

NINS

National Institutes of Natural Sciences

自然科学研究機構

大学共同利用機関法人 SINCE 2004

2020 研究シーズ・特許・共用機器



機構長挨拶

大学共同利用法人 自然科学研究機構

自然科学研究機構 (NINS) は、宇宙、エネルギー、物質、生命など、自然科学研究分野を担う5つの研究所 (国立天文台、核融合科学研究所、基礎生物科学研究所、生理学研究所、分子科学研究所) と、4つの機構直轄センター (新分野創成センター、生命創成探究センター、アストロバイオロジーセンター、国際連携研究センター) で構成され、世界を牽引する自然科学研究分野の国際的研究拠点として国内外の大学や研究機関と共同研究を推進しています。

また近年は、研究分野の枠を超えた学際的研究にも重点を置き、独創的、かつ革新的な研究分野の創成を目指すとともに、各々の基礎研究分野のさらなる深化を図っています。

本パンフレットは、我々 NINSが培ってきた自然科学研究分野の知識と経験、そして最新の研究成果を、我々を支えて下さっている国民の皆様へいち早く還元するため、産業界の皆様が新たな可能性を掴む足がかりとなれば、との思いを込めて作成しました。我々が担う自然科学研究の成果の中で社会に還元できると思われるものの中から、産業界の皆様が実用化できるものを見出していただくことができましたら幸いです。

NINSは、我々が担う研究の成果と技術を、社会の中においてしっかりと実体を持った、価値ある有用なものへと焼結させるべく、産業界の皆様のお力添えを賜りながら、今まさに大きな一歩を踏み出す瞬間を迎えています。産業界の皆様におかれましては我々との産学連携を通して、イノベーションを生み出すブレイクスルーを見出していただけましたら幸甚です。

小森彰夫
Akifumi Komori

自然科学研究機構とは



自然科学研究機構(NINS)は、宇宙、エネルギー、物質、生命等に係る大学共同利用機関(国立天文台、核融合科学研究所、基礎生物学研究所、生理学研究所、分子科学研究所)を設置・運営することにより、国際的・先端的な研究を推進する自然科学分野の国際的研究拠点として、全国の大学等の研究者に共同利用・共同研究の場を提供しています。

目次

CONTENTS

機構長挨拶	1
-------------	---

機構の概要	2
-------------	---

研究シーズ

高出力な中赤外パルスレーザー発振を 可能とする新規可飽和吸収体 核融合科学研究所・助教 上原 日和.....	5
--	---

中赤外短パルスレーザーによる 新規樹脂フィルム加工法 核融合科学研究所・助教 上原 日和.....	6
---	---

小型で高出力な中赤外Er:YAPレーザーの開発 核融合科学研究所・准教授 安原 亮 核融合科学研究所・助教 上原 日和	7
---	---

鉄道車両・大型建機用の長寿命接点材料の研究 核融合科学研究所・技術部 村瀬 尊則	8
---	---

有限要素解析コードを用いた熱、構造、電磁場等の解析 核融合科学研究所・技術部 村瀬 尊則	9
---	---

マイクロプレートリーダーを用いた 多サンプル同時光合成測定装置 基礎生物学研究所・准教授 高橋 俊一	10
--	----

RNA干渉法を用いた新奇害虫防除法の研究開発 基礎生物学研究所・教授 新美 輝幸.....	11
--	----

AI視覚による 歩行者・運転者・遠隔操作等の視覚支援ツール 基礎生物学研究所・准教授 渡辺 英治	12
--	----

高分子固定化触媒の調製プロセスの確立 分子科学研究所・教授 魚住 泰広.....	13
---	----

「一斉警報通知防災システム」構想の 実現に向けた社会実験 分子科学研究所・技術課長 繁政 英治	14
---	----

特許

複合超電導体及び複合超電導体の製造方法 核融合科学研究所・教授 三戸 利行 教授 高畑 一也 准教授 田村 仁.....	17
--	----

縦型マイクロ波製鉄炉 核融合科学研究所・准教授 高山 定次	18
--	----

自励振動式ヒートパイプ冷却超伝導マグネット 核融合科学研究所・教授 三戸 利行.....	19
---	----

蒸着装置における蒸発源及び蒸着装置 核融合科学研究所・准教授 高山 定次	20
---	----

有機化合物の合成方法 核融合科学研究所・准教授 高山 定次	21
--	----

真空容器内蔵型クライオポンプ 核融合科学研究所・技術部 村瀬 尊則	22
--	----

超塑性金属を用いた異材接合における熱応力緩和 核融合科学研究所・助教 能登 裕之.....	23
--	----

大量の水素を溜め込まない 再生不要のクライオポンプ 核融合科学研究所・教授 宮澤 順一.....	24
--	----

液体の安定な自由表面流を生成する仕組み 核融合科学研究所・教授 宮澤 順一.....	25
---	----

曲げやすく丈夫で冷やしやすい高温超伝導体 核融合科学研究所・教授 宮澤 順一 教授 柳 長門 准教授 田村 仁 助教 後藤 拓也 特任研究員 寺崎 義朗.....	26
--	----

アルミナ分散強化銅のろう付接合方法 核融合科学研究所・准教授 時谷 政行	27
---	----

赤外線イメージングビデオボロメーター 核融合科学研究所・教授 ピーターソン バイロン	28
---	----

赤外線イメージングビデオボロメーター用 金属薄膜検出器 核融合科学研究所・教授 ピーターソン バイロン	29
---	----

マイクロ波・ミリ波帯の電氣的絶縁導波管 核融合科学研究所・教授 下妻 隆 教授 久保 伸 技術部長 小林 策治.....	30
--	----

共用機器

超高熱負荷試験装置(ACT2) 核融合科学研究所・准教授 時谷 政行	33
---	----

電解放出型走査電子顕微鏡(FE-SEM) JSM-7100F 核融合科学研究所・准教授 時谷 政行	34
---	----

集束イオンビーム/ 電子ビーム加工観察装置(FIB-SEM) nanoDUE'T® NB5000 核融合科学研究所・准教授 時谷 政行	35
--	----

透過型電子顕微鏡(TEM) JEM-2800 核融合科学研究所・准教授 時谷 政行	36
--	----

高温等方静水圧焼結接合試験装置(HIP装置) 核融合科学研究所・教授 室賀 健夫 准教授 菱沼 良光 助教 能登 裕之.....	37
--	----

大電力ミリ波発生装置 核融合科学研究所・教授 下妻 隆.....	38
-------------------------------------	----

名前検索	39
------------	----

キーワード検索	40
---------------	----



研究シーズ

SEEDS

高出力な中赤外パルスレーザー発振を 可能とする新規可飽和吸収体

SEEDS

核融合科学研究所・助教 上原 日和

Keyword 飽和吸収体、受動Qスイッチング、中赤外パルスレーザー、レーザー加工、ガスセンシング

研究概要

本発明では、中赤外波長域において非線形吸収特性を示す新たな可飽和吸収体、及びそれを用いたレーザー発振器を提供します。可飽和吸収体とは、強度の低い入射光に対して吸収体として働き、強度の高い入射光に対しては吸収体としての能力が飽和し透明体として働く物質のことです。可飽和吸収体を固体レーザー共振器中に導入することで、受動Qスイッチや受動モードロッカーとして動作し、高いピーク出力を有する短パルスレーザーが発振します。可飽和吸収体を用いた近赤外波長短パルスレーザーは近年広く普及していますが、一方で、中赤外波長レーザーに適用可能な可飽和吸収体はFe:ZnSe、GaAs系半導体、グラフェン、カーボンナノチューブ等に限定されています。最近、波長 $3\mu\text{m}$ 近傍で発振するエルビウム系固体レーザーが盛んに研究されるようになり、高ピーク出力化のための可飽和吸収体に対する要求が高まっています。本発明では、波長 $2.5\sim 3.2\mu\text{m}$ において優れた非線形吸収特性を示す新たな可飽和吸収体であるジスプロシウム添加透明材料を提案しています。実施例として、ジスプロシウム添加フッ化カルシウム透明セラミックスを作製し、 $3\mu\text{m}$ 波長帯における非線形吸収特性を調査しました。その結果、比較的低い飽和強度で、大きな変調深さを有する非線形吸収が確認され、中赤外可飽和吸収体として利用可能であることを見出しました。さらに、ジスプロシウム添加フッ化カルシウム可飽和吸収体を用いてEr:YALO3レーザーの受動Qスイッチングを試み、波長 $2.9\mu\text{m}$ におけるナノ秒パルス動作を実証しました。

本発明で提案するジスプロシウム添加材料の優位点として、飽和強度が比較的低く変調度が高いこと、添加濃度の調整によって変調深さが精度よく制御可能であること、吸収極大波長がエルビウム系固体レーザーの発振波長とよい一致を示すことなどが挙げられます。また、グラフェンに代表される波長に無依存な可飽和吸収体と異なり、波長 $0.97\mu\text{m}$ の励起光を吸収しないことも大きな利点であり、これにより従来にないコンパクトかつ高ピーク出力なレーザー発振器の構築が可能です。

想定される応用先・連携先

中赤外波長域には多くの分子の共鳴線が存在します。これを利用した中赤外レーザーの応用範囲は、分子構造解析や同位体計測、分光測定といった学術分野にとどまらず、レーザー加工やガスセンシングに挙げられる産業応用、呼吸診断や血液検査、歯科治療、手術用メス等の医療分野など多岐にわたっています。そのほかにも、爆発物や可燃性・毒性ガスの遠隔検出などの社会的に極めて重要性の高い応用用途が存在します。そのため、近年では、中赤外波長コヒーレント光源に対する需要が爆発的に高まっており、既存光源の希少な新波長帯レーザーの開発やその小型化・高効率化は重要な課題です。特に、波長 $3\mu\text{m}$ 近傍には、OH伸縮振動モードに起因する強い吸収バンドが存在するため、この波長のレーザーを用いることで、水分を含有した生体組織やガラス材料、OH基を有する樹脂材料などに対して強い相互作用が誘起され、高品位なレーザー加工が期待できます。

本研究で新たに開発した可飽和吸収体を用いることで、高いピーク出力を有する $3\mu\text{m}$ レーザーの開発が可能になり、レーザー加工分野にブレークスルーをもたらすことが期待されます。今後はレーザー加工機メーカー等と連携することで、高スループットな産業用加工光源を世界に先駆けて実現することを目指しています。

アピールポイント

中赤外波長、特に $3\sim 4\mu\text{m}$ 域において低光損失かつ優れた変調特性を有する可飽和吸収体は希少です。従来の吸収体の問題点として、可視・近赤外波長域における光吸収が大きいことが挙げられます。一般的に、パルスレーザー発振器において、可飽和吸収体の励起光吸収は性能低下の要因となります。

本発明で提案するジスプロシウム添加材料の優位点として、飽和強度が比較的低く変調度が高いこと、添加濃度の調整によって変調深さが精度よく制御可能であること、吸収極大波長がエルビウム系固体レーザーの発振波長とよい一致を示すことなどが挙げられます。また、励起光（エルビウム系中赤外レーザーの場合は $0.97\mu\text{m}$ ）を吸収しないことも大きな利点であり、これにより直線形で長さの短いレーザー共振器の構成が可能になり、従来にないコンパクトかつ高ピーク出力なパルスレーザーの開発が期待されます。Dy:CaF₂は、特に、波長 $2.5\sim 3.2\mu\text{m}$ に渡って連続的に大きな吸収断面積を有しており、Er:YAGレーザー、Er:ZBLANレーザーに代表される全てのエルビウム系レーザー、並びにCr:ZnSeレーザー等の様々な $3\mu\text{m}$ 帯レーザー発振器に適用可能です。

論文情報

- Hiyori Uehara, Weichao Yao, Akio Ikeshue, Hiroyuki Noto, Hengjun Chen, Yoshimitsu Hishinuma, Takeo Muroga, and Ryo Yasuhara, "Dy-doped CaF₂ ceramics as a functional medium in broadband mid-infrared spectral region," OSA Continuum 3 (2020), accepted.
- Hiyori Uehara, Daisuke Konishi, Kenji Goya, Ryo Sahara, Masanao Murakami, and Shigeki Tokita, "Power scalable 30-W mid-infrared fluoride fiber amplifier," Optics Letters 44, 4777-4780 (2019).
- Hiyori Uehara, Shigeki Tokita, Junji Kawanaka, Daisuke Konishi, Masanao Murakami, Seiji Shimizu and Ryo Yasuhara, "Optimization of laser emission at $2.8\mu\text{m}$ by Er:Lu₂O₃ ceramics," Optics Express 26, 3497-3507 (2018).

特許情報

出願番号：特願2020-058899

発明の名称：可飽和吸収体およびレーザー発振器

問い合わせ先 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

中赤外短パルスレーザーによる 新規樹脂フィルム加工法

核融合科学研究所・助教 上原 日和

Keyword レーザー加工、積層樹脂フィルム加工、ディスプレイパネル、中赤外レーザー

研究概要

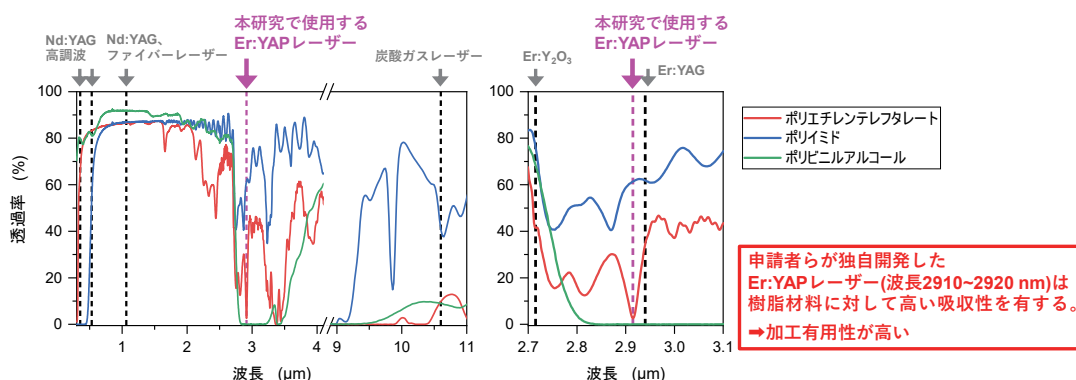
近年、モバイルフォンや車載ディスプレイ用途として積層樹脂フィルムから成るディスプレイパネルが開発、上市されています。ディスプレイパネルの切断等を高精度に行うために樹脂の吸収特性に適合した新規波長のレーザー光源での加工が要求されています。我々はPET樹脂の吸収極大波長2920nmにおいて高出力で発振するEr:YAPパルスレーザーを独自開発することに成功しました。新たに開発した加工用中赤外レーザー光源は、発振波長2920nm、パルス幅90ns、パルスエネルギー50μJ、ピーク出力600Wであり、当該波長帯の固体レーザーでは世界最高レベルの出力特性を有しています。この光源に加え、中赤外波長用の特殊ミラーや特殊レンズ等を用い、ビームスポット半径が9～10μmで、自動スキャン可能な微細加工システムを構築することに成功しました。

想定される応用先・連携先

近年、モバイルフォンや車載ディスプレイに対して軽量化や自由形状化といった新たな付加価値が求められており、機能性を付与した積層樹脂フィルムから成るディスプレイパネルが開発、上市されています。本研究で提案・検証する加工法は、ディスプレイパネル製造過程で求められる積層樹脂フィルムの高品位かつ高スループットな加工を可能とする新規技術です。今後は、ディスプレイパネル製造過程で求められる積層樹脂フィルムの高品位かつ高スループットな加工を実現すべく、本システムを用いた加工技術を世界に先駆けて提供し、産業界と共同で産業グレードの中赤外レーザー加工機の開発を目指します。

アピールポイント

本研究では、波長2.92μmにおいて高出力で発振するエルビウム添加イットリウム・アルミニウム・ペロブスカイト (Er:YAP) レーザーでの加工を新たに提案しました。図1に示す樹脂材料は、波長2.8~3.5μmにおいて吸収性が高く、特にEr:YAPレーザー波長の2.92μmでは、特異的な吸収特性を有しています。そのため、Er:YAPレーザーは、樹脂フィルム加工用途において優位性が高く、高品位で高スループットな加工用光源としての応用が期待できます。波長3μm近傍では、Er:YAGレーザーが歯科治療・皮膚治療など医療分野でいち早く実用化されていますが、中赤外レーザーを用いたガラスや樹脂材料等のレーザー加工は十分に実証されていません。今回開発した中赤外レーザー加工システムを用いることで、ディスプレイ材料として一般的なポリエチレンテレフタレート (PET) を極めて高品位かつ高速で微細加工することが可能となります (加工結果の詳細はお問い合わせください)。



論文情報

- Weichao Yao, Hiyori Uehara, Hiroki Kawase, Hengjun Chen, and Ryo Yasuhara, "Highly efficient Er:YAP laser with 6.9 W of output power at 2920 nm," Optics Express 28, 19000 (2020).
- Hiyori Uehara, Daisuke Konishi, Kenji Goya, Ryo Sahara, Masanao Murakami, and Shigeki Tokita, "Power scalable 30-W mid-infrared fluoride fiber amplifier," Optics Letters, 44, 4777-4780 (2019).
- Hiyori Uehara, Shigeki Tokita, Junji Kawanaka, Daisuke Konishi, Masanao Murakami, Seiji Shimizu and Ryo Yasuhara, "Optimization of laser emission at 2.8 μm by Er:Lu₂O₃ ceramics", Optics Express, 26, 3497-3507 (2018).
- Hiroki Kawase, Hiyori Uehara, Hengjun Chen, and Ryo Yasuhara, "Passively Q-switched 2.9μm Er:YAP single crystal laser using graphene saturable absorber", Applied Physics Express, 12, 102006 (2019).

小型で高出力な中赤外 Er:YAP レーザーの開発

SEEDS

核融合科学研究所・准教授 安原 亮
核融合科学研究所・助教 上原 日和

Keyword 中赤外レーザー、レーザー加工、ガスセンシング

研究概要

我々のグループでは、波長 $2.92\ \mu\text{m}$ で発振する極めて小型かつ高出力な固体レーザー発振器を世界に先駆け開発することに成功しました。

波長 $3\ \mu\text{m}$ 近傍には、OH 伸縮振動モードに起因する強い吸収バンドが存在します。そのため、この波長のレーザーを用いることで、水分を含有した生体組織やガラス材料、OH 基を有する樹脂材料などに対して強い相互作用が誘起され、高品位な微細加工が期待できます。

我々の開発したエルビウム添加イットリウムアルミニウムペロブスカイト (Er:YAP) レーザーは、半導体レーザーを励起光源とした長さ 10mm 前後の極めて小型な発振器であり、波長 $2.92\ \mu\text{m}$ において 5W を超える連続波出力を高いビーム品質で得ることができます。また、受動 Q スwitching、能動 Q スwitching によるパルス発振動作も可能です。小型で比較的安価なシステムでありながら、極めて高い出力を有することから、レーザー加工やセンシング分野にブレイクスルーをもたらす革新的なレーザー光源です。

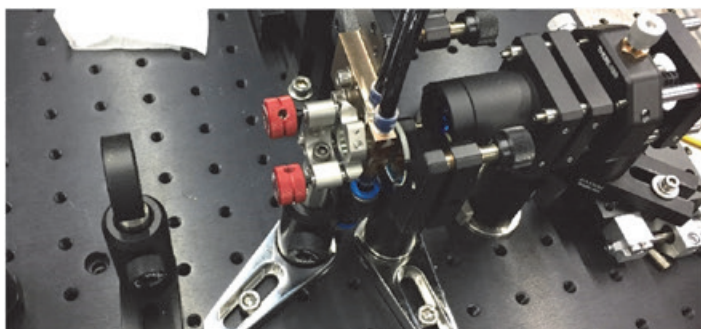


図1 開発したレーザー発振器

想定される応用先・連携先

近年、スマートフォンや車載ディスプレイに対して軽量化や自由形状化といった新たな付加価値が求められており、機能性を付与した積層樹脂フィルムから成るディスプレイパネルが開発、上市されています。一般的に用いられる PET 樹脂の吸収極大波長は、Er:YAP レーザーの発振波長 2920nm とよい一致を示します。そこで、PET 樹脂フィルムの加工検証実験をおこなった結果、極めて高品位かつ高速な切断加工を実証することに成功しました。

今後は、レーザー加工機メーカーなどと共同で Er:YAP レーザーを搭載した産業グレードの中赤外レーザー加工機の開発を目指したいと考えています。また、ガスのリモートセンシングや同位体計測応用も視野に入れ、関連企業との連携を検討しています。

アピールポイント

我々の開発した Er:YAP レーザーは、半導体レーザーを励起光源とした長さ 10mm 前後の極めて小型な発振器であり、波長 $2.92\ \mu\text{m}$ において 5W を超える連続波出力を高いビーム品質で得ることができます。また、受動 Q スwitching、能動 Q スwitching によるパルス発振動作も可能であり、熱的加工にとどまらず、高ピーク出力パルスでの微細加工も可能です。小型で比較的安価なシステムでありながら、極めて高い出力を有することから、レーザー加工やセンシング分野にブレイクスルーをもたらす革新的なレーザー光源です。

論文情報

- Hiroki Kawase, and Ryo Yasuhara, "2.92- μm high-efficiency continuous-wave laser operation of diode-pumped Er:YAP crystal at room temperature," Optics Express 27, 12213-12220 (2019).
- Hiyori Uehara, Shigeki Tokita, Junji Kawanaka, Daisuke Konishi, Masanao Murakami, Seiji Shimizu and Ryo Yasuhara, "Optimization of laser emission at $2.8\ \mu\text{m}$ by Er:Lu₂O₃ ceramics," Optics Express 26, 3497-3507 (2018).
- Hiroki Kawase, Hiyori Uehara, Hengjun Chen, and Ryo Yasuhara, "Passively Q-switched $2.9\ \mu\text{m}$ Er:YAP single crystal laser using graphene saturable absorber," Applied Physics Express 12, 102006 (2019).

特許情報

出願番号：特願2018-076779
発明の名称：レーザー装置

出願番号：特願2020-058899
発明の名称：可飽和吸収体およびレーザー発振器

問い合わせ先 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

Keyword 接点材料、異種金属接合、放電プラズマ焼結法

研究概要

本研究で対象とする製品は大電流制御スイッチです。これは新幹線等の鉄道や、建設重機等で使用される接点材料であり、一般に銅（Cu）とタングステン（W）の合金や、銀（Ag）とWの合金が使われています。この材料は、スイッチ材料として、電気伝導性の良いCuあるいはAgと高融点でアーク消耗性の低いWの両方の特性を活かした複合材料です。これらの複合材料と基盤となる母材の鉄製のボルトとの接合はロウ付けで接合されますが、一般にロウ付け法は接合面積率が低く、接合強度が低いことから、接合界面において亀裂や剥離が発生し破損の原因となります。

本研究では、放電プラズマ焼結（SPS）法を用いて上記の異種金属接合を行います。SPS法では、固体間あるいは粒子間に低電圧で大電流を印加することで、粒子間に「火花放電現象」が生じます。この粒子間放電によって生じる粒子表面の局所的な気化および溶融現象を接合駆動力として利用している点にSPS法の大きな特徴があります。さらに特定の還元雰囲気下で接合を行うことにより、接合を阻害する酸化物の生成を大幅に抑制し、比較的短時間で高品質・高強度の異種金属接合を実現します。

これまでの研究で、ロウ付け法と比べて極めて高い有効接合面積が実現できることが分かっています（図1：画像は接合面積100mm×100mmの試料の接合界面の欠陥を超音波探傷試験にて可視化したもの）。更にロウ付け面が存在しないことから、熱伝導性および電気伝導性においても優れた高性能接点材の製作が期待できます。

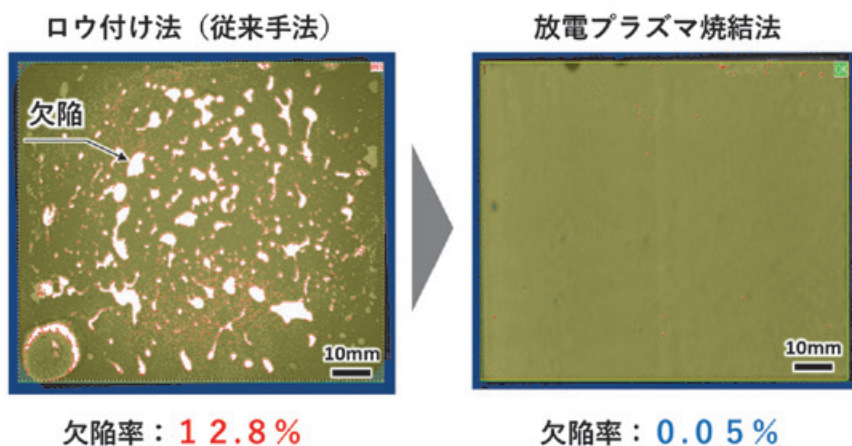


図1

ロウ付け法と放電プラズマ焼結法の接合界面における有効接合面積（欠陥面積率）の比較
※超音波探傷試験にて接合界面の欠陥を可視化

想定される応用先・連携先

本技術は様々な製品の電極材として応用展開が可能です。想定される応用先として、鉄道車両や、建設重機等の接点材料のみならず、ガス遮断器やタップ切替器、および電磁接触器など大電流を制御する機器類、あるいは放電加工機やスポット溶接機の電極材料としても適用が期待されます。これらすべての製品の長寿命化に貢献できます。

アピールポイント

従来のロウ付け法と比較して接合面積率が高く、接合強度も高いため、接合界面における亀裂や剥離を大幅に抑制します。

特許情報

特許番号：特許第6563581号
発明の名称：ダイバータ用異種金属接合体

有限要素解析コードを用いた 熱、構造、電磁場等の解析

核融合科学研究所・技術部 村瀬 尊則

Keyword 有限要素法、構造応力解析、電磁界解析、流体解析、ANSYS

研究概要

核融合科学研究所では、将来の核融合発電を早期実現するために、世界最大級の超伝導コイルを有する大型ヘリカル装置（LHD）を用いて、高温プラズマの閉じ込め研究を行っています。LHDの高磁場・高熱負荷環境において使用する機器を、十分な信頼性・安全性を確保しつつ、低コストで実現し、効率的に研究を推進するため、有限要素解析コード「ANSYS」を用いたシミュレーションに基づく研究開発活動を広範に展開しています。

例えば、大型ヘリカル装置LHDの真空容器内部では、「ダイバータ」と呼ばれる狭小空間において使用される真空ポンプがプラズマや周辺機器からの高い輻射熱環境下に置かれます。そのため真空ポンプには輻射熱を遮るシールドを設置しますが、同時に排気効果を阻害しない十分な開口も必要となります。そこで設計チームは、このような相反する設計要求をクリアするため、精緻な3D-CADモデルを構築し、輻射熱やシールドの冷却性能を考慮したシミュレーションを実施しました。この計算結果を構造設計に反映することで、厳しい設計要求に応えるデザインを実現し、実際にLHDの実験で運用しています（参考：<https://www.nifs.ac.jp/NIFS-NEWS/pdf/243-2.pdf>）[1]。また、大学との共同研究では、効率的なプラズマ生成方式を探索するために真空容器中にマイクロ波を導入した場合の電界強度分布の評価（図1）[2]や新概念に基づく核融合実験装置の構造応力解析、プラズマ輻射熱解析、渦電流による電磁力解析（図2）[3]等も行っています。

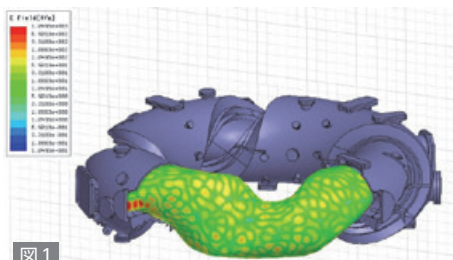


図1

解析例：プラズマ実験装置真空容器内に2.45GHzマイクロ波を射した時の電界強度分布（大学との共同研究）

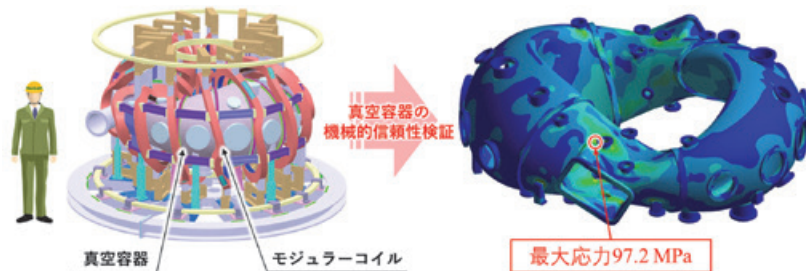


図2

解析例：国際共同プロジェクトとして建設が進められている核融合実験装置（準軸対称ヘリカル装置CFQS）における、CFQS真空容器に働く大気圧および渦電流の効果を含めた構造応力解析。

想定される応用先・連携先

核融合科学研究所では、主として磁場閉じ込めプラズマ実験装置での適用を念頭に置いて、装置本体、計測機器、プラズマ加熱装置等の開発を行っています。このような大規模で複合的な物理環境を扱う物理シミュレーションは、自動車、鉄道、航空産業など幅広い産業分野にも適用できます。これにより、少人数のエンジニアでも比較的短時間で多くのデザインを検証でき、その結果を機器開発へ迅速にフィードバックできます。また、試作コストが高い、あるいは想定される試験条件を再現するのが困難な場合など、物理試験にかかる時間やコストの低減にも役立ちます。

実際の共同研究では、既存あるいは設計中の構造や物理課題に対して、①最適な解析モデル作成、②必要十分な計算メッシュの設定、といった手順で計算条件を設定し、計算を実行後に③目的に適した結果表示を行います。また、3D-CADモデルの寸法値などをパラメータとし、複数の設計案をまとめて解析するといったことが可能です。

アピールポイント

高熱負荷、高磁場等の極限環境における熱、構造、電磁場、流体解析などの豊富な経験と実績があります。複雑な3次元曲面を有するモデルや複合的な物理現象の解析が可能です。

論文情報

[1] Takanori Murase, et al., "Development of In-Vessel Cryo-Sorption Pump for LHD Closed Helical Divertor", J. Plasma Fusion Res. 93, (2017) 213-221

[2] 河野星志、「ヘリオトロン」における有限要素法を用いたNBIプラズマ着火アシスト用マイクロ波の電界強度分布解析、京都大学工学部電気電子工學科学士学位論文、2019

[3] Takanori Murase, et al., "Electromagnetic Analysis for Vacuum Vessel of CFQS Quasi-axisymmetric Stellarator", submitted to Fusion Engineering and Design.(submitted)

マイクロプレートリーダーを用いた 多サンプル同時光合成測定装置

基礎生物学研究所・准教授 高橋 俊一

Keyword 光合成、マイクロプレート、蛍光酸素センサー、チャンバー、酸素

研究概要

光合成活性は光依存の酸素発生速度もしくは二酸化炭素吸収速度で測定することができますが、既存の光合成活性測定装置では一測定で一サンプルの光合成活性しか取得できません。一測定には少なくとも30分はかかるため、サンプルが多い場合、測定には多大な時間がかかります。この問題を解決するために、マイクロプレートリーダーと蛍光酸素センサーを利用して、一測定で24サンプルの光合成活性測定が行える装置を開発しました。この装置を使うと、従来の一測定と同等の時間（30分程度）で24サンプルの光合成活性測定が可能となります。

想定される応用先・連携先

本装置によって従来の方法では難しかった光合成活性の高い（もしくは低い）植物体（形質転換体や変異体）のスクリーニングが容易となります。そのため、基礎や応用の研究分野での利用が想定されます。大学や研究所の研究機関や、有用植物（遺伝子）の単離を進める企業での利用が見込まれます。

アピールポイント

光合成活性の測定には時間がかかるというのがこれまでの常識でした。しかし、本光合成測定装置（マイクロプレートリーダーを用いた多サンプル同時光合成測定装置）の誕生により、この常識が変わると考えています。この装置では、一測定で24サンプルの光合成活性測定が行えます。また、その数を数倍にすることも容易です。そのため、光合成活性を指標にした有用植物体の選別（スクリーニング）を短時間で大量に行うことが可能になります。

特許情報

出願番号：特願2019-026320
国際出願番号：PCT/JP2020/006028
発明の名称：測定装置

RNA干渉法を用いた 新奇害虫防除法の研究開発

基礎生物学研究所・教授 新美 輝幸

Keyword RNA干渉法、害虫防除法、生物農薬、ナミテントウ、RNA農薬

研究概要

爆発的な人口増加に伴い世界規模での食糧不足が緊迫するなか、農作物の約3分の1が病害虫により消失しており、世界規模での食糧増産を果たす上で、いかに害虫を管理するかは重要な問題です。従来の害虫管理は、主に化学農薬に頼っており、農業市場は世界中で年間約3兆円の市場規模に膨らんでいます。化学農薬は人畜に対する安全上の課題や環境負荷が大きく、害虫は化学農薬に対する耐性を短期間のうちに獲得するため、次々と新たな作用点を持つ薬剤の開発を余儀なくされています。持続的な農業生産を目指す上で、これら既存の害虫管理の限界を打破する新たな技術の開発が望まれています。私達は、RNA干渉（RNAi）を利用して害虫の生存に必須な遺伝子の二本鎖RNAを摂食させることによる遺伝子阻害法を利用し、標的害虫のみを駆除することが可能な画期的な方法（RNA農薬）を発見しました。そこで、この原理を利用した安全で耐性昆虫の出現を許さない非GM（Genetically Modified）型新奇害虫防除法を開発するため、(1) 非GM型新奇農薬としてRNA農薬の実用化に向けた基盤研究、ならびに(2) RNAiを利用した高付加価値化した非GM型新奇生物農薬の創生に向けた基盤研究を行ってきました。その成果として、(1) 害虫の生存に必須のアポトーシス阻害因子（Inhibitor of apoptosis; *iap*）由来の二本鎖RNAをジャガイモ害虫であるニジュウヤホシテントウに摂食させたところ、速効的な摂食停止と致死をもたらすことを明らかにしました（図1）。(2) RNAi法を利用して、生物農薬としての天敵昆虫利用の際の欠点を補う“翅なしテントウムシ”作出に成功しました。現在、生物農薬として有用な形質をもたらす新規遺伝子を単離し、二本鎖RNAの摂食に基づく遺伝子機能阻害により、様々な高付加価値化した非GM型機能改変天敵昆虫の開発を行っています。

RNA農薬の有効性の実証

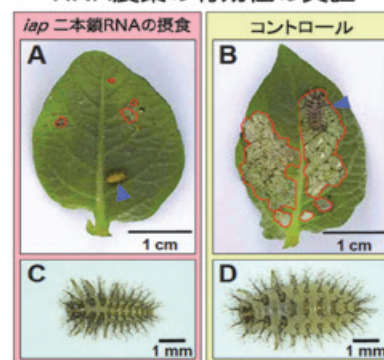


図1 *iap* 二本鎖RNAの摂食による新奇害虫防除法。
(A) *iap* 二本鎖RNA摂食によりジャガイモ葉の摂食停止。
(B) コントロール個体による摂食の拡大。
赤線内：摂食領域、青三角：幼虫。
(C) *iap* 二本鎖RNA摂食による早期の発育停止、致死。
(D) コントロール個体は正常に発育。

想定される応用先・連携先

農業害虫防除、衛生害虫防除、家屋害虫防除、ダニ防除、外来種防除、線虫防除など。

アピールポイント

本研究の独創性は、生体高分子であるRNAを直接農薬として利用する点にあります。原理はきわめて単純であり、二本鎖RNAを害虫が摂食することにより、生存に必須な遺伝子の機能を阻害するRNAi法に基づいています。これまでチトクロームP450、V-ATPaseなどの生存に必須な遺伝子の二本鎖RNAの摂食および二本鎖RNA発現遺伝子組換え植物を用いた害虫防除法が、さまざまな害虫を用いて試みられていますが、これらの従来の方法は防除効果が表れるまでに1週間以上も要するため速効性がなく、また害虫の致死率も100%に達していません。我々のこれまでの研究から*iap* 遺伝子を標的としたRNA農薬の効果は絶大であることが明らかになっています。

我々は通常、RNA農薬の有効量の10,000倍以上ものRNAを日々食物から摂取していることからRNA農薬の人体への影響は考えにくく、RNA農薬は従来の化学農薬に比べ圧倒的に安全であり、環境影響も小さいと考えられます。また、標的RNA配列の選択により標的害虫の特異性を自在に設計でき、従来の農薬では常に問題となる耐性昆虫の出現も抑制できます。

論文情報

- Ohde, T., Masumoto, M., Morita-Miwa, M., Matsuura, H., Yoshioka, H., Yaginuma, T. and Niimi, T. (2009) Vestigial and scalloped in the ladybird beetle: a conserved function in wing development and a novel function in pupal ecdysis. *Insect Mol. Biol.*, 18, 571-581.
- Chikami, Y., Kawaguchi, H., Suzuki, T., Yoshioka, H., Sato, Y., Yaginuma, T. and Niimi, T. (2019) Oral RNAi of diap1 in a pest results in rapid reduction of crop damage. *bioRxiv*, doi: <https://doi.org/10.1101/737643>.

特許情報

特許番号：特許第4911731号
発明の名称：テントウムシ科の昆虫を含む生物農薬

特許番号：特許第5305489号
発明の名称：害虫防除方法

問い合わせ先 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

AI 視覚による 歩行者・運転者・遠隔操作等の視覚支援ツール

SEEDS

基礎生物学研究所・准教授 渡辺 英治

Keyword 人工知能、視覚、交通事故、大脳、錯覚

研究概要

私達は大脳の数理モデルを組み込んだディープニューラルネットを使用して、人の視覚をシミュレートできるAIを開発しました。時に人の知覚は錯覚のようなエラーを起こしますが、本AIではそのようなエラーを含めた再現が可能です。例えば、人は動いていない図形であっても動いていると知覚することがあります。本AIではそうした知覚を再現することができます（図参照）。本AIを応用すれば、人の知覚の特性上必然的に生じる見落としなどの事象を防ぐツールの開発が可能となります。見落としなどは自動車の運転などでは事故の原因となるため、これを支援するツールは有用です。人は視覚情報に大きく頼って生活をしており、本技術の応用範囲は広いと考えられます。

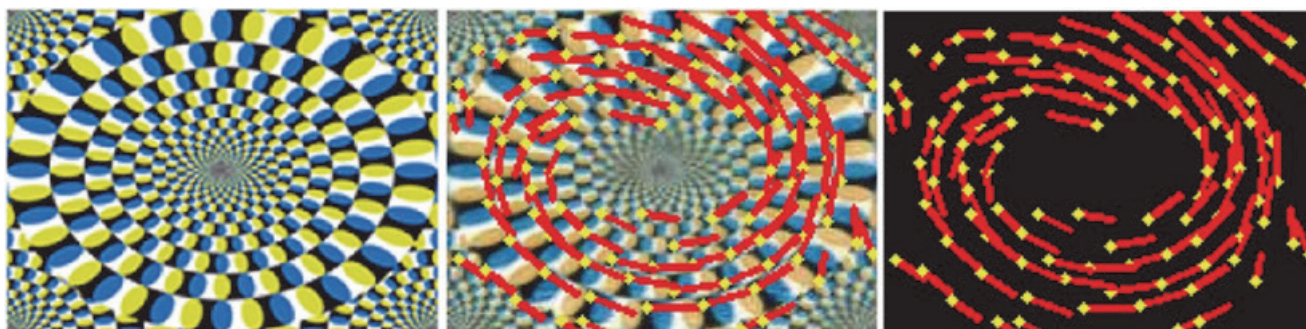


図1 左図が錯視図形、中央図と右図はAIの予測した知覚上の動きを赤い線で表示しており、人の知覚が再現されている。

想定される応用先・連携先

歩行者やドライバーの視覚支援、路面標識や案内地図などの都市デザイン、遠隔医療などでの遠隔操作の支援、広告デザインの最適化、監視システムの支援など。

アピールポイント

従来技術には、AIによる画像分析があります。こうした画像分析は専門性が高く、人間よりも正確で優れた性能を持ちます。今回のAI視覚は、正確性よりも人の感性に近い特性を持つことが特徴です。そのため、人間により近くで寄り添う支援ツールの開発が可能となります。

論文情報

• Watanabe E, Kitaoka A, Sakamoto K, Yasugi M and Tanaka K (2018) Illusory Motion Reproduced by Deep Neural Networks Trained for Prediction. Front. Psychol. 9:345. doi: 10.3389/fpsyg.2018.00345

特許情報

出願番号：特願2019-084479

発明の名称：画像分類器、画像分類方法及びコンピュータプログラム

問い合わせ先 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

Keyword 高分子固定化ナノ白金触媒、高分子スルホン酸触媒、酸素酸化、直接エステル化、フロー化学合成

研究概要

本研究では白金触媒およびスルホン酸触媒の大量調製法を確立し、これら触媒を充填した触媒カートリッジによる連続フロー反応を実施しました。白金触媒ではアルコール類やアルデヒド類の酸素酸化反応によるカルボン酸合成を実施し、続いてスルホン酸触媒を利用したカルボン酸をアルコールとの直接エステル化を実現する連続フロー反応を実施します。これら汎用性に富む新しい触媒の大量調製法を確立し、続いて触媒を利用した連続フロー工程を実践することで、触媒の市販化、触媒カートリッジの産業展開、さらには触媒工程の工業展開に道を拓こうとしています。

直接エステル化反応はその逆反応（エステル加水分解）との平衡反応であり、そのため従来の直接エステル化工程では平衡定数を超える変換効率を達成することは原理的に不可能です。一方、本触媒を用いた連続フロー反応では酸触媒によって進行するエステル化反応生成物が速やかに酸触媒から分離されるため、生成物（エステル分子）の酸触媒加水分解を制御することが可能です。すなわち固定化触媒を利用するフロー反応はエンジニアリングであると同時に基礎科学に立脚した新しい反応制御法を与えうる新技術といえます。

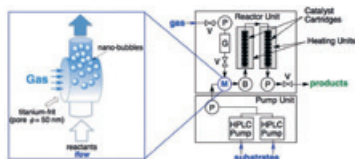


図3 触媒カートリッジを用いた連続フロー合成システムの概要図

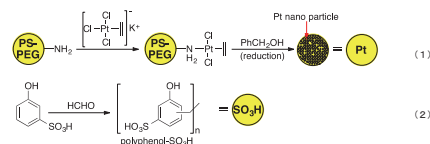


図1 触媒調製。高分子担持白金触媒(1)およびスルホン酸触媒(2)

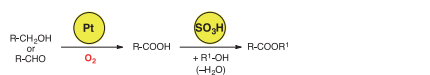


図2 高分子担持白金触媒酸素酸化反応およびスルホン酸触媒直接エステル化反応によるエステル合成概要

想定される応用先・連携先

【高分子担持白金触媒】

応用1：カルボン酸化合物の酸化的合成

対応するアルコール原料やアルデヒド原料を酸素のみを酸化剤とするグリーンな工程でカルボン酸へと誘導します。例えばサリチル酸合成やアニオン性界面活性剤合成に適用可能です。

【高分子担持スルホン酸触媒】

応用2：直接エステル化の高効率化

脱水的直接エステル化法によるアクリル酸やサリチル酸のエステル誘導体合成を高効率で実施可能です。

応用1、2はいずれも連続フロー反応で実施可能。

アピールポイント

【高分子担持白金触媒】 本触媒はアルケンおよびカルボニルの水素化、および芳香族クロリドの還元的脱クロロ反応にも利用できます。またいずれの反応においても連続フロー反応、触媒の回収再利用、生成物への金属種の非混入を確認しています。これにより不飽和脂肪類の水素化による食品類の品質向上やPCB汚染水の無毒化などが実現すると考えています。

【高分子担持スルホン酸触媒】 直接エステル化工程では平衡定数を超える変換効率を達成することは原理的に不可能です。一方、本触媒を用いた連続フロー反応では酸触媒によって進行するエステル化反応生成物が速やかに酸触媒から分離されるため、生成物（エステル分子）の酸触媒加水分解を制御することが可能となります。

論文情報

【白金触媒関連論文】

- (1) A Nanoplatinum Catalyst for Aerobic Oxidation of Alcohols in Water
Yamada, Y. M. A.; Arakawa, T.; Hocke, H.; Uozumi, Y.
Angew. Chem. Int. Ed. 2007, 46, 704–706 (査読あり)
DOI: 10.1002/anie.200603900
- (2) Aerobic flow oxidation of alcohols in water catalyzed by platinum nanoparticles dispersed in an amphiphilic polymer
Osaka T, Torii K, Uozumi Y.
RSC Advances 2015, 5, 2647–2654 (査読あり)
DOI: 10.1039/c4ra14947e
- (3) Chemoselective continuous-flow hydrogenation of aldehydes catalyzed by platinum nanoparticles dispersed in an amphiphilic resin
Osaka T, Torii K, Hirata S, Uozumi Y.
ACS Catalysis 2017, 7, 7371–7377 (査読あり)
DOI: 10.1021/acscatal.7b02604

- (4) Direct Dehydrative Esterification of Alcohols and Carboxylic Acids with a Macroporous Polymeric Acid Catalyst
Minakawa, M.; Baek H.; Yamada, Y. M. A.; Han, J.-W.; Uozumi, Y.
Organic Letters 2013, 15, 5798–5801 (査読あり)
DOI 10.1021/ol4028495
- (5) In-water and neat batch and continuous-flow direct esterification and transesterification by a porous polymeric acid catalyst
Baek H, Minakawa M, Yamada Y.M.A, Han J.W, Uozumi Y.
Scientific Reports 2016, 6, 25925 (査読あり)
DOI: 10.1038/srep25925
- (6) Second-Generation meta-Phenolsulfonic Acid-Formaldehyde Resin as a Catalyst for Continuous-Flow Esterification
Hu, H.; Ota, H.; Baek, H.; Shinohara, K.; Mase, T.; Uozumi, Y.; Yamada, Y. M. A.
Organic Letter 2020, 22, 160–163 (査読あり)
DOI: 10.1021/acs.orglett.9b04084

特許情報

特許番号：特許第5358804号
国際出願番号：PCT/JP2005/022068
発明の名称：レジン担持白金クラスター触媒

出願番号：特願2018-078643

発明の名称：メタ-フェノールスルホン酸系樹脂およびその触媒としての利用

「一斉警報通知防災システム」構想の 実現に向けた社会実験

分子科学研究所・技術課長 繁政 英治

Keyword 防災ラジオ、LoRa、災害情報伝達、Jアラート

研究概要

(1) 防災ラジオの起動に連動して家電製品の制御を開始するシステム

我々は、岡崎市や盛岡市などで使用されている緊急告知防災ラジオ（以下、防災ラジオ）の自動起動を常時監視する親機と、親機からの無線信号を受け取り、様々な動作を開始する子機からなるシステムを既に開発しています。

本システムは、例えば、日常生活で使用しているLED照明器具やTVなどを子機に接続するだけで、JアラートやLアラート、緊急地震速報などによる防災ラジオの起動に連動してLED照明を点滅させる、TVを自動起動させる等の手段で、緊急情報を素早く伝達し、早期の避難誘導を促すものです。

(2) 研究開発の現状と目指すところ

(1)に挙げたシステムについて、親機と子機間の通信範囲を100m程度に

限った小規模な検証実験を実施しました。また、当初予定していた2.4GHz帯の無線は、用途が多く混信が懸念されたため、これをLoRaと呼ばれる920MHz帯の規格に変更し、通信範囲を100mから3kmへと格段に拡張しました。この条件下で、親機・子機の台数を限定した基本動作の確認は完了しており、引き続き実証試験を進めています。

本研究では、従来のシステムを拡充し、一台の子機が受け取った情報をさらに別の子機に転送するメッシュ型構造を導入しました。これにより、通信範囲内で通信障害が発生しても様々な経路でバックアップした通信が可能となるため、信頼性をさらに拡張・強化できます。このメッシュ型構造を導入した親機と子機を相当数配置したシステムを構築し、実際の災害発生を想定した広範囲実証試験を行い、自治体や企業とも共同して、システムの実用化に向けた開発と検証を進めています。



図1 一斉警報通知システムの概略図

想定される応用先・連携先

・想定する適用先・応用先

既存の防災ラジオ製造・販売企業、防災関連機器企業、IoT関連企業

・応用された結果解消される社会課題・技術課題

インターネット環境が十分でない過疎地や独居老人の増加により、災害時、或いは急病等緊急時に連絡が遅れ、被害の拡大や発見の遅れが懸念されています。一方、既存の緊急通報装置はインターネット環境の新規導入や維持費が必要であり、利用者の負担となります。本システムの応用により、これらの課題の解決が見込まれます。

アピールポイント

本計画では「LoRa」と呼ばれる無線伝送方式を採用しています。この無線伝送方式を導入することで、通常の通信範囲内で通信障害が発生しても様々な経路からバックアップした信頼性の高い通信を実現することができます。また無線モジュール間の中継機能も実装しているため、パケツリレー状の長距離伝送にも展開できることが他にはない強みであると考えています。

本システムでは親機が防災ラジオの起動を検出しますが、検出対象は防災ラジオに限定されず高い汎用性を有しています。住宅用火災警報器や温度センサ、人感センサなどを検出対象とすることで多様な適用が可能です。

本研究で開発したコア基板に接続するモジュールを差し替えることで、接続先の電気的条件を容易に変更することができます。このインターフェースは、Pmod規格に準拠しており、市販のモジュールも使用できます。

特許情報

出願番号：特願2019-214632

発明の名称：通知システム、通知システムにおける制御装置、及び通知システムにおける制御方法

特許番号：特開2020-30719

発明の名称：緊急告知防災ドッキングステーション

特許番号：特開2018-026807

発明の名称：警報連動型防災システム



特 許

PATENT

複合超電導体及び複合超電導体の製造方法

PATENT

核融合科学研究所・教授 三戸 利行 教授 高畑 一也
准教授 田村 仁

Keyword 超電導体、アルミニウム合金被覆、摩擦撹拌接合 (FSW)

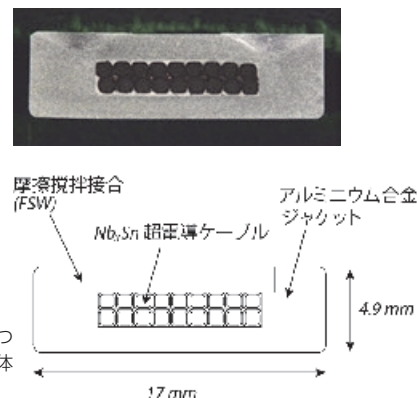
関連する特許出願番号、特許番号 特願 2013-532612、特許第 6090933 号 (2017)

セールスポイント

- ・強力な電磁力に耐えることができる補強材を複合した超電導体です。
- ・運転時の性能を最大限に引き出し、超電導体のコスト低減も可能です。

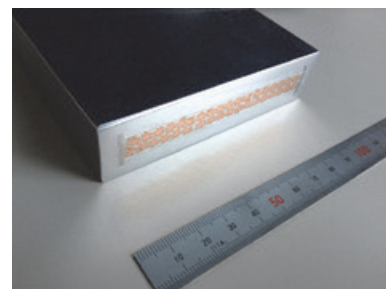
研究概要

超電導マグネットを強磁場化、大型化すると、超電導体に巨大な力が加わります。機械的に弱い化合物超電導体（ニオブ・スズ、酸化物系など）を使う場合には、機械的に強い金属と複合化する必要が生じます。私たちは金属複合化の方法として、アルミニウム合金の補強部材を超電導体に被せ、その被覆部材を摩擦撹拌接合 (FSW) によって接合する方法を、古河電気工業(株)、(株)UACJと共同で開発しました。



応用事例・使用用途など

大口径で強磁場の超電導マグネットへの応用が期待されます。例えば、超電導エネルギー貯蔵装置などの電力応用、高磁場 MRI などの医療応用、核融合、高エネルギー物理などのエネルギー応用に適しています。



研究内容

超電導体は、電力を消費することなく銅の10倍以上（単位面積当たり）の電流を流すことができ、コイル化することにより強力な磁場を発生することができるため、電力応用、医療応用、産業応用、エネルギー応用と幅広い分野で利用されています。

一方で、今後の更なる普及が期待される化合物超電導体（ニオブ・スズ、酸化物系など）は、歪み加わることによって性能が変化し、引張に対しては1%に満たない歪みで永久的なダメージを引き起こすことが知られています。超電導体をコイル化しマグネットとして使用すると、電磁力によって超電導体に引張力が加わり、性能が劣化する可能性があります。そこで、導体に機械的に強い補強部材を付加する、つまり複合化する方法が一般的に用いられます。

本研究では、補強部材にアルミニウム合金、接合方法に摩擦撹拌接合 (FSW) を採用し、ニオブ・スズ超電導体を被覆することに成功しました。FSWを使うことにより、また接合部とケーブルの間に保護用の薄板を置くことにより、内部の超電導体（ケーブル）にダメージを与えることなく接合を行うことができます。これが一般的な溶接を用いた導体複合化と比較したときの大きなメリットです。また、ケーブルにダメージがないことは、実際の電流通電試験においても確認しています。

補強部材と超電導体の間には熱収縮の差があり、冷却によって歪み（熱歪み）が加わり、超電導性能が劣化します。本研究では、ケーブルをニオブ・スズ生成熱処理後にアルミニウム合金被覆することによって、熱収縮差を緩和し、性能劣化を大幅に緩和できることを見出しました。これをリアクト・アンド・ジャケット法と名付けました。さらに、ケーブルに歪みを予め加えた状態でアルミニウム合金を被覆することにより、その後の熱歪み、電磁力による歪みを制御する方法を考案しました。この方法により、最も性能が高くなる状態で運転することが可能となり、設計段階では、ニオブ・スズ超電導体の量を削減することでコスト低減を図ることができます。

問い合わせ先 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

自励振動式ヒートパイプ 冷却超伝導マグネット

PATENT

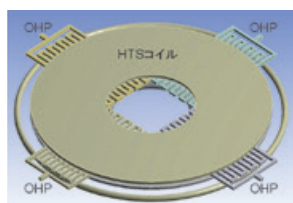
核融合科学研究所・教授 三戸 利行

Keyword 超伝導、自励振動、ヒートパイプ、液体水素、貯蔵、磁気浮上、超伝導磁気エネルギー貯蔵
関連する特許出願番号、特許番号 特許第5424107号 (特願 2009-241397)

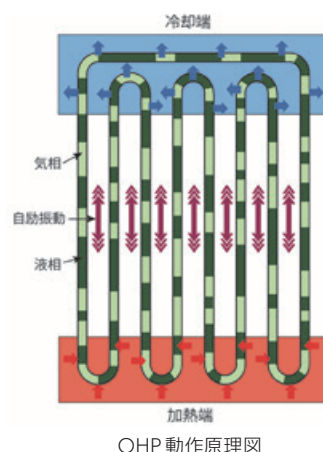
- セールスポイント**
- ・自励振動式ヒートパイプ (OHP) を用いた冷却技術の活用
 - ・高熱負荷運転にも対応可能となる高温超伝導マグネットの冷却方式
 - ・超伝導磁気エネルギー貯蔵装置や液体水素貯蔵装置など

研究概要

高温超伝導は低温超伝導に比べて冷却は楽になるものと一般的には誤解されている。しかし、運転温度の上昇に伴って、超伝導マグネットを構成する材料の熱拡散率はむしろ低下するため、固体熱伝導のみに頼るとマグネット内で発生した熱は外部に伝わるのに時間がかかることになり、マグネット内の発熱を除去しづらい状態となる。結果として熱暴走や巻線内のホットスポットの発生等、マグネットの焼損につながる危険な状態に陥りやすい。個体熱伝導に頼らない高温超伝導 (HTS) マグネットの新しい冷却方式として自励振動式ヒートパイプ (OHP) を巻線内に組み込むことにより、高い熱輸送特性の実現と同時に、高い熱拡散率による応答の早さを実現することができる。



OHPは、ヒートパイプ内に自発的に発生する自励振動を利用して熱を輸送する熱輸送素子である。気液2相の作動流体で満たされたヒートパイプ流路は、加熱端と冷却端の間を繰り返し折り返した構造をしている。加熱端と冷却端の温度差によって、自励振動が発生し、加熱端から冷却端に素早く効率的に熱を輸送することができる。



応用事例・使用用途など

燃料電池車の市販が開始されるなど、地球環境に優しい水素社会の実現に向けた新たな研究への取組が求められている。核融合研究でこれまでに開発された技術を最大限に活用し、早期の課題解決が必須とされている水素の効率的な貯蔵方法として、HTS マグネットを用いた磁気浮上で、液体水素容器を支持することで、低熱侵入かつ高効率で、地震等の災害にも強い、安心・安全な液体水素貯蔵技術の確立を目指す。OHP を巻線内に組み込むことにより、超伝導磁気エネルギー貯蔵装置や磁気浮上用 HTS マグネットに必要な高熱負荷特性を達成することができる。

研究内容

液体水素を貯蔵する際、最も重要となるのは、安全性を確保しつつ、いかに熱負荷を低減できるかにある。ここでは、対となる高温超伝導 (HTS) コイルを用いて断熱真空中で液体水素容器を磁気浮上させることにより、支持材からの伝導による侵入熱を極限まで低減する。更に断熱真空層に中間温度のシールド板を設けることにより、輻射による入熱も最小に抑えることができる。この際、液体水素容器側に取付けた浮上 HTS コイルは永久電流モードで運転され、地上側に設置した支持 HTS コイルは制御電源に接続されて、液体水素容器の浮上位置が一定になるように支持 HTS マグネットの電流値が制御される。更に、地震等の災害発生時には、液体水素容器の振動を抑制する免震制御を実施し、高度の安全性を同時に確保する。

将来の安心で効率的な液体水素の大量備蓄を可能にする方策として、図に LNG タンカー等で用いられる直径 40m 級の球形タンクを想定した磁気浮上の例を示す。タンクの内容積は 33,500m³、貯蔵できる液体水素の重量は約 2,000t、タンクの空重量が 1,000t のため、浮上させる総重量は 3,000t になる。ここでは、底部に 4 対の磁気浮上用コイルを配置し、赤道面に横揺れ防止用の補助コイルを配置した。HTS コイルの動作温度为 20K とすると、現在市販されている Bi2223 多芯テープ線材を用いても、上記の貯蔵タンク用 HTS コイルの設計が可能なレベルにまで HTS 線材の性能は上がってきている。

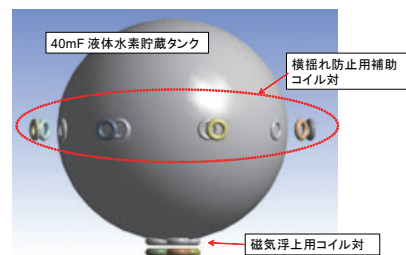


図 超伝導コイルによる液体水素磁気浮上

問い合わせ先 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

蒸着装置における蒸発源及び蒸着装置

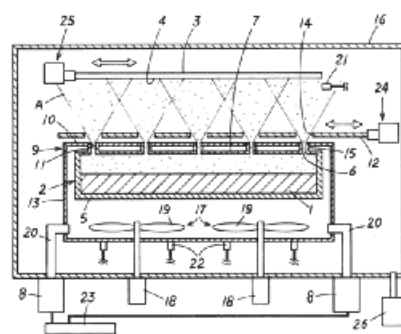
PATENT

核融合科学研究所・准教授 高山 定次

Keyword 蒸着装置、マイクロ波加熱**関連する特許出願番号、特許番号** 特許第5578345(2014)**セールスポイント** ・実用性に秀れた蒸着装置における蒸発源及び蒸着装置です。

研究概要

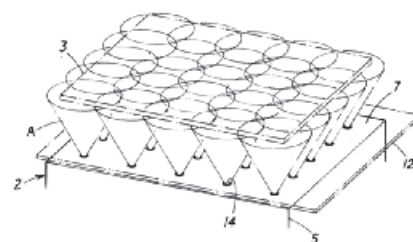
オーバーシュートが小さく蒸着レートコントロールが容易で、蒸着材料を短い加熱時間で所定温度に到達させることができ、また基板全体に短時間に蒸着しタクトタイムを短縮する事が可能な極めて実用性に秀れた蒸着装置における蒸発源及び蒸着装置を提供する。



装置の側断面図

応用事例・使用用途など

蒸着装置



要部の拡大斜視図

研究内容

マイクロ波照射部 8 から容器 2 にマイクロ波を照射すると、マイクロ波吸収体が発熱して容器 2 が加熱され、この容器 2 を介して間接的に若しくは直接蒸着材料 1 が加熱される。

マイクロ波吸収体として、炭化物セラミックス（例えば SiC 焼結セラミックス）を用いる場合、炭化物セラミックスの発熱効率は極めて高いため、短時間で所定温度まで蒸着材料 1 を加熱することが可能となる。また、熱応答性も高いため、急速加熱後のオーバーシュートが小さく所定温度に到達した後の蒸着レートコントロールが容易となる（例えば抵抗加熱方式や誘導加熱方式の場合、急速加熱後の温度のオーバーシュートが大きく、これが安定するまでの時間が極めて長い）。従って、蒸着材料 1 の加熱制御を極めて容易に且つ応答性良く行うことが可能となり、蒸着開始までの加熱時間を極めて短くすることが可能となる（抵抗加熱方式の 1/100、誘導加熱方式の 1/10 程度）。

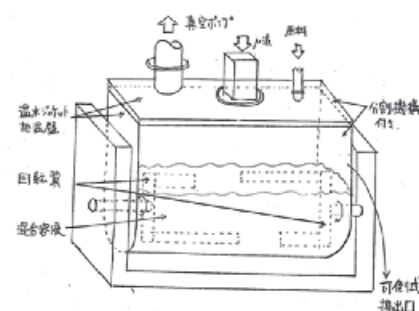
また、容器 2 の上面部 7 に設けた蒸着材料通過孔 6 の開口面積は蒸着材料収納本体部 5 に収納される蒸着材料 1 の蒸発面に比し小さく（蒸着材料通過孔 6 の開口面積の総和を蒸着材料 1 の蒸着面に比し十分小さく設定した場合には所謂クヌーセンセルとなり）、各蒸着材料通過孔 6 からは一様な（均一な）蒸発した蒸着材料 1 の分子流が夫々基板 3 の成膜面 4 に照射されて付着することになり、均一な膜厚分布を有する薄膜を成膜可能となる。

即ち、容器 2 に収納される蒸着材料が面状に広がった状態で蒸着材料 1 の分子流を直接基板 3 の成膜面に付着させるのではなく、蒸着材料通過孔 6 を複数介して面状に基板 3 の成膜面 4 に付着させ成膜することで、短時間で広範囲に成膜可能でそれだけ生産タクトタイムを短縮可能となるのは勿論、均一な膜質且つ膜厚を有する薄膜を成膜可能となる。

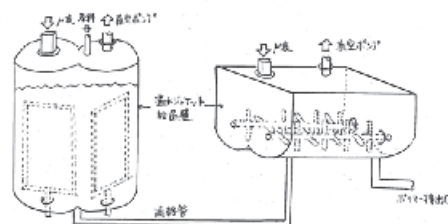
Keyword 生分解性プラスチック、マイクロ波加熱**関連する特許出願番号、特許番号** 特願 2012-248337、特許第 6070091 号 (2017)**セールスポイント** ・生分解性プラスチックに応用でき、従来の技術より短時間製造が見込めます。**研究概要**

一般に、原料の重合度に応じて重合反応を変化させながら段階的に重合を行わせるための反応槽を数段にわたって設置させる必要がある。また、200～240℃程度の高温で反応させる必要がある。

本発明は、より温和な条件で、短時間で簡素に目的の有機化合物を得ることが可能な有機化合物の合成方法を提供することを目的とする。

**応用例・使用用途など**

サトウキビ、トウモロコシ、生ごみのでんぷんを抽出し発酵させた乳酸を結合（重縮合）させて得られる自然にやさしいプラスチック

**研究内容**

国立大学法人名古屋工業大学、大学共同利用機関法人自然科学研究機構核融合科学研究所及び中部電力株式会社は共同で、ポリ乳酸をマイクロ波の非熱的効果を使って素早く製造する技術を開発した。ポリ乳酸とは、サトウキビ、トウモロコシ、生ごみのでんぷんを抽出し発酵させた乳酸を結合（重縮合）させて得られる自然にやさしいプラスチックで、石油由来でないプラスチックとして普及が期待されている。本技術は、プラスチック産業の材料製造工程の低温化・短時間化を実現し、省エネルギーへ大きく貢献する可能性がある。

名古屋工業大学、核融合科学研究所及び中部電力は、還流（温度一定）条件で乳酸（名古屋工業大学分担）の重縮合に、マイクロ波（核融合科学研究所分担）を用いることにより、成功。この過程でマイクロ波の非熱的効果を明らかにするという学術的知見も得られた。また、シングルモードマイクロ波共振器を用いて、マイクロ波を電気成分と磁気成分に分離、各成分がポリ乳酸合成に与える影響を調査し、電気成分が化学反応の促進に、より有効であることを解明した。

■マイクロ波とは

電磁波の一種。一般的には電子レンジで食品などを温めることに使われている。近年、化学反応についても新規加熱法として注目されている。

■非熱的効果とは

マイクロ波化学において、マイクロ波加熱を用いて合成する場合に起きる、熱では説明できない現象を指す。マイクロ波化学は研究の歴史が浅く、正確な定義はあいまいではあるが、非熱的効果に関する過去の報告例の多くは熱伝導速度による熱的な効果として考えられており、さらなる調査が期待されていた。

Keyword 真空容器、クライオポンプ、ソープションポンプ、内蔵型、無機接着、活性炭**関連する特許出願番号、特許番号** 特願 2014-209086、特許 6021276 (2016)**セールスポイント**

- ・真空容器内に直接設置できるため、高排気コンダクタンスを実現。
- ・有機接着剤を使用しないため、高真空中で清浄な製造環境を構築可能。

研究概要

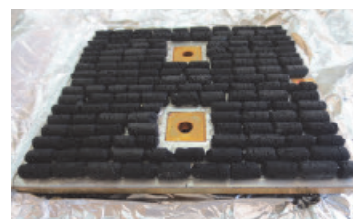
吸着型クライオポンプは、活性炭などの吸着材を20K以下の極低温に冷却することで水素やネオンなどの非凝縮性ガスを吸着する真空ポンプです。従来の吸着パネルでは活性炭を有機接着剤により冷却基板に接着していましたが、真空中への有機ガスの放出や経年劣化の問題があり、ゲートバルブを介して真空容器外で使用せざるを得ませんでした。そこで私たちは、新たに無機接着方式の吸着パネルを発明し、真空容器内に内蔵可能なクライオポンプを開発しました。



大型ヘリカル装置(LHD) 内部に適用

応用事例・使用用途など

この無機接着方式を採用することで、核融合実験装置のみならず、半導体や液晶ディスプレイといった高真空中で清浄な環境が要求される製造現場においても適用可能です。また経年劣化による活性炭の脱落も少ないため、通常数年ごとに必要となるメンテナンスコストを大幅に削減することができます。



新開発無機接着方式による吸着パネル

研究内容

クライオポンプは、極低温の固体表面に気体分子が凝縮または吸着する性質を利用して真空容器内の気体を排気する真空ポンプです。吸着型のクライオポンプは吸着材を冷却基板上に貼り付ける際、従来の方式では、エポキシ系の有機接着剤を用いて貼り付ける「有機接着方式」が採用されてきました。しかし有機接着剤は、運転停止中（非冷却中）に有機ガスを放出して真空容器を汚損する、有機接着剤の経年劣化により吸着材が剥離する、などの問題があるため、真空容器内に内蔵するようなクライオポンプには使用することができませんでした。ここで、有機接着剤を用いない、ろう材を介した無機接着方式ならば、有機接着剤のデメリットを解消できますが、一方で吸着材とろう材の接触だけでは、ろう材が十分に吸着材へ侵入せず、結果として濡れ性の低下を招き、吸着材の剥離が発生する問題がありました。

本研究では、上記の種々の問題を解決するため、以下に示すような新しい無機接着方式を開発しました。まず、吸着材の一端にスパッタ成膜処理を施し、原子レベルの膜粒子と、吸着材の多孔質ナノ構造とが強固にかみ合う金属層を形成させます。金属層には吸着材と相性の良いチタンと、ろう材との相性の良い銀を選定しました。これにより吸着材とろう材の濡れ性が大幅に改善するため、十分な接着強度を発生させることに成功しました。その結果、吸着材の露出面積を大きく確保することができ、吸着排気能力の高いクライオ吸着パネルが製作できます。また、本方式では有機接着剤が必要ないため、真空容器内を汚損するガス放出の恐れがなく、真空容器内を清浄に保つことが可能となります。

つぎに、ろう材としてインジウム等の低融点金属合金を用いて吸着材と冷却基板を接着させます。このとき、吸着材と冷却基板を130～250℃の温度域で接着させるため、純銅製の冷却基板は、製造時の加熱による変形が起きないのはもちろんのこと、十分な材料強度が確保でき、高圧のヘリウムガス等の冷媒を基板内に直接導通して冷却する直接冷却方式を採用することも可能となります。本研究の吸着パネルを応用すれば、清浄かつ高真空を必要とする半導体や液晶ディスプレイなどの製造にも貢献できると考えています。

超塑性金属を用いた 異材接合における熱応力緩和

PATENT

核融合科学研究所・助教 能登 裕之

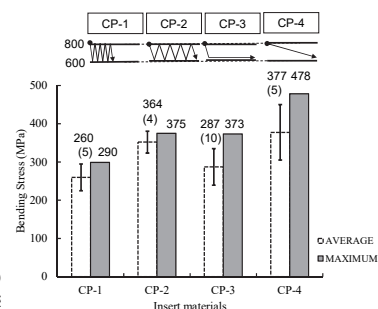
Keyword 異材接合、熱応力緩和、超塑性中間材、相変態誘起クリープ変形**関連する特許出願番号、特許番号** 特願 2015-048318、特許第6300323号 (2018)

- セールスポイント**
- ・熱応力緩和技法として幅広く応用可能であり、従来の接合よりも高強度化が可能です。
 - ・高熱負荷下における除熱機器のための拡散接合など、幅広い分野での応用が可能です。

研究概要

核融合炉において、タングステン (W) と鉄鋼材料 (ODSS) の接合が求められる部位も想定されている。しかしながら、WとFeは大きく熱膨張係数が異なるため、接合後の冷却中に大きな熱応力に晒される。このような状況では、脆性的な挙動を示すWに亀裂が入りやすく、接合強度が著しく低下する。そこで、これら異材間に特殊な熱サイクルを加えた場合にのみ超塑性が発現する金属 (S50C) を中間材として配置し、熱応力緩和を行った。

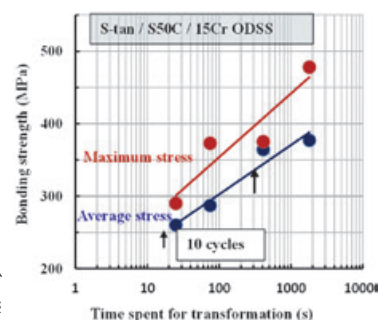
変態超塑性金属を中間材としたW/鉄鋼材料拡散接合後の曲げ強度に及ぼす後熱処理の影響



応用事例・使用用途など

高い除熱機構を備えた装置では、金属学的特性の大きく異なった材料を接合する場合がある。しかしながら、そのような接合では、接合後に高い熱応力が発生することが懸念される。そのような熱応力の緩和技法は核融合炉ダイバータの他、冷却システムを持つ発電所やエンジンといった部位への応用も可能であると考えている。

中間材が相変態に晒される時間が接合強度に与える影響



研究内容

【関連分野】 本発明は、中間材を用いて、脆性材料と金属材料を拡散接合した後の冷却段階において発生する熱応力を除去する緩和技術に関するものである。この技術が適用される装置・製品は、高温の物質を冷却する除熱システムおよびそれを支える構造体が考えられる。

【背景技術】 この分野の熱応力緩和技法としては、従来、異材両者に対し、濡れ性を有する「ろう材」が中間材として用いられてきた。しかしながら濡れ性に依存するろう付け接合では高強度化が困難であった。さらに一般に用いられるろう材は低融点合金が用いられるが、接合体製造後の高温下における使用が制限されるほか、接合母材とは大きく化学組成が異なる中間材となるため、接合部での機械的特性が母材とは大きく異なってしまう。そこで高い接合界面強度が図ることができる拡散接合法を試みた。その一方で、直接の拡散接合では非常に大きな熱応力が発生することが明らかになった。

【本研究のポイント・効果など】 そのため熱応力緩和のために炭素鋼を中間材として使用することを提案した。その中間材は母材となる鉄鋼材料 (ODSS) と近い特性を持つにもかかわらず特殊な熱処理下で非常に容易に変形する変態超塑性という現象を引き起こすことが知られている。この超塑性変形特性を接合後の後熱処理間で応用し、異材間の熱力緩和を行った。図1には温度履歴に伴う接合体に発生する熱応力の様子と後熱処理による緩和の概念を示す。

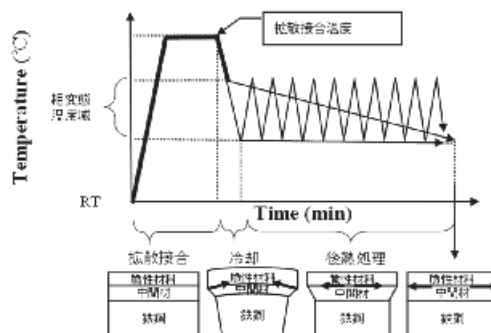


図1 接合プロセスにおける温度履歴と熱応力緩和概念

核融合科学研究所・教授 宮澤 順一

Keyword クライオポンプ、分子拡散ポンプ、超高真空排気ポンプ、連続運転

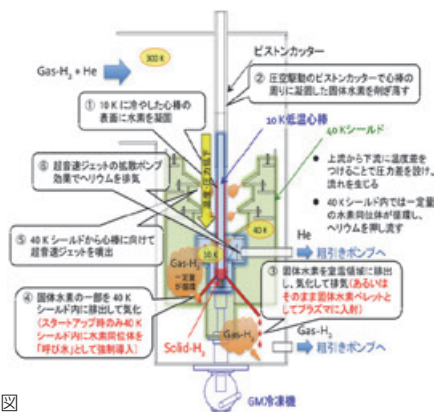
関連する特許出願番号、特許番号 特許第 6578593 号 (2019)

セールスポイント

- ・クライオポンプと拡散ポンプの長所を併せ持つ大排気量超高真空ポンプです。
- ・大量の水素を溜め込まず、再生運転も不要です。

研究概要

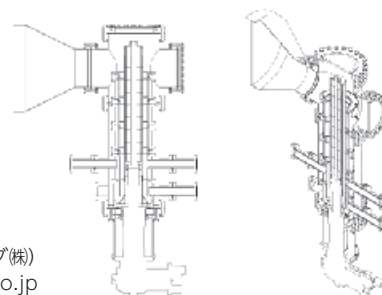
超高真空ポンプとしては冷却パネルに水素を凝縮させるクライオポンプが主流ですが、水素貯留量が多いこと、再生運転が必要なこと、ヘリウム排気が困難なこと、などが問題となる場合があります。本発明の新型クライオポンプでは、凝縮した水素を機械的に掻き落とすことで水素貯留量を大幅に低減し、再生動作を不要としました。水素の一部を超音速ジェットとして循環し、拡散ポンプとして機能させることでヘリウムの排気も可能としました。



原理图

応用事例・使用用途など

核融合炉、プラズマ実験装置、超高真空実験装置、超高真空分析装置など、クリーンな真空が必要な装置において、従来型クライオポンプやターボ分子ポンプ、拡散ポンプの代替として使用できます。磁場中でも運転可能です。



CAD図の例(カザマエンジニアリング株)
<http://www.keg.co.jp>

研究内容

【関連分野】 核融合プラズマ実験や材料分析など、超高真空を必要とする各種物理・化学実験分野。

【背景技術】 大きな排気量が得られる超高真空ポンプとして、冷却パネルに水素を凝縮させるクライオポンプ、高速回転タービンで排気ガス分子に運動量を与えて排気するターボ分子ポンプ、油や金属の蒸気を噴出させて、それらの運動量を排気ガス分子に与えて排気する拡散ポンプが用いられています。

【**従来技術の課題**】 例えば核融合炉での真空排気を考えた場合、従来型真空ポンプでは不十分な可能性があります。クライオポンプは水素の貯留量が多いこと、再生運転が必要なため連続運転が難しいことが大きな課題となっています。核融合炉では水素同位体が核融合してできるヘリウムを「灰」として排気する必要がありますが、ヘリウムは低温で凝縮しにくく、かつ固体にはならないため、クライオポンプでは排気が難しいことも課題です。ターボ分子ポンプは、核融合炉付近の強磁場中での運転が難しいことと、排気速度がクライオポンプに比べ小さいことが課題となっています。拡散ポンプは高真空側への油や金属の蒸気拡散がありえること、特に金属を用いる場合、水銀は採用できず、常温で液体の金属は高価で、低融点の金属はヒータが必要になる上に配管詰まりの懸念があることが深刻な課題です。

【本研究のポイント・効果など】 本発明の新型クライオポンプは、凝縮した水素を機械的に掻き落とすことでポンプ内の水素貯留量を大幅に低減し、再生動作を不要としました。排気する水素の一部を超音速ジェットとして循環し、拡散ポンプとして機能させることでヘリウムの排気も可能となっています。高速回転部がないため、磁場中で使用することもできます。核融合炉での真空排気以外にも、プラズマ実験装置や各種分析装置などの超高真空装置においてクライオポンプやターボ分子ポンプ、あるいは拡散ポンプの代替となる真空排気ポンプとして用いることができます。

問い合わせ先 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL:03-5425-1318・1316 E-mail:nins-sangaku@nins.jp

液体の安定な自由表面流を生成する仕組み

PATENT

核融合科学研究所・教授 宮澤 順一

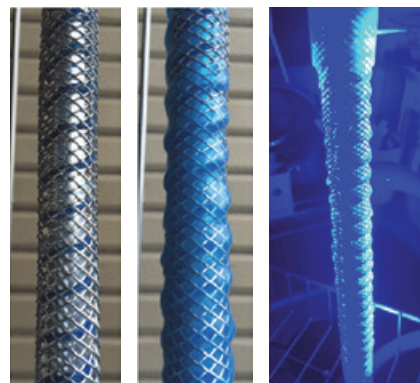
Keyword 自由表面流、ダイバータ、気液反応促進、蒸散促進、オブジェ**関連する特許出願番号、特許番号** 特願 2015-112782

- セールスポイント**
- 水や薬品、液体金属などの自由表面流を安定に生成できます。
 - 耐熱壁、化学実験、アロマ蒸散、オブジェなど、幅広い応用が可能です。

研究概要

液体の自由表面流には幅広い用途がありますが、安定な自由表面を生成するのは意外に困難です。例えば蛇口から出てくる水道水は、流量が少なければ安定しているように見えますが、実は1メートル位で液滴になってしまいます。大流量ではバシャバシャと飛び散りが大きくなるのはご存知のとおりです。この研究では、小流量から大流量まで、自由表面流を安定に作り出す仕組みを考え出しました。

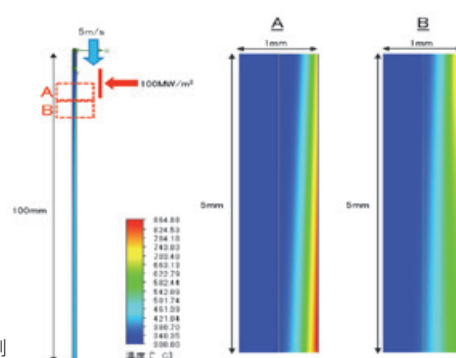
らせん柱入りメッシュ管(左)、
色付き水を流した様子(中)、
透明なメッシュ管にLEDを入れて光らせた様子(右)



応用事例・使用用途など

安定な自由表面流では、実効的に液体の表面積を増大させることができます。核融合炉やプラズマ実験装置で受熱機器（ダイバータ）として高熱負荷に耐える、化学実験で気液反応を促進させる、加湿器やアロマ発生器で液体の蒸散を促進させる、あるいは自由表面を発光させ癒し効果のあるオブジェとして用いるなど、幅広い応用が可能です。

自由表面流に熱負荷を与えた場合のシミュレーション例



研究内容

【関連分野】 核融合炉、プラズマ実験、化学実験、環境機器、芸術

【背景技術】 液体の鉛直自由表面流をつくるには、①穴やスリット等から液体を自由落下させる、②並べたナイフエッジ等の固体の間に液体を流す、③板状あるいは棒状の固体に沿って液体を流す、等の方法が考えられますが、いずれも数m以上の長さに渡って安定な自由表面流を得ることは困難でした。

【従来技術の課題】 例えば液体をパイプに沿わせて鉛直方向に流しても、表面張力によって流体が集合し、パイプが露出してしまいます。液体の流量を増やすことである程度まではこの問題を回避できますが、液体が周囲に飛び散るといった別の問題が発生します。

【本研究のポイント・効果など】 本研究ではパイプの周囲にワイヤーをらせん状に巻きつけ、さらにその周囲をメッシュで巻いた「らせん柱入りメッシュ管」を発明しました。パイプの周囲に設けられたらせん構造によって液体はパイプの周方向に運動し、パイプ全体を覆うように流れます。液体に与えられる遠心力による液体の飛散は、らせん構造の周囲に巻いたメッシュで防ぎます。液体は遠心力によってメッシュからしみ出し、重力によって下方へと流れる自由表面を形成します。らせん柱入りメッシュ管に用いる材料には、セラミック被覆やメッキなどの腐食防止対策を施すことも可能です。ヒーター及び熱電対を内蔵させることで温度制御を行うこともできます。核融合炉における超高熱負荷ダイバータへの適用、液体金属からの水素同位体抽出、気液反応促進、蒸散促進などといった幅広い応用が考えられます。

問い合わせ先 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

曲げやすく丈夫で冷しやすい

高温超伝導導体

核融合科学研究所・教授 宮澤 順一 教授 柳 長門
 准教授 田村 仁 助教 後藤 拓也
 特任研究員 寺崎 義朗

PATENT

Keyword 高温超伝導導体、小型強磁場電磁石、医療用マグネット、物性研究用マグネット、プラズマ実験用マグネット、核融合炉用マグネット

関連する特許出願番号、特許番号 特願 2017-232731

セールスポイント

- ・複雑形状や小型の高温超伝導コイルが容易に製作できます。
- ・核融合を始め、医療や物性など、幅広い分野での応用が可能です。

研究概要

テープ状の高温超伝導線材を10-20層に重ねたものをフレキシブルチューブ等で束ねて導体とし、これでコイルを製作してから全体を低融点金属で含浸して固めて用いるというWISE (Wind and Impregnated Stacked Elastic tapes) 導体を発明しました。コイル巻線時にはとても曲げやすく、低融点金属で固めた後はコイル全体で力を支えるために非常に丈夫で、線材同士の隙間が金属で埋められているため冷しやすい、という特徴があります。

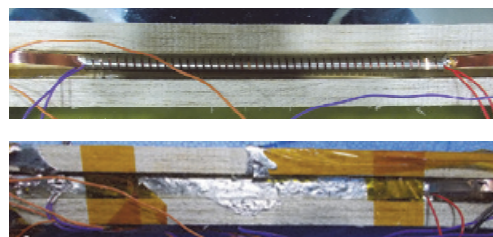
WISE 導体 (模擬) の構成 (左) と、曲げた様子 (右)。写真のポリイミドテープは絶縁が必要な場合を想定したもので、無くても差し支えありません。高温超伝導テープ線材の枚数はフレキシブルチューブの内径によります。



応用事例・使用用途など

WISE 導体は冷凍機を用いて熱伝導で冷却することができるため、小型装置で強い磁場が必要な場合などに適しています。小型で強力なモータへの応用も考えられます。レーストラック型コイル、あるいは野球のボールの縫い目のような形のベースボールコイル、ドーナツへ螺旋状に巻いた形のヘリカルコイルなど、複雑な形をしたコイルでも容易に作ることができます。

(上) 低融点金属含浸前、及び (下) 含浸後の直線WISE 導体 (総研大 松永信之介氏のご厚意による)。実験ではどちらも同じ電流まで通電できました。これは低融点金属を含浸しても超伝導性能は劣化しないという結果です。



研究内容

【関連分野】 核融合、プラズマ実験、材料科学、医療

【背景技術】 核融合炉への適用を目指して、高温超伝導マグネットの開発が進められてきました。これまでに開発されてきているのは、基本的に最初から固く、丈夫に作ってある高温超伝導導体です。これをどうやって曲げるか、曲げても超伝導マグネットとしての性能は劣化しないか、あるいはどうやって冷やすか、について研究が行われてきました。

【従来技術の課題】 核融合プラズマを閉じ込めるため、ドーナツへ螺旋状に巻いた形のヘリカルコイルが使われます。最初から丈夫に作った導体では、このような複雑形状のコイルをどうやって作るのかが課題でした。小型の装置で高温超伝導による強い磁場を使って実験したいという場合や、小型モータに適用したいという場合など、高温超伝導導体を小さい曲率半径で曲げる必要があります。最初から固く丈夫に作ってある高温超伝導導体では、複雑形状や小型のコイルに適用することが難しいという課題もありました。

【本研究のポイント・効果など】 本研究で発明したWISE 導体は非常に曲げやすく、複雑形状や小型のコイルを容易に作成することができます。コイルには強い電磁力がかかるため頑丈さが求められます。WISE 導体は低融点金属で固めてあり、コイル全体で電磁力を受け止める強固な構造となっています。線材に低融点金属が密着していて隙間がなく、熱伝導特性が高いため、冷却しやすいという特徴もあります。WISE 導体と一緒に冷却配管をコイルに仕込むことで、より早い冷却が可能となります。この場合、冷却配管が鉄筋の役割を果たし、より強い電磁力に耐えられるようになるため、発生できる磁場が更に増加できるという効果も期待できます。

問い合わせ先 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

アルミナ分散強化銅の ろう付接合方法

PATENT

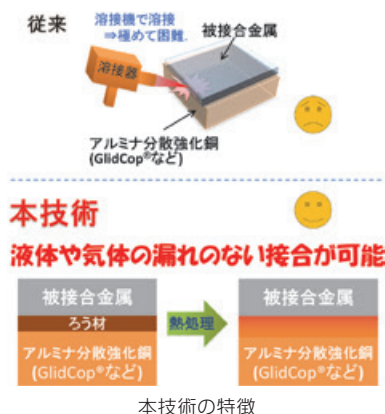
核融合科学研究所・准教授 時谷 政行

Keyword 耐熱機器、鋳造用冷却板、ろう付、溶接、耐磨耗、アルミナ分散強化銅**関連する特許出願番号、特許番号** 特許第6528257号、特許第6606661号、国際出願番号 PCT/JP2019/27101

- セールスポイント**
- ・アルミナ分散強化銅と他の金属を、「大面積で確実に接合」できます。
 - ・耐磨耗製と高い除熱性能を兼ね備えた大面積の除熱機器製造が可能です。

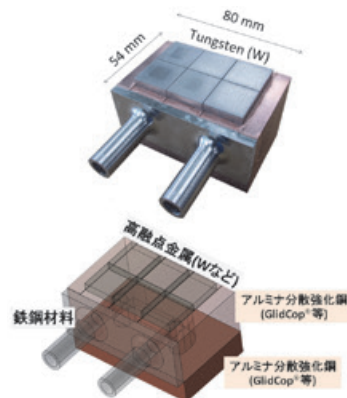
研究概要

GlidCop®に代表されるアルミナ分散強化銅は、耐磨耗性と高い熱伝導率を兼ね備えた銅合金ですが、溶接性が悪いために用途が限られることがありました。本研究で開発した「アルミナ分散強化銅のろう付接合方法」を用いれば、アルミナ分散強化銅を銅よりも融点の高い全ての金属と大面積で確実に接合可能です。接合界面の接合率は極めて高く、液体やガスなどの漏れの無い完全リークタイトな接合部が得られます。また、接合部はマイクロスケールの溶接のような状態となるため、ろう付にもかかわらず繰り返し接合熱処理が可能です。



応用事例・使用用途など

連続して高い熱を除熱する必要がある全ての構造物に適用可能です。例えば、鉄鋼および非鉄金属分野では、耐磨耗性を要する鋳造用冷却パネルへの応用が考えられます。また、高エネルギー加速器分野のビームターゲットの製造にも応用できる可能性があります。右記の図は、実際に製造した核融合炉用超高熱流プラズマ対向機器試験体の写真とCAD図です。



研究内容

【関連分野】 鉄鋼、非鉄金属、高エネルギー加速器、原子力、核融合**【背景技術】** ろう付接合、マイクロスケールの溶接

【従来技術の課題】 アルミナ分散強化銅は、優れた耐磨耗性、機械的強度、熱伝導率を兼ね備えていることから、従来より幅広い用途への応用が考えられてきました。一方で、溶接性の悪い金属として知られているため、接合を伴う場合にはその利用を諦める必要もありました。

【本研究のポイント・効果など】 本技術を用いることで、大面積の接合を伴う構造であっても、アルミナ分散強化銅の利用が可能となります。アルミナ分散強化銅同士の接合、アルミナ分散強化銅よりも融点が高い各種金属材料との接合において、大面積での完全リークタイトな接合が実現できます。また、通常のろう付接合法では、ろう付を行った接合部をもう一度同じ熱処理温度まで昇温した場合、先に接合した接合部は劣化しますが、本技術の場合、ろう付接合部がマイクロスケールの溶接に近い状態で接合が完了しますので、1つの機器製造時に同じろう付熱処理を繰り返し適用する「多段階ろう付接合」が可能です。「多段階ろう付接合」を利用すれば、例えば、アルミナ分散強化銅に任意の冷却流路を予め切削加工した後で完全リークタイトな蓋を施工し、その後で鉄鋼材料の継手を接続することもできます。つまり、冷却性能を最大限に高める冷却流路設計が可能となり、高効率で機能性の高い冷却機器の製造が可能となります。

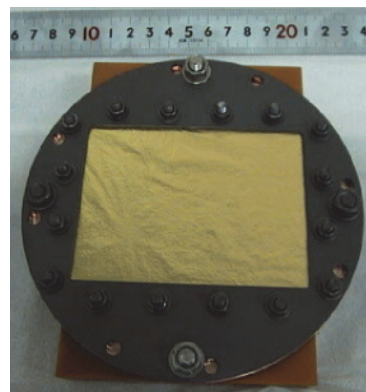
問い合わせ先 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

Keyword ボロメーター、イメージング、輻射**関連する特許出願番号、特許番号** 特願 2000-006635 特許第 3390913 号 (2003)

- セールスポイント**
- 数百チャンネルでの輻射光のイメージング計測が可能になります。
 - 放射線環境下での計測など、幅広い分野での応用が可能です。

研究概要

ボロメーターは、幅広い波長の輻射光の総パワーの計測に利用されています。赤外線イメージングビデオボロメーターは、輻射光を、ピンホールを介して金属薄膜に投影し、薄膜の温度上昇を赤外線カメラで計測することで、イメージング計測を行います。薄膜部分からピクセル（チャンネル）を分割するマスクを取り除くことで、検出可能面積が増え、高精度での計測が可能になります。

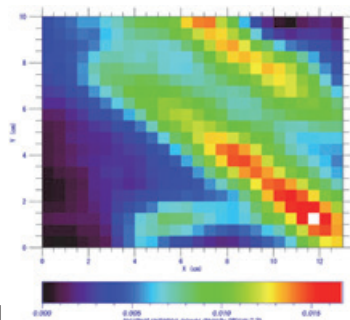


金薄膜検出器と無酸素銅フレーム
(黒化処理して利用する)

応用例・使用用途など

金属薄膜の熱的特性をピクセルごとに校正し、2次元熱拡散方程式を解くことで、赤外線カメラの温度画像データから薄膜に吸収された輻射光の総パワーを計測することができます。

また、薄膜の構造が非常にシンプルであるため、放射線環境下での計測も可能です。

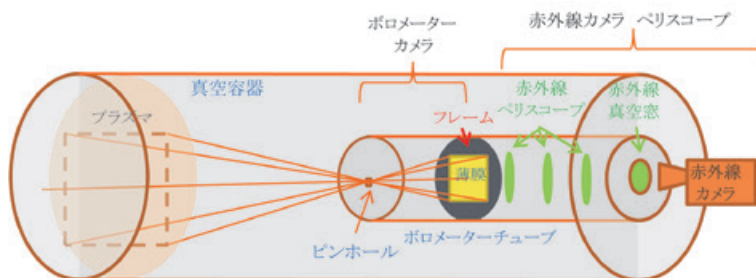


赤外線イメージングボロメーターによる
輻射光2次元分布の計測例

研究内容

赤外線イメージングビデオボロメーターは、ピンホールを用いたボロメーターカメラと赤外線カメラにより、輻射光のイメージング計測を行う装置です。しかし従来の装置では、薄膜をピクセル（チャンネル）に分割するマスクが必要なため、薄膜上の検出可能面積が減少し空間分解能が低下するという課題がありました。

この課題に対し、赤外線イメージングボロメーターでは、薄膜に対しての2次元熱拡散方程式を解くことで各ピクセル上の輻射光による熱量を求めるアルゴリズムを考案しました。その結果、各ピクセルを熱的に分離するマスクを取り除くことができ、薄膜上の検出可能面積を約60%増加することに成功しました。また、ピクセルのサイズや数を変えることができるため、感度や空間分解能を計測対象に合わせた柔軟な計測が可能です。



赤外線イメージングボロメーターの概要

赤外線イメージングビデオボロメーター用 金属薄膜検出器

PATENT

核融合科学研究所・教授 ピーターソン バイロン

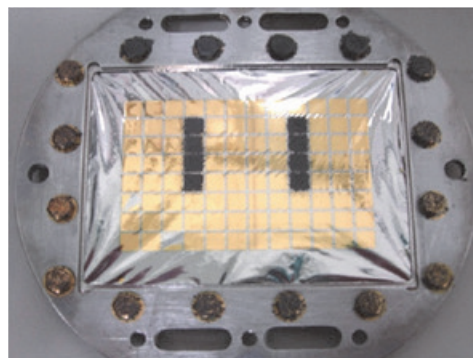
Keyword ボロメーター、イメージング、輻射、エネルギースペクトル**関連する特許出願番号、特許番号** 特願 2007-045711 特許第 4696250 号 (2011)

- セールスポイント**
- ・高従来よりも高感度の輻射光のイメージング計測が可能になります。
 - ・放射線環境下での計測など、幅広い分野での応用が可能です。

研究概要

ボロメーターは、幅広い波長の輻射光の総パワーの計測に利用されています。赤外線イメージングビデオボロメーターは、輻射光を、ピンホールを介して金属薄膜に投影し、薄膜の温度上昇を赤外線カメラで計測することで、イメージング計測を行います。

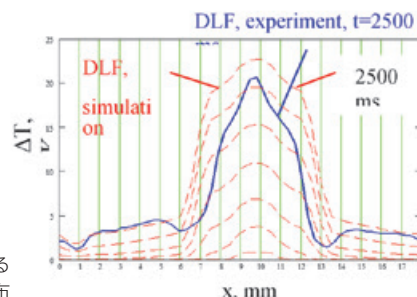
金属薄膜を多層構造とすることで、輻射光のパワーから薄膜の温度上昇への変換効率を約40%改善、高感度計測を実現しました。ステンレス薄膜を熱絶縁層として用いることで、熱伝導による損失を低減しています。



多層構造 (ステンレス+金+炭素) の
薄膜検出器と無酸素銅フレーム

応用例・使用用途など

薄膜を多層構造とすることで、ピクセルを熱的に分離しています。可視、紫外、極端紫外及び、高エネルギー粒子束を含む広い波長領域のボロメーター計測が可能です。膜厚を変更することで、測定対象の輻射や粒子エネルギーの分別が可能です。また、薄膜の構造が非常にシンプルであるため、放射線環境下での計測も可能です。

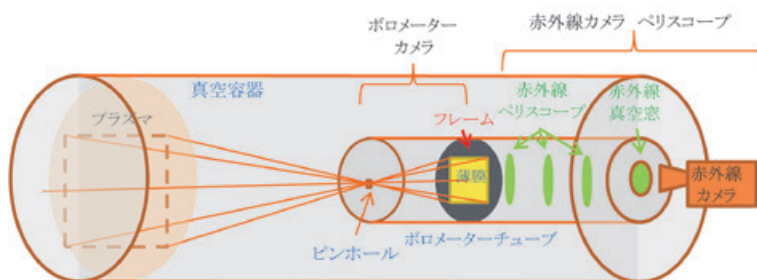


実験とシミュレーションによる
校正用レーザー照射時の温度分布

研究内容

赤外線イメージングビデオボロメーターは、ピンホールを用いたボロメーターカメラと赤外線カメラにより、輻射光のイメージング計測を行う装置です。しかし従来の赤外線イメージングビデオボロメーターでは、薄膜への入射パワーの多くがフレームを通して損失して薄膜の温度上昇に費やされないため、感度が低下するという課題がありました。

この課題に対し、新しい赤外線イメージングボロメーター用金属薄膜検出器では、熱絶縁層となる薄膜上に、互いにギャップを介して配置された複数の輻射吸収層を積層した多層構造を用いています。輻射吸収層での熱伝導による損失は熱絶縁層により従来より約40%抑制されるため、赤外線イメージングボロメーターの感度を向上させることが可能です。



赤外線イメージングボロメーターの概要

問い合わせ先 自然科学研究機構事務局企画連携課研究支援係 TEL: 03-5425-1318・1316 E-mail: nins-sangaku@nins.jp

マイクロ波・ミリ波帯の 電氣的絶縁導波管

PATENT

核融合科学研究所・教授 下妻 隆 教授 久保 伸
技術部長 小林 策治

Keyword マイクロ波、ミリ波、導波管、コルゲート導波管、絶縁、誘電体被覆、気密性

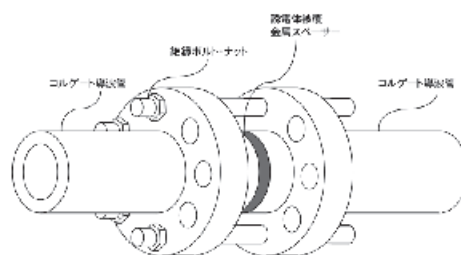
関連する特許出願番号、特許番号 特願 2007-082689 特許第 4825981 号 (2011)

セールスポイント

- 不要モードの発生や外部への電磁波の漏洩を抑えつつ、伝送路を直流的に絶縁できる導波管を提供します。
- 導波管内部の気密性が確保でき、内部を真空にしたり、耐放電性のガスを充填でき、伝送パワーを向上できます。

研究概要

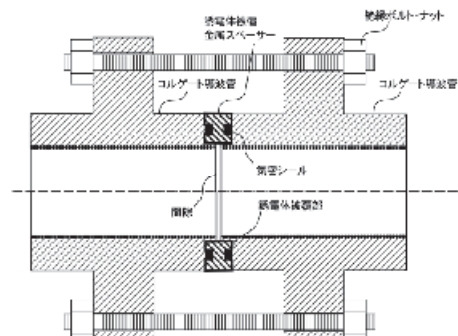
マイクロ波からミリ波帯の大電力の電磁波を長距離伝送するオーバーサイズコルゲート導波管伝送系において、直流的に絶縁が必要なときに、電磁波の漏洩や不要モードへのモード変換を極力抑えられる絶縁導波管を提供します。



ミリ波帯での電氣的絶縁導波管外観図

応用例・使用用途など

ミリ波発生系と反応炉などの入射対象系との電位が異なるため、直流的に絶縁を取りたい場合があります。本絶縁導波管はその様な系において数百ボルト程度の耐圧で絶縁をすることができます。さらに、導波管中を伝搬するミリ波の漏洩は、-60dB程度以下に抑えられるのでメガワット伝送でも安全です。



絶縁導波管の断面図

研究内容

対象とする電磁波の波長領域はミリメートル領域、すなわち周波数として100 GHz程度以上、伝送パワーレベルとしてはメガワット級を想定しています。このような電磁波の低損失長距離伝送には、伝送パワー密度の制約と損失の大きさより、通常の矩形の基本導波管は使用できず、オーバーサイズ（波長に比べて直径が十分大きい）の円形コルゲート導波管を用い、伝送モードとしては低損失のHE11モードを使用します。さらにこのコルゲート導波管は管壁に形成されている溝構造の寸法を適当に選択することにより数十GHzに渡る広帯域での低損失伝送を可能にします。このような広帯域伝送が可能な円形コルゲート導波管では、構造寸法が波長に依存する従来のチョークフランジ構造の使用は適当ではありません。

本絶縁導波管は、このような導波管系において、電位の異なる部分を直流的に絶縁するための導波管ですが、絶縁体として硬質アルマイト加工した金属スペーサを用いたところに特長があります。これにより、シール材に金属Oリングが使用できるため、超高真空や高温使用にも対応できます。また、電磁波の漏洩は-60dB以下に抑えられ、簡単な電磁波遮蔽を施すだけで、漏洩波は人体に安全なレベルまでに低減することができます。このような絶縁導波管は、マイクロ波やミリ波を用いた焼成炉、反応炉や核融合装置の電子サイクロトロン共鳴加熱システムにおいて使用可能です。



共用機器

FACILITY

Keyword 超高熱負荷、電子ビーム、強制冷却

- セールスポイント**
- 電子銃を利用して100kWまでの超高熱負荷試験が可能です。
 - 冷却水循環ポンプによる試験体の強制冷却が可能です。

装置概要

電子衝撃カソード自己加速型電子銃により、最大で100kWの電子ビーム熱負荷試験が可能です。冷却水循環ポンプによる試験体の強制冷却を行いながら、試験体温度計測や高速カメラによる表面観察など各種計測が可能です。

**応用事例・使用用途など**

耐熱機器開発

材料を高温に保持させることによる微細組織制御とそれによる新材料開発など



熱負荷試験時の写真

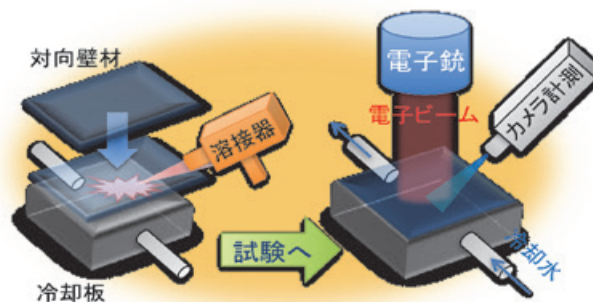
研究内容

【関連分野】 耐熱機器開発、原子力材料

【背景技術】 電子ビーム応用

【従来技術の課題】 従来は電子銃の能力不足で長時間安定した熱負荷試験を実施することが困難でしたが、本機器に採用されている電子銃はパワーと安定性に優れており、余裕のある加熱試験が可能となっています。

【本研究のポイント・効果など】 パワーと安定性に優れた電子銃と冷却水循環ポンプによる試験体の強制冷却機能を有しているので、設計・製作した耐熱機器に対して、強制冷却を行いながら超高熱負荷試験を行うことができます。



電解放出型走査電子顕微鏡 (FE-SEM)

JSM-7100F

FACILITY

核融合科学研究所・准教授 時谷 政行

Keyword 走査型電子顕微鏡 (SEM)、ナノ構造解析、組成分析

- セールスポイント**
- ・ナノレベルで材料の表面観察ができます。
 - ・高分解能組成分析ができます。

装置概要

電解放出型走査電子顕微鏡 (FE-SEM) とエネルギー分散型X線分析装 (EDX) 機能により、材料表面のナノ構造観察とナノ組成分析の高精度同時解析が可能です。
長時間にわたって変動の無い安定した電流値で連続分析が可能です。
10cm 中規模の大型サンプルも加工なしでそのまま分析が可能です。

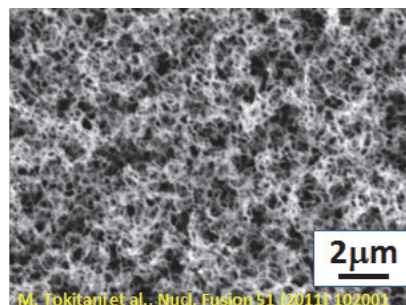


二次電子像分解能	1.2 nm (30 kV)
倍率	x 10 ~ x 1,000,000
照射電流値変動率	1%/h以下 (最大電流量: 200nm)
試料サイズ	最大: 100mm径, 高さ40mm
分析機能	エネルギー分散型X線分析

www.jeol.co.jp

応用事例・使用用途など

新材料開発、
ナノレベルの表面観察による材料の寿命評価
など



タングステン表面のナノ構造解析例

M. Yokita et al., Nucl. Fusion 51 (2011) 102001

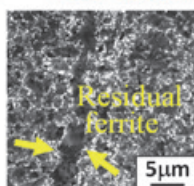
研究内容

[関連分野] ナノ材料開発、トライポロジー、原子力材料

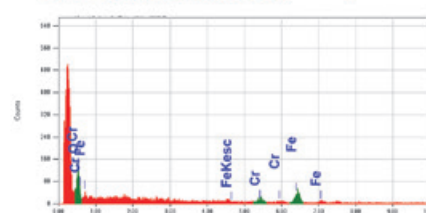
[背景技術] 電子顕微鏡、電子ビーム応用

[本研究のポイント・効果など]

ナノレベルでの表面観察、高分解能組成分析が可能です。

①ナノレベル表面観察(FE-SEM)

9Cr-ODS鋼の表面微細構造観察の例

③高分解能組成分析(EDX)

エネルギー分散型X線分析(EDX)によって検出された、材料中を構成する元素からの特性X線エネルギースペクトル

集束イオンビーム / 電子ビーム加工観察装置 (FIB-SEM) nanoDUE'T® NB5000

FACILITY

核融合科学研究所・准教授 時谷 政行

Keyword 集束イオンビーム (FIB)、透過型電子顕微鏡 (TEM) 試料作成、ナノ3次元構造解析

- セールスポイント**
- バルク材料からTEM観察用薄膜片 ($10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m} \times 100\text{nm}$) を作成できます。
 - 材料の表面微細構造、表面組成、結晶方位、を観察できます。

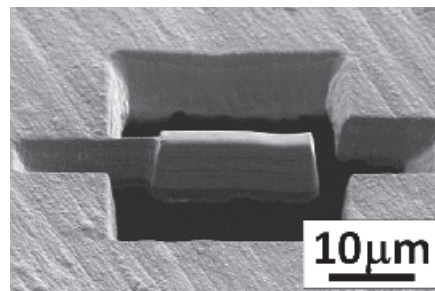
装置概要

Ga イオン銃と電解放出型 (FE) 電子銃のデュアルビーム仕様。マイクロサンプリング機構により、高精度の透過型電子顕微鏡 (TEM) 試料を作成可能です。電子線後方散乱検出器 (EBSD)、エネルギー分散型 X 線検出器 (EDX) も備え、ナノレベルの材料加工だけでなく、結晶方位解析や組成解析にも利用可能です。また、断続的な Ga イオンスパッタリングにより、EBSD と EDX の深さ方向の連続測定が可能です。


www.hitachi-hightech.com

応用事例・使用用途など

透過型電子顕微鏡 (TEM) 用試料作成、半導体の 3 次元構造解析、生物組織の 3 次元構造解析、新材料開発、材料の寿命評価など



Ga イオンビームナノ加工の一例

研究内容

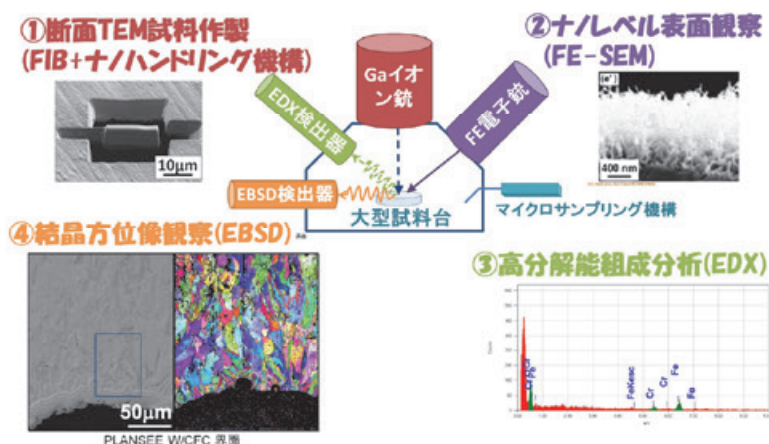
【関連分野】 ナノ材料開発、トライボロジー、原子力材料、生物組織観察

【背景技術】 電子顕微鏡、電子ビーム応用、イオンビーム応用

【従来技術の課題】 従来の装置よりも Ga イオンスパッタリングの速度と制度が向上しています。

【本研究のポイント・効果など】

Ga イオン銃と電解放出型電子銃のデュアルビーム仕様です。結晶方位像観察 (EBSD)、高分解能組成分析 (EDX) 検出器も備え、ナノ加工だけでなく、組成や構造解析にも利用可能です。Ga イオンによるナノレベルの材料表面のスパッタリングと電子顕微鏡観察を組み合わせることで、ナノレベルの 3 次元像の撮影・構築が可能です。



透過型電子顕微鏡 (TEM) JEM-2800

FACILITY

核融合科学研究所・准教授 時谷 政行

Keyword 透過型電子顕微鏡 (TEM)、ナノ構造解析、新材料開発、材料の寿命評価**セールスポイント**

- 材料内部の微細構造と元素分布を原子レベルで観察できます。
- 材料の寿命評価、新材料開発など、幅広い分野での応用が可能です。

装置概要

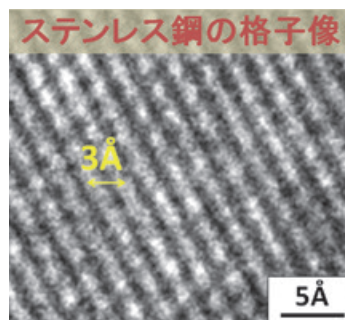
透過型電子顕微鏡 (TEM) 像では、原子レベルの高分解能像を撮影することができます。また、電子ビームをナノメートルレベルまで細く絞ることで、材料内部に含まれている元素組成を二次元画像で表現することができます。



www.jeol.co.jp

応用例・使用用途など

構造材料の寿命評価、メカニカルアロイングや拡散接合などで製造した新材料の微細構造評価など



超高分解能TEM像

研究内容

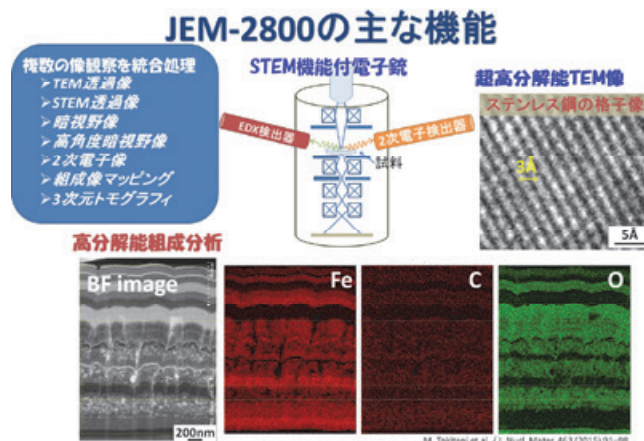
[関連分野] ナノ材料開発、トライポロジー、原子力材料

[背景技術] 電子顕微鏡、電子ビーム応用

[従来技術の課題] 材料内部の元素分布の画像化の速度が従来装置よりも向上しています。

[本研究のポイント・効果など]

右図中に示すように、JEM-2800は、1台で複数の像観察機能を有しています。これにより、材料内部の微細構造を原子レベルで観察できるだけでなく、材料内部の元素分布を原子レベルで画像化することもできます。通常の観察では2次元平面像になりますが、3次元トモグラフィ機能を利用すれば、材料内部の微細構造を3次元立体像で観察することができます。



高温等方静水圧焼結接合試験装置 (HIP 装置)

FACILITY

核融合科学研究所・教授 室賀 健夫 准教授 菱沼 良光 助教 能登 裕之

Keyword 高温等方静水圧加圧 (HIP)、異材接合、焼結

- セールスポイント**
- ・高温・高圧の等方加圧によって複雑な形状の焼結や異材接合が可能です。
 - ・特殊な環境下での熱処理が可能になり、先進材料の開発に貢献できます。

研究概要

将来の核融合炉に向けた高性能・多機能な特性を有する先進材料の開発が重要である。本装置の特徴は、200MPa (約2000気圧) までの等方静水圧下において、2000℃までの高温熱処理を可能とするものである (図1)。この装置を用いて、**画期的な異材接合技術や先進材料の開発**を実施している。また、補間設備として図2に示すArガス循環精製機構付大型グローブボックスや、最近では300MPa (約3000気圧) までの冷間等方静水圧加圧 (CIP) 装置も整備している。現在、W/Cuの異材接合や新規Cu合金の開発が行われている。



図1 HIP装置の概観図

応用事例・使用用途など

HIP装置は、高温下での不活性ガスの等方加圧という特徴を生かして、種々の材料における焼結・異材接合分野で応用されている。例えば、粉末焼結の困難な材料の高密度焼結、複雑形状した焼結-成型の一体加工、さらにはステンレス鋼へのCuの内張接合など多岐にわたる。上記の成形技術の他に、金属やセラミックス材料の残留空隙除去などの組織改善にも応用されている。



図2 Arガス循環精製機構付大型グローブボックス

研究内容

【背景技術】 国際熱核融合実験炉 (ITER) 以降の原型炉において、ダイバータのヒートシンク材料として低放射化フェライト鋼が検討されてきた。しかし、その熱伝導性の観点から、フェライト鋼よりも高熱伝導性の優れた他の材料が待望されている。そこで、熱伝導性に優れた銅系材料に注目し、耐照射特性や高強度特性が付与された新規高機能性銅合金の開発を進めている。新規高機能性銅合金の開発において、これまでに低放射化フェライト鋼の高温強度や耐照射特性を飛躍的に向上させた「酸化物分散強化 (ODS) 法」を適用した。ODS法は金属母材中にナノメートルオーダーの酸化物を分散させることによって機械強度特性や耐照射特性を向上させている。我々は、ODS法の知見をもとに**機械的合金化 (MA) 法と高温等方静水圧加圧 (HIP) 法による高密度焼結を組み合わせた新規酸化物分散強化銅 (ODS-Cu)**の開発に着手した。今回HIP装置による高密度焼結の前準備として、ppm以下の低酸素分圧環境下での試料調整や軟鋼キャプセルへの粉末充填及び封切作業をArガス循環精製機構付の大型グローブボックスにて実施している。

【本研究のポイント・効果など】 酸化アルミニウム分散銅を一例に紹介する。図3は、HIP焼結後の微細組織及び結晶粒径における合金化時間の影響を示す。合金化の進行に従って、結晶粒径は細くなり、数 μm オーダーの微細粒と既存の分散強化銅 (GlidCop®) とほぼ同等の硬さ値が得られている。Glidcopの粒径と比較しても大きい結晶粒であるにも関わらず、同等の硬さ値が得られたことはMA-HIP法の新規性を示すものである。

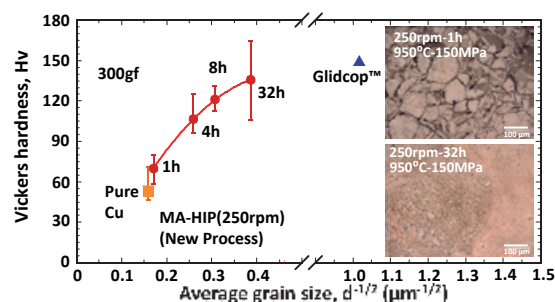


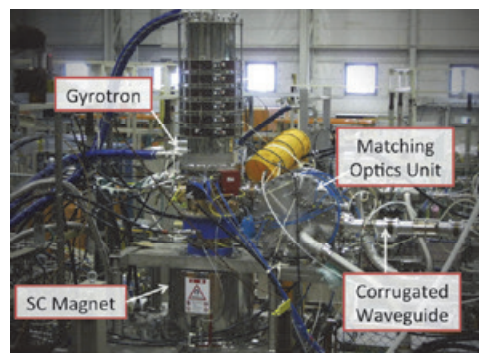
図3 MAによる合金化時間がHIP後の結晶粒径に与える影響

Keyword マイクロ波、ミリ波、メガワット、加熱、ダミーロード、プラズマ、焼結、化学反応**セールスポイント**

各種ミリ波帯のメガワット級発振装置をそろえています。適当な炉構造体と組み合わせることによって、高密度プラズマの生成をはじめ、セラミックや金属の焼結、化学物質の反応の促進、材料表面の改質など新しいアイデアを試験するために使用できます。

研究概要

周波数が77GHz, 82.7GHz, 154GHzで、出力がメガワット級、数秒パルスから定常運転が可能な発振装置（ジャイロトロン）を備えています。導波管切替器で伝送経路を替えることができるので、焼結炉や反応炉などに導いて、各種試験が可能です。



154GHzミリ波発生装置

応用事例・使用用途など

サイクロトロン共鳴磁場を印加することで高密度のプラズマを生成できます。また、材料の高速加熱、セラミックや金属の高密度焼結、化学反応の促進など、従来の電気炉や高周波加熱では不可能であった加熱が可能になります。

周波数	パルス運転	定常運転
77 GHz 1号管	1 MW, 5秒	0.13 MW, 15分
77 GHz 2号管	1 MW, 5秒	0.24 MW, 30分
77 GHz 3号管	1.5 MW, 1.6秒	0.30 MW, 30分
154 GHz 1号管	1.2 MW, 1秒	0.35 MW, 30分
154 GHz 2号管	1.2 MW, 1秒	0.20 MW, 30分

各種ミリ波発生装置の性能
(ジャイロトロン発振器)**研究内容**

電子サイクロトロン共鳴加熱法 (ECRH) は、プラズマ閉じ込め磁場強度に比例した周波数を持つ強力な電磁波を入射することによって、プラズマを生成、加熱する方法です。核融合装置では、その周波数は100～300GHz帯になります。

核融合科学研究所では、プラズマ中の電子の加熱のため周波数が77GHz, 82.7GHz, 154GHzのメガワット級の出力で、数秒から定常入射が可能なミリ波装置を保有しています。近年、このようなミリ波帯のパワーを用いて、セラミックや金属の焼結の研究が進められており、通常の電気炉では実現できない緻密なセラミックが焼成できることが分かっています。また、ミリ波を使った化学反応の促進などその応用範囲は広がっています。

目的に合った、焼成炉、反応炉を準備いただければ、精密に制御されたミリ波帯のパワーを供給できます。また、高パワーミリ波のコンポーネント製作や取り扱い方についてもアドバイス致します。

A～Z

PETERSON, Byron Jay
ピーターソン バイロン28・29

う

上原 日和 5・6・7
魚住 泰広13

く

久保 伸30

こ

後藤 拓也26
小林 策治30

し

繁政 英治14
下妻 隆30・38

た

高橋 俊一10
高畑 一也17
高山 定次 18・20・21
田村 仁17・26

て

寺崎 義朗26

と

時谷 政行27・33・34・35・36

に

新美 輝幸11

の

能登 裕之23・37

ひ

菱沼 良光37

み

三戸 利行17・19
宮澤 順一 24・25・26

む

村瀬 尊則 8・9・22
室賀 健夫37

や

安原 亮 7
柳 長門26

わ

渡辺 英治12

A～Z

ANSYS	9
Jアラート	14
LoRa	14
RNA 干渉法	11
RNA 農薬	11

あ

アルミナ分散強化銅	27
アルミニウム合金被覆	17

い

異材接合	23・37
異種金属接合	8
イメージング	28・29
医療用マグネット	26

え

液体水素	19
エネルギースペクトル	29

お

オブジェ	25
------------	----

か

害虫防除法	11
化学反応	38
核融合炉用マグネット	26
ガスセンシング	5・7
活性炭	22
加熱	38

き

気液反応促進	25
気密性	30
強制冷却	33

く

クライオポンプ	22・24
---------------	-------

け

蛍光酸素センサー	10
----------------	----

こ

高温超伝導導体	26
高温等方静水圧加圧 (HIP)	37
光合成	10
高純度鉄	18
構造応力解析	9
交通事故	12
高分子固定化ナノ白金触媒	13
高分子スルホン酸触媒	13
小型強磁場電磁石	26
コルゲート導波管	30

さ

災害情報伝達	14
材料の寿命評価	36
錯覚	12
酸素	10
酸素酸化	13

キーワード検索

し

視覚	12
磁気浮上	19
集束イオンビーム (FIB)	35
自由表面流	25
受動 Q スイッチング	5
焼結	37・38
蒸散促進	25
蒸着装置	20
自励振動	19
真空容器	22
人工知能	12
新材料開発	36

せ

生物農薬	11
生分解性プラスチック	21
積層樹脂フィルム加工	6
絶縁	30
接点材料	8

そ

走査型電子顕微鏡 (SEM)	34
相変態誘起クリープ変形	23
ソープションポンプ	22
組成分析	34

た

耐熱機器	27
大脳	12

ダイバータ	25
耐磨耗	27
ダミーロード	38

ち

チャンバー	10
中赤外パルスレーザー	5
中赤外レーザー	6・7
鋳造用冷却板	27
超高真空排気ポンプ	24
超高熱負荷	33
超塑性中間材	23
超電導体	17
超伝導	19
超伝導磁気エネルギー貯蔵	19
直接エステル化	13
貯蔵	19

て

ディスプレイパネル	6
電磁界解析	9
電子ビーム	33

と

透過型電子顕微鏡 (TEM) 試料作成	35
透過型電子顕微鏡 (TEM)	36
導波管	30

な

内蔵型	22
ナノ構造解析	34・36

ナノ3次元構造解析.....35

ナミテントウ.....11

ね

熱応力緩和.....23

ひ

ヒートパイプ.....19

ふ

輻射.....28・29

物性研究用マグネット.....26

プラズマ.....38

プラズマ実験用マグネット.....26

フロー化学合成.....13

分子拡散ポンプ.....24

ほ

防災ラジオ.....14

放電プラズマ焼結法.....8

飽和吸収体.....5

ボロメーター.....28・29

ま

マイクロプレート.....10

マイクロ波.....30・38

マイクロ波加熱.....18・20・21

摩擦撹拌接合 (FSW).....17

み

ミリ波.....30・38

む

無機接着.....22

め

メガワット.....38

ゆ

有限要素法.....9

誘電体被覆.....30

よ

溶接.....27

り

流体解析.....9

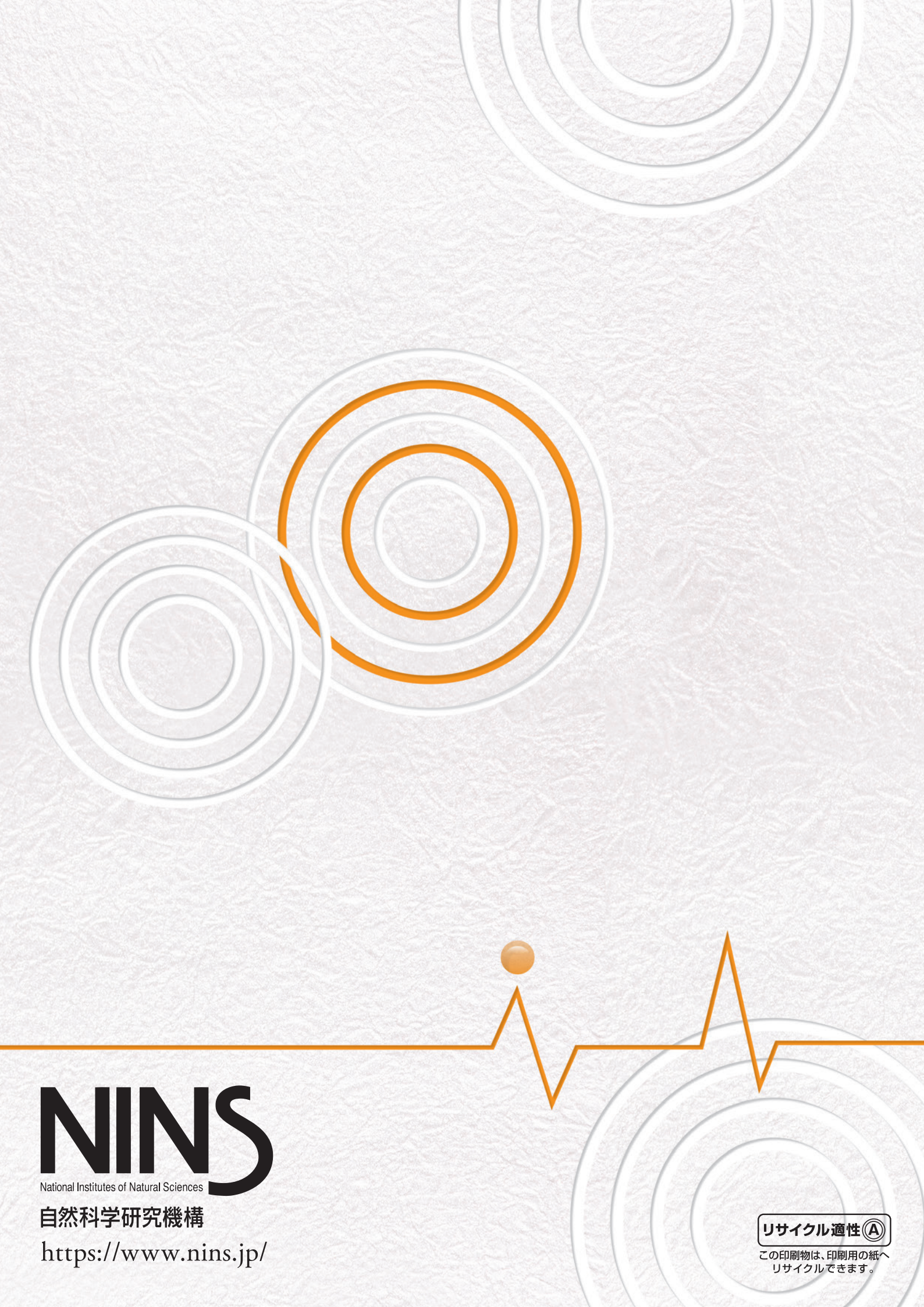
れ

レーザー加工.....5・6・7

連続運転.....24

ろ

ろう付.....27



NINS
National Institutes of Natural Sciences

自然科学研究機構

<https://www.nins.jp/>

リサイクル適性 

この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。