

Information
and
Community
Materials

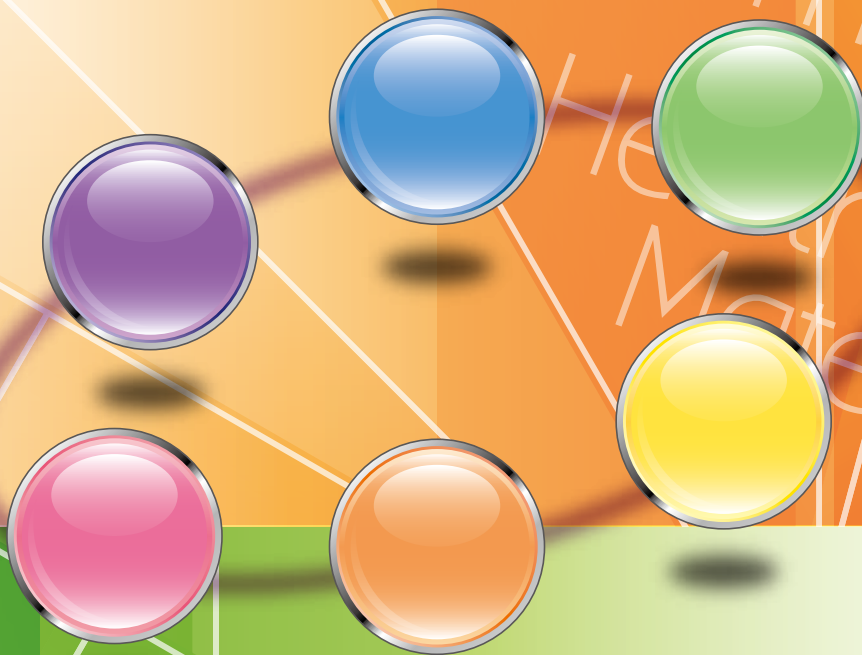
NEWS LETTER

2022.12
Vol.2 No.1

6大学連携・出島プロジェクトニュース

国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト(出島プロジェクト)

Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI²MA Project)



Publication contents

幹事大学機構長あいさつ	1
プロジェクトの成果	2
令和4年度行事リスト	5
国際会議 (DEJI ² MA-2)	5
受賞など	6
令和3年度プロジェクト研究課題	6

国際・産学連携
インヴァースイノベーション
材料創出プロジェクト

幹事大学機構長あいさつ



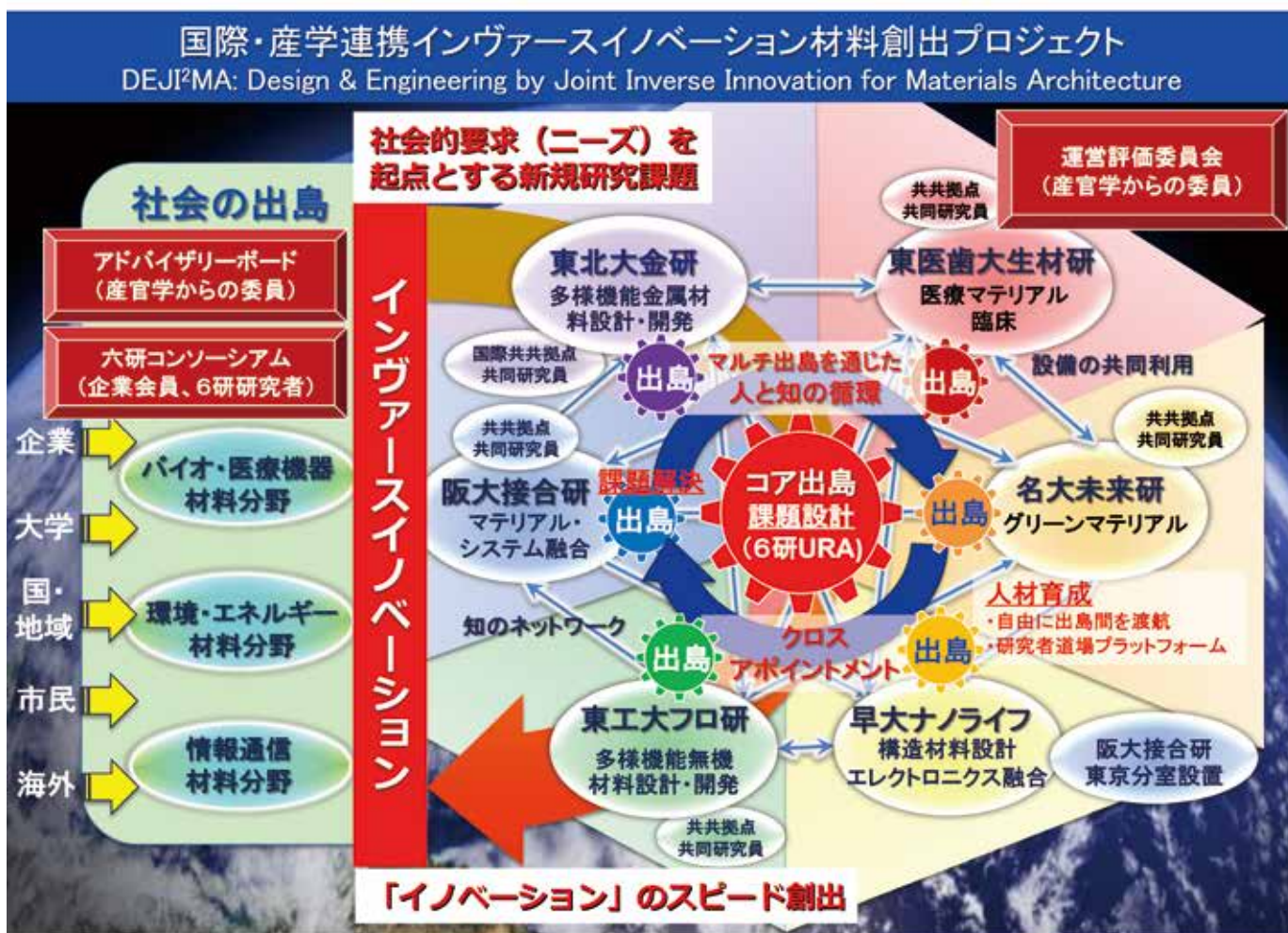
早稲田大学
ナノ・ライフ創新研究機構
機構長 宇高 勝之

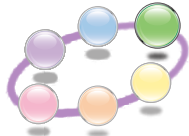
2021年度4月より始めました6大学研究機関連携「国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト- DEJI2MA: Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Material Architecture-」の幹事校を大阪大学に引き続いて早稲田大学が担当させて頂くことになりました。何卒宜しくお願い致します。

本プロジェクトは東北大学金属材料研究所、東京工業大学フロンティア材料研究所、東京医科歯科大学生体材料工学研究所、名古屋大学未来材料・システム研究所、大阪大学接合科学研究所、そして早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構の6大学6研究機関から構成されていますが、源流を遡ると2005年東北大、東工大、阪大の連携から始まり、その後2010年に名大、東京医歯大、早大が参画し、折々に主に新規材料の研究開発の視点から優れた成果を創出してきました。そして2021年度において、現代そして将来の豊かな高度情報化社会の構築に向けて新規材料の開発は一層重要性を増しているという認識の元、各大学研究機関が有するそれぞれの材料に関する特色ある研究をベースに、「環境・エネルギー材料」、「バイオ・医療機器材料」そして「情報通信材料」の3分野においてこれまでに類を見ない新規材料の創出を目指し、社会貢献に取り組むプロジェクトが始まりました。そこには課題設定と組織間連携を加速するそれぞれコア出島とマルチ出島という新規な組織形態を通して、社会的ニーズから遡って新規材料開発を行うインヴァースイノベーションという独創的な考え方が導入されています。スタートからこれまでリーダーシップを発揮頂いた先代幹事校の大阪大学接合科学研究所におかれましては心から感謝申し上げます。

2023年度からは、これまでの2年間のスタートダッシュから、コア出島・マルチ出島による大学間連携を一層進化させ、新材料開発を加速するステージと考えております。それを先取る形で、昨年9月に6大学6研究所の構成員によりそれぞれの研究の取り組みを紹介し合うコラボレーションミーティングがオンラインですが開催され、ビデオ講演を含めて51件の研究内容紹介と引き続き連携強化ミーティングにより個別意見交換が行われました。実効的な密な連携が始まるには多少時間が必要かもしれませんが、私の分野のレーザーで例えるなら、6大学6研究機関の多くの研究者がレーザー共振器の中で一つになることにより自然放出光が発生し、それらが誘導放出光に進展し、そしてレーザー発振光へと至ることにより多くの新規材料や新機能が創成され、より豊かな高度情報化社会構築に貢献することができればと考えております。

ぜひ皆様のご理解ご協力、そしてご支援を賜りましたら幸いです。





環境
エネルギー材料
分野

早稲田大学
ナノライフ
創新研究機構

GeSn混晶薄膜を用いたマイクロ熱電発電デバイスの開発

熱電発電は、無尽蔵の未利用熱エネルギーを長いライフサイクルにわたって活用できる究極の発電技術であり、近年は特に、IoTセンサ端末用の電源としての応用に期待が寄せられています。当研究グループでは、CMOS技術を用いて集積回路と一括形成可能な、Siベースのマイクロ熱電発電デバイスの開発に取り組んでいます。本研究では、名古屋大学未来材料・システム研究所と共同で、Siよりも高い熱電変換能を有するGeSn族混晶半導体薄膜を用いたマイクロ熱電発電デバイスを試作し、発電性能のさらなる向上を実現しました。

試作したGeSn熱電デバイスの模式図と実物の顕微鏡写真を図1に示します。半絶縁性のGaAs(001)基板上に、分子線エピタキシー法で成長させたSbドープGeSn層をパターンニングして、マイクロサイズの熱電発電デバイスを形成しました。比較対象として、Siの熱電発電デバイスも同じマスクパターンを用いて作製しました。図2に、外部印可温度差が5°Cのときの発電密度と、熱電発電部の長さの関係を示します。熱電発電部が短くなるほど、発電密度が増大していることがわかります。また、GeSnデバイスはSiデバイスと比べて出力が大幅に大きくなりました。これはGeSn混晶薄膜の高いパワーファクターと大きな比熱抵抗によるものと考えられます。GeSnを含む高パワーファクターのIV混晶薄膜の合成技術は近年急速に進んでおり、今後もさらなる発電能力の向上が期待されます。

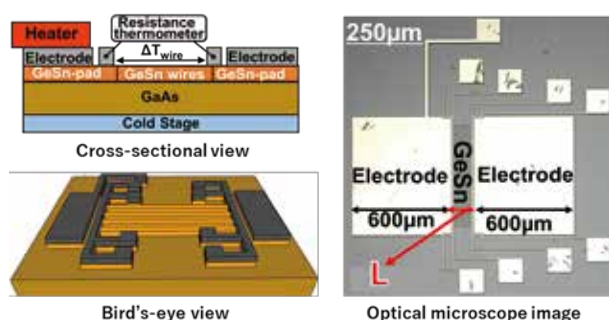


図1 試作したGeSn熱電デバイス

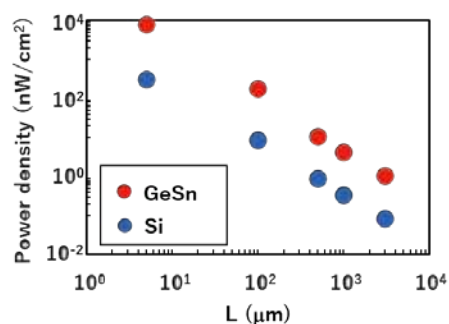


図2 単位面積あたりの熱電発電電量と熱電発電部の長さの関係



環境
エネルギー材料
分野

名古屋大学
未来材料・システム
研究所

究極な薄さの強誘電体原子膜: 60°Cの低温水溶液プロセスで実現

炭素原子1層からなるグラフェンの発見以降、原子レベルの厚さをもつ2次元物質や、新しい電子機能の開発が活発に行われています。その重要なターゲットの1つに、メモリ、アクチュエーターなどに利用される強誘電体があります。強誘電体ナノシートが実現できれば、単位格子レベルの臨界サイズでの新規物性の開拓や応用などの新展開が期待されます。しかしながら、強誘電体の代表例であるチタン酸バリウム(BaTiO₃)などでは、ナノシートの合成が困難であり、新しい合成方法の開発が待ち望まれていました。名古屋大学の長田研究室では、ナノシートの精密合成技術の開発を進めており、ナノシート自体を鋳型として、望みのナノシートへの変換を実現する新しい合成手法を開発しました。一般に、BaTiO₃の合成には1000°C以上での焼成を必要としますが、本研究では、酸化チタンナノシートの高い反応性に着目して、水・エタノールの混合溶液中で水酸化バリウムと反応させることで、60°C、10時間という低温条件でBaTiO₃ナノシートの合成に成功しました。圧電応答力顕微鏡により、BaTiO₃ナノシート一枚での強誘電特性の評価を行ったところ、強誘電特性は厚さ1.8nm(単位格子3個に相当)まで維持されており、厚さ1.4nm(単位格子2個に相当)では消失することを確認しました。今回確認された単位格子3個での強誘電体は、自立膜としては最も薄い膜厚であり、超薄膜における臨界物性の解明やデバイスの小型化に重要な指針を与えるものと期待されます。

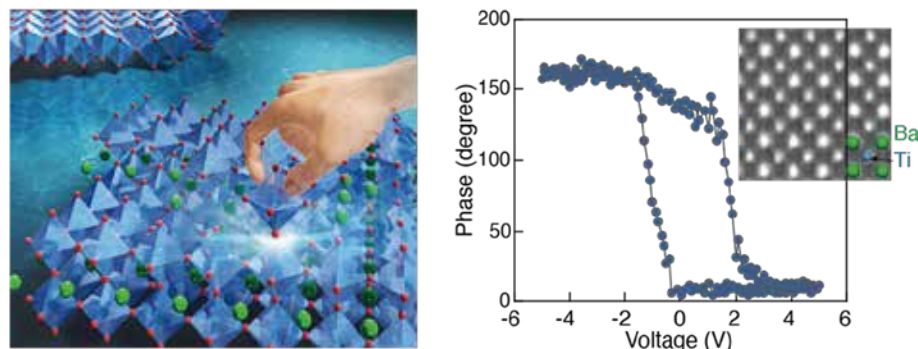
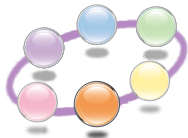


図1 (左)BaTiO₃ナノシートの低温合成のイメージ。(右)圧電応答とHAADF-STEM像



環境・
エネルギー材料
分野

東北大学金属材料研究所

Additive Manufacturingにおける 組織・欠陥制御と高機能金属材料の創製

Additive Manufacturing (AM)は、複雑形状の造形ばかりではなく、急速冷却や固液界面の高速移動により形成する非平衡組織を活用した特性改善や材料開発のツールとしても大きな注目を集めています。一方、AMにより優れた材料特性を得るためには粉末プロセスに由来した欠陥の低減が必要不可欠です。

東北大学金属材料研究所加工プロセス工学研究部門では、2010年に電子ビーム積層造形 (EB-PBF) 装置を導入し、金属AMプロセスに関する研究に取り組んできました。最近の研究(S. Aota et al., Addit. Manuf.,59(2022)103134)では、生体医療材料として使用されているCo-Cr-Mo合金のC濃度を高め、EB-PBFを用いて炭化物を微細分散させることで高硬度と既存合金を上回る優れた耐食性の両立に成功し、エネルギー分野などへの応用に展開しています。また、X線CTを用いて粉末および造形物内部のガスポアを可視化・定量化し、共晶組成付近の2.5wt.%Cでは原料粉末に不可避的に含まれるガスポアが造形中に著しく低減されることを見出しました。本成果は、AMの課題であるガスポアについて固液界面の形態に基づく合金設計による新たなアプローチの可能性を示唆しています。この他にも高品質粉末の製造プロセスに関する研究や造形装置の開発にも注力して取り組んでおり、組織と欠陥の両面からAMを用いた高機能金属材料の創製と実用化を推進しています。

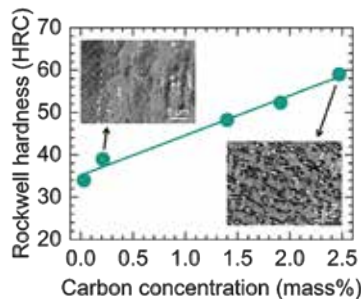


Fig. 1 造形体のRockwell硬さとC添加量の関係

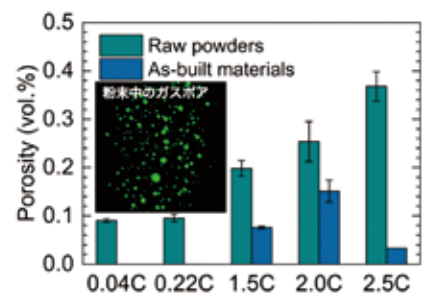
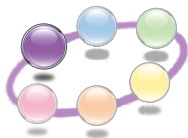


Fig. 2 X線CTを用いた粉末および造形体のガスポアの可視化・定量化



バイオ・
医療機器材料
分野

東京医科歯科大学 生体材料工学研究所

可視光応答型光触媒のインプラント材料への応用可能性

歯科用インプラントデバイスを用いた治療件数の増加に伴い、骨の喪失を伴うインプラント周囲炎(図1)が益々問題視されています。インプラント周囲炎を予防するためには、インプラントを構成するチタン表面において、細菌の付着と増殖を抑制することが必要となります。とりわけ、光触媒効果を利用したインプラント表面への抗菌性付与がインプラント周囲炎の予防に有望視されています。チタン表面は、光触媒効果を示す酸化チタンによって被覆されていますが、同効果の発現には生体組織に有害な影響を及ぼす紫外光照射が必要となるため、口腔内で使用する光としては好ましくはありません。そこで本研究グループでは、チタン表面を改質し、紫外光よりも生体に安全な可視光の照射によって、光触媒効果を発現する酸化チタン層の形成に取り組んでいます。これまでに、チタン表面上に酸化銅粒子を修飾した酸化チタン層の形成に成功しており(図2)、同酸化チタン層が可視光に反応して光触媒効果を示すことを実証しました。さらに同酸化チタン層は、暗所下よりも可視光照射下で優れた抗菌効果を示すことを明らかにしました。今後は同酸化チタン層に対する細胞応答を明らかにし、抗感染性インプラント材料としての応用可能性を検討していきたいと考えています。

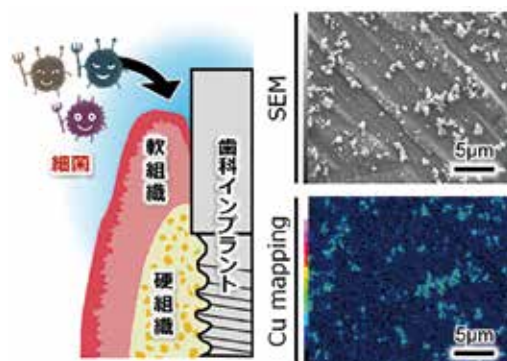


図1 歯科インプラントの概略図と酸化銅粒子を修飾した酸化チタン層

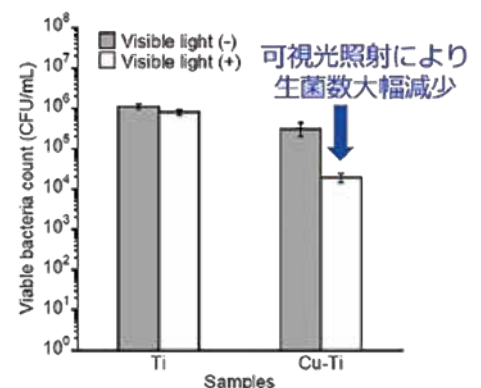
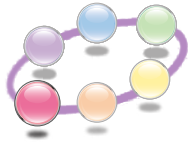


図2 暗所・可視光照射下での酸化銅粒子を修飾した酸化チタン層の抗菌効果



反応性プラズマプロセスを用いた高移動度 In-Ga-Zn-Ox薄膜トランジスタの低温形成

次世代の大画面・高精細・高輝度フラットパネルディスプレイの実現に向けて、ディスプレイの制御駆動素子である薄膜トランジスタ(thin-film transistor:TFT)の高性能化が必須となっている。加えて、フレキシブルディスプレイ作製においては、有機材料をはじめとするフレキシブルな基板上で高品質の半導体チャンネル層を低温で形成されることが求められており、高移動度の材料としてアモルファスIn-Ga-Zn-O)) (a-IGZO)が有望視されている。本研究では、上述の次世代ディスプレイへの応用に向けて、高移動度かつ優れた安定性を有するIGZO TFTの低温形成を目的に据えて、プラズマ気相からの反応性粒子とスパッタ粒子の供給束を独立に制御可能なプラズマ支援反応性スパッタリング法にプラズマアニール法を併用した反応性プラズマプロセスに関する研究を推進している1)。結果の一例として、プラズマアニール処理および熱アニール処理を施したIGZO TFTの電界効果移動度の処理温度依存性を図1に示す。プラズマアニール処理を施すことにより、図2の伝達特性に示すように、処理温度300℃の低温プロセスにおいても高移動度(42cm²/Vs)のTFTを形成可能であることを実証した。また、熱アニールではTFTとして動作しなかった200℃においても、30cm²/Vsの高移動度を示すIGZO TFTの形成を実証した2)。

参考文献:1) K. Takenaka, M. Endo, G. Uchida, and Y. Setsuhara, Appl. Phys. Lett. 112, 152103 (2018). 2) K. Takenaka, M. Endo, H. Hirayama, G. Uchida, A. Ebe, and Y. Setsuhara, Jpn. J. Appl. Phys. 58, 090605 (2019).

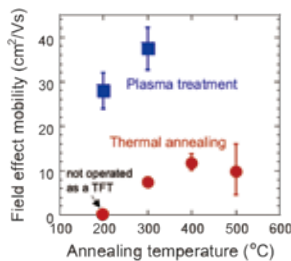


図1 本研究で作製したIGZO TFTの電界効果移動度のアニール処理温度依存性(プラズマアニール処理と熱アニール処理の比較)

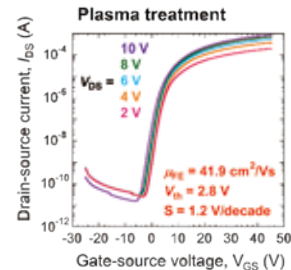
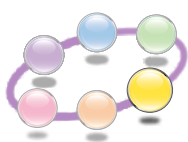


図2 プラズマアニール処理(300℃)を施したIGZO TFTの伝達特性



有機半導体を使った新たな光電子機能の創出

有機半導体は、既に市販されている有機ELや次世代のエネルギー変換デバイスである有機太陽電池などに使われています。私たちは、有機半導体の界面で起こる光電変換過程を究めることで、有機光エレクトロニクスデバイスの高効率化や新たな光電子機能の創出を目指して研究を行っています。具体的には、有機半導体界面で起こる電荷分離・再結合過程を経由したスピン反転機構を利用することで、固体薄膜上で近赤外光を可視光に高効率に変換する光アップコンバージョンという新たな手法を見出しました(図1)。この手法は、従来利用できなかった低エネルギーの光を高エネルギーの光に変換することにより太陽電池や光触媒などの光エネルギー変換デバイスの高効率化や、近赤外光の生体透過性の高さを生かした光遺伝子治療など生体応用への展開が期待されます。さらにこの有機半導体の界面で起こるアップコンバージョン過程を有機ELデバイス内でも利用することで、その駆動電圧を大幅に低減することにも成功しました(図2)。この有機ELでは図3のように乾電池1本をつなぐだけでスマートフォンと同程度の明るさの発光が得られます。有機ELは駆動電圧が高いことが問題となっていますが、テレビやスマートフォンなどディスプレイの省エネルギー化に向けて本技術を生かすことができると考えています。



図1 有機膜上の近赤外光から黄色光への光変換(Nat. Photon. 2021)

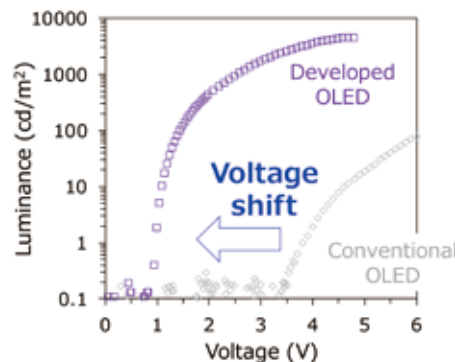


図2 開発した有機ELの電圧-輝度特性



図3 乾電池1本で発光する有機EL(Adv. Opt. Mater. 2022)

2022年 =====

- ・8月24日〈東北大学・ハイブリッド開催〉
The 17th International Workshop on Biomaterials in Interface Science
- ・9月17日〈大阪大学・オンライン〉
コラボレーションミーティング
- ・10月25日〈大阪大学〉
国際会議「The 6th International Symposium on Visualization in Joining & Welding Science through Advanced Measurements and Simulation (Visual-JW2022) & The 2nd International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (DEJI²MA-2)」
- ・10月26日〈東北大学・ハイブリッド開催〉
金研ワークショップ・日本バイオマテリアル学会東北ブロック講演会

2023年 =====

- ・2月13日〈東京医科歯科大学〉
第5回バイオ・医療機器材料分野研究会
- ・2月14日〈東京医科歯科大学〉
第6回バイオ・医療機器材料分野研究会、
- ・3月11日〈早稲田大学〉
第2回 公開討論会

国際会議 (DEJI²MA-2)

国際・産学連携インヴァースイノベーション材料創出プロジェクト(出島プロジェクト)の第2回国際会議(The 2nd International Symposium on Design & Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture(DEJI²MA-2))が、大阪大学・接合科学研究所主催の国際会議(The 6th International Symposium on Visualization in Joining & Welding Science through Advanced Measurements and Simulation(Visual-JW2022))と共同で、2022年10月25日(火)に千里ライフサイエンスセンター(大阪)において開催されました。まず神谷先生(東京工業大学)より「How We Can Apply Computational Materials Science and Data Analyses to Developing New Semiconductor Materials」というタイトルで基調講演が行われました。講演の中では、インヴァースイノベーションの材料開発コンセプトと出島プロジェクトの概要、またそれらに果たす計算材料科学(マテリアルトランスフォーメーション)等の役割が紹介されました。次に12件の招待講演が行われ、最先端の研究成果が報告されました。その後、ポスターセッションが行われ45件の発表がありました。活発な議論はその後のバンケットまで引き続き行われ、インヴァースイノベーション材料創出のための大変有益な機会となりました。参加者は全体で206名で、国際会議DEJI²MA-2は成功裏に終了しました。



神谷先生基調講演



ポスターセッション

祝受賞

- ・令和4年度 粉体粉末冶金協会研究進歩賞、粉体粉末冶金協会
「高濃度軽元素含有チタン積層造形材の力学機能化」
大阪大学・教授 近藤 勝義 (令和4年5月)
- ・EPMA KEYNOTE PAPER AWARD、World PM2022
「High Strength Ti-Zr Alloys With Balanced Ductility Fabricated By Powder Metallurgy And Additive Manufacturing Routes」
大阪大学・教授 近藤 勝義 (令和4年10月)
- ・令和4年度 日本歯科理工学会 歯科材料・器械イノベーション賞
「歯科材料名:コバリオンEX」
東京医科歯科大学・教授 堀 隆夫 (令和4年5月)
- ・令和4年度 日本歯科理工学会 第79回学術講演会 株式会社ジー賞
「レーザー積層造形法により製作したCoCrMo合金の再結晶現象におよぼす熱処理時間の影響」
東京医科歯科大学・日本学術振興会特別研究員 加嶋 祐佳 (令和4年5月)
- ・Fellow, International Association of Advanced Materials
「Biomaterials: Structure and Design」
東京医科歯科大学・教授 堀 隆夫 (令和4年6月)

- ・応用物理学会フェロー表彰
「分子スケール電子物性と単分子・ナノ粒子トランジスタの研究」
東京工業大学・教授 真島 豊 (令和4年8月20日)
- ・令和4年度 日本セラミックス協会 学術賞
「計算科学に立脚した電子セラミックスの設計と開発」
東京工業大学・教授 大場 史康 (令和4年11月29日)
- ・2022年度 触媒学会奨励賞
「金属ヒドライド種の反応性制御に立脚した還元分子変換反応の開発」
東京工業大学・助教 喜多 祐介 (令和4年12月15日)
- ・SID(The Society for Information Display) Peter Brody Prize
「Pioneering research on defect analysis of amorphous oxide semiconductors (AOSs) and developments of novel active-matrix displays(AMDs) using indium gallium zinc oxide (IGZO)」
東京工業大学・助教 井手 啓介 (令和4年●月)
- ・第32回 日本金属学会奨励賞
「マルチスケール組織制御によるハイエントロピー合金の力学特性向上」
東北大学・助教 魏代 修
東北大学・教授 加藤 秀実
日本原子力開発機構・研究主幹 都留 智仁 (令和4年9月21日)

- ・日本金属学会 第19回 村上奨励賞
「金属材料を対象としたAdditive Manufacturingに関する研究」
東北大学 山中 謙太 (令和4年9月21日)
- ・粉体粉末冶金協会 第60回 研究功績賞
「電子ビームによる金属積層造形技術に関する基礎的研究と応用に関する研究」
東北大学・教授 千葉 晶彦 (令和4年5月24日)
- ・第20回 有機分子・バイオエレクトロニクス分科会論文賞
「Impact of modular organization on dynamical richness in cortical networks」
東北大学・准教授 山本 英明 (令和4年9月22日)
- ・令和4年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞
「マルチスケール階層構造の原子スケール表面界面磁性研究」
名古屋大学・准教授 宮町 俊生 (令和4年4月)
- ・第57回 東海化学工業会賞 学術賞
「水溶液プロセスによる無機結晶の構造形態制御と高機能化」
名古屋大学・准教授 小林 亮 (令和4年5月)

- ・日本セラミックス協会 年会優秀ポスター発表賞 優秀賞
「層状ポリタングステン酸塩の剥離ナノシート化とその光学薄膜」
名古屋大学・博士2年 常松 裕史 (令和4年5月)
- ・日本電子材料技術協会 第59回 秋期講演大会 奨励賞
「Dion-Jacobson型ヘロプスカイト強誘電体の精密合成と特性評価」
名古屋大学・博士1年 森田 秀 (令和4年11月)
- ・第69回 応用物理学会 春季学術講演会 ポスター賞
「細胞への直接物質輸送のためのナノストロスタンピング法の画像認識を用いた自動化」
早稲田大学・修士2年 池田 翔 (令和4年5月)
- ・第83回 応用物理学会 秋季学術講演会 応用物理学会講演奨励賞
「C-Si-O側壁チャネルによる縦型ダイヤモンドMOSFETのノーマリーオフ動作」
早稲田大学・学部4年 成田 憲人 (令和4年9月)
- ・2022 MRS Fall Meeting & Exhibit Best Student Poster Award
「Ultra High-Concentration Nitrogen-doped CVD Diamond with Highest Crystallinity」
早稲田大学・修士1年 上田 真由 (令和4年11月)

令和4年度プロジェクト研究課題 (抜粋)

○環境・エネルギー材料分野

1. 非平衡プラズマと環境触媒の融合による環境・エネルギー技術の創成 (阪大ー名大)
2. Mo固溶ジルコニウムクロム銅作製基盤確立と革新的コンタクトチップの創成 (阪大ー東北大)
3. ワイドギャップ半導体の特性を引き出す高耐熱高放熱接合技術の構築 (阪大ー早大)
4. 低温作動固体酸化物形燃料電池の高次ナノ・マイクロ構造制御 (阪大ー名大)
5. 最新溶接・接合技術による低放射化材料異材接合技術確立と革新的核融合炉発電システム技術の創成 (阪大ー東北大)
6. 超ワイドギャップ酸化物半導体の設計と開発 (東工大ー早大)
7. 半導体産業が抱える致命的課題の解決に向けた革新的半導体デバイスの創成 (東工大ー名大)
8. ナノ構造誘起規則化強磁性体ナノワイヤを用いたスピンドバイスの創製 (東工大ー名大)

9. アモルファス酸化物半導体の新規応用の開拓 (東工大ー阪大)
10. 新規酸化物リチウムイオン二次電池の開発 (東工大ー東北大)
11. IV族混晶薄膜を用いた微小熱電デバイスの開発 (早大ー名大)
12. メッキ法による半導体の新接合技術 (阪大ー東北大)
13. 高次構造制御ナノチタン酸化物により水質浄化を実現する環境配慮型水処理技術の確立 (東北大ー阪大ー医科歯科大ー(株)グリーンハートインターナショナル)
14. 高機能複相銅合金創製のための基礎的・実践的研究 (東北大ー阪大)
15. 渦輪による密度成層流体の混合に関する数値的研究 (名大ー早大)
16. 熱分解誘起相分離を用いた機能性セラミックス粒子の創成 (名大ー東工大)

○バイオ・医療機器材料分野

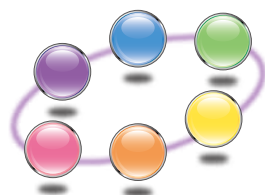
1. 抗菌・ウイルス不活化作用を有する銅の高速コーティングと機能性表面の創製 (阪大ー医科歯科大ー東工大)
2. 光造形プロセスにおける組織制御法の確立と人工歯冠への多次元機能発現 (阪大ー東北大ー医科歯科大)
3. ナノチタン酸化物の高次構造・集積制御 (阪大ー医科歯科大ー東北大)
4. Ti積層造形合金の高強度高延性化を実現する等軸集合組織の形成機構の解明 (阪大ー東北大)
5. 血管治療機器用AuCuAl生体用形状記憶合金の開発 (東工大ー医科歯科大ー東北大ー阪大)
6. マイクロパターンを用いた人工神経細胞回路の作製と数理モデル化 (早大ー東北大)
7. 可視光応答型酸化チタンの開発および医療応用 (東北大ー医科歯科大)
8. がん治療用セラミックスの創製 (東北大ー医科歯科大)
9. 金属ガラスの温間加工性を向上するための加熱条件最適化解析 (東北大ー阪大)

10. インプラント表面のマテリアルデザインー生体活性と抗菌性の両立ー (東北大ー東工大ー医科歯科大)
11. セラミック人工歯の光造形アディティブ・マニファクチャリング (東北大ー名大ー阪大ー医科歯科大)
12. 生体用形状記憶合金の開発と機能評価 (東北大ー東工大ー阪大ー医科歯科大)
13. 超高靱性セラミックス骨修復材料の創製 (医科歯科大ー阪大)
14. 診断と治療を両立する多機能骨修復材料の創製 (医科歯科大ー名大)
15. チタン不動態皮膜のバンド構造 (医科歯科大ー阪大)
16. 三次元積層造形による人工歯の作製と評価 (医科歯科大ー東工大)
17. 液相プロセスにより生体活性化したTi基金属ガラス表面にキトサンによりAgナノ粒子を修飾した試料の抗菌性評価 (名大ー阪大ー東工大)

○情報通信材料分野

1. 高品質酸化物薄膜トランジスタの低温形成に向けたプラズマプロセス技術の開発 (阪大ー東工大)
2. トポロジカル量子コンピュータの実現に向けた材料・素子の開発 (東工大ー名大ー早大)

3. 低消費電力・高温動作量子ドットレーザの開発 (早大ー東北大)
4. ダイヤモンド高周波パワーデバイスの実装技術 (早大ー阪大)



国際・産学連携
インヴァースイノベーション
材料創出プロジェクト
(出島プロジェクト)

東北大学 金属材料研究所
東北大学 [片平キャンパス]
〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1
URL <http://www.imr.tohoku.ac.jp/>

東京工業大学 フロンティア材料研究所
東京工業大学 [すすかけ台キャンパス]
〒226-8503 神奈川県横浜市緑区長津田町4259
URL <http://www.msl.titech.ac.jp/>

大阪大学 接合科学研究所
大阪大学 [吹田キャンパス]
〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1
URL <http://www.jwri.osaka-u.ac.jp/>

連絡先
大阪大学
[接合科学研究所]
国際・産学連携
インヴァースイノベーション
材料創出プロジェクト

名古屋大学 未来材料・システム研究所
名古屋大学 [東山キャンパス]
〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町
URL <http://www.imass.nagoya-u.ac.jp/>

東京医科歯科大学 生体材料工学研究所
東京医科歯科大学 [駿河台地区]
〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台2-3-10
URL <http://www.tmd.ac.jp/ibb/>

〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘11-1
Tel: 06 (6879) 4370 Fax: 06 (6879) 4370
URL http://www.jwri.osaka-u.ac.jp/research/research06_3.html
Email ohara@jwri.osaka-u.ac.jp

早稲田大学 ナノ・ライフ創新研究機構
早稲田大学 [早稲田キャンパス]
〒162-0041 東京都新宿区早稲田鶴巻町513
URL <https://www.waseda.jp/inst/nanolife/>