

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：13102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K14250

研究課題名(和文)カプセル型マイクロ燃料電池の創製と微小凝集体の自己分散制御

研究課題名(英文) Capsule type micro fuel cell development and self-dispersion control of micro condensed matter

研究代表者

河合 晃 (Kawai, Akira)

長岡技術科学大学・工学研究科・教授

研究者番号：00251851

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、直径が数10～100ミクロンサイズのカプセル型燃料電池を作製し、アルコールやグルコースなど液体燃料環境下において自己発電させることで、工業用微粒子の新規凝集構造や生体内赤血球などの凝集性に効果的な作用を発現させる。電池セル構造を作製し、それを200チップに集積化させて電池としての出力機能性を発現させた。特に、貫通孔構造が高精度に機能できた。微粒子凝集の電池電位制御は、原子間力顕微鏡の帯電電位像の測定により決定した。正負の表面電位が交互に配置することにより、クーロン相互作用を強く働かせた凝集構造を実現した。原著論文2報、国際学会発表2報、国内学会発表2回の成果を創出した。

研究成果の概要(英文)：In this study, a micro fuel-cell in 10 to 100 micro meter diameter is developed. Under an ethanol aqueous solution environment, the fuel-cell can be operated. The micro fuel-cell can be integrated up to 200 cell in 1 cm square size chip. The integrated chip can be operated as a functional fuel-cell such as output voltage and current control. By operating micro charge onto micro particles, relative strong interaction force acts to condense among micro particles. Two original papers and international presentation can be accomplished.

研究分野：電子デバイス・電子機器

キーワード：燃料電池 微細加工 MEMS 電子デバイス 医療システム フォトリソグレイブ イオン導電体 生体発電

1. 研究開始当初の背景

ラテックス微粒子や赤血球などの生体内細胞の凝集分散性は、工業上および医療上で重要な制御因子であり、機能的な制御技術の開発は将来の科学の発展に不可欠である。また、微小固体表面に生じるゼータ電位は、互いのクーロン相互作用を誘発し、その凝集性を支配している。凝集性は表面電位と固体サイズにより決定されるが、その凝集性を人工的に制御するのは容易ではない。一方、生体内でも血栓対策として、帯電緩和技術は有効な手段として注目されている。このような中で、持続発電可能な小型燃料電池の有効性が注目されている。燃料電池の小型化競争も顕著であり、数 100 μm サイズまで試作されている。しかし、発電セルと燃料供給システムを一体化した素子は、未だ報告されていない。単独動作可能なカプセル型燃料電池が切望される理由はここにある。

2. 研究の目的

直径が数 10 ~ 100 ミクロンサイズのカプセル型燃料電池 (μ -FC: micro-fuel cell) を作製し、アルコールやグルコースなど液体燃料環境下において自己発電させることで、工業用微粒子の新規凝集構造や生体内赤血球などの凝集性に効果的な作用を発現させる。この燃料電池素子は、液体内固体表面に生じるゼータ電位に匹敵する数 10mV 程度の電位を常時発生できる。微小固体間のクーロン相互作用により、凝集性、粘性、混合などの特製制御を行い、新規の素材およびシステム創出へと発展する。本研究では、カプセル型燃料電池素子を創出し、従来にない高精度に制御された微粒子凝集素材、センシングシステム、医療応用分野に挑戦するとともに、多くの電子デバイス、バイオ制御、ディスプレイ、光学素子制御等の新規産業分野に技術展開させていく。

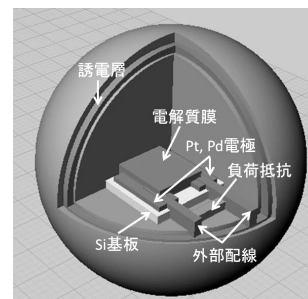
3. 研究の方法

本研究課題は、マイクロカプセル内包の小型燃料電池を作製し、微細粒子や生体細胞などの自己分散制御技術を確立する。平成 28 年度は、クリーンルーム微細加工システムを用いて微細電池セル構造の決定および 200 チップ電池アレイを作製する。また、帯電性による微小固体の凝集性メカニズムを明確にする。平成 29 年度には、内包用微小カプセルを作製し、電池セルを導入することでカプセル型燃料電池素子を完成させる。完成したカプセル型燃料電池を用いて、微粒子凝集構造の人工制御、および生体細胞電位による制御性を確認する。さらには、

医療・センシングへの新規展開を行い、そのシステムの機能性を検証する。本研究課題は、研究分担者と研究協力者と研究体制を構成し、戦略的に、かつ計画的に研究を進め、確実な成果の創出を目指す。

4. 研究成果

直径が数 10 ~ 100 ミクロンサイズのカプセル型燃料電池 (μ -FC: micro-fuel cell) を作製し、アルコールやグルコースなど液体燃料環境下において自己発電させることに成功した。また、工業用微粒子の新規凝集構造や生体内赤血球などの凝集性に効果的な作用を発現させる可能性を見出した。具体的には、微小固体間のクーロン相互作用により、凝集性、粘性、混合などの特製制御を行い、新規の素材およびシステム創出へと発展させることができています。実際には、数 10 ~ 100 μm サイズのカプセル内包型の小型燃料電池を作製し、アルコールやグルコースなど液体燃料環境下において自己発電することで、工業用微粒子や生体内細胞などの凝集抑制に効果的な機能を発揮するシステムの開発へと発展している。作製した 200 チップを集積化させて電池としての出力機能性を発現させている。また、この集積化システムをカプセル単位での正負の電圧制御を行って、カプセル内の電極配置を変更させて機能性を持たせることに成功している。また、微粒子凝集への応用として、正負の表面電位が交互に配置することにより、クーロン相互作用を強く働かせた凝集構造が実現できる。さらに、溶液中に生じるゼータ電位制御のため、純水中の水素イオンおよび炭酸ガス濃度を制御する。作製した電池チップは、アクリル樹脂などを主成分とするカプセル内へ設置する。作製した 200 μm 径のカプセルを完成させている。これらの内包作業は、既存のマイクロピンセットシステムによる高精度制御により実施する。本研究では、原著論文 5 報、図書出版 2 冊、国際学会発表 17 報、国内学会発表 9 回の成果を創出している。



カプセル型燃料電池

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

- (1) Natsumi Yagi and Akira Kawai
"Three-Dimensional Analysis of Liquid Propagation at Microchannel Junction using ESEM" J. Photopolymer Science and Technology, 30(6), 709-714 (2017)
- (2) Katsuaki Yamane and Akira Kawai
"Application to Artificial Skin of Double Cone Tube Made of Acrylic Resin Formed by Micro Stereolithography" J. Photopolymer Science and Technology, 30(3), 345-350 (2017)
- (3) Hiroki Nakano, Kenta Takahashi, Akira Kawai
"Negative pattern formation in positive resist layer by EB / UV hybrid lithography" J. Photopolymer Science and Technology, 29(4), 603-606 (2016)
- (4) Hodaka Shirataki, Akira Kawai
"In-situ Monitoring of TMAH Developer Intrusion into Resist Film by C-V Method" J. Photopolymer Science and Technology, 29(6), 817-822 (2016)
- (5) Natsumi Yagi, Akira Kawai
"Effect of Sub-Pattern on Guiding Liquid Propagation at Microchannel Junction" J. Photopolymer Science and Technology, 29(6), 833-834 (2016)

〔学会発表〕(計17件)

- (1) Katsuaki Yamane and Akira Kawai,
"Fabrication of Double Cone Tube Formed by Micro Stereolithography for Molding of Three-Dimensional Metal Structure", The 6th International GIGAKU Conference in Nagaoka (IGCN 2017), Japan, RD-037 (2017)
- (2) Katsuaki Yamane and Akira Kawai,
"Application to Artificial Skin of Double Cone Tube Made of Acrylic Resin Formed by Micro Stereolithography", The 34th International Conference of Photopolymer Science and Technology (ICPST-34), Makuhari, Chiba, Japan, A-66 (2017)
- (3) Hodaka Shirataki, Akira Kawai,
"Durability of Resist Film in TMAH Developer Analyzed by C-V Method", International Conference of

Science of Technology Innovation 2017 (STI-Gigaku 2017), Nagaoka, Japan, STI-9-91 (2017)

(4) Tomohiro Maruyama, Akira Kawai,
"Formation of Ultra Thin Continuous Resist Film Less Than 10nm", The 5th International GIGAKU Conference in Nagaoka (IGCN 2016), Japan, P-24 (2016)

(5) Katsuaki Yamane, Akira Kawai,
"Biomimetic Fabrication of Gas Storage System in Micro Two Step Cone Tube", The 5th International GIGAKU Conference in Nagaoka (IGCN 2016), Japan, P-23 (2016)

(6) Natsumi Yagi, Akira Kawai,
"Smooth Fluid Flow at Micro Channel/Tube Junction", The 5th International GIGAKU Conference in Nagaoka (IGCN 2016), Japan, P-18 (2016)

(7) Akira Kawai, "Application of Micro Heating System to Plant Vital Control", The 5th International GIGAKU Conference in Nagaoka (IGCN 2016), Japan, P-17 (2016)

(8) Hodaka Shirataki, Akira Kawai,
"Analysis of TMAH Developer Intrusion into Resist Film by C-V Curve of MIS Capacitor", The 5th International GIGAKU Conference in Nagaoka, Japan, P-15 (2016)

(9) Katsuaki Yamane, Tomohiro Maruyama, Yosuke Sakurai, Akira Kawai,
"Development of Micro Cone Shape Tube Utilizing for Gas Trap System", 42nd Micro and Nano Engineering (MNE2016), Vienna, Austria, Thu-C11-223 (2016)

(10) Akira Kawai, Hodaka Shirataki, Hiroki Sasazaki, Shogo Ohtani,
"Dielectric Dispersion Analysis of Resist Materials by Parallel Plate Capacitor Structure", 42nd Micro and Nano Engineering (MNE2016), Vienna, Austria, Thu-C7-211 (2016)

(11) Akira Kawai, Hodaka Shirataki, Natsumi Yagi, Katsuaki Yamane, Tomohiro Maruyama,
"Characterization of Nanoscale Bubble and Polymer Aggregate Adhered on Substrate by using Atomic Force Microscope (AFM) Tip", 42nd Micro and Nano Engineering (MNE2016), Vienna, Austria, Wed-C2-165 (2016)

(12) Tomohiro Maruyama, Katsuaki Yamane, Hiroki Nakano, Akira Kawai, "Characterization of SAN (Self-Assembled Network) Structure Formed in Ultra Thin Film by using AFM (atomic force microscope)", 42nd Micro and Nano Engineering (MNE2016), Vienna, Austria, Wed-C2-164 (2016)

(13) Akira Kawai, Katsuaki Yamane, Masaya Shinozaki, Yosuke Sakurai, "Fuel Cell Operation in Liquid Environment by Gas-Liquid Interface Control System", 42nd Micro and Nano Engineering (MNE2016), Vienna, Austria, Wed-C2-162 (2016)

(14) Natsumi Yagi, Tomotaka Ariga, Hotaka Endo, Akira Kawai, "Bubble Trap Analysis for Smooth Fluid Flowing in Micro Channel / Tube Network", 42nd Micro and Nano Engineering (MNE2016), Vienna, Austria, Wed-C2-161 (2016)

(15) Natsumi Yagi, Yuta Noguchi, Akira Kawai, "Combination of Micro-Heater and Water Channel Device and Its Application to Plant Cell Vital Control", 42nd Micro and Nano Engineering (MNE2016), Vienna, Austria, Wed-C2-160 (2016)

(16) Akira Kawai, Tomohiro Maruyama, Hiroki Nakano, "Negative Pattern Formation in Positive Resist Layer by EB / UV Hybrid Lithography", 42nd Micro and Nano Engineering (MNE2016), Vienna, Austria, Tue-A1-11 (2016)

(17) Hodaka Shirataki, Akira Kawai, "TMAH Developer Intrusion into Resist Film Analyzed by C-V Method of MIS Structure", 42nd Micro and Nano Engineering (MNE2016), Vienna, Austria, C7-1-6 (2016) Hioki N

(18) 岸井裕太、河合 晃：光散乱法による微小バブル／微粒子系のゼータ電位解析、第 77 回応用物理学会秋季学術講演会、14p-P16-8 (2016)

(19) 矢木菜摘、河合 晃：マイクロチャネル／チューブ網における気泡トラップ解析、第 77 回応用物理学会秋季学術講演会、14p-P16-7 (2016)

(20) 河合 晃：マイクロヒータ／チャネルの作製と応用、第 77 回応用物理学会秋季学術講演会、14p-P16-6 (2016)

(21) 河合 晃、丸山智大、中野弘基：電子線照射／UV 露光ハイブリッドリソグラフィによるレジストパターンの形成、第 77 回応用物理学会秋季学術講演会、14p-P16-4 (2016)

(22) 白瀧穂高、河合 晃、大谷翔吾、笹崎大生：リソグラフィ用レジスト材料の誘電分散特性、第 77 回応用物理学会秋季学術講演会、14p-P16-3 (2016)

(23) 丸山智大、中野弘基、河合 晃：スピンコート法によるレジスト膜の自己組織化ネットワーク(SAN)構造の形成、第 77 回応用物理学会秋季学術講演会、14p-P16-2 (2016)

(24) 山根克明、河合 晃：溶存酸素抽出による液中動作型燃料電池の開発、第 77 回応用物理学会秋季学術講演会、14p-P13-8 (2016)

(25) 山根克明、丸山智大、河合 晃：コーン型マイクロチューブ内へのガス捕獲機能、第 77 回応用物理学会秋季学術講演会、13a-D61-5 (2016)

(26) 白瀧穂高、河合 晃：C-V 応答法による MIS 構造内レジスト膜への TMAH 現像液の浸透解析、第 77 回応用物理学会秋季学術講演会、13a-D61-4 (2016)

〔図書〕(計 2 件)

(1) 高分子の残留応力対策, 第 8 章 第 3 節 塗膜の内部応力による欠陥現象とその対策 (P403 ~ 420) 技術情報協会 2017 年 総ページ数 480 ページ ISBN : 978-4-86104-648-3

(2) シランカップリング剤の使いこなしノウハウ集, 第 8 章 第 7 節 レジストにおけるシランカップリング剤処理装置の構成, 最適化と剥離トラブル対策 (P304 ~ 316), 技術情報協会 2016 年 総ページ数 : 384 ページ ISBN : 978-4-86104-610-0

ホームページ等

<http://kawai.nagaokaut.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河合 晃 (KAWAI AKIRA)
長岡技術科学大学・技学研究院・教授
研究者番号 : 00251851

(2) 研究分担者

加藤有行 (KATO ARIYUKI)
長岡技術科学大学・技学研究院・准教授
研究者番号 : 10303190