

# 마이크로 연료 전지를 위한 유리 바이폴라 플레이트의 제작 방법 및 성능 평가

장보선\* · 이종광\* · 권세진\*\*

## Fabrication and Testing of Glass Bipolar Plates for Application on Micro PEM Fuel Cells

Bosun Jang\* · Jongkwang Lee\* · Sejin Kwon\*\*

### ABSTRACT

The fabrication method of glass bipolar plates for micro PEM fuel cell application has been established and performance evaluation has been carried out. The advantages of glass bipolar plates for micro PEM fuel cells are light weight, high chemical resistivity, and easy manufacture. The MEMS fabrication process of anisotropic wet etching, thermal & UV bonding along with metal layer deposition has been introduced. From performance evaluation, it was shown that the micro fuel cell with a metal layer deposited on the reactive area yielded higher power density than the one without it. But both power densities of the two cases showed out to be adequate with the current status of micro fuel cell technology.

### 초 록

본 연구에서는 감광유리를 이용한 PEM 마이크로 연료전지 바이폴라 플레이트의 제작 공정을 확립하고 성능 측정을 수행하였다. 감광유리는 무게가 가볍고 내화학성이 뛰어나며 제작이 용이하다. 비등방성 식각, 열 및 UV 접합, 그리고 금속 층 적층을 통한 MEMS 제작 공정이 확립되었다. 성능 측정 결과 활성화 영역에 은이 적층된 마이크로 연료전지의 성능이 그렇지 않은 것보다 우수하였으며 두 경우에서 측정된 마이크로 연료전지의 성능은 모두 국내외 마이크로 연료전지 연구 수준과 동등한 수준이었다.

Key Words: Bipolar plate(바이폴라 플레이트), Photosensitive glass(감광유리), Micro PEM fuel cell (마이크로 PEM 연료전지)

### 1. 서 론

\* 학생회원, 한국과학기술원 항공우주공학과  
\*\* 종신회원, 한국과학기술원 항공우주공학과  
연락처, E-mail: trumpet@kaist.ac.kr

마이크로 PEM 연료전지는 다른 동력원에 비해 상대적으로 높은 에너지 밀도를 지니고 있어

소형 기기의 동력원으로서 많은 관심을 받고 있다[1,2]. PEM 연료전지는 그 특성상 상온에서 구동이 가능하고 생성물이 환경에 무해한 물이며, 기계적 효율이 높고 부하에 따른 응답속도도 빨라 소형 동력원으로서 적합한 조건을 갖추고 있다. PEM 연료전지는 크게 두 부분으로 구성되어 있는데, 수소와 산소가 이온화되어 이동하는 통로인 MEA와 이온화 과정에서 생성된 전자들을 모아주는 바이폴라 플레이트이다. MEA는 또 다시 전해질 역할을 하는 나피온(Nafion)과 가스 확산층(GDL)로 구성되며 여기에 백금 촉매가 입혀져 있다. 바이폴라 플레이트는 높은 전기 전도성 및 열 전도성을 지녀야하며 가스 누수가 없어야하고 부식에도 견딜 수 있어야 한다. PEM 연료전지의 경우 바이폴라 플레이트가 전체 스택 무게의 약 80%정도를 차지한다. 즉 연료전지의 에너지 밀도를 높이고 제작 가격을 낮추려면 상기 조건들에 적합한 물질을 선택하여 바이폴라 플레이트를 제작하여야 한다[3].

기존의 바이폴라 플레이트 제작에 사용되는 흑연은 질량 밀도가 높고 가공이 어려워 마이크로 연료전지의 제작에 적합하지 않다. 이에 따르면 연구에서는 감광유리를 이용한 바이폴라 플레이트의 제작을 제안하였다.

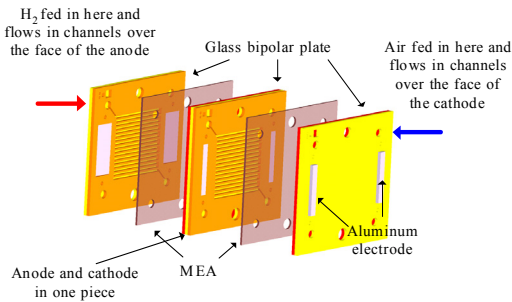


Fig. 1. Schematic of the micro PEM fuel cell stack.

감광유리를 이용한 바이폴라 플레이트는 주로 비등방성 식각을 이용한 MEMS 가공기술로 만들어진다. 감광유리는 낮은 제작 가격, 용이한 제작 공정, 그리고 우수한 내화학성을 지녔으며 본 연구에서는 연료전지 단일 셀을 제작하여 성능을 측정하였다. 제작된 마이크로 연료전지의

각 부분은 Fig. 1에 나와있으며 Fig. 2는 다중 셀 제작 시 각 부분의 모습을 나타내고 있다.

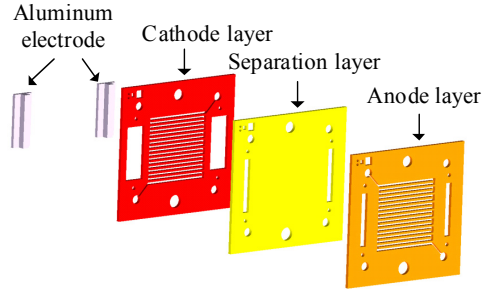


Fig. 2. Detailed components of the bipolar plate.

## 2. 연료전지 제작

감광유리 바이폴라 플레이트의 MEMS 제작 공정은 Fig. 3에 나타나 있다. 우선 쿼츠 웨이퍼에 해당 크롬 마스크를 입힌 후, 감광유리를 310 nm 대 파장의 UV 에 노광시킨다(Fig. 1(a)). 광화학적 과정을 통해 노광된 부분에는 은 원자들이 형성된다. 이어 감광유리를 585°C에서 열처리하면(Fig. 1(b)) 은 원자들 주위로 결정화가 이루어져 물리적 성질이 변하게 된다(유리-세라믹). 열처리 과정은 프로그램 설정이 가능한 노를 사용하였다. 열처리 후, 10% 불산 희석 용액에 감광유리를 담그면 결정화된 부분 주위로 비등방성 식각이 이루어지며 Fig. 1(c) 감광유리에 원하는 모양의 마이크로 채널을 만들 수 있게 된다. 식각 공정 후에 유리 표면을 매끄럽게 해주기 위해 CMP(Chemical & Mechanical Polishing)공정을 수행한다. 이렇게 만들어진 요소들(Fig. 4)을 1kPa, 500°C에서 12시간동안 열접합하면 바이폴라 플레이트의 기본 골격이 완성된다[4]. 그리고 나서 전기 전도성이 우수한 알루미늄 전극을 UV 경화제를 이용하여 시편과 접합한다. 또한 바이폴라 플레이트의 전기 전도성을 향상시키기 위해 스퍼터를 이용하여 은을 증착한다. 우선 은 증착력을 향상하기 위해 크롬 층을 약 2000 Å 증착하고, 은 층을 10 μm 증착하였다.

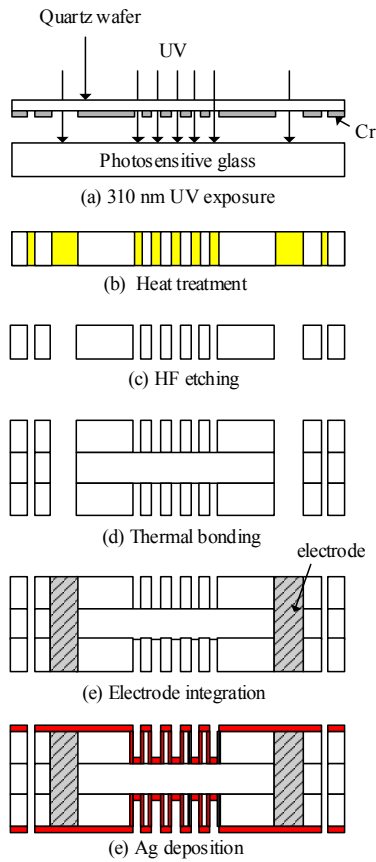


Fig. 3. Microfabrication process of the bipolar plate using glass wafer

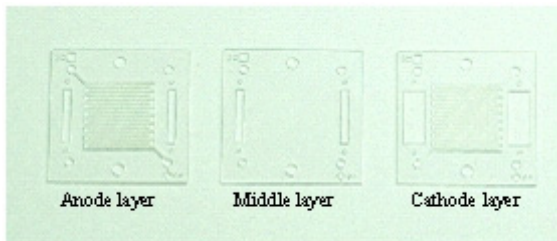


Fig. 4. Fabricated components

본 연구에서는 2가지 타입의 마이크로 연료전지를 제작하여 하나는 활성화 영역에 은 증착을 하고 하나는 은 증착을 하지 않은 상태에서 성능을 측정해보았다. Fig. 5와 Fig. 6은 완성된 유리 바이폴라 플레이트의 모습들이다. 완성된 바이폴라 플레이트의 크기는 20 mm × 20 mm

× 1.5 mm 였으며 반응 면적의 가로와 세로 길이는 각각 10 mm × 10 mm였다.

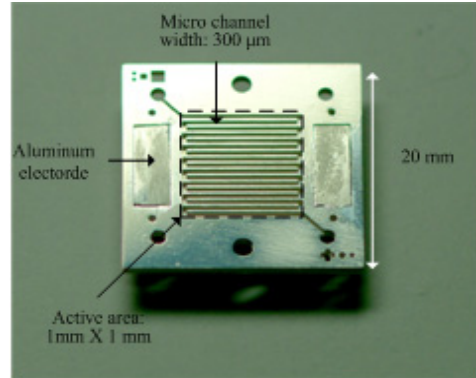


Fig. 5. Fabricated bipolar plate using glass wafer with silver deposited on the reactive area

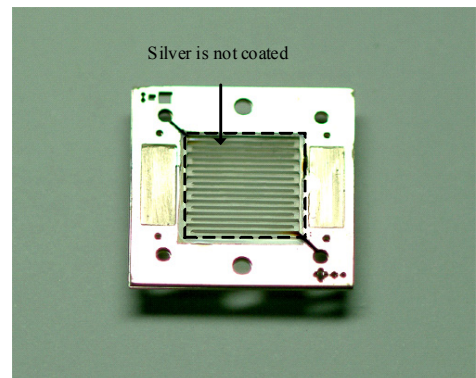


Fig. 6. Fabricated bipolar plate using glass wafer without silver deposited on the reactive area

### 3. 결과 분석

본 연구에서는 감광유리를 이용한 PEM 마이크로 연료전지 바이폴라 플레이트의 제작 공정을 확립하고 성능 측정을 수행하였다. 유리를 이용하여 바이폴라 플레이트를 제작할 경우, 전체 스택의 무게를 절감할 수 있으며 아울러 기존의 흑연이 가지고 있는 문제인 가스 누수 문제를 해결할 수 있다. 제작은 비등방성 식각, 스퍼터

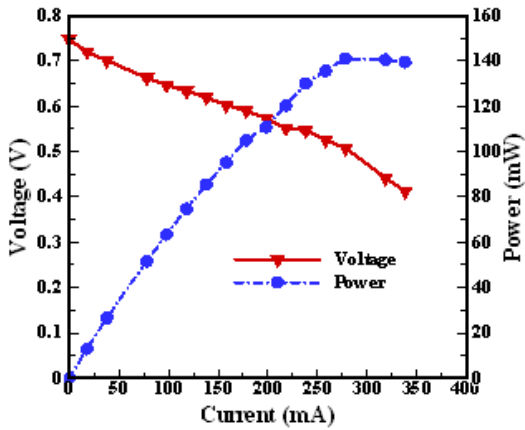


Fig. 7. The Polarization and power density curve of the fuel cell with silver deposited on the reactive area

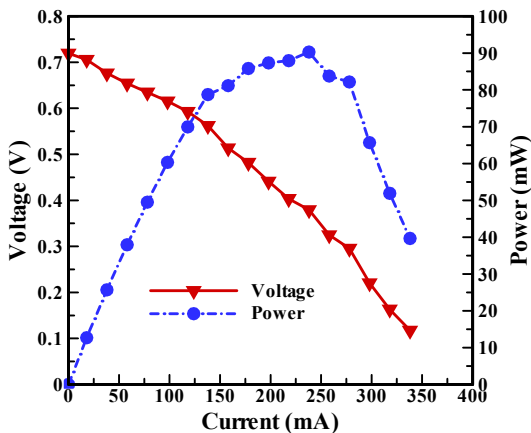


Fig. 8. The Polarization and power density curve of the fuel cell without silver deposited on the reactive area

를 이용한 금속 층 적층, 그리고 열접합 및 UV 접합 등 MEMS 공정을 이용하여 이루어졌다. 우리는 그러나 전기 전도성 물질이 아니므로 은 적층을 통해 바이폴라 플레이트의 전기 전도성을 향상시켰으며 본 연구에서는 수소와 산소가 흐르는 유로 영역인 활성화 영역에 은 적층을

했을 때와 안했을 때의 성능 차이를 비교해보았다. 활성화 영역에 은의 적층 여부는 연료전지를 오래 구동했을 때 부식문제와 연관이 있기 때문에 동일 성능이라면 은을 적층하지 않는 편이 좋다. 실험 결과, 활성화 영역에 은이 적층된 경우가 안했을 때에 비해 동력밀도가 높았으나 두 경우에서 측정된 마이크로 연료전지의 성능은 모두 현재의 국내외 마이크로 연료전지 연구 수준과 동등한 수준이었다. OCV의 경우 다른 타 연료전지들에 비해 낮은 수준이었으나 이는 고르지 못한 체결압 및 가스의 크로스오버 현상 때문인 것으로 생각된다.

## 후 기

이 논문은 한국과학재단 국제협력연구사업의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사의 뜻을 전합니다. (F01-2007-000-10136-0)

## 참 고 문 헌

1. Nguyen N, Chan S H 2006 Micromachined polymer electrolyte membrane and direct methanol fuel cells - a review Journal of Micromechanics and Microengineering 16 R1-R12
2. Dyer C K 2002 Fuel cell for portable applications Journal of Power Sources 106 31-34
3. Larminie J, Dicks A 2000 Fuel cell systems explained (West sussex, John willey & Sons, Ltd)
4. Lee J, Kwon S 2009 Mixing efficiency of a multilamination micromixer with consecutive recirculation zones Chemical Engineering Science 64 1223-1231