

휴대 전자기기용 DMFC Cell Pack 개발 Development of DMFC Cell Pack for portable electronics

최경환, 이설아, 김지래, 장혁
삼성종합기술원 MD Lab

1. 서론

휴대용 정보통신기기의 발달은 단순한 통화기능에서 동영상, 인터넷, 칼라 디스플레이등 고기능화 되어가고 있으며, 크기 또한 소형화되는 추세이다. 그러나 IMT 2000등 정보통신 기기는 동영상, 화상통화등 편리함을 제공하지만 고기능화에 따른 사용시간의 제한은 사용자들에게 큰 불편을 주며 정보통신기기의 개발에 큰 걸림돌이 되고 있다. 기존의 2차전지를 사용할 경우 사용시간이 크게 감소하며, 용량증가에 따른 크기의 증가가 필요하게 된다. 따라서 휴대용 정보통신기기의 고기능화에 발맞추어 충전없이 장시간 사용할 수 있는 새로운 형태의 전원이 요구된다.

메탄올을 연료로 사용하는 직접메탄올연료전지(Direct Methanol Fuel Cell)는 매우 높은 에너지밀도를 가지며 상온에서 작동이 가능한 환경친화적인 기술이다. DMFC는 액체연료를 사용하여 전기를 생성하기 때문에 연료의 취급이 용이하며 경량화, 소형화가 가능하다. 또한 휴대용 정보통신기기에 적용시 충전없이 장시간 사용이 가능하며 연료 카트리지의 교환만으로 재사용이 가능한 특징이 있다.

DMFC의 연구는 크게 고성능 촉매 및 전극개발, 메탄올 crossover 억제 전해질막 개발, Cell Pack개발 등으로 나눌 수 있다. 촉매개발은 anode에서 CO에 의한 촉매피독을 방지하기 위한 합금촉매의 개발과 활성이 우수한 촉매를 개발하는 것이 key technology가 되며, 전극개발은 촉매의 loading량을 줄이고 반응물질의 원활한 공급과 반응 부생성물, 미반응물의 원활한 배출을 위한 전극구조를 개발하는 것이 중요하다. Cell Pack의 개발은 출력밀도와 에너지밀도를 향상시키기 위해 소형화 및 경량화 시켜야 하며 이에 따른 재료의 개발이 이루어져야하고, 전극간의 직렬연결을 위한 회로의 설계기술이 중요하다.

본 연구에서는 메탄올 및 공기의 확산에 용이한 전극지지체를 적용하고, diffusion layer의 재료 및 구조를 개선하였으며, 다양한 전극제조방법을 이용하여 DMFC용 고성능 전극을 제조한 후 성능테스트를 통해 최적의 전극 제조조건을 얻었다. 제조된 전극은 single cell 및 12 cell로 구성된 Cell Pack에 적용하여 성능특성을 연구하였다. 또한 Nafion의 이온전도도를 유지하면서 메탄올 crossover의 억제가 가능한 hybrid membrane을 제조하여 이를 적용한 cell의 성능특성을 연구하였다.

2. 실험방법

전극지지체는 carbon paper 혹은 기공구조가 개선된 재료를 사용하였으며 그 위에

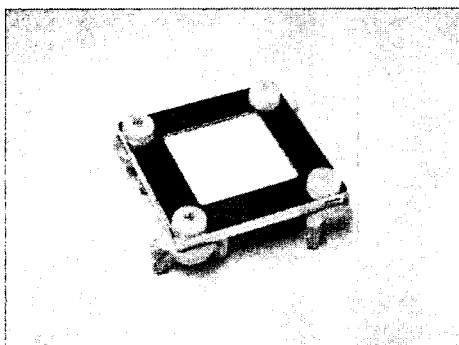
diffusion layer와 catalyst layer를 코팅하여 전극을 제조하였다. Diffusion layer는 carbon black(Vulcan XC-72R) 또는 activated carbon fiber와 5 - 30 wt.% PTFE, IPA 를 혼합한 슬러리를 spraying하거나 squeezing한 후 120℃ 오븐에서 2시간 건조하여 제조하고, 이밖에 더욱 효율적인 액체 혹은 기체 확산을 위한 구조를 시도하였다. Catalyst layer는 diffusion layer위에 PtRu black(anode) 또는 Pt(cathode)와 5 wt.% Nafion solution(Aldrich Co.)을 혼합한 슬러리를 spraying하거나 squeezing한 후 80℃ 진공오븐에서 2시간 건조하여 제조하였다. 이때 사용된 촉매 loading량은 anode 전극에 4-10 mg/cm², cathode 전극에 2-10 mg/cm² 이었다.

전해질막은 H₂O₂와 H₂SO₄를 이용해 전처리한 Nafion 115를 사용하였으며 60℃, 진공상태에서 1시간 건조시켰다. MEA는 anode와 cathode 전극사이에 전해질막을 넣고 125℃에서 5분간 hot-pressing하여 제조하였다. 또한 Nafion의 이온전도도를 유지하면서 메탄올 crossover의 억제 가능한 hybrid membrane을 제조하여 cell에 적용하였다.

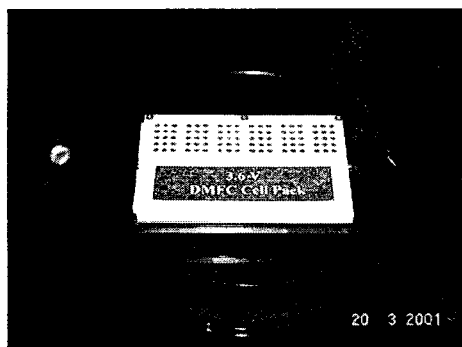
제조된 MEA는 면적이 9 cm²인 single cell과 면적이 2 cm²인 12 cell로 구성된 Cell Pack에 넣어 성능을 측정하였다. Single cell과 Cell Pack의 성능측정은 2 - 10 M 메탄올과 air-breathing 조건 하에서 Potentiostat/Galvanostat (SI 1287, Solartron Co.)를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 전극의 성능테스트를 위해 제작된 single cell test 장치와 Cell Pack의 사진이다. Single cell은 반응면적이 9 cm²이며 3 mm 두께의 금도금된 SUS plate 두장으로 되어 있으며, 상판에는 메탄올을 공급하기 위한 hole과 reservoir가 있고 hole위에는 메탄올의 원활한 공급을 위한 wicking sheet가 있다. 하판에는 air공급을 위한 hole이 있어 air-breathing 시스템으로 작동하게 된다. Monopolar형의 Cell Pack은 12장의 cell을 직렬로 연결할 수 있도록 되어있으며 총반응면적은 24 cm²이다.



(a)



(b)

Fig. 1. Single cell(a) and Cell Pack (b) (12 cells).

Fig. 2는 촉매 loading량에 따른 Cell Pack의 성능을 비교하여 나타낸 것이다. Anode와 cathode의 촉매 loading량이 각각 4(anode, mg/cm²)/2(cathode, mg/cm²), 6.5/2, 10/10 증가함에 따라 Cell Pack의 성능이 향상됨을 알 수 있다. 특히 anode 촉매 loading량의 증가보다는 cathode 촉매 loading량의 증가에 더 큰 영향을 받는 것을 알 수 있는데, 이는 DMFC에서는 anode reaction의 kinetics가 중요하기는 하지만 air-breathing system에서는 cathode 반응의 kinetics역시 중요하다는 것을 보여준다. 촉매 loading량이 4/2 mg/cm² 일 경우에는 3.6 V(0.3V per cell)에서 Cell Pack의 성능이 42mA (21mA/cm²)이지만, 촉매 loading량이 10/10 mg/cm² 일 경우에는 97mA (47.5mA/cm²)로 크게 향상되었다.

전해질막의 종류에 따른 Cell Pack의 성능비교는 Fig. 3에 나타내었다. 전해질막은 Nafion 112와 115를 사용하였으며 전극의 촉매 loading량은 anode와 cathode 각각 4, 2 mg/cm² 이었다. 알려진 바와 같이 Nafion 112가 115에 비해 두께가 얇기 때문에 이온전도도는 좋지만 메탄올 crossover량이 115에 비해 크기 때문에 성능은 약간 감소한 것으로 생각된다.

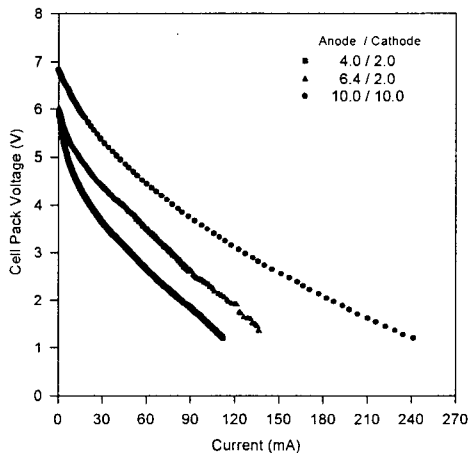


Fig. 2. Cell Pack performance with catalyst loading (5M methanol/Air-breathing, R.T., 2cm² -12cells)

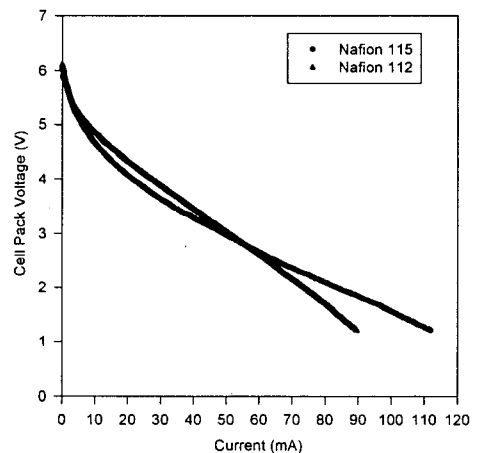


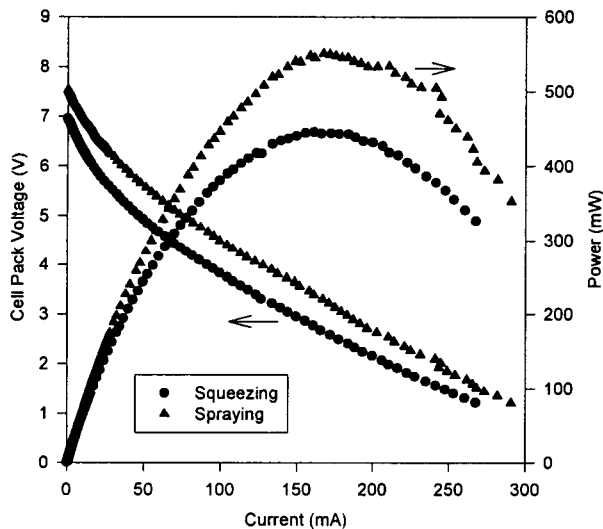
Fig. 3. Cell Pack performance with electrolyte (4mg/cm²PtRu, 2mg/cm²Pt, R.T., 2cm² -12cells)

Fig. 4는 전극제조 방법에 따른 Cell Pack의 성능변화를 나타낸 것이다. Spraying법으로 catalyst layer를 제조한 전극의 성능이 squeezing법으로 제조한 전극의 성능보다 우수한 것을 알 수 있다. Spraying법은 catalyst layer의 porosity를 증가시킴으로서 반응물의 촉매 active sites로의 접근을 용이하게 하여 성능이 향상된 것으로 생각된다. Sparying법으로 제조된 전극을 사용한 Cell Pack의 성능은 3.6 V(0.3 V per cell)에서 150 mA (75mA/cm²)이

었으며 최대 550mW(at 3.3V)의 출력을 나타내었다.

4. 결론

Cell Pack의 출력밀도와 에너지밀도는 전극의 성능과 밀접한 관계를 가지므로 전극성능의 향상은 매우 중요한 요소가 된다. 전극성능의 향상은 전극지지체, 촉매의 activity, 촉매 loading량, catalyst layer 및 diffusion layer의 구조, ionomer의 첨가량 등 여러 변수에 의해 영향을 크게 받는다. 본 연구에서는 전극제조시 diffusion layer의 재료와 구조를 개선하고 spraying법의 사용과 최적의 촉매 loading량을 통해 Cell Pack의 성능을 크게 향상시켰고 3.6 V에서 150mA(75mA/cm²)의 성능과 최대 550mW(at 3.3V)의 출력을 얻을 수 있었다. 또한 자체 개발한 hybrid membrane을 셀에 적용함으로써 Nafion membrane 대체 가능성을 확인하였다.



5. 참고문헌

- 1) S.R. Narayanan, T.I. Valdez and F. Clara, 2000 Fuel Cell Seminar, Portland, Oregon, 2000, p.795-798.
- 2) K. Scott, W.M. Taama and P. Argyropoulos, J. Power Sources, 79, 1999(43).