



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0017079
(43) 공개일자 2019년02월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F28D 15/04 (2006.01) F28D 15/02 (2006.01)
F28F 21/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F28D 15/046 (2013.01)
F28D 15/0233 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0100896
(22) 출원일자 2017년08월09일
심사청구일자 2017년08월09일

(71) 출원인
엘지전자 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경
희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
김진욱
서울특별시 서초구 양재대로11길 19 LG전자 특허
센터
김중년
서울특별시 서초구 양재대로11길 19 LG전자 특허
센터
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인(유한) 대아

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 워 구조물과 이를 포함하는 히트 파이프 및 그 제조 방법

(57) 요약

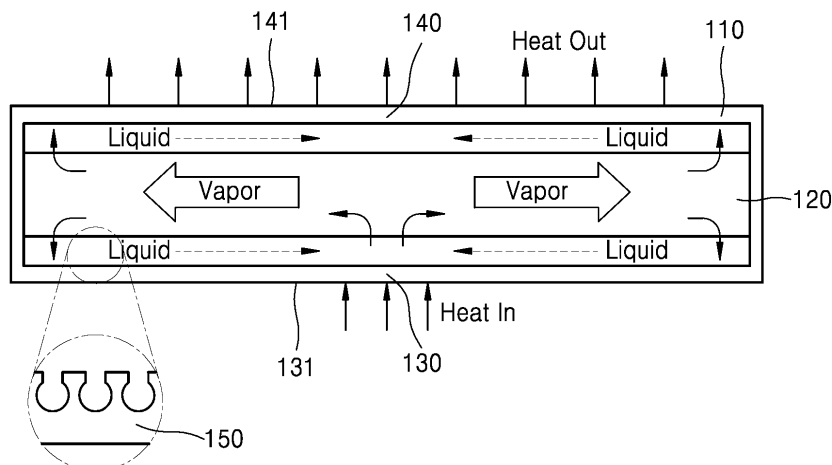
본 발명은 일 방향으로 배열된 다수의 마이크로 포스트(micro post)를 포함하며, 마이크로 포스트의 제1 측면의 직경은 마이크로 포스트의 상부에서 하부 방향으로 갈수록 감소하다 다시 증가하는 워 구조물 및 이를 포함하는 히트 파이프를 제공한다.

아울러 본 발명은 금속 기판을 준비하는 단계, 1차 포토레지스트 패턴을 형성하는 단계, 1차 에칭하는 단계, 1차 에칭된 금속 기판의 일면에 1차 포토레지스트 패턴과 동일한 패턴의 2차 포토레지스트 패턴을 형성하는 단계 및 2차 에칭하는 단계를 포함하는 워 구조물의 제조 방법을 제공한다.

이를 통한 히트 파이프는 높은 열 유속 구간 내에서도 열 전달 성능이 향상되고, 반응성이 높은 금속 기판의 히트 파이프의 제작 공정 난이도를 낮추어 높은 공정 효율을 얻고 제작비용도 절감할 수 있다.

대표도 - 도1

100



(52) CPC특허분류

F28D 15/0266 (2013.01)

F28F 21/081 (2013.01)

F28F 2255/20 (2013.01)

(72) 발명자

남영석

서울특별시 송파구 새말로8길 12 101동 904호 (문정동, 건영아파트)

류승걸

경기도 수원시 영통구 신원로294번길 14-3

방수식

경기도 고양시 일산동구 산두로 248 밤가시 건영빌라 4단지 402동 102호

명세서

청구범위

청구항 1

일 방향으로 배열된 다수의 마이크로 포스트(micro post)를 포함하며,
상기 마이크로 포스트의 제1 측면의 직경은 상기 마이크로 포스트의 상부에서 하부 방향으로 갈수록 감소하다
다시 증가하는 워 구조물.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 마이크로 포스트의 제1 측면과 상부면 사이에는 제2 측면이 구비되고,
상기 제2 측면의 직경은 상기 상부면의 직경보다 작거나 동일한 워 구조물.

청구항 3

제1항 있어서,
상기 마이크로 포스트의 제1 측면은 곡면인 워 구조물.

청구항 4

제1항 있어서,
상기 마이크로 포스트의 상부면은 평면인 워 구조물.

청구항 5

제1항 있어서,
상기 마이크로 포스트의 제1 측면 중 직경이 감소하는 구간에서의 직경은 상기 마이크로 포스트의 상부면의 직
경보다 작은 워 구조물.

청구항 6

중공부를 갖는 밀폐된 케이스; 및
상기 케이스에 내재된 작동 유체를 포함하고,
상기 케이스는 외부열에 의해 상기 작동 유체를 증발시키는 증발부와, 상기 증발된 작동 유체를 응축시키는 응
축부를 포함하며,
상기 증발부에 대응되는 상기 케이스의 내측에는 일 방향으로 배열된 다수의 마이크로 포스트(micro post)를 포
함하며, 상기 마이크로 포스트의 제1 측면의 직경은 상기 마이크로 포스트의 상부에서 하부 방향으로 갈수록 감
소하다 다시 증가하는 워 구조물이 배치된 히트 파이프.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 마이크로 포스트의 제1 측면과 상부면 사이에는 제2 측면이 구비되고,

상기 제2 측면의 직경은 상기 상부면의 직경보다 작거나 동일한 히트 파이프.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 응축부에 대응되는 상기 케이스의 내측에는 일 방향으로 배열된 다수의 마이크로 포스트(micro post)를 포함하며, 상기 마이크로 포스트의 제1 측면의 직경은 상기 마이크로 포스트의 상부에서 하부 방향으로 갈수록 감소하다 다시 증가하는 워 구조물이 배치된 히트 파이프.

청구항 9

워 구조물을 형성할 금속 기판을 준비하는 단계;

상기 금속 기판의 일면에 1차 포토레지스트 패턴을 형성하는 단계;

상기 1차 포토레지스트 패턴이 형성된 금속 기판을 1차 에칭하는 단계;

상기 1차 에칭된 금속 기판의 일면에 상기 1차 포토레지스트 패턴과 동일한 패턴의 2차 포토레지스트 패턴을 형성하는 단계; 및

상기 2차 포토레지스트 패턴이 형성된 금속 기판을 2차 에칭하는 단계; 를 포함하는 워 구조물의 제조 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 2차 포토레지스트 패턴의 두께는 상기 1차 포토레지스트 패턴의 두께보다 두꺼운 워 구조물의 제조 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 에칭은 습식 에칭인 워 구조물의 제조 방법.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 금속 기판을 준비하는 단계는, 상기 금속 기판의 표면을 전해 연마(electropolishing) 처리하는 단계; 를 포함하는 워 구조물의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 액체와 증기간의 상 변화를 통해 열 전달을 하는 히트 파이프(Heat Pipe)와 히트 파이프에 구비되어 모세관 현상을 발생시키는 워 구조물(Wick Structure)에 대한 것이다.

배경 기술

- [0003] 최근 들어 반도체 기기를 사용하는 다양한 종류의 제품들이 소개되고 있다. 다양한 제품들에 사용되는 반도체 기기의 성능 향상을 위한 하나의 연구로, 반도체 기기의 에너지 밀도 향상을 위한 연구가 꾸준히 진행되고 있다.
- [0005] 하지만 반도체 기기의 에너지 밀도가 증가하게 되는 경우 열 발생도 증가하게 되어, 반도체 기기의 열 발생 증가 문제를 해결하기 위한 새로운 열 관리 솔루션의 개발 필요성도 함께 증가하고 있다.
- [0007] 이러한 열 관리 솔루션의 개발과 관련하여, 액체와 증기간의 상 변화를 이용한 열 전달 모듈인 히트 파이프(Heat Pipe)와 같이 높은 열 전달 성능을 갖는 열 전달 모듈이 개발되고 있다.
- [0009] 히트 파이프는 열 전달 매체인 작동 유체가 히트 파이프 내부에 배치된 워 구조물의 모세관 현상을 이용하여 히트 파이프 내부에서 순환하게 됨으로써 열 전달을 효과적으로 하는 열 전달 모듈이다. 따라서 히트 파이프의 열 전달 성능은 워 구조물의 영향을 많이 받는다.
- [0011] 일반적으로 구리 기반의 히트 파이프에 대해서는 많은 연구가 이루어졌지만, 알루미늄 기반의 히트 파이프의 경우 알루미늄의 높은 반응성으로 인해 발생하는 어려움 때문에 연구가 매우 제한적으로 이루어져 왔다.
- [0013] 알루미늄은 매우 반응성이 높은 금속으로 물과 반응하여 수소 가스를 반응시키며, 타 금속에 비해 내식성이 낮아 쉽게 부식되는 특성을 갖는다. 이러한 알루미늄의 높은 반응성으로 인해 알루미늄 재질의 워 구조물은 공기 중에서 산소와 쉽게 반응하여 워 구조물의 표면에 자연 산화막 층이 형성된다.
- [0015] 보통 마이크로 사이즈의 워 구조물을 형성하는 경우 전기 도금(Electroplating)과 같은 전기화학적 증착 기법을 사용하는데 알루미늄 재질의 워 구조물에는 자연 산화막 층이 형성되기 때문에 전기 도금을 하는데 어려움이 있었다.
- [0017] 결국 알루미늄 재질 기반의 워 구조물을 형성하기 위하여 전기 도금을 진행하는 경우 산소와 수분의 접촉을 피하도록 질소로 채워진 글러브 박스 내에서 수분이 포함되지 않은 이온 유체를 사용해야 하는 공정 상의 번거로움이 있었다.
- [0019] 또한 이러한 제조 공정에서의 번거로움과 어려움을 해결하고자 압출 제작 방식을 이용하여 그루브 형태의 워 구조물을 형성하는 경우 모세관 성능이 떨어지는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0021] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위한 것으로 마이크로 워 구조물의 제조 공정에 대한 난이도를 낮추어 높은 공정 효율을 갖는 워 구조물과 이를 포함하는 히트 파이프 및 그 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0023] 또한 본 발명은 우수한 모세관 성능을 가지면서 높은 열 전달 효율을 갖는 워 구조물과 이를 포함하는 히트 파이프 및 그 제조 방법을 제공하는 것을 또 다른 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0025] 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 일 방향으로 배열된 다수의 마이크로 포스트(micro post)를 포함하며, 마이크로 포스트의 제1 측면의 직경은 마이크로 포스트의 상부에서 하부 방향으로 갈수록 감소하다 다시 증가하는 워 구조물을 제공한다. 이 때 마이크로 포스트의 제1 측면과 상부면 사이에는 상부면의 직경보다 작거나 동일한 제2 측면이 구비될 수 있다.

[0027] 또한 본 발명은 증공부를 갖는 밀폐된 케이스 및 케이스에 내재된 작동 유체를 포함하고, 케이스는 외부열에 의해 작동 유체를 증발시키는 증발부와, 증발된 작동 유체를 응축시키는 응축부를 포함하며, 증발부에 대응되는 케이스의 내측에는 본 발명에 따른 워 구조물이 배치된 히트 파이프를 제공한다.

[0029] 아울러 본 발명은 워 구조물을 형성할 금속 기판을 준비하는 단계, 금속 기판의 일면에 1차 포토레지스트 패턴을 형성하는 단계, 1차 포토레지스트 패턴이 형성된 금속 기판을 1차 에칭하는 단계, 1차 에칭된 금속 기판의 일면에 1차 포토레지스트 패턴과 동일한 패턴의 2차 포토레지스트 패턴을 형성하는 단계 및 2차 포토레지스트 패턴이 형성된 금속 기판을 2차 에칭하는 단계를 포함하는 워 구조물의 제조 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0031] 본 발명에 따른 워 구조물과 이를 포함하는 히트 파이프는 증발 박막 면적이 증가되어 높은 열 유속 구간 내에서 열 전달 성능이 향상되는 효과가 있다.

[0033] 아울러 본 발명에 따른 워 구조물과 이를 포함하는 히트 파이프 및 그 제조 방법은 반응성이 높은 금속 기반의 히트 파이프의 제작 공정 난이도를 낮추어 높은 공정 효율을 얻고 제작비용도 절감할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 본 발명에 따른 평판형 히트 파이프에 대한 개략적인 단면도이다.

도 2는 본 발명에 따른 평판형 히트 파이프의 워 구조물에 대한 확대도이다.

도 3은 본 발명에 따른 워 구조물의 제1 실시예에 대한 단면도이다.

도 4는 본 발명에 따른 워 구조물의 제2 실시예에 따른 단면도이다.

도 5a 내지 5d는 종래의 원기둥 형상의 워 구조물에 있어서 작동 유체의 증발 과정을 도시한 것이다.

도 6a 내지 6d는 본 발명에 따른 워 구조물에 있어서 작동 유체의 증발 과정을 도시한 것이다.

도 7은 본 발명에 따른 워 구조물들의 SEM 이미지이다.

도 8a 및 도 8b는 본 발명에 따른 워 구조물들의 열 전달 성능 및 유효 열 전달 계수에 대한 그래프이다.

도 9는 본 발명에 따른 워 구조물의 제조 방법에 대한 공정도이다.

도 10은 본 발명에 따른 워 구조물의 제조 방법을 각 단계 별로 도시한 것이다.

도 11은 에칭을 1회한 경우와 2회한 경우에 따른 유효 열 전달 계수를 비교한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0036] 전술한 목적, 특징 및 장점은 하기에서 상세하게 후술되며, 이에 따라 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 본 발명과 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 상세한 설명을 생략한다.
- [0038] 히트 파이프는 금속 내부의 밀폐된 공간에 내재된 작동 유체가 연속적인 액체-증기간의 상 변화를 통해 순환하면서 열을 이동시키는 열 전달 모듈을 말한다. 히트 파이프의 형태와 특징에 따라서 원형 히트 파이프, 평판형 히트 파이프, 루프 히트 파이프 등이 있을 수 있다. 여기서 평판형 히트 파이프는 2차원 열 수송 매체로 히트 스프레더(Heat spreader)라고도 불리운다.
- [0040] 이하에서는 평판형 히트 파이프인 히트 스프레더를 본 발명의 일 실시예로 설명을 하도록 하지만, 본 발명이 히트 스프레더에만 한정되는 것은 아니며 다양한 형태의 히트 파이프에 적용될 수 있다.
- [0042] 도 1과 도 2를 참고로 본 발명의 일 실시예인 히트 스프레더에 대해 자세히 설명하도록 한다.
- [0044] 히트 스프레더(100)는 밀폐된 케이스(110) 내부에 작동 유체(120)를 구비하여, 증발부(130)에서 증발된 작동 유체(120)가 응축부(140)에서 응축되는 현상을 이용하여 열을 연속적으로 흡수 및 방출함으로써 열을 전달 및 이동시키는 기능을 갖는다.
- [0046] 히트 스프레더(100)의 케이스(110)는 열 전도성이 좋은 구리, 알루미늄과 같은 금속 재질을 사용하는 것이 바람직하지만, 이에 한정되는 것은 아니다. 다만 본 발명의 경우 종래와 달리 알루미늄 재질을 기반으로 하여도 공정의 효율을 얻을 수 있는 워 구조물과 그 제조 방법을 제공하기 때문에, 알루미늄을 재질로 하는 것이 더욱 바람직하며 이를 통해 히트 파이프 전체 무게의 감소와 제작 비용의 절감 효과를 얻을 수 있다.
- [0047]
- [0048] 작동 유체(120)는 액체-증기간의 상 변화가 이루어지면서 케이스(110) 내부에서 순환하는 열 전달 물질로 물, 아세톤, 암모니아, 냉매 등을 사용할 수 있으며 특별히 한정되지는 않는다.
- [0050] 히트 스프레더(100)는 증발부(130)가 구비되는 제1 면(131)과 응축부(140)가 구비되는 제2 면(141)이 서로 대향하도록 배치된, 밀폐된 케이스(110)를 갖는다.
- [0052] 증발부(130)는 외부 열이 가해져서 작동 유체(120)가 증기로 기화되는 부분을 말한다. 외부 열은 일반적으로 케이스(110)와 열원과의 직접적인 접촉으로 인해 공급되는데 증발부(130) 영역의 범위는 열이 가해지는 범위에 따라 달라질 수 있다. 따라서 본 발명에서 증발부(130)는 제1 면(131)의 전체 영역과 꼭 일치하는 것은 아니다.
- [0054] 응축부(140)는 증발부(130)에서 기화된 작동 유체(120)가 냉각되어 액화되는 부분을 말한다. 케이스(110)의 제1 면(131)에 구비된 증발부(130)로부터 기화된 작동 유체(120)는 케이스(110)의 제2 면(141)에 구비된 응축부(140)에서 냉각되어 다시 액체로 변하게 된다. 응축부(140) 또한 제2 면(141)의 전체 영역과 꼭 일치하는 것은 아니다.
- [0056] 즉, 증발부(130)와 응축부(140)는 각각 작동 유체(120)가 증발되고 응축되는 영역을 의미하는 것으로, 케이스(110)의 제1 면(131)에서 증발이 일어나는 곳 이외에 열원과 먼 곳에 있는 제1 면(131)은 작동 유체(120)의 응축이 일어날 수도 있다. 따라서, 제1 면(131)은 열원에 의해서 열이 가해지는 영역의 범위에 따라서 증발부

(130)와 응축부(140)가 같이 구비될 수도 있다.

[0058] 도 1을 참고하여 본 발명의 히트 스프레더에 대한 액체-증기간의 내부 흐름에 대해서 설명하도록 한다.

[0060] 히트 스프레더(100)의 제1 면(131) 중앙 부근의 외측에 배치된 열원으로부터 열이 공급되면, 증발부(130)에서는 작동 유체(120)의 증발이 발생한다. 증발된 작동 유체(120)는 히트 스프레더(100)의 양측 끝단 쪽으로 이동하게 되고 온도가 상대적으로 낮은 곳에서 작동 유체(120)가 액화되어 다시 액체로 변환되게 된다.

[0062] 이 때 케이스(110)의 제2 면(141)에 구비된 응축부(140)에서는 작동 유체(120)가 액화되면서 열이 외부로 발산되게 된다. 응축부(140)에서 응축된 작동 유체(120)는 바로 제1 면(131)으로 하강하거나, 케이스(110)의 내부에 배치된 워 구조물(150)을 통해서 다시 중심부로 돌아오게 되면서 작동 유체(120)는 내부에서 순환하게 된다.

[0064] 히트 스프레더(110)가 지속적으로 높은 열 전달 성능을 갖기 위해서는 응축과 증발이 반복되는 내부의 작동 유체(120)가 원활하게 순환 되어야 한다. 이러한 작동 유체(120)의 순환은 모세관 현상에 의해서 이루어지며, 구체적으로는 증발부(130)에 배치된 워 구조물(150)에 의해서 모세관 현상이 발생한다.

[0066] 본 발명에 따른 히트 스프레더(100)는 증발부(130)에 대응되는 제1 면(131)의 내측에 워 구조물(150)이 구비된다. 이 때 응축부(140)에 대응되는 제2 면(141)의 내측에도 워 구조물(150)이 구비될 수 있으며, 증발부(130)와 응축부(140) 양 측 모두에 워 구조물(150)이 구비되는 경우 작동 유체(120)의 순환을 더욱 원활하게 할 수 있다.

[0068] 도 2 내지 도 4를 참고하여 본 발명에 따른 워 구조물에 더욱 상세히 설명하도록 한다.

[0070] 도 2에 도시된 바와 같이 히트 스프레더(100)는 일 면에 다수의 마이크로 포스트(Micro Post, 151)를 포함하는 워 구조물(150)을 구비한다. 마이크로 포스트(151)는 다수개가 모여서 워 구조물(150)을 구성하는 각각의 마이크로 스케일의 기둥을 의미하는 것으로, 보통 수백 μm 정도까지의 크기를 의미하나 꼭 이에 한정되는 것은 아니다.

[0072] 여기서 마이크로 포스트는 하나의 워를 의미하는 것으로 다수의 마이크로 포스트, 즉 다수의 워들이 모여서 워 구조물을 형성한다.

[0074] 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 워 구조물(150)에 대한 것으로, 워 구조물(150)은 일 방향으로 배열된 다수의 마이크로 포스트(151)를 포함한다. 이 때 마이크로 포스트(151)의 제1 측면(153)의 직경은 마이크로 포스트(151)의 상부에서 하부 방향으로 갈수록 감소하다 다시 증가한다.

[0076] 예를 들어, 하나의 마이크로 포스트(151)는 쌍곡면과 같은 형상의 측면 형상을 갖는다. 즉, 마이크로 포스트(151)의 제1 측면(153) 중 직경이 감소하는 구간에서의 직경은 마이크로 포스트(151)의 상부면(157)의 직경보다 작다.

[0078] 이는 워 구조물(150)의 증발 표면 면적을 최대한 넓게 하여 열 전달 성능을 높이기 위한 것으로, 마이크로 포스트(151)의 제1 측면(153)은 외부 접촉 면적이 더욱 넓어질 수 있는 곡면을 갖는 것이 더욱 바람직하다.

- [0080] 아울러 마이크로 포스트(151)의 상부면(157)은 평면을 갖는 것이 바람직한데, 이는 후술할 워 구조물(150)의 포토리소그래피(Photolithography) 공정을 이용하는 제조 방법과 관련하여 포토리소그래피 몰드(Photolithography Mold)의 해상도(Resolution)를 높여주기 위해서이다.
- [0082] 도 4는 본 발명의 제2 실시예에 따른 워 구조물(150)에 대한 것으로, 제1 실시예에 따른 워 구조물(150)에 있어서, 마이크로 포스트(151)의 제1 측면(153)과 상부면(157) 사이에 제2 측면(155)이 구비될 수 있다.
- [0084] 이 때 제2 측면(155)의 직경은 마이크로 포스트(151)의 상부면(157)의 직경보다 작거나 동일하게 구비될 수 있다. 제2 측면(155)의 형성 여부는 워 구조물(150)의 제조 공정에 따라 달라질 수 있는 것으로, 예를 들어 워 구조물(150)을 습식 에칭의 방법으로 형성하는 경우, 에칭 조건에 따라서 제2 측면(155)의 형성 여부가 결정될 수 있다.
- [0086] 본 발명은 마이크로 포스트(151)의 외부 접촉 면적을 최대한 넓게 하여 증발 면적이 확장됨으로써, 열 전달 효과를 높이는 것을 하나의 목적으로 하고 있는 바, 마이크로 포스트(151)의 상부면(157)과 제1 측면(153)의 직경이 차이가 나도록 형성하는 것이 바람직하다.
- [0088] 따라서 제2 측면(155) 없이 상부면(157)에서 바로 제1 측면(153)으로 이어지도록 형성하는 경우 직경의 차이를 얻기 위한 제조 공정의 복잡함과 세밀함이 더욱 요구되기 때문에, 상부면(157)과 제1 측면(153) 사이에 완충 역할을 해주는 제2 측면(155)이 구비될 수 있도록 하는 것이 바람직하다.
- [0090] 예를 들어 워 구조물(150)을 습식 에칭으로 형성하는 경우, 습식 에칭의 등방성 효과에 의하여 제1 측면(153)이 쌍곡면 형상으로 형성이 될 수 있다. 이 때 제2 측면(155)은 에칭이 이루어지지 않거나 제1 측면(153)의 에칭 정도보다는 약하게 에칭이 됨으로써 상부면(157)과 제1 측면(153) 사이의 직경 차이가 더욱 명확히 드러나도록 해주는 역할을 한다.
- [0092] 도 5a 내지 도 5d는 종래의 원기둥 형태의 마이크로 포스트(251)를 갖는 워 구조물(250)을 도시한 것으로, 워 구조물에서 작동 유체가 증발되는 메커니즘에 대해서 설명 하도록 한다.
- [0094] 열 전달의 약 60% 이상이 마이크로 포스트(251)의 증발 표면과 작동 유체(220) 사이에 형성되는 약 $2\mu\text{m}$ 이하의 매우 얇은 유체 박막인 증발 박막(Thin film area, 221)에서 일어나기 때문에, 증발 박막(221)은 워 구조물의 열 전달 성능을 결정하는 매우 중요한 요소 중 하나이다.
- [0096] 도 5b에서와 같이 워 구조물(250)에 열(Q)이 공급되면 워 구조물(250)의 마이크로 포스트(251) 사이에 있는 작동 유체(220)도 열(Q)을 받아 증발하게 된다.
- [0098] 일반적으로 원기둥 형태의 마이크로 포스트(251)를 갖는 워 구조물(250)의 증발 표면은 열 유속(Heat flux)이 증가하면, 도 5b와 같이 증발 표면을 채운 작동 유체(220)가 증발하면서 워 구조물(250)에 매달린 채로 곡면(Meniscus)을 형성한다.
- [0100] 이 때 작동 유체(220)가 점점 줄어들며 도 5c와 같이 후진 접촉각(Receding contact angle, θ_{rec})에 도달하게 되면 작동 유체(220)는 워 구조물(250)에 더 이상 매달려 있지 못하고 일정한 곡면을 유지한 채로 도 5d와 같이

워 구조물(250)의 바닥으로 내려오게 된다.

- [0102] 도 6a 내지 도 6d는 본 발명에 따른 워 구조물 중에서 제2 실시예에 따른 워 구조물을 도시한 것으로, 워 구조물에서 작동 유체가 증발되는 메커니즘에 대해서 설명 하도록 한다.
- [0104] 도 6b는 제2 측면(155)을 갖는 마이크로 포스트(151)를 구비하는 워 구조물(150)에 대한 것으로, 도 5에서 설명한 원기둥 형태의 마이크로 포스트와 유사하게, 제2 측면(155)까지 가득 찬 작동 유체(120)가 열(Q)을 받게 되면 증발하면서 워 구조물(150)에 매달린 채로 곡면(meniscus)을 형성한다.
- [0106] 이 때 열(Q)을 받아 계속 열 유속이 증가하게 되면 작동 유체(120)는 점점 줄어들며, 도 6b와 같이 후진 접촉각(receding contact angle, Θ_{rec})에 도달하게 되면 작동 유체(120)는 워 구조물(150)에 더 이상 매달려 있지 못하고 일정한 곡면을 유지한 채로 제1 측면(153)까지 내려오게 된다.
- [0108] 제1 측면(153)까지 내려온 작동 유체(120)는 도 6c에 도시된 바와 같이 쌍곡면 형태의 제1 측면(153), 즉 굴곡진 벽면에 형성된 돌출부(154)에 한번 더 매달리게(Pinning effect) 된다.
- [0110] 그리고 열 유속이 계속 증가하면 도 6d와 같이 새로운 후진 접촉각(receding contact angle, Θ_{rec})에 도달할 때까지 계면의 강도가 지연되고 작동 유체(120)는 계속 마이크로 포스트(151)의 제1 측면(153)에 매달린 채로 넓은 증발 표면을 유지한다.
- [0112] 즉, 본 발명에 따른 워 구조물(150)은 넓은 외부 접촉 면적을 갖는 쌍곡면 형태를 가지게 됨으로써 발생하는 증발 박막 형상의 변형에 의해서, 워 구조물과 작동 유체의 계면에 형성된 증발 박막의 면적이 늘어나기 때문에 열 전달 성능이 향상되는 효과가 있다.
- [0114] 앞서 설명한 원기둥 형태의 마이크로 포스트를 갖는 종래의 워 구조물의 경우 증발 표면이 완전히 증발(dry-out)되기 전까지 거의 일정한 열 전달 성능을 갖는다.
- [0116] 하지만 본 발명의 실시예에 따른 워 구조물의 증발 표면은 종래의 워 구조물 대비 우수한 열 전달 성능을 가지며, 특히 특정 열 유속 구간에서 열 전달 성능이 급격하게 상승하게 된다.
- [0118] 도 7은 본 발명에 따른 워 구조물에 있어서 고체 분율(Solid fraction, f_s)이 각기 다른 실시예들에 대한 SEM 이미지이며, 도 8a 내지 도 8b는 도 7의 워 구조물들에 대한 열전달 성능 및 유효 열전달 계수에 대한 그래프이다.
- [0120] 본 발명에 따른 실시예에 있어서, 고체 분율이 다른 3가지의 워 구조물을 D1, D2, D3로 나누었으며, 3가지의 워 구조물은 하기 표 1에서와 같이 각각의 표면마다 구조물의 지름과 구조물 간의 간격이 다르기 때문에 고체 분율의 차이는 있지만, 증발 박막의 면적(m/cm^2)은 거의 비슷한 값을 가진다.

표 1

구분	고체 분율 (Solid Fraction, f_s)	윅의 개수/단위 면적 (Number of wicks/unit area, $/\text{cm}^2$)	둘레/단위 면적 (Perimeter/unit area, m/cm^2)
D1	0.339	3564	1.23
D2	0.258	5132	1.29
D3	0.157	8019	1.26

도 8a와 도 8b에서 확인할 수 있는 것처럼, D1, D2, D3 모두 특정 열 유속 구간에서 열 전달 성능이 급격하게 상승하게 되는 것을 확인할 수 있다.

도 8a를 참조하면 약 $60 \text{ W}/\text{cm}^2$ 이하의 열 유속 구간에서 D1, D2, D3 모두 증발 표면의 과열(Superheat)이 매우 낮은 상태를 유지하는 것을 확인할 수 있는 바, 전체적인 온도가 거의 증가하지 않고도 효과적으로 열을 방출하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 급격한 열 유속의 증가가 이루어지더라도 과열이 거의 되지 않고 효과적인 열 전달이 이루어지는 것을 알 수 있다.

또한 도 8b를 참조하면, 약 $60 \text{ W}/\text{cm}^2$ 이하의 열 유속 구간, 특히 약 $20 \sim 60 \text{ W}/\text{cm}^2$ 의 열 유속 구간에서는 정도의 차이는 있지만 D1, D2, D3의 경우 모두 유효 열 전달 계수가 $6 \sim 10 \text{ W}/\text{cm}^2 \cdot \text{K}$ 에 달할 정도로 급격히 증가하여, 매우 높은 열 전달 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다.

참고로 $60 \text{ W}/\text{cm}^2$ 이상의 높은 열 유속 구간에서는 고체 분율이 제일 낮은 D3의 유효 열 전달 계수가 높은 것을 확인할 수 있다. 이는 고체 분율이 낮으면 단위 면적당 윅 구조물의 개수가 적기 때문에 작동 유체가 지나갈 수 있는 통로가 넓어져서 모세관 성능이 높아지기 때문이다.

즉, D3는 고체 분율이 제일 낮기 때문에 모세관 성능이 높아서 작동 유체의 공급이 상대적으로 더 수월하기 때문에 높은 열 유속 구간에서 더욱 안정적으로 성능 유지가 가능하다.

이와 같은 효과들은 본 발명에 따른 윅 구조물과 같이 쌍곡면 형상을 가짐으로써 발생하는 증발 박막의 변형에 의해 발생하는 것이다. 다시 말해 본 발명과 같은 윅 구조물 형상의 변화는 윅 구조물과 작동 유체의 계면에서 형성되는 증발 박막 면적을 증가시켜 열 전달 성능의 향상을 가능하게 한다.

상기와 같은 본 발명에 따른 윅 구조물을 만드는 제조 방법에 대해서 이하에서 설명하도록 한다. 하지만, 하기의 제조 방법은 하나의 실시예일뿐 윅 구조물의 제조 방법이 이에 국한되는 것은 아니다.

도 9와 도 10은 본 발명에 따른 윅 구조물의 제조 방법에 대한 공정도이다.

본 발명에 따른 윅 구조물의 제조 방법으로, 윅 구조물을 형성할 금속 기판을 준비하는 단계(S1), 금속 기판의 일면에 1차 포토레지스트 패턴을 형성하는 단계(S2), 1차 포토레지스트 패턴이 형성된 금속 기판을 1차 에칭하는 단계(S3), 1차 에칭된 금속 기판의 일면에 1차 포토레지스트 패턴과 동일한 패턴의 2차 포토레지스트 패턴을 형성하는 단계(S4), 2차 포토레지스트 패턴이 형성된 금속 기판을 2차 에칭하는 단계(S5)를 포함한다.

[0140] 금속 기판을 준비하는 단계 (S1)

[0141] 먼저 워 구조물을 형성할 금속 기판(300)을 준비한다. 이때 금속 기판은 열전도성이 높은 금속을 사용하는 것이 바람직하며, 예를 들어 구리, 알루미늄 등을 사용할 수 있다.

[0143] 이 때 금속 기판을 준비하는 단계에서 금속 기판의 표면을 전해연마(Electropolishing) 처리하는 단계가 포함되어 진행될 수 있다.

[0145] 구체적으로 준비된 금속 기판(300)의 표면을 매끄럽게 하기 위하여 도 10a와 같이 전해연마 처리를 할 수 있다. 전해연마 처리를 통해 금속 표면을 매끄럽게 만들어 줌으로써 워 구조물과 같은 미세 패턴 제작을 위하여 포토리소그래피 공정을 진행하는 경우 사용되는 포토레지스트 몰드(PR mold)의 해상도(resolution)를 높여줄 수 있다.

[0147] 1차 포토레지스트 패턴을 형성하는 단계 (S2)

[0148] 도 10b에 도시된 바와 같이 포토리소그래피 공정을 이용하여 준비된 금속 기판(300) 상에 포토레지스트 패턴(310)을 형성한다. 이 때 사용되는 포토레지스트는 습식 에칭에 적합한 것을 사용하는 것이 바람직하다. 포토리소그래피 공정은 통상적으로 해당 분야에서 사용되는 방법을 사용하면 되는 것으로, 자세한 설명은 생략하도록 한다.

[0150] 1차 에칭 단계 (S3)

[0151] 도 10c에 도시된 바와 같이 1차 포토레지스트 패턴(310)이 형성된 금속 기판(300)을 습식 에칭액(311)을 이용하는 습식 에칭을 통해 1차 에칭을 진행한다. 본 발명은 워 구조물의 표면적을 넓게 할 수 있는 쌍곡면 형태를 만들고자 하는 것이기 때문에, 등방성 에칭 특성을 갖는 습식 에칭 방법을 이용하는 것이 바람직하다.

[0153] 1차 에칭을 진행한 이후에 1차 포토레지스트 패턴(310)을 제거하면 도 10d와 같은 1차 워 구조물(313)이 형성된다. 하지만 한 차례의 습식 에칭만으로는 본 발명에 따른 워 구조물을 얻기가 어렵다.

[0155] 본 발명에 따른 워 구조물은 워 구조물을 구성하는 각각의 마이크로 포스트의 제1 측면의 직경이 상부에서 하부로 갈수록 감소하다 다시 증가하여 워 구조물의 표면적을 최대화 하는 측면을 갖는다.

[0157] 하지만 1차 에칭만으로는 본 발명과 같은 형상을 충분히 얻기가 어려우며, 도 10d와 같이 곡면 형상을 얻되 제1 측면의 직경이 하부로 갈수록 증가하는 형상을 갖게 된다.

[0159] 2차 포토레지스트 패턴 형성 단계 (S4)

[0160] 도 10e에 도시된 바와 같이, 1차 에칭을 통해서 형성된 1차 워 구조물(313) 상에 1차 포토레지스트 패턴닝에 사용된 마스크와 동일한 패턴을 갖는 마스크를 이용하여 2차 포토리소그래피 공정을 진행한다.

[0162] 이를 통해 2차 포토레지스트 패턴(320)은 1차 에칭된 워 구조물(313)을 덮으면서 1차 포토레지스트 패턴(310)과 동일한 형상의 패턴을 형성한다.

[0164] 이렇게 1차 포토레지스트 패턴(310)과 동일한 2차 포토레지스트 패턴(320)을 형성함으로써 1차 에칭된 워 구조물(313)을 구성하는 각각의 마이크로 포스트(315)들이 2차 포토레지스트 패턴(320)과 위치가 일치하게 된다. 이

로써 마이크로 포스트(315)들이 정확한 위치에서 정확한 2차 에칭이 가능하도록 해준다.

- [0166] 또한 2차 포토레지스트 패턴(320)은 1차 포토레지스트 패턴(310)보다 두께가 두껍게 형성하는 것이 바람직하다. 2차 포토레지스트 패턴(320)은 이미 1차 에칭된 워 구조물(313) 상에 형성을 하는 것이기 때문에, 1차 포토레지스트 패턴과 동일하거나 더 얇은 두께의 포토레지스트를 사용하는 경우, 스핀 코팅 중 포토레지스트 패턴이 1차 에칭에 의해 형성된 워 구조물(313)로 인해 균일하게 퍼지지 못하여 일부 구조물이 코팅되지 않고 노출되는 경우가 발생할 수 있다.
- [0168] 이렇게 노출된 구조물은 2차 에칭 공정에서 함께 에칭되어 손상된 형태의 워 구조물을 얻게 될 수 있는 바 2차 포토레지스트 패턴은 1차 포토레지스트 패턴보다 두껍게 형성하는 것이 바람직하다.
- [0170] 2차 에칭 단계 (S5)
- [0171] 도 10f에 도시된 바와 같이 2차 포토레지스트 패턴이 된 1차 워 구조물(313)을 다시 에칭 용액(311)에 넣고 2차 습식 에칭을 진행하며, 구체적인 방법은 1차 에칭과 동일하다.
- [0173] 2차 에칭까지 완료된 이후에 2차 포토레지스트 패턴(320)을 제거하면 도 10g와 같이 본 발명에 따른 2차 워 구조물(323)을 얻을 수 있다.
- [0175] 이와 같이 본 발명에 따른 워 구조물의 제조 공정은 반응성이 높은 금속의 경우에도 포토리소그래피 공정과 에칭 공정만으로도 열 전달이 높은 본 발명에 따른 워 구조물을 얻을 수 있기 때문에, 종래의 복잡한 제조 공정의 난이도를 낮추어 공정 효율은 높이고 제작 비용을 절감할 수 있는 효과가 있다.
- [0177] 이하에서는 본 발명의 워 구조물의 제조 공정에 따른 일 실험예에 대해서 자세히 설명하도록 한다.
- [0179] [실험예]
- [0180] 금속 기판을 준비(S1)
- [0181] 먼저 알루미늄으로 된 기판을 준비하고, 7℃로 냉각된 에탄올과 과염소산(70%)의 비율이 대략 4:1인 혼합액을 준비하였다.
- [0183] 그리고 음극에 백금 시편, 양극에 알루미늄 기판을 연결한 후 백금 시편과 알루미늄 기판을 준비된 혼합액에 넣은 뒤 20 V의 전압을 약 30~40분간 흘려주어 전해연마를 진행하였다. 전해연마가 끝난 알루미늄 기판은 에탄올에 10분, 탈 이온수(DI water)에 10분간 담가 세척을 하였다.
- [0185] 1차 포토레지스트 패턴 형성 (S2)
- [0186] 1차 포토레지스트는 포지티브 포토레지스트(Positive PR)인 GXR 601을 이용하였으며, 스핀코팅을 통해 약 3 μ m 두께의 포토레지스트 코팅막을 형성하였다.
- [0188] 이후 포토레지스트가 코팅된 알루미늄 기판에 미세 패턴의 포토마스크를 이용하여 자외선(UV)을 노광하여 미세 패턴의 1차 포토레지스트를 형성하였다. 노광된 포토레지스트 부분은 Developer AZ 300 MIF를 이용하여 제거하였다.

[0190] 1차 에칭 (S3)

[0191] 습식 에칭을 위한 에칭 용액은 Transene사의 Aluminum Etchant Type D 용액을 이용하였다. 이 에칭 용액에 1차 포토레지스트 패턴이 형성된 알루미늄 기판을 넣고 에칭을 진행하였다.

[0193] 에칭을 진행하기 전에 에칭 용액이 포토레지스트 패턴 사이로 잘 침투될 수 있도록 약 10분간 O_2 플라즈마 처리를 진행하여 포토레지스트의 젖음성을 높여주었다. 에칭 속도는 에칭 용액의 온도에 따라 달라질 수 있는데, 해당 공정은 $50^{\circ}C$ 로 가열된 에칭 용액을 이용하였고, 15분에 약 $5\mu m$ 정도 에칭되었다.

[0195] 알루미늄 기판이 약 $30\mu m$ 정도 에칭된 후, 2회에 걸쳐 탈 이온수(DI water)에 3분간 담가 세척하였다. 에칭이 완료된 알루미늄 기판은 아세톤을 이용하여 포토레지스트 패턴을 벗겨낸 후 탈 이온수로 세척 후 건조시켰다.

[0197] 2차 포토레지스트 패턴 형성(S4)

[0198] 2차 포토레지스트는 AZ4620을 사용하였으며, 스핀코팅을 통해 약 $15\mu m$ 두께의 2차 포토레지스트 코팅막을 형성하였다. 이 외의 공정은 1차 포토레지스트 패턴 형성 단계와 동일하게 실시하였다.

[0200] 2차 에칭 (S5)

[0201] 2차 에칭 단계는 1차 에칭 단계와 동일한 물질을 이용하여 동일하게 실시하였다.

[0203] 도 11은 1회 에칭된 경우와 2회 에칭된 경우에 있어서, 열 유속(Heat flux)과 유효 열 전달 계수(Effective Heat Transfer Coefficient)의 상관 관계를 보여주는 그래프이다.

[0205] 앞선 실험예에 따른 공정을 이용하여 1차 에칭된 워 구조물과 2차 에칭된 워 구조물이 동일한 고체 분율을 갖도록 하기 표 2와 같이 준비하였다.

표 2

워 구조물	1회 에칭	2회 에칭
높이(μm)	30	60
직경(μm)	30	30
피치(Pitch, μm)	100	100
고체 분율 (Solid fraction, μm)	0.082	0.082
유효 열전달 계수 ($W/cm^2 \cdot K$)	3.7	7.7
열 유속(W/cm^2)	170	180

[0209] 도 11에서 확인할 수 있는 것처럼 1회 에칭된 워 구조물은 약 $20 W/cm^2$ 정도까지의 열 유속 구간에서 유효 열 전달 계수의 상승을 보이지만, 2회 에칭된 워 구조물은 약 $100 W/cm^2$ 정도까지 매우 넓은 열 유속 구간 내에서 급격하면서도 매우 높은 유효 열 전달 계수의 상승을 보여주는 것을 확인할 수 있다.

- [0211] 1회 에칭된 워 구조물과 2회 에칭된 워 구조물이 동일한 고체 분율을 갖는 경우, 마이크로 포스트 사이로 유체가 흐를 수 있는 공간은 2회 에칭을 한 워 구조물이 더 크다.
- [0213] 즉, 2차 에칭된 워 구조물의 경우 표면의 단면적이 1차 에칭된 워 구조물보다 더 넓어지기 때문에 작동유체의 유동 저항이 낮아 유체가 쉽게 이동할 수 있는 것이다.
- [0215] 따라서 열 유속이 증가하더라도 2회 에칭을 한 경우에는 증발부의 액체의 복귀가 더욱 원활하게 되는 바 1회 에칭을 한 경우 보다도 더 높은 열 유속 구간에서까지 높은 유효 열 전달 계수를 가질 수 있는 것이다.
- [0217] 이상에서는 본 발명의 실시예를 중심으로 설명하였지만, 통상의 기술자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 따라서, 이러한 변경과 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명의 범주 내에 포함되는 것으로 이해될 수 있을 것이다.

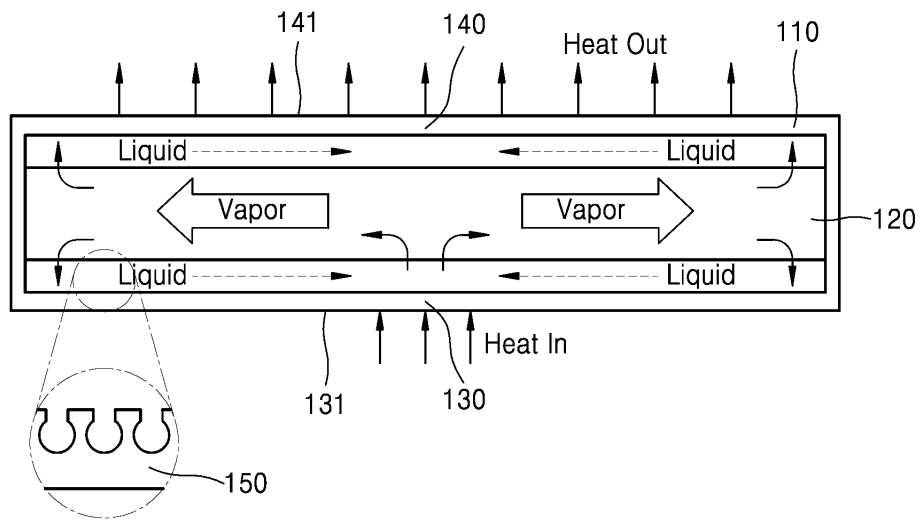
부호의 설명

- [0219] 100 : 히트 파이프 110 : 케이스
 120, 220 : 작동 유체 130 : 증발부
 131 : 케이스 제1 면 140 : 응축부
 141 : 케이스 제2 면 150, 250 : 워 구조물
 151, 251 : 마이크로 포스트 153 : 마이크로 포스트 제1 측면
 154 : 돌출부 155 : 마이크로 포스트 제2 측면
 157 : 마이크로 포스트 상부면 221 : 증발 박막
 300 : 금속 기관 310 : 1차 포토레지스트
 311 : 에칭액 313 : 1차 워 구조물
 315 : 1차 마이크로 포스트 320 : 2차 포토레지스트
 323 : 2차 워 구조물 325 : 2차 마이크로 포스트

도면

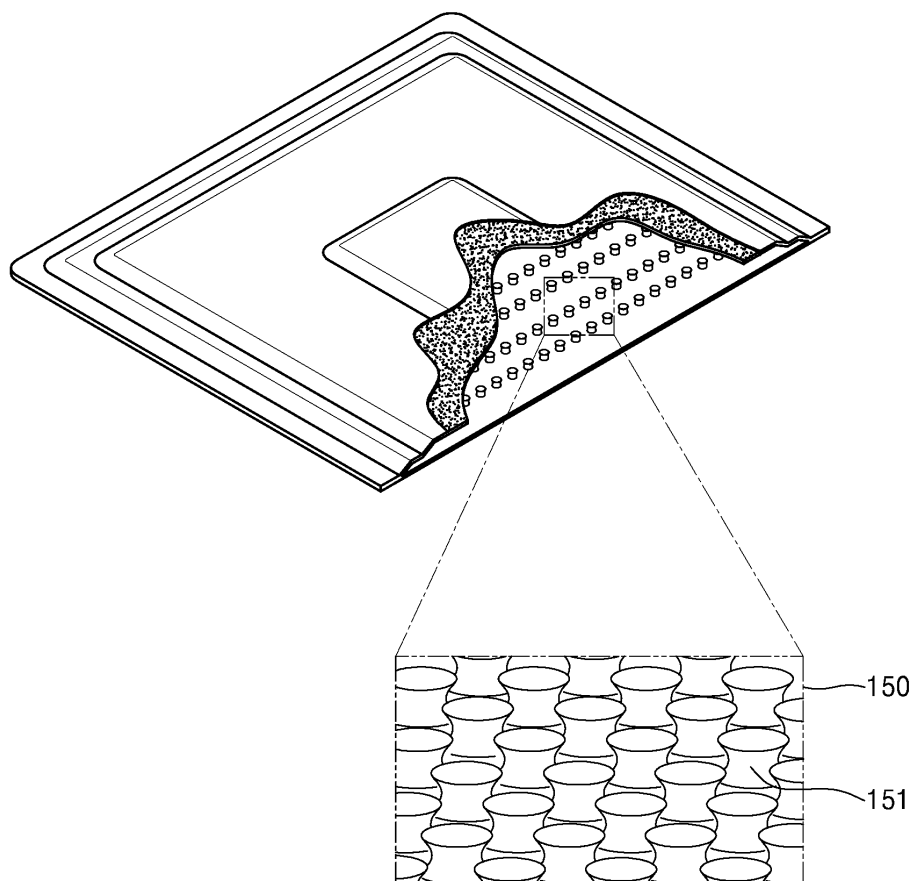
도면1

100

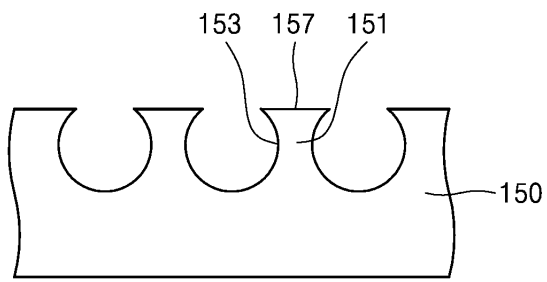


도면2

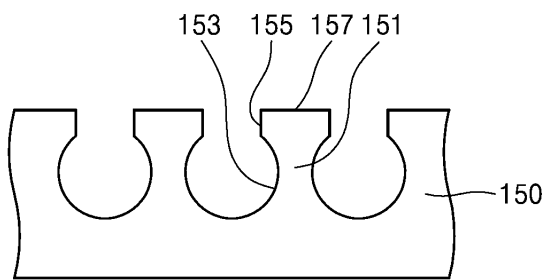
100



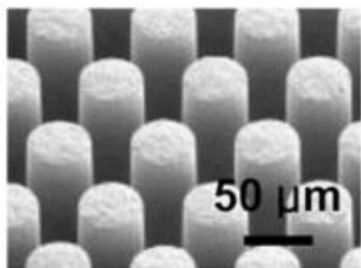
도면3



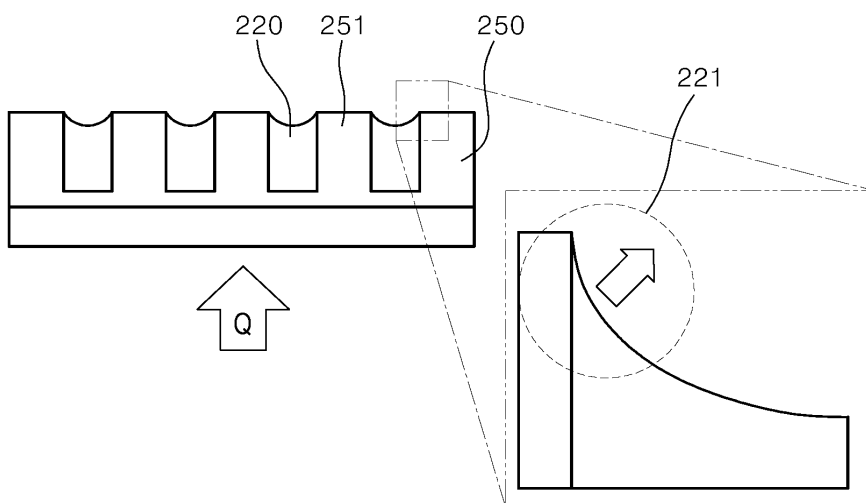
도면4



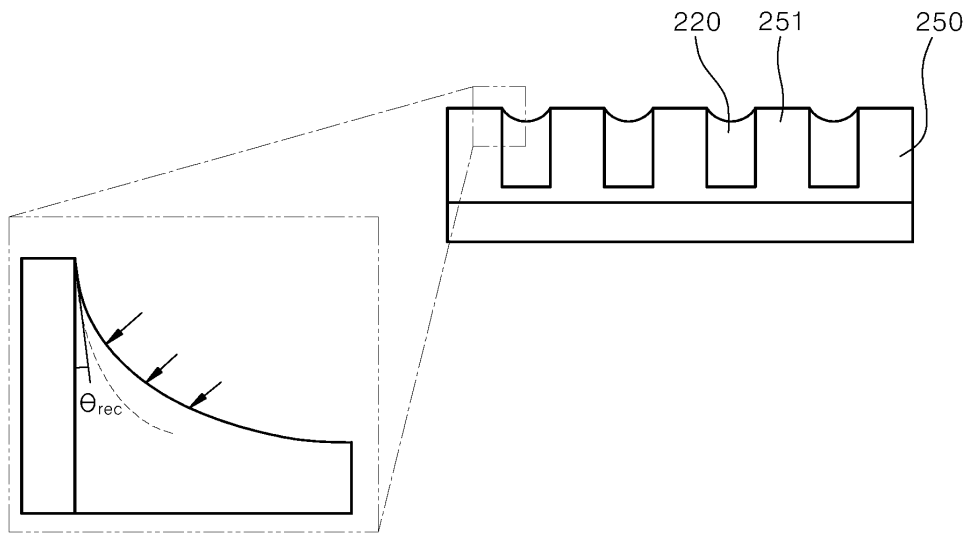
도면5a



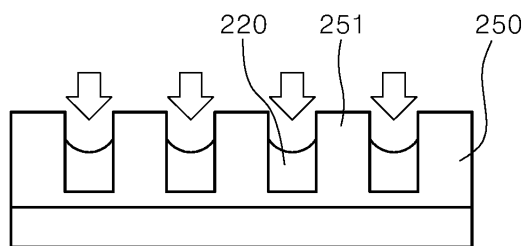
도면5b



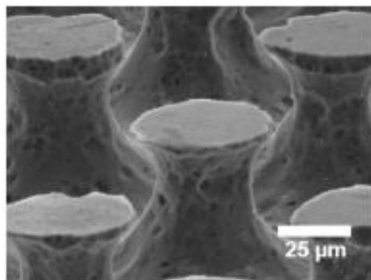
도면5c



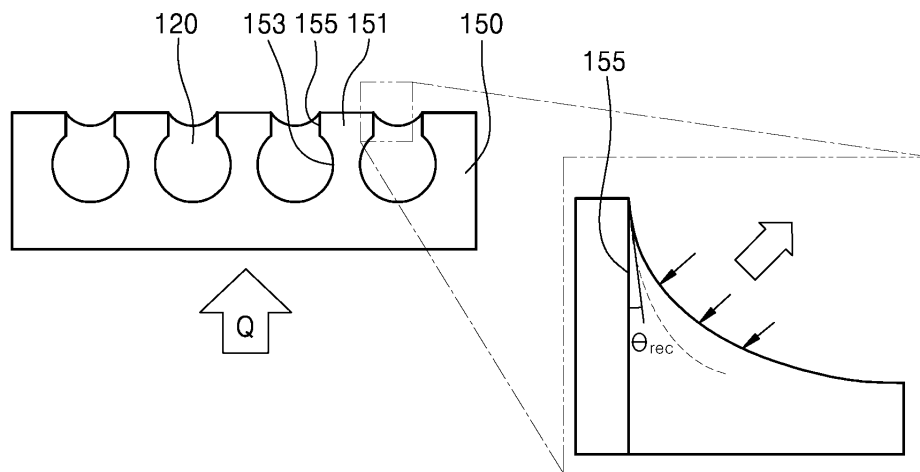
도면5d



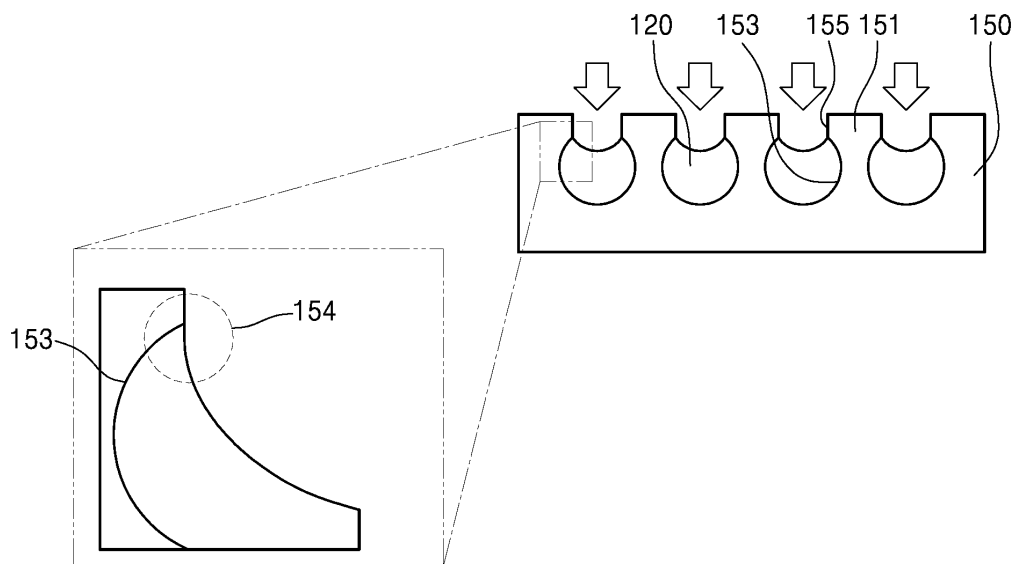
도면6a



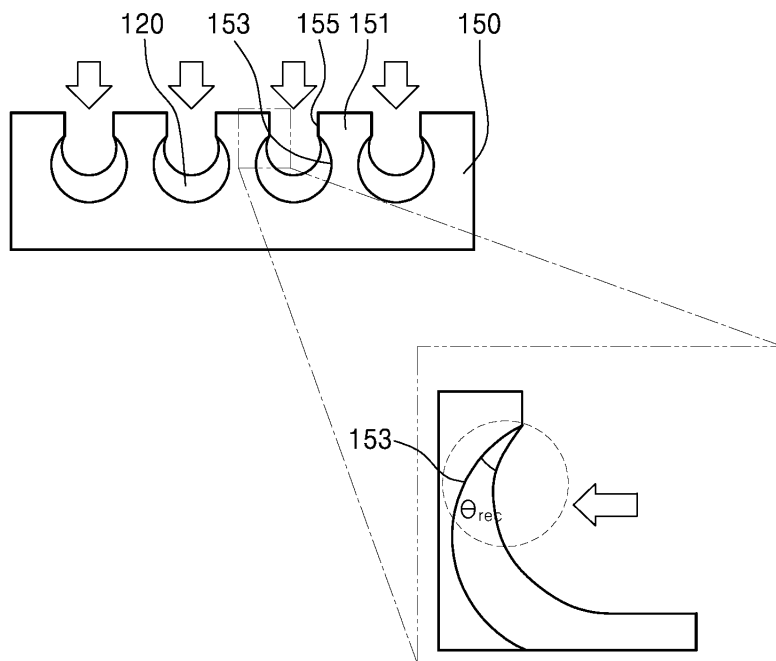
도면6b



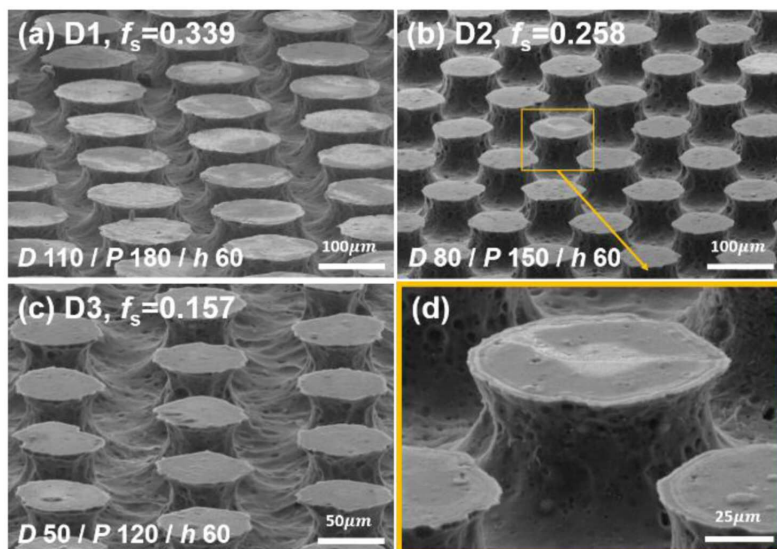
도면6c



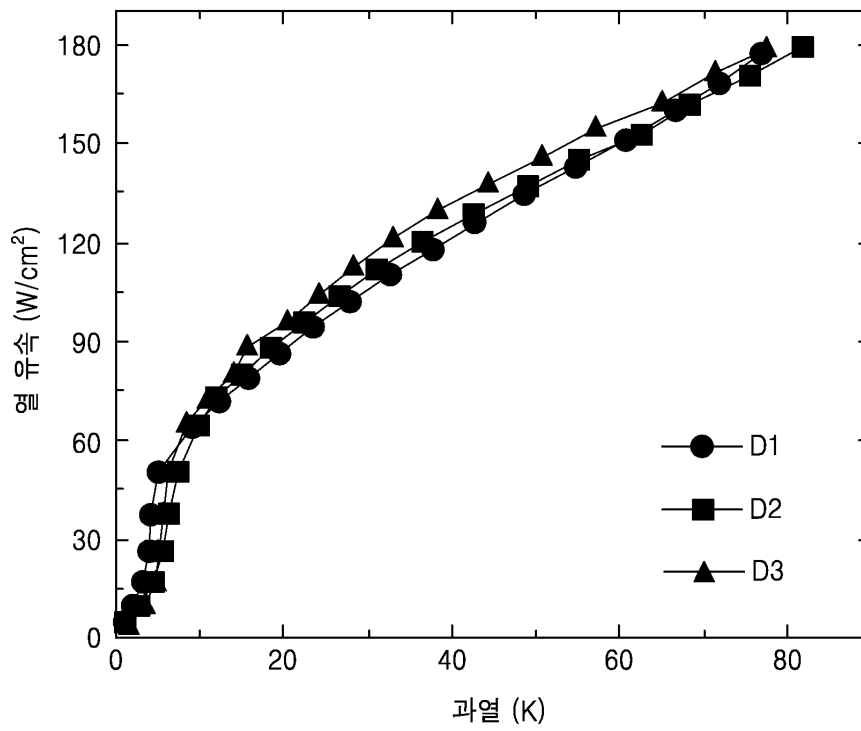
도면6d



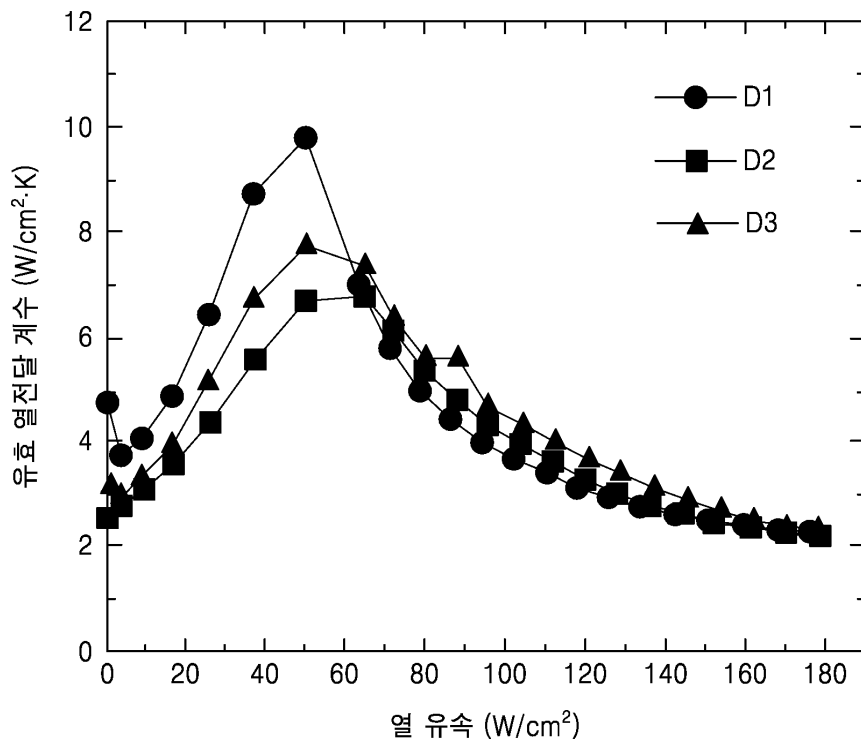
도면7



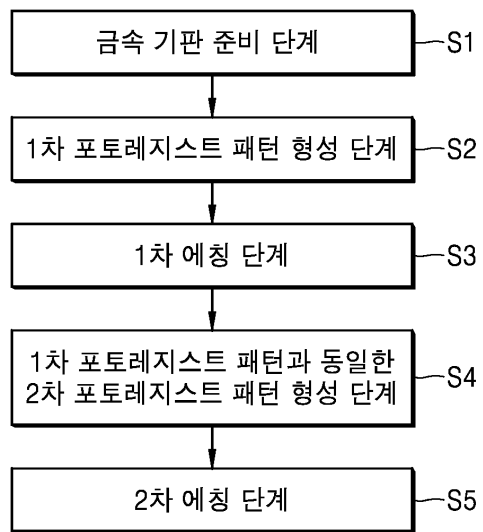
도면8a



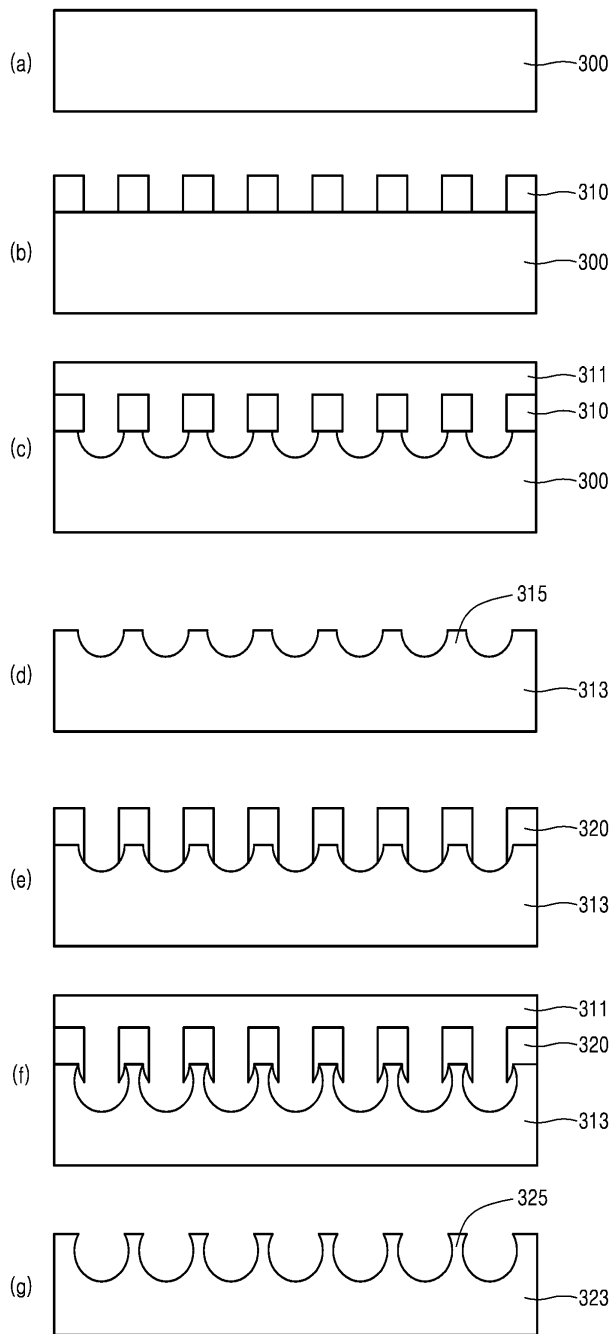
도면8b



도면9



도면10



도면11

