



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월17일
(11) 등록번호 10-1889332
(24) 등록일자 2018년08월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01B 33/158 (2006.01) C01B 33/159 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C01B 33/1585 (2013.01)
C01B 33/159 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0080602
(22) 출원일자 2017년06월26일
심사청구일자 2017년06월26일
(56) 선행기술조사문헌
JP10316414 A*
KR1020120126741 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
계명대학교 산학협력단
대구광역시 달서구 달구벌대로 1095, 계명대학교 산학협력관 201호(신당동)
(72) 발명자
배재영
대구광역시 달서구 와룡로 169, 102동 602호 (감삼동, 월드마크웨스트엔드)
장수관
대구광역시 북구 팔달로37길 94-33, 3층 (노원동 2가)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 정현아

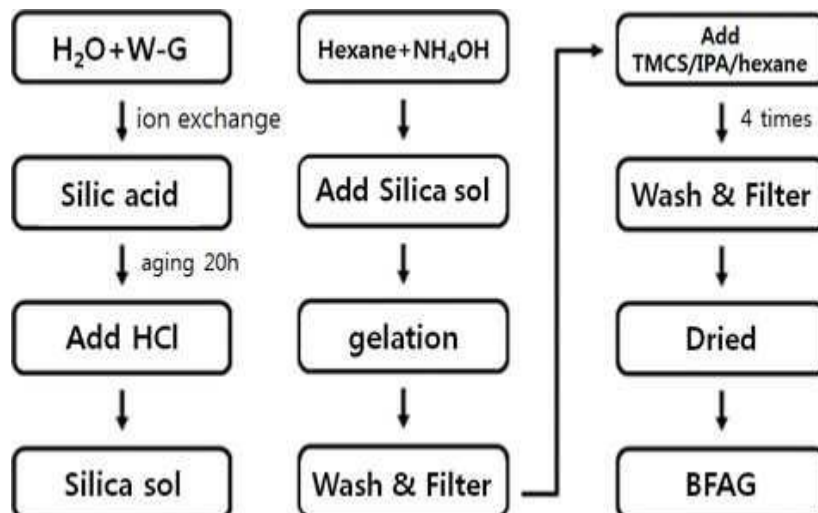
(54) 발명의 명칭 구형의 실리카 에어로겔 제조방법

(57) 요약

본 발명에 따른 구형의 실리카 에어로겔 제조방법은 원-팟 합성법을 통해 간편하면서도 효율적으로 구형의 실리카 에어로겔을 제조할 수 있고, 특히 구형의 실리카 에어로겔은 단일물 덩어리 형태에 비해 상대적으로 작고 균일한 크기를 가지고 있기 때문에 물리적인 파괴에 덩어리형태 보다 작은 손상을 가지게 되어 넓은 기공을 보호할 수 있는 효과가 있다.

또한, 사용과 운반이 용이하고 덩어리 형태를 파우더 형태로 재가공 함으로 발생하는 비용과 시간에 대한 절약이 가능한 장점이 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C01P 2004/32 (2013.01)

C01P 2004/60 (2013.01)

(72) 발명자

구지연

대구광역시 수성구 수성로 135, 102동 807호

문한준

부산광역시 부산진구 백양산로53번길 125, 213동
1705호 (당감동, 백양뜨란채)

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

규산을 숙성시킨 후 산을 첨가하여 실리카졸을 합성하는 단계;

비극성 유기용매인 헥산과 극성 용매인 암모니아수를 1 : 2의 부피비로 혼합하여 상층인 비극성 유기용매층과, 하층인 극성 용매층으로 분리되는 혼합 용매를 준비하는 단계;

상기 혼합 용매의 상층에서 하층의 순서로 실리카졸을 0.1 cm의 평균 직경의 스포이드로 적하(dropwise)하여 3 분 동안 겔화(gelation)를 통해 구형의 실리카 습윤겔을 합성하는 단계;

상기 구형의 실리카 습윤겔을 혼합 용매의 하층인 극성 용매층 상에서 숙성시키고 증류수로 세척하는 단계;

비극성 유기용매, C₁ 내지 C₄의 알코올, 및 실란계 용액으로 이루어진 혼합 용액에 상기 세척된 구형의 실리카 습윤겔을 숙성시켜 습윤겔 표면을 소수성으로 개질하는 단계; 및

상기 표면 개질된 구형의 실리카 습윤겔을 세척 및 건조하여 구형의 실리카 에어로겔을 수득하는 단계;

를 포함하는, 구형의 실리카 에어로겔 제조방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 규산은,

물유리와 양이온 교환수지를 혼합하여 합성되는 것을 특징으로 하는, 구형의 실리카 에어로겔 제조방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 규산은,

물유리와 양이온 교환수지를 1 : (1 ~ 10)의 부피비로 혼합한 뒤 100 내지 400 rpm으로 교반하여 합성되는 것을 특징으로 하는, 구형의 실리카 에어로겔 제조방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 실리카졸을 합성하는 단계는,

규산을 상온에서 12 내지 20시간 동안 숙성시킨 후 염산을 첨가하여 실리카졸을 합성하는 것을 특징으로 하는, 구형의 실리카 에어로겔 제조방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 구형의 실리카 습윤겔을 숙성시키고 증류수로 세척하는 단계는,

구형의 실리카 습윤겔을 혼합 용매의 하층인 극성 용매층 상에서 1 내지 3시간 동안 숙성시키고 증류수로 세척하는 것을 특징으로 하는, 구형의 실리카 에어로겔 제조방법.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 혼합 용액은,

비극성 유기용매, C₁ 내지 C₄의 알코올, 및 실란계 용액이 (10 ~ 30) : (0.5 ~ 5) : (0.5 ~ 5)의 부피비로 혼합된 것을 특징으로 하는, 구형의 실리카 에어로겔 제조방법.

청구항 12

청구항 1에 있어서,

상기 습윤겔 표면을 소수성으로 개질하는 단계는,

혼합 용액에 상기 세척된 구형의 실리카 습윤겔을 12 내지 36시간 동안 숙성시켜 습윤겔 표면을 소수성으로 개질하는 것을 특징으로 하는, 구형의 실리카 에어로겔 제조방법.

청구항 13

청구항 1에 있어서,

상기 습윤겔 표면을 소수성으로 개질하는 단계는,

1 내지 5회 반복하여 수행하는 것을 특징으로 하는, 구형의 실리카 에어로겔 제조방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 원-팟(one-pot) 합성법으로 다양한 소재에 활용할 수 있는 구형의 실리카 에어로겔을 제조하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 실리카 에어로겔은 단일 특성이 우수할 뿐만 아니라 독성이 없고 가볍고 넓은 기공을 가지는 장점을 갖고 있어 투명하고 환경 친화적 고온형 단열재 외에도 건축용 단열 패널, 기름흡착물질, 가스필터, 및 방음소재 등 넓은 기공을 활용하는 방향으로 사용되어 왔다.

[0003] 일반적으로 실리카 에어로겔은 물유리(water glass), 테트라에틸오소실리케이트(tetraethyl orthosilicate; TEOS), 테트라메틸오소실리케이트(tetramethyl orthosilicate; TMOS) 등의 실리카 전구체로부터 실리카 에어로겔

을 제조하고 있으며, 이 중 가장 저렴하고 취급이 용이한 물유리를 이용한 실리카 에어로겔 합성이 가장 많이 연구되고 있다.

[0004] 이러한 실리카 에어로겔은 단일물의 덩어리나 구형과 같은 과립상의 형태로 만들어진다. 단일물 덩어리의 경우 위와 같이 우수한 특성들을 가지고 있는 반면에 기계적 성질이 약한 실리카 에어로겔의 특성상 쉽게 구조가 무너지는 단점을 가지고 있다.

[0005] 때문에 불가피하게 파우더의 형태로 사용하게 되며, 이는 기공 크기의 감소로 단열성 및 방음과 같은 넓은 기공을 통해 얻을 수 있는 장점들이 저하됨을 의미한다.

[0006] 상기 문제점을 극복하기 위해 구형의 실리카 에어로겔을 제조하는 방법이 제안되었다. 다만, 합성된 구형의 실리카 에어로겔은 평균 직경이 나노미터 수준이므로 실리카 에어로겔을 다양한 산업에 적용하기 위한 수준의 실리카 에어로겔을 합성하는 데는 아직 무리가 있다.

[0007] 따라서, 나노미터 수준을 넘어선 마이크로 수준의 직경을 갖는 구형 실리카 에어로겔에 대한 연구 개발이 시급한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제2015-0093062호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 원-팟 합성법을 통해 간편하면서도 효과적으로 구형의 실리카 에어로겔을 합성할 수 있는 방법을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위하여, 규산을 숙성시킨 후 산을 첨가하여 실리카졸을 합성하는 단계; 비극성 유기용매와 극성 용매를 혼합하여 상층인 비극성 유기용매층과, 하층인 극성 용매층으로 분리되는 혼합 용매를 준비하는 단계; 상기 혼합 용매에 실리카졸을 스포이드로 적하(dropwise)하여 겔화(gelation)를 통해 구형의 실리카 습윤겔을 합성하는 단계; 상기 구형의 실리카 습윤겔을 혼합 용매의 하층인 극성 용매층 상에서 숙성시키고 증류수로 세척하는 단계; 비극성 유기용매, C₁ 내지 C₄의 알코올, 및 실란계 용액으로 이루어진 혼합 용액에 상기 세척된 구형의 실리카 습윤겔을 숙성시켜 습윤겔 표면을 소수성으로 개질하는 단계; 및 상기 표면 개질된 구형의 실리카 습윤겔을 세척 및 건조하여 구형의 실리카 에어로겔을 수득하는 단계;를 포함하는, 구형의 실리카 에어로겔 제조방법을 제공한다.

[0011] 또한 본 발명은 상기 제조방법으로 제조된 것을 특징으로 하는, 구형의 실리카 에어로겔을 제공한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 따른 구형의 실리카 에어로겔 제조방법은 원-팟 합성법을 통해 간편하면서도 효율적으로 구형의 실리카 에어로겔을 제조할 수 있고, 특히 구형의 실리카 에어로겔은 단일물 덩어리 형태에 비해 상대적으로 작고 균일한 크기를 가지고 있기 때문에 물리적인 파괴에 덩어리형태 보다 작은 손상을 가지게 되어 넓은 기공을 보호할 수 있는 효과가 있다.

[0013] 또한, 사용과 운반이 용이하고 덩어리 형태를 파우더 형태로 재가공 함으로 발생하는 비용과 시간에 대한 절약이 가능한 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 구형의 실리카 에어로겔 제조방법을 개략적으로 나타낸 모식도;

도 2는 실리카 졸의 겔화(gelation) 과정을 개략적으로 나타낸 모식도;

도 3은 본 발명에 따라 제조된 구형의 실리카 에어로겔의 평균 직경을 나타낸 도면; 및

도 4는 실시예 1 내지 실시예 3에 따라 제조된 구형의 실리카 에어로겔의 비표면적, 기공 부피, 및 기공 크기 분석을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하, 본 발명인 구형의 실리카 에어로겔 제조방법을 보다 상세하게 설명한다.
- [0016] 본 발명의 발명자들은 종래 나노미터 수준의 평균 직경을 갖는 구형 실리카 에어로겔 합성법을 대체하기 위해 연구 개발 하던 중, 비극성 유기용매와 극성 용매를 혼합하여 상층인 비극성 유기용매층과, 하층인 극성 용매층으로 분리되는 혼합 용매 상에 실리카졸을 스포이드로 적하(dropwise)하여 원-팟 합성법을 통해 마이크로 수준의 평균 직경을 갖는 구형 실리카 에어로겔을 합성함으로써 구조 자체의 비표면적 등을 개선시킬 수 있고, 물성을 개선시켜 다양한 용도로 활용할 수 있음을 밝혀내어 본 발명을 완성하였다.
- [0017] 본 발명은 규산을 숙성시킨 후 산을 첨가하여 실리카졸을 합성하는 단계; 비극성 유기용매와 극성 용매를 혼합하여 상층인 비극성 유기용매층과, 하층인 극성 용매층으로 분리되는 혼합 용매를 준비하는 단계; 상기 혼합 용매에 실리카졸을 스포이드로 적하(dropwise)하여 겔화(gelation)를 통해 구형의 실리카 습윤겔을 합성하는 단계; 상기 구형의 실리카 습윤겔을 혼합 용매의 하층인 극성 용매층 상에서 숙성시키고 증류수로 세척하는 단계; 비극성 유기용매, C₁ 내지 C₄의 알코올, 및 실란계 용액으로 이루어진 혼합 용액에 상기 세척된 구형의 실리카 습윤겔을 숙성시켜 습윤겔 표면을 소수성으로 개질하는 단계; 및 상기 표면 개질된 구형의 실리카 습윤겔을 세척 및 건조하여 구형의 실리카 에어로겔을 수득하는 단계;를 포함하는, 구형의 실리카 에어로겔 제조방법을 제공한다.
- [0018] 상기 규산은 물유리와 양이온 교환수지를 혼합하여 합성되는 것일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0019] 상기 규산은 물유리와 양이온 교환수지를 1 : (1 ~ 10)의 부피비로 혼합한 뒤 100 내지 400 rpm으로 교반하여 규산을 합성되는 것 일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0020] 구체적으로, 상기 규산을 합성할 때, 물유리와 양이온 교환수지를 혼합할 경우 물유리의 Na⁺ 이온들이 양이온 교환수지의 H⁺ 이온으로 교환되어 물유리의 pH가 10 ~ 13에서 4 이하로 감소하여 산성을 띄게 된다. 따라서, 상기 양이온 교환수지는 강산성 이온 교환수지(H형)인 것이 바람직하나, 이에 제한되는 것이 아니다.
- [0021] 또한, 규산을 합성할 때, 물유리와 양이온 교환수지를 1 : (0.1 ~ 0.9)로 혼합할 경우, 양이온 교환이 완전하게 이루어지지 않게 되고 염기성을 띄며 빠르게 경화되는 문제가 발생할 수 있어, 적어도 양이온 교환수지는 물유리와 동등한 양을 첨가하여야 한다.
- [0022] 상기 실리카졸을 합성하는 단계는 규산을 상온에서 12 내지 20시간 동안 숙성시킨 후 염산을 첨가하여 실리카졸을 합성하는 단계일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0023] 구체적으로, 상온에서 충분한 숙성 시간을 가지지 않게 되면 구형 실리카 에어로겔을 합성할 때 구조가 일그러지는 현상이 발생하게 되는 바, 12 내지 20시간 동안 숙성시키는 것이 바람직하다.
- [0024] 상기 비극성 유기용매는 헥산(hexane), 헵탄(heptane), 옥탄(octane), 3-메틸펜탄(3-methylpentane), 2-메틸펜탄(2-methylpentane), 2,3-디메틸부탄(2,3-dimethylbutane), 2,2-디메틸부탄(2,2-dimethylbutane), 사이클로헥산(cyclohexane), 벤젠(benzene), 및 톨루엔(toluene)으로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0025] 상기 극성 용매는 암모니아수일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0026] 상기 혼합 용매는 비극성 유기용매와 극성 용매를 1 : (0.5 ~ 5)의 부피비로 혼합하여 상층인 비극성 유기용매층과, 하층인 극성 용매층으로 분리되는 혼합 용매일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0027] 구체적으로, 비극성 유기용매층이 너무 얇게 되면 실리카졸이 적하되어 구형을 생성할 시간을 충분히 가지지 못하여 구형태가 일그러지는 문제가 발생 할 수 있어 혼합 용매는 비극성 유기용매와 극성 용매를 1 : (0.5 ~ 5)의 부피비로 혼합하는 것이 바람직하다.

- [0028] 상기 스포이드는 0.05 내지 0.4 cm의 평균 직경을 가질 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0029] 구체적으로, 평균 직경이 0.05 cm 미만인 스포이드로 실리카졸을 적하할 경우 두 용액의 계면에서 겔화가 진행되어 구형을 못 이루고 원반형으로 겔화가 진행되는 문제점이 발생할 수 있으며, 평균 직경이 0.4 cm를 초과한 스포이드로 실리카졸을 적하할 경우 적하된 실리카졸 방울의 겔화 속도보다 일그러짐이 우선적으로 발생하는 문제점을 야기할 수 있는 바, 평균 직경이 0.05 내지 0.4 cm인 스포이드로 실리카졸을 적하하는 것이 바람직하며, 특히 상기 문제점을 모두 피해가며 일정한 형태의 구형을 유지하기 위해서는 평균 직경이 0.1 cm인 스포이드로 실리카졸을 적하하는 것이 보다 바람직하다.
- [0030] 상기 겔화(gelation)는 1 내지 5분 동안 수행할 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0031] 구체적으로, 상기 겔화(gelation)를 1분 미만으로 수행할 경우, 충분히 겔화가 진행되지 못하는 문제점이 발생할 수 있으며, 겔화(gelation)를 5분 초과하여 수행할 경우 추후 용매치환 과정에서 용매가 잘 치환되지 않는 문제점을 야기할 수 있는 바, 겔화(gelation)는 1 내지 5분 동안 수행하는 것이 바람직하며, 특히 구형 유지와 원할한 용매치환을 위해 3분 동안 겔화(gelation)하는 것이 보다 바람직하다.
- [0032] 구체적으로, 상기 구형의 실리카 습윤겔을 합성하는 단계에서, 혼합 용매에 실리카졸을 스포이드로 적하(dropwise)하여 비극성 유기용매층에 첨가하게 되면 실리카졸이 구형태를 가지게되고, 극성 용매층에 접촉하는 순간 pH가 6 ~ 9로 증가하여 겔화가 이루어지며, 결과적으로 구형태의 실리카 습윤겔을 합성할 수 있다.
- [0033] 상기 구형의 실리카 습윤겔을 숙성시키고 증류수로 세척하는 단계는 구형의 실리카 습윤겔을 혼합 용매의 하층인 극성 용매층 상에서 1 내지 3시간 동안 숙성시키고 증류수로 세척하는 단계일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0034] 상기 혼합 용액은 비극성 유기용매, C₁ 내지 C₄의 알코올, 및 실란계 용액이 (10 ~ 30) : (0.5 ~ 5) : (0.5 ~ 5)의 부피비로 혼합된 것일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0035] 상기 습윤겔 표면을 소수성으로 개질하는 단계는 혼합 용액에 상기 세척된 구형의 실리카 습윤겔을 12 내지 36 시간 동안 숙성시켜 습윤겔 표면을 소수성으로 개질하는 단계일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0036] 상기 습윤겔 표면을 소수성으로 개질하는 단계는 1 내지 5회 반복하여 수행하는 단계일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0037] 구체적으로, 상기 습윤겔 표면을 소수성으로 개질하는 단계를 수행하지 않을 경우 구형 실리카 에어로겔은 수분을 흡수하여 구조가 무너지게 되는 문제점이 발생할 수 있으며, 상기 습윤겔 표면을 소수성으로 개질하는 단계를 5회 초과할 경우 흰색의 가루가 함께 석출되는 문제점을 야기할 수 있는 바, 상기 습윤겔 표면을 소수성으로 개질하는 단계는 1 내지 5회 반복하여 수행하는 것이 바람직하며, 특히 소수성 유지와 에어로겔의 투명성 확보를 위해 3회 반복하여 수행하는 것이 보다 바람직하다.
- [0038] 또한 본 발명은 상기 제조방법으로 제조된 것을 특징으로 하는, 구형의 실리카 에어로겔을 제공한다.
- [0039] 상기 구형의 실리카 에어로겔은 평균 직경이 1 내지 4 mm일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0040] 이하, 하기 실시예에 의해 본 발명인 구형의 실리카 에어로겔 제조방법을 보다 상세하게 설명한다. 다만, 이러한 실시예에 의해 본 발명이 한정되는 것은 아니다.
- [0041] **<실시예 1> 구형의 실리카 에어로겔 합성**
- [0042] 1. 실리카졸 합성
- [0043] 실리카졸을 제조하기 위한 전구체로는 증류수를 통해 5 ~ 10%로 희석한 물유리를 사용하였다.
- [0044] 희석된 물유리와 강산성 이온교환수지(H형)를 1 : (1 ~ 10)의 부피비로 혼합한 뒤 300 rpm으로 교반(Hot plate stirrer (MSH-20A)을 통해 규산을 합성하였다.
- [0045] 제조된 규산은 상온에서 12 ~ 20시간 동안 숙성한 뒤 염산(HCl)을 첨가하여 실리카졸을 합성하였다.
- [0046] 2. 구형의 실리카 에어로겔 합성
- [0047] 비극성 유기용매인 헥산(hexane)과 암모니아수를 1 : 2의 부피비로 하층(bottom layer)에는 암모니아수로 이루어진 극성 용매층, 상층(top layer)에는 헥산으로 이루어진 비극성 유기용매층이 위치하도록 반응 용기에 담은

다.

- [0048] 상기 합성한 실리카졸을 스포이드(말단 평균직경: 0.3 cm)로 반응 용기에 적하(dropwise)하여 극성 용매층에서 3분 동안 겔화시켜 구형의 실리카 습윤겔을 합성하였다.
- [0049] 합성한 구형의 실리카 습윤겔을 극성 용매층인 암모니아수 용매 상에서 2시간 동안 숙성시킨 후 암모니아수 용매를 제거하기 위해 증류수로 세척하였다.
- [0050] 이후에 비극성 유기용매인 헥산, 아이소프로필알코올(iso-propyl alcohol), 트리메틸클로로실란(trimethylchlorosilane)을 30 : 1 : 0.5의 부피비로 혼합한 혼합 용액에 상기 세척한 구형의 실리카 습윤겔을 첨가하고 20시간 동안 숙성시켜 구형의 실리카 습윤겔 내부에 존재하는 수분을 비극성 유기용매로 치환시키고, 구형의 실리카 습윤겔 표면을 소수성으로 개질시켰다.
- [0051] 상기 숙성 과정을 3회 반복하고 필터링한 후 물로 세척하고 80℃로 건조시켜 소수성을 가진 구형의 실리카 에어로겔(평균 직경: 4.0 mm, 도 3(b) 참조)을 수득하였다.
- [0052] <실시예 2> 구형의 실리카 에어로겔 합성
- [0053] 스포이드(말단 평균직경: 0.1 cm)를 이용한 것을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일한 조건으로 구형 실리카 에어로겔(평균 직경: 2.5 mm, 도 3(b) 참조)을 수득하였다.
- [0054] <실시예 3> 구형의 실리카 에어로겔 합성
- [0055] 스포이드(말단 평균직경: 0.05 cm)를 이용한 것을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일한 조건으로 구형 실리카 에어로겔(평균 직경: 1 mm, 도 3(b) 참조)을 수득하였다.
- [0056] <실험예 1> 비표면적, 기공 부피, 및 기공 크기 분석
- [0057] 실시예 1 내지 실시예 3에 의해 합성된 구형의 실리카 에어로겔의 구조적 특징을 분석하기 위해 질소 수착 분석(N_2 -sorption analysis)을 통하여 비표면적, 기공 부피, 및 기공 크기를 측정(Quadratorb)하였다.
- [0058] 구체적으로, 실시예 1 내지 실시예 3에 의해 합성된 구형의 실리카 에어로겔의 등온 흡·탈착 정보를 이용하여 BET 관계식으로부터 비표면적을 산출하였고, 기공 부피 및 기공 크기는 BJH 관계식으로부터 산출하였다.
- [0059] 도 4를 참조하면, 하기 표 1에서처럼 평균 직경이 0.1 cm인 스포이드로 실리카졸을 적하시켜(실시예 2) 합성된 구형의 실리카 에어로겔은 BET가 $487 \text{ m}^2/\text{g}$, 기공의 크기는 12.508 nm, 기공의 부피는 12.508 cc/g으로 측정되었다.

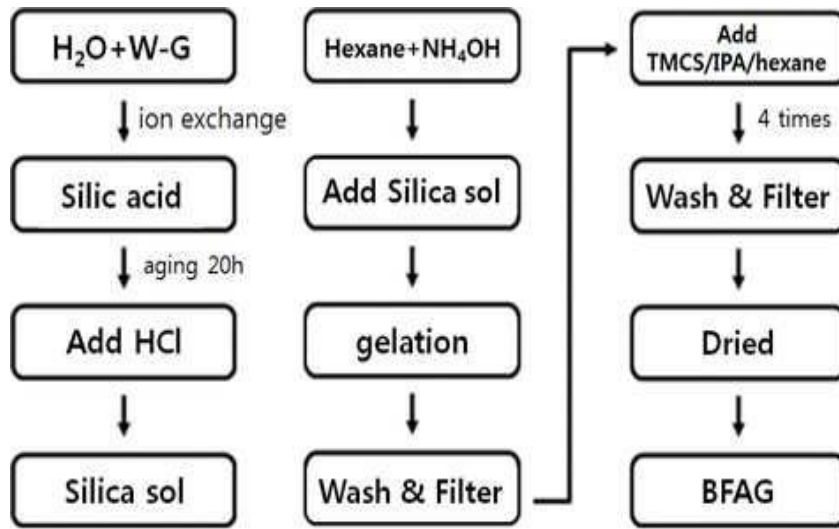
표 1

샘플	BET (m^2/g)	Pore volume (cc/g)	Pore size (nm)
실시예 1	457	3.025	16.122
실시예 2	487	2.968	12.508
실시예 3	417	1.474	6.613

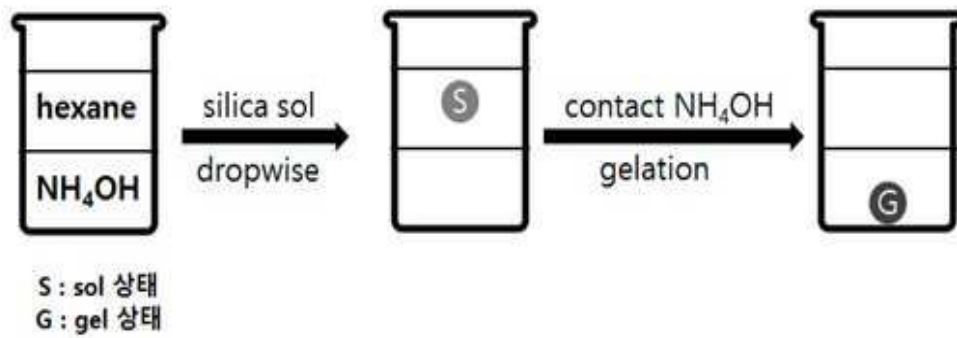
- [0061] 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술 사상과 아래에 기재될 청구범위의 균등 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

도면

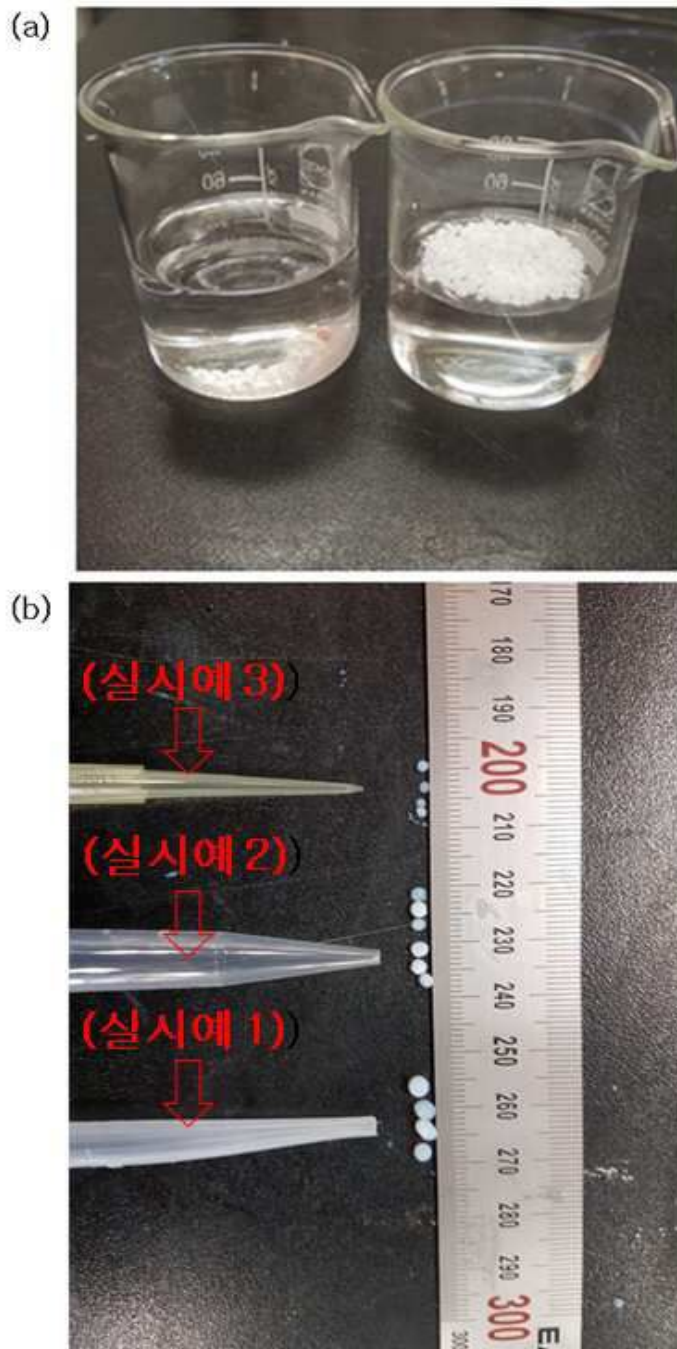
도면1



도면2



도면3



도면4

