(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0005333
(43) 공개일자 2019년01월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01B 32/10 (2017.01)
(52) CPC특허분류
C01B 32/05 (2017.08)
C01P 2004/13 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0085820
(22) 출원일자 2017년07월06일
심사청구일자 2017년07월06일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
박원호
서울특별시 서초구 방배로3길 10-3, 101동 509호 (방배동, 삼호한숲아파트)
임동수
경기도 평택시 진위면 하북1길 6-7
(74) 대리인
김홍균

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **폐모발을 이용한 은 나노입자를 함유하는 중공 마이크로 튜브 복합체 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 폐모발을 이용한 은 나노입자를 함유하는 중공 마이크로 튜브 복합체 및 그 제조방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는 모발을 오븐 건조하는 단계; 상기 건조된 모발을 질산은($AgNO_3$) 용액에 침지하는 단계; 및 상기 질산은 용액에 침지된 모발을 열처리하는 단계를 포함하는 은 나노입자가 도입된 중공 마이크로 튜브 복합체의 제조방법과 상기 제조방법으로 제조된 은 나노입자가 도입된 중공 마이크로 튜브 복합체에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C01P 2004/61 (2013.01)
C01P 2004/80 (2013.01)
C01P 2006/19 (2013.01)
C01P 2006/90 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

은 나노입자가 도입된 중공 마이크로 튜브 복합체의 제조방법에 있어서,

모발을 오븐 건조하는 단계;

상기 건조된 모발을 질산은($AgNO_3$) 용액에 침지하는 단계; 및

상기 질산은 용액에 침지된 모발을 열처리하는 단계를 포함하는 은 나노입자가 도입된 중공 마이크로 튜브 복합체의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 질산은 용액의 농도는 0.01~10% w/v인 것을 특징으로 하는 은 나노입자가 도입된 중공 마이크로 튜브 복합체의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 열처리 단계는 250~450℃의 온도에서 1시간~3시간 동안 불활성 분위기에서 유지시키는 것을 특징으로 하는 은 나노입자가 도입된 중공 마이크로 튜브 복합체의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 열처리 단계에서의 열처리되는 온도 조건에 따라, 상기 마이크로 튜브 복합체의 벽 두께 및 도입된 은 나노입자의 함량을 조절할 수 있는 것을 특징으로 하는 은 나노입자가 도입된 중공 마이크로 튜브 복합체의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 열처리 단계는 개시제나 환원제의 첨가 없이 열처리에 의한 열환원을 일으켜 은 나노입자를 마이크로 튜브 내에 도입하는 것을 특징으로 하는 은 나노입자가 도입된 중공 마이크로 튜브 복합체의 제조방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 하나의 항에 기재된 제조방법으로 제조된 것을 특징으로 하는 은 나노입자가 도입된 중공 마이크로 튜브 복합체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 폐모발을 이용한 은 나노입자를 함유하는 중공 마이크로 튜브 복합체 및 그 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 모발을 오븐 건조하는 단계; 상기 건조된 모발을 질산은($AgNO_3$) 용액에 침지하는 단계; 및 상기 질산은 용액에 침지된 모발을 열처리하는 단계를 포함하는 은 나노입자가 도입된 중공 마이크로 튜브 복합체의 제조방법과 상기 제조방법으로 제조된 은 나노입자가 도입된 중공 마이크로 튜브 복합체에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 탄소섬유는 강도, 탄성율, 도전성, 표면적 등의 여러 물성이 우수하여 다양한 용도의 복합재료로 널리 사용되고 있다. 일반적으로 탄소섬유는 대부분 그 단면이 원형인 형태를 갖는다. 그러나 구조적으로 원형보다는 중공 형태가 효과적으로 외력에 대응할 수 있어, 그 길이 방향으로 중공부가 형성된 중공탄소섬유에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 특히, 중공탄소섬유는 흡착재료, 촉매 그리고 촉매 등을 지지하기 위한 담체 등으로 적용할 수 있고, 경량 면에서 유리하여 폭 넓은 산업 분야에 사용 가능한 이점이 있다.

[0004] 일반적으로, 탄소섬유는 유기 섬유를 탄화시켜 제조하거나, 그 대부분은 피치(pitch)를 용융 방사시켜 제조한다. 예를 들어, 용융된 피치를 일반 고분자용 방사기를 이용하여 섬유를 제조한 다음, 이를 고온에서 탄화시켜 제조한다. 이때, 방사기에는 주로 C형 방사노즐을 설치하여 튜브(tube) 형태, 즉 중공부가 형성되도록 제조한다.

[0005] 그러나 종래기술에 따른 피치계 중공탄소섬유는, 원료로 사용되는 피치가 온도에 민감하여 그 길이가 제한적이고, 두께와 외경의 조절이 어려워 작업상의 어려움이 따른다.

[0006] 또한, 중공탄소섬유의 내경 조절, 즉 중공부의 크기(직경) 조절이 어려우며, 방사기와 부대설비의 설치, 그리고 제조 작업상의 어려움에 의해 고가의 가격으로 보급되는 문제점이 있다. 아울러, 중공탄소섬유는 사용용도에 따라, 예를 들어 흡착 재료나 담체 등의 용도로 사용되는 경우 비표면적이 클 필요가 있는데, 피치계 중공탄소섬유는 비표면적이 작은 문제점이 있다.

[0007] 한편, 항균 물질에는 매우 다양한 종류가 있으나 인체에 무해하고 휘발 또는 분해가 일어나지 않는 등 안정성이 뛰어나 광범위하게 응용될 수 있는 무기계 항균 물질이 최근 각광을 받고 있는데, 그 중에서도 은(silver)에 대한 관심과 연구가 급증하고 있다.

[0008] 은은 예로부터 식기나 수저 등의 생활용품에 사용되는 등 인체에 유해한 다른 금속과는 달리 인체에 무해하고 항균성이 매우 뛰어난 것으로 알려져 있다. 은 이온(Ag+)을 사용한 소독의 경우 수십 년 전부터 연구가 되어 왔으며 은 이온에 의한 미생물 불활성화 메커니즘은 효소(enzyme)의 -SH기와 은 이온이 세균의 세포질막(cytoplasmic membrane)에 있는 K+ 이온을 방출시킴으로써 세균을 불활성화시킨다고 알려져 있고, 은이 세균의 세포분열을 방해한다는 메커니즘뿐만 아니라 과산화수소나 구리 이온과 같은 다른 항균 물질과의 시너지 효과 연구도 진행되고 있다.

[0009] 그러나 용액 상태에서만 존재할 수 있는 은 이온은 응용하는데 많은 제한이 있으므로, 최근에는 고체 상태로 사용이 가능한 나노크기 은 입자를 이용한 제품 개발 및 항균성 연구가 활발하다.

[0010] 일반적으로 은 나노입자의 환원은 환원제의 첨가로 일어나며 상세하게는 은 전구체 용액에 $NaBH_4$나 citrate, glucose, hydrazine, ascorbate 등의 환원제의 첨가로 은 이온이 환원되게 되는데, 화학적 첨가제를 사용한다는 단점을 가져 가공 분야로의 적용 가능성을 저해시키는 요인이 된다.

[0011] 한편, 활성탄은 범용적으로 사용되는 탄소 구조체로서 뛰어난 흡습, 흡착 특성을 보유하지만, 금속 등을 포함한 복합체로의 제조시 가격적인 부담이 크다는 단점을 가져 복합화 분야로의 적용 가능성을 저해시키는 요인이 된다.

[0012] 이에 본 발명자는 활성탄의 경제적 부담과 기존의 은 나노입자의 환원시 화학적 첨가제를 사용한다는 단점을 보완하기 위해, 비표면적 등이 우수하고 사람의 신체에서 자라고 다량의 탄소 성분을 가지며 흔하게 구할 수 있는 바이오매스인 폐모발을 이용하여 중공 마이크로 튜브를 제조하고, 여기에 은 나노입자를 도입하여 흡착력과 항균성을 갖춘 탄소복합체를 제조하여 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 이에 본 발명은 비표면적 등이 우수한 폐모발로부터 화학적 환원제나 첨가제를 사용하지 않고 열처리에 의한 환원을 통하여 은 나노입자가 도입된 마이크로 튜브형 복합체를 제조하고, 이를 흡착제나 상처치유제로 적용하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0016] 본 발명은, 모발을 오븐 건조하는 단계; 상기 건조된 모발을 질산은($AgNO_3$) 용액에 침지하는 단계; 및 상기 질산은 용액에 침지된 모발을 열처리하는 단계를 포함하는 은 나노입자가 도입된 중공 마이크로 튜브 복합체의 제조방법 및 이에 따라 제조된 은 나노입자가 도입된 중공 마이크로 튜브 복합체를 제공한다.

[0017] 상기 열처리 단계는 250~450℃의 온도에서 1시간~3시간 동안 불활성 분위기에서 유지시키며, 열처리되는 온도 조건에 따라 상기 마이크로 튜브의 벽 두께 및 도입되는 은 나노입자의 함량을 조절할 수 있는 것을 특징으로 한다. 또한, 개시제나 환원제의 첨가 없이 열처리에 의한 열환원을 일으켜 은 나노입자를 마이크로 튜브 내에 도입하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 아울러, 중공부가 형성된 은 나노입자가 도입된 중공 마이크로 튜브 복합체에 있어서, 상기 중공 마이크로 튜브 복합체는, 모발을 질산은 용액에 침지한 후 열처리하여 탄화 및 열분해시켜 제조한 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0020] 바이오매스인 폐모발에 열처리를 통해 화학적 방법으로 중공 마이크로 튜브를 제조하고, 은 나노입자를 도입함으로써 높은 경제적 효율을 가진 복합체의 제조방법을 제공하고, 제조조건에 따라 마이크로 튜브의 벽 두께 및 은 나노입자의 함량 조절을 함으로써 복합체의 흡착특성, 상처치유능 등의 특성조절을 가능하게 한다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 은 나노입자가 도입된 중공 마이크로 튜브 복합체의 제조과정을 나타낸 공정도이다.

도 2는 열처리를 하지 않은 모발(비교예 1)과 열처리에 따른 모발(실시예 2)의 열분해 및 은 환원 거동을 나타낸 주사전자현미경(SEM; Scanning Electron Microscope) 사진이다.

도 3은 본 발명의 비교예와 실시예에 의한 열처리 온도에 따른 모발 내부의 구조 변화 사진(SEM)이다. (a: 비교예 1, b: 실시예 1, c: 실시예 2, d: 실시예 3)

도 4는 물과 n-hexane 혼합 용액의 모발 열처리 온도에 따른 흡수 및 흡착 특성 평가를 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 모발의 은 이온 흡착 후 열처리 온도에 따른 결정 구조 변화 및 표면의 은 나노입자 형성을 나타낸 그래프와 사진이다 (도 5a는 250~450℃ 열처리 조건의 X-ray diffraction 분석 결과를 나타낸 그래프이고, 도 5b는 350℃에서 열처리된 모발 표면에서 형성된 은 나노입자의 사진이며, 도 5c는 상기 도 5b의 Ag mapping 결과를 나타낸 사진이다).

도 6은 본 발명의 실시예에 의한 모발의 은 이온 흡착 후 열처리 온도에 따른 X-ray photoelectron spectroscopy 분석 결과를 나타낸 그래프이다. (a: 실시예 1, b: 실시예 2, c: 실시예 3)

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0025] 모발은 케라틴이라는 경단백질과 비수용성 아미노산으로 이루어지며, 우리 눈에 보이는 털이나 머리카락은 죽은 단백질 상태이다. 이러한 모발의 구조는 표피층(Cuticle), 피질층(Cortex), 수질층(Medulla)으로 나뉘며, 각각의 층은 아래와 같은 특징을 갖는다.

[0026] 표피층은 케라틴이라는 단백질로 된 비늘모양의 각질세포로 되어 있으며, 외부자극으로부터 피질층을 보호하고, 수분증발을 억제하는 역할을 한다. 또한 팽창능력이 커서 화학성분의 흡수가 쉽고, 알칼리와 접촉하면 팽창해서 열리고, 산과 접촉하면 단단하게 폐쇄하게 된다. 이와 같은 표피층을 세부적으로 나누면, 가장 바깥층에 위치해 있고 단백질이 견고하게 결합되어 있는 에피큐티클(Epicuticle), 중간에 존재하여 침식성 약품의 작용을 쉽게 받는 엑소큐티클(Exocuticle), 가장 안쪽에 있고 친수성이며 알칼리에 약한 엔도큐티클(Endocuticle)로 이루어져 있다.

[0027] 피질층은 모발의 응집력과 색상을 결정하는 멜라닌 색소가 들어 있다. 이러한 피질층은 모발의 75~90%를 차지하며, 모발의 탄력을 부여해 주고, 수분을 일정하게 유지하는 역할을 한다. 그리고 피질층은 표피층에 비해 부드러운 케라틴으로 되어 있다.

[0028] 또한 수질층은 모발의 중심 부분에 위치하여, 가운데가 비어 있는 죽은 세포로 구성되어 있으며, 그 속에는 공기를 함유하고 있다.

[0029] 본 발명은 이상에서 설명한 단백질을 주요성분으로 하는 섬유, 즉 모발을 출발원료로 하여 은 이온을 함침하고, 열처리를 통하여 중공 마이크로 튜브를 제조하고, 은 나노입자를 마이크로 튜브 내에 도입하고자 한다.

[0031] 이하, 본 발명을 보다 상세하게 설명한다.

[0033] 먼저, 바이오매스 중 하나인 사람의 폐모발을 95 중량% 에탄올 용액에 대해 모발의 중량비가 25:1이 되도록 하여 1시간 동안 수세 후 24시간 동안 오븐에 건조시킨다. 본 발명에서는 마이크로 튜브의 원료로서 사람의 모발을 사용하였으나, 이에 한정되지 않고 동물의 털도 포함될 수 있다.

[0034] 다음으로, 건조된 모발을 질산은($AgNO_3$) 용액에 침지하여 모발에 은 이온을 함침시킨다. 상기 질산은 용액은 0.01~10% w/v, 바람직하게는 0.1~6% w/v인 것이 좋다. 질산은 용액의 농도가 0.01% w/v 미만이면 은의 함량이 너무 적어 항균특성의 발현을 실질적으로 기대하기 어렵고, 10% w/v를 초과하면 은이 단독으로 입자형태로 잔류하게 되어 오히려 인체에 유해할 수 있다.

[0035] 이후, 은 이온이 함침된 모발을 열처리를 통해 모발의 열분해 및 탄화를 유도하여 중공을 가진 마이크로 튜브를 제조한다. 상기 열처리 단계는 은 이온이 흡착된 모발의 물기를 제거한 후, 불활성 분위기(아르곤, 질소, 헬륨 등)로 치환된 전기로 내부에서 0.1℃/min~10℃/m의 승온 속도로 승온하고, 250~450℃에서 1시간~3시간 동안 유지시켜 열처리를 진행한다. 이와 같은 열처리 단계를 통해 모발의 열분해 및 탄화를 유도하여 표피층과 피질층은 탄화물이 되고, 피질층의 일부와 수질층은 중공으로 남아 중공을 가진 마이크로 튜브가 제조된다. 열처리 단계에서 온도가 250℃ 미만으로 너무 낮게 하거나, 유지 시간을 1시간 미만으로 하여 너무 짧게 하면 중공 형성이 일어나지 않거나 불규칙하게 되고, 온도가 450℃ 초과로 너무 높게 하거나, 유지 시간을 3시간 초과로 하여 너무 길게 하면 과다한 열처리로 인해 완전 분해된다. 또한, 승온속도를 너무 작게 하면 목표 온도에 도달하기까지 과다한 열처리 시간이 소모되고 효율성이 낮고, 승온속도를 너무 크게 하면 급격하고 불균일한 열처리로 인해 인장강도가 떨어지고 지나친 분해거동이 동반될 수 있다.

[0036] 본 발명의 일 실시예로서는 아르곤(Ar) 분위기 하에서 5℃/min의 승온 속도로 250~450℃의 온도까지 가열한 후 같은 온도에서 2시간 동안 열처리를 진행한 후 냉각한다. 이 과정에서 모발 내부의 열분해로 인해 튜브 형태의 구조가 형성되며 흡착된 은 이온은 열에 의해 모발 표면에서 나노입자로 환원이 일어난다.

[0037] 모발은 은 이온의 흡착과 열처리 과정을 거쳐 잘 부숴지는 형태로 제조되므로 분쇄 과정을 거쳐 마이크로 크기를 갖는 분말 형태로 제조가 가능하다. 또한, 다양한 열처리 온도에 따라 모발의 열분해 과정과 은 이온의 열환원을 조절할 수 있으며, 이에 따라 본 발명의 하기 실험예에서는 제조된 복합체의 튜브 벽 두께 및 은 함량

변화 등을 확인할 수 있었다.

[0038] 본 발명은 개시제나 환원제의 첨가 없이 열처리에 의한 열환원을 일으켜 은 나노입자를 마이크로 튜브 내에 도입하는 것을 특징으로 한다.

[0039] 본 발명에 의한 마이크로 튜브 복합체는 쉽게 낭비되는 폐모발을 이용하기 때문에 기존 활성탄을 이용한 복합화 과정에 비해 경제적 환경적 이점을 가진다. 또한, 열처리에 의한 탄화 과정과 은 이온의 열환원을 동시에 진행하여 형성 과정이 단순하고 은 나노입자의 함량 조절이 용이한 장점이 있다. 뿐만 아니라 은 나노입자의 도입으로 항균성 탄소복합체로 작용하여 궤양, 화상, 창상 등의 상처치료제로 유용하게 이용될 수 있다. 또한, 폐모발로부터 열처리에 의해 형성되는 마이크로 튜브는 흡수성 및 흡유성이 우수한 흡착제로의 적용이 가능하다.

[0040] 본 발명의 중공 마이크로 튜브 복합체는 제조방법과 제조조건(특히 열처리 온도 조건)에 따라 튜브 벽 두께 및 함유되는 은 나노입자의 함량을 조절함으로써 복합체의 흡착특성, 상처치유능 등의 특성조절이 가능하다.

[0042] 이하, 실시예를 들어 본 발명에 대하여 더욱 상세하게 설명할 것이나, 이들은 단지 본 발명의 바람직한 구현예를 예시하기 위한 것으로, 실시예가 본 발명의 범위를 제한하는 것은 아니다.

[0044] [실시예 1]

[0045] 정련되지 않은 모발을 95 중량% 에탄올 용액에 대해 모발의 중량비가 25:1이 되도록 하여 1시간 동안 수세 후 24시간 동안 건조시켰다. 건조된 모발은 은 이온을 흡착시키기 위해 10mM 농도로 제조된 질산은 용액에 0.5 w/v%이 되도록 혼합하여 24시간 동안 침지하였다. 은 이온이 흡착된 모발의 물기를 제거한 후 비활성 기체인 아르곤 분위기로 치환된 전기로 내부에서 열처리를 진행하였다. 이 때 초기 25℃에서 5℃/min의 승온 속도로 250℃까지 승온시킨 후, 같은 온도에서 2시간 동안 열처리를 진행한 후 냉각하였다.

[0047] [실시예 2]

[0048] 상기 실시예 1과 같은 조건으로 하되, 350℃의 온도에서 2시간 동안 열처리 하였다.

[0050] [실시예 3]

[0051] 상기 실시예 1과 같은 조건으로 하되, 450℃의 온도에서 2시간 동안 열처리 하였다

[0053] [비교예 1]

[0054] 열처리하지 않은 raw hair를 사용하였다.

[0056] **실험예 1: 열처리 온도에 따른 모발 내부의 구조 변화 확인**

[0057] 비교예 1과 실시예 1 내지 3의 모발의 내부 구조 변화를 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 확인하고, 도 3에 나타내었다.

[0058] 열처리되지 않은 모발(비교예 1)의 단면은 미세 소관으로 조직된 코르텍스(Cortex) 및 메둘라(medullar)의 구조가 관찰되었으며, 최초 250℃(도 3b)의 열처리 온도 조건부터 모발 내부의 열분해가 일어나 중공의 구조를 나타내었다. 이후 열처리 온도가 증가함에 따라 내부 열분해로 인한 중공의 확장으로 벽 두께가 점차 감소하는 것을 확인하였다. 이는 모발이 열처리로 인해 열분해 및 내부구조의 변화를 유도하여 중공을 가지는 마이크로 튜브로 형성되었음을 의미한다. 아울러, 열처리 과정에서 온도 조건을 조절함에 따라 튜브의 벽 두께를 조절할 수 있음을 보여준다.

[0060] **실험예 2 : 흡착특성 평가**

[0061] 일반적으로 모발은 구조 내 친수성 및 친유성을 통해 물의 흡수나 기름의 흡착이 가능하다고 알려져 있다. 기름과 물이 존재하는 환경에서 마이크로 튜브의 흡착특성을 측정하기 위하여, 수계인 물과 기름인 n-hexane의 1:1 부피비로 구성된 혼합 용액에서 비교예 1과 실시예 1 내지 3의 흡착능(Adsorption capacity)을 측정하고, 그 결과를 도 4에 나타내었다.

[0062] 실험결과 모발에 열처리를 하지 않은 경우보다는 열처리를 한 경우에, 그리고 열처리 온도가 증가함에 따라 물과 기름에 대하여 흡착특성이 증가함을 확인하였다. 이는 기존 모발의 친유성과 중공으로 인한 기공의 증가로 인해 특성이 향상된 것으로 보인다. 특히 물보다 기름에서 두드러진 증가를 확인하였다.

[0064] **실험예 3 : 모발의 은 이온 협착 후 열처리 온도에 따른 결정 구조 변화 및 표면의 은 나노입자 형성 확인**

[0065] 실시예 1 내지 3의 모발들에 대한 x-ray diffraction 분석을 통해 은 나노입자의 형성 및 결정 구조를 확인하고, 그 결과를 도 5에 나타내었다.

[0066] 열처리 온도가 증가할수록 모발의 열분해 과정에서 생성된 산소 기체로 인한 산화은 및 은 나노입자의 형성이 증가하였으며, 도 5(b)와 같이 튜브 표면에서 은 나노입자가 형성된 것을 확인할 수 있고, 도 5(c)와 같이 Ag mapping을 통해 이를 추가적으로 확인할 수 있다.

[0068] **실험예 4 : 은 이온의 함유량 및 열 환원량 측정**

[0069] 실시예 1 내지 3에 대한 X-ray photoelectron spectroscopy(X선 광전자 분광법) 분석 결과를 도 6에 나타내고, 은 나노입자의 함유량을 표 1에 나타내었다.

표 1

[0071]

Sample ID	Ag(wt%)
실시예 1 (H250/Ag)	3.1
실시예 2 (H350/Ag)	6.9
실시예 3 (H450/Ag)	15.5

[0073] 열처리 과정에서 환원된 은 나노입자는 모발의 열분해로 인해 발생하는 산소 기체와의 반응으로 인해 은의 산화를 유도하며, 이를 포함한 은 나노입자의 함량은 열처리 온도가 증가함에 따라 열 환원이 가속되므로 증가하는 경향을 나타내었다. 열처리 온도가 250℃, 350℃, 450℃로 증가함에 따라 은의 함량은 각각 3.1 중량%, 6.9 중량%, 15.5 중량%로 증가하여, 열처리로 인한 은 이온의 열 환원량의 증가를 확인할 수 있다.

[0074] 따라서, 열처리 과정에서 온도 조건을 달리하여 마이크로 튜브에 도입되는 은 나노입자의 함량 조절을 할 수 있다.

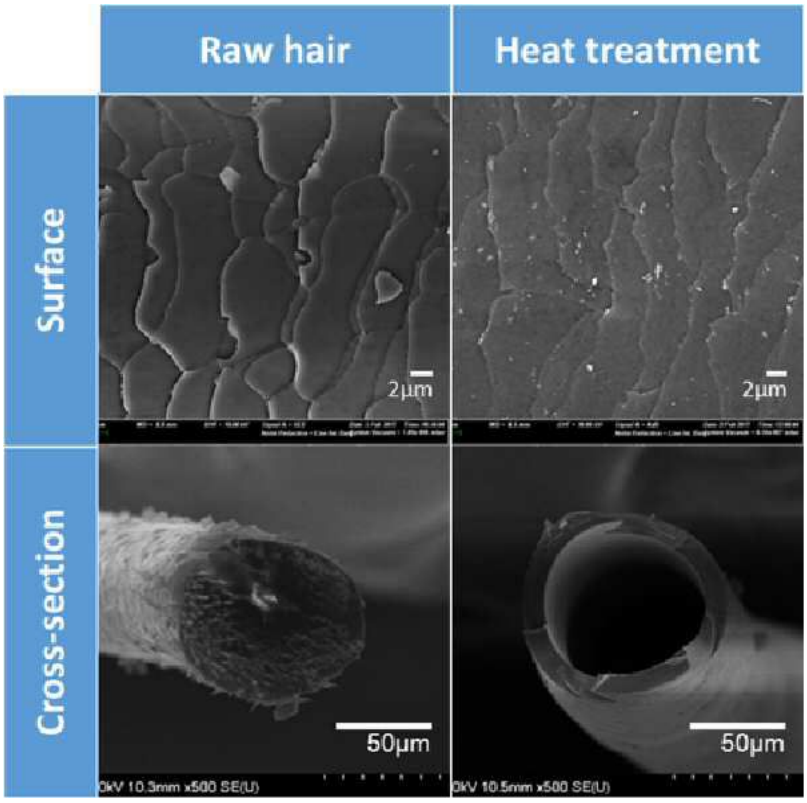
[0076] 이상에서는 본 발명을 특정의 바람직한 실시예를 예를 들어 설명하였으나, 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며 본 발명의 정신을 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변경과 수정이 가능할 것이다.

도면

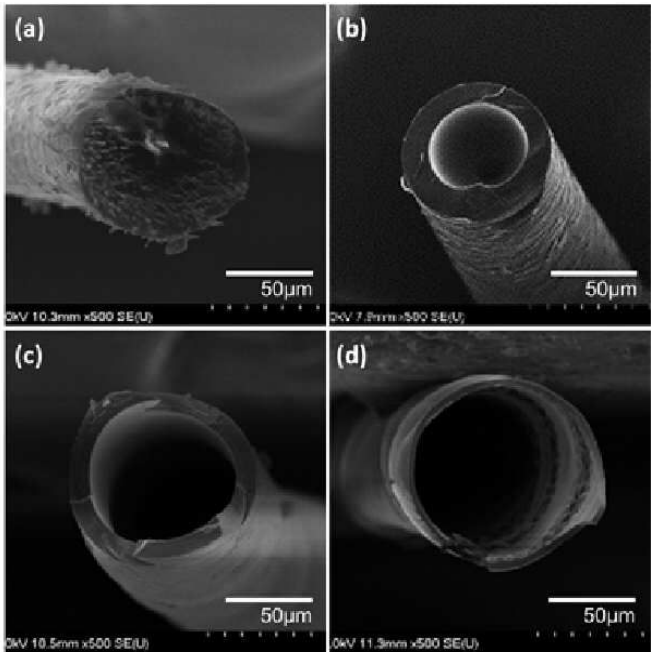
도면1


Preparation of AgNPs/hollow micro-tube composite
헹굼
오븐 건조
모발
흡착된 모발
폐모발
질산은 용액에 침지
열처리
은 나노입자/중공 마이크로 튜브 복합체

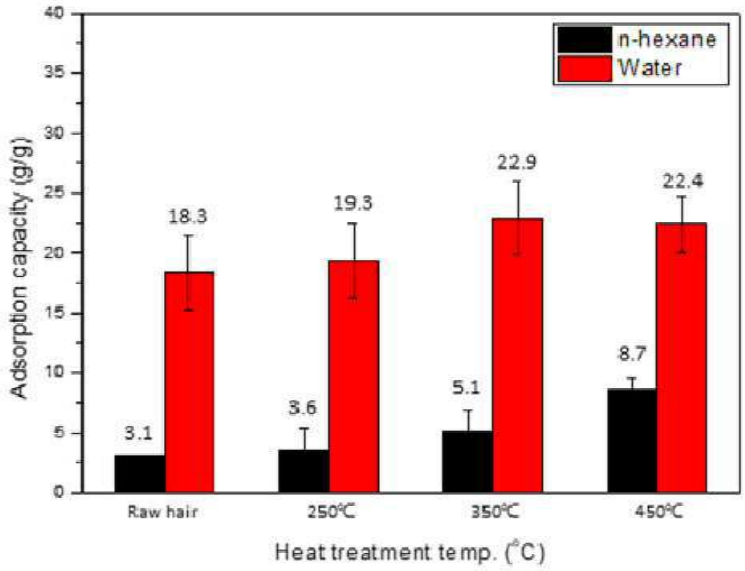
도면2


Raw hair
Heat treatment
Surface
Cross-section
2μm
2μm
50μm
50μm

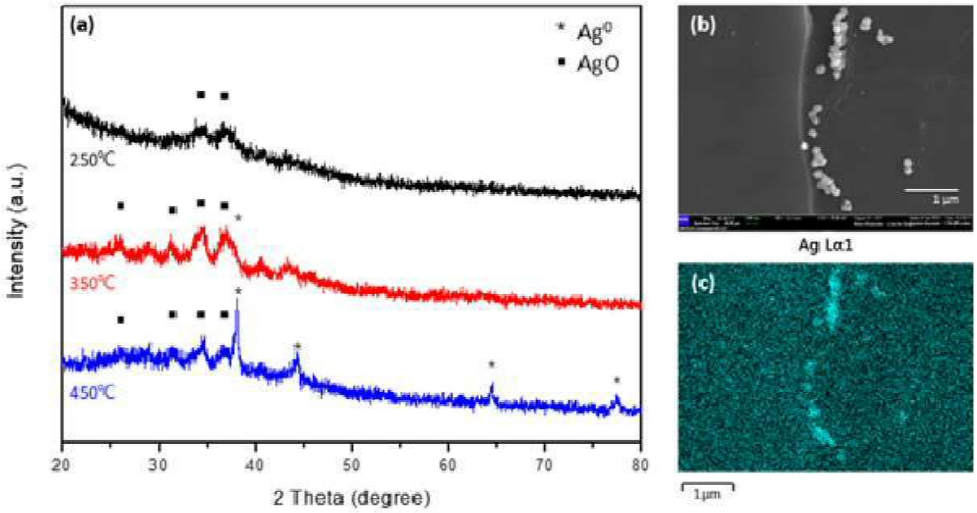
도면3


(a)
50μm
(b)
50μm
(c)
50μm
(d)
50μm

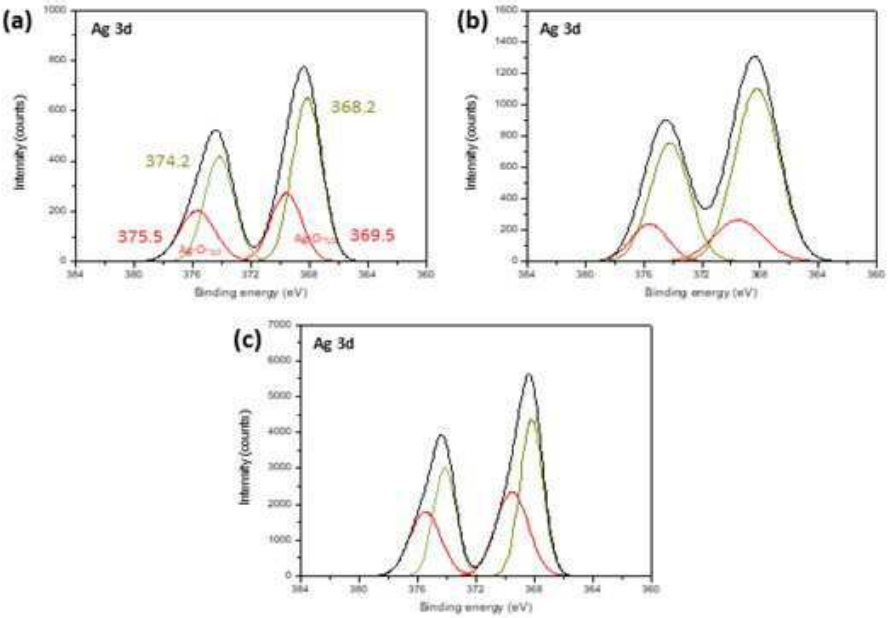
도면4


n-hexane
Water
Adsorption capacity (g/g)
0
5
10
15
20
25
30
35
40
18.3
19.3
22.9
22.4
3.1
3.6
5.1
8.7
Raw hair
250℃
350℃
450℃
Heat treatment temp. (℃)

도면5


(a)
* Ag0
▪ AgO
250℃
350℃
450℃
Intensity (a.u.)
20
30
40
50
60
70
80
2 Theta (degree)
(b)
Ag Lα1
(c)
1μm

도면6


(a)
Ag 3d
368.2
374.2
375.5
369.5
Intensity (counts)
Binding energy (eV)
(b)
Ag 3d
Intensity (counts)
Binding energy (eV)
(c)
Ag 3d
Intensity (counts)
Binding energy (eV)