



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0118001

(43) 공개일자 2015년10월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C23C 4/06 (2006.01) B05B 1/02 (2006.01)

C23C 4/12 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0085098

(22) 출원일자 2014년07월08일

심사청구일자 2014년07월08일

(30) 우선권주장

1020140042752 2014년04월10일 대한민국(KR)

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

윤석구

서울특별시 강남구 삼성로69길 39-4 (대치동)

(74) 대리인

홍동우

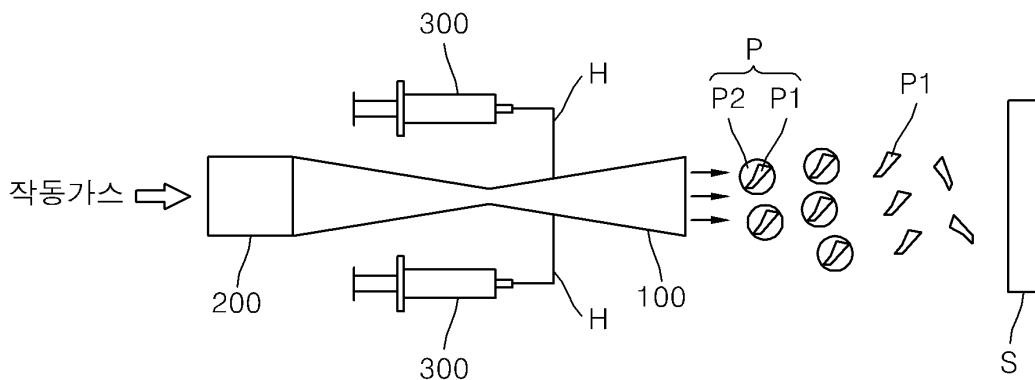
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 은-나노와이어 증착 장치 및 이의 제어 방법

(57) 요약

본 발명은 은-나노와이어 증착 장치에 관한 것으로, 화학기상증착법과 같은 진공 공정 및 별도의 예칭과 전사 과정 등의 복잡한 제조 공정을 거치지 않고, 은-나노와이어 입자와 휘발성 액체를 혼합한 혼합 용액을 초음속 분사 노즐을 통해 분사하는 단순 스프레이 방식을 통해 은-나노와이어 입자를 기판에 용이하게 증착 코팅시킬 수 있고, 상대적으로 저온 상태에서 은-나노와이어 입자를 증착 코팅시킬 수 있도록 함으로써, 고온의 열에 취약한 유연 기판 등의 표면에도 은-나노와이어 입자의 증착 코팅을 용이하게 수행할 수 있으며 더욱 다양한 용도로 활용할 수 있는 은-나노와이어 증착 장치 및 이의 제어 방법을 제공한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

기관이 배치되는 베이스;

상기 베이스에 안착되는 기관을 향해 작동 가스를 초음속 상태로 분사하는 초음속 분사 노즐; 및

은-나노와이어 입자와 휘발성 액체가 혼합된 상태의 혼합 용액이 저장되고, 상기 혼합 용액이 상기 초음속 분사 노즐을 통해 상기 작동 가스와 함께 분사되도록 상기 초음속 분사 노즐에 연결되는 용액 공급부

를 포함하고, 상기 혼합 용액은 상기 은-나노와이어 입자가 함유된 미립자 액적 상태로 상기 초음속 분사 노즐을 통해 분사되고, 분사되는 과정에서 상기 휘발성 액체가 증발되어 상기 은-나노와이어 입자가 상기 기관에 증착 코팅되는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 초음속 분사 노즐은:

상기 작동 가스가 유동하도록 내부 공간에 가스 유로가 형성되는 노즐 하우징; 및

상기 노즐 하우징에 형성된 가스 유로의 중단부에 연통되도록 상기 노즐 하우징에 형성되는 용액 주입구

를 포함하고, 상기 용액 공급부는 상기 가스 유로 내부로 상기 혼합 용액이 공급되도록 상기 용액 주입구에 연통되게 결합되는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 가스 유로에 연통되는 상기 용액 주입구는 복수 개가 구비되는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 복수 개의 용액 주입구는 일렬 배치되는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 5

제 3항에 있어서,

상기 용액 공급부는 복수 개가 구비되고,

상기 초음속 분사 노즐의 단면은 링 타입의 원형 단면을 구비하고,

상기 복수 개의 용액 주입구는 상기 초음속 분사 노즐의 원주 상에서 이격 배치되는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 6

제 4항에 있어서,

상기 용액 공급부는 상기 혼합 용액을 상기 초음속 분사 노즐로 분사하도록 상기 용액 주입구에 배치되는 용액 인젝터를 구비하는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 용액 인젝터는 상기 용액 주입구와 상기 초음속 분사 노즐의 중심을 잇는 주입구 중심선과 사전 설정 사이각을 구비하도록 상기 초음속 분사 노즐에 배치되는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 용액 인젝터는:

상기 혼합 용액이 주입 유동하는 인젝터 센터 라인과,

내면으로부터 상기 인젝터 센터 라인이 이격 배치되고 상기 혼합 용액을 상기 상기 초음속 분사 노즐로 유입시키는 용액 공급 가스를 유동시키는 인젝터 아우터 라인을 구비하는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 9

제 2 항에 있어서,

상기 가스 유로에 연통되는 상기 용액 주입구의 단면 형상은 상기 작동 가스의 유동 방향에 대한 직각 방향으로 길게 형성되는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 10

제 2 항에 있어서,

상기 가스 유로는 양단에 유입구 및 배출구가 형성되고, 중단부에는 유동 단면적이 감소하는 교축부가 형성되며,

상기 교축부로부터 상기 배출구로 향하는 구간에는 상기 배출구로 갈수록 유동 단면적이 증가하는 방향으로 경사지도록 경사면이 형성되는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 용액 주입구는 상기 경사면에 형성되는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 용액 주입구는 상기 경사면에 상기 작동 가스의 유동 방향에 대한 직각 방향으로 길게 형성되는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 13

제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 초음속 분사 노즐은 스텔, 스테인리스 스텔 및 텅스텐 카바이드 중 어느 하나의 재질로 형성되는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 14

제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 베이스는, 상기 은-나노와이어 입자가 상기 기판에 증착 형성되는 과정에서 상기 기판을 가열할 수 있도록 별도의 가열판을 구비하는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 15

제 1항 내지 제 12항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 베이스는:

상기 기관과 접하는 베이스 바디와,

상기 베이스 바디와 연결되어 상기 베이스 바디를 회동시키는 베이스 구동부를 포함하는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 16

제 1항 내지 제 12항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 용액 공급부는:

일단이 상기 초음속 유동 노즐에 연결되는 용액 라인과,

상기 용액 라인의 타단에 연결 배치되는 용액 수집부와,

상기 혼합 용액이 수용 배치되는 용액 저장부와,

상기 용액 저장부와 연결되어 상기 용액 저장부에 소정의 진동을 제공하여 상기 혼합 용액을 액적화시키는 용액 베포라이저를 구비하는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 17

제 1항 내지 제 12항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 초음속 분사 노즐에 공급되는 작동 가스를 가열시키는 히팅부가 더 구비되는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 18

제 1항에 있어서,

상기 초음속 분사 노즐의 전단 측에 배치되어 상기 초음속 분사 노즐로 유입되는 작동 가스의 압력을 조정하는 작동 가스 컴프레서와,

상기 베이스와 상기 초음속 분사 노즐 사이에 배치되어 상기 초음속 분사 노즐에서 토출되는 은-나노와이어 입자의 속도를 감지하는 감지부와,

상기 은-나노와이어 입자의 속도와 상기 초음속 분사 노즐의 유입 압력 상관관계를 포함하는 사전 설정 데이터가 저장되는 저장부와,

상기 사전 설정 데이터 및 상기 감지부에서 감지한 입자 속도를 이용하여 상기 입자 속도에 대응하는 작동 가스의 속도인 대응 가스 속도를 산출하는 연산부와,

상기 대응 가스 속도와 상기 사전 설정 데이터를 이용하여 상기 초음속 분사 노즐에서 토출되어 상기 기관에 도달하는 입자의 속도가 사전 설정 속도 범위에 도달하도록 상기 작동 가스 컴프레서로 상기 작동 가스의 압력을 제어하는 압력 제어 신호를 인가하는 것을 제어부를 구비하는 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치.

청구항 19

기관이 배치되는 베이스; 상기 베이스에 안착되는 기관을 향해 작동 가스를 초음속 상태로 분사하는 초음속 분사 노즐; 및 은-나노와이어 입자와 휘발성 액체가 혼합된 상태의 혼합 용액이 저장되고, 상기 혼합 용액이 상기 초음속 분사 노즐을 통해 상기 작동 가스와 함께 분사되도록 상기 초음속 분사 노즐에 연결되는 용액 공급부를 포함하고, 상기 초음속 분사 노즐의 전단 측에 배치되어 상기 초음속 분사 노즐로 유입되는 작동 가스의 압력을 조정하는 작동 가스 컴프레서와, 상기 베이스와 상기 초음속 분사 노즐 사이에 배치되어 상기 초음속 분사 노즐에서 토출되는 은-나노와이어 입자의 속도를 감지하는 감지부와, 상기 은-나노와이어 입자의 속도와 상기 초음속 분사 노즐의 유입 압력 상관관계를 포함하는 사전 설정 데이터가 저장되는 저장부와, 상기 사전 설정 데이터 및 상기 감지부에서 감지한 입자 속도를 이용하여 상기 입자 속도에 대응하는 작동 가스의 속도인 대응 가스 속

도를 산출하는 연산부와, 상기 대응 가스 속도와 상기 사전 설정 데이터를 이용하여 상기 초음속 분사 노즐에서 토출되어 상기 기관에 도달하는 입자의 속도가 사전 설정 속도 범위에 도달하도록 상기 작동 가스 컴프레서로 상기 작동 가스의 압력을 제어하는 압력 제어 신호를 인가하는 은-나노와이어 증착 장치를 제공하는 제공 단계와,

상기 제어부의 감지 제어 신호에 따라 상기 감지부가 상기 초음속 분사 노즐로부터 토출되어 상기 기관에 용착되기 전 상기 은-나노와이어 입자의 속도를 감지하는 감지 단계와,

상기 감지 단계에서 감지된 상기 은-나노와이어 입자로부터 대응 가스 속도를 산출하고, 상기 대응 가스 속도와 상기 사전 설정 데이터를 이용하여 상기 작동 가스 컴프레서의 압력을 제어하는 보상 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 은-나노 와이어 증착 장치 제어 방법.

청구항 20

제 19항에 있어서,

상기 사전 설정 데이터는 상기 기관에 용착되는 상기 은-나노와이어 입자에 대한 사전 설정 스토크스 넘버(Stokes,p) 및

상기 은-나노와이어를 기관에 용착시키기 위한 상기 기관에 대한 상기 은-나노와이어의 용착 목표 속도($v_{snw,p}$)를 형성하도록 하는 작동 가스의 하한 상기 초음속 분사 노즐의 유입 측에서의 용착 목표 압력($P_{i,p}$)을 포함하고,

상기 사전 설정 데이터는 입자 속도 및 작동 가스 속도에 대한 스토크스 넘버 맵 데이터와 상기 작동 가스의 속도에 대한 압력 맵 데이터와, 상기 초음속 분사 노즐의 형상에 따른 상기 작동 가스의 유입 속도와 유출 속도에 대한 유입 유출 압력 맵 데이터를 포함하고,

상기 보상 단계는:

상기 감지부에서 감지된 상기 은-나노와이어 입자 속도(v_{snw})와 상기 사전 설정 스토크스 넘버($Stk.p$)를 이용하여 상기 스토크스 넘버 맵 데이터로부터 대응 가스 속도(vg)를 산출하는 대응 가스 속도 산출 단계($S31$)와,

상기 압력 맵 데이터를 이용하여, 상기 대응 가스 속도(vg)에 대응하는 상기 초음속 분사 노즐의 토출 측에서의 상기 작동 가스 압력을 나타내는 토출 압력(P_e)을 산출하는 토출 압력 산출 단계($S33$)와,

상기 토출 압력(P_e)과 상기 유입 유출 압력 맵 데이터를 이용하여, 상기 초음속 분사 노즐의 유입 측에서의 유입 압력(P_i)을 산출하고, 상기 작동 가스 컴프레서를 통하여 상기 용착 목표 압력($P_{i,p}$)과 유입 압력(P_i)을 비교 제어하는 노즐 제어 단계($S35$)를 구비하는 것을 특징으로 하는 은-나노 와이어 증착 장치 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 저온 스프레이 방식 증착 코팅 장치에 관한 것이다. 보다 상세하게는 스퍼터링 증착법과 같은 진공 공정 및 별도의 후처리 과 같은 복잡한 제조 공정을 거치지 않고, 은 나노와이어와 휘발성 액체를 혼합한 혼합 용액을 분사 노즐을 통해 분사하는 방식을 통해 은 나노와이어 입자를 증착 코팅시킬 수 있도록 함으로써, 은 나노와이어의 높은 전기 전도도를 위한 네트워크가 자연스럽게 생기면서 높은 성능을 낼 수 있는 저온스프레이 방식 은나노 증착 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

전자 부품 소자의 다양한 연구 및 개발에 따라 박막 형태의 전도층을 형성함에 있어 다양한 재료와 방법이 이루어지고 있다. 일례로 그래핀(Graphene)은 탄소가 육각형의 형태로 서로 연결되어 벌집 모양의 2차원 평면 구조를 이루는 물질로서, 그 특징은 두께가 매우 얇고 투명하고 우수한 전기 전도성을 가지는 차세대 물질로 알려져 있다. 이러한 그래핀의 특수성을 이용하여 최근 투명 디스플레이 또는 플렉서블(Flexible) 디스플레이 등의 전자 장비에 적용하려는 다양한 연구와 노력이 이루어지고 있다. 일반적으로 그래핀은 금속 촉매를 이용한 화학기

상증착법(CVD : Chemical vapor deposition)에 의해 금속 촉매 상부에 형성하게 된다. 그 후 금속 촉매를 에칭 과정(etching process)을 통해 제거한 뒤 유연 기판(flexible substrate)과 유리 기판 등의 다양한 기판에 전사(tranfer)시켜 그래핀 박막을 얻게 된다.

[0003] 또 다른 일례로, 은 나노 와이어는 ITO 필름 대비 생산 단가를 낮추기 쉬울 뿐만 아니라, 희소금속인 인듐을 사용하지 않아 원재료 가격도 저렴하다. 또 와이어 형태여서 구부리거나 꺾어도 전기 신호가 끊기지 않고 통하기 때문에 플렉서블 디스플레이 및 터치 패널용 투명전극 소재로 유력시 되고 있다.

[0004] 하지만, 종래의 은 나노 와이어 코팅 관련하여 복잡한 고 진공 방식의 스퍼터링 증착 공정이 요구되어 제조 상의 복잡함이 수반되었다. 이에 고진공 상태에서의 공정을 요하지 않고 상압 하에서 공정을 이루어 신속하고 원활한 코팅을 할 수 있는 다양한 연구들이 진행되었다. 이러한 방식 중의 일례들로는, 스프인코팅, 스프레이 코팅, 정전기 스프레이, 브러쉬, 딥핑 방식 등을 들 수 있다. 하지만, 이러한 전통적인 코팅 방식 하에서 제조된 은 나노 와이어 코팅 방식을 통하여 얻어진 은 나노 와이어의 경우 ITO 필름 등의 ITO 전극과 대비할 때 성능이 낮아 후속 2차 공정을 요하게 된다.

[0005] 즉, 종래의 통상적인 은나노 와이어 코팅 방법의 경우 열처리, 롤링, 광원 조사, 프레싱 등 다양한 후 처리를 요하게 되며, 이로 인하여 제조 공정 시간은 상당히 길어지는 문제점이 수반되었다. 뿐만 아니라, 제조 공정 시간의 증대와 더불어, 공정 단계가 복잡해지고 다단화됨에 따라 코팅 필름 내지 코팅층이 형성되는 베이스 기판 등의 이송 과정에 있어 손상이 발생하여 수율이 저하되고, 궁극적으로 제조 원가를 현격하게 증대시키는 문제점도 수반하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 발명한 것으로서, 본 발명의 목적은 필름을 코팅하거나 도전층을 형성함에 있어 기존의 방식과 달리 복잡한 제조 공정을 거치지 않고 제조 단계를 최소화시켜, 제조 공정 시간 단축 및 제품 손상을 최소화시켜 제조 원가 절감 및 공정 수율을 증대시키는 은-나노 와이어 증착 장치를 제공하는 것이다. 즉, 본 발명은 은-나노 와이어 입자와 휘발성 액체를 혼합한 혼합 용액을 초음속 분사 노즐을 통해 분사하는 단순 스프레이 방식을 통해 은 나노 와이어 입자를 기판에 용이하게 증착 코팅시킬 수 있는 저온 스프레이 방식 은 나노 와이어 증착 장치 및 이의 제어 방법을 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명의 다른 목적은 상대적으로 저온 상태에서 은 나노 와이어 입자를 증착 코팅시킬 수 있도록 함으로써, 은 나노 와이어 필름에 가장 중요한 용착을 통한 나노 네트워크를 코팅과정 중에 스스로 만들어냄으로써 후 처리 공정이 필요 없고 높은 공정온도를 필요로 하지 않기 때문에 기판 표면에 손상을 가하지 않으며 더욱 빠르고 다양한 기판에 적용 여러 형태의 디바이스를 제작, 활용할 수 있는 저온 스프레이 방식 은 나노 와이어 증착 장치 및 이의 제어 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은, 기판이 배치되는 베이스; 상기 베이스에 안착되는 기판을 향해 작동 가스를 초음속 상태로 분사하는 초음속 분사 노즐; 및 은-나노와이어 입자와 휘발성 액체가 혼합된 상태의 혼합 용액이 저장되고, 상기 혼합 용액이 상기 초음속 분사 노즐을 통해 상기 작동 가스와 함께 분사되도록 상기 초음속 분사 노즐에 연결되는 용액 공급부를 포함하고, 상기 혼합 용액은 상기 은-나노와이어 입자가 함유된 미립자 액적 상태로 상기 초음속 분사 노즐을 통해 분사되고, 분사되는 과정에서 상기 휘발성 액체가 증발되어 상기 은-나노와이어 입자가 상기 기판에 증착 코팅되는 것을 특징으로 하는 은-나노와이어 증착 장치를 제공한다.

[0009] 상기 은-나노와이어 증착 장치에 있어서, 상기 초음속 분사 노즐은: 상기 작동 가스가 유동하도록 내부 공간에 가스 유로가 형성되는 노즐 하우징; 및 상기 노즐 하우징에 형성된 가스 유로의 중단부에 연통되도록 상기 노즐 하우징에 형성되는 용액 주입구를 포함하고, 상기 용액 공급부는 상기 가스 유로 내부로 상기 혼합 용액이 공급되도록 상기 용액 주입구에 연통되게 결합될 수도 있다.

[0010] 상기 은-나노와이어 증착 장치에 있어서, 상기 가스 유로에 연통되는 상기 용액 주입구는 복수 개가 구비될 수

도 있다.

- [0011] 상기 은-나노와이어 증착 장치에 있어서, 상기 복수 개의 용액 주입구는 일렬 배치될 수도 있다.
- [0012] 상기 은-나노와이어 증착 장치에 있어서, 상기 용액 공급부는 복수 개가 구비되고, 상기 초음속 분사 노즐의 단면은 링 타입의 원형 단면을 구비하고, 상기 복수 개의 용액 주입구는 상기 초음속 분사 노즐의 원주 상에서 이격 배치될 수도 있다.
- [0013] 상기 은-나노와이어 증착 장치에 있어서, 상기 용액 공급부는 상기 혼합 용액을 상기 초음속 분사 노즐로 분사하도록 상기 용액 주입구에 배치되는 용액 인젝터를 구비할 수도 있다.
- [0014] 상기 은-나노와이어 증착 장치에 있어서, 상기 용액 인젝터는 상기 용액 주입구와 상기 초음속 분사 노즐의 중심을 잇는 주입구 중심선과 사전 설정 사이각을 구비하도록 상기 초음속 분사 노즐에 배치될 수도 있다.
- [0015] 상기 은-나노와이어 증착 장치에 있어서, 상기 용액 인젝터는: 상기 혼합 용액이 주입 유동하는 인젝터 센터 라인과, 내면으로부터 상기 인젝터 센터 라인이 이격 배치되고 상기 혼합 용액을 상기 초음속 분사 노즐로 유입시키는 용액 공급 가스를 유동시키는 인젝터 아우터 라인을 구비할 수도 있다.
- [0016] 상기 은-나노와이어 증착 장치에 있어서, 상기 가스 유로에 연통되는 상기 용액 주입구의 단면 형상은 상기 작동 가스의 유동 방향에 대한 직각 방향으로 길게 형성될 수도 있다.
- [0017] 상기 은-나노와이어 증착 장치에 있어서, 상기 가스 유로는 양단에 유입구 및 배출구가 형성되고, 중단부에는 유동 단면적이 감소하는 교축부가 형성되며, 상기 교축부로부터 상기 배출구로 향하는 구간에는 상기 배출구로 갈수록 유동 단면적이 증가하는 방향으로 경사지도록 경사면이 형성될 수도 있다.
- [0018] 상기 은-나노와이어 증착 장치에 있어서, 상기 용액 주입구는 상기 경사면에 형성될 수도 있다.
- [0019] 상기 은-나노와이어 증착 장치에 있어서, 상기 용액 주입구는 상기 경사면에 상기 작동 가스의 유동 방향에 대한 직각 방향으로 길게 형성될 수도 있다.
- [0020] 상기 은-나노와이어 증착 장치에 있어서, 상기 초음속 분사 노즐은 스틸, 스테인리스 스틸 및 텅스텐 카바이드 중 어느 하나의 재질로 형성될 수도 있다.
- [0021] 상기 은-나노와이어 증착 장치에 있어서, 상기 베이스는, 상기 은-나노와이어 입자가 상기 기관에 증착 형성되는 과정에서 상기 기관을 가열할 수 있도록 별도의 가열판을 구비할 수도 있다.
- [0022] 상기 은-나노와이어 증착 장치에 있어서, 상기 베이스는: 상기 기관과 접하는 베이스 바디와, 상기 베이스 바디와 연결되어 상기 베이스 바디를 회동시키는 베이스 구동부를 포함할 수도 있다.
- [0023] 상기 은-나노와이어 증착 장치에 있어서, 상기 용액 공급부는: 일단이 상기 초음속 유동 노즐에 연결되는 용액 라인과, 상기 용액 라인의 타단에 연결 배치되는 용액 수집부와, 상기 혼합 용액이 수용 배치되는 용액 저장부와, 상기 용액 저장부와 연결되어 상기 용액 저장부에 소정의 진동을 제공하여 상기 혼합 용액을 액적화시키는 용액 펌프라이저를 구비할 수도 있다.
- [0024] 상기 은-나노와이어 증착 장치에 있어서, 상기 초음속 분사 노즐에 공급되는 작동 가스를 가열시키는 히팅부가 더 구비될 수도 있다.
- [0025] 상기 은-나노와이어 증착 장치에 있어서, 상기 초음속 분사 노즐의 전단 측에 배치되어 상기 초음속 분사 노즐로 유입되는 작동 가스의 압력을 조정하는 작동 가스 컴프레서와, 상기 베이스와 상기 초음속 분사 노즐 사이에 배치되어 상기 초음속 분사 노즐에서 토출되는 은-나노와이어 입자의 속도를 감지하는 감지부와, 상기 은-나노와이어 입자의 속도와 상기 초음속 분사 노즐의 유입 압력 상관관계를 포함하는 사전 설정 데이터가 저장되는 저장부와, 상기 사전 설정 데이터 및 상기 감지부에서 감지한 입자 속도를 이용하여 상기 입자 속도에 대응하는 작동 가스의 속도인 대응 가스 속도를 산출하는 연산부와, 상기 대응 가스 속도와 상기 사전 설정 데이터를 이용하여 상기 초음속 분사 노즐에서 토출되어 상기 기관에 도달하는 입자의 속도가 사전 설정 속도 범위에 도달하도록 상기 작동 가스 컴프레서로 상기 작동 가스의 압력을 제어하는 압력 제어 신호를 인가할 수도 있다.
- [0026] 본 발명의 다른 일면에 따르면, 본 발명은 기관이 배치되는 베이스; 상기 베이스에 안착되는 기관을 향해 작동 가스를 초음속 상태로 분사하는 초음속 분사 노즐; 및 은-나노와이어 입자와 휘발성 액체가 혼합된 상태의 혼합 용액이 저장되고, 상기 혼합 용액이 상기 초음속 분사 노즐을 통해 상기 작동 가스와 함께 분사되도록 상기 초음속 분사 노즐에 연결되는 용액 공급부를 포함하고, 상기 초음속 분사 노즐의 전단 측에 배치되어 상기 초음속

분사 노즐로 유입되는 작동 가스의 압력을 조정하는 작동 가스 컴프레서와, 상기 베이스와 상기 초음속 분사 노즐 사이에 배치되어 상기 초음속 분사 노즐에서 토출되는 은-나노와이어 입자의 속도를 감지하는 감지부와, 상기 은-나노와이어 입자의 속도와 상기 초음속 분사 노즐의 유입 압력 상관관계를 포함하는 사전 설정 데이터가 저장되는 저장부와, 상기 사전 설정 데이터 및 상기 감지부에서 감지한 입자 속도를 이용하여 상기 입자 속도에 대응하는 작동 가스의 속도인 대응 가스 속도를 산출하는 연산부와, 상기 대응 가스 속도와 상기 사전 설정 데이터를 이용하여 상기 초음속 분사 노즐에서 토출되어 상기 기관에 도달하는 입자의 속도가 사전 설정 속도 범위에 도달하도록 상기 작동 가스 컴프레서로 상기 작동 가스의 압력을 제어하는 압력 제어 신호를 인가하는 은-나노와이어 증착 장치를 제공하는 제공 단계와, 상기 제어부의 감지 제어 신호에 따라 상기 감지부가 상기 초음속 분사 노즐로부터 토출되어 상기 기관에 유착되기 전 상기 은-나노와이어 입자의 속도를 감지하는 감지 단계와, 상기 감지 단계에서 감지된 상기 은-나노와이어 입자로부터 대응 가스 속도를 산출하고, 상기 대응 가스 속도와 상기 사전 설정 데이터를 이용하여 상기 작동 가스 컴프레서의 압력을 제어하는 보상 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 은-나노 와이어 증착 장치 제어 방법을 제공한다.

[0027]

상기 은-나노 와이어 증착 장치 제어 방법에 있어서, 상기 사전 설정 데이터는 상기 기관에 유착되는 상기 은-나노와이어 입자에 대한 사전 설정 스톱스 넘버($Stokes, p$) 및 상기 은-나노와이어를 기관에 유착시키기 위한 상기 기관에 대한 상기 은-나노와이어의 유착 목표 속도($vsnw, p$)를 형성하도록 하는 작동 가스의 하상기 초음속 분사 노즐의 유입 측에서의 유착 목표 압력(Pi, p)를 포함하고, 상기 사전 설정 데이터는 입자 속도 및 작동 가스 속도에 대한 스톱스 넘버 맵 데이터와 상기 작동 가스의 속도에 대한 압력 맵 데이터와, 상기 초음속 분사 노즐의 형상에 따른 상기 작동 가스의 유입 속도와 유출 속도에 대한 유입 유출 압력 맵 데이터를 포함하고, 상기 보상 단계는: 상기 감지부에서 감지된 상기 은-나노와이어 입자 속도($vsnw$)와 상기 사전 설정 스톱스 넘버(Stk, p)를 이용하여 상기 스톱스 넘버 맵 데이터로부터 대응 가스 속도(vg)를 산출하는 대응 가스 속도 산출 단계(S31)와, 상기 압력 맵 데이터를 이용하여, 상기 대응 가스 속도(vg)에 대응하는 상기 초음속 분사 노즐의 토출 측에서의 상기 작동 가스 압력을 나타내는 토출 압력(Pe)을 산출하는 토출 압력 산출 단계(S33)와, 상기 토출 압력(Pe)과 상기 유입 유출 압력 맵 데이터를 이용하여, 상기 초음속 분사 노즐의 유입 측에서의 유입 압력(Pi)을 산출하고, 상기 작동 가스 컴프레서를 통하여 상기 유착 목표 압력(Pi, p)과 유입 압력(Pi)을 비교 제어하는 노즐 제어 단계(S35)를 구비할 수도 있다.

발명의 효과

[0028]

본 발명의 은-나노 와이어 증착 장치 및 이의 제어 방법은, 기존의 방식과 달리 복잡한 제조 공정을 거치지 않고 제조 단계를 최소화시켜, 제조 공정 시간 단축 및 제품 손상을 최소화시켜 제조 원가 절감 및 공정 수율을 증대시킬 수 있다. 즉, 기존 투명 디스플레이에 사용되는 ITO의 비슷한 성능을 내기 위해서는 코팅 공정 후 열처리 및 롤링 같은 후처리가 반드시 필요하다 이러한 이유는 은 나노 와이어의 네트워크 형성 때문인데 저온 스프레이를 이용하여 은 나노 와이어를 코팅하면 300~800m/sec로 날아가 은 나노 와이어가 스스로 네트워크를 형성하게 하도록 할 수 있고, 이로 인하여 본 발명의 은-나노 와이어 증착 장치를 통하여 제조되는 기관 내지 코팅필름은 전기 전도성 등의 특성을 극대화시킬 수도 있다.

도면의 간단한 설명

[0029]

도 1은 본 발명의 은-나노 와이어 증착 장치 및 이의 제어 방법을 통한 증착 과정을 설명하는 개략적인 구성도이다.

도 2는 본 발명의 은-나노 와이어 증착 장치의 초음속 분사 노즐의 개략적인 분해 사시도이다.

도 3은 본 발명의 은-나노 와이어 증착 장치의 개략적인 구성도이다.

도 4는 본 발명의 은-나노 와이어 증착 장치의 초음속 분사 노즐의 노즐 하우징에 형성되는 용액 주입구의 형상에 따른 변형예를 도시하는 선도이다.

도 5는 본 발명의 은-나노 와이어 증착 장치의 초음속 분사 노즐의 변형예를 나타내는 개략적인 구성도이다.

도 6a는 본 발명의 은-나노 와이어 증착 장치의 초음속 분사 노즐의 다른 변형예를 나타내는 개략적인 단면도이다.

도 6b는 본 발명의 은-나노 와이어 증착 장치의 초음속 분사 노즐의 또 다른 변형예로서의 인젝터 타입의 용액 공급부 구조의 개략적인 구성도이다.

도 7a는 본 발명의 은-나노 와이어 증착 장치의 초음속 분사 노즐의 또 다른 변형예로서의 용액 공급부의 배치 구조의 개략적인 구성도이다.

도 7b는 본 발명의 은-나노 와이어 증착 장치의 초음속 분사 노즐의 또 다른 변형예로서의 용액 공급부와 용액 주입구에서의 연결 구조에 대한 구체적인 구성도이다.

도 8은 본 발명의 은-나노 와이어 증착 장치의 베이스의 균일한 증착 형성을 위한 가열판 내지 베이스 구동부의 개략적인 구성도이다.

도 9는 본 발명의 은-나노 와이어 증착 장치의 미세 입자화를 위한 용액 폐포라이저를 포함하는 용액 공급부의 개략적인 구성도이다.

도 10은 본 발명의 은-나노 와이어 증착 장치 및 이의 제어 방법을 통하여 기관에 증착되는 은-나노와이어 입자의 용착 과정 및 상태를 도시하는 상태도이다.

도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 초음속 분사 노즐의 토출 속도를 변화시켜 기관에 증착된 은-나노와이어 입자에 대한 확대도이다.

도 12는 도 11의 케이스 3에 대한 면저항 및 투과도를 ITO와 비교하는 선도이다.

도 13은 본 발명에 따라 기관 상에 형성된 은-나노와이어와 ITO의 반복 상용에 따른 저항 변화율, 즉 열화 상태를 도시하는 선도이다.

도 14는 본 발명에 따라 가요성 확보 및 대면적화 가능한 구성과 우수한 투명성 확보가 가능한 은-나노와이어 전극을 구비하는 기관의 일예를 나타내는 확대도이다.

도 15는 본 발명에 따른 은-나노와이어 입자의 입자 간의 물리적 결속이 이루어져 융합 상태를 형성하여 기관 상에 용착된 상태를 나타내는 실험 결과 확대도이다.

도 16은 본 발명의 일실시예에 따른 은-나노와이어 증착 장치의 전체적 개략 구성도이다.

도 17은 본 발명의 일실시예에 따른 은-나노와이어 증착 장치의 제어 방법의 전체적 흐름도이다.

도 18 및 도 20은 본 발명의 일실시예에 따른 은-나노와이어 증착 장치의 저장부에 저장되는 사전 설정 데이터는 맵 데이터로서, 스톱스 넘버 맵 데이터와, 압력 맵 데이터와, 유입 유출 압력 맵 데이터를 나타내는 선도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030]

이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 우선 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.

[0031]

본 발명의 일 실시예에 따른 은-나노와이어 증착 장치는 은-나노와이어 입자를 비진공 공정인 저온 스프레이 방식을 통해 기관 표면에 증착 코팅할 수 있는 장치로서, 초음속 분사 노즐(100)과 용액 공급부(300)와 베이스(400)를 포함하여 구성되는데, 경우에 따라 초음속 분사 노즐(100)의 선단 내지 자체에 배치되는 히팅부(200)를 더 구비할 수도 있다.

[0032]

초음속 분사 노즐(100)은 기관(S)을 향해 작동 가스를 초음속 상태로 분사하는 장치로서, 작동 가스의 초음속 분사 과정에서 용액 공급부(300)로부터 혼합 용액을 공급받아 작동 가스와 함께 혼합 용액을 미립자 액적(P), 즉 솔루션(solution) 상태로 분사하도록 구성된다. 이때, 사용되는 작동 가스는 혼합 용액과의 화학 반응이 억제될 수 있도록 공기, 수소, 질소, 헬륨 등 화학적으로 안정한 물질을 사용하는 것이 바람직하다. 작동 가스는 초음속 분사 노즐(100)의 전단부 측에 배치되는 작동 가스 컴프레서(Ca, 도 15 참조)의 가동을 제어하여 압력 상

태를 조절할 수 있고, 작동 가스 유입량의 제어는 작동 가스 컴프레서(Ca)와 초음속 분사 노즐(100) 사이에 배치되는 작동 가스 밸브(50)를 통하여 이루어질 수도 있다.

[0033] 이러한 초음속 분사 노즐(100)의 재질은 스틸, 스테인리스 스틸 또는 텅스텐 카바이드 등으로 형성될 수 있으며, 텅스텐 카바이드로 제작하게 되면, 재질 자체의 내마모성과 내열성이 우수하여 가열된 작동 gas와 대기 혹은 외부와의 열전달이 최소화되고, 이에 따라 작동 gas의 초음속 유동 속도를 극대화할 수 있다.

[0034] 베이스(400)는 초음속 분사 노즐(100)의 토출부에 대응하여 대향 배치되는데, 베이스(400)의 일면에는 기관(S)이 배치되고, 경우에 따라 베이스(400)에는 후속되는 기관(S)을 가열시키는 가열 부재 내지 소정의 구동 장치(가) 구비될 수도 있다.

[0035] 본 발명의 은-나노와이어 증착 장치(10)는 히팅부(200)를 더 구비할 수도 있다. 히팅부(200)는 초음속 분사 노즐(100)에 공급되는 작동 gas를 가열하는 장치로서, 초음속 분사 노즐(100)의 유입부 전방에 장착되어 작동 gas가 초음속 분사 노즐(100)에 유입되는 과정에서 가열되도록 구성될 수도 있고, 작동 gas의 저장조를 직접 가열하도록 장착되는 방식으로 구성될 수도 있고, 초음속 분사 노즐(100)의 외주에 배치되어 초음속 분사 노즐(100)을 관류하는 작동 gas 및 내포되는 미립자 액적(P)을 직접 가열하는 방식을 취할 수도 있는 등 다양하게 변경 가능하나 본 실시예에서 히팅부(200)는 초음속 분사 노즐(100)의 선단부에 배치되어 초음속 분사 노즐(100)로 유입되는 작동 gas를 예열하는 방식을 취한다.

[0036] 본 실시예에서 히팅부(200)에 의한 작동 gas의 가열 온도는 350℃ 정도로 설정될 수 있으나, 이는 솔루션 용액인 미립자 액적(P)의 농도 등의 작동 조건에 따라 다양한 조절이 가능하다.

[0037] 이와 같이 히팅부(200)를 통해 작동 gas를 가열함으로써, 이후 용액 공급부(300)의 혼합 용액을 작동 gas와 함께 분사하는 과정에서 혼합 용액을 미립자 액적(P) 상태로 용이하게 유도할 수 있고, 미립자 액적(P) 상태에서 휘발성 액체(P2)의 증발을 더욱 가속화시킬 수 있고 미립자 액적(P) 내 은-나노와이어 입자(P1)의 소정의 가열을 통한 추후 기관 상에서의 은-나노와이어 간의 네트워크 형성을 보다 수월하게 할 수도 있다.

[0038] 용액 공급부(300)는 은-나노와이어 입자(P1)와 휘발성 액체(P2)가 혼합된 상태의 혼합 용액을 수용 저장하도록 형성되는데, 용액 공급부(300)에 저장된 혼합 용액은 초음속 분사 노즐(100)을 통해 작동 gas와 함께 분사되도록 초음속 분사 노즐(100)에 연결된다. 이때, 휘발성 액체(P2)는 에탄올과 같이 상온에서도 쉽게 휘발할 수 있는 액체가 적용되는 것이 바람직하나, 소정의 휘발성을 구비하는 범위에서 다양한 선택이 가능하다.

[0039] 경우에 따라, 이러한 용액 공급부(300)는 시린저 펌프(미도시)와 같이 일정량의 혼합 용액을 초음속 분사 노즐(100)에 공급하는 방식으로 구성될 수도 있으며, 이와 달리 단순히 혼합 용액을 저장하는 형태로 구성되고 초음속 분사 노즐(100)의 작동 gas 분사시 발생하는 압력 강화 현상에 의해 혼합 용액이 초음속 분사 노즐(100)로 유입되어 함께 분사되도록 하는 방식으로 구성될 수도 있다.

[0040] 이때, 혼합 용액이 초음속 분사 노즐(100)로 공급되는 유량은 수십 $\mu\text{l}/\text{min}$ ~ 수백 $\mu\text{l}/\text{min}$ 로 설정될 수 있으나, 이는 본 실시예의 일예일뿐 공급 유량은 생산 공정 하에서의 사용자의 필요에 따라 다양하게 조절할 수 있고, 이에 따라 은-나노와이어 필름의 다양한 적용 분야에 사용할 수 있다.

[0041] 이와 같은 구조에 따라 초음속 분사 노즐(100)을 통해 작동 gas를 기관(S) 측으로 분사하면, 용액 공급부(300)로부터 혼합 용액이 초음속 분사 노즐(100)로 유입되어 작동 gas와 함께 초음속 상태로 분사된다. 이때, 혼합 용액은 작동 gas의 온도에 의해 가열됨과 동시에 초음속 상태로 가속되기 때문에, 초음속 분사 노즐(100)을 통해 분사되는 과정에서 분무화(atomization)된 미립자 액적(P) 상태로 분사된다. 즉, 도 1에 도시된 바와 같이 은-나노와이어 입자(P1)를 핵으로 하여 외부 공간에 휘발성 액체(P2)가 응결된 형태의 미립자 액적(P) 상태로 초음속 분사 노즐(100)을 통해 분사된다.

[0042] 이러한 초음속 분사 노즐(100)로부터 토출된 미립자 액적(P)은 분사되는 과정에서 초음속 분사 노즐(100)의 출구에서부터 기관(S)의 표면에 도달하는 동안 휘발성 액체(P2)가 증발하게 되고, 따라서, 기관(S)의 표면에는 휘발성 액체(P2)가 증발한 상태로 은-나노와이어 입자(P1)가 증착 코팅된다. 특히, 작동 gas가 히팅부(200)에 의해 가열된 상태로 분사되므로, 미립자 액적(P)이 분사되는 동안에도 작동 gas의 온도에 의해 미립자 액적(P)이 가열되어 휘발성 액체(P2)의 증발이 더욱 활발하게 일어나고, 이에 따라 기관(S)의 표면에는 더욱 순수한 상태의 은-나노와이어 입자(P1)가 증착 코팅될 수 있다.

[0043] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 은-나노와이어 증착 장치는 작동 gas를 가열하여 초음속 분사 노즐(100)을 통해 분사하고, 은-나노와이어 입자(P1)가 함유된 혼합 용액을 초음속 분사 노즐(100)을 통해 미립자 액적(P) 상

태로 작동 gas와 함께 분사함으로써, 분사하는 과정에서 휘발성 액체(P2)가 증발하고 은-나노와이어 입자(P1)만 기판(S)의 표면에 증착 코팅되도록 하는 방식으로 구성된다.

[0044] 따라서, 종래 기술과 달리 진공 공정인 화학기상증착법을 이용하지 않아도 되고, 별도의 에칭과 전사 과정 등의 복잡한 제조 공정을 거치지 않아도 단순히 스프레이 방식을 통해 은-나노와이어 입자(P1)를 기판(S)의 표면에 증착 코팅시킬 수 있다. 또한, 상대적으로 저온 상태에서 은-나노와이어 입자(P1)를 증착 코팅시킬 수 있기 때문에, 고온의 열에 취약한 유연 기판 등의 표면에도 은-나노와이어 입자(P1)의 증착 코팅을 용이하게 수행할 수 있고, 더욱 다양한 용도로 활용할 수 있다.

[0045] 도 14에는 이와 같은 초음속 유동 하에서의 저온 스프레이 코팅을 통한 은-나노 와이어의 코팅의 물리적 상태가 도시된다. 여기서, 은-나노 와이어 코팅에 의하여 은-나노 와이어는 단순하게 기판 상에 적층되는 것이 아니고, 은-나노 와이어 간의 물리적 충돌로 인한 단순 적층을 넘어 입자 간의 물리적 결합으로 인한 그물망처럼 서로 얽히고 결합하여 나노 네트워크를 형성하는 사상의 실험 결과 및 은-나노 와이어의 네트워크 결합 부위의 물리적 상태가 도시된다.

[0046] 도 10에는 다양한 실험 조건, 예를 들어 히팅부에서의 가열 온도의 변화 내지 초음속 노즐에서의 분사 속도의 변화 등과 같이 저온 스프레이 초음속 유동에서의 상태 조절 변수들을 조정하여 얻어진 기판 상에서의 은-나노 와이어의 자가 네트워크 형성 상태를 도시하는 상태 확대도가 도시된다.

[0047] 본 발명의 은-나노와이어 증착 장치(10)는 초음속 분사 노즐(100)에서 토출되는 토출 속도에 의한 물리력에 의해 기판(S) 상에 코팅되는 은-나노와이어 간의 네트워크가 자가 생성되는 구조를 포함한다. 예를 들어 초음속 분사 노즐(100)에서 토출되는 은-나노와이어 입자(P1)를 포함하는 액적(P)의 토출 속도는 300~800m/s를 이루고, 기판(S) 상에서의 충돌 속도는 대략 200~800 m/s의 속도 범위를 이루는데, 은-나노와이어 입자(P1)가 기판(S) 상에 충돌하는 경우 충돌 속도에 의한 충격량에 의해 기판(S) 상에 증착되고 이와 동시에 겹겹이 증착되는 은-나노와이어 입자 간에는 용착에 의한 은-나노와이어 입자(P1) 간의 물리적 네트워크 자가 형성이 이루어질 수도 있다.

[0048] 도 10a 내지 도 10d에는 은-나노와이어 입자(P1)의 자가 네트워크 형성 과정이 도시된다. 즉, 먼저 은-나노와이어 입자(P1)가 기판(S) 상에 증착된다(도 10a). 그런 후, 연속 내지 지속적으로 혼합 용액이 초음속 분사 노즐(100)로부터 토출되고 다른 은-나노와이어 입자(P1')가 기판(S)에 증착되되 기판(S)과의 사이에는 앞선 은-나노와이어 입자(P1)가 증착 개재 상태를 형성한다(도 10b). 이때, 다른 은-나노와이어 입자(P1')의 토출 속도의 운동량에 의하여 다른 은-나노와이어 입자(P1')를 앞선 은-나노와이어 입자(P1)와 용착 상태가 형성된다(도 10c). 이와 같은 지속적이면서도 연속적인 혼합 용액 토출 과정을 통하여 소정의 자가 네트워크 형성이 이루어질 수 있다(도 10d).

[0049] 도 4에는 도 3에서의 실험 조건 중의 하나의 결과(케이스 3)와, 종래 기술에 따른 다양한 은-나노 와이어 코팅에 의하여 얻어진 은-나노 와이어 기판 내지 필름을 통하여 측정된 투과도 및 면저항(sheet resistance)에 대하여 투과도는 대략 87% 내지 92%사이의 값을, 그리고 면저항은 10~20Ω/□의 값을 이루어 상당히 우수한 효과를 나타낸다. 또한, 도 5에는 종래의 도전성 재료의 코팅의 대표적인 재료인 ITO 투명 전극과 은-나노 와이어로 형성된 투명 전극의 반복적 사용 빈도수에 대한 저항 변화율이 도시되는데, 종래의 ITO 투명 전극의 경우 특정 반복 사용 횟수를 넘기면 저항 변화율이 급격히 증대되어 열화를 나타내는 반면, 은-나노 와이어로 형성된 투명 전극의 경우 반복적 사용 빈도수와 무관하게 저항 변화율이 거의 발생하지 않는 상태를 유지함을 볼 수 있다.

[0050] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 은-나노 와이어 증착 장치는 도 8에 도시된 바와 같이 초음속 분사 노즐(100)의 분사를 통해 은-나노 와이어 입자(P1)가 기판(S)의 표면에 증착 형성되는 과정에서 기판(S)을 가열할 수 있도록 별도의 가열판(401)이 구비될 수 있다. 이러한 가열판(401)은 일면에 기판(S)이 안착될 수 있도록 형성되어 열전도 방식으로 기판(S)을 가열할 수 있도록 구성될 수 있다. 예를 들면, 가열판(401)은 기판(S)이 안착될 수 있는 스테이지 형태로 내부에는 히팅 코일(미도시)이 내장된 형태로 구성될 수 있다.

[0051] 이와 같이 가열판(401)에 의해 기판(S)을 가열함으로써, 기판(S)의 표면에 증착될 수 있는 휘발성 액체(P2)의 액막을 증발 제거할 수 있다. 즉, 초음속 분사 노즐(100)로부터 분사되는 미립자 액적(P)은 전술한 바와 같이 기판(S)의 표면에 도달하는 과정에서 휘발성 액체(P2)가 증발하게 되지만, 미립자 액적(P)이 서로 결합되어 액적의 크기가 증가하게 되는 경우 또는 혼합 용액을 과잉 공급하는 경우 등과 같이 특정 상황에서는 미립자 액적(P)의 휘발성 액체(P2)가 완전히 증발하지 않고 기판(S)의 표면에 도달할 수 있고, 이 경우 기판(S)의 표면에는

휘발성 액체(P2)로 인한 액막이 생성될 수 있다. 이렇게 생성된 액막은 주변의 은-나노 와이어 입자(P1)들을 밀어내게 되고 은-나노 와이어 입자(P1)들을 서로 뭉치게 하는 등 증착 코팅의 품질을 저하시키는 원인이 될 수 있다. 따라서, 기관(S)의 표면에 생성될 수 있는 액막을 제거할 수 있도록 기관(S)의 일면에 접촉하여 열전도 방식으로 기관(S)을 가열할 수 있는 가열판(401)을 장착하고, 이를 통해 기관(S)을 가열하여 액막을 증발 제거할 수 있다.

[0052] 또한, 경우에 따라 기관(S)에 증착 코팅된 은-나노 와이어 층에 레이저 빔을 조사할 수 있도록 부가적으로 레이저 조사기(미도시)가 더 구비되어 이를 통해 은-나노 와이어 층의 균일성을 향상시킬 수 있으나, 본 발명의 초음속 유동을 통한 물리적 증착 과정 상에서의 은-나노와이어 입자 간의 융합을 통하여 충분한 균일성이 확보될 수도 있다.

[0053] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 은-나노 와이어 증착 장치의 앞서 기술된 히팅부(200) 및 베이스(400)의 가열부(401)는, 이를 통하여 작동 가스 내지 기관(S)에 전달된 열은 휘발성 액체(P)의 증발뿐만 아니라, 본 발명의 초음속 분사 노즐(100)로부터 토출되는 은-나노와이어 입자(P1)의 기관(S) 상의 증착 밀도를 강화하도록 열을 이용할 수도 있다.

[0054] 앞서 기술된 바와 같이, 초음속 분사 노즐(100)로부터 토출되는 가열된 작동 가스와 더불어 경우에 따라 베이스(400)에 부가되는 가열판(401)이 더 배치될 수 있는데, 가열판(401)으로부터 생성되는 열이 기관(S)에 전달되고 은-나노와이어 입자(P1)의 융착 상태를 이루도록 보조하여 기관(S) 상에 증착 코팅되는 은-나노와이어 입자(P1)의 증착 밀도를 증대시킬 수도 있다.

[0055] 보다 구체적으로, 휘발성 액체(P2)의 가열로 휘발 상태를 형성하여 보다 높은 순도로 기관(S) 상에 증착 코팅이 이루어질 수 있을 뿐만 아니라, 기관(S) 상의 은-나노와이어 입자(P1)의 조밀한 네트워크 상태 형성을 이룰 수도 있다. 즉, 가열된 작동 가스의 미립자 액적(P)의 핵을 이루는 은-나노와이어 입자(P1)에도 열이 전달되어 소정의 가열 상태를 형성함으로써, 기관(S)에 전달된 소정의 열로 인하여 기관(S)에 형성되는 은-나노와이어 입자(P1)의 보다 조밀한 증착 코팅 상태를 이루도록 할 수 있다. 즉, 도면에 도시되는 바와 같이, 앞서 기술된 바와 같이 초음속 작동 가스와 함께 기관(S) 상에 부착 배치되는 은-나노와이어 입자(P1)는 인접한 다른 은-나노와이어 입자(P1')와의 물리적 타격력에 의한 융착과 더불어, 이러한 물리적 타격력에 의한 융착 과정시 제공되는 히팅부(200)를 통한 가열 상태의 작동 가스로부터 전달받은 열 및 베이스(400)의 가열판(401)으로부터 제공되는 열을 통하여 기관(S) 상에 증착 코팅되는 은-나노와이어 입자(P1)에 전달되어 기관(S) 상의 단순 적층을 넘어, 인접 은-나노와이어 입자 간의 보다 긴밀한 융착 상태 형성을 가능하게 하고, 궁극적으로 기관(S) 상의 은-나노와이어 입자(P1) 간의 물리적 네트워크를 이룸으로써 기관(S)상에 증착 코팅된 은-나노와이어 입자(P1)이 이루는 증착층(LP1)의 증착 밀도를 증진시킬 수도 있다. 이와 같이 증착 밀도의 조밀화를 통하여 전기 전도도 등의 전기적 특성을 월등히 향상시킬 수도 있다. 다만 이 경우, 베이스(400)에 배치되는 가열판(401)에 의해 제공되는 온도는 기관(S)의 열변형 발생을 방지하는 범위에서 제공되는 것이 바람직하다.

[0056] 본 발명의 일 실시예에 따라 저온 스프레이 방식을 통해 증착 코팅된 은-나노 와이어 필름은 표면 저항 개선을 통한 전기전도도 향상과 더불어 투과도의 특성도 매우 우수하여 박막 기관 내지 디스플레이와 같은 다양한 전기 소자 분야에 적용될 수도 있다.

[0057] 이상 본 발명의 일 실시예에 따른 은-나노와이어 증착 장치의 개략적 구성을 살펴보았는데, 이하 각 구성의 구체적인 구조에 대하여 살펴본다.

[0058] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음속 분사 노즐의 구성을 개략적으로 도시한 분해 사시도이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 초음속 분사 노즐의 내부 구조를 개략적으로 도시한 단면도이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음속 분사 노즐의 용액 주입구 형상을 예시적으로 도시한 도면이다.

[0059] 본 발명의 일 실시예에 따른 초음속 분사 노즐(100)은 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이 작동 가스가 유동하도록 내부 공간에 가스 유로(120)가 형성되는 노즐 하우징(110)과, 노즐 하우징(110)에 형성된 가스 유로(120)의 중단부에 직각 방향으로 연통되도록 노즐 하우징(110)에 형성되는 용액 주입구(130)를 포함하여 구성된다. 노즐 하우징(110)은 도 2에 도시된 바와 같이 상부 하우징(111)과 하부 하우징(112)으로 분리 형성되고, 상호 결합하

여 내부에 하나의 가스 유로(120)를 형성하도록 구성될 수 있다. 이때, 용액 공급부(H,300)는 노즐 하우징(110)의 가스 유로(120) 내부로 혼합 용액이 공급되도록 용액 주입구(130)에 연통되게 결합된다.

[0060] 가스 유로(120)는 양단에 유입구(121-1) 및 배출구(123-1)가 형성되고, 중단부에는 유동 단면적이 감소하는 교축부(122)가 형성된다. 유입구(121-1)로부터 교축부(122)까지는 유동 단면적이 감소하는 형태로 유입부(121)가 형성되고, 교축부(122)로부터 배출구(123-1)까지는 유동 단면적이 증가하는 형태로 배출부(123)가 형성된다. 이때, 유입부(121) 내주면이 곡면을 이루도록 형성되며, 유동 단면적 자체는 교축부(122)로 갈수록 감소하되 그 폭은 증가하는 형태로 형성될 수 있다.

[0061] 교축부(122)로부터 배출구(123-1)로 향하는 배출부(123) 구간에는 배출구(123-1)로 갈수록 유동 단면적이 증가하는 방향으로 경사지도록 경사면(123-2)이 형성된다. 따라서, 배출부(123) 구간에서는 경사면(123-2) 형태에 의해 상대적으로 가스 유로(120)의 폭이 상대적으로 넓게 형성될 수 있다.

[0062] 이와 같은 수렴-발산 구조의 초음속 분사 노즐(100)을 통하여 초음속 분사 노즐(100)의 배출구(123-1)에서 토출되는 혼합 용액을 포함하는 작동 가스는 초음속 유동 범위 내에서 작동 가능하게 된다. 용액 주입구(130)는 이러한 경사면(123-2)에 형성되어 가스 유로(120)에 연통되도록 형성될 수 있다. 따라서, 가스 유로(120)를 통해 초음속 속도로 작동 가스가 분사되면, 가스 유로(120) 내부에서 압력 강하 현상이 발생하고, 이에 따라 용액 주입구(130)를 통해 혼합 용액이 가스 유로(120) 내부로 유입되고, 유입된 상태에서 작동 가스와 함께 배출구(123-1)를 통해 미립자 액적 상태로 분사된다.

[0063] 이때, 용액 주입구(130)는 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이 원형 유로를 갖는 형태로 형성될 수도 있으나, 이 경우 미립자 액적(P)의 확산 범위가 상대적으로 좁고 따라서 특정 영역에만 집중적으로 은-나노 와이어 증착 코팅될 수 있다. 이와 달리 도 4의 (b)에 도시된 바와 같이 용액 주입구(130)가 작동 가스의 유동 방향에 대한 직각 방향으로 길게 타원 형태로 경사면(123-2)에 형성되면, 미립자 액적(P)의 확산 범위가 상대적으로 넓어지게 되고, 이에 따라 더욱 넓은 영역으로 미립자 액적(P)이 분사될 수 있으므로, 더 넓은 영역에 은-나노 와이어 입자를 증착 코팅시킬 수 있다. 또한, 도 4의 (c)의 경우와 같이 초음속 분사 노즐(100)의 노즐 하우징(110)의 경사면(123-2)에 복수 개의 용액 주입구(130c)가 형성될 수도 있다. 여기서 각각의 용액 주입구(130c)는 상호 이격 배치되는데, 각각의 용액 주입구(130c)는 용액 공급부(300)에 연결됨으로써, 분사 영역을 증대시켜 액적 용량을 증대시키되, 도 4(b)의 타원형 용액 주입구보다 액적이 미립화를 더욱 향상시킬 수도 있다.

[0064] 한편, 상기 실시예에서 초음속 분사 노즐(100)은 플레이트 타입 구조를 이루나, 본 발명의 초음속 분사 노즐이 이에 국한되지는 않는다. 즉, 초음속 분사 노즐(100d)은 링 타입의 원형 단면 구조를 취할 수도 있다. 또한, 초음속 분사 노즐(100d)에 형성되는 용액 주입구(130d)는 복수 개가 구비되되, 상기 초음속 분사 노즐(100d)의 원주 상에 상호 이격 배치되는 구조를 취할 수도 있다. 도 5 및 도 6에 도시된 바와 같이, 용액 주입구(130d)는 링 타입의 원형 단면 구조의 초음속 분사 노즐(100d)의 원주 상에서 90도 등각 이격 배치되는데, 각 용액 주입구(130d)는 용액 공급부(300)와 연결된다. 앞선 실시예에서 용액 주입구와 연결되는 용액 공급부는 용액 저장수(미도시)와 연결되고 단순 라인으로 도시되었으나, 경우에 따라 본 발명의 용액 공급부(300d)는 시린지 펌프 내지 별도의 펌프를 통하여 고압의 용액 공급 가스와 함께 토출하는 용액 인젝터를 더 포함할 수도 있다. 용액 공급부(300d)는 용액 저장부(310)와 용액 공급 펌프(320)와 용액 인젝터(330)를 포함하는데, 용액 인젝터(330)는 도 6a에 도시된 바와 같이 초음속 분사 노즐(100d)에 형성된 용액 주입구(130d)에 연결된다. 용액 저장부(130)에는 은-나노와이어 입자(P1)와 휘발성 액체(P2)가 혼합된 상태의 혼합 용액이 수용 저장된다. 도시되지는 않았으나, 용액 저장부(310)에는 교반기(미도시)가 구비되어, 은-나노와이어 입자(P1)와 휘발성 액체(P2)의 혼합 상태를 유지하도록 하는 구성을 더 취할 수도 있다.

[0065] 용액 저장부(310)는 용액 라인(311)을 통하여 용액 인젝터(330)에 연결되는데, 용액 저장부(310)와 용액 인젝터(330) 사이로 용액 라인(311) 상에는 용액 펌프(320)가 배치될 수 있다. 용액 인젝터(330)와 용액 펌프(320)는 제어부(20)와 연결되어 제어부(20)의 인젝터 제어 신호 및 펌프 제어 신호에 따라 가동되어 혼합 용액을 용액 주입구(130d)를 통하여 초음속 분사 노즐(100d)로 공급할 수 있다.

[0066] 또한, 상기 실시예에서 용액 인젝터는 솔레노이드 밸브 내지 피에조 소자 타입의 통상적 인젝터로 구현되는 경우를 설명하였으나, 용액 인젝터는 혼합 용액을 제공하는 범위에서 다양한 구조가 가능하다.

[0067] 도 6c에 도시된 바와 같이, 이중관 구조의 용액 인젝터(330d)가 제공될 수도 있다. 이 경우 용액 공급부(300d)는 용액 공급 가스 저장부(340)와 용액 공급 가스 펌프(350)를 더 포함한다. 용액 공급 가스 저장부(340)는

혼합 용액을 수송 토출시키는 용액 공급 가스를 저장 수용하는데, 용액 공급 가스는 공기, 질소 등이 사용될 수 있고, 작동 가스와 동일한 가스를 사용하는 것이 바람직하다.

[0068] 용액 공급 가스 저장부(340)는 용액 공급 가스 라인(341)을 통하여 용액 인젝터(330d)에 연결되는데, 용액 공급 가스 저장부(340)와 용액 인젝터(330d) 사이로 용액 공급 가스 라인(341) 상에는 용액 공급 가스 펌프(컴프레서, 350)가 배치될 수도 있다.

[0069] 경우에 따라, 용액 인젝터(330d)와 용액 공급 가스 펌프(350) 및 용액 공급 펌프(320) 사이에는 각각 용액 공급 가스 제어 밸브(351) 및 용액 제어 밸브(321)가 배치될 수 있고, 용액 공급 가스 제어 밸브(351) 및 용액 제어 밸브(321) 및 용액 공급 가스 펌프(350) 및 용액 공급 펌프(320)는 제어부(20)와 연결되어 소정의 제어 신호에 따라 작동 제어될 수 있다.

[0070] 용액 라인(311)과 용액 공급 가스 라인(341)은 각각 용액 인젝터(330d)에 연결된다. 용액 인젝터(330d)는 인젝터 센터 라인(331d)과 인젝터 아우터 라인(333d)을 포함하고, 인젝터 센터 라인(331d)은 용액 라인(311)에 연결되어 혼합 용액이 주입 유동하고, 인젝터 아우터 라인(333d)은 용액 공급 가스 라인(341)에 연결되어 용액 공급 가스를 유동시킨다. 인젝터 센터 라인(331d)과 인젝터 아우터 라인(333d)은 이중관 구조를 형성하는데, 인젝터 센터 라인(331d)의 외주면은 인젝터 아우터 라인(333d)의 내면과 이격 배치되고, 용액 공급 가스는 혼합 용액을 미립화시키는데 사용된다. 즉, 초음속 분사 노즐로부터 토출되는 혼합 용액은 이와 같은 이중관 구조의 용액 인젝터를 통하여 용액 공급 가스와 혼합되는 과정에서 1차 미립화 과정(atomization)이 실행되고, 용액 주입구를 통하여 작동 가스에 혼입되는 과정에서 2차 미립화 과정이 실행된다.

[0071] 또 한편, 상기 실시예에서는 용액 주입구는 초음속 분사 노즐의 원주 상에 이격 배치되고, 용액 인젝터(330) 내지 용액 라인이 직교 배치되는 구조를 취하여 유입되는 혼합 용액이 초음속 분사 노즐의 중앙을 향한 방향 내지 중앙을 통과하는 중앙선을 향하여 직교되는 방향으로 주입되는 구조를 취하였으나, 용액 주입구를 통하여 주입되는 혼합 용액이 중앙 내지 중앙선을 향하지 않고, 중심에서 벗어난 방향으로 이격 유입되는 구조를 취할 수도 있다.

[0072] 즉, 도 7에 도시된 바와 같이, 용액 인젝터(330e)는 용액 주입구(130e)와 초음속 분사 노즐(100e)의 중심을 잇는 주입구 중심선(O-A)과 사전 설정 사이각(θ)을 구비하는데, 사전 설정 사이각(θ)은 용액 인젝터(330e)의 길이 방향 선분(E-E)과 주입구 중심선(O-A)의 사이각으로 형성된다. 또한, 용액 인젝터(330e)가 연결되는 용액 주입구(130e)의 외주에는 주입구 스월(131e)이 더 형성될 수 있다. 즉, 용액 인젝터(330e)로부터 용액 주입구(130e)를 통하여 유입되는 혼합 용액이 소정의 사전 설정 사이각으로 초음속 분사 노즐(100e)로 유입되되 용액 주입구(130e)의 외주에 형성된 주입구 스월(131e)을 통하여 초음속 분사 노즐(100e)의 원주 방향 및 중앙 방향을 향하여 혼합 용액을 유도하여 터블런스를 통한 작동 가스와의 혼입시 미립 분무화를 촉진시키는 스월링 현상이 발생될 수도 있다.

[0073] 상기한 용액 인젝터는 초음속 분사 노즐의 외주에 등간격 배치됨으로써 혼합 용액이 작동 가스에 혼입되는 위치를 균등화시켜 혼합 용액이 특정 위치에 편중되지 않고 고른 분포 상태를 형성토록 함으로써, 궁극적으로 베이스(400) 상에 배치되는 기관(S)에서의 균등 증착 코팅을 가능하게 할 수 있다.

[0074] 한편, 상기 실시예에서 용액 공급부는 단순 용액 라인 내지는 용액 인젝터를 구비하는 구성을 취하였으나, 도 9에 도시된 바와 같이 용액 공급부(300f)는 용액 저장부(310f)와 용액 라인(311f)과 용액 수집부(312f)와 용액 배포라이저(360f)를 구비하는 구성을 취할 수도 있다. 즉, 용액 라인(311f)은 일단이 초음속 유동 노즐(100f)의 용액 주입구(130f)에 연결되고, 용액 수집부(312f)는 용액 라인(311f)의 타단에 연결 배치되고, 용액 저장부(310f)는 혼합 용액이 수용 저장되고 용액 수집부(312f)와 대향 배치되고, 용액 배포라이저(360f)는 용액 저장부(310f)에 연결되어 용액 저장부(310f)에 소정의 진동을 제공하여 혼합 용액을 미립 분무화시켜, 미립 분무화된 혼합 용액이 용액 수집부(312f)를 통하여 수집된 후 용액 라인(311f)을 거쳐 용액 주입구(130f)를 통하여 초음속 분사 노즐(100f)로 진입하여 작동 가스를 통하여 2차 분무화되며 토출되는 구조를 형성한다. 여기서, 용액 배포라이저(360f)는 초음파 진동체로 형성되어 초음파 진동을 통한 혼합 용액의 1차 분무화를 형성하고, 초음속 분사 노즐(100f)의 내부로 진입하는 과정에서 2차 미립 분무화를 형성하는 방식을 취할 수도 있다.

- [0075] 상기 실시예들에서 기관(S)이 배치되는 베이스(400)는 위치 고정되는 구조를 취하는 경우를 기술하였으나, 본 발명의 베이스(400)는 가동 구조를 형성할 수도 있다. 즉, 도 8에 도시되는 바와 같이, 베이스(400)는 베이스 바디(410)와 베이스 구동부(420)를 포함하는데, 베이스 바디(410)는 소정의 플레이트, 예를 들어 원형 플레이트로 형성되어 일면 상에 기관(S)이 장착되는 구조를 형성하고, 베이스 구동부(420)는 베이스 바디(410)와 연결되어 베이스 바디(410)를 회동 구동 시킨다. 베이스 구동부(420)는 단순 전기 모터로 도시되었으나, 베이스 바디(410)에 회동력을 제공하는 범위에서 다양한 구성이 가능하다. 예를 들어, 베이스 구동부(420)와 베이스 바디(410) 사이에는 감속기가 배치될 수도 있고, 베이스 구동부(420)와 베이스 바디(410)가 직결되지 않고 풀리 내지 기어와 같은 동력 전달 요소를 통하여 연결되는 구조를 취할 수도 있는 등 다양한 변형이 가능하다.
- [0076] 이와 같은 본 발명에 따른 은-나노 와이어 증착 장치는 롤 장치와 연계되어 연속적 제조 공정을 이루는 구조를 취할 수도 있고 기관에서의 은-나노 와이어 네트워킹을 증대시키는 추가적 구성을 취할 수도 있는 등 다양한 구성이 가능하다.
- [0077] 도 11 내지 도 15에는 본 발명의 일실시예에 따라 실행되어 기관 상에 증착된 은-나노와이어에 대한 개략적인 실험 결과가 도시된다.
- [0078] 도 11에는 본 발명의 일실시예에 따른 초음속 분사 노즐의 토출 속도를 변화시켜 기관에 증착된 은-나노와이어 입자에 대한 확대도가 도시되는데, 케이스 1부터 케이스 6까지 진행될수록 은-나노와이어 입자의 용착 상태가 변화한다. 즉, 케이스 1의 경우 은-나노와이어 입자 간에 접합을 이루어지되 서로 물리적으로 섞이게 되는 용착 상태까지 이루어지지 않았으나, 케이스 6의 경우 은-나노 와이어 입자 간의 완전한 용착 상태를 확인할 수 있다. 도 12에는 도 11의 케이스 3에 대한 면저항 및 투과도를 ITO와 비교하는 선도인데, 본 발명의 케이스 3의 경우 투과도 면에서는 거의 비슷한 수치를 나타내나, 면저항에 있어 본 발명에 따른 케이스 3(별표시)가 우수한 결과를 나타내는데, 우수한 전기적 특성을 이용하여 투명 전극 등으로서의 활용성이 ITO(빈 네모 표시)보다 뛰어남을 확인할 수 있다. 도 13에는 본 발명에 따라 기관 상에 형성된 은-나노와이어와 ITO의 반복 상용에 따른 저항 변화율, 즉 열화 상태를 도시하는데, 본 발명의 은-나노와이어 경우 반복 횟수에 따른 열화 상태가 거의 발생하지 않으나, ITO의 경우 일정 반복 횟수에 도달할 경우 급격한 저항율 변화 증가를 나타내어 열화 상태 발생이 나타난다. 도 14에는 본 발명에 따라 가요성 확보 및 대면적화 가능한 구성과 우수한 투명성 확보가 가능한 은-나노와이어 전극을 구비하는 기관의 일예가 도시된다. 도 15에는 본 발명에 따른 은-나노와이어 입자의 입자 간의 물리적 결속이 이루어져 융합 상태를 형성하여 기관 상에 용착된 상태를 나타내는 실험 결과 확대도가 도시된다.
- [0079] 한편, 상기 실시예의 은-나노 와이어 증착 장치(10)는 작동 가스 컴프레서(Ca)와 감지부(60)와, 저장부(30)와, 연산부(40)와 제어부(20)를 포함한다. 작동 가스 컴프레서(Ca, 도 16 참조)는 초음속 분사 노즐(100)의 전단 측에 배치되어 초음속 분사 노즐(100)로 유입되는 작동 가스의 압력을 조정하고, 감지부(60)는 베이스(S)와 초음속 분사 노즐(100)의 사이에 배치되어 초음속 분사 노즐(100)에서 토출되는 은-나노와이어 입자의 속도를 감지하고, 저장부(40)는 은-나노와이어 입자의 속도(v_{snw})와 초음속 분사 노즐의 유입 압력 상관 관계를 포함하는 사전 설정 데이터를 저장하고, 연산부(40)는 제어부(20)의 연산 제어 신호에 따라 사전 설정 데이터 및 은-나노와이어 입자 속도(v_{snw})를 이용하여 입자 속도에 대응하는 작동 가스의 속도인 대응 가스 속도(v_g)를 산출하고, 제어부(20)는 대응 가스 속도(v_g)와 사전 설정 데이터를 이용하여 초음속 분사 노즐(100)에서 토출되어 기관(S)에 도달하는 은-나노와이어 입자의 속도가 사전 설정 속도 범위에 도달하도록 작동 가스 컴프레서(Ca)로 작동 가스의 압력을 제어하는 압력 제어 신호는 인가한다.
- [0080] 이와 같은 은-나노 와이어 증착 장치 제어 방법의 구체적인 제어 단계는 도 167 도시된다. 먼저, 상기와 같은 은-나노와이어 증착 장치가 제공되는 제공 단계(S10)가 실행된다. 그런 후, 초음속 분사 노즐(100)에서 토출되는 은-나노와이어 입자의 속도를 감지하는 감지 단계(S20)를 실행한다.
- [0081] 감지부(60)는 베이스(S)와 초음속 분사 노즐(100)의 사이에 배치되어 초음속 분사 노즐(100)에서 토출되는 은-나노와이어 입자의 속도를 감지하는데, 감지부(60)는 본 실시예에서 초고속 카메라로 구현되어 일정 시간 주기로 초음속 분사 노즐(100)에서 토출되는 액적의 이동 경로 및 속도를 산출할 수 있다. 초고속 카메라로 구현되는 감지부(60)는 일정 시간에서 찍힌 영상 정보 내 액적을 목표 액적으로 설정하고, 이동 경로 상에서 해당 목

표 액적의 다음 주기에서의 위치를 파악함으로써 해당 액적의 이동 속도, 즉 초음속 분사 노즐에서 토출되는 은-나노와이어 입자의 속도(v_{snw})를 감지할 수 있다. 경우에 따라, 은-나노와이어 입자의 속도(v_{snw})는 기관(S)의 표면 근처에서 감지되는 속도값을 활용할 수도 있으나 이 경우 초음속 분사 노즐(100)의 토출구와 기관(S)까지 사이 거리 상에서 발생하는 속도의 감쇠를 감안하는 방법을 취할 수도 있다.

[0082] 본 실시예에서는 하기되는 바와 같이 감지된 은-나노와이어 입자의 속도로부터 압력을 산출한다는 점, 즉 기관(S)에서 양호한 용착 상태 형성을 위하여 필요한 은-나노와이어 입자의 속도 범위 값을 갖도록 초음속 분사 노즐(100)의 토출구에서의 속도를 이루는 초음속 분사 노즐 토출구에서의 압력과 이를 형성하도록 하는 초음속 분사 노즐(100)의 형상(노즐1, 노즐2, 노즐3)에 따른 초음속 분사 노즐(100) 유입구에서의 압력 및 유출구에서의 압력의 비율로부터 얻어지는 초음속 분사 노즐(100)의 유입구에서의 압력을 목표 압력에 맞추도록 제어하는 방식을 취한다는 점에서, 초음속 분사 노즐(100)의 토출구에서의 토출 속도를 감지하는 방식을 취한다.

[0083] 그런 후, 제어부(20)는 감지 단계(S20)에서 감지된 은-나노와이어 입자의 속도(v_{snw})를 이용하여 대응 가스 속도(v_g)를 산출하고, 대응 가스 속도(v_g)와 사전 설정 데이터를 이용하여 작동 가스 컴프레서(Ca)의 압력을 제어하는 보상 단계(S30)를 실행한다.

[0084] 보다 구체적으로, 보상 단계(S30)는 대응 가스 속도 산출 단계(S31)와, 토출 압력 산출 단계(S33)와, 노즐 제어 단계(S35)를 포함한다. 여기서, 저장부(30)에 저장되는 사전 설정 데이터는 사전 설정 스톱스 넘버(Stk, p)와, 은-나노와이어 입자의 용착 목표 속도($v_{snw, p}$)와, 용착 목표 압력(P_i, p)를 포함하고, 또한 사전 설정 데이터는 맵 데이터로서, 스톱스 넘버 맵 데이터(도 18 참조)와, 압력 맵 데이터(도 19 참조)와, 유입 유출 압력 맵 데이터(도 20 참조)를 포함한다.

[0085] 보다 상세하게, 사전 설정 스톱스 넘버(Stk, p)는 기관(S)에 은-나노와이어 입자가 안정적으로 용착되고 기관(S)의 손상을 방지하는 입자 운동량 범위로 설정되는 은-나노와이어 입자의 속도와 은-나노와이어 입자가 액적을 형성하여 함께 운동하는 작동 가스의 속도에 대한 비율을 나타낸다. 본 실시예에서 사전 설정 스톱스 넘버(Stk, p)는 특정 값을 구비하는 경우를 기술하였으나, 경우에 따라 사전 설정 스톱스 넘버는 범위($\Delta Stk, p$)로 형성될 수 있는 등 다양한 변형이 가능하다.

[0086] 은-나노와이어 입자의 용착 목표 속도($v_{snw, p}$)는 기관(S)에 은-나노와이어 입자가 안정적으로 용착되고 기관(S)의 손상을 방지하는 입자 운동량 범위를 이루도록 사전 설정되는 은-나노와이어 입자의 기관(S)에 대한 충돌 속도를 나타내고, 용착 목표 압력(P_i, p)은 은-나노와이어 입자의 용착 목표 속도를 형성하기 위하여 초음속 분사 노즐(100)로 유입되는 작동 가스의 유입 압력에 대한 목표 값을 나타내고, 스톱스 넘버 맵 데이터는 스톱스 넘버의 변화에 따른 은-나노와이어 입자의 속도와 작동 가스의 속도의 비율을 나타내는 선도 데이터이다. 본 실시예에서의 스톱스 넘버 맵 데이터(도 18 참조)는 은-나노와이어 입자의 평균 크기 별로 다양한 스톱스 넘버를 제시하여 은-나노와이어 입자의 크기에 대한 제어 과정을 더 수반할 수도 있다.

[0087] 또한, 압력 맵 데이터는 초음속 분사 노즐(100)의 토출구에서의 토출 속도에 따른 초음속 분사 노즐(100)의 토출구에서의 토출 압력의 값을 나타내는 선도 데이터이고, 유입 유출 압력 맵 데이터는 사전 설정 선택된 초음속 분사 노즐(100)의 형상에 따른 유입 압력(P_i)과 유출(토출) 압력(P_e)의 비율을 나타내는 선도 데이터이다.

[0088] 대응 가스 속도 산출 단계(S31)에서 제어부(20)는 감지부(30)에서 감지된 은-나노와이어 입자 속도(v_{snw})와 사전 설정 스톱스 넘버(Stk, p)를 이용하여 스톱스 넘버 맵 데이터로부터 대응 가스 속도(v_g)를 산출한다. 즉, 제어부(20)는 감지부(30)에서 감지된 은-나노와이어 입자의 속도(v_{snw})로부터 대응 가스 속도(v_g)를 산출하는데 대응 가스 속도(v_g)는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$v_g = \frac{v_{snw}}{Stk, p}$$

[0089] 이와 같이 상관 관계를 이용하여 산출된 대응 가스 속도(v_g)를 제어부(20)는 단계 S33에서 이용하여 초음속 분사 노즐(100)에서의 토출 압력(P_e)을 산출한다. 즉, 토출 압력 산출 단계(S33)에서 제어부(20)는 압력 맵 데이터를 이용하여 대응 가스 속도(v_g)에 대응하는 초음속 분사 노즐(100)의 토출 측에서의 작동 가스 압력을 나타내는 토출 압력(P_e)을 산출하는데, 압력 맵 데이터는 압력이 증가할수록 가스의 속도는 등엔트로피(isentropic) 하에서의 속도(v_s)에 수렴하는 관계를 형성하고, 단계 S31에서 산출된 대응 가스 속도(v_g)를 이용하여 초음속 분사 노즐(100)의 토출구에서의 토출 압력(P_e)을 얻을 수 있다.

[0091]

그런 후, 제어부(20)는 단계 S33에서 얻어진 초음속 분사 노즐(100)의 토출구에서의 토출 압력(P_e)과 사전 설정 선택된 초음속 분사 노즐(100)의 형상에 따른 유입 압력(P_i)과 유출(토출) 압력(P_e)의 비율을 나타내는 선도 데이터인 유입 유출 압력 맵 데이터를 이용하여 초음속 분사 노즐(100)의 유입구 측에서의 유입 압력(P_i)을 산출하여 소정의 제어 과정을 실행한다. 즉, 제어부(20)는 노즐 제어 단계(S35)에서 토출 압력(P_e)과 유입 유출 압력 맵 데이터를 이용하여, 초음속 분사 노즐의 유입 측에서의 유입 압력(P_i)을 산출하고, 유입 압력(P_i)을 용착 목표 압력($P_{i,p}$)과 비교하고 이의 차이값을 오차로 활용하여 작동 가스 컴프레서(Ca)의 작동 제어함으로써 양자간의 오차를 줄이는 방향, 즉 유입 압력(P_i)을 용착 목표 압력($P_{i,p}$)에 근접하도록 제어할 수 있다.

[0092]

본 실시예에서는 기관(S) 상에 은-나노와이어 입자의 용착 속도를 제어하도록 작동 가스 컴프레서(Ca)로부터 초음속 분사 노즐(100)로 유입되는 유입 압력을 제어하는 방식을 취하였으나, 작동 가스 컴프레서(Ca)와 초음속 분사 노즐(100) 사이에 배치되는 작동 가스 유동 압력 제어 스위치(50)를 통하여 제어하는 방식을 취하거나, 초음속 분사 노즐(100)의 선단에 배치되는 히팅부(200)의 가열 온도를 제어하는 방식을 더 부가하는 등 기관 상에 용착 속도를 제어하는 범위에서 다양한 선택 및 구성이 가능하다.

[0093]

이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0094]

100: 초음속 분사 노즐 110: 하우징

120: 가스 유로 130: 용액 주입구

200: 히팅부 300: 용액 공급부

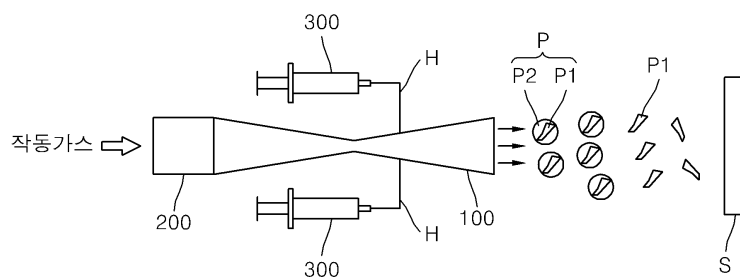
400: 베이스 401: 가열판

P: 미립자 액적 P1: 은-나노와이어 입자

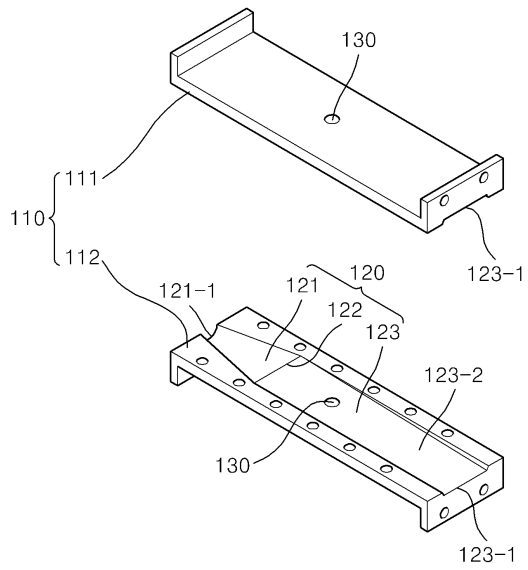
P2: 휘발성 액체 S: 기관

도면

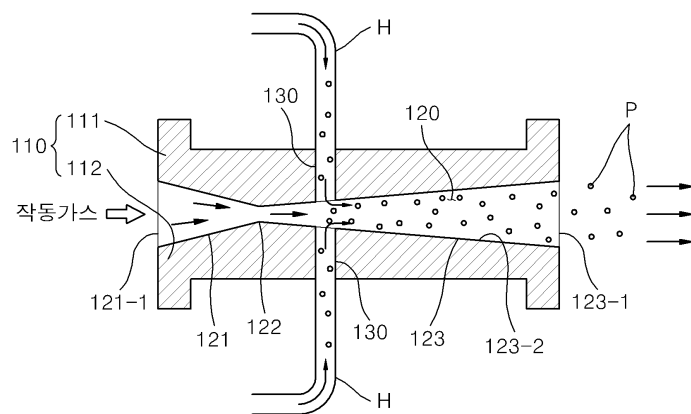
도면1



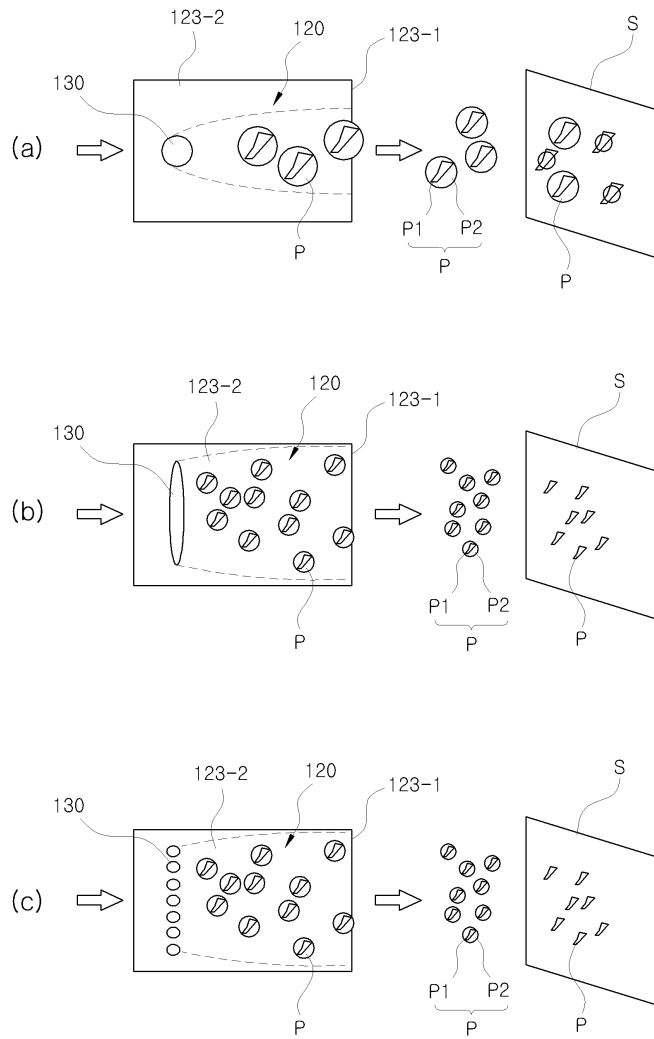
도면2



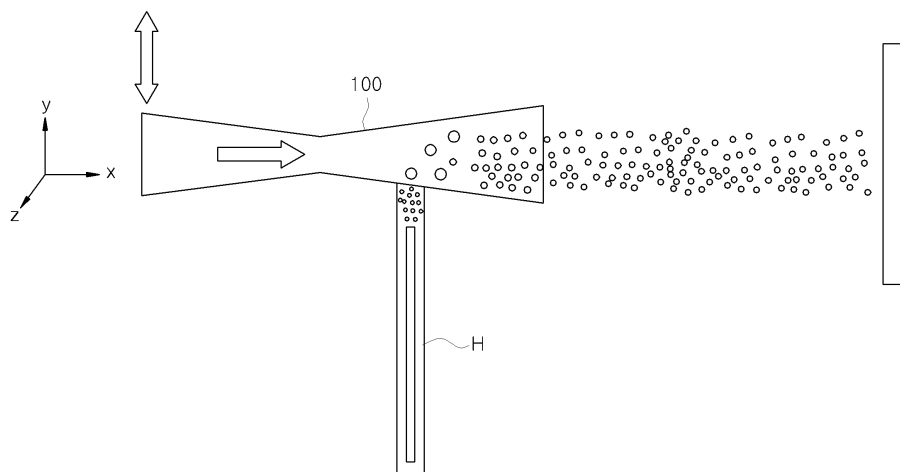
도면3



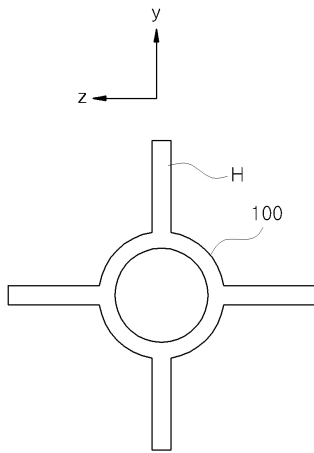
도면4



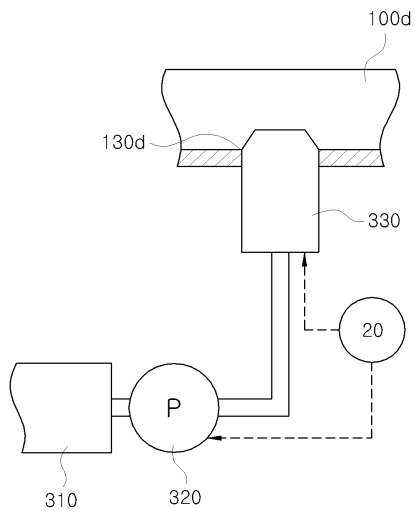
도면5



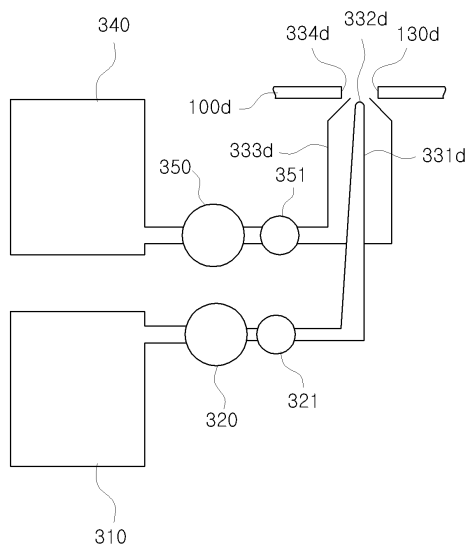
도면6a



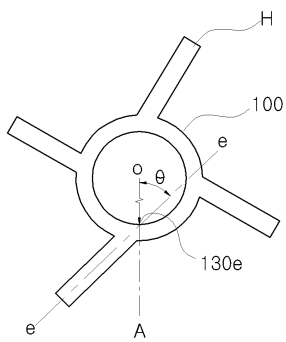
도면6b



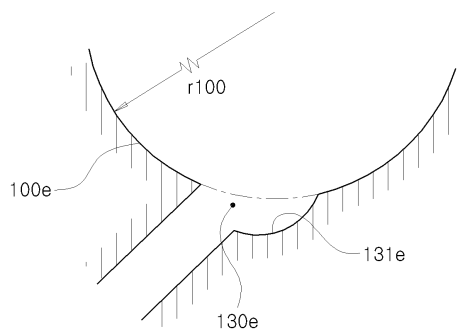
도면6c



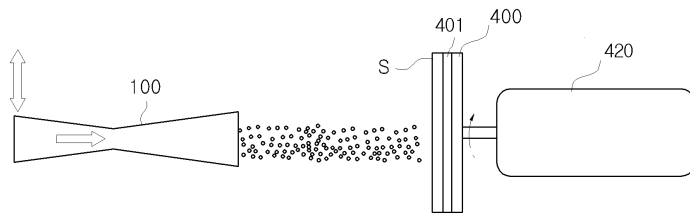
도면7a



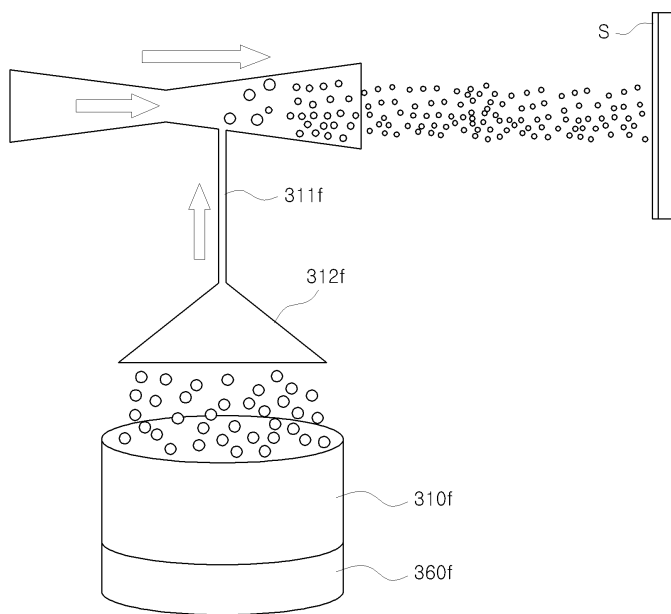
도면7b



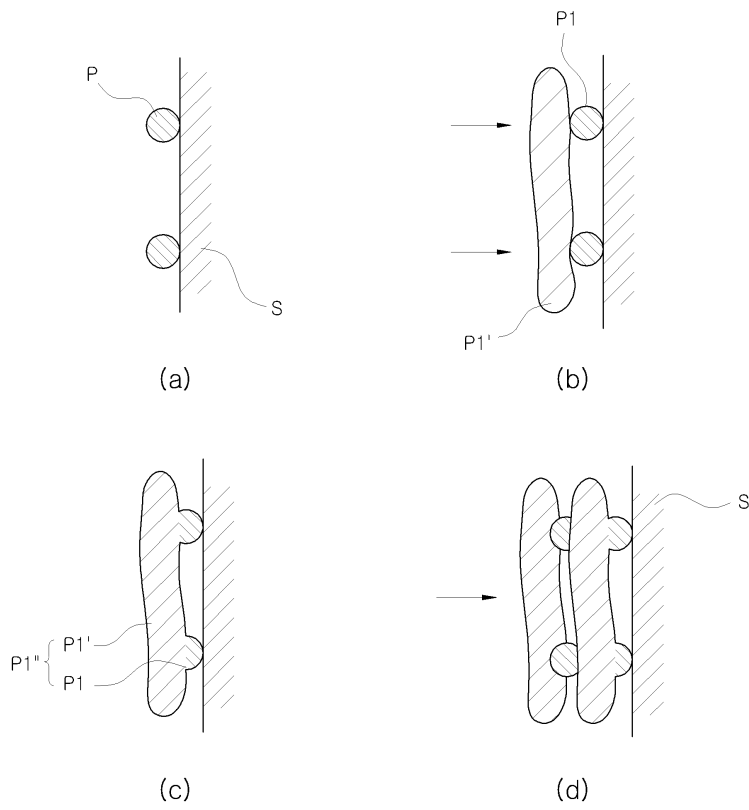
도면8



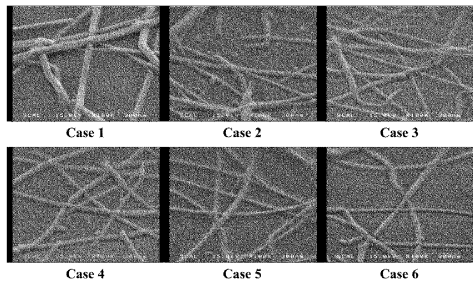
도면9



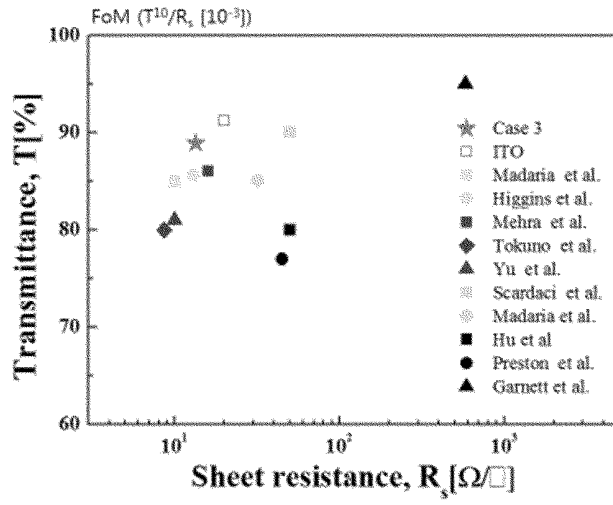
도면10



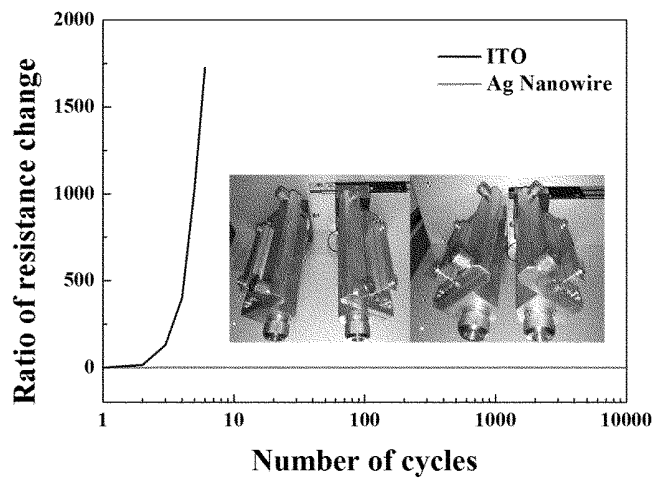
도면11



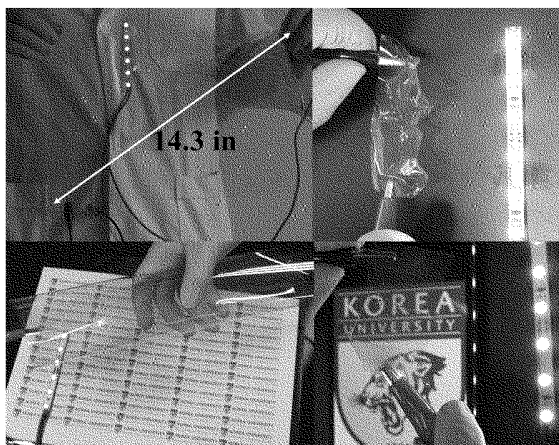
도면12



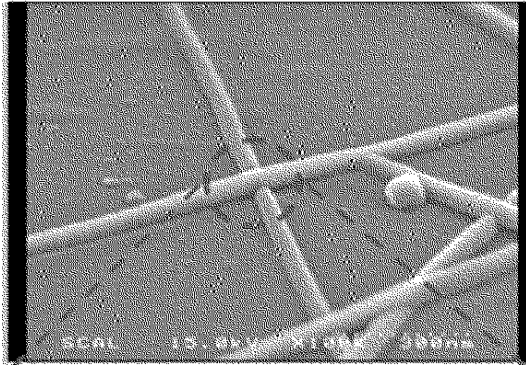
도면13



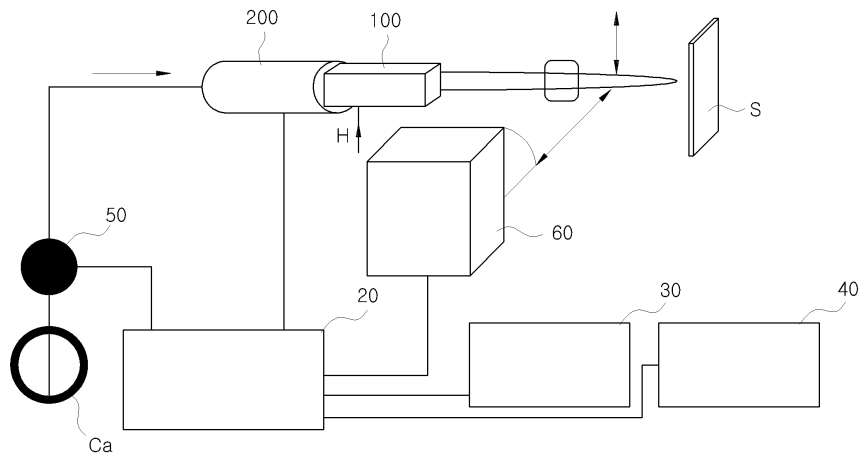
도면14



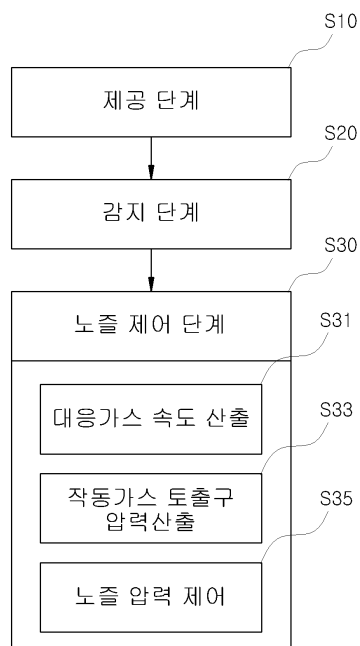
도면15



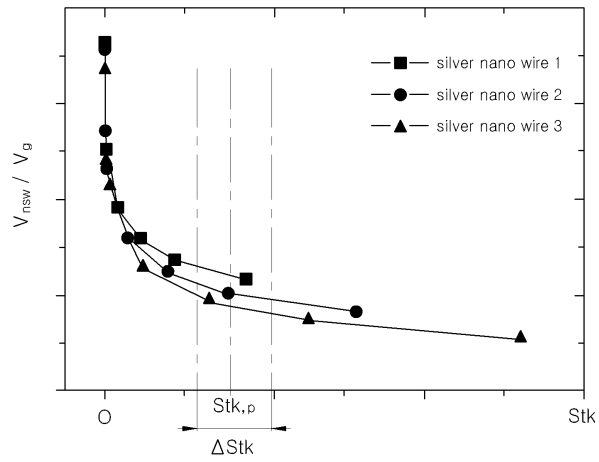
도면16



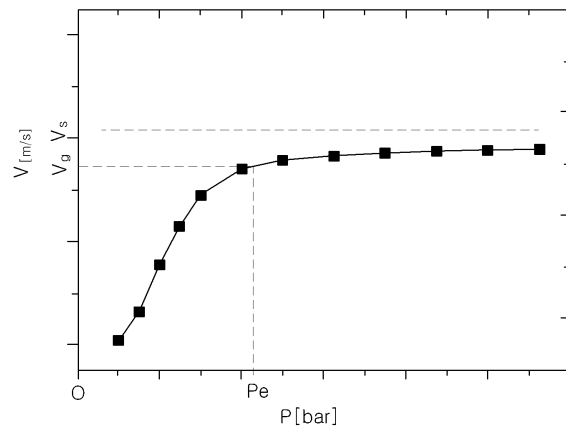
도면17



도면18



도면19



도면20

