

PDMS 를 이용한 Flexible 연료전지 구현과 성능평가

Fabrication of Flexible Fuel Cell using Polydimethylsiloxane(PDMS)

*장익황¹, 차석원², 박태현², 이진환³, 고승환³ (돋움체 10pt)

*I. W. Chang¹, S. W. Cha(swcha@snu.ac.kr)², T. H. Park², J. H. Lee³, S. H. Ko³

¹서울대학교 융합과학기술대학원, ²서울대학교 기계항공공학부, ³한국과학기술원 기계공학과

Key words : Bendable, Flexible, Nano Wire, PDMS, Fuel Cell

1. 서론

1990년대 후반부터 패터닝(Patterning)에 대한 다양한 기법들이 연구되기 시작하면서 Polydimethylsiloxane(PDMS)를 이용한 비전통적인 기법을 통한 패터닝에 대한 연구가 많이 진행이 되었다¹. 이러한 공정 기법을 바탕으로 최근에는 생체칩(Bio-Inspired Chip), 플렉서블 배터리(Flexible Battery), 플렉서블 디스플레이(Flexible Display) 등까지 확장시킬수 있는 플렉서블 일렉트로닉스(Flexible Electronics) 분야가 많은 관심을 받고 있다^{2,4}. 그러나 전도성을 가지는 유/무기 복합체, 전도성 폴리머를 만들어야 하기 때문에 플렉서블 시스템을 만드는 것이 매우 어려운 것이 현실이다. 그러나 에너지 분야에서 변형가능하고 형상이 바꿀 수 있다는 장점은 휴대성을 획기적으로 증진시킬 수 있으므로 연료전지 분야에서도 적용될 수 있는 가능성이 있다. 본 연구에서는 형태가 고정된 연료전지가 아닌 구부릴 수 있고 변형이 가능한 연료전지를 제작하는 것을 목표로 한다. 또한 부수적으로 기존의 연료전지가 가지는 문제점을 PDMS로 대신하여 연료전지 스택을 구성하는 부품의 개수를 줄이고 공정의 단순화를 이룰 수 있음을 확인하고자 하였다.

2. 실험방법

본 연구에 사용된 PDMS는 PDMS와 경화제(Curing Agent)를 10:1 비율로 섞어서 70도에서 4시간 건조시켜 PDMS 분리판으로 만들게 된다. 우선 그림 1에서 보듯 연료전지

유로 패턴을 만들기 위해서 스테인레스로 원형 몰드(Mold)를 제작한다. 수소가 공급되는 유로의 폭, 깊이, 길이는 각각 1mm, 1mm, 30mm이다. 그리고 (b) 그림과 같이 몰드 위에 PDMS와 경화제를 넣고 건조시키고 나서 몰드와 PDMS를 분리시킨다. 그 위에 니켈과 금을 스퍼터를 통해서 증착하게 되는데, 이것은 전극전해질접합체(MEA)에서 발생하는 전자들을 외부 끌어내기 위한 전류의 집전판(Current Collector) 역할을 하는 부분이다. 또한 니켈과 금을 따로 갈게 되는 이유는 금과 PDMS와의 접착성(Adhesion)이 매우 나쁘기 때문에 니켈을 먼저 증착해서 중간층을 형성한 다음 금을 니켈위에 증착하게 되면 접착성이 개선되는 기능을 가진다. 니켈과 금을 포함해서 총 두께는 약 3.8 마이크로미터임이 됨을 전자현미경으로 확인하였다.

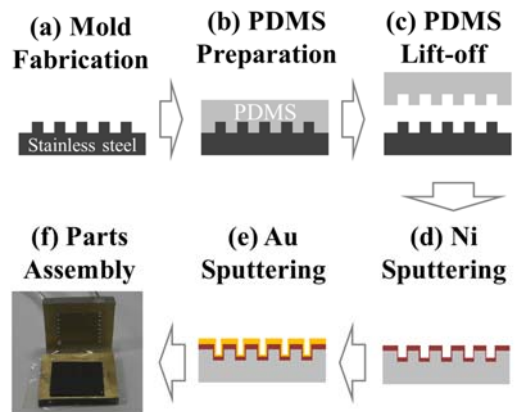


Fig. 1. Fabrication processes of PDMS endplate

실험에 사용된 스택 형식은 공기호흡형(Air-breathing)이며 수소극에만 상온 가습된 수소가 50 sccm 공급되었다. 전기화학적 평가는 Solartron 1287/1260 을 통해 측정되었고 IV 와 임피던스를 측정하였다.

3. 결과 및 토의

그림 2 에서 보듯 스택의 변형에 따라 성능 변화가 관찰되었다. 개회로전압(OCV)는 둘 다 동일하게 약 1V 가 측정이 되었고 변형에 따른 활성화에너지(activation energy)는 큰 차이가 없음을 확인 되었다. 변형이 되지 않은 상태에서는 29 mW/cm² 가 측정되었고, 변형(곡률 반경이 1.8m⁻¹)이 된 상태에서 21 mW/cm² 가 측정되었다. 그러나 IV 곡선에서 보듯 오믹(ohmic) 구간에서 변형이 된 스택(파란색선)과 변형이 되지 않은 스택(빨강색선)에서 기울기가 완전히 다를 것을 보여 주고 있다. 스택 전체가 변형이 되면서 집전판 부분의 금속 박막이 크랙이 발생하면서 전기적인 저항이 높아지면서 성능이 떨어지게 되는 것으로 보인다. 이러한 성능 감소는 다른 플렉서블 기기에서도 일반적으로 발생하는 현상이며 이러한 것을 단점을 개선시키는 것이 매우 중요하다. 그러나 절대적인 성능은 기존의 공기호흡형 연료전지에 비해서 성능이 낮은 편이지만 다른 플렉서블 연료전지에 비해서는 비슷한 수준의 성능을 보여주고 있다⁵. 기존의 문헌에서의 결과는 구부릴 수 있는 연료전지가 구현에 대한 가능성을 보여주었으나 본 연구는 실제로 구부러진 상태에서 연료전지의 성능을 측정하였다는 점에서 큰 차이가 있다.

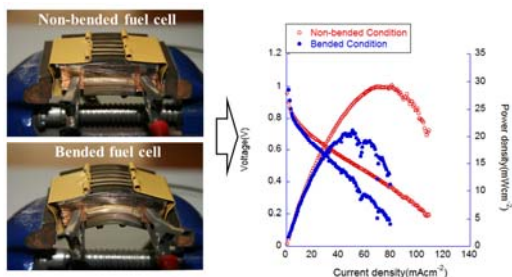


Fig.2. Experimental set-up and IV performance

4. 결론

본 연구에서는 PDMS 를 통해 플렉서블 연료전지를 구현하였으며 기존 문헌과 비슷한 성능을 측정됨을 확인하였다. 그 뿐만 아니라 기존의 스택 구조인 엔드 플레이트, 집전판, 유로 구조인 3 개부품을 PDMS 하나로 대신한 스택을 제작함으로써 매우 간단한 구조를 가지는 스택을 만들 수 있음을 확인하였다.

후기

본 연구는 교육과학기술부 중견연구자-협동 (2011-0029576)과제의 지원 및 서울대학교 BK21 및 정밀공동기계설계연구소 지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. Rogers, John A. and Lee, Hong H. *LeeUnconventional Nanopatterning Techniques and Applications*, Wiley, 2008.
2. Kim, D. H., Viventi, J., Amsden, J. J., Xiao, J., Vigeland, L., Kim, Y. S., Blanco, J. A., Panilaitis, B., Frechette, E. S., Contreras, D., Kaplan, D. L. , Omenetto, F. G., Huang, Y., Hwang, K. C., Zakin, M. R., Litt, B., and Rogers, J. A., "Dissolvable films of silk fibroin for ultrathin conformal bio-integrated electronics," *Nat. Mater.* **9**, 511-517. 2010,
3. Lacour, S. P., Benmerah, S., Tarte, E., FitzGerald, J., Serra, J., McMahon, S., Fawcett, J., Graudejus, O., and Yu, Z., "Morrison, Flexible and stretchable micro-electrodes for in vitro and in vivo neural interfaces," *3rd. Med. Biol. Eng. Comput.* **48**, 945-954, 2010.
4. N, S. I., Kim, S. S., Jo, J., Kim, D. Y., "Efficient and Flexible ITO-Free Organic Solar Cells Using Highly Conductive Polymer Anodes," *Adv. Mat.*, **20**, 4061-4067, 2008.