

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. B82B 3/00 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년03월10일 10-0558772 2006년03월02일
--------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------------

(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-2003-0093636 2003년12월19일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2005-0061983 2005년06월23일
------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------

(73) 특허권자 한국원자력연구소
 대전 유성구 덕진동 150번지

(주) 나노기술
대전 유성구 덕진동 150 한국원자력연구소 창업보육센터 407호

(72) 발명자 이창규
 대전광역시유성구전민동엑스포아파트109-403호

 이근희
 대전광역시유성구전민동청구나래아파트106-1003호

 김홍희
 대전광역시유성구신성동럭키하나아파트102-601호

 김주평
 서울특별시서초구서초동1611-1나동206호

 권태원
 대전광역시서구월평동월평타운105-812호

(74) 대리인 최영규

심사관 : 이영재

(54) 부양 증발 응축법에 의한 금속 및 세라믹 나노 분말의제조 방법 및 그 장치

요약

본 발명은 부양 증발 응축법에 의한 금속 및 세라믹 나노 분말의 제조 방법 및 장치에 관한 것으로, 그 목적은 즉 투입에너지를 매우 고효율로 사용할 수 있고, 연속 공정으로 생산량을 증가시키며, 불순물의 혼입을 전혀 고려하지 않아도 되는 매우 효율적인 물리적 금속 및 세라믹 나노 분말의 제조하는 방법 및 장치를 제공하는데 있다.

본 발명의 구성은 금속 또는 세라믹 분말의 제조방법 및 장치에 있어서, 연속공급되는 금속도선을 가스분위기하에서 유도 가열하여 금속도선의 표면을 급격하게 가열시켜 형성된 액체 금속구를 공중에 부양시켜 무접촉식으로 가열하여 증발이 일어나도록 하고, 증발된 금속 증기를 응축시켜 금속 또는 세라믹 분말을 제조하는 방법 및 장치를 그 기술적 특징으로 한다.

대표도

도 1

색인어

나노분말, 부양 증발 응축법, 연속공정, 금속 도선 공급 장치, 분말 포집장치, 분말 정제 장치

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 구성을 보인 개략도이고,

도 2a는 본원 발명의 가열을 위한 유도 코일의 개략도이며,

도 2b는 분말 제조 모식도이고,

도 3a는 본원 발명의 일부 구성을 이루는 분말 포집 및 정제 장치도이며.

도 3b 내지 3c는 도 3a의 주요 부분을 확대한 도면이고.

도 4는 본원 발명의 일부 구성을 이루는 직접 분산 장치도이며.

도 5는 본 발명 제조에 의한 결과물인 Sn, Ag 및 Fe₂O₃ 나노 분말의 SEM 사진이다.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

- (1) : 금속 도선 공급 장치(Wire Supply Unit),
- (2) : 분말 포집 및 정제 장치(Gather and Filter Unit),
- (3) : 진공 펌프(Vacuum Pump),
- (4) : 반응가스 농도 조절 장치(Oxygen Concentration Control Unit),
- (5) : 가스 리크 감지 장치(Leak System With Rotameter),
- (6) : 가스 클리닝 장치(Gas Cleaning System),
- (7) : 가스 리듀서(Gas Reducer),
- (8) : 반응 가스 실린더
- (9) : 불활성 가스 실린더
- (10) : 와이어 피딩 장치부(wire feeding system)
- (11) : 공급 챔버(feeding chamber)
- (12) : 석영관

- (13) : 유도 코일
- (14) : 동 튜브(copper tube)
- (15) : 메인 챔버(main chamber)
- (16) : 메인 챔버 업/다운 시스템(main chamber Up/Down system)
- (17) : 콘 챔버(cone chamber)
- (18) : 컨트롤 시스템(control system)
- (19) : 전원 시스템(power system)
- (20) : 가스 분석기(gas analyzer)
- (21) : 유도 가열기(induction heater)
- (22) : 진공 게이지(vacuum gauge)
- (23) : 진공 컨트롤러(vacuum controller)

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 부양 증발 응축법에 의한 금속 및 세라믹 나노 분말의 제조 방법 및 장치에 관한 것으로, 자세하게는 전자, 바이오, 기계 부품 등에 응용이 가능한 금속 및 세라믹 초미세 나노 분말을 물리적으로 제조하는 방법 및 장치에 관한 것이며, 특히 본 발명은 최근들어 사회적 관심사인 나노 분말의 제조에 대한 원천적인 기술로서 다양한 이용 분야가 가능하다.

종래에 나노 금속 및 세라믹 분말을 제조하는 방법은 매우 다양하게 알려져 있다.

그 중 물리적인 방법으로 나노 분말을 제조하는 기술은 일반적으로 금속을 녹인 후 증발시키기 위하여 많은 에너지를 투입해야 하며, 금속의 가열 및 증발을 위한 도가니와 콜드 핑거(cold finger)의 사용으로 인해 제조 공정 중 불순물이 포함되는 경우가 많다는 문제점이 있다.

또한 투입되는 에너지에 비하여 단위시간당 생산할 수 있는 양이 매우 적으며, 또한 제조 중 분말의 크기를 조절하는 것이 쉽지 않다는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 종래 나노 금속 및 세라믹 분말을 물리적으로 제조하는 방법의 단점을 보완할 수 있는, 즉 투입에너지를 매우 고효율로 사용할 수 있고, 연속 공정으로 생산량을 증가시키며, 불순물의 혼입을 전혀 고려하지 않아도 되는 매우 효율적인 물리적 금속 및 세라믹 나노 분말의 제조 방법 및 장치를 제공하는데 있다.

발명의 구성 및 작용

상기한 바와 같은 목적을 달성하고 종래의 결점을 제거하기 위한 과제를 수행하는 본 발명은 유도 가열(Induction heating)에 의해 금속의 표면을 급격하게 가열하여 증발이 일어나게 하고, 금속 증기의 효과적인 응축에 의하여 직경 100nm 이하의 순수 초미세 금속 및 세라믹 분말을 제조하는 방법 및 그 장치로서 유도 가열(Induction heating)시 형성되는 액체 금속구를 공중에 부양하여 무접촉식으로 가열, 증발시키는 기술로 구성된다.

또한 고주파 가열에 의하여 표면 깊이(skin depth)를 조절하고, 금속 용융체 전체를 증발시키는 것이 아닌 일정 표면 두께에서만 급속하게 증발이 일어나게 하는 조건과, 일정 크기의 구를 형성하기 위한 고주파 증발조건, 금속 도선 공급 조건 및 장치와, 세라믹(산화물, 질화물 등) 분말 제조를 위한 분위기 조건과, 제조 분말이 분산용매 속에 직접 투하되고 적정 분산용매 속에 분산될 수 있는 장치 및 조건으로 구성된다.

또한 고주파에 의한 금속 표면의 증발 조건(주파수, 파워 등)과, 부양하기 위한 코일 디자인(coil design)과, 유도 코일(induction coil)에 형성되는 자기력(magnetic force)과 형성된 금속구의 중력이 평형을 이룰 수 있는 조건(이 조건은 코일(coil) 내에 형성되는 자장 조건으로 계산할 수 있음)을 제공하는 제조방법 및 그 장치로 구성된다.

구체적으로 본 발명의 금속 및 세라믹 분말의 제조방법은 금속 도선 공급장치에 제조하고자 하는 분말의 원재료 금속도선을 장착하고 금속 분말을 제조하는 경우 불활성가스(Ar, N₂ 등)의 분위기에서 혹은 세라믹 분말(산화물, 질화물, 탄화물 등)을 제조하기 위해서는 금속도선과 반응할 수 있는 반응가스(산소, 질소, 탄화수소 등)의 분위기에서 금속도선을 일정한 속도로 하강하여 도선의 끝이 유도 코일의 중심축 및 상부코일과 하부코일의 경계에 오도록 위치시킨 후 유도코일에 전원을 공급하여 금속도선 끝이 용해되도록 하며,

용해과정에서 표면장력 효과에 의해 형성되는 금속 액체구가 공중에 부양되어 증발하면서 평형을 유지하도록 파워를 조절하며, 동시에 적정 가스를 흘려주어 기체상태의 금속증기가 응축하고, 하부로 포집되도록 연속적으로 일정압력의 가스를 주입하는 단계를 거쳐 이루어진다.

액상의 매질에 제조된 나노 금속 및 세라믹 분말을 분산시켜야 하는 경우, 도 4의 직접 분산 장치를 작동시켜 제조되는 분말을 직접 액상 매질에 분산되도록 할 수 있다.

이하 본 발명의 실시예인 구성과 그 작용을 첨부도면에 연계시켜 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 1은 본 발명의 구성을 보인 개략도인데, 본 발명의 기본적인 구성은, 금속도선(참고로 세라믹 분말 역시 금속도선을 공급 후 금속도선이 증발하여 주위 가스와 반응함으로써 세라믹 분말이 만들어짐)을 공급하는 금속 도선 공급 장치(Wire Supply Unit, 1)와;

공급된 금속 도선을 가열, 증발 및 분말 형성하는 분말 포집 및 정제 장치(Gather and Filter Unit, 2)와;

분말 포집 및 정제 장치에 공급되는 가스 및 진공 조건을 조절하도록 진공 펌프(Vacuum Pump, 3)와 반응가스 농도 조절 장치(4)와 가스 리크 감지 장치(Leak System With Rotameter, 5)와 가스 클리닝 장치(Gas Cleaning System, 6)와 가스 리듀서(Gas Reducer, 7)와 반응가스 실린더(8)와 불활성 가스 실린더(9)로 구성되는 가스 입력 및 조절부로 구성된다.

상기 구성의 연결 구조를 구체적으로 설명하자면, 진공 펌프(Vacuum Pump, 3)는 금속 도선 공급 장치(Wire Supply Unit, 1) 및 분말 포집 및 정제 장치(Gather and Filter Unit, 2)에 진공을 형성하도록 연결되고,

알곤의 경로를 따라 설명하면 불활성 가스 실린더(9)로부터 가스 리듀서(Gas Reducer, 7)와 가스 리크 감지 장치(Leak System With Rotameter, 5)를 거쳐 분말 포집 및 정제 장치(Gather and Filter Unit, 2)의 도선을 가열, 증발시키는 석영관(12)에 연결하여 관찰이 가능하도록 한다.

산소의 경로를 따라 설명하면 반응 가스 실린더(8)로부터 가스 리듀서(Gas Reducer, 7)와 가스 클리닝 장치(Gas Cleaning System, 6)와 가스 리크 감지 장치(Leak System With Rotameter, 5)와 반응가스 농도 조절 장치(4)를 거쳐 금속 도선 공급 장치(Wire Supply Unit, 1)에 연결된다.

상기 각 가스 리듀서는 일정압력, 일정 유량의 가스가 흘러갈 수 있도록 정량적인 조절이 가능한 장치이며, 가스리크 감지 장치는 현재 공급되는 가스가 다른 곳으로 새지는 않는지, 혹은 다른 종류의 가스가 본 장치에 유입되고 있지는 않는지를 감지하는 장치이다.

도 2a는 본원 발명의 가열을 위한 유도 코일의 개략도이고, 도 2b는 분말 제조 모식도인데, 유도 가열기를 이루는 유도 코일에서 작용하는 힘의 세기 계산 결과를 보여 준다. 보다 자세하게 도 2a 및 b를 설명하면 다음과 같다.

(1) force에 관련한 자기장

- 도면 중 p점에서의 자기장

$$\vec{B}_1 = -\frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{2\pi a^2}{\sqrt{a^2 + z_1^2}} = -\frac{\mu_0 I}{2} \frac{a^2}{\sqrt{a^2 + z_1^2}}$$

$$\vec{B}_2 = -\frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{2\pi a^2}{\sqrt{a^2 + z_2^2}} = -\frac{\mu_0 I}{2} \frac{a^2}{\sqrt{a^2 + z_2^2}}$$

$$\vec{B}_3 = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{a^2}{\sqrt{a^2 + z_3^2}}$$

$$\vec{B}_4 = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{a^2}{\sqrt{a^2 + z_4^2}}$$

$$\vec{B}_5 = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{a^2}{\sqrt{a^2 + z_5^2}}$$

사용된 장치 사양은 10kW, 440kHz (실제 max. power 5kW, 380V)이다. 이 사양에 의하여 전류(current)가 결정된다.

코일은 대칭이므로 상쇄되고 상기 수식 중 \vec{B}_5 만 고려하면 된다. 실제 제조 조건에서 상기 $z_1=1\text{cm}$, $z_2=0.5\text{cm}$, $z_3=0.5\text{cm}$, $z_4=1\text{cm}$, $z_5=1.5\text{cm}$, 코일반경 $a=0.7\text{cm}$, 투자율 $\mu_0 = \text{공기} = 1$, $I=0.013\text{A}$ 인 경우 본 실험에 있어서의 주된 변수 힘(F)은

$$\vec{F} = 2\pi a \vec{I} \times \vec{B}$$

로 표현되며 주어진 조건에서 $\vec{F} = 1.55 \times 10^{-3} \text{N}$ 로 얻어진다.

은(Ag) 분말(밀도 10.5 g/cm^3)의 경우 이 힘으로 지지할 수 있는 질량은 0.16g으로 구가 형성될 때의 최대 직경은 고체일 때 3mm로서 액체(liquid)상태에서는 이것보다 클 것이다. 실제 실험에서 관찰되는 직경이 약 5mm 이므로 계산 결과가 타당함을 알 수 있다.

(2) 가열에 관련한 주파수 및 전력

금속 구에 작용하는 주파수에 의해 결정되는 가열 구간(skin depth)은

$$\delta = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho \times 10^{-7}}{\mu_r f}} = 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_r f}} [m]$$

(μ_r ; 재료의 비투자율, ρ ; 비저항, f ; 주파수, δ ; skin depth)

로 정의되며, 구리(Cu)의 경우 $\rho=1.7 \mu\Omega.cm$, $\mu_r=1$, $f=440kHz$ 라고 한다면 skin depth $\delta=99\mu m$ 이다. 즉 매우 얇은 두께에서 유도가열에 의해 가열이 일어나고 있음을 알 수 있다. 직경 5mm에 대해 약 0.1mm는 4%정도에 해당한다. 극히 표면에서 집중적으로 가열이 일어나고 있다.

도 3a는 본원 발명의 일부 구성을 이루는 분말 포집 및 정제 장치도이고, 도 3b 내지 3c는 도 3a의 각 부분을 확대한 도인데, 3b는 와이어 피딩 장치부의 구체적인 확대 도면이고, 3c는 정제부의 확대도로서, 도 3a는 도 1에서 설명한 본 발명의 분말 포집 및 정제 장치(Gather and filter Unit, 2)의 구체적인 구성을 나타내고 있는데, 인접한 장치인 도선을 공급하기 위한 와이어 피딩 장치부(10)와 공급 챔버(feeding chamber)(11)를 포함하여 구성되는 금속 도선 공급장치(1)의 하부에 위치하고 있어 연속적으로 도선을 공급받게 되고, 또한 진공 펌프(vacuum pump)(3)에 의해 진공분위기 조건을 가지게 된다.

이러한 분말 포집 및 정제 장치(Gather and filter Unit, 2)의 연결 구성을 보면 금속도선의 용해 및 증발, 응축이 일어나는 석영관(12)과, 석영관 둘레를 감싸도록 설치되고 특정 주파수의 전원이 공급되는 유도코일(13)과, 석영관(12)을 고정하고 그 아래 부분을 냉각시킬 수 있는 동 튜브(copper tube)(14)와, 동 튜브를 둘러싸고 있는 메인 챔버(main chamber)(15)와, 메인 챔버의 상하 위치를 조절하는 메인 챔버 업/다운 시스템(main chamber Up/Down system)(16)과, 제조된 분말이 모아지는 콘 챔버(cone chamber)(17)와, 금속도선의 이동속도 조절 및 공정 조건을 조절하는 컨트롤 시스템(control system)(18)과, 전체 장치에 전원을 온/오프(on/off)하는 전원 시스템(power system)(19)과, 장치에 공급되는 가스의 성분을 감지하는 가스 분석기(gas analyzer)(20)와, 금속도선을 용해 증발하는 유도코일(13)에 전원을 공급하는 유도 가열기(induction heater)(21)와, 장치내 진공도를 감지하는 진공 게이지(vacuum gauge)(22)와, 장치내 압력을 조절하는 진공 컨트롤러(vacuum controller)(23)로 구성되어 있다.

도 4는 본원 발명의 일부 구성을 이루는 직접 분산 장치도인데, 직접 분산 장치(Direct Dispersion Unit)는 도 3의 정제부(filter part)에서 떨어지는 분말이 분산 용매 안에 직접 떨어지면서 섞일 수 있도록 하는 장치이다. 즉, 나노 분말 유체를 제조하기 위한 장치로 필요에 따라 장탈착이 가능한 장치이며, 만약 장착이 된다면 도 3의 정제부(도 3c) 아래에 위치하게 된다.

이 직접분산장치는 분말이 회전하는 드럼위에 떨어지면서 연속적으로 분산 용매 안에 분산되도록 하는 장치이다.

상기와 같은 구성을 가진 본 발명 장치의 작동순서는 다음과 같다.

1. 금속 도선 공급장치(1)에 금속도선을 장착한다.
2. 전원시스템(19)을 온(on)하여 컨트롤 시스템(18)에 전원을 공급하고, 금속도선 공급 속도를 조절한다.
3. 금속도선의 끝이 두 유도 코일(13)의 중간에 위치하도록 조절한다.
4. 금속도선 주위를 석영관(12)으로 막고, 아래쪽으로 필터 시스템(filter system)을 장착하고, 분위기 및 제조 분말을 포집할 수 있도록 석영관(12)을 지지하고 냉각하는 동튜브(14)를 연결한다.
 - 4.1. 금속 분말의 원활한 분산 및 산화의 억제를 위해 분말 포집관 대신 분산제가 담겨있는 병을 연결하고, 제조되는 분말이 바로 분산제 속으로 포집되도록 한다. (도 4 참조)
 - 4.2. 분산제가 담겨있는 병은 초음파 처리나 스티어링(stirring) 처리를 할 수 있도록 고안하여 금속 분말의 분산이 보다 원활할 수 있도록 한다.
5. 각 장치의 관 연결 후 챔버 내부에 불활성 가스 또는 산화물, 질화물, 탄화물 등을 제조하기 위한 분위기 가스를 일정 기압이 되도록 공급한다.

6. 코일 안쪽에 위치한 석영관의 하부 이음부 및 분말 포집 챔버 둘레에 냉각수를 흐르게 하여 장비가 과열되지 않도록 조절한다.
7. 유도 코일에 특정 주파수의 전원을 공급하여 도선의 끝이 두 코일의 중간 부위에서 녹으면서 구를 만들도록 조절한다.
8. 금속의 끓는점 이상으로 가열하고, 가열과 동시에 불활성 가스나 기타 가스를 불어 넣어 증발 응축하는 분말이 아래쪽으로 포집되도록 조절한다.

이하 본 발명의 바람직한 실시예이다.

(실시예 1-6)

본 장치를 이용하여 현재 Cu, Ni, Fe, Sn, Ag 등의 금속 나노 분말과 Fe₂O₃ 등의 세라믹 나노 분말을 제조하였다.

각각의 분말을 제조하기 위해 공통적으로 장치를 조립하고 도선을 공급하기 전 진공을 약 1 kPa 까지 뽑는다.

그 후 (장치 내에 존재하는 다른 종류의 기체를 완전히 제거하기 위하여) Ar gas를 분당 3 리터의 양으로 흘려준 후 15 kPa이상 20 kPa이하로 압력을 조절한다.

가스(Gas) 압력은 입자 사이즈와 관련 되므로 어떤 분말을 제조하느냐에 따라 10~20kPa 범위에서 달라진다. 그러나 가스압이 10kPa보다 낮은 경우 제조되는 분말이 하부로 포집되지 않고 석영관의 벽면에 달라붙는 현상이 발생하며, 반면 20kPa 이상으로 높여주면 가스 조절이 어려워 분말의 포집이 용이하지 않다.

그 후 유도가열 전원을 켜고 금속 도선의 종류에 따라 2~5 kW 범위에서 조절하며, 동시에 금속도선을 연속적으로 공급한다. 2~5kW의 범위에서는 대부분의 금속이 용해, 증발할 수 있으며 2kW보다 작은 경우 용해는 가능하지만 증발이 되지 않고, 반면 5kW 이상이 되면 필요이상으로의 과열이 발생하여 비효율적이다.

금속도선의 공급속도는 금속도선의 종류에 따라 약 50~100mm/min로 하였다. 50mm/min 이하의 속도에서는 공급속도가 너무 낮아 분말의 생산이 중단되며, 100mm/min 이상의 속도가 되면 충분히 가열되기도 전에 금속도선이 하강하여 금속의 증발이 일어나지 않게 된다.

각각의 분말의 제조 조건을 다음의 표 1에 요약하였으며, 제조된 분말 중 Sn, Ag 및 Fe₂O₃ 분말의 결과를 도 5에 예시하였다.

표 1. 여러 가지 나노 금속 및 세라믹 분말을 제조하기 위한 부양증발응축 조건

제조 분말	공급전력 (kW)	가스 종류	가스압력 (kPa)	가스 공급속도 (ℓ /min)	도선 공급속도 (mm/min.)
실시예1) Cu	5	Ar	16	3	50
실시예2) Ni	5	Ar	17	3	50
실시예3) Ag	5	Ar	16	3	150
실시예4) Sn	2.5	Ar	19	3	50
실시예5) Fe	5	Ar	18	3	50
실시예6) Fe ₂ O ₃	5	Ar O ₂	17 (total 압력)	3 0.2	50

도 5는 본 발명 제조에 의한 결과물인 Sn 및 Ag 나노 분말의 SEM 사진으로, 본 발명 부양증발 응축법으로 제조된 나노분말은 크기 100nm의 미세한 분말이 형성되며, 연속공정이 가능한 상태에서 비교적 균일한 분말크기 분포를 가진다.

본 발명은 상술한 특정의 바람직한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

발명의 효과

상기와 같이 부양 증발 응축법에 의해 나노 금속 및 세라믹 분말을 제조하는 본 발명은 투입에너지를 고효율로 사용할 수 있고, 연속 공정으로 생산량을 증가시키며, 도가니가 필요치 않아 불순물의 혼입을 전혀 고려하지 않아도 된다는 장점이 있다.

또한 투입 에너지 및 온도, 투입 기체 등의 쉽게 조절하여 제조 분말의 크기, 조성 등을 매우 쉽게 조절할 수 있어서 나노 금속 및 세라믹 분말의 제조를 통해 학술적, 상업적 목적을 쉽게 달성할 수 있다는 장점을 가진 유용한 발명으로 산업상 그 이용이 크게 기대되는 발명이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

금속 또는 세라믹 분말의 제조방법에 있어서,

연속공급되는 금속도선을 가스분위기하에서 유도가열하여 금속도선의 표면을 급격하게 가열시켜 형성된 액체 금속구를 공중에 부양시켜 무접촉식으로 가열하여 증발이 일어나도록 하고, 증발된 금속 증기를 응축시켜 금속 또는 세라믹 분말을 제조하는 방법을 특징으로 하는 부양 증발 응축법에 의한 금속 및 세라믹 나노 분말의 제조 방법.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 가스분위기는 금속 분말을 제조하는 경우 불활성가스(Ar, N₂ 등)의 분위기에서 유도가열하고, 세라믹 분말(산화물, 질화물, 탄화물 등)을 제조하기 위해서는 금속도선과 반응할 수 있는 반응가스(산소, 질소, 탄화수소 등)의 분위기 하에서 유도가열하는 방법을 특징으로 하는 부양 증발 응축법에 의한 금속 및 세라믹 나노 분말의 제조 방법.

청구항 3.

제 1항 또는 2항중 어느 한항에 있어서,

상기 제조시 공급전력은 2~5kW이고, 가스압력은 15~20kPa이고, 가스공급속도는 1~3 ℓ/min이고, 도선 공급속도는 50~100 mm/min 인 것을 특징으로 하는 부양 증발 응축법에 의한 금속 및 세라믹 나노 분말의 제조 방법.

청구항 4.

삭제

청구항 5.

삭제

청구항 6.

제 1항에 있어서,

금속 또는 세라믹 분말의 제조하는 단계는

금속 도선 공급장치에 제조하고자 하는 분말의 원재료 금속도선을 장착하는 단계와;

금속 분말을 제조하는 경우 불활성기체(Ar, N₂ 등)의 분위기에서 혹은 세라믹 분말(산화물, 질화물, 탄화물 등)을 제조하기 위해서는 금속도선과 반응할 수 있는 불활성기체(Ar, N₂ 등)의 분위기와 반응가스(산소, 질소, 탄화수소 등) 혼합 분위기에서 금속도선을 일정한 속도로 하강하여 도선의 끝이 유도 코일의 중심축 및 상부코일과 하부코일의 경계에 오도록 위치시킨 후 유도코일에 전원을 공급하여 금속도선 끝이 용해되도록 하는 단계와;

용해과정에서 표면장력 효과에 의해 형성되는 금속 액체구가 공중에 부양되어 증발하면서 평형을 유지하도록 파워를 조절하며, 동시에 적정 가스를 흘려주어 기체상태의 금속증기가 응축하고, 하부로 포집되도록 연속적으로 일정압력의 가스를 주입하는 단계를 거쳐 제조되는 것을 특징으로 하는 부양 증발 응축법에 의한 금속 및 세라믹 나노 분말의 제조 방법.

청구항 7.

1항 또는 제 6항중 어느 한항에 있어서,

액상의 매질에 제조된 나노 금속 및 세라믹 분말을 분산시켜야 하는 경우, 제조되는 분말을 직접 액상 매질에 분산되도록 하는 것을 특징으로 하는 부양 증발 응축법에 의한 금속 및 세라믹 나노 분말의 제조 방법.

청구항 8.

분말 또는 세라믹 분말 제조장치에 있어서,

금속도선을 공급하는 금속 도선 공급 장치(Wire Supply Unit, 1)와;

연속공급되는 금속도선을 가스분위기하에서 유도가열하여 금속도선의 표면을 급격하게 가열시켜 형성된 액체 금속구를 공중에 부양시켜 무접촉식으로 가열하여 증발이 일어나도록 하고, 증발된 금속 증기를 응축시켜 금속 또는 세라믹 분말을 제조하도록 구성된 분말 포집 및 정제 장치(Gather and Filter Unit, 2)와;

금속 도선 공급 장치(Wire Supply Unit, 1) 및 분말 포집 및 정제 장치(Gather and Filter Unit, 2)에 진공을 형성하도록 연결된 진공 펌프(Vacuum Pump, 3)와, 불활성 가스 실린더(9)로부터 가스 리듀서(Gas Reducer, 7)와 가스 리크 감지 장치(Leak System With Rotameter, 5)를 거쳐 분말 포집 및 정제 장치(Gather and Filter Unit, 2)의 도선을 가열, 증발시키는 석영관(12)에 연결된 불활성 가스공급부와, 반응 가스 실린더(8)로부터 가스 리듀서(Gas Reducer, 7)와 가스 클리닝 장치(Gas Cleaning System, 6)와 가스 리크 감지 장치(Leak System With Rotameter, 5)와 반응가스 농도 조절 장치(4)를 거쳐 금속 도선 공급 장치(Wire Supply Unit, 1)에 연결된 반응가스 공급부로 구성되는 가스 공급 및 조절부로 구성된 것을 특징으로 하는 부양 증발 응축법에 의한 금속 및 세라믹 나노 분말의 제조장치.

청구항 9.

제 8항에 있어서,

상기 분말 포집 및 정제 장치(Gather and filter Unit, 2)는 금속도선의 용해 및 증발, 응축이 일어나는 석영관(12)과, 석영관 둘레를 감싸도록 설치되고 특정 주파수의 전원이 공급되는 유도코일(13)과, 석영관(12)을 고정하고 그 아래 부분을 냉각시킬 수 있는 동 튜브(copper tube)(14)와, 동 튜브를 둘러싸고 있는 메인 챔버(main chamber)(15)와, 메인 챔버의 상하 위치를 조절하는 메인 챔버 업/다운 시스템(main chamber Up/Down system)(16)과, 제조된 분말이 모아지는 콘 챔버(cone chamber)(17)와, 금속도선의 이동속도 조절 및 공정 조건을 조절하는 컨트롤 시스템(control system)(18)과, 전체 장치에 전원을 온/오프(on/off)하는 전원 시스템(power system)(19)과, 장치에 공급되는 가스의 성분을 감지하는 가스 분석기(gas analyzer)(20)와, 금속도선을 용해 증발하는 유도코일(13)에 전원을 공급하는 유도 가열기(induction heater)(21)와, 장치내 진공도를 감지하는 진공 게이지(vacuum gauge)(22)와, 장치내 압력을 조절하는 진공 컨트롤러(vacuum controller)(23)로 구성된 것을 특징으로 하는 부양 증발 응축법에 의한 금속 및 세라믹 나노 분말의 제조장치.

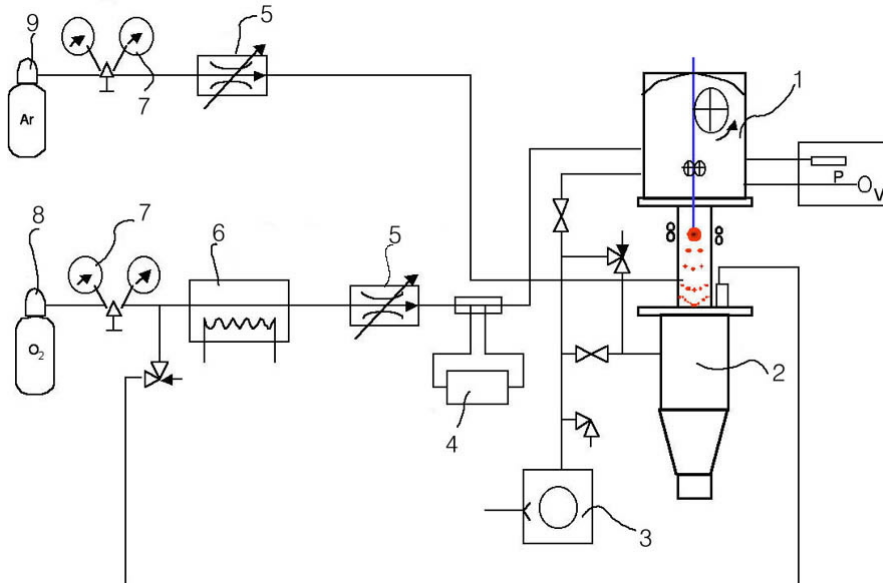
청구항 10.

제 8항또는 9항중 어느 한항에 있어서,

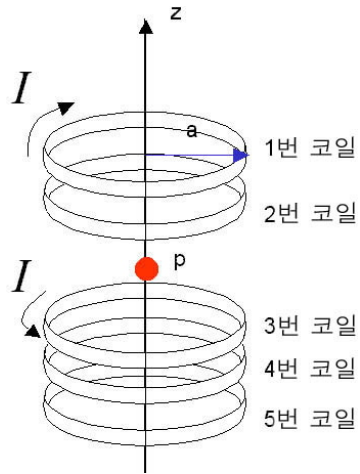
상기 분말 포집 및 정제 장치(Gather and filter Unit, 2) 하부에 분말이 회전하는 드럼위에 떨어지면서 연속적으로 분산 용매 안에 분산되도록 하는 직접 분산 장치(Direct Dispersion Unit)를 더 포함하여 구성한 것을 특징으로 하는 부양 증발 응축법에 의한 금속 및 세라믹 나노 분말의 제조장치.

도면

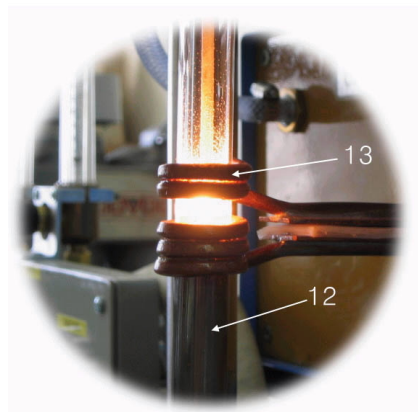
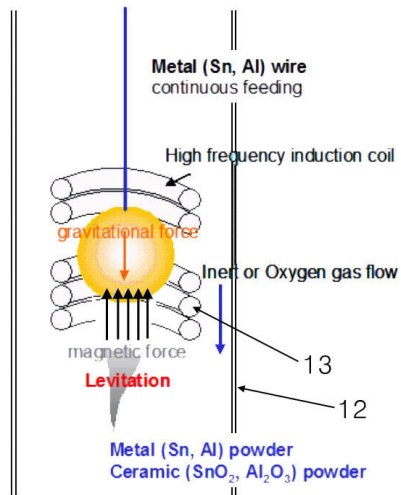
도면1



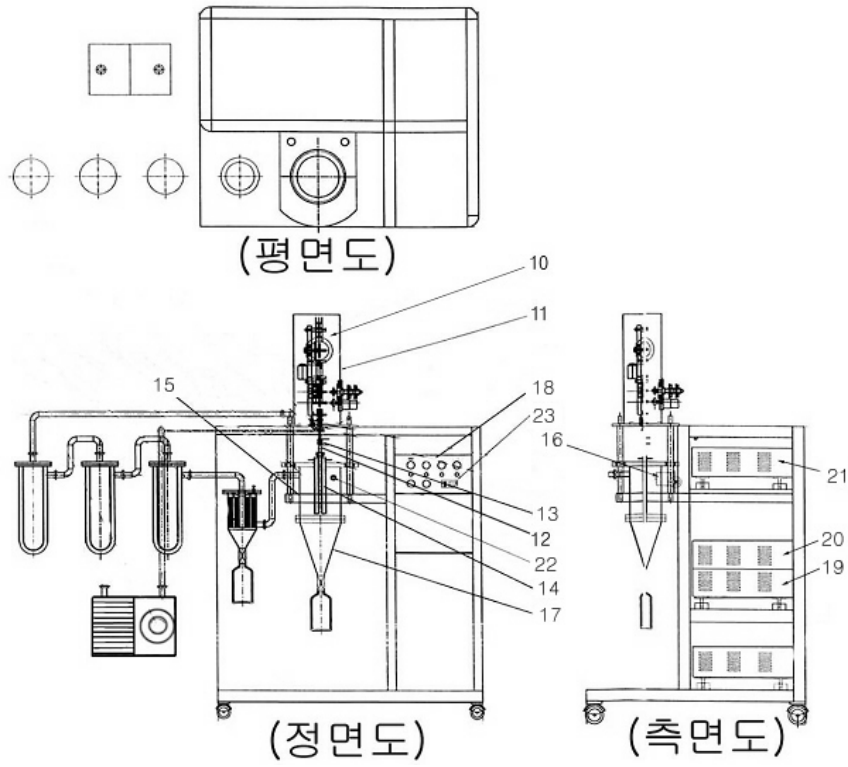
도면2a



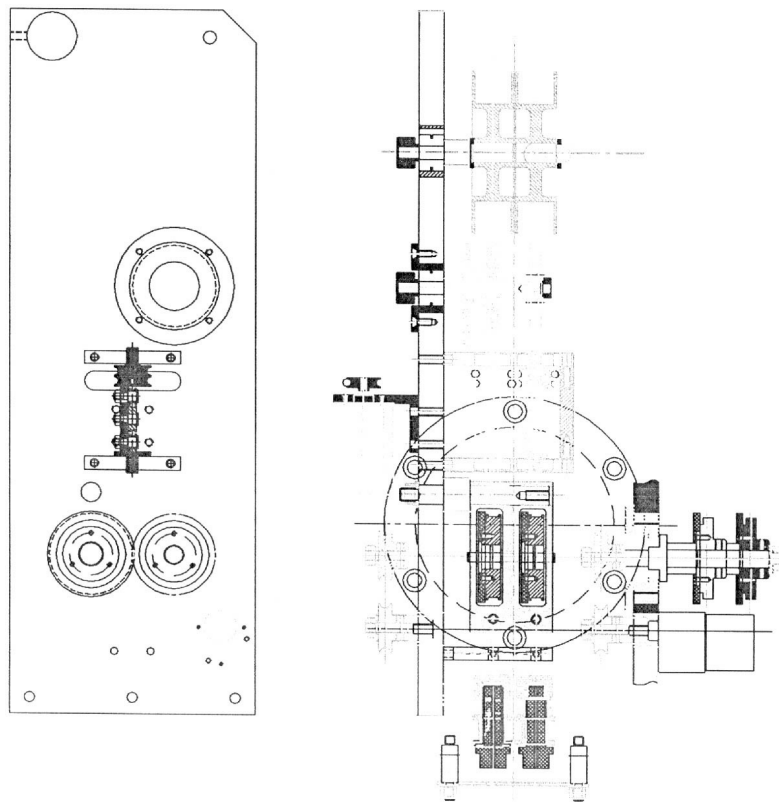
도면2b



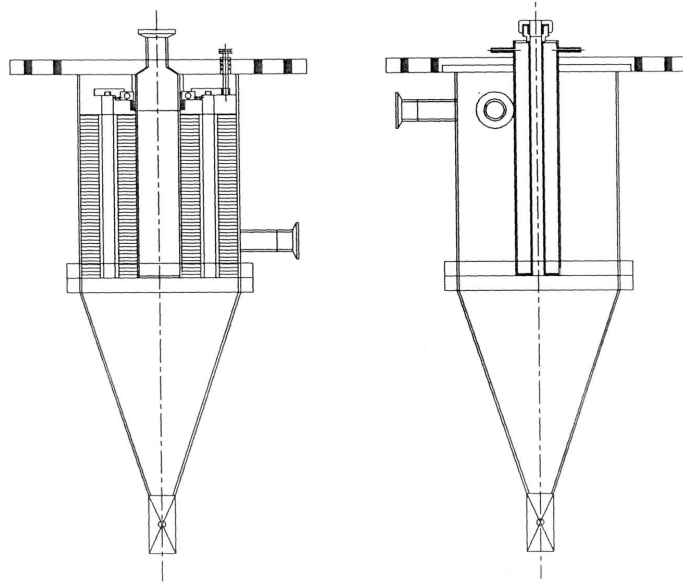
도면3a



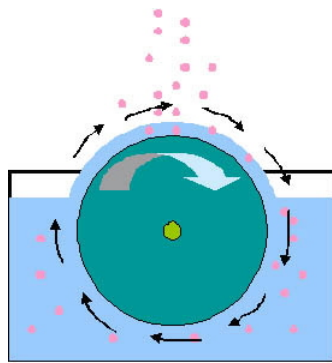
도면3b



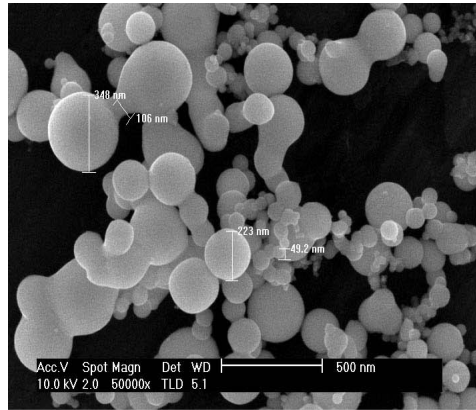
도면3c



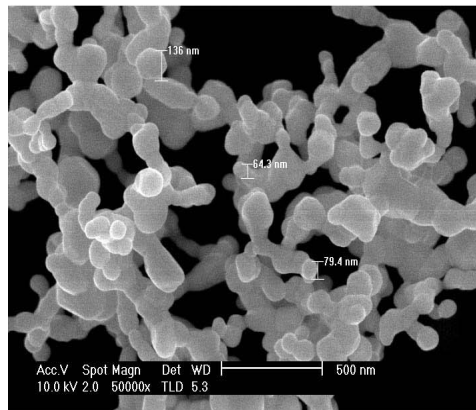
도면4



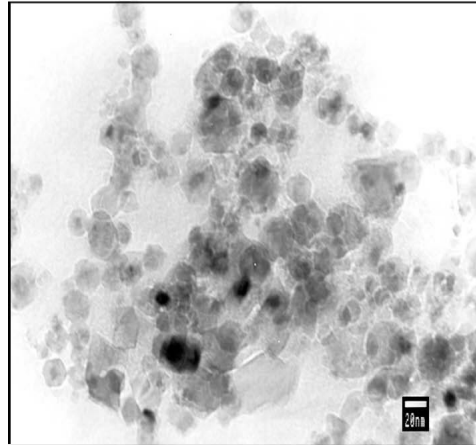
도면5



Nano Sn Powder



Nano Ag powder



Nano Fe₂O₃ powder