



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월29일
(11) 등록번호 10-1893178
(24) 등록일자 2018년08월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B05B 5/03 (2006.01) B01J 2/30 (2006.01)
C08J 5/18 (2006.01) C08L 101/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B05B 5/03 (2013.01)
B01J 2/30 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7037069
(22) 출원일자(국제) 2016년11월10일
심사청구일자 2017년01월03일
(85) 번역문제출일자 2016년12월30일
(65) 공개번호 10-2017-0067684
(43) 공개일자 2017년06월16일
(86) 국제출원번호 PCT/US2016/061235
(87) 국제공개번호 WO 2017/083462
국제공개일자 2017년05월18일
(30) 우선권주장
62/254,392 2015년11월12일 미국(US)
(뒷면에 계속)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020110121569 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
코넬 유니버시티
미국 뉴욕 14850 이타카 스위트 310 파인 트리 로
드 395 옛 코넬 유니버시티(써티엘) 센터 포 테크
놀로지 라이선싱
(72) 발명자
주 용락
미국 14850 뉴욕주 이타카 노르 웨이 60
즈마예브 예브겐
미국 14850 뉴욕주 이타카 델라웨어 애비뉴 120
(74) 대리인
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 21 항

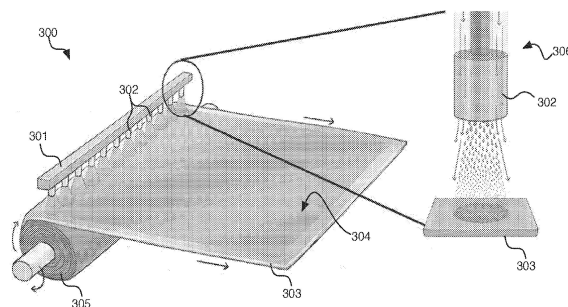
심사관 : 김웅상

(54) 발명의 명칭 공기 제어식 전자분무 제조 및 그 생성물

(57) 요약

특정한 실시예에 있어서, 본원에서는 가스 제어식 전자분무 시스템 및 얇은 층의 막과 같은 성막물을 제조하기 위한 프로세스가 제시된다. 일부 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 프로세스 및 시스템은 균일한 성막물, 예컨대 균일한 두께를 갖는 성막물을 제조하기에 적합하며, 균일한 성막물, 예컨대 균일한 두께를 갖는 성막물을 제조하도록 구성된다.

대표도



(52) CPC특허분류

C08J 5/18 (2013.01)

C08L 101/00 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020120130442 A

KR1020140137198 A*

KR1020100117601 A*

KR1020120036268 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(30) 우선권주장

62/254,405 2015년11월12일 미국(US)

62/354,366 2016년06월24일 미국(US)

명세서

청구범위

청구항 1

그래핀의 막을 생산하기 위한 고 처리량 프로세스(high throughput process)로서, 상기 프로세스는 유체 원료로부터 에어로졸 또는 플럼(plume)을 생산하는 것을 포함하고,

상기 유체 원료는 유체 및 그래핀 성분을 포함하며, 상기 그래핀 성분은 그래핀, 그래핀 산화물 또는 환원된 그래핀 산화물을 포함하고,

상기 에어로졸 또는 플럼은,

(i) 제1 도관이, 내측 표면 및 외측 표면을 갖는 벽에 의해 제1 도관의 길이를 따라 에워싸여 있고, 제1 도관은 제1 유출구를 가지는 상태에서, 전자분무 노즐의 상기 제1 도관의 제1 유입구에 상기 유체 원료를 제공함으로써; 그리고

(ii) 전압을 상기 전자분무 노즐에 제공함으로써 생산되고,

상기 에어로졸 또는 플럼은 고속 가스의 존재하에서 생산되며, 상기 고속 가스는 적어도 0.5 m/s의 속도를 가지고,

상기 막은 1 mm 미만의 두께를 갖는 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 고속 가스는 상기 전자분무 노즐의 제1 유출구로부터 분사된 유체 원료의 제트를 적어도 부분적으로 둘러싸는 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 막은 50 nm 내지 1 mm의 두께를 갖는 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 막은 평균 두께의 50% 미만의 두께 변동을 나타내는 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 막은 평균 두께의 10% 미만의 두께 변동을 나타내는 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 유체 원료는 복수 개의 나노입자를 더 포함하는 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 그래핀 성분은 그래핀, 그래핀 산화물, 환원된 그래핀 산화물, 또는 이들의 임의의 조합을 포함하는 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 유체는 물, 알코올, 디메틸포름아미드(DMF), 테트라하이드로푸란(THF), 디메틸아세트아미드(DMAc), 클로로포름, 디클로로메탄, 또는 N-메틸-피롤리돈(NMP)을 포함하는 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 그래핀 성분은 적어도 0.5 중량%의 농도로 유체 원료에 존재하는 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 그래핀 성분은 적어도 1 중량%의 농도로 유체 원료에 존재하는 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 그래핀 성분은 적어도 10 중량%의 농도로 유체 원료에 존재하는 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 제1 도관은 0.05 mm 내지 5 mm의 직경을 갖는 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 노즐에 인가되는 전압은 8 kV 내지 60 kV인 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 유체 원료는 적어도 0.05 mL/min의 속도로 제1 유입구에 제공되는 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 유체 원료는 적어도 0.1 mL/min의 속도로 제1 유입구에 제공되는 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 16

제1항에 있어서, 상기 유체 원료의 점도는 적어도 20 cP인 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 유체 원료의 점도는 적어도 200 cP인 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 유체 원료의 점도는 적어도 500 cP인 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 19

제1항에 있어서, 그래핀의 막이 롤-투-롤(roll-to-roll) 조립체 플랫폼 상에 수집되는 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 20

그래핀의 막을 생산하기 위한 고 처리량 프로세스로서, 상기 프로세스는 유체 원료로부터 에어로졸 또는 플럼(plume)을 생산하는 것을 포함하고,

상기 유체 원료는 유체 및 그래핀 산화물을 포함하고, 상기 그래핀 산화물은 적어도 0.5 중량%의 농도로 유체 원료에 존재하며,

상기 에어로졸 또는 플럼은,

(i) 제1 도관이, 내측 표면 및 외측 표면을 갖는 벽에 의해 제1 도관의 길이를 따라 에워싸여 있고, 제1 도관은 제1 유출구를 가지는 상태에서, 전자분무 노즐의 상기 제1 도관의 제1 유입구에 상기 유체 원료를 제공함으로써; 그리고

(ii) 전압을 상기 전자분무 노즐에 제공함으로써 생산되고,

상기 에어로졸 또는 플럼은 고속 가스의 존재하에서 생산되며, 상기 고속 가스는 적어도 0.5 m/s의 속도를 가지고,

상기 막은 1 mm 미만의 두께를 갖고 평균 두께의 50 % 미만의 두께 변동을 나타내는 것인 고 처리량 프로세스.

청구항 21

막을 제조하기 위한 시스템으로서,

a. 노즐로서,

i. 제1 도관으로서, 내측 표면 및 외측 표면을 갖는 벽에 의해 제1 도관의 길이를 따라 에워싸여 있으며, 제1 유입구 단부 및 제1 유출구 단부를 갖고, 제1 직경을 갖는 제1 도관; 및

ii. 제2 도관으로서, 내측 표면을 갖는 제2 벽에 의해 제2 도관의 길이를 따라 에워싸여 있으며, 제2 유입구 단부 및 제2 유출구 단부를 갖고, 제2 직경을 갖는 제2 도관

을 포함하는 노즐;

b. 제1 도관의 벽에 전압을 인가하도록 구성되는 전력 공급부;

c. 컬렉터(collector)로서, 컬렉터 상에 (비섬유질) 성막물을 받아들이도록 구성되고, 접지되어 있거나, 또는 접지와 노즐 사이에 구성되는 것인 컬렉터;

d. 제2 도관으로 고속 가스를 제공하도록 구성되는 압축 가스 공급부로서, 상기 고속 가스는 적어도 0.5 m/s의 속도를 갖는 것인 압축 가스 공급부

를 포함하는 것인 시스템.

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001]

상호 참조

[0002]

본 출원은 2015년 11월 12일자로 출원된 미국 가특허 출원 제62/254,392호, 2015년 11월 12일자로 출원된 미국 가특허 출원 제62/254,405호, 2016년 6월 24일자로 출원된 미국 가특허 출원 제62/354,366호의 이익을 주장하며, 상기 미국 가특허 출원은 인용함으로써 그 전체 내용이 본 명세서에 포함된다.

[0003]

발명의 분야

[0004]

본 발명의 분야는 박막, 코팅 및 성막물(deposition)에 관한 것이며, 구체적으로는 전자분무 기법에 의해 준비되는 박막, 코팅 및 성막물에 관한 것이다.

배경 기술

[0005]

통상적인 전자분무는 이온화 용례, 원자화(atomization) 용례 및 에어로졸 용례에 대해 대전된 소형 점적(drop)을 생성함에 있어서 효과적이지만, 균일한 및/또는 얇은 코팅 및 박막을 형성함에 있어서, 특히 높은 처리량

의 생산 속도에서 균일한 및/또는 얇은 코팅 및 박막을 형성함에 있어서 비효율적이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 과제는, 박막, 코팅 및 성막물, 구체적으로는 전자분무 기법에 의해 준비되는 박막, 코팅 및 성막물을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본원에서는, 특정한 실시예에 있어서, 성막물(예컨대, 박막 또는 코팅), 예컨대 얇은 층의 성막물(박막 또는 코팅)을 제조하기 위한 시스템 및 프로세스가 제시된다. 일부 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 프로세스 및 시스템은 균일한 성막물, 예컨대 균일한 두께를 갖는 성막물을 제조하기에 적합하며, 균일한 성막물, 예컨대 균일한 두께를 갖는 성막물을 제조하도록 구성된다. 추가적인 실시예 또는 대안적인 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 시스템 및 프로세스는 2성분 시스템(또는 그 이상의 성분의 시스템), 또는 1성분 시스템에 특히 적합하며, 2성분 시스템(또는 그 이상의 성분의 시스템), 또는 1성분 시스템을 제조하도록 구성되고, 여기서 상기 성분의 분포는 고도로 균일하다.

[0008] 특정한 실시예에 있어서, 본원에서는, 재료(예컨대, 박막 또는 코팅)를 제조하기 위한 프로세스로서, 유체 원료로부터 에어로졸 또는 플럼(plume)을 생성하는 단계를 포함하는 프로세스가 제시된다. 일반적으로, 상기 유체 원료는 액체와, 선택적인 함유물, 예컨대 마이크로 구조의 고체 입자 및/또는 나노 구조의 고체 입자, 금속 전구체, 세라믹 전구체, 폴리머 등 또는 이들의 조합을 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 플럼 또는 에어로졸은 적절한 기법, 예컨대 전자분무 기법을 이용하여 생성된다. 일부 실시예에 있어서, 상기 프로세스는, 고속 가스의 존재 하에서 플럼 또는 에어로졸을 생성하는 단계를 더 포함한다. 구체적인 경우에 있어서, 상기 고속 가스는 플럼 미립자 또는 에어로졸 미립자의 미세한 분산을 촉진하며, 이는 다시 기체 표면 상에서의 액체 부분 및/또는 함유물 부분의 제어되고 균일한 성막을 촉진한다. 일부 경우에 있어서, 플럼/에어로졸 및 가스의 유동 방향은 대체적으로 동일한 방향이다(예컨대, 서로 15 도 이내, 10 도 이내, 5 도 이내 등의 평균 방향을 가짐).

[0009] 일부 실시예에 있어서, 본원에서는, 성막물[예컨대, 얇은 층의 성막물(예를 들어, 박막 또는 코팅)], 예컨대 약 50 nm 내지 약 1 mm, 예를 들어 약 1 마이크로미터 내지 약 1 mm의 두께를 갖는 성막물을 제조하기 위한 시스템 또는 프로세스가 제시된다. 일부 실시예에 있어서, 또한 보다 두꺼운(예컨대, 약 1 mm 내지 약 50 mm의) 성막물(예컨대, 막 또는 코팅)이 고려된다. 특정한 실시예에 있어서, 상기 시스템은 가스 스트림 내로 액체 원료를 분사하도록 구성되며, 또는 상기 프로세스는 가스 스트림 내로 액체 원료를 분사하는 단계를 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 액체 원료는 실질적으로 평행한 방향으로(예컨대, 약 10 도, 약 5 도, 약 2 도만큼 평행함) 가스 스트림 내로 분사된다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 프로세스는 정전기적으로 대전된 플럼을 생산하는 단계를 포함한다. 보다 구체적인 실시예에 있어서, 상기 플럼은 복수 개의 나노스케일 입자 및/또는 나노스케일 액적을 포함한다(예컨대, 평균 치수 또는 평균 직경이 10 마이크로미터 미만임). 훨씬 더 구체적인 실시예에 있어서, 상기 입자 또는 액적[예컨대, 나노스케일의 액적(예컨대, 용액, 현탁액, 용액-현탁액, 및/또는 고체 입자를 포함하는 액적)]은 첨가제 및 액체 매체(liquid medium)를 포함한다. 특정한 실시예에서는, 마이크로스케일의 액적이 플럼 내에 존재하며, 예컨대 더 큰 첨가제 함유물이 이용될 때 본원에서의 프로세스에 의해 더 큰 액적이 생산된다. 일부 실시예에 있어서, 본원에서 설명되는 플럼은 마이크로스케일 입자 또는 마이크로스케일 액적, 예컨대 적어도 2 마이크로미터(예를 들어, 약 10 마이크로미터 내지 약 250 마이크로미터, 약 10 마이크로미터 내지 약 100 마이크로미터 등)의 평균 치수 또는 평균 직경을 갖는 나노스케일 입자 또는 나노스케일 액적을 포함한다.

[0010] 일부 실시예에 있어서, 상기 플럼은 전자분무 노즐의 제1 도관의 제1 유입구에 대해 액체 원료를 제공하는 단계에 의해 생성된다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 제1 도관은, 내측 표면 및 외측 표면을 갖는 벽에 의해 도관의 길이를 따라 에워싸여 있으며, 상기 제1 도관은 제1 유출구를 구비하고 있다. 일부 실시예에 있어서, 상기 액체 원료는 액체 매체 및 첨가제를 포함한다. 특정한 실시예에 있어서, 상기 프로세스는 노즐(예컨대, 제1 도관의 벽)에 대해 전압(예컨대, 직류 전압)을 제공하는 단계를 포함한다. 일부 경우에 있어서, 상기 전압은(예컨대, 제1 유출구에서) 전기장을 제공한다(예컨대, 이러한 전기장은 적어도 부분적으로 전자분무 프로세스를 구동함). 또 다른 실시예 또는 추가적인 실시예에 있어서, 상기 프로세스는 압축 가스(예컨대 펌프, 압축 저장소 등과 같은 가스 공급부로부터 제공됨)(예컨대, 시스템은 압축 가스를 공급하도록 구성됨)를 노즐의 제2 도관의

제2 유입구에 제공하는 단계를 더 포함하며, 예컨대, 이에 따라 제2 도관의 제2 유출구에서 고속 가스(예컨대, 대략 0.1 m/s 이상, 약 0.5 m/s 이상, 약 1 m/s 이상, 약 5 m/s 이상, 약 50 m/s 이상 등의 속도를 갖는 고속 가스를) 제공하는 단계를 포함한다. 일부 실시예에 있어서, 상기 제2 도관은, 내측 표면을 갖는 제2 벽에 의해 도관의 길이를 따라 에워싸여 있으며, 상기 제2 도관은 제2 유입구 및 제2 유출구를 구비하고 있다. 일반적으로, 제2 도관은 제2 직경을 가지며, 제1 도관은 제2 도관 내부에 위치 설정된다. 구체적인 실시예에 있어서, 제1 벽의 외측 표면 및 제2 벽의 내측 표면은 도관 간격만큼 떨어져 있다(예컨대, 제1 직경에 대한 도관 중첩 길이의 비율은 약 1 내지 10임). 구체적인 실시예에 있어서, 액적(예컨대, 부분적으로 또는 전체적으로 플럼 내에서 건조됨)은 기재 상에서 수집된다[예컨대, 기재 상의 건조한 성막물로서 또는 약습 성막물(semi-wet deposition)로서 수집됨]. 일부 실시예에 있어서, 상기 기재는 접지된 컬렉터(grounded collector)이다. 다른 실시예에 있어서, 상기 기재는 접지된 컬렉터와 노즐 사이에 구성된다.

[0011] 일부 경우에 있어서, 노즐(예컨대, 전자분무 노즐)로부터 액체 원료(예컨대, 대전된 액체 원료)를 배출하면 유체 제트가 생성되며, 이 유체 제트는 파괴되어, 복수 개의 액적(또는 플럼 미립자)을 포함하는 플럼을 형성한다. 특정한 경우에 있어서, 이러한 액적은, 이 액적이 컬렉터를 향해 이동할 때 다양한 건조 상태에 있으며(예컨대, 보다 건조한 액적은 고체 함유물 재료에 대해 더 적은 유체 매체를 포함함), 이때 컬렉터 부근의 액적은 노즐 부근의 액적보다 더 건조하다(즉, 더 적은 유체 매체를 포함함, 또는 심지어 완전하게 건조한 상태임). 일부 경우에 있어서, 상기 플럼은 (예컨대, 특히 컬렉터 기재에 가장 근접하여) 액적을 포함하며, 여기서 모든 유체 매체가 기화되어 있다. 바람직한 실시예에 있어서, 플럼 액적(특히 컬렉터 기재 표면에 근접한 플럼 액적)은 파괴되며, 각각의 액적 내에 포함되는 함유물의 수 및/또는 양을 감소시키거나 또는 최소화할 정도로 충분히 작다. 특정한 경우에 있어서, 각각의 액적에서의 함유물의 수 및/또는 양을 감소시키는 것 및/또는 최소화시키는 것은, 특히 컬렉터에 대해 근접하여, 플럼 전체에 걸친 함유물의 양호한 분포를 가능하게 한다. 일부 경우에 있어서, 플럼 내에서의 함유물의 양호한 분포는, 컬렉터 기재 상에 수집될 때 함유물들의 양호한 분포를 가능하게 한다. 구체적으로, 박막 및 코팅은 박막 또는 코팅의 균일성의 결여로 인해(예컨대, 분산물에서의 변동, 및/또는 함유물/첨가제의 농도의 변동, 박막/코팅 두께의 변동 등으로 인해) 불량한 성능 특징으로 어려움을 겪는다.

[0012] 일부 경우에 있어서, 통상의 분무 기법은, 플럼의 액적을 적절하게 파괴하고 부수기에 불충분하며, 특히 다수의 함유물 타입을 포함하는 시스템에서 분산물에 양호한 균일도를 부여할 수 있도록 컬렉터 기재 상에서 그리고 플럼 내에서 함유물 재료의 양호한 분포를 제공하기에 불충분하다. 대신, 통상의 분무 기법은 불량한 분산 균일도 및 제어와 함께 공동 병합(coagglomeration)을 비롯하여 입자 병합을 발생시키는 것이 관찰되었으며, 분산 균일도 및 제어가 결여되면 결과적인 재료는 불량한 또는 불충분한 성능 특징을 나타낸다.

[0013] 특정한 경우에 있어서, 본원에서의 프로세스는 고속 가스(예컨대, 0.1 m/s 이상, 0.5 m/s 이상, 1 m/s 이상, 5 m/s 이상, 10 m/s 이상, 20 m/s 이상, 25 m/s 이상, 50 m/s 이상의 속도를 가짐)를 이용하여 플럼 또는 에어로졸(예컨대, 유체 원료의 전자 분무)을 발생시키는 단계를 포함한다. 일부 경우에 있어서, 정전기적으로 대전된 유체 원료가 고속 가스의 스트림 내로 분사된다. 특정한 경우에 있어서, 상기 고속 가스는 유체 원료의 전자분무 동안 형성되는 액적의 추가적인 파괴(예컨대, 부서짐)를 촉진한다. 일부 실시예에 있어서, 상기 플럼의 액적은 (예컨대, 평균적으로) 100가지 미만의 함유물[예컨대, 액적 내의 함유물(들)의 총합], 50가지 미만의 함유물, 20가지 미만의 함유물, 10가지 미만의 함유물 등을 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 컬렉터는 노즐로부터 멀리 거리(d)를 두고 있으며, 컬렉터로부터 d/2, d/3, 또는 d/4 내에서의 플럼의 액적은 (예컨대, 평균적으로) 약 100가지 이하의 함유물, 약 50가지 이하의 함유물, 약 20가지 이하의 함유물, 약 10가지 이하의 함유물, 약 5가지 이하의 함유물, 약 3가지 이하의 함유물 등을 포함한다. 일부 경우에 있어서, 액적의 양호한 분산 그리고 액적마다의 함유물의 낮은 농도는, 본원에서 설명하는 바와 같이 양호하게 분산된 시스템 및 양호하게 제어되는 시스템(예컨대, 다성분 시스템)의 형성을 촉진한다.

[0014] 구체적인 실시예에 있어서, 유체 원료를 전자분무하는 것, 또는 유체 원료의 정전기적으로 대전된 플럼을 생성하는 것은, (i) 유체 원료를 전자분무 노즐의 제1 도관의 제1 유입구에 제공하는 단계로서, 상기 제1 도관은, 내측 표면 및 외측 표면을 갖는 벽에 의해 도관의 길이를 따라 에워싸여 있고, 제1 도관은 제1 유출구를 갖는 것인 단계, 및 (ii) 전자분무 노즐에 전압을 제공하는 단계(이에 따라 전기장을 제공함)를 포함한다. 일부 실시예에 있어서, 상기 유체 원료는 유체 매체(예컨대, 물을 포함하는 것과 같은 수성 매체) 및 복수의(즉, 하나 이상의) 함유물 입자를 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 함유물 입자는, 100 마이크로(μm) 미만의[예컨대, 약 1 nm 내지 약 50 마이크로, 예컨대 50 마이크로 미만, 20 마이크로 미만, 10 마이크로 미만, 0.2 마이크로 내지 10 마이크로, 또는 0.2 마이크로(200 nm) 미만의] 적어도 하나의 평균 치수(예컨대, 전체 평균 치수 또는 최소 평균 치

수)(예를 들어, 최소 치수)를 갖는다.

[0015] 특정한 실시예에 있어서, 본원에서 설명하는 프로세스 및 시스템은 고도로 로딩된(heavily loaded) 유체 원료의 높은 처리량에 대해 적합하다. 구체적으로, 일부 경우에 있어서, 예컨대 전자분무 프로세스가 가스 스트림을 이용하여 이루어지는 일부 경우에 있어서, 입자 및/또는 함유물의 더 높은 로딩(loading)이 가능하다. 추가적으로, 일부 실시예에 있어서, 함유물 성분의 높은 농도는 표면(컬렉터 또는 기재의 표면)의 양호한 커버리지(coverage), 박막의 양호한 균일도(예컨대, 두께, 분산 등의 양호한 균일도) 및/또는 기타 등등을 가능하게 하기에 바람직하다. 특정한 실시예에 있어서, 본원에서 제시되는 상기 유체 원료는 적어도 0.1 중량%, 적어도 0.5 중량%, 또는 적어도 1 중량%의 함유물 성분, 예컨대 적어도 2 중량%의 함유물 성분, 적어도 2.5 중량%의 함유물 성분, 적어도 3 중량%의 함유물 성분, 적어도 5 중량%의 함유물 성분 등(예컨대, 최대 50 중량%, 최대 30 중량%, 최대 20 중량%, 최대 15 중량%, 최대 10 중량% 등)을 포함한다. 특정한 실시예에 있어서, 상기 유체 원료는 약 2 중량% 내지 약 15 중량%(예컨대, 적어도 10 중량% 내지 약 15 중량%)의 함유물 성분을 포함한다.

[0016] 특정한 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 프로세스는, 기재 상에서 조성물(예컨대, 성막물 또는 본원에서 설명되는 바와 같이 유체 원료의 분무로부터 귀결되는 박막)(예컨대, 박막은 본원에서 설명하는 성막 기법에 의해 준비되는 재료의 층임)을 수집하는 단계를 더 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 조성물 또는 성막물은 본원에서의 유체 원료에서 설명하는 바와 같은 복수의 함유물을 포함한다. 특정한 실시예에 있어서, 상기 유체 원료의 유체는 (예컨대, 전자분무 프로세스 동안의 기화에 의해) 부분적으로 또는 완전히 제거된다.

[0017] 임의의 적절한 기재가 선택적으로 이용된다. 일부 경우에 있어서, 상기 기재는 접지된 기재이거나 또는 접지된 표면과 플럼 생성용 노즐 사이에 위치 설정된다. 특정한 실시예에 있어서, 상기 기재는, 플럼 생성용 노즐 유출구에 대해 대향되게 위치 설정되는 표면을 갖는다[예컨대, 노즐 유출구와 기재 표면 사이에 가시선(line of sight)이 존재함]. 구체적인 실시예에 있어서, 대향하는 기재는 노즐에 직접적으로 대향한다(예컨대, 도 3에 제시된 바와 같이 노즐 도관 구성에 대해 수직하게 구성됨). 다른 구체적인 실시예에 있어서, 대향하는 기재는 각도를 형성하거나 또는 노즐에 직접적으로 대향하는 것으로부터 오프셋되어 있다. 일부 실시예에 있어서, 상기 기재는 (예컨대, 코팅, 박막 등의 연속적인 제조를 가능하게 하기 위해서) 컨베이어 시스템의 일부에 고정되거나, 또는 컨베이어 시스템의 일부이다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 기재는 컨베이어 벨트에 부착되거나, 또는 컨베이어 벨트의 일부이다.

[0018] 특정한 실시예에 있어서, 본원에서 설명하는 프로세스는 가스 보조식 프로세스 또는 가스 제어식 프로세스이다. 일부 실시예에 있어서, 본원에서 제시되는 유체 원료는 가스 스트림과 함께 분무된다. 구체적인 실시예에 있어서, 본원에서 설명하는 유체 원료는 전자분무 동안 가스 스트림 내로 분사된다. 일부 실시예에 있어서, 유체 원료로부터 정전기적으로 대전된 플럼을 생성하는 프로세스는, 본원에서 설명하는 노즐의 제2 도관의 제2 유입구에 압축 가스를 제공하는 단계를 더 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 제2 도관은 제2 유입구 및 제2 유출구를 가지며, 제1 도관의 적어도 일부는 제2 도관 내부에 위치 설정된다(즉, 제2 도관의 적어도 일부는 제1 도관에 대해 제1 도관을 둘러싸는 관계로 위치 설정됨). 특정한 실시예에 있어서, 외측 도관의 내측 벽과 내측 도관의 외측 벽 사이의 간격은, 예를 들어 (예컨대, 본원에서 설명하는 플럼 분산 또는 에어로졸 분산을 제공하는 것 등을 위해) 노즐로부터 배출되는 대전된 유체(제트)의 충분한 파괴를 촉진하기 위해 노즐에서의 고속 가스를 가능하게 할 정도로 충분히 작다. 일부 실시예에 있어서, 전술한 도관 간격은 약 0.01 mm 내지 약 30 mm, 예컨대 약 0.05 mm 내지 약 20 mm, 약 0.1 mm 내지 약 10 mm 등이다. 특정한 실시예에 있어서, 상기 가스 스트림(예컨대, 제2 도관에서의 가스 스트림)은 빠른 속도, 예컨대 적어도 0.5 m/s, 예를 들어 적어도 1 m/s, 적어도 5 m/s, 적어도 10 m/s, 적어도 20 m/s 등의 빠른 속도를 갖는다.

[0019] 일부 경우에 있어서, 본원에서 제시되는 프로세스는 본원에서 설명하는 박막을 압축하는 단계를 포함한다. 특정한 실시예에 있어서, 상기 박막은 세제곱센티미터 당 약 0.05 g(즉, 0.05 g/cc) 이상, 예컨대 약 0.1 g/cc 이상, 약 0.2 g/cc 등의 밀도를 갖는 압축 조성물을 제공하기 위해 압축된다. 다양한 실시예에 있어서, 본원에서 제시되는 박막(예컨대, 수집된 조성물 및/또는 압축된 조성물)은 (예컨대, 상기 기재 상에서) 임의의 적절한 두께, 예컨대 약 1 mm 이하, 또는 약 500 미크론 이하의 평균 두께를 갖는다. 일부 실시예에 있어서, 본원에서는 매우 얇은 박막이 제시되며, 예를 들어 약 250 미크론 이하, 약 200 미크론 이하, 약 150 미크론 이하, 약 100 미크론 이하, 약 50 미크론 이하, 약 25 미크론 이하, 또는 약 20 미크론 이하(예컨대 최소 약 1 미크론, 최소 약 5 미크론, 최소 약 10 미크론 등)의 평균 두께를 갖는 박막이 제시된다.

[0020] 특정한 실시예에 있어서, 상기 함유물 입자는 1 대 약 100의 평균 중형비, 예컨대 1 대 약 10의 평균 중형비를 갖는다. 추가적인 실시예 또는 대안적인 실시예에 있어서, 함유물 입자는 약 100 미크론 이하, 약 50 미크론 이

하, 약 20 미크론 이하, 약 10 미크론 이하, 예를 들어 약 200 nm 내지 약 10 미크론, 또는 약 1 미크론 내지 약 5 미크론의 평균 치수(또는 최소 평균 치수)를 갖는다.

[0021] 본원에서 제시되는 프로세스 및 시스템은 고도로 다목적형이며, 다수의 다양한 유형의 성막물 및/또는 코팅[예컨대, 균질한 박막 코팅(coherent film coating)]을 제조하기 위해 선택적으로 이용된다. 구체적인 실시예에 있어서, 본원에서 제시되는 프로세스 및/또는 시스템은, 폴리머(예컨대 균질한 박막 등), 세라믹 등과 같은 매트릭스 재료(matrix material)를 포함하는 성막물(예컨대, 얇은 층의 성막물)을 제조하기 위해 이용된다. 보다 구체적인 실시예에 있어서, 함유물(예컨대, 나노 함유물)이 매트릭스(예컨대, 폴리머 박막) 내부에서 분산되어 있다. 훨씬 더 구체적인 실시예에 있어서, 매트릭스 재료에서의 함유물(예컨대, 나노 함유물)의 분산은 고도로 균일하다. 더욱 더 구체적인 실시예에 있어서, 분산의 균일도는, 함유물(예컨대, 나노 함유물)들 사이에서 최대 가능한 거리가 약 20 nm 이상 또는 약 50 nm 이상, 또는 약 100 nm 이상, 또는 약 100 nm 내지 약 1000 nm의 범위에 속하도록 되어 있다.

[0022] 추가적인 실시예 또는 대안적인 실시예에 있어서, 본원에서 제시되는 성막물은 균일한 두께를 갖는다[예를 들어, 본원에서 제시되는 시스템 및/또는 프로세스는 목표 표면 영역에 걸쳐 액적의 균일한 분포를 제공하며 및/또는 소형 액적을 표면에 전달하여, 대형 액적/입자 성막물에 의해 유발되는 "하이 스팟(high spot)"을 최소화함]. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 성막물(예컨대, 얇은 층의 성막물)은 (예컨대, 선택된 영역에서 코팅의 에지 부근에 존재하지 않는 영역과 같이 전체 표면이 코팅되어 있지 않을 때, 예를 들어 코팅의 에지로부터 길이, 폭 또는 직경의 10% 초과, 또는 20% 초과만큼 떨어져 있는 영역에서) 평균 성막물 두께의 약 100% 이하, 예컨대 평균 성막물 두께의 약 50% 이하, 평균 성막물 두께의 약 20% 이하, 평균 성막물 두께의 약 10% 이하, 평균 성막물 두께의 약 5% 이하 등의 두께 변동을 나타낸다. 일부 실시예에 있어서, 박막 두께의 표준 편차는, 평균 두께의 200% 미만, 평균 두께의 100% 미만, 평균 두께의 50% 미만, 평균 두께의 20% 미만 등이다.

[0023] 일부 실시예에 있어서, 본원에서 설명하는 고체 미립자 첨가제[예컨대, 입자, 나노입자, 탄소 함유물(예컨대, 그래핀 산화물) 및/또는 기타 등등]의 적어도 20 중량%를 포함하는 얇은 막이 본원에서 제시된다. 구체적인 실시예에 있어서, 이러한 얇은 막은 본원에서 설명하는 바와 같은 균일한 두께를 갖는다. 일부 실시예에 있어서, 이러한 얇은 막은 적어도 40 중량%(예컨대, 적어도 50%, 적어도 60%, 적어도 70%, 적어도 80%, 적어도 90%, 적어도 95%, 적어도 98% 등)의 고체 미립자를 포함한다. 다양한 실시예에 있어서, 이러한 얇은 막은 본원에서 설명하는 바와 같이 예컨대 약 500 미크론 이하, 약 200 미크론 이하, 약 100 미크론 이하, 약 50 미크론 이하 등의 평균 두께를 갖는다.

[0024] 본원에서 언급되는 바와 같이, 특정한 실시예에 있어서, 본원에 제시된 유체 원료는 액체 매체 및 첨가제를 포함한다. 상기 첨가제는 선택적으로 임의의 적절한 농도로, 예컨대 최대 약 80 중량%, 예를 들어 최대 약 70 중량%의 농도로(예컨대, 약 1 중량% 이상, 약 5 중량% 이상, 약 10 중량% 이상, 약 20 중량% 이상 등의 농도로) 유체 원료에 존재한다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 첨가제는 약 5 중량% 내지 약 50 중량%의 농도로 유체 원료에 존재한다. 특정한 경우에 있어서, 종래의 기법을 이용하여 가능하지 않았던 고도로 점성인 원료 및 높은 농도의 원료를 처리하는 본원의 프로세스의 능력으로 인해 첨가제의 전체적인 농도는 매우 높을 수 있다.

[0025] 구체적인 실시예에 있어서, 상기 첨가제는 (예컨대, 본원에서 설명하는 프로세스 및/또는 시스템을 이용하여 제조할 때 나노섬유가 형성되지 않도록 하기에 충분히 낮은 농도로) 폴리머를 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 유체 원료에서의 폴리머의 농도는 약 5 중량% 이하이다(예컨대, 약 0.5 중량% 내지 약 5 중량%임). 임의의 적절한 폴리머가 선택적으로 이용되면, 구체적인 폴리머는, 비한정적인 예로서, 폴리카보네이트(PC), 폴리(메틸 메타크릴레이트)(PMMA), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리스티렌(PS), 아크릴로니트릴 부타디엔 스티렌(ABS), 폴리아크릴로니트릴(PAN), 폴리비닐 아세테이트(PVAc), 폴리비닐알코올(PVA), 폴리비닐리덴 불화물(PVDA), 및/또는 이들의 조합을 포함한다.

[0026] 추가적인 실시예 또는 대안적인 실시예에 있어서, 상기 유체 원료(및/또는 이러한 유체 원료를 전자분무함으로써 형성되는 바와 같은, 본원에서 제시되는 성막물)는, 나노구조[예컨대, 나노입자, 나노로드(nanorod), 나노섬유, 및 다른 나노구조의 구성요소, 예컨대 그래핀 나노리본, 탄소 나노튜브 등]와 같은 복수의 고상 함유물이거나 이러한 복수의 고상 함유물을 포함하는 첨가제를 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 함유물(예컨대, 고상 나노구조)은 복수 개의 금속 입자(예컨대, 나노입자), 세라믹 입자(예컨대, 나노입자), 금속 산화물 입자(예컨대, 나노입자), 탄소 함유물(예컨대, 나노구조) 또는 이들의 임의의 조합을 포함한다. 보다 구체적인 실시예에 있어서, 상기 함유물(예컨대, 나노구조)은, 금속 산화물 또는 세라믹, 예컨대 실리콘 산화물, 알루미늄 산화물, 또는 티타늄 산화물을 포함하는 입자(예컨대, 나노입자)를 포함한다. 다른 실시예 또는 추가적인 실시예

에 있어서, 상기 고상 함유물은 탄소 함유물(예컨대, 나노구조의 탄소 함유물 또는 탄소 나노구조)을 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 탄소 함유물은, 비한정적인 예로서, 탄소 나노튜브, 그래핀 나노리본, 탄소 나노섬유, 메조포러스 탄소 나노구조(mesoporous carbon nanostructures), 그래핀 산화물(예컨대, 시트 또는 나노리본) 및/또는 이들의 임의의 조합을 포함한다.

[0027] 추가적인 실시예 또는 대안적인 실시예에 있어서, 상기 유체 원료는 (예컨대 액체 매체 및/또는 첨가제로서) 폴리실라잔(polysilazane), 실세스퀴옥산(silsesquioxane)[예컨대, POSS(polyhedral oligomeric silsesquioxane), 또는 PSSQ(polysilsesquioxane)], 및/또는 이들의 조합을 포함한다.

[0028] 일부 실시예에 있어서, 상기 유체 원료는 액체 매체, 예컨대 첨가제를 용해시키고 및/또는 첨가제를 부유(suspend)시키는 역할을 하는 액체 매체를 포함한다. 임의의 적절한 액체 매체가 선택적으로 사용되지만, 구체적인 실시예에 있어서, 상기 액체 매체는 비한정적인 예로서 물, 알코올, 디메틸포름아미드(DMF), 테트라하이드로푸란(THF), 디메틸아세트아미드(DMAc), 디클로로메탄(DCM), 클로로포름 또는 N-메틸-피롤리돈(NMP)이거나, 이상 나열한 바를 포함한다. 본원에서 언급되는 바와 같이, 일부 실시예에 있어서, 상기 액체 매체는 본원에서 설명한 첨가제를 용해시키기 위해 또는 첨가제를 부유시키기 위해 사용된다. 일부 경우에 있어서, 예컨대 유체 원료(예컨대, 용질 및/또는 용질 내에 부유된 약제)의 균일도를 향상시키기 위해, 상기 유체 원료는 제1 유입구에 제공되기에 앞서 (예컨대, 휘젓기, 초음파 처리, 및/또는 임의의 다른 적절한 메커니즘에 의해) 교반된다.

[0029] 특정한 실시예에 있어서, 임의의 적절한 노즐 시스템 구성을 허용하는 것이 가능하다. 구체적인 실시예에 있어서, 제1 직경은 약 0.1 mm 내지 약 10 mm(예컨대, 약 0.15 mm 내지 약 8 mm, 또는 약 0.15 mm 내지 약 5 mm)이다. 추가적인 실시예 또는 대안적인 실시예에 있어서, 제2 직경은, 제1 직경보다 큰 임의의 적절한 직경이다. 구체적인 실시예에 있어서, 제2 직경은 약 0.2 mm 내지 약 15 mm(예컨대, 약 2 mm 내지 약 8 mm)이다. 특정한 실시예에 있어서, 전술한 도관 간격(내측 도관 벽의 외측 표면과 외측 도관 벽의 내측 표면 사이의 평균 거리)은 임의의 적절한 거리이며, 예컨대 노즐 선단부에 대한 적절한 공기 유동량 및/또는 공기 유동 속도를 허용하도록, 그리고 또한 붕괴를 초래하도록, 및/또는 분무 프로세스 및/또는 분무 시스템에 의해 생성되는 액적 크기의 감소를 촉진하도록 구성되는 거리이다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 도관 간격은 약 0.1 mm 이상(예컨대, 약 0.5 mm 이상)이다. 특정한 실시예에 있어서, 본원에서 제시되는 상기 분무 프로세스 및/또는 분무 시스템은 노즐에 전압을 인가하는 단계를 포함하며, 및/또는 노즐에 전압을 인가하도록 구성되고, 상기 전압은 약 8 kV 내지 약 30 kV(예컨대, 약 10 kV 내지 약 25 kV)이다. 특정한 실시예에 있어서, 동력 공급부는 노즐에 전압을 제공하도록 구성된다. 일부 경우에 있어서, 다수의 노즐을 포함하는 노즐 시스템에 전압이 인가될 때에는 선택적으로 더 높은 전압이 이용된다. 일부 실시예에서는, 적절하다면, 본원에 제시되는 시스템 및/또는 프로세스에 대해 선택적으로 전압이 인가되지 않는다.

[0030] 특정한 실시예에 있어서, 본원에서 제시되는 프로세스 및/또는 시스템은 (예컨대, 다른 분무 시스템에 비해) 큰 유량을 허용한다. 구체적인 실시예에 있어서, 유체 원료의 유량(예컨대, 노즐의 제1 유입구에 제공되는 유체 원료의 유량)은 분당 약 0.05 mL 이상(예컨대, 분당 약 0.05 mL 내지 약 5 mL, 분당 약 0.1 mL 이상, 분당 약 0.5 mL 이상, 분당 약 1 mL 이상 등)이다. 특정한 실시예에 있어서, 본원에서 제시되는 프로세스 및/또는 시스템은 (예컨대, 다른 분무 시스템에 비해) 고도로 점성인 유체의 처리를 허용한다. 예를 들면, 일부 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 유체 원료의 점도는 약 1 cP 이상, 약 5 cP 이상, 약 10 cP 이상, 약 20 cP 이상 및/또는 최대 10 Poise 이상이다.

[0031] 특정한 실시예에 있어서, 본원에서는, 성막물(예컨대, 얇은 층의 성막물)을 생성하기 위한 프로세스, 가스와 함께 유체 원료를 동축으로 전자분무하여 제트 및 플럼을 형성하는 단계로서, 상기 가스는 적어도 부분적으로 상기 제트를 둘러싸며, 상기 플럼은 복수 개의 액적(예컨대, 나노 액적), 유체 원료, 제트 및 유체와 첨가제를 포함하고, 상기 첨가제는 폴리머, 함유물(예컨대, 본원에서는 또한 나노구조라고 부르는 나노함유물) 또는 이들의 조합을 포함하는 것인 단계를 포함하는 프로세스가 제시된다.

[0032] 구체적인 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 프로세스 또는 시스템은 (예컨대, 유리 또는 폴리카보네이트와 같은 기재 상에) 초소수성 표면(superhydrophobic surface)을 제조하기에 적합하다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 유체 원료는 액체 매체 및 첨가제를 포함하며, 상기 첨가제는 투명한 폴리머(예컨대, 폴리카보네이트) 및/또는 세라믹 입자[예컨대, 실리카와 같은 실리칸산화물, 나노입자(예컨대, 약 1 미크론 이하, 100 nm 이하, 약 50 nm 이하, 약 20 nm 이하, 또는 약 5 nm 내지 약 10 nm의 직경을 가짐)]를 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 초소수성 표면은 약 130 도 이상 또는 약 135 도 이상의 물 접촉 각도(water contact angle)를 갖는다. 보다 구체적인 실시예에 있어서, 상기 유체 원료는 투명한 폴리머 및 세라믹 입자(예컨대, 실리카와 같

은 실리콘 산화물, 나노입자)를 포함한다. 추가적인 실시예 또는 대안적인 실시예에 있어서, 상기 유체 원료(또는 유체 원료의 첨가제)는 폴리실라잔(또는 폴리실라잔의 졸, 졸 겔, 또는 폴리실라잔의 세라믹) 및/또는 실세스퀴옥산[예컨대, POSS(polyhedral oligomeric silsesquioxane) 또는 PSSQ(polysilsesquioxane)]을 더 포함한다. 추가적인 다른 실시예 또는 대안적인 실시예에 있어서, 상기 유체 원료(또는 유체 원료의 첨가제)는 플루오로알킬 실란 또는 퍼플루오로폴리에테르 알콕시 실란을 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 유체 원료는 폴리카보네이트, 세라믹 입자(예컨대, 실리카 나노입자), 유기 폴리실라잔, 및 플루오로알킬 실란을 포함한다(또는 본원에 제시된 프로세스는 유체 원료에 전술한 물질을 조합하는 것을 포함함). 구체적인 실시예에 있어서, 폴리카보네이트 대 세라믹 입자(예컨대, 실리카 나노입자) 대 유기 폴리실라잔 대 플루오로알킬 실란의 비율은, 약 1 내지 약 50 중량부의 폴리카보네이트 대 약 5 내지 약 95 중량부의 세라믹 입자(예컨대, 실리카와 같은 실리콘, 나노입자) 대 약 1 내지 약 99 중량부의 유기 폴리실라잔 대 약 005 내지 약 5 중량부의 플루오로알킬 실란이다.

[0033] 본원에서 제시되는 바와 같이, 하나 이상의 유리 표면 또는 폴리카보네이트 표면을 갖는 것과 같은 제조 물품에서, 적어도 하나의 표면은 표면 코트(surface coat)로 코팅되며, 코팅된 표면은 적어도 130 도의 물 접촉 각도를 갖고, 상기 표면 코트는 폴리카보네이트 및 세라믹 입자(예컨대, 실리카 나노입자)를 포함한다[그리고 선택적으로 본원에서 설명되는 바와 같이 폴리실라잔 또는 실세스퀴옥산 또는 그 경화로부터 유래하는 세라믹 및/또는 플루오로 화합물{예컨대 세라믹 입자(예를 들어, 실리카 나노입자)와 연관됨}을 포함함].

[0034] 추가적으로, 본원에서는, 예컨대 충족되지 않은 요구를 충족시키는 맞춤형 나노구조(tailored nanostructure)를 갖는 신규 재료(예컨대, 성막물)의 구성을 위한 스케일링 가능한 제조 프로세스가 제시된다. 일부 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 프로세스 및 시스템(예컨대, 가스 제어식 전자분무 프로세스 및 가스 제어식 전자분무 시스템)은 고속의 원주방향으로 균일한 공기 유동을 채용하며, 상기 공기 유동은 전자분무 액적(및/또는 입자)의 향상된 변형을 제공할 수 있고, 빠른 생산 속도(다른 전자분무 기법보다 수십 배 내지 수백 배 빠름)를 제공하며, 액적 내에서의 함유물(예컨대, 나노함유물)의 분산에 대해 보다 양호한 제어를 제공하고, 및/또는 보다 균일하고 얇은 성막물(예컨대, 박막 및 코팅)과 함께 컬렉터를 향해 액적을 지향시키기 위한 보다 양호한 제어를 제공한다.

[0035] 추가적으로, 본원에서는, 본원의 프로세스에 의해 준비되고, 준비 가능하며, 또는 달리 설명되는 다양한 조성물이 제시된다. 일부 경우에 있어서, 본원에서는, 본원에서 설명한 바와 동일하거나 유사한 것들 중 임의의 하나 이상을 포함하는 박막, 플림, 또는 에어로졸, 유체 원료, 시스템이 제시된다.

[0036] 본원에 개시되는 시스템 및/또는 프로세스의 이러한 목적, 특성 및 특징 그리고 다른 목적, 특성 및 특징뿐만 아니라 구조의 관련 요소의 작동 프로세스 및 기능과 부품 및 제조상 경제성의 조합은, 모든 첨부 도면이 본 명세서의 일부를 형성하는 것인 첨부 도면을 참조하여 이하의 설명 및 첨부된 청구범위를 고려하면 더욱 명확해질 것이며, 첨부 도면에서 동일한 도면부호는 다양한 도면에 걸쳐 대응하는 부분을 지시한다. 그러나, 이러한 도면은 단지 설명 및 예시의 목적을 위한 것이며, 본 발명의 한계를 정의하려는 의도가 아니라는 것을 명확하게 이해해야 한다. 본 명세서 및 청구범위에서 사용될 때, 단수 형태의 표현 및 표현 "상기"는, 문맥상 달리 명확하게 언급되지 않는 한 복수의 지시 대상을 포함한다. 추가적으로, 달리 언급되어 있지 않으면, 본원에서의 개별적인 구성요소에 대해 설명된 값 및 특징은, 또한 복수 개의 상기 구성요소의 평균으로서 이러한 값 및 특징을 개시하는 것을 포함한다. 마찬가지로, 본원에서의 평균값 및 평균적인 특징의 개시는 또한 본원에서의 단일 구성요소에 적용될 때 개별적인 값 및 특징을 개시하는 것을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0037] 도 1은 비-가스보조식 전자분무 기법(좌측 패널) 및 본원에서 제시되는 예시적인 가스 제어식 전자분무 기법(우측 패널)을 이용하는, 유체 원료의 전자분무의 고속 이미지를 예시한 것이다.

도 2는 예시적이고 통상적인 전자분무 기법(좌측 패널) 및 본원에서 제시되는 예시적인 가스 제어식 전자분무 프로세스(우측 패널)에 의해 제조되는 성막물을 예시한 것이다.

도 3은, 기재에 대향하여 위치 설정되는 전자분무 노즐의 बैं크(bank)를 포함하는 예시적인 시스템으로서, 본원에 제시된 시스템을 예시한 것이다.

도 4는, 코팅이 없는 유리 기재, 및 본원에 제시된 예시적인 투명 코팅을 갖춘 유리 기재를 예시한 것이다.

도 5는 복수 개의 고리모양 구조 및 체인 구조를 갖는, 예시적인 실라잔 구조를 예시한 것이다.

도 6은 예시적인 실세스퀴옥산 케이지 구조(silesquioxane cage structure)를 예시한 것이다.

도 7은 예시적인 개방된 실세스퀴옥산 케이지 구조를 예시한 것이다.

도 8은 본원에서 제시되는 예시적인 전자분무 노즐 장치를 예시한 것이다.

도 9는, 본원에서 설명하는 시스템을 이용하여 그리고 본원에서 설명하는 프로세스에 따라 준비된, 예시적인 초소수성 표면을 예시한 것이다.

도 10은 본원에서 제시되는 폴리실라잔의 예시적인 모노머 유닛을 예시한 것이다.

도 11은, 본원에서 제시되는 가스 제어식 전자분무 시스템의 예시적인 개략도 및 비-가스제어식 전자분무 시스템의 예시적인 개략도를 도시한 것이다.

도 12는, 그래핀 산화물 원료의 30초 동안의 가스 제어식 전자분무 이후에 형성된 성막물(패널 A) 그리고 공기 없이 그래핀 원료를 30초 동안 전자분무한 이후에 형성된 성막물(패널 B)의 SEM 영상을 예시한 것이다.

도 13은, 그래핀 산화물 원료의 1분 동안의 가스 제어식 전자분무 이후에 형성된 성막물(패널 A) 그리고 공기 없이 그래핀 원료를 1분 동안 전자분무한 이후에 형성된 성막물(패널 B)의 SEM 영상을 예시한 것이다.

도 14는, 단지 1분 이후에 공기 없이 형성된 GO 성막물의 SEM 영상을 예시한 것으로서, 불균일한 구조 및 이에 따라 생성되는 큰 결함을 포함하고 있다.

도 15는 예시적인 그래핀 산화물(GO; Graphene Oxide) 구조를 예시한 것이다.

도 16은 예시적인 환원된 그래핀 산화물(rGO; Reduced Graphene Oxide) 구조를 예시한 것이다.

도 17은, 본원에서 설명하는 예시적인 가스 제어식 프로세스를 이용하여 준비되는, 예시적인 GO 박막의 (다양한 층 레벨에서의) SEM 영상을 예시한 것이다(상부 패널에 대한 20 미크론의 스케일 바아 및 하부 채널에 대한 10 미크론의 스케일 바아 참고).

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 본원에서는 특정한 실시예에 있어서 성막물 등을 제조하기 위한 시스템 및 프로세스가 제시된다. 일부 경우에 있어서, 본원에 제시되는 성막물은 얇은 층의 성막물이며, 이는 임의의 수의 용례에 대해 적합하다. 다양한 실시예에 있어서, 상기 성막물은, 매트릭스 재료(예컨대, 폴리머 또는 세라믹)를 포함하는 코팅(예컨대, 박막)으로서, 선택적으로 함유물(예컨대, 나노구조의 함유물)을 더 포함하는 코팅이다. 일부 실시예에 있어서, 상기 함유물은 매트릭스 상에 및/또는 매트릭스 내에 분산된다. 다른 실시예에 있어서, 본원에 제시된 성막물은 나노구조와 같은 복수의 구조를 포함하는 코팅이다(예컨대, 나노구조는 코팅을 형성하며 기재 상에 분산됨). 또한, 본원에서는, 일부 실시예에 있어서, 성막물(예컨대, 박막) 또는 코팅, 예컨대 본원에서 설명하는 프로세스에 따라 제조되거나 제조될 수 있는 얇은 층의 코팅을 포함하는 제조 물품이 제시된다. 특정한 실시예에 있어서, 본원에서는 기재의 표면 상에 본원에 설명한 코팅 또는 성막물을 포함하는 기재가 제시된다.

[0039] 일부 실시예에 있어서, 본원에서는 얇은 층의 성막물을 생성하기 위한 프로세스로서, 상기 프로세스는 가스(예컨대, 제어된 가스 유동)를 이용하여 유체 원료를 전자분무하는 단계를 포함하는 것인 프로세스가 제시된다. 특정한 실시예에 있어서, 상기 유체 및 가스는 유사한 방향으로 전자분무 노즐로부터 배출된다. 일부 경우에 있어서, 전자분무 노즐로부터의 유체 원료 및 가스의 배출 방향은, 서로 약 30 도 내에 있거나, 또는 보다 바람직하게는 서로 약 15 도 내에 있다(예컨대, 서로 약 10 도 내에 또는 약 5 내에 있음). 특정한 실시예에 있어서, 상기 유체 원료 및 가스는 동축 구성으로 노즐로부터 배출되도록 구성된다. 일부 경우에 있어서, 본원에서 설명하는 구성 및 프로세스는 전자분무의 구동력의 향상을 가능하게 하며, 이는 전기장 구배의 구동력을 고속 가스와 조합한다. 특정한 경우에 있어서, 본원에서 설명하는 구성 및 프로세스는 전자분무 처리에 있어서 본원에 설명하는 바와 같은 성막물의 제조에서의 개선을 비롯하여 여러 가지 개선을 제공한다. 추가적으로, 일부 경우에 있어서, 이러한 구성은 간단한 전자분무 제조보다 프로세스 처리량이 최대 수십 배 또는 수백 배 더 크게 되도록 허용하며, 고점도 유체 및/또는 고도로 로딩된 유체의 전자분무를 허용한다. 더욱이, 일부 경우에 있어서, 이러한 전자분무 기법 및 전자분무 시스템은 고도로 균일한 성막물 및 코팅의 제조를 가능하게 한다. 대조적으로, 다른 전자분무 또는 통상적인 전자분무는 일반적으로 코팅 용례에서 상업적으로 이용되지 않는데, 왜냐하면 예컨대, 특히 고도로 로딩된 시스템에서의, 점적의 불균일한 성막 및 액적에서의 충전제의 불균일한 분산 때문이다.

[0040]

일부 경우에 있어서, 유체 원료의 전자분무(예컨대, 본원에 제시된 프로세스 및/또는 시스템을 이용한 전자분무)는 제트의 형성을 유발하며, 이 제트는 후속하여 복수 개의 액적(여기서는 총체적으로 예컨대 액적 용액, 액적 현탁액, 및/또는 플럼 혹은 에어로졸 내의 고상 입자를 포괄하는 것을 지칭함)을 포함하는 플럼으로 변형된다. 특정한 경우에 있어서, 본원에 제시된 바와 같은 유체 원료의 전자분무(예컨대, 본원에 제시된 프로세스 및/또는 시스템을 이용한 전자분무)는 복수 개의 액적(여기서는 총체적으로 예컨대 액적 용액, 액적 현탁액, 및/또는 전자분무 플럼 내의 고상 입자를 포괄하는 것을 지칭함)을 포함하는 플럼의 형성을 유발한다. 일부 경우에 있어서, 본원에서 설명하는 프로세스는, (예컨대 특히 표준 전자분무 기법에 비해) 고도로 균일한 크기 분포를 갖는 소형 액적(예컨대, 마이크로 스케일 액적 또는 나노 스케일 액적)의 형성을 유발한다. 도 1은 통상적인 전자분무 기법(101) 및 본원에서 제시되는 예시적인 가스 제어식 전자분무 기법(100)을 이용하는, 유체 원료의 전자분무의 고속 영상을 예시한 것이다. 도 1에 예시된 바와 같이, 노즐(104) 부근에서의 통상적인 전자분무 프로세스의 "플럼"은, 본원에서 설명하는 가스 제어식 전자분무 프로세스의 노즐(105) 부근에서 유발되는 플럼의 액적(103)보다 덜 균일한 크기 분포를 가지며 훨씬 더 큰 액적(102)을 포함한다. 일부 경우에 있어서, 액적의 크기가 더 작고 더 균일하면 도 2에 예시된 바와 같이 성막물의 균일도를 개선시키게 된다. 도 2는 예시적이고 통상적인 전자분무 기법(좌측 패널) 및 본원에서 제시되는 예시적인 가스 제어식 전자분무 프로세스(우측 패널)에 의해 제조되는 성막물을 예시한 것이다. 도 2에 예시된 바와 같이, 통상적인 전자분무 기법에 의해 형성되는 성막물은, 본원에서 설명하는 예시적인 가스 제어식 전자분무 시스템 및 전자분무 프로세스에 의해 형성되는 성막물에 비해, 균일하지 않으며 대형 입자를 포함하는 성막물을 제공한다. 도 11은, 본원에서 제시되는 가스 제어식 전자분무 시스템(1100)의 예시적인 개략도 및 비-가스제어식 전자분무 시스템(1120)의 예시적인 개략도를 도시한 것이다. 일부 경우에 있어서, 비-가스제어식 시스템은, 노즐(1121)로부터의 분무 시에, 대형 액적(1122)의 형성을 유발하며, 이 액적은 대형이고 "플럼" 내에서 양호하게 분산되어 있지 않으며 컬렉터(1124) 상에서의 불균일한 성막물(1123)을 유발한다. 이러한 예시는 분무(101)의 고속 영상(도 1) 및 수집된 바(도 2, 좌측 패널)에 의해 도 1 및 도 2에 추가로 제시되어 있다. 대조적으로, 일부 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 가스 제어식 시스템(및 프로세스)은 노즐(1102)(도 11에 예시된 바와 같이 동축으로 배치되어 있음)로부터의 가스(1101)(하방 화살표에 의해 예시됨)(예컨대, 유체 원료의 분배와 함께 둘레방향으로 구성되는 바와 같은 제어된 유동을 나타냄)와 함께 유체 원료의 전자 분무를 제공한다. 일부 실시예에 있어서, 공기의 유동이 있으면, 노즐에 대해 근접한 액적(1103)은 비-가스제어식 기법에 비해 [예컨대, 일부 경우에 있어서 노즐 단부(1104)에서의 제어된 공기 유동으로 인해] 더 작아지게 되며, 액적(1005)이 노즐로부터 멀리 컬렉터를 향해 이동할 때 이 액적[노즐(1106)로부터 원위에 있고 및/또는 컬렉터(1107)에 대해 근위에 있는 액적]은 훨씬 더 작아지게 된다. 일부 실시예에 있어서, 작은 액적의 분산의 이러한 균일도(예컨대, 크기, 수평방향 분배 등의 균일도)는 두께, 함유물의 분산 등에 있어서 현저하게 개선된 균일도를 갖는 성막물(1108)을 제공한다. 이러한 예시는 분무(101)의 고속 영상(도 1) 및 수집된 바(도 2, 우측 패널)에 의해 도 1 및 도 2에 추가로 제시되어 있다.

[0041]

특정한 경우에 있어서, 플럼/에어로졸에서의 균일도는, 성막물의 형성, 예컨대, 두께, 두께 균일도, 조성상 균일도(예컨대, 복합물에서의 조성상 균일도) 등에 대한 훨씬 향상된 제어를 허용한다. 특정한 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 박막은, 약 10 mm 이하, 예컨대 약 5 mm 이하, 약 2 mm 이하, 또는 약 1 mm 이하의 평균 두께(d_f)를 갖는다. 특정한 실시예에 있어서, 이러한 박막이 코팅, 예컨대 투명한 코팅으로서 이용되는 경우에서와 같이, 박막의 두께는 약 500 미크론(마이크로미터, μm) 이하, 예를 들어 약 250 미크론 이하, 약 200 미크론 이하, 약 100 미크론 이하 등이다(예컨대, 원하는 두께에 따라 최소 약 50 nm, 최소 약 100 nm, 최소 약 250 nm, 최소 약 500 nm, 최소 약 1 미크론, 최소 약 5 미크론, 최소 약 10 미크론, 최소 25 미크론, 최소 50 미크론, 최소 100 미크론 등임). 일부 실시예에 있어서, 박막의 두께는, [예컨대, 배치 시스템(batch system) 또는 연속적인 시스템(예컨대, 컨베이어를 이용함)을 이용하여] 활성 노즐 시스템에 대향하는 컬렉터 표면의 체류 시간을 제한하거나 또는 연장시킴으로써 제어된다. 특정한 실시예에 있어서, 본원에서 제시되는 박막은 양호한 두께 균일도를 나타내며, 예컨대 상기 박막의 가장 얇은 부분은 $d_f/10$ 초과, $d_f/5$ 초과, $d_f/4$ 초과, $d_f/3$ 초과, $d_f/2$ 초과 등이다. 추가적인 실시예 또는 대안적인 실시예에 있어서, 상기 박막의 가장 두꺼운 부분은 $10 \times d_f$ 미만, $5 \times d_f$ 미만, $3 \times d_f$ 미만, $2 \times d_f$ 미만, $1.5 \times d_f$ 미만, $1.2 \times d_f$ 미만 등이다. 바람직한 실시예에 있어서, 상기 박막의 최소 두께는 $0.9 d_f$ 을 초과하며(보다 바람직하게는 $0.95 d_f$ 을 초과함). 박막의 최대 두께는 $1.1 d_f$ 미만이다(보다 바람직하게는 $1.05 d_f$ 미만임).

[0042]

특정한 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 프로세스는 복수 개의 입자 및/또는 액적을 포함하는 정전기적으로

대전된 플럼을 생성하는 단계를 포함한다(예컨대, 공기 영역 또는 공기 섹션은 해당 영역 또는 섹션 내에 복수 개의 입자 및/또는 액적을 포함함). 구체적인 실시예에 있어서, 상기 복수 개의 입자 및/또는 액적은 (예컨대, 나노스케일의) 입자 및/또는 액적이다. 보다 구체적인 실시예에 있어서, 상기 복수 개의 입자 및/또는 액적은 약 100 미크론 이하, 약 50 미크론 이하, 30 미크론 미만, 약 20 미크론 이하, 15 미크론 미만, 또는 약 10 미크론 이하의 평균 직경을 갖는다. 훨씬 더 구체적인 실시예에 있어서, 상기 복수 개의 입자 및/또는 액적은 약 5 미크론 이하, 예컨대 약 1 미크론 이하의 평균 직경을 갖는다. 특정한 실시예에 있어서, 입자 및/또는 액적의 크기는 고도로 균일하며, 여기서 입자 크기 및/또는 액적 크기의 표준 편차는 (예컨대, 노즐로부터의 임의의 주어진 거리에서, 예를 들어 노즐로부터 약 10 cm 이상, 약 15 cm 이상, 약 20 cm 이상, 약 25 cm 이상의 거리에서) 입자 및/또는 액적의 평균 크기의 약 50% 이하(예컨대, 약 40% 이하, 약 30% 이하, 약 20% 이하, 약 10% 이하 등)이다.

[0043] 일부 실시예에 있어서, 유체 원료, 제트 및/또는 플럼은 유체(예컨대, 물) 및 함유물(예컨대, 고상 미립자, 금속 전구체 및/또는 세라믹 전구체, 및/또는 폴리머)을 포함한다. 특정한 실시예에 있어서, 본원에서 제시되는 조성물은 복수 개의 액적, 제트, 또는 유체(예컨대, 물)와 함유물을 포함하는 유체 원료를 포함한다. 다양한 실시예에 있어서, 개별적인 액적은 선택적으로 한 가지 이상의 유형의 함유물 및/또는 다른 첨가제(예컨대, 폴리머)를 포함한다. 또한, (플럼의) 액적의 유체 중 일부 또는 전체는 전자분무 프로세스 동안에(예컨대, 성막 이전에) 기화될 수 있다. 다양한 실시예에 있어서, 본원에서 설명하는 액적 내의 함유물 재료의 농도 또는 동일한 함유물 재료를 포함하는 조성물의 농도는, 일반적으로 유체 원료에서의 전술한 재료의 농도 혹은 심지어 제트(제트에서 유체의 기화가 시작됨)에서의 전술한 농도보다 더 높다. 특정한 실시예에 있어서, 액적 또는 조성물은, 액적 또는 동일물을 포함하는 조성물/플럼의 농도의 적어도 1.5 배, 적어도 2배, 적어도 3배, 적어도 5배, 적어도 10배 등의 함유물 농도를 갖는 액적을 포함한다(예컨대, 함유물은 액적 또는 동일물을 포함하는 조성물/플럼의 최대 70 중량% 이상, 최대 80 중량% 이상, 최대 90 중량% 이상, 심지어 최대 100 중량%를 차지함).

[0044] 구체적인 실시예에 있어서, 플럼(예컨대, 플럼의 입자 및/또는 액적)은 폴리머 및/또는 복수 개의 첨가제 입자(예컨대, 나노입자)를 포함한다. 특정한 실시예에 있어서, 플럼(예컨대, 플럼의 입자 및/또는 액적)은 액체 매체를 더 포함한다(예컨대, 유체 원료의 액체 매체는 완전히 기화되지 않음). 일부 실시예에 있어서, 본원에서 제시되는 프로세스 또는 시스템은 (예컨대, 다른 비-가스제어식 전자분무 기법에 비해) 높은 처리량의 전자분무를 허용한다. 일부 경우에 있어서, 제어된 공기 유동은 속도의 증가 및 분산의 균일도 상승, 그리고 제트 및 플럼의 붕괴(break up)를 허용하며, 이는 유체 원료 유량의 증가를 허용하면서도 또한 성막 균일도를 향상시킨다. 다양한 실시예에 있어서, 유체 원료는 임의의 적절한 유량으로, 예컨대 약 0.01 mL/min 이상으로, 약 0.05 mL/min 이상으로, 약 0.1 mL/min 이상으로, 약 0.2 mL/min 이상으로, 또는 약 0.01 mL/min 내지 약 10 mL/min으로 노즐에 제공된다. 특정한 실시예에 있어서, 유체 원료는, 약 0.01 내지 약 10 mL/min의 유량으로, 예컨대 약 0.05 mL/min 내지 약 5 mL/min의 유량으로 또는 약 0.5 mL/min 내지 약 5 mL/min의 유량으로 제1 유입구에 제공된다.

[0045] 구체적인 실시예에 있어서, 본원에서 설명하는 전자분무 프로세스는, 유체 원료를 전자분무 노즐의 제1 도관의 제1 유입구에 제공하는 단계로서, 제1 도관은 내측 표면 및 외측 표면을 갖는 벽에 의해 도관의 길이를 따라 에워싸여 있고, 제1 도관은 제1 유출구를 갖는 것인 단계를 포함한다. 구체적인 경우에 있어서, 제1 도관의 벽은 모세관, 또는 다른 구조를 형성한다. 일부 경우에 있어서, 제1 도관은 원통형이지만, 본 발명에서의 실시예는 이러한 구성으로 한정되지 않는다.

[0046] 도 8은 본원에서 제시되는 예시적인 전자분무 노즐 장치(800 및 830)를 예시한 것이다. 노즐 구성요소(800 및 830)에 의해 제시되는 일부 실시예에 있어서, 노즐 장치는, 제1(내측) 도관을 포함하는 노즐 구성요소를 포함하며, 제1 도관은 내측 표면 및 외측 표면을 갖는 제1 벽(801 및 831)에 의해 도관의 길이를 따라 에워싸여 있고, 제1 도관은 제1 유입구 단부(또는 제1 공급 단부)(802 및 832)(예컨대, 제1 공급 챔버에 유체 연결되어 있고 유체 원료를 받아들이도록 구성됨) 및 제1 유출구 단부(803 및 833)를 갖는다. 일반적으로, 제1 도관은 제1 직경(804 및 834)을 갖는다(예컨대, 평균 직경은 도관을 에워싸는 벽의 내측 표면에 대해 측정됨). 추가적인 경우에 있어서, 노즐 구성요소는 제2(외측) 도관을 포함하며, 제2 도관은 내측 표면 및 외측 표면을 갖는 제2 벽(805 및 835)에 의해 도관의 길이를 따라 에워싸여 있으며, 제2 도관은 제2 유입구 단부(또는 제2 공급 단부)(806 및 836)[예컨대, 제2 공급 챔버에 유체 연결되며 가스, 예를 들어 고속 가스 혹은 압축 가스(예컨대, 공기)를 받아들이도록 구성됨] 및 제2 유출구 단부(807 및 837)를 갖는다. 일부 경우에 있어서, 제2 유입구 단부(제2 공급 단부)(806 및 836)는 공급 챔버에 연결된다. 특정한 경우에 있어서, 제2 유입구 단부(제2 공급 단부)(806 및 836)는 공급부 구성요소를 통해 제2 공급 챔버에 연결된다. 도 8은, 공급 챔버(도시되어 있지 않음)를 유입구

공급 구성요소(815 및 845)에 유체 연결하는 연결 공급 구성요소(예컨대, 튜브)(813 및 843)를 포함하는 예시적인 공급 구성요소를 예시하고 있으며, 유입구 공급 구성요소는 도관의 유입구 단부에 유체 연결되어 있다. 이 도면은 외측 도관에 대한 전술한 구성을 예시하고 있지만, 이러한 구성은 또한 내측 도관 및 임의의 중간 도관에 대해서도 역시 고려된다. 일반적으로, 제1 도관은 제1 직경(808 및 838)을 갖는다(예컨대, 평균 직경은 도관을 에워싸는 벽의 내측 표면에 대해 측정됨). 제1 도관 및 제2 도관은 임의의 적절한 형상을 갖는다. 일부 실시예에 있어서, 도관은 원통형(예컨대, 원형 또는 타원형), 프리즘형(예컨대, 8각형 프리즘형), 원추형(예컨대, 절두 원추형 - 예를 들어, 다른 도관(835)에 의해 예시되는 바와 같음)(예컨대, 원형 또는 타원형), 피라미드형(예컨대, 절두 피라미드형, 예를 들어 절두 8각 피라미드형) 등이다. 구체적인 실시예에 있어서, 도관은 원통형이다(예컨대, 도관 및 이러한 도관을 에워싸는 벽은 니들(needle)을 형성함). 일부 경우에 있어서, 도관의 벽들은 평행하거나, 또는 평행에 대해 약 1 도 또는 2 도 내에 있다(예컨대, 도관은 원통 또는 프리즘을 형성함). 예를 들면, 노즐 장치(800)는 평행한 벽(801 및 805)을 갖는 제1 도관 및 제2 도관을 포함한다(예를 들어, 예컨대, 801a/801b, 및 805a/805b로 예시된 바와 같이 도관의 대향측 상의 벽에 대해 또는 길이방향 중심 축선(809)에 대해 평행함). 다른 실시예에 있어서, 도관의 벽은 평행하지 않다(예를 들어, 예컨대 도관이 원추(예컨대, 절두형 원추) 또는 피라미드(예컨대, 절두형 피라미드)를 형성할 때 직경은 다른 단부에서보다 유입구 단부에서 더 넓음). 예를 들면, 노즐 장치(830)는 평행한 벽(831)들(예를 들어, 예컨대 831a/831b로 예시된 바와 같이 도관의 대향측 상의 벽에 대해 또는 길이방향 중심 축선(839)에 대해 평행함)을 갖는 제1 도관 및 비평행 벽(835)들(예를 들어, 예컨대 835a/835b로 예시된 바와 같이 도관의 대향측 상의 벽에 대해 평행하지 않거나 혹은 각도를 이루거나 혹은 길이방향 중심 축선(839)에 대해 평행하지 않거나 혹은 각도를 이룸)을 갖는 제2 도관을 포함한다. 특정한 실시예에 있어서, 도관의 벽들은 평행에 대해 약 15 도 내에 있거나(예컨대, 길이방향 중심 축선에 대해 측정되거나, 혹은 벽의 대향측들 사이의 각도의 절반임), 혹은 평행에 대해 약 10 도 내에 있다. 구체적인 실시예에 있어서, 도관의 벽들은 평행에 대해 약 5 도 내에 있다(예컨대, 평행에 대해 약 3 도 또는 2 도 내에 있음). 일부 경우에 있어서, 원추형 도관 또는 피라미드형 도관이 이용된다. 이러한 실시예에 있어서, 평행한 벽들을 갖지 않는 도관에 대한 직경은 상기 도관의 평균 폭 또는 평균 직경을 가리킨다. 특정한 실시예에 있어서, 원추 또는 피라미드의 각도는 약 15 도 이하(예컨대, 도관 측부/벽의 평균 각도는 길이방향 중심 축선에 대해 또는 도관 대향 측부/벽에 대해 측정된 바와 같음) 또는 약 10 도 이하이다. 구체적인 실시예에 있어서, 원추 또는 피라미드의 각도는 약 5 도 이하(예컨대, 약 3 도 이하)이다. 일반적으로 제1 도관(801 및 831) 및 제2 도관(805 및 835)은 도관 중첩 길이(810 및 840)를 가지며, 여기서 제1 도관은 (제1 도관 및/또는 제2 도관의 길이의 적어도 일부에 대해) 제2 도관 내부에 위치 설정된다. 일부 경우에 있어서, 제1 벽의 외측 표면 및 제2 벽의 내측 표면은 도관 간격(811 및 841)만큼 떨어져 있다. 특정한 경우에 있어서, 제1 유출구는 제2 유출구 단부를 넘어 돌출 길이(812 및 842)만큼 돌출된다. 특정한 경우에 있어서, 도관 중첩 길이 대 제2 직경의 비율은 임의의 적절한 값, 예컨대 본원에서 설명하는 값이다. 추가적인 경우 또는 대안적인 경우에 있어서, 돌출 길이 대 제2 직경의 비율은 임의의 적절한 값, 예컨대 본원에서 설명하는 값, 예를 들어 약 1 이하이다.

[0047] 도 8은 또한 본원에 제시되는 다양한 노즐 구성요소(850, 860 및 870)의 단면을 예시한 것이다. 각각은 제1 도관(851, 861 및 871) 및 제2 도관(854, 864 및 874)을 포함한다. 본원에서 논의된 바와 같이, 일부 경우에 있어서, 제1 도관은 내측 표면 및 외측 표면을 갖는 제1 벽(852, 862 및 872)에 의해 도관의 길이를 따라 에워싸여 있고, 제2 도관은 내측 표면 및 외측 표면을 갖는 제2 벽(855, 865 및 875)에 의해 도관의 길이를 따라 에워싸여 있다. 일반적으로, 제1 도관은 임의의 적절한 제1 직경(853, 863 및 873)을 가지며, 임의의 적절한 제2 직경(856, 866 및 876)을 갖는다. 도관의 단면 형상은 임의의 적절한 형상이며, 선택적으로 도관을 따라 다양한 지점에서 상이하다. 일부 경우에 있어서, 도관의 단면 형상은 원형(851/854 및 871/874), 타원형, 다각형(861/864) 등이다.

[0048] 일부 경우에 있어서, 본원에 제시되며 동축으로 구성되는 노즐 및 본원에 제시된 동축 가스 제어식 전자분무는, 제1 길이방향 축선을 따라 제1 도관 또는 유체 원료를 제공하는 단계, 및 제2 길이방향 축선 주위에서 제2 도관 또는 가스(예컨대, 압축 가스 혹은 고속 가스)를 제공하는 단계(예컨대, 해당 프로세스에서 유체 원료를 전자분무하는 단계)를 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 제1 길이방향 축선 및 제2 길이방향 축선은 동일하다. 다른 실시예에 있어서, 제1 길이방향 축선 및 제2 길이방향 축선은 상이하다. 특정한 실시예에 있어서, 제1 길이방향 축선 및 제2 길이방향 축선은 서로에 대해 500 미크론 내에, 100 미크론 내에, 50 미크론 내에, 기타 등등의 거리 내에 있다. 일부 실시예에 있어서, 제1 길이방향 축선 및 제2 길이방향 축선은 서로에 대해 15 도 내에, 10 도 내에, 5 도 내에, 3 도 내에, 1 도 내에, 기타 등등의 각도 내에 정렬된다. 예를 들면, 도 8은 외측 도관(874)와 중심이 오프셋되어 있는(즉, 길이방향 중심 축선을 공유하지 않음) 내측 도관(871)을 갖는 노즐

구성요소(870)의 단면을 예시한 것이다. 일부 경우에 있어서, 도관 간격(예컨대, 내측 벽의 외측 표면과 외측 벽의 내측 표면 사이에서 측정됨)은 선택적으로 평균되며, 예컨대 외측 벽(876)의 내측 표면의 직경과 내측 벽(872)의 외측 표면의 직경 사이의 차이를 구함으로서 결정된다. 일부 경우에 있어서, 외측 벽(876)의 내측 표면과 내측 벽(872)의 외측 표면의 직경 사이의 최소 거리는, 외측 벽(876)의 내측 표면과 내측 벽(872)의 외측 표면의 직경 사이의 최대 거리의 적어도 10 %(예컨대, 적어도 25 %, 적어도 50 %, 또는 임의의 적절한 백분율)이다.

[0049]

본원에 제시되는 유체 원료는 임의의 적절한 성분을 포함할 수 있다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 유체 원료는 액체 매체 및 선택적인 첨가제를 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 유체 원료는 액체 매체 및 적어도 하나의 첨가제를 포함한다. 보다 구체적인 실시예에 있어서, 상기 첨가제는 폴리머 및/또는 고상 미립자 함유물이다[예컨대, 나노스케일 미립자임(예를 들어 적어도 하나의 치수가 약 2 미크론 미만임)]. 예컨대, 나노입자는 모든 치수가 약 2 미크론 미만이고, 나노로드 및 나노섬유는 직경이 약 2 미크론 미만이며 제2 치수가 약 2 미크론을 초과하거나 또는 2 미크론 미만임]. 구체적인 실시예에 있어서, 나노 함유물(예컨대, 나노입자)은 약 100 nm 이하의 나노스케일 형태(nanoscale morphology)를 갖는다. 보다 구체적인 실시예에 있어서, 적어도 하나의 치수(예컨대, 나노입자에 대한 모든 치수)는 약 50 nm 이하, 또는 약 25 nm 이하, 또는 약 10 nm 이하, 또는 약 5 nm 내지 약 10 nm, 또는 임의의 다른 적절한 크기이다. 다른 실시예에 있어서, 본원에서 설명하는 프로세스는 대형 입자, 예컨대 약 2 미크론 내지 약 200 미크론, 약 2 미크론 내지 약 100 미크론 등의 치수(예컨대, 평균 치수)를 갖는 마이크로 크기의 입자와 같은 대형 입자와 함께 선택적으로 이용된다. 다양한 실시예에 있어서, 상기 첨가제는 액체 매체에 용해되거나 및/또는 달리 분산된다. 추가적인 실시예에 있어서, 추가적인 첨가제가 필요에 따라 선택적으로 포함된다. 예를 들면, 일부 경우에 있어서, 첨가제는, 선택적으로 불화계 오르가노실란[예컨대, 플루오로알킬 실란(예컨대, $F_3C(CF_2)_a(CH_2)_bSi(OR)_3$, 여기서 a는 0 내지 12, 예컨대, 1 내지 6이고, b는 0 내지 12, 예컨대, 1 내지 6이며, 각각 R은 독립적으로 본원에서 설명되는 탄화수소이고, 예컨대 C1-6 알킬임), 및/또는 플루오로폴리에테르 알콕시 실란, 예컨대 퍼플루오로폴리에테르알콕시 실란(예컨대, $F_3C((CF_2)_aO)_c(CH_2)_bSi(OR)_3$, 여기서 각각 a는 독립적으로 0 내지 12, 예컨대, 1 내지 2이고, b는 0 내지 12, 예컨대, 1 내지 3이며, c는 0 내지 12, 예컨대, 1 내지 6이고, 각각 R은 독립적으로 본원에서 설명되는 탄화수소이며, 예컨대 C1-6 알킬 또는 플루오로알킬임), 금속, 금속 산화물, 또는 세라믹 전구체, 계면활성제, 및/또는 다른 적절한 첨가제이다.

[0050]

코팅 용제 및/또는 성막 용제에 따라, 임의의 개수의 폴리머가 선택적으로 이용된다. 일부 실시예에 있어서, 폴리머는, 비한정적인 예로서, 폴리비닐 알코올(PVA), 폴리비닐 아세테이트(PVAc), 폴리에틸렌 산화물(PEO), 폴리비닐 에테르, 폴리비닐 피롤리돈, 폴리글리콜산, 하이드록시에틸셀룰로오스(hydroxyethylcellulose; HEC), 에틸셀룰로오스, 셀룰로오스 에테르, 폴리아크릴산, 폴리아크릴아미드 등을 포함한다. 일부 실시예에 있어서, 폴리머는 폴리스티렌(PS), 폴리메타크릴레이트(PMA), 폴리비닐피리딘(PVP), 폴리비닐알케인, 폴리비닐시클로알케인(예컨대, 폴리비닐시클로헥산), 폴리아미드, 폴리아미드, 폴리알켄[예컨대, 폴리프로필렌(PP)], 폴리에테르[예컨대, 폴리에틸렌 산화물(PEO), 폴리프로필렌 산화물(PPPO)], 폴리아민 등이다. 구체적인 실시예에 있어서, 폴리머는 폴리카보네이트(PC), 폴리(메틸 메타크릴레이트)(PMMA), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리스티렌(PS), 아크릴로니트릴 부타디엔 스티렌(ABS), 폴리아크릴로니트릴(PAN), 폴리비닐 알코올(PVA), 또는 폴리비닐리덴 불화물(PVDF)이다. 투명한 코팅이 요구되는 경우에서와 같이 특정한 실시예에 있어서, 투명한 폴리머가 사용된다[예컨대, 폴리머는 적용된 코팅 또는 성막물에서의 두께에서(예컨대 약 1 mm 이하의 두께에서) 투명함]. 도 4는, 코팅이 없는 유리 기재, 및 본원에 제시된 예시적인 투명 코팅을 갖춘 유리 기재를 예시한 것이다. 도 4에서 알 수 있는 바와 같이, 투명한 폴리머의 사용은 투명한 코팅으로 귀결되며, 이 투명한 코팅을 통해 하부의 대상물을 볼 수 있다. 특정한 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 성막물 또는 코팅은 약 90 % 이상 또는 약 95 % 이상의 투과율(300 ~ 800 nm)을 갖는다. 더욱이, 기재 표면 상에 나노섬유의 유사한 코팅을 성막하기 위한 전자스핀 기법(electrospinning technique)의 사용은, 허용 불가능하게 불투명한 코팅으로 귀결되며, 이는 하위의 대상물이 "흐리게 보이게" 하거나, 하위의 대상물을 볼 수 없게 한다. 일부 실시예에 있어서, 폴리머는 임의의 적절한 분자량을 갖는다. 예를 들면, 특정한 실시예에 있어서, 폴리머는 적어도 5000 원자 질량 단위("amu"; atomic mass unit), 적어도 10000 amu, 적어도 20000 amu, 적어도 50000 amu 등의 분자량을 갖는다. 본원에서의 조성물에서 발견되거나 또는 본원에서의 프로세스에서 사용되는 폴리머는, 임의의 적절한 PDI[수 평균 분자량(number average molecular weight)으로 나눈 중량 평균 분자량(weight average molecular weight)]를 갖는다. 일부 실시예에 있어서, 폴리머는 약 1 내지 약 10, 약 2 내지 약 5, 약 1 내지 약 5 등의 다분산성 지수를 갖는다.

- [0051] 특정한 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 유체 원료에서 임의의 적절한 양의 폴리머가 선택적으로 사용된다. 일부 경우에 있어서, 사용되는 폴리머의 양은, 전자분무되는 동안 플럼(제트의 분산 및/또는 부서짐)의 형성을 방해하는 양보다 적다. 일부 경우에 있어서, 가스 제어식 전자분무 프로세스를 이용하면, 제트 및/또는 플럼의 추가적인 부서짐에 대한 가스의 영향으로 인해 통상적인 전자분무 기법에 비해 선택적으로 더 많은 양의 폴리머가 사용되며, 이는 액적의 더 많은 생성, 분산 및 제어를 제공한다. 특정한 실시예에 있어서, 유체 원료에 존재하는 폴리머의 양은 10 중량% 미만이다. 보다 구체적인 실시예에 있어서, 유체 원료에 존재하는 폴리머의 양은 0 중량% 내지 약 5 중량%(예컨대, 약 0.1 중량% 내지 약 5 중량%, 또는 약 0.5 중량% 내지 약 5 중량%)이다.
- [0052] 추가적인 실시예 또는 대안적인 실시예에 있어서, 유체 원료는 첨가제, 예컨대, 비폴리머 첨가제, 고상 입자 첨가제(예컨대, 유체 원료 내에 분산되어 있음) 등을 포함한다. 일부 경우에 있어서, 본원에서 설명하는 바와 같은 성막물을 준비하도록 구성되는 시스템 및 상기 성막물을 준비하기 위한 프로세스는, 폴리머의 사용을 요구하지 않는다. 예를 들면, 분산된 입자(예컨대, 나노구조의 입자)를 포함하는 성막물은, 폴리머를 갖춘 유체 원료 또는 폴리머가 없는 유체 원료를 이용하여 선택적으로 준비된다. 일부 경우에 있어서, 폴리머가 (예컨대, 복수 개의 입자와 함께) 유체 원료에 포함되어 있을 때, 폴리머 매트릭스 내에 및/또는 폴리머 매트릭스 상에 분산된 입자를 갖춘 폴리머 매트릭스를 포함하는 성막물이 형성된다(예컨대, 폴리머 매트릭스 성막물이 기재 표면에 형성됨). 일부 다른 경우에 있어서, 폴리머가 없는 유체 원료(복수 개의 입자를 포함함)가 사용될 때, 기재 상에 직접 분산되는 입자를 포함하는 성막물이 형성된다.
- [0053] 일부 실시예에 있어서, 상기 유체 원료 및/또는 성막물은 첨가제, 예컨대 복수 개의 고상 함유물 미립자를 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 첨가제는 복수 개의 나노구조 입자를 포함한다. 다양한 실시예에 있어서, 나노구조의 입자는, 비한정적인 예로서, 나노입자, 나노스케일 시트, 나노리본, 나노로드, 나노섬유(예컨대 높은 종횡비의 나노로드를 포함함) 등을 포함한다. 특정한 실시예에 있어서, 상기 첨가제는 금속, 세라믹, 금속 산화물, 탄소(예컨대, 탄소 동소체) 및/또는 기타 등등을 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 첨가제는 금속 입자(예컨대, 나노입자), 세라믹 입자(예컨대, 나노입자), 금속 산화물 입자(예컨대, 나노입자), 또는 이들의 조합을 포함한다. 추가적인 실시예 또는 대안적인 실시예에 있어서, 상기 첨가제는 탄소질 함유물(예컨대, 탄소 동소체)을 포함하며, 예컨대, 비한정적인 예로서, 탄소 나노튜브[예컨대, 다중벽 탄소 나노튜브(MWCNT; multi-walled carbon nanotube), 및/또는 단일벽 탄소 나노튜브(SWCNT; single-walled carbon nanotube)], 그래핀(예컨대, 순수한 그래핀 또는 결합 있는 그래핀, 예를 들어 그래핀 산화물의 열적 환원 또는 방사선 환원과 같은 그래핀 산화물의 환원에 의해 생성된 것과 같음), 그래핀 산화물, 환원된 그래핀 산화물, 흑연, 비정질 탄소, 그래핀 나노리본(GNRs; graphene nanoribbons) 등을 포함한다.
- [0054] 구체적인 실시예에 있어서, 본원에 제시된 첨가제는, 복수 개의 나노섬유를 포함하며, 상기 나노섬유는 금속, 금속 산화물, 세라믹, 탄소(예컨대, 비정질 탄소) 또는 이들의 조합을 포함한다. 이러한 나노섬유는 선택적으로 임의의 적절한 방법, 예컨대 2013년 3월 7일자로 공개되고 발명의 명칭이 "금속 나노섬유 및 세라믹 나노섬유"인 WO 2013/033367에 설명된 바와 같은 방법에 의해 제조되며, 상기 WO 2013/033367은 인용함으로써 그 개시내용이 본원에 포함된다. 보다 구체적인 실시예에 있어서, 나노섬유는, 매트릭스 재료 및 함유물 재료를 포함하는 복합물을 포함하며, 상기 함유물 재료는 매트릭스 재료 내에 내장된다. 특정한 실시예에 있어서, 상기 매트릭스 재료는 금속, 금속 산화물, 세라믹, 탄소(예컨대, 비정질 탄소), 폴리머(예컨대, 본원에서 설명하는 폴리머) 또는 다른 적절한 재료이다. 일부 실시예에 있어서, 상기 함유물 재료는 금속, 금속 산화물, 세라믹, 탄소(예컨대, 비정질 탄소), 또는 다른 적절한 재료이다. 이러한 나노섬유는 선택적으로 임의의 적절한 방법, 예컨대 2014년 3월 20일자로 공개되고 발명의 명칭이 "탄소질 금속/세라믹 나노섬유"인 WO 2014/043612에 설명된 바와 같은 방법에 의해 제조되며, 상기 WO 2014/043612는 인용함으로써 그 개시내용이 본원에 포함된다. 상기 나노섬유는 임의의 적절한 길이를 갖는다. 일부 경우에 있어서, 나노섬유의 주어진 모음은, 다양한 길이의 섬유의 분포를 나타내는 나노섬유를 포함한다. 일부 실시예에 있어서, 상기 나노섬유는 최대로 약 1 마이크로 이상, 또는 약 5 마이크로 이상, 또는 약 10 마이크로 이상, 또는 약 20 마이크로 이상, 또는 약 50 마이크로 이상, 또는 심지어 더 큰 크기의 평균 길이를 가지며, 본원에 제시되는 프로세스를 이용하여 전자분무되고 유체 원료 내에 분산될 수 있는 임의의 크기를 포함한다. 일부 실시예에 있어서, 본원에서 설명하는 나노섬유는 약 10 이상의 종횡비를 갖는다. 보다 구체적인 실시예에 있어서, 상기 종횡비는 약 20 이상, 약 50 이상, 약 100 이상이거나, 또는 심지어 이보다 더 클 수 있다. "종횡비"는 나노섬유의 길이를 나노섬유의 직경으로 나눈 것이다.
- [0055] 일부 실시예에 있어서, 본원에서의 금속, 금속 산화물, 또는 세라믹에 마련되는 금속, 금속 산화물 또는 세라믹 재료(예컨대, 고상 함유물, 전구체 등)는 선택적으로 임의의 적절한 원소 성분을 포함하며, 예컨대 전이 금속, 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 전이후 금속, 란타늄 성분 또는 악티늄족 성분을 포함한다. 전이 금속은, 스칸듐

(Sc), 티타늄(Ti), 바나듐(V), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe), 코발트(Co), 니켈(Ni), 구리(Cu), 아연(Zn), 이트륨(Y), 지르코늄(Zr), 니오븀(Nb), 몰리브덴(Mo), 테크네튬(Tc), 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 팔라듐(Pd), 은(Ag), 카드뮴(Cd), 하프늄(Hf), 탄탈륨(Ta), 텅스텐(W), 레늄(Re), 오스뮴(Os), 이리듐(Ir), 백금(Pt), 금(Au), 수은(Hg), 러더포듐(Rt), 두브늄(Db), 시보르기움(Sg), 보륨(Bh) 및 하슘(Hs)을 포함한다. 알칼리 금속은, 리튬(Li), 나트륨(Na), 칼륨(K), 루비듐(Rb), 세슘(Cs) 및 프랑슘(Fr)을 포함한다. 알칼리 토금속은 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 스트론튬(Sr), 바륨(Ba) 및 라듐(Ra)을 포함한다. 전이후 금속은, 알루미늄(Al), 갈륨(Ga), 인듐(In), 주석(Sn), 탈륨(Tl), 납(Pb), 및 비스무스(Bi)를 포함한다. 란탄족은, 주기율표 상에서 원자 번호 57 내지 71을 갖는 원소를 포함한다. 악티늄족은, 주기율표 상에서 원자 번호 89 내지 103을 갖는 원소를 포함한다. 추가적으로, 실리콘(Si), 게르마늄(Ge), 안티몬(Sb) 및 폴로늄(Po)이 본 개시내용의 목적을 위해 고려되는 금속이다. 일부 실시예에 있어서, 실리콘은 본원에서 설명되는 프로세스에 사용되어 실리콘 나노섬유를 생성한다. 일부 실시예에 있어서, 금속 산화물은 비한정적인 예로서, Al_2O_3 , ZrO_2 , Fe_2O_3 , CuO , NiO , ZnO , CdO , SiO_2 , TiO_2 , V_2O_5 , VO_2 , Fe_3O_4 , SnO , SnO_2 , CoO , Co_2O_3 , Co_3O_4 , HfO_2 , $BaTiO_3$, $SrTiO_3$, 및 $BaSrTiO_3$ 을 포함한다. 다른 첨가제, 예컨대 금속 전구체가 또한 선택적으로 이용된다. 이러한 경우에 있어서, 하소(예컨대, 섭씨 약 800 도 이상, 예를 들어 섭씨 약 1200 도 이상, 섭씨 약 1500 도 이상의 열 처리) 시에, 금속 전구체는 본원에서 설명하는 금속 재료 또는 금속 산화물 재료로 변환될 수 있다. 금속 전구체는, 금속 요소산화물, 브롬화물, 황화물, 티오시아네이트, 염화물, 질산염, 아지드, 불화물, 수화물, 옥살레이트, 아질산염, 이소시아나이드, 시안화물 알코-산화물(alco-oxide)(예컨대, 메톡시드, 에톡시드, 프로폭시드, 부틸옥시드 등) 등을 포함한다. 일부 예에 있어서, 상기 전구체는 금속 복합물, 예컨대 금속 아세트산염, 금속 염화물, 금속 질산염, 또는 금속 알코 산화물이다.

[0056] 구체적인 실시예에 있어서, 상기 첨가제 및/또는 입자(예컨대, 나노 구조를 갖는 입자)는 실리콘, 실리콘 산화물(예컨대, SiO_x , 여기서 x 는 0 초과 2 이하임), 알루미늄 산화물, 또는 티타늄 산화물(예컨대, TiO_x , 여기서 x 는 0 초과 2 이하임)을 포함한다.

[0057] 구체적인 실시예에 있어서, 상기 첨가제는 탄소 나노구조, 예컨대, 탄소 나노튜브, 그래핀 나노리본, 탄소 나노섬유, 메조포러스 탄소 나노구조, 또는 이들의 임의의 조합을 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 본원에서 제시되는 첨가제는 그래핀 성분(예컨대, 그래핀 또는 완전 환원된 그래핀 산화물), 예컨대 산화된 그래핀 성분 [예컨대, 그래핀 산화물, 환원된 그래핀 산화물(여전히 부분적으로 산화되어 있음) 등]을 포함한다.

[0058] 일부 실시예에 있어서, 본원에서 제시되는 박막 또는 코팅은 탄소(예컨대, 그래핀) 매트릭스 또는 웹(web)를 포함한다(예컨대, 여기서 그래핀 매트릭스 또는 웹은 그래핀 구조를 포함하거나 또는 본원에서 설명되는 바와 유사성을 가짐). 특정한 실시예에 있어서, 상기 탄소 매트릭스 또는 웹은 임의의 적절한 양의 그래핀 성분(예컨대, 그래핀, 그래핀 산화물, 또는 환원된 그래핀 산화물)을 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 탄소 매트릭스 또는 웹은 약 25 중량% 이상(예컨대, 약 50 중량% 이상, 약 60 중량% 이상, 약 75 중량% 이상, 약 85 중량% 이상, 약 90 중량% 이상, 또는 약 95 중량% 이상)의 그래핀 성분을 포함한다. 특정한 실시예에 있어서, 상기 박막은, 본원에서 유체 원료에 마련되는 예정형된 함유물로부터 마련되는 바와 같거나 또는 상기 유체 원료에 마련되는 금속 전구체 재료 혹은 세라믹 전구체 재료와 같은 복수 개의 구조(예컨대, 마이크로 구조 또는 나노 구조, 예를 들어 금속 재료, 금속 산화물 재료 및/또는 세라믹 재료를 포함함)를 더 포함한다. 특정한 실시예에 있어서, 전술한 함유물 재료는 탄소 매트릭스 또는 웹(예컨대, 그래핀 매트릭스 또는 웹) 내에 및/또는 이들의 표면에 내장된다. 일부 실시예에 있어서, 상기 함유물은 나노스케일 함유물 및/또는 마이크로스케일 함유물을 포함한다(예컨대, 이러한 나노구조는 임의의 하나 이상의 치수에서 나노스케일 구조(예를 들어, 2 미크론 미만, 또는 1 미크론 미만의 평균 치수를 가짐)를 가짐, 예컨대 나노 구조를 갖는 섬유, 입자, 시트, 로드(rod) 및/또는 기타 등등임). 구체적인 실시예에 있어서, 탄소 함유물은 임의의 하나 이상의 치수에서 나노스케일 구조(예컨대, 2 미크론 미만, 1 미크론 미만, 또는 200 nm 미만임)를 갖는 나노 구조의 탄소, 예컨대 나노 구조의 섬유, 입자, 시트(예컨대, 그래핀 시트), 로드 및/또는 기타 등등이다. 일부 실시예에 있어서, 상기 함유물은 마이크로구조를 포함한다(예컨대, 100 미크론 미만, 50 미크론 미만, 또는 30 미크론 미만, 25 미크론 미만, 20 미크론 미만, 15 미크론 미만, 10 미크론 미만, 기타 등등의 평균 치수를 가짐. 예를 들어 최소 약 200 nm, 최소 약 500 nm, 최소 약 1 미크론 등등임). 적절한 재료, 함유물 또는 구조의 다른 세부사항은 본원에서 설명되는 바와 같다. 또한, 더 큰 구조가 사용되는 바와 같은 일부 경우에 있어서, 본원에서 설명하는 프로세스에 따른 전자분무 시에 대형 액적 또는 대형 입자가 필수적으로 형성된다.

[0059] 구체적인 실시예에 있어서, 본원에서는 그래핀 성분, 예컨대 산화된 그래핀 성분(예를 들어, 그래핀 산화물)을

포함하는 조성물 또는 재료가 제시된다. 특정한 실시예에 있어서, 산화된 그래핀 성분은, 열적 프로세스, 방사선 프로세스, 화학적 프로세스, 및/또는 본원에서 설명하는 다른 프로세스와 같은 환원 반응을 통해 환원된 재료로 변환된다. 구체적인 실시예에 있어서, 환원 대기(예컨대, 수소 가스, 불활성 gas와 혼합된 수소 가스 등) 또는 불활성 대기(예컨대, 질소 가스, 아르곤 가스 등)를 이용하는 열적 조건이 사용된다. 구체적인 실시예에 있어서, 산화된 그래핀 성분은, 산소로, 예컨대 카르보닐기, 카르복실기(예컨대, 카르복실산기, 카르복실레이트기, COOR기(여기서, R은 C1-C6 알킬 등임)), -OH기, 에폭시드기, 에테르 및/또는 기타 등등으로 기능화된 그래핀 성분이다. 특정한 실시예에 있어서, 산화된 그래핀 성분(또는 그래핀 산화물)은 약 60 % 이상(예컨대, 60% 내지 99%)의 탄소를 포함한다. 보다 구체적인 실시예에 있어서, 산화된 그래핀 성분은 약 60 중량% 내지 약 90 중량%의 탄소, 또는 약 60 중량% 내지 약 80 중량%의 탄소를 포함한다. 추가적인 구체적 실시예 또는 대안적인 구체적인 실시예에 있어서, 산화된 그래핀 성분은 약 40 중량% 이하의 산소, 예컨대 약 10 중량% 내지 약 40 중량%의 산소, 약 35 중량% 이하의 산소, 약 1 중량% 내지 35 중량%의 산소 등을 포함한다. 다양한 경우에 있어서, 산화된 그래핀은 그래핀 산화물, 예컨대 도 15에서의 비한정적인 예시적 구조에 의해 예시된 바와 같은 그래핀 산화물, 및/또는 도 16에서의 비한정적인 예시적 구조에 의해 예시된 바와 같은 환원된 그래핀 산화물을 포함한다.

[0060] 특정한 실시예에 있어서, 그래핀 성분(예컨대, 환원된 그래핀 성분)은 약 60% 이상(예컨대, 60% 내지 99%)의 탄소, 예를 들어 약 70 중량% 이상, 약 75 중량% 이상, 약 80 중량% 이상, 약 85 중량% 이상, 약 90 중량% 이상, 또는 약 95 중량% 이상(예컨대, 최대 약 99 중량% 이상)의 탄소를 포함한다. 특정한 실시예에 있어서, 그래핀 성분(예컨대, rGO)은 약 35 중량% 이하(예컨대, 0.1 중량% 내지 35 중량%)의 산소, 예컨대 25 중량% 이하(예컨대, 0.1 중량% 내지 25 중량%)의 산소, 또는 약 20 중량% 이하, 약 15 중량% 이하, 약 10 중량% 이하(예컨대, 최소 약 0.01 중량%, 최소 약 0.1 중량%, 최소 약 1 중량% 등)의 산소를 포함한다. 특정한 실시예에 있어서, 그래핀 성분(예컨대, rGO)은 약 0.1 중량% 내지 약 10 중량%의 산소, 예컨대 약 4 중량% 내지 약 9 중량%, 약 5 중량% 내지 약 8 중량%, 기타 등등의 산소를 포함한다. 특정한 실시예에 있어서, 예컨대 산화된 탄소 함유물 재료(예컨대, 그래핀 성분)가 환원되는 실시예에 있어서, 탄소 대 산소의 높은 비율이 그래핀 성분에 대해 고려된다.

[0061] 일부 실시예에 있어서, 본원에서 설명하는 프로세스는 고도로 균일한 박막 및 코팅을 형성하기 위해 그래핀 성분(예컨대, 산화된 그래핀 성분)의 고 처리량의 처리에 유용하다. 특정한 실시예에서는, 통상적인 기법을 이용하여 가능한 것보다 더 큰 농도의 그래핀 함유물 성분이 처리될 수 있다. 특정한 실시예에 있어서, 본원에서 제시되는 유체 원료는 적어도 0.5 중량% 또는 적어도 1 중량%의 그래핀 함유물 성분, 예컨대 적어도 2 중량%의 그래핀 함유물 성분, 적어도 2.5 중량%의 그래핀 함유물 성분, 적어도 3 중량%의 그래핀 함유물 성분, 적어도 5 중량%의 그래핀 함유물 성분 등을 포함한다(예컨대, 최대 15 중량%, 최대 10 중량% 등임). 특정한 실시예에 있어서, 상기 유체 원료는 약 2 중량% 내지 약 15 중량%(예컨대, 약 10 중량% 내지 약 15 중량%)의 그래핀 함유물 성분을 포함한다.

[0062] 상기 첨가제는 임의의 원하는 농도로 본원에 제시된 유체 원료에 존재하며, 최대로는 본원에서 설명되는 시스템을 이용하는 전자분무 또는 본원에서 설명되는 프로세스에 따른 전자분무가 가능한 농도로 존재한다. 일부 경우에는, 본원에서의 특정한 경우에서 설명된 바와 같이 제어된 가스 스트림과 함께 유체 원료를 전자분무하는 것은, 매우 큰 농도의 폴리머 및/또는 첨가제를 포함하는 유체 원료의 전자분무를 허용한다. 일부 경우에 있어서, 유체 원료에서의 첨가제의 농도는 최대 약 70 중량%이다. 구체적인 실시예에 있어서, 유체 원료에서의 첨가제의 농도는 약 5 중량% 내지 약 50 중량%이다.

[0063] 특정한 실시예에 있어서, 상기 액체 매체는 임의의 적절한 용제 또는 현탁제(suspending agent)를 포함한다. 일부 실시예에 있어서, 상기 액체 매체는 단지 매개체로서 사용되며, 궁극적으로는 예컨대 전자분무 프로세스 동안의 기화에 의해 및/또는 성막물의 건조 시에 제거된다. 특정한 실시예에 있어서, 상기 액체 매체는 물, 알코올(예컨대, 메탄올, 에탄올, 이소프로판올, 프로판올, 부틸 알코올 등), 디메틸포름아미드(DMF), 테트라하이드로푸란(THF), 디메틸아세트아미드(DMAc), N-메틸-피롤리돈(NMP) 또는 이들의 조합을 포함한다. 특정한 실시예에 있어서, 상기 액체 매체는, 원하는 재료, 예컨대 세라믹으로 증착 시에 변환되는 액체 전구체 재료를 포함한다. 일부 구체적인 실시예에 있어서, 상기 액체 매체는 폴리실라잔, 실세스퀴옥산[예컨대 POSS(polyhedral oligomeric silsesquioxane) 또는 PSSQ(polysilsesquioxane)], 또는 이들의 조합을 포함하며, 예컨대 여기서는 세라믹 매트릭스를 포함하는 성막물이 요구된다.

[0064] 일부 실시예에 있어서, 폴리실라잔은 일반적인 조성식(I)의 구조를 갖는다.

[0065] $-(\text{SiR}^1\text{R}^2-\text{NR}^3)_n-$ (I)

[0066] 일부 경우에 있어서, 폴리실라잔은 체인 구조, 고리 구조, 가교 구조 또는 이들의 혼합 구조를 갖는다. 도 5는 고리 구조 및 체인 구조를 갖는, 조성식 I의 복수 개의 유닛을 갖는 예시적인 실라잔 구조를 예시한 것이다. 다양한 실시예에 있어서, 폴리실라잔은 임의의 적절한 개수의 유닛, 예컨대 2 내지 10000개의 유닛을 포함하며 및/또는 n은 임의의 적절한 값, 예컨대 2 내지 10000 사이의 정수이다. 특정한 실시예에 있어서, 조성식 I의 폴리실라잔은, 100 내지 100000의 값을 가지며, 바람직하게는 300 내지 10000의 값을 갖는 n의 값을 나타낸다. 추가적인 유닛이 선택적으로 존재하며, 여기서 각각의 R^1 또는 R^2 는 N 군에서 다른 유닛과 선택적으로 가교 결합되고, 예컨대 다른 유닛의 R^3 과 함께 형성되며, 결합(전술한 가교 결합)은 선택적으로 별도의 선형 체인들 사이의 링크(link)를 형성하거나, 또는 고리 구조를 형성하거나, 또는 이들의 혼합 구조를 형성한다. 예시적인 실시예에 있어서, 조성식 I의 화합물은 제1 구조, 예컨대, $-(\text{SiHCH}_3-\text{NCH}_3)-$ 인 제1 구조를 갖는 복수 개의 유닛 및 제2 구조, 예컨대 $-(\text{SiH}_2\text{NH})-$ 인 제2 구조를 갖는 복수 개의 유닛을 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 제1 구조 대 제2 구조의 비율은 1 : 99 내지 99 : 1이다. 또한, 특정한 실시예에 있어서, 조성식 I의 화합물은 선택적으로, 제3 구조를 갖는 복수 개의 유닛을 포함하며, 예컨대 여기서 제1 구조 대 제3 구조의 비율은 1 : 99 내지 99 대 1이다. 다양한 제1 구조, 제2 구조 및 선택적인 제3 구조는, 일부 다른 정렬 순서로 또는 무작위적으로 블록 내에서 정렬될 수 있다. 구체적인 실시예에 있어서, 각각의 R^1 , R^2 및 R^3 는 H 및 대체된 알킬 또는 비대체된 알킬(직선 체인, 브랜치, 고리, 또는 이들의 조합임; 포화되거나 불포화됨)로부터 독립적으로 선택된다. 예시적으로 본원에 제시된 폴리실라잔은 도 10의 하나 이상의 유닛을 포함하며, 여기서 x, y, 및 z는 개별적으로 임의의 적절한 정수이고, 예컨대 1 내지 약 100 또는 1 내지 약 1000 이상이며, R은 R^1 또는 R^2 에 대해 앞서 설명한 바와 같다.

[0067] 일부 실시예에 있어서, 본원에서의 액체 매체에서 사용되는 실세스퀴옥산 화합물은 일반적인 조성식(II)의 구조를 포함한다.

[0068] $-(\text{SiR}^1\text{R}^2-\text{O})_n-$ (II)

[0069] 일부 경우에 있어서, 상기 화합물은 케이지(cage) 구조[예컨대, 다면체 올리고머(polyhedral oligomeric) 구조] 또는 개방 케이지 구조(예컨대, 상기 케이지로부터 SiR^1 이 제거되어 있음)를 갖는 실세스퀴옥산이다. 도 6은 예시적인 케이지를 예시한 것이며, 여기서 n은 8이다(여기서, 도 6의 R기는 이때 R^1 에 의해 한정됨). 도 7은 예시적인 개방 케이지를 예시한 것이며, 여기서 n은 7이다(여기서, 도 7의 R기는 이때 R^1 에 의해 한정됨). 일부 경우에 있어서, -O-를 형성하기 위해 다른 유닛의 R^1 기 또는 R^2 기와 함께 일 유닛의 R^1 기 또는 R^2 기를 취하게 된다. 특정한 실시예에 있어서, 케이지 구조가 선택적으로 형성되며, 이때 여러 개의 R^1 기 또는 R^2 기는 다른 유닛의 R^1 기 또는 R^2 기와 함께 취하여 진다(예컨대, 도 6에서 예시된 바와 같음). 다양한 실시예에 있어서, 폴리실라잔은 임의의 적절한 개수의 유닛, 예컨대 2 내지 20개의 유닛을 포함하며 및/또는 n은 임의의 적절한 값, 예컨대 2 내지 20 사이의 정수, 예를 들어 7 내지 16이다. 특정한 실시예에 있어서, 케이지는 8개의 유닛을 포함하지만, 더 큰 케이지가 선택될 수 있다. 추가적으로, 유닛들 중 하나가 없는 개방 케이지가 또한 선택될 수 있다.

[0070] 일부 실시예에 있어서, 유체 원료는 임의의 적절한 점도를 갖는다. 추가적으로, 본원에서 설명하는 프로세스 및 시스템은, 필요하다면 고도로 점성인 유체 원료(그리고 예컨대 고도로 로딩된 유체 원료)를 이용하는 성막물 및 코팅의 전자분부 제조를 허용한다. 예를 들면, 일부 실시예에 있어서, 본원에서의 시스템 및 프로세스에서 사용되는 유체 원료는 약 0.5 센티푸아즈(cP) 이상, 예컨대 약 5 cP 이상 혹은 약 1 cP 내지 약 10 Poise의 점도를 갖는다. 보다 구체적인 실시예에 있어서, 점도는 약 10 cP 내지 약 10 Poise이다. 일부 경우에 있어서, 본원에서 설명되는 가스 구동식 시스템 및 프로세스는, 종래의 기법을 이용하여서는 가능하지 않은, 양호하고 처리량이 큰 박막의 형성을 가능하게 하기에 충분한 함유물 성분을 갖는 에어로졸 또는 플럼의 생성을 허용한다. 특정한 실시예에 있어서, 유체 원료의 점도는, 적어도 200 센티푸아즈(cP), 예컨대 적어도 500 cP, 적어도 1000 cP, 적어도 2000 cP, 적어도 2500 cP, 적어도 3000 cP, 적어도 4000 cP 등(예컨대, 최대 20000 cP, 최대 약 10000 cP 등)이다. 특정한 실시예에 있어서, 유체 원료의 점도는 약 2,000 cP 내지 약 10,000 cP이다.

- [0071] 일부 실시예에 있어서, 본원에서의 프로세스는 전자분무 노즐에, 예컨대 본원에 제시된 바와 같은 노즐에 전압을 인가하는 것을 포함하며, 본원에 제시되는 시스템은 전자 분무 노즐에, 예컨대 본원에 제시된 바와 같은 노즐에 전압을 인가하도록 구성된다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 전압은 내측 도관에(예컨대, 내측 도관의 벽에) 제공된다. 특정한 실시예에 있어서, 노즐에 대한 전압의 인가는 노즐에서의(예컨대, 노즐의 내측 도관의 유출구에서의) 전기장을 제공한다. 일부 경우에 있어서, 상기 전기장은 노즐에서의(예컨대, 노즐의 내측 도관의 유출구에서의) "원추"[예컨대, 테일러 콘(Taylor cone)][예컨대, 도 1의 106 및 107에 의해 예시된 바와 같은]의 형성을 유발하며, 궁극적으로 제트의 형성을 유발한다. 특정한 경우에 있어서, 원추의 형성 이후에, 상기 제트는, 작으면서 고도로 대전된 액체 점적으로 부서지며, 이러한 액적은 예컨대 쿨롱 반발력(Coulumb repulsion)으로 인해 분산된다.
- [0072] 일부 실시예에 있어서, 임의의 적절한 전압(예컨대, 직류 전압)이 (예컨대, 노즐에) 인가된다. 구체적인 실시예에 있어서, 인가되는 전압은 약 8 kV 내지 약 30 kV이다. 보다 구체적인 실시예에 있어서, 인가되는 전압은 약 10 kV 내지 약 25 kV이다. 특정한 실시예에 있어서, 동력 공급부는 노즐에 전압을 제공하도록 구성된다.
- [0073] 특정한 실시예에 있어서, 본원에서의 프로세스는 전자분무 노즐의 외측 도관의 외측 유입구에 압축 가스를 제공하거나, 또는 본원에서의 시스템은 전자분무 노즐의 외측 도관의 외측 유입구에 압축 가스를 제공하도록 구성된다. 일부 실시예에 있어서, 상기 외측 도관은, 내측 표면을 갖는 외측 벽에 의해 도관의 길이를 따라 에워싸여 있으며, 상기 외측 도관은 외측 도관 유입구 및 외측 도관 유출구를 구비하고 있다. 일부 경우에 있어서, 상기 압축 가스는 압축 캐니스터(pressurized canister)로부터 펌프에 의해 또는 임의의 다른 적절한 메커니즘에 의해 제공된다. 일반적으로, 외측 채널의 유입구에 압축 가스를 제공하는 것은, 고속 가스가 전자분무 노즐의 외측 채널의 유출구로부터 배출되는 결과로 귀결된다. 임의의 적절한 가스 압력 또는 가스 속도가 본원에서의 프로세스 및/또는 시스템에서 선택적으로 이용된다. 구체적인 실시예에 있어서, (예컨대, 외측 채널의 유입구에 대해) 인가되는 가스 압력은 약 15 psi 이상이다. 보다 구체적인 실시예에 있어서, 가스 압력은 약 20 psi 이상, 약 25 psi 이상, 또는 약 40 psi 이상이다. 특정한 실시예에 있어서, 노즐에서의(예컨대, 노즐의 외측 채널의 유출구에서의) 가스의 속도는 약 0.5 m/s 이상, 약 1 m/s 이상, 약 5 m/s 이상, 약 25 m/s 이상 등이다. 보다 구체적인 실시예에 있어서, 이러한 속도는 약 50 m/s 이상이다. 훨씬 더 구체적인 실시예에 있어서, 상기 속도는 약 100 m/s 이상, 예컨대 200 m/s 이상, 또는 약 300 m/s이다. 특정한 실시예에 있어서, 상기 가스는 임의의 적절한 가스, 예컨대 공기, 산소, 질소, 아르곤, 수소, 또는 이들의 조합을 포함하는 가스이다.
- [0074] 특정한 실시예에 있어서, 내측 도관 및 외측 도관은 임의의 적절한 직경을 갖는다. 일부 실시예에 있어서, 외측 도관의 직경은 약 0.2 mm 내지 약 10 mm, 예컨대 약 1 mm 내지 약 10 mm이다. 보다 구체적인 실시예에 있어서, 상기 외측 도관의 직경은 약 0.2 mm 내지 약 5 mm, 예컨대 약 1 mm 내지 약 3 mm이다. 특정한 실시예에 있어서, 상기 내측 도관의 직경은 약 0.05 mm(예컨대, 약 0.1 mm) 내지 약 8 mm, 예컨대 약 0.5 mm 내지 약 5 mm, 예컨대 약 1 mm 내지 약 4 mm이다. 일반적으로, 본원에서 언급된 바와 같이, 상기 내측 도관은 외측 도관 내부에 구성되며, 바람직하게는 동일한 축선을 따라 구성되지만, 또한 본 개시내용의 범위 내에서 약간 오프셋된 구성도 고려된다. 일부 실시예에 있어서, 외측 벽은 외측 도관을 둘러싸며, 외측 벽은 내측 표면(예컨대, 외측 도관을 한정함)을 갖는다. 일부 실시예에 있어서, 내측 벽의 외측 표면과 외측 벽의 내측 표면 사이의 평균 거리(여기서는 도관 간격이라 지칭함)는 임의의 적절한 거리이다. 구체적인 경우에 있어서, 상기 도관 간격은 약 0.2 mm 이상, 예컨대, 약 0.5 mm 이상이다. 보다 구체적인 실시예에 있어서, 상기 도관 간격은 약 0.5 mm 내지 약 5 mm이다. 특정한 실시예에 있어서, 상기 도관 간격은 (예컨대, 플럼에서 그리고 수집 기재 상에서 충분히 작은 액적 크기를 제공하기 위해, 그리고 충분히 균일한 함유물 분산을 제공하기 위해) 노즐에서의 고속 가스를 가능하게 하기에 충분히 작고, 노즐로부터 배출되는 대전된 유체(제트)의 충분한 붕괴를 가능하게 하기에 충분히 작다. 일부 실시예에 있어서, 내측 채널 및 외측 채널은 동일하거나 유사한 길이방향 축선을 따라 연장되며, 상기 축선을 따라 연장되는 상기 내측 채널 및 외측 채널 양자 모두의 길이는 도관 중첩 길이이다. 일부 실시예에 있어서, 내측 도관 길이, 외측 도관 길이, 및 도관 중첩 길이는 약 0.1 mm 내지 약 100 mm 이상이다. 구체적인 실시예에 있어서, 내측 도관 길이, 외측 도관 길이 및 도관 중첩 길이는 약 0.5 mm 내지 약 100 mm, 예컨대 약 1 mm 내지 약 100 mm, 약 1 mm 내지 약 50 mm, 약 1 mm 내지 약 20 mm 등이다. 특정한 실시예에 있어서, 도관 중첩 길이 대 제1 직경의 비율은 약 0.5 대 약 10, 예컨대 약 1 대 약 10이다. 일부 실시예에 있어서, 내측 도관은 외측 도관보다 길고, 내측 도관은 예컨대 도 1(108 및 109) 및 도 8에 예시된 바와 같이 외측 도관 너머로 돌출된다. 일부 실시예에 있어서, 돌출 길이는 약 -0.5 mm 내지 약 1.5 mm, 예컨대 약 0 mm 내지 약 1.5 mm이다.
- [0075] 특정한 실시예에 있어서, 본원에서의 프로세스는 수집하는 단계를 포함하며, 및/또는 본원에서의 시스템은 기재

상에 플럼의 액적 및/또는 나노스케일 입자를 수집하도록 구성된다. 구체적인 실시예에 있어서, 이러한 작은 입자/액적의 수집은, 기재 상에서의 균일한 성막물의 형성을 가능하게 한다. 또한, 작은 크기의 입자 및/또는 액적이 본원에서 설명하는 시스템 및 프로세스에 의해 형성된다면, 얇고 및/또는 균일한 층을 갖는 성막물을 형성하는 것, 그리고 이 성막물의 두께를 양호하게 제어하는 것이 가능하다. 일부 실시예에 있어서, 상기 기재는 노즐의 유출구에 대향하게 위치 설정된다. 도 3은, 기재(303)에 대향하여 위치 설정되는 전자분무 노즐(302)의 बैं크(bank; 301)를 포함하는 예시적인 시스템(300)으로서, 본원에 제시된 시스템을 예시한 것이다. 도 3은 또한 기재(303) 및 노즐(302)의 확대도(306)를 예시한 것이다. 도 3에 예로서 제시된 바와 같이, 기재 상에 유체 원료를 전자분무하면 기재 상에 성막물(304)(예컨대, 나노스케일 코팅)이 형성된다. 일부 실시예에 있어서, 상기 기재 및/또는 전자분무 बैं크는 이동 가능하게 구성되어, 기재 상에서의 용이한 성막을 가능하게 한다. 도 3에 예시된 바와 같이, 기재(303)는 선택적으로 롤(305)에 고정되도록 구성되며, 및/또는 बैं크는, बैं크가 이동할 때 기재 상에 코팅을 성막하면서 기재의 표면을 따라 이동하도록 구성된다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 기재는 자체로 접지되거나, 또는 접지된 구성요소("컬렉터")와 노즐 사이에 위치 설정된다. 대안으로, 본원에 설명되는 바와 같이, 전압이 "컬렉터"에 인가되며, 노즐이 접지된다.

[0076] 일부 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 성막물은 얇은 층의 성막물이며, 이는 임의의 수의 용례에 대해 적합하다. 다양한 실시예에 있어서, 상기 성막물은, 매트릭스 재료(예컨대, 폴리머 또는 세라믹)를 포함하는 코팅으로서, 선택적으로 함유물(예컨대, 나노구조의 함유물)을 더 포함하는 코팅이다. 일부 실시예에 있어서, 상기 함유물은 매트릭스 상에 및/또는 매트릭스 내에 분산된다. 다른 실시예에 있어서, 본원에 제시된 성막물은 나노구조와 같은 복수의 구조를 포함하는 코팅이다(예컨대, 나노구조는 코팅을 형성하며 기재 상에 분산됨). 또한, 본원에서는, 일부 실시예에 있어서, 성막물 또는 코팅, 예컨대 본원에서 설명하는 프로세스에 따라 제조되거나 제조될 수 있는 얇은 층의 코팅을 포함하는 제조 물품이 제시된다. 특정한 실시예에 있어서, 본원에서는 기재의 표면 상에 본원에 설명한 코팅 또는 성막물을 포함하는 기재가 제시된다.

[0077] 본원에서 논의된 바와 같이, 본원에서 설명하는 프로세스 및 시스템은, 본원에 언급되고 본원에 제시된 성막물의 두께에 대한 양호한 제어를 가능하게 한다. 일부 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 성막물은 얇은 층의 성막물이며, 예컨대 1 mm 이하, 예를 들어 1 마이크로 내지 약 1 mm의 평균 두께를 갖는다. 구체적인 실시예에 있어서, 상기 성막물은 약 500 마이크로 이하, 예컨대 약 1 마이크로 내지 약 500 마이크로, 약 1 마이크로 내지 약 250 마이크로, 또는 약 10 마이크로 내지 약 200 마이크로인 두께를 갖는다. 또한, 본원에서 설명되는 프로세스 및 시스템은 얇은 층의 성막물의 제조를 가능하게 할 뿐만 아니라 고도로 균일하며 얇은 층의 성막을 가능하게 한다. 일부 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 성막물은 평균 두께를 가지며, 여기서 두께 변동은 평균 두께의 50 % 미만이고, 예컨대 평균 두께의 30 % 미만이며, 또는 평균 두께의 20 % 미만이다. 추가적으로, 나노 함유물(첨가제)이 유체 원료 및/또는 성막물에 포함되는 일부 실시예에 있어서(예컨대, 성막물은 매트릭스 재료를 포함하며, 예컨대 폴리머 매트릭스 재료를 포함함), 나노 함유물(첨가제)의 분산은, 나노 함유물들 사이의 대부분의 가능한 거리가 약 100 nm 내지 약 1000 nm가 되도록 이루어진다.

[0078] 또한, 일부 실시예에 있어서, 유체 원료 내의 임의의 첨가제는 전자분무 이전에 용해되고 및/또는 양호하게 분산되어 예컨대 전자분무 노즐의 클로깅(clogging)을 최소화하고, 결과적인 성막물의 임의의 함유물 및/또는 기타 등등의 분산에 대한 양호한 균일도를 보장하는 것이 바람직하다. 구체적인 실시예에 있어서, 유체 원료는 노즐(예컨대, 노즐의 내측 도관 유입구)에 제공되기에 앞서 교반되거나, 또는 상기 시스템은 노즐에 제공하기에 앞서 유체 원료를 교반하도록 구성된다(예컨대, 유체 원료 저장소와 관련된 기계적인 교반기 또는 초음파 시스템을 제공하는 것에 의함. 예컨대 이러한 기계적인 교반기 또는 초음파 시스템은 본원에 제시된 전자분무 노즐의 내측 도관의 유입구에 유체 연결됨).

[0079] 구체적인 실시예 및 예시적인 실시예에 있어서, 본원에 제시된 프로세스 및 시스템은, 투명하고 및/또는 기재에 대해 소수성 및/또는 소유성(oleophobic)(지문 방지) 특성을 부여하는 기재 상에 성막물을 제조하기에 유용하다. 추가적으로, 일부 경우에 있어서, 상기 표면은 반사 방지형이다. 구체적인 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 프로세스 및/또는 시스템은 이러한 표면을 제작하기 위해 사용된다. 따라서, 일부 실시예에 있어서, 적절한 상기 유체 원료는, 예컨대 폴리실라잔, 및/또는 실세스퀴옥산[예컨대, POSS(polyhedral oligomeric silsesquioxane) 및/또는 PSSQ(polysilsesquioxane)]을 포함한다. 추가적인 실시예 또는 대안적인 실시예에 있어서, 상기 유체 원료는 투명한 폴리머를 포함한다[예컨대, 폴리머는 코팅, 예를 들어 박막(예를 들어, 균질한 박막)의 형태로서 투명하며 성막물의 두께보다 작은 두께, 예컨대 1 mm 이하의 두께를 가짐]. 이러한 폴리머의 비한정적인 예는 폴리카보네이트[폴리(비스페놀 카보네이트)] 또는 본원에 설명되는 임의의 다른 적절한 폴리머이다. 바람직한 실시예에 있어서, 상기 폴리머는 용해 가능하지 않으며 물에서 불립 가능하지 않다. 특정한 실

시예에 있어서, 상기 유체 원료는 추가적으로 또는 대안으로 나노구조의 함유물, 예컨대 실리카 나노입자, 또는 본원에 설명되는 임의의 다른 적절한 함유물을 포함한다. 일부 실시예에 있어서, 상기 유체 연료는 추가적으로 또는 대안으로 플로오로알킬 실란 또는 퍼플로오로폴리에테르 알콕시 실란을 포함한다(예컨대, 알킬 또는 알크는, 포화되거나 또는 불포화된, 1개 내지 20개의, 예컨대 1개 내지 6개의, 탄소 원자를 갖는 직선 체인형 또는 브랜치형 탄화수소임. 예를 들어 메틸, 에틸, 프로필, 이소프릴, 부틸, t-부틸, sec-부틸, 펜틸, 헥실 등임). 구체적인 실시예에 있어서, 상기 유체 원료는 폴리카보네이트, 실리카 나노입자, 유기 폴리실라잔, 및 플로오로알킬 실란을 포함하며, 폴리카보네이트 대 실리카 나노입자 대 유기 폴리실라잔 대 플로오로알킬 실란의 비율은 약 1 내지 약 70(예컨대, 약 1 내지 약 50 또는 약 10 내지 약 30) 중량부의 폴리머(예컨대, 폴리카보네이트) 대 약 1 내지 약 95(예컨대, 약 5 내지 약 70, 또는 약 10 내지 약 50 또는 약 20 내지 약 40) 중량부의 함유물(예컨대, 실리카 나노입자) 대 약 1 내지 약 99(예컨대, 약 10 내지 약 90, 약 25 내지 약 75, 약 40 내지 약 60 또는 약 50) 중량부의 세라믹 전구체(예컨대 유기 폴리실라잔)이다. 추가적인 실시예에 있어서, 상기 유체 원료는 플로오로화된 오르가노실란(예컨대, 플로오로알킬 실란), 예컨대 약 0.05 내지 약 5(예를 들어, 약 0.1 내지 약 2.5 또는 약 0.5 내지 약 1.5) 중량부를 더 포함한다.

[0080] 특정한 실시예에 있어서, 본원에서 제시되는 초소수성 표면은 약 130 도 이상, 예컨대 약 135 도 이상의 접촉 각도(예컨대, 물에 대한 접촉 각도)를 갖는다. 청구항 38의 프로세스에서는, 초소수성 표면이 적어도 130 도의 물 접촉 각도를 갖는다. 도 9는, 본원에서 설명하는 시스템을 이용하여 그리고 본원에서 설명하는 프로세스에 따라 준비된, 비한정적이고 예시적인 초소수성 표면(901)을 예시한 것이다. 본원에서 설명하는 시스템을 이용하여 그리고 본원에서 설명하는 프로세스에 따라 준비된 비한정적인 예시적 표면의 표면(902) 상의 액적(903)의 확대도(905)에 나타난 바와 같이, 초소수성 표면이 도시되어 있으며, 여기서 표면(902) 상에서의 물의 비드(bead; 903)는 약 136 도의 접촉 각도(904)를 갖는다.

[0081] 일부 실시예에 있어서, 예컨대 본원에서 설명하는 코팅을 포함하는 제조 물품이 본원에 제시된다. 특정한 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 제조 물품은 본원에서 설명하는 성막물(예컨대, 얇은 층의 성막물)을 포함한다. 구체적인 실시예에 있어서, 본원에는 일 표면을 갖춘 기재를 포함하는 제조 물품이 제시되며, 상기 표면은, 본원에서 설명된 바와 같은 초소수성 표면 특징을 부여하는 재료로 적어도 부분적으로 코팅된다. 구체적인 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 제조 물품은, 폴리머 매트릭스, 및 이 폴리머 매트릭스에 (및/또는 폴리머 매트릭스의 표면 상에) 내장되는 복수 개의 나노 함유물을 포함하는 코팅 또는 성막물을 포함한다. 또 다른 보다 구체적인 실시예에 있어서, 상기 폴리머 매트릭스는 폴리카보네이트를 포함하며, 나노 함유물은 실리카 나노입자를 포함한다. 일부 실시예에 있어서, 일 표면을 포함하는 제조 물품은, 비한정적인 예로서, 건물 또는 자동차에서와 같은 윈도우 판유리, 안경 유리, 랩탑 컴퓨터, 컴퓨터 모니터, 텔레비전, 태블릿, 모바일 폰(예컨대, 스마트폰), PDA, 시계, 및 다른 물품과 같은 임의의 적절한 물품이다.

[0082] 특정한 실시예에 있어서, 상기 기재는 임의의 적절한 기재(예컨대, 접지된 기재, 또는 전자분무 노즐과 접지된 판 사이에 위치하는 기재)이다. 일부 실시예에 있어서, 수집된 박막은 선택적으로 기재로부터 제거되어 자기 지지식 박막(예컨대, 2차 표면 상에 선택적으로 성막됨)을 제공한다.

[0083] 일부 경우에 있어서, 본원에 제시되는 재료 또는 박막/성막물은 밀도가 높고(예컨대, 약 0.1 g/cm^3 이상, 약 0.5 g/cm^3 이상, 약 1.0 g/cm^3 이상, 1.5 g/cm^3 이상, 약 0.7 g/cm^3 내지 약 2 g/cm^3 등), 가요성이며 및/또는 얇은 층의 박막 또는 성막물이다.

[0084] 일부 실시예에 있어서, 본원에 제시되는 코팅 또는 박막을 형성하기 위해서는 비교적 소량의 함유물이 요구되며, 이에 따라 코팅 또는 박막은 코팅 또는 박막의 표면에 걸쳐 양호한 성능 균일도를 나타낸다. 일부 경우에 있어서, 본원에 제시되는 프로세스는, 고성능 재료를 제작하기 위해서 뿐만 아니라 매우 양호한 균일도 및 매우 적은 결함 특징(예컨대, 이러한 결함은 시간의 경과에 따라 성능 저하를 초래할 수 있음)을 나타내는 얇은 재료를 제작하기 위해서 양호하게 구성된다.

[0085] 본원에서의 다양한 실시예에 있어서, 함유물 및 재료는 구체적인 특징을 갖는 것으로 설명되어 있다. 이러한 개시내용은, 식별되는 구체적인 특징과 동일한 평균을 갖는 복수 개의 전술한 함유물에 관한 개시내용을 포함하며, 이와 반대로도 성립한다는 것을 이해해야만 한다.

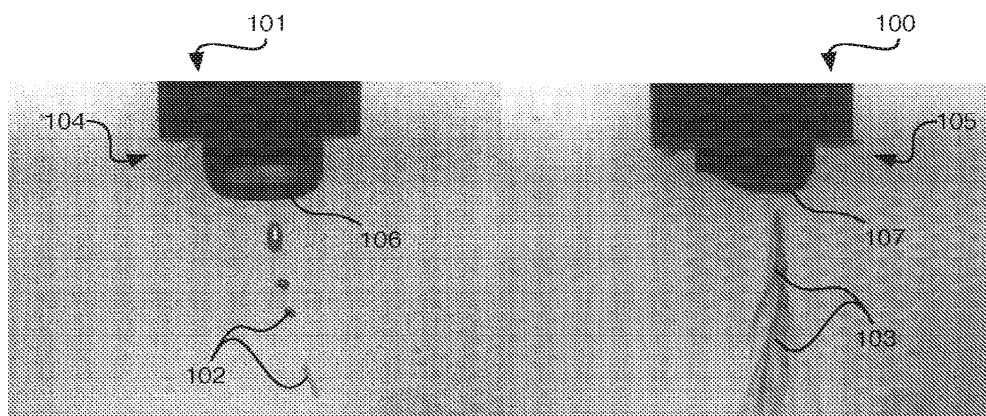
[0086] 예

[0087] 예 1

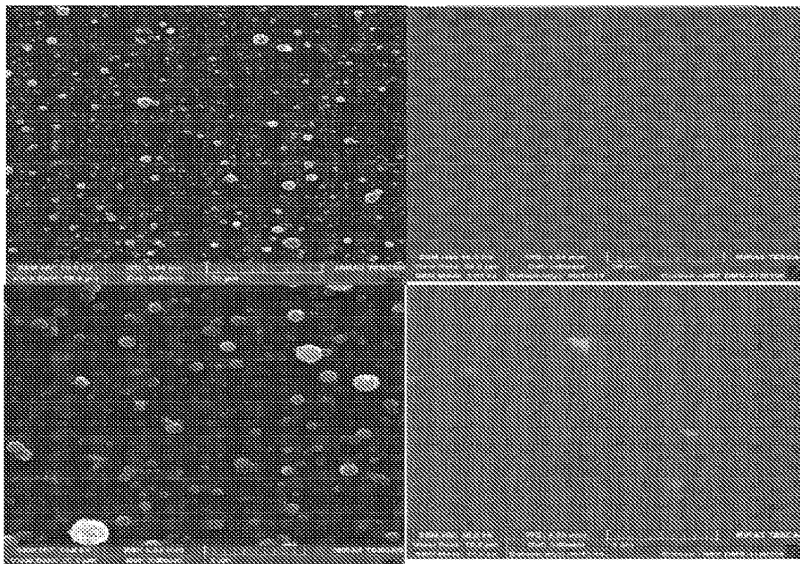
- [0088] 물 속에 3 중량%의 폴리비닐알코올(PVA)을 포함하는 유체 원료가 준비된다. 이러한 용액은 비-가스제어식 전자분무 노즐에 제공되며, 이 전자분무 노즐에는 약 10 kV 내지 약 15 kV의 직류 적압이 유지된다. 접지된 컬렉터는 약 20 cm 내지 약 25 cm의 거리에서 전자분무 노즐에 대향하게 위치 설정된다. 전자분무 프로세스의 고속 영상은 도 1(좌측 패널)에 예시되어 있으며, PVA 성막물은 도 2(좌측 패널)에 예시된 바와 같이 컬렉터 상에서 수집된다. 도 2에 예시된 바와 같이, 성막물은 불규칙하며, 대형 PVA 비드가 명확하게 보인다.
- [0089] 3 중량%의 PVA 용액은 또한 본원에서 설명되는 바와 같이 동축으로 구성된 노즐을 이용하여 가스(공기) 스트림(약 11 SCFH의 Q_{air}) 내로 용액을 분사함으로써 전자분무된다. 약 10 kV 내지 약 15 kV의 직류 전압이 노즐에서 유지된다. 접지된 컬렉터는 약 20 cm 내지 약 25 cm의 거리에서 전자분무 노즐에 대향하게 위치 설정된다. 전자분무 프로세스의 고속 영상은 도 1(좌측 패널)에 예시되어 있으며, PVA 성막물은 도 2(좌측 패널)에 예시된 바와 같이 컬렉터 상에서 수집된다. 도 2에 예시된 바와 같이, 성막물은 매우 균일하며, 대형 PVA 비드는 전혀 보이지 않는다.
- [0090] 예 2
- [0091] 폴리카보네이트, 실리카 나노입자, 유기 폴리실라잔, 및 플로오로알킬 실란을 약 20/30/49/1의 비율로 포함하는 유체 원료가 DMF(첨가제 : 액체 매체 = 5 : 95)에 준비된다. 상기 유체 원료는, 예 1에서와 유사한 비-가스제어식 프로세스 및 가스 제어식 프로세스를 이용하여 유리 기재 상에 전자분무된다. 도 9는 가스 제어식 프로세스를 이용하여 코팅된 표면을 예시한 것이다. 2가지 프로세스에 따라 준비된 표면들은 소수성에 대해 시험을 거쳤으며, 가스 제어식 프로세스에 의해 (도 9에 예시된 바와 같이) 약 130 도의 접촉 각도(물에 대한 접촉 각도)를 갖는 표면을 얻는 반면, 기준 유리는 약 104 도의 접촉 각도를 갖고 비-가스제어식 프로세스에 의해 약 120 도의 접촉 각도(물에 대한 접촉 각도)를 갖는 표면을 얻는다. 표면은 또한 공기만으로서의 분무 프로세스를 이용하여 제작되며, 이러한 프로세스에 의해 약 126 도의 접촉 각도를 갖는 표면을 얻는다. 또한, 도 4에 예시된 바와 같이, 코팅된 유리 기재는 양호한 투명도를 유지한다. 대조적으로, 높은 폴리머 농도를 갖는 용액은, (균질한 박막보다는) 나노섬유를 포함하는 코팅을 생성하며, 이는 불량한 투명도를 갖는다(흐려져 불투명하게 됨).
- [0092] 예 3
- [0093] 그래핀 산화물(0.75 중량%)을 포함하는 점성 유체 원료가 수성 매체(첨가제 : 액체 매체 = 0.75 : 99.25)에 준비된다. 상기 유체 원료는, 예 1에서와 유사한 비-가스제어식 프로세스 및 가스 제어식 프로세스를 이용하여 금속 기재 상에 전자분무된다. 비교를 위해, 수성 매체 내의 그래핀 산화물(0.75 중량%)을 이용하는 시스템이 고속 가스 스트림과 함께 그리고 고속 가스 스트림 없이 전자분무된다. 유사한 조건이 이용되며, 여기서 작동 전압은 25 kV이고, 노즐로부터 컬렉터까지의 거리는 20 cm이며, 유량은 0.7 mL/min이다. 도 12(패널 A)의 SEM 영상에 제시된 바와 같이, 유체 원료의 가스 제어식 전자분무 후 30초 경과 후, 그래핀 산화물의 우수한 박막의 형성이 개시되는 것이 관찰된다. 대조적으로, 도 12(패널 B)에 예시된 바와 같이, 공기 없이 유체 원료의 전자분무 후 겨우 30초 경과 후, 대형 액적 및 그래핀 산화물의 모음이 기재 상에서 관찰된다. 도 13(패널 B)에 예시된 바와 같이, 공기가 이용되지 않을 때에는 겨우 1분 후, 액적 병합이 개시되어 진행되는 반면, 도 13(패널 A)에 예시된 바와 같이, 고속 가스와 함께 유체 원료를 분사할 때에는 양호한 박막 형성이 지속적으로 관찰된다. 도 14는, 그래핀 산화물이 (공기 없이) 성막되는 영역에서 심지어 겨우 1분 후에도 대형 결함이 발견되는 것이 예시되어 있다. 도시되어 있는 바와 같이, 최대 20 미크론 이상의 대형 결함이 이미 형성되어 있다. 추가적으로, 공기 없이 분무한 2분 후에, 100 미크론보다 큰 결함이 이미 형성된다. 대조적으로, 심지어 두꺼운 막을 형성하기에 충분히 오래 분무한 때에도, 그래핀 산화물 유체 원료를 분무한 경우 양호하게 정렬된 막이 관찰된다. 도 17은 본원에서 설명하는 가스 제어식 프로세스를 이용하여 매우 균일하고 양호하게 분산되는 GO 박막이 준비된 것인 SEM 영상을 예시한 것이다. 도 17에서 알 수 있는 바와 같이, 심지어 매우 크게 확대하여도, 매우 적고 매우 작은 결함을 갖거나 또는 결함이 전혀 없는 고도로 균일한 GO 박막이 관찰된다.

도면

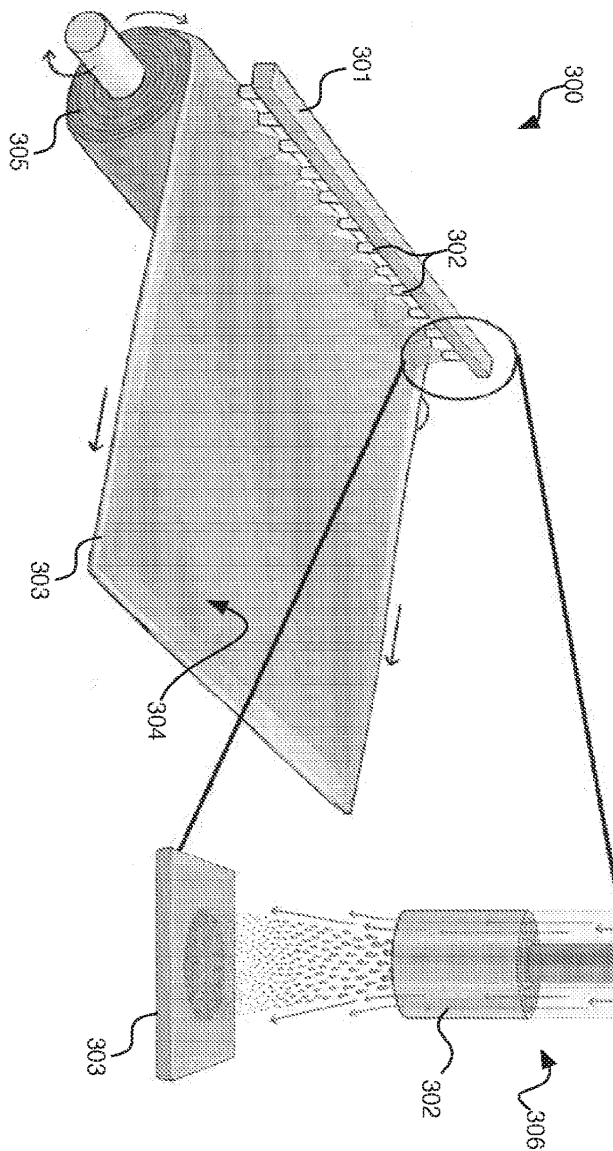
도면1



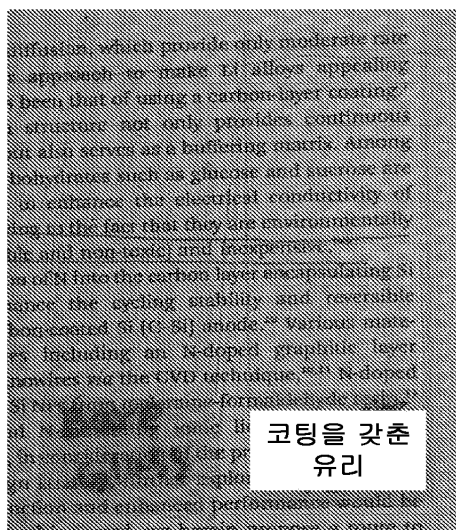
도면2



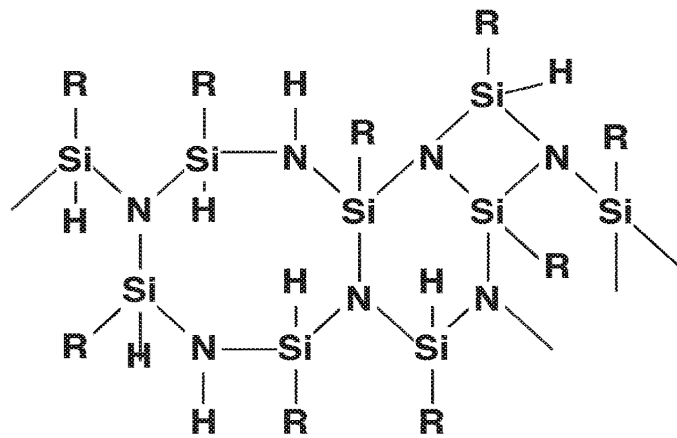
도면3



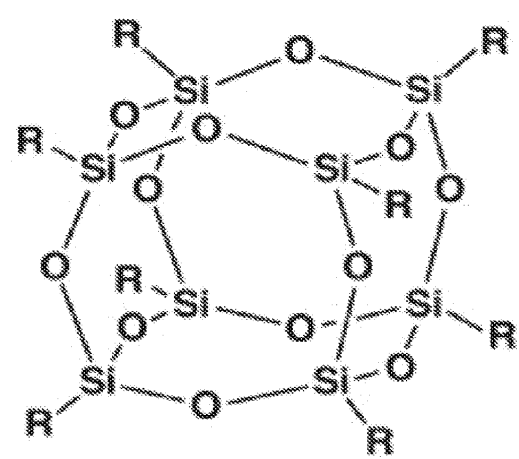
도면4



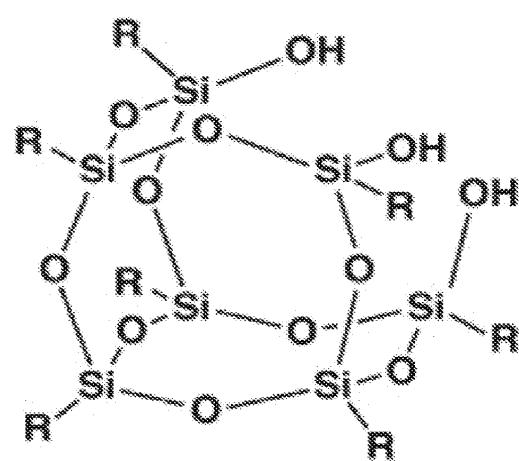
도면5



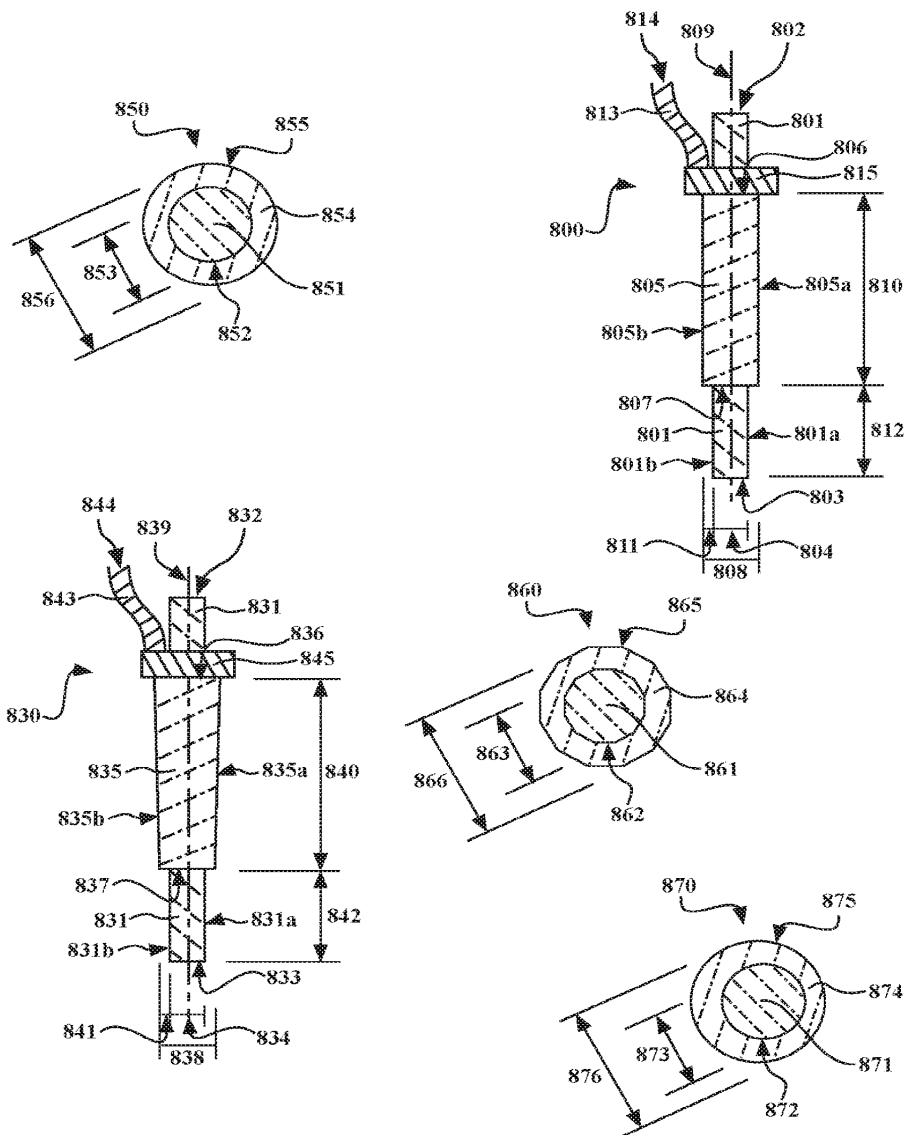
도면6



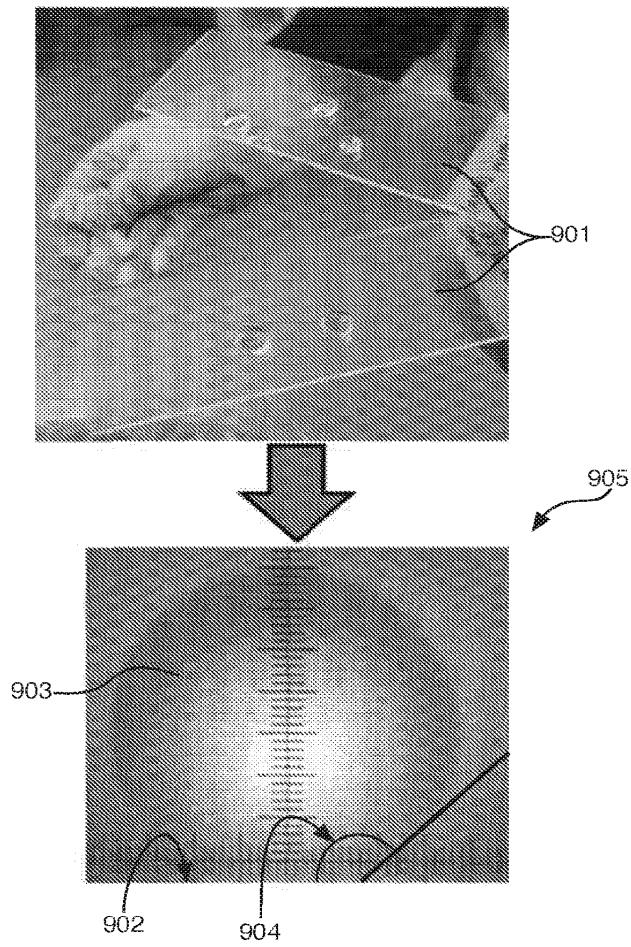
도면7



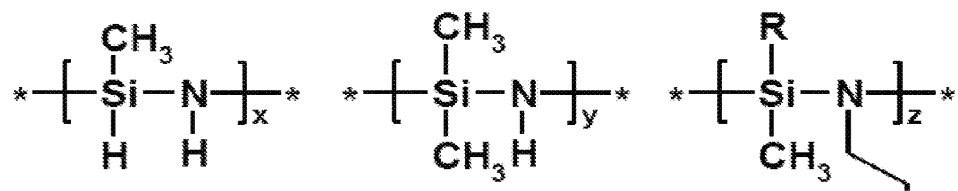
도면8



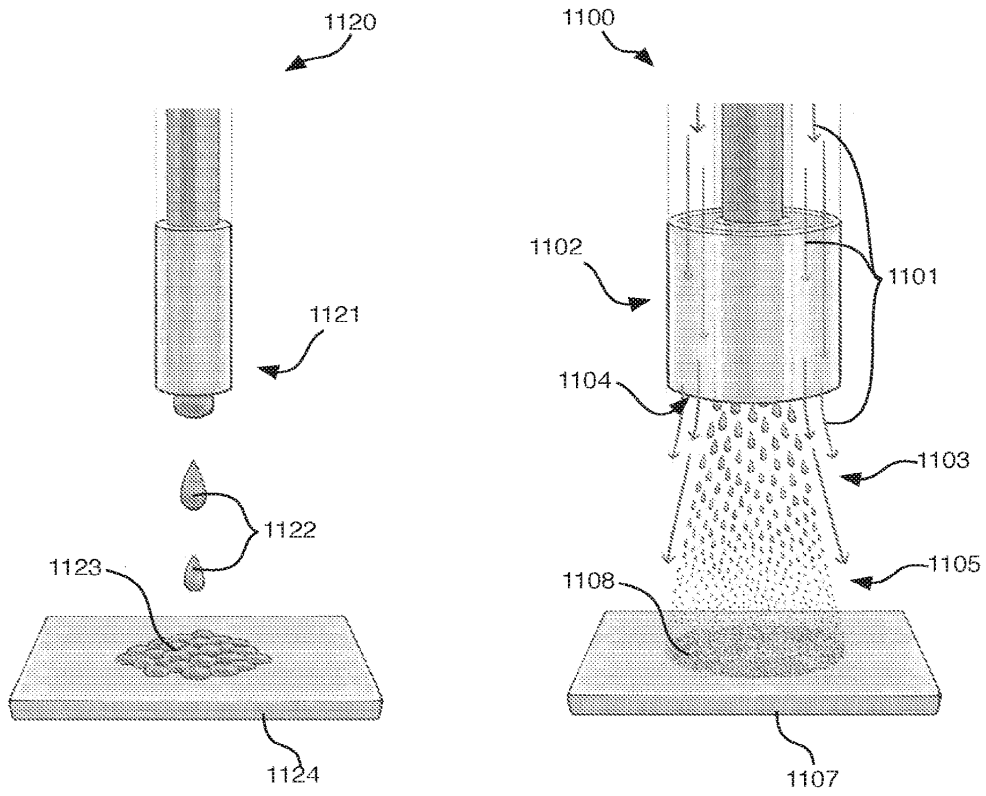
도면9



도면10



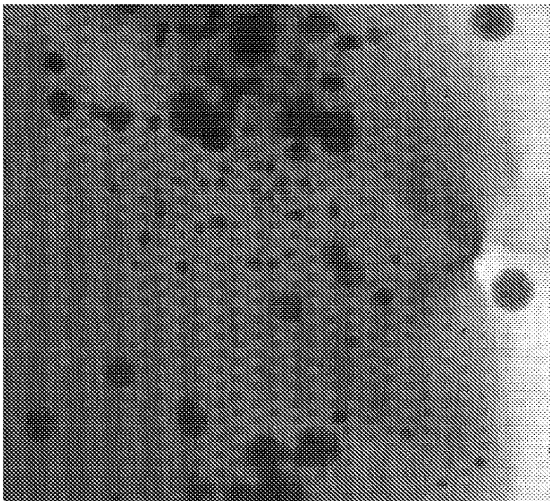
도면11



도면12

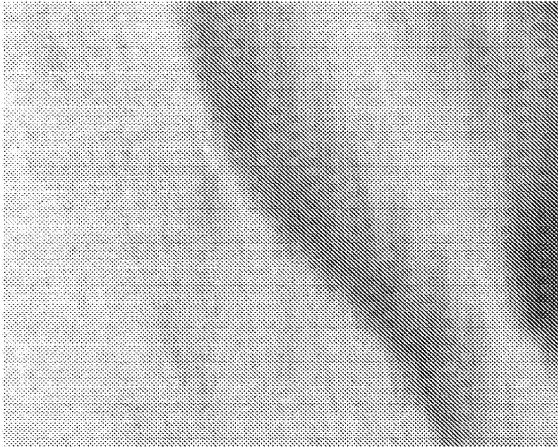


A

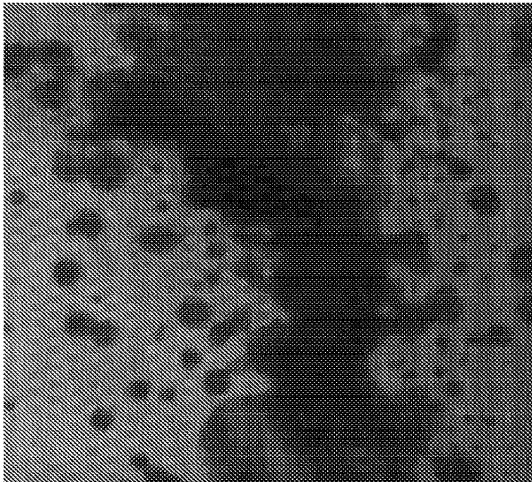


B

도면13

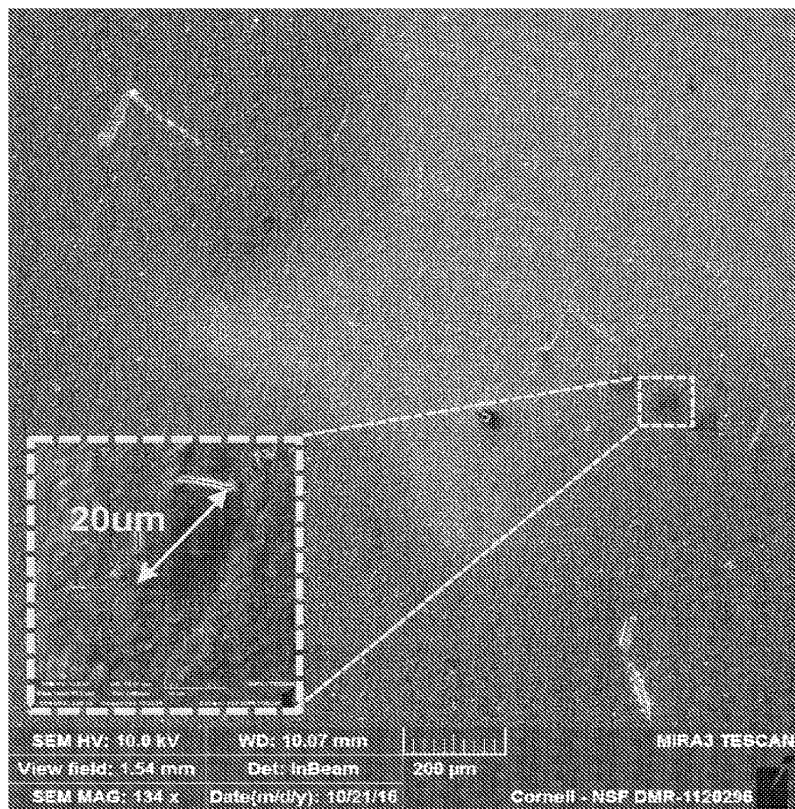


A

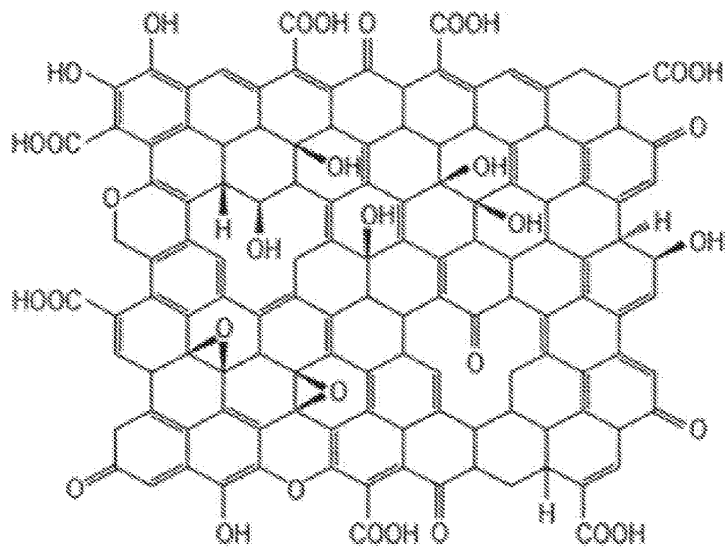
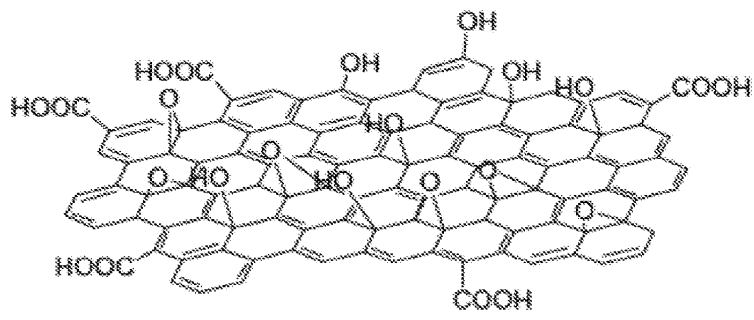


B

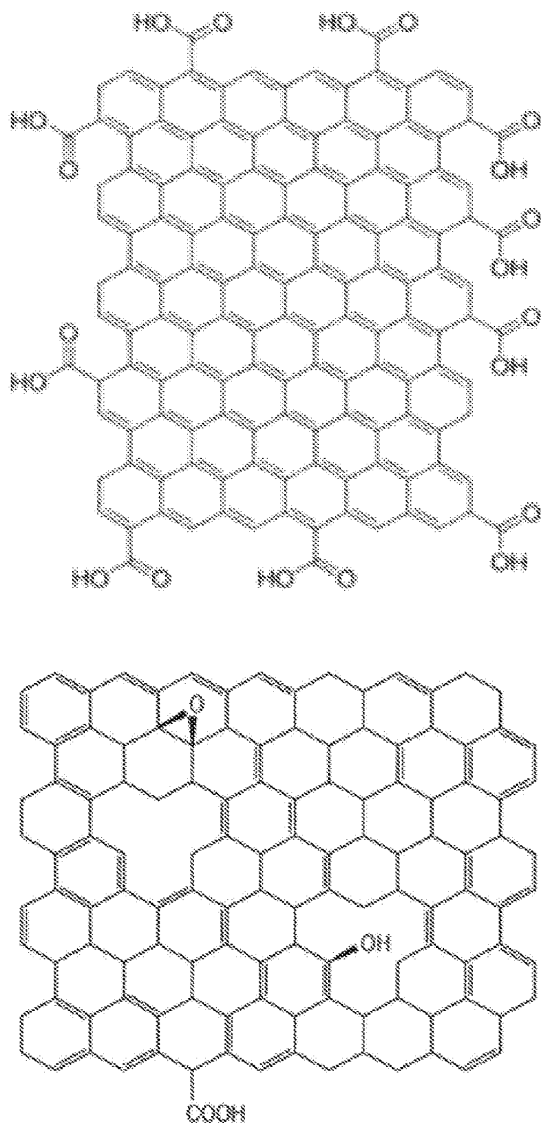
도면14



도면15



도면16



도면17

