

10W급 휴대용 고분자 전해질 연료전지 시스템 제작 및 성능평가

Fabrication and Characterization of 10W Portable Proton Exchange Membrane Fuel Cell System

*박태현¹, #차석원¹, 이윤호¹, 장익광², 이주형³

*T. H. Park¹, #S. W. Cha(swcha@snu.ac.kr)¹, Y. H. Lee¹, I. W. Chang², J. H. Lee³
¹서울대학교 기계항공공학부, ²서울대학교 지능형융합시스템학과, ³(주)엑스에프씨

Key words : PEMFC, Portable Fuel Cell, Fuel Cell System, Polycarbonate, Current Collector

1. 서론

휴대용 연료전지 시스템은 2차 전지의 에너지밀도의 한계를 극복할 수 있는 수단으로 고려되고 있다. 그 중 DMFC(Direct Methanol Fuel Cell, 직접 메탄올 연료전지)가 여러 종류의 연료전지 가운데 가장 높은 에너지 밀도를 갖고 있지만 전해질에서의 연료의 투과, 복잡한 시스템 구성 등의 한계를 가지고 있다¹.

이에 반해 PEMFC(Proton Exchange Membrane Fuel Cell, 고분자 전해질 연료전지)는 순수한 수소를 연료로 사용해야 하므로 에너지 밀도가 메탄올에 비해 낮은 단점이 있다. 하지만 DMFC보다 시스템을 간단하게 구성할 수 있고, dead-end 모드에서 운전할 경우 수소 이용률 100%에서 운전할 수 있어 에너지 밀도에서의 단점을 극복할 수 있다^{2,3}.

특히 PEMFC의 공기극을 공기호흡형으로 할 경우 별도로 공기를 공급해줄 장치가 필요치 않으므로 간단해지는 시스템과 더불어 PEMFC를 매우 얇게 만들 수 있는 장점이 있다⁴.

2. 설계 및 제작

휴대용 PEMFC는 부피와 무게를 줄이기 위해 시스템을 간단히 설계해야 하므로 본 연구의 PEMFC를 공기호흡형으로 설계하였다. 공기극의 확산층이 노출되는 부분의 형상은 Fig. 1의 (c)와 같이 9개의 정사각형 구멍을 통해 노출되도록 하였다⁴. 스택은 공기호흡형을 채택할 경우 모든 공기극이 공기중에 노출되어야 하므로 평판형 스택 구조로 설계하였다. 또한 휴대용 연료전지는 연료이용률을 최대로 이끌어내야 하는 제한조건이 있으므로 운전 모드는 dead-end 모드로 설계하였다.

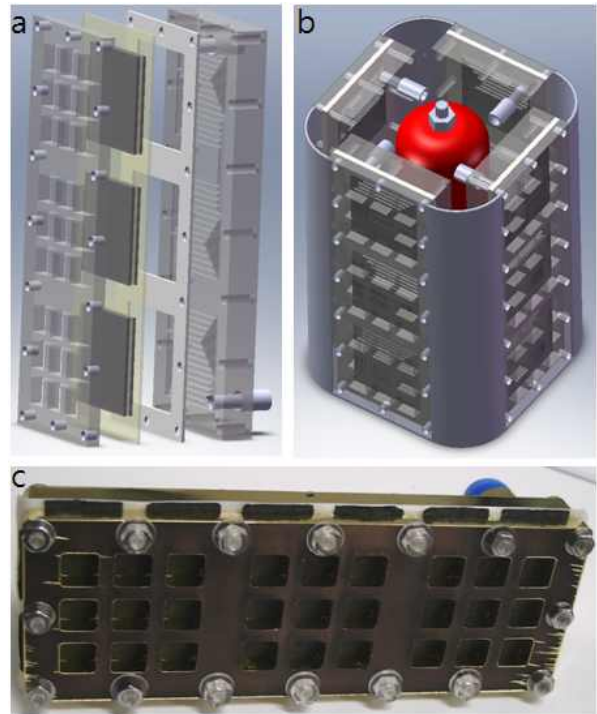


Fig. 1 (a) CAD model of 3 cells in one PEMFC. Cathode end-plate, MEA with GDL, Gasket, and anode end-plate from the left. (b) CAD model of the PEMFC system. (c) Picture of the fabricated PEMFC using polycarbonate as an end-plate material.

Fig. 1의 (a)는 이와같이 설계한 연료전지의 구성 모델을 나타내고 있다. 총 네 개의 연료전지가 하나의 시스템을 구성하며, 각 연료전지는 9cm²의 활성화 면적을 갖는 셀 3개가 스택을 이루게 하였다. 유로는 1mm x 1mm에 5열 serpentine으로 한번에 3개의 셀에 모두 지나가도록 하였다. 따라서 시스템은 총 12개의 셀이 스택을 이루게 구성하였다. 각 연료전지는 직육면체 형태의 시스템의 네 옆면

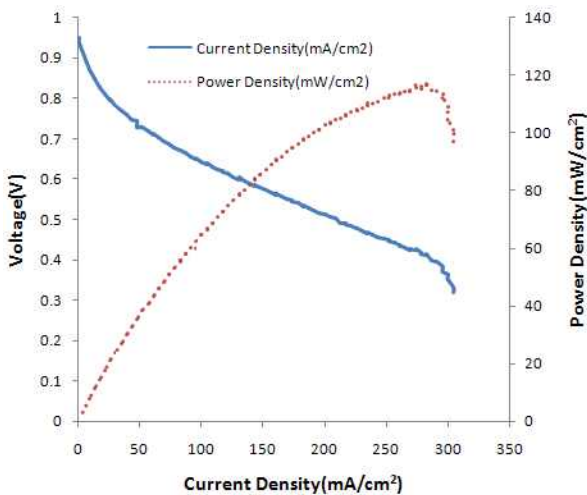


Fig. 2 Polarization curve of the fabricated PEMFC.

에 배치하였으며 시스템의 내부에는 수소저장용 기로 metal hydride를 배치하였다. Fig. 1의 (b)는 이러한 시스템의 모델을 보여준다.

End-plate는 수소투과율이 낮고 무게가 가벼우며 제작단가가 낮은 Polycarbonate(PC)으로 제작하였으며 전류의 집전을 위해 PC위에 무전해 도금으로 40um의 Cu를 증착하였고 10um의 Ni을 증착한 후 도금의 부식을 막기 위해 Au를 플래시 도금을 이용하여 300nm를 증착하였다. Fig. 1의 (c)는 실제 제작한 연료전지이다.

3. 성능 평가 및 고찰

실험 장치는 본 연구팀에서 제작한 장치를 사용하였으며 최대성능을 파악하기 위해 3개의 셀을 스택을 구현하지 않고 활성화면적 27cm²을 갖는 하나의 셀로 성능을 측정하였다. 연료전지의 무게는 102.9g으로 분리판으로 graphite를 사용하는 기존의 연료전지에 비해 매우 가볍다.

Fig. 3은 스택이 구현되지 않은 연료전지의 분극 곡선을 나타낸다. 성능을 측정하기 전 1시간의 활성화시간을 가졌고 운전전류밀도 400mA/cm² 이하에서의 dead-end PEMFC의 경우 2시간이 지나도 성능이 저하되지 않으므로 flow-through 모드로 500sccm의 충분한 수소유량을 가하였다⁵.

OCV(개로전압)는 0.95V를 보였고 최대전력밀도는 0.43V, 274.1mA/cm²에서 116.8mW/cm²를 보였다. 따라서 최대전력을 보이는 구간에서 연료전지 시스템을 작동할 경우 30L의 수소를 기준으로 2시간 50분의 작동시간을 가지며 12.6W의 최대전력을 낼 수 있다. 작동시간(s)은 수식(1)에 의해

계산된다. V는 수소 총량(L), F는 패러데이상수(C/mol), j는 작동전류밀도(mA/cm²), A_{act}는 총 활성화면적(cm²)을 나타낸다.

$$t_{operate} = \frac{89.29 VF}{A_{act} j} \quad (1)$$

4. 결론

본 연구는 PC재질의 end-plate와 도금을 이용한 집전층을 가진 연료전지를 제작하고 성능을 평가하여 10W급 연료전지 시스템에 적합함을 확인하였다. 연료전지 전체 시스템에 대한 성능 평가는 추후 진행할 계획이다.

후기

본 연구는 중소기업청 산학연 공동기술개발사업(0420-20100065)과 교육과학기술부 지원 BK21 사업의 일환으로 진행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. O'hayre, R., Cha, S. W., Colella, W., Prinz, F. B., "Fuel Cell Fundamentals," 2e, Wiley, 2009.
2. Larminie, J. and Dicks, A., "Fuel Cell Systems Explained," 2e, Wiley, 2002.
3. Cacciola, G., Antonucci, V., Freni, S., "Technology up Date and New Strategies on Fuel Cells," Journal of Power Sources, **100**, 67-79, 2001.
4. Kim, S. H., Cha, H. Y., Miesse, C. M., Jang, J. H., Oh, Y. S., Cha, S. W., "Air-breathing Miniature Planar Stack Using the Flexible Printed Circuit Board as a Current Collector," International Journal of Hydrogen Energy, **34**, 459-466, 2009.
5. 지상훈, 황용신, 최종원, 이대영, 박준호, 장재혁, 김민수, 차석원, "수소극 Dead-End 모드 고분자 전해질 연료전지의 실험적 연구," 대한기계학회논문집 B권, **34**, 643-648, 2010.