



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년07월04일
(11) 등록번호 10-1415078
(24) 등록일자 2014년06월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
D01F 9/12 (2006.01) D03D 13/00 (2006.01)
D01D 5/00 (2006.01) B82B 3/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0044173

(22) 출원일자 2013년04월22일

심사청구일자 2013년04월22일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020120090383 A

KR1020030093541 A

KR100892753 B1

US6878360 B1

기술이전 회망 : 기술양도, 실시권허여, 기술지도

(73) 특허권자

송실대학교산학협력단

서울특별시 동작구 상도로 369 (상도동)

(72) 발명자

정영진

서울 서초구 신반포로 171, 214동 505호 (잠원동, 신반포아파트)

정연수

강원 동해시 천곡1길 3, 404호 (천곡동, 동해유공타워)

(74) 대리인

특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 최봉돈

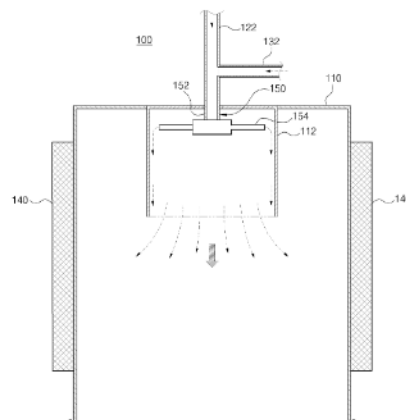
(54) 발명의 명칭 탄소나노튜브 섬유제조 장치

(57) 요약

본 발명은, 탄소나노튜브 섬유제조 장치로서, 내측으로 탄소나노튜브 섬유의 합성이 이루어지는 공간을 제공하는 합성로; 상기 합성로 내부로 액상의 탄소나노튜브 섬유 원료를 공급하는 원료 공급부; 상기 합성로 내부로 이송 가스를 공급하는 가스 공급부; 관 형상으로서 상기 합성로의 내측 상단에 배치되고 공급되는 상기 섬유 원료가 내주면을 타고 흐르는 보조 합성로; 상기 원료 공급부에 의해 공급되는 상기 섬유 원료를 상기 보조 합성로의 내벽에 대하여 분사하는 노즐; 상기 합성로 외주를 따라 배치되는 히터; 를 포함하는 탄소나노튜브 섬유제조 장치를 제공한다.

본 발명은, 합성로로 공급된 액상의 원료가 보조 합성로의 내벽 전체를 따라 흐르며 기화되므로 원료의 기화율이 높아 섬유 제조 효율이 향상된다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
 과제고유번호 NRF-2010-0023204
 부처명 교육과학기술부
 연구사업명 일반연구자지원사업
 연구과제명 탄소나노튜브 ROPE 제조
 기 여 율 1/1
 주관기관 숭실대학교 산학협력단
 연구기간 2012.09.01 ~ 2013.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

탄소나노튜브 섬유제조 장치로서,

내측으로 탄소나노튜브 섬유의 합성이 이루어지는 공간을 제공하는 합성로;

상기 합성로 내부로 액상의 탄소나노튜브 섬유 원료를 공급하는 원료 공급부;

상기 합성로 내부로 이송 가스를 공급하는 가스 공급부;

관 형상으로서 상기 합성로의 내측 상단에 배치되고 공급되는 상기 섬유 원료가 내주면을 타고 흐르는 보조 합성로;

상기 원료 공급부에 의해 공급되는 상기 탄소나노튜브 섬유 원료를 상기 합성로의 내벽에 대하여 분사하는 노즐;

상기 합성로 외주를 따라 배치되는 히터; 를 포함하는 탄소나노튜브 섬유제조 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 원료 공급부와 상기 가스 공급부는 원료 공급량을 조절 가능하게 구성되는 탄소나노튜브 섬유제조 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 보조 합성로의 내주면 상에는 요철이 형성되는 탄소나노튜브 섬유제조 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 노즐은,

관 형태로서 양단이 상기 합성로의 외부와 내부에 각각 배치되는 유입관과,

상기 합성로의 내부에 위치되는 상기 유입관의 단부에서 상기 합성로의 내주면을 향하여 배치되는 복수의 분사관을 포함하는 탄소나노튜브 섬유제조 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 합성로의 외부에 배치되는 상기 유입관의 일단으로는 상기 원료 공급부와 상기 가스 공급부가 연결되는 탄소나노튜브 섬유제조 장치.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 유입관과 상기 분사관은 서로 직각으로 배치되는 탄소나노튜브 섬유제조 장치.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 유입관은 상기 합성로의 중앙으로 배치되는 탄소나노튜브 섬유제조 장치.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 복수의 분사관은 그 단부가 상기 합성로의 내벽에 밀접하는 탄소나노튜브 섬유제조 장치.

청구항 9

제4항에 있어서,

상기 복수의 분사관은 동일한 크기인 탄소나노튜브 섬유제조 장치.

청구항 10

제4항 또는 제9항에 있어서,

상기 복수의 분사관은 서로 동일한 각거리로 이격되어 있는 탄소나노튜브 섬유제조 장치.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 탄소나노튜브 섬유제조 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 섬유 제조용 원료가 보조 합성로의 내벽면을 따라 흐르도록 공급하는 탄소나노튜브 섬유제조 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 탄소나노튜브 필라멘트는 고분자에 탄소나노튜브가 혼합되어 복합체로 만들어지는 것과 순수하게 탄소나노튜브만으로 제조되는 것으로 나눌 수 있다.

[0003] 전자의 경우는 탄소나노튜브를 지지 물질인 고분자를 용매 또는 열로 녹인 후 탄소나노튜브와 혼합하여 복합재료로 제조하며 탄소나노튜브의 분산기술이 핵심기술이며, 후자의 경우에는 기판위에 탄소나노튜브를 생성 후에 후공정을 통하여 필라멘트를 만드는 방법이 대표적이다. 또한 이 방법은 기판 위에 촉매를 증착하는 공정과 합성로가 닫힌 상태에서 탄소나노튜브의 연속생산이 제한되는 문제점이 있다.

[0004] 고순도의 탄소나노튜브 섬유를 제조하는 종래의 방법에는 탄소나노튜브가 분산된 용액을 고분자용액이 담긴 회전하는 용기 내부로 직접 방사하여, 고분자용액이 탄소나노튜브 입자 사이에 침투하여 탄소나노튜브를 접착하여 섬유를 만드는 것이 일반적으로 알려져 있다.

[0005] 그러나, 상기와 같이 용액이 직접 방사되는 경우, 고분자용액이 탄소나노튜브 사이로의 확산되는 속도가 느리고, 또한 고분자용액이 담기 용기를 회전하는 속도의 제한으로 인하여 탄소나노튜브 섬유의 제조 효율이 제한되는 문제점이 있다. 뿐만 아니라 제조된 탄소나노튜브 섬유의 30 wt% 내외가 고분자여서 우수한 탄소나노튜브의 특성발현이 제한된다.

[0006] 본 발명에 대한 선행기술로는 공개특허 2012-0090383호를 예시할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 탄소나노튜브 섬유의 원료가 예열되어 있는 섬유 합성로의 내벽을 타고 흐르면서 기화되도록 하는 탄소나노튜브 섬유제조 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기한 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 탄소나노튜브 섬유제조 장치로서, 내측으로 탄소나노튜브 섬유의 합성이 이루어지는 공간을 제공하는 합성로; 상기 합성로 내부로 액상의 탄소나노튜브 섬유 원료를 공급하는 원료 공급부; 상기 합성로 내부로 이송 가스를 공급하는 가스 공급부; 관 형상으로서 상기 합성로의 내측 상단에 배치되고 공급되는 상기 섬유 원료가 내주면을 타고 흐르는 보조 합성로; 상기 원료 공급부에 의해 공급되는 상기 섬유 원료를 상기 보조 합성로의 내벽에 대하여 분사하는 노즐; 상기 합성로 외주를 따라 배치되는 히터; 를 포

합하는 탄소나노튜브 섬유제조 장치를 제공한다.

- [0009] 상기 원료 공급부와 상기 가스 공급부는 원료 공급량을 조절 가능하게 구성될 수 있다.
- [0010] 상기 보조 합성로의 내주면 상에는 요철이 형성될 수 있다.
- [0011] 상기 노즐은, 관 형태로서 양단이 상기 합성로의 외부와 내부에 각각 배치되는 유입관과, 상기 합성로의 내부에 위치되는 상기 유입관의 단부에서 상기 합성로의 내주면을 향하여 배치되는 복수의 분사관을 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 합성로의 외부에 배치되는 상기 유입관의 일단으로는 상기 원료 공급부와 상기 가스 공급부가 연결될 수 있다.
- [0013] 상기 유입관과 상기 분사관은 서로 직각으로 배치될 수 있다.
- [0014] 상기 유입관은 상기 합성로의 중앙으로 배치될 수 있다.
- [0015] 상기 복수의 분사관은 그 단부가 상기 합성로의 내벽에 밀접할 수 있다.
- [0016] 상기 복수의 분사관은 동일한 크기일 수 있다.
- [0017] 상기 복수의 분사관은 서로 동일한 각거리로 이격될 수 있다.

발명의 효과

- [0018] 상기와 같은 본 발명은, 합성로로 공급된 액상의 원료가 보조 합성로의 내벽 전체를 따라 흐르며 기화되므로 원료의 기화율이 높아 섬유 제조 효율이 향상된다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 섬유제조 장치의 일 예를 나타내는 도면이다.
- 도 2는 도 1에 도시된 합성로와 보조 합성로의 구성을 나타내는 단면도이다.
- 도 3은 본 발명에서 사용하는 노즐의 구성의 일 예를 나타내는 사시도이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 장치를 이용하여 제조된 탄소나노튜브의 투과전자현미경 사진으로서, (a)는 단일벽 탄소나노튜브를 나타내고, (b)는 다중벽 탄소나노튜브를 나타낸다.
- 도 5는 (a) 단일벽 탄소나노튜브의 $I_G/I_D=50$ 를 나타내고, (b) 다중벽 탄소나노튜브의 $I_G/I_D=6$ 를 나타낸다.
- 도 6은 다중벽 탄소나노튜브 집합체를 섬유로 권취한 상태를 나타내는 사진이다.
- 도 7은 도 6에 도시된 탄소나노튜브 집합체를 이용한 로프의 전자현미경사진이다.
- 도 8은 수소주입속도에 따른 I_G/I_D 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 9는 촉매의 농도에 따른 라만분석 결과를 나타내는 그래프이다.
- 도 10은 촉매의 농도에 따른 I_G/I_D 변화를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 섬유제조 장치의 구성의 일 예를 나타내는 사시도이다.
- [0022] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 섬유제조 장치(100)는 합성로(110), 원료 공급부(120), 가스 공급부(130), 보조 합성로(112), 노즐(150) 및 히터(140)를 포함한다.
- [0023] 우선, 본 발명에 따른 제조 장치에 의한 탄소나노튜브 섬유 제조는 상기한 선행기술인 공개특허 2012-0090383호에 기재되어 있는 방법에 의해 수행될 수 있다. 따라서, 제조 공정에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0024] 합성로(110)는 내부에 탄소나노튜브 섬유의 합성이 이루어지는 공간을 제공한다.
- [0025] 합성로(110)는 원통형일 수 있지만, 그 형태와 크기는 사용자의 필요에 따라 다양하게 설정될 수 있다.

- [0026] 탄소나노튜브 섬유 합성을 위해, 원료 공급부(120)와 가스 공급부(130)가 합성로(110)에 연결된다.
- [0027] 원료 공급부(120)는 탄소나노튜브 섬유 합성을 위한 원재료를 합성로(110)로 공급한다. 여기서, 공급되는 원재료는 액상 상태인 것이 바람직하다. 원료 공급부(120)는 합성로(110)와는 소정의 제1 공급관(122)으로 연결된다. 이때, 제1 공급관(122)의 중심축은 합성로(110)의 중심축과 일치하게 배치되는 것이 바람직하다.
- [0028] 원료 공급부(120)는 합성로(110)로 공급하는 원료의 양을 필요에 따라 조절할 수 있도록 구성되는 것이 바람직하다. 이를 위해 유량 조절 밸브(미도시)가 배치될 수 있다.
- [0029] 가스 공급부(130)는 탄소나노튜브 섬유 합성을 위해 공급되는 재료가 기화된 후 기화된 재료의 이송을 용이하게 하는 이송용 가스를 공급한다.
- [0030] 가스 공급부(130)는 원료 공급부(120)와 합성로(110)를 연결하는 제1 공급관(122)의 일측으로 연결되는 제2 공급관(132)을 통해 합성로(110)로 연결될 수 있다. 가스 공급부(130)는 합성로(110)로 공급하는 가스의 양을 필요에 따라 조절할 수 있도록 구성되는 것이 바람직하다. 이를 위해 유량 조절 밸브(미도시)가 배치될 수 있다. 이때, 가스의 양 조절은 원재료의 공급량 조절과는 독립적으로 수행될 수 있다.
- [0031] 보조 합성로(112)는 관 형상으로서 합성로(110)의 내측 상부에 배치된다. 이때, 보조 합성로(112)는 제1 공급관(122)의 일단에 연결될 수 있다. 보조 합성로(112)는 그 중심축이 합성로(110)의 중심축과 일치하게 배치되는 것이 바람직하다. 또한, 보조 합성로(112)는 그 직경이 제1 공급관(122)의 직경보다 크게 형성될 수 있지만, 합성로(110)의 직경보다는 작은 것이 바람직하다. 또한, 보조 합성로(112)는 그 길이가 제1 공급관(122)의 길이보다 작게 형성된다. 여기서, 합성로(110)의 길이는 가능한 길게 하여(예를 들어 보조 합성로 길이의 5배 이상), 히터 문제로 가열이 불완전하여도 공급된 원료의 기화가 용이하게 하는 것이 바람직하다.
- [0032] 다만, 보조 합성로(112)의 직경은 원료의 기화와 후술하는 히터(140)에 의한 가열 정도를 고려하여 설정하는 것이 바람직하다.
- [0033] 그리고, 공급된 원료가 보조 합성로(112)에서 보다 용이하게 기화될 수 있도록 하기 위해, 보조 합성로(112)의 내주면 상에는 요철이 형성되도록 하여 원료의 기화면적이 증가되도록 하는 것이 바람직하다. 원료의 기화면적 증가에 의해 원료의 공급 속도가 증가될 수 있다. 여기서, 요철 형상은 그 단면이 반원형, 삼각형, 사각형 등 사용자의 필요에 따라 다양하게 형성될 수 있다.
- [0034] 노즐(150)은 외부에서 공급되는 원재료와 이송 가스를 보조 합성로(112)의 내벽을 향하여 분사한다.
- [0035] 여기서, 균일한 분사를 위해 노즐(150)의 구성은 다음과 같이 이루어진다.
- [0036] 노즐(150)은 유입관(152)과 분사관(154)을 포함한다.
- [0037] 유입관(152)은 일단이 제1 공급관(122)을 통해 원료 공급부(120)와 연결되고, 타단은 보조 합성로(112)의 내측으로 위치된다. 이때, 유입관(152)은 제1 공급관(122)과는 그 중심축이 동일선상에 위치되는 것이 바람직하다. 또한, 유입관(152)은 보조 합성로(112)의 중심축 상에 배치되는 것이 바람직하다.
- [0038] 분사관(154)은 유입관(152)의 단부에 배치되어, 공급되는 원료를 이송 가스와 함께 보조 합성로(112)의 내벽으로 분사한다. 분사관(154)은 유입관(152)의 단부에 배치되되, 그 중심축은 유입관(152)의 중심축과는 직각을 이루거나 그 보다 더 큰 각도로서 보조 합성로(112)의 내벽 상부를 향할 수 있다.
- [0039] 그리고, 분사관(154)에 의한 분사가 균일하게 이루어지도록 하기 위해, 분사관(154)은 유입관(152)의 단부를 따라 서로 동일한 각거리로서 복수개가 배치되는 것이 바람직하다.
- [0040] 도 3을 살펴보면, 분사관(154)은 8개가 도시되어 있으나, 사용자의 필요에 따라 그 이상의 개수를 포함할 수 있다. 특히, 보조 합성로(112)의 내벽에 원재료가 전체적으로 균일하게 분사되고, 분사된 후 균일하게 기화될 수 있도록 하기 위해 분사관(154)의 개수는 가능한 많은 것이 바람직하다.
- [0041] 또한, 분사관(154)에서 분사된 원재료가 보조 합성로(112)의 내벽을 따라 흘러내릴 수 있도록, 분사관(154)의 단부는 원재료의 분사에 방해가 되지 않는 범위에서 보조 합성로(112)의 내벽에 근접하는 것이 바람직하다. 여기서, 분사관(154)의 단부와 보조 합성로(112)의 내벽과의 이격 거리는 분사관(154)의 직경에 해당하는 거리일 수 있다.
- [0042] 그리고, 복수의 분사관(154)은 모두 동일한 크기인 것이 바람직하다.

- [0043] 분사관(154)을 통한 원재료의 분사를 용이하게 하기 위해, 유입관(152) 상에는 소정의 가압 펌프(미도시)가 배치되는 것이 바람직하다.
- [0044] 히터(140)는 합성로(110)의 외주면상에 배치되어, 합성로(110)를 예열하여 보조 합성로(112)의 내벽을 따라 흘러내리는 원재료에 대하여 열이 인가될 수 있도록, 원재료가 중발하도록 한다. 여기서, 균일한 열 인가를 위해, 히터(140)는 합성로(110)의 외주면을 둘러싸는 형태로 배치되는 것이 바람직하다.
- [0045] 균일한 열을 인가할 수 있다면, 히터(140)는 가스 가열식, 전기 가열식 등 다양한 수단이 사용될 수 있다. 다만, 사용의 편리함과 폐기물의 발생 등을 고려하여 전기 가열식인 것이 바람직하다.
- [0046] 히터(140)의 가열 온도는 80 내지 1300 °C 일 수 있다.
- [0047] 상기와 같이 구성된 본 발명의 동작에 대해 설명하기로 한다.
- [0048] 탄소나노튜브 섬유 제조를 위해, 작업자는 탄소나노튜브 섬유제조 장치(100)를 동작시킨다. 장치의 동작 개시 시, 우선적으로 히터(140)가 동작하여 합성로(110)를 예열하는 것이 바람직하다.
- [0049] 이후, 원료 공급부(120)를 통해 탄소나노튜브 섬유의 제조에 사용되는 원재료가 공급되고, 가스 공급부(130)를 통해서도 이송용 가스가 공급된다.
- [0050] 공급되는 원재료와 가스는 유입관(152)과 분사관(154)을 통해 보조 합성로(112)의 내벽을 향하여 공급되고, 공급된 원료는 내벽에 닿은 후, 내벽을 따라 하부로 흐르게 된다.
- [0051] 여기서, 합성로(110)의 내부와 보조 합성로(112)는 소정의 온도로서 예열되어 있어 흐르는 원료는 내벽에서 하부로 흐르는 도중 기화된다. 기화된 원료는 이송용 가스와 함께 이송되면서 섬유로 합성될 수 있다.
- [0052] 본 발명은, 합성로로 공급된 액상의 원료가 보조 합성로의 내벽 전체를 따라 흐르며 기화되므로 원료의 기화율이 높아 섬유 제조 효율이 향상된다.
- [0053] 상기와 같이 구성된 본 발명은 다음과 같이 다양한 방법으로 탄소나노튜브 섬유 제조에 적용될 수 있다.
- [0054] [적용예 1]
- [0055] 다음은 다중벽 탄소나노튜브와 단일벽 탄소나노튜브를 합성하기 위한 조건을 보여주는 실시예로서 탄소원으로서 는 에탄올을 사용하였다.
- [0056] A. 단일벽 탄소나노튜브: 페로센(ferrocene) 2.2wt%, 싸이오펜(thiophene) 0.4wt%, 수소 1,200 ml/min, 온도 1,200도
- [0057] B. 다중벽 탄소나노튜브: 페로센(ferrocene) 2.2wt%, 싸이오펜(thiophene) 1.4wt%, 수소 800ml/min, 합성로 온도 1,100도
- [0058] 상기의 조건으로 합성된 용액을 10ml/h 속도로, T형 용액 주입관을 통하여 합성로 내부로 공급 하였으며, 본 실험에서는 합성로의 직경이 6cm 것을 기준으로 하였다. 또한 생산량을 증대하기 위하여 합성로의 직경과 용액의 공급속도를 크게 할 수 있으며, 이 경우에는 용액의 균일한 기화를 위하여, T형 주입관 대신에 용액출구부의 개수를 3개 이상으로도 하는 것이 바람직하다.
- [0059] 도 4와 도 5는 상기 조건에서 합성된 단일벽과 다중벽 탄소나노튜브 집합체의 투과전자현미경사진과 라만(Raman) 분석 결과를 보여주는 것이다. 라만분석 데이터에서 G-band (1580 cm^{-1} 부근)와 D-band (1350 cm^{-1} 부근)에서 측정된 강도의 비 (I_G/I_D)는 결정의 완성도를 나타내는 지표이다. 일반적으로 탄소나노튜브의 I_G/I_D 는 1 정도이나 [인용: J Phys Chem B 2006;110:82508257],
- [0060] 본 발명에서 개발한 원료 주입법으로 합성된 탄소나노튜브 집합체는 다중벽은 6, 단일벽은 50으로 측정되었다. 이는 기존의 원료주입법에 비해서 본 발명이 매우 효과적으로 탄소나노튜브를 합성하게 하는 방법임을 입증하는 것이다.
- [0061] [적용예 2]
- [0062] 탄소나노튜브 공급원을 아세톤으로 하여 두 종류의 원료를 준비하였다. A 용액은 싸이오펜(thiophene)을 0.1 wt.%, 촉매인 페로센을 1.0 wt.%로 하고, B 용액은 싸이오펜(thiophene)을 1.0 wt.%, 촉매인 페로센을 1.0 wt.%로 하였다. 수소가스의 주입속도를 달리하여 탄소나노튜브 집합체를 합성하고, 이의 결정완성도를 측정하기

위하여 라만(Raman)분석을 실시하였다. 본 발명에서 적용한 원료주입 방법은 탄소원료와 수소가스를 독립적으로 주입할 수 있으므로, 수소가스의 주입속도를 달리하여 탄소나노튜브를 합성하였다. 그 결과를 도 8에 나타내었으며, 수소주입량과 탄소원료의 상대적인 비율에 의해서 I_G/I_D 가 달라짐을 알 수 있으며, I_G/I_D 가 30정도에 이를 정도로 결정의 완성도가 높음을 알 수 있다. 탄소원료 용액을 기화하여 합성하는 방법으로 제조된 탄소나노튜브 집합체는 기존의 방법에 비해 매우 높은 결정성 탄소나노튜브가 얻어짐을 알 수 있다

[0063] [적용예 3]

[0064] 탄소나노튜브 공급원을 에탄올로 하고, 에탄올 98.0 wt.% 1, 싸이오펜(thiophene)의 농도를 0.1 wt.%와 1.0 wt.% 두가지로 하였다. 촉매의 농도를 증가시키면서 탄소나노튜브 집합체를 합성하였다. 수소가스의 주입속도는 1000 sccm, 용액주입속도는 10 mL/hr 로고정하고, 합성로의 온도는 섭씨 1170도로 하였다. 합성된 탄소나노튜브 집합체의 라만분석 결과를 도 9에서 볼 수 있다. 그림에서 보는 바와 같이 ferrocene과 thiophene의 비율조절만으로 단일벽탄소나노튜브와 다중벽탄소나노튜브가 합성됨을 알 수 있다. 또한 본 발명에 의한 방법으로 제조된 CNT 섬유의 I_G/I_D 값이 타방식에 비해 매우 높은 것임을 도 10에서 볼 수 있다. 이러한 결과는 용액을 기화시켜서 합성하였기 때문에 가능하다.

[0065] 본 발명에 따른 장치에 의해 제조된 탄소나노튜브 섬유는 탄소나노튜브가 가지는 고유의 성질을 그대로 활용하여, 전자파차폐, 전자기파 흡수, 센서, 배터리, 의료용, 파워케이블, 스마트의류, 전계방출소자, 태양전지전극, 압전소자, 초경량복합재료 등의 다양한 응용분야에 사용될 수 있다.

[0066] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0067] 100: 탄소나노튜브 섬유제조 장치

110: 합성로

112: 보조 합성로

120: 원료 공급부

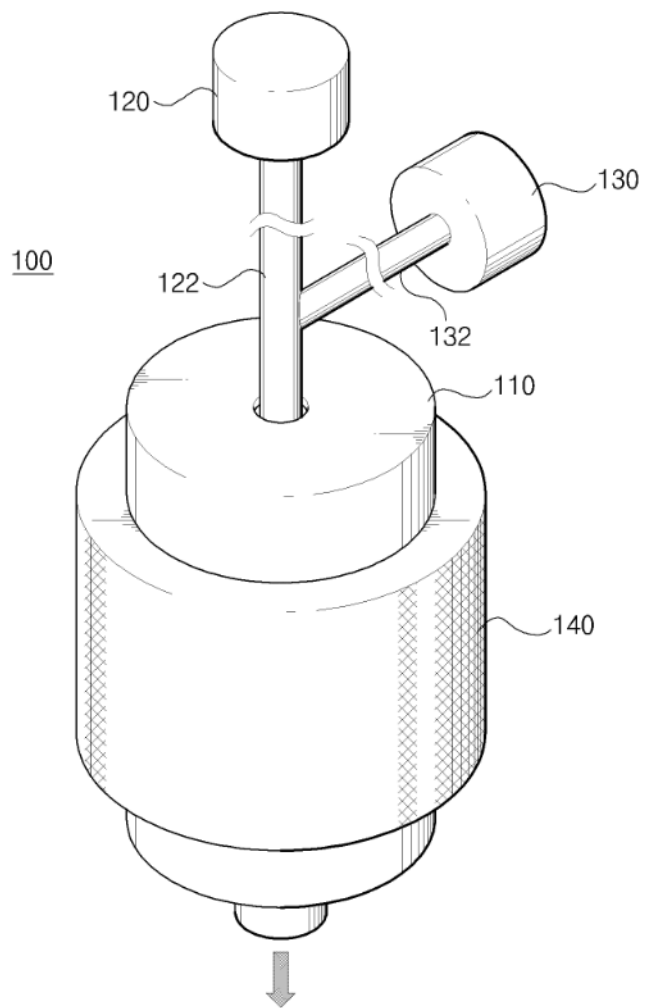
130: 가스 공급부

140: 히터

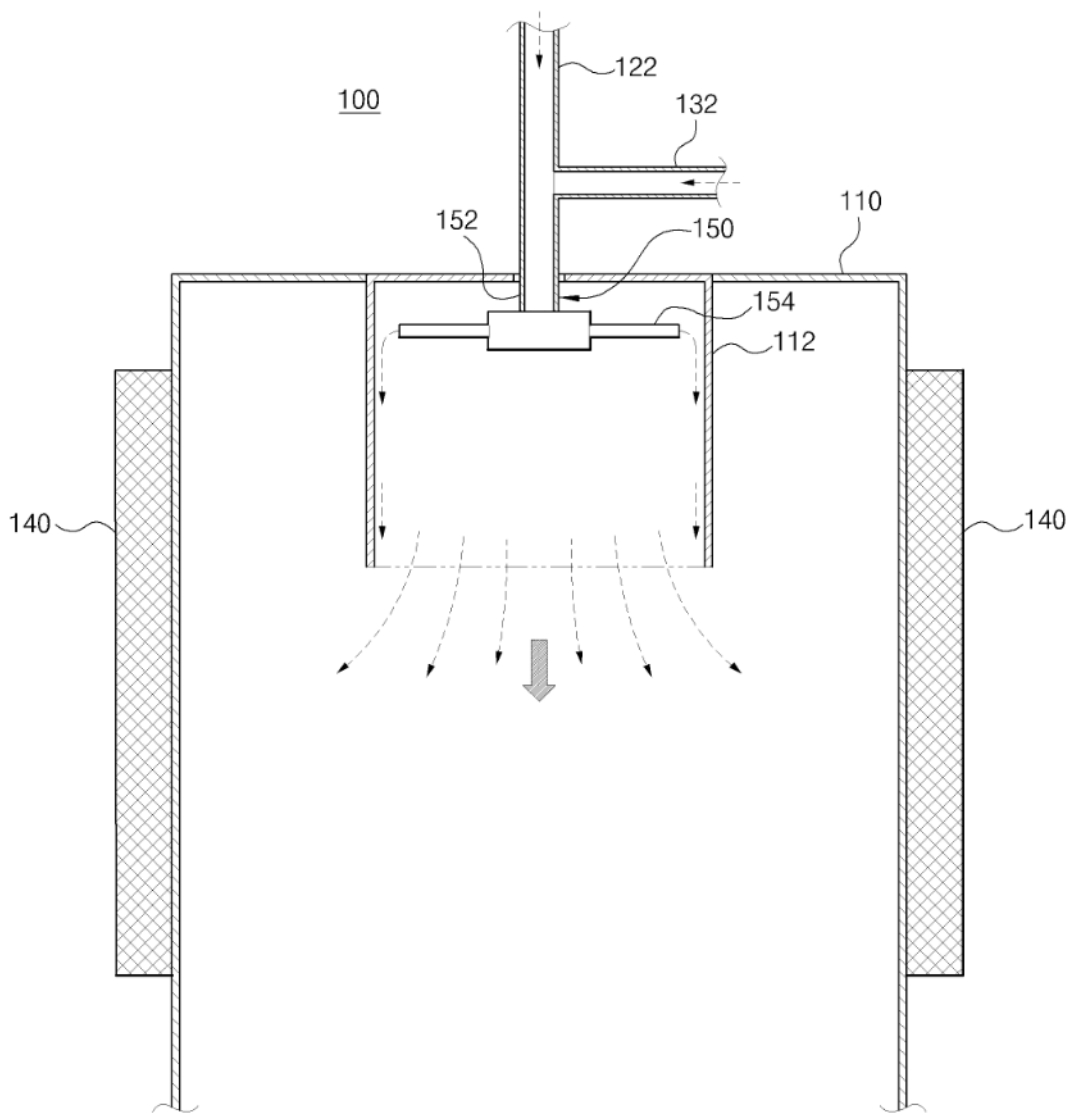
150: 노즐

도면

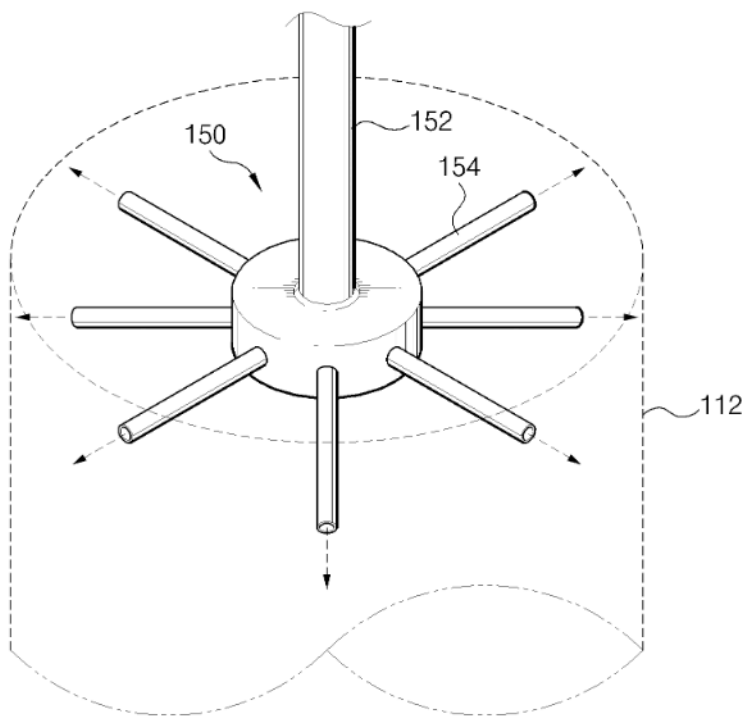
도면1



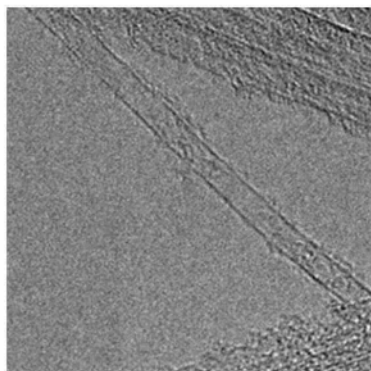
도면2



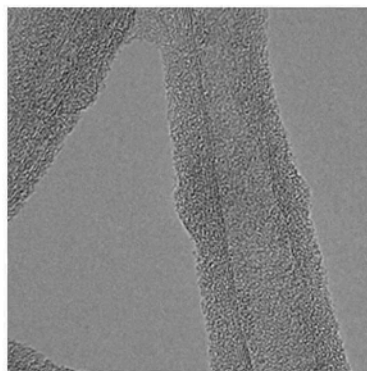
도면3



도면4

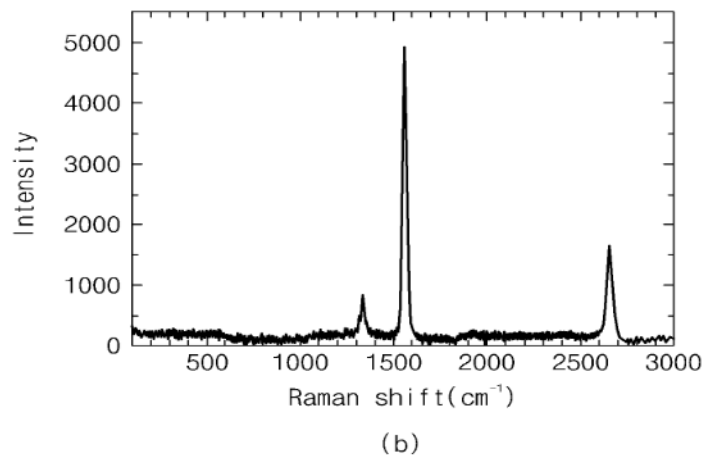
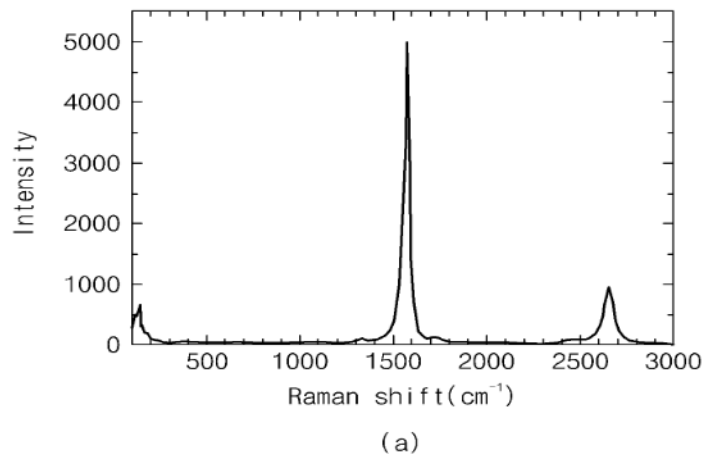


(a)

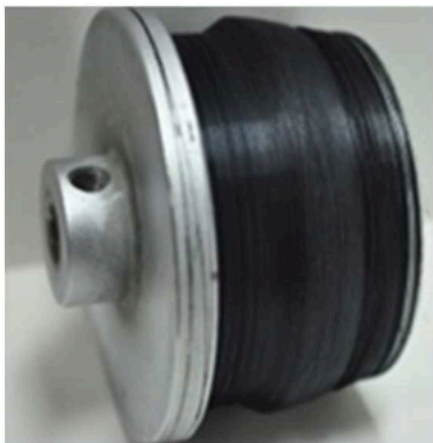


(b)

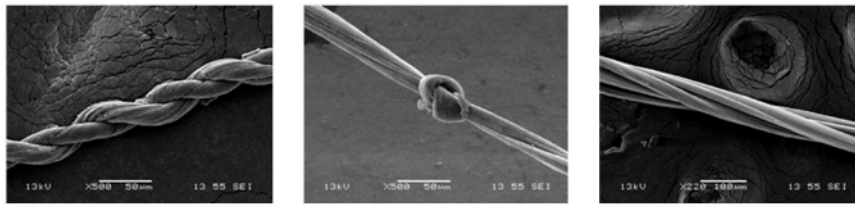
도면5



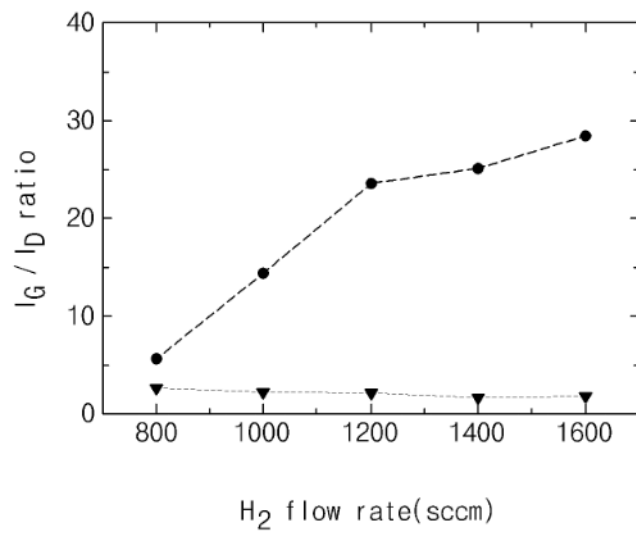
도면6



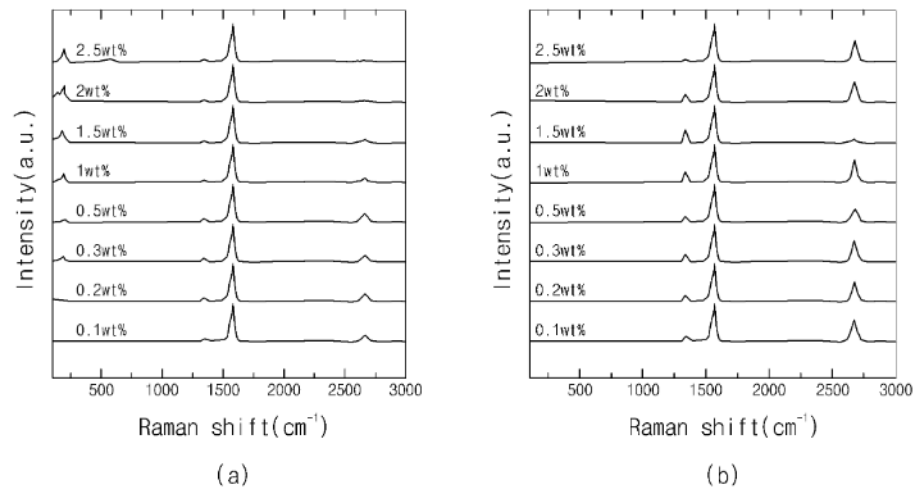
도면7



도면8



도면9



도면10

