

전기이중층 캐패시터용 전극재료 특성 고찰

이용욱, 김명수, 강안수
명지대학교 화학공학과

Study Characteristic of Electrode Material for Electric Double Layer Capacitor

Yong-Wook Lee, Myong-Soo Kim, An-Soo Kang
Dept. of Chem. Eng., Myongji University

서 론

전기이중층 캐패시터(EDLC, Electric Double Layer Capacitor)는 흡·탈착의 원리로 전하를 축적하는 장치로 에너지와 power 밀도면에서 종래의 전해 캐패시터와 전지의 중간 특성을 갖는다[1]. EDLC의 성능을 개선하기 위하여 활성탄을 이용하여 적당한 표면성질과 높은 비표면적을 갖는 전극을 제조하여 전극특성을 연구한다. 활성탄은 다공성 탄소질 흡착제로서 화학공업의 급속한 발전과 함께 분리공정, 정제, 촉매, 또는 용매 회수로의 이용, 나아가서 지구환경오염 문제와 관련한 폐수처리, 공해대책용 흡착제 또는 의료용 흡착제로서 폭넓은 분야에 걸쳐 주목을 받고 있다[2]. 특히 최근 에너지 소비의 증가로 인하여 에너지 생산 증가와 전기에너지의 효율적인 운영 체계를 위한 장치로 각광을 받고 있는 전기이중층 캐패시터의 전극 소재로서 이용되고 있으며, 그 연구가 활발히 진행 중에 있다[3]. 따라서 이러한 장치에서 전기적 특성을 향상시키기 위하여 EDLC는 급속 충전을 위해 작은 내부저항과, 대용량의 전기적 특성이 요구된다.

EDLC는 서로 다른 전극과 전해액의 두 층이 접촉하여 그 계면에 전압을 인가하여 양·음전하가 단거리로 접하여 전하를 축적하며, 2차 전지와 EDLC의 구성과 기본적인 구조는 동일하지만 원리적으로 차이가 있다. EDLC는 전하의 흡·탈착 반응을 이용한 것이며 전지는 화학적 산화, 환원 Faraday 반응을 이용한 것이다. 따라서 EDLC(수초~수분)는 2차전지(2~3시간)에 비교하여 급속 충전 특성을 나타내며 제품수명도 2차 전지(2000 times)와 비교하여 EDLC(100,000 times)가 우수한 특성을 나타낸다[4]. 이러한 특성은 EDLC에서 사용하는 전극과 전해액의 종류에 따라 구분되며, 특히 전극에 따라서 전기적 성능이 변화한다[5,6]. 전극은 EDLC의 정전용량, 내부저항 등에 영향을 주며, 전극 표면의 세공경, 분포 및 전해질의 ion반경 등은 밀접한 관계를 갖는다. 또한 전극과 전해질과의 흡, 탈착에 의한 전하의 이동이 매우 중요하다. 따라서 전극에서 활성탄의 세공의 크기가 일정크기 이상을 유지하고 세공 분포가 일정하며 비표면적이 매우 큰 활성탄계가 주로 요구된다.

본 연구에서는 EDLC용 활성탄 전극 재료별 비저항과 비표면적 및 세공분포 특성과 EDLC의 전기적 특성을 비교 고찰하고자 하였다.

실험방법

1. 전극재료

EDLC 전극용 활성탄은 종래 상품화되어 있는 coconut cell계 분말활성탄(YP-17, 1700 m²/g, Kuraray Chemical, Japan)과 phenol계 분말활성탄(BP-20, 2000 m²/g, Kuraray Chemical, Japan) 및 왕겨(MJ-27, 1700 m²/g, 명지대학교 탄소재료연구실)를 활성화하여 제작된 분말 상태의 활성탄을 사용하였다.

2. EDLC의 제조

2.1. 기본구조

EDLC의 기본적인 구조는 Fig. 1와 같이 비표면적이 매우 큰 활성탄(1700 m²/g 이상)을 이용한 분극성 전극, carbon paste 또는 전도성 고분자 계통의 집전극, 양전극과 음전극간의 접촉에 의한 단락을 방지해주는 격리막 및 전하의 공급을 위한 전해액 등으로 구성된다.

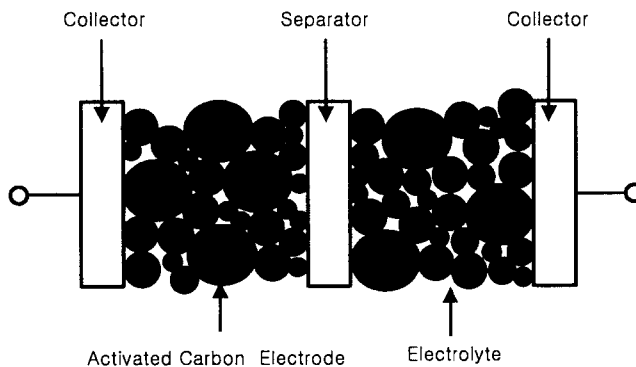


Fig. 1. Structure of electric double layer capacitor.

2.2. 전극제조

Binder로 polyvinylidene fluoride(PVDF) 4.0 wt%를 1-methyl-2-pyrrolidinone(NMP)에 용해한 후 각각의 활성탄을 각각 7 : 3의 일정 중량 비율로 배합하였다. 불균일한 상태의 배합된 혼합물을 기계적 교반기를 이용하여 100~200 rpm의 일정속도로 혼합하였다. Sluge 상태인 활성탄 혼합물을 coater를 이용하여 sheet상태로 제조한 후 진공 건조기를 이용하여 24시간 이상, 100 °C 조건에서 건조하여 1.0~1.2 mm의 일정한 두께의 전극(20 mm × 20 mm)을 제작하였다. .

2.3. 집전체, 전해질 및 격리막

집전체는 aluminium 금속박(두께 : 60~90 μm)을 사용하였으며, 전극과 집전체를 carbon paste를 이용하여 접착하였다. 격리막은 두 전극간의 접촉에 의한 단락을 방지하기 위해 저밀도이며 다공질인 polypropylene/ polyethylene film(Celgard 3501, Celgard)을 격리막으로 사용하였다.

또한 전해질은 용질로 tetraethylammoniumtetrafluoroborate(TEABF₄)를 용매로 propylene carbonate(PC)에 1.0N농도로 제조하였다. 제조된 전해질은 molecular sieves를 이용하여 수분 함수율을 50 ppm 이하로 제습하여 사용하였다.

2.4. 단위 cell 제조

단위cell 제조조건된 전극에 제습·제조된 전해질을 함침시킨 후 절연성 gasket(butyl rubber는 전극을 20 × 20 mm로 cutting하여 aluminium foil에 carbon paste를 이용하여 접착한 후 dry oven을 이용하여 온도 100 °C, 6시간 동안 gel 상태의 carbon paste를 건조한 후 vacuum dry oven을 이용하여 온도 100 °C, 압력 75.5 cmHg 진공으로 감압하여 24시간 이상의 조건으로 전극내 수분을 완전 건조하였다.)으로 밀봉하고 격리막을 전극과 전극사이에 고정하여 bolt와 nut를 이용하여 압착시켜 cell을 제조하였다. 단위cell 제조 후 impedance 측정기(Solatron 1260A, Solatron Ins. Lim.)를 이용하여 인가전압 10mV로 내부저항을 측정한 후 battery test system(BTCCS, Arbin)을 이용하

여 정전압 2.3 V, 10분간 충전 후 정전류 1.0 mA로 1.0 V 까지 방전하면서 방전시간을 측정하여 정전용량을 계산하였다.

결과 및 고찰

단위cell을 제조한 후 Fig. 2과 같이 impedance 측정 결과 phenol 계통의 활성탄 (BP-20) 전극과 coconut cell계 분말활성탄(YP-17) 전극 보다 왕겨 활성탄(MJ-27) 전극을 사용한 EDLC의 내부저항이 가장 낮았으며 전극특성이 우수하였다. EDLC의 내부저항은 방전 초기 전압강하(IR drop) 발생의 원인이다. 따라서 내부저항이 작을수록 전압강하가 작아 EDLC의 정전용량을 증가시킬 수 있다. 따라서 Fig. 3는 각 전극의 cell을 충·방전 실험결과이다. 그림과 같이 impedance 특성의 결과와 같이 왕겨 활성탄 전극의 EDLC의 전압강하가 가장 작게 나타났으며, 높은 비표면적에 의한 전해질 흡착량 증가로 인하여 EDLC의 정전용량 특성이 가장 우수하였다. 실험 결과 Table 1 와 같이 단위cell 내부저항과 정전용량이 왕겨 활성탄을 사용한 EDLC(MJ-27)가 우수한 특성을 나타내었다.

특히 Fig. 2, 3에서 알 수 있는 바와 같이 왕겨 활성탄 전극은 낮은 내부저항을 갖기 때문에 전압강하가 낮아져서 정전용량이 종래 상품화 활성탄 전극을 이용한 EDLC 보다 우수한 전기적 특성을 나타내는 것을 관찰 할 수 있었다.

Table. 1 Electrochemical characteristics of each EDLC.

Carbon	YP-17	BP-20	MJ-27
Resistance[Ω]	4.8	2.8	2.5
Capacitance[F/ g]	6.1	13.6	49.5

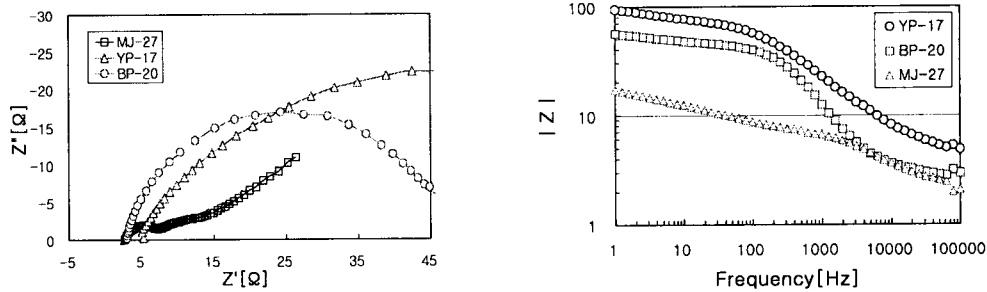


Fig. 2. Characteristics of impedance plot of activated carbon powder electrodes from 10^0 to 10^5 Hz.

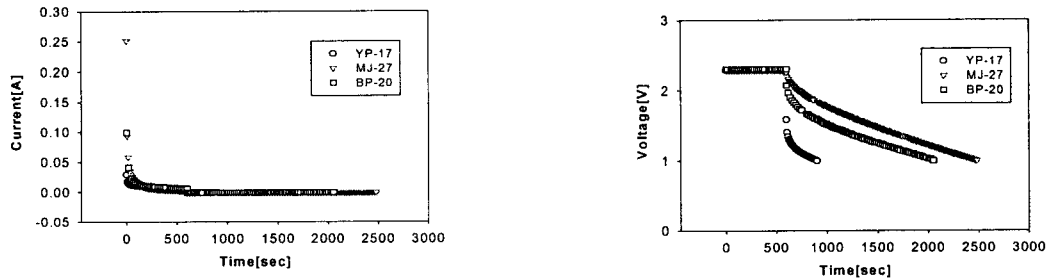


Fig. 3. Charge and discharge characteristics of activated carbon powder electrodes.

참고 문헌

1. A. Nishino, "Technologies & Materials for EDLC", CMC, Japan(1998)
2. 박영태, "활성탄" pp 113~115, 동화기술, 서울(1996)
3. A. Nishino, "Capacitors ; Operating Principles, Current Market and Technical Trends", *J. Power Sources*, 60, 137(1996).
4. Y. Kibi, T. Sato, M. Kurata, J. Tabuchi and A. Ochi, "Fabrication of High-Power Electric Double-Layer Capacitors", *J. Power Sources*, 60, 219(1996).
5. T. Morimoto, K. Hiratsuka, Y. Sanada and K. Kurihara, "Electric

Double Layer Capacitor Using Organic Electrolyte”,

J. Power Sources, 60, 239(1996).

6. K. Hiratsuka, Y. Sanada, T. Morimoto and K. Kurihara, “Evaluation of Activated Carbon Electrodes for Electric Double Layer Capacitors using an Organic Electrolyte Solution”, *Denki Kagaku*, 59, 607(1991).