(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0037816
(43) 공개일자 2013년04월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01B 31/08 (2006.01) *H01G 9/058* (2006.01)
H01B 1/04 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0102270
(22) 출원일자 2011년10월07일
심사청구일자 2011년10월07일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
박수진
대전광역시 유성구 대덕대로541번길 68, 103동 403호 (도룡동, 현대아파트)
김기석
인천광역시 남구 한나루로411번길 98, DK 하이빌 103호 (학익동)
(74) 대리인
이은철

전체 청구항 수 : 총 6 항

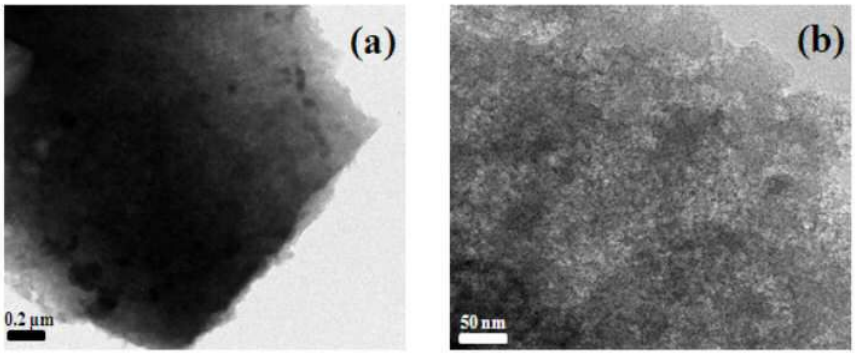
(54) 발명의 명칭 **단일공정에 의해 고비표면적과 이종원자를 포함하는 활성탄소의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 폴리(비닐리덴 플루오라이드)와 멜라민 수지의 혼합물을 전구체로 이용한 탄소체의 제조방법에 관한 것으로서, 단일 탄화공정만으로 간단하게 이종원자 함량이 조절된 고용량 커패시터 전극용 탄소체의 제조방법을 제공하는 것이다.

상기와 같은 본 발명에 따르면, 화학적 활성화 공정이 필요 없는 단일공정을 통한 고비표면적의 활성탄소를 제조할 수 있고, 관능기를 갖는 두 가지의 고분자 전구체 혼합물(폴리(비닐리덴 플루오라이드)/멜라민)을 이용하여 활성탄소 표면에 이종원자를 함유하는 활성탄소를 제조하는 방법 및 이를 이용하여 전기화학적 특성이 향상된 슈퍼커패시터용 전극을 제조할 수 있는 효과가 있다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	KI002177
부처명	지식경제부
연구사업명	지식경제기술혁신사업[전자정보디바이스 산업원천기술개발사업(반도체)]
연구과제명	유비쿼터스 전원용 Pouch/Radial 형 리튬이온커패시터
주관기관	한국전지연구조합
연구기간	2009.03.01 ~ 2014.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

(1) 폴리(비닐리덴 플루오라이드)(poly(vinylidenefluoride))와 멜라민을 N-메틸피롤리돈(N-methyl pyrrolidone)에 용해시키고 교반한 후, 몰드에 넣고 건조하여 활성탄소 전구체를 제조하는 단계;

(2) 상기 (1)단계에 의해 건조된 활성탄소 전구체를 튜브형 전기 노를 이용하여 탄화시키는 단계; 및

(3) 상기 (2)단계에 의해 탄화된 활성탄소를 몰타르를 이용하여 미세 분쇄하는 단계;를 포함하는 단일공정에 의해 고비표면적과 이종원자를 포함하는 활성탄소의 제조방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 (1)단계에서 폴리(비닐리덴 플루오라이드)(poly(vinylidenefluoride)) 100중량부에 대하여 멜라민을 25 내지 200중량부로 혼합하는 것을 특징으로 하는 단일공정에 의해 고비표면적과 이종원자를 포함하는 활성탄소의 제조방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 (1)단계에서 폴리(비닐리덴 플루오라이드)(poly(vinylidenefluoride))와 멜라민을 N-메틸피롤리돈(N-methyl pyrrolidone)에 용해시키고 상온에서 12 내지 24시간 동안 교반하고, 몰드에 넣고 80 내지 120℃에서 건조하는 것을 특징으로 하는 단일공정에 의해 고비표면적과 이종원자를 포함하는 활성탄소의 제조방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 (2)단계에서 건조된 활성탄소 전구체를 튜브형 전기 노를 이용하여 800 내지 900℃에서 90분 내지 150분 동안 탄화시키는 것을 특징으로 하는 단일공정에 의해 고비표멱적과 이종원자를 포함하는 활성탄소의 제조방법.

단, 승온 속도는 10℃/min로 한다.

청구항 5

(1) 제1항의 방법에 의해 제조된 활성탄소, 카본블랙 및 폴리(비닐리덴 플루오라이드)를 혼합하는 단계;

(2) 상기 (1)단계에 의해 혼합된 혼합물을 N-메틸피롤리돈을 이용하여 슬러리화 시키는 단계;

(3) 상기 (2)단계에 의해 제조된 혼합물 슬러리를 필름 캐스팅 방법을 이용하여 서스메쉬에 도포하는 단계; 및

(4) 상기 (3)단계에 의해 제조된 전극를 건조하는 단계;를 포함하는 슈터커패시터 전극의 제조방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 (1)단계에서 사용되는 활성탄소, 카본블랙 및 폴리(비닐리덴 플루오라이드)는 각각 60 내지 80중량%, 10 내지 30중량% 및 5 내지 15중량%로 이루어지는 것을 특징으로 하는 슈퍼커패시터 전극의 제조방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 고용량 커패시터를 위한 탄소전극 소재의 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 미세기공을 통해 높은 비표면적을 갖는 탄소체를 위한 전구체로 폴리(비닐리덴 플루오라이드)와 이종원자의 도입을 위한 전구체로 멜라민 수지의 혼합물을 이용하여 이종원자를 함유한 탄소체의 제조방법에 관한 것이며, 고용량의 에너지 저장용 탄소체를 위해 폴리(비닐리덴 플루오라이드)/멜라민 혼합물의 함량을 변화시켜 단일 탄화공정만으로 간단하게 이종원자 함량이 조절된 고용량 커패시터 전극용 탄소체의 제조에 관한 것이다. 또한 기존의 고비표면적 활성탄소의 제조를 위하여 추가적인 활성화제를 이용한 활성화 단계가 필요 없는 단일 탄화공정을 통하여 매우 높은 비표면적과 이종원자를 갖는 탄소체의 제조방법에 관한 것이다. 최종적으로 고비표면적과 이종원자를 갖는 탄소체를 이용하여 우수한 에너지저장 용량을 갖는 탄소전극의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 슈퍼커패시터는 기존의 콘덴서와 비교하여 축전용량이 대단히 큰 커패시터로 울트라 캐패시터(Ultra Capacitor) 또는 초고용량 커패시터라고 불린다. 이러한 슈퍼커패시터는 전해콘덴서와 이차전지의 중간적인 특징을 갖는 에너지 저장장치로서, 급속 충방전이 가능하며 높은 효율과 반영구적인 수명, 그리고 2차전지 보다 100배 이상의 고출력으로 이차전지의 병용 및 대체할 수 있는 에너지 저장장치로 각광을 받고 있다. 이러한 특성으로 슈퍼커패시터는 소용량 전자기기부터 전기자동차(Electric Vehicle, EV), 하이브리드 전기자동차(Hybrid Electric Vehicle, HEV) 또는 연료전지자동차(Fuel Cell Vehicle, FCV) 등과 같은 대용량 제품까지 응용이 가능하여 슈퍼커패시터의 효용성은 날로 증가하고 있다.

[0003] 슈퍼캐패시터는 전해콘덴서와 리튬이차전지와 비교하여 1980년대부터 상용화되어 개발의 역사는 비교적 짧지만 전극소재로써 기존의 활성탄을 포함한 금속산화물, 전도성고분자 등의 신규 전극재료와 비대칭 전극을 사용하는 하이브리드형 제품의 개발로 그 발전 속도는 매우 빠르다. 또한, 최근에는 에너지밀도가 Ni-MH 배터리를 넘어서는 제품도 개발되어 높은 파워밀도와 함께 기존의 슈퍼커패시터의 단점으로 알려진 낮은 에너지 밀도역시 크게 향상되어 2차전지의 대체 에너지 시스템으로써 크게 각광받고 있다.

[0004] 그러나 여전히 슈퍼커패시터의 낮은 에너지 밀도로 인하여 다양한 분야에 적용이 제한적인 실정이다. 따라서 기존의 탄소소재 (이론 용량: 372 $Fg^{??1}$)의 에너지 저장량의 향상을 위하여 표면개질과 전이 금속 및 전도성 고분자화 함께 사용을 하는 하이브리드 시스템에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 이러한 다양한 개질방법 중 전이금속과 전도성 고분자의 사용은 상대적으로 높은 비용이 소요되어 표면개질을 통한 에너지 밀도 향상에 대한 많은 연구가 진행 중이며, 특히 질소원자와 같은 이종원자를 탄소 표면에 도입하여 탄소소재의 기본 특성인 전기이중층 커패시턴스와 함께 슈도커패시턴스를 도입하고자 하는 많은 연구가 보고된 바 있다.

[0005] 하지만 탄소소재의 표면개질 역시 표면 활성화와 같은 2차적인 공정이 필요하고 표면처리 공정시 고가의 장비사용 또는 화학 시약의 사용으로 인하여 환경오염에 대한 문제로 추가적인 정화 공정이 필요한 단점을 갖는다. 이에 본 발명자들은 전술한 탄소소재의 표면처리에 대한 단점을 보완하고자 두 가지 고분자 전구체의 혼합물을 이용하여 1차 탄화공정만을 통하여 고비표면적과 이종원자가 함유된 탄소소재의 제조시 우수한 에너지 저장용량과 충·방전 싸이클 특성을 나타내는 것을 발견하고 본 발명을 완성하게 되었다.

[0006] 한편, 활성탄소 및 캐퍼시터용 전극의 제조방에 관한 선행기술로서 한국 등록특허 제10-0517021호(정전 방사에 의한 카본나노파이버의 제조와 이의 전기이중층 캐퍼시터용 전극 제조), 한국 등록특허 제10-0650618호(캐패시터 전극용 고 비표면적을 갖는 활성탄 제조방법) 등이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은, 미세기공을 통해 높은 비표면적을 갖는 탄소체를 위한 전구체로 폴리(비닐리덴 플루오라이드)와 이종원자의 도입을 위한 전구체로 멜라민 수지의 혼합물을 이용하여 이종원자를 함유한 탄소체

의 제조방법을 제공함으로써, 이를 이용하여 전기화학적 특성과 싸이클 특성이 우수한 슈퍼커패시티용 탄소전극의 제조방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 (1) 폴리(비닐리덴 플루오라이드)(poly(vinylidenefluoride))와 멜라민을 N-메틸피롤리돈(N-methyl pyrrolidone)에 용해시키고 교반한 후, 몰드에 넣고 건조하여 활성탄소 전구체를 제조하는 단계;와 (2) 상기 (1)단계에 의해 건조된 활성탄소 전구체를 튜브형 전기 노를 이용하여 탄화시키는 단계; 및 (3) 상기 (2)단계에 의해 탄화된 활성탄소를 몰타르를 이용하여 미세 분쇄하는 단계;를 포함하는 단일공정에 의해 고비표면적과 이종원자를 포함하는 활성탄소의 제조방법을 제공한다.

[0009] 상기 (1)단계에서 폴리(비닐리덴 플루오라이드)(poly(vinylidenefluoride)) 100중량부에 대하여 멜라민을 25 내지 200중량부로 혼합하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 상기 (1)단계에서 폴리(비닐리덴 플루오라이드)(poly(vinylidenefluoride))와 멜라민을 N-메틸피롤리돈(N-methyl pyrrolidone)에 용해시키고 상온에서 12 내지 24시간 동안 교반하고, 몰드에 넣고 80 내지 120℃에서 건조하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 상기 (2)단계에서 건조된 활성탄소 전구체를 튜브형 전기 노를 이용하여 800 내지 900℃에서 90분 내지 150분 동안 탄화시키는 것을 특징으로 한다. 단, 승온 속도는 10℃/min로 한다.

[0012]

[0013] 또한, 본 발명은 (1) 상기 단일공정에 의해 고비표면적과 이종원자를 포함하는 활성탄소의 제조방법에 의해 제조된 활성탄소, 카본블랙 및 폴리(비닐리덴 플루오라이드)를 혼합하는 단계;와 (2) 상기 (1)단계에 의해 혼합된 혼합물을 N-메틸피롤리돈을 이용하여 슬러리화 시키는 단계;와 (3) 상기 (2)단계에 의해 제조된 혼합물 슬러리를 필름 캐스팅 방법을 이용하여 서스메쉬에 도포하는 단계; 및 (4) 상기 (3)단계에 의해 제조된 전극를 건조하는 단계;를 포함하는 슈터커패시터 전극의 제조방법을 제공한다.

[0014] 상기 (1)단계에서 사용되는 활성탄소, 카본블랙 및 폴리(비닐리덴 플루오라이드)는 각각 60 내지 80중량%, 10 내지 30중량% 및 5 내지 15중량%로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0015] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 폴리(비닐리덴 플루오라이드)를 전구체로 이용하여 기존의 활성탄소와 달리 화학적 활성화 공정이 필요 없는 단일공정을 통한 고비표면적의 활성탄소를 제조할 수 있고, 관능기를 갖는 두 가지의 고분자 전구체 혼합물(폴리(비닐리덴 플루오라이드)/멜라민)을 이용하여 활성탄소 표면에 이종원자를 함유하는 활성탄소를 제조하는 방법을 제공함으로써, 이를 이용하여 전기화학적 특성이 향상된 슈퍼커패시터용 전극을 제조할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1 은 이종원자를 포함한 미세기공 탄소체의 TEM 이미지.

도 2 는 이종원자를 포함한 미세기공 탄소체의 표면분석 결과를 나타낸 그래프.

도 3 은 이종원자를 포함한 미세기공 탄소체의 기공 특성을 나타낸 그래프.

도 4 는 이종원자를 포함한 미세기공 탄소체로부터 제조된 전극의 충방전 그래프.

도 5 는 이종원자를 포함한 미세기공 탄소체로부터 제조된 전극의 에너지 저장량을 나타낸 그래프.

도 6 은 이종원자를 포함한 미세기공 탄소체로부터 제조된 전극의 싸이클 특성을 나타낸 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0018] 본원발명은 활성탄소의 전구체로서 폴리(비닐리덴 플루오라이드)와 멜라민 혼합물을 이용하여 활성탄소 제조시 단일 탄화공정으로 높은 비표면적을 갖으며 이종원자의 함량을 쉽게 조절할 수 있는 방법을 제공한다. 활성탄소의 미세기공은 전구체로 사용된 폴리(비닐리덴 플루오라이드)에 의존하며, 이종원자의 함량은 또 다른 전구체로 사용되는 멜라민의 함량에 의존한다. 두 전구체의 혼합물을 탄화공정을 거쳐 탄소화시킬 경우 기존 활성탄소와 달리 추가적인 화학적 활성화 공정 없이 고비표면적을 갖는 활성탄소를 제조할 수 있다. 또한, 이렇게 제조된 활성탄소를 이용하여 슈퍼커패시터용 전극을 제조하여 전극의 전기화학적 특성을 측정할 수 있다.

[0019] 본원발명 단일공정에 의해 고비표면적과 이종원자를 포함하는 활성탄소의 제조방법은 (1) 폴리(비닐리덴 플루오라이드)(poly(vinylidenefluoride))와 멜라민을 N-메틸피롤리돈(N-methyl pyrrolidone)에 용해시키고 교반한 후, 몰드에 넣고 건조하여 활성탄소 전구체를 제조하는 단계;와 (2) 상기 (1)단계에 의해 건조된 활성탄소 전구체를 튜브형 전기 노를 이용하여 탄화시키는 단계; 및 (3) 상기 (2)단계에 의해 탄화된 활성탄소를 몰타르를 이용하여 미세 분쇄하는 단계;로 구성될 수 있다.

[0020] 상기 (1)단계에서 폴리(비닐리덴 플루오라이드)(poly(vinylidenefluoride)) 100중량부에 대하여 멜라민을 25 내지 200중량부로 혼합할 수 있다.

[0021] 상기 (1)단계에서 폴리(비닐리덴 플루오라이드)(poly(vinylidenefluoride))와 멜라민을 N-메틸피롤리돈(N-methyl pyrrolidone)에 용해시키고 상온에서 12 내지 24시간 동안 교반하고, 몰드에 넣고 80 내지 120℃에서 건조할 수 있다. 한편, 용매로 사용되는 N-메틸피롤리돈(N-methyl pyrrolidone)은 끓는점(boiling point)이 매우 높은 용매로서 건조온도가 80℃ 미만일 경우에 건조 후에도 용매가 완전히 건조되지 않고 고분자 필름 사이에 남아 전기 노를 이용한 탄화시 균일한 탄소샘플을 만들 수 없는 문제가 있으며, 건조온도가 120℃를 초과하는 경우에도 탄화시 균일한 탄소샘플을 만들 수 없는 문제가 있습니다.

[0022] 상기 (2)단계에서 건조된 활성탄소 전구체를 튜브형 전기 노를 이용하여 800 내지 900℃에서 90분 내지 150분 동안 승온 속도는 10℃/min로 하여 탄화시킬 수 있다. 다만, 850℃에서 120분 동안 승온 속도를 10℃/min로 하여 탄화시키는 것이 바람직하다.

[0023]

[0024] 또한, 본원발명은 (1) 상기 단일공정에 의해 고비표면적과 이종원자를 포함하는 활성탄소의 제조방법에 의해 제조된 활성탄소, 카본블랙 및 폴리(비닐리덴 플루오라이드)를 혼합하는 단계;와 (2) 상기 (1)단계에 의해 혼합된 혼합물을 N-메틸피롤리돈을 이용하여 슬러리화 시키는 단계;와 (3) 상기 (2)단계에 의해 제조된 혼합물 슬러리를 필름 캐스팅 방법을 이용하여 서스메쉬에 도포하는 단계; 및 (4) 상기 (3)단계에 의해 제조된 전극를 건조하는 단계;를 포함하는 슈터커패시터 전극의 제조방법을 제공한다.

[0025] 상기 (1)단계에서 사용되는 활성탄소, 카본블랙 및 폴리(비닐리덴 플루오라이드)는 각각 60 내지 80중량%, 10 내지 30중량% 및 5 내지 15중량%로 이루어질 수 있다. 바람직하게는 활성탄소 70중량%, 카본블랙 20중량%, 및 폴리(비닐리덴 플루오라이드) 10중량%로 구성될 수 있다.

[0026] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 예시하기 위한 것으로서, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되는 것으로 해석되지 않는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.

[0027] (1) 활성탄소 전구체 혼합물의 제조

[0028] 본 발명에서 사용된 활성탄소의 전구체 혼합물은 고상 혼합 또는 액상 혼합이 모두 가능하며, 바람직하게는 균일한 혼합을 위하여 액상 혼합을 사용한다. 전구체로서 폴리(비닐리덴 플루오라이드)와 멜라민은 용매로서 N-메틸피롤리돈에 용해시키고 상온에서 12시간 내지 24 시간 교반한 후 균일한 혼합물은 몰드에 넣고 80 내지 120℃에서 건조하여 활성탄소를 위한 전구체로 사용하였다.

[0029] (2) 단일 탄화공정을 통한 고비표면적과 이종원자를 갖는 활성탄소의 제조

[0030] 건조된 고분자 전구체는 튜브형 전기 노를 이용한 탄화공정을 통해 활성 탄소를 제조하였다. 고분자 전구체는 튜브형 전기 노의 중심 부분에 넣고 질소분위기하에서 850℃에서 2시간동안 탄화시켜 제조하였고, 승온 속도는 10℃/min으로 고정하였다. 탄화 후 제조된 활성탄소는 몰타르를 이용하여 미세분쇄 하였다. 이러한 방법으로 제조된 활성탄소의 비표면적과 이종원자의 함량은 폴리(비닐리덴 플루오라이드)와 멜라민의 함량비로 조절이 가능하다. 또한, 고비표면적의 활성탄소를 위하여 폴리(비닐리덴 플루오라이드)의 함량이 높아야하며, 멜라민의 함량 증가와 함께 이종 원자의 함량은 증가된다.

[0031] (3) 고비표면적과 이종원자를 갖는 활성탄소를 이용한 슈퍼커패시티 전극의 제조

[0032] 슈퍼커패시터의 전극 제조를 위하여 고비표면적과 이종원자를 갖는 활성탄소, 카본블랙, 그리고 폴리(비닐리덴 플루오라이드)는 70중량%, 20중량%, 및 10중량%와 용매로서 N-메틸피롤리돈을 혼합하여 필름 캐스팅 방법을 이용하여 집전체로 사용된 서스 메쉬에 도포하여 제조하였다. 제조된 음극은 110℃에서 하루동안 건조하여 N-메틸피롤리돈을 완전히 제거 후 사용하였다.

[0033] **실시예 1.**

[0034] 폴리(비닐리덴 플루오라이드)/멜라민 혼합물의 무게비를 1:0.25로 하여 용매로서 N-메틸피롤리돈에 용해시키고 상온에서 12시간 내지 24 시간 교반한 후 균일한 혼합물은 몰드에 넣고 80 내지 120℃에서 건조하여 활성탄소를 위한 전구체로 사용하였으며, 상기 건조된 전구체를 튜브형 전기 노를 이용하여 탄화공정을 통해 활성탄소를 제조하였다. 전구체를 튜브형 전기 노의 중심 부분에 넣고 질소분위기하에서 850℃에서 2시간동안 탄화시켜 제조하였고, 승온 속도는 10℃/min으로 고정하였다. 탄화 후 제조된 활성탄소는 몰타르를 이용하여 미세 분쇄 하였다.

[0035] 슈퍼커패시터의 음극 제조를 위하여 상기에서 제조한 활성탄소, 카본블랙, 그리고 폴리(비닐리덴 플루오라이드)는 70중량%, 20중량% 및 10중량%와 용매로서 N-메틸피롤리돈을 함께 혼합하여 필름 캐스팅 방법을 이용하여 집전체로 사용된 서스 메쉬에 도포하여 제조하였다. 제조된 음극은 110℃에서 하루동안 건조하여 N-메틸피롤리돈을 완전히 제거 후 사용하였다.

[0036] **실시예 2.**

[0037] 폴리(비닐리덴 플루오라이드)/멜라민 혼합물의 무게비를 1:0.5로 하여 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 고비표면적·이종원자를 포함하는 활성탄소를 제조하고 이를 이용하여 슈퍼커패시터용 전극을 제조하였다.

[0038] **실시예 3.**

[0039] 폴리(비닐리덴 플루오라이드)/멜라민 혼합물의 무게비를 1:1로 하여 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 고비표면적·이종원자를 포함하는 활성탄소를 제조하고 이를 이용하여 슈퍼커패시터용 전극을 제조하였다.

[0040] **실시예 4.**

[0041] 폴리(비닐리덴 플루오라이드)/멜라민 혼합물의 무게비를 0.5:1로 하여 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 고비표면적·이종원자를 포함하는 활성탄소를 제조하고 이를 이용하여 슈퍼커패시터용 전극을 제조하였다.

[0042] 한편, 이종원자를 포함하지 않는 고비표면적 활성탄소의 표면특성, 기공특성 및 전기화학적 특성을 알아보기 위하여 다음과 같은 비교예를 제조하였다.

[0043] **비교예 1.**

[0044] 폴리(비닐리덴 플루오라이드)을 전구체로 하여 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 고비표면적 활성탄소를 제조하고 이를 이용하여 슈퍼커패시터용 전극을 제조하였다.

[0045] 상기 실시예 1 내지 4와 비교예 1과 같이 제조된 고비표면적 활성탄소, 고비표면적·이종원자를 포함하는 활성탄소의 표면과 기공 특성, 그리고 커패시턴스 값을 표 1과 2에 각각 나타내었다.

표 1

[0046]

	탄소 (C)	산소 (O)	불소 (F)	질소 (N)	N/C
비교예 1	86.77	9.61	1.3	1.36	0.016
실시예 1	83.56	10.67	0.79	4.54	0.054
실시예 2	81.92	11.82	0.45	5.03	0.061
실시예 3	80.45	10.57	0.6	6.97	0.087
실시예 4	79.08	9.65	1.07	8.89	0.112

[0047] 상기 표 1에서 보는바와 같이 멜라민의 함량의 증가와 함께 탄화 후 활성탄소에 함유된 질소 그룹의 함량이 증가함을 확인할 수 있었다.

표 2

[0048]

	S_{BET}[a](m^2/g)	V_T[b](cm^3/g)	d_M[c](nm)	V_M[d](cm^3/g)	커패시턴스 (g/F)
비교예 1	704.8	0.3684	2.09	0.063	248
실시예 1	663.59	0.3665	2.39	0.141	253
실시예 2	560.3	0.3216	2.29	0.095	310
실시예 3	397.07	0.2076	2.19	0.026	86
실시예 4	33.90	0.0210	2.48	0.009	74

[a] 비표면적, [b] 총 다공성 부피, [c] 다공성 지름, [d] 미세기공 부피

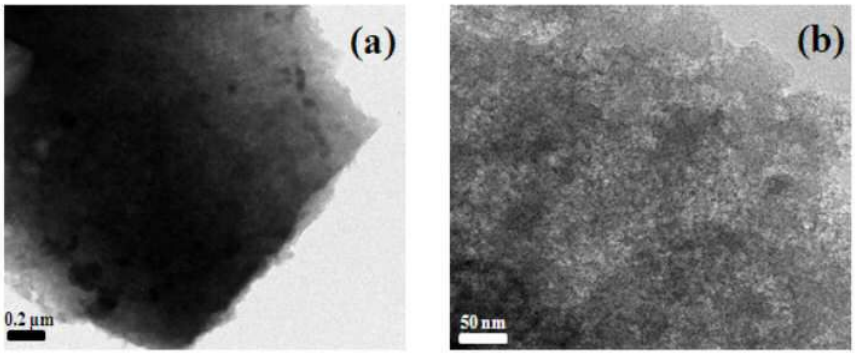
[0049] 상기 표 2에서 알 수 있듯이 멜라민의 함량 증가와 함께 활성탄소의 비표면적은 감소하였지만, 에너지 저장량은 증가하는 것을 확인하였으며, 이는 질소그룹의 도입에 따른 슈도커패시턴스의 효과에 기인하는 것으로 판단된다. 하지만 상대적으로 과량의 멜라민의 첨가시 활성탄소의 에너지 저장량은 크게 감소하는 것을 확인하였으며, 이는 활성탄소의 매우 낮은 비표면적과 기공 특성의 감소로 인한 전해질 이온의 이동성의 감소에 의한 것으로 판단된다.

[0050] 또한, 상기 실시예 2. 샘플을 이용하여 전극의 싸이클 특성을 확인한 결과, 1000회의 충·방전 실험 후에도 커패시턴스의 값의 감소는 약 5.8%로 매우 낮음을 확인하였고, 이로부터 단일 공정을 통하여 높은 비표면적과 이종원자를 함유하는 활성탄소 전극의 우수한 싸이클 특성을 확인하였다.(도 1 내지 도 6 참조)

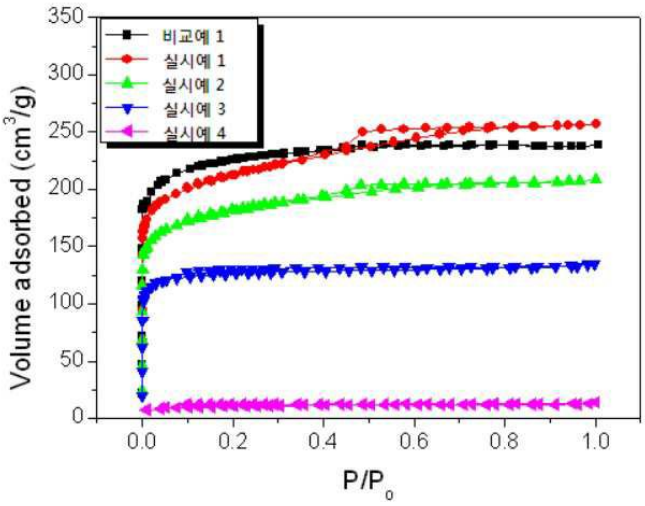
[0051] 이상, 본 발명내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서, 이러한 구체적인 기술은 단지 바람직한 실시태양일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의해 정의된다고 할 것이다.

도면

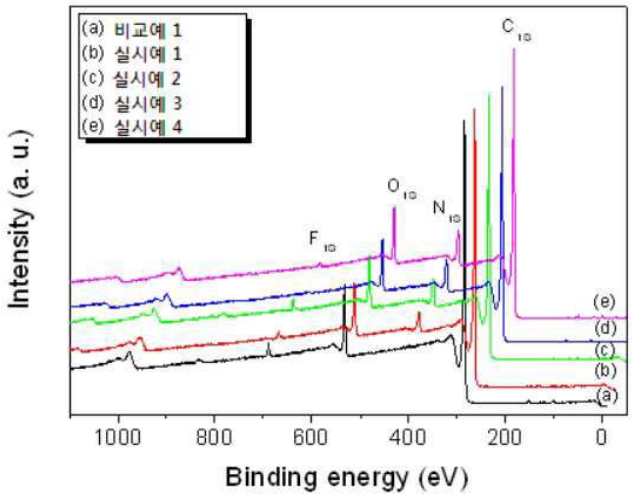
도면1



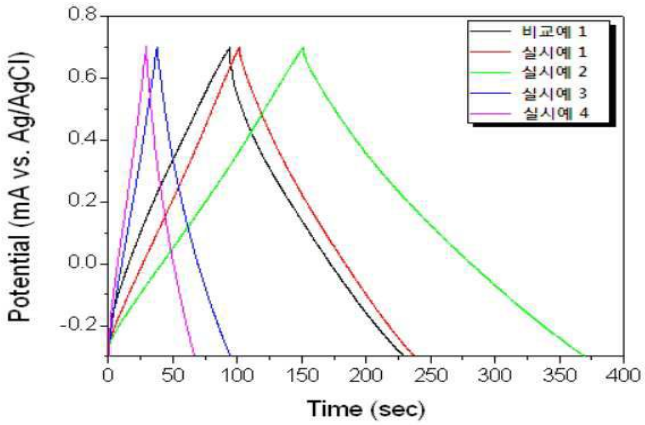
도면2



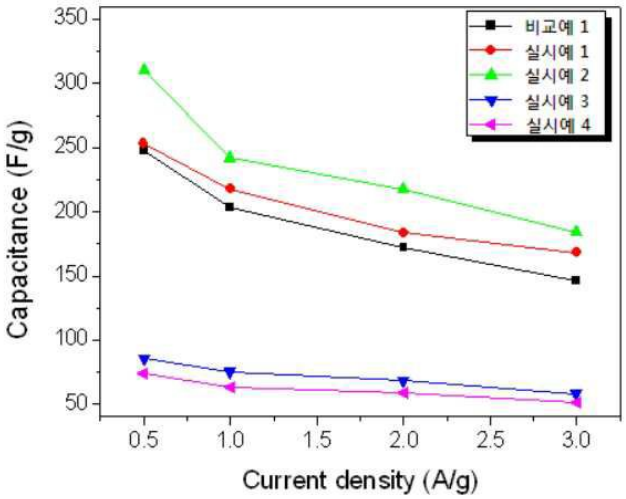
도면3



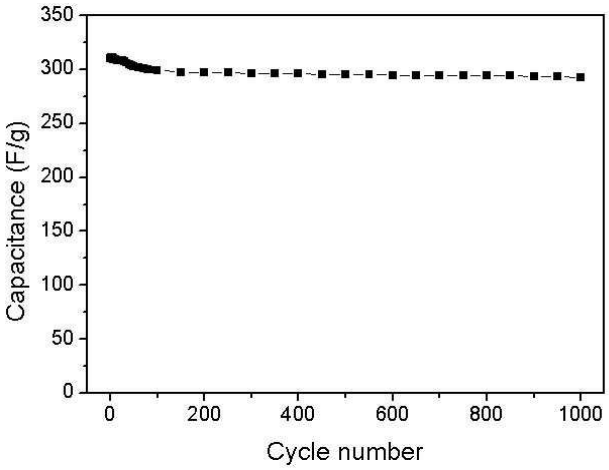
도면4


Potential (mA vs. Ag/AgCl)
Time (sec)
비교예 1
실시예 1
실시예 2
실시예 3
실시예 4

도면5


Capacitance (F/g)
Current density (A/g)
비교예 1
실시예 1
실시예 2
실시예 3
실시예 4

도면6


Capacitance (F/g)
Cycle number