

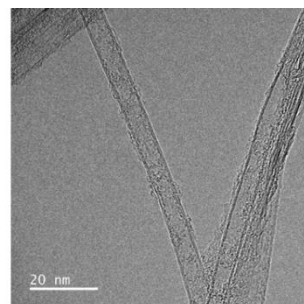
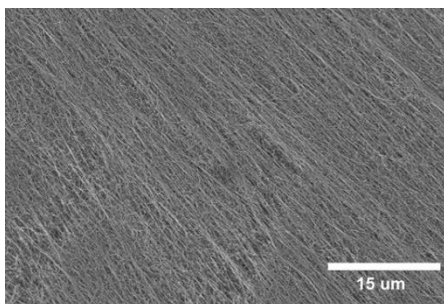
탄소나노튜브(CNT) 섬유 및 시트 연속 제조기술

나노탄소재료연구실

■ 주요 연구분야

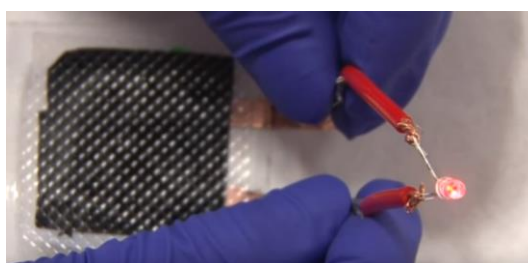
1. 탄소나노튜브 집합체 제조

- 탄소나노튜브만으로 이루어진 섬유와 시트를 연속적으로 합성하는 기술을 확보하고, 이를 통해 고효율 발열소재, 방탄양복, 전도성 섬유, 휘어지는 배터리, 초경량 전자파 차폐 등의 분야에서 응용 연구



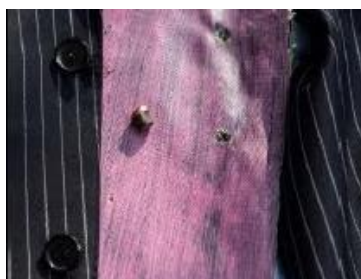
2. 휘어지는 배터리

- 탄소나노튜브 시트는 매우 유연하면서도 전도성이 우수하여, 배터리의 집전체로 사용 가능함. 이를 이용하여 휘어지는 배터리 연구



3. 초경량 방탄소재

- 탄소나노튜브 시트는 가벼우면서도 방탄 성능이 있으므로 방탄 양복 및 가방 등에 적용하는 연구



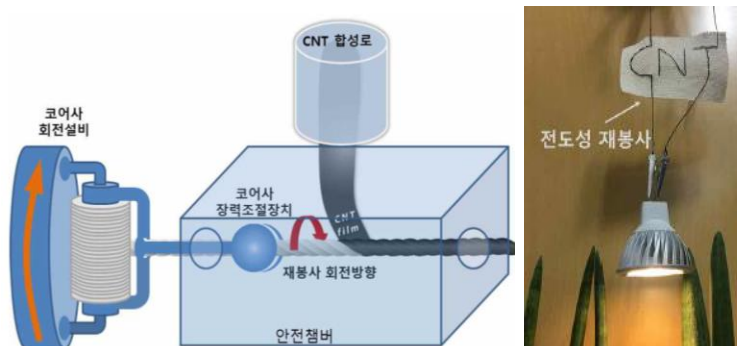
특허 정보

- 탄소나노튜브 집합체 제조 장치 (10-2017-0019586)
- 탄소나노튜브 섬유제조 장치 (10-1415078)
- 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로 (10-1701596) 등

기술 개요

▪ 탄소나노튜브 필름을 이용한 전도성 재봉사 제조

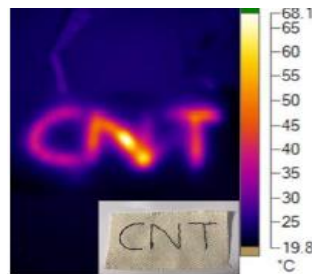
- 탄소나노튜브 필름을 합성하면서 이를 재봉사에 이를 감는 기술, 이를 통해 제조된 재봉사는 탄소나노튜브의 특성과 재봉사의 특성이 결합되어서 강하면서도 전기를 통하는 성질을 가짐
- 전도성 재봉사는 웨어러블 의류의 신호전달 및 센서 소재로 사용가능



[전도성 재봉사 제조공정과 전도성 재봉사]

기술 특징점

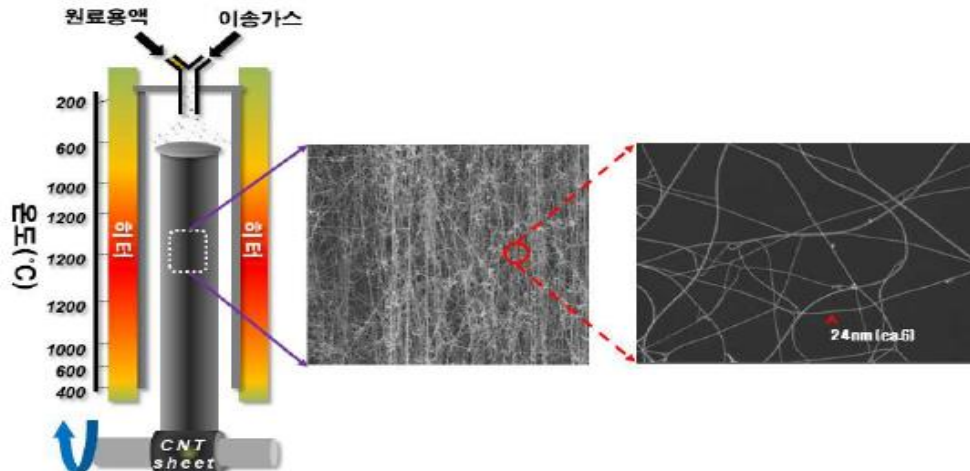
- 본 개발기술에 따른 CNT집합체는 탄소나노튜브 번들이 네트워크 구조를 형성, 극저온과 극고온 등 극한 환경에서 안정적으로 형태가 유지
- CNT 집합체는 비열이 낮아 낮은 에너지 소비량으로 급속 발열이 가능
- 일반 섬유에 CNT 시트를 래핑(wrapping)한 하이브리드 섬유는 일반 섬유의 특성과 CNT의 전기전도성을 동시에 확보



기술개발 현황

■ 저가의 원료를 사용한 연속적인 탄소나노튜브 필름과 섬유 제조

- 상부, 하부가 개방된 고온의 합성로 내부에 원료용액과 이송가스 투입을 통해 연속적으로 합성
- 합성된 탄소나노튜브(CNT) 집합체는 길이가 긴 네트워크 구조를 형성



[Direct spinning을 통한 CNT 집합체 제조 모식도(左)와 제조된 CNT 집합체의 전자현미경 확대사진(右)]

- 하부에서 CNT 집합체를 수집하는 방법에 따라 시트, 섬유 형태로 제조가 가능
- 저렴한 원료로 고품질의 CNT 집합체를 연속적으로 생산할 수 있기 때문에, 대량생산이 용이

※ Direct Spinning의 공정 조건을 최적화하여 CNT집합체의 대량생산에 성공



[CNT 필름 생산과정]



[CNT 섬유 생산과정]

〈Direct Spinning기법을 이용한 CNT집합체 생산량 비교, 1 tex = 1g/km, 2017년 기준〉

기관	권취속도(m/min)	tex	생산량 (g/day)
Cambridge Univ. (UK)	20	0.075	2.16
IMEDA Materials (Spain)	7	0.5	6.62
Tianjin Univ. (China)	5	0.92	5.4
Nanocomp Tech. (USA)	-	1.3	5.62
본 개발기술	7	5.83	58.77

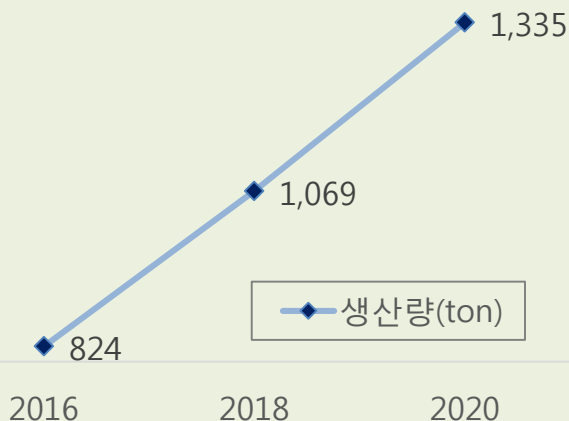
총래 기술 대비 우수성

- 탄소나노튜브 집합체 연속생산하는 직접방사법(direct spinning)의 공정을 최적화와 탄소나노튜브 집합체의 대량 생산에 성공

구분	기존기술(Brush Spinning)	본 개발기술(Direct Spinning)
연속제조	연속제조불가 : 상온 30분(700℃) (합성시간 : 10~15분, 냉각 90분 후 재가열)	연속제조 가능 : 상온 30분(1200℃)
기판사용	실리콘 웨이퍼(4인치)	기판 불필요
생산시간	약 2시간(섬유길이 50~100m 생산)	5~10분(섬유길이 100m 생산)
촉매 및 처리방식	E-Beam 등을 사용하여 촉매증착	에탄올 또는 아세톤(저가) 원료 촉매 전처리 불필요
수소사용	사용	사용

기술 활용 전망

- 세계 탄소나노튜브(CNT) 시장은 연평균 10% 이상 성장하여 2020년경에는 약 1,335톤 규모로 확장될 전망



[세계 탄소나노튜브 시장 전망]

자료: LG화학

- 히터, 변화감지센서, 에너지 발생/저장소자, 전기적 신호 전송 안테나, 슈퍼커패시터용 전극, 구동소자, 디스플레이 소자 등 다양하게 활용 가능



보유 특허

No	국가	출원(등록)번호	명칭
1	대한민국	10-2017-0019586	탄소나노튜브 집합체 제조 장치
2	대한민국	10-2016-0152387	초분자형 링커를 이용한 전자파 차폐용 탄소나노튜브 부직포 및 이의 수계 제조 방법
3	대한민국	10-2016-0085624	탄소 나노튜브 집합체 제조장치
4	대한민국	10-2015-0189000	섬유형 이차 전지 및 제조 방법
5	대한민국	10-2015-0033719	탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로
6	대한민국	10-2015-0030186	복합 감지형 센서 및 제조방법
7	대한민국	10-2015-0023954	계층적 구조를 가지는 유연한 이차전지용 전극재 및 제조방법
8	대한민국	10-2014-0039982	유연한 리튬 이차전지 및 제조방법
9	대한민국	10-2013-0044173	탄소나노튜브 섬유제조 장치 등

주요 수행연구과제

No	과제명	지원기관	수행기간
1	1 Step 합성·방사법에 의한 CNT 연속섬유 제조기술 개발	2018.04. ~ 2019.01.	한국산업기술평가관리원
2	연속 공정에 의한 탄소나노튜브 sheet제조 기술 개발	2018. 01. ~ 2018.12.	OO플랜트
3	연속 공정에 의한 탄소나노튜브 sheet제조 기술 개발	2017. 06. ~ 2017.12.	OO플랜트
4	탄소나노튜브 필름 합성 및 필름으로 래핑된 고성능 섬유 제조	2017.06. ~ 2018.05.	한국산업기술진흥원
5	1 Step 합성·방사법에 의한 CNT 연속섬유 제조기술 개발	2017.06. ~ 2018.03.	한국산업기술평가관리원
6	연구과제기획지원_2017년도 민군겸용기술개발사업_연속 공정에 의한 탄소나노튜브 sheet 제조 기술 개발	2017.03. ~ 2017.06.	송실대학교산학협력단



(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 희망 : 기술양도, 실시권허여, 기술지도

(73) 특허권자

승실대학교산학협력단

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

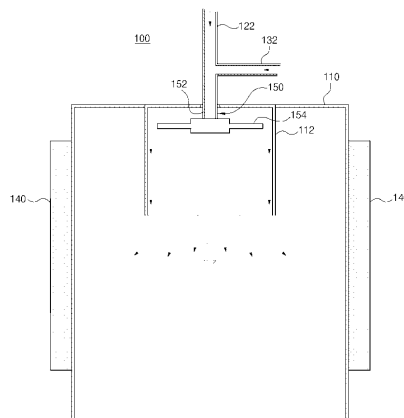
(54) 발명의 명칭 탄소나노튜브 섬유제조 장치

(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

기술분야

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

배경기술

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

[0003] 전자의 경우는 탄소나노튜브를 기지 물질인 고분자를 용매 또는 열로 녹인 후 탄소나노튜브와 혼합하여 복합재료로 제조하며 탄소나노튜브의 분산기술이 핵심기술이며, 후자의 경우에는 기관위에 탄소나노튜브를 생성 후에 후공정을 통하여 필라멘트를 만드는 방법이 대표적이다. 또한 이 방법은 기관 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 증발하도록 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 ℃ 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 통해서 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 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

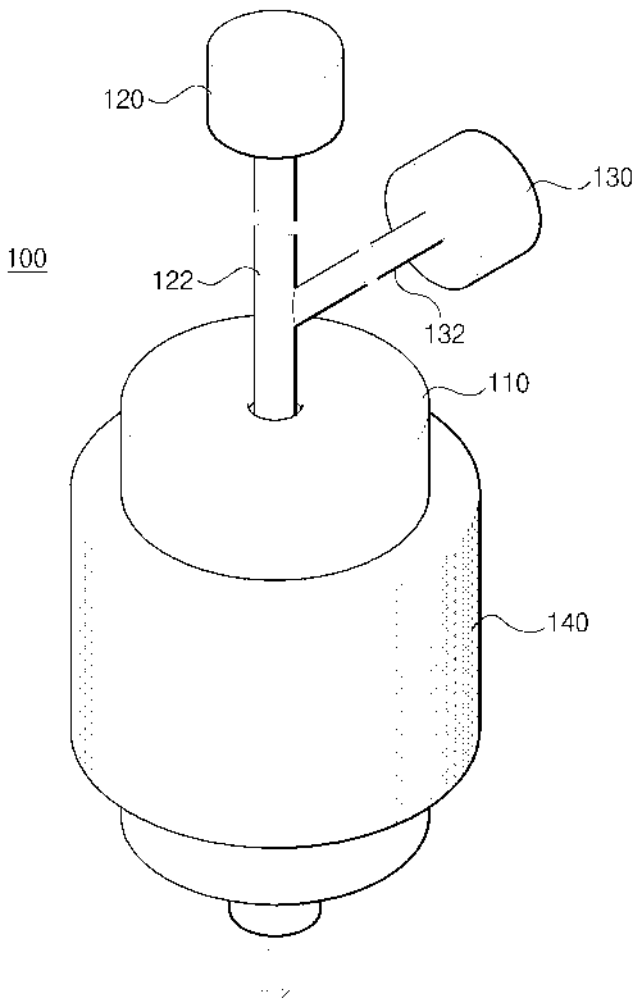
130: 가스 공급부

140: 히터

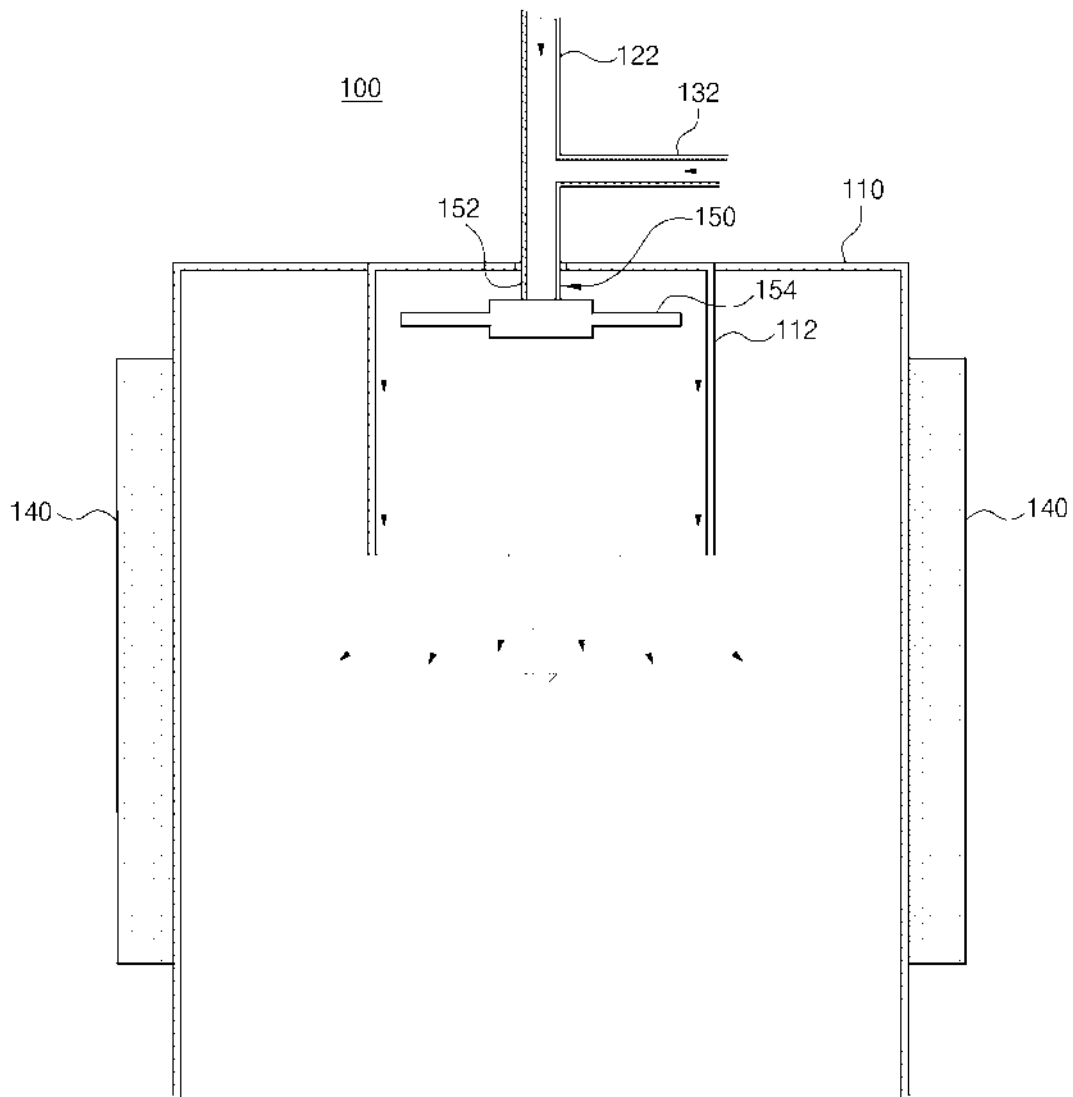
150: 노즐

도면

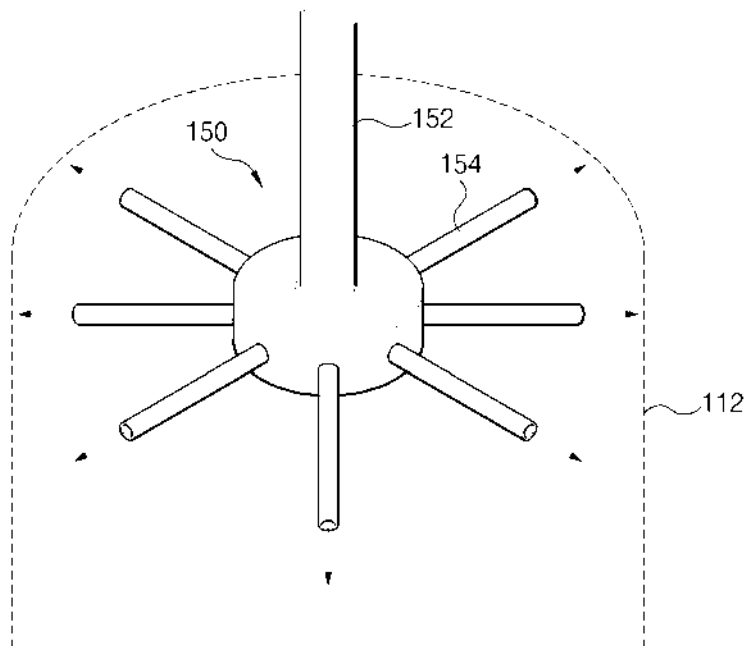
도면1



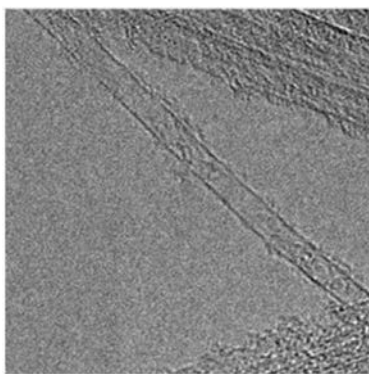
도면2



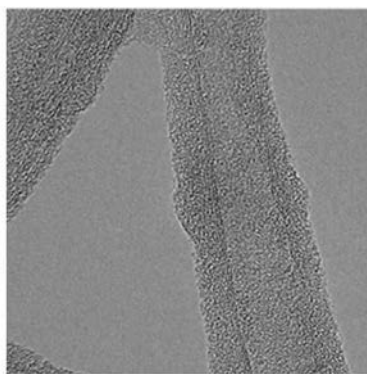
도면3



도면4

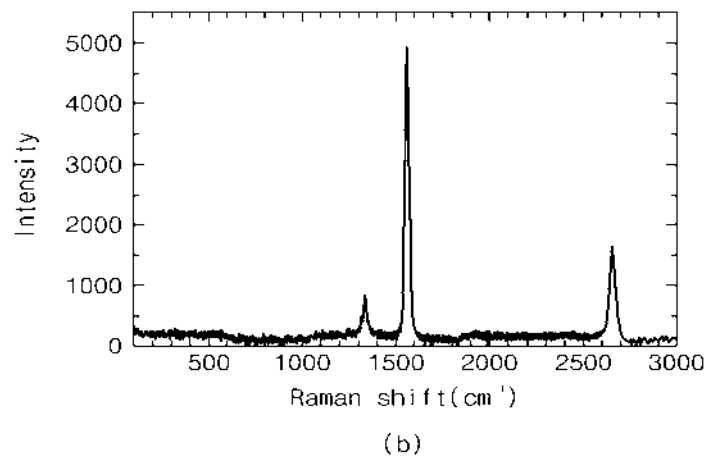
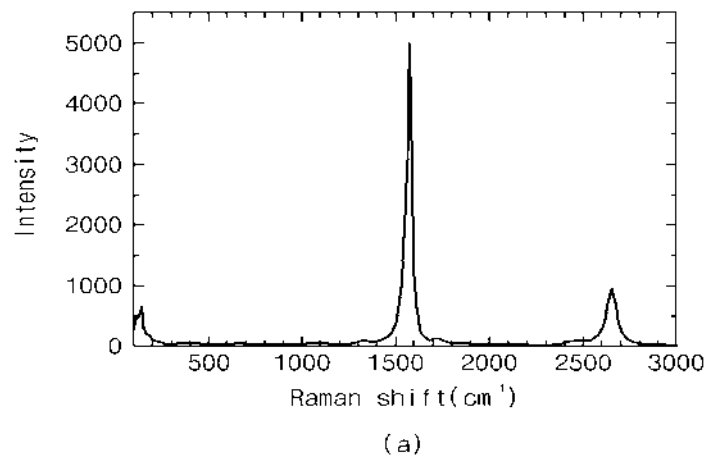


(a)

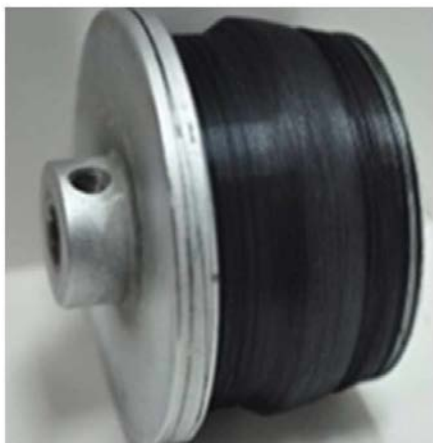


(b)

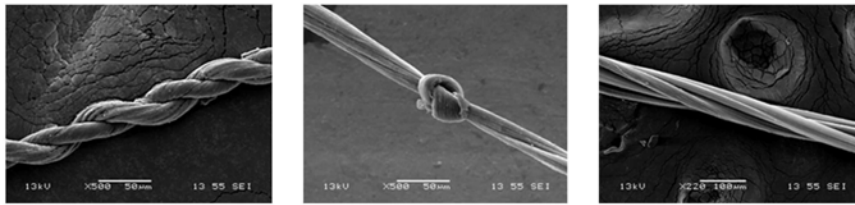
도면5



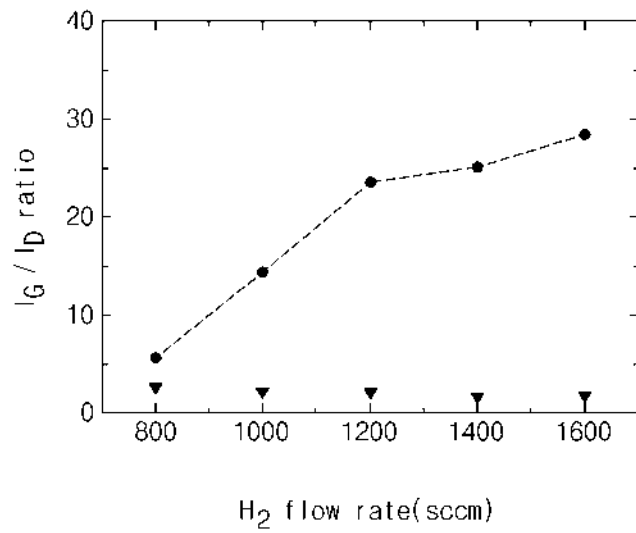
도면6



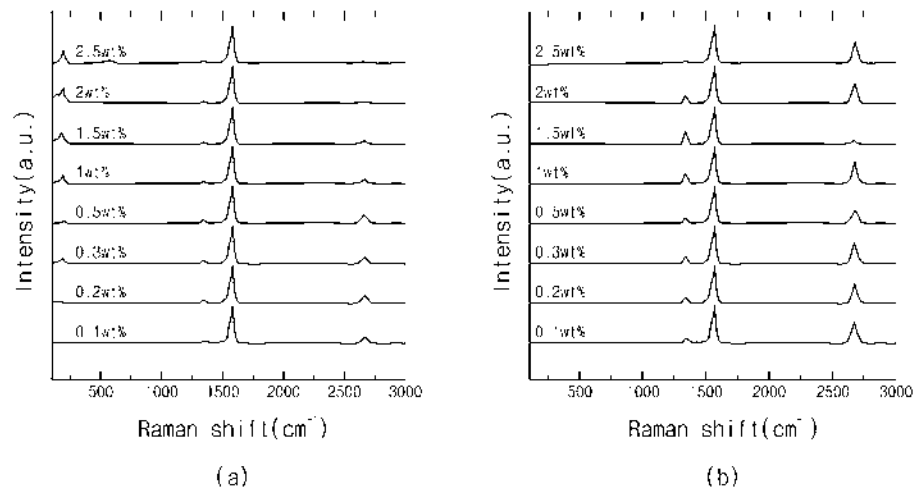
도면7



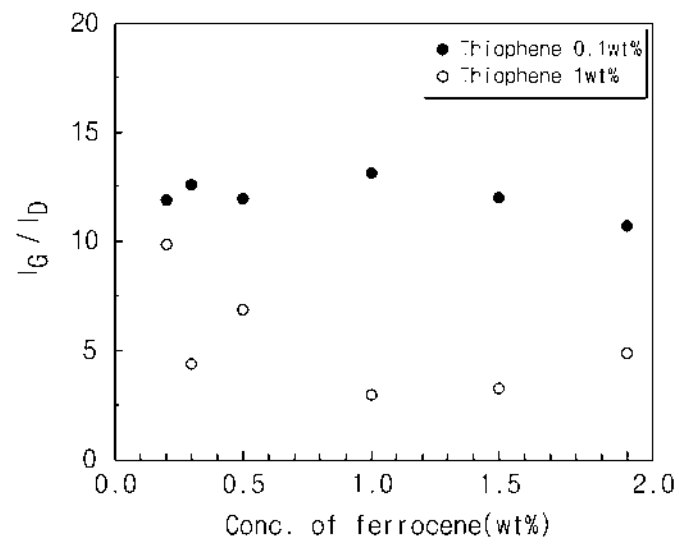
도면8



도면9



도면10





(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년02월02일
(11) 등록번호 10-1701596
(24) 등록일자 2017년01월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01B 31/02 (2006.01) B01J 19/24 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C01B 31/022 (2013.01)
B01J 19/2425 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0033719
(22) 출원일자 2015년03월11일
심사청구일자 2015년03월11일
(65) 공개번호 10-2016-0090225
(43) 공개일자 2016년07월29일
(30) 우선권주장
1020150009043 2015년01월20일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
JP2006327921 A*
JP2012166991 A*
KR1020060016739 A
KR100593423 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌
기술이전 희망 : 기술양도, 실시권허여, 기술지도

(73) 특허권자
승실대학교산학협력단
서울특별시 동작구 상도로 369 (상도동)
(72) 발명자
정영진
서울특별시 서초구 신반포로 171 214동 505호 (잠원동, 신반포한신아파트)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 최문정

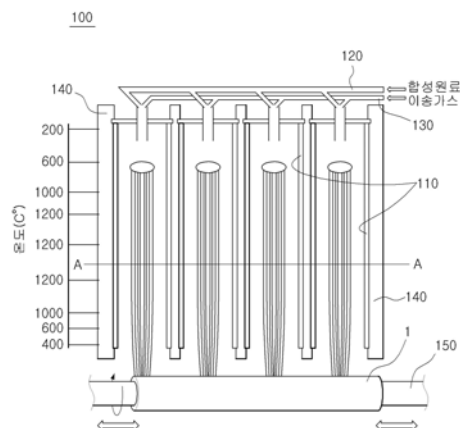
(54) 발명의 명칭 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로

(57) 요약

본 발명은, 탄소나노튜브 집합체 제조를 위한 합성로로서, 내측으로 탄소나노튜브 집합체 합성 공간을 제공하는 복수의 단위 합성로; 상기 복수의 단위 합성로로 탄소나노튜브 집합체의 합성을 위한 합성 원료를 공급하는 원료 공급부; 상기 복수의 단위 합성로로 이송용 가스를 공급하는 이송 가스 공급부; 상기 복수의 단위 합성로에 대하여 열을 인가하는 열 공급부; 및 상기 복수의 단위 합성로의 타단에서 각각 배출되는 상기 탄소나노튜브 집합체를 감는 권취부를 포함하는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로를 제공한다.

본 발명은 고품질의 탄소나노튜브 집합체를 대량, 대면적으로 합성할 수 있고, 복수의 합성로를 사용하되 복수의 합성로를 사용하되 열 공급부와, 원료 공급부, 이송 가스 공급부 및 권취부를 공유할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류
C01B 31/0226 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

탄소나노튜브 집합체 제조를 위한 합성로로서,

내측으로 탄소나노튜브 집합체 합성 공간을 제공하는 단면 형태가 원형이고, 하부로는 합성된 상기 탄소나노튜브 집합체가 배출될 수 있도록 개방 형성되며, 일정한 간격으로 배치되는 복수의 단위 합성로;

상기 복수의 단위 합성로로 탄소나노튜브 집합체의 합성을 위한 합성 원료를 공급하는 원료 공급부;

상기 복수의 단위 합성로로 이송용 가스를 공급하는 이송 가스 공급부;

상기 단위 합성로의 사이에 배치되어 이웃하는 상기 단위 합성로에 대하여 열을 인가하는 열 공급부; 및

상기 복수의 단위 합성로에서 각각 배출되는 상기 탄소나노튜브 집합체를 함께 감는 권취부를 포함하는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 단위 합성로는 일렬로 배치되는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 복수의 단위 합성로는 매트릭스 형태로 배치되는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로.

청구항 4

제2항 또는 제3항에 있어서,

상기 열 공급부는 상기 단위 합성로의 외주를 감싸는 형태로 배치되는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로.

청구항 5

삭제

청구항 6

제2항 또는 제3항에 있어서,

상기 열 공급부는 상기 단위 합성로의 외주면 상에 90도의 각거리를 두고 배치되는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 열 공급부는 상기 단위 합성로에 대하여 200 내지 1200℃의 열을 인가하는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 열 공급부는,

상기 단위 합성로의 원료 공급단측으로는 200℃의 열을 인가하고,
상기 단위 합성로의 중간부로는 1200℃의 열을 인가하며,
상기 단위 합성로의 배출단측으로는 400℃의 열을 인가하는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로.

청구항 9

탄소나노튜브 집합체 제조를 위한 합성로로서,
내측으로 탄소나노튜브 집합체 합성 공간을 제공하고 평단면 형태는 타원이며, 하부로는 합성된 상기 탄소나노튜브 집합체가 배출될 수 있도록 개방 형성되고, 단면의 장축 방향이 서로 평행하게 일렬로 배치되는 복수의 단위 합성로;
상기 복수의 단위 합성로로 탄소나노튜브 집합체의 합성을 위한 합성 원료를 공급하는 원료 공급부;
상기 복수의 단위 합성로로 이송용 가스를 공급하는 이송 가스 공급부;
상기 단위 합성로의 양측으로 배치되되, 상기 단위 합성로의 장축 방향과 평행하게 배치되어 상기 복수의 단위 합성로에 대하여 열을 인가하는 열 공급부; 및
상기 복수의 단위 합성로에서 각각 배출되는 상기 탄소나노튜브 집합체를 함께 감는 권취부를 포함하는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

제9항에 있어서,
상기 열 공급부는 상기 단위 합성로에 대하여 200 내지 1200℃의 열을 인가하는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로.

청구항 13

제12항에 있어서,
상기 열 공급부는,
상기 단위 합성로의 원료 공급단측으로는 200℃의 열을 인가하고,
상기 단위 합성로의 중간부로는 1200℃의 열을 인가하며,
상기 단위 합성로의 배출단 측으로는 400℃의 열을 인가하는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 탄소나노튜브 집합체를 대량으로 합성할 수 있는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 나노기술은 21세기를 선도해 갈 다양한 분야에서 미래의 기술로 인식되고 있고 특히, 탄소나노튜브(carbon nanotube : CNT)를 이용한 나노기술의 경우는 탄소나노튜브가 가지는 구조 및 물성의 이방성과 단일벽, 이중벽,

다중벽 등의 다양한 구조를 가지는 구조적 다양성 및 감긴 형태에 따라 도체, 반도체의 성질을 가지고 높은 전기 전도도를 가지며, 전기장의 인가시 튜브 끝에서 전기장이 강하게 증폭되는 전기적 특성, 길이방향의 견고한 공유결합에 의한 높은 영률 및 기계적 강도에 의하여 2차 전지, 연료전지, 디스플레이, 반도체 기술 분야 등 그 응용분야는 다양하다.

[0003] 근년에는 화학 기상 성장법, 플라즈마법, 펄스 아크법 등과 같이 2층 카본나노튜브의 비율이 높은 카본 나노튜브 집합체를 합성할 수 있는 것이 알려지게 되었다.

[0004] 도 1은 종래의 기술에 의한 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로의 구성을 나타내는 도면이다.

[0005] 도 1을 참조하면, 소정의 형태로 이루어진 합성로(10)의 일단으로는 원료와 이송가스가 공급되고, 합성로(10)의 외주 상에는 열 공급부(40)가 배치되어, 합성 작업에 필요한 열을 인가함을 알 수 있다. 또한, 합성로(10)의 타단으로는 탄소나노튜브 집합체(1)가 배출됨을 알 수 있다. 배출된 탄소나노튜브 집합체(1)는 소정의 와인더에 의해 감겨져 이후의 사용에 대비하여 보관된다.

[0006] 상기와 같은 종래의 기술을 이용하여, 많은 양의 탄소나노튜브 집합체를 제조하기 위해서는 많은 양의 원료를 투입하여야 한다. 그러나, 합성할 수 있는 탄소나노튜브 집합체의 합성량은 합성로의 크기에 의해 한정되며, 탄소나노튜브 집합체의 넓이나 두께는 합성로의 직경에 의해서 제한되는 문제점이 있다.

[0007] 탄소나노튜브 집합체의 합성량을 늘리기 위해서는 단일 합성로 시스템을 많이 제조하여 사용하여야 하나, 이를 운전하기 위한 인력과 공간 및 설비가 많이 소요되는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 고품질의 탄소나노튜브 집합체를 대량으로 합성할 수 있는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0009] 또한, 본 발명은 합성로의 단면을 타원으로 형성하고 합성로의 장경에 대응하는 대면적의 탄소나노튜브를 생산할 수 있는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0010] 또한, 본 발명은 복수의 합성로를 사용하되 열 공급부와, 원료 공급부, 이송 가스 공급부 및 권취부를 공유하여 인력과 공간 및 설비가 감소되는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 제1 측면에 의하면, 탄소나노튜브 집합체 제조를 위한 합성로로서, 내측으로 탄소나노튜브 집합체 합성 공간을 제공하는 단면 형태가 원형인 복수의 단위 합성로; 상기 복수의 단위 합성로로 탄소나노튜브 집합체의 합성을 위한 합성 원료를 공급하는 원료 공급부; 상기 복수의 단위 합성로로 이송용 가스를 공급하는 이송 가스 공급부; 상기 복수의 단위 합성로에 대하여 열을 인가하는 열 공급부; 및 상기 복수의 단위 합성로에서 각각 배출되는 상기 탄소나노튜브 집합체를 함께 감는 권취부를 포함하는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로를 제공한다.

[0012] 상기 복수의 단위 합성로는 일렬로 배치될 수 있다.

[0013] 상기 복수의 단위 합성로는 매트릭스 형태로 배치될 수 있다.

[0014] 상기 열 공급부는 상기 단위 합성로의 외주를 감싸는 형태로 배치될 수 있다.

[0015] 상기 열 공급부는 상기 단위 합성로의 양측으로 배치될 수 있다.

[0016] 상기 열 공급부는 상기 단위 합성로의 외주면 상에 90도의 각거리를 두고 배치될 수 있다.

[0017] 상기 열 공급부는 상기 단위 합성로에 대하여 200 내지 1200℃의 열을 인가할 수 있다.

[0018] 상기 열 공급부는, 상기 단위 합성로의 원료 공급단측으로는 200℃의 열을 인가하고, 상기 단위 합성로의 중간부로는 1200℃의 열을 인가하며, 상기 단위 합성로의 배출단측으로는 400℃의 열을 인가할 수 있다.

[0019] 상기한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 제2 측면에 의하면, 탄소나노튜브 집합체 제조를 위한 합성로로서, 내측으로 탄소나노튜브 집합체 합성 공간을 제공하고 평단면 형태는 타원인 복수의 단위 합성로; 상기 복수의

단위 합성로로 탄소나노튜브 집합체의 합성을 위한 합성 원료를 공급하는 원료 공급부; 상기 복수의 단위 합성로로 이송용 가스를 공급하는 이송 가스 공급부; 상기 복수의 단위 합성로에 대하여 열을 인가하는 열 공급부; 및 상기 복수의 단위 합성로에서 각각 배출되는 상기 탄소나노튜브 집합체를 함께 감는 권취부를 포함하는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로를 제공한다.

[0020] 상기 복수의 단위 합성로는 일렬로 배치되며, 상기 단면의 장축 방향이 서로 평행하게 배치될 수 있다.

[0021] 상기 열 공급부는 상기 단위 합성로의 양측으로 배치되며, 상기 단위 합성로의 장축 방향과 평행하게 배치될 수 있다.

[0022] 상기 열 공급부는 상기 단위 합성로에 대하여 200 내지 1200℃의 열을 인가할 수 있다.

[0023] 상기 열 공급부는, 상기 단위 합성로의 원료 공급단측으로는 200℃의 열을 인가하고, 상기 단위 합성로의 중간부로는 1200℃의 열을 인가하며, 상기 단위 합성로의 배출단 측으로는 400℃의 열을 인가할 수 있다.

발명의 효과

[0024] 상기와 같은 본 발명은, 고품질의 탄소나노튜브 집합체를 대량, 대면적으로 합성할 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명은 복수의 합성로를 사용하되 열 공급부와, 원료 공급부, 이송 가스 공급부 및 권취부를 공유하여 인력과 공간 및 설비가 감소될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 종래의 기술에 의한 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로의 구성을 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로의 구성의 일 예를 나타내는 도면이다.

도 3은 도 2의 A-A선의 선단면도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로의 구성의 다른 예를 나타내는 도면이다.

도 5는 도 4의 B-B선의 선단면도이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로의 구성의 일 예를 나타내는 도면이다.

도 7은 도 6의 C-C 선의 선단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0028] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로의 구성의 일 예를 나타내는 도면이고, 도 3은 도 2의 A-A선의 선단면도이다.

[0029] 도 2와 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로(100)는 복수의 단위 합성로(110), 원료 공급부(120), 가스 공급부(130), 열 공급부(140) 및 권취부(150)를 포함한다.

[0030] 단위 합성로(110)는 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 공간을 내측으로 제공한다. 본 실시예에서, 단위 합성로의 단면은 원형일 수 있다. 단위 합성로의 단면 형태는 사용자의 필요에 따라 변경될 수 있다.

[0031] 여기서, 사용자가 필요로 하는 양의 탄소나노튜브 집합체를 합성을 위해 단위 합성로(110)는 복수개로 포함된다. 도면에 의하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 합성로(100)는 4개의 단위 합성로(110)를 포함하는 것으로 도시되어 있으나, 단위 합성로의 개수는 사용자의 필요에 따라 증감될 수 있다.

[0032] 도 3에 도시되어 있는 바와 같이, 복수의 단위 합성로(110)는 도면과 같이 일정한 간격으로 일렬로 배치될 수 있다.

[0033] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로의 구성의 다른 예를 나타내는 도면이고, 도 5는 도 4의 B-B선의 선단면도이다.

- [0034] 도 4와 도 5를 참조하면, 복수의 단위 합성로(110)는 2x2의 매트릭스 형태로 배치될 수 있다. 이외에도 복수의 단위 합성로(110)는 사용자의 필요에 따라 2x3, 3x3, 4x4와 같은 다양한 매트릭스 형태로 배치될 수 있다.
- [0035] 열 공급부(140)는 단위 합성로(110)의 외주면상에 배치되지만, 도 4에서 단위 합성로(110)의 구성을 보다 명확히 하기 위하여 열 공급부(140)의 도시가 일부 생략되었다.
- [0036] 도 2와 도 4에 도시된 합성로(100, 200)는 단위 합성로의 배치 형태만이 차이가 있고, 이외의 구성은 동일하므로, 동시에 설명하기로 한다.
- [0037] 원료 공급부(120)는 복수의 단위 합성로(110) 각각의 일단으로 연결되어, 탄소나노튜브 집합체의 합성을 위한 합성 원료를 복수의 단위 합성로(110)로 공급한다. 여기서, 단위 합성로(110)로 공급되는 합성 원료는 액상 상태 또는 기체 상태인 것이 바람직하다. 원료 공급부(120)는 미도시된 원료 저장부와 복수의 단위 합성로(110)를 연결하는 공급관을 포함할 수 있다.
- [0038] 공급관은 복수의 단위 합성로(110)와 가지관을 통해 연결되어 있다. 공급관은 미도시된 외부의 원료 저장부와 복수의 단위 합성로(110) 각각을 개별적으로 연결할 수도 있다. 그리고, 공급관 상에는 원료 공급량을 조절할 수 있는 밸브가 배치될 수 있다.
- [0039] 이송 가스 공급부(130)는 복수의 단위 합성로(110) 각각의 일단으로 연결되어, 탄소나노튜브 집합체의 합성 시 공급된 재료의 이송을 용이하게 하는 이송용 가스를 복수의 단위 합성로(110)로 공급한다. 이송 가스 공급부(130)는 미도시된 이송 가스 저장부와 복수의 단위 합성로(110)를 연결하는 가스 공급관을 포함할 수 있다.
- [0040] 가스 공급관은 복수의 단위 합성로(110)와 가지관을 통해 연결되어 있다. 가스 공급관은 미도시된 외부의 이송 가스 저장부와 복수의 단위 합성로(110) 각각을 개별적으로 연결할 수도 있다. 가스 공급관 상에는 가스 공급량을 조절할 수 있는 밸브가 배치될 수 있다.
- [0041] 열 공급부(140)는 각각의 단위 합성로(110)에 대하여 열을 인가하여, 단위 합성로(110)로 공급된 후, 단위 합성로(110)의 내벽을 따라 흘러내리는 합성 원료에 대하여 열을 인가하여 합성 원료가 증발하도록 한다.
- [0042] 균일한 열을 인가할 수 있다면, 열 공급부(140)는 가스 가열식, 전기 가열식 등 다양한 수단이 사용될 수 있다. 다만, 사용의 편리함과 폐기물의 발생 등을 고려하여 전기 가열식인 것이 바람직하다.
- [0043] 열 공급부(140)는 단위 합성로(110)의 외주면을 감싸는 형태로 배치될 수 있다. 이때, 열 공급부(140)는 적어도 하나 이상의 단위 합성로(110)에 대하여 동시에 열을 인가할 수 있도록 배치된다.
- [0044] 복수의 단위 합성로(110)에 대한 열 공급부(140) 공유와 균일한 열 인가를 위해, 도 2와 도 3에 도시된 바와 같이 단위 합성로(110)가 일렬로 배치되어 있는 경우, 열 공급부(140)는 단위 합성로(110)의 양측으로 배치된다. 여기서, 단위 합성로(110)는 복수로서 일렬로 배치되므로, 단위 합성로(110)의 일측으로 배치되는 열 공급부(140)는 이웃하는 단위 합성로(110)에 대해서도 열을 인가할 수 있다.
- [0045] 여기서, 열 공급부(140)는 단위 합성로(110)의 외주에 접하도록 배치되어 열의 인가가 용이하도록 한다.
- [0046] 또한, 도 4와 도 5에 도시되어 있는 바와 같이, 복수의 단위 합성로(110)가 매트릭스 형태로 배치되는 경우, 열 공급부(140)는 단위 합성로(110)를 기준으로 단위 합성로(110)의 외주면 측에 90도의 각거리를 두고 배치될 수 있다. 이 경우에도, 열 공급부(140)는 이웃하는 단위 합성로(110)에 대해서도 열을 인가할 수 있다.
- [0047] 열 공급부(140)는 단위 합성로(110)에 대하여 200 내지 1200℃의 열을 인가할 수 있다.
- [0048] 이때, 열 공급부(140)는 단위 합성로(110)의 위치에 따라 인가하는 열의 온도를 달리할 수 있다. 즉, 단위 합성로(110)의 입력 측, 즉 합성 원료와 이송 가스가 유입되는 단위 합성로(110)의 일단에 대하여는 200℃의 열을 인가하고, 중간부로 갈수록 인가하는 열의 온도를 상승시켜 단위 합성로(110)의 중간부에는 최대 1200℃의 열을 인가한다. 그리고, 단위 합성로(110)에서 합성된 탄소나노튜브가 배출되는 단부측으로 갈수록 인가하는 열의 온도를 낮추어, 단위 합성로(110)의 출력 측에는 400℃의 열을 인가한다.
- [0049] 권취부(150)는 복수의 단위 합성로(110)에서 합성되어 배출되는 탄소나노튜브 집합체를 권취한다. 여기서, 권취부(150)는 탄소나노튜브 집합체의 권취를 위해 단일의 권취 로드를 사용한다. 따라서, 복수의 단위 합성로(110)에서 배출되는 탄소나노튜브 집합체는 단일의 권취 로드 상에 권취된다. 권취부(150)는 권취 작업 중, 좌우로 왕복 운동을 수행할 수 있다. 따라서, 권취부(150)에 권취되는 탄소나노튜브 시트는 균일한 두께를 가질 수 있다.

- [0050] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로의 구성의 일 예를 나타내는 도면이고, 도 7은 도 6의 C-C 선의 선단면도이다.
- [0051] 도 6과 도 7을 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 탄소나노튜브 집합체 생산을 위한 합성로(300)는 복수의 단위 합성로(310), 원료 공급부(320), 이송 가스 공급부(330), 열 공급부(340) 및 권취부(350)를 포함한다.
- [0052] 이전의 실시예와 동일한 구성에 대해서는 상세한 설명을 생략하고, 차이가 있는 구성에 대해서만 설명하기로 한다.
- [0053] 복수의 단위 합성로(310)는 타원형의 평단면 형태를 갖는다. 여기서, 타원의 단경과 장경은 사용자의 필요에 따라 설정될 수 있다. 다만, 여기서, 단위 합성로의 폭, 단위 합성로(110)의 단면의 장경은 사용자가 얻고자 하는 탄소나노튜브 집합체의 폭에 대응할 수 있다.
- [0054] 복수의 단위 합성로(310) 각각은 서로 동일한 형태와 크기인 것이 바람직하다.
- [0055] 도면에서, 열 공급부(340)는 복수의 단위 합성로(310) 중 후방으로 배치되는 단위 합성로(310)의 일측으로 배치되어 있는 것으로 도시되어 있으나, 이는 단위 합성로(310)의 배치 상태를 용이하게 파악할 수 있도록 한 것으로서, 열 공급부(340)는 단위 합성로(310)의 양측 외주에 배치된다.
- [0056] 따라서, 도 7에 도시되어 있는 바와 같이, 열 공급부(340)는 단위 합성로(310)의 장경에 평행하게 배치되는 것이 바람직하다.
- [0057] 따라서, 열 공급부(310)는 이웃하는 단위 합성로(310)에 대하여 동시에 열을 공급할 수 있다.
- [0058] 상기와 같은 본 발명은 고품질의 탄소나노튜브 집합체를 대량, 대면적으로 합성할 수 있고, 복수의 합성로를 사용하여 열 공급부와, 원료 공급부, 이송 가스 공급부 및 권취부를 공유할 수 있다.
- [0059] 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.

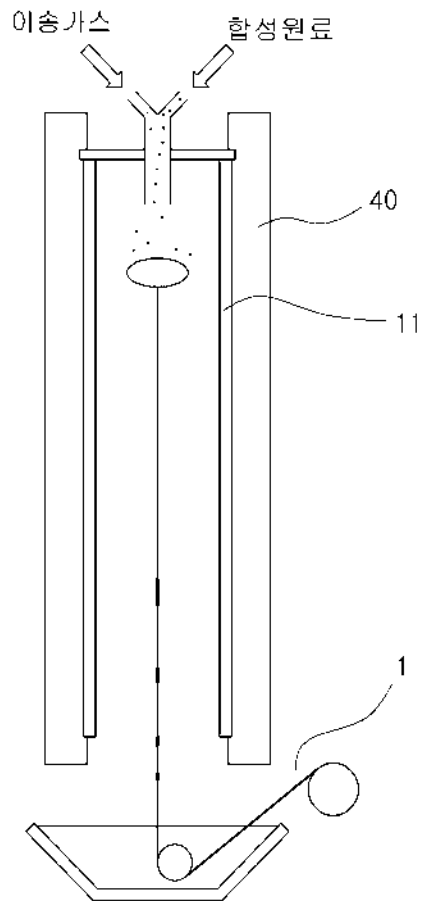
부호의 설명

- | | | |
|--------|--------------------|----------------------|
| [0060] | 100, 200, 300: 합성로 | 110: 310: 복수의 단위 합성로 |
| | 120, 320: 원료 공급부 | 130, 330: 가스 공급부 |
| | 140, 340: 열 공급부 | 150, 350: 권취부 |

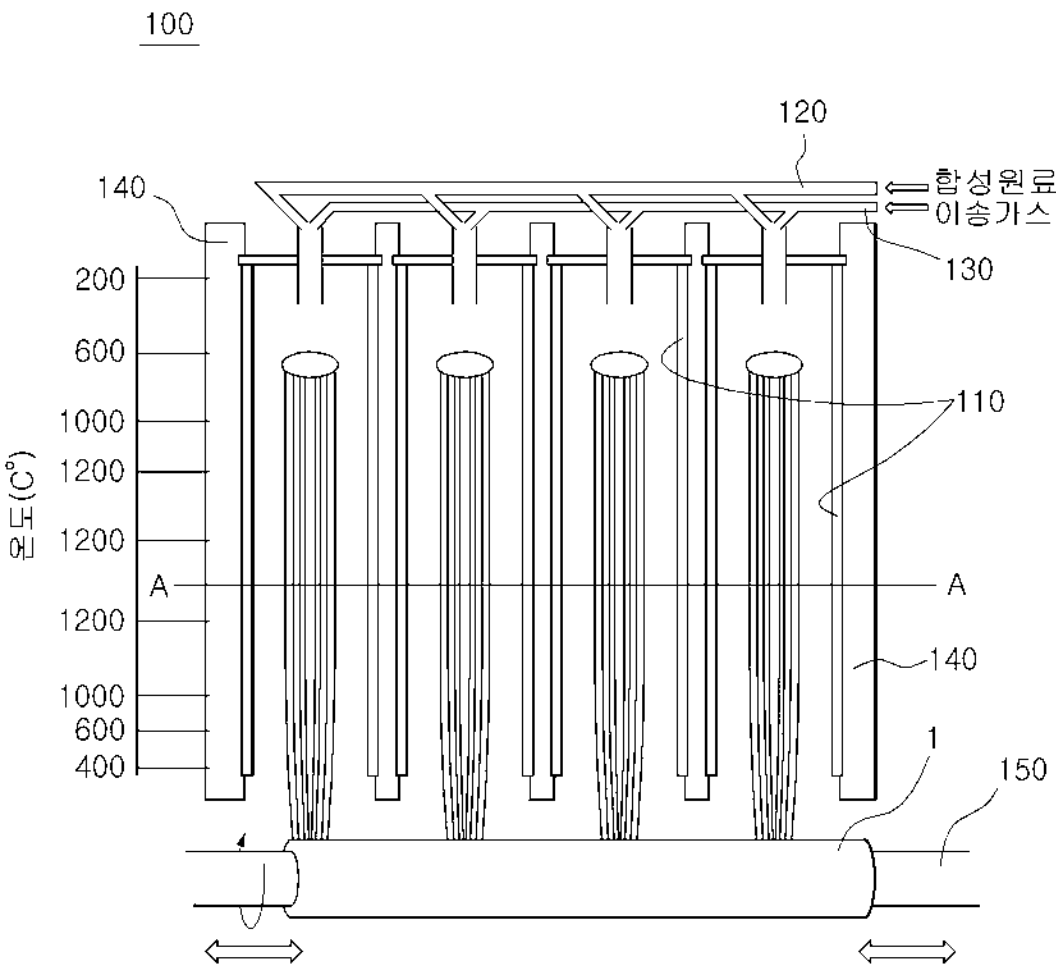
도면

도면1

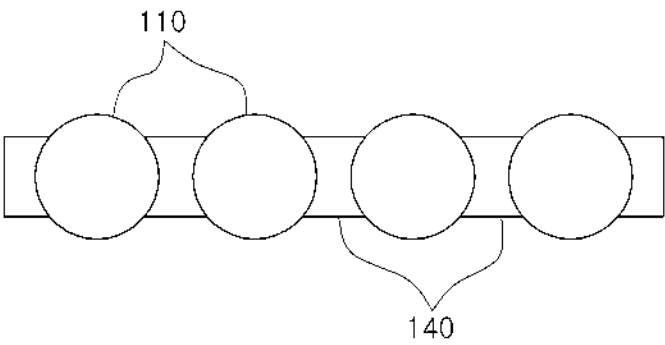
10



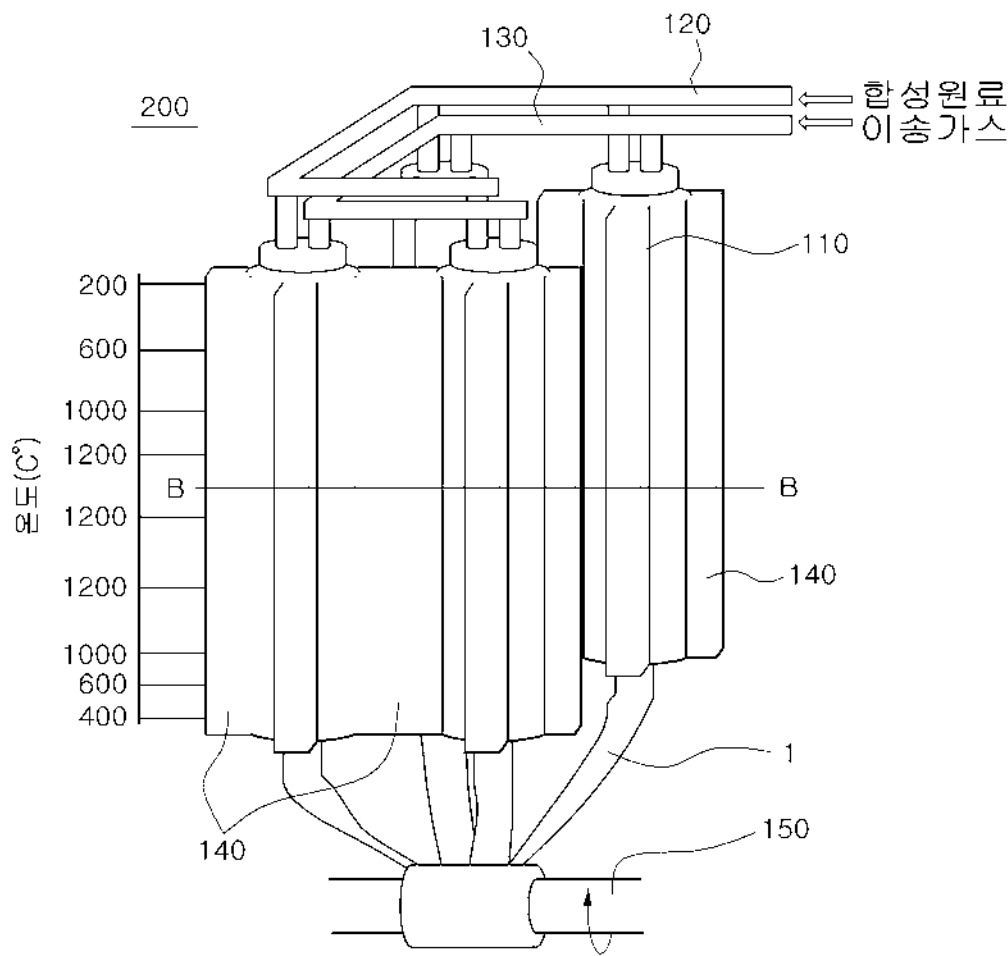
도면2



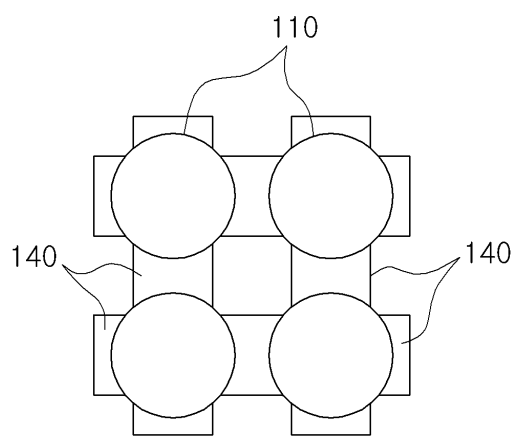
도면3



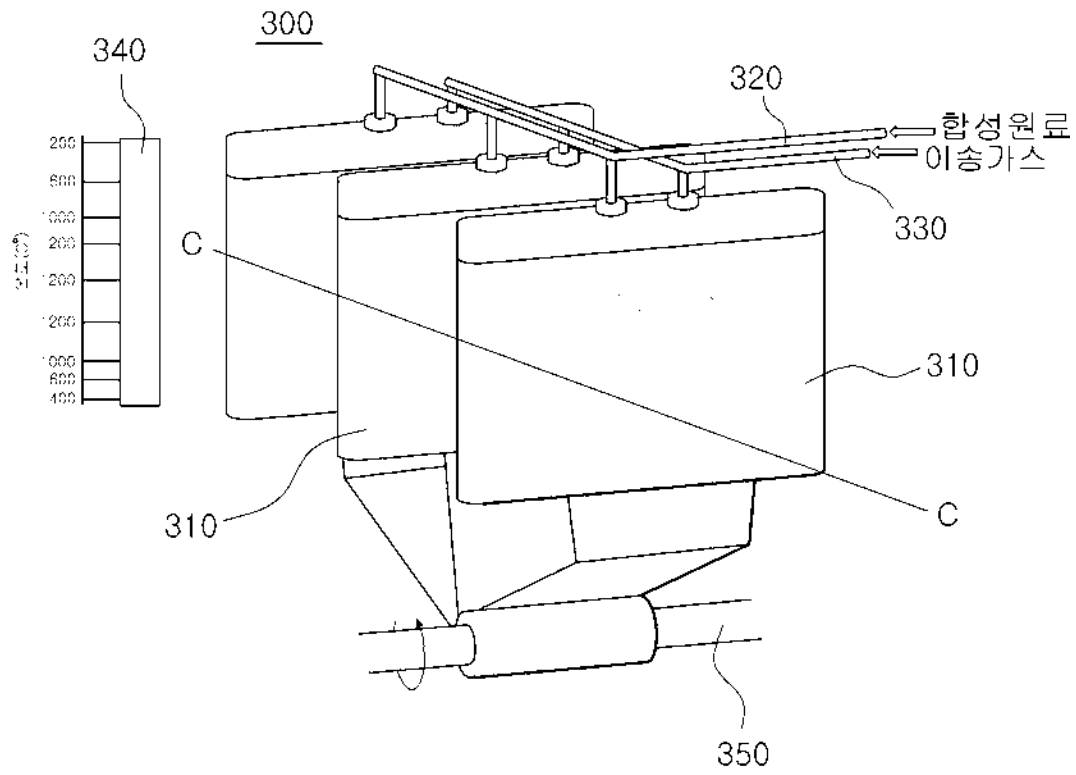
도면4



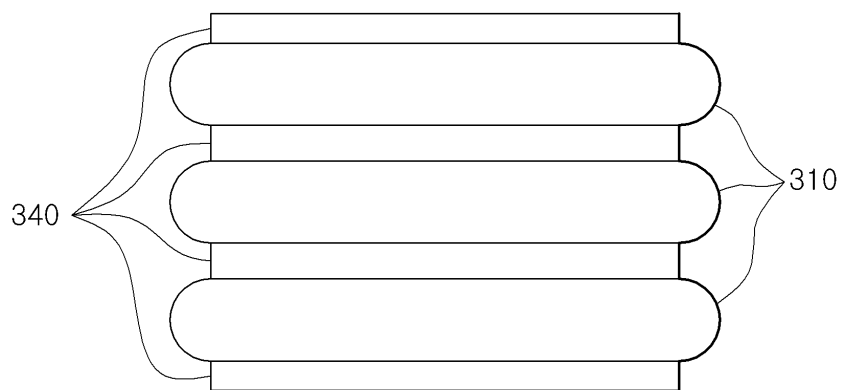
도면5



도면6



도면7





(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년02월15일
(11) 등록번호 10-1948699
(24) 등록일자 2019년02월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01B 32/16 (2017.01) B01J 19/26 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C01B 32/16 (2017.08)
B01J 19/26 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0019586
(22) 출원일자 2017년02월13일
심사청구일자 2017년02월13일
(65) 공개번호 10-2018-0093458
(43) 공개일자 2018년08월22일
(56) 선행기술조사문헌
JP2012046841 A
JP2016017005 A
KR1020160090225 A
KR1020100108599 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
송실대학교산학협력단
서울특별시 동작구 상도로 369 (상도동)
(72) 발명자
정영진
서울특별시 용산구 이촌로 303, 22동 906호 (이촌동, 현대아파트)
송현준
서울특별시 광진구 군자로4길 26 (화양동)
(74) 대리인
특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 5 항

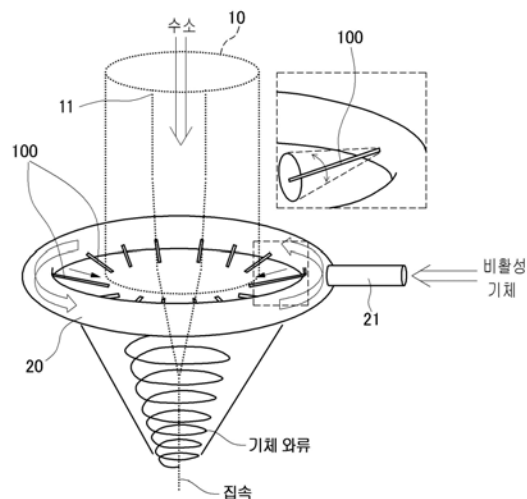
심사관 : 장기완

(54) 발명의 명칭 탄소나노튜브 집합체 제조 장치

(57) 요약

탄소나노튜브 집합체 제조 장치는 내측으로 탄소나노튜브 합성 공간을 제공하는 합성로; 및 합성로 하단에 배치되어 복수의 노즐을 통하여 비활성 기체를 분사하여 합성로에서 배출되는 탄소나노튜브를 집속하는 기체공급부;를 포함하되, 복수의 노즐은 합성로에서 배출되는 탄소나노튜브를 둘러싸도록 기체공급부의 원호를 따라 배치되며, 개별적으로 조절 가능하다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01J 2219/00049 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10052838

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 산업기술혁신사업 계획서[산업핵심기술개발사업]

연구과제명 1 Step 합성 · 방사법에 의한 CNT 연속섬유 제조기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 숭실대학교 산학협력단

연구기간 2016.06.01 ~ 2017.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

탄소나노튜브 집합체 제조 장치에 있어서,

내측으로 탄소나노튜브 합성 공간을 제공하는 합성로; 및

상기 합성로 하단에 배치되어 복수의 노즐을 통하여 비활성 기체를 분사하여 상기 합성로에서 배출되는 탄소나노튜브를 집속하는 기체공급부;를 포함하되,

상기 복수의 노즐은 상기 합성로에서 배출되는 탄소나노튜브를 둘러싸도록 상기 기체공급부의 원호를 따라 배치되며, 개별적으로 조절 가능한 것이되,

상기 노즐은 상기 기체공급부의 중심을 향하여 상측, 하측, 좌측, 우측 중 어느 하나의 방향으로 예각을 갖도록 조절 가능한 것이고,

상기 기체공급부와 결합되는 평면에 대하여 예각을 갖도록 시계방향 또는 반시계 방향으로 기울어지도록 배치된 것이며,

상기 노즐의 직경을 조절하여, 상기 비활성 기체의 공급 속도의 조절이 가능한 것인 탄소나노튜브 집합체 제조 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 기체공급부는 상기 합성로의 중심으로부터 소정의 거리 이격되고, 상기 중심과 동심원의 관계를 갖도록 위치하며, 관형 부재를 원형으로 형성한 것인 탄소나노튜브 집합체 제조 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 노즐은 상기 기체공급부에 일단이 고정되고, 상기 기체공급부의 중심을 향하여 타단이 연장되게 형성되는 것인 탄소나노튜브 집합체 제조 장치.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브 집합체의 제조를 위한 합성 원료를 공급하는 원료 공급부를 더 포함하는 것인 탄소나노튜브 집합체 제조 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 기체공급부의 일측에 설치되어 상기 비활성 기체를 주입하는 기체 주입부를 더 포함하는 것인 탄소나노튜브 집합체 제조 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 탄소나노튜브 집합체 제조 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 합성로에서 합성된 탄소나노튜브 집합체는 습식 또는 건식 공정을 통하여 집속되며, 집속된 탄소나노튜브 집합체는 섬유 형상을 가지게 된다. 습식 공정은 합성된 탄소나노튜브 집합체가 합성로 하단부에 설치된 물, 에탄올 등의 용매가 담긴 욕조를 통과하면서 집속되는 방법이다. 이송가스로 사용된 수소 기체로 인한 폭발을 방지하기 위해서는 욕조를 밀폐해야 하며, 밀폐된 욕조에 담긴 수소를 처리하기 위하여 수소포집장치를 설치하여 사용한다. 수소포집장치를 사용할 경우 작업자는 탄소나노튜브 섬유의 질사와 같은 문제가 발생하였을 때 신속한 대처가 어렵다는 문제가 있다.

[0003] 한편, 비활성 기체를 이용한 건식 공정의 경우에는 개방된 환경에서 작업이 이루어지므로 필요한 경우 언제든지 설비에 작업자가 접근하는 것이 가능하여 효율적인 생산이 가능하다. 즉, 건식공정을 통하여 탄소나노튜브 집합체를 집속하는 기술은 탄소나노튜브 집합체 제조 공정을 단순화 할 수 있어서 안정적이면서 균제도가 우수한 탄소나노튜브 집합체를 생산할 수 있다. 더불어, 생산 공정에서 별도의 수소 포집장치를 필요로 하지 않아 작업 용이성과 공정의 유연성을 크게 향상시킬 수 있다.

[0004] 또한, 합성된 탄소나노튜브 집합체를 집속된 상태에서 권취를 하게되면 절단현상이 줄어들어 연속공정에 매우 유리하다. 그러나, 탄소나노튜브 집합체를 생산하는 공정에 따라 합성된 탄소나노튜브 집합체는 매우 약하기 때문에 연속적으로 권취하는 것에 어려움이 있다. 따라서, 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안이 모색될 필요가 있다.

[0005] 이와 관련하여, 선행기술 한국등록특허 제 10-2016-0064103호(발명의 명칭: 가스실링 방식을 이용한 합성장치)는 질소 가스를 통해 외기를 차단하는 방법으로 기존의 수소 포집장치를 대체한 합성장치에 대하여 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 일부 실시예는 상술한 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로, 건식 공정으로 탄소나노튜브 집합체 제조 공정의 안정을 향상시키며 또한 품질이 우수한 탄소나노튜브 집합체를 제조하는 탄소나노튜브 집합체 제조 장치를 제공 한다.

[0007] 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 더 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 집합체 제조 장치는 내측으로 탄소나노튜브 합성 공간을 제공하는 합성로; 및 합성로 하단에 배치되어 복수의 노즐을 통하여 비활성 기체를 분사하여 합성로에서 배출되는 탄소나노튜브를 집속하는 기체공급부;를 포함하되, 복수의 노즐은 합성로에서 배출되는 탄소나노튜브를 둘러싸도록 기체공급부의 원호를 따라 배치되며, 개별적으로 조절 가능하다.

발명의 효과

[0009] 본 발명에 의한 경우, 비활성 기체를 사용해 와류를 형성하고, 이를 이용하여 탄소나노튜브 집합체에 꼬임을 부여해서 집속함으로써, 집속된 탄소나노튜브 집합체의 강력과 균제도를 향상시킬 수 있다.

[0010] 더불어, 비활성 기체는 외기를 차단할 뿐 아니라, 합성에 사용된 수소를 회석함으로 안정성이 크게 향상되며,

개발된 환경에서 생산이 가능하므로 합성설비에 작업자가 직접적으로 접근하여, 절사와 같은 문제 상황에 신속하게 대응할 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 집합체 제조 장치의 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 기체공급부의 단면도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 집합체의 집속과 종래의 건식집속장치를 비교하여 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 탄소나노튜브 집합체의 비활성 기체 투입량에 따라 변화하는 직경을 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 노즐 방향의 설정에 따른 비활성 기체의 진행방향을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 도5의 직선형의 비활성 기체 진행 방향과 나선형의 비활성 기체 진행 방향에 따라 제조된 탄소나노튜브 집합체를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미하며, 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 집합체 제조 장치의 구성도이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 기체공급부의 단면도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 집합체의 집속과 종래의 건식집속장치를 비교하여 설명하기 위한 도면이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 탄소나노튜브 집합체의 비활성 기체 투입량에 따라 변화하는 직경을 나타낸 도면이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 노즐 방향의 설정에 따른 비활성 기체의 진행방향을 설명하기 위한 도면이고, 도 6은 도5의 직선형의 비활성 기체 진행 방향과 나선형의 비활성 기체 진행 방향에 따라 제조된 탄소나노튜브 집합체를 나타낸 도면이다.

도 1을 참조하면, 본 발명의 탄소나노튜브 집합체 제조 장치는 내측으로 탄소나노튜브 합성 공간을 제공하는 합성로(10) 및 합성로(10) 하단에 배치되어 복수의 노즐(100)을 통하여 비활성 기체를 분사하며 합성로(10)에서 배출되는 탄소나노튜브를 집속하는 기체공급부(20)를 포함한다.

합성로(10)는 내부에 탄소나노튜브 섬유의 합성이 이루어지는 공간을 제공한다. 예를 들면, 합성로(10)는 원기둥의 형상을 가질 수 있지만 그 형태와 크기는 사용자의 필요에 따라 다양하게 설정될 수 있다.

복수의 노즐(100)은 합성로(10)에서 배출되는 탄소나노튜브를 둘러싸도록 기체공급부(20)의 원호를 따라 배치되며, 개별적으로 조절 가능할 수 있다. 이때, 복수의 노즐(100)을 통하여 분사되는 비활성 기체에는 와류가 형성될 수 있다. 즉, 이러한 와류가 형성된 비활성 기체에 의해 꼬임이 부여된 탄소나노튜브 집합체가 제조될 수 있다. 이로 인해, 본 발명의 탄소나노튜브 집합체 제조 장치에 의해 제조된 탄소나노튜브 집합체는 강력과 균제도가 향상될 수 있다. 더불어, 비활성 기체는 외기를 차단할 뿐 아니라, 합성에 사용된 수소를 희석함으로써 안정성이 크게 향상될 수 있다.

구체적으로, 도 1 및 2를 참조하면, 기체공급부(20)는 합성로(10)의 중심으로부터 소정의 거리 이격되고, 중심과 동심원의 관계를 갖도록 위치하며, 관형 부재를 원형으로 형성한 것일 수 있다. 또한, 기체공급부(20)는 일측에 설치되어 비활성 기체를 주입하는 기체 주입부(21)를 포함할 수 있다. 일 예로, 비활성 기체는 질소일 수

있으나 이에 한정되는 것은 아니다.

- [0019] 노즐(100)은 기체공급부(20)에 일단이 고정되고, 기체공급부의 중심을 향하여 타단이 연장되게 형성될 수 있다. 노즐(100)은 비활성 기체의 공급 속도를 조절할 수 있다. 일 예로, 탄소나노튜브 집합체의 직경이 감소하도록 비활성 기체의 공급 속도를 증가할 경우, 탄소나노튜브 집합체 사이의 접촉 면적이 증가하고, 이로 인해, 탄소나노튜브 사이의 하중전달 효과가 좋아져, 탄소나노튜브 집합체의 전기적인 접촉저항은 감소시키고, 기계적인 물성은 증가시킬 수 있다.
- [0020] 노즐(100)은 기체공급부(20)의 중심을 향하여 상측, 하측, 좌측, 우측 중 어느 하나의 방향으로 예각을 갖도록 조절 가능할 수 있다. 일 예로, 도 1에 도시된 바와 같이, 노즐(100)의 타단은 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 의 각도를 갖도록 상측 및 하측으로 조절되고, $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 의 각도를 갖도록 좌측 및 우측으로 조절될 수 있다.
- [0021] 또한, 노즐(100)은 기체공급부(20)와 결합되는 평면에 대하여 예각을 갖도록 시계방향 또는 반시계 방향으로 기울어지도록 배치될 수 있다. 예시적으로 도 2에 도시된 바와 같이, 복수의 노즐(100)이 반시계 방향으로 균일하게 소정의 각도 만큼 기체공급부(20)의 벽체와 예각을 갖도록 기울어지게 배치될 경우, 각 노즐(100)을 통하여 분사되는 비활성 기체는 와류를 형성하게 된다. 이로 인해, 합성로(10)에서 배출되는 탄소나노튜브는 비활성 기체의 와류에 의해 꼬임이 부여된 탄소나노튜브 집합체로 집속될 수 있다.
- [0022] 본 발명의 탄소나노튜브 집합체 제조 장치는 탄소나노튜브 집합체의 제조를 위한 합성 원료를 공급하는 원료 공급부(11)를 더 포함할 수 있다. 원료 공급부(11)는 합성로(10)에 의해 표면이 둘러싸인 형태로 형성되어 합성 원료가 공급되며, 합성로(10)는 원료 공급부(11) 내의 합성 원료를 분해 및 재조립하여 탄소나노튜브를 합성한다. 이때, 합성 원료는 아세톤(Acetone), 페로세인(Ferrocene), 싸이오펜(Thiophene) 등으로 구성되며, 이는 일 실시예에 해당하는 것이며, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니다.
- [0023] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 실시예를 들어 상세하게 설명하고자 한다. 다만 하기의 실시예는 본 발명의 내용을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다.
- [0024] 도 3의 (a)는 비활성 기체를 단순히 건식집속장치의 좁고 기다란 구멍(slit)(A)을 통해 투입한 것을 나타낸 것이고, 도 3의 (b)는 노즐이 설치된 본 발명의 탄소나노튜브 집합체 제조 장치에 비활성 기체를 투입한 것을 나타낸 것이다. 합성 용액은 아세톤(Acetone) 98 wt%, 페로세인(Ferrocene) 0.4 wt%, 싸이오펜(Thiophene) 1.6 wt%의 조성으로 사용했으며, 이송가스(H₂)는 1000 sccm의 속도로 주입하였고, 합성온도는 1200℃로 설정하였다.
- [0025] 도 3의 (a)는 하단에 구멍(A)은 좁고 기다란 모양(slit)으로 구비된 종래의 건식집속장치이며, 이러한 구성에 따르면 기체가 하방으로만 분사되어서 탄소나노튜브가 집속되지 않음을 확인할 수 있다. 또한, 도 3의 (b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 탄소나노튜브 집속체 제조 장치이며, 노즐을 통하여 분사된 비활성 기체에 의해 탄소나노튜브 집합체에 꼬임이 부여되며 집속되는 것을 확인할 수 있다.
- [0026] 즉, 건식집속장치에 단순히 구멍만 뚫린 경우 외기의 유입에 의한 수소 가스 폭발현상은 방지할 수 있으나, 탄소나노튜브 집합체를 집속시킬 수 없다. 또한, 구멍(A)을 통해 투입된 비활성 기체가 수직방향으로 퍼지면서 외기의 유입을 차단할 수 있으나 탄소나노튜브 번들을 집속시킬만한 힘이 탄소나노튜브 집합체에 가해지지 않는다. 반면, 노즐이 설치된 건식집속장치의 경우 노즐을 통과하면서 같은 양의 비활성 기체가 공급되어도 더 빠른 속도로 비활성 기체가 투입되며, 탄소나노튜브 집합체는 와류에 의해서 토크가 가해져서 꼬임이 가해지게 된다.
- [0027] 도 4는 비활성 기체의 공급량을 달리하면서 탄소나노튜브 집합체에 꼬임을 부여하고, 이의 직경을 측정한 것을 나타낸 것이다. 탄소나노튜브 섬유의 권취속도는 10 m/min로 동일하게 유지하고, 기체의 공급 속도는 1500 sccm부터 4000 sccm까지 늘려나갔다. 기체의 투입량이 증가하면 탄소나노튜브 집합체의 직경이 감소하는 경향을 보였는데 이는 비활성 기체의 투입량이 증가하면서 탄소나노튜브 집합체에 가해지는 토크가 더 커지기 때문이다. 따라서, 탄소나노튜브 집합체의 직경이 더 감소하면 탄소나노튜브 사이의 접촉이 더 좋아진다. 즉, 집속력이 증가하면 탄소나노튜브 사이의 접촉 면적이 증가하고, 이는 탄소나노튜브 사이의 하중전달 효과가 좋아져, 전기적인 접촉저항은 낮아지고 기계적인 물성은 좋아지게 한다.
- [0028] 도 5의 (a)는 비활성 기체 노즐의 방향을 합성로 하단부 중심부 방향으로 설정한 경우를 나타낸 것이고, 도 5의 (b)는 비활성 기체의 노즐 방향을 나선형으로 설정한 경우를 나타낸 것이다. 이로 인해, 탄소나노튜브 집합체의 특성을 비교할 수 있다. 즉, 비활성 기체의 공급방향에 따라 합성로 하단부에서의 비활성 기체 기류의 진행

방향이 달라졌으며, 이에 따른 탄소나노튜브 집합체의 특성이 다르게 나타났다. 도 5의 (a)에 도시된 바와 같이, 노즐을 노즐이 결합되는 기체 공급부(20)의 평면에 대하여 수직한 방향, 즉 기체 공급부(20)의 중심방향으로 배치하여 비활성 기체를 공급하였을 때에는 탄소나노튜브 집합체들이 일부 집속은 되었지만 꼬임은 부여되지 않았다. 반면, 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이, 노즐을 노즐이 결합되는 기체 공급부(20)의 평면에 대하여 예각을 갖도록 배치하면, 즉 노즐이 기체 공급부(20)의 중심에 대하여 시계 방향 또는 반시계 방향으로 소정의 각도만큼 기울어지도록 배치하면, 비활성 기체를 공급하였을 때에 비활성 기체의 기류가 나선형으로 형성되어 탄소나노튜브 집합체에 꼬임이 부여되어 집속되었다.

[0029] 도 6의 (a)는 도 5의 (a)에 도시된 직선형의 비활성 기체 기류에 의해 집속된 탄소나노튜브 집합체를 나타낸 것이며, 탄소나노튜브 집합체의 균제도가 불균형한 것을 나타낸다. 반면, 도 6의 (b)는 도 5의 (b)에 도시된 나선형의 비활성 기체 기류에 의해 집속된 탄소나노튜브 집합체를 나타낸 것이며, 탄소나노튜브 집합체에 꼬임이 가해져서 탄소나노튜브 집합체의 균제도가 안정적인 것을 나타낸다.

[0030] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0031] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

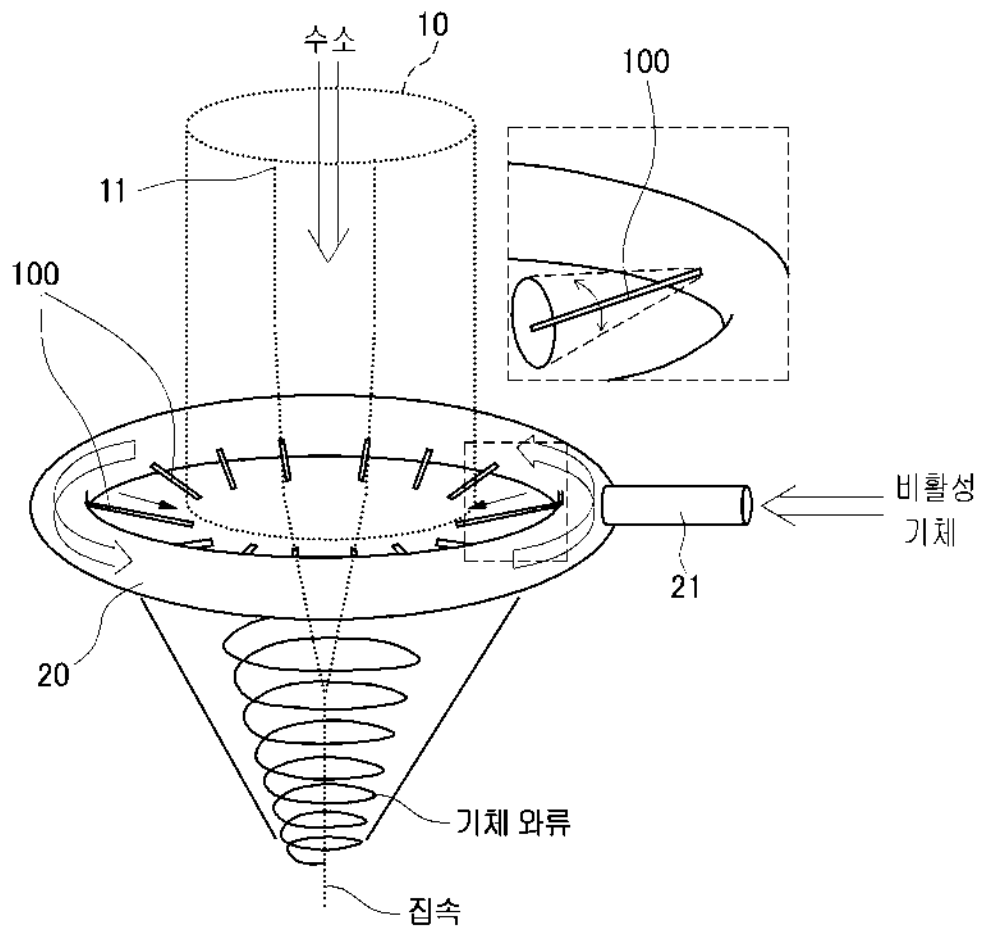
부호의 설명

[0032]

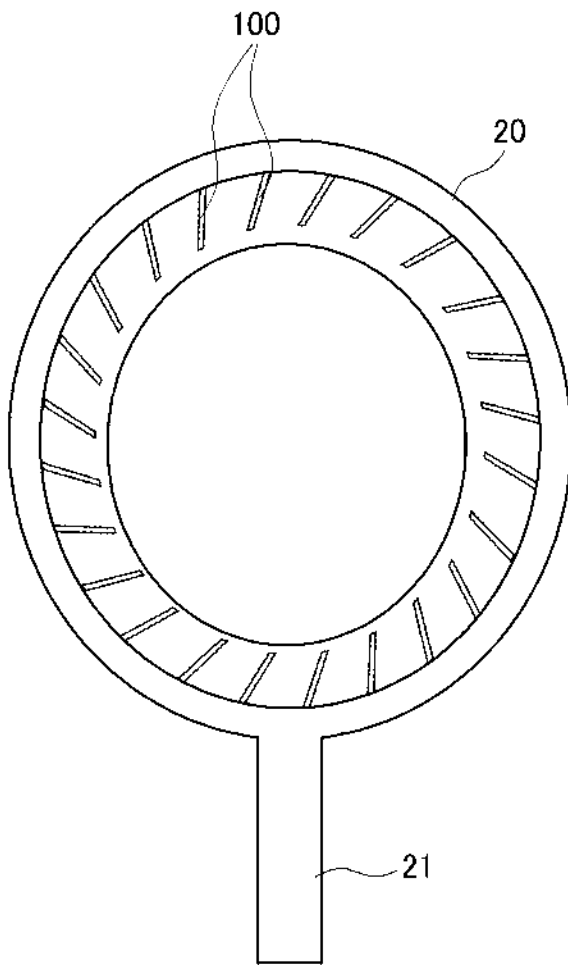
10: 합성로	20: 기체공급부
11: 원료 공급부	21: 기체 주입부
100: 노즐	

도면

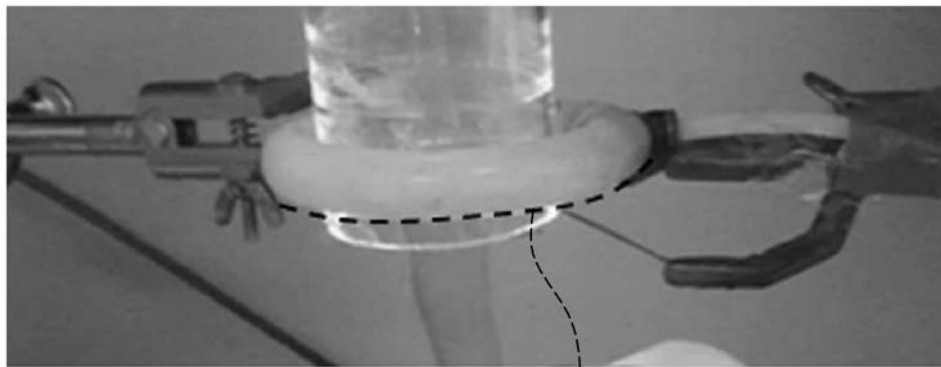
도면1



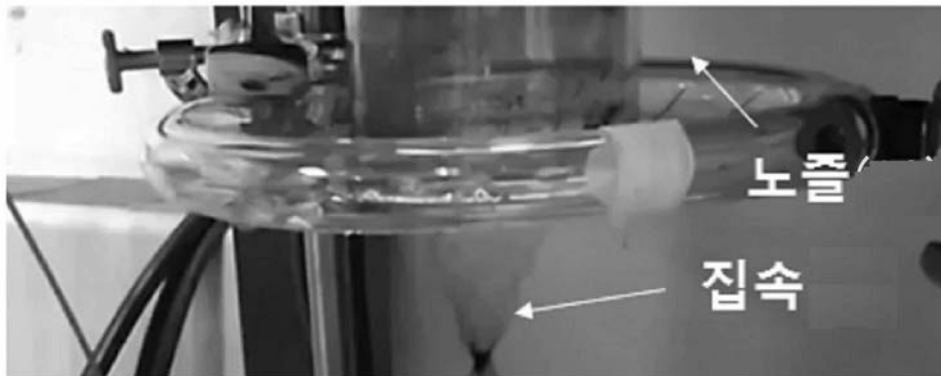
도면2



도면3

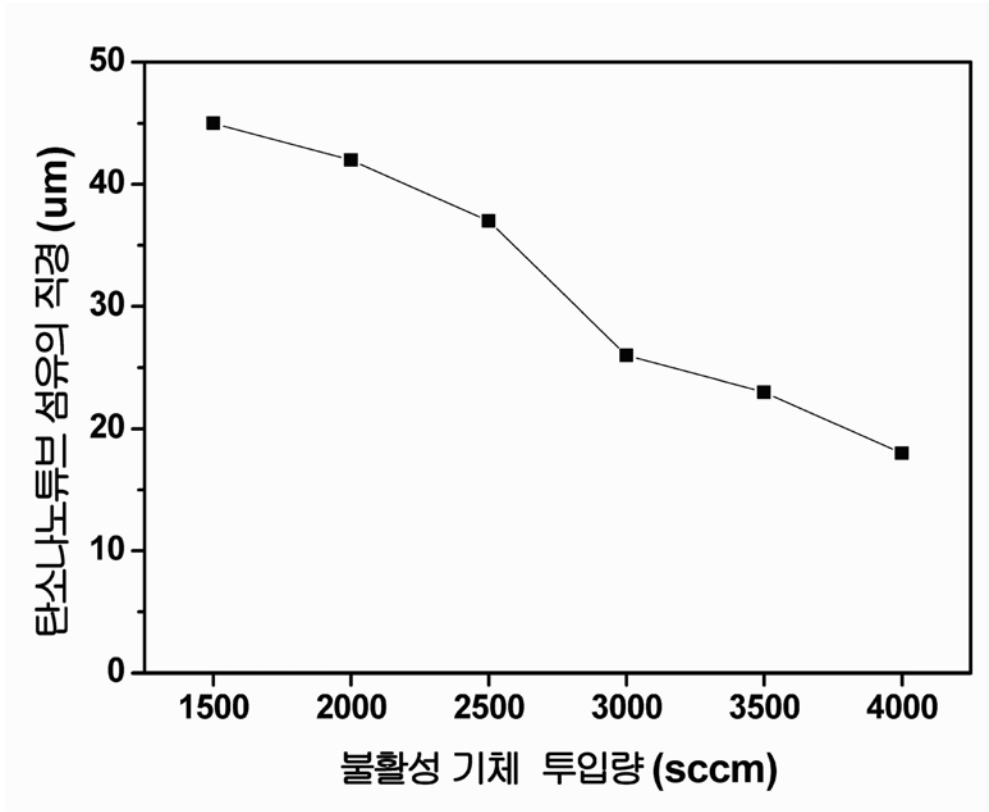


(a) A

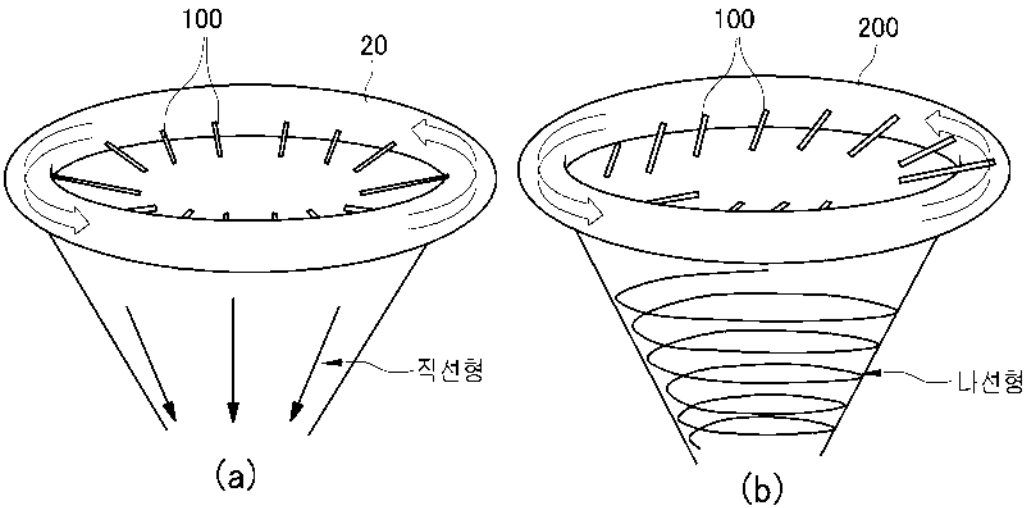


(b)

도면4



도면5



도면6

