



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년09월08일
(11) 등록번호 10-2153475
(24) 등록일자 2020년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05K 7/20 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H05K 7/20336 (2013.01)
H05K 7/20327 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0070853
(22) 출원일자 2019년06월14일
심사청구일자 2019년06월14일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020070081441 A
KR100780838 B1
JP2015502054 A
JP2008041750 A

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
한국과학기술원
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
(72) 발명자
김우철
서울특별시 서대문구 연세로 50, 3공학관 428호 (신촌동, 연세대학교)
이동건
서울특별시 서대문구 연세로 50, 1공학관 310호 (신촌동, 연세대학교)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
윤병국, 이영규

전체 청구항 수 : 총 7 항

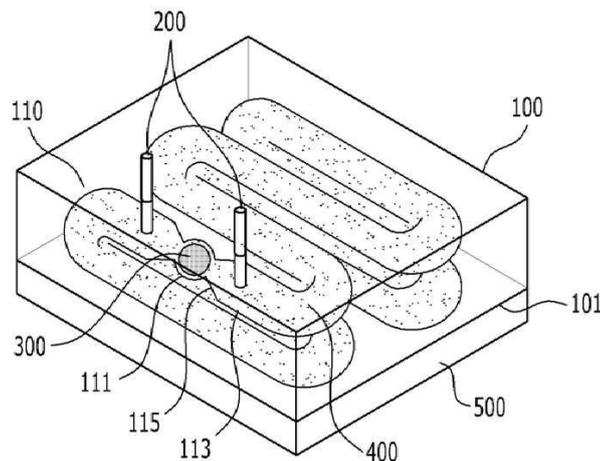
심사관 : 정상민

(54) 발명의 명칭 채널 유동을 이용한 유연 히트싱크 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 채널 유동을 이용한 유연 히트싱크 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 채널 내에 마란고니 유동(Marangoni flow)을 일으킴으로써, 시간이 지나도 성능이 항상 일정(Steady)하고 유연한 히트싱크 및 이의 제조방법을 제공할 수 있다. 본 발명의 유연 히트싱크는 채널이 형성된 시트; 및 상기 채널과 연결된 전극;을 포함하고, 상기 채널은, 구형의 펌핑부; 및 상기 펌핑부와 연결되어 유체가 순환될 수 있도록 관 형상으로 형성된 유동부;를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
H05K 7/2039 (2013.01)

조병진

대전 유성구 대학로 291(구성동)

(72) 발명자

박기민

서울특별시 서대문구 연세로 50, 1공학관 310호 (신촌동, 연세대학교)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2019020774
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공분야기초연구사업
연구과제명	유연 열전 반도체 소자기술 센터
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국과학기술원
연구기간	2019.03.01 ~ 2020.02.29

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

유연 디바이스를 냉각시키기 위한 유연 히트싱크로서,
채널(110)이 형성된 시트(100); 및 상기 채널(110)과 연결된 전극(200);을 포함하고,
상기 채널(110)은, 구형의 펌핑부(111); 및 상기 펌핑부(111)와 연결되어 유체가 순환될 수 있도록 관 형상으로 형성된 유동부(113);를 포함하는, 유연 히트싱크.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 시트(100)는, 폴리머로 형성되는 것을 특징으로 하는, 유연 히트싱크.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 유동부(113)는 액체(400)으로 채워지는 것을 특징으로 하는, 유연 히트싱크.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 시트(100)의 상면에 외측으로 다수 도출되어 형성되는 방열핀을 더 포함하는, 유연 히트싱크.

청구항 5

채널 모양의 틀에 폴리머 물질을 도포한 후 양생하여, 채널(110)이 형성된 시트(100)을 제조하는 시트 제조단계;
상기 시트 제조단계에서 제조된 시트(100)의 펌핑부(111)에 액체금속을 주입하는 액체금속 주입단계;
상기 시트 제조단계에서 제조된 시트(100)의 유동부(113)에 액체(400)을 주입하는 액체 주입단계; 및
상기 유동부(113)와 연결되는 전극(200)을 형성하는 전극 형성단계;를 포함하고,
상기 채널(110)은, 구형의 펌핑부(113); 및 상기 펌핑부(111)와 연결되어 유체가 순환될 수 있도록 관 형상으로 형성된 유동부(113);를 포함하는 것을 특징으로 하는, 유연 히트싱크의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서,
상기 폴리머 물질은, 유연 물질인 것을 특징으로 하는, 유연 히트싱크의 제조방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 액체(400)는, 염기성 용액 또는 산성 용액인 것을 특징으로 하는, 유연 히트싱크의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유연한 히트싱크에 관한 것으로, 보다 상세하게는 펌프를 이용하여 채널 내 유체가 순환되도록 함으로써, 열 교환을 하는 유연한 히트싱크 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 열전(Thermoelectric) 소자는 열에너지와 전기에너지의 상호 변환 작용인 열전 현상을 이용하며, 양 끝단에 온도차이가 발생하면 기전력이 생기는 제백(Seebeck) 효과와 전류를 흘려주었을 때 온도차이가 발생하는 펠티에(Peltier) 효과를 응용한 소자로서 인체 체열 발전, 폐열 회수 발전 및 인체 냉각 등의 여러 분야에 응용되고 있다.

[0004] 기술이 급격하게 발달함에 따라 인류는 경제, 문화, 그리고 생활 수준의 비약적인 향상을 이루었다. 하지만, 생활 수준 향상으로 인구가 상승하였으며, 이로 인하여 에너지 수요는 증가되었다. 이러한 에너지 수요의 증가는 더 큰 용량의 에너지 생산으로 이어져 지구온난화, 사막화 등의 환경 이슈가 대두되고 있다. 이에 대비해 유로 규제를 비롯한 탄소 배출 규제 등 각 국가에서는 환경 정책 등을 만들고 있으며, 차세대 신 재생 및 친 환경 에너지 생산 등 신 기술에 많은 예산을 들여 연구와 개발에 집중하고 있다. 그 중 온도차이에 의해 전기 에너지를 생산할 수 있는 열전 소자는 폐열 회수, 체열발전 등 친 환경 에너지 생산에 적합하다고 볼 수 있다.

[0005] 이러한 열전 소자를 설계하기 위해서는 열전 소자에 적용되는 히트싱크의 열 설계 또한 함께 이루어져야 한다. 즉, 열전 소자의 성능은 소재, 소자의 자체 성능뿐만 아니라 히트싱크의 성능에도 밀접한 관계가 있다.

[0006] 최근 차세대 신 재생 및 친환경 에너지 생산을 위해, 인체 등과 같은 곡면에 적용될 수 있는 유연 열전 소자가 개발되고 있다. 그러나, 이러한 유연 열전 소자에는 종래의 유연하지 못한 히트싱크가 적용될 수 없기 때문에, Phase change material, 폴리머 하이드로겔(Polymer hydrogel) 또는 SAP(Super Absorbent Polymer) 등을 이용한 유연한 히트싱크가 사용되고 있다.

[0007] 기존의 유연한 히트싱크는 Phase change material, SAP(Super Absorbent Polymer)의 잠열 또는 폴리머 하이드로겔(Polymer hydrogel)의 높은 비열을 이용하기 때문에, 히트싱크가 가지고 있는 열 용량을 초과하게 되면 열전 소자의 고온부에서 발생하는 열을 더 이상 흡수하지 못하며, 재생 과정을 필수적으로 거쳐야 하기 때문에 사용의 연속성이 떨어지는 문제가 있다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0009] (비특허문헌 0001) Tang S-Y, Khoshmanesh K, Sivan V, Petersen P, O'Mullane AP, Abbott D, et al. Liquid metal enabled pump. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2014;111:6.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명에서는 이러한 종래 기술의 문제점을 보다 효과적으로 해결하기 위해, 액체 금속을 이용하여 채널 내에 마란고니 유동(Marangoni flow)을 일으킴으로써, 시간이 지나도 성능이 항상 일정(Steady)하고 유연한 히트싱크 및 이의 제조방법을 제공하자 한다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 일 실시 형태로는 채널(110)이 형성된 시트(100); 및 상기 채널(110)과 연결된 전극(200);을 포함하고, 상기 채널(110)은, 구형의 펌핑부(111); 및 상기 펌핑부(111)와 연결되어 유체가 순환될 수 있도록 관 형상으로 형성된 유동부(113);를 포함하는 유연 히트싱크를 들 수 있다.
- [0013] 상기 시트(100)는, 폴리머로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0014] 상기 전극(200)은, 팔라듐(Pd), 금(Au), 백금(Pt), 알루미늄(Al), 티타늄(Ti) 또는 은(Ag) 중에서 선택되는 어느 하나 이상이며, 상기 유동부(113)는 액체(400)로 채워질 수 있으며, 상기 액체(400)는, 염기성 용액 또는 산성 용액인 것이 바람직하다.
- [0015] 또한, 상기 히트싱크는 시트(100)의 상면에 외측으로 다수 도출되어 형성되는 방열핀을 더 포함할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 다른 실시 형태로는 유연 히트싱크의 제조방법을 들 수 있는데, 채널 모양의 틀에 폴리머 물질을 도포한 후 양생하여, 채널(110)이 형성된 시트(100)을 제조하는 시트 제조단계; 상기 시트 제조단계에서 제조된 시트(100)의 펌핑부(111)에 액체금속을 주입하는 액체금속 주입단계; 상기 시트 제조단계에서 제조된 시트(100)의 유동부(113)에 액체(400)를 주입하는 액체 주입단계; 및 상기 유동부(113)와 연결되는 전극(200)을 형성하는 전극 형성단계;를 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 채널(110)은, 구형의 펌핑부(113); 및 상기 펌핑부(111)와 연결되어 유체가 순환될 수 있도록 관 형상으로 형성된 유동부(113);를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0018] 상기 액체금속 주입단계는, 액체금속을 주입한 후 염산(HCl)을 적신 면봉으로 액체금속의 산화막을 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 폴리머 물질은, 유연한 폴리머 물질인 것이 바람직하며, 상기 액체(400)는, 염기성 용액 또는 산성 용액인 것이 더욱 바람직하다.
- [0020] 또한, 상기 전극(200)은, 팔라듐(Pd), 금(Au), 백금(Pt), 알루미늄(Al), 티타늄(Ti), 구리(Cu) 또는 은(Ag) 중에서 선택되는 어느 하나 이상인 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명의 히트싱크는 액체 금속을 펌프로 이용하여 채널 내에 마란고니 유동(Marangoni flow)을 일으킴으로써, 외부와 열 교환이 항상 일어나 시간이 지나도 성능이 항상 일정(Steady)한 장점이 있다.
- [0023] 또한, 본 발명의 히트싱크는 폴리머 물질로 형성되기 때문에 유연성이 확보되므로 인체 등 다양한 곡면에 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 히트싱크의 사시도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 히트싱크의 단면도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 히트싱크의 작동원리를 도식적으로 나타낸 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 유연 히트싱크를 촬영한 이미지이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 히트싱크의 채널의 열 및 속도를 해석한 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하에서는 본 발명의 실시예와 도면을 참조하여 본 발명을 좀 더 상세히 설명한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위해 예시적으로 제시한 것을 뿐, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되지 않는다는 것은 이 기술분야에서 통상의 지식을 가지는 자에 있어서 자명할 것이다.
- [0027] 또한, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정하여 해석되어서는 아니 되며, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 함을 밝혀둔다.
- [0028] 도면에서 제안된 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여

여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다. 그리고 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

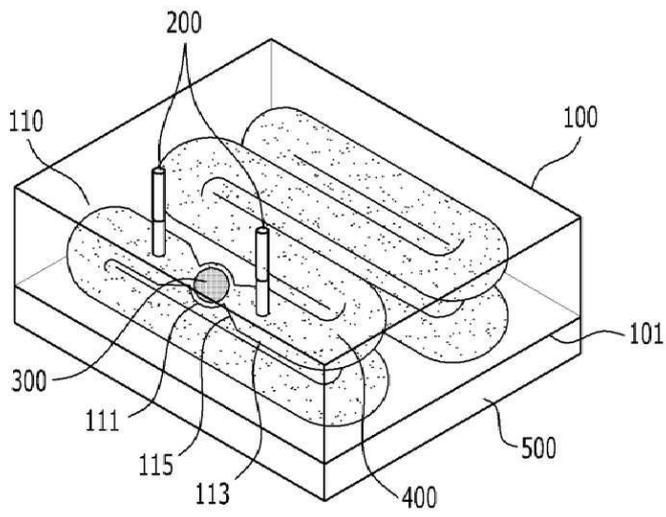
- [0030] 도 1에는 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 히트싱크의 사시도가 도시되어 있으며, 도2 에는 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 히트싱크의 단면도가 도시되어 있다.
- [0031] 도 1 및 2를 참조하여 설명하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 히트싱크는 유연 디바이스를 냉각시키기 위한 것으로, 채널(110)이 형성된 시트(100); 및 상기 채널(110)과 연결된 전극(200);을 포함할 수 있다.
- [0032] 상기 시트(100)는, 도 1에 도시된 것과 같이, 열 접촉 표면(101)을 통해 전자 장치(500)와 접촉하여 전자 장치(500)에서 발생하는 열을 빼앗아 전자 장치의 온도를 일정하게 유지시켜주는 역할을 한다.
- [0033] 이러한 시트(100)는, 전자 장치의 열을 충분히 흡수하면서도 인체 또는 곡면에 적용될 수 있도록, 높은 비열(Cp) 유연성을 가지고 있는 폴리머 물질로 형성될 수 있으며, 바람직하게는 유연한 폴리머 물질로 형성 될 수 있다. 예를 들어, 상기 폴리머 물질은 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane, PDMS), 폴리이미드(polyimide, PI), 폴리에테르술폰(polyethersulphone, PES), 폴리아크릴레이트(polyacrylate, PAR), 폴리에테르 이미드(polyetherimide, PEI), 폴리에틸렌 나프탈레이트(polyethylenen naphthalate, PEN), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate, PET), 폴리페닐렌설파이드(polyphenylene sulfide, PPS), 폴리아릴레이트(polyallylate), 폴리카보네이트(PC) 및 폴리아릴렌에테르술폰(poly(aryleneether sulfone))으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0034] 상기 채널(110)은, 도 1 및 2에 도시된 것과 같이, 구형의 펌핑부(111); 및 상기 펌핑부(111)와 연결되어 유체가 순환될 수 있도록 관 형상으로 형성된 유동부(113)를 포함할 수 있다.
- [0035] 구체적으로, 상기 펌핑부(111)의 일측과 유동부(113)의 일단은 연결되어 있고, 상기 유동부(113)의 타단은 펌핑부(111)의 다른 일측과 연결되어 폐쇄된 구조로 이루어져 있어, 채널(110) 내의 유체가 순환될 수 있는 구조를 이루게 된다.
- [0036] 이러한 유동부(113)는, 도 1에 도시된 것과 같이, 외부와의 접촉면적을 최대화 하여 열 교환이 이루어질 수 있도록 "U"형이 반복되는 형태로 구부러져 형성될 수 있다.
- [0037] 또한, 상기 펌핑부(111)와 유동부(113)는 연결부(115)를 통해 연결될 수 있으며, 이러한 연결부(115)는, 도 2에 도시된 것과 같이, 펌핑부(111)와 연결된 일단에서부터 유동부(113)로 연결된 타단으로 갈수록 직경이 넓어지는 고깔형태로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0038] 상기 펌핑부(111)에는 구형의 펌프(300)가 구비된다. 상기 펌프(300)는 액체금속으로 형성될 수 있으며, 예를 들어, 갈륨-인듐 공융합금(Eutectic-gallium indium alloy) 또는 갈린스탄(Galinstan) 등으로 형성될 수 있다.
- [0039] 갈륨-인듐 공융합금(Eutectic-gallium indium alloy)은 갈륨과 인듐을 일정한 질량비로 합금화 한 것으로, 전기 비저항은 약 $29.4 \mu\Omega\text{-cm}^2$ 으로써 금속의 비저항과 비교하여 큰 차이가 나지 않는다. 이러한 갈륨-인듐 공융합금(Eutectic-gallium indium alloy)은 15.3°C 이상에서는 액체상으로 존재하기 때문에 큰 유연성을 갖는다.
- [0040] 또한, 갈린스탄(Galinstan)은 갈륨, 인듐 및 주석으로 이루어진 합금으로, 녹는점이 -19°C 로 낮아 상온에서는 액체상으로 존재한다.
- [0041] 상기 유동부(113)는 액체(400)로 채워진다. 상기 액체(400)는 염기성 용액 또는 산성 용액일 수 있으며, 예를 들어, 상기 염기성 용액으로는 수산화나트륨(NaOH), 수산화칼륨(KOH), 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$) 또는 수산화리튬(LiOH) 용액 등을 사용할 수 있고, 산성 용액으로는 염산(HCl), 질산(HNO_3), 아세트산(CH_3COOH) 용액 등을 사용할 수 있다.
- [0042] 상기 전극(200)은, 채널(110) 내의 펌프(300)에 일정 전압의 정방향 신호(square wave signal)로 바이어스(bias)를 걸어주기 위한 것으로, 도 1 및 2에 도시된 것과 같이, 펌핑부(111)에 인접한 유동부(113)의 양단에 형성될 수 있다.
- [0043] 이러한 전극(200)의 재질로는 팔라듐(Pd), 금(Au), 백금(Pt), 알루미늄(Al), 티타늄(Ti), 구리(Cu) 또는 은(Ag) 등과 같은 금속이 사용될 수 있다.
- [0044] 또한, 보다 효과적인 열을 외부로 방출하기 위해, 본 발명의 히트싱크는, 상기 시트(100)의 상면에는 시트(10

0)의 외측으로 다수 도출되어 형성되는 방열핀을 더 포함할 수 있다. 이러한 방열핀은 열 전도성이 우수한 알루미늄 합금이나 상기 시트(100)와 동일한 소재인 폴리머 물질로 형성될 수 있다.

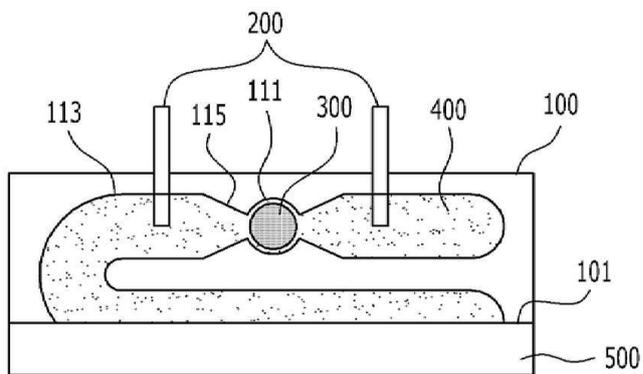
- [0045] 도 3은 본 발명의 유연 히트싱크의 작동 원리를 도식적으로 나타낸 것이다.
- [0046] 도 3을 참조하여 본 발명의 유연 히트싱크의 작동 원리를 설명한다. 본 발명의 펌프(300)는, 염기성 용액 또는 산성 용액과 반응하게 되며, 이에 따라 펌프(300) 겉 표면에 Electro Double Layer(EDL)가 형성된다. 이때, 펌프(300)의 양쪽에 function generator 등으로 일정 전압의 정방향 신호(square wave signal)로 바이어스(bias)를 걸어주게 되면, 마란고니 효과(Marangoni effect)에 의해 양극(+)에서 음극(-)방향으로 액체(400)의 유동이 발생하게 된다.
- [0047] 도 3에 도시된 것과 같이, 본 발명의 일 실시예 따른 유연 히트싱크의 전극(200)에 정방향 신호(square wave signal)로 바이어스(bias)를 걸어주게 되면, 마란고니 효과(Marangoni effect)에 의해 양극(+)에서 음극(-)방향으로 액체(400)의 유동이 발생한다. 이러한 액체(400)의 유동은 전자 장치(500)의 열을 빼앗아 채널(110)을 순환하며 열 교환을 일으키기 때문에, 시트(100) 자체가 가지고 있는 열용량과 상관없이 전극(200)을 통해 바이어스(bias)만 걸어준다면 히트싱크를 연속적(steady)으로 사용할 수 있다.
- [0048] 또한, 본 발명의 유연 히트싱크는, 시트(100)가 유연한 소재인 폴리머 물질로 이루어질 뿐만 아니라, 채널(110)내에 채워지는 물질 또한 액체(400)로 유연성이 확보되므로 인체 등 다양한 곡면에 적용될 수 있다.
- [0050] 한편, 본 발명의 다른 실시예로는 유연 히트싱크의 제조방법을 들 수 있는데, 이러한 유연 히트싱크의 제조방법은 채널 모양의 틀에 폴리머 물질을 도포한 후 양생하여, 채널(110)이 형성된 시트(100)를 제조하는 시트 제조단계; 상기 시트 제조단계에서 제조된 시트(100)의 펌핑부(111)에 액체금속을 주입하는 액체금속 주입단계; 상기 시트 제조단계에서 제조된 시트(100)의 유동부(113)에 용액 액체(400)를 주입하는 액체 주입단계; 및 상기 유동부(113)와 연결되는 전극(200)을 형성하는 전극 형성단계;를 포함한다.
- [0051] 구체적으로, 상기 시트 제조단계에서는 채널 모양의 틀을 준비한 후, 상기 틀에 폴리머 물질을 도포하고 양생하여 시트의 상부 및 하부를 형성하고, 형성된 시트의 상부 및 하부를 폴리머 물질을 통해 이어 붙여 채널(110)이 형성된 시트(100)를 제조한다.
- [0052] 이때, 채널(110)은, 상술된 것과 같이, 구형의 펌핑부(113); 및 상기 펌핑부(111)와 연결되어 유체가 순환될 수 있도록 관 형상으로 형성된 유동부(113);를 포함하는 것이 바람직하다. 또한, 상기 채널 모양의 틀은 3D 프린터 등을 통해 만들 수 있다.
- [0053] 상기 폴리머 물질은, 유연 물질인 것이 바람직하다. 예를 들어 상기 폴리머 물질은, 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane, PDMS), 폴리이미드(polyimide, PI), 폴리에테르술폰(polyether sulphone, PES), 폴리아크릴레이트(polyacrylate, PAR), 폴리에테르 이미드(polyetherimide, PEI), 폴리에틸렌 나프탈레이트(polyethylenenapthalate, PEN), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate, PET), 폴리페닐렌설파이드(polyphenylene sulfide, PPS), 폴리알릴레이트(polyallylate), 폴리카보네이트(PC) 및 폴리알릴렌에테르술폰(poly(aryleneether sulfone))으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0054] 이후, 상기 시트(100)의 펌핑부(111)에 액체금속을 주입하는 액체금속 주입단계를 수행할 수 있다. 상기 액체금속 주입단계에서는 주사기 등을 이용하여 펌핑부(111)에 액체금속을 주입할 수 있다.
- [0055] 이때, 액체금속을 주입한 후 염산(HCl)을 적신 면봉으로 액체금속의 산화막을 제거하는 것이 바람직하다. 액체금속에 산화막이 존재하는 경우에는 액체금속이 시트(100)에 달라 붙게 되어, 상술된 마란고니 유동(Marangoni flow)이 발생하지 않게 되는 문제점이 있다.
- [0056] 상기 액체금속으로는 갈륨-인듐 공융합금(Eutectic-gallium indium alloy) 또는 갈린스탄(Galinstan) 등을 사용할 수 있다.
- [0057] 다음으로, 시트 제조단계에서 제조된 시트(100)의 유동부(113)에 액체(400)를 주입하는 액체 주입단계를 수행할 수 있다. 용액 주입단계는 주사기를 이용하여 주사 바늘을 유동부(113)로 찌러 넣어 액체(400)를 주입하는 방식으로 수행될 수 있다.
- [0058] 상기 액체(400)는 염기성 용액 또는 산성 용액일 수 있으며, 예를 들어, 상기 염기성 용액으로는 수산화나트륨(NaOH), 수산화칼륨(KOH), 수산화칼슘(Ca(OH)₂) 또는 수산화리튬(LiOH) 용액 등을 사용할 수 있고, 산성 용액으로는 염산(HCl), 질산(HNO₃) 또는 아세트산(CH₃COOH) 용액 등을 사용할 수 있다.

도면

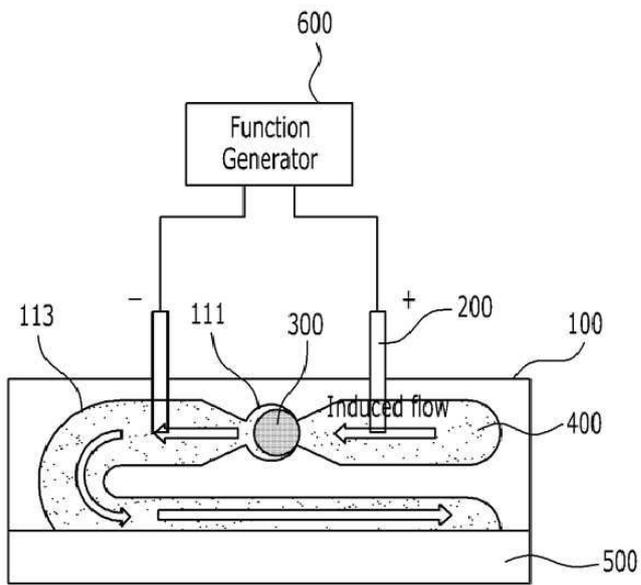
도면1



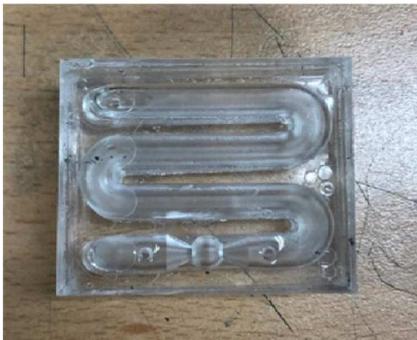
도면2



도면3



도면4



도면5

