(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0084850
(43) 공개일자 2024년06월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 16/455 (2006.01) *C23C 16/44* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C23C 16/45544 (2013.01)
C23C 16/4417 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0169599
(22) 출원일자 2022년12월07일
심사청구일자 2022년12월07일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
심준형
서울특별시 강남구 압구정로 201, 79동 103호
정헌준
인천광역시 계양구 계양문화로 119, 104동 1802호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인시공

전체 청구항 수 : 총 10 항

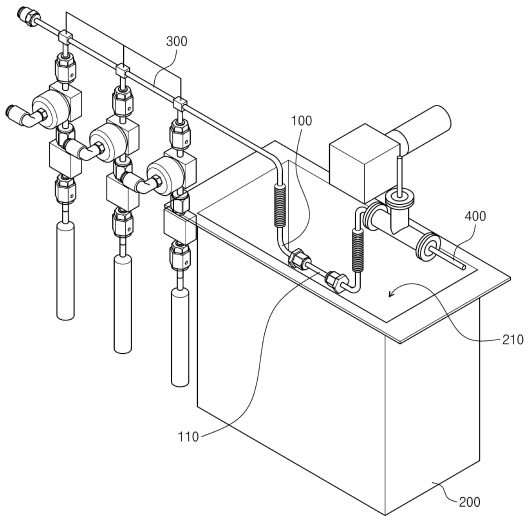
(54) 발명의 명칭 **공진 현상을 이용한 파우더상 원자층 증착 장치 및 증착 방법**

(57) 요 약

본 발명의 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 장치는 파우더가 수용되는 챔버를 포함하는 반응부; 상기 챔버와 접촉하여 진동을 전달하는 매질이 수용되는 내부공간을 포함하는 수조; 상기 챔버의 일단에 연결되어 상기 챔버에 증착 물질을 제공하는 증착 물질 제공부; 상기 챔버의 타단에 연결되어 상기 챔버를 통과한 증착 물질이 배출되는 배출부; 상기 매질을 통해 상기 챔버에 전달되는 상기 진동을 발생시키는 초음파 제공부; 및 상기 배출부와 연결되어 챔버 내부가 진공으로 유지되게 구성되는 진공펌프를 포함한다.

본 발명의 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 장치는 상기 파우더의 입자간 공진이 발생되도록 상기 파우더의 입자의 크기 값에 따라 초음파 제공부에서 제공하는 진동 값을 제어하는 제어부를 더 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C23C 16/45555 (2013.01)
(72) 발명자
서범근
서울특별시 강서구 마곡중앙5로1길 25, 1002호

박해욱
서울특별시 성북구 안암로7길 44, 503호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711155240
과제번호 2021M3I3A1084842
부처명 기획재정부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 미래수소원천기술개발
연구과제명 이상 멀티레이어 구조 기반 고효율 고내구성 중온 수전해 PCEC 수소생산 시스템 개발
기 여 율 1/1
과제수행기관명 고려대학교
연구기간 2022.01.01 ~ 2022.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

원자층 증착 대상인 파우더가 수용되는 챔버를 포함하는 반응부;

상기 챔버의 일단에 연결되어 상기 챔버에 증착 물질을 제공하는 증착 물질 제공부;

상기 챔버와 접촉하여 초음파 진동을 상기 파우더로 전달하는 매질이 수용되는 내부공간을 포함하는 수조; 및

원자층 증착 공정 중에 상기 매질을 통해 상기 초음파 진동을 발생하는 초음파 제공부를 포함하는, 파우더상 원자층 증착 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 파우더의 입자간 공진이 발생되도록 상기 파우더의 입자의 크기 값에 따라 초음파 제공부에서 제공하는 진동 값을 제어하는 제어부를 더 포함하는, 파우더상 원자층 증착 장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 파우더의 종류에 따라 상기 초음파 제공부에서 제공하는 진동 값을 제어하는 제어부를 더 포함하는, 파우더상 원자층 증착 장치.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 반응부는, 상기 챔버의 양단에 결합되어 상기 파우더의 이탈을 방지하는 적어도 하나의 메쉬 가스켓을 더 포함하는, 파우더상 원자층 증착 장치.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 챔버의 타단에 연결되어 상기 챔버를 통과한 증착 물질이 배출되는 배출부를 더 포함하고,

상기 반응부는 상기 수조의 내부공간에 위치하도록 배치되고,

상기 반응부는:

상기 메쉬 가스켓과 상기 증착 물질 제공부 사이에 배치되는 제1 밸로우즈; 및

상기 메쉬 가스켓과 상기 배출부 사이에 배치되는 제2 밸로우즈를 더 포함하는, 파우더상 원자층 증착 장치.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 파우더는 전극 물질의 파우더로서, Ni-Cr-Mn 파우더, 리튬인산철 파우더, 그라파이트 파우더, PrBaSrCoFeO 파우더 및 LaSrCoFeO 파우더 중에서 선택되는 적어도 1종의 파우더 물질을 포함하는, 파우더상 원자층 증착 장치.

청구항 7

반응부의 챔버 내에 증착 대상인 파우더를 수용하는 단계;

상기 챔버를 매질이 수용된 수조에 담그는 단계;

증착 물질 제공부에 의해, 상기 챔버 내에 증착 물질을 공급하는 단계; 및

초음파 제공부에 의해, 상기 수조에 진동을 제공하면서 상기 파우더에 대해 원자층 증착 공정을 수행하는 단계를 포함하는, 파우더상 원자층 증착 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 원자층 증착 공정을 수행하는 단계는, 상기 파우더의 입자간 공진이 발생되도록 상기 파우더의 입자간 결합력보다 큰 공진 파괴력을 가지는 진동을 제공하는 단계를 포함하는, 파우더상 원자층 증착 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 진동을 제공하는 단계는:

상기 파우더의 종류 및 입자 크기 중 적어도 하나에 따라 제어부가 상기 초음파 제공부에서 제공하는 진동 값을 설정하는 단계를 더 포함하는, 파우더상 원자층 증착 방법.

청구항 10

청구항 8에 있어서,

상기 반응부에 메쉬 가스켓을 삽입하는 단계를 더 포함하고,

상기 메쉬 가스켓을 삽입하는 단계는:

파우더의 종류에 따라 제어부가 메쉬 가스켓에 형성되는 메쉬의 크기를 결정하는 단계; 및

결정된 상기 메쉬 가스켓을 삽입하는 단계를 포함하는, 파우더상 원자층 증착 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 파우더 원자층 증착 장치 및 증착 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 파우더 입자가 수용된 챔버에 진동을 가하여 파우더의 입자간 공진을 발생시켜 파우더에 원자층의 증착을 균일하게 하는 파우더상 원자층 증착 장치 및 증착 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 박막 증착 기술은 고 진공 분위기에서 고체상태의 물질을 열 또는 운동에너지에 의해 증기로 만들어 기판에 박막을 형성하는 물리적 기상 증착 방법(Physical vapor deposition, PVD)과 진공 또는 저압의 불활성

기체 분위기에서 금속염 또는 금속을 함유한 고분자 물질을 열, 플라즈마 또는 빛으로 분해하여 기체 반응으로 박막을 증착시키는 화학적 기상 증착 방법(Chemical vapor deposition, CVD)으로 분류된다.

[0003] 화학적 기상 증착 방법(Chemical vapor deposition, CVD)의 하나로 원자층 증착법(Atomic layer deposition, 이하 ALD)이 있는데, 원자층 증착법(ALD)은 금속-유기화합물로 이루어진 전구체 소스를 기판에 공급하여 박막을 증착하는 방식이다.

[0004] 여기서 사용되는 전구체 소스는 증착 대상물질에 증착이 완료된 후 추가적인 산화제가 공급이 없다면, 대상물질에 추가적인 전구체의 증착을 방해하는 자기 제한적 반응 특성을 지니고 있다.

[0005] 따라서, 원자층 증착법(ALD)은 대상물질에 증착되는 박막의 두께를 원자층 수준으로 제어할 수 있는 장점이 있다. 그러나, 종래의 원자층 증착법은 파우더에 원자층 단위의 물질을 증착하는 과정에서 파우더의 입자간 응집으로 인해 파우더의 각 입자의 표면에 원자층이 균일하게 형성되지 못하는 문제가 있다. 이는 파우더의 분산력이 낮아 파우더의 입자 단위로 균일한 박막을 증착하기 어렵기 때문이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 파우더 입자가 수용된 챔버에 초음파 진동을 가하여 파우더의 입자간 공진을 발생시킴으로서 파우더에 원자층을 균일하게 증착할 수 있는 파우더상 원자층 증착 장치 및 증착 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0007] 또한, 본 발명은 파우더의 입자 간에 공진이 발생하도록 파우더 입자의 크기에 따라 다른 주파수의 초음파를 제공하여 원자층 단위의 미세한 두께의 박막을 파우더에 균일하게 증착할 수 있는 파우더상 원자층 증착 장치 및 증착 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0008] 또한, 본 발명은 파우더의 입자 간에 공진이 발생하도록 파우더의 종류에 따라 다른 주파수의 초음파를 제공하여 파우더에 원자층 단위의 미세한 두께의 박막을 균일하게 증착할 수 있는 원자층 증착 장치 및 증착 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0009] 또한, 본 발명은 메쉬 가스켓을 통해 초음파의 제공 시 분산되는 파우더가 챔버를 이탈하지 않도록 하여 공정의 효율을 높일 수 있는 원자층 증착 장치 및 증착 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0010] 또한, 본 발명은 파우더가 수용된 챔버에 직접적으로 힘을 가하지 않고 매질을 통해 진동을 전달함으로써 증착 공정의 안정성을 높일 수 있는 원자층 증착 장치 및 증착 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0011] 또한, 본 발명은 벨로우즈를 통해, 파우더의 분산력을 높이고 진동으로 인한 증착 장치의 파손위험을 줄일 수 있는 원자층 증착 장치 및 증착 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 장치는 파우더가 수용되는 챔버를 포함하는 반응부; 상기 챔버와 접촉하여 진동을 전달하는 매질이 수용되는 내부공간을 포함하는 수조; 상기 챔버의 일단에 연결되어 상기 챔버에 증착 물질을 제공하는 증착 물질 제공부; 상기 챔버의 타단에 연결되어 상기 챔버를 통과한 증착 물질이 배출되는 배출부; 상기 매질을 통해 상기 챔버에 전달되는 상기 진동을 발생시키는 초음파 제공부; 및 상기 배출부와 연결되어 챔버 내부가 진공으로 유지되게 구성되는 진공펌프를 포함한다.

[0013] 본 발명의 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 장치는 상기 파우더의 입자간 공진이 발생되도록 상기 파우더의 입자의 크기 값에 따라 초음파 제공부에서 제공하는 진동 값을 제어하는 제어부를 더 포함할 수 있다.

[0014] 상기 제어부는, 상기 파우더의 종류에 따라 상기 초음파 제공부에서 제공하는 진동 값을 제어할 수 있다.

[0015] 상기 반응부는, 상기 챔버의 양단에 결합되어 상기 파우더의 이탈을 방지하는 적어도 하나의 메쉬 가스켓을 더 포함할 수 있다.

[0016] 상기 반응부는 상기 수조의 내부공간에 위치하도록 배치되고, 상기 반응부는 상기 메쉬 가스켓과 상기 증착 물질 제공부 사이에 배치되는 제1 밸로우즈; 및 상기 메쉬 가스켓과 상기 배출부 사이에 배치되는 제2 밸로우즈를 더 포함할 수 있다.

[0017] 상기 매질은 액체 매질이고, 상기 파우더는 전극 파우더일 수 있다.

[0018] 본 발명의 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 방법은 증착 물질 제공부에 증착 물질을 준비하는 단계; 반응부에 메쉬 가스켓을 삽입하는 단계; 증착 대상인 파우더가 수용된 챔버를 상기 반응부에 체결하는 단계; 배출부에 연결된 진공펌프를 가동하는 단계; 및 초음파 제공부가 매질이 수용된 수조에 진동을 제공하는 단계를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 진동을 제공하는 단계는, 상기 파우더의 입자간 공진이 발생되도록 상기 파우더의 입자간 결합력보다 큰 공진 파괴력을 가지는 진동을 제공하는 단계를 포함할 수 있다.

[0020] 상기 메쉬 가스켓을 삽입하는 단계는 파우더의 종류에 따라 제어부가 메쉬 가스켓에 형성되는 메쉬의 크기를 결정하는 단계; 및 결정된 상기 메쉬 가스켓을 삽입하는 단계를 포함할 수 있다.

[0021] 상기 진동을 제공하는 단계는 상기 파우더의 종류에 따라 제어부가 상기 초음파 제공부에서 제공하는 진동 값을 설정하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0022] 상기 파우더는 전극 파우더일 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 실시예에 의하면, 파우더 입자가 수용된 챔버에 초음파 진동을 가하여 파우더의 입자간 공진을 발생시킴으로서 파우더에 원자층을 균일하게 증착할 수 있는 파우더상 원자층 증착 장치 및 증착 방법을 제공할 수 있다.

[0024] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 파우더의 입자 간에 공진이 발생하도록 파우더 입자의 크기에 따라 다른 주파수의 초음파를 제공하여 원자층 단위의 미세한 두께의 박막을 파우더에 균일하게 증착할 수 있는 파우더상 원자층 증착 장치 및 증착 방법을 제공할 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면 파우더의 입자 간에 공진이 발생하도록 파우더의 종류에 따라 다른 주파수의 초음파를 제공하여 파우더에 원자층 단위의 미세한 두께의 박막을 균일하게 증착할 수 있는 원자층 증착 장치 및 증착 방법을 제공할 수 있다.

[0026] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 메쉬 가스켓을 통해 초음파의 제공 시 분산되는 파우더가 챔버를 이탈하지 않도록 하여 공정의 효율을 높인 원자층 증착 장치 및 증착 방법을 제공할 수 있다.

[0027] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 파우더가 수용된 챔버에 직접적으로 힘을 가하지 않고 매질을 통해 진동을 전달함으로써 증착 공정의 안정성을 높인 원자층 증착 장치 및 증착 방법을 제공할 수 있다.

[0028] 또한, 본 발명의 실시예에 의하면, 벨로우즈를 통해 파우더의 분산력을 높이고 진동으로 인한 장치의 파손위험을 줄일 수 있는 원자층 증착 장치 및 증착 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 장치의 사시도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 장치의 동작을 설명하기 위한 예시도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 반응부의 정면도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 반응부의 분해도이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 제어부 시스템의 모식도이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 방법의 단계도이다.

도 7은 본 발명의 제1 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 방법의 단계도이다.

도 8은 본 발명의 제2 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 방법의 단계도이다.

도 9는 본 발명의 실험예에 따른 실험의 공정조건 및 실험의 결과이다.

도 10은 본 발명의 실험예에 따른 원자층 증착 실험의 결과이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 초음파 강도에 따른 파우더의 분산도의 결과 값이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 본 발명의 이점 및/또는 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다. 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 한다.

[0032] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 장치의 사시도이다. 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 장치의 동작을 설명하기 위한 예시도이다.

[0033] 도 1 및 도 2를 참조하면, 파우더상 원자층 증착 장치는 반응부(100), 수조(200), 증착 물질 제공부(300), 배출부(400), 초음파 제공부(500) 및 진공펌프(미 도시)를 포함한다.

[0034] 반응부(100)는 파우더(1)가 수용되는 챔버(110)를 포함할 수 있다.

[0035] 여기서, 파우더(1)는 원자층 증착 공정에 의해 원자층을 증착하기 위한 대상물질로, 다양한 파우더 물질을 포함할 수 있다. 일 예로, 파우더(1)는 전극 물질의 파우더로서, Ni-Cr-Mn 파우더, 리튬인산철 파우더, 그라파이트 파우더, PrBaSrCoFeO 파우더 및 LaSrCoFeO 파우더 중에서 선택되는 적어도 1종의 파우더 물질을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0036] 챔버(110)의 내부에 수용된 파우더(1)는 증착 물질 제공부(300)에 의해 제공되는 증착 물질과 반응하여 각 입자 표면에 하나 이상의 원자층을 포함하는 박막이 형성될 수 있다.

[0037] 수조(200)는 매질(2)이 수용되는 내부공간(210)을 포함할 수 있다. 실시예에서, 수조(200)는 반응부(100)의 적어도 일부가 수용될 수 있도록, 상부가 개구된 박스 형태로 제공될 수 있다.

[0038] 매질(2)은 챔버(110)와 접촉하도록 수조(200) 내에 수용될 수 있으며 액체 매질일 수 있다. 이에 의해, 초음파 제공부(500)에 의해 매질(2)에 전달된 초음파 진동이 간접적으로 챔버(110)에 전달될 수 있다. 매질(2)은 예를 들어 물일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0039] 따라서, 직접적인 진동을 제공하는 경우에 비해 반응부(100)의 각 부품의 진동을 줄일 수 있어 챔버(110)의 사용수명이 연장될 수 있으며 증착 장치의 파손위험을 줄여 안정성이 증대될 수 있다.

[0040] 증착 물질 제공부(300)는 챔버(110)의 일단에 연결되어 챔버(110)에 증착 물질을 제공할 수 있다. 여기서, 증착 물질은 예를 들어 금속-유기화합물로 구성된 전구체와 반응물질을 포함할 수 있다. 구체적으로, 증착 물질은 Binary oxide, Metal oxide, Metal 및 Ternary oxide 중에서 선택되는 적어도 1종의 물질을 포함할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 전구체와 반응물질 간의 반응을 통해 챔버(110)에 수용된 파우더(1)의 입자 표면에 원자층이 증착되어 박막이 형성될 수 있다.

[0041] 배출부(400)는 챔버(110)의 타단에 연결되어 챔버(110)를 통과한 증착 물질이 배출될 수 있다. 배출부(400)는 챔버(110)에서 반응하고 남은 증착 물질의 잔류물을 배출시키도록 제공될 수 있다.

[0042] 초음파 제공부(500)는 초음파 진동을 발생시킬 수 있다. 초음파 제공부(500)에 의해 발생된 진동은 매질(2)을 통해서 챔버(110)로 전달될 수 있다. 이에 의해, 챔버(110)는 초음파 제공부(500)로부터 진동을 직접적으로 전달받지 않을 수 있다.

[0043] 이는, 직접적으로 진동을 전달받는 경우에 비해 챔버(110)에 물리적인 자극이 적기 때문에, 증착 장치의 사용수명이 연장될 수 있으며 증착 장치의 파손위험을 줄여 안정성이 증대될 수 있다.

[0044] 또한, 초음파 제공부(500)에 의해 제공된 진동에 의해 챔버(110)의 내부에 수용된 파우더(1)의 분산이 발생될 수 있으며, 구체적으로 파우더(1) 입자 간의 공진이 발생될 수 있다. 이에 의해, 증착 반응 시 파우더 입자의 표면에 균일한 원자층의 박막을 형성할 수 있다.

[0045] 진공펌프(미 도시)는 배출부(400)와 연결되어 챔버(110)의 내부가 진공으로 유지되게 구성될 수 있다. 진공펌프는 챔버(110)의 내부가 미리 설정된 진공 범위로 유지되도록 챔버(110) 내의 압력을 제어하도록 구성될 수 있다.

[0046] 또한, 진공펌프(미 도시)는 파우더와의 증착 반응을 마친 증착 물질을 제거할 수 있다. 이에 의해, 파우더(1)에

원자층의 얇은 박막을 형성을 마친 증착 물질을 용이하게 제거할 수 있다.

[0048] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 반응부의 정면도이다. 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 반응부의 분해도이다.

[0049] 도 1 내지 도 4를 함께 참조하면, 반응부(100)는 메쉬 가스켓(120), 제1 밸로우즈(130) 및 제2 밸로우즈(140)를 더 포함할 수 있다.

[0050] 여기서, 반응부(100)는 수조의 내부공간(210)에 위치하도록 배치될 수 있다. 이에 의해, 반응부(100)는 수조의 매질을 통해 진동을 전달받아 진동할 수 있다.

[0051] 메쉬 가스켓(120)은 적어도 하나일 수 있으며, 챔버(110)의 양단 중 적어도 하나에 결합될 수 있다. 실시예에서, 챔버(110)는 기둥 형태로 제공될 수 있으며, 기둥 형태의 챔버(110)의 일단과 타단에 각각 메쉬 가스켓(120)이 마련될 수 있다.

[0052] 또한, 메쉬 가스켓(120)은 메쉬 형상을 포함할 수 있다. 여기서, 메쉬 형상을 형성하는 각 구멍의 크기는 증착 물질의 입자의 지름보다는 크되, 파우더(1)의 입자의 지름보다는 작을 수 있다.

[0053] 이에 의해, 증착 물질이 메쉬 가스켓(120)을 통해 챔버(110)로 유입될 수 있으며, 동시에 챔버(110)에 수용된 파우더(1)가 이탈하는 것을 방지할 수 있다.

[0054] 또한, 메쉬 가스켓(120)에 의해 증착 물질이 챔버(110) 내에 균일하게 유입되도록 하여 원자층 증착 공정에 의해 파우더상 물질에 원자층이 균일하게 증착되게 할 수 있다.

[0055] 제1 밸로우즈(130)는 메쉬 가스켓(120)과 증착 물질 제공부(300) 사이에 배치될 수 있다. 실시예에서, 제1 밸로우즈(130)는 증착 물질 제공부(300)와 챔버(110) 사이에 상하 방향으로 배치되는 유입관에 마련될 수 있다.

[0056] 제2 밸로우즈(140)는 메쉬 가스켓(120)과 배출부(400) 사이에 배치될 수 있다. 실시예에서, 제2 밸로우즈(140)는 챔버(110)와 배출부(400) 사이에 상하 방향으로 배치되는 배출관에 마련될 수 있다.

[0057] 증착 물질이 챔버(110)로 유입되는 유입관과, 증착 물질이 챔버(110)로부터 배출되는 배출관이 상하 방향으로 마련됨으로 인해, 수조(200)내에 잠기는 반응부(100)의 유효 면적을 최소화할 수 있으며, 이에 따라 수조(200) 및 초음파 제공부(500)의 크기/규모를 줄여 설비 및 운용 비용을 절감할 수 있다.

[0058] 이에 의해, 초음파 제공부(500)에 의해 발생된 진동이 매질을 통해 챔버(110)에 전달될 때, 제1 및 제2 밸로우즈(130, 140)는 챔버(110)에 가해지는 진동이 증착 물질 제공부(300) 및/또는 배출부(400)로는 전달되지 않도록 할 수 있다.

[0059] 구체적으로, 챔버(110)의 진동 시 제1 밸로우즈(130) 및 제2 밸로우즈(140)가 상하로 신장 및/또는 단축하여 진동이 증착 물질 제공부(300) 및/또는 배출부(400)에 전달되지 않도록 할 수 있다.

[0060] 따라서, 진동으로 인한 증착 장치의 파손 위험을 줄여 증착 장치의 사용 수명을 증가시킬 수 있다.

[0062] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 제어부 시스템의 모식도이다.

[0063] 도 1 내지 도 4와 함께 도 5를 참조하면, 파우더상 원자층 증착 장치는 제어부(700)를 더 포함할 수 있다. 제어부(700)는 입력부(800)의 입력 값에 따라 초음파 제공부(500)에서 제공하는 진동 값을 제어할 수 있다. 일 실시예에서, 제어부(700)는 미리 설정된 주파수와 세기의 초음파 진동이 발생되도록 초음파 제공부(500)를 제어할 수 있다.

[0064] 다른 실시예로, 제어부(700)는 데이터베이스(900)에 저장된 자료를 통해 파우더의 입자간 결합력보다 큰 공진 파괴력을 선정할 수 있다. 예를 들면, 제어부(700)는 입력부(800)로부터 파우더(1)의 입자의 크기를 입력 받을 수 있으며, 데이터베이스를 통해 입력 받은 파우더(1)의 입자의 크기에 따른 공진 파괴력의 값을 선정할 수 있다. 여기서, 선정된 공진 파괴력의 값은 챔버(110)에 수용된 파우더(1)의 입자간 공진이 발생되도록 파우더(1)의 입자 간의 결합력보다 큰 진동 값을 의미한다.

[0065] 또한, 제어부(700)는 선정된 공진 파괴력 값에 상응하는 진동 값을 제공하도록 초음파 제공부(500)를 제어할 수 있다. 이때, 초음파 제공부(500)에서 제공하는 초음파의 주파수에 따라 매질에서 발생하는 진동 값은 상이할 수 있는 바, 초음파의 주파수를 변경하여 진동 값을 제어할 수 있다.

[0066] 이에 의해, 파우더(1)의 입자의 크기에 따라 적절한 공진 파괴력을 제공할 수 있어 파우더(1)의 입자의 분산력을 높일 수 있다.

[0067] 따라서, 파우더(1)의 입자는 표면에는 균일한 원자층의 박막을 형성할 수 있다.

[0068] 다른 예로, 제어부(700)는 입력부(800)로부터 파우더(1)의 종류를 입력 받을 수 있으며, 데이터베이스(900)를 통해 입력 받은 파우더(1)의 종류에 따른 공진 파괴력의 세기 값을 선정할 수 있다. 데이터베이스(900)에는 다양한 파우더(1)의 종류 및/또는 입자 크기 범위에 대응되는 초음파 주파수 및/또는 초음파 세기의 대응 테이블이 저장될 수 있다.

[0069] 대응 테이블은 예를 들어 다양한 파우더(1)의 종류 및 입자 크기 범위에 대해 원자층 증착 공정 중에 파우더의 입자 간 응집이 방지될 수 있도록 하는 최적의 초음파 주파수 및 초음파 세기를 찾는 반복 실험을 통해 미리 설정되어 데이터베이스(900)에 저장될 수 있다.

[0070] 또한, 대응 테이블에는 파우더 종류 및 입자 크기 범위 외에도, 챔버 종류, 챔버 규모 및 매질 종류 등에 따라 파우더에 입자 공진을 일으킬 수 있는 최적의 초음파 주파수 및 세기가 저장될 수 있다. 이에 따라 파우더 종류, 입자 크기 뿐 아니라, 챔버 종류, 챔버 규모, 매질 종류 등의 다양한 변수를 고려하여 초음파 진동에 의한 입자 공진을 효과적으로 일으켜 원자층 증착 균일도를 극대화할 수 있다.

[0071] 제어부(700)는 선정된 공진 파괴력 값에 상응하는 진동 값을 제공하도록 초음파 제공부(500)를 제어할 수 있다. 여기서, 선정된 공진 파괴력의 값은 챔버(110)에 수용된 파우더(1)의 입자간 공진이 발생되도록 파우더(1)의 입자 간의 결합력보다 큰 진동 값을 의미하는 것이다. 이에 의해, 파우더(1)의 종류에 따라 적절한 공진 파괴력을 제공할 수 있어 파우더(1)의 입자의 분산력을 높일 수 있다. 따라서, 파우더(1)의 입자 표면에 균일한 원자층의 박막이 형성될 수 있다.

[0073] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 파우더 원자층 증착 방법의 단계도이다.

[0074] 도 1 내지 도 6을 함께 참조하면, 파우더상 원자층 증착 방법은 증착 물질을 준비하는 단계(S100), 메쉬 가스켓을 삽입하는 단계(S200), 챔버를 반응부에 체결하는 단계(S300), 진공펌프를 가동하는 단계(S400) 및 수조에 진동을 제공하는 단계(S500)를 포함할 수 있다.

[0075] 증착 물질 제공부에 증착 물질을 준비하는 단계(S100)에서 증착 물질은 전구체와 반응물질을 포함할 수 있다. 예를 들면, 증착 물질은 금속-유기 화합물로 이루어진 물질로, Binary oxide, Metal oxide, Metal 및 Ternary oxide 중에서 선택되는 적어도 1종의 물질을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0076] 반응부에 메쉬 가스켓을 삽입하는 단계(S200)에서 반응부(100)는 수조의 내부공간(210)에 배치될 수 있다. 또한, 여기서 메쉬 가스켓(120)은 챔버(110)의 양 단부 중 적어도 하나에 배치될 수 있다.

[0077] 구체적으로, 메쉬 가스켓(120)은 메쉬 형상을 포함할 수 있다. 메쉬 형상을 형성하는 각 구멍의 크기는 증착 물질의 입자의 지름보다는 크되, 파우더(1)의 입자의 지름보다는 작을 수 있다. 이에 의해, 증착 물질은 챔버(110)로 유입될 수 있으며, 챔버(110)에 수용된 파우더(1)의 이탈은 방지할 수 있다.

[0078] 예를 들면, 챔버(110)에 진동이 제공되어 파우더(1)의 분산이 일어나는 경우, 파우더(1)가 챔버(110)의 외부로 이탈하지 않아 증착의 효율이 향상될 수 있다.

[0079] 또한, 진공펌프(미 도시)에 의해 증착이 완료된 증착 물질을 챔버(110)로부터 제거하는 경우, 증착이 완료된 파우더(1)의 유실을 막아 증착의 효율이 향상될 수 있다.

[0080] 챔버를 반응부에 체결하는 단계(S300)에서 파우더(1)가 수용된 챔버(110)는 반응부(100)에 체결될 수 있다. 챔버(110)는 반응부(100)로부터 탈착 가능하게 구성될 수 있다.

[0081] 이에 의해, 챔버(110)에 증착 대상인 파우더(1)의 투입 및/또는 증착이 완료된 파우더(1)의 제거가 용이하게 수행될 수 있다.

[0082] 배출부에 연결된 진공펌프를 가동하는 단계(S400)는 진공펌프(미 도시)를 가동하여 챔버(110)의 내부가 진공상태로 유지될 수 있다.

[0083] 수조에 진동을 제공하는 단계(S500)는 초음파 제공부(500)가 초음파를 발생시켜 매질(2)이 수용된 수조(200)에

진동이 제공되도록 할 수 있다.

[0084] 이에 의해, 챔버(110)에 수용된 파우더(1)의 분산도를 높일 수 있으며, 챔버 내부로 전달된 증착 물질이 파우더(1)의 표면에 균일하게 증착 되도록 할 수 있다.

[0086] 도 7은 본 발명의 제1 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 방법의 단계도이다.

[0087] 도 1 내지 도 7을 함께 참조하면, 본 발명의 제1 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 방법은 도 6에 도시된 본 발명의 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 방법에 비해 메쉬 가스켓에 형성되는 메쉬의 크기를 결정하는 단계(S210) 및 결정된 메쉬 가스켓을 삽입하는 단계(S220)의 구성이 상이하므로, 이하에서는 차별되는 구성에 대해서만 설명하며 동일한 구성에 중복되는 도면부호에 대해서는 상세한 설명을 생략한다.

[0088] 메쉬 가스켓을 삽입하는 단계(S200)는 메쉬 가스켓에 형성되는 메쉬의 크기를 결정하는 단계(S210) 및 결정된 메쉬 가스켓을 삽입하는 단계(S220)를 포함할 수 있다.

[0089] 메쉬 가스켓에 형성되는 메쉬의 크기를 결정하는 단계(S210)는 파우더의 종류에 따라 제어부(700)가 메쉬 가스켓에 형성되는 메쉬의 크기를 결정할 수 있다.

[0090] 여기서, 메쉬의 크기는 챔버(110)에 수용되어진 파우더(1)의 종류에 따라 상이하게 형성되는 파우더(1)의 입자의 크기에 따라서 결정될 수 있다.

[0091] 구체적으로, 메쉬를 형성하는 각 구멍의 크기는 증착 물질의 지름보다는 크되, 파우더(1)의 입자의 지름보다는 작게 설정될 수 있다. 이에 의해, 파우더(1)가 챔버(110)를 이탈하는 것을 방지할 수 있다.

[0092] 예를 들면, 챔버(110)에 진동이 제공되어 파우더(1)의 분산이 일어나는 경우에 파우더(1)가 챔버(110)의 외부로 이탈하지 않도록 할 수 있다. 또한, 진공펌프(미 도시)에 의해 증착이 완료된 증착 물질을 챔버(110)로부터 제거하는 경우 증착이 완료된 파우더(1)의 유실을 막을 수 있다. 이에 의해, 파우더상 원자층 증착의 효율은 향상될 수 있다.

[0093] 결정된 메쉬 가스켓을 삽입하는 단계(S220)는 메쉬 가스켓에 형성되는 메쉬의 크기를 결정하는 단계(S210)에서는 결정된 메쉬 가스켓(120)을 반응부(100)에 삽입할 수 있다. 메쉬 가스켓(120)은 챔버(110)의 양 단부 중 적어도 하나에 배치될 수 있다.

[0094] 메쉬 가스켓(120)은 챔버(110)의 양 단부에 각각 하나씩 배치되는 것이 바람직하나, 이에 반드시 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 챔버(110)의 단부 중 배출부(400)에 가까운 곳에 위치하는 단부에만 메쉬 가스켓(120)이 배치되더라도 진공펌프(미 도시)에 의해 증착이 완료된 증착 물질을 제거할 수 있으며, 증착이 완료된 파우더(1)의 이탈을 방지할 수 있다.

[0096] 도 8은 본 발명의 제2 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 방법의 단계도이다.

[0097] 도 1 내지 도 6 및 도 8을 함께 참조하면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 방법은 도 6에 도시된 본 발명의 실시예에 따른 파우더상 원자층 증착 방법에 비해 파우더의 종류에 따라 진동 값을 설정하는 단계(S510) 및 파우더의 입자간 결합력보다 큰 공진 파괴력을 가지는 진동을 제공하는 단계(S520)의 구성이 상이하므로, 이하에서는 차별되는 구성에 대해서만 설명하며 동일한 구성에 중복되는 도면부호에 대해서는 상세한 설명을 생략한다.

[0098] 수조에 진동을 제공하는 단계(S500)는 파우더의 종류에 따라 진동 값을 설정하는 단계(S510) 및 파우더의 입자간 결합력보다 큰 공진 파괴력을 가지는 진동을 제공하는 단계(S520)를 포함할 수 있다.

[0099] 파우더의 종류에 따라 진동 값을 설정하는 단계(S510)는 파우더(1)의 종류에 따라 제어부(700)가 초음파 제공부(500)에서 제공하는 진동 값을 설정할 수 있다. 구체적으로, 파우더(1)의 종류에 따라 입자간이 상이한 결합력을 가지므로, 데이터베이스(900)에 저장된 정보를 통해 파우더(1)의 종류에 따른 파우더(1)의 입자간 결합력을 결정할 수 있다.

[0100] 파우더의 입자간 결합력보다 큰 공진 파괴력을 가지는 진동을 제공하는 단계(S520)는 초음파 제공부(500)를 통해 파우더(1)가 수용된 챔버(110)에 진동을 전달하여 파우더(1)의 입자간 공진이 발생되도록 할 수 있다. 구체적으로, 초음파 제공부(500)는 초음파를 발생시킬 수 있으며, 초음파는 매질(2)에 진동을 유발하고 유발된 진동

은 매질(2)을 통해서 챔버(110)로 전달될 수 있다.

[0101] 이에 의해, 챔버(110)는 초음파 제공부(500)로부터 진동을 직접적으로 전달받지 않을 수 있기 때문에, 직접적으로 진동을 전달받는 경우에 비해 챔버(110)에 물리적인 자극이 적을 수 있다. 따라서, 챔버(110)의 사용수명이 증가될 수 있다.

[0102] 또한, 초음파 제공부(500)에 의해 제공된 진동에 의해 챔버(110)의 내부에 수용된 파우더(1)의 분산이 발생될 수 있다. 구체적으로, 파우더(1) 입자 간의 공진이 발생될 수 있으며, 이에 의해 증착 반응 시 파우더(1)의 입자의 표면에 균일한 원자층의 박막을 형성할 수 있다.

[0103] 이때, 파우더(1)가 전기자동차의 배터리 등에 포함되는 전극 물질을 구성하는 파우더인 경우, 균일한 원자층 증착을 통해 전극 및 배터리의 사용수명을 증가시킬 수 있다.

[0104] 이하에서는, 본 발명인 파우더상 원자층 증착 장치 및 증착 방법의 성능을 검증하기 위한 원자층 증착 실험 및 특성평가에 대해 설명한다.

[0106] [실험예]

[0107] 파우더상 입자 표면에 원자층을 증착하는 실험을 하기에 앞서, Silicon Wafer를 조각내어 챔버(110)에 넣고, 증착 물질 제공부(300)에 의해 챔버(110) 내에 증착 물질을 공급하여 원자층 증착 공정을 수행하는 실험을 하였다.

[0108] 여기서, 증착 물질은 전구체와 반응물로 구성되는 것으로, 전구체는 Diethylzinc(DEZn)을, 반응물은 물(H2O)를 사용하였다. DEZn의 증착 물질이 공급되는 펄스 시간(pulse time)은 2초로 설정하고, 퍼징 시간(purging time)은 50초로 설정하였으며, 챔버의 온도는 80℃로 유지하여 총 550사이클을 진행하였다. 원자층 증착 공정 중에 챔버(110)를 수조에 담그고 초음파 제공부에 의해 초음파 진동을 가하였다. 진동의 주파수는 40kHz로, 강도는 80%로 진행하였다.

[0109] 도 9는 본 발명의 실험예에 따른 실험의 공정조건 및 실험의 결과이다. 도 10은 본 발명의 실험예에 따른 원자층 증착 실험의 결과이다. 도 9 및 도 10을 참조하면, Silicon Wafer의 표면상에 ZnO(Zinc oxide)의 GPC(growth per cycle)가 2.8 Å/cycle 정도로 균일하게 증착 되는 것을 확인할 수 있다.

[0111] 이하에서는, 본 발명인 파우더상 원자층 증착 장치 및 증착 방법의 성능을 검증하기 위한 초음파 제공에 따른 파우더의 분산 실험에 대해 설명한다.

[0112] [실험예]

[0113] 리튬이온 베터리의 전극재료로 사용되는 NCM523 파우더를 챔버의 내부공간에 수용하였다. 수조의 내부 공간에 수용되는 매질은 물(H2O)을 사용하였다. 초음파 제공부(500)에 40kHz의 주파수를 제공하였으며, 이때 초음파의 강도를 각각 20%, 40%, 60%, 80%, 100%으로 설정하여 파우더의 분산도를 관찰하였다.

[0114] 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 초음파 강도에 따른 파우더의 분산도의 결과 값이다. 도 11을 참조하면, 초음파 진동에 의해 파우더의 떨림과 분산 효과를 확인할 수 있었으며, 특히 60% 이상의 초음파 강도에서 파우더의 입자가 효과적으로 분산됨이 확인되었다.

[0115] 지금까지 본 발명에 따른 구체적인 실시예에 관하여 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서는 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 청구범위뿐 아니라 이와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다. 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 이는 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명 사상은 아래에 기재된 청구범위에 의해서만 파악되어야 하고, 이의 균등 또는 등가적 변형 모두는 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

[0117] 100: 반응부

110: 챔버

120: 메쉬 가스켓

130: 제1 밸로우즈

140: 제2 밸로우즈

200: 수조

210: 수조의 내부공간

300: 증착 물질 제공부

400: 배출부

500: 초음파 제공부

700: 제어부

800: 입력부

900: 데이터베이스

S100: 증착 물질을 준비하는 단계

S200: 메쉬 가스켓을 삽입하는 단계

S210: 메쉬 가스켓에 형성되는 메쉬의 크기를 결정하는 단계

S220: 결정된 메쉬를 가스켓에 삽입하는 단계

S300: 챔버를 반응부에 체결하는 단계

S400: 진공펌프를 가동하는 단계

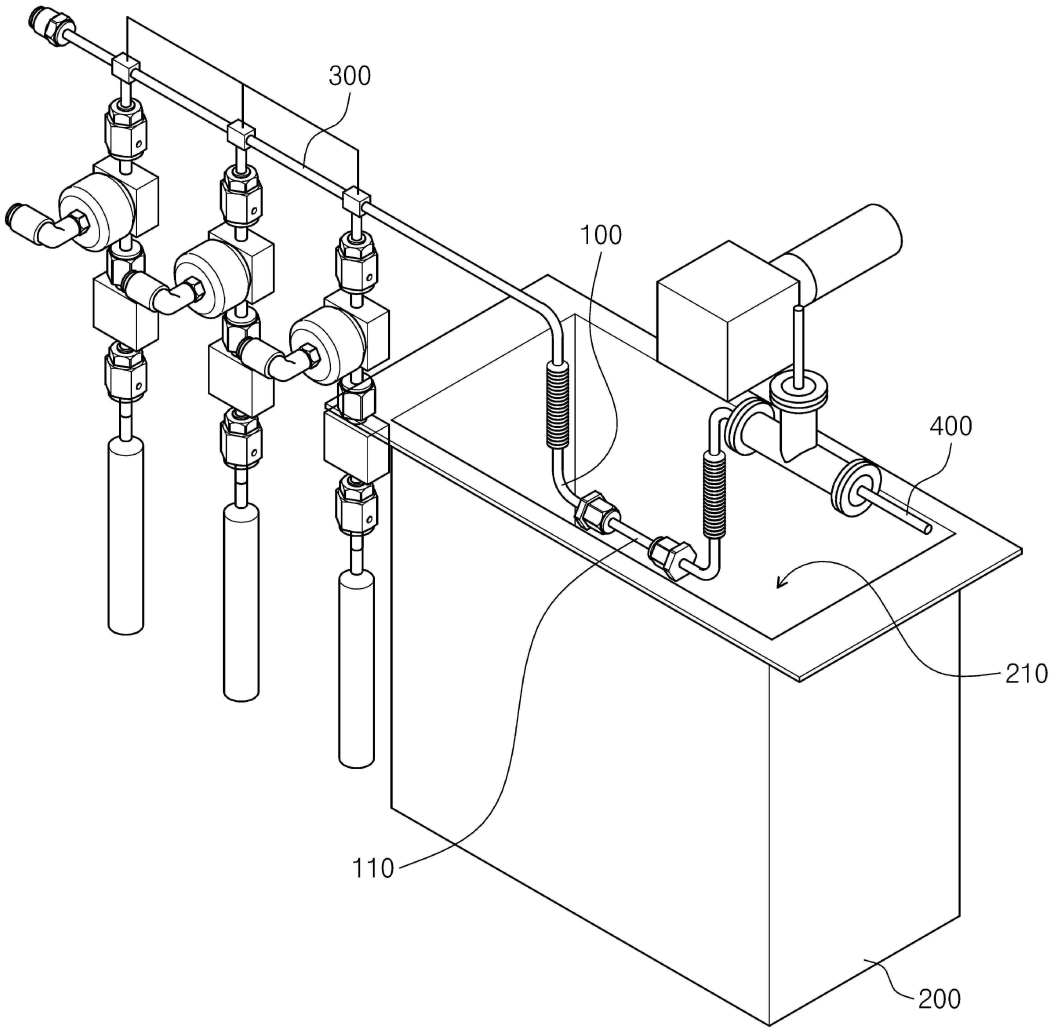
S500: 수조에 진동을 제공하는 단계

S510: 파우더의 종류에 따라 진동 값을 설정하는 단계

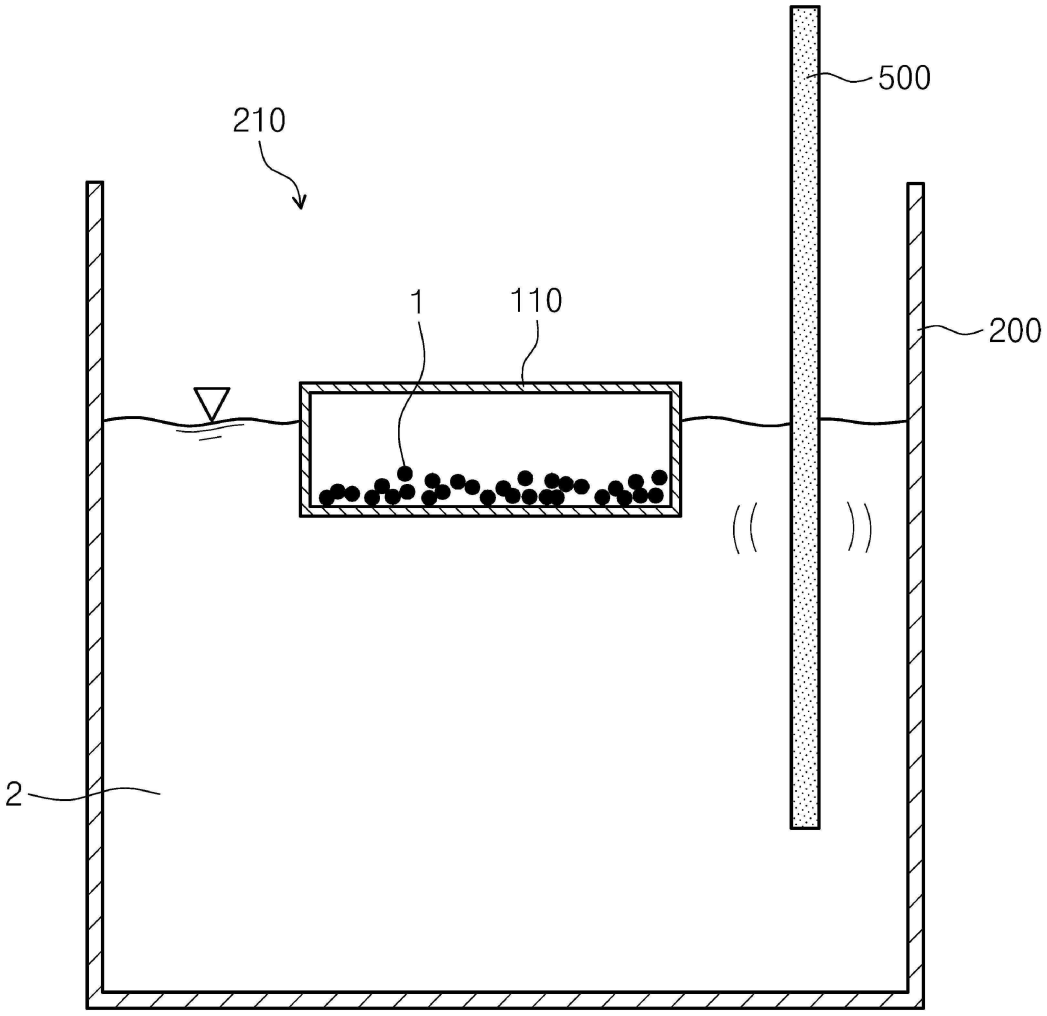
S520: 파우더의 입자간 결합력보다 큰 공진 파괴력을 가지는 진동을 제공하는 단계

도면

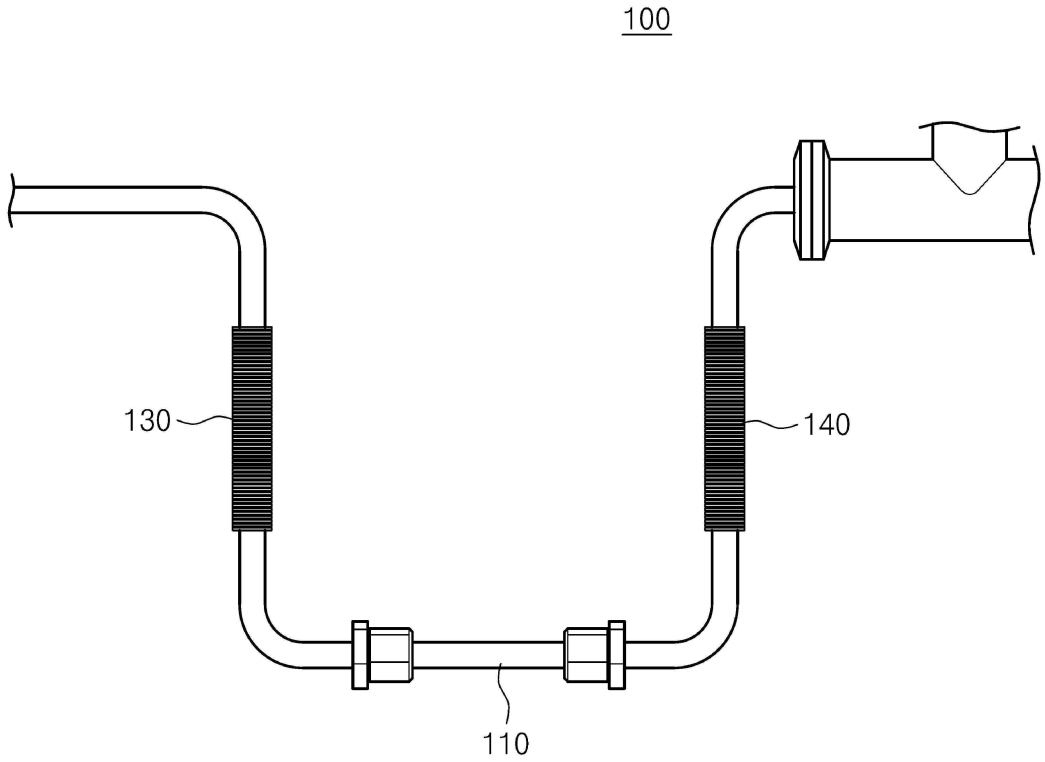
도면1



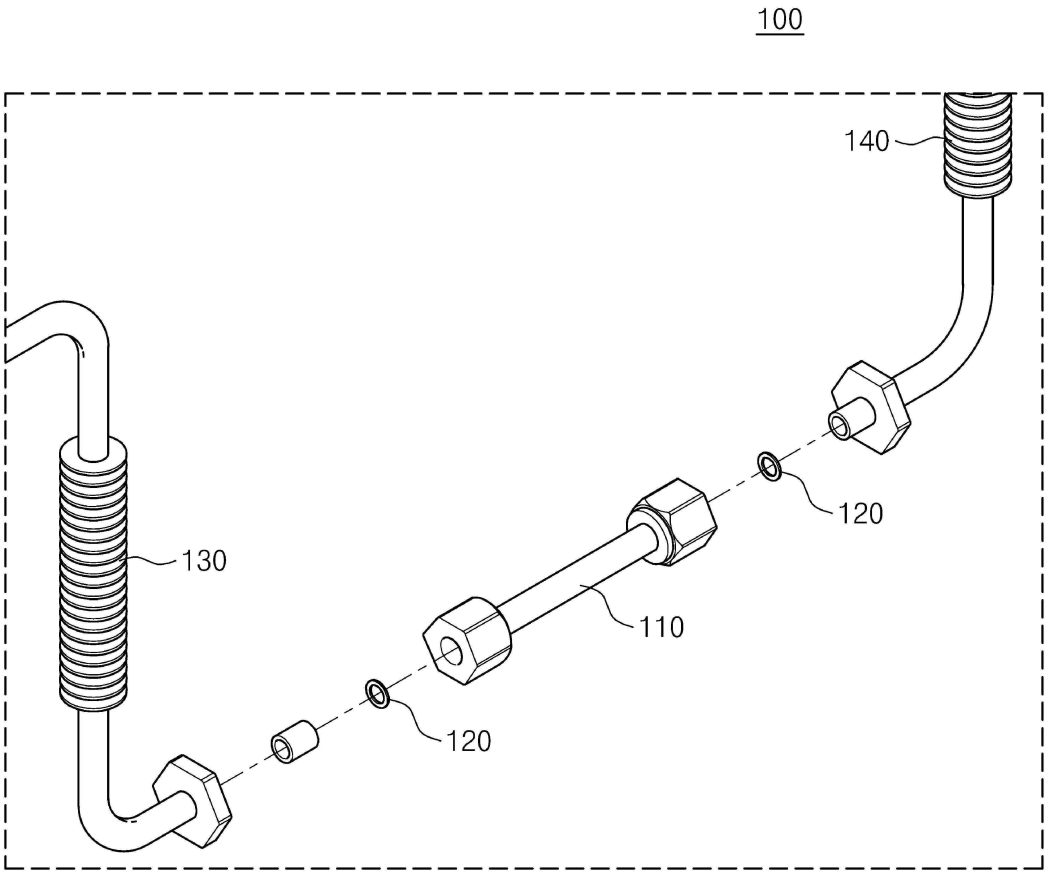
도면2



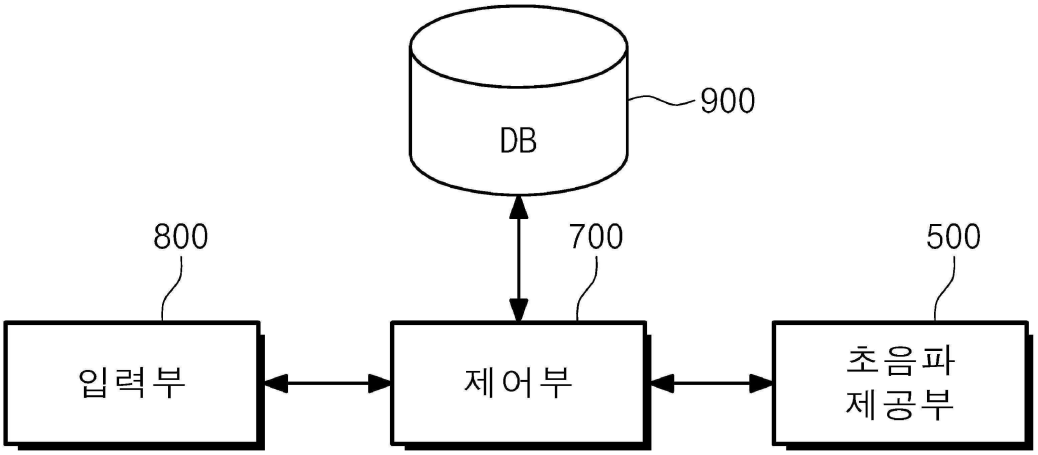
도면3



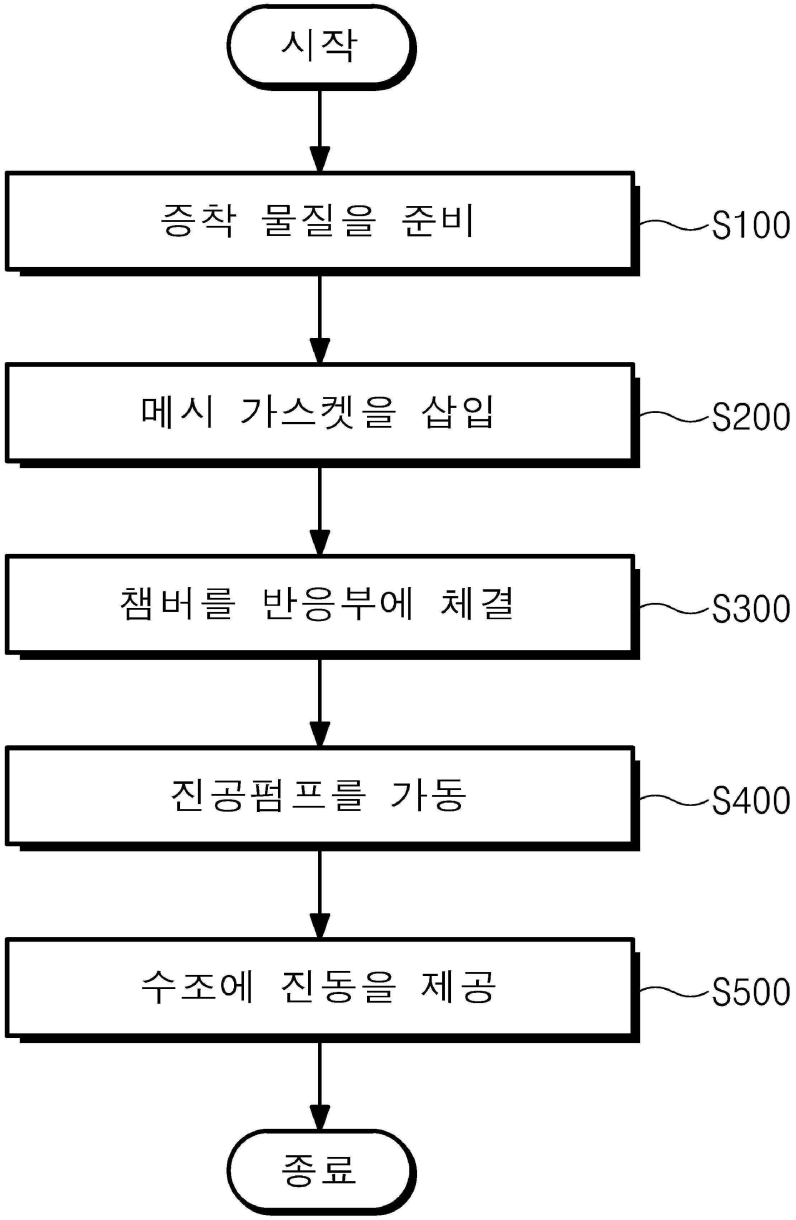
도면4



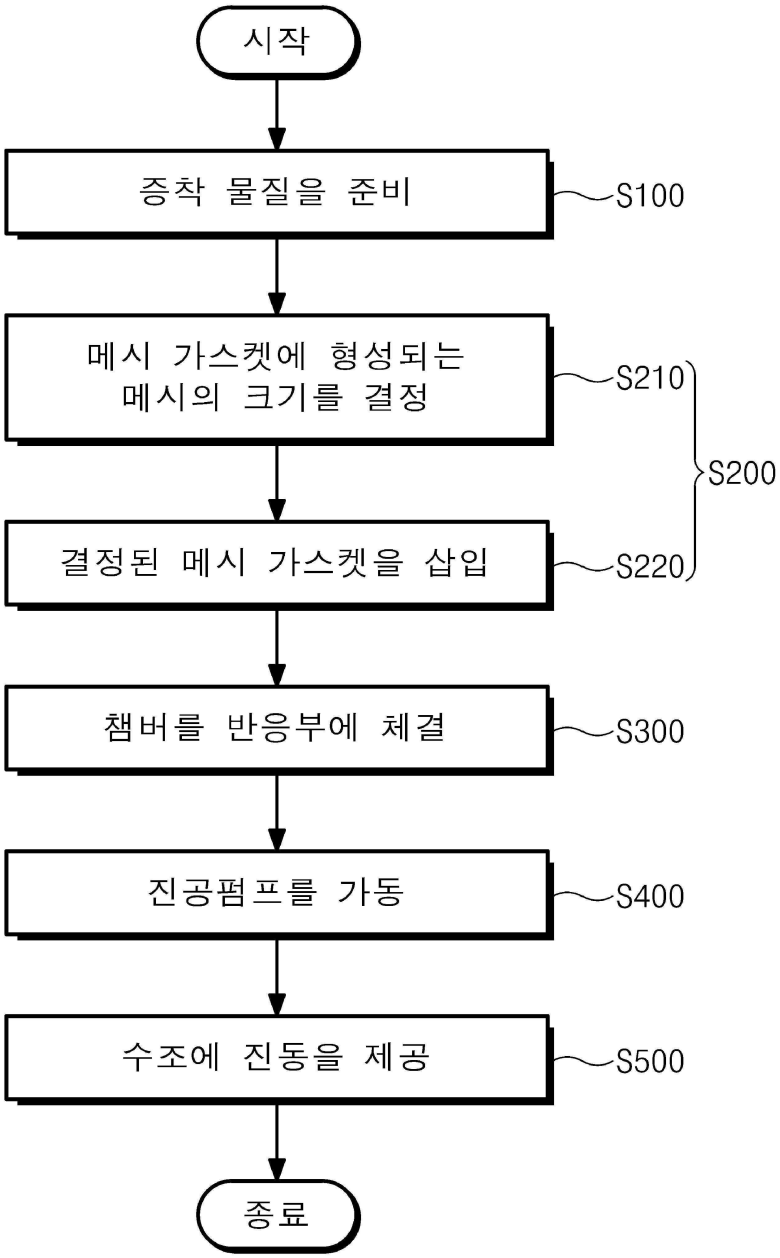
도면5



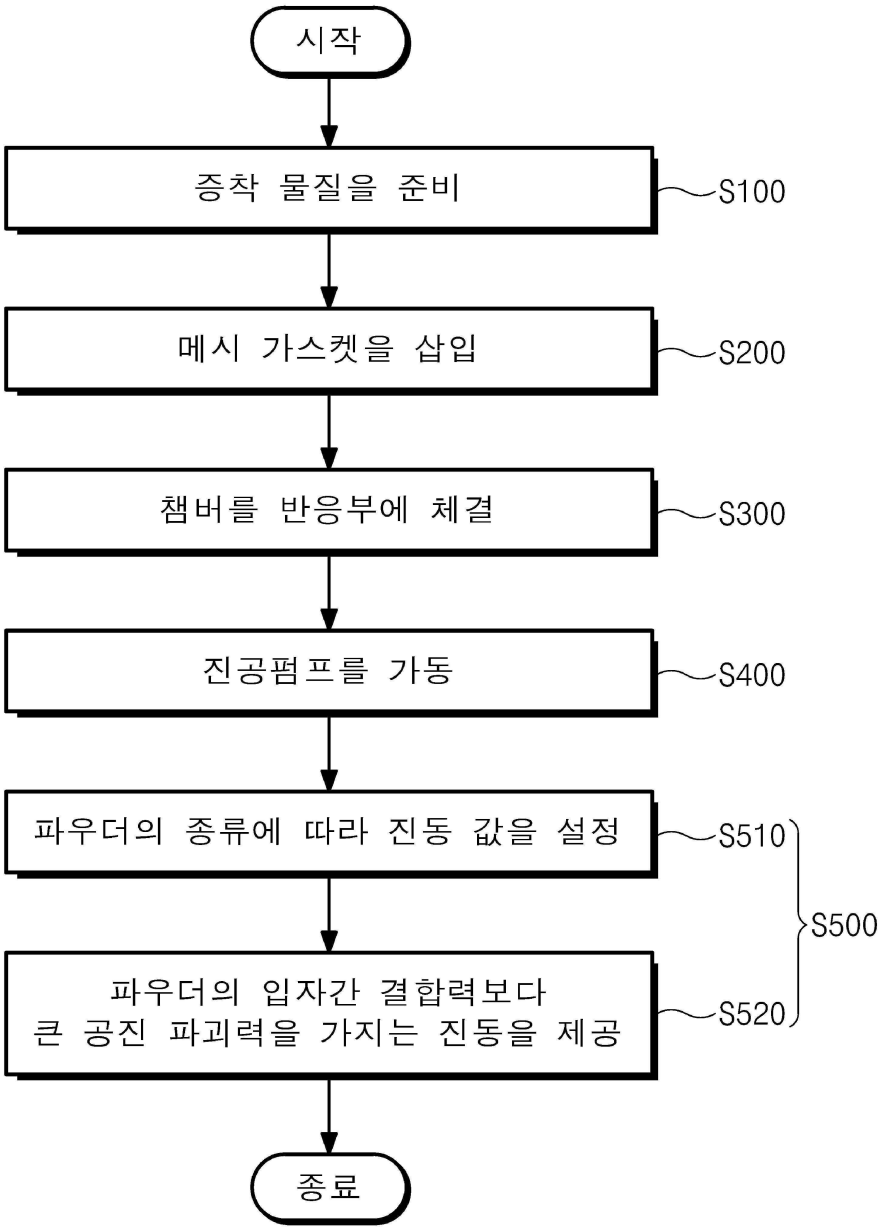
도면6


시작
증착 물질을 준비
S100
메시 가스켓을 삽입
S200
챔버를 반응부에 체결
S300
진공펌프를 가동
S400
수조에 진동을 제공
S500
종료

도면7


시작
증착 물질을 준비
S100
메시 가스켓에 형성되는 메시의 크기를 결정
S210
S200
결정된 메시 가스켓을 삽입
S220
챔버를 반응부에 체결
S300
진공펌프를 가동
S400
수조에 진동을 제공
S500
종료

도면8

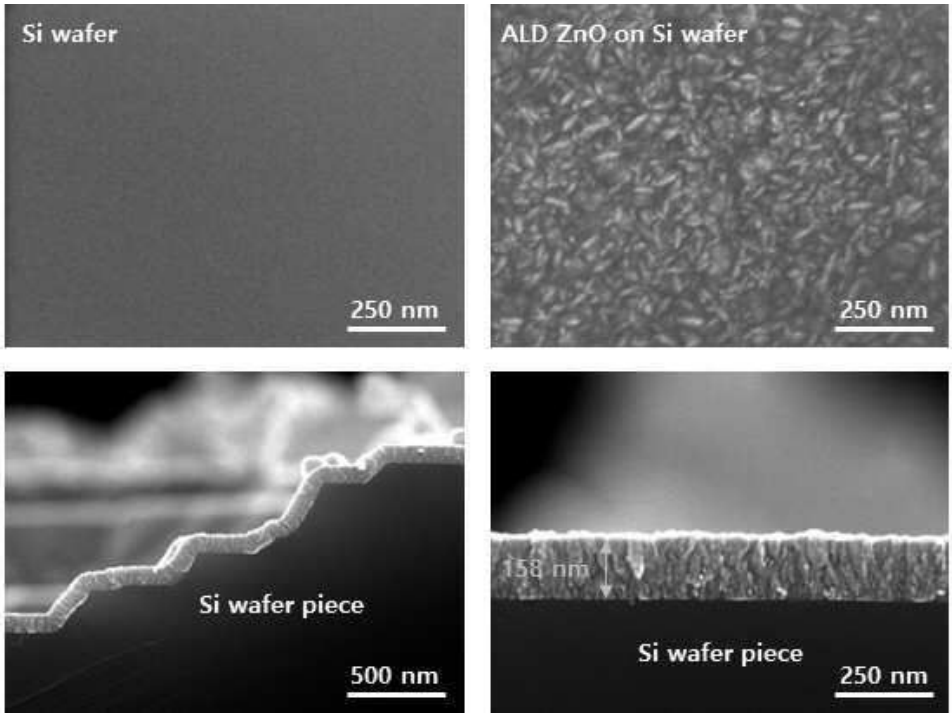

시작
증착 물질을 준비
S100
메시 가스켓을 삽입
S200
챔버를 반응부에 체결
S300
진공펌프를 가동
S400
파우더의 종류에 따라 진동 값을 설정
S510
파우더의 입자간 결합력보다
큰 공진 파괴력을 가지는 진동을 제공
S520
S500
종료

도면9

	precursor	pulse time (s)	source T (℃)	chamber T (℃)	Ar (sccm)	purging time (s)	oxidant	GPC (Å/cycle)
	DEZn	2	RT	80 (Max)	5	50	H_2O	2.8



도면10



도면11

