

自己評価報告書

平成 23 年 4 月 12 日現在

機関番号： 32689

研究種目： 特別推進研究

研究期間： 2008～2012

課題番号： 20002006

研究課題名（和文） 電気化学デバイス工学の確立と深化

研究課題名（英文） Establishment of Electrochemical Device Engineering

研究代表者

逢坂 哲彌 (OSAKA TETSUYA)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号： 20097249

研究分野： 電気化学, デバイス工学

科研費の分科・細目： 材料化学・ 機能材料・ デバイス

キーワード： 電気化学, ナノ界面制御, 先端機能デバイス, 電池, バイオセンサ, 磁性

1. 研究計画の概要

本研究は、固液界面反応制御による材料創製理念である「電気化学ナノテクノロジー」を深化させ、機能発現のための微細構造設計と界面反応場創製に基づく材料およびデバイス構築手法の確立を目標とする。

固液界面における電子移動や物質移動を伴う電気化学デバイスでは界面構造設計がデバイス特性に大きく寄与するが、本研究では、電気化学ナノテクノロジーによる原子や分子スケールからの界面設計に加え、界面がおかれる空間的配置の重要性を提起し、三次元、二次元、そして0次元という階層における界面設計ならびに、それら次元間の接続によって、実用化に繋がる材料の創製とデバイス開発の展開する。本研究の結実によって、高機能ナノ組織構造を基盤とする種々の機能デバイス形成に普遍的に適用可能な学問領域の確立への貢献が期待できる。

それぞれの階層における界面の役割を検討するために、本研究で選択した実用ターゲットを以下に示す。

(1) 【三次元界面】 界面反応制御による二次電池・燃料電池のエネルギーデバイス用材料の開発と高効率構造形成プロセスの設計

(2) 【二次元界面】 界面電気化学現象を利用した電界効果トランジスタ (FET) を基幹デバイスとしたバイオセンサデバイスの作製

(3) 【0次元界面】 ゼロ次元のドットと見なせるナノ粒子表面の電気化学特性制御による磁気記録デバイス・医療応用の高性能化の試み

本研究の推進は、主となる電気化学分野研究者の他、触媒化学、固体物理、半導体工学、

微細加工、免疫学、細胞生物学、医療に係る研究者の参画により実施され、多角的検証とフィードバックによって電気化学デバイス工学を築く環境を整備している。

2. 研究の進捗状況

次元ごとの進捗を示す。

(1) 【三次元界面】

① 高容量長寿命リチウム電池の負極：メソポーラス Sn 負極の開発に成功した。界面活性剤のミセルが形成するメソスケールの異相界面を電気化学プロセスに導入し、体積変化による負極自己破壊を大幅に抑制した。また分子スケールで二相に分離したジブロッコポリマーとイオン液体からなる熱安定性に優れたゲル電解質の開発に成功した。

② オンチップかつフレキシブル燃料電池：可とう性に優れたシクロオレフィンポリマーを基板とするマイクロ燃料電池の開発に成功した。本燃料電池は自吸式無隔膜で酸素を取り入れ、エタノール単独での動作を確認している。

(2) 【二次元界面】

① タンパク質検出のための FET バイオセンサ：認識部となる FET ゲート上に単分子膜を介して固定した抗体について、その二次元配列制御と安定性付与に有効な処理法を開発し、対象とするタンパク質、特に腫瘍マーカーの FET による検出を実証した。

② 単分子膜を利用したキラルセンサ：検出対象分子とホモシステイン単分子膜との銅錯体形成に伴う表面電荷の変化を利用し、対象分子の鏡像体の差異を検出する FET 型キラルセンサを開発した。また、酸化インジウムスズ (ITO) 電極上に固定したタンパク質のキラル認識能を利用したキラルセンサの開発

から、特定の表面修飾を行った ITO 電極が、ある種の分子に特異的な電位応答を示すことを見いだしている。

(3) 【0次元界面】

① 次世代の磁気記録媒体：FePt ナノ粒子/SiO₂基板間を化学結合可能な有機シラン分子の導入および、物理的グリッドを基板表面に設けることで、ナノ粒子が均一配列したナノドットパターンへの成膜に成功し、ビットパターンメディアとしての可能性を示した。

② ナノ粒子を用いた先端医療技術：Fe₃O₄ 磁性ナノ粒子/溶液界面の設計から、がん細胞に高効率で取り込まれる条件を確認し、また、交流磁場印加時の発熱特性の検証に基づき温熱療法へ展開を推進している。

3. 現在までの達成度

① 当初の計画以上に進展している。研究分担者間および連携研究者と有機的に連携し研究を進めることで、三次元、二次元、0次元というそれぞれの階層における界面の役割を明示しつつ、応用ターゲットの高機能・高性能化を果たしている。特許出願の他、多くの講演・論文を通じた国内外への学術成果の公表および交流、そして年2回発行のリーフレットを通じた研究成果の社会発信を行うことで、電気化学デバイス工学を構築しつつある。

4. 今後の研究の推進方策

当初の研究計画を推し進めるとともに、各次元間の界面の役割の接続を強めることで、電気化学系での新機能材料創製からデバイス構築手法までの体系化した学問領域を築く方策にある。

5. 代表的な研究成果

[雑誌論文] (計 61 件)

(H20) 11 報, (H21) 26 報, (H22) 24 報

- ① S. Hideshima, R. Sato, S. Kuroiwa, T. Osaka, “Fabrication of stable antibody-modified field effect transistors using electrical activation of Schiff base cross-linkages for tumor marker detection”, *Biosens. Bioelectron.*, **26**, 2419-2425 (2011).
- ② T. Osaka, T. Nakanishi, S. Shanmugam, S. Takahama, H. Zhang, “Effect of surface charge of magnetite nanoparticles on their internalization into breast cancer and umbilical vein endothelial cells”, *Colloids Surf. B*, **71**, 325-330 (2009). 査読有
- ③ S. Tominaka, S. Ohta, H. Obata, T. Momma, T. Osaka, “On-Chip Fuel Cell: Micro

Direct Methanol Fuel Cell of an Air-Breathing, Membraneless, and Monolithic Design”, *J. Am. Chem. Soc.*, **130**, 10456-10457 (2008). 査読有

[学会発表] (計 274 件)

(H20) 79 件, (H21) 93 件, (H22) 102 件
内 基調講演・招待講演 70 件

- ① T. Osaka, T. Momma, H. Nara, 5th Asian Conf. Electrochemical Power Source (ACEPS-5), “Development of LIB and Its New Role in Future Society (Keynote)”, Sept. 22, 2010, Singapore.
- ② S. Shoji, IEEE Inter. Conf. Nano / Molecular Medicine and Engineering 2009 (NANOMED-2009), “MEMS Based Cell Function Analysis Micro Fluidic Devices and Systems (Invited)”, Oct. 20, 2009, Taiwan.
- ③ T. Osaka, “New Developments in Electrochemical Nano-Technology (Plenary)”, Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-state Science 2008 (PRIME 2008), Oct. 13, 2008, Honolulu, Hawaii.

[図書] (計 21 件)

(H20) 1 冊, (H21) 10 冊, (H23) 10 冊
内 和書 8 冊 洋書 13 冊

- ① 松田好晴, 逢坂哲彌, 佐藤祐一 (編集代表), 丸善, 「キャパシタ便覧」, (2008). 498 ページ

[産業財産権]

○出願状況 (計 11 件)

(H20) 1 件, (H21) 2 件, (H22) 8 件

名称：リチウム二次電池用活物質、リチウム二次電池用負極、およびリチウム二次電池
発明者：逢坂哲彌, 門間聰之, 横島時彦, 奈良洋希

権利者：早稲田大学

種類：特許

番号：特願 2010-232941

取得年月日：22 年 10 月 15 日

国内外の別：国内

[その他]

- ① 研究室ホームページ:

<http://www.ec.appchem.waseda.ac.jp/INDEXJ.HTM>

- ② 代表研究者の大学データベース:

https://www.wnp7.waseda.jp/Rdb/app/ip/ipi0211.html?lang_kbn=0&kensaku_no=1077

- ③ 特推研究紹介リーフレット：1 号～5 号
(関連領域の国内外研究者らに配布)