

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：14603

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K15151

研究課題名(和文) ガラスドーム構造の簡便なエコ熱膨張製法の開発

研究課題名(英文) Development of a eco thermal expansion manufacturing method for glass dome structure

研究代表者

亜力坤 亜夏爾 (Yalikun, Yaxiaer)

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

研究者番号：30735064

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ガラス基板の上に浅い微小なくぼみを形成する、カバーガラスを重ねて仮接合し閉じた微細空洞を作る、吹きガラスの原理を利用して、周囲を真空引きしながら加熱することで空洞中の空気を膨張させる、ゆっくり冷却するという手順により、設計した寸法通りにガラス微小ドーム構造を形成できることを実証した。また、加工条件によるガラスドーム構造形状変化を調査し、各パラメータと形状変化の関係性を明らかにした。加工プロセスの順番がガラスドーム構造形成に与える影響を明らかにした。材料によって、複数段階の加熱温度・徐冷プロセスの時間分配などを明らかにした。さらに、薄板ガラスとドーム構造の応用開拓も行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

当手法は、次世代産業で重要となる立体型半導体デバイス、分析光学素子、マイクロ化学反応や医療向け細胞分離分析検査デバイス、基板組み込み型カメラの高精度マイクロレンズやマイクロジャイロなどに用いるマイクロガラスドームを低環境負荷で簡便に大量生産する革新的な製造技術を提供するもので、他にさきがけて我が国のリーディング産業の核に育成する必要がある重要技術である。

研究成果の概要(英文)：In this research, it was demonstrated that the glass micro-dome structure could be formed with the precise designed dimensions by only simple 4 steps: (1) forming shallow micro-cavities on the glass substrate, (2) cover and bonding the micro-cavities with thin glasses (3) by employing the principle of blowing glass, the glass micro-dome structure can be formed due to the expansion of the air in the closed micro-cavities (4) slowly cooling it. In addition, we investigated the shape change of the glass dome structure depending on the processing conditions, and clarified the relationship between each parameter and the shape changes. The effect of the processing order on the formation of the glass dome structure was clarified too. We also clarified the time distribution of the multi-steps heating temperature and slow cooling process in case of using different glass material. In addition, we explored the application of thin plate glass and its dome structures.

研究分野：機械工学

キーワード：微細加工 石英ガラス ドーム構造 三次元加工 立体加工 熱膨張加工

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ガラスマイクロドーム構造やその集合体であるアレイは昆虫の複眼に見られるように、精緻な光学、優れる電気、材料、機械的な物性能を有し、半導体、光学、生命科学など専門分野に限らず、スマホのカメラ、センサーモジュールの部品など民生分野においても幅広く応用されている(図1、一部応用例)。これらのガラスドーム構造の材料としては、一般的にはホウ酸塩、無アルカリガラスを用いたものが多いが、近年の装置の小型化・高性能化に伴う光学的透明性や物理的・化学的な材料強度、軽薄短小といった付加価値が求められようになっており、これらを満たすガラスでドーム構造を作る必要性が高まっている。

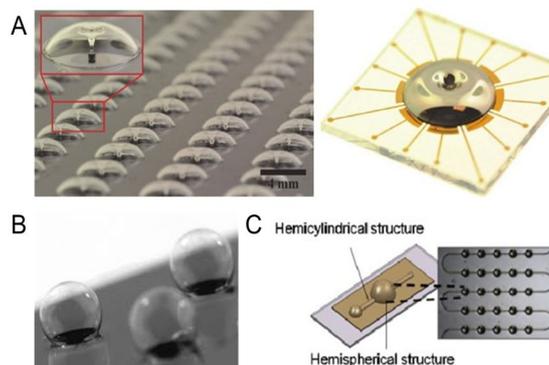


図1. ガラスドーム構造は様々な分野で色んな用途で使われている重要な構造体である。(A) ガラスドーム構造を利用した半球型ジャイロスコープとその拡大図。(B) 様々なガスを導入したガスセルとして作製されたガラスドーム構造体。薄肉で気密性もよく、重要な光学部品として使用されている。(C) 複数個ドーム構造を利用した細胞を培養するマイクロ流体デバイス。貴重な細胞を用いた実験が低コスト且つ高効率で行える。

既存方法の技術的な課題

(1) ガラスドーム構造の複雑な作製方法

半導体作製プロセスは洗浄、試料塗布、露光、接合、エッチングなど様々な工程で構成されており、デバイス作製は容易ではないし、マルチアレイガラスドーム構造や異なるサイズのドーム構造の三次元立体構造を有するデバイスを1枚の基板上に集積することは困難だとも言える。例えば上記の半球振動型ジャイロスコープを作製するには50以上のプロセスが必要であり、例えば、1プロセスの節約が実現できれば、製品生産効率の向上に大きく貢献できる。

(2) 複雑で高価な専門装置群が必要

高精度な多工程の加工を実現するために、様々な装置の購入及び装置を操作する知恵を有する人員と装置のメンテナンスが必要である。さらに、複数の高価な設備を扱う広い敷地、厳密に管理されたクリーン環境と膨大な電力供給が必要になる。上記の設備、人員、資源に関連する初期投資の負担が重く、業界参入の壁になっている。

(3) ガラスドーム構造の高精度での大量生産が容易ではない。

複数プロセスの積み重ねにより、加工精度が低下し、設計数値から数パーセントの誤差が出る場合がある。また、同じプロセスでも装置の中に試料が配置された場所により、露光、現像、エッチングなど加工プロセスで精度に影響があり、高精度の大量生産が難しい。

(4) 重い環境負荷

上記の加工プロセスにおいて化学試薬、貴金属を始める様々なガラス以外の材料を多用するため、それに関連する購入輸送、また生成した危険廃棄物処理の負担も重く、環境リスクが高く、社会・企業・環境の利益を大きく損なうことにつながる。

2. 研究の目的

目的と創造性:申請者は偶然の現象に引っかかり、ガラス中に封印された気体の熱膨張を利用するブルーイング製法に注目した。ブルーイング製法は、伝統ガラス加工分野では数百年来使用されてきたが、申請者はこの伝統技術を創造的にマイクロスケール加工に利用し(図2)、薄壁からなる高いアスペクト比で表面から突出したガラスドーム構造を、再現性良く**省材料、省時間、省スペース、簡便で大量に作れるエコな作製技術を実現する。**

3. 研究の方法

(1) 加工条件によるガラスドーム構造形状変化を調査し、各パラメータと形状変化の関係性を明らかにした。

本手法のガラスドーム構造作製過程において、加熱温度(軟化温度)、印加する空気圧(陰圧)がドーム構造の形成を支配するため、調査する必要があった。例えば、どれぐらいの温度と空気圧でどれぐらい直径、高さを持つドーム構造が形成できるかを複数条件で検討し、その関係性を明らかにした。さらに、本研究では主にガス電気炉を使用するため、その炉内での配置位置による生じるドーム構造形成への影響も明らかにした。

(2) 加工プロセスの順番がガラスドーム構造形成に与える影響を明らかにした。

加工プロセスの順番はガラスドーム構造形成に影響を与えると想定できる、例えば、ガラスの軟化温度まで加熱しながら真空引きした場合、と軟化温度まで加熱してから真空引きした場合は異なる結果が得られると思われる。加熱、陰圧印加、冷却というプロセスの相互関係性、ガラスドーム構造形成に与える可能な影響を十分に調べ、最適プロセスを明らかにした。

(3) ガラス材料物性の選定によるドーム構造の特性への影響を明らかにした。

使用される応用により、様々なガラス材料または違う厚みが採用されると想定できる。この場合、ガラス材料の厚み(4 μ m/6 μ m/10 μ m/30 μ m)、材料(ホウ酸塩ガラス、無アルカリガラス、石英ガラス)もドーム構造の形成特性、化学と物理特性に影響するため、複数条件の組み合わせでのドーム構造形成実験を行い、その違いを定量化し、関係性を明らかにした。

(4) チャンバー形状によるガラスドーム構造の形状制御の可能性をしめした。

チャンバーの深さ、形状により、ドーム構造の高さ、形成形状の制御も可能だと思われる。例えば、チャンバーの深さにより、閉じられる空気の体積が変わり、ドーム構造の膨らみ具合が調

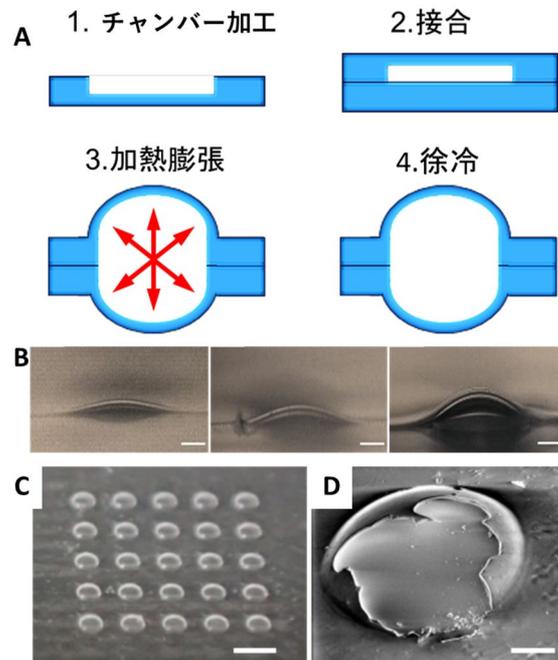


図 2. 申請者が試したガラス膨張法によるマイクロガラスドーム構造の形成。A.通常の板ガラスに浅くエッチング加工したマイクロチャンバーの上に薄板ガラス(30 μ m)でカバーし、熱融着と真空引きを同時に行う。そして薄板ガラスはチャンバーに閉じられた空気の膨張により膨らみ、ドーム構造が形成される。B.ドーム構造が徐々に形成されている様子。スケールバーは50 μ m。C.チャンバーの数とサイズでドーム構造のサイズとサイズの制御できる。D.肉厚の均一(\pm 5 μ m)のドーム構造ができている。スケールバーは100 μ m。

整可能になる。特に従来方法で作製するのが難しいとされる特殊形状を持つドーム構造(ワインガラス型ジャイロスコープ)をチャンバーの設計で実現できる可能性がある。このような部品が作製できれば、これまでの加工プロセスの数が多かったドーム構造を有する部品を一度に形成できるため、ガラスドーム構造を生かしたデバイスまたはシステムを小型、低コストで作製できる可能性を示した。

4. 研究成果

本研究で開発した関連デバイス、技術と装置を用いて、学术论文 12 件、表紙論文 2 件、プレスリリース 2 件、学会発表 12 件、特許 1 件などの研究実績を挙げた。

例えば、熱膨張法を利用した超薄板ガラスデバイス作製の原理と実施可能性を検証し、伝統ガラス加工分野では数百年来用いられてきた伝統技術をマイクロスケール加工に利用することにより、高いアスペクト比で表面から突出した薄壁のガラス微小ドーム構造を、高精度で短時間かつ簡便に大量生産できる技術を開発した(図 3)。また、使用する板ガラスの厚さやくぼみの直径・深さによってドーム構造がどのように変化するかを調べた。その結果、用いるカバーガラスが薄く、くぼみの直径が大きく、くぼみが深いほどドームの高さは高くなることがわかった。

さらに、作製したガラス微小ドーム構造がガラスレンズとして機能するかどうかを調べた。その結果、充填液を用いない「空洞レンズ」の場合は定規の目盛りが縮小されていること、充填液にミネラルオイルを用いた「充填レンズ」の場合は拡大されていることが確認できた。このような、薄板ガラスのドーム構造の媒体充填による機能化に関して、複数の研究成果を挙げた。気体と液体のみならず、固体の受精卵をドーム構造に導入し、活かしながら長期観測できる方法も開発した。

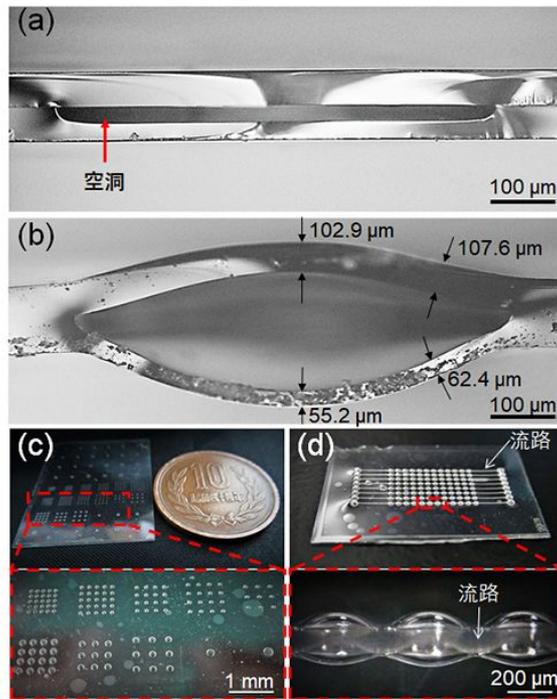
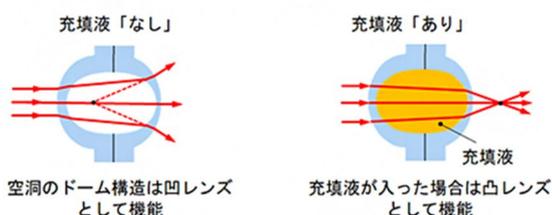


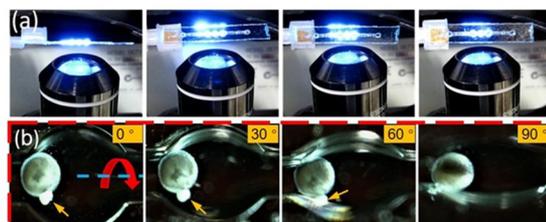
図 3.申請者が開発した熱膨張による形成されたガラス微小ドーム構造の断面図(a) 薄板ガラスに加工したチャンバーを熱融着と真空引きを同時に行った。(b) 薄板ガラスはチャンバーに閉じられた空気の膨張により膨らみ、ドーム構造が形成された。スケールバーは 100 μm です。(c) 直径をさまざまに変えたドーム構造。(d) 充填液導入用に流路を形成したドーム構造。

(a) 液体充填

充填液「あり」と「なし」の場合の光学特性・レンズ原理



(b) 固体充填



[Actuators, 9\(3\), 73 \(2020\)](#)

[Applied Physics Express 13, 026502 \(2020\)](#)

図 4. 薄板ガラスのドーム構造へのガス、液体、固体媒体充填技術を開発し、応用している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 10件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Zhang Tianlong, Shen Yigang, Kiya Ryota, Anggraini Dian, Tang Tao, Uno Hanaka, Okano Kazunori, Tanaka Yo, Hosokawa Yoichiroh, Li Ming, Yalikus Yaxiaer	4. 巻 11
2. 論文標題 Focusing of Particles in a Microchannel with Laser Engraved Groove Arrays	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biosensors	6. 最初と最後の頁 263 ~ 263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/bios11080263	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Tang Tao, Liu Xun, Kiya Ryota, Shen Yigang, Yuan Yapeng, Zhang Tianlong, Suzuki Kengo, Tanaka Yo, Li Ming, Hosokawa Yoichiroh, Yalikus Yaxiaer	4. 巻 193
2. 論文標題 Microscopic impedance cytometry for quantifying single cell shape	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biosensors and Bioelectronics	6. 最初と最後の頁 113521 ~ 113521
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bios.2021.113521	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Tang Tao, Liu Xun, Yuan Yapeng, Kiya Ryota, Shen Yigang, Zhang Tianlong, Suzuki Kengo, Tanaka Yo, Li Ming, Hosokawa Yoichiroh, Yalikus Yaxiaer	4. 巻 22
2. 論文標題 Dual-frequency impedance assays for intracellular components in microalgal cells	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Lab on a Chip	6. 最初と最後の頁 550 ~ 559
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1LC00721A	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Tang Tao, Liu Xun, Yuan Yapeng, Zhang Tianlong, Kiya Ryota, Suzuki Kengo, Tanaka Yo, Li Ming, Hosokawa Yoichiroh, Yalikus Yaxiaer	4. 巻 358
2. 論文標題 Impedance-based tracking of the loss of intracellular components in microalgae cells	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators B: Chemical	6. 最初と最後の頁 131514 ~ 131514
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.snb.2022.131514	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hao Yansheng, Tanaka Yo, Hosokawa Yoichiroh, Li Ming, Yalikus Yaxiaer	4. 巻 15
2. 論文標題 A gas flow velocity sensor fabricated with femtosecond laser using 4 μm ultra-thin glass sheet	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 036502 ~ 036502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ac516d	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Anggraini Dian, Ota Nobutoshi, Shen Yigang, Tang Tao, Tanaka Yo, Hosokawa Yoichiroh, Li Ming, Yalikus Yaxiaer	4. 巻 22
2. 論文標題 Recent advances in microfluidic devices for single-cell cultivation: methods and applications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Lab on a Chip	6. 最初と最後の頁 1438 ~ 1468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1LC01030A	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Tang Tao, Yuan Yapeng, Yalikus Yaxiaer, Hosokawa Yoichiroh, Li Ming, Tanaka Yo	4. 巻 339
2. 論文標題 Glass based micro total analysis systems: Materials, fabrication methods, and applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators B: Chemical	6. 最初と最後の頁 129859 ~ 129859
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.snb.2021.129859	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Tang Tao, Hosokawa Yoichiroh, Hayakawa Takeshi, Tanaka Yo, Li Weihua, Li Ming, Yalikus Yaxiaer	4. 巻 6
2. 論文標題 Rotation of Biological Cells: Fundamentals and Applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Engineering	6. 最初と最後の頁 1-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.eng.2020.07.031	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Zhang Tianlong, Namoto Misuzu, Okano Kazunori, Akita Eri, Teranishi Norihiro, Tang Tao, Anggraini Dian, Hao Yansheng, Tanaka Yo, Inglis David, Yalikus Yaxiaer, Li Ming, Hosokawa Yoichiroh	4. 巻 11
2. 論文標題 Hydrodynamic particle focusing enhanced by femtosecond laser deep grooving at low Reynolds numbers	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1652 ~ 1652
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-81190-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Hao Yansheng, Cheng Shaokoon, Tanaka Yo, Hosokawa Yoichiroh, Yalikus Yaxiaer, Li Ming	4. 巻 45
2. 論文標題 Mechanical properties of single cells: Measurement methods and applications	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biotechnology Advances	6. 最初と最後の頁 107648 ~ 107648
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.biotechadv.2020.107648	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yuan Yapeng, Yalikus Yaxiaer, Amaya Satoshi, Aishan Yusufu, Shen Yigang, Tanaka Yo	4. 巻 321
2. 論文標題 Fabrication of ultra-thin glass sheet by weight-controlled load-assisted precise thermal stretching	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors and Actuators A: Physical	6. 最初と最後の頁 112604 ~ 112604
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sna.2021.112604	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Aishan Yusufu, Yalikus Yaxiaer, Funano Shun-ichi, Shen Yigang, Tanaka Yo	4. 巻 13
2. 論文標題 Accurate rotation of ultra-thin glass chamber for single-cell multidirectional observation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 026502 ~ 026502
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1882-0786/ab626d	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 12件）

1. 発表者名 Yapeng Yuan, Yaxiaer Yalikusun, Yigang Shen, Yusufu Aishan, Yo Tanaka
2. 発表標題 Highly durable and flexible glass cantilever for measuring slight deformation
3. 学会等名 Micro Total Analysis Systems 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yapeng Yuan, Yaxiaer Yalikusun, Yusufu Aishan, Yigang Shen, Satoshi Amaya, Yo Tanaka
2. 発表標題 Ultra-sensitive on-chip pressure transducer with fabricated ultra-thin glass sheet
3. 学会等名 Micro Total Analysis Systems 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusufu Aishan, Yaxiaer Yalikusun, Yigang Shen, Yapeng Yuan, Satoshi Amaya, Takashi Okutaki, Atsuhito Osaki, Shingo Maeda, Yo Tanaka
2. 発表標題 Self-oscillating polymer gel actuated chemical micro-pump with thermal sensitivity
3. 学会等名 Micro Total Analysis Systems 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tao Tang, Xun Liu, Yigang Shen, Yapeng Yuan, Tianlong Zhang, Kengo Suzuki, Yo Tanaka, Ming Li, Yoichiro Hosokawa, Yaxiaer Yalikusun
2. 発表標題 Impedance cytometry for characterizing single cell shape
3. 学会等名 Micro Total Analysis Systems 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名	Dian Anggraini, Kazunori Okano, Yo Tanaka, Naoyuki Inagaki, Xun Liu, Sohei Yamada, Yaxiaer Yalikun, Yoichiroh Hosokawa
2. 発表標題	Real-time guided axon outgrowth of primary mouse hippocampal neurons activated by femtosecond laser pulses in microfluidic device
3. 学会等名	Micro Total Analysis Systems 2021 (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Yusufu Aishan, Yaxiaer Yalikun, Yo Tanaka
2. 発表標題	Development of thin glass-based biconvex microlens via thermal expansion
3. 学会等名	Proceeding of 16th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered & Molecular Systems (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Yigang Shen, Yaxiaer Yalikun, Yo Tanaka
2. 発表標題	A contactless switch for cell sorting by area cooling
3. 学会等名	Proceeding of 16th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered & Molecular Systems (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Dian Anggraini, Kazunori Okano, Yo Tanaka, Sohei Yamada, Yaxiaer Yalikun, Yoichiroh Hosokawa
2. 発表標題	In situ guided neurite outgrowth by femtosecond laser processing in a microfluidic device
3. 学会等名	Proceeding of IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS 2021) (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名 Tao Tang, Yansheng Hao, Yo Tanaka, Yoichiroh Hosokawa, Yaxiaer Yalikun
2. 発表標題 Femtosecond laser-induced response wave measuring method for single cell characterization
3. 学会等名 Proceeding of IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yigang Shen, Yaxiaer Yalikun, Yusufu Aishan, Yo Tanaka
2. 発表標題 Thermal manipulation for a single cell utilizing area cooling
3. 学会等名 Proceeding of Micro Total Analysis Systems 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tianlong Zhang, Yaxiaer Yalikun, Misuzu Namoto, Kazunori Okano, Yo Tanaka, Ming Li, Yoichiroh Hosokawa
2. 発表標題 Focusing of microparticles at low Reynolds numbers
3. 学会等名 Proceeding of Micro Total Analysis Systems 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tao Tang, Yigang Shen, Yo Tanaka, Ming Huang, Yoichiroh Hosokawa, Ming Li, Yaxiaer Yalikun
2. 発表標題 On-chip integration of ultra-thin glass cantilever for physical property measurement activated by femtosecond laser impulse
3. 学会等名 Proceeding of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Dian Anggraini, Nobutoshi Ota, Yigang Shen, Yo Tanaka, Yoichiroh Hosokawa, Ming Li, Yaxiaer Yalikul	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer, Singapore	5. 総ページ数 1200
3. 書名 Handbook of Single Cell Technologies	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 ガラスシートの製造方法、ガラスシート、デバイス、及びガラスシートの製造装置	発明者 田中陽, ヤリクン ヤ シャイラ, など	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2020-182007	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

代表者のホームページ https://researchmap.jp/yaxiaer

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------