

고분자 전해질 연료전지의 성능평가 방법

A New Evaluation Method of Anode/Cathode Used for Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell

윤영기, 양태현, 박구곤, 이원용, 김창수
한국에너지기술연구원 연료전지연구센터

1. 서론

연료전지의 성능은 보통 전류-전압 특성을 측정한 후 단위전지 내에서 일어나는 반응을 간접적으로 추측하는 방법을 사용하여 왔다. 연료극보다는 공기극 쪽의 분극이 더 크며, 이것이 연료전지의 성능에 가장 큰 영향을 미칠 것이라는 사실들은 잘 알려져 왔다[1-3]. 그러나 연료전지 운전중의 연료극과 공기극 각 전극에서의 정확한 분극거동에 대해서는 알려진 바가 없다. 따라서, 연료전지의 성능에 대해 더 깊이 이해하기 위해서는 전류-전압 특성 뿐 아니라 각 전극에서의 정확한 분극 값을 알아야 만 한다.

본 연구에서는 연료전지 운전 중에 연료극과 공기극의 분극 값을 동시에 정확히 측정 할 수 있는 방법을 제안하였으며, 이 방법을 사용하여 여러 조건하에서의 전극의 분극 값을 측정 한 후 단위전지 내에서 일어나는 반응에 대해서 논의하였다. 이를 위해 기준전극으로서 금(gold) 선을 두장의 고분자 전해질 막 사이에 위치시킨 후 적정 조건에서 압착하여 기준 전극과 전해질 접합체를 제조하였다. 이 접합체를 이용하여 순수 산소와 공기 분위기에서의 각 전극의 분극 값을 측정하였으며, 또한 순수 수소와 100ppm 의 일산화탄소가 포함된 수소에서의 각 전극의 분극거동을 조사하였다.

2. 실험방법

2.1. 기준전극 삽입 전해질 제작

Nafion 112 전해질 막 2장 사이에 금선(gold wire)를 위치시킨 후 10wt.% 의 nafion 용액을 두장의 전해질 막 사이에 스며들게 하였다. 상온에서 48시간 건조 후 80℃ 진공에서 6시간 동안 재 건조 시켰다. 그림 1 은 기준전극 포함 전해질의 제작방법을 나타낸 것이다.

2.2. 전극-전해질 접합체(MEA) 제작

MEA 제작은 고온 가압방식을 사용하여 촉매층을 기준전극이 포함된 전해질 막에 전사하는 방식을 사용하였으며, 자세한 제작 방법은 문헌에 보고되어 있다[4].

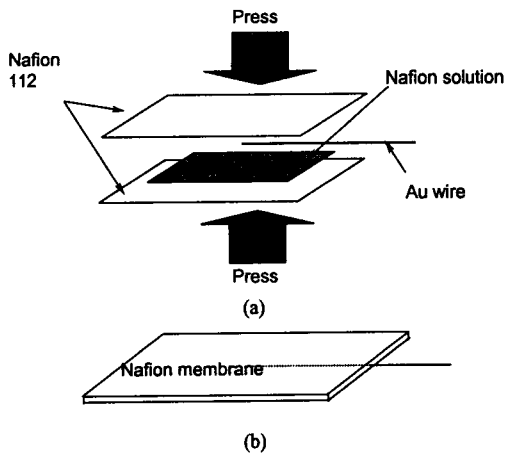


그림 1. 기준전극 삽입 전해질 제작 방법

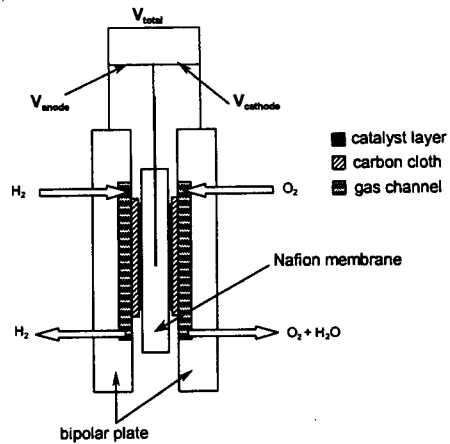


그림 2. 기준전극 삽입 전해질을 사용한 단위전지 성능평가 방법

20wt.% Pt/C 를 5wt% nafion 용액과 ethylene glycol 및 tetrabutyl ammonium hydroxide(TBAOH)와 혼합한 촉매 잉크를, 스크린 인쇄 방법에 의해 소정 크기의 전사용 필름위에 인쇄하였다. 촉매 잉크가 인쇄된 필름은 100~150℃로 유지된 진공건조기에서 5시간 동안 건조되었고, 건조된 두장의 필름을 금선(gold wire)이 매입된 상기 고분자 전해질막의 양면에 적층한 후, 195℃에서 열간 가압법으로 필름 표면의 촉매 잉크를 고분자 전해질막의 양면으로 전사시키고 필름을 제거하여 금속선이 매입된 고분자 전해질막의 양면에 전극인 촉매층을 형성시킨 Na⁺ 형태의 MEA를 만들었다. 제작된 Na⁺ 형태의 접합체를 90℃의 0.1~1M 황산 용액 중에서 2~3시간 동안 침적시켜 H⁺ 형태의 MEA로 전환하였으며, 순수한 탈 이온화된 물로 세정하였다.

기준전극이 삽입된 MEA를 사용하여 전극면적은 10 cm² 인 단위전지를 구성하였으며 (그림 2), 전류-전압 특성 및 각 전극에서의 분극을 측정하였다. 이 경우, 기존의 MEA를 사용한 단위전지와 달리 2장의 바이폴라 플레이트 사이의 전압인 전지 전압(V_{total}) 뿐만 아니라, anode 와 기준전극 사이의 전압(V_{anode})과 cathode 와 기준전극 사이의 전압(V_{cathode})을 전류가 흐르는 동안 동시에 지속적으로 측정할 수 있게 된다.

3. 결과 및 고찰

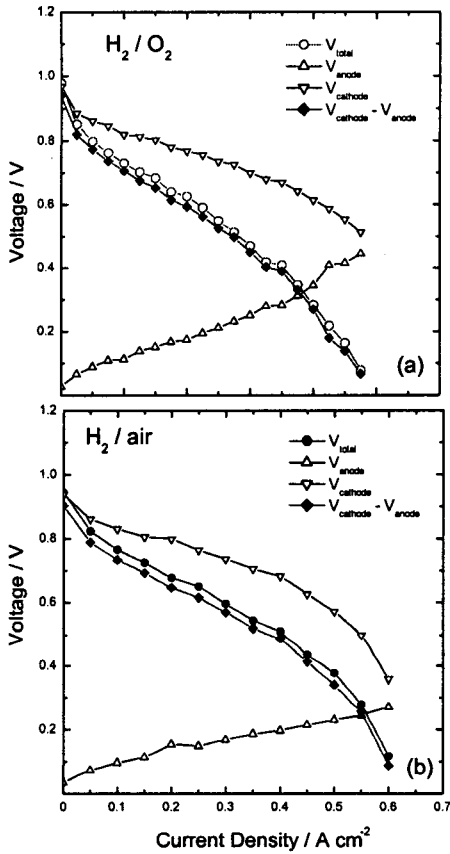


그림 3. (a) 수소/산소, (b) 수소/공기 분위기에서의 전류에 따른 V_{total} , V_{anode} 및 $V_{cathode}$ 의 관계

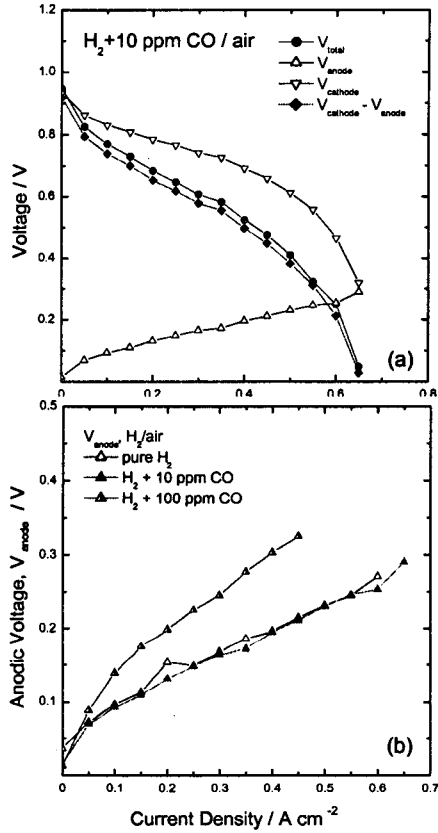


그림 4. (a) 수소+10ppm CO/공기, (b) 수소+100ppm CO/공기 분위기에서의 전류에 따른 V_{total} , V_{anode} 및 $V_{cathode}$ 의 관계

그림 3(a)는 상압의 수소/산소, (b)는 수소/공기를 각각 공급하면서 80°C의 온도에서 측정된 전체 전압 및 연료극과 공기극의 분극 값을 나타낸 것이다. 전류 밀도가 증가함에 따라서 수소/산소를 공급 한 경우, Anode의 분극(V_{anode})은 서서히 증가하고 있는데 반하여, Cathode의 분극($V_{cathode}$)은 급격히 감소되고 있음을 확인할 수 있다. 수소/공기 분위기하에서는 수소/산소를 공급했을 때 보다 $V_{cathode}$ 가 더 급격히 감소하고 있음을 확인할 수 있다.

그림 4는 CO를 수소와 함께 연료극에 공급하였을 때의 CO 농도에 따른 각 전극의 분극을 살펴 본 것이다. 그림 4(a)는 10ppm의 CO 그리고 (b)는 100ppm의 CO를 포함한 경우이다. 연료극에 포함된 CO는 촉매 표면에 흡착되어 anode의 분극 값을 증가시키고

단위전지의 성능을 저하시킨다고 알려져 있다. 그림 4 에서는 이러한 경향을 뚜렷이 확인할 수 있다. CO 가 10ppm 으로 낮을 때는 순수한 수소일 때와 anode 분극 값이 큰 차이를 보이지 않으나 100ppm 의 CO 에서는 anode 의 분극 값이 크게 증가함을 알 수 있다.

4. 결론

기존의 방법에서는 연료전지의 전체적인 전류 밀도 대 전지 전압과의 관계밖에 얻을 수 없으나, 기준전극이 삽입된 MEA를 사용할 경우, 전체적인 전류-전압 특성 뿐 아니라 anode 및 cathode 의 개별적인 분극 값을 정확히 측정할 수 있기 때문에 전극의 상태를 보다 정확하게 평가할 수 있다.

참고 문헌

- [1] T. E. Springer, M. S. Wilson and S. Gottesfeld, *J. Electrochem. Soc.*, 140 (1993) 3512
- [2] F. Gloaguen, P. Convert, S. Gamburgzev, O. A. Velev and S. Srinivasan, *Electrochim. Acta*, 43, 24 (1998) 3767
- [3] U. A. Paulus, T. J. Schmidt, V. R. Stamenkovic, N. M. Markovic and P. N. Ross, in F. N. Buchi, G. G. Scherer and A. Wokaun (eds.), 1st European PEFC Forum, 2-6 July 2001 Lucerne Switzerland (2001) 51
- [4] T.-H. yang, G.-G. Park, W.-Y. Lee, S.-H. Choi and C. S. Kim, *Proc. of 1st European PEFC Forum, Lucerne, Switzerland, July 2-6, 2001*, p. 231