

# 초고용량 커패시터용 금속산화물/탄소나노튜브 나노복합 소재

## Metal Oxide/Carbon Nanotube Composites for Electrochemical Capacitor Applications

\*#김광범<sup>1</sup>, 김지영<sup>1</sup>, 윤승범<sup>1</sup>

\*#K. B. Kim<sup>1</sup>(kbkim@yonsei.ac.kr), J. Y. Kim<sup>1</sup>, S.B.Yoon<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 연세대학교 금속시스템공학과 에너지 변환·저장 재료연구실

Key words : Electrochemical capacitor, ruthenium oxide, specific capacitance

### 1. Introduction

고성능 휴대용 전원은 모든 휴대용 정보 통신 기기, 전자, 전기 기기, 전기자동차등에 필수적으로 사용되는 완제품 기기의 핵심부품이다. 최근 개발되고 있는 차세대 에너지 저장시스템은 모두 전기 화학적인 원리를 이용한 것으로 Li계 이차전지와 electrochemical capacitor가 대표적이다.

이차전지는 단위 무게 혹은 부피당 축적할 수 있는 에너지의 량 (에너지 밀도)의 측면에서는 우수하나 사용시간 (Cycle life), 충전시간, 단위시간당 사용할 수 있는 에너지의 량 (출력밀도) 측면에서는 아직 많은 개선의 여지를 보이고 있다. 그러나 electrochemical capacitor는 에너지 밀도 면에서는 이차전지에 비해 작으나 cycle life, 충전시간, 출력 밀도 면에서는 이차 전지에 비해 매우 우수한 특성을 보이고 있다. 따라서 electrochemical capacitor의 경우 에너지 밀도를 향상시키기 위한 연구개발이 활발히 진행되고있다. 전기 화학적 원리를 이용한 초고용량 electrochemical capacitor는 전기 이중층 (electrical double layer)의 원리를 이용한 전기 이중층 캐패시터 (electric double layer capacitor : EDLC)와 배터리와 유사한 faradaic process에서 발생하는 pseudocapitance에 의해 EDLC 형에 비해 최고 용량이 10배정도 큰 초고용량을 발현하는 supercapacitor로 구분된다.<sup>1,2</sup> EDLC의 경우 캐패시터의 전극 활물질로서 활성탄소/섬유를 사용하여 고밀도의 전하를 전기 이중층 내에 축전하며 supercapacitor는 전극 활물질로 금속산화물을 사용한

다.

특히 ruthenium oxide의 경우 매우 우수한 성능을 나타내고 있어 supercapacitor용 금속산화물 전극으로 가장 많은 연구가 진행되고 있다.<sup>3</sup> 일반적으로 ruthenium oxide는 수화도에 따라 물성 및 전기화학 특성이 크게 변화하여, 수화도 제어를 통하여 ruthenium oxide 전극의 전기화학적 특성을 극대화하고자 한다.<sup>4</sup> 또한 ruthenium oxide 전극의 고율특성의 향상을 위하여 전기전도도가 우수한 탄소나노튜브 (MWNT)와의 복합화를 통하여 고율 특성을 향상하고자 하였다. 특히 supercapacitor용 ruthenium oxide 나노입자 혹은 ruthenium oxide/탄소나노튜브 복합소재 전극을 ESD (Electrostatic Spray Deposition)라는 방법을 통해 적은 공정시간이 소요되면서도 간단하게 제조하고자한다.

### 2. Experimental

용액법 혹은 화학적 방법에 의하여 금속산화물 및 금속산화물/탄소나노튜브 복합소재를 합성하였으며, SEM, TEM, Raman, TGA 분석 등을 통하여 물성을 평가하고, CV, 충방전 실험 등 전기화학적 특성을 평가하였다.

### 3. Results and Discussions

본 연구에서는 용액법에 의해 합성된  $RuO_2 \cdot xH_2O$  나노입자의 수화도(x)를 공정변수 제어에 의하여 각각 0.64, 1.10으로 제어하였다. Fig. 1은 수화도가 제어된  $RuO_2 \cdot xH_2O$  나노입자의 FETEM 사진으로 수화도가 각각 (a) 0.64, (b) 1.10 인 경우,  $RuO_2 \cdot xH_2O$

나노입자의 크기는 2nm 로 동일하며, 입자크기 분포가 균일하였다. 합성된  $\text{RuO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  나노입자의 물성분석을 위하여 열분석(TGA) 및 라만 분석을 실시하였다.  $\text{RuO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  나노입자 전극의 전기화학 분석을 위하여 ESD (Electrostatic Spray Deposition) 장비를 이용하여 전극화하고 전기화학 특성을 평가하였다.

동일한 방법으로  $\text{RuO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ /탄소나노튜브(MWNT) 복합소재를 합성하고 FETEM, Raman 등을 통하여 물성을 평가하였으며,  $\text{RuO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ /탄소나노튜브 복합을 ESD장비를 이용하여 전극화하고 전기화학 특성을 평가하였다.

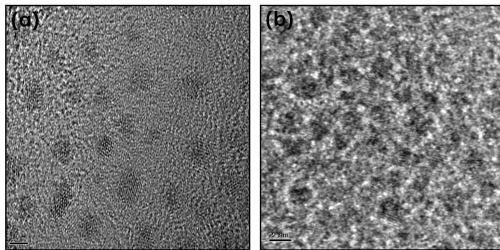


Fig 1. 용액법에 의해 합성된  $\text{RuO}_2$  나노입자의 FETEM

### Acknowledgement

본 연구는 산업기술연구회 협동연구사업(B551179-10-01-00)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

1. B. E. Conway, J. Electrochem. Soc., 138 (1999)1539
2. R. Kotz, M. Carlen, Electrochim Acta, 45 (2000) 2483
3. Jintao Zhang, Jizhen Ma, Li Li Zhang, Peizhi Guo, Jianwen Jiang, and X. S. Zhao, J. Phys. Chem. C, 114 (2010) 13608
4. David A. McKeown, Patrick L. Hagans, Linda P. L. Carette, Andrea E. Russell, Karen E. Swider, Debra R. Rolison, J. Phys. Chem. B, 103 (1999) 4825