(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0142208
(43) 공개일자 2013년12월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01G 11/22 (2013.01) *C01B 31/02* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0049700
(22) 출원일자 2012년05월10일
심사청구일자 2012년05월10일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
박수진
대전광역시 유성구 도룡동 431-6 현대아파트 103동 403호
김기석
인천광역시 남구 용현동 78-3 302호
(74) 대리인
이은철

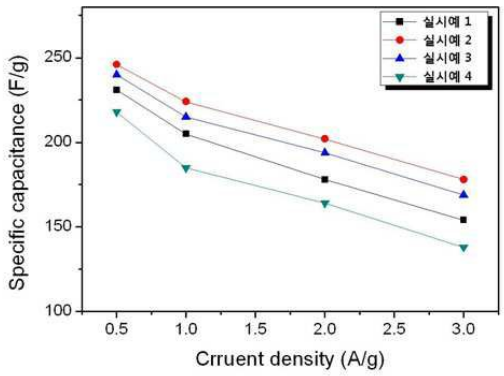
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **고용량 커패시터를 위한 미세기공 탄소 전극소재의 제조방법 및 이를 통해 제조된 고용량 커패시터 전극**

(57) 요 약

본 발명은 미세기공을 형성하는 작용기를 갖으며 두 가지 이상의 고분자 성분이 혼합된 공중합체 고분자인 폴리(비닐리덴 클로라이드-co-아크릴로 나이트릴-co-메틸메타아크릴레이트)를 활성탄소의 전구체로 사용하여 단일 탄화공정만으로 고비표면적과 다중 이종원자가 함유된 고용량 커패시터를 위한 미세기공 탄소 전극소재의 제조방법 및 이를 통해 제조된 고용량 커패시터 전극에 관한 것으로서, 상기와 같은 본 발명에 따르면, 폴리(비닐리덴 클로라이드-co-아크릴로나이트릴-co-메틸메타아크릴레이트)를 다공성 활성탄소의 전구체로 이용함으로써, 기존의 활성탄소와 달리 화학적 활성화 공정이 필요 없는 단일 탄화공정으로 고비표면적의 활성탄소를 제조할 수 있다.

대 표 도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

(1) 활성탄소의 전구체인 공중합체 고분자를 단일 탄화공정 통하여 활성탄소로 제조하는 단계; 및

(2) 상기 제조된 활성탄소를 미세 분쇄하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 고용량 커패시터를 위한 미세기공 탄소 전극소재의 제조방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 활성탄소의 전구체는 폴리(비닐리덴 플로오라이드), 폴리(비닐리덴 클로라이드) 및 폴리(비닐리덴 클로라이드-co-메틸메타아크릴레이트)와 같이 탄화 시 기화가 가능한 불소- 또는 염소- 관능기를 갖는 공중합체 고분자를 이용하는 것을 특징으로 하는 고용량 커패시터를 위한 미세기공 탄소 전극소재의 제조방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 공중합체 고분자는 튜브형 전기 노의 중심 부분에 넣고 질소분위기하에서 600 내지 1,000℃에서 2시간 동안 탄화시켜 제조하며, 승온속도를 10℃/min으로 고정 하는 것을 특징으로 하는 고용량 커패시터를 위한 미세기공 탄소 전극소재의 제조방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 제조된 활성탄소는 염소원자, 질소원자 및 산소원자와 같은 다중 이종원자를 포함하는 것을 특징으로 하는 고용량 커패시터를 위한 미세기공 탄소 전극소재의 제조방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 제조된 활성탄소는 50 내지 1,000m^2/g의 고비표면적과 1 내지 15%의 이종원자를 포함하는 것을 특징으로 하는 고용량 커패시터를 위한 미세기공 탄소 전극소재의 제조방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 제조된 활성탄소는 몰타르를 이용하여 미세 분쇄하는 것을 특징으로 하는 고용량 커패시터를 위한 미세기공 탄소 전극소재의 제조방법.

청구항 7

제 1항 내지 제 6항 중 어느 한 항의 방법으로 제조된 미세기공 탄소 전극소재를 이용한 고용량 커패시터 전극.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 고용량 커패시터 전극은 (1) 활성탄소, 카본블랙 및 폴리(비닐리덴 플루오라이드)를 N-메틸피롤리돈과 혼합하여 서스 메쉬(sus mesh)에 도포하여 음극으로 제조하는 단계; 및 (2) 상기 제조된 음극은 건조하여 N-메틸피롤리돈을 제거하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 미세기공 탄소 전극소재를 이용한 고용량 커패시터 전극.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 활성탄소, 카본블랙 및 폴리(비닐리덴 플루오라이드)는 70 : 20 : 10 중량부로 용매로서 N-메틸피롤리돈을 고형분 총 100mg 기준 시 1ml로 혼합하는 것을 특징으로 하는 미세기공 탄소 전극소재를 이용한 고용량 커패시터 전극.

청구항 10

제 8항에 있어서,

상기 활성탄소, 카본블랙 및 폴리(비닐리덴 플루오라이드)를 N-메틸피롤리돈과 혼합하여 서스 메쉬(sus mesh)에 도포하는 필름 캐스팅 방법을 이용하는 것을 특징으로 하는 미세기공 탄소 전극소재를 이용한 고용량 커패시터 전극.

청구항 11

제 8항에 있어서,

상기 제조된 음극은 110℃에서 하루동안 건조하여, N-메틸피롤리돈을 완전히 제거하는 것을 특징으로 하는 미세기공 탄소 전극소재를 이용한 고용량 커패시터 전극.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 고용량 커패시터를 위한 미세기공 탄소 전극소재의 제조방법 및 이를 통해 제조된 고용량 커패시터 전극에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 미세기공을 형성하는 작용기를 갖으며 두 가지 이상의 고분자 성분이 혼합된 공중합체 고분자인 폴리(비닐리덴 클로라이드-co-아크릴로 나이트릴-co-메틸메타아크릴레이트)를 활성탄소의 전구체로 사용하여 단일 탄화공정만으로 고비표면적과 다중 이종원자가 함유된 고용량 커패시터를 위한 미세기공 탄소 전극소재의 제조방법 및 이를 통해 제조된 고용량 커패시터 전극에 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 2차전지보다 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) 및 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. 이로 인해 기존의 탄소소재 (이론 용량: 372 $Fg^{??1}$)의 에너지 저장량의 향상을 위하여 다공성 탄소의 기공 크기 및 구조 제어와 표면처리, 전이금속 및 전도성 고분자와 함께 사용을 하는 하이브리드 시스템에 대한 연구가 활발히 진행중이다. 이러한 다양한 개질 방법 중 전이금속과 전도성 고분자를 함께 사용하는 하이브리드 시스템은 상대적으로 높은 비용이 소요되어, 탄소체의 다공성 제어와 표면처리를 통한 이종원자 도입을 통한 에너지 밀도 향상에 대한 많은 연구가 진행 중이다. 특히, 탄소체에 미세기공 도입을 통한 전기이중층 특성의 극대화와 질소 또는 산소 원자와 같은 이종원자를 탄소 표면에 도입하여 탄소소재의 기본 특성인 전기 이중층 커패시턴스와 함께 슈도커패시턴스를 도입하고자 하는 많은 연구가 보고된 바 있다(E. Frackowiak, G. Lota, J. Machnikowski, C. Vix-Guterl, F. B뱅guin, Electrochim. Acta 51 (2006) 2209.).

[0005] 하지만 탄소소재의 기공 제어 시 실리카와 제올라이트, 그리고 금속류와 같은 템플릿 사용과 2차적인 템플릿 제거 공정, 그리고 표면개질 시에는 표면 활성화 시약의 사용 및 세척 공정과 같은 2차적인 공정이 필요하고 표면처리 공정 시 고가의 장비 사용 또는 화학 시약의 사용으로 인하여 환경오염에 대한 문제로 추가적인 정화 공정이 필요한 단점을 갖는다.

[0006] 이에 본 발명자들은 전술한 탄소소재의 기공 구조제어 및 표면처리 시에 발생하는 문제점을 해결하고자 탄화 시 기화와 함께 미세기공을 형성하는 작용기를 갖으며 두 가지 이상의 고분자 성분이 혼합된 공중합체 고분자를 활성탄소 전구체로 사용하여 단일 탄화공정만을 통하여 고비표면적과 다중 이종원자가 함유된 미세기공 탄소 전극소재를 제조하고 이를 이용하여 슈퍼커패시터용 전극으로 제조하였을 때 우수한 에너지 저장용량과 충·방전 싸이클 특성을 나타내는 것을 발견하고 본 발명을 완성하게 되었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서, 본 발명은 공중합체 고분자의 단일 탄화공정으로 고비표면적과 다중 이종원자가 함유된 우수한 에너지 저장용량과 충○방전 싸이클 특성을 갖는 고용량 커패시터를 위한 미세기공 탄소 전극소재의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0008] 또한, 본 발명은 상기 미세기공 탄소 전극소재인 활성탄소를 통해 제조된 고용량 커패시터용 전극을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 공중합체 고분자를 활성탄소의 전구체로 사용하여 단일 탄화공정으로 고비표면적과 다중 이종원자가 함유된 고용량 커패시터를 위한 미세기공 탄소 전극소재의 제조방법을 제공한다.

[0010] 구체적으로, 본 발명은 (1) 공중합체 고분자를 활성탄소로 제조하는 단계; 및 (2) 상기 제조된 활성탄소를 미세분쇄하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 미세기공 탄소 전극소재의 제조방법을 제공한다.

[0011] 또한, 본 발명은 상기 미세기공 탄소 전극소재인 활성탄소를 통해 제조된 고용량 커패시터용 전극을 제공한다.

[0012] 구체적으로, 본 발명은 (1) 활성탄소, 카본블랙 및 폴리(비닐리덴 플루오라이드)를 N-메틸피롤리돈과 혼합하여 서스 메쉬(sus mesh)에 도포하여 음극으로 제조하는 단계; 및 (2) 상기 제조된 음극은 건조하여 N-메틸피롤리돈을 제거하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 고용량 커패시터 전극을 제공한다.

발명의 효과

[0013] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 폴리(비닐리덴 클로라이드-co-아크릴로나이트릴-co-메틸메타아크릴레이트)를 다공성 활성탄소의 전구체로 이용함으로써, 기존의 활성탄소와 달리 화학적 활성화 공정이 필요 없는 단일 탄화공정으로 고비표면적의 활성탄소를 제조할 수 있다.

[0014] 또한, 폴리(비닐리덴 클로라이드-co-아크릴로나이트릴-co-메틸메타아크릴레이트)를 통하여 제조된 활성탄소는

우수한 에너지 저장량을 나타내며, 전극의 우수한 싸이클 특성을 가지는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1 은 다중원자를 포함한 미세기공 탄소체의 TEM 이미지를 나타내는 것이다.

도 2 는 다중원자를 포함한 미세기공 탄소체의 표면분석 결과를 나타내는 것이다.

도 3 은 다중원자를 포함한 미세기공 탄소체의 기공 특성을 나타내는 것이다.

도 4 는 다중원자를 포함한 미세기공 탄소체로부터 제조된 전극의 충방전 그래프를 나타내는 것이다.

도 5 는 다중원자를 포함한 미세기공 탄소체로부터 제조된 전극의 에너지 저장량을 나타내는 것이다.

도 6 은 다중원자를 포함한 미세기공 탄소체의 싸이클 특성을 나타내는 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0017] 본 발명은 공중합체 고분자를 활성탄소의 전구체로 사용하여 단일 탄화공정으로 고비표면적과 다중 이종원자가 함유된 고용량 커패시터를 위한 미세기공 탄소 전극소재의 제조방법을 제공한다.

[0018] 구체적으로, 본 발명의 미세기공 탄소 전극소재의 제조방법은 (1) 활성탄소의 전구체인 공중합체 고분자를 단일 탄화공정 통하여 활성탄소로 제조하는 단계; 및 (2) 상기 제조된 활성탄소를 미세 분쇄하는 단계;를 포함한다.

[0019] 상기 활성탄소의 전구체는 고상 입자 또는 액상 용해 후 필름 캐스팅된 필름형태로 모두 탄화가 가능하며, 공정 단순화를 위하여 고상 입자를 바로 탄화시켜 제조한다. 바람직하게는 폴리(비닐리덴 플로오라이드), 폴리(비닐리덴 클로라이드) 및 폴리(비닐리덴 클로라이드-co-메틸메타아크릴레이트)와 같이 탄화 시 기화가 가능한 불소- 또는 염소- 관능기를 갖는 공중합체 고분자를 이용하며, 더욱 바람직하게는 폴리(비닐리덴 클로라이드-co-메틸메타아크릴레이트)이다. 상기 폴리(비닐리덴 클로라이드-co-메틸메타아크릴레이트)는 단일 탄화공정을 통하여 미세기공 및 다중 이종원자를 갖는 탄소체의 제조를 위하여 저렴한 가격과 다양한 관능기를 갖는 특징이 있다.

[0020] 또한, 상기 공중합체 고분자는 기존 활성탄소의 제조 공정과 비교하여 추가적인 화학적 활성화 및 세척 공정 없이 고비표면적을 갖는 활성탄소로 제조 할 수 있다. 바람직하게는 상기 공중합체 고분자를 튜브형 전기 노의 중심 부분에 넣고 질소분위기하에서 600 내지 1000℃에서 2시간 동안 탄화시켜 제조하며, 승온속도는 10℃/min으로 고정한다. 이 때, 상기 활성탄소의 비표면적과 이종원자의 함량은 탄화온도로 쉽게 조절이 가능하며, 고비표면적의 활성탄소를 위하여 전구체의 탄화 시 승온속도를 10℃/min으로 빠르게 유지해야 하며, 탄화온도가 낮을수록 이종원자의 함량은 증가되는 특징이 있다.

[0021] 또한, 상기 제조된 활성탄소는 추가적인 표면처리 공정 없이 전해질과의 젖음성 향상과 슈도커패시턴스를 유도할 수 있는 염소원자, 질소원자 및 산소원자와 같은 다중 이종원자를 포함하는 특징이 있다.

[0022] 또한, 상기 제조된 활성탄소는 50 내지 1,000m^2/g의 고비표면적과 1 내지 15%의 이종원자를 포함하는 것이 바람직하다.

[0023] 또한, 상기 탄화 후 제조된 활성탄소는 몰타르를 이용하여 미세 분쇄하는 것이 바람직하다.

[0024] 또한, 상기 미세기공 탄소 전극소재를 통해 제조된 고용량 커패시터 전극을 제공한다.

[0025] 구체적으로, 본 발명의 고용량 커패시터 전극은 (1) 활성탄소, 카본블랙 및 폴리(비닐리덴 플루오라이드)를 N-메틸피롤리돈과 혼합하여 서스 메쉬(sus mesh)에 도포하여 음극으로 제조하는 단계; 및 (2) 상기 제조된 음극은 건조하여 N-메틸피롤리돈을 제거하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0026] 상기 활성탄소, 카본블랙 및 폴리(비닐리덴 플루오라이드)는 70 : 20 : 10 중량부와 용매로서 N-메틸피롤리돈을 고형분 총 100mg 기준 시 1ml로 혼합하는 것이 바람직하며, 필름 캐스팅 방법을 이용하여 도포하는 것이 바람직하다.

[0027] 또한, 상기 제조된 음극은 110℃에서 하루동안 건조하여, N-메틸피롤리돈을 완전히 제거하는 것이 바람직하다.

[0028] 본 발명에 있어서 각각의 특성 값들은 다음 방법에 의하여 측정하였다.

[0029] 측정예 1. 활성탄소의 비표면적 측정

[0030] 제조된 활성탄소의 기공 특성은 기체 흡착기 (BELSORP, BEL JAPAN)를 이용한 질소 흡착법을 이용하여 측정하였다.

[0031] 측정예 2. 활성탄소의 표면특성 분석

[0032] 이종원자를 포함하는 활성탄소의 표면특성은 광전자 분광기(X-ray Photoelectron Spectroscopy, K-Alpha)를 이용하여 측정하였다.

[0033] 측정예 3. 활성탄소의 전극의 전기화학적 특성 측정

[0034] 활성탄소 전극의 전기화학적 특성 및 충ㅇ방전 횟수에 따른 싸이클 특성은 순환전압전류법(Cyclic Voltammetry, CV)를 이용하여 측정하였다.

[0035] 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 해석되지는 않는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.

[0036] **실시예 1.**

[0037] 폴리(비닐리덴 클로라이드-co-아크릴로나이트릴-co-메틸메타아크릴레이트)는 튜브형 전기 노를 이용한 탄화 공정을 통하여 활성탄소로 제조하였다.

[0038] 더욱 구체적으로, 고분자 전구체인 폴리(비닐리덴 클로라이드-co-아크릴로나이트릴-co-메틸메타아크릴레이트)는 튜브형 전기 노의 중심 부분에 넣고 질소분위기하에서 600℃에서 2시간동안 탄화시켜 제조하였고, 승온 속도는 10℃/min으로 고정하였다. 탄화 후 제조된 활성탄소는 몰타르를 이용하여 미세 분쇄 하였다.

[0039] 제조된 활성탄소의 전기화학적 특성은 전기화학 측정기를 이용하여 측정하였다. 활성탄소는 필름 캐스팅 방법을 이용하여 서스 메쉬(sus mesh)에 도포하여 제조하고, 슈퍼커패시터의 음극 제조를 위하여 활성탄소, 카본블랙, 및 폴리(비닐리덴 플루오라이드)는 70:20:10 중량부와 용매로서 N-메틸피롤리돈을 고형분 총 100mg기준 시 1ml로 혼합하여 필름 캐스팅 방법을 이용해 집전체로 사용된 서스 메쉬에 도포하여 제조하였다. 제조된 음극은 110℃에서 하루동안 건조하여 N-메틸피롤리돈을 완전히 제거 후 사용하였다.

[0040] **실시예 2.**

[0041] 폴리(비닐리덴 클로라이드-co-아크릴로나이트릴-co-메틸메타아크릴레이트)의 탄화온도를 700℃로 하여 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 고비표면적과 다중 이종원자가 함유된 고용량 커패시터를 위한 다공성 탄소 전극소재인 활성탄소로 제조하고, 이를 이용하여 슈퍼커패시터용 전극을 제조하였다.

[0042] **실시예 3.**

[0043] 폴리(비닐리덴 클로라이드-co-아크릴로나이트릴-co-메틸메타아크릴레이트)의 탄화온도를 800℃로 하여 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 고비표면적과 다중 이종원자가 함유된 고용량 커패시터를 위한 다공성 탄소 전극소재인 활성탄소로 제조하고, 이를 이용하여 슈퍼커패시터용 전극을 제조하였다.

[0044] **실시예 4.**

[0045] 폴리(비닐리덴 클로라이드-co-아크릴로나이트릴-co-메틸메타아크릴레이트)의 탄화온도를 900℃로 하여 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 고비표면적과 다중 이종원자가 함유된 고용량 커패시터를 위한 다공성 탄소 전극소재인 활성탄소로 제조하고, 이를 이용하여 슈퍼커패시터용 전극을 제조하였다.

[0046] **비교예 1.**

[0047] 이종원자를 포함하지 않는 고비표면적 활성탄소의 표면특성, 기공특성 및 전기화학적 특성을 알아보기 위하여 폴리(비닐리덴 클로라이드-co-아크릴로나이트릴-co-메틸메타아크릴레이트)의 탄화온도를 1000℃로 하여 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 고비표면적 고용량 커패시터를 위한 다공성 탄소 전극소재인 활성탄소로 제조하고, 이를 이용하여 슈퍼커패시터용 전극을 제조하였다.

[0048] 그 결과, 탄화 시 산소 외 기타 이종원자는 측정되지 않았다.

[0049] 실시예 1~5와 같이 제조된 고비표면적과 다중 이종원자가 함유된 고용량 커패시터를 위한 다공성 탄소 전극소재인 활성탄소의 표면, 기공 특성, 및 커패시턴스 값을 표 1과 2에 각각 나타내었다.

표 1

[0050]

	탄소 (C)	산소 (O)	질소 (N)	염소 (Cl)
비교예	89.6	9.5	-	-
실시예 1	81.7	14.2	1.9	0.6
실시예 2	83.9	13.2	1.7	0.2
실시예 3	85.2	13.1	1.7	-
실시예 4	86.0	11.2	1.3	-

표 2

[0051]

	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	635	0.321	2.18	0.311	206
실시예 1	747.2	0.362	1.94	0.320	232
실시예 2	872.1	0.413	1.89	0.368	246
실시예 3	645.5	0.343	2.13	0.319	240
실시예 4	642.9	0.342	2.12	0.323	220

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

[0052] 표 1에서 보는 바와 같이, 탄화온도의 증가와 함께 탄화 후 활성탄소에 함유된 산소 및 질소 그룹의 함량이 감소하고 탄소화가 증가하는 것을 확인하였다.

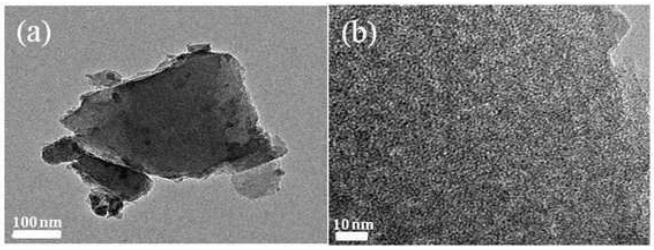
[0053] 또한, 표 2로부터 탄화온도의 증가와 함께 활성탄소의 비표면적은 증가하였고 이에 따라 에너지 저장량은 증가하는 것을 확인하였으며, 이는 미세기공에 의한 우수한 전기이중층 특성과 산소 및 질소그룹의 도입에 따른 슈도커패시턴스의 효과에 기인하는 것으로 판단된다. 하지만 상대적으로 높은 탄화온도에서 제조된 활성탄소의 에너지 저장량은 감소하는 것을 확인하였으며, 이는 활성탄소의 비표면적과 기공 특성의 감소로 인한 전해질 이온의 이동성의 저하에 의한 것으로 판단된다.

[0054] 또한, 실시예 2를 이용하여 전극의 싸이클 특성을 확인한 결과, 1,000회의 충·방전 실험 후에도 커패시턴스의 값의 감소는 약 6%로 매우 낮음을 확인하였고, 이로부터 단일 공정을 통하여 높은 비표면적과 이종원자를 함유하는 활성탄소 전극의 우수한 싸이클 특성을 확인하였다.

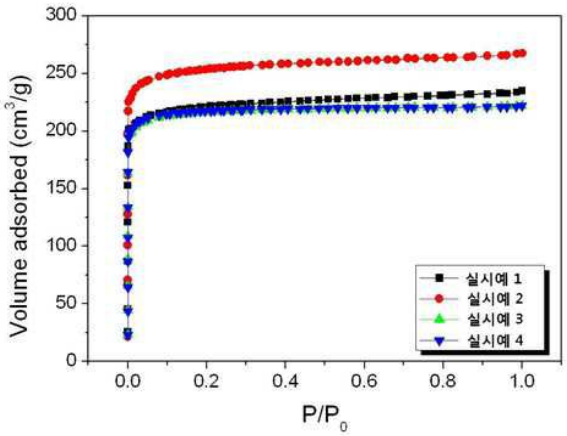
[0055] 이상, 본 발명의 내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서, 이러한 구체적인 기술은 단지 바람직한 실시양태일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서, 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의해 의하여 정의된다고 할 것이다.

도면

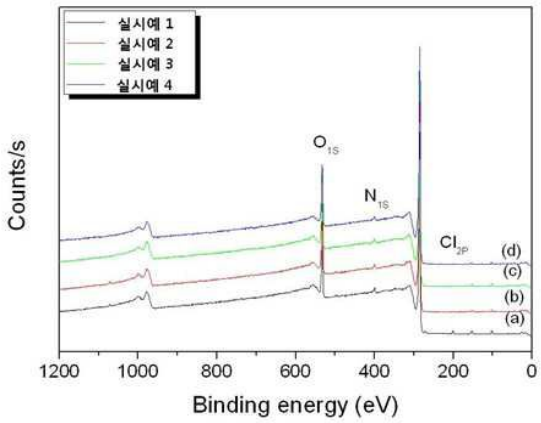
도면1



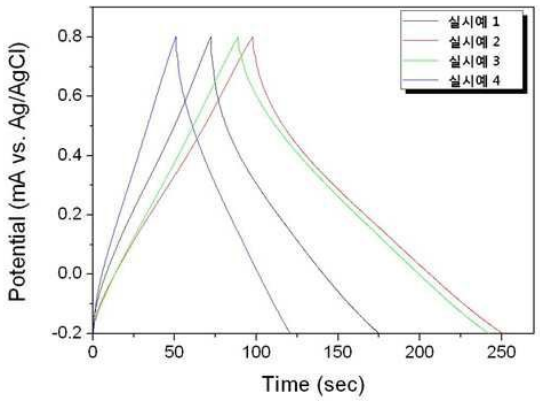
도면2



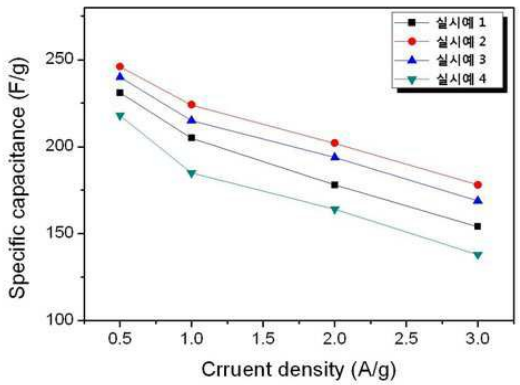
도면3



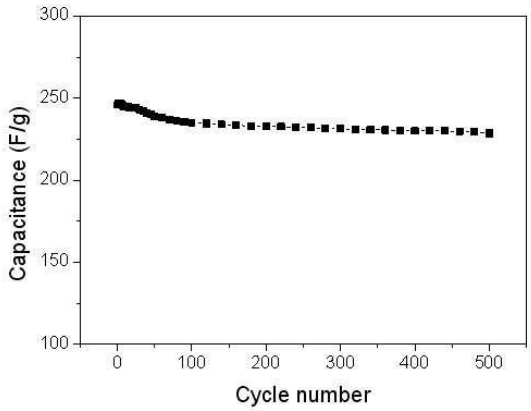
도면4


실시예 1
실시예 2
실시예 3
실시예 4
Potential (mA vs. Ag/AgCl)
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
-0.2
0
50
100
150
200
250
Time (sec)

도면5


실시예 1
실시예 2
실시예 3
실시예 4
Specific capacitance (F/g)
250
200
150
100
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
Crruent density (A/g)

도면6


Capacitance (F/g)
300
250
200
150
100
0
100
200
300
400
500
Cycle number