(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0135850
(43) 공개일자 2021년11월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F28D 15/04 (2006.01) *C09D 5/02* (2006.01)
F28F 13/18 (2006.01) *F28F 21/02* (2006.01)
H05K 7/20 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F28D 15/046 (2013.01)
C09D 5/027 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0054008
(22) 출원일자 2020년05월06일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
엘지전자 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
정민우
서울특별시 금천구 가산디지털1로 51 LG전자 특허센터
이한춘
서울특별시 금천구 가산디지털1로 51 LG전자 특허센터
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
박병창

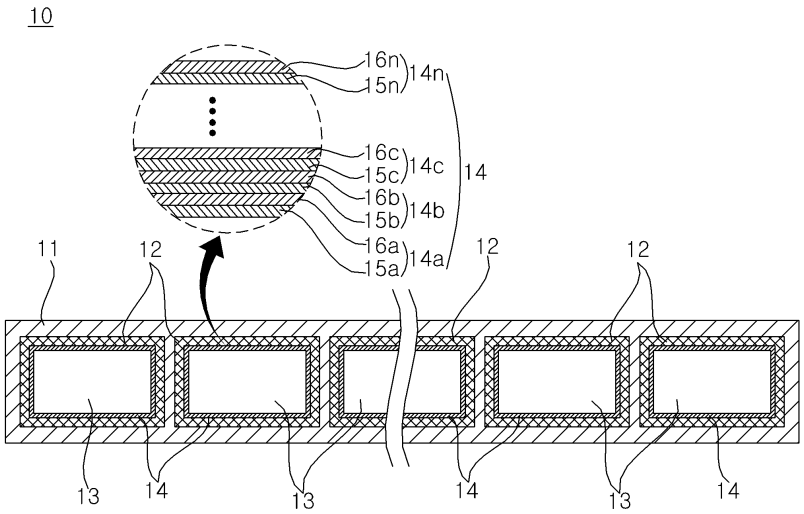
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **히트파이프 및 히트파이프 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은, 열원 및 방열체 사이에 설치되어, 내부에 작동유체가 순환하는 중공형상의 관체; 및 상기 관체의 내벽에 순차적으로 적층하여 코팅되고, 상기 작동유체가 열원으로 유동되게 하는 적어도 일조의 다공층을 포함하고, 상기 일조의 다공층은, 제1 분산액 및 제2 분산액 중 어느 하나의 분산액을 코팅하여 형성된 제1 코팅층 및 상기 제1 코팅층 위에 다른 하나의 분산액을 코팅하여 형성된 제2 코팅층을 포함하고, 상기 제1 분산액은, 일 전하를 띄는 금속산화물 나노입자를 포함하고,상기 제2 분산액은, 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 금속산화물 나노입자 또는 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 탄소나노튜브(CNT)를 포함하는 히트파이프로써, 제조공정이 단순하고, 크기, 부피, 배치 및 형태 드엥 구애받지 않고 모세관력을 증가시킬 수 있으며, 구조를 변형하여도 성능 감소율이 적은 효과가 있다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
F28F 13/185 (2013.01)
F28F 21/02 (2013.01)
H05K 7/20336 (2013.01)
F28F 2255/20 (2013.01)
(72) 발명자
김세현
서울특별시 금천구 가산디지털1로 51 LG전자 특허센터
김봉준
서울특별시 금천구 가산디지털1로 51 LG전자 특허센터
최원준
서울특별시 서초구 신반포로15길 19 아크로리버파크 110-503
이재민
경기도 평택시 중앙1로 102-2
경대현
서울특별시 송파구 마천로51길 25 한보아파트 805동

명 세 서

청구범위

청구항 1

열원 및 방열체 사이에 설치되어, 내부에 작동유체가 순환하는 중공형상의 관체;

상기 관체의 내벽에 배치되어, 상기 작동유체가 열원으로 유동하게 하는 윅(wick); 및

상기 윅의 표면에 순차적으로 적층하여 코팅되는 적어도 일조의 다공층을 포함하고,

상기 일조의 다공층은, 제1 분산액 및 제2 분산액 중 어느 하나의 분산액을 코팅하여 형성된 제1 코팅층 및 상기 제1 코팅층 위에 다른 하나의 분산액을 코팅하여 형성된 제2 코팅층을 포함하고,

상기 제1 분산액은, 일 전하를 띄는 금속산화물 나노입자를 포함하고,

상기 제2 분산액은, 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 금속산화물 나노입자 또는 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 탄소나노튜브(CNT)를 포함하는 히트파이프.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 금속산화물 나노입자는, 산화아연 나노입자(ZnO nanoparticle)인 히트파이프.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브는, 카르복실기가 부착된 다중벽 탄소나노튜브(MWCNT-COOH)인 히트파이프.

청구항 4

열원 및 방열체 사이에 설치되어, 내부에 작동유체가 순환하는 중공형상의 관체; 및

상기 관체의 내벽에 순차적으로 적층하여 코팅되고, 상기 작동유체가 열원으로 유동되게 하는 적어도 일조의 다공층을 포함하고,

상기 일조의 다공층은, 제1 분산액 및 제2 분산액 중 어느 하나의 분산액을 코팅하여 형성된 제1 코팅층 및 상기 제1 코팅층 위에 다른 하나의 분산액을 코팅하여 형성된 제2 코팅층을 포함하고,

상기 제1 분산액은, 일 전하를 띄는 금속산화물 나노입자를 포함하고,

상기 제2 분산액은, 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 금속산화물 나노입자 또는 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 탄소나노튜브(CNT)를 포함하는 히트파이프.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 금속산화물 나노입자는, 산화아연 나노입자(ZnO nanoparticle)인 히트파이프.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 탄소나노튜브는, 카르복실기가 부착된 다중벽 탄소나노튜브(MWCNT-COOH)인 히트파이프.

청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 관체는,

절곡된 부분을 포함하고,

상기 적어도 일조의 다공층은,

절곡된 부분의 내벽에 코팅되는 히트파이프.

청구항 8

내부에 작동유체가 순환하는 중공형상의 관체를 포함하는 히트파이프를 제조방법에 있어서,

상기 관체의 내벽에 제1 분산액 및 제2 분산액 중 어느 하나의 분산액을 코팅하여 제1 코팅층을 형성하는 제1 코팅단계; 및

상기 제1 코팅층 위에 다른 하나의 분산액을 코팅하여 제2 코팅층을 형성하는 제2 코팅단계; 를 포함하고,

상기 제1 분산액은, 일 전하를 띄는 금속산화물 나노입자를 포함하고,

상기 제2 분산액은, 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 금속산화물 나노입자 또는 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 탄소나노튜브(CNT)를 포함하는 히트파이프 제조방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 금속산화물 나노입자는, 산화아연 나노입자(ZnO nanoparticle)인 히트파이프 제조방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 부착된 탄소나노튜브는, 다중벽 탄소나노튜브(MWCNT-COOH)인 히트파이프 제조방법.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 제1 코팅단계 이후 및 제2 코팅단계 이후 중 적어도 어느 하나의 단계에서, 코팅으로 결합되지 못한 잔여물을 탈이온수(Deionized water)수로 세척하는 세척단계를 더 포함하는 히트파이프 제조방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

필요한 코팅 두께를 충족하도록 기 수행된 단계를 반복 수행하는 히트파이프 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 히트파이프 및 히트파이프 제조방법에 관한 것으로써, 더욱 상세하게는 히트파이프의 윅(wick, 심지)의 표면에, 혹은 윅을 대체하여, 양전하를 띠는 금속산화물 나노입자가 분산된 제1 분산액 및 음전하를 띠는 카르복실기가 부착된 탄소나노튜브가 분산된 제2 분산액을, 정전기적 인력을 이용한 자기조립을 통해 적층 코팅하여 다공성 박막 층을 생성함으로써, 전열 성능을 향상시키고 형상 변형이 자유로워 구조적인 자유도를 얻을 수 있는 히트파이프 및 히트파이프 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 전자장치의 사용 중에 장치내 구비되는 각종 부품에서 발생하는 열에 의한 오작동을 방지하기 위하여 상기 발생 열을 방산시킬 필요가 있다. 전자장치와 같은 발열체의 발열을 감소시킬 수 있는 방법으로는 소형 팬을 설치하는 등의 액티브 쿨링(active cooling)이 있고, 발열체에 히트싱크(heat sink) 등의 방열체를 부착하여 공기와 접촉하는 면을 통해 방산시키는 패시브 쿨링(passive cooling)이 있다.

[0003] 액티브 쿨링은 열을 빠르게 식힐 수 있지만, 팬을 장착할 공간이 필요하고 팬이 돌 때 발생하는 소음도 있으며, 팬 자체가 고장나는 문제가 있다. 반대로 패시브 쿨링은 열을 빠르게 식힐 수 없지만 많은 공간을 필요치 않고 소음이 전혀 없다는 장점이 있으며, 쿨링 시스템이 고장날 일이 적다.

[0004] 보통 액티브 쿨링 방식은 열이 많이 나고 부피가 큰 장치(예를 들어, PC 등)에서 주로 사용된다. 그러나, 크기가 제한되어 있는 장치(예를 들어, 스마트폰 등)의 경우, 히트싱크를 이용하는 패시브 쿨링 방식에 의존하여 발열을 감소시킬 수밖에 없다.

[0005] 한편, 장치의 구조상 히트싱크가 발열원에 직접 접촉되지 못하고 이격되야 하는 경우, 열을 전달해주는 히트파이프(heat pipe)가 사용될 수 있다.

[0006] 도 1은 종래 기술에 따른 히트파이프의 구성도이다.

[0007] 종래 기술에 따른 히트파이프는, 열전도성이 좋고 내부(3)가 진공상태이도록 형성되고 내부(3)에 작동유체가 채워져서 열원(A)과 냉원(B) 사이에 설치되는 관체(1)와, 상기 관체(1)의 내벽에 구비되어 모세관력(Capillary Force)이 발생되게 하는 다공성 구조물인 윅(2)을 포함하여 이루어진다.

[0008] 윅(2)은 모세관 현상을 유발하도록 표면적이 넓은 형상을 가지며, 통상적으로, 소결형(sinter powder type), 그루브형(groove type), 메쉬형(mesh type), 복합 윅(composite wick) 등이 있다.

[0009] 소결형(sinter powder type) 윅은 구리와 같은 금속의 가루를 관체 내부에 소결접합하여 형성시키는 타입의 윅으로써, 효율은 좋고 벤딩(Bending)이 용이하나 제작 과정이 어려울 뿐만 아니라 많이 비용이 소용된다.

[0010] 또한, 그루브형(groove type) 윅은 관체(1) 내벽에 복수의 그루브(groove)를 형성함으로써 이루어지며, 상기 그루브에 채워진 작동유체가 매니스커스(Meniscus)을 형성하게 되어 모세관력이 발생된다. 그루브형 윅의 경우 제조 단가가 저렴한 장점은 있으나, 소결형의 경우에 비해 효율이 떨어지며, 모세관 작용을 하는 그루브의 형상에 따라 성능 차이가 현저하다는 단점이 있다.

[0011] 또한, 메쉬형(mesh type) 윅의 경우, 그물처럼 가는 금속망으로 형성된 타입으로써, 이와 같은 타입은 소결형과 그루브형의 중간정도 효율을 발휘한다고 알려져 있다.

[0012] 이와 같이 구성된 히트파이프의 열 전달과정을 자세히 살펴보면, 다음과 같다.

[0013] 상기 관체(1) 속의 작동유체는 상기 관체(1)의 내부가 진공상태이기 때문에 상기 열원(A) 측에서 상기 열원(A)의 열을 빼앗아서 기화되고, 상기 냉원(B) 측에서 상기 냉원(B)에 열을 빼앗김으로써 응축된다. 이 때, 상기 열원(A) 측은 작동유체의 기화로 인해 압력이 높고 상기 냉원(B) 측은 상대적으로 압력이 낮기 때문에 상기 열원(A) 측에서 기화된 작동유체가 압력 구배에 의해 상기 냉원(B) 측으로 유동되어 다시 응축된다.

[0014] 그리고, 상기 냉원(B) 측에서 응축된 작동유체는 상기 윅(2)의 모세관력에 의해 상기 윅(2)를 따라 상기 열원(A) 측으로 유동된 후 다시 기화된다.

[0015] 이와 같이 작동유체가 상기 열원(A)과 냉원(B) 사이에서 상 변화되면서 순환하면, 열이 전달된다.

[0016] 참고로, 상기 관체(1)는 작동유체의 유동방향으로, 작동유체가 열원(A)에 의해 기화되는 증발부(Ev), 작동유체의 현재 상 상태가 유지되는 단열부(Ad), 그리고 기화된 작동유체가 냉원(B)에 의해 응축되는 응축부(Co)로 구분될 수 있다.

[0017] 그러나, 상기한 바와 같은 종래 기술에 따른 히트파이프는, 작동유체가 상기 열원(A) 또는 냉원(B)과 원활하게 열 전달될 수 있도록 상기 관체(1)의 열전도율을 높이기 위해서는 상기 관체(1)를 크게 하거나 금이나 은과 같은 열전도성이 매우 우수한 재질로 성형해야 하는데, 그러면 효율에 비해 상대적으로 제조비용이 과대한 문제점이 있다.

[0018] 또한, 종래 기술은, 상기에 기재한 바와 같이 통상적인 윅(2)의 경우, 효율이 낮거나 제조가 복잡한 서로 상반적인 문제점을 갖으며, 상기 관체(1)의 크기에 따라 윅(2)의 크기 또한 제한되므로 모세관력 향상에도 한계가 있는 문제점이 있다.

[0019] 뿐만 아니라, 종래 기술은, 적용되는 장치의 구조상 히트파이프 형태의 변형이 필요한 경우, 히트파이프의 일부분을 절곡하는 등으로 형태를 변형하면, 절곡한 부분에서 윅(2) 구조가 파괴되어 모세관력 감소로 인한 성능감소가 나타나기 때문에, 형상 변형에 한계가 있다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0020] 본 발명의 실시예는 상기한 문제점을 해결하기 위하여, 단순한 제조공정으로 코팅할 수 있는 다공층을 코팅하여 모세관력이 크게 향상되도록 히트파이프를 제공하는데 목적이 있다.

[0021] 또한, 본 발명의 실시예는, 수 마이크로 미터 정도의 두께를 가지는 다공성 박막층을 코팅함으로써, 크기, 부피, 배치 및 형태 등에 구애받지 않고 열전도 성능을 증가시킬 수 있는 히트파이프를 제공하는 데에 목적이 있다.

[0022] 또한, 본 발명의 실시예는, 히트파이프 구조를 변형시킬 때, 더 작은 곡률반경을 확보하고, 구조 파괴에 의한 성능 감소율을 개선하여, 구조의 변형이 보다 자유로운 히트파이프를 제공하는데 목적이 있다.

[0023] 본 발명의 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0024] 상기 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 히트파이프는, 열원 및 방열체 사이에 설치되어, 내부에 작동유체가 순환하는 중공형상의 관체와 상기 관체의 내벽에 배치되어, 상기 작동유체가 열원으로 유동하게 하는 윅(wick)과 상기 윅의 표면에 순차적으로 적층하여 코팅되는 적어도 일조의 다공층을 포함하고, 상기 일조의 다공층은, 제1 분산액 및 제2 분산액 중 어느 하나의 분산액을 코팅하여 형성된 제1 코팅층 및 상기 제1 코팅층 위에 다른 하나의 분산액을 코팅하여 형성된 제2 코팅층을 포함하고, 상기 제1 분산액은, 일 전하를 띄는 금속산화물 나노입자를 포함하고, 상기 제2 분산액은, 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 금속산화물 나노입자 또는 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 탄소나노튜브(CNT)를 포함할 수 있다.

[0025] 상기 금속산화물 나노입자는, 산화아연 나노입자(ZnO nanoparticle)일 수 있다.

[0026] 상기 탄소나노튜브는, 카르복실기가 부착된 다중벽 탄소나노튜브(MWCNT-COOH)일 수 있다.

[0027] 상기 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 다른 실시예에 따른 히트파이프는, 열원 및 방열체 사이에 설치되어, 내부에 작동유체가 순환하는 중공형상의 관체와 상기 관체의 내벽에 순차적으로 적층하여 코팅되고, 상기 작동유체가 열원으로 유동되게 하는 적어도 일조의 다공층을 포함하고, 상기 일조의 다공층은, 제1 분산액 및 제2 분산액 중 어느 하나의 분산액을 코팅하여 형성된 제1 코팅층 및 상기 제1 코팅층 위에 다른 하나의 분산액을 코팅하여 형성된 제2 코팅층을 포함하고, 상기 제1 분산액은, 일 전하를 띄는 금속산화물 나노입자를 포함하고, 상기 제2 분산액은, 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 금속산화물 나노입자 또는 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 탄소나노튜브(CNT)를 포함할 수 있다.

[0028] 상기 금속산화물 나노입자는, 산화아연 나노입자(ZnO nanoparticle)일 수 있다.

[0029] 상기 탄소나노튜브는, 카르복실기가 부착된 다중벽 탄소나노튜브(MWCNT-COOH)일 수 있다.

[0030] 상기 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예에 따른 내부에 작동유체가 순환하는 중공형상의 관체를 포함하는 히트파이프를 제조방법에 있어서, 상기 관체의 내벽에 제1 분산액 및 제2 분산액 중 어느 하나의 분산액을 코팅하여 제1 코팅층을 형성하는 제1 코팅단계와 상기 제1 코팅층 위에 다른 하나의 분산액을 코팅하여 제2 코팅층을 형성하는 제2 코팅단계를 포함하고, 상기 제1 분산액은, 일 전하를 띄는 금속산화물 나노입자를 포함하고, 상기 제2 분산액은, 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 금속산화물 나노입자 또는 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 탄소나노튜브(CNT)를 포함할 수 있다.

[0031] 상기 금속산화물 나노입자는, 산화아연 나노입자(ZnO nanoparticle)일 수 있다.

[0032] 상기 부착된 탄소나노튜브는, 다중벽 탄소나노튜브(MWCNT-COOH)일 수 있다.

[0033] 상기 제1 코팅단계 이후 및 제2 코팅단계 이후 중 적어도 어느 하나의 단계에서, 코팅으로 결합되지 못한 잔여물을 탈이온수(Deionized water)수로 세척하는 세척단계를 더 포함할 수 있다.

[0034] 필요한 코팅 두께를 충족하도록 기 수행된 단계를 반복 수행할 수 있다.

[0035] 기타 실시예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

[0036] 본 발명의 실시예에 따르면 다음과 같은 효과가 하나 혹은 그 이상 있다.

[0037] 첫째, 단순한 제조공정으로 히트파이프의 모세관력이 크게 향상되어 열 전도성이 증대되는 효과가 있다.

[0038] 둘째, 수 마이크로 미터 정도의 두께를 가지는 다공성 박막층을 코팅함으로써, 크기, 부피, 배치 및 형태 등에 구애받지 않고 히트파이프의 열전도성능을 증대시키는 효과가 있다.

[0039] 셋째, 히트파이프의 구조 변형 시, 작은 곡률반경을 확보할 수 있고, 윅 구조 파괴에 의한 성능 감소율을 개선하여, 히트파이프의 구조를 보다 자유로이 변형시킬 수 있는 효과가 있다.

[0040] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 청구범위의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0041] 도 1은 종래 기술에 따른 히트파이프의 단면도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 히트파이프의 사시도이다.

도 3은 도 2의 A-A'를 절단하여 바라본 본 발명의 일 실시예에 따른 히트파이프의 단면도이다.

도 4은 도 2의 B-B'를 절단하여 바라본 본 발명의 일 실시예에 따른 히트파이프의 단면도이다.

도 5은 본 발명의 일 실시예에 의한 다공층을 확대한 이미지이다. 여기서 도 5a는, 상기 다공층의 표면을 관찰한 것이고, 도 5b는, 상기 다공층의 단면을 관찰한 것이다.

도 6은 관체에 다공층을 코팅한 경우와 코팅하지 않는 경우 물이 관체의 내벽을 타고 상승하는 것을 비교한 것이다. 도 6a는, 관체에 다공층을 코팅하지 않았고, 도 6b의 경우, 관체에 다공층을 코팅하였다.

도 7은 종래 기술과 도 3 및 도 4에 따른 히트파이프의 열전달 성능을 비교한 그래프이다.

도 8은 도 2의 A-A'를 절단하여 바라본 본 발명의 다른 실시예에 따른 히트파이프의 단면도이다.

도 9은 도 2의 B-B'를 절단하여 바라본 본 발명의 다른 실시예에 따른 히트파이프의 단면도이다.

도 10은 종래 기술과 본 발명의 히트파이프의 측면을 나타낸 도면이다. 구체적으로, 도 10a는 종래 기술의 히트파이프(10a)를 형상변형하여 열원(20)에 접촉시킨 예를 도시한 것이고, 도 10b는 도 8 및 도 9에 따른 히트파이프(10b)를 형상변형하여 열원(20)에 접촉시킨 예를 도시한 것이다.

도 11은 종래 기술에 따른 히트파이프와 도 8 및 도 9에 따른 본 발명의 히트파이프를 밴딩했을 시, 성능 감소율을 비교한 그래프이다.

도 12은 본 발명의 일 실시예에 따른 방열체를 코팅하는 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0042] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0043] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0044] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0045] 본 출원에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되

어야 한다.

[0046] 이하, 도 2 내지 도 4를 참조하여, 본 발명의 일 실시에에 따른 히트파이프(10)에 대하여 설명한다.

[0047] 본 발명의 일 실시예에 따른 히트파이프(10)는, 관체(11), 윅(12)을 포함한다.

[0048] 관체(11)는, 내부에 작동유체가 순환하는 중공형상을 가질 수 있다. 상기 관체(11)는, 작동유체가 기화 또는 응축될 수 있도록 열원과 냉원 사이에 설치될 수 있다. 상기 관체(11)는 내부(13)가 진공상태로 구성될 수 있다.

[0049] 윅(12)은 상기 관체(11)의 내벽에 배치되어, 열원에서 기화된 작동유체가 냉원 측으로 유동된 후 응축되고, 응축된 작동유체가 상기 윅(12)의 모세관력에 의해 다시 열원으로 유동하게 한다.

[0050] 상기 윅(12)은 통상적으로 사용되는 형상을 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 윅(12)은 소결형(sinter powder type), 그루브형(groove type), 메쉬형(mesh type 혹은 screen), artery, slab, mono-groove, 복합 윅(composite wick) 중 어느 하나의 형상을 가질 수 있다.

[0051] 이와 같이 구성된 히트파이프의 열 전달과정에 대한 원리는 전술한 바, 이하에서는 설명을 생략한다.

[0052] 한편, 상기 윅(12)의 표면에 적어도 일조의 다공층(Porous Layer)(14)이 적층 코팅되어 형성될 수 있다.

[0053] 상기 일조의 다공층(14)은, 제1 분산액 및 제2 분산액 중 어느 하나의 분산액을 코팅하여 형성된 제1 코팅층(15) 및 상기 제1 코팅층 위에 다른 하나의 분산액을 코팅하여 형성된 제2 코팅층(16)을 포함한다.

[0054] 상기 제1 분산액은, 일 전하를 띄는 금속산화물 나노입자를 포함하고, 상기 제2 분산액은, 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 금속산화물 나노입자 또는 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 탄소나노튜브(CNT)를 포함할 수 있다.

[0055] 즉, 제 1 실시예로써, 상기 제1 분산액 및 제2 분산액 중 어느 하나는, 양전하를 띠는 금속산화물 나노입자를 포함하고, 상기 제1 분산액 및 제2 분산액 중 다른 하나는, 음전하를 띠는 탄소나노튜브(CNT)를 포함할 수 있다.

[0056] 또는, 제 2 실시예로써, 상기 제1 분산액 및 제2 분산액 중 어느 하나는, 양전하를 띠는 금속산화물 나노입자를 포함하고, 상기 제1 분산액 및 제2 분산액 중 다른 하나는, 음전하를 띠는 금속산화물 나노입자를 포함할 수 있다.

[0057] 또는, 제 3 실시예로써, 상기 제1 분산액 및 제2 분산액 중 어느 하나는, 양전하를 띠는 탄소나노튜브(CNT)를 포함하고 상기 제1 분산액 및 제2 분산액 중 다른 하나는 음전하를 띠는 금속산화물 나노입자를 포함할 수 있다.

[0058] 상기 제1 코팅층(15)와 상기 제2 코팅층(16)은 서로 다른 전하에 의한 정전기적 인력에 의해 자가조립되어 결합·적층되면서 일조의 다공층(14)을 형성한다. 상기 다공층(14)은 다공성 박막 구조로써, 수 마이크로미터 정도의 두께로 표면적을 수십배 증가시킬 수 있다.

[0059] 이하에서는 금속산화물 나노입자에 대하여 설명한다.

[0060] 나노입자(nanoparticle)는 적어도 한 차원이 100nm, 즉 천만분의 1미터 이하인 극미세 입자이다. 금속산화물 나노입자는 금속산화물이 나노 단위로 결합되어 일반적인 금속산화물과는 다른 특성을 띤다.

[0061] 상기 금속산화물 나노입자는 바람직하게는 산화아연 나노입자(Zinc Oxide nanoparticle; ZnO nanoparticle)일 수 있다. 현재까지 산화아연 나노입자의 합성 방법으로, 열수법, 졸겔법, 물리화학 증착법, 화학 용액 증착법, 및 전기화학 증착법을 포함하는 다양한 방법이 보고되고 있으며, 본 발명에서는 상용품의 산화아연 나노입자를 사용하였다.

[0062] 본 발명의 실시예에서는 초음파 분쇄기로 탈 이온수에 상기 산화아연 나노입자를 분산시키는 방법을 통해 상기 제1 분산액을 획득하였다. 나노입자를 분산시켜 분산액을 얻는 방법은 기 공지된 방법이 다양하게 존재하는 바, 상기 초음파 분쇄기로 분산시키는 방법에 한정되지 않는다.

[0063] 산화아연 나노입자는 표면개질을 하여 상기 분산액에서 제타 전위에 의해 표면상에 양전하를 띠는 이온을 흡착하여 양전하적 특성을 가지거나, 음전하를 띠는 이온을 흡착하여 음전하적 특성을 가질 수 있다. 이를 통상 양전하를 띠는 산화아연 나노입자 분산액 또는 음전하를 띠는 산화아연 분산액이라고 표현한다. 이와 같이 양전하 혹은 음전하를 띠는 이온을 흡착하는 성질은 분산액의 수소이온농도(pH)에 따라 달라질 수 있다.

[0064] 이하에서는 탄소나노튜브에 대해서 설명한다.

[0065] 탄소나노튜브(Carbon nanotube, CNT)는 원기둥 모양의 나노구조를 지니는 탄소의 동소체이다. 탄소나노소재는 넓은 표면적을 제공하고 전달 경로를 짧게 해서 물질 전달을 원활하게 하는 등 나노소재의 장점과 유기소재가 가지는 다양한 화학적 성질을 통한 물성 제어와 가격경쟁력의 장점을 모두 가지고 있어, 나노기술, 전기공학, 광학 및 재료공학 등 다양한 분야에서 유용하게 쓰일 수 있다. 특히 열전도율 및 기계적, 전기적 특성이 매우 특이하여 다양한 구조 물질의 첨가제로도 응용되고 있다.

[0066] 탄소나노튜브의 종류는 단일벽 탄소나노튜브(Single-walled carbon nanotube, SWCNT), 이중벽 탄소나노튜브(Double-walled carbon nanotube, DWCNT), 다중벽 탄소나노튜브(Multi-walled carbon nanotube, MWCNT) 등이 있다. 단일벽 탄소나노튜브는 1,000 m2/g 정도까지 비표면적을 얻을 수 있다고 알려져 있으며, 단일벽, 이중벽 탄소나노튜브는 다중벽 탄소나노튜브에 비해서 넓은 비표면적을 보여주나, 상대적으로 제작이 어렵고 가격이 비싼 단점이 있다.

[0067] 탄소나노튜브는 표면개질을 통해 탄소나노튜브의 표면에 작용기가 부착될 수 있다. 이 때, 상기 작용기에 따라, 탄소나노튜브는 양전하적 특성 혹은 음전하적 특성을 가질 수 있다.

[0068] 일 예로, 탄소나노튜브를 황산과 질산을 이용해 산처리를 해줌으로써 표면개질 시키면, 탄소나노튜브 표면에 음전하를 띤 카르복실기(-COOH)가 생성된다. 이 후, 초음파 분쇄기로 탈이온수에 음전하를 띤 카르복실기가 표면에 부착된 탄소나노튜브(CNT-COOH)를 분산시켜 제2 분산액을 만든다. 나노입자를 분산시켜 분산액을 얻는 방법은 다양한 기 공지된 방법이 존재하는 바, 상기 초음파 분쇄기로 분산시키는 방법에 한정되지 않는다.

[0069] 피코팅면에 최초로 코팅되는 제1 코팅층(15)는 제1 분산액 및 제2 분산액 중 어느 하나를 코팅하여 형성될 수 있다. 이 경우, 상기 피코팅면에 정전기적 인력을 통한 자가조립으로 제1 코팅층(15)를 부착시키기 위해서는, 피코팅면은 전자의 이동이 자유롭거나 분극이 일어나기 쉬운 금속이나 혹은 폴리머 소재로 구성되는 것이 바람직하다.

[0070] 상기 윅(12)의 표면에는 적어도 일조의 다공층(14)이 적층될 수 있다. 즉, 일조의 다공층(14)도 상기 윅(12)의 표면에 적층될 수 있으나, 표면적을 늘려 요구되는 모세관력에 부합하기 위해서 복수조의 다공층(14)을 적층할 수도 있다. 이 경우, 각각의 다공층(14a, 14b, …, 14n)은 제1 코팅층(15a, 15b, …, 15n) 및 제2 코팅층(16a, 16b, … 16n)을 포함한다.

[0071] 제n 다공층(14n)의 제1 코팅층(15n)는 제n-1 다공층(15n-1)의 제2 코팅층(16n-1)과 정전기적 인력에 의한 자기조립으로 결합되어 적층 코팅될 수 있다. 일례로, 제2 다공층(14b)의 제1 코팅층(15b)은 제1 다공층(15a)의 제2 코팅층(16a)과 정전기적 인력에 의한 자기조립으로 결합되어 적층 코팅된다.

[0072] 도 5은, 본 발명의 실시예에 의한 다공층(14, 140)을 확대한 이미지이다.

[0073] 도 5는, 주사 전자 현미경(Scanning electron microscope, SEM)을 통해 관찰한 20개의 다공층(14, 140)으로써, 도 5a는, 상기 다공층(14, 140)의 표면을 관찰한 것이고, 도 5b는, 상기 다공층(14, 140)의 단면을 관찰한 것이다.

[0074] 상기 다공층(14, 140)을 생성할 때, 제1 분산액으로써는 양전하를 띠는 산화아연 나노입자(ZnO nanoparticle)를, 제2 분산액으로써는 음전하를 띠는 카르복실기를 가지는 다중벽 탄소나노튜브(MWCNT-COOH)를 사용하였다.

[0075] 도 5을 참고하면, 상기 다공층(14, 140)은 다공성 구조를 가지는 것을 알 수 있으며, 한 조의 다공층(14, 140)당 0.25㎛ 수준의 두께 증가로, 표면적이 수배 증가하고, 20개의 다공층을 적층형성하는 경우, 5㎛ 수준의 두께 증가로, 표면적은 50배가 증가될 수 있다.

[0076] 분산액을 접촉시켜 자가조립 시키는 방식으로 다공층을 형성하면서, 위와 같이 수 마이크로미터 수준의 얇은 두께 증가로 수십배의 표면적 상승을 기대할 수 있다. 따라서, 소형 전자기기와 같이, 부피를 증가시키거나 형태를 변형시키는 데에 한계가 존재하는 경우에도 구애받지 않고 표면적을 넓혀 친수성과 부착력을 강화하고 모세관력을 향상시킬 수 있다.

[0077] 도 6는, 관체(11)에 다공층(14, 140)을 코팅한 경우와 코팅하지 않는 경우를 비교한 것이다.

[0078] 도 6a는, 관체(11)에 다공층(140)을 코팅하지 않았고, 도 6b의 경우, 관체(11)에 다공층(140)을 코팅하였다. 두 케이스 모두 윅(12)는 포함시키지 않았다.

[0079] 물(W)을 채우고 수직으로 세웠을 때, 도 6a의 경우 물(W)과 관체(11)가 만접촉시 물이 상승하지 않은 반면, 도

6b의 경우, 모세관력 강화로 물(W)이 벽을 타고 상승하는 것을 관찰할 수 있었다.

[0080] 도 7을 참조하면, 종래 기술의 히트파이프의 열전달 성능과, 도 3 및 도 4에 도시된 본원 발명의 일 실시예에 따른 히트파이프(10)의 열전달 성능을 비교한 것이다.

[0081] 윅(12)의 표면에 다공층(14)을 코팅한 본원 발명의 히트파이프(10)의 경우, 윅(12)의 표면에 다공층(14)을 코팅하지 않은 종래기술의 경우에 비하여, 수직 설치시 약 56%, 수평 설치시 약 59%의 열전달 성능 증가율을 보여주었다.

[0082] 이하, 도 2, 도 8 및 도 9를 참조하여, 본 발명의 다른 실시에에 따른 히트파이프(10)에 대하여 설명한다.

[0083] 본 발명의 다른 실시예에 따른 히트파이프(10)는, 관체(11)를 포함한다.

[0084] 관체(11)는, 내부에 작동유체가 순환하는 중공형상을 가질 수 있다. 상기 관체(11)는, 작동유체가 기화 또는 응축될 수 있도록 열원과 냉원 사이에 설치될 수 있다. 상기 관체(11)는 내부(13)가 진공상태로 구성될 수 있다.

[0085] 한편, 본 발명의 다른 실시예에 따른 히트파이프(10)의 경우, 도 2 내지 도 4에 도시된 히트파이프(10)와 달리, 윅(12)이 상기 관체(11)의 내벽에 배치되지 않을 수 있다.

[0086] 이 때, 본 발명의 다른 실시예에 따른 히트파이프(10)는, 상기 윅(12)을 대체하여, 상기 히트파이프(10)의 관체(11)의 내벽에 적어도 일조의 다공층(140)이 적층 코팅되어 형성될 수 있다. 상기 다공층(140)은 윅(12)과 마찬가지로 열원에서 기화된 작동유체가 냉원 측으로 유동된 후 응축되고, 응축된 작동유체가 상기 윅(12)의 모세관력에 의해 다시 열원으로 유동하게 한다.

[0087] 상기 일조의 다공층(140)은, 제1 분산액 및 제2 분산액 중 어느 하나의 분산액을 코팅하여 형성된 제1 코팅층(150) 및 상기 제1 코팅층 위에 다른 하나의 분산액을 코팅하여 형성된 제2 코팅층(160)을 포함한다.

[0088] 상기 제1 분산액은, 일 전하를 띄는 금속산화물 나노입자를 포함하고, 상기 제2 분산액은, 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 금속산화물 나노입자 또는 상기 일 전하와 다른 전하를 띠는 탄소나노튜브(CNT)를 포함할 수 있다.

[0089] 즉, 제 1 실시예로써, 상기 제1 분산액 및 제2 분산액 중 어느 하나는, 양전하를 띠는 금속산화물 나노입자를 포함하고, 상기 제1 분산액 및 제2 분산액 중 다른 하나는, 음전하를 띠는 탄소나노튜브(CNT)를 포함할 수 있다.

[0090] 또는, 제 2 실시예로써, 상기 제1 분산액 및 제2 분산액 중 어느 하나는, 양전하를 띠는 금속산화물 나노입자를 포함하고, 상기 제1 분산액 및 제2 분산액 중 다른 하나는, 음전하를 띠는 금속산화물 나노입자를 포함할 수 있다.

[0091] 또는, 제 3 실시예로써, 상기 제1 분산액 및 제2 분산액 중 어느 하나는, 양전하를 띠는 탄소나노튜브(CNT)를 포함하고 상기 제1 분산액 및 제2 분산액 중 다른 하나는 음전하를 띠는 금속산화물 나노입자를 포함할 수 있다.

[0092] 상기 제1 코팅층(150)와 상기 제2 코팅층(160)은 서로 다른 전하에 의한 정전기적 인력에 의해 자가조립되어 결합·적층되면서 일조의 다공층(140)을 형성한다. 상기 다공층(140)은 다공성 박막 구조로써, 수 마이크로미터 정도의 두께로 표면적을 수십배 증가시킬 수 있다.

[0093] 상기 금속산화물 나노입자와 탄소나노튜브 및 다공층의 특징에 대해서는 전술한 바, 이하에서는 설명을 생략한다.

[0094] 이하, 도 10에서는, 도 8 및 도 9의 본 발명의 다른 실시예에 따른 히트파이프(10)에 대하여 설명한다.

[0095] 히트파이프(10)는 적용되는 장치에 따라 형상을 변형시킬 필요가 있다. 그러나 종래 기술의 히트파이프의 경우, 금속성 소재와 내부의 윅구조로 인하여, 밴딩시 곡률반경(R)을 줄이는 데에 한계가 있어, 일부 장치에서 설치가 용이하지 못하였다.

[0096] 도 8 및 도 9에 도시된, 본 발명의 다른 실시예에 따른 히트파이프(10b)는 상기의 문제를 해결하기 위해 안출된 것으로써, 종래 기술의 히트파이프(10a)와 달리, 윅(12) 구조를 대체하여 다공층(140)이 배치될 수 있다. 상기 다공층(140)은 윅(12) 구조에 비하여 넓은 표면적 확보가 가능하면서 매우 얇기 때문에 구조의 변형이 자유로울 수 있다.

[0097] 도 10에 도시된 본원 발명의 히트파이프(10b)를 참조하면, 히트파이프의 일부를 절곡시, 종래 기술의 히트파이

프(10a)의 곡률반경(R_{con})에 비하여 더 작은 곡률반경(R_{flex})을 확보할 수 있는 바($R_{con} > R_{flex}$), 더욱 소형화된 장치에 유리하다. 실험에 따르면, 종래 기술보다 약 50%정도 곡률반경을 줄일 수 있다.

[0098] 상기 관체(11)를 절곡하여 형상변형하는 경우, 절곡된 부분과 절곡되지 않은 부분으로 구분될 수 있다. 이 때, 상기 다공층(140)은 적어도 절곡된 부분의 내벽에 코팅될 수 있다.

[0099] 일례로, 관체(11)의 절곡된 부분과 절곡되지 않는 부분의 구분 없이 상기 다공층(140)을 상기 관체(11)의 내벽에 코팅 할 수 있다.

[0100] 다른 예로, 관체(11)의 절곡되지 않은 부분에만 윅(12)을 배치하고, 절곡된 부분에는 배치하지 않을 수 있다. 이 경우, 절곡되지 않는 부분에 배치된 상기 윅(12)의 표면과 상기 절곡된 부분의 관체(11) 내벽에 다공층(140)을 코팅할 수 있다.

[0101] 도 11은, 종래 기술과 본 발명의 히트파이프를 형상변형(밴딩) 시 구조 파괴에 의한 성능 감소율을 비교한 것이다.

[0102] 종래 기술의 히트파이프의 경우, 밴딩시 윅(12) 구조가 파괴됨에 따라 40%가량의 성능이 감소되는 것으로 나타났으나, 본 발명의 히트파이프의 경우, 밴딩시 상기 윅(12) 구조를 대체하는 다공층(140)의 파괴에 따른 성능 감소가 19%정도로, 종래기술에 비하여 낮은 성능 감소 비율을 보였다.

[0103] 도 12은 본 발명의 실시예에 따른 방열체를 제조하는 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0104] 제 1 실시예에 따르면, 먼저 코팅할 면을 양전하를 띠는 금속산화물 나노입자가 분산된 제1 분산액으로 1차 코팅한다(S1).

[0105] 제1 분산액을 코팅할 면에 흘려주거나 제1 분산액에 코팅할 면을 담금으로써 코팅할 면과 제1 분산액을 접촉시킬 수 있다. 상기 제1 분산액을 금속 혹은 폴리머로 구성된 피코팅면에 접촉시키게 되면, 제1 분산액 상에 양전하를 띠는 금속산화물 나노입자와의 정전기적 인력으로 인해, 상기 금속 혹은 폴리머 내의 음전하가 접촉면에 모이게 되고, 양과 음의 하전이 만나 인력이 작용하여 자기조립으로 서로 결합·적층되어 제1 코팅층(15)가 형성된다.

[0106] 제1 코팅층(15)이 형성되면, 약 5분정도 후에 표면상에 코팅으로 결합되지 못한 잔여 용액 및 이물질 등을 탈이온수(Deionized water)를 통해 세척한다(S2).

[0107] 표면상에 코팅으로 결합되지 못한 잔여 용액 및 이물질이 남아있는 경우, 제1 코팅층(15)와 제2 코팅층(16)간에 정전기적 인력이 약해질 수 있는 바, 결합되지 못하고 남아있는 잔여 이온 및 이물질들 세척해주는 것이 바람직하다.

[0108] 상기 탈이온수를 통해 제1 코팅층 표면을 세척해준 뒤, 음전하를 띠는 카르복실기가 부착된 탄소나노튜브(CNT-COOH)가 분산된 제2 분산액을 상기 제1 코팅층(15) 표면에 적층 코팅시킨다(S3)

[0109] 상기 제2 분산액을 제1 코팅층(15)의 표면에 S1과 마찬가지로 코팅할 면에 흘려주거나 제2 분산액에 코팅할 면을 담금으로써 코팅할 면과 제1 분산액을 접촉시킬 수 있다. 상기 제2 분산액이 양전하를 띠는 금속산화물로 구성되는 제1 코팅층(15)와 접촉하게 되면, 제2 분산액의 음전하를 띠는 카르복실기가 부착된 탄소나노튜브(CNT-COOH)와의 정전기적 인력으로 인해, 상기 제1 코팅층(15)의 양전하가 접촉면에 모이게 되고, 양과 음의 하전이 만나 인력이 작용하여 자가조립으로 서로 결합·적층되어, 제1 코팅층 위에 제2 코팅층(16)가 형성된다.

[0110] 상기 제2 코팅층(16)이 제1 코팅층(15)상에 코팅된 이후, 5분정도 후에 표면상에 코팅으로 결합되지 못한 잔여 용액 및 이물질 등을 탈이온수(Deionized water)를 통해 세척한다(S4).

[0111] 표면상에 코팅으로 결합되지 못한 잔여 용액 및 이물질이 남아있는 경우, 상기 단계를 반복 수행하여 복수의 다공층(14)을 적층할 시, 제2 코팅층(16)와 상기 제2 코팅층 위에 적층 코팅되는 제1 코팅층(15)간의 정전기적 인력이 약해질 수 있는 바, 결합되지 못하고 남아있는 잔여 이온 및 이물질들 세척해주는 것이 바람직하다. 제1 코팅층(15)과 제2 코팅층(16)은 위와 같이 결합하여 단일의 다공층(14)을 형성하게 된다.

[0112] 상기 다공층(14)이 방열성능상 요구되는 두께를 충족하지 않는 경우, 기 수행된 단계를 반복수행할 수 있고, 요구되는 두께를 충족하는 경우, 종료할 수 있다(S5). 상기 기 수행된 단계를 반복 수행하여, 코팅할 면에 복수조의 다공층(14)을 적층 코팅하여 방열면적을 증가시킴으로써 요구되는 방열성능을 맞출 수 있다.

[0113] 제 2 실시예에 따르면, S1 단계에서는 양전하를 띠는 금속산화물 나노입자가 분산된 제1 분산액으로 코팅하고,

S3 단계에서는 음전하를 띠는 금속산화물 나노입자가 분산된 제2 분산액으로 코팅한다.

[0114] 제 3 실시예로써, S1 단계에서는 양전하를 띠는 탄소나노튜브(CNT)가 분산된 제1 분산액으로 코팅하고, S3 단계에서는 음전하를 띠는 금속산화물 나노입자가 분산된 제2 분산액으로 코팅한다.

[0115] 전술한 S1 단계 및 S3 단계는 서로 순서가 바뀌어도 무관하다. 즉, 양전하 및 음전하간 코팅 순서는 무관하다. 또한, 제2 분산액이 코팅할 면에 먼저 자가조립으로 코팅되어 제1 코팅층(15)을 형성하고, 탈이온화 과정을 거친 뒤에, 그 위에 제1 분산액이 제1 코팅층(15)상에 코팅되어 제2 코팅층(16)을 형성하고, 다시 탈이온화 과정을 거쳐 단일의 다공층(14)을 형성할 수 있으며, 또한 이를 반복 수행하여 복수조의 다공층(14)을 코팅할 면 상에 적층 코팅할 수 있다.

[0116] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시예에 한정되지 아니하며, 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어서는 안될 것이다.

부호의 설명

[0117] 1: 관체 2: 윅

3: 진공부 10: 히트파이프

11: 관체 12: 윅

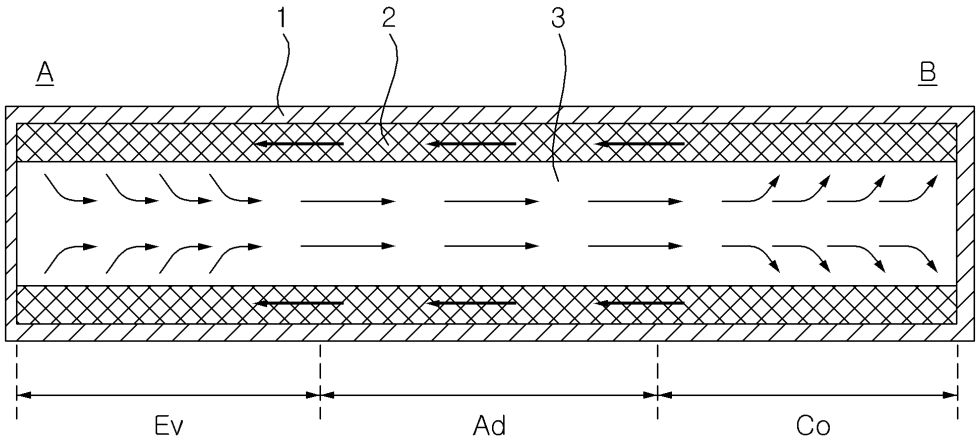
13: 진공부 14, 140: 다공층

15, 150: 제1 코팅층 16, 160 : 제2 코팅층

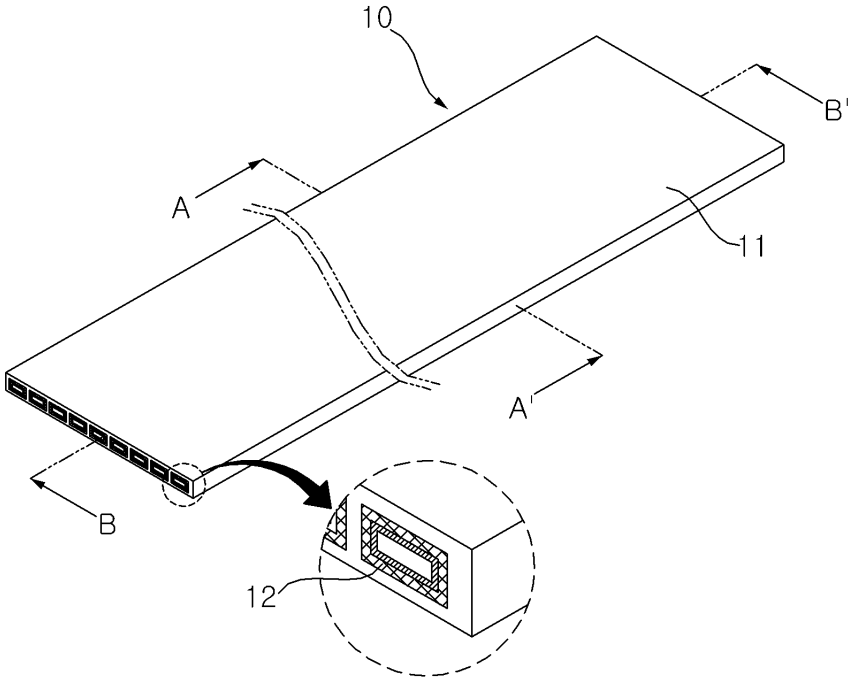
20 : 발열체

도면

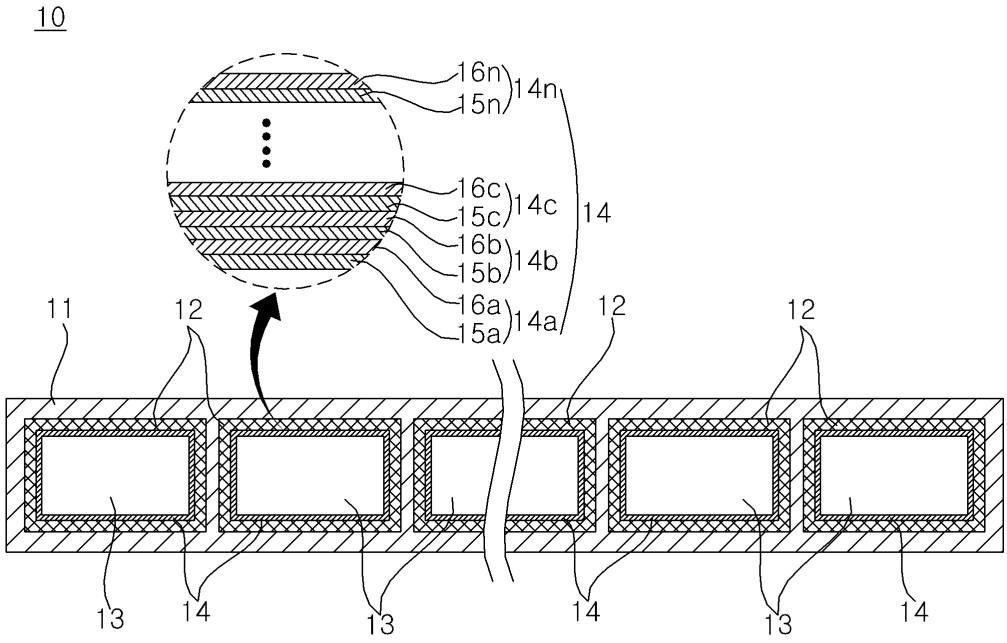
도면1



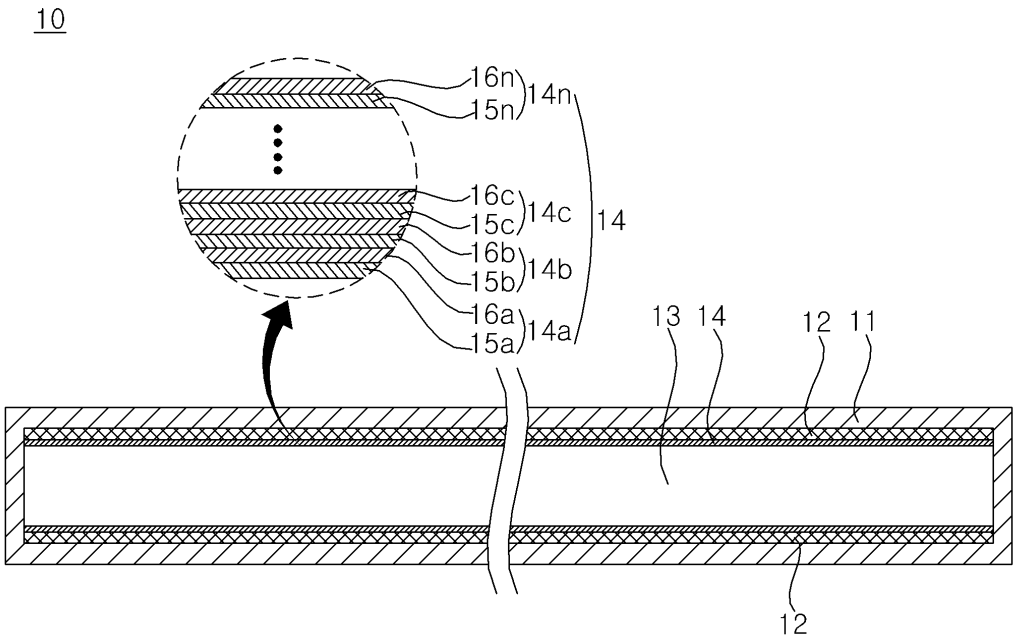
도면2


10
B'
A
11
A'
B
12

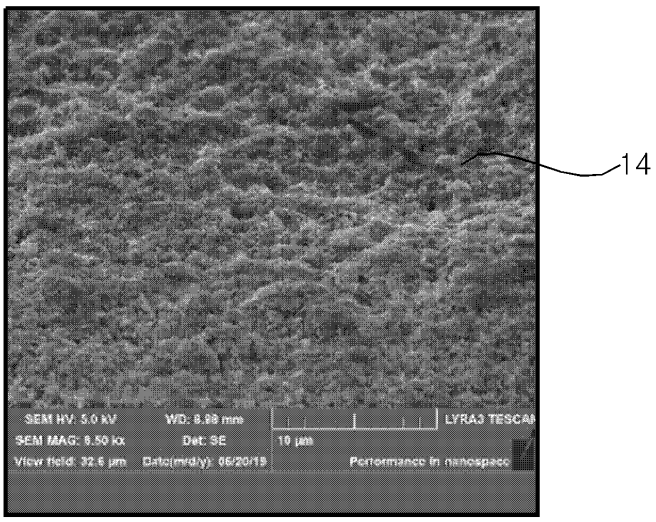
도면3


10
16n
15n
14n
16c
15c
14c
14
16b
15b
14b
16a
15a
14a
11
12
12
12
13
14
13
14
13
14

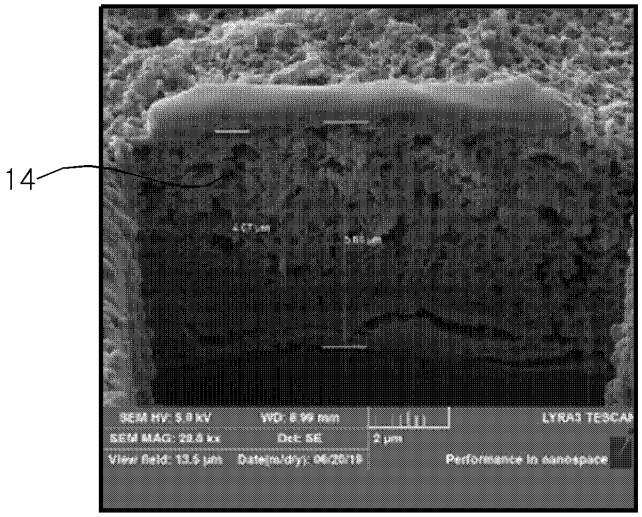
도면4


10
16n
15n
14n
16c
15c
14c
14
16b
15b
14b
16a
15a
14a
13
14
12
11
12

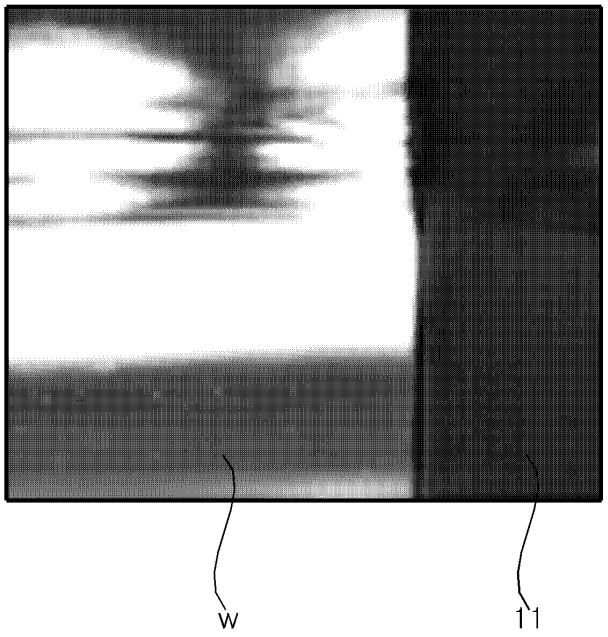
도면5a


14
SEM HV: 5.0 kV
WD: 8.88 mm
LYRA3 TESCAN
SEM MAG: 8.50 kx
Det: SE
10 µm
View field: 32.6 µm
Date(m/d/y): 06/20/19
Performance in nanospace

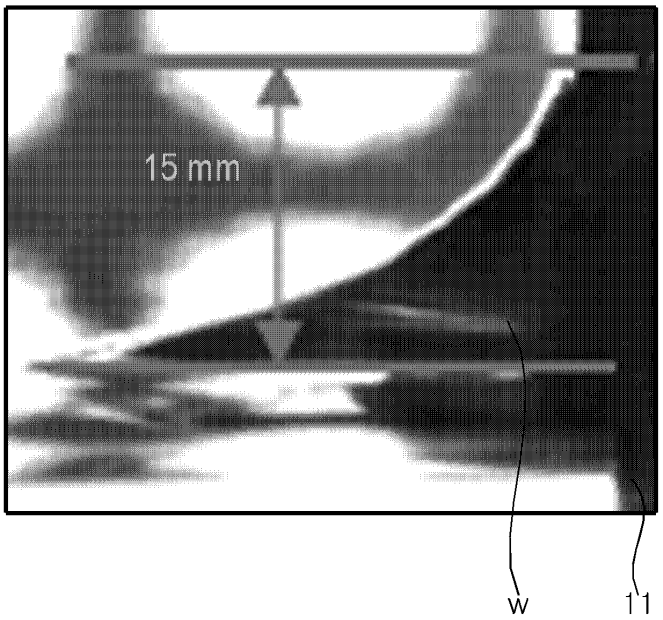
도면5b


14
SEM HV: 5.0 kV
WD: 8.99 mm
LYRA3 TESCAN
SEM MAG: 28.8 kx
Det: SE
2 μm
View field: 13.5 μm
Performance in nanospace

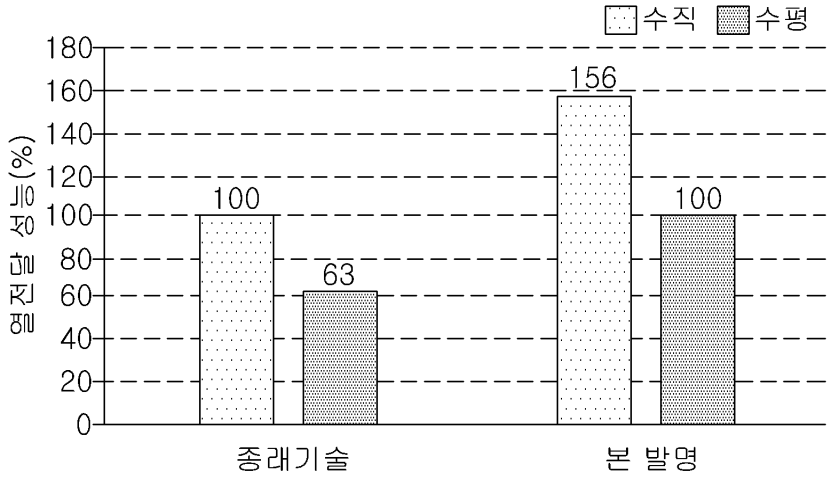
도면6a


W
11

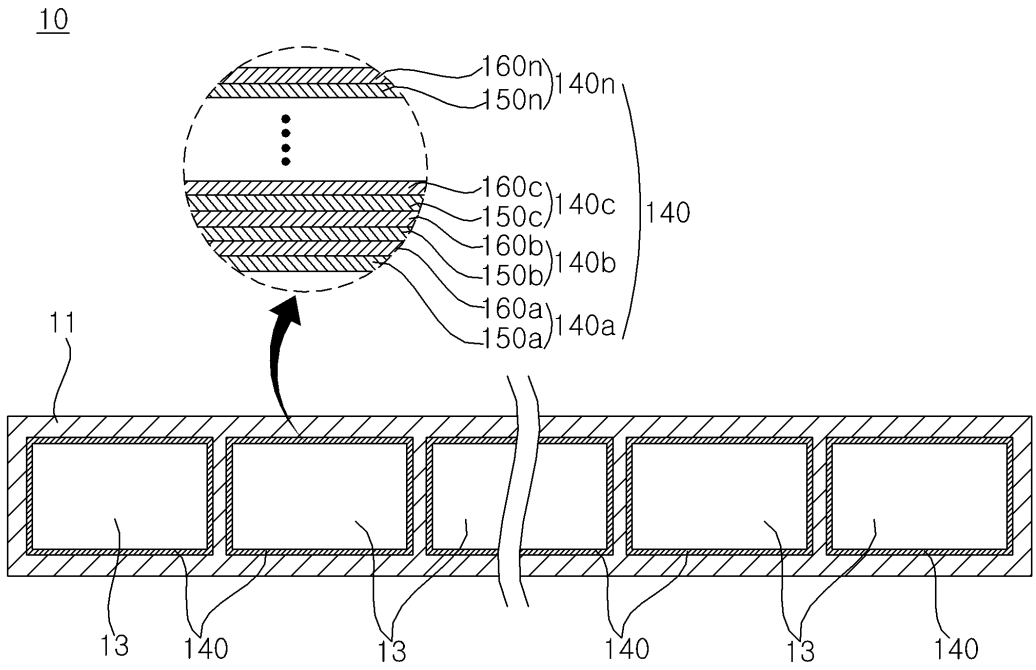
도면6b


15 mm
W
11

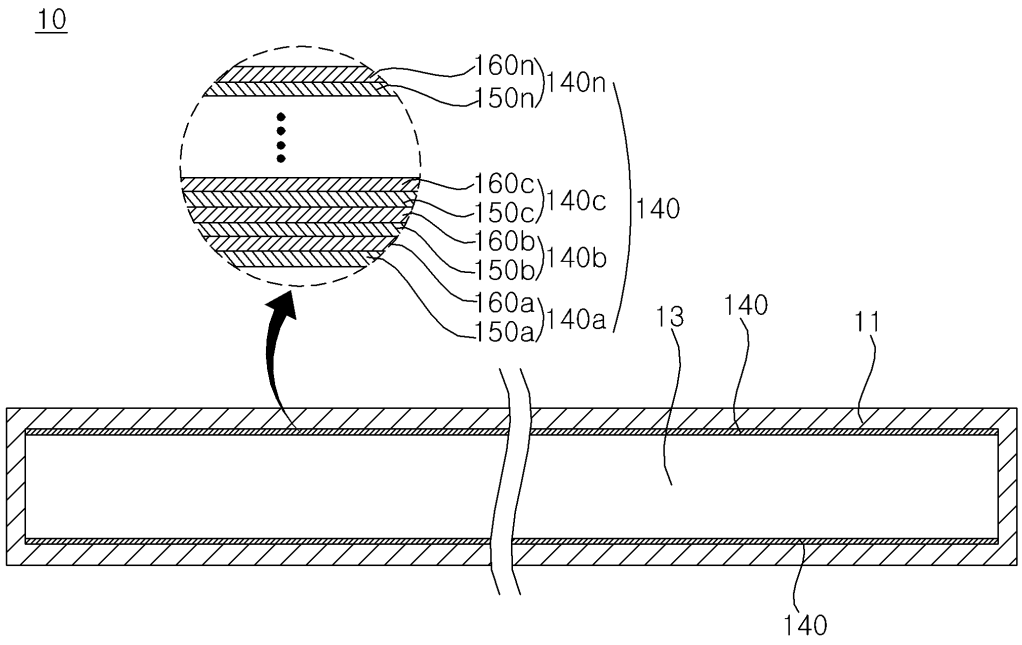
도면7


수직
수평
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
열전달 성능(%)
100
63
156
100
종래기술
본 발명

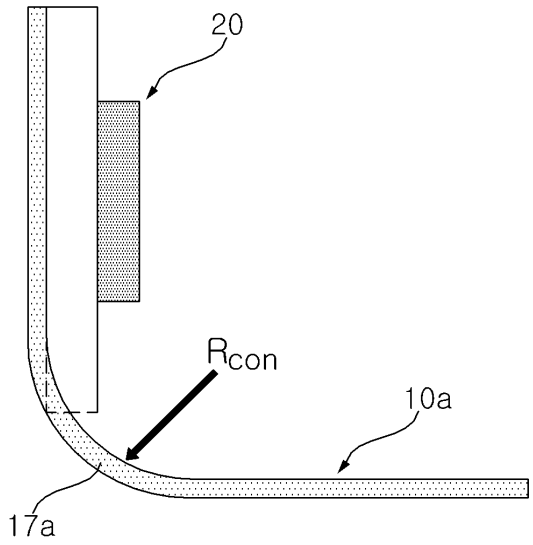
도면8


10
160n
150n
140n
160c
150c
140c
160b
150b
140b
160a
150a
140a
140
11
13
140
13
140
13
140

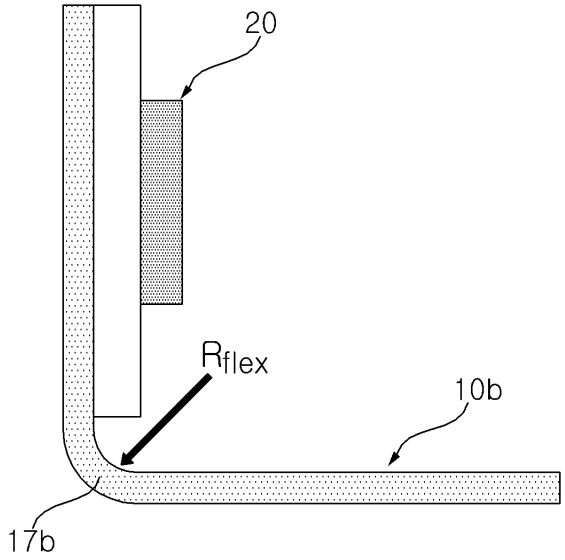
도면9


10
160n
150n
140n
160c
150c
140c
160b
150b
140b
160a
150a
140a
140
13
140
11
140

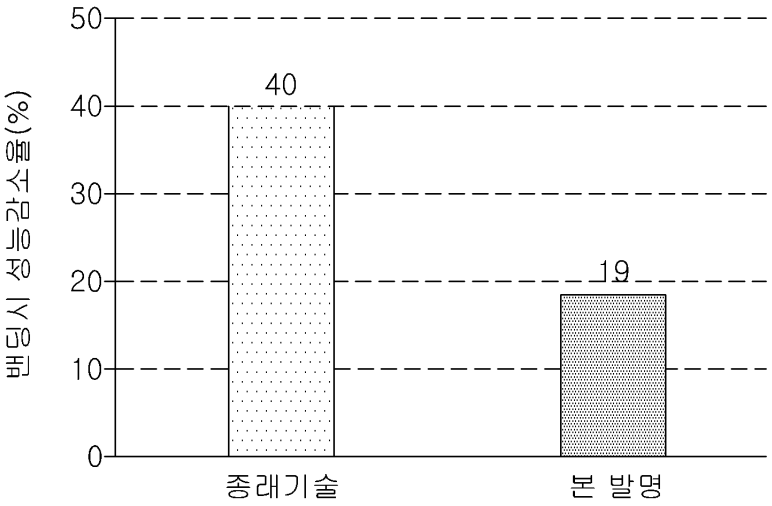
도면10a



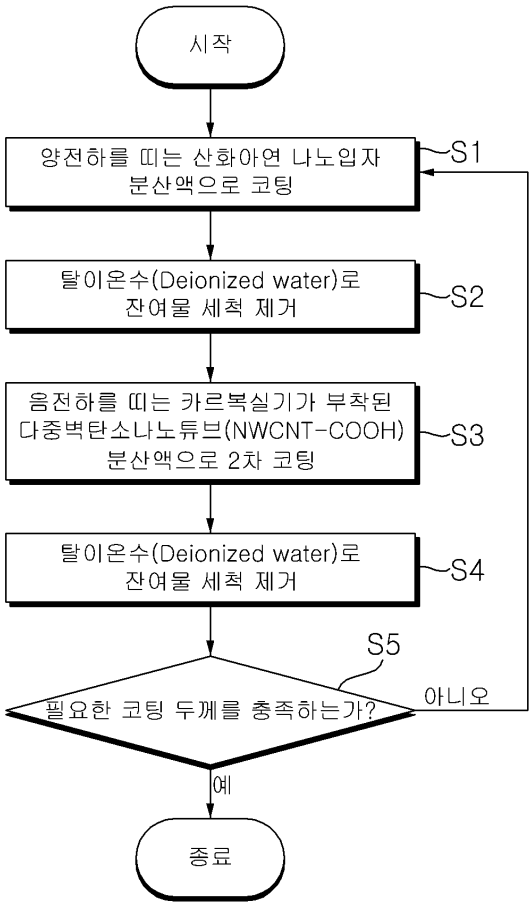
도면10b



도면11


50
40
30
20
10
0
벤딩시 성능감소율(%)
40
19
종래기술
본 발명

도면12


시작
양전하를 띠는 산화아연 나노입자 분산액으로 코팅
S1
탈이온수(Deionized water)로 잔여물 세척 제거
S2
음전하를 띠는 카르복실기가 부착된 다중벽탄소나노튜브(NWCNT-COOH) 분산액으로 2차 코팅
S3
탈이온수(Deionized water)로 잔여물 세척 제거
S4
S5
필요한 코팅 두께를 충족하는가?
아니오
예
종료