

PEMFC내 가변적인 전극조건에 따른 전기화학적 특성분석

남윤아*, 김종훈*, 최현지**, 탁용석**
충남대학교 전기공학과*, 인하대학교 화학공학과**

Electrochemical Characteristic Analysis based on Various Electrode's Condition of a PEMFC

Y. Nam*, J. H. Kim*, H. J. Choi, Y. S. Tak**
Department of Electrical Engineering, Chungnam National University*
Department of Chemical Engineering, Inha University**

ABSTRACT

가장 대표적인 연료전지인 고분자 전해질 연료전지(PEMFC; polymer electrolyte membrane fuel cell)은 두 개의 전극으로 이루어지며, 각 전극(electrode)에 공급되는 수소(anode)와 공기(cathode)의 원활한 반응을 위해 촉매(catalyst)로서 백금(Pt)을 사용한다. 이 때, 촉매의 실험 조건에 따라 연료전지 두 전극의 반응이 달라지므로 촉매의 가변성 즉, 가변적인 전극 조건에 따른 전기화학적 특성이 면밀히 분석되어야 한다. 그러므로, 본 논문에서는 촉매의 변화에 기인한 가변적인 전극 특성에 따른 연료전지의 전기화학적 특성 분석을 실시하였다.

사용하는 방법[6][7]도 있다. 이 방법은 전해도금 시, 이온의 석출(electrodeposition)을 위해 일정한 흐름이 아닌 peak current density와 pulse duty cycle을 고려하며 I V 분극곡선의 특성 분석을 통해 일반 전해도금 방법에 비해 우수한 성능을 입증하였다. 이러한 Pt 전해도금을 위해 연료전지의 기체확산층(GDL; gas diffusion layer)에 carbon black anode를 사용하는데, 이는 기체확산층 위에 carbon black을 화학적으로 처리한 후 nafion 혼합 후 spray 도포, hot press 압착 및 Pt 사용 등의 절차를 거치게 된다[8][9]. 이러한 선행 화학적 연구에서 적용했던 여러 방법을 참고하여 본 논문의 연구방향을 확정하였다.

1. 서 론

국내의 신재생에너지(풍력, 태양광, 연료전지, 조력 등)의 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이의 어플리케이션 실용화가 곧 이루어질 전망이다. 특히, 대표 연료전지인 고분자 전해질 연료전지(PEMFC; polymer electrolyte membrane fuel cell)는 수소와 산소가 반응하여 물과 열에너지가 나오는 반응원리에 착안한 것으로서, 발생된 에너지를 전기에너지로 바꾸므로 고효율이 가능하다[1][2]. 이러한 내부의 원활한 반응을 위해 연료전지 촉매인 백금(Pt)을 사용한다[3]. 그렇지만, 이러한 촉매는 가격이 매우 고가이므로, 비용 측면에 있어 매우 불리하다. 그러므로, 비용이 절감되고 연료전지 내부 수소와 산소의 원활한 반응이 보장되는 촉매 개발이 요구된다. 촉매의 변화는 결국 연료전지 내부의 전극과의 반응, 즉 전극의 가변성에도 적지 않은 영향을 미친다. 결국, 셀의 결합 형태인 스택 및 연료전지 어플리케이션인 연료전지 전기자동차/버스(FCEV; fuel cell electric vehicle)[4]의 효율적 주행을 제한하는 핵심요인이 될 수 있다. 그러므로, 본 논문에서는 연료전지의 내부 촉매 변화에 따른 전극의 가변성을 살펴보고 이의 전기화학적 특성을 면밀히 분석하도록 한다.

2. 선행 화학적 연구 소개

연료전지의 대표적인 Pt 촉매는 powder type 공정을 사용하는 방법으로서 이는 표면적이 넓은 탄소위에 촉매를 올려 반응을 활성화시키는 방법[5], 기존 powder type을 개선하여 Pt 입자 크기를 작게 함으로써 계면의 접촉성질 및 촉매 이용률을 높이는 방법이 있다[5]. 이외에, 전해도금(fabrication; 전기 분해의 원리를 이용하여 금속의 표면에 다른 금속의 얇은 막을 입히는 방법) 방법이 있으며, 이는 Pt 촉매에 H_2PtCl_6 (육염화산화물)을

3. 연구결과 및 분석

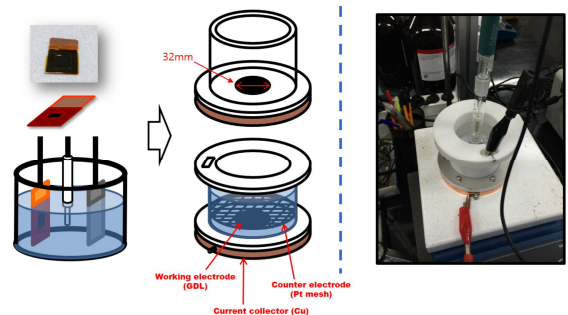


그림 1 Pt 박막전극 제조를 위한 전해도금 장치

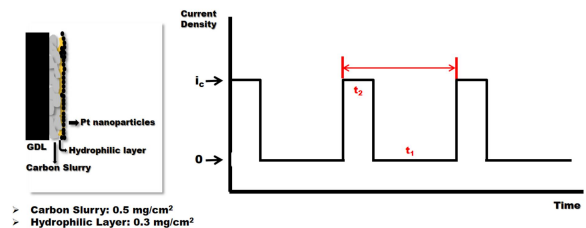


그림 2 박막전극 제조를 위한 pulse duty cycle

본 연구를 위해 연료전지 셀의 제조는 인하대학교 화학공학과 전기화학 실험실[10]에서 진행하였고, 이의 전기화학적 특성 분석을 공동 진행하였다. 본 논문에서는 앞의 '선행 화학적 연구 소개'의 peak current density와 pulse duty cycle 방법을 토대로 실험을 진행하였다. 우선, Pt 박막전극 제조를 위한 전해도금 장치를 그림 1에 나타내었다. 전해도금 장치 연료전지 내 셀의 GDL에 0.5mg/cm² carbon slurry를 추가하였고, 그 위에 hydrophilic layer 0.3mg/cm²를 추가하였다(그림 2). Pulse duty

cycle을 100ms(on:0.2;20ms)/off(0.8;80ms)로 정한 후, 전체 전하밀도(total charge density)를 세 경우(21, 42, 63C/cm²)를 적용하였다. 그림 3과 4는 연료전지의 단위 면적과 단위 무게당 성능곡선을 각각 비교하였다. 두 결과 모두, 기준에 비해 나은 성능을 보이지 않는데, 이는 전체 전하밀도에 따라 Pt 촉매의 면적 및 활성화가 기대되나 그만큼 Pt 평균입자의 크기도 증가하여 오히려 성능이 저하되는 단점을 보인다. 참고로, anode에는 0.2mg_{Pt}/cm²를 적용하였다.

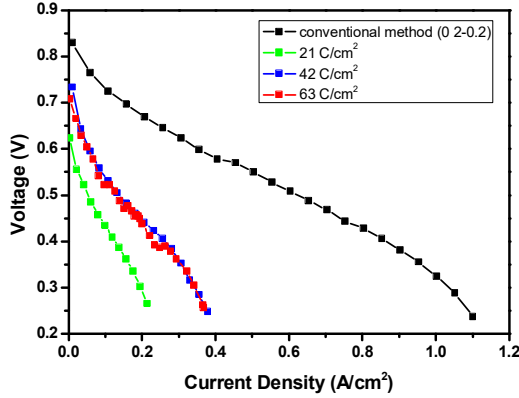


그림 3 단위 면적 당 연료전지 분극특성

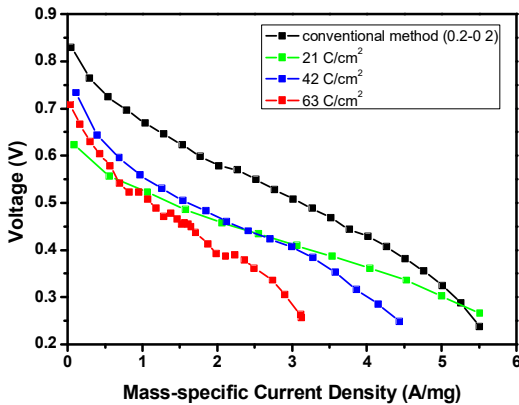


그림 4 단위 cathode 무게당 연료전지 분극특성

Pt 촉매 변화에 의한 연료전지 성능특성을 추가로 확인하기 위해 Pt embedded Nafion 전극을 이용한 연료전지 성능을 확인하였다. 앞의 경우와 달리 anode에 0.4mg_{Pt}/cm²를 적용하였고, deposition solution (Pt(NH₃)₄CL₂+KCL, deposition current density 5mA/cm², total charge density 2.25C의 동일 조건을 적용하고 duty ratio를 ①:0.1/0.3s, ②:0.2/0.2s, ③:450s를 적용 뒤 이의 분극곡선(그림 5)과 임피던스 특성(그림 6)을 확인하였다.

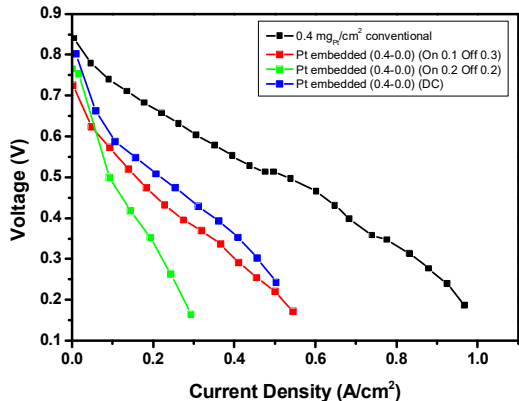


그림 5 연료전지 분극특성(Pt-embedded Nafion)

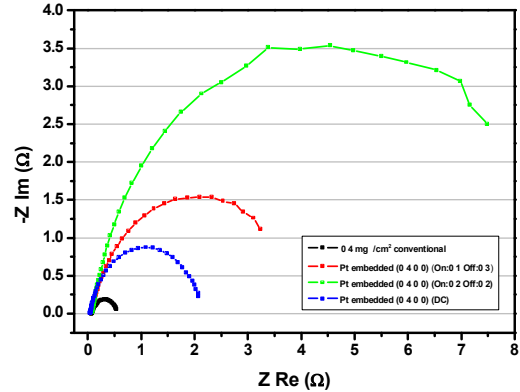


그림 6 연료전지 임피던스 커브(Pt-embedded Nafion)

앞의 그림 3과 4의 결과와 마찬가지로 5와 6의 결과도 기존 대비 나은 연료전지의 성능 개선 효과가 나타나지 않는다. 이는 곧, Pt embedded Nafion의 효과가 연료전지 개선에 큰 영향을 주지는 않으며, Pt 입자크기가 증대한 영향을 미침을 의미한다. 이를 해결하기 위해서는 Pt의 입자크기, 개선된 전해도금 설정 기준등이 확립되어야 하며 이의 추가 실험 및 연구를 인하대학교 화학공학과와 공동진행 할 예정이다. 이러한 개선으로부터 연료전지 셀 및 스택의 성능이 보장되며, 향후 연료전지 전력 구동시스템에도 큰 도움을 주리라 기대한다.

4. 결론

본 논문에서는 촉매의 실험 조건에 따라 연료전지 두 전극의 가변성 즉, 가변적인 전극 조건에 따른 전기화학적 특성이 다름을 착안하여 촉매의 변화에 기인한 가변적인 전극 특성 결과를 분석하고 향후 연구방향을 제시하였다.

참고 문헌

- [1] F. Marignetti, M. Minutillo, A. Perna, and E. Jannelli, "Assessment of fuel cell performance under different air stoichiometries and fuel composition," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 58, no. 6, pp. 2420-2426, Jun. 2011.
- [2] J.-Y. Lee, Y.-S. Jeong, and B.-M. Han, "An isolated DC/DC converter using high-frequency unregulated LLC resonant converter for fuel cell applications," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 58, no. 7, pp. 2926-2934, Jul. 2011.
- [3] 강경륜, 김현중, 신치호, 안지은, 한명근, 손성호, 이흥기, 이호년, "전기환원법을 이용한 고분자 전해질 연료전지용 Pt 전극 제조," 한국화학공학회, 16권 1호, p. 547, Apr. 2010.
- [4] T. Azib, O. Bethoux, G. Remy, C. Marchand, and E. Berthelot, "An innovative control strategy of a single converter for hybrid fuel cell/supercapacitor power source," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 57, no. 12, pp. 4024 - 4031, Dec. 2010.
- [5] 김현중, 안지은, 손성호, 이흥기, 한명근, 이관주, 주영환, "연료전지 전극막 제조를 위한 백금나노입자의 기체확산층 직접 전기증착에 관한 연구," *Applied Chemistry*, vol. 14, no. 2, pp. 87-90, Oct. 2010.
- [6] J.-H. Wee, K.-Y. Lee, and S.-H. Kim, "Fabrication methods for low-Pt-loading electrocatalysts in proton exchange membrane fuel cell system," *Journal of Power Sources*, vol. 165, pp. 667-677, 2007.
- [7] H. Kim, N. P. Subramanian, and B. N. Popov, "Preparation of PEM fuel cell electrodes using pulse electrodeposition," *Journal of Power Sources*, vol. 135, pp. 14-24, 2004.
- [8] S. Woo, I. Kim, J. K. Lee, S. Bong, J. Lee, and H. Kim, "Preparation of cost-effective Pt-Co electrodes by pulse electrodeposition for PEMFC electrocatalysts," *Electrochimica Acta*, vol. 56, pp. 3036-3041, 2011.
- [9] G. Adilbish, J.-W. Kim, H.-G. Lee, and Y.-T. Yu, "Effect of the deposition time on electrocatalytic activity of Pt/C electrodes prepared by pulsed electrophoresis deposition method," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 38, pp. 3606-3613, 2013.
- [10] <http://mecl.inha.ac.kr/>