

## 탄소나노재료와 이산화망간나노분말을 리용한 비대칭초대용량콘덴샤의 제작

김광일, 허충성

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《정보산업, 나노산업, 생물산업과 같은 첨단기술산업을 대대적으로 창설하여 나라의 경제발전에서 첨단기술산업이 차지하는 비중과 중추적역할을 높여나가야 합니다.》

(《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고》 단행본 48페이지)

탄소나노관과 그래펜, 금속산화물재료로 이루어진 복합재료들은 우수한 전기화학적 특성으로 하여 초대용량콘덴샤의 전극으로 널리 응용되고있다. 특히 그래펜은 매우 높은 전기전도도와 큰 비표면적으로 하여 초대용량콘덴샤의 전극으로서 큰 주목을 끌고있다.[1]

현시기 초대용량콘덴샤의 개발에서 중요한 문제의 하나는 시동용전원으로 얻을수 있는 출력을 보장하는것이다. 이를 위해서는 시동용출력원천으로서 큰 비용량과 작은 시상수를 가지는 초대용량콘덴샤전극을 개발하여야 한다.

논문에서는 탄소나노관과 그래펜, 이산화망간나노분말을 리용한 초대용량콘덴샤의 용량특성에 대하여 고찰하였다.

일반적으로 초대용량콘덴샤는 축전지에 비하여 높은 출력을 나타내는 반면에 한자리 수정도 작은 에너지를 가진다. 초대용량콘덴샤의 높은 출력특성을 살리면서 에너지를 증대시키기 위한 한가지 방도는 탄소나노관, 그래펜과 같은 재료와 함께 금속산화물을 복합하여 만든 전극을 리용하는것이다.[2] 탄소나노재료로 이루어진 전기2중층전극과 금속산화물복합재료전극을 가진 비대칭초대용량콘덴샤에서는 충방전과정에 전기2중층에 의한 전하 축적물립새와 산화환원반응에 기초한 파라데이전하축적물립새가 다같이 발생하게 되며 따라서 전기용량과 축적되는 전기에너지가 다같이 높일수 있다.

한편 시동용콘덴샤로 리용할수 있는 초대용량콘덴샤에서는 동작과정에 빠른 충방전을 보장하여야 한다. 이를 위해서는 한편으로는 전기2중층전하축적물립새와 파라데이전하축적물립새를 적절하게 배합하여야 하며 다른 편으로는 전극계의 내부저항을 줄여야 한다. 여기서 중요한 인자는 전극재료의 높은 전기전도도를 보장하고 전극접착제의 량을 합리적으로 선정하는것이다. 리론적으로 초대용량콘덴샤의 전극을 제작할 때 접착제의 량은 적을수록 좋지만 실천에서는 전극재료들의 부착특성을 고려하여 그 량을 선정하여야 한다. 불충분한 접착재료의 리용은 전극재료들의 부착성을 떨어뜨리며 과도한 접착재료의 리용은 전극의 전기전도도를 낮추고 전해질이온들의 이동통로로 되는 다공성전극의 미세구멍들을 막는다.

우리는 전극물질재료로 탄소나노관과 그래펜, 이산화망간나노분말을 리용하여 초대용량콘덴샤의 한 전극은 탄소나노관과 그래펜을 복합하여 제작하고 다른 전극은 탄소나노관과 그래펜, 이산화망간나노분말을 복합하여 제작하였다.

전극접착제로서는 친수성이 좋은 폴리아크릴아미드에 흑연분말과 그래펜을 잘 분산시킨 용액을 리용하였다.

전극물질을 입힐 전극극판으로는 전기저항을 줄이며 전해질용액과 전극극판사이의 계면을 증가시키기 위하여 2mm 두께의 발포니켈판을 리용하였다.

전극극판에 입힐 전극물질재료로 탄소나노관과 그래펜을 접착제와 섞어 초음파분산시키면서 잘 혼합한 반죽물과 탄소나노관, 그래펜, 이산화망간을 접착제와 섞어 초음파분산시키면서 잘 혼합한 반죽물을 준비하였다. 이렇게 준비한 두가지 복합재료들을 각각 직4각형형타에 배치한 발포니켈전극우에 균일하게 바르고 압착성형하였다. 그다음 제작한 전극들을 일정한 온도에서 적합한 시간동안 소둔, 탄화하였다. 이렇게 제작한 두가지 전극극판을 비대칭초대용량콘덴샤의 극판들로 리용하였다.

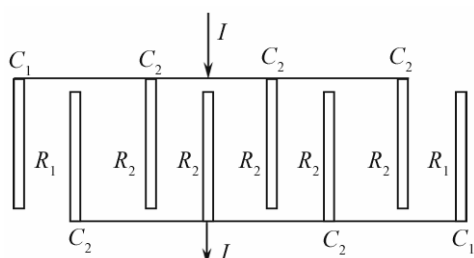


그림. 초대용량콘덴샤에서 전극배치형태  
 $C_1, C_2$ 는 각각 바깥전극과 내부전극의 용량,  
 $R_1, R_2$ 는 바깥전극과 내부전극의 저항,  
 $I$ 는 전류의 세기

초대용량콘덴샤의 극판배치는 그림과 같다.

그림과 같은 방식으로 전극들을 배치할 때 동일한 극성을 가진 전극의 수를  $n$ 이라고 하자.

우와 같은 전극배치에서 바깥전극과 내부전극에 대하여 용량과 저항이 크게 차이하지 않는다는 실험적사실을 고려하면  $R_1 \approx R_2, C_1 \approx C_2$ 라고 할수 있다.

이때 전체 전극계의 용량  $C$ 와 저항  $R$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$C = \frac{C_1}{2}n, R = \frac{R_1}{2n-1}$$

용량  $C$ 와  $1/R$ 은  $n$ 에 따라서 선형으로 증가한다. 이로부터 동일한 극성의 전극의 개수(또는 면적)를 증가시키면 전극계의 용량은 이에 비례하여 증가하며 저항은 감소한다는것을 알수 있다.

개별적인 전극에 대한 용량과 저항을 알면 전체 전극계의 용량을 쉽게 결정할수 있다.

우리는  $n=2$ 인 비대칭초대용량콘덴샤를 제작하고 그 용량을 실험적으로 검토하였다.

전극재료들의 구성은 한 전극을 이산화망간, 탄소나노관, 그래펜, 흑연분말을 5, 30, 30, 25질량%로 하고 다른 전극은 탄소나노관, 그래펜, 흑연분말을 30, 35, 25질량%로 하는것이 합리적이였다. 이때 폴리아크릴아미드는 다같이 10질량%로 하였다.

전극들에 대한 소둔, 탄화는  $150^{\circ}\text{C}$ 에서 1h동안 진행하였다.

전해질용액으로서는 1 mol/L  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  용액을 리용하였으며 격막으로는 두께 1mm 인 비닐론부직포를 리용하였다.

전극계는 전해질용액에 축축히 젖은 상태에서 밀봉된 통안에 압축되어 배치되였다.

제작된 비대칭초대용량콘덴샤의 용량은 정전류조건에서 다음의 공식에 기초하여 측정하였다.

$$C = I\Delta t / \Delta V$$

여기서  $I$ 는 콘덴샤의 전극사이에 흐르는 전류의 세기이고  $\Delta V$ 는  $\Delta t$  만 한 시간동안에 달라진 전극사이의 전위차이다.

14cm×15cm×0.1cm 의 기하학적크기로 제작된 비대칭초대용량콘덴샤의 비용량을 정전류방식에서 측정한 결과 1V의 동작전압에서 500F/cm<sup>3</sup> 이상이였다.

## 맺 는 말

탄소나노관, 그래펜, 이산화망간을 리용한 비대칭초대용량콘덴샤를 제작하고 그것의 용량을 측정하였다.

1V의 동작전압에서  $500\text{F}/\text{cm}^3$  이상의 비용량을 가지는 비대칭초대용량콘덴샤는 시동용 콘덴샤로 리용될수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] Xiaochen Dong et al.; Carbon, **50**, 4865, 2012.
- [2] Jianyum Cao et al.; J. Electroanalytical Chemistry, **689**, 201, 2013.

주제105(2016)년 10월 5일 원고접수

## **Manufacture of Asymmetric Supercapacitor with Carbon Nanomaterial and Dioxide Manganese Nanopowder**

*Kim Kwang Il, Ho Chung Song*

This paper considered the manufacture of asymmetric supercapacitor with carbon nanotube, graphene, dioxide manganese nanopowder and its capacitance characteristics.

It is shown that asymmetric supercapacitor with carbon nanomaterial and dioxide manganese nanopowder can supply high volumetric specific capacitance compatible as starting power application.

Key words: carbon nanotube, dioxide manganese nanopowder