

## Note PC 용 연료전지 시스템의 개발과 전망 Development of DMFC System for Note PC

최경환, 이운희, 유대중, 이철아, 김지래, 김혜경, 박찬호, 이승재, 장혁,  
김성훈\*, 조성래\*, 이상화\*, 이창홍\*  
삼성종합기술원, \*삼성전자

### 1. 서론

고화질, 고성능 및 다양한 부가적 기능을 특징으로 하는 휴대전화기, PDA, Note PC 등 소형 전자기기의 개발은 멀티미디어의 기능이 강화되는 추세이며 이에 따른 소모전력은 계속적으로 증가하고 있다. 이에 발맞추어 이차전지의 용량 또한 계속적으로 증가하고 있으며 각 소자의 저전력화 및 효율 향상 등을 통해 전자기기의 사용시간을 연장할 해오고 있다. 그러나 차세대 전자기기들의 고출력, 고에너지 용량에 대한 요구에 대응할 수 있는 뚜렷한 대안은 미흡한 수준이다.

직접매탄올연료전지(DMFC)는 연료가 갖는 에너지밀도가 높고 사용이 편리하기 때문에 소형 전자기기의 새로운 에너지원으로 사용되기에 좋은 특성을 가지고 있다. 또한 장시간의 충전이 필요 없고 연료 cartridge 의 간단한 교체만으로 사용시간을 연장할 수 있기 때문에 진정한 의미의 wireless 시대를 열 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구에서는 Note PC 용 DMFC 시스템의 구축을 위해 연료전지 스택을 개발하고 air compressor, liquid pump, DC-DC converter 등 주변장치와 제어회로를 집적화하였다. 시스템의 소형화를 위해서 graphite composite 재질의 얇은 바이폴라판과 소형 pump 를 사용했으며, 시스템 내부의 dead space 를 최소화하기 위한 디자인을 적용하였다. 또한 시스템 설계시 연료공급량과 BOP 소모전력, 시스템 부피의 균형을 통해 시스템의 효율을 향상시켰다.

### 2. 실험방법

#### 스택(Stack)

연료전지 스택의 출력은 시스템 전체의 출력밀도를 결정하므로 소형화, 경량화 및 고출력화를 고려해서 디자인 되었다. 바이폴라판에서 전극의 active area 가 60% 이상이 되도록 flow field 를 디자인하고 얇은 바이폴라판을 사용함으로써 무게와 부피를 줄였다. 또한 End plate 와 전류집전판을 일체화 시킴으로써 전기적 저항을 감소시켰고 Note PC 에 적용하기 위해서 스택의 두께를 최소화하였다. Fig. 1 은 Note PC 용 DMFC 시스템에 적용된 연료전지 스택을 나타낸 것이다.

## BOP

연료전지에 공급되는 연료의 양, 특히 cathode 쪽의 공기 양은 연료전지 스택의 성능에 매우 중요한 영향을 미치게 된다. 공기의 공급은 소형 air compressor 를 사용하였는데 공기의 유량에 따라 요구되는 air compressor 의 부피와 소모전력이 급격히 증가하게 된다. 따라서 연료의 공급량에 따른 연료전지 스택의 성능과 소모전력 사이의 관계로부터 최적의 조건을 도출하였다.

DMFC 시스템의 에너지밀도는 fuel storage 의 부피와 연료의 농도에 비례하므로 동일한 부피에서 최대의 에너지밀도를 얻기 위해서는 고농도 또는 순수 메탄올의 사용이 필수적이다. 따라서 초소형의 메탄올 농도센서를 사용하여 저농도(1~2M)의 연료를 공급할 수 있는 fuel mixer 의 설계가 요구되며 mass balance 에 의한 water management 가 중요한 요소기술이 된다. 1 회 사용시간이 짧은 휴대용 연료전지의 경우 시스템 제어 로직(control logic)을 통해서도 저농도의 연료공급이 가능하다.

반응생성물인 CO<sub>2</sub>의 배출을 위한 CO<sub>2</sub> separator 와 물의 recycling 제어는 시스템 전체의 balance 를 위해 필수적인 요소이다. 본 연구에서는 CO<sub>2</sub> separator 와 water recycling 을 일체화한 구조를 사용하여 공간적 낭비와 배관에 따른 압력강하를 억제하였다.

## 시스템 운전

연료전지의 초기 start-up 은 보조 battery 에서 전원을 공급하며 이후 스택 성능이 정상상태가 되면 battery 로부터의 전원공급은 차단되며 시스템 운전에 필요한 모든 전원은 연료전지로부터 공급된다. 연료전지 시스템에 연결된 Note PC 의 booting 및 작동에 따른 부하변동에 따라 시스템은 작동하며 과도한 부하에 대한 보호회로가 내장되어 있다. Fig. 2 는 Note PC 용 DMFC 시스템을 나타낸 것으로 기존 battery pack 과 동일한 체결구조로 되어 있다.

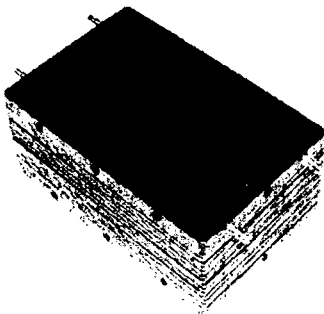


Fig. 1. Stack for DMFC System

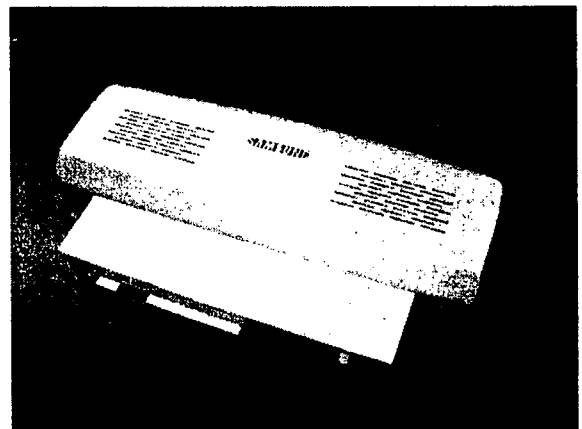


Fig. 2 DMFC System for Note

PC

3. 결과 및 고찰

MEA의 성능향상을 위해서 anode 전극의 확산층에 친수성 영역과 소수성 영역을 조절함으로써 연료의 공급과 CO<sub>2</sub> 배출특성을 향상시켰고 cathode 전극의 확산층의 기공도를 조절함으로써 저유량의 연료공급에서도 성능저하가 작은 구조를 개발하였다. 면적이 10 cm<sup>2</sup> 인 MEA의 성능특성을 Fig. 3에 나타내었다. 2M 메탄올과 air 공급이 3 stoichio.일 경우 셀의 최대성능은 75 mW/cm<sup>2</sup> (40°C) 이었고 셀의 온도증가가 성능에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있었다. 이때 전극에 사용된 촉매의 양은 10 mg/cm<sup>2</sup> (for PtRu anode and Pt cathode) 이었다. 실제 스택에 적용된 MEA에는 anode에는 PtRu black 촉매를 사용했고 cathode의 경우 carbon에 Pt가 담지된 Pt/C를 사용하였고 촉매의 loading을 7mg/cm<sup>2</sup>로 낮추었다.

스택의 성능은 출력도 중요하지만 셀간의 성능편차가 적어야 안정된 출력을 얻을 수 있다. Note PC용 DMFC 시스템에는 10W급 2개의 스택이 사용되었는데 14-cell 스택의 경우 위, 아래의 온도편차에 따른 출력편차가 10~20mV가 발생하였고 시스템에 사용된 두 스택 간의 성능차가 최대 1W이내로 비슷한 성능을 나타내었다(Fig. 4).

Fuel storage의 부피는 약 114 cc로 순수메탄올을 사용할 경우 Note PC의 사용가능(nominal power) 시간은 약 10시간 내외이다. 연료전지 스택을 full power로 장시간 작동할 경우 최대상승 온도는 약 55°C 정도이고 시스템 외표면의 온도는 30°C 이하로 별도의 냉각은 사용하지 않았다.

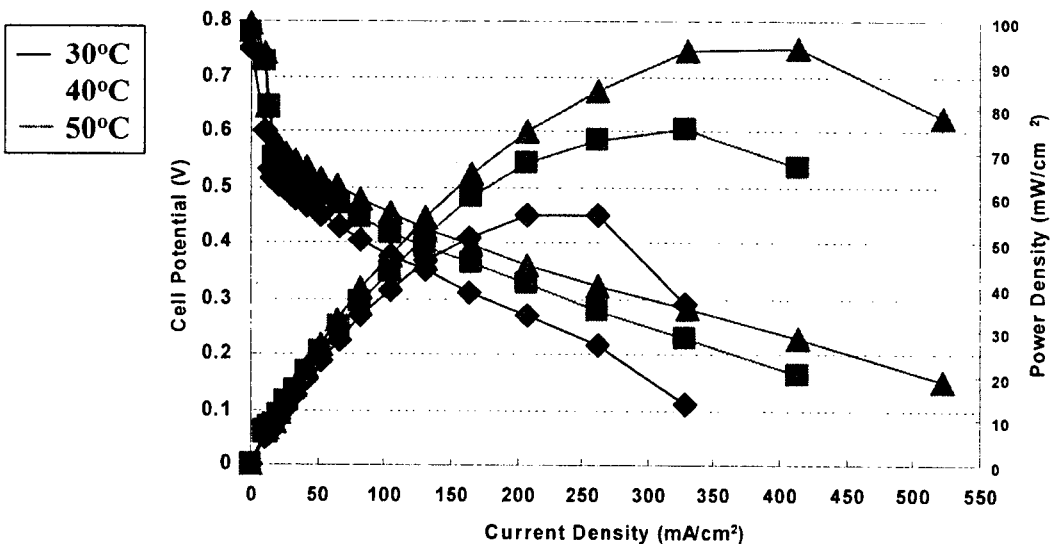


Fig. 3. Single cell performance with operating temperature.

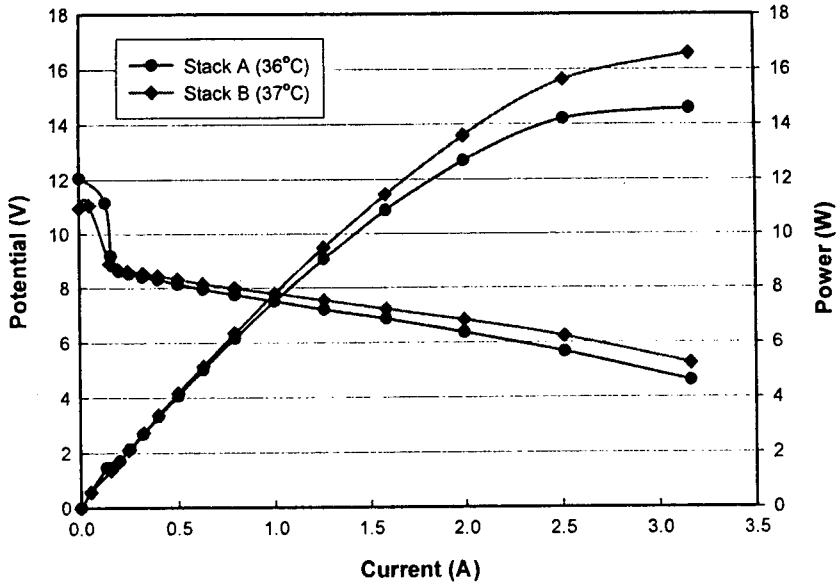


Fig. 4. Comparison of performance of stack A and B.

#### 4. 결론

삼성중합기술원의 연료전지기술과 삼성전자의 회로 및 기구기술을 활용하여 Note PC 용 DMFC 시스템을 개발하였다. DMFC 시스템에 사용된 연료전지 스택의 개당 출력은 10~12W (nominal power) 이었고 BOP 소모전력을 제외한 나머지 출력은 Note PC 의 전원으로 사용되었다. 연료전지 스택, BOP, fuel storage, tubing, control board 등이 결합된 소형화된 DMFC 시스템개발을 통해 연료전지의 상용화 가능성을 확인할 수 있었다.

그러나 Note PC 용 연료전지를 상용화하기까지는 아직까지 기술적으로 해결해야 할 부분이 많이 남아 있는 기초단계이다. 펌프, compressor 등 연료전지용 주변장치의 개발, 편리한 fuel cartridge 교체방식, 신뢰도와 정확도가 우수한 초소형 메탄올 센서, Note PC 의 작동특성에 적합한 system operating logic 개발, battery 와의 hybrid 시스템 등이 향후 해결해야 할 과제로 남아 있다. 또한 연료전지가 기존의 이차전지 시장을 대체하기 위해서는 이차전지 수준의 안정성과 신뢰성을 확보하는 것이 무엇보다 중요하다.