

研究種目：学術創成研究費

研究期間：2006～2010

課題番号：18GS0203

研究課題名（和文） ナノエネルギーシステム創生の研究

研究課題名（英文） Research of a nano-energy system creation

研究代表者

桑野 博喜 (KUWANO HIROKI)

東北大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：50361118

研究分野：マイクロエネルギー

科研費の分科・細目：ナノ・マイクロ科学・マイクロ・ナノデバイス A

キーワード：エネルギー、マイクロ発電、バイオ発電、燃料電池、MEMS・NEMS

1. 研究計画の概要

医療分野における生体センサや生体内治療などの医療用マイクロデバイスや情報通信分野におけるユビキタスネットワークシステムには、超分散発電システムが必須である。材料技術、マイクロ・ナノマシニング技術、システム構成、評価技術の各観点から研究開発を行い、(1) 圧電、静電誘導、温度差などを用いて周辺環境のエネルギーを変換して発電するマイクロ発電システムの開発、(2) 体液や糖분을燃料とする酵素触媒によるグルコース燃料電池および、水素、メタノールなどを燃料とするマイクロ燃料電池の開発、(3) 新しい原理の高出力マイクロエネルギー源の探索、を行う

2. 研究の進捗状況

(1) 周辺環境のエネルギーを変換して発電を行うマイクロ発電システムについては、圧電、静電誘導、温度差などについていずれもその薄膜化法、マイクロマシニング法などを確立した後、自立エレクトレット、三次元構造振動体など新しいデバイス構造の考案し、マイクロ発電システムの試作を行った。新しい構造化で従来構造の7倍程度の高出力化を達成した。また、これまで、マイクロ発電特性の評価が世界的に共通化されていなかったので本研究により標準的評価法として提案し、その妥当性を実証した。さらに、微小振動体の長寿命化を目指し、高靱性が期待できる金属ガラスを用いたマイクロ構造の研究を着手した。

(2) ビタミン K3 / ジアフォラーゼ / グルコースデヒドロゲナーゼからなるグルコース酸化極と BOD 修飾カソードと組み合わせた

バイオ燃料電池の駆動を実現した。微細加工技術を用いたセルの小型化とモジュール化を進め、マイクロ流路型小型燃料電池における流路形状や電極配置に関する最適化や、マイクロ蓮の葉構造を考案・適用したことにより、自立的な直列化が可能となり、出力電圧の向上を達成した。血清や血液を用いたモデル発電実験を行い、生分解性高分子を用いた時差式発電による長寿命化に着手した。

断熱マイクロ燃料改質リアクタの自己支持膜上に、局所的に触媒を形成する方法として、自己支持膜上マイクロヒータを用いた局所 CVD 技術を開発し、さらにマイクロ燃料改質リアクタの真空断熱パッケージング開発により、熱効率を 80～90%に向上させることに成功した。水素貯蔵合金として AlH_3 では、Al 系錯体水素化物類似の共有結合形成を発見。LiBH₄ では、結晶構造変化によりリチウム超イオン伝導の発現を発見した。390K 以上でのみ高イオン伝導特性を示す結晶構造が安定であるとの通説に対し、LiBH₄ を部分置換するリチウムヨウ化物 (LiI) の添加量を増加させることで、この結晶構造が室温でも安定化することを実験的に示すことに成功した。また、マイクロ固体酸化燃料電池 (SOFC) に用いる固体酸化物電解質を選択し、パルスレーザーデポジション (PLD) によって Gd ドープ CeO₂ (GDS) の堆積条件を見出し、得られた膜が比較的低温で高出力を得るに十分な性能を有していることを明らかにした。

(3) 新しい高出力マイクロエネルギー源としてマイクロデトネーションを提案し、AgN₃ を微小爆発材料として選定した微小爆轟実験により、原理的に可能であることを明らかにした。

3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。

(理由)

新しい材料、特性の発見、新しいデバイス構造の提案などにより、当初の計画以上の研究達成度と考える。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 周辺環境のエネルギーを変換するマイクロ発電デバイスについては、提案している「アクティブ発電」などの高出力化に取り組むとともに、整流回路、蓄電デバイスの開発を行い、発電デバイス近傍に集積化して作りこむ技術を開発する。

(2) バイオ燃料電池につき酵素電極の低血栓性材料被覆などによる長期間発電可能なバイオ電池の開発に取り組む。さらにバイオ燃料電池の小型化、多機能化に不可欠な微細構造形成のための加工技術、工程を確立し、集積化のための検討を開始する。

(3) 水素を用いる携帯型燃料電池に関して、さらに高出力化を目指し、表面積の広い3次元構造を有する電解質膜をねらい、作製法の開発および最適デバイス構造の検討を行う。見出したLiBH₄系固体酸化物イオン伝導膜の最適設計、微細加工技術の開発、および評価を実施する。

(4) マイクロ爆轟デバイス構成の最適化、最適材料、爆轟特性を検討し、デバイス試作を行う。マイクロ発電デバイスに共通的な構造材料薄膜として高靱性金属ガラスの薄膜化の検討を行う。

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51件)

① M. Togo, A. Takamura, T. Asai, H. Kaji, and M. Nishizawa, Structural Studies of Enzyme-Based Microfluidic Biofuel Cells, J. Power Sources, 178, 53-58, 2008. 査読有.

② H. Okamoto, T. Onuki, and H. Kuwano, Improving an electret transducer by fully utilizing the implanted charge, Applied Physics Letters, 93, 1-3, 2008. 査読有.

③ M. Togo, A. Takamura, T. Asai, and M. Nishizawa, An enzyme-based microfluidic biofuel cell using vitamin K3-mediated glucos, Electrochem. Acta., 52 4669-4674, 2007. 査読有.

④ M. Matsuo, Y. Nakamori, S. Orimo, H. Maekawa, and H. Takamura, Lithium superionic conduction in lithium borohydride accompanied by structural transition, Applied Physics Letters, 91,

2241 03-1-3, 2007. 査読有.

[学会発表] (計36件)

[図書] (計2件)

① 桑野博喜監修、MEMS/NEMS工学全集、テクノシステム社、2009年4月22日発刊.

[産業財産権]

○出願状況 (計9件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

○アウトリーチ (計9件)

○新聞報道 (計4件)

○ホームページ

<http://www.nanosys.mech.tohoku.ac.jp/news/index.html>