



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0096490
(43) 공개일자 2022년07월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01B 32/05 (2017.01) B01J 19/10 (2018.01)
H01G 11/26 (2013.01)
(52) CPC특허분류
C01B 32/05 (2017.08)
B01J 19/10 (2018.01)
(21) 출원번호 10-2020-0188973
(22) 출원일자 2020년12월31일
심사청구일자 2020년12월31일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
최원준
서울특별시 서초구 신반포로15길 19, 110동 503호(반포동, 아크로리버파크)
박성현
서울특별시 성북구 종암로24가길 80, 110동 1604호(종암동, 래미안라센트)
(74) 대리인
특허법인남춘

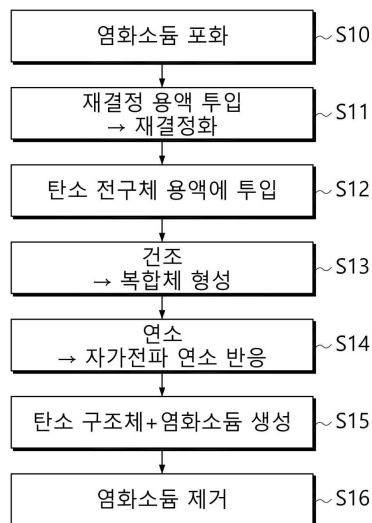
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 방법, 이에 의해 제조된 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체, 및 이를 포함하는 슈퍼 커패시터

(57) 요약

본 발명은 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 방법에 관한 것으로, 정제수에 염화소듐을 투입시켜 상기 염화소듐을 포화시키는 단계와; 상기 염화소듐이 투입된 상기 정제수에 재결정 용액을 투입시켜 상기 염화소듐을 재결정화시키는 단계와; 재결정화된 상기 염화소듐을 자가 전과 연소성 물질이 용해된 탄소 전구체 용액에 투입시키는 단계와; 상기 탄소 전구체 용액을 건조시켜 상기 염화소듐과 상기 자가 전과 연소성 물질의 복합체를 형성하는 단계와; 상기 복합체에 열원이 인가되어 상기 자가 전과 연소성 물질이 자가 전과 연소 반응을 통해 연소되어, 상기 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체가 제조되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01G 11/26 (2021.01)

C01P 2006/16 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1923102
과제번호	2019R1A2C208558312
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	(이공)중견연구자지원
연구과제명	열가변 유닛셀 조합 기반 온도감응형 열-기계특성 제어 기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교 산학협력단
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2015931
과제번호	NRF-2020R1A5A1018153
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	(이공)선도연구센터지원 사업
연구과제명	플러스에너지빌딩 혁신기술 연구센터
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교 산학협력단
연구기간	2020.07.01 ~ 2021.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 방법에 있어서,
 정제수에 염화소듐을 투입시켜 상기 염화소듐을 포화시키는 단계와;
 상기 염화소듐이 투입된 상기 정제수에 재결정 용액을 투입시켜 상기 염화소듐을 재결정화시키는 단계와;
 재결정화된 상기 염화소듐을 자가 전과 연소성 물질이 용해된 탄소 전구체 용액에 투입시키는 단계와;
 상기 탄소 전구체 용액을 건조시켜 상기 염화소듐과 상기 자가 전과 연소성 물질의 복합체를 형성하는 단계와;
 상기 복합체에 열원이 인가되어 상기 자가 전과 연소성 물질이 자가 전과 연소 반응을 통해 연소되어, 상기 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체가 제조되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 탄소 전구체 용액은 알코올과 디에틸에테르의 혼합액에 니트로셀룰로오스가 용해된 콜로디온 용액을 포함하며;
 상기 자가 전과 연소성 물질은 상기 니트로셀룰로오스인 것을 특징으로 하는 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
 재결정화된 상기 염화소듐 500 mg을 기준으로 상기 콜로디온 용액 30g의 비율로 재결정화된 상기 염화소듐을 상기 콜로디온 용액에 투입시키는 것을 특징으로 하는 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 재결정 용액은 에탄올을 포함하는 것을 특징으로 하는 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 재결정화시키는 단계는 상기 재결정 용액을 투입한 후, 초음파를 이용한 분산 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
 상기 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체가 제조되는 단계는 연소 후 잔존하는 상기 염화소듐을 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,
 상기 염화소듐을 제거하는 단계는 정제수를 투입을 통해 상기 염화소듐을 용해시켜 제거하는 것을 특징으로 하

는 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 방법.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 따른 제조 방법에 의해 제조된 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체.

청구항 9

제8항에 따른 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체를 포함하는 것을 특징으로 하는 슈퍼 커패시터.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 방법, 이에 의해 제조된 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체, 및 이를 포함하는 슈퍼 커패시터에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 자가 전과 연소 반응을 이용하는 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 방법, 이에 의해 제조된 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체, 및 이를 포함하는 슈퍼 커패시터에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 슈퍼 커패시터는 고출력 밀도, 긴 수명, 짧은 충전 시간 및 우수한 안정성 기록을 나타냄으로써, 최근에 각광받고 있는 에너지 저장소자이다. 슈퍼 커패시터는 전지들 및 절연 커패시터 사이에 존재하는 겹을 에너지 및 출력 밀도로 충전할 수 있다.
- [0003] 탄소 재료는 상대적으로 낮은 가격, 우수한 전기 전도성, 그리고 높은 표면적 때문에 슈퍼 커패시터의 전극 재료로 널리 사용되고 있다. 탄소 재료의 전하 저장 능력은 전기적 이중층 형성 메커니즘으로부터 비롯된다. 또한, 산소 및 질소와 같은 표면 기능성을 가진 탄소 재료의 다수는 빠른 패러데이 반응의 슈도 커패시터(pseudo capacitive) 분포로 인해, 전하 저장능력이 향상될 수 있다.
- [0004] 슈퍼 커패시터에 사용되는 질소 도핑된 탄소 구조체의 제조 방법에 대해서는 다양한 방법이 제안되고 있다. 일 예로, 한국등록특허공보 제10-1473752호에 개시된 '간단한 합성 방법을 통한 질소가 도핑된 탄소 나노구조체의 제조방법'에서는 금속-탄소 구조체를 제조하고, 금속-탄소 구조체로부터 금속 또는 금속 산화물을 제거하여 질소가 도핑된 탄소 나노구조체를 제조하는 방법을 제안하고 있다.
- [0005] 다른 예로, 한국등록특허공보 제10-1694802호에 개시된 '질소가 도핑된 멀티나노채널 다공성 탄소 나노구조체의 제조방법'에서는 전기 방사법을 이용한 제조 방법을 제안하고 있다.
- [0006] 근래에, 연소 과정을 통해 질소가 도핑된 다공성 탄소 구조체를 제조하는 방법이 다양하게 제안되고 있으나, 고온의 열원을 제공하는 장비에서 대략 2-3 시간의 열을 가하여 연소시켜야 하는 점에서, 제조가 복잡하고 연소를 위한 장비가 구비되어야 할 뿐 만 아니라, 연소 시간이 다소 많이 소요되는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 이에, 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해소하기 위해 안출된 것으로서, 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체를 제조하는데 있어, 짧은 시간 내에 저비용으로 제조가 가능한 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 방법, 이에 의해 제조된 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체, 및 이를 포함하는 슈퍼 커패시터를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상기 목적은 본 발명에 따라, 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 방법에 있어서, 정제수에 염화소듐을 투입시켜 상기 염화소듐을 포화시키는 단계와; 상기 염화소듐이 투입된 상기 정제수에 재결정 용액을 투입시켜 상기 염화소듐을 재결정화시키는 단계와; 재결정화된 상기 염화소듐을 자가 전과 연소성 물질이 용해된 탄소 전구체 용액에 투입시키는 단계와; 상기 탄소 전구체 용액을 건조시켜 상기 염화소듐과 상기 자가 전과 연소성 물질의 복합체를 형성하는 단계와; 상기 복합체에 열원이 인가되어 상기 자가 전과 연소성 물질이 자가 전과 연소 반응을 통해 연소되어, 상기 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체가 제조되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는

질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 방법에 의해서 달성된다.

- [0009] 여기서, 상기 탄소 전구체 용액은 알코올과 디에틸에테르의 혼합액에 니트로셀룰로오스가 용해된 콜로디온 용액을 포함하며; 상기 자가 전과 연소성 물질은 상기 니트로셀룰로오스일 수 있다.
- [0010] 또한, 재결정화된 상기 염화소듐 500 mg을 기준으로 상기 콜로디온 용액 30g의 비율로 재결정화된 상기 염화소듐을 상기 콜로디온 용액에 투입시킬 수 있다.
- [0011] 상기 재결정 용액은 에탄올을 포함할 수 있다.
- [0012] 그리고, 상기 재결정화시키는 단계는 상기 재결정 용액을 투입한 후, 초음파를 이용한 분산 단계를 포함할 수 있다.
- [0013] 그리고, 상기 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체가 제조되는 단계는 연소 후 잔존하는 상기 염화소듐을 제거하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0014] 여기서, 상기 염화소듐을 제거하는 단계는 정제수를 투입을 통해 상기 염화소듐을 용해시켜 제거할 수 있다.
- [0015] 한편, 상기 목적은 본 발명의 다른 실시 형태에 따라, 상기 제조 방법에 의해 제조된 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체에 의해서 달성될 수 있다.
- [0016] 한편, 상기 목적은 본 발명의 또 다른 실시 형태에 따라, 상기 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체를 포함하는 것을 특징으로 하는 슈퍼 커패시터에 의해서 달성될 수 있다.

발명의 효과

- [0017] 상기와 같은 구성에 따라, 본 발명에 따르면 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체를 제조하는데 있어, 짧은 시간 내에 저비용으로 제조가 가능한 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 방법, 이에 의해 제조된 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체, 및 이를 포함하는 슈퍼 커패시터가 제공된다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 과정을 나타낸 도면이고,
 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 제조 과정을 개념적으로 도식화한 도면이고,
 도 3은 본 발명의 실시예에서 재결정 전의 염화소듐을 주사 전자 현미경을 통해 촬영한 영상이고,
 도 4는 본 발명의 실시예에서 재결정 후의 염화소듐을 주사 전자 현미경을 통해 촬영한 영상이고,
 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 자가 전과 연소 반응에서 복합체의 온도 변화를 나타낸 도면이고,
 도 6은 본 발명의 실시예에 따라 제조된 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체를 주사 전자 현미경을 통해 촬영한 실제 이미지이고,
 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 제조된 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체를 투과 전자 현미경으로 촬영한 실제 이미지이고,
 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체를 에너지 분산형 분광 분석법을 통해 촬영한 이미지이고,
 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 결정성을 확인하기 위한 도면이고,
 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체의 결합 형태를 확인하기 위한 실험 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명

은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

- [0020] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시예들을 상세히 설명한다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체(40)의 제조 과정을 나타낸 도면이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체(40)의 제조 과정을 개념적으로 도식화한 도면이다.
- [0022] 본 발명의 실시예에 따른 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체(40)의 제조 방법에서는 염화소듐(10)을 다공성 탄소 구조체(40)의 제조를 위한 주형으로 사용된다.
- [0023] 도 1 및 도 2를 참조하여 보다 구체적으로 설명하면, 먼저 정제수에 염화소듐(10)을 투입시켜 염화소듐(10)을 포화시킨다(S10). 그런 다음, 염화소듐(10)이 투입된 정제수에 재결정 용액을 투입시켜 염화소듐(10)을 재결정화시킨다(S11). 본 발명의 실시예에서는 재결정 용액으로 에탄올이 적용되는 것을 예로 하는데, 염화소듐(10)을 재결정시킬 수 있는 다른 재결정 용액이 적용될 수 있음은 물론이다.
- [0024] 도 3은 재결정 전의 염화소듐(10)을 주사 전자 현미경을 통해 촬영한 영상이고, 도 4는 재결정 후의 염화소듐(10)을 주사 전자 현미경을 통해 촬영한 영상이다.
- [0025] 이와 같은 염화소듐(10)의 재결정화를 통해, 염화소듐(10)의 사이즈가 작아져서 비표면 면적이 크게 향상될 수 있다.
- [0026] 본 발명의 실시예에서는 염화소듐(10)의 재결정화 과정에서 재결정 용액을 투입한 후, 초음파 분산기를 이용한 분산 과정을 통해 재결정화를 향상시키는 것을 예로 한다.
- [0027] 상기와 같이, 염화소듐(10)의 재결정화가 완료되면, 재결정화된 염화소듐(10a)을 탄소 전구체 용액에 투입시킨다(S12). 본 발명의 실시예에 따른 탄소 전구체 용액에는 자가 전과 연소성 물질이 용해되어 있는 것을 예로 한다.
- [0028] 일 실시예로 탄소 전구체 용액은 콜로디온 용액(20)을 포함하는 것을 예로 한다. 콜로디온 용액(20)은 알코올과 디에틸에테르의 혼합액에 니트로셀룰로오스(20a)가 용해된 것으로, 니트로셀룰로오스(20a)가 자가 전과 연소성 물질에 해당한다.
- [0029] 본 발명에서는 재결정화된 염화소듐(10a) 500 mg을 기준으로 콜로디온 용액(20) 30g의 비율, 즉 1 대 60의 비율로 재결정화된 염화소듐(10a)을 콜로디온 용액(20)에 투입하는 것을 예로 한다.
- [0030] 그런 다음, 재결정화된 염화소듐(10a)이 투입된 콜로디온 용액(20)을 건조시켜 복합체(30)를 형성한다(S13). 본 발명에서는 콜로디온 용액(20)의 건조는 상온 건조를 이용하는 것을 예로 하나, 건조 장비를 통해 일정 온도로 건조할 수 있음은 물론이다.
- [0031] 여기서, 콜로디온 용액(20)을 건조시키게 되면, 콜로디온 용액(20)에 포함된 알코올과 디에틸에테르가 증발하여 제거되며, 염화소듐(10a)과 니트로셀룰로오스(20a)로 구성된 복합체(30)가 형성된다. 여기서, 염화소듐(10a)과 니트로셀룰로오스(20a)로 구성된 복합체(30)는 Free-standing 필름 형태로 형성된다.
- [0032] 상기와 같은 필름 형태의 복합체(30)가 형성되면, 복합체(30)에 열원을 인가하여 복합체(30)를 연소시킨다. 본 발명에서는 복합체(30)에 열원을 인가하게 되면, 자가 전과 연소성 물질은 니트로셀룰로오스(20a)가 자가 전과 연소 반응을 통해 연소하게 된다(S14). 본 발명의 실시예에서는 줄열을 이용한 니크롬선을 통해 고열을 인가하는 것을 예로 한다.
- [0033] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 자가 전과 연소 반응에서 복합체(30)의 온도 변화를 나타낸 도면이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 시작점(Start-point)에 열원을 인가한 후, 끝단(End-point)의 온도는 시작점의 온도보다 급격히 증가하게 되어, 고온으로의 연소가 가능하게 된다.
- [0034] 이와 같이, 니트로셀룰로오스(20a) 등의 자가 전과 연소 반응을 통해 연소가 진행됨으로써, 고열의 용광로와 같은 연소 장치가 없이도 다공성 탄소 구조체(40)의 제조가 가능하게 된다.
- [0035] 여기서, 니트로셀룰로오스(20a)는 질소가 포함된 탄소 결합의 형태를 가지므로, 연소 후 질소와 탄소의 결합이 잔존하여, 다공성 탄소 구조체(40)의 전기화학적 특성을 크게 향상시킬 수 있다.
- [0036] 상기와 같은 연소 과정의 결과물로, 도 2에 도시된 바와 같이, 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체(40)가 형성되는데, 여기에는 염화소듐(10a)의 코어(50)가 잔존하게 된다(S15). 이에 본 발명의 실시예에서는 잔존하는 염화소

듭(10a)의 코어(50)를 제거하는 과정이 진행된다(S16).

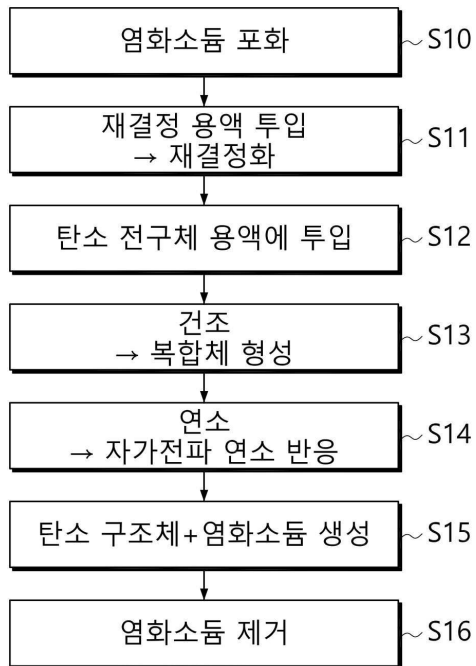
- [0037] 본 발명의 실시예에서는 염화소듐(10)이 주형으로 사용되는 바, 정제수를 이용한 세척 과정을 통해, 쉽게 잔존하는 염화소듐(10a)의 코어(50)를 제거하여, 최종적인 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체(40)의 제조가 가능하게 된다.
- [0038] 도 6은 본 발명의 실시예에 따라 제조된 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체(40)를 주사 전자 현미경을 통해 촬영한 실제 이미지이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 염화소듐(10) 주형의 형상대로 탄소 구조체(40)가 공동 형태로 생성되었음을 확인할 수 있다.
- [0039] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 제조된 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체(40)를 투과 전자 현미경으로 촬영한 실제 이미지이다. 도 7의 (b)는 도 7의 (a)를 확대한 도면이다.
- [0040] 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체(40)는 공동 형태의 Micro porous가 형성되어 있고, 비결정형으로 합성된 것을 확인할 수 있다.
- [0041] 그리고, 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체(40)를 에너지 분산형 분광 분석법을 통해 촬영한 이미지이다. 도 8의 상부 좌측 이미지가 주사 전자 현미경 영상이고, 상부 우측 및 하부 이미지가 분산형 분광 분석법을 통해 촬영한 이미지이다.
- [0042] 도 8에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체(40)가 질소와 산소가 도핑되어 있음을 확인할 수 있다. 여기서, 질소와 산소의 결합은 앞서 설명한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체(40)의 전기화학적 성능을 향상시키게 된다.
- [0043] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체(40)의 결정성을 확인하기 위한 도면이다. 도 9의 (a)는 X-선 회절 분석(XRD) 결과를 나타낸 도면이고, 도 9의 (b)는 라만 분광법을 이용한 결과를 나타낸 도면이다.
- [0044] 도 9의 (a)에 도시된 바와 같이, 주형으로 사용된 염화소듐(10)의 피크는 사라지고 비정질 탄소의 피크인 22° 와 44° 만 나타나는 것을 확인할 수 있다. 그리고, 도 9의 (b)에 도시된 바와 같이, 각각 D, G, 2D를 나타내는 1354 cm^{-1} , 1590 cm^{-1} , 2816 cm^{-1} 에서 피크가 있음이 확인되었고, 이는 비정질 탄소임을 나타낸다.
- [0045] 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체(40)의 결합 형태를 확인하기 위한 실험 결과이다. 본 발명에서는 X-선 광전자 분광법을 이용하였다. 도 10의 (a)는 탄소 에너지 준위를 나타낸 것이고, 도 10의 (b)는 질소 에너지 준위를 나타낸 것이다.
- [0046] 도 10을 참조하여 설명하면, 탄소 결합은 C=C, C-N, C-O, C=O, O=C-O의 결합으로 분화되었고, 질소는 N-Q, N-5, N-6, N=O 의 결합으로 분화되었음을 확인할 수 있다. 이는 높은 질소 도핑율을 나타내고 있다.
- [0047] 비록 본 발명의 몇몇 실시예들이 도시되고 설명되었지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 당업자라면 본 발명의 원칙이나 정신에서 벗어나지 않으면서 본 실시예를 변형할 수 있음을 알 수 있을 것이다. 발명의 범위는 첨부된 청구항과 그 균등물에 의해 정해질 것이다.

부호의 설명

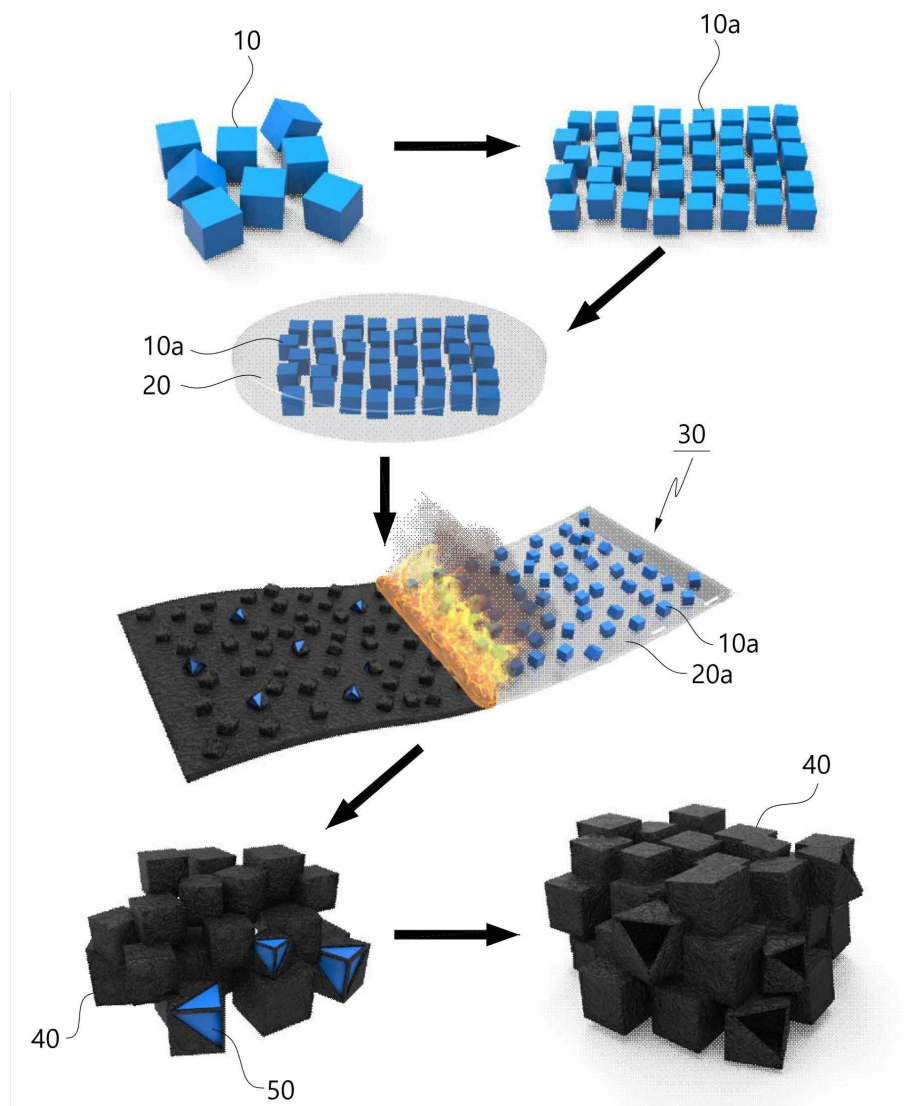
- | | | |
|--------|--------------|------------------------|
| [0048] | 10 : 염화소듐 | 10a : 재결정화된 염화소듐 |
| | 20 : 콜로디온 용액 | 20a : 니트로셀룰로오스 |
| | 30 : 복합체 | 40 : 질소 도핑된 다공성 탄소 구조체 |
| | 50 : 염화소듐 코어 | |

도면

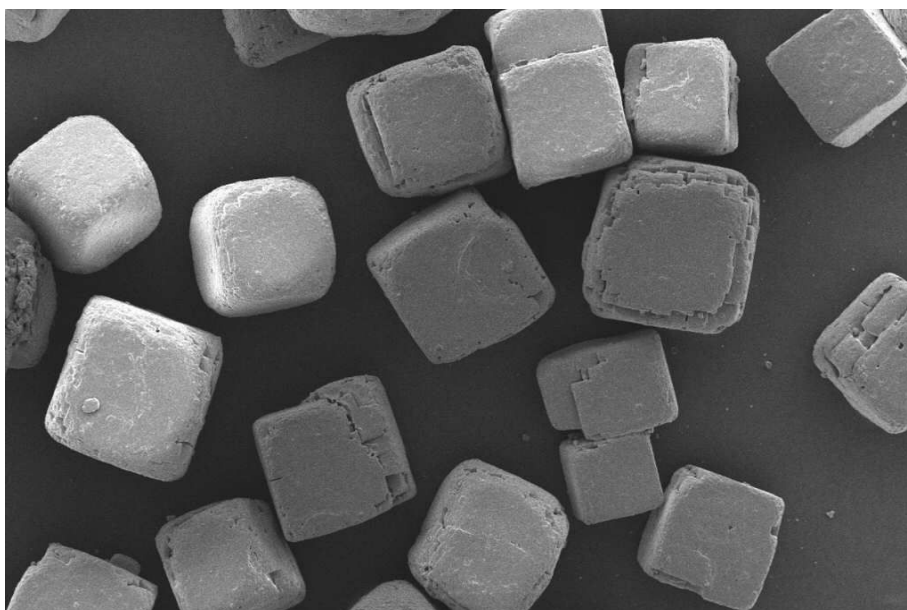
도면1



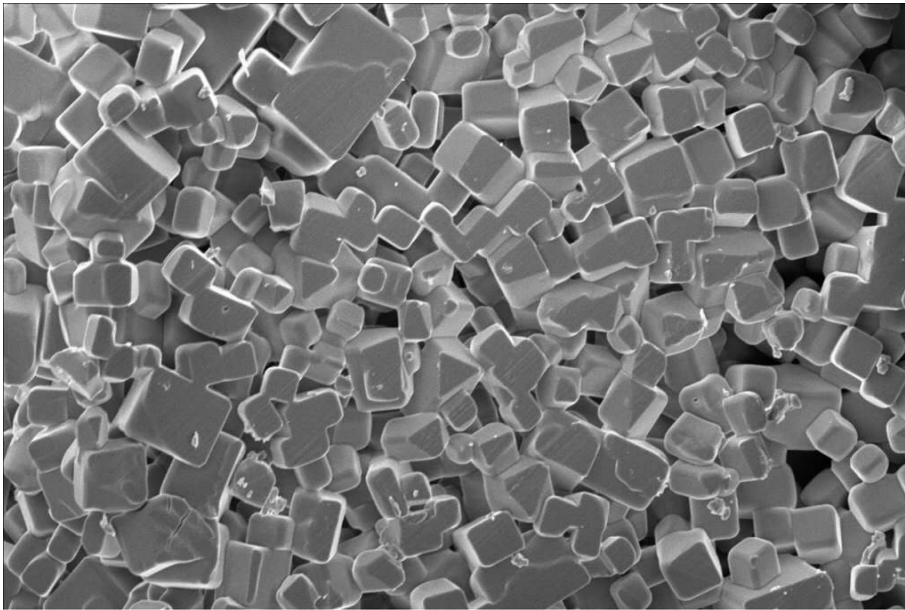
도면2



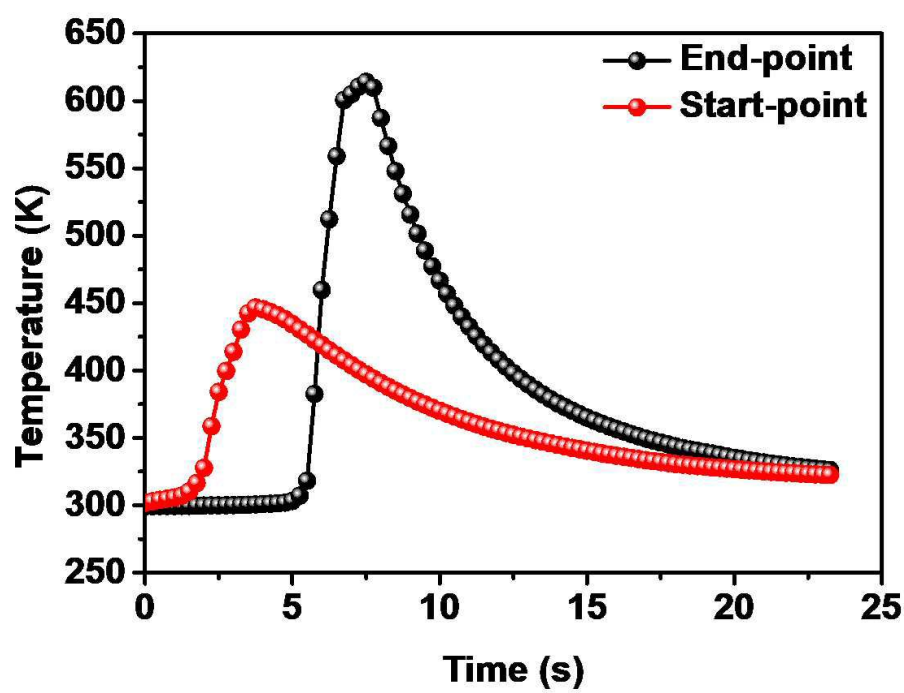
도면3



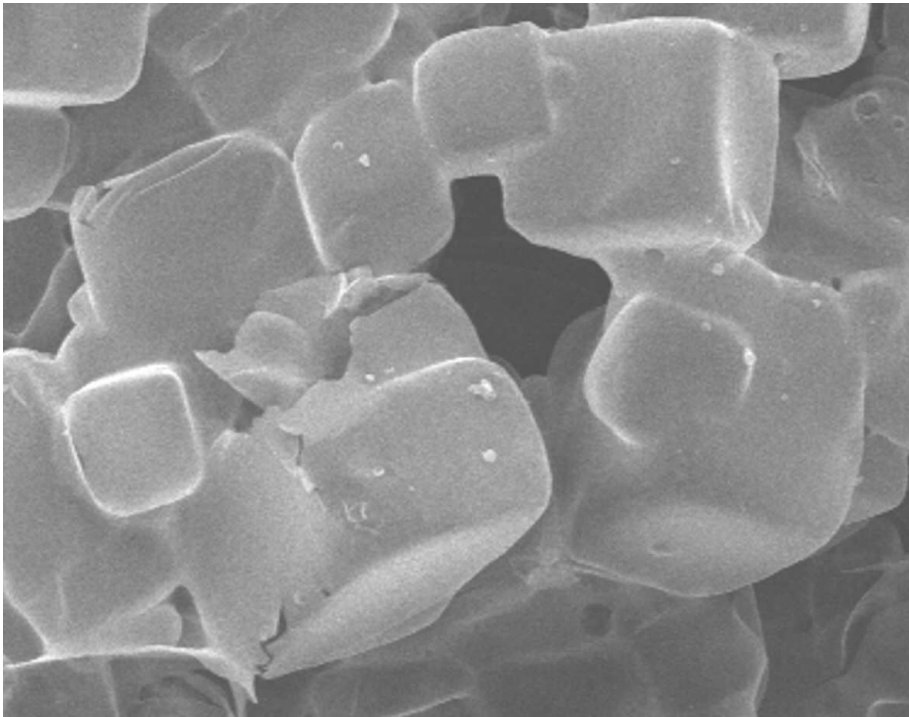
도면4



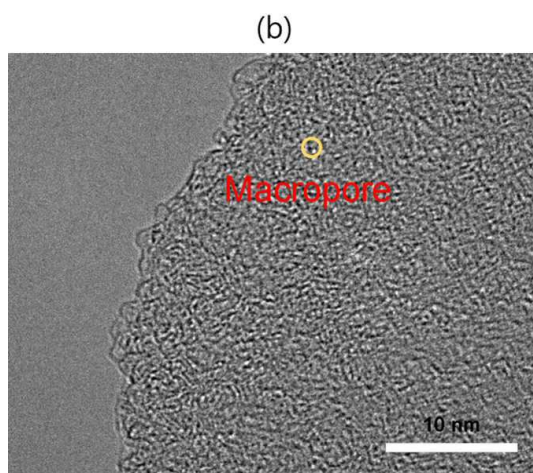
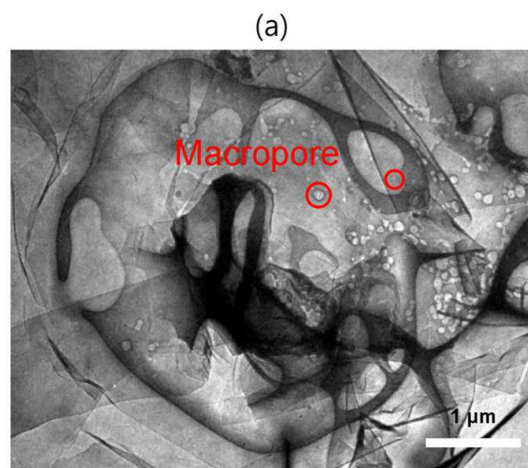
도면5



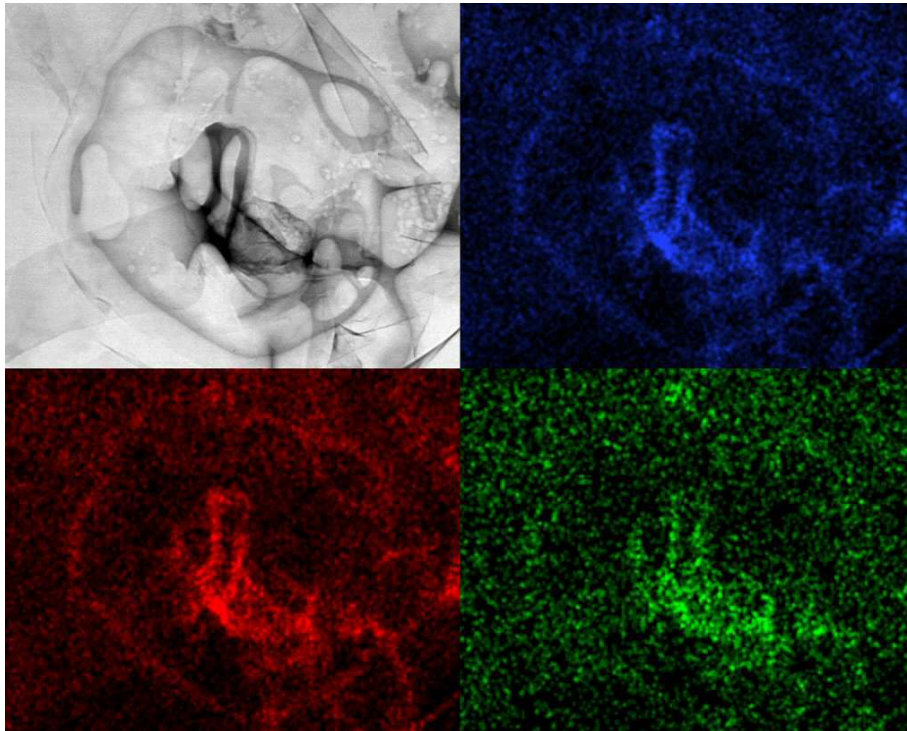
도면6



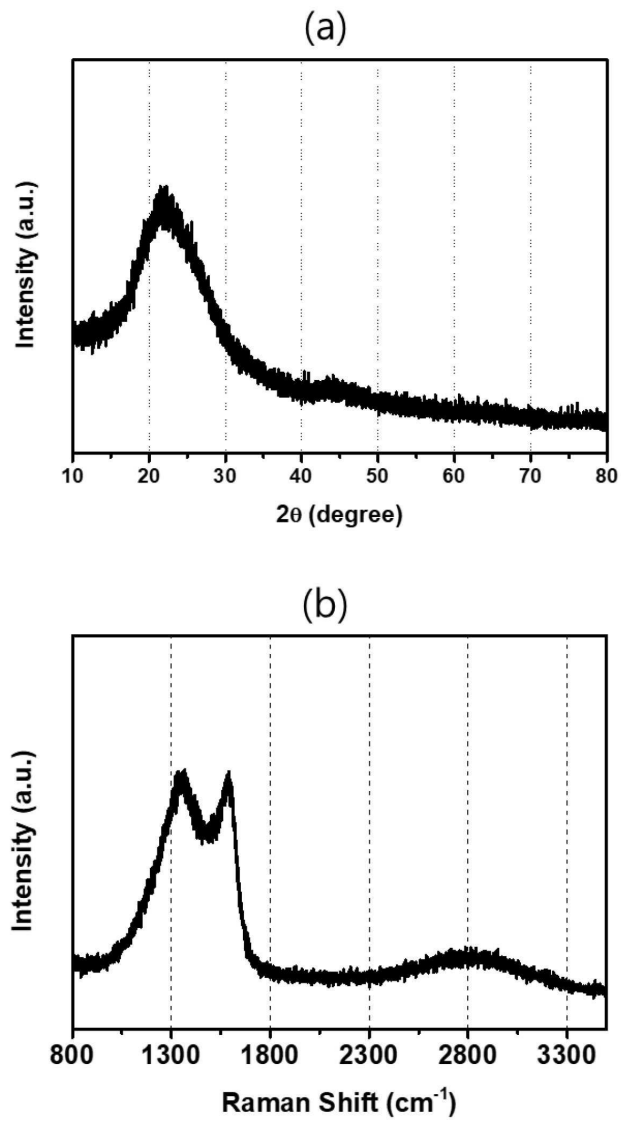
도면7



도면8



도면9



도면10

