従来セラミックスコーティングが困難であったプラスチックフィルム等への製膜が可能となります。特に、水溶液法によるセラミックス製膜は、多孔体等の複雑形状への製膜、低コスト、大面積化、低環境負荷等の利点も有しています。

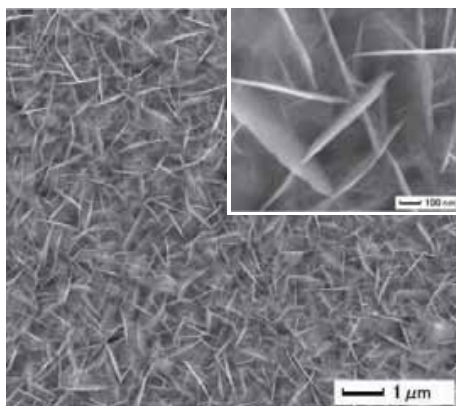
研究内容

呼気中のノナール分子を検知する肺がんヘルスケアセンサ向けに、酸化スズナノシート表面層を有する構造膜を開発しました（左図）。ナノシートにより、ノナール低濃度領域のセンシング感度が向上することが明らかになりました。

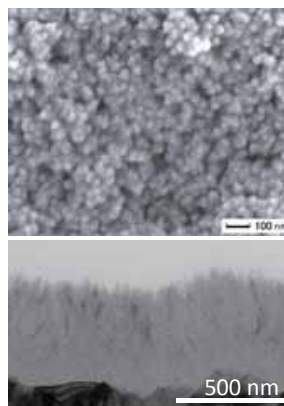
水溶液法により、針状結晶が集積したアナターゼ型二酸化チタンの微細構造膜を開発しました（右図）。表面の微細な凹凸形状は、表面積を増大させるとともに、分子などの吸着に有効であると考えられます。

連携可能な技術・知財

- ・ 常温でのセラミックスナノ構造膜合成
- ・ プラスチック、ガラス、金属、繊維等の表面改質
- ・ 色素増感光電変換型環境センサ
- ・ イムノアッセイ式バイオチップ
- ・ 特許第5154346号(2012/12/14)
- ・ 特願2014-138669
- ・ Scientific Reports, 5, 10122 (2015)



酸化スズナノシート集積膜の顕微鏡写真



二酸化チタン膜の顕微鏡写真

- 関連技術分野：センサ、コーティング、表面改質、印刷、電池
- 連携先業種：製造業（ガラス・土石製品）、製造業（化学）、製造業（電気機器）、製造業（繊維製品）、製造業（精密機器）

増田 佳丈 / 伊豆 典哉
無機機能材料研究部門
連絡先：mc-liaison-ml@aist.go.jp
研究拠点：中部

 産総研

安全・安心な循環型社会の構築に貢献

鉛フリー圧電材料を用いたAEセンサおよび振動センサ

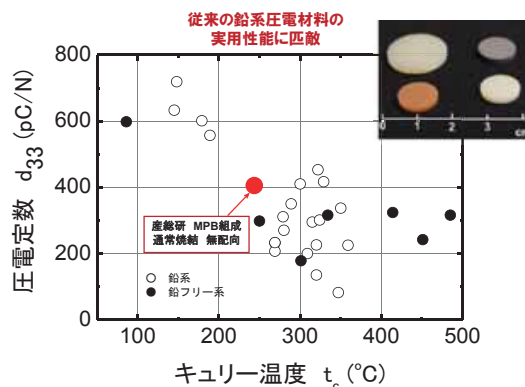
- 鉛フリーで、地球環境の維持・持続を可能とする社会の実現
- 従来の鉛系製品と同等の特性を実現した鉛フリーセンサ技術
- インフラヘルスマonitoringの実証実験に成功

研究のねらい

圧電材料は、車のバックソナー、インフラのヘルスマonitoring用AEセンサ・振動センサ等の素子として使われています。従来の圧電セラミックス材料は、環境問題の大きい鉛系圧電材料から作られています。安心・安全のためには、圧電材料の鉛フリー化が強く求められています。本研究は、環境や生体に有害な鉛を含まず、従来品に並ぶ高性能の酸化物圧電材料を開発することを目指しています。また、開発した鉛フリー圧電材料の圧電センサ(超音波距離センサ、AEセンサ、振動センサ等)への実用可能性を検証することを目的としています。

研究内容

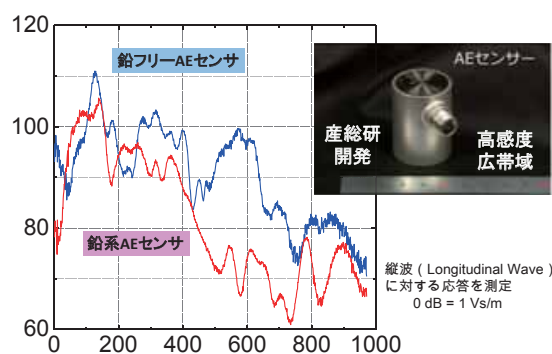
- ・ニオブ酸ナトリウム・カリウム ((Na,K)NbO₃) を母材とする鉛フリー圧電セラミックスにおいて、室温で鉛系と同様な菱面晶/正方晶の相境界 (MPB) を形成することにより、圧電特性を向上させました。
- ・相境界を利用した鉛フリー圧電セラミックスは、ソフト系Pb(Zr,Ti)O₃に匹敵する圧電特性 $d_{33} > 400$ pC/N を達成しました。
- ・開発した鉛フリー圧電材料を使ったAEセンサ・振動センサ・超音波センサを開発、実証に成功しました。



産総研が開発した鉛フリー圧電セラミックス

連携可能な技術・知財

- ・ JP5213135 (2013/03/08)
- ・ US8354038B2 (2013/01/15)
- ・ JP5008090 (2012/06/08)
- ・ 産総研登録ノウハウH21NOH-638



鉛フリーと鉛系AEセンサの感度特性比較

- 関連技術分野：センサ、インフラ診断、環境負荷低減、セラミックス材料
- 連携先業種：製造業(化学)、製造業(電気機器)

王 瑞平/相浦 義弘
電子光技術研究部門
連絡先：rpd-eleman-ml@aist.go.jp
研究拠点：つくば

