

第一原理電子状態計算による 固体物性・材料機能の予測

First-principles prediction for material property and functionality

研究分野
Department

ナノ機能予測
Theoretical Nanotechnology

研究者
Researcher

南谷英美
E. Minamitani

キーワード
Keyword

第一原理計算、表面界面、層状物質、磁性
first-principles calculation, machine-learning

応用分野
Application

固体物性の理論解析・予測
Theoretical analysis and prediction for material properties

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

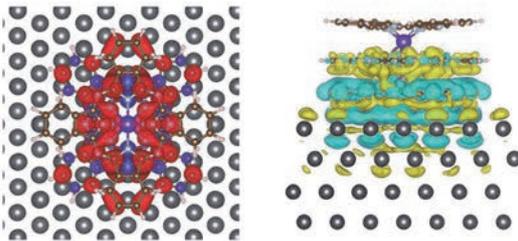
新奇的な固体物性の解明のために原子スケールでのシミュレーションを行っています。

概要・特徴

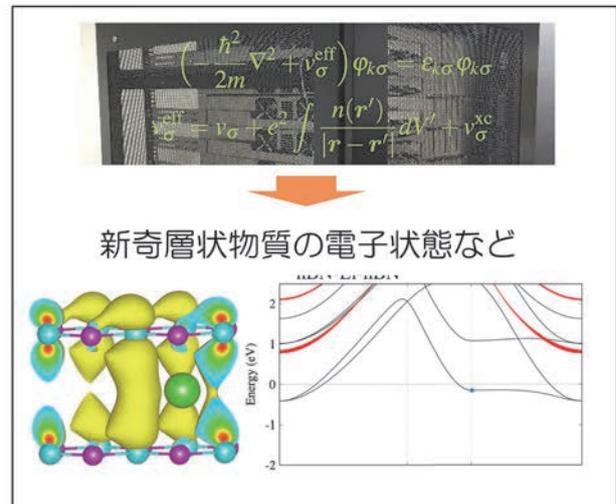
計算機を用いて密度汎関数理論に基づくコーン・シャム電子方程式を解くことにより、物質の電子状態や格子振動の情報（電子・フォノンのエネルギーバンド構造・状態密度）を得ることが可能です。

技術内容

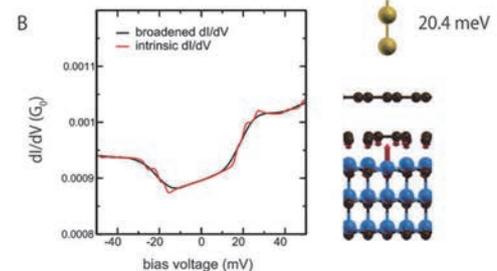
非経験的・量子論的シミュレーション手法である第一原理電子状態計算に基づき、種々の固体系・表面系で発現する物性・機能を理論的に予測する研究を行っています。ナノ構造、物質機能、電子状態の相関を解明することで、新たな機能性物質を設計する研究にも展開しています。



磁性錯体分子と金属表面の相互作用



新奇層状物質の電子状態など



グラフェン/SiC 界面フォノンの解明

社会への影響・期待される効果

次世代エレクトロニクス材料（グラフェンや遷移金属ダイカルコゲナイド層状物質など）などの材料特性解析・基礎物性研究を進めています。電子状態以外にも、格子振動やそれが運ぶ熱についての研究も行っています。

【論文 Paper】

- [1] Phys. Rev. B. 96, 155431 (2017).
- [2] Nat. Commun. 8, 16012 (2017).
- [3] Appl. Phys. Express. 10, 093101 (2017).
- [4] Nanoscale. Adv. 2, 3150(2020).
- [5] J. Phys. Chem. C 123, 2008 (2020).
- [6] Nature Commun. 13, 6388 (2022).

トポロジカルデータ解析と
機械学習の物質科学への応用

Application of topological data analysis and machine-learning for materials science

研究分野
Departmentナノ機能予測
Theoretical Nanotechnology研究者
Researcher南谷英美
E. Minamitaniキーワード
Keywordトポロジカルデータ解析、機械学習、アモルファス、熱伝導率、構造物性相関
topological data analysis, machine learning, amorphous, thermal conductivity, structure-property relationship応用分野
Application複雑な構造を持つ物質の物性予測
Theoretical prediction of physical properties of materials with complex structures

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

数理学やデータサイエンスの手法を組み合わせることによって、望ましい機能をもつ新物質開発の効率化が求められています。

概要・特徴

構造の特徴を取り出す新しい数学的手法であるパーシステントホモロジーや、機械学習を応用することで、乱れのある複雑な構造での物性を理解し、望ましい機能を発現させるための指針を見出すことを目指しています。

技術内容

■ パーシステントホモロジーによる

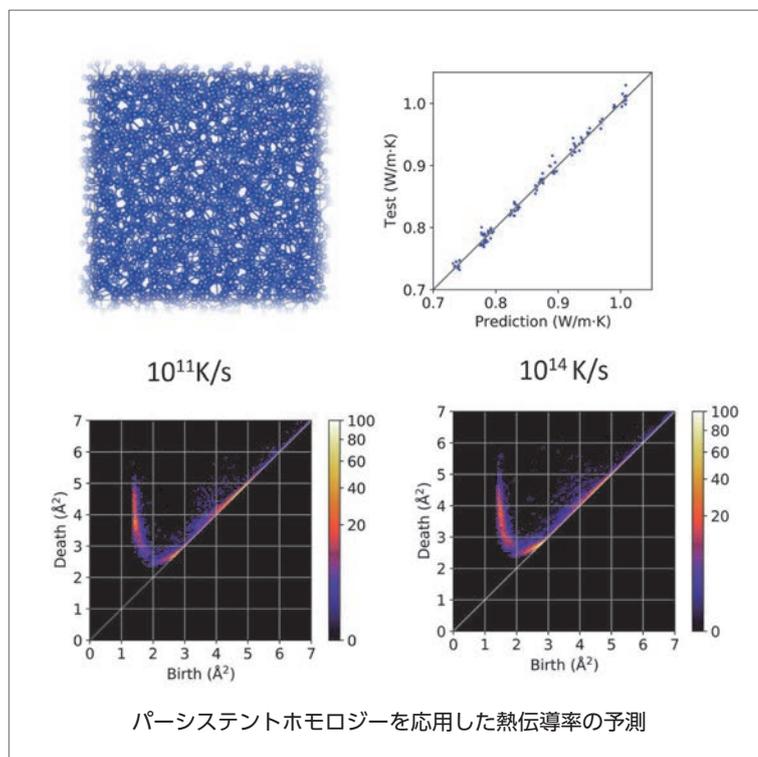
アモルファスでの物性予測：

アモルファスでは結晶とは異なり決まった構造が繰り返される長距離秩序はありません。しかし完全にランダムな構造とも異なり、5から20Å程度のスケールでの中距離秩序があると考えられています。アモルファスの規則性とランダムの中間に位置する構造が、熱伝導率などの物理的性質とどのように関係しているのかをパーシステントホモロジーという数学的手法と機械学習を組み合わせる研究をしています。

■ 機械学習ポテンシャル：精度と計算コストのトレードオフを解決するシミュレーション手法として、第一原理計算結果を再現できる機械学習モデルの構築を進めています。

社会への影響・期待される効果

新材料設計のためのデータサイエンス手法の開発・公開を進めています。とくに、複雑な構造における物性を理論予測する研究を行っています。デバイス材料を始めとする産業応用上重要な物質への応用展開が期待されます。



[論文 Paper] [1] Appl. Phys. Express 12, 095001 (2019). [2] J. Chem. Phys. 156, 244502 (2022). [3] J. Vac. Soc. Technol. A 40, 033408 (2022).

IoT・AIを活用した大面積シート型
センサーシステムの研究開発

Sheet-type Large-area Sensor Systems utilizing IoT and AI

研究分野
Department先進電子デバイス
Advanced Electron Devices研究者
Researcher

関谷 毅 T. Sekitani	植村隆文 T. Uemura	荒木徹平 T. Araki
野田祐樹 Y. Noda	鶴田修一 S. Tsuruta	吉本秀輔 S. Yoshimoto

キーワード
Keywordフレキシブルエレクトロニクス、センサー、サイバーフィジカルシステム(CPS)
flexible electronics, sensors, Cyber-Physical Systems応用分野
Applicationバイオシグナルセンサー、ウェアラブルセンサー、IoT
bio-signal sensors, wearable sensors, Internet of Things(IoT)

*基礎・応用にとらわれることなく
広く研究しているのが我々の特徴
です。スタートアップ企業を設立
して、製品を社会に展開している
特長を有しています。

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

優れた機械的特性(フレキシビリティ)と電気的特性を同時に実現した次世代デバイス、“フレキシブルエレクトロニクス・フォトンクス”の研究に取り組んでいます。有機材料を含む機能性ソフト材料を用いた電子デバイス、光デバイスを基盤技術とし、情報通信技術から医療・福祉・バイオ分野、インフラ保守点検など広範な領域において新しい科学を創出します。さらに、その具体的な応用例を実証し、社会実装することを目標にしています。

概要・特徴

“フレキシブルエレクトロニクス・フォトンクス”の応用研究は、微細構造形成技術、ナノ構造解析技術、最先端材料科学、高度集積化エレクトロニクス技術に支えられています。我々のグループでは、材料、デバイス、界面物理、物性物理、回路設計、システム設計、情報処理といった広範な学術分野を融合した新しいモノづくりを実現しています。

技術内容

有機材料の「優れた電気的・機械的特性」に加えて、「自己組織化現象(有機超分子構造形成)」、「低エネルギー加工性」を応用したフレキシブルエレクトロニクスの基礎材料・物性研究および応用研究を行っています。特に、有機ナノ分子積層技術、有機半導体/絶縁体界面制御技術、有機分子材料物性制御技術、分析技術、有機回路設計技術といった有機材料特有の技術開発を広範な領域において行うことで、有機トランジスタの高度集積化を実現しています。

有機材料を中心に、柔らかく、使いやすいエレクトロニクスを社会へ展開しています。実際に、研究室発スタートアップ企業PGV株式会社を設立し、医療機器の社会実装を実現するなど、真のモノづくり、価値づくりに取り組んでいます。

社会への影響・期待される効果

- メーターサイズの大面積性と、薄膜高分子フィルムの柔軟性を兼ね備えた大面積センサーシステムの構築とこれより得られる膨大な情報のリアルタイム可視化による社会の最適化
- 実世界の情報を正確かつ存在感無く収集するためのセンサーシステムにより、社会システムをより快適に、最適に、安全安心にするための基盤技術開発
- 次世代医療、ヘルスケア、構造物スマート管理など超少子高齢社会を迎えた我が国において社会基盤を支えるテクノロジーの実現

【論文 Paper】

- | | | |
|-------------------------------------|--|--|
| [1] Nature Materials 6 (2007) 413. | [6] Nature Comm. 3 (2012) 723. | [10] Science Advances 6 (2020) eaay6094. |
| [2] Science 321 (2008) 1468. | [7] Nature 499 (2013) 458). | [11] Advanced Materials 32 (2020) 1902684. |
| [3] Nature Materials 8 (2009) 494. | [8] Nature Electronics 2 (2019) 351. | [12] Advanced Materials 22 (2021) 2104446. |
| [4] Science 326 (2009) 1516. | [9] Advanced Intelligent Systems 2 (2020) 2000093. | |
| [5] Nature Materials 9 (2010) 1015. | | |

シリコン基板中への空洞形成

Void Formation in Si Substrates

研究分野
Department先進電子デバイス
Advanced Electron Devices研究者
Researcher須藤孝一
K. Sudohキーワード
Keywordシリコン微細構造
silicon micro-structure応用分野
Application微小電気機械素子
Micro-Electro-Mechanical-Systems (MEMS)

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

固体材料の様々な産業応用において、ミクロな表面形態を制御することが重要な課題となっており、表面形態の形成メカニズムを理解することは、制御するための第一歩となります。固体表面の表面形態形成現象の普遍的側面に注目し、結晶成長などの非平衡過程を通して表面が形作られていく物理的なメカニズムについて解明し、固体表面の表面形態を利用した産業応用への展開を進めます。

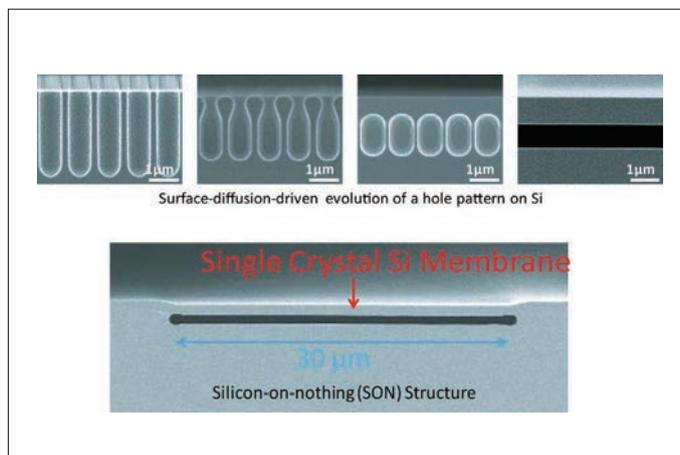
概要・特徴

リソグラフィーや水素アニールなど標準的な半導体製造技術を利用して簡便なプロセスによって、シリコン基板に空洞構造やシリコン膜を形成することが可能です。

技術内容

シリコン基板上に形成した高アスペクト比の微細ホールパターンを高温アニールすることによって引き起こされる自発的形態変化を利用してシリコン基板中に様々な微細空洞構造を形成することができます。また、100nmから1mm程度のシリコン膜を形成することも可能です。

シリコン基板上に形成した微細構造を水素雰囲気や真空中など酸化が起こらない環境で高温アニールすると表面拡散による形態変化が起こります。高アスペクト比のホールが表面拡散によって変形するとき、ホールの開口が自発的に閉じてシリコン基板中に空洞が形成されます。初期のホールパターンの設計によって様々な空洞構造を形成することが出来ます。



社会への影響・期待される効果

- 従来にない簡単なプロセスでシリコン基板中に微細空洞構造を作製する
- 安価で高品質な単結晶シリコンナノ膜の作製を実現する

【論文 Paper】

- [1] K. Sudoh, R. Hiruta, H. Kuribayashi, J. Appl. Phys. 114, 183512 (2013).
[2] K. Sudoh, H. Iwasaki, R. Hiruta, H. Kuribayashi, R. Shimizu, J. Appl. Phys. 105, 083536 (2009).

スピンひずみゲージの開発

Development of spintronics strain gauge

研究分野
Department界面量子科学
Interface Quantum Science研究者
Researcher千葉大地
D. Chibaキーワード
Keywordスピントロニクス、ひずみゲージ、フレキシブルエレクトロニクス、
サイバーフィジカルシステム
spintronics, strain gauge, flexible electronics, cyber-physical system応用分野
Applicationひずみゲージ、フレキシブル・ウェアラブルデバイス
strain gauge, flexible and wearable devices

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

磁気記録の高度化を目指し発展してきたスピントロニクスですが、その社会実装範囲を大きく広げ、高感度な力学センサーやウェアラブルなデバイスへの展開が期待されています。

概要・特徴

スピントロニクスデバイスの社会実装範囲を大きく拡大する研究開発を進めています。世界最高感度のフィルム型ひずみゲージの開発に成功しています。

技術内容

- スピン素子で「ひずみ」などの力学量のセンシングに成功。
- 広く世の中に普及しているスピントロニクス素子=磁気トンネル接合 (MTJ) をフレキシブル基板上に直接形成することに成功し、世界最高感度のフィルム型ひずみゲージを実現。
- 生体モーションをスピントロニクス素子で同定可能であることを初めて実証。

社会への影響・期待される効果

スピントロニクスデバイスを力学量センシングに用いることで、メカニカルなモーションセンサーやウェアラブルデバイスの高度化が期待されます。特に、集積化されたウェアラブル知能センサーシートや無電源でメカニカルモーションを記録できる特長をもつデバイスの開発に道が拓けます。また、スピントロニクス材料の力学的性質と磁性の関りを原子・ナノスケールから理解することで、デバイスの性能向上や機能創発につながる可能性があります。



【論文 Paper】

- [1] *Nature Elec.* 1 (2018) 124-129
- [2] *Appl. Phys. Lett.* 114 (2019) 132401
- [3] *Appl. Phys. Lett.* 114 (2019) 202401
- [4] *Appl. Phys. Lett.* 120, (2022) 072407

【特許 Patent】

- [1] 特願2017-29314
- [2] 特願2019-14792

ナノ磁性変調構造を用いた 人工カイラルスピン構造の創成

Formation of chiral spin structure based on nano-scale modulation of magnetic property

研究分野
Department

界面量子科学
Interface Quantum Science

研究者
Researcher

小山知弘 千葉大地
T. Koyama D. Chiba

キーワード
Keyword

スピントロニクス、スピнкаイラリティ、ナノテクノロジー
spintronics, spin chirality, nanotechnology

応用分野
Application

次世代情報処理・センシングデバイス
pathogen detection, medical diagnosis, drug development

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

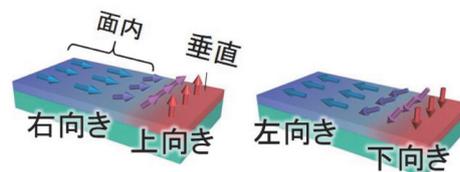
次世代情報処理の基盤技術として、電子の電荷とスピンの特性を融合した新しいエレクトロニクスである「スピントロニクス」が大きな注目を集めています。近年では、スピンの方向と空間変化を結びつける「カイラリティ」という特性により発現するカイラル磁壁やスキルミオンといった特殊なスピン構造が、高速・低消費電力メモリへの応用の観点から盛んに研究されています。

概要・特徴

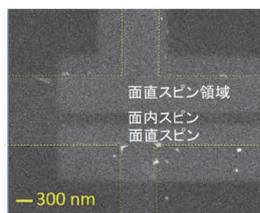
磁気異方性などの磁気特性をナノスケールで空間変調させることにより、カイラルスピン構造を人工的に作製できることを実証しました。

技術内容

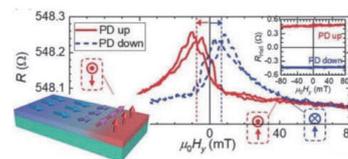
- 磁性体表面のみを低エネルギーイオン照射によりエッチングすることで、磁気異方性の面内⇄面直スイッチングに成功しました。
- 単一の磁性体中に面内スピンと面直スピンをハイブリッドさせた構造において、カイラリティによりそれぞれのスピン方向がカップルし特定方向に向きやすくなることを確認しました。
- 2つの面直スピン領域で面内スピン領域を挟んだ構造を作製し、面直スピンを平行および反平行配置にすることで、面内スピンの向きを制御できることを示しました。人工カイラルスピン構造を外部から制御できることを意味します。
- 単一の磁性体中に、異なる「構造反転対称性(カイラリティの起源)」を有する構造を作製することに成功しました。これは、カイラリティそのものを空間変調できる技術に繋がります。



人工カイラルスピン構造の概念図。面内スピンと面直スピンの向きが互いに一意に決まる。



面内-面直ハイブリッド構造の電子顕微鏡像



スピン方向のカップリングを電氣的に計測することに成功

社会への影響・期待される効果

スピントロニクスを活用した情報処理デバイスの最大の特徴は、磁石のN、S極の高い安定性に基づく情報の不揮発性です。ナノ磁性変調構造を導入することで不揮発性を保持しつつ、これまでにない機能、すなわち超低消費電力かつ高速な情報書き込みや読み出し、高効率センシング、さらには光制御技術をスピントロニクスデバイスに付与できると考えています。

【論文 Paper】 [1] Appl. Phys. Lett. 120, 172402 (2022). [2] Jpn. J. Appl. Phys. 61, 070908 (2022). [3] Appl. Phys. Lett. 119, 202402 (2021). [4] Appl. Phys. Lett. 116, 092405 (2020).

電界制御量子ドットを使った量子中継器開発

Development of quantum repeaters using electrically-controlled quantum dots

研究分野
Department量子システム創成
Quantum System Electronics研究者
Researcher大岩 顕
A. Oiwaキーワード
Keyword量子ドット、電子スピン、光子、量子中継、量子インターフェース
quantum dots, electron spin, photon, quantum repeaters, quantum interface応用分野
Application量子暗号通信、量子インターネット
flexible and wearable devices, switching and sensing devices,
Nano Electro Mechanical Systems(NEMS)

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

IoTが発達した将来の情報社会において、絶対に安全な通信方法を提供する量子暗号通信の研究開発が進みますが、その長距離化を実現する手法や物理系が未だ未解決です。これを解決して、絶対に安全なグローバル量子暗号通信ネットワークを構築することが必要です。

概要・特徴

電気制御量子ドットを使って、量子メモリー機能を有する光子-スピン量子インターフェースを開発し、長距離量子暗号通信のための量子中継器を実現します。

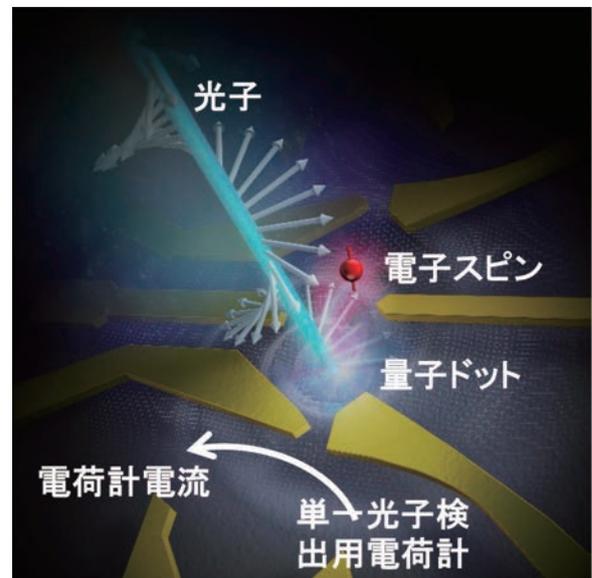
技術内容

- 減衰した量子情報を復調する量子中継器が必要で、その開発に不可欠な量子メモリー機能を有する光-スピン量子インターフェースをコア技術とした量子中継技術を開発します。
- 量子中継器は、光と固体量子ビットの間で量子情報を変換するインターフェースと量子メモリーで構成されます。我々は単一光子から半導体量子ドット中の単一電子スピンとの変換の技術を有します。
- 通信波長帯域での変換技術を開発したうえで、光学系や電子スピン操作・検出回路、それらを統合した量子中継器システムなどの設計・開発と量子中継の実証を行います。
- 高効率量子もつれ光源の技術開発とのタイアップ。

社会への影響・期待される効果

量子暗号通信のグローバルネットワークが構築され、絶対に安全に情報をやり取りできる社会がもたらされます。

量子コンピュータや原子時計、あるいは量子センサーなどを接続した量子インターネットを構築することで、量子情報を最大限に活用します。



【論文 Paper】

- [1] T. Fujita et al., Phys. Rev. Lett., 110, 266803 (2013).
 [2] A. Oiwa et al., J. Phys. Soc. Jpn. 86, 011008 (2017).
 [3] K. Kuroyama et al., Phys. Rev. B 99, 085203 (2019).

- [4] K. Kuroyama et al., Sci. Rep. 7, 16968 (2017)
 [5] T. Fujita et al., Nature communications 10, 2991 (2019).

量子ビットのシャトリング技術の開発

Development of a semiconductor spin qubit transfer

研究分野
Department量子システム創成
Quantum System Electronics研究者
Researcher藤田高史
T. Fujitaキーワード
Keyword量子ドット、スピン、集積化、量子技術
quantum dots, spin, integration, quantum technologies応用分野
Application量子計算、量子シミュレーション
quantum computing, quantum simulation

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

量子コンピュータ開発が激化しながらも、物理を含めた基礎研究は未だ切り離せず、世界中の研究機関や企業で要素技術の研究開発が進められています。様々な物理系が量子ビットとして研究されている中で、半導体量子ドット中の単一電子スピンは、電気的制御と集積化への適性といった利点により注目されています。

概要・特徴

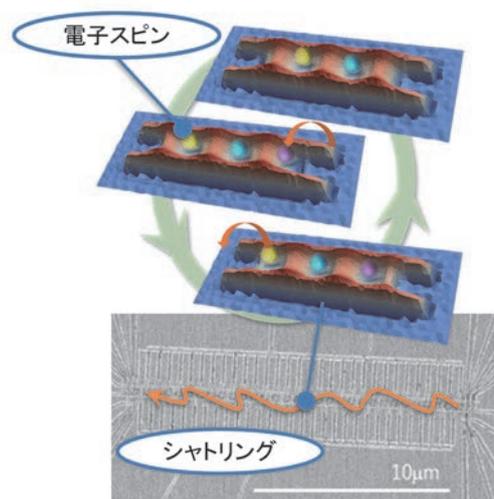
半導体スピン量子ビットの大規模集積化を可能にする、量子ドット間の伝送・量子結合を実現し、半導体スピンのオンチップネットワーク化に貢献します。

技術内容

- 半導体量子ドットとして、量子井戸基板表面のゲート電極を用いて、量子井戸中に誘起・制御されるゲート制御量子ドットを用います。
- 半導体量子ドットの1次元配列デバイスを延長した物理研究は世界的にもまだあまり進んでいません。中規模集積デバイスの試作、多重量子ドットの機械制御、スピン量子ビットの検証実験に取り組みます。
- 量子ドット1次元配列デバイスを用いて、量子伝送・もつれ配信・量子結合・多体量子系のシミュレーションへと発展します。
- 量子技術に着目した半導体産業とタイアップ。

社会への影響・期待される効果

半導体スピン量子ビットの集積化が進むことで、スピン量子コンピュータの早期実現が期待されます。量子コンピュータを実現すれば、その圧倒的な処理能力を活かして、新薬・新材料の開発や災害予測への活用が期待されます。



【論文 Paper】

[1] T. Fujita et al., npj Quantum Information 3, 22 (2017).

機能性酸化物を用いた新奇ナノデバイス創製

Fabrication of novel devices based on functional oxide materials

研究分野
Departmentナノ機能材料デバイス
Functional nanomaterials and nanodevices研究者
Researcher田中秀和 神吉輝夫
H. Tanaka T. Kankiキーワード
Keyword機能性酸化物、二酸化バナジウム、二次元原子層材料
functional oxide, vanadium oxide, 2D material応用分野
Applicationフレキシブルデバイス、抵抗スイッチ素子、赤外線センサー、NEMS
flexible and wearable devices, switching and sensing devices, Nano Electro Mechanical Systems(NEMS)

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

二酸化バナジウム(VO_2)は、 67°C 付近において絶縁体状態から金属状態へと相転移します。この相転移に伴い電気抵抗値が5桁ほど、赤外線の透過率が50%以上変化するため、抵抗スイッチ素子や赤外線センサーへの応用が期待されます。

概要・特徴

機能性酸化物である VO_2 をナノ構造化させたり、異種機能材料とヘテロ構造化させたりすることで、 VO_2 のデバイス応用展開の可能性を広げました。

技術内容

- 酸化マグネシウム(MgO)基板上に成長させた VO_2 薄膜を、 MgO 基板を選択的にエッチングすることで、基板から数 μm 浮いた架橋構造にすることに成功。
- リソグラフィ技術を駆使することで、電極間距離20nm、線幅100nmの VO_2 ナノ細線デバイスを作製。
- VO_2 を、六方晶窒化ホウ素(hBN)上に薄膜成長させ、形成した VO_2 薄膜とhBNとの積層構造を、粘着性ポリマーを介して異種材料上に転写させることに成功。
- VO_2 と二次元半導体である二セレン化タングステン(WSe_2)をヘテロ構造化させることで、急峻にオン・オフスイッチする新原理トランジスタの作製に成功。

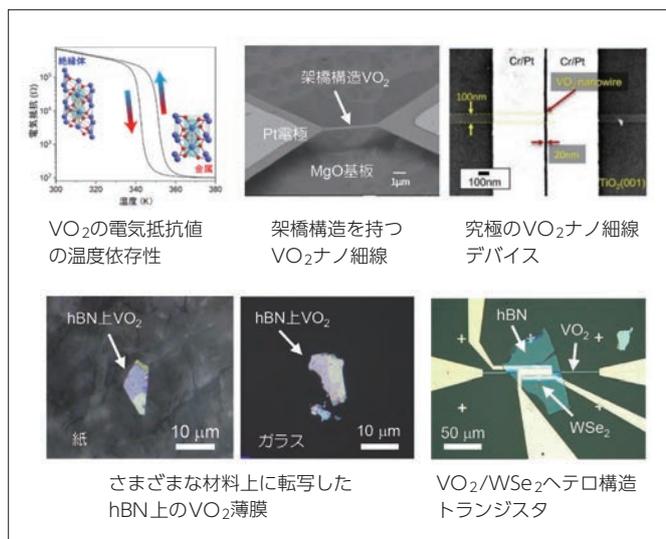
社会への影響・期待される効果

今回作製したナノ架橋構造型 VO_2 は、熱散逸が極端に抑制されるため、これを用いれば抵抗スイッチの超低消費電力化、赤外線センサーの超高感度化が期待できます。また、 VO_2 架橋構造は機械的柔軟性を有するため、アクチュエータへの応用も期待できます。

hBNと VO_2 との積層構造を柔軟な材料に転写することで、近年その需要が高まっている、ウェアブルデバイスやペーパーデバイスなどへの応用が期待できます。また、どのような形状の窓にも適用できるスマートウィンドウなどの開発も期待されます。

【論文 Paper】

- [1] Appl. Phys. Lett. 107 (2015) 143509(1-6) [3] Adv. Materials 25 (2013) 6430-6435
[2] Appl. Phys. Exp. 7 (2014) 023201 [4] ACS Appl. Mater. and Inter. 11 (2019) 3224-3230(1-9)



強相関電子系金属酸化物の精密3次元ナノ構造創製

Fabrication of 3D nanostructures based on strongly correlated transition metal oxides

研究分野
Department

ナノ機能材料デバイス
Functional nanomaterials and nanodevices

研究者
Researcher

田中秀和 服部 梓
H. Tanaka A. Hattori

キーワード
Keyword

3次元ナノ構造、機能性酸化物、相変化、ナノテンプレート
3D nanostructures, functional oxides, phase change, nano template

応用分野
Application

3次元ナノ機能デバイス
3D nano functional devices

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

強相関電子系金属酸化物は、金属-絶縁体相転移に伴う抵抗変化が劇的で 10^3 - 10^5 にも及ぶためナノエレクトロニクスへの展開が期待されています。しかし、金属酸化物は一般的に難加工材料のため、100 nmを下回るサイズの構造を作る技術が確立されていません。

概要・特徴

トップダウンとボトムアップを組み合わせた独自のナノ構造創製技術により、サイズ制御精度10nm以下で金属酸化物の3次元立体造形技術を確立しました。

技術内容

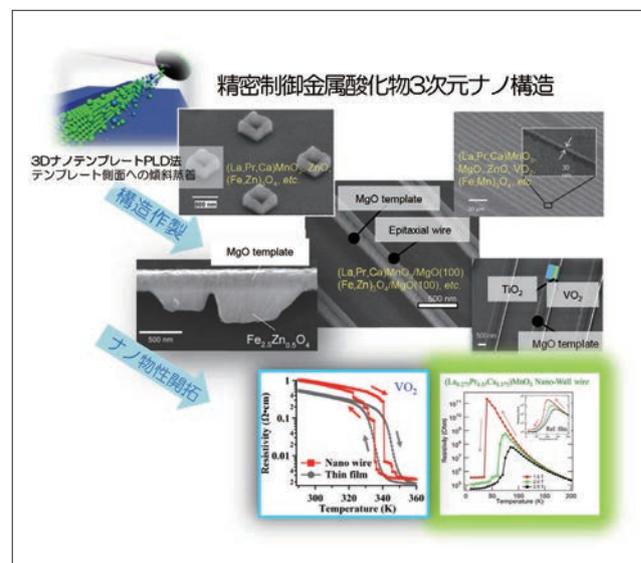
傾斜パルスレーザー堆積法 (PLD) 蒸着により、基板上に作製した3次元テンプレートの側面に成長起点を誘導し、テンプレート側面から分子層厚さ精度でサイズ制御したナノ構造を作製する手法を開発しました。テンプレートの形状、配置情報を正確に転写し、かつリソグラフィ分解能に縛られず分子層レベルでナノ構造のサイズ制御が可能であり、基本的にすべての物質に適用できる手法です。

立体基板の側面構造を原子レベルで観察・制御する手法も確立しており、これまでの加工、造形、構造評価技術の次元性と精度を大幅に向上した立体ナノ構造創生技術です。

社会への影響・期待される効果

ナノ細線試料では薄膜に比べて 10^3 - 10^6 倍もの急激な金属-絶縁体相転移に伴う抵抗変化を発見し、その起源が制限空間内に閉じ込められた電子集団の生成・消滅挙動に起因することを明らかにしました (ナノ構造増感効果)。

極限ナノ構造によるナノ電子相への直接アクセスの可能性を秘めており、人為的な相転移現象の機能化の方法論確立に向けて研究を進めています。魅力的ではあるが操作が難しく、これまでポテンシャルが充分に引き出せていなかった強相関金属酸化物に対して、機能発現の起源を解明し、物性操作法の確立が期待できます。



【論文 Paper】

- [1] Nano Letters 15 (2015) 4322-4328.
- [2] Nano Lett. 19(2019) 5003-5010

低次元ナノ構造酸化物の構造・機能チューニング

Architecture and Function Tuning for Low-dimensional Nanostructured Oxides

研究分野
Department先端ハード材料
Advanced Hard Materials研究者
Researcher関野 徹
T. Sekinoキーワード
Keywordナノチューブ、ナノシート、高次機能触媒、エネルギー変換
nanotube, nanosheet, multifunctional catalyst, energy conversion応用分野
Application触媒（環境浄化、光、不均一系）、太陽電池、センサー、生体適合材料
catalyst (environmental/heterogeneous/photo), solar cell, sensor, biocompatible material

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

酸化チタンを基礎とする酸化物ナノチューブやナノシート材料は、Ti-O結合に基づく結晶構造およびその電子状態に由来して発現する光化学物性と低次元ナノ構造との相関により、優れた光触媒能や特異な選択的分子吸着能の共生など従来材料にない多機能性を示します。

概要・特徴

酸化物材料の結晶およびナノ構造と機能を多角的にチューニングして高次機能を更に向上させ、次世代型の環境浄化機能材料、エネルギー創製材料や電池電極、光および化学センサー、更には多機能型生体適合・機能材料など、様々な応用展開・実用化を志向して研究を進めています。

チタニアナノチューブは通常の酸化チタンにはない優れた選択的分子・イオン吸着能と光触媒能を併せ持つ（能動型環境浄化機能）など、単材料でありながら物性-低次元構造協奏に基づく優れた多機能性を持ち、広範囲な環境およびエネルギー材料、更にはバイオマテリアル材料への展開が可能です。

技術内容

ごく簡単に環境低負荷な溶液化学プロセスによりナノチューブ構造などの低次元ナノ構造を持つチタニアを高収率で合成することができるほか、金属表面に直接ナノ構造を形成したりコーティングすることも可能です。さらに、機能性元素固溶やナノ複合化、ポリマーとのナノハイブリッド化など構造修飾を駆使し、物理的光化学的機能を更に向上させることができます。加えて分子レベル構造制御で可視光応答化も可能です。高効率の水分分解光触媒のほか、吸着・光触媒特性の共生と向上、太陽電池電極特性の向上、室温ガスセンシング機能化などが可能です。

社会への影響・期待される効果

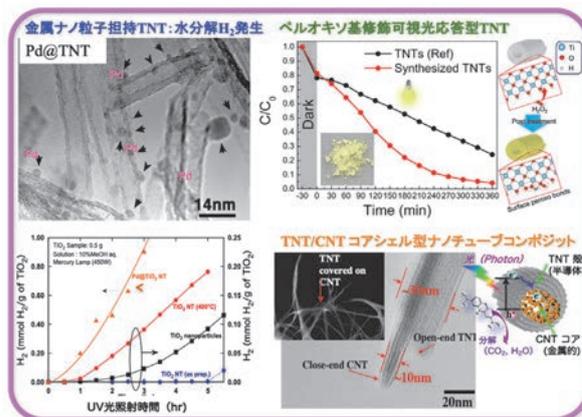
- 環境浄化・エネルギー創製機能材料、室温駆動型高性能ガスセンサー材料としての展開
- 多機能性を同時に獲得した材料デバイス（センサー等）の創出
- 多機能性生体適合性材料、バイオメディカル材料（DDS・PDT等）、衛生機能材料としての応用

【論文 Paper】

- [1] Chem. Commun., 57 (2021) 12536.
 [2] RSC Advances, 11 (2021) 18676.
 [3] ACS Appl. Nano Mater., 3 (2020) 7795.
 [4] ACS Appl. Nano Mater., 2 (2019) 6230.
 [5] Nano Biomed., 8 (2016) 41..

【特許 Patent】

- [1] 特開2021-171734
 [2] 特許第4868366号



高次機能を集約したマルチタスク型 先端セラミックス基複合材料の創製

Development of Multitask-type Advanced Ceramic-based Composites with Integrated Functions

研究分野
Department

先端ハード材料
Advanced Hard Materials

研究者
Researcher

関野 徹
T. Sekino

キーワード
Keyword

セラミックス、複合材料、マイクロ/ナノ構造、異方性、機能統合、力学/電気/磁気/光化学機能、室温損傷修復機能
ceramics, composite, micro/nanostructure, anisotropy, function integration, mechanical/physical/electrical/photochemical functions, room-temperature crack-healing function

応用分野
Application

機能性構造用材料、易加工セラミックス、損傷修復材料、能動的センサデバイス、デバイス製造装置、人工歯骨
functional structural materials, machinableceramics, crack-repair/healing materials, active sensor, device manufacturing, artificial teeth/born

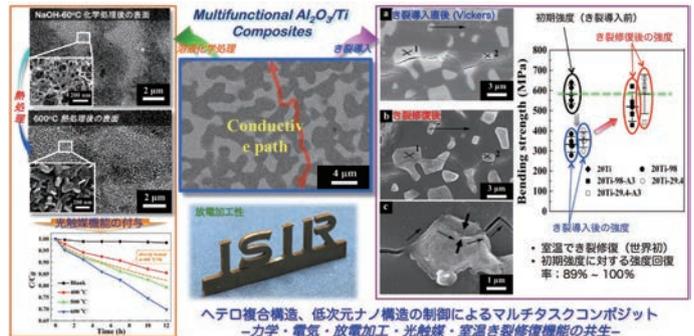


背景

構造用セラミックス材料が持つ力学的・熱的機能を更に向上させると共に、電気的性質や光化学的性質、磁氣的誘電的性質などの機能性を同時に共生させることで、ひとつの材料で多様な機能性を獲得し、様々な応用が可能な「マルチタスクな材料」の創製が期待されます。

概要・特徴

構造的機能（力学特性、耐摩耗性、耐熱性）に限定されていた従来の構造用セラミックス材料に、多様な複数機能を共生できます。これにより放電加工性や室温き裂損傷修復機能（世界初の成果）、光触媒機能を同時に備えた新規なセラミックス材料を創製し、生体親材料、機能性電極、光電変換材料、セルフセンシング構造材料などへの展開が可能な、そのものが多様なデバイス型機能を持つ「マルチタスク型材料」のコンセプト提案・創製および機能検証の研究を進めています。



技術内容

セラミックスを中心としたバルク材料に、ナノ/マイクロサイズ金属や機能性物質を分散複合化し、構造ユニット毎にその異方構造や配列構造（パーコレーション）、界面を設計・制御すると共に、各機能評価と機構解明を通じて高次な機能集約を果たした「マルチタスク機能型セラミックス」の創製および実証を行っています。

一例として、アルミナ (Al_2O_3) セラミックスに金属チタン (Ti) を分散複合化した Al_2O_3/Ti 複合材料は、破壊靱性の向上、Ti粒子のパーコレーションによる電気伝導性の共生、通常のセラミックスでは不可能な放電加工性の付与が可能です。さらに、導電性と化学反応性を制御し、室温での電気化学的処理で材料に生じたき裂損傷を修復し、損傷により低下した強度を初期値まで回復させることを実証（世界初）しました。加えて、化学的または熱的処理で表面ナノ構造酸化物を形成し、光触媒機能を同時に付与することが可能です。

社会への影響・期待される効果

- 力学的機能と多様な物理光化学機能（例えば光触媒機能）が融合したセラミックスの創製
- 室温プロセスによる損傷・き裂修復が可能なセラミックス基材料の創製と機構提案
- デバイス型機能材料の創製およびシステム小型・軽量・低コスト化

【論文 Paper】

[1] J. Am. Ceram. Soc., 104 (2021) 2753.
[2] J. Alloys Comp., 851 (2021) 156895.
[3] J. Am. Ceram. Soc., 103 (2020) 4573.

【特許 Patent】

[4] J. Am. Ceram. Soc., 102 (2019) 4236.
[5] J. Ceram. Soc. Japan, 126[11] (2018) 877.
[6] J. Am. Ceram. Soc., 101 (2018) 3181

【特許 Patent】

[1] 特開2020-094233
[2] 特許第5189786号
[3] 特許第3955901号

次世代二次電池の実現に向けた 新規電解液材料の開拓

New liquid electrolyte materials for next-generation batteries

研究分野 Department

エネルギー・環境材料
Energy and Environmental materials

研究者 Researcher

山田裕貴 片山 祐 近藤靖幸
Y. Yamada Y. Katayama Y. Kondo

キーワード Keyword

電気化学、電解液、界面
electrochemistry, electrolyte, interface

応用分野 Application

二次電池、電気二重層キャパシタ
rechargeable batteries, supercapacitors

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

イオン輸送を担う電解液は、二次電池や電気二重層キャパシタなどの電気化学デバイスの性能・安全性を決定する重要な液体材料です。電解液は、電解質（塩）と溶媒を混合して作られるため、電解質及び溶媒の種類という2次元的な設計が行われてきました。既にさまざまな電解質・溶媒を用いた網羅的な探索が行われ、飛躍的な高機能化・高性能化のために新たな設計軸の確立が求められています。

概要・特徴

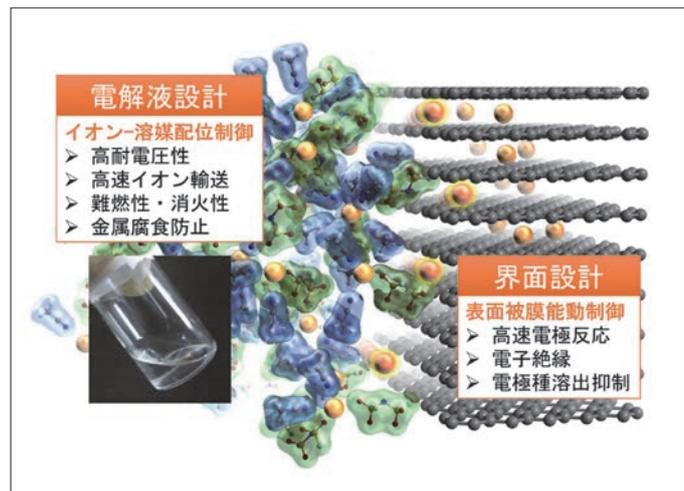
- 第3の設計軸としてイオンと溶媒分子のつながり（配位状態）を取り入れることで、さまざまな機能性電解液を開発しました。
- リチウム金属二次電池の高効率充放電を達成しました。

技術内容

- イオンと有機溶媒分子の配位状態をうまく制御することで、異常な還元安定性、5 V以上の酸化安定性、電極反応の高速化、金属の酸化腐食の抑制、難燃性の付与など、さまざまな機能が発現することを見出しました。
- 上記の概念を水に応用することで、室温で液体のリチウム塩水和物（水和融体）の発見に至るとともに、「水は1.23 Vの電圧で電気分解する」という教科書の常識を覆す3 V以上の耐電圧性を発現することを見出しました。
- リチウム金属二次電池の充放電効率を支配する電解液側因子を発見し、合理的な電解液設計により高効率充放電を達成しました。

社会への影響・期待される効果

リチウムイオン電池の電解液として応用することで、高電圧化や急速充電、高安全化などが可能になります。また、既存材料にはないさまざまな新機能により、リチウムイオン電池を超える次世代二次電池の開発に貢献します。



【論文 Paper】

- [1] J. Am. Chem. Soc. 136 (2014) 5039-5046
 [2] Nat. Energy 1 (2016) 16129
 [3] Nat. Energy 3 (2018) 22-29
 [4] Nat. Energy 4 (2019) 269-280
 [5] Nat. Energy 5 (2020) 291-298
 [6] Nat. Energy 7 (2022) 1217-1224

【特許 Patent】

- [1] 特許第 5816997 号
 [2] 特許第 5816998 号

電気化学反応のリアルタイム可視化技術開発

Development of Operando Analysis Tool for Electrochemical Devices

研究分野
Departmentエネルギー・環境材料
Energy and Environmental materials研究者
Researcher片山 祐 山田裕貴 近藤靖幸
Y. Katayama Y. Yamada Y. Kondoキーワード
Keywordオペランド分光法、カーボンニュートラル、電気化学界面、反応場
operando spectroscopy, carbon neutral, electrochemical interface, reaction field応用分野
ApplicationPower-to-Xデバイス、燃料電池、次世代二次電池
power-to-x, fuel cell, battery, carbon neutral

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

電気化学反応は、エネルギー貯蔵・エネルギー変換・材料合成など幅広い分野で我々の豊かな生活を支えています。これらの反応はいくつもの複雑な反応過程から成り立ちますが、その全てが固体の電極材料と液体の電解液材料の境界「電極/電解液界面」にて進行しています。この「電極/電解液界面」の理解は不十分であり、その解明と最適化の方策を確立することで、電気化学反応特性のさらなる向上が期待されます。

概要・特徴

- 電気化学反応をリアルタイムかつ原子レベルで可視化する技術を開発しました。
- メカニズム理解に立脚した材料開発による、各種電気化学デバイスの特性向上に成功しました。

技術内容

- 独自の金属薄膜製造技術により、シグナル増強効果を付与した金属薄膜の合成に成功しました。
- 開発した金属薄膜を集電体として用いることで、高時間分解能かつ高感度なリアルタイム可視化用電気化学セルを開発しました。
- 開発したリアルタイム測定セルを用いることで、これまで迷った水分解反応（水から水素と酸素を製造する反応）、二酸化炭素資源化反応、燃料電池反応、二次電池反応のメカニズムを解明しました。
- 解明したメカニズムに基づくボトムアップ的なアプローチによって、各種電気化学デバイスの特性向上に取り組んでいます。

社会への影響・期待される効果

独自のオペランド測定による電極/電解液界面反応解析を「電極/電解液界面」材料設計に応用することで、エネルギー・環境問題の解決に資する電気化学反応（以下代表例）の飛躍的な特性向上が期待できます。

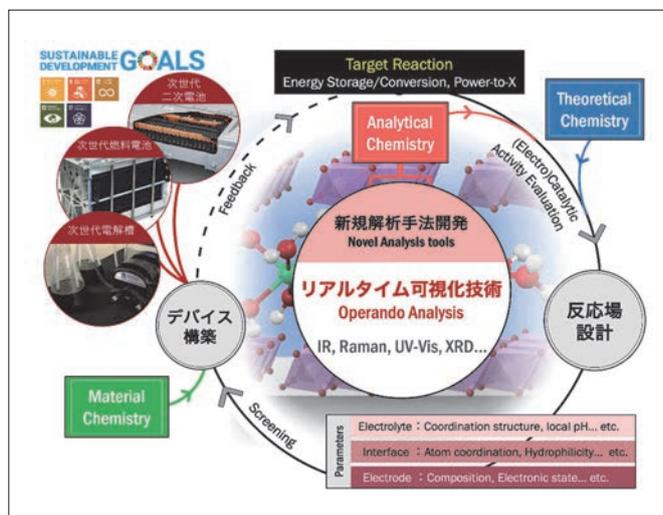
- 二酸化炭素資源化デバイス（電気化学的な二酸化炭素→燃料への変換反応）
- クリーン水素製造デバイス（電気化学的な水→水素への変換反応）
- クリーンアンモニア製造デバイス（電気化学的な窒素→アンモニアへの変換反応）

【論文 Paper】

- [1] Nature Catalysis 3, 516–525 (2020). [3] Science 358, 751–756 (2017).
[2] Energy & Environmental Science 13, 183–199 (2020). [4] ACS Catalysis 6, 2026–2034 (2016).

【特許 Patent】

- [1] 特願2022-032910
[2] PCT/JP2022/11337



電子デバイス用セルロースナノファイバー材料の開発

Developments of cellulose nanofiber materials for electronic device

研究分野
Department自然材料機能化
Functionalized Natural Materials研究者
Researcher能木雅也
M. Nogiキーワード
Keywordセルロースナノファイバー、水中短絡防止材料、高透明・絶縁・高耐熱性
cellulose nanofiber, water protection, high transparency, high insulation, high heat resistance応用分野
Application透明フィルム、生分解性デバイス、マイグレーション防止材
transparent film, biodegradable device, electro chemical migration

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

私達はセルロースナノファイバーを使い「透明な紙」を発明しました。また、デバイス回路をセルロースナノファイバー薄膜で覆っておくと、水没した際の短絡故障を防ぐことも明らかにしました。さらに、生分解性デバイスへの応用も可能です。

概要・特徴

- フレキシブル電子デバイスへの応用に向けて、セルロースナノファイバー材料の開発を行っています。
- 水没故障を防ぎ、土に還るセンサデバイスを実現します。

技術内容

【濡れても、故障しない電子機器の実】

- 電子回路は濡れると、ショートし、発熱・発火します。
- 従来は、回路が濡れないように、ポリマーで防水コート(封止)しています。しかし、ポリマー封止材が破損すると、水が浸入し、ショートします。
- セルロースナノファイバー薄膜で回路をコートしておけばショートしません。また、もし薄膜が破損しても、ショートしません。

【土に還るセンサデバイスの開発】

- セルロースナノファイバーを用いて、高性能キャパシタを開発しました。
- コイルや抵抗なども実装し、雰囲気湿度情報を無線送受信できるセンサデバイスを開発しました。
- このセンサデバイスは、紙(セルロースナノファイバー)と金属、石ころ(鉱物)という自然の恵みだけで作られています。
- したがって、使用後に土中へ放置すると、40日後には総体積の95%以上が分解します。

社会への影響・期待される効果

これまでのポリマーベースの電子デバイスは、割れて濡れると短絡故障します。しかしセルロースナノファイバーを利用すれば、割れて濡れても、電子デバイスは短絡故障しません。また、ポリマーベースの電子デバイスは野外放置するとゴミになりますが、セルロースナノファイバーを利用した電子デバイスは循環型資源になります。したがって、セルロースナノファイバーは、これからの未来社会において重要な材料となるでしょう。

【論文 Paper】

- [1] ACS Appl. Mater. Interfaces, 11 (2019) 43488, DOI: 10.1021/acsami.9b13886
- [2] ACS Appl. Mater. Interfaces, 4 (2021) 3861, DOI: 10.1021/acsanm.1c00267



紙のリノベーションによる
新奇グリーンデバイスの創製

Renovation of Paper for Green Device Innovation

研究分野
Department自然材料機能化
Functionalized Natural Materials研究者
Researcher古賀大尚
H. Kogaキーワード
Keywordセルロースナノファイバー、機能紙、グリーンケミストリー、グリーンエレクトロニクス
cellulose nanofiber, functional paper, green chemistry, green electronics応用分野
Application物質・光熱変換リアクター、サステナブルデバイス、健康診断
reactor for material and photothermal conversion, sustainable electronic device, medical checkup

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

樹木セルロース繊維・紙や紙抄きといった伝統的な農学系材料・技法の長所を活用して、医・工学分野で注目される先端機能材料を創り出す異分野間の温故知新融合に取り組んでいます。

概要・特徴

伝統と先端を融合した「紙のリノベーション戦略= ①分子・材料設計+ ②ナノ-マイクロ構造設計」で、従来材料より優れた触媒・電子機能に加えて、紙特有のフレキシブル性・リサイクル性・生分解性も発現させることにより、機能性と環境調和性を両立した真のグリーンイノベーションを目指しています。

技術内容

【紙の反応器「ペーパーリアクター」】

●紙内部にナノ-マイクロ細孔構造を設計し、物質の効率輸送を実現する反応流路として応用することに成功しました。●紙内部のナノセルロース繊維表面に金属ナノ粒子を露出担持させる技術を確認し、高効率なフロー触媒反応や、太陽光-熱変換および海水の淡水化に成功しました。●現在、簡易・迅速・非侵襲健康診断への応用展開も進行中です。

【紙の電子デバイス「ペーパーエレクトロニクス」】

●紙に種々の電子ナノ材料を融合し、高性能・フレキシブル・皮膚親和性・生分解性の様々な電子デバイス素子を創出しました。●現在、ナノセルロースやナノキチン自体の半導体化、および、センサ、エネルギー変換、電磁波吸収等への応用も進行中です。



社会への影響・期待される効果

- ガラスや合成高分子ベースの先端材料よりも高性能なリアクターや電子デバイスを実現
- 紙特有のフレキシブル性・リサイクル性・生分解性・ディスプレイ性の発現にも成功
- 環境調和性と高機能性を両立させた真のグリーンケミストリー・エレクトロニクスに貢献

【論文 Paper】[1] ACS Nano, 16, 8630 (2022). [2] Chem. Eng. J., 450, 137943 (2022). [3] Chem. Mater., 34, 7379 (2022). [4] J. Mater. Chem. C, 10, 3712 (2022). [5] ACS Appl. Mater. Interfaces, 11, 15044 (2019). [6] ChemSusChem, 10, 2560 (2017). [7] NPG Asia Mater., 8, e310 (2016). [8] Adv. Mater., 27, 1112 (2015). [9] NPG Asia Mater., 6, e93 (2014). [10] Adv. Funct. Mater., 24, 1657 (2014).

【特許 Patent】

- [1] 特許6630091号
[2] 特許6144982号
[3] 特許5970915号
[4] 特許5566368号

波長選択型有機太陽電池の開発

Development of wavelength-selective organic solar cells

研究分野
Departmentソフトナノマテリアル
Soft Nanomaterials研究者
Researcher家 裕隆
Y. Ieキーワード
Keyword有機半導体材料、光・電子機能材料
organic semiconducting materials, photo and electronic functional materials応用分野
Application有機太陽電池、有機トランジスタ、有機フォトディテクター
organic solar cell, organic transistor, organic photodetector

研究開発段階

基礎

実用化準備

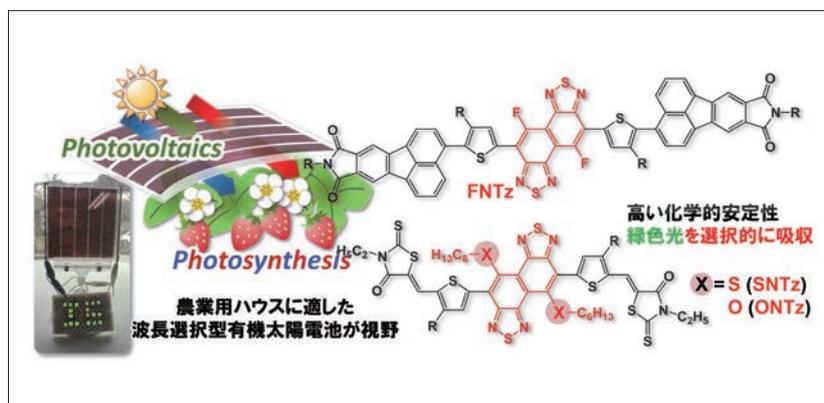
応用化

背景

分子の構造－物性－素子機能の相関を解明しながら、新規機能材料の創製を行っています。
高い機能や新しい機能の創出、および、実用化を目標としています。

概要・特徴

- 高性能有機半導体材料開発の要件：
電子受容性ユニットの組み込み
- 課題解決手段：
フッ素原子を導入した「ナフトビスチアジアゾール (FNTz)」を開発
- 有機太陽電池のn型、p型半導体材料に活用し、性能向上を確認
- 光吸収波長を調節した材料開発により、波長選択性を付与した有機太陽電池が可能



技術内容

二置換ナフトビスチアジアゾールを有機太陽電池に組み込むことで発電効率が向上しました。
これらのアクセプターは緑色光選択的な光吸収を持つため、波長選択型有機太陽電池が実現できます。

社会への影響・期待される効果

- 高性能有機太陽電池への応用。とりわけ、農業用ハウス搭載に向けた波長選択型有機太陽電池への応用。
- 熱活性化遅延蛍光の鍵中間体への応用。
- 高性能有機半導体材料開発も期待。

【論文 Paper】

- [1] ACS Sustainable Chem. Eng. 2023, 11, 1548.
- [2] J. Mater. Chem. A 2022, 10, 20035.
- [3] Adv. Energy Mater. 2020, 10, 1903278.
- [4] Adv. Energy Mater. 2018, 8, 1702506.
- [5] NPG Asia Mater. 2018, 10, 1016.
- [6] J. Mater. Chem. A 2017, 5, 19773.
- [7] J. Mater. Chem. A 2017, 5, 3932.
- [8] Chem. Mater. 2016, 28, 1705.

【特許 Patent】

- [1] 特許第 06141423 号 (2017/05/12)
- [2] 特許第 06004848 号 (2016/09/16)
- [3] 特許第 05987237 号 (2016/08/19)
- [4] 特許第 05954814 号 (2016/06/24)
- [5] 特許第 05881283 号 (2016/02/12)
- [6] 特許第 05792482 号 (2015/08/14)
- [7] 特許第 05643572 号 (2014/11/07)
- [8] 特許第 05342852 号 (2013/08/16)

数ナノメートルスケールの分子導線の開発

Development of several-nanometer-scale molecular wire

研究分野
Department

ソフトナノマテリアル
Soft Nanomaterials

研究者
Researcher

家 裕隆
Y. Ie

キーワード
Keyword

電荷輸送材料、光・電子機能材料、分子導線
carrier-transporting materials, photo and electronic functional materials, molecular wire

応用分野
Application

分子エレクトロニクス、有機エレクトロニクス
molecular electronics, organic electronics

研究開発段階

基礎

実用化準備

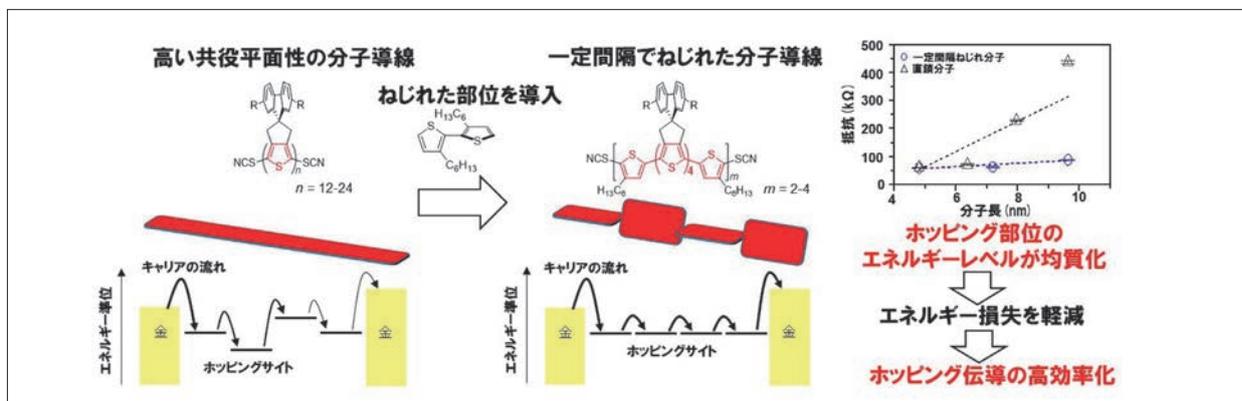
応用化

背景

分子レベルまで超微小化した分子エレクトロニクス実現のためには、高い電気伝導特性をもつ数ナノメートルスケールの分子導線の開発が不可欠です。分子内の長距離電気伝導において重要なホッピング伝導の高効率化の指針を得ることが、実用化に向けた重要な課題となっています。

概要・特徴

完全平面構造の分子導線に対して、一定間隔でねじれをもたせることで、分子内の分子内の電子準位（ホッピングサイト）が均質化し、電気伝導特性が向上することを明らかにしました。



技術内容

分子の長さが数ナノメートルスケール以上になると、正孔などのキャリアが分子内に局在し、ホッピングサイトを飛び移りながら移動していくホッピング伝導が主要なメカニズムとなります。(1)数ナノメートルスケール、(2)分子間相互作用を排除した完全被覆構造、(3)分子長の精密な制御、を兼ね備えた分子の有機合成を達成することで、「ホッピングサイトを均質に揃えることがホッピング伝導の効率化に有効」であることを実験的に初めて実証することができました。

社会への影響・期待される効果

- 高いホッピング伝導特性をもつ完全被覆構造の数ナノメートルスケールの分子導線が実現できます。
- 分子エレクトロニクス、有機エレクトロニクスに向けた、分子物性を活かした新機軸の分子開発が期待されます。

【論文 Paper】

- [1] J. Am. Chem. Soc. 2021, 143, 599. [4] J. Phys. Chem. Lett. 2015, 6, 3754.
 [2] J. Phys. Chem. Lett. 2019, 10, 3197. [5] Chem. Eur. J. 2015, 21, 16688.
 [3] J. Phys. Chem. Lett. 2019, 10, 5292. [5] Angew. Chem. Int. Ed. 2011, 50, 11980.

【特許 Patent】

- [1] 特許第4505568号
(2010/05/04)

金属有機構造体による環境課題解決

Metal organic frameworks for environmental remediation

研究分野
Department

金属有機融合材料
Metal organic material science

研究者
Researcher

松本健俊
T. Matsumoto

キーワード
Keyword

金属有機構造体、吸着、分解、放出
metal organic framework (MOF), adsorption, decomposition, release

応用分野
Application

水質改善、農業
water quality improvement, agriculture

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

有機フッ素化合物や農薬などによる環境問題が取りざたされています。これらの化合物は、低濃度でも健康被害や生態系破壊につながる可能性も指摘されています。そのため、低濃度でも効率的に回収し、流出させることなく、安全に処分する方法の確立が期待されています。また、過剰な施肥による水質劣化にも関心が集まっています。

概要・特徴

金属原子と有機化合物からなり、規則構造をもつ金属有機構造体を用い、化学物質の選択的除去・分解や、長期にわたる必要最低限の肥料放出が可能な金属有機構造体を探索します。

技術内容

- 実際に用いられる環境に近い条件での、金属有機構造体の安定性について評価します。
- 金属有機構造体への吸着挙動や、化合物の選択性について評価し、メカニズムを解明します。
- 金属有機化合物からの化合物の放出速度の制御法を研究します。
- 金属有機構造体に吸着した化学物質の安全な分解方法について、触媒や熱分解などの利用可能性を探索します。
- 金属有機構造体の最適化を効率的に進めるため、機械学習の手法を適用します。

社会への影響・期待される効果

金属有機構造体の利用について、水資源や農業分野での報告例が少なく、今後、食料・環境問題の解決により多くの研究成果が必要です。これらの分野において、安心・安全な生活環境の実現されることが期待されています。簡便な化学物質の検出技術の研究・開発も加速しています。



【論文 Paper】

[1] ACS Appl. Mater. Interfaces 2022, 14, 16983. (DOI: 10.1021/acsami.2c00615)

シリコン/黒鉛シート複合体を用いた リチウムイオン電池負極の創製

Fabrication of anodes with Si/graphite sheet composites in Li Ion batteries

研究分野
Department

金属有機融合材料
Metal organic material science

研究者
Researcher

松本健俊
T. Matsumoto

キーワード
Keyword

リチウムイオン電池、シリコン、切粉、黒鉛シート、金属有機構造体
Li ion battery, Si, swarf, graphite sheet, metal organic framework (MOF)

応用分野
Application

リチウムイオン電池、電動移動体、シリコン加工、黒鉛加工、エネルギー貯蔵、金属有機被膜
Li ion battery, electric vehicle, silicon processing, graphite processing, energy storage, MOF layer

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

次世代のリチウムイオン電池の高容量負極の材料として、シリコンが研究されています。しかし、充放電時の体積変化が大きく、破壊されやすい欠点があります。破壊を抑制するために、シリコン粒子のサイズを小さくする方法もありますが、高コストになる課題もあります。

概要・特徴

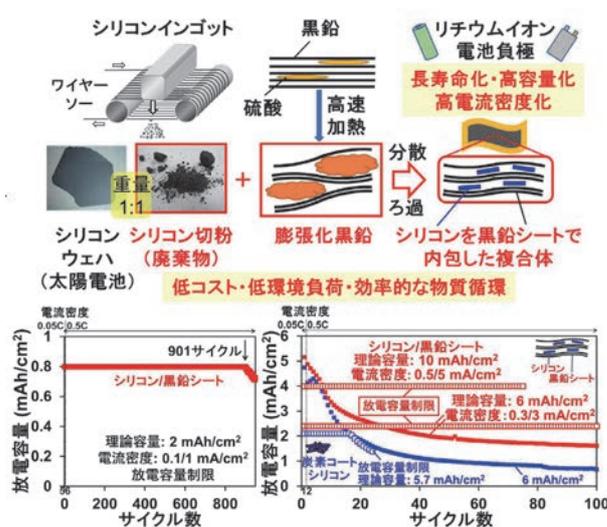
シリコンインゴットをスライスする時に発生するシリコン切粉を解砕し、極薄黒鉛シート間に分散させた複合体を用いることで、シリコン負極の充放電特性が向上します。

技術内容

- シリコン負極の反応メカニズムを研究し、高容量負極を開発しています。
- 切粉を解砕したフレーク状シリコン粒子を極薄黒鉛シートと溶媒中で分散、ろ過し、複合体を作製しています。
- シリコン/黒鉛シート電極を十分に充電し、放電容量を制限することで、サイクル寿命が大きく向上します。
- 厚い電極と放電容量制限を用いることで、高容量・高電流密度で充放電でき、電池の軽量化・低コスト化も可能です。
- 金属有機構造体被膜による充放電特性の向上について、評価しています。

社会への影響・期待される効果

シリコン切粉は、主に廃材として扱われ、世界で年間約10万トンも発生します。砥粒が混入しないシリコンインゴットのスライス法と水ベースの冷媒の利用が主流になり、水洗だけでシリコン切粉を利用できるようになっています。高温プロセスで作製されたシリコンの廃材と、短時間加熱で作製する膨張化黒鉛と黒鉛シートの副産物を原料とし、室温でシリコン/黒鉛シート複合体を作製します。これを用いてリチウムイオン電池の負極を製造することで、コストや環境負荷を低減でき、循環型経済への寄与も期待されます。



【論文 Paper】

- [1] J. Electrochem. Soc. 168 (2021) 020521-1-14. (DOI: 10.1149/1945-7111/abdd7e)
- [2] J. Alloys Compd. 720 (2017) 529-540. (DOI: 10.1016/j.jallcom.2017.05.228)
- [3] J. Electrochem. Soc. 164 (2017) A995-A1001. (DOI: 10.1149/2.0361706jes)
- [4] Sci. Rep. 7 (2017) 42734-1-10. (DOI: 10.1038/srep42734)

【特許 Patent】

- [1] 特願2020-002263.

殺菌作用を有する二次元高分子材料の開発

Development of Two-dimensional Polymeric Materials with Bactericidal Activity

研究分野
Department励起材料化学
Material Excitation Chemistry研究者
Researcher藤塚 守 小阪田泰子
M. Fujitsuka Y. Osakadaキーワード
Keyword二次元高分子、光増感剤
two dimensional macromolecules, photosensitizers応用分野
Application光触媒、殺菌剤、人工光合成
photocatalysts, disinfectant, artificial photosynthesis

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

ポルフィリンに代表される光増感剤などからなる光機能性材料は、細菌などを不活性化するための最も有望な材料の一つである。中でも、高分子に分類される光機能性有機材料は、光増感剤としてしばしば用いられている。有機高分子材料の光増感剤の中でも、共有結合性有機フレームワーク (COF) は、細菌を不活性化する光触媒として有望であり、実用化に向けてより高活性な光増感作用をしめす有機高分子材料の開発が望まれていた。

概要・特徴

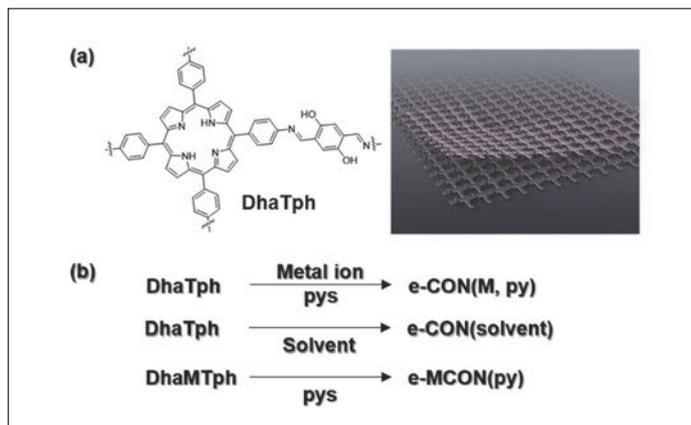
本研究では、ポルフィリンCOFを剥離することで、ディスク状の高分子材料の共有結合性有機ナノディスク (CON)を合成し、CONはCOFに比べ細菌に対してより優れた光増感作用として高い殺菌活性を示すことを明らかにした。

技術内容

- 簡易な方法で、ディスク状の形状をしたCONを合成できることがわかった。
- 合成したポルフィリンCONは、オリジナルのCOFと比較して、光照射により10倍以上の抗菌活性を示すことがわかった。
- 助触媒存在下で、合成したポルフィリンCONは、COFに比べ、光照射により最大で7倍の水素を発生する光増感剤としても機能することが分かった。

社会への影響・期待される効果

今回作製したポルフィリンCONは、大腸菌の場合、一重項酸素が菌膜の破裂という致命的なダメージを与えていることがわかり、これを用いれば大腸菌のみならず、一般的な殺菌剤としての利用が期待できる。また、光機能に応じた二次元ポリマーの新しい作製方法を複数示し、このディスク状高分子が人工光合成を目指した光触媒反応に使用できる光機能性材料であることを示した。



【論文 Paper】

- [1] Commun. Chem. 2 (2019) 55.
- [2] [2] Appl. Surf. Sci. 513 (2020) 145720.
- [3] ACS Omega 7 (2022) 7172.
- [4] Surf. Interf. 25 (2021) 101249. (Review)

光機能材料における励起イオン種の応用開発

Application of excited ion species in photo-functional materials

研究分野
Department励起材料化学
Material Excitation Chemistry研究者
Researcher藤塚 守 Lu Chao
M. Fujitsuka L. Chaoキーワード
Keyword光機能材料、励起イオン種、時間分解分光、光化学
photo-functional materials, excited ion species, time-resolved spectroscopy, photochemistry応用分野
Application太陽電池、半導体デバイス、光センサー、光触媒
solar cells, semiconductor devices, optical sensors, photocatalysts

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

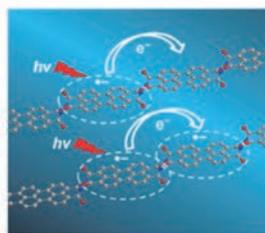
単一電子移動などによる生じたイオン種は光化学や材料化学を含む多くの分野において重要な中間反応体です。一方、これらのイオン種を光励起すると励起イオン種が生成します。励起状態のイオン種は、エネルギー増幅から酸化還元能力が強化されたため、極めて反応性の高い化学活性種として扱われています。これらの中間体は新しい反応への有力な前駆体として、関連する様々な光機能分子材料の伝導過程に寄与することが可能になります。

概要・特徴

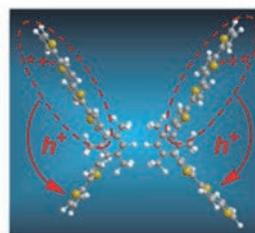
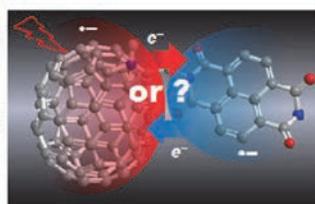
励起イオン種は極めて強い酸化還元力を持つ高度活性種であり、高い所有電位から新規化学反応の実現により、「スーパーリダクタント・スーパーオキシダント」と呼ばれ、光エネルギー変換材料への応用展開が期待できます。

技術内容

幅広い時間精度を狙えるレーザーフラッシュフォトリシスなどの手法を用いた超高速分光により、励起ダイナミクス・電荷移動過程をリアルタイムで観察し、さらには解析・制御することも可能になります。研究内容はレーザーを使用した時間分解分光を主な検出方法とし、高度活性種である多種多様な励起イオン中間体に関する励起状態・電荷移動メカニズムの解明とこれらの還元・酸化反応のスーパープレカターに関する新たな分野の確立により、新規伝導材料システムへの実用化開発であります。



励起ラジカルアニオン



励起ラジカルカチオン

社会への影響・期待される効果

未開拓の励起イオン種からの反応は、最も豊富な再生可能エネルギーとしての太陽光をより効率的に使うための新しいルートであり、エネルギー危機の緩和などに貢献できるように期待される所であります。

【論文 Paper】

- [1] J. Phys. Chem. B 119 (2015) 7275-7282
 [2] J. Phys. Chem. C 120 (2016) 12734-12741
 [3] J. Phys. Chem. C 121 (2017) 649-655

- [4] J. Phys. Chem. C 121 (2017) 4558-4563
 [5] J. Phys. Chem. C 122 (2018) 13385-13390

自動精密有機合成を志向した 機械学習による反応条件最適化

ML-assisted Conditions Screening Toward Automated Organic Synthesis

研究分野
Department

機能物質化学
Synthetic Organic Chemistry

研究者
Researcher

滝澤 忍
S. Takizawa

キーワード
Keyword

フロー合成、電解合成、機械学習
flow synthesis, electrolytic synthesis, machine learning (ML)

応用分野
Application

ファインケミカルズ、医薬品、農薬、香料
fine chemicals, medicines, agrochemicals, perfumery

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

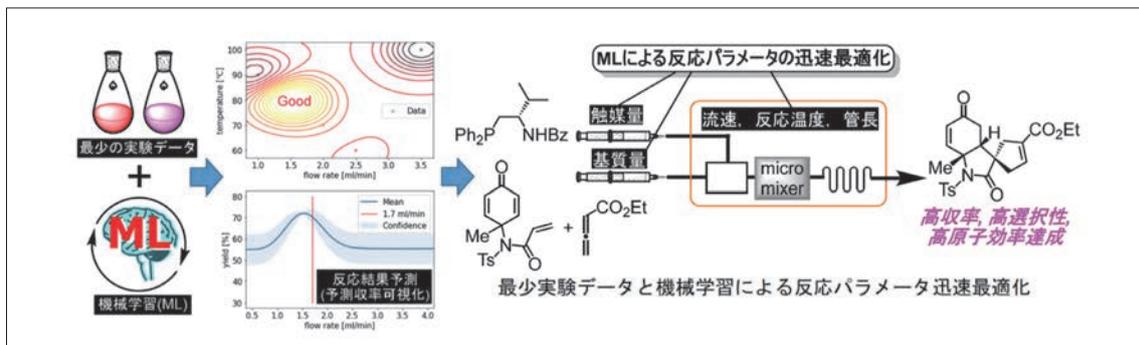
医薬原料等のファインケミカルズの安定供給は、人類の安全と快適な生活を維持するために重要です。ファインケミカルズのフロー・電解自動合成に向け、最少実験と実験計画をハイブリッドした**実践的機械学習を基盤とする反応プロセス**技術の革新を目指しています。

概要・特徴

反応支配因子の多くが連続パラメータであるフロー・電解反応の高品質かつ高い再現性を有する学習データを効率的に収集することで、膨大な数の学習データを必要とするAI・MLの常識を覆し、最少実験試行数にて反応開発を加速する実践的な反応条件自動最適化AI・MLを実現します。

技術内容

フロー・電解合成法は、「分子拡散や熱移動を精密に制御でき個々の操作が実験者の技術に依存しにくくデータ精度が高い」「反応温度・基質当量・溶液の混合速度などのパラメータを容易に変更できる」「コンピュータ制御による自動化が可能であり信頼性の高いデータを集積化できる」といった特徴を有します。本合成法は機械学習との親和性が極めて高いことから、有機分子触媒によるフロードミノ反応やケチミンの電解合成にガウス過程帰帰やベイズ最適化を適用したところ、10回程度の実験試行から収率の可視化や複数の反応条件最適化が可能なることを実証しました。



社会への影響・期待される効果

- プロセスの省資源化・省エネルギー化
- 新規反応開発の加速化とその自動化

【論文 Paper】

- [1] Chem. Commun. 2020, 56, 1259. [4] Chem. Commun. 2022, 58, 3893.
 [2] Green Chem. 2021, 23, 5825. [5] Commun. Chem. 2022, 5, 148.
 [3] J. Org. Chem. 2021, 86, 16035. [6] Org. Process Res. Dev. 2023, in press, doi: 10.1021/acs.oprd.2c00267.

二重活性化型不斉触媒の開発と キラルビルディングブロックの創出

Development and Application of Chiral Dual Catalysts

研究分野

Department

機能物質化学
Synthetic Organic Chemistry

研究者

Researcher

滝澤 忍
S. Takizawa

キーワード

Keyword

触媒的不斉合成、不斉触媒、光学活性化合物、機械学習
asymmetric catalysis, chiral catalyst, optically active compound, machine learning

応用分野

Application

ファインケミカルズ、医薬品、農薬、香料
fine chemicals, medicines, agrochemicals, perfumery

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

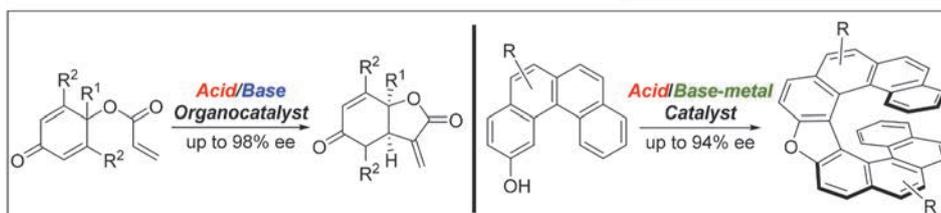
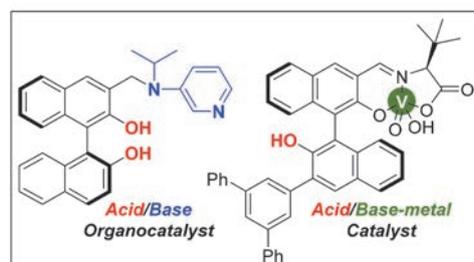
「光学活性化合物」は、医薬品や農薬などの現代社会に必要な幅広い製品に利用されています。本研究では、少量のキラル源から大量の光学活性化合物を産出でき、効率性・環境調和性にも優れた触媒的不斉合成技術の革新とそのデジタル化研究を展開しています。

概要・特徴

有機酸、有機塩基や卑金属を人工の不斉骨格に任意に導入した有機分子不斉触媒や二核卑金属不斉触媒の開発を行っています。同一触媒内の反応基質活性化ユニットが協調的に働くことで、高価で毒性の高いレアメタルを用いずとも触媒的不斉反応が効率的に進行し、汎用性の高い医薬品中間体の環境低負荷な供給法が確立できます。

技術内容

酸-塩基型有機分子不斉触媒や二核バナジウム金属不斉触媒を用いると、安価で入手容易な原料から反応性の高い光学活性な中間体が発生し、これを連続反応へと応用することで、下図のような付加価値の高い複雑な機能性分子骨格が簡便に合成可能です。



社会への影響・期待される効果

- プロセスの省資源化・省エネルギー化・環境低負荷化・デジタル化
- 新規な光学活性化合物開発における有用な合成手法

論文 Paper

- [1] J. Am. Chem. Soc. 2005, 127, 3680. [6] ACS. Catal. 2018, 8, 5228.
 [2] Angew. Chem. Int. Ed. 2010, 49, 9725. [7] ACS. Catal. 2021, 11, 1863.
 [3] Angew. Chem. Int. Ed. 2012, 51, 5423. [8] Green Chem. 2021, 23, 5825.
 [4] Angew. Chem. Int. Ed. 2015, 54, 15511. [9] Acc. Chem. Res. 2022, 55, 2949.
 [5] J. Am. Chem. Soc. 2016, 138, 11481.

特許 Patent

- [1] 特開2006-28021. [2] Patent No. US 2006-009646. [3] 特願2020-189525

不斉水素借用反応の開発と天然化合物の触媒的不斉合成

Asymmetric hydrogen borrowing reaction and application for the catalytic asymmetric synthesis of natural products

研究分野

Department

総合解析センター
Comprehensive Analysis Center

研究者

Researcher

鈴木健之
T. Suzuki

キーワード

Keyword

イリジウム、不斉触媒、酸化反応
iridium, asymmetric catalyst, oxidation

応用分野

Application

ファインケミカルズ、医薬品、農薬、香料
fine chemicals, medicines, agrochemicals, perfumery

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

酸化、還元は合成化学の基盤技術であり、これらに関わる新規不斉触媒反応の開発により、環境負荷の低いグリーンプロセスの構築を目指しています。

概要・特徴

酸化や還元プロセスに関わる新規不斉触媒反応を用いて有用天然化合物の高効率触媒的不斉合成を行います。

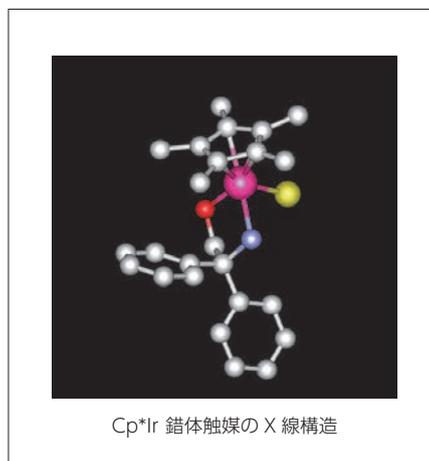
- 対称化合物の非対称化による複数のキラル中心を有する有機化合物を合成
- 高原子効率の化学変換による環境調和型触媒反応を実現

技術内容

- 不斉金属錯体の合成
- 不安定中間体の構造決定
- 光学異性体の分離、純度決定
- 有機化合物の構造決定
- 光学異性体の絶対配置決定

社会への影響・期待される効果

- 従来にないレドックスニュートラルな不斉触媒反応の実現
- 有用天然化合物の高効率合成



【論文 Paper】

- [1] Suzuki, T., Chem. Rev. 2011, 111, 1825-1845.
- [2] Suzuki, T., Desymmetrization of meso diols. In Comprehensive Chirality, Yamamoto, H.; Carreira, E. M., Eds. Elsevier 2012; Vol. 5, pp 502-533.
- [3] Ismiyanto; Kishi, N.; Adachi, Y.; Jiang, R.; Doi, T.; Zhou, D.-Y.; Asano, K.; Obora, Y.; Suzuki, T.; Sasai, H.; Suzuki, T., RSC Adv. 2021, 11, 11606-11609.
- [4] Jiang, R.; Ismiyanto; Abe, T.; Zhou, D.-Y.; Asano, K.; Suzuki, T.; Sasai, H.; Suzuki, T., J. Org. Chem. 2022, 87, 5051-5056.

シンクロトロン放射光角度分解光電子分光による 固体電子の様々な相互作用の検出

Probing of the electron-interaction in solids by means of angle-resolved photoelectron spectroscopy with synchrotron radiation

研究分野

Department

励起物性科学

Excited solid-state dynamics

研究者

Researcher

田中慎一郎

S. Tanaka

キーワード

Keyword

ARPES, シンクロトロン放射光、2次元物質、電子格子相互作用

ARPES, synchrotron radiation, 2D-material, electron-phonon interaction

応用分野

Application

新機能デバイス開発

development of new-functional devices

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

固体内の電子の性質は一般に、平均化したポテンシャル中での電子の波動方程式を解くことで理解されます。しかし、実際の固体の性質、特にデバイスとしての応用を考えた時重要な動的な性質は、格子の運動による擾乱（電子格子相互作用；図参照）や、光による電磁波による励起など、さまざまな相互作用によって決定されます。

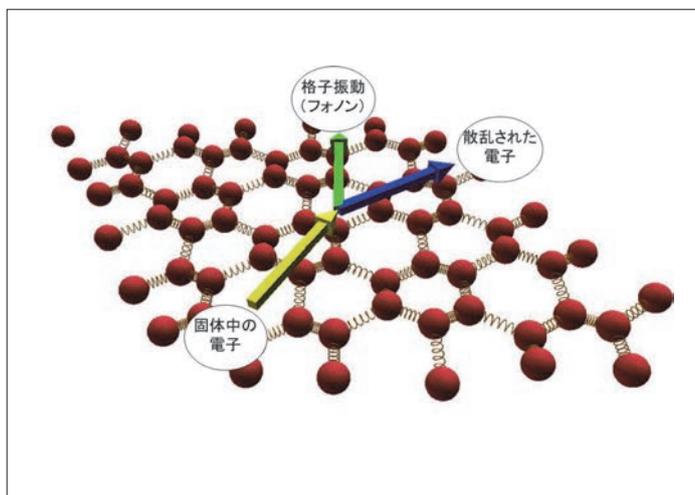
概要・特徴

最先端の計測技術を用いて、グラフェンや遷移金属ダイカルコゲナイドなど低次元系における電子のダイナミクスを研究し、新機能物質開発のための指針を打ち立てます。

技術内容

これらの相互作用を分光学的に調べることは、固体の電子物性の理解に役立ち、将来の新機能デバイス開発のためのしっかりとした指針の形成につながります。現在は主として新奇デバイス候補として、さらに興味深い低次元物性を示すため注目を集めるグラフェンや遷移金属ダイカルコゲナイドなどの層状物質について研究しています。

角度分解光電子分光 (ARPES) は、電子の運動量とエネルギーを直接検出できる非常に優れた実験手段です。この光源として最もふさわしいシンクロトロン放射光施設を利用し、多くの他機関の研究者とも連携して研究を進めています。さらに、高分解能電子エネルギー損失分光 (HREELS) や、電子電子コインシデンス分光法 (EECOS) など、先進的なさまざまな電子分光法も用いています。



社会への影響・期待される効果

- 物質の電子物性における基礎過程の解明
- 新機能物質開発のための指針の確立

【論文 Paper】

- [1] S. Tanaka, M. Matsunami, S. Kimura, Sci. Rep. 3, 3031 (2013).
- [2] I. Suzuki, Z. Lin, S. Kawanishi, K. Tanaka, Y. Nose, T. Omata, S. Tanaka, Phys. Chem. Chem. Phys., 24, 634 (2022).
- [3] T. Terasawa, K. Matsunaga, N. Hayashi, T. Ito, S. Tanaka, S. Yasuda, H. Asaoka, Pys. Rev. Matt. 7, 014002014002(2023).

動作中のナノギャップ電極の表面観察

Atomic scale analysis of the surface structure in working nanogap electrodes

研究分野
Departmentナノ構造・機能評価
Nanocharacterization for
Nanostructures and Functions研究者
Researcher末永和知 吉田秀人 神内直人
K. Suenaga H. Yoshida N. Kamiuchiキーワード
Keyword金属ナノ構造、ナノギャップ、環境制御型透過電子顕微鏡
metal nanostructure, nanogap, environmental transmission electron microscopy (ETEM)応用分野
Application表面化学、ナノデバイス
surface chemistry, nano device

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

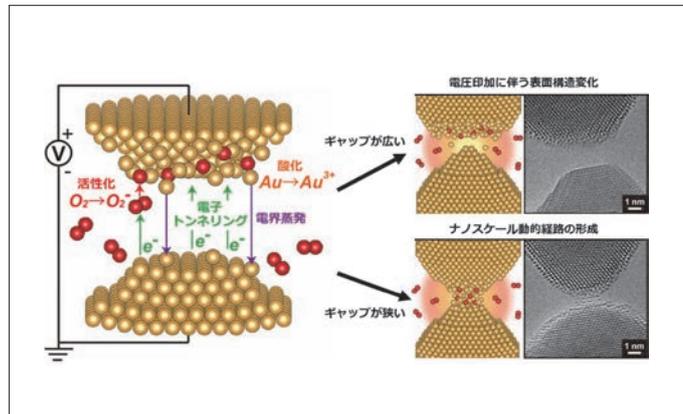
固体表面の構造は電子励起によって変化するが、その反応メカニズムの解明には実時間、実空間、実環境での観察が必要となります。高い空間分解能と時間分解能を有する環境制御型透過電子顕微鏡を用いることにより、動作中の金属ナノギャップ電極表面の原子スケールの構造変化をその場観察で捉えることができます。

概要・特徴

環境制御型透過電子顕微鏡と高速カメラを使用することにより、動作中の金属ナノギャップ電極において、電極表面の構造が原子スケールで連続的に変化する現象を初めて可視化しました。

技術内容

金は化学的に不活性な金属であり電極材料として広く利用されてきましたが、実際に動作中の電極表面の原子スケールの構造はこれまで明らかにされていませんでした。今回、電子顕微鏡内で金ナノギャップ電極に電圧を印加し酸素ガスを導入することで、正極表面の結晶構造が乱れることを明らかにしました。さらにナノギャップ間を金原子が移動する様子をその場で可視化することに成功し、その連続的に変化する構造が金の酸化物であることを解明しました。酸素ガス中における異方的な構造変化がトンネル電子とガス分子との反応によって引き起こされることを世界で初めて明らかにした成果です。



社会への影響・期待される効果

本研究成果により、ナノギャップ電極におけるトンネル電子とガス分子との反応メカニズムが解明され、この反応を利用した新たなナノ材料の開発に繋がると期待されます。

また、金ナノギャップ電極だけでなく、ナノデバイスに用いられる様々な金属電極表面の反応メカニズムを解明する手がかりになり、実環境ガスや実用電極材料を選択することで、電子を利用した新たなナノ材料の開発に繋がると期待されます。

【論文 Paper】

- [1] T. Tamaoka, H. Yoshida, and S. Takeda, RSC Advances 9 (2019) 9113-9116.
- [2] T. Tamaoka, R. Aso, H. Yoshida, and S. Takeda, Nanoscale 11 (2019) 8715-8717.
- [3] R. Aso, Y. Ogawa, T. Tamaoka, H. Yoshida, and S. Takeda, Angew. Chem. Int. Ed. 58 (2019) 16028-16032.

レーザーと量子ビームによる材料の機能創製

Functionalization of materials by lasers and quantum beams

研究分野
Department量子ビーム物理
Beam Physics研究者
Researcher佐野雄二 水田好雄 佐野智一 細貝知直
Y. Sano Y. Mizuta T. Sano T. Hosokaiキーワード
Keywordパルスレーザー、機能性付与、寿命延長
pulsed laser, functionalization, life extension応用分野
Application材料加工、表面処理、医療、非破壊検査
material processing, surface treatment, medical application, nondestructive testing

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

高出力パルスレーザーの超小型化により、材料の改質や機能創製、検査・分析などへ応用が進んでいます。特に、ピーニングは圧縮残留応力の導入により金属部品や構造物の疲労寿命を延長できるため、超小型レーザーの適用により場所を選ばない応用が期待できます。

概要・特徴

持ち運びができるレーザーピーニング装置を開発しました。
生産ラインに留まらず空調のない屋外での使用も可能です。



超小型レーザー

技術内容

- パルス幅の短いレーザーを使用することにより、小さいレーザー出力でも疲労寿命を延長できることを実証。
- アルミニウム合金や高張力鋼など、主な金属材料への圧縮残留応力の導入と疲労特性の向上を確認。
- レーザーの冷却方法を工夫することにより、100 Hzの高繰返し運転を実現。ピーニング処理時間を短縮。
- 人協働ロボットとの組合せで、持ち運びが可能なレーザーピーニング装置を実現。インフラへの適用も可能。
- ピンフォーミング効果による曲面の成型や形状の矯正、表面のクリーニングも可能。



開発したレーザーピーニング装置

社会への影響・期待される効果

開発したレーザーピーニング装置は、従来の装置と比較して桁違いに小型・軽量であり、金属部材や溶接部の疲労特性の改善、SCC(応力腐食割れ)の抑制、積層造形した構造物の高機能化、橋梁・発電設備・航空機などの社会インフラの保守・寿命延長への適用が期待できます。



従来のレーザーピーニング装置

<https://zal.aero/news/lsp-days-2019-der-2-europaeische-laser-shock-peening-workshop/>

【論文 Paper】

- [1] Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B 121 (1997) 432-436
- [2] Mater. Sci. Eng. A 417 (2006) 334-340
- [3] J. Laser Appl. 29 (2017) 012005
- [4] Metals 10 (2020) 152
- [5] Metals 11 (2021) 1716
- [6] Forces in Mech. 7 (2022) 100080

【特許 Patent】

- [1] 特願2020-539464「金属積層造形装置及び金属積層造形方法」

nmスケール造形技術を駆使した ナノ機能材料開発とデバイス展開

Development of three dimensional nano-structured functional materials and devices

研究分野
Department

三次元ナノ構造科学
3D-nano structural science

研究者
Researcher

服部 梓 大坂 藍
A. Hattori A. Osaka

キーワード
Keyword

ナノ立体造形、完全結晶表面、機能性金属酸化物
nano 3D fabrication technique, perfect crystal surface, functional metal oxides

応用分野
Application

立体ナノデバイス構造、急峻応答デバイス、NEMS、立体ナノ構造・計測評価技術
3D structured nano devices, steep slope device, NEMS, nanostructure production and investigation techniques

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

ナノ構造体ではその構造と特性、デバイス動作効率とは直結しています。ナノ立体構造をデザインし精密造形技術で製造することで、これまでにない優れた機能を創出し、新奇ナノ機能材料の開発、デバイス展開が可能となります。

概要・特徴

- 究極の3次元立体構造創製・計測評価技術の構築
- ナノ構造マニピュレーションによる新機能性の創出と制御
- 高効率ナノデバイスの具現化

技術内容

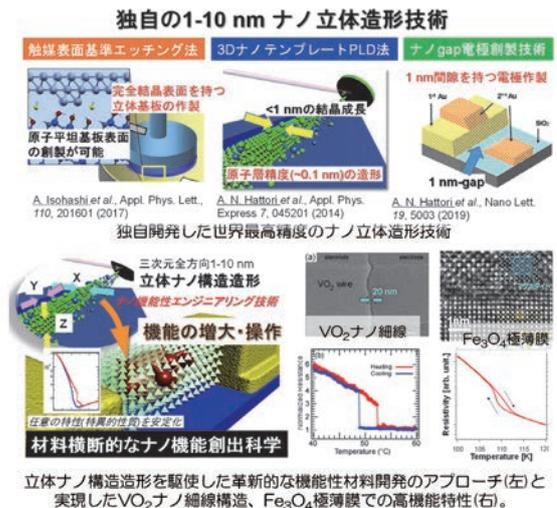
- トップダウンとボトムアップを高度に融合させた1-10nmスケールのナノ立体造形技術を機能性エンジニアリングの要素技術として開発。結晶の乱れが入らない原理的に最高精度でのものづくりを実現。
- リソグラフィ技術を駆使することで、電極間距離20nm、線幅600nmの二酸化バナジウム(VO₂)ナノ細線デバイスを実現し、物性の起源である電子相転移特性の優れた特性を抽出し、バルクの100倍以上の急峻応答性を実現。
- 独自の化学研磨法により酸化マグネシウム基板上に原子の乱れが無い完全結晶表面を実現。この上でマグネタイト(Fe₃O₄)薄膜を成長させることで結晶の不完全性を除去した極薄膜の成長を可能とし、相転移特性の向上に成功。

社会への影響・期待される効果

従来の生産技術を単にサイズダウンするだけでなく、製造プロセスでの物理・化学反応をナノ・マイクロ領域で理解し、所望のナノ構造、機能を安定化させる学理を構築し、方法論を打ち立てることで、材料開発及びデバイスの高性能化、微細化に貢献します。ナノ・マイクロ空間での3次元立体形状の制御によって、特定状態を安定化させ薄膜やバルク材料では実現不可能であった金属酸化物の新奇物性の創出を実現し、デバイス応用展開を通じて、高機能を維持したITデバイスの低消費電力駆動、医療応用など健康生活の実現として2050年のカーボンニュートラル社会の実現へと貢献する。

【論文 Paper】

- [1] Crystals 10 (2020) 631(1-14)
- [2] Appl. Nano Mater. 4 (2021) 12091-12097
- [3] Cryst. Growth Des. 21 (2021) 946-953



先進材料実装による印刷デバイスの開発

Development of Printed Devices with Advanced Material Packaging

研究分野
Department先進材料実装
Advanced Materials and Implementations研究者
Researcher荒木徹平
T. Arakiキーワード
Keywordナノ・マイクロ材料、柔軟エレクトロニクス実装、センサシステム
nano & micro materials, flexible electronics packaging, sensors & systems応用分野
Application次世代ヘルスケア、農業IoT、建設テック
next generation healthcare, agriculture iot, construction tech

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

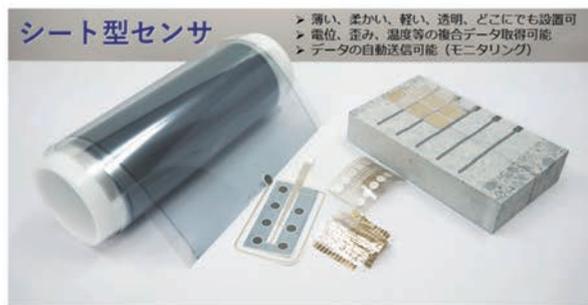
背景

従来の電子デバイスには、硬くて不透明な電極や半導体が利用されています。それゆえ、「人の体になじみにくく自然な生体の反応データを得ることが難しい」「対象物を傷つけかねない」「対象物の目視観察が難しい」という問題がありました。

概要・特徴

フレキシブル・ハイブリッド・エレクトロニクス (FHE) に必要な印刷配線板を多機能化・高性能化する研究開発を通じて、人/農業/インフラ分野にむけたヘルスケアセンサシステムへの応用研究を行っております。特に、有機・無機ナノ材料を中心とする伸縮導体材料を、有機デバイスへ集積実装することで、薄膜・柔軟・透明なシート型センサの構築を目指しています。

技術内容



社会への影響・期待される効果

人肌のような柔軟性や、水のような透明性を発現し、専門家でなくても明確に観察をすることが可能な電子デバイスの開発を行うことにより、生体に溶け込む次世代パーソナルセンサ (シート型センサ) の基盤技術を構築しております。

シート型センサが実現すれば、微小な電気信号処理を可能とし、対象物を傷つけることなく、人 (医療・ヘルスケア)・農業・インフラ構造物などにおける異常の早期検知が可能となります。また、自然な状態での計測を行って得た結果をクラウドで共有することにより、リアルタイムでの状況判断や行動につなげるような効率化も達成できます。

【論文 Paper】

- [1] Advanced Science 10 (2022) 2204746
- [2] Science Advances 8 (2022) eabm4349
- [3] Advanced Materials Technologies 7 (2022) 5533695
- [4] Advanced Materials 32 (2019) 1902684

【特許 Patent】

- [1] 特許第6889941号生体信号計測装置
- [2] 特許第6865427号電極シート及びその製造方法
- [3] 特許第6832535号電極シート

先端高密度3D実装材料・プロセス・信頼性評価技術開発

Development of 3D Systemintegration technology

研究分野
Department

フレキシブル3D実装協働研究所
Flexible 3D Systemintegration Laboratory

研究者
Researcher

菅沼克昭 K. Suganuma
陳 伝トウ C. Chen
張 政 Z. Zhang
末武愛司 A. Suetake
謝 明君 M.-C. Hsieh
劉 洋 Y. Liu
趙 帥捷 S. Zhao

キーワード
Keyword

エレクトロニクス実装、パワーエレクトロニクス、接合・接着、フレキシブル、ポスト5G、高密度実装
electronics packaging, power electronics, interconnection, flexible, beyond 5G

応用分野
Application

パワーエレクトロニクス、フレキシブルデバイス、ポスト5G半導体高密度実装
power electronics, flexible devices, post 5G advanced semiconductor, 3D interconnection

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

近未来先端半導体は、車載機器からポスト5GのAI/IoT領域全ての電子機器に普及する。そのエッジからデータセンターまでを支える実装技術は、日本の高度な材料・製造技術と信頼性技術を必要とする。F3D(フレキシブル3D実装協働研究所)では、WBGパワーエレクトロニクス、ポスト5G/先端AI機器の3D高密度実装の開発をオープンなプラットフォームにおいて推進しています。

概要・特徴

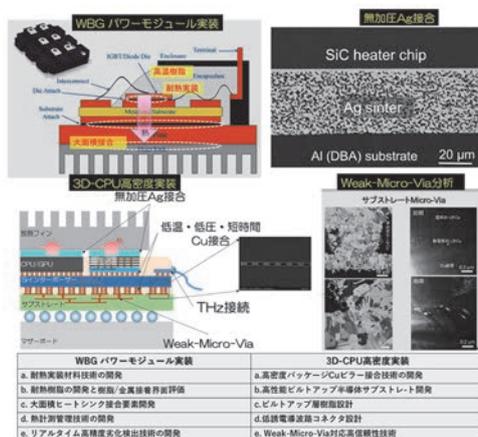
金属焼結接合を新たに提案し、WBGパワーと先端半導体実装で世界の物造りの流れを導いている。それぞれに学術的基礎を示すことで、世界を納得させる信頼性の高い技術実現を目指しています。

技術内容

- WBGパワーエレクトロニクス実装に幅広く取り組み、世界初の銀焼結接合の提案、DBA基板開発などを提案しています。
- 先端電子機器で大きな課題となる熱問題を解決するため、新材料と計測技術を開発提案し、デジュール、デファクトとして国際標準化を目指しています。
- 3D高密度実装で大きな課題となっているマイクロビアの「隠れた脅威」現象の解明から、「Mooreの法則」の限界を超えるため、ポスト5G/AI実現に必須の先端半導体高密度実装技術を開発しています。
- 接合の基礎科学から接着技術の再開発を目指し、産業界で必要な要素技術の基礎を提供していきます。

社会への影響・期待される効果

AI/IoT更には電気自動車の自動運転が拡大するこれからの世界で、日本が得意とする摺り合わせの物造り基礎を証明・構築し、「絶対に壊れない」機器を製造するためのノウハウを蓄積することで、日本の物造り産業の糧とする。決して過剰品質を日本製品の特徴とするのではなく、IECやISOで開発技術・基準を国際標準化することで、国際ビジネスの基本的な流れを導きます。



【論文 Paper】

- [1] Composites Part B: Engineering, 254, (2023) 110562.
- [2] Materials & Design 224, (2022) 111389.
- [3] Journal of Materials Science & Technology 113,(2022) 261-270.
- [4] SiC/GaN パワー半導体の実装と信頼性評価技術、日刊工業新聞社 (2014.12).
- [5] Wide Bandgap Power Semiconductor Packaging - 1st Edition, Elsevier(2014)

【特許 Patent】

- [1] US Patent App. 17/595,826, 2022
- [2] 特願2016-213000「接合構造体の製造方法」

シリコン製剤の創製方法とその物性の解明

Development of fabrication method of Si-based agent and its characterization

研究分野
Departmentシリコン製剤創製・物性学
Fabrication and characteristics of Si-based agent研究者
Researcher

小林 光 H. Kobayashi	小林悠輝 Y. Kobayashi
寺川澄雄 S. Terakawa	黒崎千香 C. Kurosaki

キーワード
Keyword酸化ストレス、疾患防止、活性酸素、体内水素発生
oxidative stress, prevention and treatment of diseases, reactive oxygen species, Internal hydrogen generation応用分野
Application医薬品、食品、畜産、水産、化粧品
pharmaceutical products, food, stock raising, fisheries, cosmetics

研究開発段階

基礎

実用化準備

応用化

背景

活性酸素中最も強い酸化力を持つヒドロキシルラジカルは、代謝等によって常時体内で発生します。その高い酸化力により、細胞が酸化され、慢性腎不全、パーキンソン病、潰瘍性大腸炎、アトピー性皮膚炎等、色々な疾患を発生させています。

概要・特徴

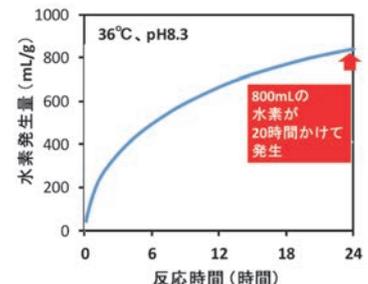
シリコン製剤は腸内で24時間以上持続的に水素を発生させることで、体内で生成する最も高い酸化力を持つ活性酸素のヒドロキシルラジカルを消滅させます。酸化ストレスを低減して、種々の疾患の予防・治療が可能となります。

技術内容

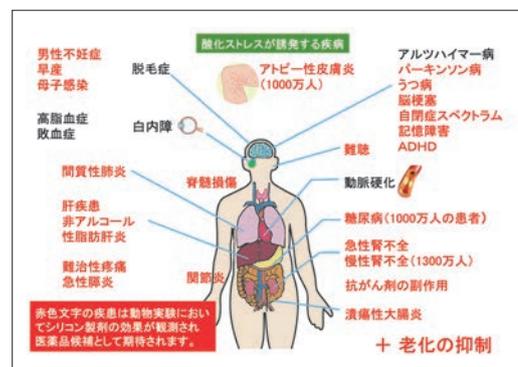
- 腸内擬似環境であるpH8.3、36℃の下で、シリコン製剤1gから800mL以上の水素を発生するシリコン製剤の製造に成功しました。
- シリコン製剤の摂取によって、酸化ストレスが低減することを見出しました。
- ラットを用いる91日間反復経口投与毒性試験、及び遺伝毒性試験を実施し、全く問題が発生しなかったです。現在、食品(サプリメント)としてシリコン製剤が製造・販売されています。
- 阪大医学部の動物実験によって、慢性腎不全、パーキンソン病、潰瘍性大腸炎、II型糖尿病、アトピー性皮膚炎、うつ病等の酸化ストレスが大きな原因となり発症する疾患に対して、高い予防/治療効果があることが見いだされた。

社会への影響・期待される効果

シリコン製剤は、国内だけで1000万人クラスの患者がいる慢性腎不全、糖尿病、アトピー性皮膚炎に対して予防/治療が可能になると期待されます。さらに、パーキンソン病、潰瘍性大腸炎等の難治性疾患の予防/治療も期待できます。シリコン製剤は摂取しても吸収されず、発生した水素だけが吸収されるために、副作用がなく食品にも利用できます。シリコン製剤により、健康寿命の延伸が期待できます。



腸内類似環境でのシリコン製剤と水との反応による水素発生



動物実験においてシリコン製剤の薬用効果が観測された疾患

【論文 Paper】

- [1] Sci. Rep. 12 (2022) 9634.
- [2] Andrology 9 (2021) 376-383.
- [3] Sci. Rep. 10 (2020) 5859.
- [4] J J. Nanopart. Res. 19 (2017) 176-1-9.

【特許 Patent】

- [1] 特許第6893586号(登録日2021年6月3日)
- [2] 特許第6924918号(登録日2021年8月4日)
- [3] 特許第6467071号(登録日2019年1月18日)