



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년03월27일
(11) 등록번호 10-1719988
(24) 등록일자 2017년03월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01B 33/18 (2006.01) C08L 25/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C01B 33/181 (2013.01)
C08L 25/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0171972
(22) 출원일자 2015년12월04일
심사청구일자 2015년12월04일
(56) 선행기술조사문헌
KR101274219 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
계명대학교 산학협력단
대구광역시 달서구 달구벌대로 1095 (신당동)
(72) 발명자
배재영
대구광역시 달서구 와룡로 169, 102동 602호 (감삼동, 월드마크웨스트앤드)
이중탁
대구광역시 북구 구암로 17 216동 605호 (관음동, 한양수정아파트)
(74) 대리인
김일환
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 9 항

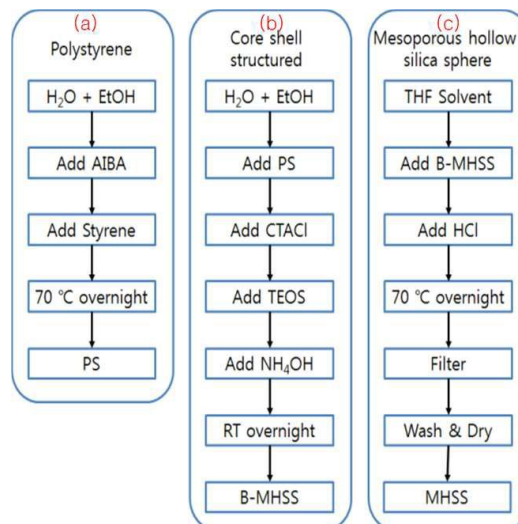
심사관 : 정현아

(54) 발명의 명칭 열처리 공정을 거치지 않은 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 제조방법

(57) 요약

본 발명은, (a) 일정한 비율로 혼합한 증류수와 에탄올 용매에 전구체인 스타이렌과 열 개시제인 AIBA를 첨가하여 폴리스타이렌을 형성하는 단계; (b) 상기 (a) 단계에서 형성한 폴리스타이렌에 양이온 계면활성제인 cetyltrimethylammonium chloride(CTACl)과 실리카 전구체인 tetraethylorthosilicate(TEOS)를 넣고 교반한 다음, 교반된 용액에 암모니아수를 첨가하고 하루 동안 상온에서 반응시켜, 폴리스타이렌 코어에 실리카 셸이 씌어진 코어-셸 형태를 형성하는 단계; 및 (c) 상기 (b) 단계를 통해 형성된 코어-셸 형태 물질을 THF와 HCl을 섞은 용매에 첨가하여 열 반응시키고, 여과 후 세척과 건조 단계를 거쳐 메조포러스 중공형 실리카를 형성하는 단계;를 포함하는 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 제조방법을 제공한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

C01P 2004/64 (2013.01)

C01P 2006/16 (2013.01)

(72) 발명자

권민지

대구광역시 서구 국채보상로65길 22-1 (평리동)

김선희

경상북도 구미시 선산읍 선산중앙로 121-2, 태양오
토바이 (동부리)

이지현

대구광역시 달서구 월서로 51, 107동 405호 (진천
동, 월배역포스코더샵아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

(a) 일정한 비율로 혼합한 증류수와 에탄올 용매에 전구체인 스타이렌과 열 개시제인 AIBA를 첨가하여 폴리스타이렌을 형성하는 단계;

(b) 상기 (a) 단계에서 형성한 폴리스타이렌에 양이온 계면활성제인 cetyltrimethylammonium chloride(CTACl)과 실리카 전구체인 tetraethylorthosilicate(TEOS)를 넣고 교반한 다음, 교반된 용액에 암모니아수를 첨가하고 하루 동안 상온에서 반응시켜, 폴리스타이렌 코어에 실리카 셸이 씌어진 코어-셸 형태를 형성하는 단계; 및

(c) 상기 (b) 단계를 통해 형성된 코어-셸 형태 물질을 THF와 HCl을 섞은 용매에 첨가하여 열 반응시키고, 여과 후 세척과 건조 단계를 거쳐 메조포러스 중공형 실리카를 형성하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계에서, 상기 증류수와 에탄올 용매를 1:0.6의 부피비로 혼합하는 것을 특징으로 하는 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계에서, 상기 AIBA는 상기 스타이렌의 몰 비율에 맞춰 첨가되며,

상기 몰 비율은, 스타이렌 : AIBA = 1:0.01~ 0.02 범위를 갖는 것을 특징으로 하는 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계에서, 상기 CTACl은 상기 TEOS의 몰 비율에 맞춰 첨가되며,

상기 몰 비율은, TEOS : CTACl = 1:0.13~ 0.18 범위를 갖는 것을 특징으로 하는 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계에서, 상기 코어-셸 형태 물질은 상기 THF 용매에 중량비에 맞춰 첨가되며, 상기 중량비는, THF : 코어-셸 형태 물질 = 1:0.01~ 0.02 범위를 갖는 것을 특징으로 하는 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계에서, 상기 HCl은 상기 CTACl의 몰 비율에 맞춰 첨가되며,

상기 몰 비율은, HCl : CTACl = 1:0.07~ 0.13 범위를 갖는 것을 특징으로 하는 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계에서, 상기 열반응은 70~90℃의 온도범위에서 수행되는 것을 특징으로 하는 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계에서, 교반된 용액에 암모니아수를 첨가하여 pH를 8~10으로 설정하는 것을 특징으로 하는 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 셸을 형성하는 실리카의 기공구조는 육방구조를 형성하는 것을 특징으로 하는 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 열처리 공정을 거치지 않고 내부 유기물질을 제거함으로써, 메조다공성 실리카 나노물질의 비표면적 감소를 방지하고, 실제 산업계 적용에 있어 물질합성 방법에 대한 유리한 공정을 제시할 수 있는 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 메조다공성 물질(mesoporous materials)은 IUPAC(International Union of Pure and Applied Chemistry)에 의거하여 나노미터 크기의 기공을 가지는 다공성 물질 중, 기공의 크기가 2~50nm 크기의 물질을 말한다. 또한, 2nm 이하의 더 작은 기공을 가지는 물질의 경우는 마이크로다공성 물질(microporous materials)이라고 하며, 50nm 이상의 기공 크기를 가지는 물질의 경우 마크로다공성 물질(macroporous materials)로 분류된다.
- [0004] 메조다공성 중공형 실리카 나노 물질은 메조다공성 실리카와 중공형 실리카가 복합된 형태로서, 내부는 비워져 있고 껍질을 이루는 실리카 물질은 메조다공성 형태로 이루어진 구조이다. 이러한 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 합성방법은 내부 주형물질을 만든 다음 그 위에 계면활성제와 실리카 입자를 코팅시킨 뒤 코어-셸(Core-shell) 구조를 만든 뒤 추후 코어를 이루는 유기물질을 제거하여 합성한다.
- [0005] 보통 유기물질을 제거하는 방법 중 하나로, 높은 온도에서의 소성을 통하여 제거하는 것이 일반적으로 알려진 방법이지만, 높은 온도에서 소성과정은 실리카의 결정성이 나타나게 하여 기공이 붕괴 되어 비표면적이 줄어드는 단점이 있고, 실제 산업계 적용에 있어 양산성이 힘들다는 단점을 가지고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 일본공개특허공보 2005-89218호(2005년 4월 7일 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 본 발명은 전술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 열처리 공정을 거치지 않고 내부 유기물질을 제거함으로써, 메조다공성 실리카 나노물질의 비표면적 감소를 방지하고, 실제 산업계 적용에 있어 물질합성 방법에 대한 유리한 공정을 제시할 수 있는 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 제조방법을 제공하는 것을

목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 이를 위해, 본 발명은, (a) 일정한 비율로 혼합한 증류수와 에탄올 용매에 전구체인 스타이렌과 열 개시제인 AIBA를 첨가하여 폴리스타이렌을 형성하는 단계; (b) 상기 (a) 단계에서 형성한 폴리스타이렌에 양이온 계면활성제인 cetyltrimethylammonium chloride(CTACl)과 실리카 전구체인 tetraethylorthosilicate(TEOS)를 넣고 교반한 다음, 교반된 용액에 암모니아수를 첨가하고 하루 동안 상온에서 반응시켜, 폴리스타이렌 코어에 실리카 셸이 씌어진 코어-셸 형태를 형성하는 단계; 및 (c) 상기 (b) 단계를 통해 형성된 코어-셸 형태 물질을 THF와 HCl을 섞은 용매에 첨가하여 열 반응시키고, 여과 후 세척과 건조 단계를 거쳐 메조포러스 중공형 실리카를 형성하는 단계; 를 포함하는 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 제조방법을 제공한다.
- [0010] 또한, 상기 (a) 단계에서, 상기 증류수와 에탄올 용매를 1:0.6의 부피비로 혼합하는 것이 바람직하다.
- [0011] 또한, 상기 (a) 단계에서, 상기 AIBA는 상기 스타이렌의 몰 비율에 맞춰 첨가되며, 상기 몰 비율은, 스타이렌 : AIBA = 1:0.01~ 0.02 범위를 갖는 것이 바람직하다.
- [0012] 또한, 상기 (b) 단계에서, 상기 CTACl은 상기 TEOS의 몰 비율에 맞춰 첨가되며, 상기 몰 비율은, TEOS : CTACl = 1:0.13~ 0.18 범위를 갖는 것이 바람직하다.
- [0013] 또한, 상기 (c) 단계에서, 상기 코어-셸 형태 물질은 상기 THF 용매에 중량비에 맞춰 첨가되며, 상기 중량비는, THF : 코어-셸 형태 물질 = 1:0.01~ 0.02 범위를 갖는 것이 바람직하다.
- [0014] 또한, 상기 (c) 단계에서, 상기 HCl은 상기 CTACl의 몰 비율에 맞춰 첨가되며, 상기 몰 비율은, HCl : CTACl = 1:0.07~ 0.13 범위를 갖는 것이 바람직하다.
- [0015] 또한, 상기 (b) 단계에서 교반된 용액에 암모니아수를 첨가하여 pH를 8~10으로 설정하고, 상기 (c) 단계에서 열 반응은 70~90℃의 온도범위에서 수행되는 것이 바람직하다.
- [0016] 바람직하게, 상기 셸을 형성하는 실리카의 기공구조는 육방구조를 형성할 수 있다.

발명의 효과

- [0017] 본 발명은 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 합성과정에서 열처리 공정을 거치지 않고 내부 유기물질을 제거함으로써, 메조다공성 실리카 나노물질의 비표면적 감소를 방지할 수 있다.
- [0018] 또한, 실제 산업계 적용에 있어 열처리 공정을 거치지 않으므로, 소성 공정에 따른 비용 소요를 막아 생산비용을 절감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명에 따른 메조다공성 중공형 실리카 합성 모식도,
 도 2는 본 발명에 따른 열처리 공정을 거치지 않은 메조 다공성 중공형 실리카 합성 과정을 나타낸 도면,
 도 3은 본 발명에 따른 열처리 공정을 거치지 않은 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 코어 유기물질 제거 전과 후의 FT-IR 스펙트럼을 나타낸 그래프,
 도 4는 본 발명에 따른 열처리 공정을 거치지 않은 메조다공성 중공형 실리카의 TEM 사진으로, 각각 (a)폴리스타이렌, (b)메조다공성 중공형 실리카 나노물질을 나타낸 것이고,
 도 5는 본 발명에 따른 열처리 공정을 거치지 않은 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 N₂-sorption 결과를 나타낸 그래프,
 도 6은 본 발명에 따른 열처리 공정을 거치지 않은 메조포러스 중공형 실리카의 low angle XRD 결과를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 통해 설명될 것이다. 그러나 본 발명은 여기에서 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화

될 수도 있다. 단지, 본 실시예들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 정도로 상세히 설명하기 위하여 제공되는 것이다.

- [0021] 도면들에 있어서, 본 발명의 실시예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니며 명확성을 기하기 위하여 과장된 것이다. 또한, 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소를 나타낸다.
- [0022] 본 명세서에서 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 또한, 명세서에서 사용되는 "포함한다" 또는 "포함하는"으로 언급된 구성요소, 단계, 동작 및 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작, 소자 및 장치의 존재 또는 추가를 의미한다.
- [0024] 이하에서 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 제조과정을 상세히 설명한다.
- [0025] 먼저, 본 발명에서는 메조다공성 중공형 실리카 나노 물질을 합성하기 위해 폴리스타이렌을 코어 물질로 사용하는 방법을 이용하였다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 메조다공성 중공형 실리카 나노 물질을 합성하는 과정을 나타낸 도면이고, 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 합성 과정을 보다 세분하게 나타낸 순서도이다.
- [0027] 도 1을 참조하면, 우선 메조포러스 중공형 실리카 나노 구조를 합성하기 위해 코어 물질로 사용한 폴리스타이렌(Polystyrene)을 합성한다(S110). 이때, 증류수 150~500ml와 에탄올 용매 150~350ml를 일정한 비율로 혼합한 용매에 폴리스타이렌(PS)의 전구체인 스타이렌 3~16ml와 열 개시제인 2,2'-azobis(2-methylpropionamidine) dihydrochloride(AIBA)를 0.1~0.7g 첨가하여 코어 물질을 합성한다. 이때, 상기 증류수 150 ~ 500ml와 에탄올 용매 150 ~ 350ml의 범위에서 증류수와 에탄올 용매를 1:0.6의 부피비로 혼합하고, 상기 열 개시제인 AIBA의 첨가는 스타이렌의 몰 비율에 맞춰, 상기 몰 비율은 스타이렌 : AIBA = 1:0.01 ~ 0.02몰의 범위에서 첨가하는 것이 바람직하다. 이를 통해, 구조가 부서지지 않고 균일한 크기의 구형 형태를 형성할 수 있다.
- [0028] 이어, 합성한 코어 물질에 양이온 계면활성제인 cetyltrimethylammonium chloride(CTACl)을 실리카 전구체인 tetraethylorthosilicate(TEOS)의 몰비율에 맞춰 첨가하는데, 상기 몰 비율은 TEOS : CTACl = 1:0.13 ~0.18몰의 범위에서 첨가하는 것이 바람직하다. 이를 통해, 구조가 부서지지 않고 균일한 크기의 구형 형태를 형성할 수 있다.
- [0029] 즉, 양이온 계면활성제 CTACl을 10~20ml 첨가하고, 그 후 실리카 전구체인 TEOS를 10~20ml 넣고 교반한 다음, 교반된 용액에 암모니아수를 10~20ml 첨가하여 pH를 8~10으로 맞춘 뒤 하루 동안 상온에서 반응시키면, 폴리스타이렌 코어(core)에 실리카 셸(shell)이 씌어진 코어-셸 형태를 이루게 된다(S120). 이때, TEOS는 실리카 전구체로 폴리스타이렌에 셸을 형성하는 역할을 수행하고, CTACl은 상기 셸에 형성된 기공의 지지체 역할을 수행하며, 암모니아수는 촉매로 교반된 용액의 pH를 8~10으로 조절해주는 역할을 수행한다. 여기서, 상기 CTACl 용액과 TEOS용액의 경우, 부피비 1:1로 첨가되고, 암모니아수는 교반된 용액의 pH가 8~10으로 설정되도록 적절한 양을 첨가하게 된다.
- [0030] 이렇게 합성된 물질은 여과 후 세척과 건조의 단계를 거친 뒤, 내부 물질 제거를 위하여 Tetrahydrofuran(THF) 300~500ml와 HCl 5~15ml을 섞은 용매에 합성된 물질을 첨가하여 70~90℃에서 열 반응을 통해 유기물질을 추출한다(S130). 이때, 상기 THF 용액에 합성된 코어-셸(PS@SiO₂) 형태 물질을 중량비율에 따라 THF : PS@SiO₂ = 1:0.01~0.02 중량비의 범위에서 첨가하고, 이어 HCl 경우는 CTACl의 몰비율에 맞춰 첨가하는데, HCl : CTACl = 1:0.07 ~0.13 몰비율의 범위에서 첨가하는 것이 바람직하다. 이를 통해, 구조가 부서지지 않고 균일한 크기의 구형 형태를 형성할 수 있다.
- [0031] 또한, 상온에서 THF와 HCl을 섞은 용매와 합성된 코어-셸(PS@SiO₂) 형태 물질을 교반할 경우에는 내부 물질(폴리스타이렌, CTACl)의 제거가 용이하지 않을 수 있는데, 이는 THF와 HCl을 섞은 용매가 실리카 셸에 형성된 기공에 충분히 침투하지 못할 수 있기 때문이다. 이에 따라, 70~90℃에서 열 반응을 통해 반응시켜주면 실리카 셸에 형성된 기공에 침투가 용이하게 하여 결과적으로 내부 물질의 제거를 용이하게 할 수 있다.
- [0033] 도 2를 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 합성 과정을 보다 세분하여 살펴보면 다음과 같다.
- [0034] 먼저, 도 2a를 참조하여, S110 단계의 폴리스타이렌(PS) 합성과정을 살펴보면, 증류수(H₂O) 222ml 용매와 에탄

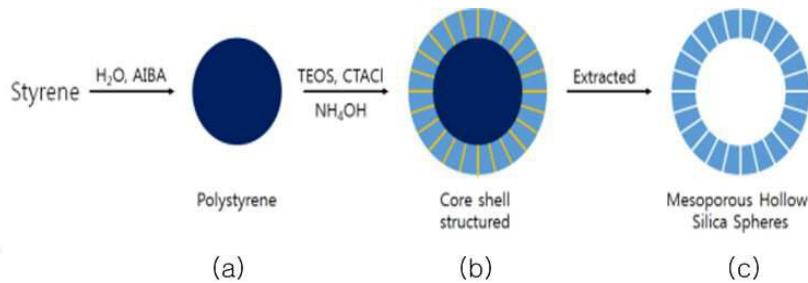
올(Ethanol) 133ml를 부피비 1:0.6의 비율로 혼합한 용매에 AIBA 0.149g과 스타이렌 4.1ml을 첨가한다. 이때, 열 개시제 AIBA는 스타이렌의 몰비율에 맞춰 첨가하는데, 즉, 스타이렌:AIBA = 1:0.01 몰비율에 맞춰 첨가하여, 하루 동안 75 ℃에서 반응시켜 폴리스타이렌(PS)을 합성한다.

- [0035] 이어, 도 2b를 참조하여, S120 단계의 폴리스타이렌 코어-실리카 셸(PS@SiO_2) 구조 합성과정을 살펴보면, 다음과 같다.
- [0036] 즉, Ethanol 1600ml와 H_2O 2667ml를 부피비 1:0.6의 비율로 혼합한 용매에 PS, CTACl 15ml, 및 TEOS 15ml를 첨가한다. 이때, 계면활성제 CTACl은 TEOS의 몰비율에 맞춰 첨가하는데, TEOS: CTACl = 1:0.15 몰비율에 맞춰 첨가한다.
- [0037] 또한, 암모니아수(NH_4OH)는 19ml를 첨가하여 교반된 용액의 pH가 8~10으로 설정되도록 하고, 하루 동안 상온에서 반응시켜, 폴리스타이렌 코어-실리카 셸(PS@SiO_2) 구조를 합성한다.
- [0038] 이어, 도 2c를 참조하여, S130 단계의 메조포러스 중공형 실리카 구조의 합성과정을 살펴보면, 다음과 같다.
- [0039] THF 800ml와 HCl 12.3ml을 섞은 용매에 합성된 폴리스타이렌 코어-실리카 셸(PS@SiO_2) 구조를 첨가하고, 하루 동안 70℃에서의 열 반응시키고, 여과 후 세척과 건조 단계를 거친 뒤, 메조포러스 중공형 실리카 구조를 합성한다. 이때, 합성된 폴리스타이렌 코어-실리카 셸(PS@SiO_2) 구조는 THF 용매에 중량비에 맞춰 첨가하는데, 즉, THF : PS@SiO_2 = 1:0.01의 중량비에 맞춰 첨가한다. 또한, HCl의 경우는 계면활성제 CTACl의 몰비율에 맞춰 첨가되는데, 즉, HCl : CTACl = 1:0.1의 몰비율에 맞춰 첨가한다.
- [0041] 이하에서 도 3 내지 도 6을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 제조된 메조다공성 중공형 실리카물질의 분석 결과를 상세히 설명한다. 이때, 분석의 대상은 전술한 도 2에서 합성한 메조다공성 중공형 실리카 구조를 통해 이루어진다.
- [0042] 도 3은 본 발명에 따른 메조다공성 중공형 실리카 나노물질에 코어물질로 존재하는 폴리스타이렌을 비소성 과정을 통해 유기물질을 제거한 것과 제거하기 전의 FT-IR의 작용기 피크를 비교한 것을 나타낸 그래프이다.
- [0043] 도 3을 참조하면, 우선적으로, 1042cm^{-1} 부근에서 나타나는 비대칭 피크의 경우 Si-O-Si의 진동피크이다.
- [0044] 또한, 코어 및 메조기공을 이루는 유기물질의 경우, 제거 전 FT-IR 결과를 보게 되면 2923cm^{-1} , 2853cm^{-1} 에서 피크가 나타났는데 이는 단일결합의 C-H 진동에 관련된 피크로 유기물질이 그대로 남아서 측정되는 것을 알 수 있다.
- [0045] 또한, 이중결합을 가진 C=C의 피크는 $1600\sim 1680\text{cm}^{-1}$ 사이에서 나타나는데 1601cm^{-1} 에서 나오는 피크는 이중결합의 알켄에 의해 나오는 피크임을 확인할 수 있다.
- [0046] 또한, 1491cm^{-1} 와 1453cm^{-1} 에서의 피크는 각각 CH_3 와 CH_2 그룹의 피크를 확인 할 수 있다. 유기물질이 제거된 메조다공성 중공형 실리카 나노 물질의 FT-IR 피크의 경우 2923cm^{-1} , 2853cm^{-1} , 1601cm^{-1} , 1453cm^{-1} 가 나타나지 않은 것으로 보아 소성과정을 거치지 않고 THF와 HCl만으로도 유기물질이 제거되었음을 확인할 수 있었다.
- [0047] 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 합성된 폴리스타이렌(A)과 메조다공성 중공형 실리카 나노물질(B)의 TEM 사진을 나타낸 것이다.
- [0048] 도 4(a)를 참조하면, 폴리스타이렌의 경우 TEM 사진 결과 구형의 형태를 띄며 182nm의 균일한 크기로 합성이 된 것을 확인할 수 있었다.
- [0049] 도 4(b)를 참조하면, 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 TEM 사진으로 내부 및 기공이 비교적 투명하게 보임으로써, 폴리스타이렌의 제거가 FT-IR의 결과와 마찬가지로 잘 제거됨을 알 수가 있다. 이때, 합성된 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 내경 크기는 184nm로 측정되었고 셸의 두께는 54nm이며 전체적인 구조의 크기는 292nm 확인되었다. 또한, 코어 중심을 향해 셸의 메조 기공이 수직으로 채널이 형성되었음을 확인할 수 있다.
- [0050] 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 합성된 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 N_2 -sorption 분석 결과를 나타낸 그래프이다.

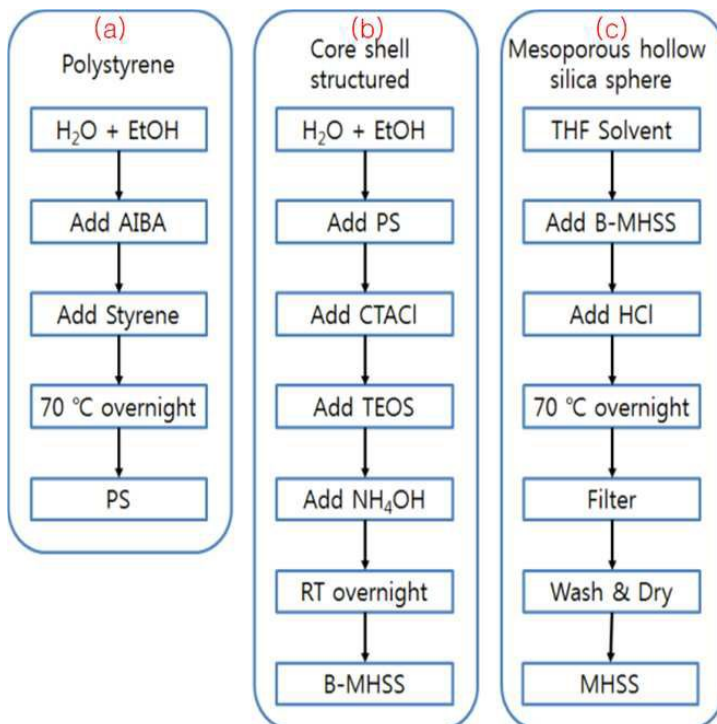
- [0051] 도 5를 참조하면, 전체적인 흡·탈착 곡선은 Type IV의 형태를 이루고 있으며, hysteresis loop는 H2 type으로 형성되었음을 확인하였다. BET를 통해 물질의 비표면적을 계산한 결과 $1205\text{m}^2/\text{g}$ 으로 높은 비표면적을 가지고 있는데, 이는 코어 및 메조 기공을 이루는 유기물질 제거를 통해 높은 비표면적 값이 나옴을 간접적으로 확인할 수 있다. 또한, 메조 기공의 크기는 3.800nm 이며 기공의 부피는 0.134 cc/g 로 측정되었다.
- [0052] 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 합성된 메조다공성 중공형 실리카 나노물질의 메조 기공 구조를 확인하기 위해 low angle XRD를 통해 분석한 결과를 나타낸 그래프이다.
- [0053] 도 6을 참조하면, 측정결과 2θ 가 약 2.2° 부근에서 실리카의 메인 피크인 $d(100)$ 이 나타나고 약 4.5° 부근에서 오더링된 피크가 관측됨을 통해 겹질을 이루는 실리카의 기공구조는 육방구조를 이루고 있음을 확인하였다.
- [0055] 이상의 설명에서 본 발명은 특정의 실시 예와 관련하여 도시 및 설명하였지만, 특허청구범위에 의해 나타난 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 개조 및 변화가 가능하다는 것은 당 업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 쉽게 알 수 있을 것이다.

도면

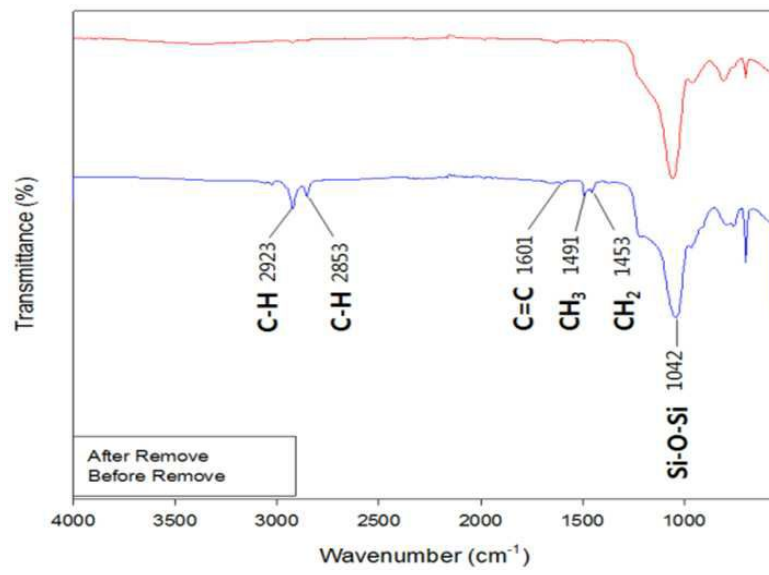
도면1



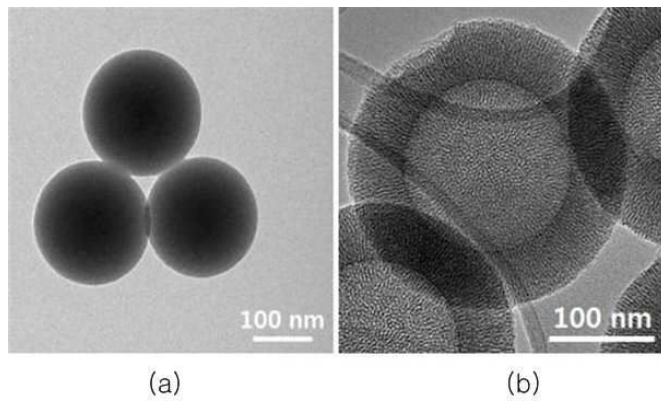
도면2



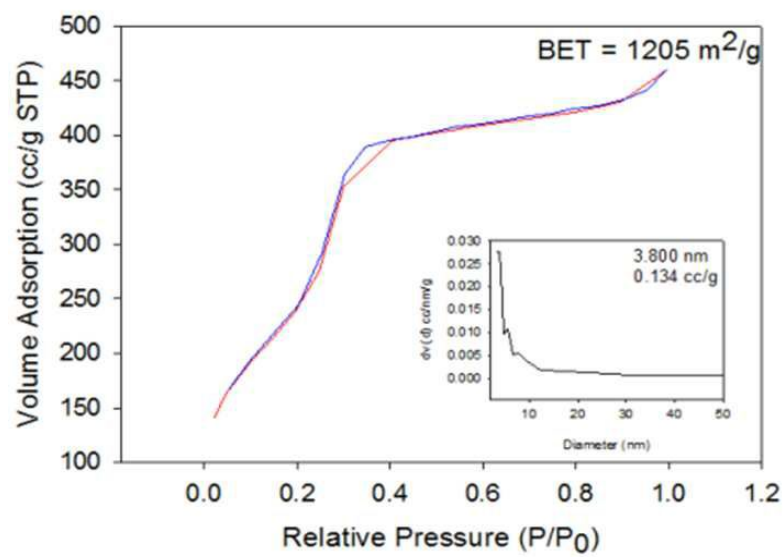
도면3



도면4



도면5



도면6

