

マイクロ燃料電池の作製

—マイクロアレイ型燃料電池の開発—

資源生活技術部 電気化学チーム 国松昌幸
伊藤健
祖父江和治
川口明廣

高性能な小型燃料電池の開発のためには、半導体作製技術などの微細加工技術の応用が必要と考えられている。しかし、使用できる材料に限りがあることなどから、実用レベルの燃料電池開発には至っていない。本研究では、電極面積 0.2 mm^2 のマイクロ燃料電池を基板上に13個直列配置したマイクロアレイ型燃料電池を開発した。

キーワード：燃料電池，微細加工，マイクロ化

1 はじめに

携帯電話やノートパソコンなどの高機能化にともなって、バッテリーの高容量化の必要性が高まっている。しかし、現在おもに使用されているリチウムイオン二次電池は高出力な優れたバッテリーであるが、原理的な性能の限界が近づいており、大幅な高容量化は見込めない段階に来ている。

メタノール燃料電池は、原理的にリチウムイオン電池の5～10倍という高いエネルギー容量が得られることから、次世代の電池として期待されている¹⁾。また、充電は燃料を補給することで完了することから、連続して電力を得ることができ利便性も非常に高い。

しかし、燃料電池の実用化までには、高出力化、低コスト化などの課題が残っている。中でもメタノールが電解質を透過して（クロスオーバー）空気極で反応してしまう問題は、高出力化の妨げになるだけでなく、エネルギー容量も低下させてしまうため、実用化の大きな妨げとなっている。最近では、メタノール透過の少ない電解質膜の開発が盛んであり、成果も上がっている。一方、常温付近でメタノールの酸化反応を進めるために、白金系の貴金属触媒を大量に使用しているのが現状である。低コスト化のためには、少ない白金量で高出力が得られる電極の開発、将来的には白金を使用しない電極触媒の開発が必要とされている。これらの課題を解決するために半導体作製技術などの微細加工技術を応用した燃料電池開発も検討されている。

本研究では、燃料電池の小型化・高性能化を目指し、前報で報告したマイクロ燃料電池²⁾を基板上に13個直列接続したマイクロアレイ型燃料電池を作製した。そして、出力性能を評価するとともに、その実用性を検討した。

2 作製

マイクロアレイ型燃料電池を以下の方法で作製した。厚さ1mmのポリサルフォン基板に $\phi 0.5\text{ mm}$ のドリルを使って、電池を埋め込むための穴として13個、リード線を通すための穴を12個、すなわち縦5列・横5列の合計25個の穴を開ける。なお、電池用の穴とリード線用の穴は、交互に配置されている。電池用の穴に20 wt%ナフィオン[®]溶液を注入して乾燥させた後、 135°C で10分間熱処理を行って電解質膜を形成する。そして、この電解質膜の片側に燃料極触媒(Pt-Ru black)を塗布し、もう一方側に空気極触媒(Pt black)を塗布する。そして、乾燥後 135°C 、1分の条件で熱圧着を行う。次に、電池どうしを電気的に接続するため、真空蒸着法によりメタルマスクを用いて金薄膜をパターンニングする。最後にリード線用の穴に金線を通して燃料極側と空気極側に銀ペーストを用いて接着する。これにより図1のように燃料電池どうしを直列に接続することができる。図2に作製したマイクロアレイ型燃料電池の写真を示す。

作製したマイクロアレイ型燃料電池に、単セルあたり $1\ \mu\text{L}$ の5 wt%メタノール水溶液を滴下して、ポテンシオスタットを用いて電流-電圧特性を測定した。

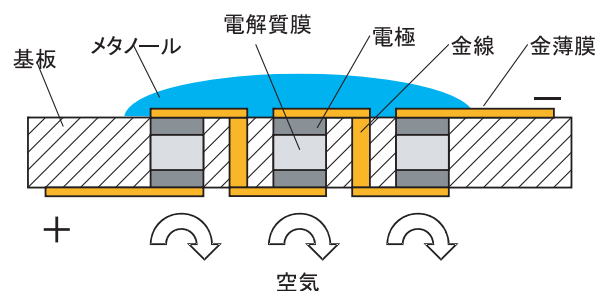


図1 マイクロアレイ型燃料電池の模式図

3 結果および考察

図3に直径0.5 mmのマイクロ燃料電池が13個直列に接続されたマイクロアレイ型燃料電池の出力特性を示す。燃料メタノール濃度は5 wt%，室温の条件で起電力4.5 V，出力17 μ Wが得られた。なお、マイクロ燃料電池1つあたりの電極面積は0.2 mm²であり、出力密度は1.2 mW/cm²であった。これは数cm²サイズの燃料電池と比較して出力密度は1/10程度ではあるものの、13個直列接続されているので高い電圧を得ることができる。

一般的に燃料電池から得られる電流は電極面積に比例し、電圧は積層数に比例する。通常は積層数を増やすよりも電極面積を大きくするほうが製作が容易であるので、燃料電池は低電圧・高電流な電源になりやすい。しかし、電流が増大するほど電圧降下が大きくなるので、電源の質という意味では好ましくない。したがって、マイクロアレイ型燃料電池のように電極面積の増大よりも積層数の増加を優先して、高電圧・低電流な電池を設計したほうが効率的である。

また、ある程度電圧が高くないと動作しないデバイスも多く、燃料電池とDC-DCコンバーターを組み合わせる昇圧する場合が多い。発光ダイオード(LED)を点灯させるためには2V以上の電圧が必要であるため、1個の燃料電池(単セル)だけでは点灯させることはできない。マイクロアレイ型燃料電池では、燃料電池を小型のまま積層させることが容易であるので、図4に示すようにDC-DCコンバーターを用いることなくLEDを点灯できることを確認した。その他、マイクロアレイ型燃料電池の用途としては、 piezoelectric素子などのマイクロアクチュエーターやマイクロマシンなどの電源が考えられる。

以上のことから、マイクロアレイ型燃料電池は、電池を細分化したことによって、設計の自由度が非常に高くなったと言える。つまり、電池どうしを直列に接続すれば電圧を高くでき、並列に接続すれば電流を増大させることができるので、用途に合わせて出力特性を自由に設計することが可能である。今後は1セルあたりの出力密度の向上に加えて、更なる微細化を検討する。図5に現在作製中のガラス基板のフォトエッチングを用いたマイクロアレイ型燃料電池の写真を示す。この方法は、1工程で複数のマイクロ電池を作製できる特徴がある。

文献

- 1) 安田和明 ; *Electrochemistry*, **70**, 630-634 (2002).
- 2) 国松昌幸, 伊藤 健, 祖父江和治, 川口明廣 ; 神奈川県産業技術総合研究所研究報告, **10**, 86 (2004).

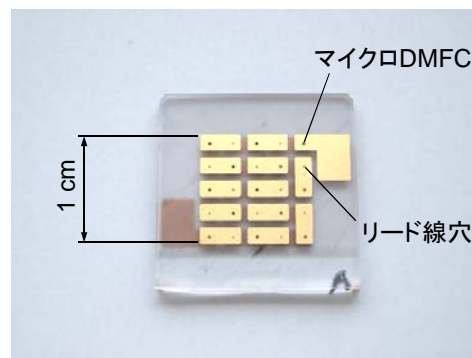


図2 マイクロアレイ型燃料電池の写真

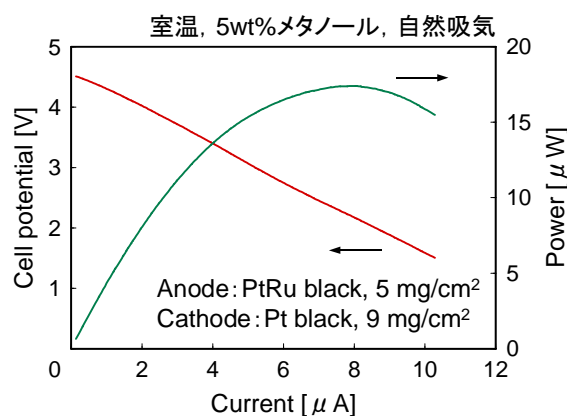


図3 マイクロアレイ型燃料電池の出力特性

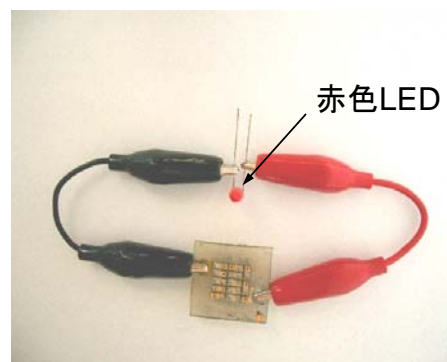


図4 LEDの点灯の様子

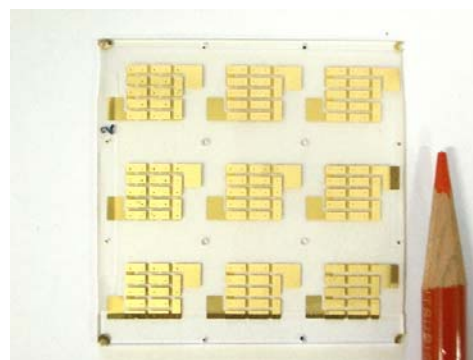


図5 ガラス基板に作製したマイクロアレイ型燃料電池