

# フレキシブル基板を用いた マイクロアレイ型直接メタノール燃料電池 (DMFC) の作製

資源・生活技術部 環境エネルギーチーム

国松 昌幸  
伊藤 健  
祖父江 和治  
高橋 亮  
高見 和清  
川口 明廣

高性能な小型燃料電池の開発のために、半導体作製技術などの微細加工技術の応用が検討されている。当センターでは、基板材料に細孔を形成して電解質を充填する方法により、電極面積 $0.2\text{ mm}^2$ のマイクロ燃料電池を複数構成したマイクロアレイ型燃料電池の開発を進めてきた。本研究では、 $0.4\text{ mm}$ の樹脂基板上にマイクロDMFCを10個直列に配置して、フレキシブルな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

メタノールは、高いエネルギー密度を持っており、これを利用した直接メタノール燃料電池 (DMFC) は、リチウム電池の数倍のエネルギー容量が得られる可能性があることから、実用化が大いに期待されている<sup>1), 2)</sup>。しかし、現状ではメタノールクロスオーバーの問題などがあり、実用化には至っていない。それでもDMFCは、二次電池のような充電操作の必要が無く、メタノールを補給することで発電が継続できる利便性を持っているため、用途によっては実用化が目前に迫っている。

燃料電池本体の小型化は十分には達成されておらず、各社電池の性能向上や構成方法の検討、周辺機器や補機類の開発を行っている。そして、燃料電池を小型化するために半導体作製技術などの微細加工技術の応用が検討されており、ウエハー上に燃料電池を作製する方法も報告されている<sup>3)~5)</sup>。しかし、微細加工で使用できる材料には限りがあり、高性能なマイクロ燃料電池の作製は困難である。

神奈川県産業技術センターでは、微細加工技術を応用した燃料電池の研究開発に着手しており、燃料電池の小型化、高性能化を目指している。そして、基板の細孔内部に膜電極接合体 (MEA) を形成するマイクロアレイ型DMFC<sup>6)~9)</sup>を開発した。しかし、更なる小型化、高性能化のためには、基板の薄型化が必要であった。そこで、ガラス基板の代わりに樹脂基板を用いることで、マイクロアレイ型DMFCを薄型化してフレキシブル化を行い、用途の拡大を図った。

## 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 $0.4\text{ mm}$ のポリサルフォン基板に電池を埋め込むための穴として、 $0.5\text{ mm}$ のドリルを使って2列 $\times$ 5個の合計10個の穴を開ける。この穴に20 wt% ナフィオン<sup>®</sup>溶液 (和光純薬製 DE2020) を注入して乾燥させた後、 $135\text{ }^\circ\text{C}$ で30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としてPt-Ru black触媒 (Johnson Matthey 製 HiSPEC<sup>™</sup> 6000) を塗布し、もう一方側に空気極触媒としてPt black触媒 (Johnson Matthey 製 HiSPEC<sup>™</sup> 1000) を塗布する。そして、乾燥後 $135\text{ }^\circ\text{C}$ 、1分の条件で熱圧着を行う。次に、それぞれのマイクロ燃料電池を直列に接続するため、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ニングする。図1に作製したマイクロアレイ型燃料電池の概観図を示す。

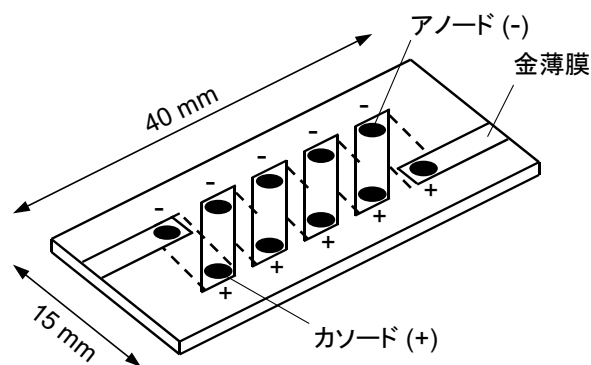


図1 マイクロアレイ型燃料電池の模式図

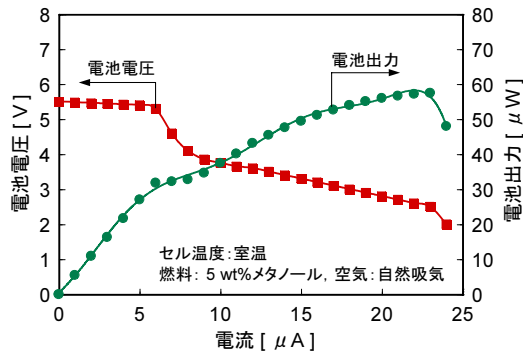


図2 フレキシブルマイクロアレイ型 DMFC の出力性能

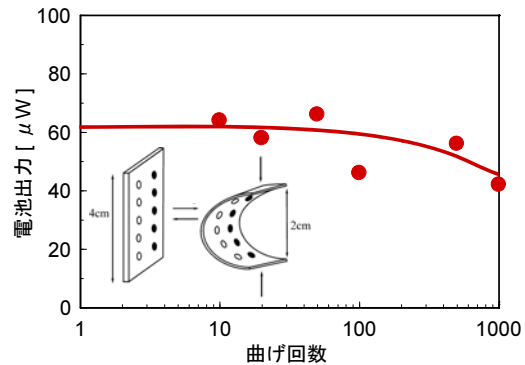


図4 繰り返し曲げによる耐久試験

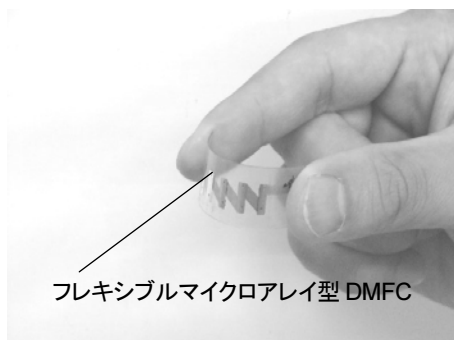


図3 フレキシブルマイクロアレイ型 DMFC の外観写真

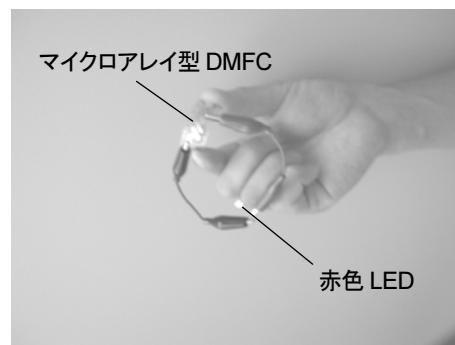


図5 マイクロアレイ型 DMFC による LED 点灯の様子

### 3 結果および考察

作製したマイクロアレイ型燃料電池に、単セルあたり約  $1\mu\text{l}$  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2に10セルを直列に接続したフレキシブルマイクロアレイ型 DMFC の出力特性を室温条件で測定した結果を示す。図から 5.5 V の起電力、 $60\mu\text{W}$  の出力が得られていることが分かる。単セル当たりの出力密度では  $3\text{mW}/\text{cm}^2$  に達しており、これまでのマイクロアレイ型 DMFC<sup>9)</sup> の出力密度  $1.2\text{mW}/\text{cm}^2$  より大幅に向上している。

図3に示すように、フレキシブルマイクロアレイ型 DMFC は湾曲させることができる。そして、1000回の繰り返し湾曲後でも性能低下は微少であり(図4)、湾曲させた状態でも同等の出力特性が維持できることを確認した。また、図5に示すようにフレキシブルマイクロアレイ型 DMFC を使い、発光ダイオードを点灯させる電力を供給できた。これらの結果、フレキシブルマイクロアレイ型 DMFC は、IC カードやIC タグなどの柔軟性が必要な用途での利用が期待できる。

以上の結果、柔軟性のある薄い樹脂基板を用いることにより、フレキシブル性が得られただけでなく出力性能が向上し、より実用的なマイクロ燃料電池が得られた。さらにマイクロ燃料電池を高密度化することで、ピエゾ素子の

駆動電源などの高電圧が必要な用途に使用できる可能性がある。今後、用途開発も含めて検討を進める予定である。

### 謝辞

本実験で使用した燃料電池評価装置は、日本自転車振興会設備拡充補助事業の補助を得て導入されたものです。

### 文献

- 1) 梅田実, 内田勇 ; *Electrochemistry*, **70**, 552-556 (2002).
- 2) 安田和明 ; *Electrochemistry*, **70**, 630-634 (2002).
- 3) S. J. Lee, A Chang-Chien, S. W. Cha, R. O'Hayre, Y. I. Park, Y. Saito and F. B. Prinz ; *J. Power Sources*, **112**, 410-418 (2002).
- 4) M. Hayase, T. Kawase and T. Hatsuzawa ; *ECS Letter*, **7**, A231-A234 (2004).
- 5) K. B. Min, S. Tanaka and M. Esashi ; *Electrochemistry*, **70**, 924-927 (2002).
- 6) T. Ito and M. Kunimatsu ; *Electrochemistry Communications*, **8**, 91-94 (2006).
- 7) T. Ito, K. Kimura and M. Kunimatsu ; *Electrochemistry Communications*, **8**, 973-976 (2006).
- 8) 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).
- 9) 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, **11**, 60 (2005).