



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0089458
(43) 공개일자 2019년07월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3213 (2006.01) H01L 21/48 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/32134 (2013.01)
H01L 21/4828 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0007972
(22) 출원일자 2018년01월22일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
서울대학교산학협력단
서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
고상근
서울특별시 관악구 성현로 80, 140동 801호(봉천동, 관악드림타운아파트)
김도윤
서울특별시 영등포구 영중로 154, 105동 602호(영등포동8가, 당산 푸르지오)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
박영우

전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 액체 금속 패터닝 방법, 액체 금속 패터닝 장치 및 액체 금속을 포함하는 기판

(57) 요약

액체 금속 패터닝 방법은 스트레칭 가능한 기판 상에 액체 금속을 액체 금속 패터닝 장치를 이용하여 프린팅 하여 액체 금속 패턴을 형성 후, 상기 액체 금속 패턴과 상기 스트레칭 가능한 기판을 단 방향으로 늘려 상기 액체 금속 패턴의 폭을 감소 시킨다.

대표도 - 도4

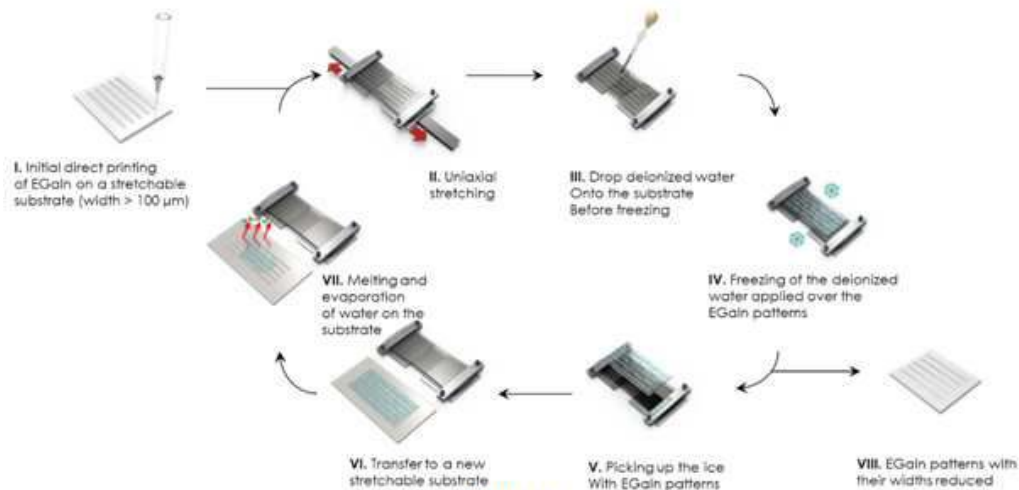


Figure 4

(72) 발명자

윤용

서울특별시 강남구 광평로19길 15, 109동 1403호(일원동, 목련타운아파트)

이정철

서울특별시 강남구 삼성로64길 5, 107동 803호(대치동, 대치현대아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017R1D1A1B03028566

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 이공학개인지초연구지원사업

연구과제명 액체금속 기반의 다층 구조 유연 기판을 적용한 웨어러블 센서 디바이스 개발

기 여 율 1/1

주관기관 서울대학교

연구기간 2017.06.01 ~ 2018.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

액체 금속 패터닝 장치를 이용하여, 스트레칭 가능한 기판 상에 액체 금속을 프린팅 하여 액체 금속 패턴을 형성하는 단계; 및

상기 액체 금속 패턴과 상기 스트레칭 가능한 기판을 단 방향으로 늘려 상기 액체 금속 패턴의 폭을 감소시키는 단계를 포함하는 액체 금속 패터닝 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 액체 금속 패터닝 방법, 상기 액체 금속 패터닝 방법을 수행하기 위한 액체 금속 패터닝 장치 및 상기 액체 금속 패터닝 방법에 의해 형성된 액체 금속을 포함하는 기판에 관한 것으로, 보다 상세하게는 미세 패턴을 형성하기 위한 액체 금속 패터닝 방법, 상기 액체 금속 패터닝 방법을 수행하기 위한 액체 금속 패터닝 장치 및 상기 액체 금속 패터닝 방법에 의해 형성된 액체 금속으로 형성된 미세 패턴을 포함하는 기판에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 들어, 웨어러블 전자기기의 출현으로 인하여, 유연하고 접을 수 있으며 신축성 있는 장치에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 이러한 전자기기를 이루는 대다수의 전자회로는 고체이기 때문에 일정이상의 변형률을 견딜 수가 없다. 이를 해결하기 위한 연구가 진행되고 있다.

[0003] 예를 들면, 액체 금속을 이용하여 전자 회로를 구성하여 플렉시블 장치를 만드는 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0004] 액체 금속은 낮은 녹는점으로 인하여 상온에서 액체 상태로 존재하며 낮은 저항과 그리고 낮은 점도를 가진다. 이러한 특성을 이용하여 유연한 기판에 전자 회로를 구성할 경우 인장이나 굽힘과 같은 특수한 상황에서도 회로의 연결이 끊어지지 않고 전기적인 커넥션의 유지가 가능하다. 그러나, 액체 금속을 이용하여 패턴을 형성하는 데는 어려움이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국 등록 특허 제10-1635849호, 대한민국 등록 특허 제10-1687371호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 이에 본 발명의 기술적 과제는 이러한 점에서 착안된 것으로, 본 발명의 목적은 미세 패턴을 형성할 수 있는 액체 금속 패터닝 방법을 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명의 다른 목적은 상기 액체 금속 패터닝 방법을 구현하기 위한 액체 금속 패터닝 장치를 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 액체 금속 패터닝 방법을 이용하여 형성된 액체 금속을 포함하는 기판을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 액체 금속 패터닝 방법은 스트레칭 가능한 기판 상에 액체 금속을 액체 금속 패터닝 장치를 이용하여 프린팅 하여 액체 금속 패터를 형성 후, 상기 액체 금속 패터와 상기 스트레칭 가능한 기판을 단 방향으로 늘려 상기 액체 금속 패터의 폭을 감소 시킨다.

[0010] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 액체 금속 패터닝 장치는 과라틴 코팅된 바늘, 디스펜서, 3축 모터 스테이지, 레이저 센서를 통한 거리 피드백 시스템, 전자식 압력 조절기를 이용한 압력 피드백 시스템으로 구성된다. 패터 폭이 균일한 액체 금속 패터닝을 하여 프린팅 안정도 향상 및 경사진 평면과 곡면 등의 기판에 액체 금속을 프린팅한다.

[0011] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위한 일 실시예에 따른 액체 금속을 포함하는 기판은 스트레칭 되는 기판위에 패터 된 액체 금속과 기판을 단 반향으로 늘려 액체 금속 패터의 폭을 감소 시킨다.

발명의 효과

[0012] 본 발명의 실시예들에 따른 액체 금속 패터닝 방법, 액체 금속 패터닝 장치 및 액체 금속을 포함하는 기판에 따르면, 일정한 폭을 가지는 액체 금속 프린팅이 가능하다. 또한, 곡면 또는 경사진 기판에 액체 금속 패터닝 가능하다. 또한, 액체 금속을 상변화 하여 다른 기판에 이송하는 새로운 방식 확립이 가능하다. 또한, 패터의 폭을 줄임으로서 기존에 불가능했던 마이크로 이하의 폭을 가지는 액체 금속 패터닝 가능하다.

[0013] 다만, 본 발명의 효과는 상기 효과들로 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 센서와 전자식 압력 조절기 3축 스테이지와 과라틴 코팅된 바늘로 구성된 액체 금속 패터닝 장치를 나타낸 도면이다.

도 2는 거리 피드백 및 압력 피드백 적용 여부 조건에 따라, 기판에 프린팅된 액체 금속의 사진들이다.

도 3a는 비교예 및 본 발명의 실시예에 따른 액체 금속 패터닝 장치들의 바늘의 재질과 액체 금속 간 접촉각을 측정한 사진 및 프린팅 진행시의 바늘들의 사진들 이다.

도 3b는 도 1에서 설명한 액체 금속 패터닝 장치를 이용하여 프린팅된 액체 금속을 보여주며, 확대된 사진은 액체 금속을 SEM(Scanning Electron Microscope) 으로 확대하여 찍은 사진이다

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 폭을 줄이는 액체 금속 패터닝 방법에 대한 공정도를 나타낸다.

도 5는 도 4의 액체 금속 패터닝 방법을 반복적으로 실행한 결과 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 이하, 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 보다 상세하게 설명하기로 한다.

[0016] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 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.

[0017] 액체 금속으로 마이크로 레벨의 도선을 구성할 경우 휘거나 늘어나는 외력조건에서도 전기적인 커넥션의 유지가 가능하다. 이를 이용하여 본 발명에서는 마이크로 레벨의 도선을 가지는 초소형 플렉서블 PCB 또는 플렉서블 센서를 구성할 수 있다.

[0018] EGaIn은 갈륨과 인듐을 합성하여 만든 액체 금속으로서, 독성이 및 반응성이 낮으며, Ga 에 의하여 생성된 산화막에 의하여 높은 표면장력을 가진다. 이를 이용하여 direct writing, stencil lithography, imprint lithography, microfluidic injection 등과 같이 다양한 방식으로 액체금속을 회로화 하는 패터닝이 가능하다. 다만, 높은 표면장력은 패터의 모양을 유지해주는 장점을 가지지만 패터닝을 수십마이크로 이하로 하기 힘들다는 단점 또한 가지고 있다. 현재까지 imprint lithography를 통하여만 한 자릿수의 마이크로 패터닝이 시연되었으며 이 또한 lithography로 제조된 PDMS 몰드 제작을 필요로 한다.

[0019] 한편, 액체 금속의 일종으로 갈린스탄(Galinstan)은 상온에서 액체 상태로 존재한다. 갈린스탄은 68.5% 갈륨(Ga), 21.5% 인듐(In), 10% 주석(Sn)으로 이루어진 합금이다. 이 합금은 유독성이 있는 수은을 대체하여 의약품

온도계로 사용되고 있다. 또한, 공융 갈륨-인듐 합금(eGain; eutectic Galium-Indium Alloy), 상표명 ‘Galistan’의 갈륨-인듐-주석 합금, 인달로이(Indalloy) 등의 액체금속은 높은 전기 전도성을 갖기 때문에 종래 독성의 수은을 대체할 수 있는 비독성 물질로서 반도체 소자의 미세 패턴을 형성하는 경우 등에 이용될 수 있다. 특히, 공융 갈륨-인듐 합금은 융점이 15℃ 미만이어서 상온에서 액체상태를 유지할 뿐만 아니라 대기 중에 노출 되면 산화막을 형성함으로써 비금속 재질의 표면에 대해서도 높은 젖음성(wettability)을 갖게 된다. 공융 갈륨-인듐 합금은 이러한 표면 산화막에 의해 그 형태를 유지한 상태에서 안정적으로 독립된 구조체를 형성할 수 있다.

- [0020] 본 발명의 실시예들에 따르면, lithography 방식으로 준비된 PDMS 몰드를 사용하지 않고 액체 금속의 상변화와 신축성 있는 기관 그리고 direct writing patterning을 이용하여 단일 자릿수의 마이크로 액체 금속 패턴링을 할 수 있는 새로운 패턴링 방식을 구현할 수 있다.
- [0021] 예를 들면, 먼저, 신축성 있는 기관 위에 direct writing을 통하여 패턴링이 진행된 액체 상태의 액체 금속 패턴을 폭을 줄이기 위해 기관과 함께 늘린 후 탈 이온 수와 함께 얼어 붙였다. 이후 폭이 줄어든 액체 금속 패턴과 얼음블록을 간단하게 들어올려 변형이 늘리지 않은 새로운 신축성 있는 기관에 올려 놓은 후, 얼음을 오븐을 이용하여 증발 시켜 액체 금속 패턴만이 남도록 하였다. 이러한 순차적인 프로세스를 통하여 원하는 액체 금속 패턴을 획득할 때까지 반복 진행하였다.
- [0022] <액체 금속 패턴링 장치>
- [0023] 3축 모터 스테이지와 레이저 센서 전자식 압력 조절기를 이용한 액체 금속 직접 분사 프린팅 기법을 구현할 수 있다.
- [0024] 파라핀 코팅 된 바늘을 이용한 액체 금속 프린팅 기법을 구현할 수 있다.
- [0025] 파라핀 코팅된 바늘, 디스펜서, 3축 모터 스테이지, 레이저 센서를 통한 거리 피드백 시스템, 전자식 압력 조절기를 이용한 압력 피드백 시스템으로 구성되어진 액체 금속 패턴링 장치(액체 금속 분사 프린팅 시스템)을 이용하여 패턴 폭이 균일한 액체 금속 패턴링을 하여 프린팅 안정도 향상 및 경사진 평면과 곡면 등의 기관에 액체 금속을 프린팅할 수 있다.
- [0026] 파라핀 코팅된 바늘을 이용하여 액체 금속을 프린팅 진행 함으로서 액체 금속이 바늘 표면에 붙는 것이 방지될 수 있다. 또한, 바늘에 다양한 코팅을 하여, 이를 이용한 액체 금속을 프린팅할 수 있다.
- [0027] 거리 정보 피드백을 이용한 다(多) 자유도 액체 금속 프린팅 시스템을 구현할 수 있다.
- [0028] 거리 피드백 및 압력 피드백과 같은 시스템과 파라핀으로 코팅된 바늘을 이용하여 액체 금속 프린팅 시스템을 구현할 수 있다.
- [0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이저 센서와 전자식 압력 조절기 3축 스테이지와 파라핀 코팅된 바늘로 구성된 액체 금속 패턴링 장치를 나타낸 도면이다.
- [0030] 도 1의 (좌측)에서 전자식 압력 조절기(Electronic Pressure regulator)는 액체 금속이 디스펜서에서 일정하게 나올 수 있도록 압력을 일정하게 조절해주며, (압력 피드백) x, y, z 축 모터 스테이지(Motorized stage)는 기관(substrate)의 원하는 위치에 패턴링 가능하도록 움직이는 역할을 수행한다.
- [0031] 예를 들면, 전자식 압력 조절기는 흡입되는 유체의 압력을 측정하는 검출 센서, 토출되는 유체의 압력을 검출하는 검출 센서, 토출량을 조절하는 전자 밸브 등을 포함하여, 사용자가 원하는 압력을 설정기를 이용하여 입력하면 전자밸브의 개도량이 조절되어 압력조절을 쉽고 정확하게 할 수 있다.
- [0032] 도 1의 (우측)에서 레이저 센서(laser sensor)는 기관과의 간격을 계속 측정하며, 측정된 값을 통하여 z 모터 스테이지가 실시간으로 반응하도록 설계되어 기관과 액체 금속이 토출 되는 거리(gap distance)를 일정하게 유지 가능하다. (거리 피드백)
- [0033] 도 1의 (우측)에서 파라핀 코팅된 바늘(Paraffin coated Dispensing needle)은 액체 금속이 산화되어 바늘에 붙는 것을 방지하여 패턴(liquid metal pattern)이 끊어지지 않고 계속해서 진행 가능하게 한다
- [0034] 도 2는 거리 피드백 및 압력 피드백 적용 여부 조건에 따라, 기관에 프린팅된 액체 금속의 사진들이다.
- [0035] 도 2의 I은 거리 피드백과 압력 피드백이 안되는 조건에서 표면 높이가 불안정한 기관에 프린팅 된 액체 금속 사진이며, 도 2의 II는 거리 피드백 기능이 작동되고 있는 상태 외에는 도 2의 I과 동일한 조건에서 프린팅이

진행된 액체 금속 사진이다. 도 2의 III은 거리 및 압력 피드백 기능이 전부 작동되고 있는 상태 외에는 도 2의 I과 동일한 조건에서 프린팅이 진행된 액체 금속 사진이다

- [0036] 도 3a는 비교예 및 본 발명의 실시예에 따른 액체 금속 패터닝 장치들의 바늘의 재질과 액체 금속 간 접촉각을 측정한 사진 및 프린팅 진행시의 바늘들의 사진들 이다.
- [0037] 도 3a의 I은 바늘 재질과 액체 금속 간의 접촉각을 측정한 그림 이며 도 3a의 II는 바늘 재질 위에 파라핀 코팅을 진행 한 후 액체 금속과의 접촉각을 측정한 그림이다.
- [0038] 도 3a의 III 은 비교예의 액체 금속 패터닝 장치를 이용하여 액체 금속을 프린팅할 때 바늘 부위를 나타낸 사진이다.
- [0039] 도 3a의 IV 는 본 발명의 실시예에 따른 액체 금속 패터닝 장치를 이용하여 액체 금속을 프린팅할 때 바늘 부위를 나타낸 사진이다.
- [0040] 도 3b는 도 1에서 설명한 액체 금속 패터닝 장치를 이용하여 프린팅된 액체 금속을 보여주며, 확대된 사진은 액체 금속을 SEM(Scanning Electron Microscope) 으로 확대하여 찍은 사진이다
- [0041] <액체 금속 패터닝 방법>
- [0042] 미세 패턴을 위한 액체 금속 패터닝 및 패턴 폭을 일정하게 하기 위한 액체 금속 프린팅 방법이 제공될 수 있다.
- [0043] 스트레칭 되는 기판(stretchable substrate) 위에 패턴 된 액체 금속과 기판을 단 반향으로 늘려 액체 금속 패턴의 폭을 감소 시킬 수 있다.
- [0044] 액체 금속을 다른 기판에 옮기는 공정이 제공될 수 있다.
- [0045] 일 실시예에 따르면, 상온에서 액체 상태인 액체 금속을 옮기기 위해 고체 상태로 상변화를 시켜 다른 늘어나지 않은 기판에 이송할 수 있다. 예를 들면, 테이프를 이용한 고체 상태로 상변화한 금속 이송할 수 있다.
- [0046] 상기 방식 외에도 액체 금속과 DI water를 동시에 열려 이송 가능한 면적을 늘려 다른 늘어나지않은 기판에 이송할 수 있다.
- [0047] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 액체 금속 폭을 줄이는 액체 금속 패터닝 방법에 대한 공정도를 나타낸다.
- [0048] 도 4의 I은 제1도에서 도시한 액체 금속 직접 프린팅 방식을 이용하여 패터닝하는 모습이다.
- [0049] 도 4의 II는 프린팅된 액체 금속을 기판과 함께 늘리는 모습을 나타낸다.
- [0050] 도 4의 III과 IV는 늘어난 액체 금속위에 탈 이온 수를 흘려 어는점 이하에서 고체 상태로 만드는 과정을 나타낸다.
- [0051] 도 4의 V는 열려진 액체 금속과 탈 이온 수를 기존의 기판에서 분리시키는 과정을 나타낸다.
- [0052] 도 4의 VI와VII는 분리된 열려진 액체 금속과 탈 이온 수를 다른 늘어나지 않은 기판에 이송한 후 탈 이온 수만 증발 시켜 액체 금속 패턴만 남기는 과정을 나타낸다.
- [0053] 도 4의 II-VII 과정을 반복하여 도 4의 VIII 과 같은 원하는 줄어드는 폭을 가지는 액체 금속을 얻을 수 있다.
- [0054] 도 5는 도 4의 액체 금속 패터닝 방법을 반복적으로 실행한 결과 사진이다.
- [0055] 도 5의 (상부)에서 $n=1$ 은 직접 분사 시스템을 이용하여 프린팅된 액체 금속이며 도 4의 방법을 한번 반복 할 때 마다 n 이 1씩 증가하며, n 이 증가 할 때마다 패턴된 액체 금속의 폭이 계속해서 줄어드는 것을 확인 할 수 있다.
- [0056] 도 5의 (하부 좌측)은 초기 직접분사 시스템을 이용하여 액체 금속을 프린팅한 결과를 SEM으로 찍은 사진이며 (하부 우측)은 도 4의 패터닝 방식을 7번 반복하여 줄어드는 폭을 가지는 액체 금속 패턴을 SEM으로 찍은 사진이다.
- [0057] 즉, 상기 초기 직접분사 시스템을 이용하여, 신축성 있는 기판 위에 direct writing을 통하여 패터닝이 진행된 액체 상태의 액체 금속 패턴을 폭을 줄이기 위해 기판과 함께 늘린 후 탈 이온 수와 함께 열어 붙였다. 이후 폭이 줄어든 액체 금속 패턴과 얼음블록을 간단하게 들어올려 변형이 늘리지 않은 새로운 신축성 있는 기판에 올려 놓은 후, 얼음을 오븐을 이용하여 증발 시켜 액체 금속 패턴만이 남도록 하였다. 이러한 순차적인 프로세스

를 통하여 원하는 액체 금속 패턴을 획득할 때까지 반복 진행하였다.

[0058] <액체 금속을 포함하는 기관>

[0059] 스트레칭 되는 기관위에 패턴 된 액체 금속과 기관을 단 반향으로 늘려 액체 금속 패턴의 폭을 감소 시킬 수 있다.

[0060] 본 발명의 실시예들에 따르면, 액체 금속 패턴링 방법, 액체 금속 패턴링 장치 및 액체 금속을 포함하는 기관은 플렉서블 기관, 플렉서블 센서, 마이크로 기관, 마이크로 센서, 웨어러블 디바이스 등에 이용할 수 있다.

[0061] 이상 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

도면1

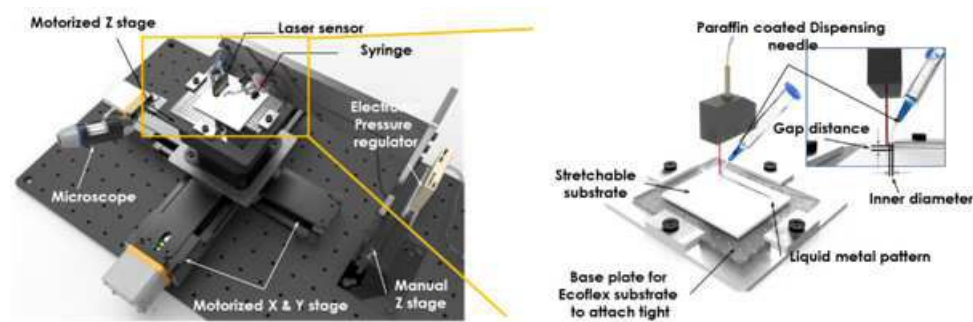


Figure 1

도면2

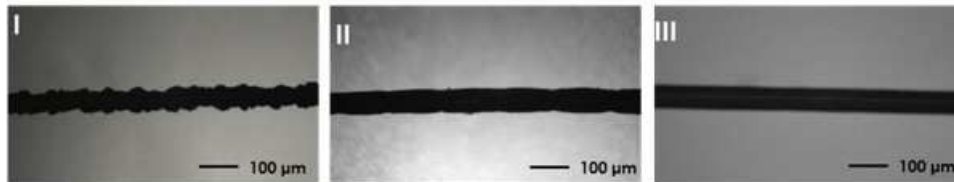
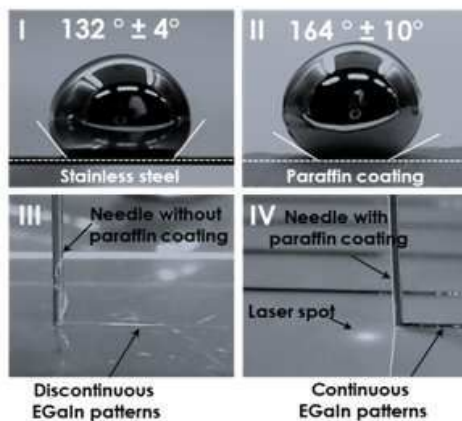
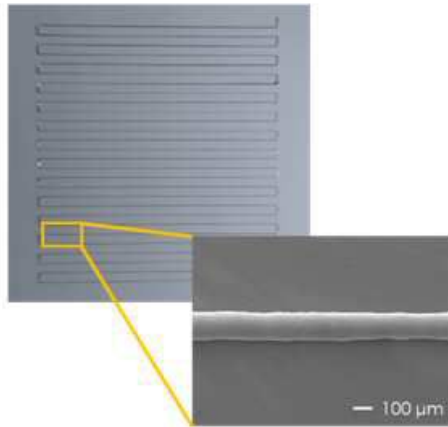


Figure 2

도면3a



도면3b



도면4

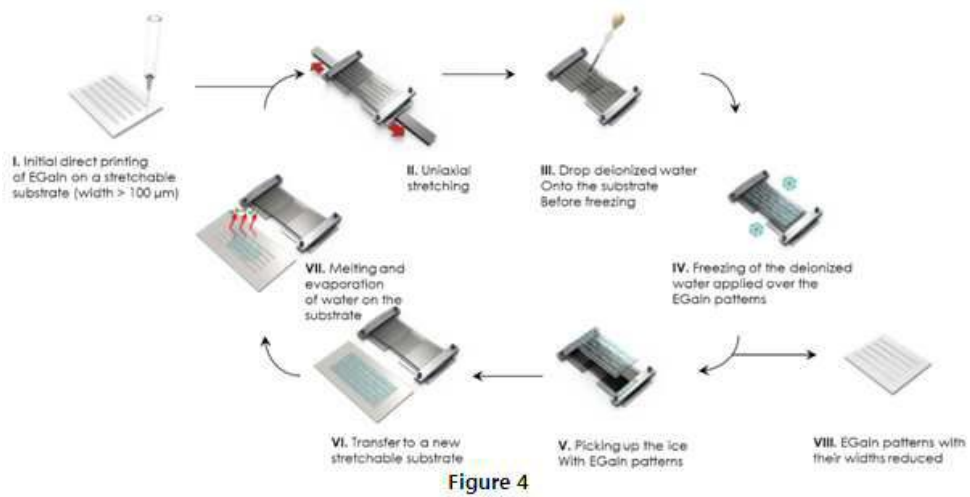


Figure 4

도면5

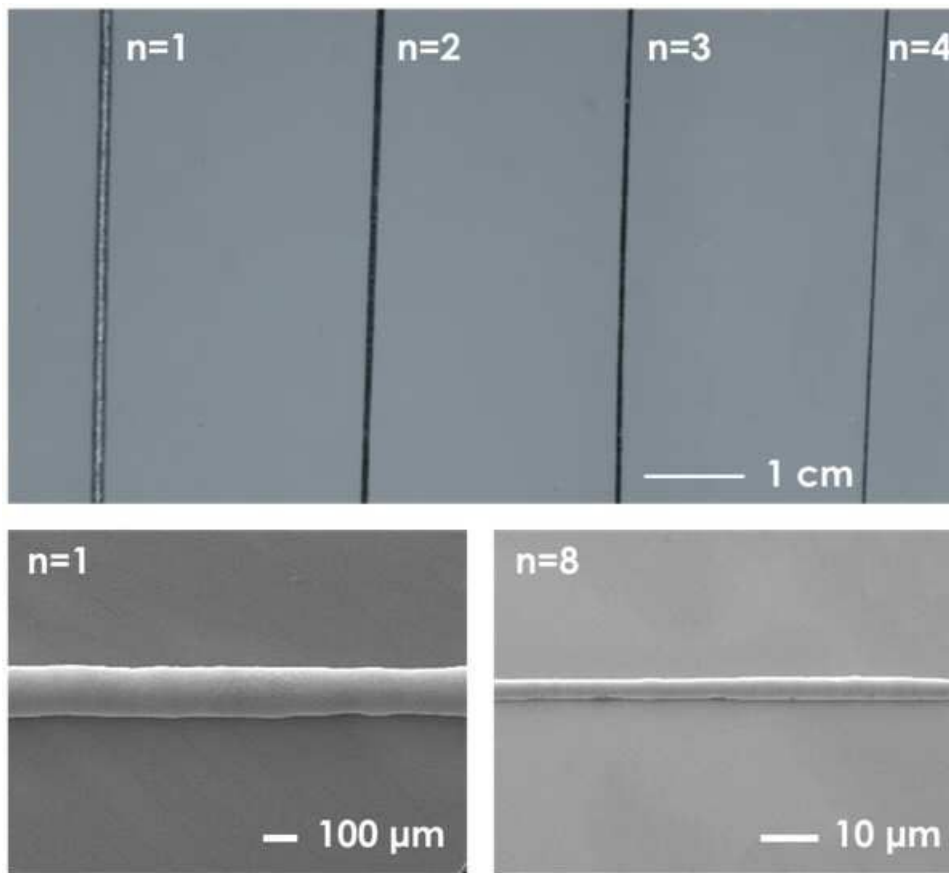


Figure 5