



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0043974
(43) 공개일자 2025년03월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F28D 15/04 (2006.01) F28F 21/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F28D 15/04 (2013.01)
F28F 21/084 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0127356
(22) 출원일자 2023년09월22일
심사청구일자 2023년09월22일

(71) 출원인
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 조선대길 126(서석동, 산학협력단)
(72) 발명자
정성용
광주광역시 서구 무진대로 919, 101동 901호 (광천동, 호반 씨앗 광주)
김지연
광주광역시 서구 상일로 53, 305동 202호 (쌍촌동, 호반리젠시빌)
(74) 대리인
함상혁

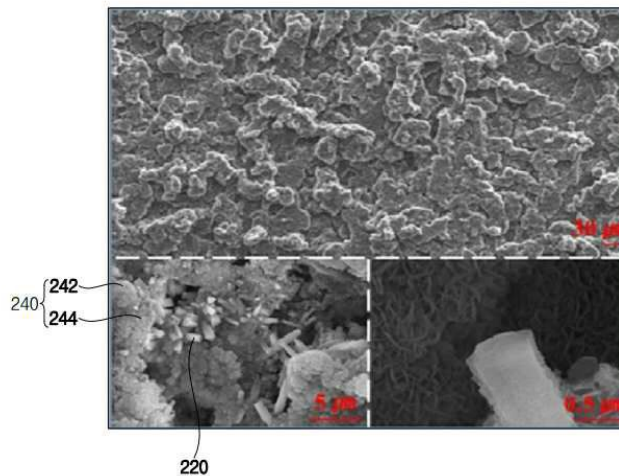
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 히트 파이프 및 이의 제조 방법

(57) 요약

히트 파이프는 알루미늄을 포함하는 베이스 플레이트 및 베이스 플레이트에 형성된 모세관을 포함하고, 모세관의 표면에는 수산화 알루미늄 구조체 및 미세 구조체가 형성된다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

F28F 2245/02 (2013.01)

F28F 2255/00 (2013.01)

F28F 2260/02 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711194623
과제번호	00208497
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	열전달 향상을 위한 표면개질 및 나노유체 통합 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	조선대학교산학협력단
연구기간	2023.03.01 ~ 2026.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

알루미늄을 포함하는 베이스 플레이트; 및
상기 베이스 플레이트에 형성된 모세관을 포함하고,
상기 모세관의 표면에는 수산화 알루미늄 구조체 및 미세 구조체가 형성된 히트 파이프.

청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면은 초친수성을 가지는 것을 특징으로 하는 히트 파이프.

청구항 3

제1 항에 있어서, 상기 미세 구조체는 요철 구조를 형성하는 것을 특징으로 하는 히트 파이프.

청구항 4

제1 항에 있어서, 상기 미세 구조체는 마이크로 구조체를 포함하는 것을 특징으로 하는 히트 파이프.

청구항 5

제1 항에 있어서, 상기 미세 구조체는 나노 구조체를 포함하는 것을 특징으로 하는 히트 파이프.

청구항 6

제1 항에 있어서, 상기 모세관은 상기 베이스 플레이트의 양 끝단에서 굽어진 페루프 형상인 것을 특징으로 하는 히트 파이프.

청구항 7

제1 항에 있어서,
상기 베이스 플레이트의 일면에 부착되고, 상기 모세관을 밀폐하는 커버 플레이트를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 히트 파이프.

청구항 8

알루미늄을 포함하는 베이스 플레이트에 모세관을 형성하는 단계;
상기 베이스 플레이트의 상기 모세관의 표면 이외의 부분을 마스킹하는 단계;
상기 모세관의 상기 표면을 화학적 에칭하는 단계;
상기 모세관의 상기 표면을 알칼리 처리하는 단계;
상기 모세관의 상기 표면을 증류수에 침지하는 단계; 및
상기 모세관의 상기 표면을 건조하는 단계를 포함하는 히트 파이프의 제조 방법.

청구항 9

제8 항에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 화학적 에칭하는 단계에서,
상기 표면을 염산, 불산, 인산, 황산, 질산, 및 아세트산 중 적어도 하나로 에칭하는 것을 특징으로 하는 히트 파이프의 제조 방법.

청구항 10

제9 항에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 화학적 에칭하는 단계에서,
상기 표면을 농도가 1M 내지 4M인 염산으로 에칭하는 것을 특징으로 하는 히트 파이프의 제조 방법.

청구항 11

제8 항에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 알칼리 처리하는 단계에서,
상기 표면을 수산화나트륨, 수산화바륨, 수산화칼륨, 수산화칼슘, 수산화구리, 수산화암모늄, 및 수산화철 중 적어도 하나로 알칼리 처리하는 것을 특징으로 하는 히트 파이프의 제조 방법.

청구항 12

제8 항에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 화학적 에칭하는 단계 이후에, 상기 표면에는 마이크로 구조체가 형성되는 것을 특징으로 하는 히트 파이프의 제조 방법.

청구항 13

제8 항에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 알칼리 처리하는 단계 이후에, 상기 표면에는 나노 구조체가 형성되는 것을 특징으로 하는 히트 파이프의 제조 방법.

청구항 14

제8 항에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 화학적 에칭하는 단계는 상기 모세관의 상기 표면을 알칼리 처리하는 단계보다 선행하는 것을 특징으로 하는 히트 파이프의 제조 방법.

청구항 15

제8 항에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 에칭하는 단계 이전에,
상기 모세관의 상기 표면을 세정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 히트 파이프의 제조 방법.

청구항 16

제15 항에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 세정하는 단계에서,
상기 표면을 농도가 0.5M 내지 2M인 수산화나트륨으로 세정하는 것을 특징으로 하는 히트 파이프의 제조 방법.

청구항 17

제8 항에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 건조하는 단계 이후에, 상기 모세관의 상기 표면에는 수산화 알루미늄 구조체가 형성되는 것을 특징으로 하는 히트 파이프의 제조 방법.

청구항 18

제8 항에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 알칼리 처리하는 단계 이후에, 상기 모세관의 상기 표면은 초친수성을 가지는 것을 특징으로 하는 히트 파이프의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 히트 파이프에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명은 진동형 히트 파이프 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 냉각 시스템으로서 외부 전력이 필요 없는 히트 파이프가 널리 사용되고 있다. 히트 파이프는 소음이 없고, 열 전달 효율이 높으며, 컴팩트한 장점이 있다. 히트 파이프는 전자 장치의 냉각에 사용되거나, 태양열 집열기의 열 흡수를 향상시키기 위해 사용되고 있다.

[0003] 기존의 히트 파이프의 내부에는 작동 유체의 순환을 위해, 다공질 재료를 포함하고, 일정 두께 이상의 구조물인 Wick)이 배치되었다. Wick을 포함하는 히트 파이프는 두께가 얇아질수록 성능이 저하되는 문제가 있다. 따라서 초소형 냉각 시스템을 구현하는데 한계가 있다.

[0004] 이러한 문제점을 해소하기 위해, 최근에는 별도의 Wick을 사용하지 않고, 모세관 현상을 유도하여, 작동 유체를 증발, 이동, 응축 및 순환시키는 진동형 히트 파이프가 개발되어 사용되고 있다.

[0005] 진동형 히트 파이프를 형성하는 재료로써, 가볍고, 내구성이 우수하며, 열 전도율이 높은 알루미늄이 주로 사용되고 있다. 그러나, 물을 작동 유체로 사용할 경우, 알루미늄과 물의 고온에서의 화학 반응에 의해 히트 파이프의 열 전달 성능 및 내구성이 저하되는 문제가 있다. 따라서, 알루미늄을 포함하되, 열 전달 성능 및 내구성이 개선된 히트 파이프의 개발이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 열 전달 성능 및 내구성이 개선된 히트 파이프를 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명의 다른 목적은 열 전달 성능 및 내구성이 개선된 히트 파이프를 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

[0008] 다만, 본 발명의 목적이 이와 같은 목적에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상술한 본 발명의 일 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 히트 파이프는 알루미늄을 포함하는 베이스 플레이트 및 상기 베이스 플레이트에 형성된 모세관을 포함하고, 상기 모세관의 표면에는 수산화 알루미늄 구조체 및 미세 구조체가 형성될 수 있다.

[0010] 일 실시예에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면은 초친수성을 가질 수 있다.

[0011] 일 실시예에 있어서, 상기 미세 구조체는 요철 구조를 형성할 수 있다.

[0012] 일 실시예에 있어서, 상기 미세 구조체는 마이크로 구조체를 포함할 수 있다.

[0013] 일 실시예에 있어서, 상기 미세 구조체는 나노 구조체를 포함할 수 있다.

[0014] 일 실시예에 있어서, 상기 모세관은 상기 베이스 플레이트의 양 끝단에서 굽어진 페루프 형상일 수 있다.

[0015] 일 실시예에 있어서, 상기 히트 파이프는 상기 베이스 플레이트의 일면에 부착되고, 상기 모세관을 밀폐하는 커버 플레이트를 더 포함할 수 있다.

[0016] 상술한 본 발명의 다른 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 히트 파이프의 제조 방법은 알루미늄을 포함하는 베이스 플레이트에 모세관을 형성하는 단계, 상기 베이스 플레이트의 상기 모세관의 표면 이외의 부분을 마스킹하는 단계, 상기 모세관의 상기 표면을 화학적 에칭하는 단계, 상기 모세관의 상기 표면을 알칼리 처리하는 단계, 상기 모세관의 상기 표면을 증류수에 침지하는 단계, 및 상기 모세관의 상기 표면을 건조하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 일 실시예에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 화학적 에칭하는 단계에서, 상기 표면을 염산, 불산, 인산, 황산, 질산, 및 아세트산 중 적어도 하나로 에칭할 수 있다.

[0018] 일 실시예에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 화학적 에칭하는 단계에서, 상기 표면을 농도가 약 1M 내지 약 4M인 염산으로 에칭할 수 있다.

[0019] 일 실시예에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 알칼리 처리하는 단계에서, 상기 표면을 수산화나트륨, 수산화바륨, 수산화칼륨, 수산화칼슘, 수산화구리, 수산화암모늄, 및 수산화철 중 적어도 하나로 알칼리 처리할 수 있다.

[0020] 일 실시예에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 화학적 에칭하는 단계 이후에, 상기 표면에는 마이크로 구조체가 형성될 수 있다.

[0021] 일 실시예에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 알칼리 처리하는 단계 이후에, 상기 표면에는 나노 구조체가

형성될 수 있다.

- [0022] 일 실시예에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 화학적 에칭하는 단계는 상기 모세관의 상기 표면을 알칼리 처리하는 단계보다 선행할 수 있다.
- [0023] 일 실시예에 있어서, 상기 히트 파이프의 제조 방법은 상기 모세관의 상기 표면을 에칭하는 단계 이전에, 상기 모세관의 상기 표면을 세정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0024] 일 실시예에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 세정하는 단계에서, 상기 표면을 농도가 약 0.5M 내지 약 2M인 수산화나트륨으로 세정할 수 있다.
- [0025] 일 실시예에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 건조하는 단계 이후에, 상기 모세관의 상기 표면에는 수산화 알루미늄 구조체가 형성될 수 있다.
- [0026] 일 실시예에 있어서, 상기 모세관의 상기 표면을 알칼리 처리하는 단계 이후에, 상기 모세관의 상기 표면은 초친수성을 가질 수 있다.

발명의 효과

- [0027] 본 발명의 실시예들에 따른 히트 파이프는 모세관의 표면에 수산화 알루미늄 구조체가 형성됨에 따라, 히트 파이프의 작동 시, 모세관의 표면의 알루미늄과 작동 유체의 화학 반응에 의한 수소 기체의 발생이 억제될 수 있다. 따라서, 수소 기체에 의해 상기 작동 유체의 유동이 방해되어 모세관의 일부 영역이 드라이 아웃 상태로 유지되는 현상이 개선될 수 있다. 따라서, 히트 파이프의 열 전달 성능 및 내구성이 개선될 수 있다.
- [0028] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 히트 파이프는 모세관의 표면에 마이크로 및/또는 나노 단위의 미세 구조체가 형성됨에 따라, 모세관의 표면이 초친수성을 가질 수 있다. 즉, 모세관 내부에서 상기 작동 유체의 퍼짐성이 향상될 수 있다. 상기 작동 유체의 퍼짐성이 향상됨에 따라, 모세관의 일부 영역이 일시적으로 드라이 아웃 상태에 놓이는 경우에도, 상기 작동 유체가 드라이 아웃 상태에 놓인 영역까지 원활하게 유동할 수 있다. 즉, 상기 작동 유체의 퍼짐성이 향상됨에 따라, 모세관의 드라이 아웃 상태가 단시간 내에 극복될 수 있다. 따라서, 히트 파이프의 열 전달 성능 및 내구성이 개선될 수 있다.
- [0029] 다만, 본 발명의 효과가 상기 효과들로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 히트 파이프를 나타내는 평면도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 히트 파이프를 나타내는 측면도이다.
- 도 3은 도 1의 히트 파이프의 모세관 표면의 SEM 이미지이다.
- 도 4는 도 1의 히트 파이프의 제조 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 5 및 도 6은 도 1의 히트 파이프의 제조 방법의 일부 단계들을 개략적으로 나타낸 도면들이다.
- 도 7은 비교예에 따른 히트 파이프의 온도 특성을 나타내는 그래프들이다.
- 도 8은 실시예에 따른 히트 파이프의 온도 특성을 나타내는 그래프들이다.
- 도 9는 비교예 및 실시예에 따른 히트 파이프의 열 저항을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 본문에 개시되어 있는 본 발명의 실시예들에 대해서, 특정한 구조적 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본문에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니 된다.
- [0032] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

- [0033] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0034] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미이다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미인 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0035] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 실시예들을 보다 상세하게 설명하고자 한다. 도면 상의 동일한 구성 요소에 대하여는 동일한 참조 부호를 사용하고 동일한 구성 요소에 대한 중복된 설명은 생략하기로 한다.
- [0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 히트 파이프를 나타내는 평면도이다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 히트 파이프를 나타내는 측면도이다.
- [0037] 구체적으로, 도 1은 제1 방향(D1) 및 제2 방향(D2)이 이루는 평면 상에서 바라본 히트 파이프(10)를 나타내는 도면이고, 도 2는 제1 방향(D1)에서 바라본 히트 파이프(10)를 나타내는 도면이다. 한편, 도 1에서는 설명의 편의를 위해 커버 플레이트(300)의 도시를 생략하였다.
- [0038] 도 1 및 도 2를 참조하면, 히트 파이프(10)는 베이스 플레이트(100), 모세관(200), 커버 플레이트(300), 케이스(400), 및 카트리지 히터(500)를 포함할 수 있다.
- [0039] 베이스 플레이트(100)는 히트 파이프(10)의 실질적인 외형을 정의할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 베이스 플레이트(100)는 평판 형상일 수 있다. 다만, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 베이스 플레이트(100)의 형상은 다양하게 변경될 수 있다.
- [0040] 베이스 플레이트(100)는 알루미늄을 포함할 수 있다. 베이스 플레이트(100)는 알루미늄 합금을 더 포함할 수 있다. 즉, 베이스 플레이트(100)는 순 알루미늄, 주물용 알루미늄 합금 등을 포함할 수 있다.
- [0041] 베이스 플레이트(100)는 제1 관통구(H1) 및 제2 관통구(H2)를 가질 수 있다. 일 실시예에 있어서, 제1 관통구(H1)는 베이스 플레이트(100)의 일 측면에 형성될 수 있고, 제2 관통구(H2)는 베이스 플레이트(100)의 상기 일 측면과 대향하는 타 측면에 형성될 수 있다. 즉, 제1 관통구(H1)와 제2 관통구(H2)는 서로 대향할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 제1 관통구(H1)와 제2 관통구(H2)는 제2 방향(D2)으로의 레벨(높이)이 서로 동일하게 형성될 수 있다. 다만, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0042] 히트 파이프(10)에 작동 유체(예를 들어, 증류수)를 주입시키거나, 히트 파이프(10)로부터 상기 작동 유체를 배출시킬 때, 제1 관통구(H1) 및 제2 관통구(H2) 중 어느 하나에는 상기 작동 유체 또는 공기 등을 주입시킬 수 있고, 제1 관통구(H1) 및 제2 관통구(H2) 중 다른 하나에서는 진공 장치 등으로 비응축 기체를 흡입할 수 있다. 이에 따라, 히트 파이프(10)를 보다 용이하게 제어할 수 있다. 예를 들어, 제1 관통구(H1)는 상기 작동 유체 또는 공기 등을 주입시키기 위한 주입 포트일 수 있고, 제2 관통구(H2)는 상기 비응축 기체를 흡입하기 위한 진공 포트일 수 있다.
- [0043] 제1 관통구(H1) 및 제2 관통구(H2)는 수치 제어(computer numerical control) 공작 기계를 이용하여 베이스 플레이트(100)를 정밀 가공하거나, 포토레지스트(photoresist)를 이용하여 베이스 플레이트(100)를 패터닝(예를 들어, 식각)하여 형성될 수 있다. 다만, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 한편, 실시예들에 따라, 제1 관통구(H1) 및 제2 관통구(H2) 중 적어도 하나는 생략될 수도 있다.
- [0044] 모세관(200)은 베이스 플레이트(100)에 형성될 수 있다. 예를 들어, 모세관(200)은 수치 제어(computer numerical control) 공작 기계를 이용하여 모세관(200)이 형성된 베이스 플레이트(100)를 정밀 가공하거나, 포토레지스트(photoresist)를 이용하여 베이스 플레이트(100)를 패터닝(예를 들어, 식각)하여 형성될 수 있다. 다만, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0045] 모세관(200)은 상기 작동 유체가 유동하는 유로를 제공할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 모세관(200)은 다단으로 굴곡되어 형성될 수 있다. 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이, 모세관(200)은 베이스 플레이트(100)의 제2

방향(D2)으로의 양 끝단에서 굽어진 페루프 형상일 수 있다.

- [0046] 일 실시예에 있어서, 베이스 플레이트(100)가 제1 관통구(H1) 및 제2 관통구(H2)를 가지는 경우, 모세관(200)은 제1 관통구(H1) 및 제2 관통구(H2)를 연결할 수 있다. 즉, 제1 관통구(H1), 모세관(200), 및 제2 관통구(H2)는 공간적으로 연결될 수 있다.
- [0047] 일 실시예에 있어서, 제1 관통구(H1), 모세관(200), 및 제2 관통구(H2)는 동일한 공정으로 함께 형성될 수 있다. 다만, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 제1 관통구(H1), 모세관(200), 및 제2 관통구(H2)는 서로 별개의 공정으로 형성될 수도 있다.
- [0048] 모세관(200)은 증발부(AA), 응축부(BB), 및 단열부(CC)를 가질 수 있다.
- [0049] 증발부(AA)는 모세관(200)의 제2 방향(D2)으로의 일측에 대응되며, 외부의 열원(예를 들어, 카트리지 히터(500))으로부터 열을 공급받는 부분일 수 있다. 응축부(BB)는 모세관(200)의 제2 방향(D2)으로의 타측에 대응되며, 외부의 열원으로부터 가열된 상기 작동 유체가 열을 발산하는 부분일 수 있다. 단열부(CC)는 증발부(AA)와 응축부(BB) 사이를 연결하는 부분일 수 있다.
- [0050] 모세관(200)을 진공 상태로 만든 후, 모세관(200) 내부에 상기 작동 유체를 주입하면, 모세관(200) 내부에는 액상 슬러그(Liquid slug)와 기포 플러그(Vapor plug)로 이루어진 정렬된 기포군(Slug-train unit)이 형성될 수 있다. 이후, 모세관(200)에 열이 공급되면, 상기 정렬된 기포군이 고속으로 자가 진동할 수 있다. 이러한 진동에 의하여 상기 작동 유체가 증발부(AA)와 응축부(BB)를 거치며 유동(예를 들어, 순환 유동)할 수 있다. 이에 따라, 증발부(AA)에서 응축부(BB)로 열이 전달될 수 있다. 즉, 히트 파이프(10)는 진동형 히트 파이프일 수 있다.
- [0051] 커버 플레이트(300)는 베이스 플레이트(100)의 일면에 부착될 수 있다. 예를 들어, 커버 플레이트(300)는 베이스 플레이트(100)와 접합될 수 있다. 커버 플레이트(300)가 베이스 플레이트(100)의 상기 일면에 부착됨에 따라, 모세관(200)이 밀폐될 수 있다.
- [0052] 일 실시예에 있어서, 커버 플레이트(300)는 투명한 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 커버 플레이트(300)는 투명한 고분자 수지를 포함할 수 있다. 커버 플레이트(300)로 사용될 수 있는 상기 고분자 수지의 예로는 폴리카보네이트(Polycarbonate, PC) 수지 등이 있을 수 있다. 커버 플레이트(300)가 투명한 물질을 포함함에 따라, 모세관(200) 내부의 상기 작동 유체의 흐름 내지는 열 전달 흐름이 외부에서 관측될 수 있다. 다만, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 커버 플레이트(300)는 투명한 고분자 수지 외의 다양한 물질을 포함할 수도 있다.
- [0053] 케이스(400)는 베이스 플레이트(100)의 상기 일면과 반대되는 타면에 부착될 수 있다. 즉, 케이스(400)는 베이스 플레이트(100)를 사이에 두고 커버 플레이트(300)와 이격될 수 있다. 일 실시예에 있어서, 케이스(400)는 박스 형태일 수 있다. 다만, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 케이스(400)는 카트리지 히터(500)를 수용하기 위한 수용 공간을 제공할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 케이스(400)는 모세관(200)의 증발부(AA)와 평면 상에서 중첩할 수 있다.
- [0054] 일 실시예에 있어서, 케이스(400)는 알루미늄을 포함할 수 있다. 케이스(400)는 알루미늄 합금을 더 포함할 수 있다. 즉, 케이스(400)는 순 알루미늄, 주물용 알루미늄 합금 등을 포함할 수 있다.
- [0055] 한편, 도 2에서는 케이스(400)가 베이스 플레이트(100)와 별개로 형성되어, 후속 공정을 통해 베이스 플레이트(100)에 부착된 형태로 도시하였으나, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 다른 예에 있어서, 케이스(400)는 베이스 플레이트(100)와 일체로 형성될 수도 있다. 즉, 케이스(400)는 베이스 플레이트(100)와 별도의 계면을 형성하지 않으면서 일체로 연결된 형태일 수도 있다.
- [0056] 카트리지 히터(500)는 케이스(400) 내에 배치될 수 있다. 카트리지 히터(500)는 열을 공급할 수 있다. 구체적으로, 카트리지 히터(500)는 모세관(200)의 증발부(AA)에 열을 공급할 수 있다. 예를 들어, 카트리지 히터(500)는 직류 전력 공급기(DC power supply)에 연결되어, 상기 직류 전력 공급기로부터 전력을 공급받아, 모세관(200)의 증발부(AA)에 열을 공급할 수 있다.
- [0057] 한편, 도 2에서는 케이스(400) 내에 두 개의 카트리지 히터(500)가 배치되는 것으로 도시하였으나, 카트리지 히터(500)의 개수가 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 또한, 카트리지 히터(500)의 형상도 실시예들에 따라 다양하게 변경될 수 있다. 또한, 실시예들에 따라, 케이스(400) 및 카트리지 히터(500)는 생략될 수도 있다.

- [0058] 도 3은 도 1의 히트 파이프의 모세관 표면의 SEM 이미지이다.
- [0059] 도 3을 더 참조하면, 모세관(200)의 표면(200-S)에는 수산화 알루미늄($\text{Al}(\text{OH})_3$) 구조체(220)가 형성되어 있을 수 있다. 수산화 알루미늄 구조체(220)라 함은 수산화 알루미늄 결정(crystal)을 의미할 수 있다.
- [0060] 상술한 바와 같이, 모세관(200)은 상기 작동 유체가 유동하는 유로를 제공할 수 있다. 즉, 모세관(200)의 표면(200-S)은 상기 작동 유체와 지속적으로 접촉할 수 있다. 베이스 플레이트(100)가 알루미늄을 포함하므로, 모세관(200)의 표면(200-S)도 알루미늄을 포함할 수 있다. 따라서, 히트 파이프(10)의 작동 시, 모세관(200)의 표면(200-S)의 알루미늄과 상기 작동 유체(예를 들어, 증류수)는 하기의 반응식에 따른 화학 반응을 일으킬 수 있다.
- [0061] [반응식]
- [0062] $2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2$
- [0063] 즉, 모세관(200)의 표면(200-S)의 알루미늄과 상기 작동 유체(예를 들어, 증류수)의 화학 반응에 의해 수소 기체가 발생할 수 있다. 상기 수소 기체는 모세관(200) 내부에서 상기 작동 유체의 원활한 유동을 방해할 수 있다. 구체적으로, 상기 수소 기체는 모세관(200)의 증발부(AA)에 압축되어, 상기 작동 유체의 증발부(AA)로의 유동을 억제할 수 있다. 이에 따라, 모세관(200)의 증발부(AA)가 드라이 아웃(dry-out) 상태(즉, 과건조 상태)에 놓일 수 있다. 따라서, 히트 파이프(10)의 열 전달 성능이 저하될 수 있고, 모세관(200)의 열 저항이 증가하여 히트 파이프(10)의 내구성이 저하될 수 있다. 따라서, 상기 반응식에 따른 화학 반응을 억제할 필요가 있다.
- [0064] 실시예들에 의하면, 모세관(200)의 표면(200-S)의 수산화 알루미늄 구조체(220)에 의해, 상기 반응식에 따른 화학 반응이 억제될 수 있다. 구체적으로, 모세관(200)의 표면(200-S)의 수산화 알루미늄 구조체(220)에 의해, 화학 평형에 따라 상기 반응식의 정반응이 억제될 수 있다. 즉, 수산화 알루미늄 구조체(220)에 의해, 상기 반응식에 따른 정반응에 불리한 조건이 조성될 수 있다. 이에 따라, 모세관(200) 내부에 수소 기체의 발생이 감소되거나 방지될 수 있다. 따라서, 히트 파이프(10)의 열 전달 성능 및 내구성이 개선될 수 있다.
- [0065] 모세관(200)의 표면(200-S)에는 미세 구조체(240)가 형성되어 있을 수 있다. 일 실시예에 있어서, 미세 구조체(240)는 요철 구조를 형성할 수 있다. 즉, 미세 구조체(240)는 모세관(200)의 표면(200-S)을 요철 형상으로 가공하여 형성될 수 있다.
- [0066] 일 실시예에 있어서, 미세 구조체(240)는 마이크로 구조체(242) 및 나노 구조체(244)를 포함할 수 있다. 즉, 미세 구조체(240)는 마이크로-나노 구조체일 수 있다. 예를 들어, 미세 구조체(240)는 마이크로 및 나노 단위의 요철 구조를 형성할 수 있다. 다시 말하면, 미세 구조체(240)는 모세관(200)의 표면(200-S)에 마이크로 및 나노 단위의 요철을 형성하는 공정을 통해 형성될 수 있다.
- [0067] 모세관(200)의 표면(200-S)의 미세 구조체(240)에 의해, 모세관(200)의 표면(200-S)의 습윤성이 변화할 수 있다. 예를 들어, 미세 구조체(240)는 모세관(200)의 표면(200-S)에 벤젤(Wenzel) 상태를 유도할 수 있다. 이에 따라, 모세관(200)의 표면(200-S)의 습윤성이 초친수성으로 변화할 수 있다. 즉, 모세관(200)의 표면(200-S)은 초친수성을 가질 수 있다.
- [0068] 다시 말하면, 미세 구조체(240)가 형성되어 있지 않은 경우와 대비하여, 미세 구조체(240)가 형성된 모세관(200)의 표면(200-S)의 접촉각은 현저하게 작아질 수 있다. 예를 들어, 미세 구조체(240)가 형성된 모세관(200)의 표면(200-S)의 특정 액적(예를 들어, 물방울)에 대한 접촉각은 약 10도 이하일 수 있다. 반면, 모세관(200)의 표면(200-S)에 미세 구조체(240)가 형성되어 있지 않은 경우, 모세관(200)의 표면(200-S)의 특정 액적(예를 들어, 물방울)에 대한 접촉각은 약 90도 이상일 수 있다.
- [0069] 따라서, 미세 구조체(240)에 의해, 모세관(200) 내부의 상기 작동 유체의 퍼짐성이 향상될 수 있다. 모세관(200)의 표면(200-S)의 알루미늄과 상기 작동 유체(예를 들어, 증류수)의 화학 반응에 의해 수소 기체가 일부 발생하여, 모세관(200)의 일부 영역이 일시적으로 드라이 아웃 상태에 놓이는 경우에도, 상기 작동 유체의 퍼짐성이 향상됨에 따라 상기 작동 유체가 드라이 아웃 상태에 놓인 영역까지 원활하게 유동할 수 있다. 즉, 상기 작동 유체의 퍼짐성이 향상됨에 따라, 모세관(200)의 드라이 아웃 상태가 단시간 내에 극복될 수 있다. 따라서, 히트 파이프(10)의 열 전달 성능 및 내구성이 개선될 수 있다.
- [0070] 일 실시예에 있어서, 수산화 알루미늄 구조체(220)도 미세 구조체(240)와 동일한 기능을 수행할 수 있다. 예를 들어, 수산화 알루미늄 구조체(220)는 마이크로 및/또는 나노 단위의 요철 구조를 형성할 수 있다. 즉, 수산화

알루미늄 구조체(220)가 마이크로 및/또는 나노 단위의 요철 구조를 형성하는 경우, 수산화 알루미늄 구조체(220) 역시 모세관(200)의 표면(200-S)의 초친수성에 기여할 수 있다. 따라서, 히트 파이프(10)의 열 전달 성능 및 내구성이 더욱 개선될 수 있다.

- [0071] 도 4는 도 1의 히트 파이프의 제조 방법을 설명하기 위한 순서도이다. 도 5 및 도 6은 도 1의 히트 파이프의 제조 방법의 일부 단계들을 개략적으로 나타낸 도면들이다.
- [0072] 도 4 내지 도 6을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 히트 파이프(10)의 제조 방법을 설명한다. 이하에서, 도 1 내지 도 3을 참조하여 설명한 내용과 중복되는 내용은 생략하거나 간략화한다.
- [0073] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 히트 파이프(10)의 제조 방법은 알루미늄을 포함하는 베이스 플레이트에 모세관을 형성하는 단계(S10), 베이스 플레이트의 모세관의 표면을 세정하는 단계(S20), 베이스 플레이트의 모세관의 표면 이외의 부분을 마스크 하는 단계(S30), 모세관의 표면을 화학적 에칭하는 단계(S40), 모세관의 표면을 알칼리 처리하는 단계(S40), 모세관의 표면을 증류수에 침지하는 단계(S50), 모세관의 표면을 건조하는 단계(S60), 및 커버 플레이트를 베이스 플레이트의 일면에 부착하여 모세관을 밀폐하는 단계(S70)를 포함할 수 있다.
- [0074] 먼저, 알루미늄을 포함하는 베이스 플레이트(100)에 모세관(200)을 형성할 수 있다.
- [0075] 일 실시예에 있어서, 베이스 플레이트에 모세관을 형성하는 단계(S10)에서, 수치 제어(computer numerical control) 공작 기계를 이용한 정밀 가공을 통해 모세관(200)이 형성된 베이스 플레이트(100)를 형성할 수 있다. 즉, 베이스 플레이트(100)를 가공하는 과정에서, 모세관(200)이 형성될 수 있다.
- [0076] 한편, 베이스 플레이트에 모세관을 형성하는 단계(S10)에서, 베이스 플레이트(100)는 도 1을 참조하여 설명한 제1 관통구(H1) 및 제2 관통구(H2)를 가지도록 정밀 가공될 수도 있다. 다만, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 제1 관통구(H1) 및 제2 관통구(H2)는 모세관(200)과 별도의 공정을 통해 형성될 수도 있다.
- [0077] 다른 실시예에 있어서, 베이스 플레이트에 모세관을 형성하는 단계(S10)에서, 포토레지스트(photoresist)를 이용하여 베이스 플레이트(100)를 패터닝(예를 들어, 식각)하여 모세관(200)을 형성할 수도 있다.
- [0078] 도 5를 참조하여, 포토레지스트(photoresist)를 이용하여 베이스 플레이트(100)를 패터닝(예를 들어, 식각)하여 모세관(200)을 형성하는 방법의 일 예를 설명한다.
- [0079] 먼저, 도 5(A)를 참조하면, 베이스 플레이트(100) 상에 포토레지스트층(PRL)을 형성할 수 있다. 포토레지스트층(PRL)은 공지의 증착 방식을 통해 형성될 수 있다.
- [0080] 도 5(B)를 참조하면, 포토레지스트층(PRL)을 패터닝하여 포토레지스트패턴(PRPP)을 형성할 수 있다. 포토레지스트패턴(PRPP)은 모세관(200)의 형상을 따라 포토레지스트층(PRL)이 제거되어 형성될 수 있다. 포토레지스트층(PRL)은 공지의 패터닝 방식을 통해 패터닝될 수 있다.
- [0081] 도 5(C)를 참조하면, 포토레지스트패턴(PRPP)으로부터 노출된 베이스 플레이트(100)를 식각하여 모세관(200)을 형성할 수 있다. 베이스 플레이트(100)를 식각하는 방식은 건식 식각 및 습식 식각 중 적어도 하나의 방식일 수 있다.
- [0082] 이후, 도 5(D)를 참조하면, 베이스 플레이트(100) 상의 포토레지스트패턴(PRPP)은 제거될 수 있다. 예를 들어, 스트립 공정 등을 통해 포토레지스트패턴(PRPP)이 제거될 수 있다.
- [0083] 한편, 도 5를 참조한 일련의 과정에서, 베이스 플레이트(100)는 도 1을 참조하여 설명한 제1 관통구(H1) 및 제2 관통구(H2)를 가지도록 식각될 수도 있다. 다만, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 제1 관통구(H1) 및 제2 관통구(H2)는 모세관(200)과 별도의 공정을 통해 형성될 수도 있다.
- [0084] 다시 도 4를 참조하면, 모세관(200)을 형성한 후, 모세관(200)의 표면(200-S)을 세정할 수 있다.
- [0085] 모세관의 표면을 세정하는 단계(S20)에서, 모세관(200)의 표면(200-S)은 수산화나트륨(NaOH)으로 세정될 수 있다. 예를 들어, 모세관(200)의 표면(200-S)은 농도가 약 0.5M 내지 약 2M, 바람직하게는 농도가 약 1M인 수산화나트륨(NaOH)으로 약 5분간 세정될 수 있다. 이때, 베이스 플레이트(100)의 모세관(200)의 표면(200-S) 이외의 부분도 함께 세정될 수 있다.
- [0086] 이후, 도 6(A)를 참조하면, 베이스 플레이트(100)의 모세관(200)의 표면(200-S) 이외의 부분을 마스크할 수 있다. 예를 들어, 베이스 플레이트(100)의 모세관(200)의 표면(200-S) 이외의 부분을 마스크 부재(M)를 이용하여

마스킹 할 수 있다. 마스킹 부재(M)의 예로는 폴리이미드 필름 등과 같은 고분자 필름, 캡톤(Kapton) 테이프 등이 있을 수 있다. 다만, 후속 공정에서, 산, 알칼리 등에 대한 내화학적, 고온에 대한 내열성이 충족되는 경우라면, 마스킹 부재(M)의 종류가 특별히 한정되지는 아니한다. 바람직하게는, 마스킹 부재(M)는 캡톤 테이프일 수 있다.

[0087] 이후, 도 6(B)를 참조하면, 모세관(200)의 표면(200-S)을 화학적 에칭할 수 있다. 즉, 베이스 플레이트(100)의 마스킹 부재(M)로 마스킹 되지 않은 부분에 대해 화학적 에칭을 수행할 수 있다.

[0088] 모세관의 표면을 화학적 에칭하는 단계(S40)에서, 모세관(200)의 표면(200-S)은 염산, 불산, 인산, 황산, 질산, 및 아세트 산 중 적어도 하나로 에칭될 수 있다. 다만, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 바람직하게는, 모세관(200)의 표면(200-S)은 약 1M 내지 약 4M의 염산으로 에칭될 수 있다. 구체적으로, 마스킹 부재(M)로 마스킹된 베이스 플레이트(100)를 약 2M의 염산에 약 10분간 침지하여 모세관(200)의 표면(200-S)을 에칭할 수 있다. 모세관(200)의 표면(200-S)을 화학적 에칭함으로써, 모세관(200)의 표면(200-S)에는 마이크로 구조체(242, 도 3 참조)가 형성될 수 있다.

[0089] 이후, 도 6(C)를 참조하면, 모세관(200)의 표면(200-S)을 알칼리 처리할 수 있다. 즉, 베이스 플레이트(100)의 마스킹 부재(M)로 마스킹 되지 않은 부분에 대해 알칼리 처리를 수행할 수 있다.

[0090] 모세관의 표면을 알칼리 처리하는 단계(S50)에서, 모세관(200)의 표면(200-S)은 수산화나트륨, 수산화바륨, 수산화칼륨, 수산화칼슘, 수산화구리, 수산화암모늄, 및 수산화철 중 적어도 하나로 에칭될 수 있다. 다만, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 바람직하게는, 모세관(200)의 표면(200-S)은 마스킹 부재(M)로 마스킹된 베이스 플레이트(100)를 수산화나트륨에 약 10초간 소킹(soak)하여 모세관(200)의 표면(200-S)을 알칼리 처리할 수 있다. 모세관(200)의 표면(200-S)을 알칼리 처리함으로써, 모세관(200)의 표면(200-S)에는 나노 구조체(244, 도 3 참조)가 형성될 수 있다.

[0091] 이후, 도 6(D)를 참조하면, 모세관(200)의 표면(200-S)을 증류수(D.I water)에 침지할 수 있다. 즉, 마스킹 부재(M)로 마스킹된 베이스 플레이트(100)를 증류수에 침지할 수 있다. 예를 들어, 마스킹 부재(M)로 마스킹된 베이스 플레이트(100)를 약 50℃ 내지 약 200℃, 바람직하게는 약 50℃ 내지 약 100℃, 더욱 바람직하게는 약 90℃의 증류수에 약 30분 이상 침지할 수 있다.

[0092] 이후, 도 6(E)를 참조하면, 모세관(200)의 표면(200-S)을 건조할 수 있다. 즉, 마스킹 부재(M)로 마스킹된 베이스 플레이트(100)를 건조할 수 있다. 예를 들어, 마스킹 부재(M)로 마스킹된 베이스 플레이트(100)를 약 50℃ 내지 200℃, 바람직하게는 약 150℃ 내지 200℃, 더욱 바람직하게는 약 175℃로 제어되는 건조 오븐에서 약 10분 이상 건조할 수 있다.

[0093] 알루미늄을 포함하는 베이스 플레이트(100)에 형성된 모세관(200)의 표면(200-S)에 대해 화학적 에칭, 알칼리 처리, 증류수 침지, 및 건조를 순차적으로 수행함으로써, 모세관(200)의 표면(200-S)에는 수산화 알루미늄 구조체(220, 도 3 참조)가 형성될 수 있다.

[0094] 이후, 도 6(F)를 참조하면, 마스킹 부재(M)를 제거한 후, 모세관(200)이 밀폐되도록 커버 플레이트(300)를 베이스 플레이트(100)의 일면에 부착할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 커버 플레이트(300)는 투명한 고분자 수지로 별도의 공정을 통해 제작되어, 베이스 플레이트(100)의 일면에 부착될 수 있다.

[0095] 한편, 도시하지는 않았으나, 일 실시예에 있어서, 히트 파이프(10)의 제조 방법은 베이스 플레이트(100)의 상기 일면과 반대되는 타면에 도 2를 참조하여 설명한 케이스(400)를 부착하는 단계 및 케이스(400) 내에 카트리지 히터(500)를 배치시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 다만 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 케이스(400)를 부착하는 단계는 별도로 요구되지 않을 수 있고, 케이스(400)는 베이스 플레이트(100)를 가공하는 과정에서 베이스 플레이트(100)와 일체로 형성될 수도 있다. 또한, 케이스(400)를 부착하는 단계 및 케이스(400) 내에 카트리지 히터(500)를 배치시키는 단계는 생략될 수도 있다.

[0096] 본 발명의 일 실시예에 따른 히트 파이프(10)의 제조 방법에 의하면, 모세관(200)의 표면(200-S)에 수산화 알루미늄 구조체(220, 도 3 참조) 및 미세 구조체(240, 도 3 참조)가 형성될 수 있다.

[0097] 모세관(200)의 표면(200-S)에 수산화 알루미늄 구조체(220)가 형성됨에 따라, 히트 파이프(10)의 작동 시, 모세관(200)의 표면(200-S)의 알루미늄과 상기 작동 유체의 화학 반응에 의한 수소 기체의 발생이 억제될 수 있다. 따라서, 수소 기체에 의해 상기 작동 유체의 유동이 방해되어 모세관(200)의 일부 영역이 드라이 아웃 상태로 유지되는 현상이 개선될 수 있다. 따라서, 히트 파이프(10)의 열 전달 성능 및 내구성이 개선될 수 있다.

- [0098] 또한, 모세관(200)의 표면(200-S)에 미세 구조체(240)가 형성됨에 따라, 모세관(200)의 표면(200-S)이 초친수성을 가질 수 있다. 즉, 모세관(200) 내부의 상기 작동 유체의 퍼짐성이 향상될 수 있다. 상기 작동 유체의 퍼짐성이 향상됨에 따라, 수소 기체에 의해 모세관(200)의 일부 영역이 일시적으로 드라이 아웃 상태에 놓이는 경우에도, 상기 작동 유체가 드라이 아웃 상태에 놓인 영역까지 원활하게 유동할 수 있다. 즉, 상기 작동 유체의 퍼짐성이 향상됨에 따라, 모세관(200)의 드라이 아웃 상태가 단시간 내에 극복될 수 있다. 따라서, 히트 파이프(10)의 열 전달 성능 및 내구성이 개선될 수 있다.
- [0099] 도 7은 비교예에 따른 히트 파이프의 온도 특성을 나타내는 그래프들이다. 도 8은 실시예에 따른 히트 파이프의 온도 특성을 나타내는 그래프들이다. 도 9는 비교예 및 실시예에 따른 히트 파이프의 열 저항을 나타내는 그래프이다.
- [0100] 도 7 및 도 8을 참조하여, 비교예 및 실시예에 따른 히트 파이프의 온도 특성을 비교하고, 도 9를 참조하여 비교예 및 실시예에 따른 히트 파이프의 열 저항을 비교한다.
- [0101] 이하에서, 실시예에 따른 히트 파이프는 도 4 내지 도 6을 참조하여 설명한 제조 방법에 의해 제조된 도 1의 히트 파이프(10)일 수 있다. 즉, 실시예에 따른 히트 파이프는 모세관의 표면에 수산화 알루미늄 구조체 및 미세 구조체가 형성되어 있을 수 있다. 비교예에 따른 히트 파이프는 모세관의 표면에 수산화 알루미늄 구조체 및 미세 구조체가 형성되어 있지 않은 것을 제외하고는, 실시예에 따른 히트 파이프와 동일할 수 있다.
- [0102] 히트 파이프의 온도 특성을 분석하기 위하여, 다음과 같은 실험 시스템을 구성하였다.
- [0103] 카트리지 히터를 직류 전력 공급기(DC power supply, 도요테크 社)와 연결하여 카트리지 히터로부터 모세관에 열을 공급하였다. 이때, 직류 전력 공급기로 공급하는 전력량을 50W 내지 80W 범위 내에서 5W씩 순차적으로 증가시켰다. 모세관의 응축부 주변에는 Peltier 냉각기를 구비하여 동작시켰고, Peltier 냉각기로 지속적으로 냉각수를 공급하였다. 모세관의 온도는 증발부 및 응축부에 대응되는 영역에 각각 두 개의 열전대(K-type, accuracy: $\pm 1^{\circ}\text{C} \pm 0.5\%$)를 설치하고, 열전대를 데이터 수집장치(DAQ, NI-cDaQ-9171)에 연결하여 측정하였다. 작동 유체로는 증류수를 사용하였고, 약 55%의 충전율(filling ratio)로 모세관에 주입하였다.
- [0104] 도 7 내지 도 8의 그래프에 나타난 온도는 실험 첫날(Day 0) 측정된 증발부의 온도의 평균값으로써, 증발부에 대응되는 영역에 설치한 두 개의 열전대로부터 측정된 온도의 평균 값이다.
- [0105] 도 9의 그래프에 나타난 열 저항은 실험 첫날부터 일주일 동안(Day 0, Day 1, Day 5, Day 7) 측정하였으며, 증발부의 온도의 평균값과 응축부의 온도의 평균값을 공급된 전력량으로 나눈 값이다. 이때, 응축부의 온도의 평균값은 응축부에 대응되는 영역에 설치한 두 개의 열전대로부터 측정된 온도의 평균 값이다.
- [0106] 먼저, 도 7을 참조하면, 직류 전력 공급기로 50W의 전력을 공급한 초기 유동(initial flow motion) 구간에서, 비교예에 따른 히트 파이프는 모세관의 증발부의 온도가 110.04℃에서 112.02℃까지 불안정하게 증가하였고, 상 변화가 시작된 이후에 불규칙적인 증감과 함께 110.94℃까지 감소함을 확인하였다.
- [0107] 또한, 직류 전력 공급기로 70W의 전력을 공급한 진동 시작(start-up pulsations) 구간에서, 비교예에 따른 히트 파이프는 모세관의 증발부의 온도가 최저 115.98℃, 최고 116.78℃ 사이에서 비교적 규칙적으로 증감을 반복함을 확인하였다.
- [0108] 또한, 직류 전력 공급기로 80W의 전력을 공급한 드라이 아웃(dry-out) 구간에서, 비교예에 따른 히트 파이프는 모세관의 증발부의 온도가 급격하게 증가함을 확인하였다. 즉, 비교예에 따른 히트 파이프는 작동 시간이 경과할수록, 모세관 내부에 수소 기체가 과량을 발생하였고, 작동 유체가 수소 기체에 의해 증발부로 원활하게 유입되지 못함으로써, 증발부가 드라이 아웃(dry-out) 상태에 놓임을 확인하였으며, 이에 따라, 증발부의 온도가 급격하게 증가함을 확인하였다.
- [0109] 반면, 도 8을 참조하면, 직류 전력 공급기로 50W의 전력을 공급한 초기 유동(initial flow motion) 구간에서, 실시예에 따른 히트 파이프는 비교예에 따른 히트 파이프보다 모세관의 증발부의 온도가 현저하게 낮은 것을 확인하였고, 증발부의 온도가 68.86℃에서 73.18℃까지 비교적 안정적으로 증가함을 확인하였다.
- [0110] 또한, 직류 전력 공급기로 65W의 전력을 공급한 강한 진동(strong pulsating) 구간에서, 증발부의 온도는 93.51℃까지 비교적 꾸준히 감소함을 확인하였다. 이는 급격한 상 변화에 따라 증발부의 열 흡수가 원활하게 이루어졌음을 의미한다.
- [0111] 또한, 직류 전력 공급기로 70W 내지 75W의 전력을 공급한 정상 동작(normal-operating) 구간에서, 공급되는 전

력량이 증가되었음에도 불구하고, 증발부의 온도의 급격한 변화가 일어나지 않으며, 드라이 아웃 상태에 놓이지 않아, 작동 유체의 유입이 중단되는 문제없이 정상 작동함을 확인하였다. 즉, 실시예에 따른 히트 파이프는 비교예에 따른 히트 파이프 대비 개선된 열 전달 성능 및 내구성을 가짐을 확인할 수 있다.

[0112] 도 9를 참조하면, 실시예에 따른 히트 파이프는 비교예에 따른 히트 파이프 대비 열 저항이 낮음을 확인하였다. 또한, 비교예에 따른 히트 파이프는 특정 구간(예를 들어, 실험 첫날(Day 0)의 75W-80W 구간)에서 열 저항이 급격하게 증가하는 양상을 보였으나, 실시예에 따른 히트 파이프는 지속적인 작동에도 불구하고, 열 저항이 급격하게 증가하는 양상을 보이지 않음을 확인하였다. 즉, 실시예에 따른 히트 파이프는 비교예에 따른 히트 파이프 대비 개선된 열 전달 성능 및 내구성을 가짐을 확인할 수 있다.

[0113] 결론적으로, 본 발명의 실시예에 따른 히트 파이프는 모세관의 표면에 수산화 알루미늄 구조체가 형성됨에 따라, 히트 파이프의 작동 시, 모세관의 표면의 알루미늄과 작동 유체의 화학 반응에 의한 수소 기체의 발생이 억제될 수 있다. 따라서, 수소 기체에 의해 작동 유체의 유동이 방해되어 모세관의 일부 영역이 드라이 아웃 상태로 유지되는 현상이 개선될 수 있다. 따라서, 히트 파이프의 열 전달 성능 및 내구성이 개선될 수 있다.

[0114] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 히트 파이프는 모세관의 표면에 마이크로 및/또는 나노 단위의 미세 구조체가 형성됨에 따라, 모세관의 표면이 초친수성을 가질 수 있다. 즉, 모세관 내부의 작동 유체의 퍼짐성이 향상될 수 있다. 작동 유체의 퍼짐성이 향상됨에 따라, 모세관의 일부 영역이 일시적으로 드라이 아웃 상태에 놓이는 경우에도, 작동 유체가 드라이 아웃 상태에 놓인 영역까지 원활하게 유동할 수 있다. 즉, 작동 유체의 퍼짐성이 향상됨에 따라, 모세관의 드라이 아웃 상태가 단시간 내에 극복될 수 있다. 따라서, 히트 파이프의 열 전달 성능 및 내구성이 개선될 수 있다.

산업상 이용가능성

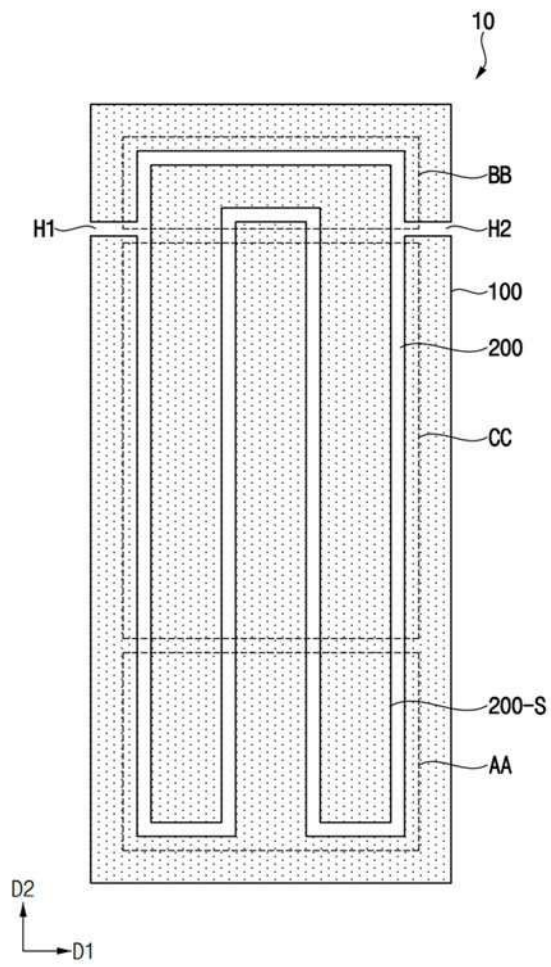
[0115] 본 발명은 히트 파이프 및 이를 포함하는 열 전달 시스템에 광범위하게 적용될 수 있다. 한편, 이상에서는 본 발명에 대하여 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 아래 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

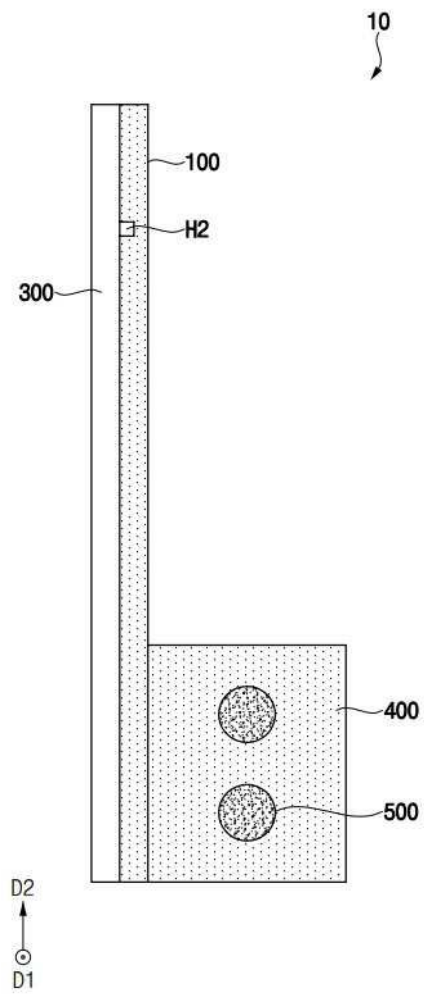
[0116] 10: 히트 파이프 100: 베이스 플레이트
200: 모세관 200-S: 표면
220: 수산화 알루미늄 구조체
240: 미세 구조체 242: 마이크로 구조체
244: 나노 구조체 300: 커버 플레이트
400: 케이스 500: 카트리지 히터
AA: 증발부 BB: 응축부
CC: 단열부 PRL: 포토레지스트층
PRP: 포토레지스트패턴 M: 마스크 부재

도면

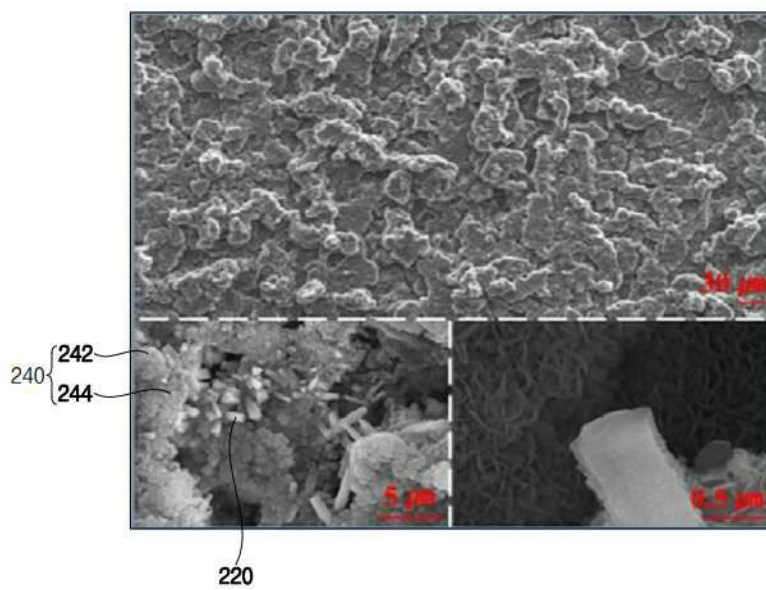
도면1



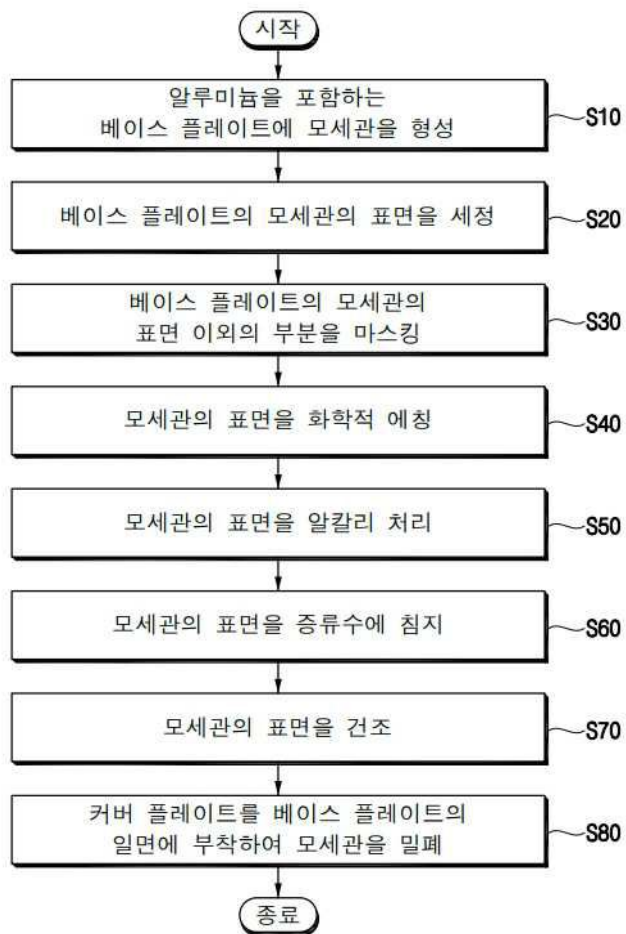
도면2



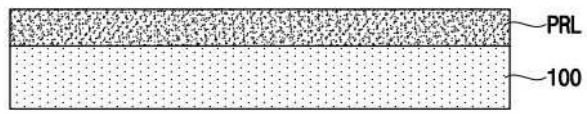
도면3



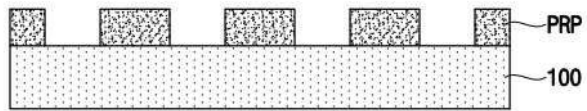
도면4



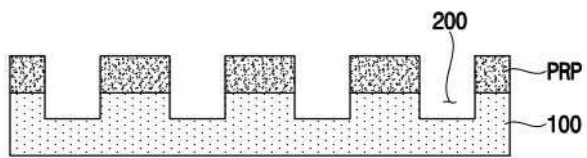
도면5



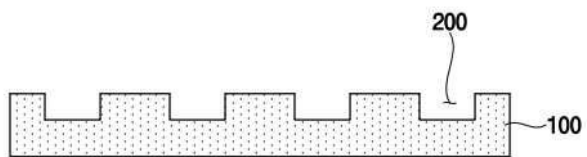
(A)



(B)

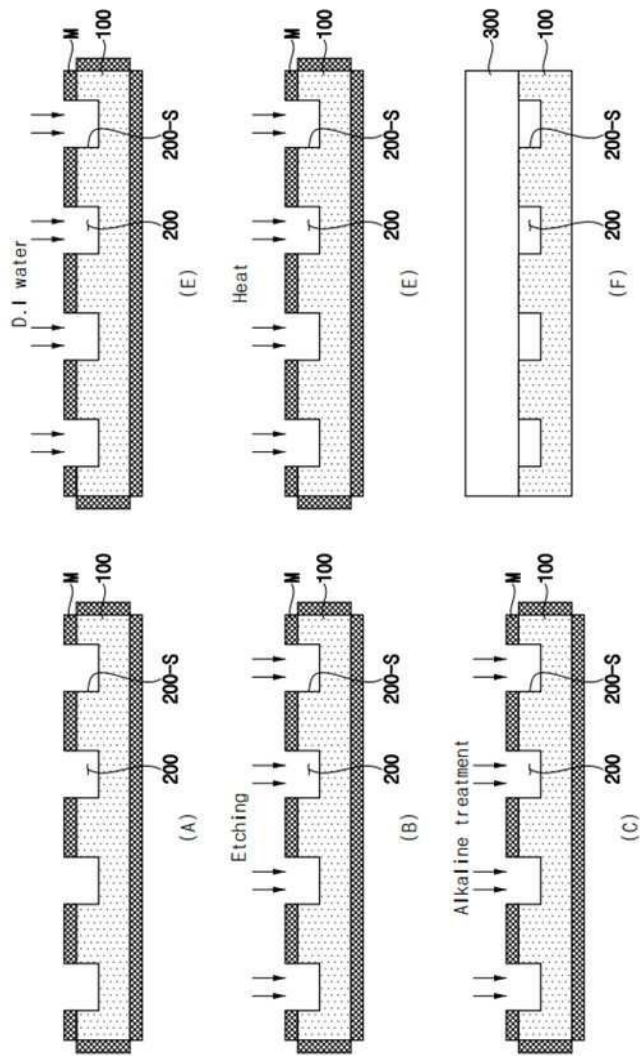


(C)

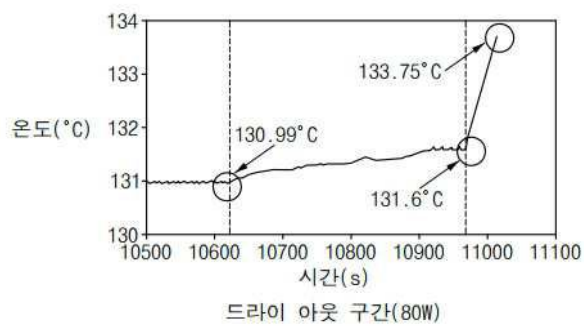
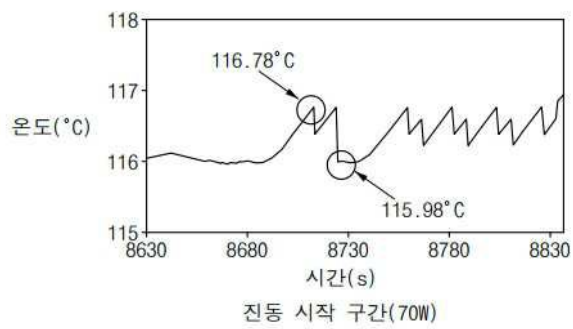
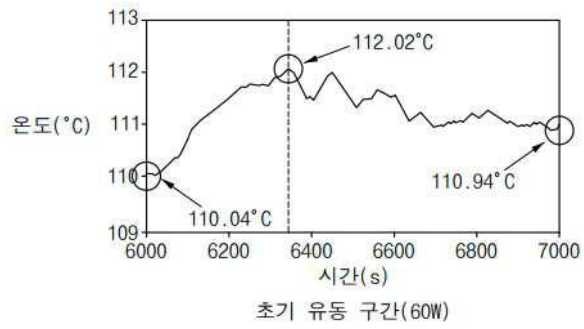


(D)

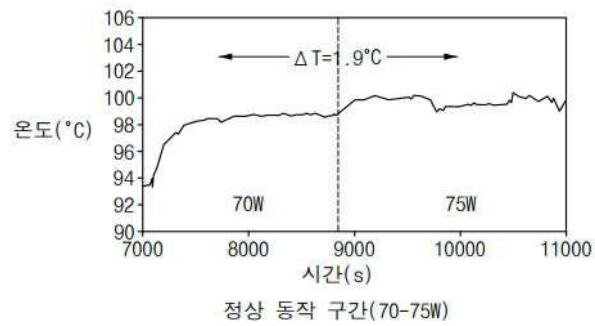
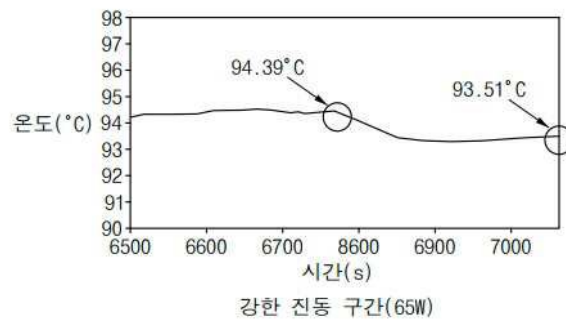
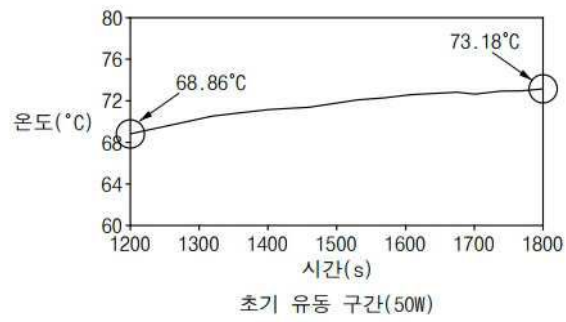
도면6



도면7



도면8



도면9

