

自己評価報告書

平成23年4月1日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008～2012

課題番号：20246035

研究課題名（和文）摩擦電磁気現象の根源的解明とトライボプラズマ応用技術の開発に関する研究

研究課題名（英文）Fundamental clarification of triboelectromagnetic phenomena and development of triboplasma application technology.

研究代表者

中山 景次（NAKAYAMA KEIJI）

千葉工業大学・附属総合研究所・教授

研究者番号：60344230

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学、設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：トライボロジー、プラズマ、電磁気、光子、電子

1. 研究計画の概要

加工の高度化や機械システムの高性能化・長寿命化を支配するダイナミック表面の動的物理化学現象が未解明なゆえに、この方面の技術革新に大きな障害となってきた。これに対し、最近、研究代表者等により発見されたトライボプラズマを包含する摩擦電磁気現象こそ、このトライボロジー分野における技術革新に真の役割をもつ現象として大きな期待が寄せられている。

本研究においては、この摩擦電磁気学の新学問分野開拓と産業界におけるトライボプラズマに基づく技術革新を目指して、摩擦電磁気発生の根源的解明とトライボプラズマ応用技術の開発研究を行う。研究は、接触面内と接触面外の二つに大きく分けて展開する。接触面内においては、発生期の摩擦帯電電位分布計測術開発を行いつつ、光子放出などの面内電磁気現象を明らかにし、あらゆる摩擦電磁気現象の根本原因である発生期の摩擦帯電の本質を究明する研究を展開する。接触面外の隙間では、トライボプラズマ温度、隙間内電界分布、電子やイオンによる表面攻撃、その攻撃による表面改質などの物理現象の究明を行い、発見したプラズマの周囲への作用を詳細に調べるとともに、応用技術の開発に不可欠な磁場印加や、電気抵抗率可変材料によるプラズマ制御技術開発を行う。さらに耐プラズマ性及びプラズマ機能性トライボマテリアル・固体潤滑剤・油剤を開発するための設計指針を得る。これらを総合して摩擦電磁気学の開拓と産業界の技術革新に向けた応用技術を開発する。

2. 研究の進捗状況

面内電磁気の研究においては、摩擦帯電電位分布計測技術開発を p n 接合型電界発光 (EL) 薄膜の発光強度分布から計測することに決定し、多結晶ダイヤモンド基板上に p 型と n 型ダイヤモンドを接合した 2 層構造の薄膜の作成に挑戦し、これに成功し、さらにこの薄膜からの電界発光スペクトル、発光強度と印加電圧の関係を明らかにした。

面外電磁気の研究においては、絶縁体と伝導体ではプラズマ発生分布が異なり、前者ではリング状に、後者では線状、または点状に発生することを見出した。さらに、トライボプラズマは大気圧から空気圧が低下するにつれてグロー放電からコロナ放電に移行することを明らかにした。油潤滑下においては、トライボプラズマが油中接触点後方に発生する気泡中で気体放電により線状に発生し、隙間距離全体にわたって発生することを明らかにした。

プラズマ制御に関する研究においては、磁場印加によりトライボプラズマが制御できることを明らかとしたとともに、摺動材料の電気伝導度可変の観点からプラズマ制御用ボロンドーピング DLC 膜の曲率をもつ表面への均一コーティングに成功した。さらに、この B ドーピング膜摩擦面の電気化学的マイクロポテンシャル計測に成功した。

また、新機能性潤滑剤の開発では、トライボプラズマ油剤改質シミュレータを設計、構築し、本シミュレータを用いて、潤滑油剤にプラズマを作用させ、プラズマ作用により油剤変質が発生することを確認した。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

部分的には遅れぎみのところもあるが、全体的にみれば順調である。

4. 今後の研究の推進方策

面内電磁気の研究においては、p n 接合 E L 膜を摩擦実験に必要な大きさのディスクへの形成に挑戦し、計測を行って、発生期のポテンシャル分布を明らかにする。

面外電磁気の研究においては材料とプラズマの関係に関するデータをさらに詳細に明らかにするとともに、プラズマ温度に関する基礎データを取得し、面外電磁気の特性を明らかにする。油潤滑下においては、転がり/すべり下におけるトライボプラズマの発生分布、発生特性をすべり率との関係で明らかにする。

プラズマ制御に関する研究では B ドープ DLC 膜によるプラズマ制御技術開発を行う。また、プラズマ機能性潤滑剤の開発では、マイクロプラズマを潤滑剤に作用させ、化学的変質や潤滑特性の変化を調べ、トライボプラズマ機能性潤滑の設計指針を得る。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 10 件)

- ① Keiji Nakayama, “Mechanism of triboplasma in oil”, Tribology Letters, 41 (2011) 345-351 (査読有) .
- ② Keiji Nakayama, “Triboplasma generation and triboluminescence: influence of stationary sliding partner”, Tribology Letters, 37(2010) 215-218 (査読有) .
- ③ Keiji Nakayama, “Microplasma generation in gap of sliding contact through discharging of ambient gas due to triboelectrification”, International. Journal of Plasma environmental Sci. & Technology, 14(2010)148-153 (査読有) .
- ④ F. Fujita, A. Kakimoto, J.H. Kaneko, A. Hayahara, K. Sato, Y. Konno, A. Homma and S. Shikata, “Measurement of charge carrier's transportation in a large size self-standing CVD single crystal diamond film fabricated using lift-off method”, Diamond and Related Materials, 19i (2010) 162-165 (査読有) .
- ⑤ 中山景次, 「油潤滑下のトライボプラズマ—その発生機構と特性—、トライボロジスト、54 (2009) 773-782 (査読有) .

[学会発表] (計 19 件)

- ① Keiji Nakayama, “Effect of magnetic field on triboplasma generation”, Asiatrib 2010, December 7, 2010, Perth.
- ② Y. Kato, U. Umezawa, H. Yamaguchi, T. Teraji and S. Shikata, “Local stress-strain structure at dislocation in CVD diamond observed by Raman peak-shift mapping”, Material Research Society Fall Meeting, November 29, 2010, Boston.
- ③ Hideyuki Watanabe, “Synthesis of nitrogen-doped homoepitaxial single crystal diamond by microwave plasma-assisted chemical vapor deposition”, Artificial atoms in diamond, November 13, 2011, Cambridge.
- ④ Keiji Nakayama, “Characteristics of triboluminescence and triboplasma distribution under conductive and insulating solids sliding against insulating solid”, 13th European Conference on Application of Surface and Interface Analysis (ECASIA'09) , October 21, 2009, Antalya.
- ⑤ Keiji Nakayama, “Triboplasma generation through discharging of gas due to triboelectrification”, September 9, 2010, Gleifswald.

[図書] (計 1 件)

K. Nakayama, Tribology of Diamond-Like Carbon Films: chapter 11 - Triboemission and triboplasma generation with DLC films, Springer, 2008, pp291-310 (査読有) .