(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0017539
(43) 공개일자 2015년02월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01G 11/32 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2013-0093594
(22) 출원일자 2013년08월07일
심사청구일자 2013년08월07일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
박수진
서울 강남구 역삼로 315-1, 503동 2103호 (역삼동, 개나리SK뷰)
(74) 대리인
이은철

전체 청구항 수 : 총 5 항

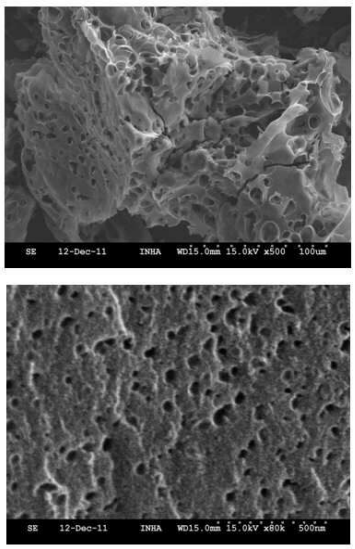
(54) 발명의 명칭 **비대칭 하이브리드 커패시터용 전극**

(57) 요 약

본 발명은 음극활물질로 활성탄소를, 양극활물질로 산화구리를 이용한 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극에 관한 것이다.

상기와 같은 본 발명에 따르면, 음극활물질로 활성탄소를 이용하고 양극활물질로 산화구리를 이용함으로써, 작동전압구간이 넓고 높은 축전용량을 갖는 비대칭 하이브리드 커피시터용 전극을 제공하는 효과가 있다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2011-0031985
부처명 교육과학기술부
연구관리전문기관 (재)한국이산화탄소포집및처리연구개발센터
연구사업명 KoreaCCS2020
연구과제명 상온, 상압용 이산화탄소 포집을 위한 탄소기반 흡착소재 개발
기 여 율 1/1
주관기관 인하대학교 산학협력단
연구기간 2013.06.01 ~ 2014.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

음극활물질로 활성탄소를 이용하고, 상기 활성탄소, 도전재 및 결합재를 포함하는 슬러리가 집전체에 도포된 음극;과

양극활물질로 산화구리를 이용하고, 상기 산화구리, 도전재 및 결합재를 포함하는 슬러리가 집전체에 도포된 양극;을 포함하는 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 활성탄소는 하기와 같은 방법으로 제조된 것을 특징으로 하는 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극.

(1) 야자각, 톱밥 및 목탄을 포함하는 식물질; 골탄 및 혈탄을 포함하는 동물질; 갈탄, 유연탄 및 무연탄을 포함하는 석탄질; 및 피치를 포함하는 석유질;을 포함하는 군에서 선택되는 1 이상의 활성탄소 전구체를 수산화칼륨, 수산화나트륨, 수산화바륨 및 염화아연을 포함하는 군에서 선택되는 1 이상의 활성화제가 용해된 용액에 넣고 30 내지 70 ℃에서 교반한 후 건조시키는 단계;

(2) 공기 또는 비활성 기체 분위기 하, 500 내지 2000 ℃에서 1 내지 5 시간 동안 활성화시키는 단계; 및

(3) 산 용액으로 처리한 후 pH가 5 내지 7이 될 때까지 세척하는 단계.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 (1)단계에서 활성탄소 전구체는 활성화제와 1 : 1 내지 1 : 5의 중량비를 갖는 것을 특징으로 하는 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 산화구리는 하기와 같은 방법으로 제조된 것을 특징으로 하는 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극.

(1) 질산구리($Cu(NO_3)_2$), 염화구리($CuCl_2$), 구리 아세테이트 수화물($Cu(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$) 및 황산구리 수화물($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)을 포함하는 군에서 선택되는 1 이상을 용해시킨 산화구리 전구체 용액과 알칼리 용액을 혼합하여 푸른색 용액이 나타날 때까지 1차 교반하는 단계;

(2) 50 내지 90 ℃에서 검은색 침전물이 나타날 때까지 2차 교반하는 단계; 및

(3) 여과한 후 세척 및 건조시키는 단계.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극은 −0.4 내지 1.5 V의 전압범위를 갖는 것을 특징으로 하는 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 음극활물질로 활성탄소를, 양극활물질로 산화구리를 이용한 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 화석연료의 고갈로 인한 가격 인상과 환경에 대한 관심의 상승으로 인하여 대체에너지 개발과 에너지저장 분야는 계속적인 주목을 받고 있다. 에너지저장 분야 중 이차전지는 그들의 높은 에너지밀도 특성으로 가장 많은 관심과 함께 전세계적으로 초고용량 이차전지 개발에 대한 연구가 이루어지고 있다.

[0003] 최근의 휴대용 전자기기와 전기 및 하이브리드 자동차 등의 구동용 전원은 고에너지 밀도뿐만 아니라 고출력의 에너지원을 동시에 요구하고 있다. 따라서 이차전지에 비해 에너지 밀도는 떨어지나 월등히 높은 출력밀도를 보유하고 있는 전기화학적 커패시터에 눈을 돌리고 있다.

[0004] 전기화학적 커패시터는 크게 탄소재료를 바탕으로 한 전기이중층 커패시터와 금속산화물 또는 전도성고분자를 바탕으로 한 유사커패시터로 나눌 수 있다. 전기이중층 커패시터는 다공성의 비표면적이 넓은 활성탄소가 널리 쓰이며 빠른 충방전 특성과 높은 사이클 수명 등이 우수하지만, 낮은 축전용량과 좁은 전압 범위를 가지고 있다. 한편, 유사커패시터는 전극/전해질 계면에서의 이차원적인 산화/환원 반응을 이용하며 전기이중층 커패시터보다 약 10~100 배 이상의 에너지밀도 및 축전용량을 나타낸다. 금속산화물 중 루테늄옥사이드(RuO_2)는 현재까지 유사커패시터용 전극으로 가장 우수한 특성을 나타내고 있지만, 고가의 소재비용으로 인해 그 실용성에는 많은 제한을 받고 있다.

[0005] 이러한 전기화학적 커패시터의 최대 단점인 에너지 밀도를 높이기 위하여 작동전압을 높이거나 고용량 전극재료를 적용하려는 연구가 이루어지고 있는데, 그 중 하나가 비대칭 전극을 사용한 하이브리드 커패시터이다. 수계 전해질을 이용한 하이브리드 커패시터는 금속산화물을 양극으로, 탄소재료를 음극으로 사용하여 cell을 구성한다.

[0006] 그러나, 하이브리드 커패시터의 양극으로 사용되는 금속산화물은 본래의 낮은 전기전도성과 전극재료로 사용하기에 비싸다는 커다란 단점을 가지고 있어 이러한 단점들을 보완이 필요가 있다.

[0007] 선행기술로 대한민국 등록특허 10-0917408(전기화학 커패시터용 전극 및 이의 제조방법), 대한민국 등록특허 10-0931095(금속산화물을 양극 및 음극에 적용한 비대칭 하이브리드커패시터) 등이 있지만, 에너지 밀도를 높이고 금속산화물의 단점을 개선시키기 위해 활성탄소와 산화구리를 이용한 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극에 대해서는 개시된 바가 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 넓은 비표면적을 갖는 활성탄소와 값이 저렴하면서 친환경적인 금속산화물 산화구리를 제조함으로써, 종래 탄소재료로 제작된 전기화학적 이중층 커패시터보다 작동전압구간이 넓고 높은 축전용량을 갖는 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 음극활물질로 활성탄소를 이용하고, 상기 활성탄소, 도전재 및 결합재를 포함하는 슬러리가 집전체에 도포된 음극;과 양극활물질로 산화구리를 이용하고, 상기 산화구리, 도전재 및 결합재를 포함하는 슬러리가 집전체에 도포된 양극;을 포함하는 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극을 제공한다.

[0010] 상기 활성탄소는 (1) 야자각, 톱밥 및 목탄을 포함하는 식물질; 골탄 및 혈탄을 포함하는 동물질; 갈탄, 유연탄 및 무연탄을 포함하는 석탄질; 및 피치를 포함하는 석유질;을 포함하는 군에서 선택되는 1 이상의 활성탄소 전구체를 수산화칼륨, 수산화나트륨, 수산화바륨 및 염화아연을 포함하는 군에서 선택되는 1 이상의 활성화제가 용해된 용액에 넣고 30 내지 70 ℃에서 교반한 후 건조시키는 단계; (2) 공기 또는 비활성 기체 분위기 하, 500 내지 2000 ℃에서 1 내지 5 시간 동안 활성화시키는 단계; 및 (3) 산 용액으로 처리한 후 pH가 5 내지 7이 될 때까지 세척하는 단계;를 포함하여 제조된 것을 특징으로 한다.

[0011] 이때, 상기 (1)단계에서 활성탄소 전구체는 활성화제와 1 : 1 내지 1 : 5의 중량비를 갖는 것을 특징으로 한다.

[0012] 상기 산화구리는 (1) 질산구리($Cu(NO_3)_2$), 염화구리($CuCl_2$), 구리 아세테이트 수화물($Cu(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$) 및 황산구리 수화물($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)을 포함하는 군에서 선택되는 1 이상을 용해시킨 산화구리 전구체 용액과 알칼리 용액을 혼합하여 푸른색 용액이 나타날 때까지 1차 교반하는 단계; (2) 50 내지 90 ℃에서 검은색 침전물이 나타날 때까지 2차 교반하는 단계; 및 (3) 여과한 후 세척 및 건조시키는 단계;를 포함하여 제조된 것을 특징으로 한다.

[0013] 상기 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극은 −0.4 내지 1.5 V의 전압범위를 갖는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0014] 상기와 같은 본 발명에 따르면, 음극활물질로 활성탄소를 이용하고 양극활물질로 산화구리를 이용함으로써, 작동전압구간이 넓고 높은 축전용량을 갖는 비대칭 하이브리드 커피시터용 전극을 제공하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 실시예 3에 따라 석유계 피치로 제조된 활성탄소의 주사전자현미경 사진.

도 2는 본 발명의 실시예 5에 따라 꽃 형태로 합성된 산화구리의 주사전자현미경 사진.

도 3은 활성탄소와 산화구리의 삼전극 시스템에서의 순환전류곡선그래프.

도 4는 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극의 이전극 시스템에서의 순환전류곡선그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0017] 본 발명은 음극활물질로 활성탄소를 이용하고, 상기 활성탄소, 도전재 및 결합재를 포함하는 슬러리가 집전체에 도포된 음극;과 양극활물질로 산화구리를 이용하고, 상기 산화구리, 도전재 및 결합재를 포함하는 슬러리가 집전체에 도포된 양극;을 포함하는 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극을 제공한다.

[0018] 상기 음극은 활성탄소 55 내지 85 중량%, 도전재 5 내지 30 중량% 및 결합재 1 내지 15 중량%를 포함하는 슬러리가 집전체에 도포된 것이 바람직하며, 상기 양극은 산화구리 65 내지 85 중량%, 도전재 5 내지 30 중량% 및 결합재 1 내지 15 중량%를 포함하는 슬러리가 집전체에 도포된 것이 바람직하다.

[0019] 상기 음극과 양극에 각각 도포되는 슬러리에 함유된 도전재는 카본블랙, 탄소나노튜브(CNT), 케첸블랙, 아세틸렌블랙, 그래핀 및 활성탄소를 포함하는 군에서 선택되는 1 이상인 것이 바람직하며, 결합재는 열경화성수지, 광경화성 수지, 열가소성 수지, 가수분해하여 축합반응을 일으키는 실란화합물, 전도성고분자, 폴리 파라-페닐렌비닐렌(poly para-phenylenevinylene, PPV), 폴리 파라-페닐렌비닐렌-*co*-2,5-디옥토시-메타-페닐렌비닐렌(Poly para-phenlyenevinylene-*co*-2,5-dioctoxy-m-phenylenevinylene, PMPV)와 폴리 파라-페닐렌비닐렌(poly para-phenylenevinylene, PPV)의 공중합체(copolymer), 폴리아릴렌 에틸렌(poly aryleneethylene), 폴리카보네이트(polycarbonate), 폴리스티렌(polystyrene), 폴리메타메틸크릴레이트(PMMA), 폴리 히드록시 아미노 에테르(Poly hydroxy amino ethers, PHAE)와 폴리 플루오린-디옥탄(poly fluorine-dioctane), 폴리페닐아세틸렌(Polyphenylacetylene, PPA), 디엔에이(DNA), 알엔에이(RNA), 단백질, 폴리카보실란(polycarbosilane)류, 폴리-테트라-부틸아크릴레이트(poly t-butyl acrylaate) 및 나일론 6을 포함하는 군에서 선택되는 1 이상인 것이 바람직하다.

[0020] 또한, 상기 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극은 음극과 양극 사이에 다공성 분리막이 삽입된 것이 바람직하다.

[0021] 상기 활성탄소는 (1) 야자각, 톱밥 및 목탄을 포함하는 식물질; 골탄 및 혈탄을 포함하는 동물질; 갈탄, 유연탄 및 무연탄을 포함하는 석탄질; 및 피치를 포함하는 석유질;을 포함하는 군에서 선택되는 1 이상의 활성탄소 전구체를 수산화칼륨, 수산화나트륨, 수산화바륨 및 염화아연을 포함하는 군에서 선택되는 1 이상의 활성화제가 용해된 용액에 넣고 30 내지 70 ℃에서 교반한 후 건조시키는 단계; (2) 공기 또는 비활성 기체 분위기 하, 500 내지 2000 ℃에서 1 내지 5 시간 동안 활성화시키는 단계; 및 (3) 산 용액으로 처리한 후 pH가 5 내지 7이 될 때까지 세척하는 단계;를 포함하는 제조방법에 의해 제조된 것이 바람직하다.

[0022] 이때, 상기 (1)단계에서 활성탄소 전구체는 활성화제와 1 : 1 내지 1 : 5의 중량비, 바람직하게는 1 : 3의 중량비를 갖는 것이 최적의 효과를 나타낸다. 또한, 상기 (2)단계에서 활성화시키는 온도는 활성탄소에 높은 기공특성을 부여하기 위하여 700 내지 1000 ℃를 유지하는 것이 바람직하며, 800 ℃에서 활성화시 가장 높은 다공성 특성을 나타낸다.

[0023] 상기 (2)단계에서 비활성 기체는 아르곤 가스와 수소 가스가 혼합된 혼합 가스, 아르곤 가스 또는 질소 가스인 것이 바람직하다.

[0024] 상기와 같이 제조된 활성탄소는 이차전지 음극재, 전기이중층 커패시터와 같은 에너지 저장용 활물질로 사용이 가능하다.

[0025] 상기 산화구리는 (1) 질산구리($Cu(NO_3)_2$), 염화구리($CuCl_2$), 구리 아세테이트 수화물($Cu(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$) 및 황산구리 수화물($CuSO_4 \cdot 5H_2O$)을 포함하는 군에서 선택되는 1 이상을 용해시킨 산화구리 전구체 용액과 알칼리 용액을 혼합하여 푸른색 용액이 나타날 때까지 1차 교반하는 단계; (2) 50 내지 90 ℃에서 검은색 침전물이 나타날 때까지 2차 교반하는 단계; 및 (3) 여과한 후 세척 및 건조시키는 단계;를 포함하는 제조방법에 의해 제조된 것이 바람직하다.

[0026] 이때, 상기 (1)단계에서 알칼리 용액으로는 헥사 메틸렌테트라아민 수용액($C_6H_{12}N_4$), 암모니아 수용액(NH_4OH) 등이 있으며, 수용성 염기인 화합물이라면 어느 것이든 사용이 가능하다.

[0027] 또한, 산화구리 전구체 용액과 알칼리 용액은 0.02 : 0.4 내지 0.06 : 0.8의 농도비로 혼합되는 것이 바람직하다.

[0028] 산화구리의 합성방법은 알칼리 용액에서의 Cu^{2+}와 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ 양이온이 OH^- 음이온과 공유결합을 하면서 합성된다.

[0029] 상기 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극은 −0.4 내지 1.5 V의 전압범위를 갖는다.

[0030] 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.

[0031] **실시예 1. 활성탄소의 제조 1**

[0032] 하기 표 1의 석유계 피치를 활성탄소의 전구체로 사용하였으며, 활성화제로는 수산화칼륨(KOH)을 사용하였다.

[0033] 먼저 석유계 피치를 수산화칼륨 용액에 넣고 60 ℃에서 3 시간 동안 교반하여 수산화칼륨이 피치의 표면에 충분히 첨착되도록 한 후, 80 ℃에서 24 시간 동안 건조시켰다. 이때, 피치와 수산화칼륨은 1 : 1의 중량비를 갖도록 하였다.

[0034] 상기와 같이 피치에 수산화칼륨을 충분히 첨착시킨 다음 건조된 시편을 튜브형 전기로를 사용하여 질소 가스를 200 mL/min의 양으로 공급하면서 승온 속도 5 ℃/min로 승온시켜 800 ℃에서 2 시간 동안 활성화시켰다. 이후 남아있는 칼륨 이온과 불순물을 제거하기 위해 5 M HCl 용액으로 2 내지 8 시간, 바람직하게는 5 시간 동안 처리한 다음, pH가 중성이 될 때까지 증류수로 세척하여 활성탄소를 제조하였다.

[0035] **실시예 2. 활성탄소의 제조 2**

[0036] 상기 실시예 1과 동일한 과정으로 활성탄소를 제조하되, 피치와 수산화칼륨은 1 : 2의 중량비를 갖도록 하였다.

[0037] **실시예 3. 활성탄소의 제조 3**

[0038] 상기 실시예 1과 동일한 과정으로 활성탄소를 제조하되, 피치와 수산화칼륨은 1 : 3의 중량비를 갖도록 하였다.

[0039] **실시예 4. 활성탄소의 제조 4**

[0040] 상기 실시예 1과 동일한 과정으로 활성탄소를 제조하되, 피치와 수산화칼륨은 1 : 4의 중량비를 갖도록 하였다.

[0041] **실시예 5. 산화구리의 제조**

[0042] 0.3 g의 폴리에틸렌글리콜을 0.6 M 헥사메틸렌테트라아민($C_6H_{12}N_4$)용액 50 mL에 용해시킨 후, 0.04 M 질산구리($Cu(NO_3)_2$) 용액 375 mL와 격렬한 교반을 시키면서 적가하였다. 24 시간 교반 후, 푸른색 용액이 나타나면 80 ℃에서 20 시간 동안 교반시키고, 이후 검은색 침전물이 생기면 여과하여 증류수와 알코올로 세척하고 건조시켜 산화구리를 제조하였다.

[0043] 산화구리가 형성되는 화학반응식은 다음과 같다.

[0044]
$$(CH_2)_6N_4 + 6H_2O \rightarrow 6HCHO + 4NH_3 \text{ ----------(1)}$$
$$NH_3 + H_2O \rightarrow NH^+_4 + OH^- \text{ ----------(2)}$$
$$[Cu(NH_3)_4]^{2+} + 2OH^- \rightarrow CuO^+ + NH_3 + H_2O \text{ ----------(3)}$$
$$Cu^{2+} + 2OH^- \rightarrow CuO + H_2O \text{ ----------(4)}$$

[0045] **실시예 6. 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극의 제조**

[0046] 음극활물질로서 하기 표 1의 석유계 피치를 사용하여 얻어진 활성탄소는 음극을 제조하기 위해 전도성 카본블랙, 폴리바이닐리덴플로라이드 (polyvinylidenefluoride, PVdF)와 80 : 10 : 10의 중량비로 N-메틸피롤리돈 (N-methylpyrrolidon)과 혼합하여 기계식 교반기를 사용하여 슬러리를 제조하였다. 제조된 슬러리를 집전체인 니켈 폼의 1 cm^2에 고르게 캐스팅한 후 80 ℃ 오븐에서 12 시간 동안 건조시켰다.

[0047] 또한, 양극활물질로서 산화구리는 양극을 제조하기 위해 전도성 카본블랙, 폴리바이닐리덴플로라이드 (polyvinylidenefluoride, PVdF)와 80 : 10 : 10의 중량비로 N-메틸피롤리돈(N-methylpyrrolidone)과 혼합하여 기계식 교반기를 사용하여 슬러리를 제조하였다. 제조된 슬러리를 집전체인 니켈 폼의 1 cm^2에 고르게 캐스팅한 후 80 ℃ 오븐에서 12 시간 동안 건조시켰다.

[0048] 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극을 제조하기 위하여, 상기 제조된 활성탄소 전극과 산화구리 전극을 각각 음극과 양극으로 사용하였고 중간에 폴리에틸렌 필름 분리막을 삽입하여 접지가 잘 되도록 고정시켰다.

[0049] **비교예 1.**

[0050] 본 발명에 따른 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극의 제조가 전기화학적으로 개선되는지 특성을 알아보기 위하여, 활성탄소/활성탄소 대칭 전극을 제조하여 이를 비교분석하였다.

[0051] 대칭 하이브리드 커패시터용 전극을 제조하기 위하여, 상기 제조된 활성탄소 전극을 음극과 양극으로 사용하였고 중간에 폴리에틸렌 필름 분리막을 삽입하여 접지가 잘 되도록 고정시켰다.

[표1]

입도(μm)	비표면적(m^2/g)	전체 기공 부피 (cm^3/g)
6-8	0.16	0.005

[표2]

	비표면적(m^2/g)	전체 기공 부피 (cm^3/g)
실시예 1	990	0.43
실시예 2	1720	0.73
실시예 3	2260	1.02
실시예 4	2827	1.34

[0052]

[0053] **실험예 1. 활물질의 형태 관찰**

[0054] 본 발명에 따라 제조된 활성탄소와 산화구리의 표면 형태를 주사전자현미경(Scanning Electron microscope, SEM; S-4300, Hitachi)을 통해 관찰하였다.

[0055] 상기 실시예 3에 의해 제조된 활성탄소는 주사전자현미경을 통해 많은 기공을 갖고 있는 구조가 확인되었으며, BET를 사용해 측정한 비표면적값은 2260 m^2/g으로 높은 비표면적값을 나타내었고 전체 기공 부피는 1.02 cm^3/g로 관찰되었다.

[0056] 산화구리는 X-선 회절 분석 결과, 보고된 문헌 값(JCPDS Card. No. 05-0061)과 일치하였고 합성된 산화구리의 결정크기는 3 μm로 측정되었다. 또한, 주사전자현미경을 통해 꽃 모양으로 형성된 것을 확인하였다.

[0057] **실험예 2. 제조된 활물질의 전기화학적 특성 분석**

[0058] 본 발명에 따라 제조된 활성탄소, 산화구리, 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극의 전기적 특성을 Electronic-Chemical analyzer(IVIUMSTAT, HS Technology)를 통해 순환전류법으로 측정하였다.

[0059] 순환전류법은 Pt 플레이트를 상대전극으로, Ag/AgCl 전극을 기준전극으로 한 삼전극 시스템으로 측정하였으며, 활성탄소 전극은 −1.0 ~ 0 V의 전압구간에서, 산화구리 전극은 0 ~ 0.4 V의 전압구간에서 측정하였다. 전해질은 두 전극 모두 6 M 수산화칼륨 용액을 사용하였다.

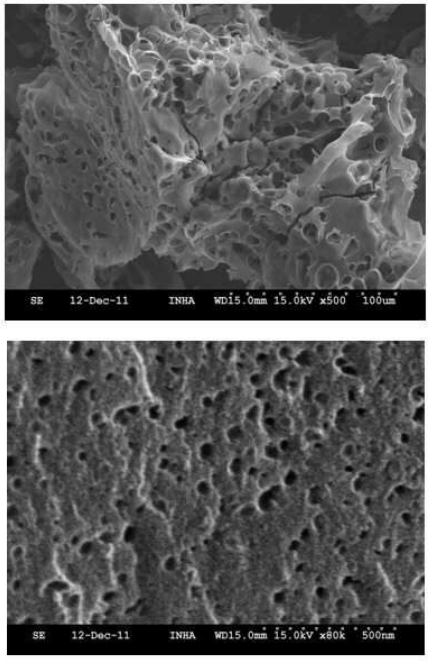
[0060] 그 결과, 활성탄소는 충전과 동시에 전류가 급상승하고 충전하는 동안 거의 변하지 않다가 방전할 경우 전류가 급하락하는 거동을 나타내어 형태가 거의 네모 모양으로 전형적인 전기이중층 커패시터의 특성을 보인 반면, 산화구리의 순환전류곡선은 산화-환원 피크가 뚜렷하게 관찰되는 유사 커패시턴스의 특성을 나타내었다.

[0061] 또한, 활성탄소를 음극활물질로 산화구리를 양극활물질로 사용한 비대칭 하이브리드 커패시터용 전극을 제조하여 이전극 시스템으로 순환전류곡선을 측정한 결과, -0.4 ~ 1.5 V의 넓은 전압구간을 갖는 것을 알 수 있었고, 이에 따라 축전용량 또한 활성탄소를 전극으로 삼전극 시스템으로 순환전류곡선을 측정한 결과보다 높은 것으로 나타났다.

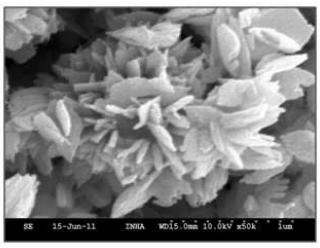
[0062] 이상, 본 발명내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서, 이러한 구체적인 기술은 단지 바람직한 실시태양일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의해 정의된다고 할 것이다.

도면

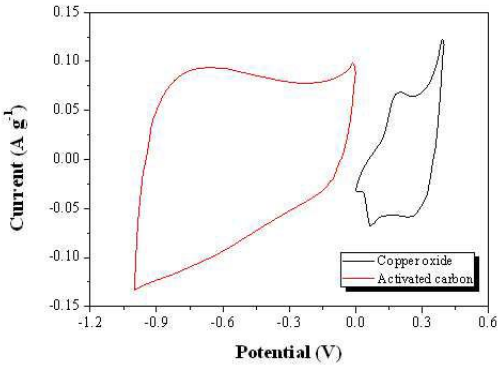
도면1



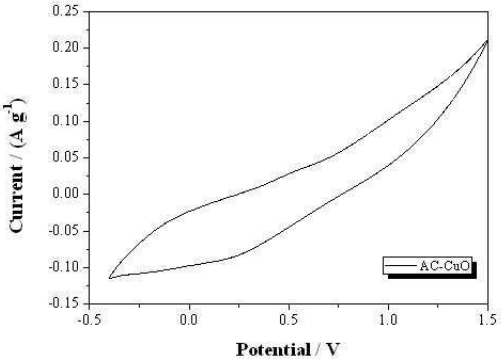
도면2



도면3



도면4


Current / (A g-1)
Potential / V
AC-CuO
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
-0.05
-0.10
-0.15
-0.5
0.0
0.5
1.0
1.5