

令和 6 年 5 月 2 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H02097

研究課題名（和文）二重放物面集束構造による高周波ハイパワー超音波振動子の基本特性の解明

研究課題名（英文）Fundamental studies on high power and high frequency ultrasonic vibration using DPLUS

研究代表者

森田 剛 (MORITA, Takeshi)

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・教授

研究者番号：60344735

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：理工学の様々な領域で活用されている強力超音波の適用範囲を広げるため、従来よりも高いMHz周波数帯域において強力超音波を出力する振動子を研究・開発した。本研究では、二重反射面構造により縦波振動を集束し、細棒導波路から出力するDPLUSという機構の限界出力の向上や導波路設計指針を明らかにした。本研究の実施により、音響ピンセットや腫瘍を破壊する熱アブレーションへの応用についての有効性を実証することができた。さらに、DPLUSの波動伝搬解析において、バースト波駆動をする場合には、第一反射面における縦波横波モード変換が高效率でおこることを見出し、この知見をもとにして、楕円反射集束機構を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

数10kHz帯に制限されていた強力超音波技術を、MHz帯までに拡張することで、いままでには困難であった応用デバイスへの展開が期待できる。また、キャビテーションやソノルミネッセンスといった物理化学現象においても、MHz帯での局所的な強力超音波を複数モードを重ね合わせて出力することができる振動子は、有益なツールとなるものである。さらに、本研究の実施により、縦波横波モード変換を高效率で行う新型振動子の着想を得ることができたことは、今後の本研究領域に貢献する新型振動子の研究開発につながるものである。

研究成果の概要（英文）：In order to realize powerful ultrasound devices in various research fields, we proposed a ultrasound focusing transducer DPLUS, which utilizes a double-reflecting surface structure to focus longitudinal waves and emit from the tip of a thin rod waveguide. In this study, we clarified and improved the output limitations of DPLUS. The results showed that DPLUS could also be applied to acoustic tweezers and thermal ablation devices. Furthermore, wave propagation analysis of DPLUS burst excitation revealed that longitudinal/transverse mode conversion occurs with high efficiency at the first reflecting surface. Based on this finding, an elliptical reflection focusing mechanism ELIPS was proposed.

研究分野：超音波デバイス

キーワード：強力超音波 超音波集束機構 放物反射面 楕円反射面 熱アブレーション

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

強力超音波技術は、医学、工学、生物学、化学などの様々な分野において利用されている基盤技術である。従来は、このような強力超音波応用の場合、ランジュバン振動子の利用が想定され、数 10kHz での周波数帯となることが常識的であった。しかし、ランジュバン振動子は、圧電セラミックを金属ブロックで予圧負荷を与えるボルト締め構造であるために、必然的にある程度の長さが必要となるために、一般的には 20~30kHz での共振駆動となり、高周波化しても精々 100kHz 程度であった。これが強力超音波研究領域の周波数帯域が制限されていた理由である。また、高次モードによる高周波化も 2~3 つのモードだったために、音響物性特性等の周波数依存性の計測には、長さの異なる非常に多くの振動子が必要とされていた。

これに対して本研究で提案している DPLUS は「対向する二重放物面構造による導波路への強力超音波導入機構 (Double Parabolic refLectors wave-guided high-power Ultrasonic transDucers)」であり、MHz 帯域での強力超音波振動源となるだけでなく、複数の周波数励振ができる。図 1 に DPLUS の第一試作機を示す。この構造により直径 40mm 厚さ 1.1mm の圧電リング素子を励振源として、共振モードを励振することによって、導波路その先端から強力超音波を照射することが可能となる。

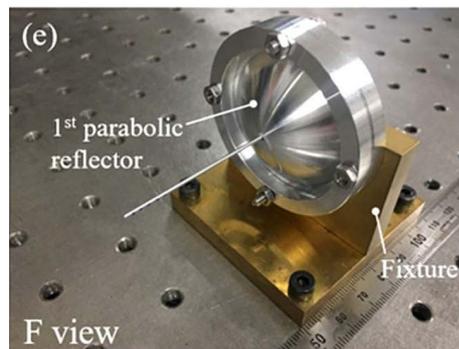


図 1 DPLUS の概観図

2. 研究の目的

本研究の目的は、DPLUS を MHz 高周波帯でのハイパワー出力という未開拓の強力超音波領域創成に不可欠な基盤の振動源としてとらえて、限界振動出力パワーや多数モード励振などを検討し、設計指針を確立すると共に、その応用性について検討することを研究の目的とした。特に、DPLUS の特長である複数周波数が利用できることと、導波路先端で強力超音波を出力することができることに着目して研究を実施することにした。

3. 研究の方法

一般的に、強力超音波デバイスの出力限界は、圧電材料の限界応力によって決定される。DPLUS の場合には、励振源となる圧電リング素材の材質が最も重要となる。そこで、様々な圧電材料を比較検討し、限界振動速度という観点から検討を行った。また導波路材質の伝搬損失の問題やフレキシブルな長い導波路を実現するために、ジュラルミンだけではなく、石英と超弾性材料を DPLUS の導波路材質として検討することとした。最後に、このような検討により製作した DPLUS を応用するためのデバイスとして、音響ピンセットと熱アブレーションについての実証実験をした。

4. 研究成果

様々な圧電材料を利用した DPLUS を試作し、その中でも機械的損失係数 Q 値が 1800 のハード系 PZT (日本特殊陶業 PZT-MT18K) を導入することで、優れた DPLUS の特性が得られることを確認した。具体的には、40 mm 長のジュラルミンの導波路を利用した場合に、1~2MHz の周波数帯域で、空中での 7 m/s の振動振幅と水中での 7MPa という非常に大きい超音波出力を実験的に確認した。このような優れた特性を利用して、音響ピンセットを試作し、イースト菌や酸化チタンのナノ粉末のハンドリングを試み、駆動周波数を制御してモードを変化させることによって、接触・非接触での保持、およびリリースを効果的に行うことを実証することができた。

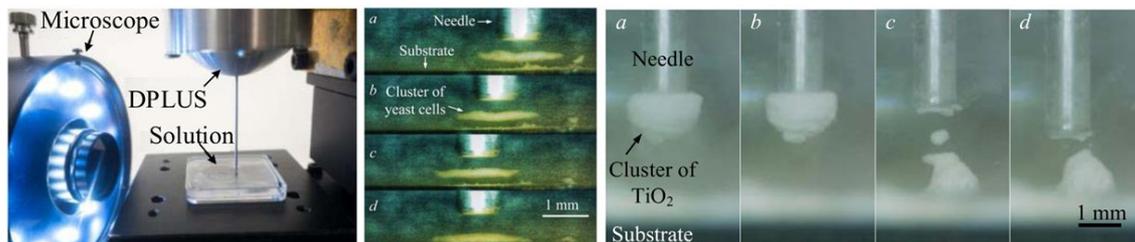


図 2 DPLUS を利用した音響ピンセット

また、フレキシブルな特性を持たせるために、直径 1mm で長さ 1m の超弾性ワイヤ (Ti-Ni) を導波路として採用した。この時、半径 70mm の円柱に巻き付ける形で導波路を屈曲させても、先

端の振動速度は 20% 程度まで減少するだけで、先端からの出力を大きく低減させることなく超音波を伝搬させることができることを確認した。この導波路において、先端に動物性脂肪を 75cc 配置し、30 秒程度の超音波照射によって温度を約 10 度向上させて溶解することができた。

次の応用として、体内の腫瘍を超音波照射による熱アブレーションさせることを目的として、導波路を石英として実験を行った。このとき、先端振動速度は図 3(左)に示すように 2 MHz 以上において 3m/s を実験により確認した。この結果を応用して水中での振動速度に換算して計算すると図 3(右)のようになり、2 m/s の振動振幅が得られる。

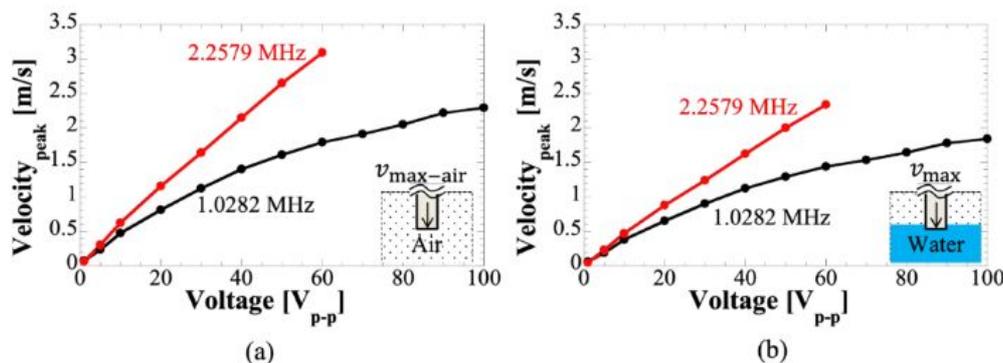


図 3 石英を導波路にしたときの DPLUS 先端振動速度

この振動子を用いて、養鶏肉に超音波を照射して熱アブレーションが実現できることを図 4 のように確認した。超音波照射によるエネルギー入力熱伝搬するモデルを構築し、熱電対で計測した温度上昇に関する実験結果と良く一致することが確認できている。また直径 1mm 以下の局所的な熱アブレーションを実現することができた。この基礎実験は、本研究提案が将来の医用デバイスとして有益であることを示している。

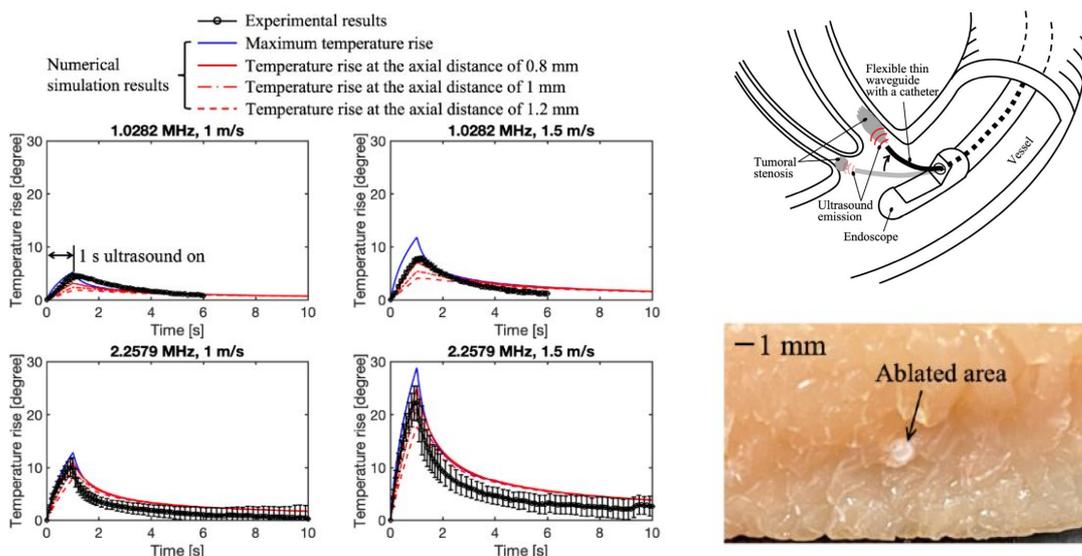


図 4 DPLUS による熱アブレーション実験結果

また、本研究を実施することにより、DPLUS の駆動原理で想定していた縦波集束ではなく、第一反射面において圧電リング素子から導入された縦波が横波変換し、これが底面で反射することによって、導波路に導入するという経路が明らかとなった。従って、共振モードを利用するのではなく、パーストモード駆動するような場合には、この伝搬経路でのエネルギー集束が有益となる。この知見をもとにして、縦波横波モード変換を積極的に利用する強力超音波集束機構を提案した。このようなモード変換を利用する場合には、放物面反射曲面ではなく、楕円面反射としなくてはならない。このような集束機構を ELIPS (ELliptical reflector for hIgh-Power ultraSound) と命名し、圧電単結晶を利用しない弾性表面波の強力超音波励振や導波路への強力超音波出力を実現している。また、このような縦波横波モード変換は固体弾性体での反射において発生するものであることから、水中での反射を利用して縦波反射のみを駆動原理とする Water-DPLUS や Air-DPLUS によって超音波を集束する機構を提案し、次世代の MHz 超音波出力デバイスとして、その有用性を実証することができた。

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 1件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Chen Kang, Irie Takasuke, Iijima Takashi, Miyake Susumu, Morita Takeshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Low-Loss Ultrasound Transmission Through Waveguide From Double Parabolic Reflectors (DPLUS) for Thermal Ablation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 113678 ~ 113689
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2022.3216707	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 Chen Kang, Irie Takasuke, Iijima Takashi, Miyake Susumu, Morita Takeshi	4. 巻 70
2. 論文標題 Optimization of the Thin Waveguide for Double-Parabolic-Reflectors Ultrasonic Transducers (DPLUS) for Thermal Ablation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 553 ~ 564
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TBME.2022.3197213	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 -

1. 著者名 Yamada Kyohei, Chen Kang, Irie Takasuke, Iijima Takashi, Miyake Susumu, Morita Takeshi	4. 巻 43
2. 論文標題 Tube-type double-parabolic-reflector ultrasonic transducer (T-DPLUS)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Acoustical Science and Technology	6. 最初と最後の頁 287 ~ 290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1250/ast.43.287	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 -

1. 著者名 Chen Kang, Irie Takasuke, Iijima Takashi, Kasashima Takashi, Yokoyama Kota, Miyake Susumu, Morita Takeshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Hard-Type Piezoelectric Materials Based Double-Parabolic-Reflectors Ultrasonic Transducer (DPLUS) for High-Power Ultrasound	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 26117 ~ 26126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2022.3156609	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 Chen Kang, Irie Takasuke, Iijima Takashi, Morita Takeshi	4. 巻 68
2. 論文標題 Double-Parabolic-Reflectors Ultrasonic Transducer With Flexible Waveguide for Minimally Invasive Treatment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 2965 ~ 2973
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TBME.2021.3057087	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 -

1. 著者名 Chen Kang, Irie Takasuke, Iijima Takashi, Kasashima Takashi, Yokoyama Kota, Morita Takeshi	4. 巻 60
2. 論文標題 Selection criteria of piezoelectric materials for double-parabolic-reflectors ultrasonic transducers (DPLUS) for high-power ultrasound	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 106504 ~ 106504
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac1fb9	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 -

1. 著者名 Wu Xiaogang, Chen Kang, Hoshijima Yasushi, Hariu Taro, Yamazaki Hiroki, Miyake Susumu, Morita Takeshi	4. 巻 69
2. 論文標題 High-Power Ultrasonic Transducer for Effective Hemolysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control	6. 最初と最後の頁 181 ~ 186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TUFFC.2021.3116977	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 -

1. 著者名 Chen Kang, Irie Takasuke, Iijima Takashi, Kasashima Takashi, Yokoyama Kota, Miyake Susumu, Morita Takeshi	4. 巻 10
2. 論文標題 Hard-Type Piezoelectric Materials Based Double-Parabolic-Reflectors Ultrasonic Transducer (DPLUS) for High-Power Ultrasound	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 26117 ~ 26126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2022.3156609	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 -

1. 著者名 Chen Kang, Irie Takasuke, Iijima Takashi, Morita Takeshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Double-parabolic-reflectors Ultrasonic Transducer with Flexible Waveguide for Minimally Invasive Treatment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TBME.2021.3057087	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 -

1. 著者名 Liu Qingyang, Chen Kang, Hu Junhui, Morita Takeshi	4. 巻 67
2. 論文標題 An Ultrasonic Tweezer With Multiple Manipulation Functions Based on the Double-Parabolic-Reflector Wave-Guided High-Power Ultrasonic Transducer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control	6. 最初と最後の頁 2471~2474
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TUFFC.2020.3014352	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 Chen Kang, Irie Takasuke, Iijima Takashi, Morita Takeshi	4. 巻 67
2. 論文標題 Wideband Multimode Excitation by a Double-Parabolic-Reflector Ultrasonic Transducer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control	6. 最初と最後の頁 1620~1631
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TUFFC.2020.2978234	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 -

1. 著者名 Liu Qingyang, Chen Kang, Hu Junhui, Morita Takeshi	4. 巻 59
2. 論文標題 Double parabolic reflectors wave-guided high-power ultrasonic transducer (DPLUS) based ultrasonic tweezers for micro/nano manipulation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SKKD12~SKKD12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab827e	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27件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 Weiquan Wang, Kyohei Yamada, Zhirui Chen, Marie Tabaru, Takeshi MORITA
2. 発表標題 Air-DPLUS for high power airborne ultrasound
3. 学会等名 IWPMA2022, Web Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kyohei Yamada, Kang Chen, Susumu Miyake, Takeshi Morita
2. 発表標題 Propagation characteristics of traveling waves in T-DPLUS
3. 学会等名 IWPMA2022, Web Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 王唯權, 山田恭平, 田原麻梨江, 森田剛
2. 発表標題 Air-DPLUS for high power airborne ultrasound
3. 学会等名 2022年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 土田大聖, 山田恭平, 陳康, 三宅奏, 伊藤伸介, 笠島崇, 山崎正人, 森田剛
2. 発表標題 音響コアクラッド構造の導波路を用いたDPLUSの解析
3. 学会等名 2023年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 山田恭平, 陳康, 三宅奏, 伊藤伸介, 笠島崇, 山崎正人, 森田剛
2. 発表標題 T-DPLUSの医用応用のためのディスポーザブル導波路の検討
3. 学会等名 2023年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 Kang Chen, Takasuke Irie, Takashi Iijima, Susumu Miyake, Takeshi Morita
2. 発表標題 Optimization of the thin waveguide for double-parabolic-reflectors ultrasonic transducers (DPLUS) for minimally invasive thermal treatments
3. 学会等名 第43回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム, USE2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山田恭平, 王唯權, 陳康, 三宅奏, 森田剛
2. 発表標題 流体媒質を使用した二重反射面集束型振動子 (Fluid-type DPLUS) の研究
3. 学会等名 第43回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム, USE2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山田恭平, 陳康, 三宅奏, 鈴木一成, 森田剛
2. 発表標題 DPLUS によるシリコンウェーハの超音波洗浄
3. 学会等名 2022年度精密工学会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山田恭平, 陳康, 入江喬介, 飯島高志, 三宅奏, 森田剛
2. 発表標題 チューブ型DPLUSにおける超音波伝搬過程の解明
3. 学会等名 超音波研究会, US2022-8
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kyohai Yamada, Kang Chen, Takasuke Irie, Takashi Iijima, Susumu Miyake and Takeshi Morita
2. 発表標題 Fundamental Characteristics of Tube-Type Double-parabolic-reflectors ultrasonic transducer (Tube-Type DPLUS)
3. 学会等名 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kang Chen, Takasuke Irie, Takashi Iijima, Takashi Kasashima, Kota Yokoyama, Susumu Miyake and Takeshi Morita
2. 発表標題 Multimode Excitation by a Double-Parabolic-Reflectors Ultrasonic Transducer (DPLUS) with hard type piezoelectric materials
3. 学会等名 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森田 剛
2. 発表標題 MHz帯の強力超音波振動子DPLUSとその応用展開
3. 学会等名 日本機械学会2021年度 年次大会, 特別行事企画・先端技術フォーラム(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永田雄大, 山田恭平, 星島康, 針生太郎, 山崎浩樹, 三宅奏, 森田剛
2. 発表標題 流路型SPLUSによる圧電材料特性が溶血に及ぼす影響について
3. 学会等名 2022年度精密工学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田恭平, 陳康, 入江喬介, 飯島高志, 三宅奏, 森田剛
2. 発表標題 チューブ型DPLUSにおける進行波の伝搬特性
3. 学会等名 2022年度精密工学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田恭平, 陳康, 入江喬介, 飯島高志, 三宅奏, 森田剛
2. 発表標題 チューブ型DPLUSによる円筒型導波路への高出力超音波の導入
3. 学会等名 第42回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田恭平, 陳康, 入江喬介, 飯島高志, 三宅奏, 森田剛
2. 発表標題 チューブ型DPLUSによる超音波照射の熱的効果の検証
3. 学会等名 2021年度精密工学会秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田恭平, 陳康, 入江喬介, 飯島高志, 三宅奏, 森田剛
2. 発表標題 二重反射面構造による円筒型導波路への強力超音波導入 (チューブ型DPLUS)
3. 学会等名 超音波研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 陳康, 入江喬介, 飯島高志, 笠島崇, 横山広大, 三宅奏, 森田剛
2. 発表標題 Reveal the vibration characteristics of DPLUS: the selection criteria of piezoelectric materials
3. 学会等名 超音波研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kohei Shinoda, Kang Chen, Takasuke Irie, Takashi Iijima and Takeshi Morita
2. 発表標題 Ultrasonic propagation characteristics of Bulk Metallic Glass at sub100-MHz
3. 学会等名 International Workshop on Piezoelectric Materials on Applications (IWPMA 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takeshi Morita and Susumu Miyake
2. 発表標題 Nonlinear transfer matrix model for high-power piezoelectric vibration
3. 学会等名 International Workshop on Piezoelectric Materials on Applications (IWPMA 2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kang Chen, Takasuke Irie, Takashi Iijima and Takeshi Morita
2. 発表標題 Flexible waveguide with Double-Parabolic-reflectors Ultrasonic transducer (DPLUS) for high-power therapeutic ultrasound
3. 学会等名 International Workshop on Piezoelectric Materials on Applications (IWPMA 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田恭平, 陳康, 入江喬介, 飯島高志, 森田剛
2. 発表標題 円筒型導波路への二重反射面型強力超音波集束機構
3. 学会等名 2021年度精密工学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 陳康, 入江喬介, 飯島高志, 笠島崇, 横山広大、森田剛
2. 発表標題 Hard-type piezoelectric materials based DPLUS for high-power ultrasonics
3. 学会等名 2021年度精密工学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吳曉剛, 陳康, 星島康, 針生太郎, 山崎浩樹, 森田剛
2. 発表標題 High-power ultrasonic transducer for effective hemolysis
3. 学会等名 2021年度精密工学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 陳康, 入江喬介, 飯島高志, 森田剛
2. 発表標題 Selection of piezoelectric material for double parabolic reflectors wave-guided ultrasonic transducers
3. 学会等名 2020年度精密工学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 篠田航平, チェン カン, 入江喬介, 飯島高志, 森田剛
2. 発表標題 金属ガラスの超音波頭微鏡用細径導波路への適用の検討
3. 学会等名 2020年度精密工学会秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 陳康, 入江喬介, 飯島高志, 森田剛
2. 発表標題 Double-parabolic-reflectors ultrasonic transducer with long and flexible waveguide for therapeutic ultrasound
3. 学会等名 第41回超音波エレクトロニクスの基礎と応用に関するシンポジウム
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京大学精密工学専攻 超音波デバイス研究室
<https://usdev.t.u-tokyo.ac.jp/index.html>
 新型医療用超音波デバイス(DPLUS)
<http://www.hsd.k.u-tokyo.ac.jp/contents/research.html>

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
---------	---------