

令和4年度 研究助成・成果報告書(概要)

本報告書は、公益財団法人三豊科学技術振興協会が令和4年度に実施した研究助成に関して、それぞれの研究成果を報告書としてまとめたものです。

目 次 / I N D E X

1. 電解液ジェット加工を用いた付加加工による形状創成の試み
Shape forming by additive manufacturing using electrolyte jet machining
東京都立産業技術高等専門学校 教授 伊藤 幸弘
Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology Professor Yukihiro Ito
2. 省電力な電磁式着脱機構を駆使した機械振動抑制のチューニングレス化
Tuning-less mechanical vibration suppression by utilizing a power-saving electromagnetic detachable mechanism
茨城大学 工学部 電気電子システム工学科 講師 加藤 雅之
Electrical and Electronics Systems, College of Engineering Masayuki Kato
Ibaraki University Lecturer
3. 故障診断に向けた圧縮センシングによる安価な振動計測技術開発
Development of an inexpensive vibration measurement technology using compressed sensing for fault diagnosis
高知工科大学 システム工学群 講師 加藤 由幹
School of Systems Engineering Yuki Kato
Kochi University of Technology Lecturer
4. 机上計測を活用したエンドミル加工における工具系の剛性の自動同定方法の提案
Proposal of automatic identification for tool system stiffness using on-machine measurement
岡山大学 学術研究院 環境生命自然科学学域 助教 金子 和暉
Graduate School of Environmental, Life, Natural, Science and Technology Kazuki Kaneko
Okayama University Assistant Professor
5. 高精度電解加工を用いたマルチスケールテクスチャリングの実現
Multi-scale Texturing by High-precision Electrochemical Machining
金沢大学 理工研究域 機械工学系 准教授 小谷野 智広
Institute of Science and Engineering Tomohiro Koyano
Kanazawa University Associate Professor
6. 減圧プラズマを援用した単結晶 GaN 基板の高効率研磨プロセスの開発
Development of a high-efficiency vacuum plasma-assisted polishing process for single-crystal GaN
大阪大学 大学院 工学研究科 助教 孫 栄硯
Graduate School of Engineering Rongyan Sun
Osaka University Assistant Professor

7. 直接レーザー描画による3次元金属ナノ構造作製技術の開発
Laser Direct Writing Fabrications for Three-Dimensional Metal Nanostructure
北海道大学 電子科学研究所 准教授 田口 敦清
Research Institute for Electronic Science Atsushi Taguchi
Hokkaido University Associate Professor
8. 微細加工材料における電子回折による立体表面サブナノメートル粗さ計測法の開発
Development of measurement methodology of sub-nm surface roughness on three-dimensional shaped structures in microfabricated materials by electron diffraction
奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 准教授 服部 賢
Graduate School of Science and Technology Ken Hattori
Nara Institute of Science and Technology Associate Professor
9. デュアルコム分光角度計測法に対する自律校正法の確立
(Development of self-calibration for angle measurement by dual-comb spectroscopy)
東北大学 大学院 工学研究科 准教授 松隈 啓
Graduate School of Engineering Hiraku Matsukuma
Tohoku University Associate Professor
10. 高速偏光計測法を用いたガラス中での亀裂間相互作用の解明
Investigation of crack interaction in glass using high-speed polarization measurement method
千葉大学 大学院 工学研究院 教授 松坂 壮太
Graduate School of Engineering Souta Matsusaka
Chiba University Professor
11. 分散分析を用いた X 線 CT 精度評価用基準器校正手法の開発
Calibration method for X-ray CT gauge with analysis of variance
産業技術総合研究所 計量標準総合センター 主任研究員 松崎 和也
National Metrology Institute of Japan Kazuya Matsuzaki
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology Senior research scientist
12. 原子間力顕微鏡を用いたグラフェンナノプレートレットのサイズ測定技術の開発
Development of size measurement technique for graphene nanoplatelets using an atomic force microscope
産業技術総合研究所 計量標準総合センター 研究グループ長 三隅 伊知子
National Metrology Institute of Japan Ichiko Misumi
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology Leader, Group

13. 破壊的干渉の動的制御を用いた次世代光ファイバ直径の計測原理の確立
Diameter measurement of next-generation optical fiber with
dynamic control of destructive inference illumination

東京大学 大学院 工学系研究科 准教授
Department of Precision Engineering
The University of Tokyo Associate Professor

道畑 正岐
Masaki Michihata

14. 高速飛翔マイクロ・ナノ粒子の速度計測と表面改質技術の開発
Development of velocity measurement and surface modification techniques for high-speed
flying micro- and nano-particles

中央大学 理工学部 精密機械工学科 教授
Department of Precision Mechanics, Faculty of Science and Engineering
Chuo University Professor

米津 明生
Akio Yonezu

電解液ジェット加工を用いた付加加工による形状創成の試み

伊藤 幸弘

東京都立産業技術高等専門学校

1. 概要

近年、3D プリンターの活用が急速に活発になり、その中でも金属の積層造形技術が大きく発展している。しかしながら、レーザーや電子ビームを用いた金属積層造形は大きな電力を必要とするために装置は大型の専用機になる。また、熱の影響により表面粗さが良好ではないため、微細で高精度かつ高品質な形状を得るには適していない。一方で、付加により微細で高精度かつ高品質な形状を得るための従来法としてフォトエレクトロフォーミング（電鍍）が挙げられるが、加工精度はマスクやその露光精度に大きく依存し、そのかかる手間やコストが大きい。また、得られた微細形状に対する除去体積が大きく、材料のムダが多い。これに対し、本研究において対象とする電解液ジェット加工による付加加工では、電解作用を加工原理としていることにより大きな熱の発生もないために、フォトエレクトロフォーミングと同等の微細で高品質な金属積層が可能であり、さらにマスクレスかつ短時間での任意形状の創成が期待できる。本研究では電解液ジェット加工における、付加加工条件と精度や速度との関係などの基礎研究をはじめとし、将来的には応用研究として機能性形状創成を試みる。

2. 成果発表

- ・ 電解液ジェットを用いた付加加工における重ね合わせの原理を用いた形状創成, 石戸勝利, 伊藤幸弘, 電気加工学会全国大会(2023)講演論文集, (2023.11), pp.43-44.
- ・ 電解液ジェット付加加工による重ね合わせの原理を利用した非球面形状の造形, 川又元樹, 伊藤幸弘, 電気加工学会全国大会(2024)講演論文集, (2024.12).

省電力な電磁式着脱機構を駆使した機械振動抑制のチューニングレス化

加藤雅之

茨城大学

1. 概要

本研究では永電磁石を用いたセミアクティブ型動吸振器を開発した。主系と付加系の着脱状態を周波数に応じて切り替えることで高い制振性能とダンパの小型化を達成可能なことが明らかになった。

2. 成果発表

査読付き学術論文誌：3 報

1. M. Kato, and F. Kitayama, “Sensorless Magnetization Current Control for Stable Connection and Separation of Electropermanent Magnet”, IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 60, No. 9, 8202705, 2024.09
2. 加藤雅之, 北山文矢, “永電磁石を用いた自由度切り替え型振動アクチュエータの実験的検証”, 日本AEM学会誌, Vol. 32, No. 1, pp. 207-212, 2024.03
3. M. Kato, and F. Kitayama, “Switchable Frequency Response Based on Electropermanent Magnet Actuator for Wide-range Operation of Electromagnetic Devices”, IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 59, No. 11, 8000705, 2023.11

査読付き国際会議発表：4 件

1. M. Kato, and F. Kitayama, “Design and Analysis of Broadband Vibrational Energy Harvester Based on Switchable Dynamical System Using Electropermanent Magnet”, Proceedings of CEFC 2024, Jeju, Korea, 2024.06.
2. M. Kato, and F. Kitayama, “Sensorless Magnetization Current Control for Stable Connection and Separation of Electropermanent Magnet”, Proceedings of INTERMAG2024, Rio de Janeiro, Brazil, VP5-09, 2024.05.
3. K. Makabe, M. Kato, and F. Kitayama, “WIDE BAND FREQUENCY RESPONSE IN MULTI-DEGREE-OF-FREEDOM VIBRATION SYSTEM USING ELECTROPERMANENT MAGNET ACTUATOR”, Proceedings of ISEM2023, Hachioji, Japan, 2023.11.
4. M. Kato and F. Kitayama, “Switchable Frequency Response Based on Electropermanent Magnet Actuator for Wide-range Operation of Electromagnetic Devices”, Proceedings of INTERMAG2023, Sendai, Japan, BR-05, p. *, 2023.05

国内発表：15 件

1. 加藤雅之, 北山文矢, “永電磁石を備えた動吸振器の自由度切り替え動作による減衰要素小型化の検討”, Dynamics and Design Conference 2024/第 67 回理論応用力学講演会, D-0S2-J-04, 2024.09
2. 真壁一史, 加藤雅之, “永電磁石を用いた多自由度振動系における周波数応答の広帯域化”, 2024 年電気学会産業用部門大会, 3-30, 2023.08
3. 加藤雅之, 北山文矢, “永電磁石を用いた自由度切り替え機構による動吸振器の制振性能向上”, 第 36 回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム, 0S-3-2-2, 2024.06

他, 12 件

故障診断に向けた圧縮センシングによる安価な振動計測技術開発

加藤由幹

高知工科大学 システム工学群

1. 概要

回転機械に故障が生じると経済的損失や事故につながるため、モニタリングにより良好な状態に保つことが重要になる。近年、音や振動を用いた様々な診断方法が提案されているが、振動データをサンプリング定理に基づいて計測することで実現されるため、高速計測が可能な高価な計測機が必要となり、転送/保存すべきデータ量も膨大になってしまうという課題がある。この問題を解決するため、本研究では圧縮センシングを用いた計測周波数の低減に取り組んだ。既存手法であるフーリエや Wavelet 基底を用いた圧縮センシングでは、速度変動を有する回転機械の実稼働振動がスパースに観測できず、圧縮センシングに失敗したため、本研究では回転数情報を利用した次数比基底を利用した圧縮センシング手法を開発した。この手法は数値実験とプロペラやギアの故障診断に適用され、フーリエ基底ではスパースな観測が不可能だった実稼働振動の圧縮センシングに成功した。

2. 成果発表

以下に本研究内容の発表についての状況を示す。

- Yuki Kato, Otaka Masayoshi, “Compressed Sensing with Order Basis for Fault Diagnosis of Bearings, Gears, and Propellers under Speed Variation Conditions”, Structural Health Monitoring (投稿中)

機上計測を活用したエンドミル加工における工具系の剛性の自動同定方法の提案

金子和暉

岡山大学

1. 概要

切削加工の一種であるエンドミル加工では、切削条件を適切に選定しなければ、過大な工具弾性変形が発生し、許容できない加工誤差が誘発することが懸念される。切削条件を理論的に最適化するためには、工具弾性変形による加工誤差を予測する方法が多くの研究で提案されてきた。加工誤差を予測するためには、力センサや変位センサを用いて、工具系の剛性と切削力予測のための切削係数の事前同定が必要となる。そのため、このような特殊なセンサを保有しない生産現場では、必要なパラメータを同定することは不可能である。以上の背景から、生産現場では加工誤差シミュレーションを活用することが難しく、実際にシミュレーション技術は未だ普及していない。この問題を解決するために、本研究では生産現場でも実施可能な剛性パラメータ同定手法を提案する。提案手法では、機上計測とセンサレス切削力モニタリングにより、実用的なパラメータ同定を実現する。提案手法では、最初に試し削りを行う。切削加工中には、切削力と切削トルクは CNC からの信号に基づきセンサレスで監視する。加工終了後、タッチプローブを用いて加工面の加工誤差分布を測定する。そして、切削力、切削トルク、誤差分布の測定値と理論値との差を最小化することによって加工誤差シミュレーションの実行に必要なすべてのパラメータを同定する。切削実験を実施し、提案手法により適切にパラメータを同定できることを確認した。

2. 成果発表

【口頭発表】

- (1) 金子和暉, 工藤有紗, 柳田 航太, 清水 淳, 周 立波, 小貫哲平, 尾畷裕隆, エンドミル加工における加工誤差の機上計測による工具剛性同定に関する研究, 日本機械学会 第 14 回 生産加工・工作機械部門講演会
- (2) 工藤有紗, 金子和暉, 清水 淳, 周 立波, 小貫哲平, 尾畷裕隆, エンドミル加工における機上計測を活用した工具系剛性の同定, 2023 年度精密工学会春季大会
- (3) 和泉宇紀, 金子和暉, 清水 淳, 周立波, 小貫哲平, 尾畷裕隆, エンドミル加工におけるセンサレスモニタリングと機上計測を活用した工具系剛性の同定方法の提案, 2024 年度精密工学会春季大会 (第 31 回「学生会員卒業研究発表講演会」)

【学術誌論文】

- (1) K. Kaneko, A. Kudo, T. Waizumi, J. Shimizu, L. Zhou, H. Ojima, and T. Onuki, "Practical Method for Identifying Model Parameters for Machining Error Simulation in End Milling Through Sensor-Less Monitoring and On-Machine Measurement," *Int. J. Automation Technol.*, Vol.18 No.3, pp. 342-351, 2024, DOI: 10.20965/ijat.2024.p0342

高精度電解加工を用いたマルチスケールテクスチャリングの実現

小谷野 智広

金沢大学

1. 概要

表面に微細構造を付与する表面テクスチャリングでは、テクスチャの寸法に応じた様々なトライボロジー特性が発現するため、異なる寸法のテクスチャを同一面に付与することでこれらの効果が複合的に得られる。本研究では、このような異なる寸法のテクスチャを組み合わせるマルチスケールテクスチャリングを電解加工により行う。高精度電解加工を用い、工具電極形状を転写することで平行溝のマクロテクスチャを形成した。さらに、加工条件を変更することで表面に微細な凹凸を有するマイクロテクスチャが形成できた。これらのマクロとマイクロなテクスチャを複合的に付与することで、平行溝テクスチャの表面に微細な凹凸を有するマルチスケールテクスチャが得られた。また、テクスチャ面の濡れ性を評価した結果、マルチスケールテクスチャ面では、平行溝マクロテクスチャによる撥水性の異方性と、マイクロテクスチャによる親水性の向上効果が複合的に得られることがわかった。

2. 成果発表

- (1) 甲斐 大和, 小谷野 智広, 古本 達明, 橋本 洋平, 山口 貢, 電解加工によるマルチスケールテクスチャリング, 日本機械学会第 15 回生産加工・工作機械部門講演会, C27.

減圧プラズマを援用した単結晶 GaN 基板の高効率研磨プロセスの開発

孫 栄硯

大阪大学 大学院工学研究科 附属精密工学研究センター

1.概要

窒化ガリウム (GaN) は、広いバンドギャップ、高い絶縁破壊電界強度を有するため、青色 LED や高出力・高周波電子デバイス用材料として期待されている。GaN デバイスはシリコン (Si) デバイスより電力損失を 1/10 に減らし、太陽光発電に応用することにより発電効率を 30%アップでき、Sustainable Development Goals (SDGs: 持続可能な開発目標)における、「7. エネルギーをみんなに、そしてクリーンに」、および低炭素社会の実現に大きく貢献できる。GaN の優れた特性を生かすためには、ダメージが無く原子レベル平滑な GaN 表面が要求される。しかしながら、GaN は高硬度、脆性、かつ化学的に不活性なため既存の加工技術では加工能率が低い。一方、機械的な手法により高能率化を図ると電子物性や機械的特性を劣化させるスクラッチやダメージ層の増大により材料物性が劣化するため、高品位かつ高能率に加工できる新たな手法の開発が望まれている。本研究では、GaN 基板に対するスラリーを用いない革新的な高能率無歪研磨を実現できる「プラズマ援用研磨プロセス」を開発する。

2.成果発表

【国際会議】

1. T. Tao, Y. Ohnishi, R. Sun, Y. Ohkubo, K. Yamamura, Development of polishing plate used in plasma-assisted polishing for gallium nitride, The 18th China-Japan International Conference on Ultra-Precision Machining Process (CJUMP2024) (2024.11.9@Wuxi, China) 327-331.
2. T. Tao, Y. Onishi, R. Sun, Y. Ohkubo, K. Yamamura, Temperature-dependent modification of gallium nitride using vacuum hydrogen plasma, 24th International Conference & Exhibition of the European Society for Precision Engineering and Nanotechnology (euspen2024) (2024.6.12@Dublin, Ireland) 269-270.
3. T. Tao, H. Kitade, Y. Ohnishi, J. Nagahashi, R. Sun, Y. Ohkubo, K. Yamamura, High-efficiency lapping of gallium nitride wafers using a fixed diamond lapping plate, The 25th International Symposium on Advances in Abrasive Technology (ISAAT2023) (2023.12.11@Taichung) 1072.
4. T. Tao, R. Sun, K. Arima, K. Kawai, K. Yamamura, Optimization of modification conditions used in plasma assisted polishing for improving the material removal rate of Gallium nitride, The 19th International Conference on Precision Engineering (ICPE 2022) (2022.12.1@Nara Prefectural Convention Center, Japan) C198.

【国内会議】

1. 大西雄也, 孫栄硯, 田口茉奈, 高梨慎也, 永橋潤司, 山村和也, 砥石定盤を用いた GaN ウエハの高効率加工プロセスの開発(第2報)ーAFMを用いた摩擦力の評価ー, 2024年度精密工学会春季大会 学術講演会講演論文集(3.12-3.14@東京大学 本郷キャンパス) (2024) 677.
2. 大西雄也, 陶通, 孫栄硯, 大久保雄司, 山村和也, 水蒸気プラズマを用いた GaN ウエハの表面改質, 精密工学会 2023年度関西地方定期学術講演会講演論文集(6.23@リーガロイヤルホテル京都, 京都) (2023) 84-85.
3. 大西雄也, 北出隼人, 陶通, 永橋潤司, 孫栄硯, 有馬健太, 山村和也, 固定砥粒を用いた GaN ウエハの高効率一貫加工プロセスの構築ーラップ加工で導入された加工変質層のプラズマ表面改質ー, 精密工学会第30回学生会員卒業研究発表講演会講演論文集(3.14-3.16@東京理科大学 葛飾キャンパス) (2023) 52-53.

直接レーザー描画による3次元金属ナノ構造作製技術の開発

田口 敦清

北海道大学 電子科学研究所

1. 概要

立体的な3次元金属ナノ構造を自由自在に作製する技術は、プラズモニクスやメタマテリアル、量子デバイスなどの分野で重要性が高まっている。本研究では、深紫外光を用いた2光子重合法に基づき、3次元金属ナノ構造を作製する技術の開発を目指した。金属の基質として、金属ナノクラスターと分子リンカーからなるナノインクを開発した。ナノインク溶液に可視フェムト秒パルスレーザー光を集光し、2次元および3次元構造（ウッドパイル構造）の描画を行い、光の波長を超える加工分解能（線幅約70-100 nm）で構造が得られることを確認した。そして、作製した構造を加熱し、形状保持しつつ、ナノクラスターからバルク金属への変性を確認した。今後、加工条件、加工精度や構造の取り出し方法の改善、作製物の機械的・電気的特性の評価、金や銀、銅など他の金属や異種材料を用いたヘテロ構造への展開を進め、産業応用を見据えた応用研究へと展開する。

2. 成果発表

招待講演

- 1) Atsushi Taguchi, "Exploring chiral nanogap structures using topology optimization," SPIE Optics+Photonics (San Diego Convention Center, San Diego, California, USA, Aug 18, 2024).
- 2) Atsushi Taguchi, "Engineering UV-active chiral nanostructures with inverse topology design," SPIE Optics+Photonics (San Diego Convention Center, San Diego, California, USA, Aug 18, 2024).
- 3) 田口 敦清, "深紫外光による微細技術" 分光基礎セミナー (オンライン, 2024年7月29日)
- 4) Atsushi Taguchi, "Advanced material processing with multiphoton DUV lithography," The 7th International Workshop on UV Materials and Devices (IWUMD 2024) (Taipei International Convention Center (TICC), Taipei, Taiwan, Jun 3, 2024).
- 5) Atsushi Taguchi, "Advanced Instrumentation for DUV Raman Microscopy: Finer, Faster, and Brighter," SciX 2023 (Nugget Casino Resort, Sparks, Nevada, USA, Oct 8, 2023).
- 6) Atsushi Taguchi, "Multi-photon excited chemistry in DUV for advanced material fabrication," 日本分光学会国際シンポジウム "Frontiers of Far and Deep Ultraviolet Spectroscopy" (神戸大学百年記念会館, Oct 4, 2023).
- 7) Atsushi Taguchi, "Advanced material 3D fabrication with DUV light," SPIE Optics+Photonics San Diego Convention Center, San Diego, California, USA, Aug 20, 2023)
- 8) 田口 敦清, "深紫外の先端技術" 分光基礎セミナー (オンライン, 2023年6月2日)
- 9) 田口 敦清, "深紫外領域のナノフォトニクス," 光とレーザーの科学技術フェア 2022 (分光セミナー'22) (東京都立産業貿易センター 浜松町館, 浜松町, 2022年11月11日).

一般講演

- 10) 竹原光, 田中慎一, 田口 敦清, "レーザー多光子造形による金属ナノ構造の3Dプリンティング," 2024年度精密工学会北海道支部学術講演会 (苫小牧工業高等専門学校, 苫小牧, 2024年8月17日)
- 11) 尾川功起, 田口 敦清, "多光子吸収を活用した深紫外マスクレス・リソグラフィ," 2024年度精密工学会北海道支部学術講演会 (苫小牧工業高等専門学校, 苫小牧, 2024年8月17日)
- 12) 田口敦清, 中山篤志, 藤田克昌, "多光子励起を用いた深紫外3次元ナノリソグラフィ," 2023年度精密工学会春季大会学術講演会 (東京理科大学葛飾キャンパス, 葛飾, 2023年3月16日)

学生の受賞

尾川功起 (M2), 精密工学会 2024年度北海道支部学術講演会「優秀プレゼンテーション賞」(2024年8月17日)

特許出願

田口 敦清, "キラル光アンテナの設計方法に基づいたキラル光アンテナの製造方法," (北海道大学, 特願2023-189132, 2023年11月6日).

微細加工材料における電子回折による立体表面サブナノメートル粗さ計測法の開発

服部 賢

奈良先端科学技術大学院大学

1. 概要

本研究は、立体トランジスタなどの微細加工材料におけるサブナノメートルの表面粗さ評価の新技术開発を目標としている。従来技術では、原子レベルの平坦性を持つ立体表面の粗さを実用かつ汎用的に測定することが困難である。本研究では、電子回折 (RHEED) を用いた手法を提案し、原子レベルの表面粗さと表面原子秩序の相関を調査した。プロトタイプ材料として高配向性熱分解グラファイト (HOPG) 試料を使用し、表面粗さと電子回折強度の関係を実験的に検証した。結果として、電子回折強度プロファイルの鋭いピーク (秩序表面) と広がったピーク (非秩序表面) と表面粗さが良好な線形関係を示し、サブナノメートルレベルの評価計測が可能であることが明らかとなった。今後は、他材料への応用や立体形状材料への展開を目指し、半導体産業への貢献を行う。

2. 成果発表

- (学会発表)日本物理学会 2023 年春季大会、2023 年 3 月 22 日、オンライン、「RHEED パターンの表面粗さ依存性」(22pPSJ-9)、井田有紀、北川喜宏、Juharni、清水智也、高橋駿太、大坂藍、服部梓、田中秀和、桃野浩樹、服部賢
- (学会発表)日本物理学会第 78 回年次大会、2023 年 9 月 16 日、東北大学、「HOPG を用いた立体表面粗さ RHEED スポットプロファイルの相関の解明」(16pPSA-27)、北川喜宏、Juharni、井田有紀、服部梓、田中秀和、桃野浩樹、服部賢
- (学会発表)日本材料学会第 9 回材料 WEEK、2023 年 10 月 10 日、京都テルサ、「反射高速電子回折を用いた立体形状表面サブナノメートル粗さ計測法の開発」(109)、北川喜宏、Juharni、井田有紀、服部賢、服部梓、田中秀和、桃野浩樹
- (学会発表)日本物理学会 2024 年春季大会、2024 年 3 月 18 日、オンライン、「Roughness evaluation in sub nm scale by RHEED spot profiles toward the control of three-dimensional structure surfaces」(18pPSJ-14), R. M. Tumbelaka, Y. Kitagawa, Juharni, Y. Ida, A. N. Hattori, H. Momono, and K. Hattori.
- (学会発表)日本物理学会第 79 回年次大会、2024 年 9 月 18 日、北海道大学、「Evaluation of Sub-nm Scale Roughness on HOPG through RHEED Spot Profiles」(18pE319-7), R. M. Tumbelaka, Y. Kitagawa, Juharni, T. Fujiwara, Y. Ida, Y. Kimoto, K. Tsubosaki, A. N. Hattori, H. Momono, and K. Hattori.
- (学会発表)米国真空学会第 70 回国際シンポジウム、2024 年 11 月 7 日、米国タンパ市、「Advanced Evaluation of Sub-nm Surface Roughness using Electron Diffraction」(SS-ThP-15), R. M. Tumbelaka, Y. Kitagawa, Juharni, Y. Ida, Y. Kimoto, K. Tsubosaki, A. N. Hattori, H. Momono, and K. Hattori.

デュアルコム分光角度計測法に対する自律校正法の確立

松隈 啓

東北大学

1. 概要

角度は長さとともに物体の形状、運動を記述する基本的な幾何の要素である。精密加工システムの角度誤差測定、機械部品・光学部品等の形状計測、プローブ顕微鏡のたわみ角度測定など様々な生産・加工分野において角度の精密計測が必要となる。近年、光周波数コム装置が種々の精密測定に使われている。本研究では、光周波数コムを用いた角度計測装置についてその自律校正法の確立を行った。

2. 成果発表

2-1 国内学会

松隈 啓, 井口颯太, 佐藤 遼, 高 偉「光周波数コムを用いた角度計測に対する自律校正法の開発」精密工学会 2024 年度秋季大会

2-2 国際学会

Hiraku Matsukuma, Sota Iguchi, Ryo Sato, Gao Wei, "Calibration Method for Optical Angle Measurements using Diffraction Gratings" International Conference on Precision Engineering 2024

2-3 特許出願

光学式角度測定装置用校正装置、光学式角度測定装置向け校正方法
PCT/JP2024/16268

松隈 啓, 井口颯太, 高 偉

高速偏光計測法を用いたガラス中での亀裂間相互作用の解明

松坂壮太, 比田井洋史, 伊東翔

千葉大学大学院工学研究院

1. 概要

本研究では、ガラスに圧子を押し込んだ際に生じる亀裂間の相互作用の解明を目的とし、基板の側方および下方の2方向から同時に高速偏光計測可能な実験系を構築した。負荷・除荷中のガラス内部応力を位相差分布として計測した結果、亀裂の生成・進展に伴う応力緩和を可視化できた。また、亀裂の生成により、それ以前に生成した亀裂の進展が抑制されることが分かった。しかし、本実験の範囲内では、各亀裂の生成につながるような応力集中の観察には至らなかった。また、有限要素法により、圧子の押し込み／除荷に伴う各亀裂開口方向応力に対する硝材の違いの影響を検討した。今後は、ホイール切断やスクラッチ試験といった、複数の亀裂生成を伴う加工手法に対して、所望の亀裂のみを生成可能な工具形状の提案や、新しい耐傷性評価手法の提案を目指す。

2. 成果発表

2025年度精密工学会春季大会学術講演会（2025年3月17～19日、千葉工業大学）にて内容の一部を発表予定。

分散分析を用いた X 線 CT 精度評価用基準器校正手法の開発

松崎和也, 佐藤理, 渡邊真莉

産業技術総合研究所計量標準総合センター

1. 概要

本研究では、座標測定分野において測定誤差を低減するために一般的に用いられている多数回測定と分散分析を用いた方法を X 線 CT 測定に適用するために、必要な測定条件の組み合わせについてシミュレーションと実験により検証した。測定対象物の姿勢を変更する測定条件とし、装置が持つ幾何誤差をシミュレーションの入力とした。長さ測定結果について、姿勢間の相関を解析した結果、先行研究で示された 10 姿勢の組み合わせが持つ冗長性を明らかにし、より適切な 4 姿勢の組み合わせを提案した。この 4 姿勢の組み合わせの効果については、実機実験による 10 姿勢組み合わせとの比較により実証した。

2. 成果発表

[1] Matsuzaki K, Watanabe M, Sato O. Optimization of workpiece orientation to multiple measurement on X-ray CT using simulation data. dXCT 2024, Didcot, UK: 2024.

[2] 松崎和也, 渡邊真莉, 佐藤理. X 線 CT 計測における装置幾何誤差による測定空間歪み評価. 2023 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集 2023:537-8.

[3] Matsuzaki K, Watanabe M, Sato O. The investigation of the combination of the object orientation to evaluate the measurement uncertainty of the X-ray CT using the analysis of variance. Proceedings of Euspen's 23rd International Conference & Exhibition 2023.

原子間力顕微鏡を用いたグラフェンナノプレートレットのサイズ測定技術の開発

三隅 伊知子

産業技術総合研究所

1. 研究の概要

原子間力顕微鏡(AFM)を用いてグラフェンナノプレートレット(GNP)の一種である酸化グラフェンの高さ方向のサイズ分布測定を行った。AFMを用いた高さ測定結果は、測長AFMを介して国際単位系(SI)にトレーサブルである。酸化グラフェン200個の高さを測定した結果、最頻区間は20 nmから25 nm、最小区間は5 nmから10 nm、最大区間は120 nmから125 nmと、広い分布を有していることが分かった。

2. 成果発表

三隅 2024年度 計量標準総合センター成果発表会 発表予定

破壊的干渉の動的制御を用いた次世代光ファイバ直径の計測原理の確立

道畑正岐

東京大学大学院 工学系研究科 精密工学専攻

1. 概要

本研究では、サブマイクロメートルファイバの直径を評価するため、光散乱法を用いた新しい光計測技術を提案する。散乱対象物が $1\ \mu\text{m}$ になると散乱形態が Mie 散乱から Rayleigh にシフトするため、散乱光強度分布の測定では、一般的に直径推定が困難となる。本研究では、照明を定在波とし空間的な分布を持たせ、その定在波の空間位相を動的に制御することで、散乱光強度分布の変化を測定することで直径を推定する。具体的には、測定で得られるパターンと理論値を比較することで直径を同定する。本報告では、提案手法を用いて、実験的に直径約 $500\ \text{nm}$ の光ファイバの直径測定が可能であることを示した。この測定された直径は、他の測定手法による測定値とよく一致し、これらの結果から、提案手法の精度は数 $10\ \text{nm}$ 程度であることが検証された。

2. 成果発表

【学術論文】

1. Masaki Michihata, Yushen Liu, Shuzo Masui, Satoru Takahashi, “Diameter measurement of nano/micro-optical fiber based on effective refractive index including uncertainty analysis via Monte Carlo simulation”, Precision Engineering (投稿中)
2. Yushen Liu, Shotaro Kadoya, Masaki Michihata, Satoru Takahashi, “Propagation constant-based diameter measurement technique for sub-micrometer scale optical fiber”, Optics Letters, vol. 49, issue 10 (2024) pp.2649-2652.

【国際会議論文】

1. Masaki Michihata: “Diameter Measurement of sub-micrometer optical fiber based on interference signal of Mie scattered light”, Proc. International Symposium on Optomechatronic Technology (ISOT) 2023, 10-12 December 2023, Nasu, Tochigi, Japan. (招待講演)
2. Yushen Liu Shotaro Kadoya, Masaki Michihata, Satoru Takahashi: “Measurement of the diameter of the thinned optical fiber based on the spatial period of standing wave”, Proc. SPIE structured light at Optics and Photonics International Congress/ Optical Technology and Measurement for Industrial Applications Conference (OPTM), 18–21 April 2023, Pacifico Yokohama, Japan, OPTM-4-02.

【国内学会講演論文】

1. Yushen Liu, 門屋祥太郎, 道畑正岐, 高橋 哲: “定在波ピッチを利用したサブマイクロファイバの直径計測”, 2023 年度精密工学会学術講演会秋季大会講演論文集, 福岡工業大学 (2023) pp. 338-339. D94.
2. 村上宗二郎, 門屋祥太郎, 道畑正岐, 高橋 哲: “定在波照明を用いたマイクロ光ファイバのインプロセス直径計測 (第 5 報) -サブマイクロ光ファイバのインプロセス直径計測-”, 2022 年度精密工学会学術講演会春季大会講演論文集, オンライン開催 (2022) pp. 197-198. C26.

高速飛翔マイクロ・ナノ粒子の速度計測と表面改質技術の開発

米津 明生

中央大学 理工学部 精密機械工学科

1.研究の概要

本研究では、レーザーアブレーションにより超高速で微粒子を投射し、材料表面に衝突させるレーザー誘起微粒子衝突試験（Laser Induced Particle Impact Test; LIPIT）の開発を目指した。LIPIT はマイクロスケールの衝撃試験であり、表面改質や微細加工などへの応用が期待される。LIPIT の開発には、粒子速度の測定が重要である。本研究では、応力発光体を用いた粒子速度の測定法を提案した。応力発光体は機械的負荷（刺激）によって発光するため、粒子の発光体への衝突により発光が誘発される。この現象を利用して、粒子と材料表面との衝突のタイミングを特定し、粒子投射の移動時間を決定できることを明らかにした。LIPIT には直径や材質の異なる様々な微粒子を用い、粒子速度を測定した。また、本手法を検証するため島津製作所の協力のもと高速度カメラによる粒子速度の計測も並行して行った。この結果より、本手法は簡便で費用対効果の高い方法であるため、産業応用に向けた LIPIT の開発を促進することが可能である。さらに 500nm の単一ナノ粒子の LIPIT 試験の開発も行い、単層グラフェンのような微小材料の貫通試験に成功した。今後は、さらなる粒子の微小化や高速化、また粒子速度計測の高度化を目指していく予定である。

2.成果発表

- 梶原美紀, 米津明生, 応力発光体を用いた超音速マイクロ粒子の衝突速度計測, 日本非破壊検査協会 応力・ひずみ測定部門 第 53 回応力・ひずみ測定と強度評価シンポジウム, No.6-14 ページ, 日本非破壊検査協会亀戸センター, 2023/01/21 [▶ 新進賞](#)
- 梶原美紀, 米津明生, パルスレーザーを用いたマイクロ粒子の高速飛翔挙動と衝突現象, 日本機械学会 2023 年度年次大会, J191p-09, 4 ページ, 東京都立大学, 2023/09/03
- 市川諒, 梶原美紀, 長網奏里, 鈴木熙透, 米津明生, レーザー誘起粒子衝突試験を用いた表面加工と摩擦特性評価, M&M2023 材料力学カンファレンス / M&P2023 機械材料・材料加工技術講演会, 講演番号 MPC301, 筑波大学, 2023/09/27
- 島津製作所アプリケーションニュース, レーザー誘起粒子衝突試験法の開発とマイクロ粒子の飛翔速度計測 (梶原美紀, 米津明生, 矢野文彬, 西川祐貴) <https://www.an.shimadzu.co.jp/apl/24771/index.html>, <https://t.co/kqHll8RFFd>