

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04086

研究課題名（和文）超高速酸化膜除去手法の開発に向けた真空アーク陰極点の移動制御

研究課題名（英文）Control of Vacuum Arc Cathode Spot Movement for Development of High Speed Removal Method of Oxide Layer

研究代表者

岩尾 徹（IWAO, Toru）

東京都市大学・理工学部・教授

研究者番号：80386359

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：真空アーク陰極点による表面処理技術では、陰極点の不規則な動きの制御ができない問題点がある。本研究は、この制御を行うため、横磁界印加時の陰極点の移動要因を解明し、得られた知見により陰極点の移動制御手法の開発を行うものである。2018年度では、横磁界印加時の母材や酸化膜からの蒸気分布に着目し、陰極表面の分析を行い、磁界の制御装置を開発した。2019年度では、電磁熱シミュレーションによる陰極点の移動要因の検討を行った。2020年度では、超高速酸化膜除去に向けた真空アーク陰極点の移動制御手法の開発を行った。結果として、超高速酸化膜除去手法の開発に向けた陰極点の移動制御手法の開発をすることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年では、産業廃棄物の低減や製品の再利用に向けて様々な取り組みが行われている。特に、真空アーク陰極点による表面処理技術は、高輝度かつ高温である陰極点が母材の表面を高速に移動し、酸化膜を蒸発除去させるとともに、表面に微小な凹凸を形成する技術である。同様の処理手法として、化学溶液による処理やプラスト処理があげられるが、これらの処理では二次廃棄物を出してしまう。このため、近年では真空アーク陰極点による表面処理技術が期待されている。本研究により、真空アーク陰極点の不規則な動きを制御することができる手法を開発することができたため、現代の社会的なニーズである3Rへの応用が可能となる。

研究成果の概要（英文）：The surface treatment technology using the vacuum arc cathode spot has a problem that the random walk of the cathode spot cannot be controlled. In order to control this movement, this research elucidated the factors that cause the cathode spot movement when a transverse magnetic field is applied, and developed a method for controlling the movement of the cathode spot. In 2018, the vapor distribution from the base metal and oxide layer was obtained when a transverse magnetic field was applied. In addition, the cathode surface analyzed, and a magnetic field control device was developed. In 2019, the factors that cause the cathode spot movement was elucidated using the thermal electromagnetic fluid simulation. In 2020, vacuum arc cathode spot movement control method for ultra-high-speed oxide layer removal was elucidated. From the above, a cathode spot movement control method for the development of an ultra-high-speed oxide layer removal method is elucidated.

研究分野：電力・エネルギー分野

キーワード：アーク放電 陰極点 酸化膜除去 画像処理 高速度ビデオカメラ 陰極点挙動 プラズマ 3R

1 . 研究開始当初の背景

近年では、産業廃棄物の低減や製品の再利用に向けて様々な取り組みが行われている。特に、真空アーク陰極点による表面処理技術は、高輝度かつ高温である陰極点が母材の表面を高速に移動し、酸化膜を蒸発除去させるとともに、表面に微小な凹凸を形成する技術である。同様の処理手法として、化学溶液による処理やブラスト処理があげられるが、これらの処理では二次廃棄物を出してしまう。このため、近年では真空アーク陰極点による表面処理技術が期待されている。しかしながら、真空アーク陰極点はランダムウォークと呼ばれる不規則な動きをすることから、処理効率が低下するという課題がある。このため、本研究では超高速酸化膜除去手法の開発に向けて真空アーク陰極点を横磁界により制御することとした。これにより、現代の社会的なニーズである 3R (Reduce , Reuse , Recycle) への応用が可能となる。

2 . 研究の目的

本研究の最終目的は、真空アーク陰極点による超高速酸化膜処理手法の開発に向け、横磁界印加時の陰極点の移動要因を解明し、得られた知見により陰極点の移動制御手法の開発を行うものである。本研究により、二次廃棄物を排出しない酸化膜処理が可能となり、現代の社会的なニーズである 3R への応用が期待できる。

具体的には、パワーエレクトロニクス技術、高速計測技術、画像処理技術、シミュレーション技術を駆逐することで、母材や酸化膜からの蒸気の挙動過程の検討を行う。これにより、陰極点の移動要因の解明、移動モデル理論の確立、並びに、陰極点移動制御手法の開発を行うことで本研究の目的を達成する。これらの目的を達成するために 3 年間の研究のサブテーマを構築した。2018 年度では、横磁界印加時の母材や酸化膜からの蒸気分布に着目し、陰極表面の分析を行い、磁界の制御装置を開発する。2019 年度では、電磁熱流体シミュレーションによる陰極点の移動要因の検討を行う。2020 年度では 2 年分の研究成果を活用し、超高速酸化膜除去に向けた真空アーク陰極点の移動制御手法の開発を行う。以上の年度ごとのサブテーマを遂行することで、最終目的である、超高速酸化膜除去手法の開発に向けた陰極点の移動制御手法の開発を達成する。

3 . 研究の方法

本研究では、真空アーク陰極点による超高速酸化膜処理手法の開発を目的として、実験と計算を行った。本章では実験方法と計算方法を述べる。

実験は、陰極として 30 mm 四方の試験片と円筒陽極を設置し、電極間にアークを発弧させた。ステンレス製チャンパー内に電極と 2 対のヘルムホルツコイルが一体となった装置を封入して実験を行った。2 対のヘルムホルツコイルに電流を流すことで、磁界を発生させ、アークに磁界を印加した。図 1 に使用した実験装置 (上部陰極、下部陽極) を示す。試験片表面は 2.0 μm の酸化膜で様に覆われている。雰囲気ガスは Ar ガスで置換し、100 Pa を維持した。アークの発弧は、 ϕ 0.26 mm のニクロム線で短絡しておき、電流が流れてニクロム線を溶断することで放電が開始する。アーク放電の電流値は安定して陰極点が維持できる最小の値である 10 A に設定した。磁界の印加には自作のヘルムホルツコイルを用い、アークの発生する電極間においてヘルムホルツコイルは界磁電流 1 A で 1 mT の磁束密度を様に印加することができた。ヘルムホルツコイルに流す電流は、自作のインバータを用い、任意の電流波形が出力できるようにした。インバータに信号を送るマイクロコントローラは STMicroelectronics 社製の NUCLEO-L476RG を用い、FPGA は Terasic 社製の DE10-Lite を用いた。図 2 に実際に製作したインバータを示す。陰極点の移動軌跡の撮影は、Photron 社製の Nova S6 type TI-02 を、酸化膜処理後の陰極の撮影には、Panasonic 社製の HC-VX985M を用いた。撮影画像を画像処理することで処理面積を算出した。形状解析レーザー顕微鏡は KEYENCE 社製の VX-100 を用いて陰極表面の凹凸を測定した。

また、計算は、電極とアークを統合した三次元電磁熱流体シミュレーションを用いて解析を行った。計算条件としては、電極と雰囲気ガスの物性値を Cu、雰囲気ガスの初期圧力を 100 Pa とした。計算領域は、各片 10 mm の立方体を用いて、電極間距離は 5 mm で計算を行った。使用した支配方程式は、(1) 雰囲気ガスの質量保存式、(2) 金属蒸気の質量保存式、(3) 運動量保存式、(4) エネルギー保存式、(5) 電流連続の式、(6) オームの法則、(7) マクスウェル・アンペールの式、(8) 状態方程式である。

4 . 研究成果

本研究では、真空アーク陰極点による超高速酸化膜処理手法の開発を目的として、実験と計算を行った。本章では、3 年間の目的達成のために構築した年度ごとのサブテーマの研究成果を(1)~(3)に述べる。また、最後に(4)として、本研究のまとめを述べる。

(1) 横磁界印加時の母材や酸化膜からの蒸気分布の計測と陰極表面の分析

陰極点の移動の妨げとなるドロップレットの再付着の防止と超高速酸化膜除去手法の開発を目的として陰極表面を下向きにした実験装置の開発と、磁界制御装置の開発と、バンドパスフイ

ルタによる金属母材から蒸発した蒸気の動きを観測した。具体的には、まず、陰極を下向きにした結果、陰極表面のドロップレットの付着が防止され、直進性が向上する事が示唆された。ただし、陰極表面は溶けた母材が表面張力により丸くなりながら冷えて固まった結果が得られたことから、この凹凸により陰極点が直進できず分裂の要素の1つになった可能性があることが示唆された(図3,4)。次に、除去面積向上のため、陰極点の動きを任意に制御するためのパルス横磁界の制御装置を開発した。結果として、陰極点の制御が可能となり、除去面積の向上をすることができた。この時、バンドパスフィルタを用いて母材から蒸発した金属蒸気の動きを観測したところ、金属母材から蒸発した蒸気が逆行方向へ傾き、その後、陰極点が移動することが示唆された(図5)。このため、逆行運動を観測することができ、その理由が金属母材から蒸発した重粒子によるものであることを示唆する結果を得ることができた。

(2) 電磁熱流体シミュレーションによる真空アーク陰極点の移動要因の検討

真空アーク陰極点の移動制御手法の開発を目的として、均一横磁界での真空アーク陰極点の移動シミュレーションを行った。結果として、横磁界が印加されることで、イオンと高温ガスが対流により輸送され、陰極点近傍ではイオン電流密度が電子電流密度よりも大きいため、横磁界による電磁力に対して陰極点は逆行運動する結果を得ることができた。また、予備計算として複数陰極点の移動がお互いに及ぼす電磁力と圧力勾配による力との相互作用の解明を試みた。この結果、他方の陰極点を考慮した場合、陰極点が移動した。しかし、他方の陰極点からの磁束密度と同じ大きさの外部横磁界を印加した解析では、陰極点は移動しなかった。このことから、陰極点の移動には圧力勾配による力が寄与していることが示唆された。さらに、高速移動現象を解明するために、複数陰極点林立を模擬し、陰極点を5つ配置した非定常解析を行った。この結果、図6に示すように複数林立陰極点は時間経過に伴い、1つの陰極点直上で高温部が集中し、他の陰極点は消滅する結果となった。これは、横磁界とイオン電流が作る電磁力により高温ガスが輸送され、1つの陰極点直上のイオン導電率が増加し電流が集中したためである。これらの結果から、陰極点近傍のイオンに働く電磁力が移動のトリガーとなり、電磁力による移動方向決定後は圧力勾配による力が駆動力となって陰極点が移動することが明らかとなった。また、簡易的にシース領域を考慮することで、局所熱平衡の計算でも、陰極近傍の詳細な現象を計算できるようになった。

(3) 超高速酸化膜除去に向けた真空アーク陰極点の移動制御手法の開発

上述の2つのサブテーマで得られた知見を活用して、超高速酸化膜除去に向けた酸化膜除去面積の拡大を目的としたパルス横磁界と均一横磁界を併用した真空アーク陰極点の制御を行った。2つの磁界の印加は2対のヘルムホルツコイルと自作のインバータを用いて行った。結果として、陰極点の移動軌跡は、これまでY軸方向(パルス横磁界と垂直な方向)の往復していたものが、X軸方向(均一横磁界と垂直な方向)に広がる移動軌跡となった(図7,8)。この時の界磁電流波形とX軸方向の移動速度を図9、界磁電流波形とY軸方向の移動速度を図10に示す。結果として、X軸方向の移動速度は、Y軸方向の電磁力に寄与するパルス横磁界により多少変化するが、その絶対値はあまり変わらなかった。したがって、陰極点の移動はX軸方向に寄与する均一横磁界にのみで作用すると考えても良いことが示唆された。一方、Y軸方向の移動は、パルス横磁界により生じる電磁力に追従する結果を得た。このため、パルス横磁界の周波数、ヘルムホルツコイルに流す界磁電流(磁界)を変えることで、高効率な酸化膜処理を行うことができることが示唆された。

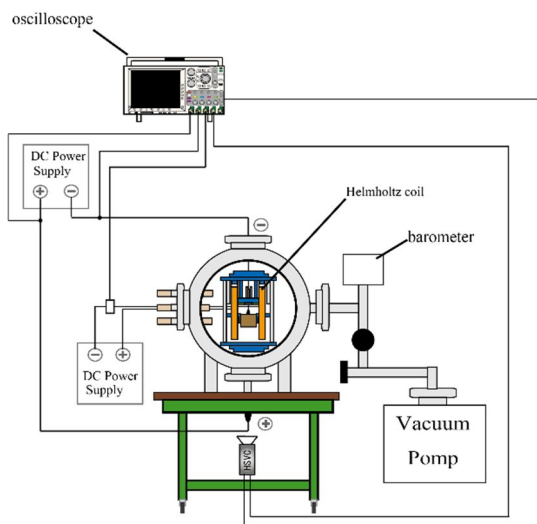


図1 実験装置(下部陽極)

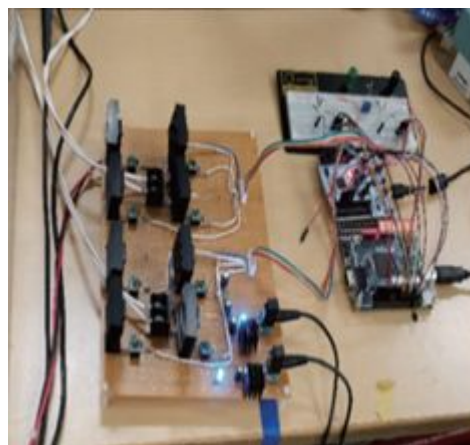


図2 製作したインバータ

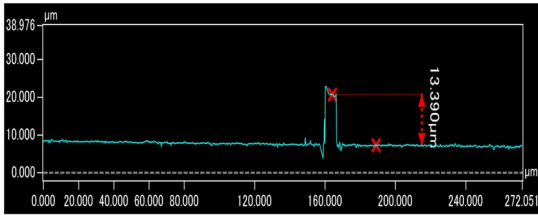
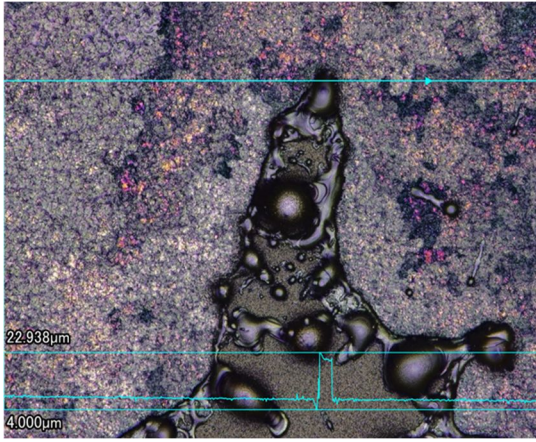


図3 処理後の陰極表面と粗さ

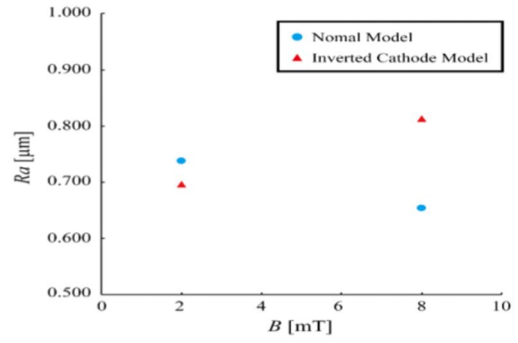


図4 磁束密度変化時の陰極の表面粗さ

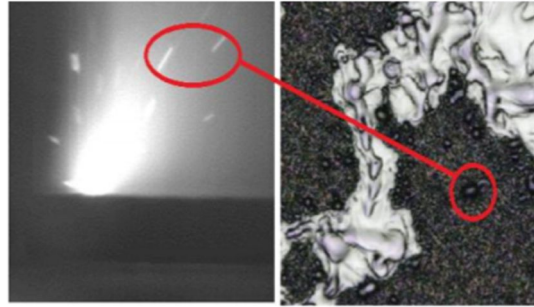


図5 陰極点の逆行

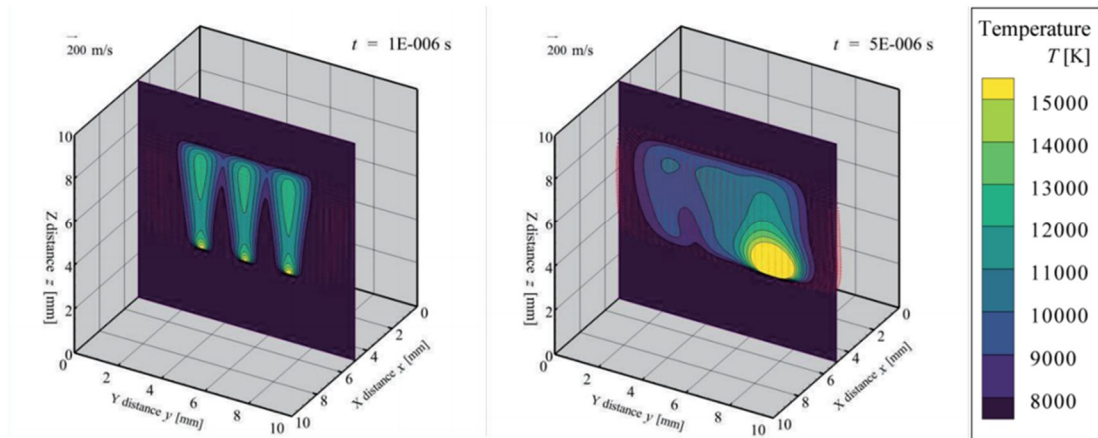


図6 複数陰極点の温度分布

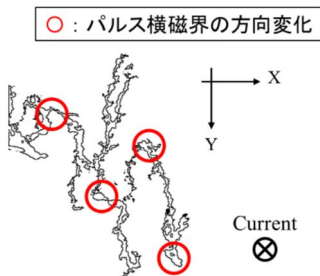


図7 パルス横磁界印加時の陰極点の方向変化



(A) X : 4 ms, Y : 2 ms (55 V) (B) X : 4 ms, Y : 2 ms (70 V) (C) X : 6 ms, Y : 2 ms (70 V)

図8 陰極点の移動軌跡 (4 mT 印加時)

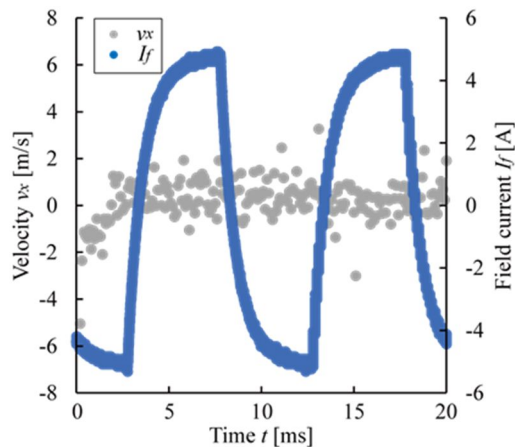


図9 パルス横磁界の界磁電流波形と X 軸方向の移動速度

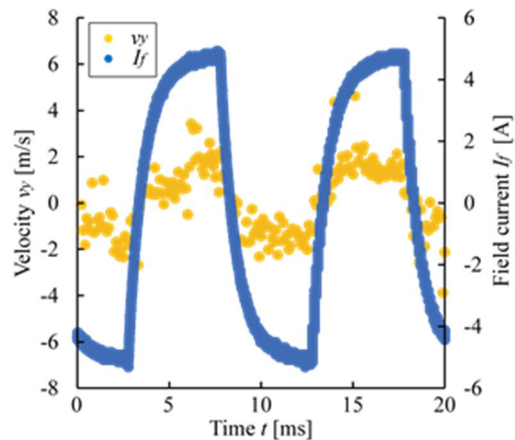


図10 パルス横磁界の界磁電流波形と Y 軸方向の移動速度

(4) まとめ

本研究は、本研究代表者が研究を行い開発した、パワーエレクトロニクス技術、高速計測技術、画像処理技術、シミュレーション技術を活用し、不規則な動きをする真空アーク陰極点の制御により超高速な酸化膜除去手法を開発するものである。本研究により、現代社会で求められている持続可能な社会に向けた3Rへの応用が可能となる。

2018年度では、横磁界印加時の母材や酸化膜からの蒸気分布に着目し、陰極表面の分析を行い、磁界の制御装置を開発した。2019年度では、電磁熱流体シミュレーションによる陰極点の移動要因の検討を行った。2020年度では、超高速酸化膜除去に向けた真空アーク陰極点の移動制御手法の開発を行った。これらの結果から、不規則な動きをする真空アーク陰極点を横磁界により制御をすることが可能となった。具体的には、パワーエレクトロニクス技術や高速計測技術により、移動制御装置の開発や実験を行うことができ、実際に不規則な動きをする真空アーク陰極点を横磁界により制御をすることが可能となった。分光結果より重粒子が移動要因の1つであることを示唆する結果を得ることができ、シミュレーションから特にイオンが移動のトリガー要因となり、陰極点や陽光柱周辺の圧力勾配との相互作用により、移動が生じることを浮き彫りにする結果を得ることができた。以上より、超高速酸化膜除去手法の開発に向けた陰極点の移動制御手法の開発をすることができた。

しかし、真空アーク陰極点による酸化膜処理ではチャンパー内の気圧を下げるのに時間とコストがかかるという課題がある。このため、今後はこれらの知見を活用して、低真空下での高速な酸化膜処理手法の提案を行うことで、実用的な酸化膜除去手法の開発を行う。

<文献>

- R. C. Gustilo, Y. Horiba, T. Kanashiro Tang, Y. Takeda, S. Iwata, Y. Maeda, T. Iwao: "Application of Inverted Cathode Transverse Magnetic Field in Vacuum Arc During Surface Treatments Reusable Metals", International Journal of Engineering & Technology, Vol.7 pp.225-228 (2018)
- Y. Tanaka, T. Fujino and T. Iwao: "Review of Thermal Plasma Simulation Technique" IEEJ Trans Elec Electron Eng, 14: 1582-1594. (2019)
- 山本真司, 岩田総司, 岩尾徹, 江原由泰:「真空アークにおける陰極点の電流密度分布に及ぼすエネルギーバランス」, 電気学会論文誌B, Vol. 139, No. 5, pp. 302-308 (2019)
- 岩田総司, 真栄田義史, 岩尾徹:「真空アークにおける圧力勾配と電磁力が及ぼす陰極点移動の解析」, 平成31年電気学会全国大会講演論文集, 1-125, p. 153 (2019)
- M. Takagi, Y. Nemoto, Y. Suzuki, Z. Ren, Y. Maeda, T. Iwao, R. C. Gustilo: "Three-Dimensional Unsteady Electromagnetic Thermal Fluid Simulation on Movement and Disappearance of Multiple Cathode Spots in Vacuum Arc", 電気学会放電・プラズマ・パルスパワー/静止器/開閉保護合同研究会, EPP-20-78, SA-20-90, SP-20-20, pp. 113-118 (2020)
- 竹田悠莉子, カナシロ タング タケヒデ, 島崎将至, 任振威, 根本雄介, 真栄田義史, 岩尾徹:「真空アーク陰極点の移動制御に向けた磁界印加手法の検討」, 令和2年電気学会電力・エネルギー部門大会 (2020)
- 島崎将至, 河内皓暉, カナシロ タング タケヒデ, 任振威, 根本雄介, 真栄田義史, 鈴木憲史, 岩尾徹:「磁界の方向が180度変化した時における真空アーク陰極点の移動速度」, 令和3年電気学会全国大会講演論文集, 1-091, p.116 (2021)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Ren Zhenwei, Kokubo Shota, Maeda Yoshifumi, Yamamoto Shinji, Iwao Toru	4. 巻 15
2. 論文標題 Three dimensional electromagnetic thermal fluid simulation of re strike phenomenon in magnetically driven arc between parallel electrodes with edges	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 789 ~ 795
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23118	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 Maeda Yoshifumi, Iwao Toru	4. 巻 140
2. 論文標題 Analysis of Flow Velocity Distribution in Arc Affected by Transverse Magnetic Field with Lateral Gas Flow for Elucidation of Arc Deflection	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials	6. 最初と最後の頁 269 ~ 275
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.140.269	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 Kano Ryota, Nemoto Yusuke, Maeda Yoshifumi, Yamamoto Shinji, Iwao Toru	4. 巻 210
2. 論文標題 Arc temperature measurement with microsecond spectroscopic measurement	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electrical Engineering in Japan	6. 最初と最後の頁 29 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/eej.23259	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 Nemoto Yusuke, Iwata Soshi, Maeda Yoshifumi, Iwao Toru	4. 巻 102
2. 論文標題 Analysis of electron and heavy particle velocity distribution under consideration of nonthermal equilibrium arc	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electronics and Communications in Japan	6. 最初と最後の頁 9 ~ 15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ecj.12214	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 Tanaka Yasunori, Fujino Takayasu, Iwao Toru	4. 巻 14
2. 論文標題 Review of Thermal Plasma Simulation Technique	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 1582 ~ 1594
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23040	査読の有無 無
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 Kano Ryota, Nemoto Yusuke, Maeda Yoshifumi, Yamamoto Shinji, Iwao Toru	4. 巻 139
2. 論文標題 Arc Temperature Measurement with Microsecond Spectroscopic Measurement	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Power and Energy	6. 最初と最後の頁 629 ~ 635
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.139.629	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 Nemoto Yusuke, Iwata Soshi, Maeda Yoshifumi, Iwao Toru	4. 巻 139
2. 論文標題 Analysis of Electron and Heavy Particle Velocity Distribution under Consideration of Non-thermal Equilibrium Arc	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Power and Energy	6. 最初と最後の頁 562 ~ 567
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.139.562	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 Yamamoto Shinji, Iwata Soshi, Iwao Toru, Ehara Yoshiyasu	4. 巻 139
2. 論文標題 Energy Balance on Current Density Distribution of Cathode Spot in Vacuum Arc	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Power and Energy	6. 最初と最後の頁 302 ~ 308
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.139.302	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 Maeda Yoshifumi, Iwao Toru	4. 巻 139
2. 論文標題 Contribution of Axial Arc Pressure Gradient Near Cathode on Enthalpy Flow of Arc to Axial Direction with Lateral Gas	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Power and Energy	6. 最初と最後の頁 309 ~ 315
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.139.309	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 Tanaka Tatsuro, Maeda Yoshifumi, Yamamoto Shinji, Iwao Toru	4. 巻 207
2. 論文標題 Contribution of metal vapor mass at periphery part of pulsed arc to electromagnetic force in weld pool	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electrical Engineering in Japan	6. 最初と最後の頁 15 ~ 23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/eej.23199	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 Tanaka Tatsuro, Maeda Yoshifumi, Yamamoto Shinji, Iwao Toru	4. 巻 138
2. 論文標題 Contribution of Metal Vapor Mass at Periphery Part of Pulsed Arc to Electromagnetic Force in Weld Pool	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials	6. 最初と最後の頁 562 ~ 569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejfms.138.562	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 -

〔学会発表〕 計33件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 14件)

1. 発表者名 島崎 将至, 河内 皓暉, カナシロ タング タケヒデ, 任 振威, 根本 雄介, 任 振威, 真栄田 義史, 鈴木 憲史, 岩尾 徹
2. 発表標題 磁界の方向が180度変化した時における真空アーク陰極点の移動速度
3. 学会等名 令和3年電気学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiro Takagi, Yusuke Nemoto, Yuki Suzuki, Zhenwei Ren, Yoshifumi Maeda, Reggie C. Gustilo, Toru Iwao
2. 発表標題 Three-Dimensional Unsteady Electromagnetic Thermal Fluid Simulation on Movement and Disappearance of Multiple Cathode Spots in Vacuum Arc
3. 学会等名 放電・プラズマ・パルスパワー/静止器/開閉保護合同研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshifumi Maeda, Zhenwei Ren, Yusuke Nemoto, Toru Iwao, Reggie C. Gustilo
2. 発表標題 Heat Flux Distribution from Transient Rotated Arc to Anode with Applied Axial Magnetic Field Using Three-Dimensional Electromagnetic Thermal Fluid Simulation
3. 学会等名 放電・プラズマ・パルスパワー/静止器/開閉保護合同研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 島崎 将至, 河内 皓暉, カナシロ タング タケヒデ, 竹田 悠莉子, 根本 雄介, 任 振威, 真栄田 義史, 鈴木 憲史, 岩尾 徹
2. 発表標題 横磁界と交番磁界印加時における真空アーク陰極点の移動軌跡
3. 学会等名 令和2年電気学会基礎・材料・共通部門大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉山 雄紀, 松本 昂樹, 島崎 将至, 根本 雄介, 任 振威, 真栄田 義史, 鈴木 憲史, 岩尾 徹
2. 発表標題 TIGアーク溶接における外部磁界の印加の角度が及ぼす 温度分布の解析
3. 学会等名 令和2年電気学会基礎・材料・共通部門大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Zhenwei Ren, Yusuke Nemoto, Yoshifumi Maeda, Toru Iwao
2. 発表標題 Analysis of Arc Stagnation Phenomenon Caused by Metal Vapor from Electrodes Surface Using Numeral Simulation
3. 学会等名 令和2年電気学会基礎・材料・共通部門大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 真栄田 義史 , 杉山 雄紀, 松本 昂樹, 任 振威, 根本 雄介, 岩尾 徹
2. 発表標題 横風吹付け時における縦磁界の電磁力が及ぼす回転アークの流速分布
3. 学会等名 令和2年電気学会基礎・材料・共通部門大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 竹田 悠莉子, カナシロ タング タケヒデ, 島崎 将至, 任 振威, 根本 雄介, 真栄田 義史, 岩尾 徹
2. 発表標題 真空アーク陰極点の移動制御に向けた磁界印加手法の検討
3. 学会等名 令和2年電気学会電力・エネルギー部門大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Honoka Morishita, Shota Kokubo, Zhenwei Ren, Yusuke Nemoto, Yoshifumi Maeda, Takamasa Hayasaka, Toru Iwao
2. 発表標題 Arc Temperature Distribution with Metal Vapor Affected by Initial Breaking Arc Generation after Melting Bridge Using Three-Dimensional Electromagnetic Thermal Fluid Simulation
3. 学会等名 73rd Annual Gaseous Electronics Virtual Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masahiro Takagi, Yusuke Nemoto, Zhenwei Ren, Yoshifumi Maeda, Toru Iwao
2. 発表標題 Contribution of Ion Distribution to Movement of Cathode Spot Affected by Amount of Metal Vapor in Vacuum Arc
3. 学会等名 73rd Annual Gaseous Electronics Virtual Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yusuke Nemoto, Masahiro Takagi, Yuki Suzuki, Zhenwei Ren, Yoshifumi Maeda, Toru Iwao
2. 発表標題 Conditions for Retrograde Motion of Vacuum Arc Cathode Spot Affected by Initial Pressure
3. 学会等名 73rd Annual Gaseous Electronics Virtual Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Zhenwei Ren, Yusuke Nemoto, Yoshifumi Maeda, Toru Iwao
2. 発表標題 Analysis of Driven Factor of Cathode Spot Initial Movement in Parallel Electrodes by Numerical Simulation
3. 学会等名 73rd Annual Gaseous Electronics Virtual Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Zhenwei Ren, Yusuke Nemoto, Yoshifumi Maeda, Shinji Yamamoto, Gaku Asanuma, Toshiyuki Onchi, Toru Iwao
2. 発表標題 Cathode Spot Velocity after Arc Ignition Affected by Self and External Electromagnetic Force Between Parallel Electrodes Using 3D Numerical Simulation
3. 学会等名 電気学会 放電/開閉保護/高電圧合同研究会(IWHV2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Honoka Morishita, Shota Kokubo, Zhenwei Ren, Yusuke Nemoto, Yoshifumi Maeda, Toru Iwao, Takamasa Hayasaka
2. 発表標題 Development of Three-Dimensional Electromagnetic Thermal Fluid Simulation for Calculation of Metal Vapor Generated by Arc Discharge from Electrodes
3. 学会等名 International Conference On Plasma Sciences (ICOPS2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masahiro Takagi, Yusuke Nemoto, Zhenwei Ren, Yoshifumi Maeda, Toru Iwao
2. 発表標題 Development of 3-D Electromagnetic Thermal Fluid Simulation for Analyzing Movement and Disappearance of Multiple Cathode Spots in Vacuum Arc
3. 学会等名 International Conference On Plasma Sciences (ICOPS2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masashi Shimazaki, Hiroki Kochi, Takehide Kanashiro Tang, Yoshifumi Maeda, Kenji Suzuki, Toru Iwao
2. 発表標題 Movement Speed Variation of Cathode Spot Affected by Magnetic Flux Density Magnitude of Alternating Magnetic Field
3. 学会等名 International Conference On Plasma Sciences (ICOPS2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuki Sugiyama, Koki Matsumoto, Zhenwei Ren, Yusuke Nemoto, Yoshifumi Maeda, Toru Iwao
2. 発表標題 Arc Deflection Length Affected by Diagonal Magnetic Field in 3D Electromagnetic Thermal Fluid Simulation
3. 学会等名 International Conference On Plasma Sciences (ICOPS2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 河内皓暉, カナシロ タング タケヒデ, 竹田悠莉子, 島崎将至, 真栄田義史, 岩尾徹
2. 発表標題 圧力増加時における真空アーク陰極点の移動方向の割合
3. 学会等名 令和2年電気学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高木真宏, 根本雄介, 真栄田義史, 岩尾徹
2. 発表標題 真空アークにおける複数陰極点林立時の温度分布の算出
3. 学会等名 令和2年電気学会全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 河内皓暉, 竹田悠莉子, 島崎将至, カナシロタングタケヒデ, 岩尾徹
2. 発表標題 圧力変化時における陰極点の移動軌跡
3. 学会等名 令和元年放電学会 年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takehide Kanashiro Tang, Masashi Shimazaki, Yuriko Takeda, Hiroki Kochi, Yoshifumi Maeda, Toru Iwao
2. 発表標題 Decrement of Moving Speed of Vacuum Arc Cathode Spot by Distance between Cathode Spots
3. 学会等名 令和元年電気学会 放電・静止器・開閉保護合同研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masashi Shimazaki, Yuriko Takeda, Yoshifumi Maeda, Kenji Suzuki, Toru Iwao
2. 発表標題 Oxide Layer Removal Speed of Vacuum Arc Cathode Spot Applied by Alternating Magnetic Field
3. 学会等名 令和元年電気学会 放電・静止器・開閉保護合同研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takagi, Masahiro; Iwata, Soshi; Yusuke, Nemoto; Maeda, Yoshifumi; Iwao, Toru
2. 発表標題 Electromagnetic Force and Pressure Affected by Changing Interval of Distance Between Multiple Cathode Spots in Vacuum Arc
3. 学会等名 令和元年放電・プラズマ・パルスパワー静止器開閉保護合同研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岩田総司, 真栄田義史, 岩尾徹
2. 発表標題 真空アークにおける圧力勾配と電磁力が及ぼす陰極点移動の解析
3. 学会等名 平成31年電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高木真宏, 根本雄介, 岩田総司, 真栄田義史, 岩尾徹
2. 発表標題 真空アークにおける熱的非平衡を考慮した電子温度と重粒子温度の算出
3. 学会等名 平成31年電気学会全国大会
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Shimazaki, Masashi; Yoshifumi, Maeda; Gustilo, Reggie; Iwao, Toru; Suzuki, Kenji
2 . 発表標題 Movement Track of Cathode Spot Affected by Applying Alternating Magnetic Field
3 . 学会等名 The 71st Annual Gaseous Electronics Conference (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Zama, Yoshiyuki; Maeda, Yoshifumi; Iwao, Toru.
2 . 発表標題 Formation of Arc Anode Spot as Function of Rotate Magnetic Field and Moving Speed of Welding Torch
3 . 学会等名 The 71st Annual Gaseous Electronics Conference (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Takeda, Yuriko; Iwata, Soshi; Maeda, Yoshifumi; Gustilo, Reggie; Suzuki, Kenji; Iwao, Toru
2 . 発表標題 Frequency of Splitting and Moving Direction of Cathode Spot Affected by Transverse Magnetic Field in Vacuum Arc
3 . 学会等名 The 71st Annual Gaseous Electronics Conference (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Reggie Gustilo, Yuki Sugiyama, Yoshifumi Maeda, Kenji Suzuki, Toru Iwao
2 . 発表標題 Improved Arc Deflection Response from Increased Working Frequency of Transverse Rotating Magnetic Field
3 . 学会等名 THE 11th International Workshop on High Voltage Engineering (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Soshi Iwata, Zhenwei Ren, Yusuke Nemoto, Yoshifumi Maeda, Toru Iwao
2. 発表標題 Contribution to Cathode Spot Movement Affected by Electromagnetic Force Acting on Ion Current in Vacuum Arc
3. 学会等名 THE 11th International Workshop on High Voltage Engineering (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本真司, 岩田総司, 真栄田義史, 岩尾徹
2. 発表標題 真空アーク陰極点の移動要因解明に向けた外部磁界印加が及ぼす陰極点分布の解析
3. 学会等名 平成30年 電気学会 電力・エネルギー部門大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩田総司, 山本真司, 根本雄介, 真栄田義史, 岩尾徹
2. 発表標題 真空アークにおける複数の陰極点の自己磁界が及ぼす電子電流とイオン電流に働く電磁力の解析
3. 学会等名 平成30年 電気学会 基礎・材料・共通部門大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本真司, 根本雄介, 真栄田義史, 岩尾徹
2. 発表標題 電子とイオンの電流密度分布が及ぼす真空アーク陰極点の移動のシミュレーション
3. 学会等名 平成30年放電静止器開閉保護合同研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究 分担 者	鈴木 憲史 (Suzuki Kenji) (20638134)	東京都市大学・理工学部・准教授 (32678)	

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