

## 전해질염에 따른 EDLC 전기화학적 특성

권재성, 박장우, 김상헌, 박정호, G.G. Wallace<sup>1</sup>, 고장면\*  
 한밭대학교 응용화학생명공학부, <sup>1</sup>University of Wollongong, Australia  
 ([jmko@hanbat.ac.kr](mailto:jmko@hanbat.ac.kr)\*)

### Electrochemical Properties for Electric Double Layer Capacitor in the propylene carbonate with spirobipyrrolidinium tetrafluoroborate and tetraethylammonium tetrafluoroborate

Jae Sung Kwon, Chang Woo Park, Sang Hern Kim, Jeong Ho Park,  
 G.G. Wallace<sup>1</sup>, Jang Myoun Ko\*  
 Division of Applied Chemistry and Biotechnology, Hanbat National University,  
<sup>1</sup>University of Wollongong, Australia  
 ([jmko@hanbat.ac.kr](mailto:jmko@hanbat.ac.kr)\*)

## 1. 서론

전하의 흡·탈착에 의해 에너지를 저장하는 전기 이중층 커패시터(electric double layer capacitor; EDLC)는 친환경 소재인 활성 탄소를 전극 물질로 사용하여 반영구적인 수명과 높은 에너지, 파워 밀도를 나타내 차세대 에너지 저장장치로서 하이브리드 자동차와 연료전지 차량의 전원으로 각광받고 있다[1]. EDLC의 전극 용량은 활성탄소의 비표면적과 전해질의 종류에 따라 달라져[2] 높은 축전 용량을 얻기 위해서는 비표면적과 지름의 최적화, 그리고 전해질을 잘 선택해야 한다.

본 연구에서는 EDLC의 축전 용량을 향상시키기 위하여 활성탄소(MSP-20)를 전극물질로 유기용매 Propylene Carbonate(PC)에 전해질 염인 spirobipyrrolidinium tetrafluoroborate (SBPBF<sub>4</sub>)와 tetraethylammonium tetrafluoroborate (TEABF<sub>4</sub>)에서 각각 전기화학적 특성을 조사하였다.

## 2. 실험

### 2.1 EDLC 전극

EDLC 전극을 제조하기 위해 비표면적이 2000 m<sup>2</sup>/g인 활성탄소 MSP-20과 도전체로 Super-P와 CNF(Amotech, Korea)를 전극 물질의 각각 14 wt.%, 3 wt.% 사용하였으며 전극 제조에 사용하는 결합제로는 수계바인더로 CMC/SBR(Critical Micelle Concentration 3 wt.%, Styrene Butadiene Rubber 2 wt.%)를 첨가하였다. 전극의 집전체로는 알루미늄 호일을 사용하였고 전극의 크기를 1x1 cm<sup>2</sup>로 활물질을 코팅하였다. 전기화학적 특성을 조사하기 위해 사용한 전해액으로는 PC/SBPBF<sub>4</sub>와 PC/TEABF<sub>4</sub>를 각각 1M로 사용하였다.

커패시터를 제조하기 위하여 준비한 전극을 양쪽에 동일하게 놓고 분리막 Rayon을 사용하여 전해액을 함침시킨 후 샌드위치 시켜 알루미늄 파워치로 밀봉하여 셀을 조립하였다.

## 2.2 전기화학적 특성분석

각각의 전해액에 따른 전기 화학적 특성을 조사하기 위하여 2전극계로 순환 전압전류법인 cyclic voltammetry(CV)를 Auto Lab(PGSTAT100)을 사용해 0 ~ 2.75 V 영역에서 다양한 주사속도로 비용량을 측정하였으며 임피던스 FRA (frequency response analysis) 또한 Auto Lab에서 10 mHz ~ 100 kHz의 주파수 범위에서 10 mV의 진폭으로 측정하였다.

## 3. 결과 및 토론

용매 PC에서 서로 다른 전해질염인 SBPBF<sub>4</sub>와 TEABF<sub>4</sub>의 이온전도도 측정결과 PC/SBPBF<sub>4</sub>에서의 이온전도도가  $2.01 \times 10^{-2}$  S/cm로 PC/TEABF<sub>4</sub>에서 얻어진  $1.3 \times 10^{-2}$  S/cm보다 높게 나타내었다. 이는 SBPBF<sub>4</sub> 전해질염이 TEABF<sub>4</sub>보다 유기용매 PC안에서 해리되어 이온들의 이동도가 높다는 것을 알 수 있다.

Fig. 1은 각각의 전해질 염을 사용했을 때 EDLC의 전기화학적 특성을 확인하기 위해 다양한 주사속도에서 얻어진 CV 그래프를 나타낸 그림이다. CV 그래프 모양은 모두 EDLC의 이상적인 형태인 직사각형을 나타내었지만 PC/SBPBF<sub>4</sub>에서 좀 더 높은 전류값을 확인할 수 있었다.

Fig. 2는 CV 그래프에 의해 얻어진 비용량을 전위주사속도에 따라 나타내었다. PC/SBPBF<sub>4</sub>에서의 비용량 값은 5 mV/s에서 46 F/g으로 TEABF<sub>4</sub>에서 얻어진 41 F/g보다 우수하였다. 이는 앞서 확인한 이온전도도가 용매 PC에서 TEABF<sub>4</sub>보다 SBPBF<sub>4</sub>에서 더욱 우수하며 전기화학적으로 안정함을 보이기 때문으로 판단된다.

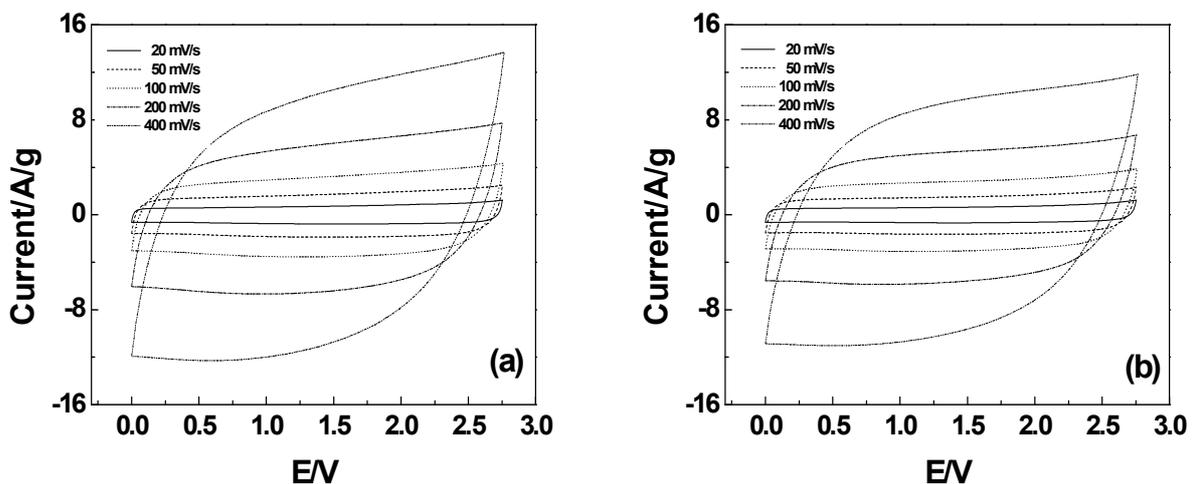


Fig. 1. Cyclic voltammograms of EDLC as a function of scan rate in (a)PC/SBPBF<sub>4</sub> and (b) PC/TEABF<sub>4</sub>.

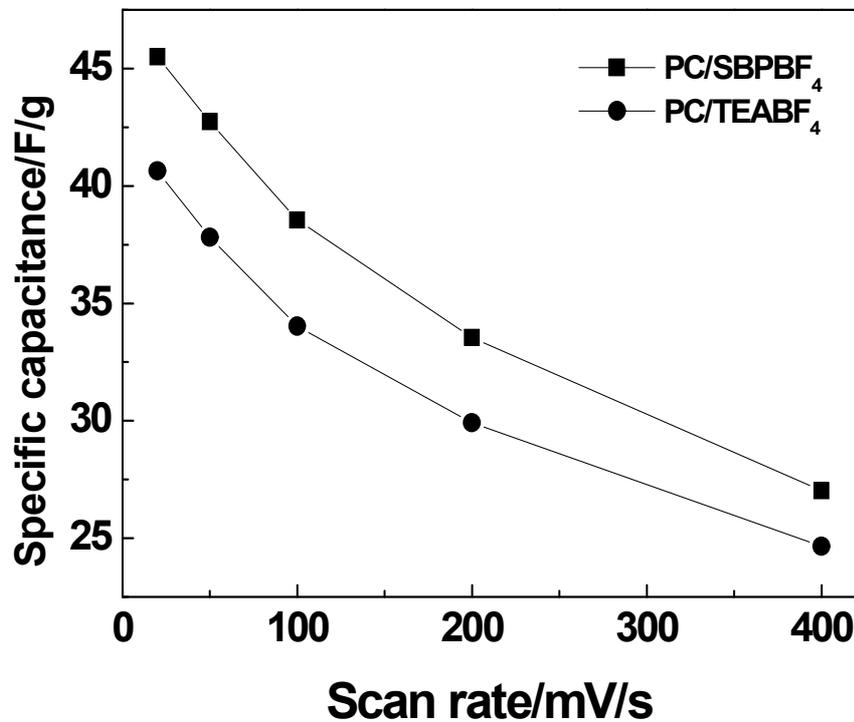


Fig. 2. Specific capacitances of the electrode as a function of scan rate in PC/SBPBF<sub>4</sub> and PC/TEABF<sub>4</sub>.

Fig. 3은 MSP-20 전극을 이용하여 제작된 EDLC를 유기 전해액 PC/SBPBF<sub>4</sub>와 PC/TEABF<sub>4</sub>에서 나타낸 Nyquist plot과 Bode plot을 나타낸 그림이다. Fig. 3(a)에 그려진 Nyquist에서 처음 찍혀진 값은 전해질과 관련된 저항이고 semicircle의 연장선과 real resistance(X축)과의 교점인 Rct 값은 전하 이동 저항 값으로 이 값들의 차가 용량발현과 관련된 저항을 의미한다. Nyquist에서 알 수 있듯이 전해질의 이온전도도와 관련된 저항값이 PC/SBPBF<sub>4</sub>에서 1.02Ω으로 PC/TEABF<sub>4</sub>보다 낮은 값을 가졌다. 또한 전극들은 높은 주파수에서 전하 이동 저항(Rct)을 나타내었고 90°에 가깝게 그래프가 그려지며 용량거동을 나타내었다. Rct값 또한 PC/SBPBF<sub>4</sub>와 PC/TEABF<sub>4</sub>에서 각각 3.2 Ω, 3.5 Ω을 나타내어 임피던스 결과를 통해 CV에서 얻었던 결과와 마찬가지로 PC/SBPBF<sub>4</sub>에서의 전기화학적 특성이 PC/TEABF<sub>4</sub>를 사용한 전극보다 우수함을 확인할 수 있었다.

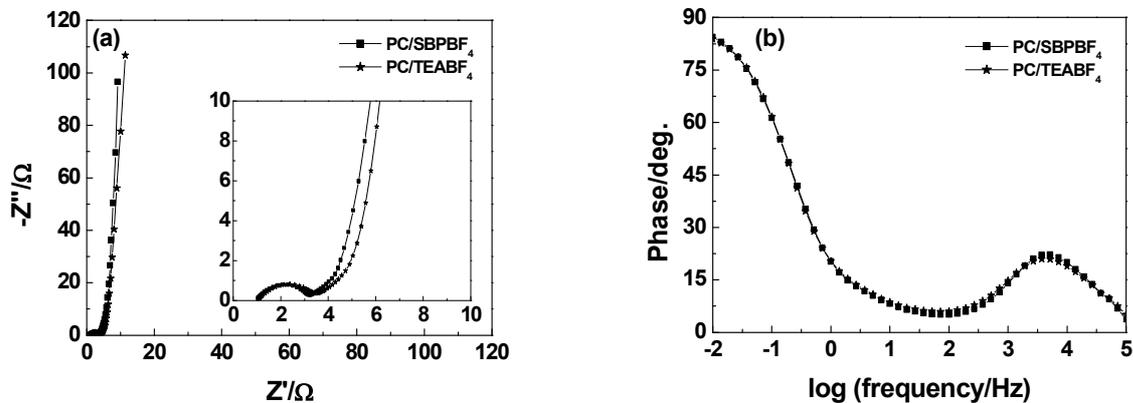


Fig. 3. Impedance spectra for EDLC in 1 M PC/SBPBF<sub>4</sub> and PC/TEABF<sub>4</sub> at 1.4 V  
(a) Nyquist Plot, (b) Bode Plot

#### 4. 결론

활성탄소 MSP-20을 사용하여 만든 EDLC전극은 유기용매인 PC에 전해질염인 SBPBF<sub>4</sub>와 TEABF<sub>4</sub> 1M을 각각 제조하여 사용하였다. 이온전도도 측정결과 PC/SBPBF<sub>4</sub>에서  $2.01 \times 10^{-2}$  S/cm로 PC/TEABF<sub>4</sub>의 이온전도도  $1.3 \times 10^{-2}$  S/cm보다 크게 확인 되었다. CV 분석 결과 전위주사 속도 100 mV/s에서 PC/SBPBF<sub>4</sub>와 PC/TEABF<sub>4</sub>의 비용량은 각각 39 F/g, 34 F/g을 가졌다. Impedance spectroscopy결과 또한 Rct 값이 PC/SBPBF<sub>4</sub>에서 3.2  $\Omega$ 으로 PC/TEABF<sub>4</sub>보다 낮게 측정되어 EDLC 전해질로서의 우수한 성능을 나타내었다.

#### 참고문헌

1. Yamada, H., Moriguchi, I., Kudo, T., "Electric double layer capacitance on hierarchical porous carbons in an organic electrolyte", *J. Power Sources*, **175**, 651-656(2008).
2. Yang, C. M., Lee, J. K., Cho, W. I., Cho, B. W., Rim, B. O., "Electrochemical Characteristics of EDLC with various Organic Electrolytes", *J. Korea Electrochemical Society*, **4**, 113-117(2001).