

관인생략  
출원번호통지서

출원일자 2014.10.24  
특기사항 심사청구(유) 공개신청(무) 참조번호(P14E590)  
출원번호 10-2014-0144968 (접수번호 1-1-2014-1019181-99)  
출원인명칭 전남대학교산학협력단(2-2004-036577-5)  
대리인성명 이은철(9-2003-000140-0)  
발명자성명 이동원 이광용  
발명의명칭 마이크로-나노 패턴이 형성된 폴리머 미세 유체 채널 및 그 제조방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.  
※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.  
※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 외국으로 출원하고자 하는 경우 PCT 제도(특허·실용신안)나 마드리드 제도(상표)를 이용할 수 있습니다. 국내출원일을 외국에서 인정받고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정받을 수 있습니다.  
※ 제도 안내 : <http://www.kipo.go.kr>-특허마당-PCT/마드리드  
※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12개월, 상표·디자인은 6개월 이내  
※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.  
※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

**【서지사항】**

**【서류명】** 특허출원서

**【참조번호】** P14E590

**【출원구분】** 특허출원

**【출원인】**

**【명칭】** 전남대학교 산학협력단

**【출원인코드】** 2-2004-036577-5

**【대리인】**

**【성명】** 이은철

**【대리인코드】** 9-2003-000140-0

**【포괄위임등록번호】** 2006-019494-8

**【발명의 국문명칭】** 마이크로-나노 패턴이 형성된 폴리머 미세 유체 채널 및 그 제조방법

**【발명의 영문명칭】** POLYMER MICRO-FLUIDIC CHANNEL WITH MICRO-NANO PATTERN AND MANUFACTURING METHOD THEREBY

**【발명자】**

**【성명】** 이동원

**【성명의 영문표기】** LEE DONG WEON

**【주민등록번호】** 701225-1XXXXXX

**【우편번호】** 500-070

**【주소】** 광주광역시 북구 용봉동 300 전남대학교 기계공학과 1A-209

**【국적】** KR

**【발명자】**

**【성명】** 이광용

**【성명의 영문표기】** GUANGYONG LI

**【주소】** 광주광역시 북구 용봉동 300 전남대학교 기계공학과 1A-114

**【국적】** CN

**【심사청구】** 청구

**【공지예외적용대상증명서류의 내용】**

**【공개형태】** 학회발표

**【공개일자】** 2013. 10. 31

**【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】**

**【과제고유번호】** 2012K1A3A1A20031500

**【부처명】** 미래창조과학부

**【연구관리 전문기관】** 한국연구재단

**【연구사업명】** 한-중과학기술협력센터사업

**【연구과제명】** 무전지 센서 기반의 지능시스템 구현을 위한 초소형 발전  
소자 연구

**【기여율】** 1/1

**【주관기관】** 전남대학교 산학협력단

**【연구기간】** 2013.03.01 ~ 2016.02.28

**【취지】** 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 이은철

(서명 또는 인)

**【수수료】**

<b>【출원료】</b>	0 면	46,000 원
<b>【가산출원료】</b>	32 면	0 원
<b>【우선권주장료】</b>	0 건	0 원
<b>【심사청구료】</b>	18 항	935,000 원
<b>【합계】</b>		981,000 원
<b>【감면사유】</b>	전담조직[1]	
<b>【감면후 수수료】</b>		490,500 원
<b>【첨부서류】</b>	1. 공지에외적용대상(신규성상실의예외, 출원시의특례)규정을 적용받기 위한 증명서류_1통	

## 【명세서】

### 【발명의 명칭】

마이크로-나노 패턴이 형성된 폴리머 미세 유체 채널 및 그 제조방법  
 {POLYMER MICRO-FLUIDIC CHANNEL WITH MICRO-NANO PATTERN AND MANUFACTURING  
 METHOD THEREBY}

### 【기술분야】

【0001】 본 발명은 폴리머 미세 유체 채널 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 특히 미세 유체 채널의 표면에 마이크로-나노 패턴이 형성되어 미세 유체 채널 내부를 흐르는 액체 금속이 효율적으로 이동될 수 있는 폴리머 미세 유체 채널 및 그 제조방법에 관한 것이다.

### 【발명의 배경이 되는 기술】

【0002】 일반적으로, 액체로 쉽게 변화할 수 있는 금속인 수은, 갈륨, 주석 등은 열 전도도, 전기 전도도 및 전자 이동도 등의 고유한 물리적 특성으로 인하여 전자장치 등에 폭 넓게 사용되고 있다. 액체금속 중 갈린스탄(Galinstan)은 녹는점이  $-19^{\circ}\text{C}$ 로 68.5% Ga, 21.5% In, 10% Sn으로 이루어진 합금이다. 이 합금은 유독성이 있는 수은을 대체하여 의료용 온도계로 사용되고 있다.

【0003】 이러한 액체 금속으로써 안정성이 높은 갈린스탄은 컴퓨터의 냉각제로 사용되거나 치과용 수은 아말감을 대체할 수 있는 물질로 기대되고 있다. 그러

나, 갈린스탄은 공기중에서 쉽게 산화되어 점성이 있는 젤 형태의 산화물 층이 표면에 형성되는 특징이 있다. 갈린스탄의 표면에 형성된 산화물 층은 점성과 더불어 항복 응력이 발생하지 않는 탄성만 남아 있는 특징이 있어 유동성이 약하여 응용범위가 제한적인 문제점이 있다.

【0004】 액체 금속으로써의 갈린스탄의 유동성을 향상시킬 수 있게 되는 경우, 액체 금속 기반의 기판을 제조할 수 있고 이는 플렉서블 장치에 응용될 수 있다. 따라서, 갈린스탄의 유동성을 향상시키기 위해서는 점성에 의한 표면 접촉력을 약화시키거나 갈린스탄의 산화막을 제거하여야 한다.

【0005】 점성에 의한 표면 접촉력을 약화시키기 위해서는, 초발수 표면을 고려할 수 있다. 초발수 표면에는 접착과 관련하여 표면 자체의 낮은 에너지 특징으로 인하여 타 물질과 잘 접촉되지 않는 특징이 있다. 액체와 고체가 접촉하고 있을 때 액체의 자유 표면이 고체 평면과 이루는 접촉각(Contact Angle)은  $90^\circ$  가 초과하게 될 경우 물과의 친화력이 적은 성질인 소수성(Hydrophobic)으로 볼 수 있고,  $150^\circ$  를 초과하는 경우에는 물과의 친화력이 극히 적은 초소수성(Super-Hydrophobic)으로 볼 수 있다.

【0006】 자연의 생물에는 초소수성을 나타내는 경우가 많은데, 예컨대 연잎, 벼, 양배추, 나비의 날개 등에서 발견되는 초소수성은 자가 세정 및 물이 표면에 젖는 현상을 방지하는 효과가 있다.

【0007】 공학계에서는 이러한 현상들을 모방하기 위하여, 표면의 화학적 구조를 변형시키거나 마이크로 구조체의 형성 등을 통하여 접촉각을 높이는 다양한 시도가 이루어졌다. 또한, 마이크로 구조만으로 접촉각을 높이는 것에는 한계가 있으므로 마이크로 구조체에 나노 패턴이 형성된 마이크로-나노 구조체를 만드는 방법이 시도되었다. 이하, 본 명세서에서는 초소수성 특성을 발현시키기 위하여 마이크로 또는 나노 구조체에 형성된 패턴을 마이크로-나노 패턴이라 한다.

【0008】 마이크로-나노 구조체를 만드는 방법으로는, 포토리소그래피(photo-lithography)공정을 이용할 수 있으며, 다른 방법으로는 모세관 현상을 이용하여 나노 구조체의 형성을 시도한 바 있다.

【0009】 그러나 상기 방법들은 복잡한 공정 과정을 거쳐야 하며, 내구성이 좋지 않아 플렉서블 기판을 제조하기 위한 미세 유체 채널 기판에 적용하기에는 적합하지 못한 문제점이 있다.

【0010】 미세 유체 흐름 조절과 관련된 종래기술로는, 한국공개특허 제10-2005-0028607호가 있다. 상기 선행문헌에는 실리콘 기판 상에 포토레지스트 코팅층을 형성하고, 상기 코팅층을 패터닝 하여 PDMS의 내부에 미세채널을 형성하는 공정을 개시하고 있다.

【0011】 상술한 선행문헌과 같이 종래의 미세 유체 채널은 갈린스탄과 같은 점성이 높은 액체 금속이 사용되기엔 적합하지 못한 문제점이 있다.

**【발명의 내용】****【해결하고자 하는 과제】**

【0012】 따라서 본 발명은 점성이 있는 액체 금속이 흐를 수 있는 폴리머 미세 유체 채널 및 그 제조방법을 제공하고자 한다. 특히, 본 발명은 액체 금속인 갈린스탄의 유동성을 향상시키기 위하여 마이크로-나노 패턴이 형성된 폴리머 미세 유체 채널 및 그 제조방법을 제공하고자 한다.

【0013】 또한, 본 발명은 액체 금속인 갈린스탄의 산화를 방지하여 갈린스탄의 유동성이 향상되는 폴리머 미세 유체 채널을 제공하고자 한다.

**【과제의 해결 수단】**

【0014】 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 폴리머 미세 유체 채널에 관한 것으로, 마이크로-나노 패턴이 형성된 미세 유체 채널; 미세 유체 채널이 형성된 폴리머 기판; 및 미세 유체 채널의 내부로 유체를 주입할 수 있도록 폴리머 기판 상에 형성되는 유체 주입구를 포함하는 것을 일 특징으로 한다.

【0015】 바람직하게, 본 발명은 미세 유체 채널의 내부로 기체를 주입할 수 있도록 폴리머 기판 상에 형성되는 기체 주입구를 더 포함하여, 주입된 유체가 기체의 기압에 의해서 상기 미세 유체 채널을 따라 흐를 수 있도록 한다. 바람직하게, 유체는 액체 금속으로써 갈린스탄(Galinstan)이 사용될 수 있다.

【0016】바람직하게, 미세 유체 채널은 상기 갈린스탄(Galinstan)이 흐를 수 있는 메인 채널 및 상기 메인 채널 내로 증기가 유입될 수 있도록 형성된 보조 채널을 구비할 수 있다. 이 경우, 보조 채널로 주입된 염산의 증기가 상기 메인 채널로 유입됨으로써, 상기 메인 채널을 흐르는 갈린스탄(Galinstan)의 산화막이 제거될 수 있다.

【0017】바람직하게, 미세 유체 채널로 주입되는 유체는 미세 입자를 갖는 유기용액이고, 미세 입자는 흑연(graphite) 또는 산화타이타늄( $TiO_2$ )일 수 있다. 이 경우, 미세 유체 채널은 채널 내부의 표면이 울퉁불퉁(rough)하도록 미세 입자들이 도포될 수 있다. 바람직하게, 폴리머는 폴리다이메틸실록세인(PDMS)일 수 있다.

【0018】또한 본 발명은, 폴리머 미세 유체 채널 제조방법에 관한 것으로, (a) 미세 유체 채널이 양각으로 형성된 주형을 제조하는 단계; (b) 주형의 미세 유체 채널 표면에 마이크로-나노 패턴을 형성하는 단계; 및 (c) 주형에 폴리머 층을 도포하여 경화한 후, 폴리머 층을 분리하여 미세 유체 채널이 음각으로 형성된 폴리머 기판을 제조하는 단계를 포함하는 것을 다른 특징으로 한다.

【0019】바람직하게 (b)단계는, 주형 상에 폴리다이메틸실록세인(PDMS) 용액을 도포하는 단계; 및 PDMS 용액의 도포가 완료되면 냉각 및 응고 과정을 거친 후 종이를 압착 성형하는 단계를 포함하여, 미세 유체 채널 표면에 상기 종이 질감의 마이크로-나노 패턴을 음각 형태로 형성시킬 수 있다.

【0020】바람직하게 본 발명은, (d) 글래스 기판이 코팅된 폴리머 하판을 제조하는 단계; (e) 폴리머 기판의 하부에 폴리머 하판을 결합하는 단계; 및 (f) 폴리머 기판에 형성된 미세 유체 채널의 내부로 미세 입자를 갖는 유기용액을 주입하여, 미세 유체 채널 상에 미세 입자들을 도포하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이 경우, 미세 입자는 흑연(graphite) 또는 산화타이타늄( $TiO_2$ )일 수 있다.

【0021】또한, 본 발명은 폴리머 미세 유체 채널 제조방법에 있어서, (a) 미세 유체 채널이 양각으로 형성된 주형을 제조하는 단계; (b) 주형에 폴리머 층을 도포하여 경화한 후, 폴리머 층을 분리하여 미세 유체 채널이 음각으로 형성된 폴리머 기판을 제조하는 단계; (c) 글래스 기판이 코팅된 폴리머 하판을 폴리머 기판의 하부에 결합하는 단계; 및 (d) 폴리머 기판에 형성된 미세 유체 채널 표면에 마이크로-나노 패턴을 형성하는 단계를 포함하는 것을 또 다른 특징으로 한다.

【0022】이 경우, 바람직하게 (d)단계는, 폴리머 기판에 형성된 미세 유체 채널의 내부로 산 용액(acid solution)을 주입하는 단계를 포함하여, 산 용액(acid solution)과 폴리머의 화학반응에 의해서 폴리머 기판에 형성된 미세 유체 채널의 표면에 마이크로-나노 패턴을 형성할 수 있다. 바람직하게, 산(acid)은 불산

( $HF$ ), 질산( $HNO_3$ ), 황산( $H_2SO_4$ ) 중 어느 하나일 수 있다.

### 【발명의 효과】

【0023】 본 발명에 따르면, 폴리머 미세 유체 채널에 있어서 미세 유체 채널 표면에 마이크로-나노 패턴이 형성되어 갈린스탄과 같은 점성이 있는 액체 금속의 유동성이 확보되는 이점이 있다.

【0024】 또한 본 발명에 따르면, 염산 증기를 이용하여 갈린스탄의 산화막을 제거함으로써 점성이 있는 액체 금속의 유동성이 확보되는 이점이 있다.

### 【도면의 간단한 설명】

【0025】 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 마이크로-나노 패턴이 형성된 폴리머 미세 유체 채널을 도시한 모습이다.

도 2는 (a)종이의 표면, (b)마이크로-나노 패턴의 종이 질감이 형성된 PDMS 표면, (c)마이크로-나노 패턴의 종이 질감과 미세 입자가 도포된 PDMS 표면의 SEM 이미지 모습 및 상기 각각의 표면과 갈린스탄의 점착력을 실험한 모습을 나타낸다.

도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 미세 유체 채널의 구조를 도시한 모습이다.

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 마이크로-나노 패턴이 형성된 폴리머 미세 유체 채널의 제조 단계를 도시한 모습이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 마이크로-나노 패턴이 형성된 폴리머 미세 유체 채널의 제조 단계를 도시한 모습이다.

도 6은 PDMS와 (a)불산, (b)질산, (c)황산을 반응하여 마이크로-나노 패턴이

형성된 PDMS 표면의 SEM 이미지 모습 및 상기 각각의 표면과 갈린스탄의 점착력을 실험한 모습을 나타낸다.

도 7은 액체금속이 기압에 의해 마이크로-나노 패턴이 형성된 폴리머 미세 유체 채널 내부를 이동하는 모습을 나타낸다.

### 【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

【0026】 이하, 첨부된 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다. 다만, 본 발명이 예시적 실시 예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일 참조부호는 실질적으로 동일한 기능을 수행하는 부재를 나타낸다.

【0027】 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 마이크로-나노 패턴이 형성된 폴리머 미세 유체 채널(1)을 도시한 모습이다. 도 1을 참조하면, 폴리머 미세 유체 채널(1)은 미세 유체 채널(20), 폴리머 기관(10), 유체 주입구(40), 유체 배출구(50) 및 기체 주입구(70)를 포함할 수 있다.

【0028】 미세 유체 채널(20)은 채널 내부 표면에 마이크로-나노 패턴(201)이 형성될 수 있다. 마이크로-나노 패턴(201)은 바람직하게 수~수백 마이크로미터 크기의 패턴일 수 있다. 미세 유체 채널(20) 표면에 마이크로-나노 패턴(201)의 구조체가 형성되는 경우, 구조체 내부까지 액체 금속이 들어가지 못하게 되어 표면 마찰력이 급격히 감소하게 된다. 따라서, 본 실시 예에 따른 미세 유체 채널(20) 구조는 갈린스탄(Galinstan)과 같은 점성도가 있는 액체 금속을 채널의 유체로서

사용할 수 있게 된다.

【0029】 이러한 미세 유체 채널(20)은 폴리머 기판(10) 상에 형성된다. 본 실시 예로 폴리머로는 PDMS 소재가 사용될 수 있다. 폴리머 기판(10)은 하부에 폴리머 하판(15)이 결합되어 액체 금속이 흐를 수 있는 미세 유체 채널(20)을 형성한다. 바람직하게, 폴리머 하판(15)은 폴리머 기판(10)과 같은 PDMS 소재가 사용될 수 있으며, 이 경우 폴리머 기판(10)과의 결합이 보다 용이해지는 이점이 있다.

【0030】 명세서에서 사용하는 폴리머 기판(10)이라는 용어는 미세 유체 채널(20)이 형성된 폴리머 층을 의미하며, 기판을 구성하는 상기 폴리머 층의 상하 배치는 변동될 수 있는 것이다. 따라서, 본 실시 예에서 폴리머 하판(15)으로 표현한 제2의 폴리머 층은 결합되는 방향에 따라 폴리머 상판이 될 수 있음은 당업자라면 이해할 수 있을 것이다.

【0031】 유체 주입구(40) 및 유체 배출구(50)는 미세 유체 채널(20)의 내부로 유체를 주입할 수 있도록 폴리머 기판(10) 상에 형성된다. 이 경우, 주입되는 유체는 액체 금속 또는 마이크로-나노 패턴을 형성하기 위한 미세 입자를 갖는 유기용액이 될 수 있다.

【0032】 미세 입자를 갖는 유기용액을 주입하게 되는 경우, 상기 미세 입자

는 흑연(graphite) 또는 산화타이타늄( $TiO_2$ )이 될 수 있다. 유기용액 속의 미세 입자들은 미세 유체 채널(20) 내부에 도포되어 마이크로-나노 패턴(201) 상에 무작위 결정 구조를 갖는 패턴을 형성한다. 이는 미세 유체 채널(20)의 표면을 더

욱 울퉁불퉁하게 하여 액체 금속과의 점착력을 약화시키는 효과가 있다.

【0033】 기체 주입구(70)는 미세 유체 채널(20)의 내부로 기체를 주입할 수 있도록 폴리머 기관(10) 상에 형성된다. 유체 주입구(40)에 주입된 유체는 상기 주입된 기체에 의해서 액적 형태로 제어될 수 있으며, 주입되는 기체의 기압으로 미세 유체 채널을 따라 흐를 수 있다. 본 실시 예로, 상기 기체는 질소, 산소 또는 이를 포함하는 외부 공기일 수 있다.

【0034】 도 2는 (a)종이의 표면, (b)마이크로-나노 패턴의 종이 질감이 형성된 PDMS 표면, (c)마이크로-나노 패턴의 종이 질감과 미세 입자가 도포된 PDMS 표면의 SEM 이미지 모습 및 상기 각각의 표면과 갈린스탄의 점착력을 실험한 모습을 나타낸다.

【0035】 도 2를 참조하면, 일반적인 PDMS 표면(d1), 종이(d2), 종이 질감에 해당하는 마이크로-나노 패턴(201)이 형성된 PDMS 표면(d3) 및 종이 질감에 해당하는 마이크로-나노 패턴(201)과 미세 입자가 도포된 PDMS 표면(d4)에 각각 8 $\mu$ l의 산화 갈린스탄을 떨어뜨린 후 이를 흡착하여 제거하는 과정에서 갈린스탄과 상기 표면들과의 점착력을 확인할 수 있다. 종이 질감에 해당하는 마이크로-나노 패턴(201)과 미세 입자가 도포된 PDMS 표면(d4)에는 흑연(graphite) 입자를 갖는 4 mg/ml의 아세톤 용액이 사용되었다.

【0036】 종이의 표면은 수~수백 나노미터 패턴의 구조체가 존재하여 종이의 질감을 형성한다. (d2)를 참조하면 이러한 나노미터의 패턴이 형성되는 경우, 갈린스탄의 유동성이 확보될 수 있다. 다만, 종이의 질감을 PDMS 표면 상에 형성시키는

과정에서 종이 질감과 완벽히 동일한 나노 구조체를 형성시키지 못할 경우, 흑연 또는 산화타이타늄과 같은 미세 입자를 PDMS상에 도포함으로써 갈린스탄의 유동성이 확보되는 초소수성의 마이크로-나노 패턴(201)을 형성시킬 수 있다.

【0037】 도 2의 실험결과, 일반적인 PDMS 기판(d1) 표면에 비하여 마이크로-나노 패턴(201)이 형성된 표면인 (d2), (d3), (d4)의 표면이 갈린스탄과 점착력이 약하게 나타났다. 특히, 마이크로-나노 패턴(201)의 종이 질감과 미세 입자가 도포된 PDMS 표면(d4)의 경우, 갈린스탄이 잔존물을 남기지 않고 제거된 점을 고려하면, 점성이 존재하는 갈린스탄이 상기 표면에서 유동적으로 이동할 수 있음을 알 수 있다.

【0038】 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 미세 유체 채널(20)의 구조를 도시한 모습이다. 본 실시 예로, 미세 유체 채널(20)에는 메인 채널(203) 및 보조 채널(205)이 구비될 수 있다. 메인 채널(203)은 액체 금속인 갈린스탄이 이동하는 통로이고, 보조 채널(205)은 갈린스탄의 산화를 막기 위한 산 용액이 이동하는 통로이다.

【0039】 보조 채널(205)은 메인 채널(203)을 둘러싸는 형태로 형성됨이 바람직하며, 보조 채널(205)을 흐르는 산 용액은 일 예시로 염산( $HCl$ )일 수 있다. 메인 채널(203)로 갈린스탄이 주입된 후 보조 채널(205)로 염산 용액을 주입하게 되면, 메인 채널(203)과 보조 채널(205) 사이의 관벽으로 염산 증기가 투과되어 갈린스탄의 산화막이 제거될 수 있다.

【0040】 본 실시 예로, 미세 유체 채널(20)의 메인 채널(203)과 보조 채널(205) 사이의 관벽은  $200\mu\text{m}$ 의 두께를 가지고, 보조 채널(205)로 주입되는 염산 용액의 농도는 37wt%인 것이 바람직하다. 이 경우, 폴리머 기판(10)의 상부 표면을 테플론으로 코팅하여 미세 유체 채널(20)에 주입된 염산 용액이 외부로 증발하는 것을 최대한 억제한다.

【0041】 표면의 금속 산화막이 제거된 갈린스탄과 같은 액체 금속은 미세 유체 채널(20) 내에서의 이동이 매우 용이하게 되며, 추가적인 액체 금속의 산화를 최소화하기 위해 기체 주입구(70)를 통하여 질소가 주입될 수 있다. 주입된 질소는 액체 금속의 분리 및 결합 등 액체 금속을 액적 형태로 제어할 수 있으므로, 폴리머 기판(10)은 이러한 제어를 통해 정전용량이 조절될 수 있다.

【0042】 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 마이크로-나노 패턴이 형성된 폴리머 미세 유체 채널의 제조 단계를 도시한 모습이다. 도 4를 참조하면, 폴리머 미세 유체 채널의 제조는 미세 유체 채널(20)이 양각으로 형성된 주형(11)을 제조하는 (a)단계(S101); 주형(11)의 미세 유체 채널(20) 표면에 마이크로-나노 패턴(201)을 형성하는 (b)단계(S103); 및 주형(11)에 폴리머 층을 도포하여 경화한 후, 상기 폴리머 층을 분리하여 상기 미세 유체 채널이 음각으로 형성된 폴리머 기판(10)을 제조하는 (c)단계(S105); 글래스 기판이 코팅된 폴리머 하판(15)을 제조하는 (d)단계(S107); 및 폴리머 기판(10)의 하부에 폴리머 하판(15)을 결합하는 (e)단계(S109)를 포함할 수 있다.

【0043】 (a)단계(S101)는 미세 유체 채널(20)의 몰드를 형성하는 단계이다. 이 경우, 미세 유체 채널(20)은 3D프린터를 통해서 실리콘 웨이퍼 상에 양각으로 제조될 수 있다. 또는, 실리콘 웨이퍼 상에 포토레지스트(PR)를 이용하여 미세 유체 채널(20) 주변을 식각함으로써 형성할 수 있다. 상기 (a)단계(S101)를 통해서 실리콘 웨이퍼 상에 미세 유체 채널(20)이 양각으로 형성된 주형(11)을 제작할 수 있다.

【0044】 (b)단계(S103)는 주형(11)의 미세 유체 채널(20) 표면에 마이크로-나노 패턴(201)을 형성시키는 과정을 수행한다. 보다 상세하게, (b)단계(S103)는 주형(11) 상에 폴리다이메틸실록세인(PDMS) 용액을 도포(13)하고, PDMS 용액의 도포가 완료되면 냉각 및 응고 과정을 거친 후 종이(14)를 압착 성형하여 종이(14) 질감의 마이크로-나노 패턴(201)을 주형(11)에 형성시키게 된다. 이 경우, PDMS 용액(13)의 냉각 및 응고는 종이(14)의 질감이 프린팅 되는 정도로 적절히 조절되어야 한다.

【0045】 (b)단계(S103)가 수행된 결과, 주형(11)의 폴리머(PDMS) 층(13)에는 종이(14)의 질감에 해당하는 마이크로-나노 패턴(201)이 음각으로 식각된 미세 유체 채널(20)이 형성된다. 폴리머 재질 기관에 미세 유체 채널을 형성하는 일반적인 소프트 리소그래피 공정으로는 미세 유체 채널 상에 마이크로-나노 패턴을 형성시킬 수 없다. 따라서, 본 실시 예와 같이 채널이 형성된 주형(11)에 마이크로-나노 패턴(201)을 갖는 종이(14)와 같은 물질을 압착하여 형성시킨 후 스탬핑하는 과정이 필요하다.

【0046】 (b)단계(S103)는 마이크로-나노 패턴(201)을 프린팅하기 위해 종이 (14)를 사용하였으나 이는 일 예시 이며, 마이크로-나노 패턴(201)이 형성된 또 다른 폴리머 층을 스탬핑 함으로써 주형(11) 상에 마이크로-나노 패턴(201)을 형성할 수 있다.

【0047】 다른 실시 예로, 알루미늄을 양극산화 기법으로 산화시키게 되면, 인접하는 오목부 또는 볼록부 사이의 거리가 가시광 파장 이하인 미세 요철 구조 패턴을 갖는 알루미늄이 생성된다. 이러한 알루미늄은 모스-아이 구조라고도 불리우며, 가시광 파장 이하의 나노 패턴이기 때문에 초소수성의 특성을 갖는다. 상기 미세 요철 구조 패턴을 갖는 알루미늄을 주형으로 폴리머 층을 스탬핑 하게 되는 경우, 마이크로-나노 패턴이 형성된 폴리머 층을 제조할 수 있다. 따라서, 상기 실시 예에 따라 제조된 마이크로-나노 패턴을 갖는 폴리머 층을 미세 유체 채널(20)이 형성된 주형(11)에 가압하여 마이크로-나노 패턴(201)이 형성된 주형(11)을 제조할 수 있다. 이 경우, 스탬핑하게 되는 폴리머 층은 주형(11)에 도포된 폴리머 층(13)보다 높은 경도를 갖는 것이 바람직하다.

【0048】 (c)단계(S105)는 마이크로-나노 패턴(201)이 형성된 미세 유체 채널 (20)을 폴리머 층에 전사시키는 단계이다. 보다 상세하게, 미세 유체 채널(20)이 형성된 주형(11)상에 PDMS 층을 도포하여 경화시킨 후, PDMS 층을 분리하여 미세 유체 채널(20)이 음각으로 형성된 폴리머 기판(10)을 제조할 수 있다.

【0049】 (d)단계(S107)는 산소 플라즈마를 통해 글래스 기판을 폴리머 층 (15)에 접착하여 폴리머 하판(15)을 제조하는 단계이다. 이후, (e)단계(S109)는 폴

리머 하판(15)을 폴리머 기판(10) 하부에 결합하여 액체 금속이 흐를 수 있는 미세 유체 채널(20)을 형성한다.

【0050】 바람직한 실시예로 도면에는 도시되지 않았으나 상술한 바와 같이 (e)단계(S109) 이후, 폴리머 기판(10)에 형성된 미세 유체 채널(20)의 내부로 미세 입자를 갖는 유기용액을 주입하여, 미세 유체 채널(20) 상에 미세 입자들을 도포하는 (f)단계가 수행될 수 있다. 미세 입자들이 미세 유체 채널(20) 상에 도포되는 경우, 갈린스탄과 미세 유체 채널(20) 사이에 표면 접착력이 약화되어, 갈린스탄은 미세 유체 채널(20) 내에서 유동성이 향상되게 된다. 이 경우 상기 미세 입자는 흑연(graphite) 또는 산화타이타늄( $TiO_2$ )인 것이 바람직하다.

【0051】 도 5는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 마이크로-나노 패턴이 형성된 폴리머 미세 유체 채널의 제조 단계를 도시한 모습이다. 폴리머 기판(10) 상에 형성된 마이크로-나노 패턴의 미세 유체 채널은 도 4와 같은 스탬핑 공정 외에 화학적 방법을 통해 제조될 수 있다.

【0052】 도 5를 참조하면, 폴리머 미세 유체 채널(1)은 미세 유체 채널(20)이 양각으로 형성된 주형(11)을 제조하는 (a)단계(S201); 주형에 폴리머 층을 도포하여 경화한 후, 폴리머 층을 분리하여 미세 유체 채널(20)이 음각으로 형성된 폴리머 기판(10)을 제조하는 (b)단계(S203); 글래스 기판이 코팅된 폴리머 하판(15)을 폴리머 기판(10)의 하부에 결합하는 (c)단계(S205); 및 폴리머 기판(10)에 형성된 미세 유체 채널(20) 표면에 마이크로-나노 패턴(201)을 형성하는 (d)단계(S20

7)를 포함할 수 있다.

【0053】 도 4와의 차이점으로, (d)단계(S207)는 폴리머 기관(10)에 형성된 미세 유체 채널(20)의 내부로 산 용액(acid solution)을 주입하게 된다. 이 경우, 산 용액(acid solution)과 폴리머의 화학반응에 의해서 미세 유체 채널(20)의 표면에 마이크로-나노 패턴(201)을 형성시키게 된다. 본 실시예로, 상기 산(acid)은 불산( $HF$ ), 질산( $HNO_3$ ), 황산( $H_2SO_4$ ) 중 어느 하나일 수 있다.

【0054】 바람직한 실시예로 도면에는 도시되지 않았으나 (d)단계(S207) 이후, 폴리머 기관(10)에 형성된 미세 유체 채널(20)의 내부로 미세 입자를 갖는 유기용액을 주입하여, 미세 유체 채널 표면(20)에 미세 입자들을 도포하는 (e)단계를 더 수행할 수 있다. 미세 입자를 도포하는 이유는 상술한 바와 같다.

【0055】 도 6은 PDMS와 (a)불산, (b)질산, (c)황산을 반응하여 마이크로-나노 패턴이 형성된 PDMS 표면의 SEM 이미지 모습 및 상기 각각의 표면과 갈린스탄의 점착력을 실험한 모습을 나타낸다.

【0056】 도 6을 참조하면, 일반적인 PDMS의 표면(d1), 49%의 불산과 1분간 반응하여 마이크로-나노 패턴이 형성된 PDMS의 표면(d2), 69%의 질산과 1분간 반응하여 마이크로-나노 패턴이 형성된 PDMS의 표면(d3), 89%의 황산과 1분간 반응하여 마이크로-나노 패턴이 형성된 PDMS 표면(d4)에 각각  $8\mu l$ 의 산화된 갈린스탄을 떨어뜨린 후 이를 흡착하여 제거하는 과정에서 갈린스탄과 상기 표면들과의 점착력을 확인할 수 있다.

【0057】 실험 결과, 89%의 황산을 폴리머와 반응시킨 경우 PDMS 표면의 거칠기가 가장 높게 형성되어, 상기 표면에서 갈린스탄의 유동성이 가장 높아짐을 확인할 수 있다.

【0058】 도 7은 액체금속이 기압에 의해 마이크로-나노 패턴이 형성된 폴리머 미세 유체 채널 내부를 이동하는 모습을 나타낸다. 폴리머 미세 유체 채널(1) 상에서 갈린스탄과 같은 액체 금속은 기체 주입구(70)를 통해서 주입된 외부 공기로 액적 형태로 제어될 수 있으며, 도 7과 같이 공기압에 의해 이동할 수 있다. 도 7의 a는 물리적 스탬핑 방법(도 4)에 의해서 제조된 폴리머 미세 유체 채널(1)을 이동하는 갈린스탄 액적을 나타내며, 도 7의 b는 화학적 산처리 방법(도 5)에 의해서 제조된 폴리머 미세 유체 채널(1)을 이동하는 갈린스탄 액적을 나타낸다.

【0059】 이상에서 대표적인 실시 예를 통하여 본 발명을 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시 예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리 범위는 설명한 실시 예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 특허청구범위와 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태에 의하여 정해져야 한다.

## 【부호의 설명】

- 【0060】 1: 폴리머 미세 유체 채널                      10: 폴리머 기판
- 11: 주형    13: PDMS 층
- 14: 종이    15: 폴리머 하판
- 20: 미세 유체 채널    201: 마이크로-나노 패턴
- 203: 메인 채널    205: 보조 채널
- 40: 유체 주입구    50: 유체 배출구
- 70: 기체 주입구

**【특허청구범위】**

**【청구항 1】**

마이크로-나노 패턴이 형성된 미세 유체 채널;

상기 미세 유체 채널이 형성된 폴리머 기판; 및

상기 미세 유체 채널의 내부로 유체를 주입할 수 있도록 상기 폴리머 기판 상에 형성되는 유체 주입구를 포함하고,

상기 유체는 상기 미세 유체 채널을 따라 흐르는 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널.

**【청구항 2】**

제 1 항에 있어서,

상기 미세 유체 채널의 내부로 기체를 주입할 수 있도록 상기 폴리머 기판 상에 형성되는 기체 주입구를 더 포함하고,

상기 유체는 주입된 상기 기체의 기압에 의해서 상기 미세 유체 채널을 따라 흐르는 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널.

**【청구항 3】**

제 1 항에 있어서,

상기 유체는 액체 금속인 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널.

**【청구항 4】**

제 3 항에 있어서,

상기 액체 금속은 갈린스탄(Galinstan)인 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널.

**【청구항 5】**

제 4 항에 있어서,

상기 미세 유체 채널은 상기 갈린스탄(Galinstan)이 흐를 수 있는 메인 채널 및 상기 메인 채널 내로 증기가 유입될 수 있도록 형성된 보조 채널을 구비하고,

상기 보조 채널로 주입된 염산의 증기가 상기 메인 채널로 유입됨으로써, 상기 메인 채널을 흐르는 갈린스탄(Galinstan)의 산화막이 제거될 수 있는 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널.

**【청구항 6】**

제 1 항에 있어서,

상기 유체는 미세 입자를 갖는 유기용액이고,

상기 미세 입자는 흑연(graphite) 또는 산화타이타늄( $TiO_2$ )인 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널.

### 【청구항 7】

제 1 항에 있어서,

상기 미세 유체 채널은 채널 내부의 표면이 울퉁불퉁(rough)하도록 미세 입자들이 도포된 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널.

### 【청구항 8】

제 1 항에 있어서,

상기 폴리머는 폴리다이메틸실록세인(PDMS)인 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널.

### 【청구항 9】

(a) 미세 유체 채널이 양각으로 형성된 주형을 제조하는 단계;

(b) 상기 주형의 미세 유체 채널 표면에 마이크로-나노 패턴을 형성하는 단계; 및

(c) 상기 주형에 폴리머 층을 도포하여 경화한 후, 상기 폴리머 층을 분리하

여 상기 미세 유체 채널이 음각으로 형성된 폴리머 기판을 제조하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널 제조방법.

### 【청구항 10】

제 9 항에 있어서,

상기 (b)단계는,

상기 주형 상에 폴리다이메틸실록세인(PDMS) 용액을 도포하는 단계; 및

상기 PDMS 용액의 도포가 완료되면 냉각 및 응고 과정을 거친 후 종이를 압착 성형하는 단계를 포함하여,

상기 미세 유체 채널 표면에 상기 종이 질감의 마이크로-나노 패턴을 음각 형태로 형성시키는 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널 제조방법.

### 【청구항 11】

제 9 항에 있어서,

(d) 글래스 기판이 코팅된 폴리머 하판을 제조하는 단계;

(e) 상기 폴리머 기판의 하부에 상기 폴리머 하판을 결합하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널 제조방법.

**【청구항 12】**

제 9 항에 있어서,

(f) 상기 폴리머 기관에 형성된 미세 유체 채널의 내부로 미세 입자를 갖는 유기용액을 주입하여, 상기 미세 유체 채널 표면에 미세 입자들을 도포하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널 제조방법.

**【청구항 13】**

제 12 항에 있어서,

상기 미세 입자는 흑연(graphite) 또는 산화타이타늄( $TiO_2$ )인 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널 제조방법.

**【청구항 14】**

(a) 미세 유체 채널이 양각으로 형성된 주형을 제조하는 단계;

(b) 상기 주형에 폴리머 층을 도포하여 경화한 후, 상기 폴리머 층을 분리하여 상기 미세 유체 채널이 음각으로 형성된 폴리머 기관을 제조하는 단계;

(c) 글래스 기관이 코팅된 폴리머 하판을 상기 폴리머 기관의 하부에 결합하는 단계; 및

(d) 상기 폴리머 기관에 형성된 미세 유체 채널 표면에 마이크로-나노 패턴

을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널 제조방법.

### 【청구항 15】

제 14 항에 있어서,

상기 (d)단계는,

상기 폴리머 기판에 형성된 미세 유체 채널의 내부로 산 용액(acid solution)을 주입하는 단계를 포함하여,

상기 산 용액(acid solution)과 폴리머의 화학반응에 의해서 상기 폴리머 기판에 형성된 미세 유체 채널의 표면에 마이크로-나노 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널 제조방법.

### 【청구항 16】

제 15 항에 있어서,

상기 산(acid)은 불산( $HF$ ), 질산( $HNO_3$ ), 황산( $H_2SO_4$ ) 중 어느 하나

인 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널 제조방법.

**【청구항 17】**

제 15 항에 있어서,

(e) 상기 폴리머 기판에 형성된 미세 유체 채널의 내부로 미세 입자를 갖는 유기용액을 주입하여, 상기 미세 유체 채널 표면에 미세 입자들을 도포하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널 제조방법.

**【청구항 18】**

제 9 항 또는 제 14 항에 있어서,

상기 폴리머는 폴리다이메틸실록세인(PDMS)인 것을 특징으로 하는 폴리머 미세 유체 채널 제조방법.

**【요약서】****【요약】**

본 발명은, 폴리머 미세 유체 채널에 관한 것으로, 마이크로-나노 패턴이 형성된 미세 유체 채널; 미세 유체 채널이 형성된 폴리머 기판; 및 미세 유체 채널의 내부로 유체를 주입할 수 있도록 폴리머 기판 상에 형성되는 유체 주입구를 포함한다.

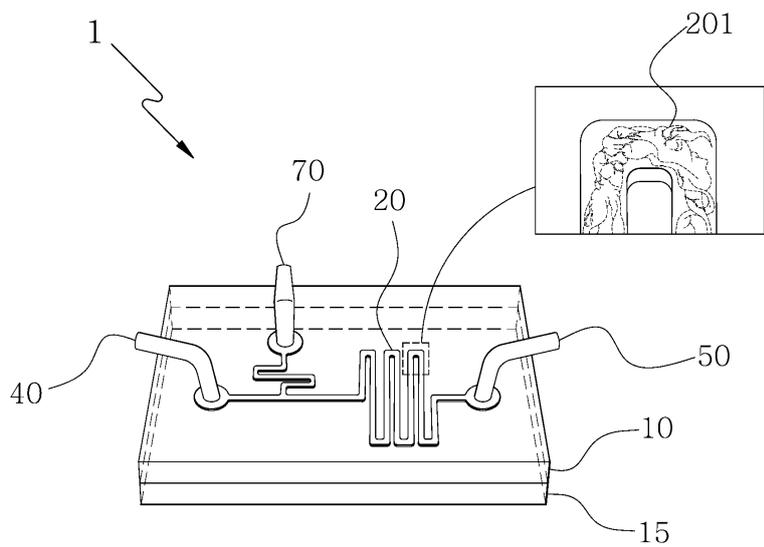
본 발명에 따르면, 미세 유체 채널 상에 마이크로-나노 패턴이 형성되어 갈린스탄과 같은 점성이 있는 액체 금속이 흐를 수 있는 이점이 있다.

**【대표도】**

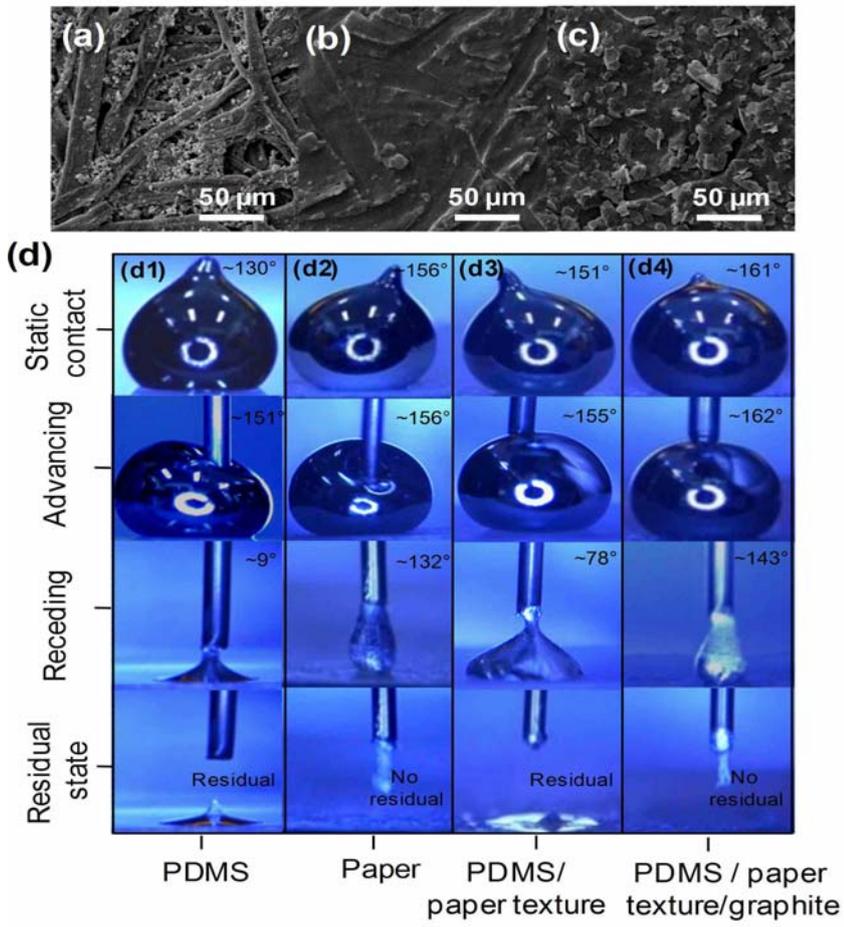
도 1

【도면】

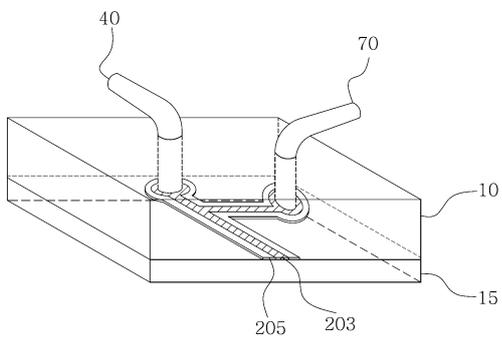
【도 1】



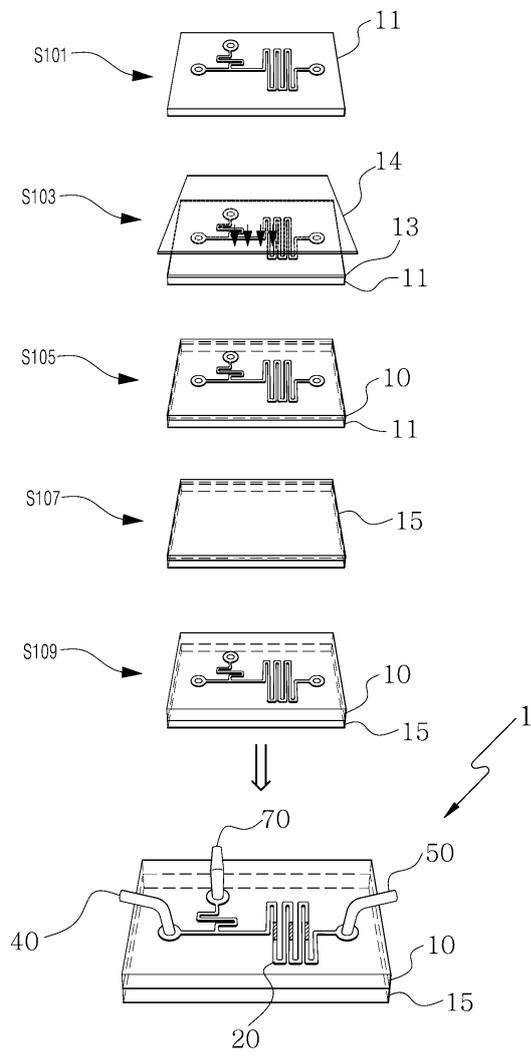
【표 2】



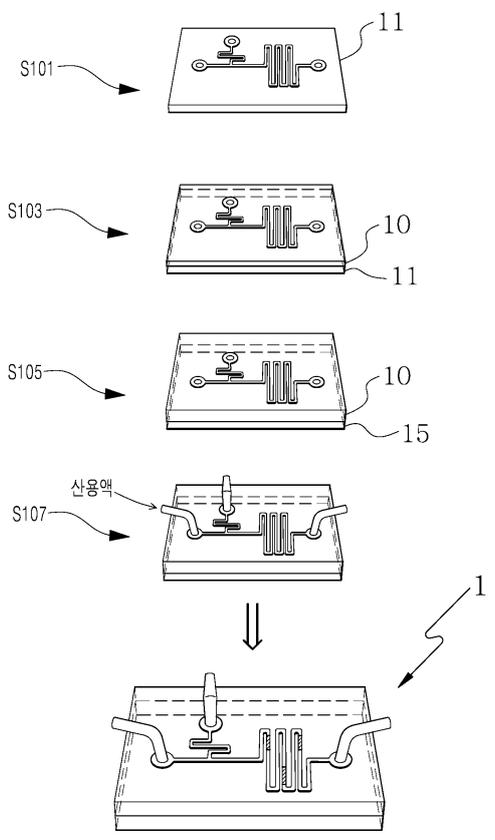
【표 3】



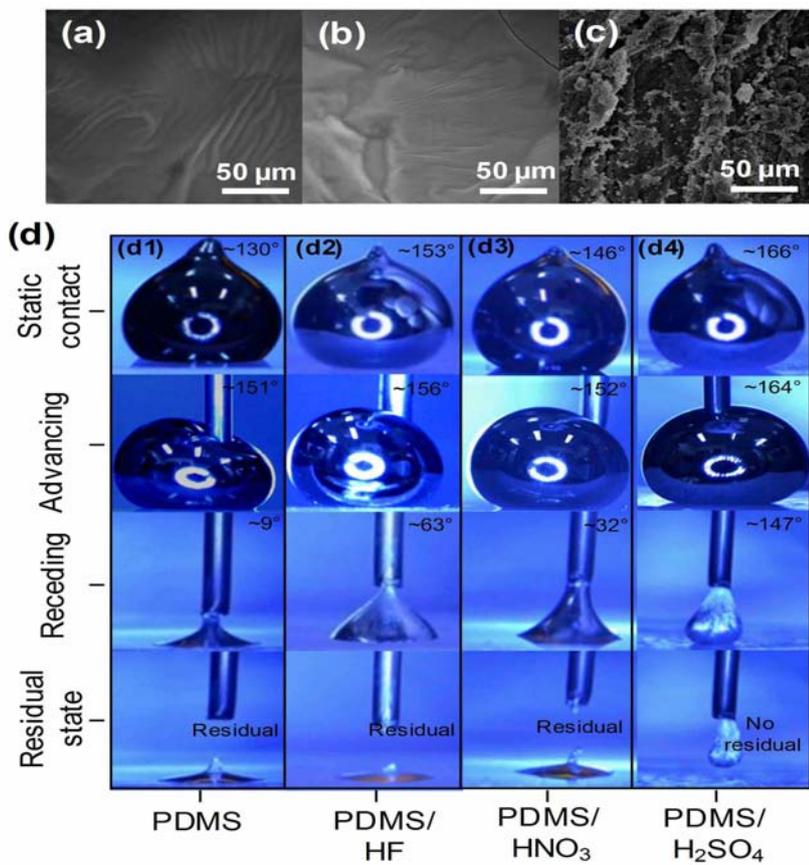
【도 4】



【도 5】



【図 6】



【도 7】

