



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0081872
(43) 공개일자 2017년07월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 41/27 (2013.01) H01L 41/09 (2006.01)
H01L 41/193 (2006.01) H01L 41/29 (2013.01)
H01L 41/312 (2013.01) H01L 41/317 (2013.01)
H01L 41/43 (2013.01) H01L 41/45 (2013.01)

(52) CPC특허분류

H01L 41/27 (2013.01)
H01L 41/09 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0000848

(22) 출원일자 2016년01월05일

심사청구일자 2016년01월05일

기술이전 희망 : 기술양도

(71) 출원인

울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)

(72) 발명자

최승태
부산광역시 해운대구 센텀중앙로 145, 108동 160
4호 (재송동, 더샵센텀파크1차아파트)

(74) 대리인

김중선, 이형석

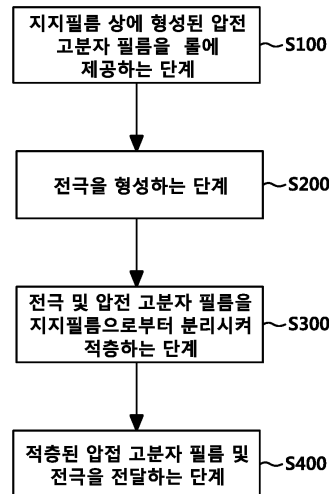
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 **물투를 공법을 이용한 적층형 전기활성 고분자 구동기의 제조 방법 및 그 제조 방법에 의해 제조된 구동기**

(57) 요약

본 발명은 적층형 압전(piezoelectric) 또는 전왜(electrostrictive) 고분자 구동기 및 제조 방법에 관한 것으로, 본 발명의 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기의 제조 방법은 물투를 공정용 이용하여 제조 공정 및 시간을 단축할 수 있고, 본 발명의 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기는 적층된 전극의 정렬도를 향상시킴으로써 전극간 접촉이 용이한 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기를 제공할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 41/193 (2013.01)

H01L 41/29 (2013.01)

H01L 41/312 (2013.01)

H01L 41/317 (2013.01)

H01L 41/43 (2013.01)

H01L 41/45 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

지지필름 및 상기 지지필름 상에 형성된 압전(piezoelectric) 또는 전왜(electrostrictive) 고분자 필름을 제1 및 제2 롤 사이에 제공하는 제공단계;

상기 압전 또는 전왜 고분자 필름 상에 전극을 형성하는 전극형성단계; 및

제 3롤이 회전하면서 상기 전극 및 압전 또는 전왜 고분자 필름을 상기 지지필름으로부터 분리시켜 적층하는 분리적층단계;를 포함하는 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제공단계는,

상기 지지필름 상에 압전 또는 전왜 고분자 용액을 도포하는 도포단계;

상기 용액의 용매를 휘발시켜서 압전 또는 전왜 고분자 필름을 형성하는 필름형성단계; 및

상기 압전 또는 전왜 고분자 필름을 소정의 온도로 어닐링(annealing)하는 어닐링단계;를 포함하는 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 압전 또는 전왜 고분자 필름은 PVDF(Polyvinylidene fluoride) 기반의 고분자를 포함하는 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 전극형성단계는 상기 전극을 제1 및 제2 롤의 회전에 의해 상기 압전 또는 전왜 고분자 필름이 진행되는 방향을 따라 소정 간격 이격하여 형성하는 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기 제조 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 간격은 수학적 식 1의 조건을 만족하는 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기 제조 방법.

[수학적 식 1]

$$D_{\min} \geq 2\pi tN$$

여기에서,

$D_{\min}$ = 전극 사이의 최소간격,

t =상기 압전 또는 전왜 고분자 필름의 두께,
 N =적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기의 적층수이다.

청구항 6

제1항에 있어서,
 상기 전극형성단계는,
 상기 전극의 형성이 시작되는 위치로부터 $2\pi(R+tN)$ 떨어진 지점마다 소정 거리만큼 교대로 연장하거나 단축하는 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기 제조 방법.
 여기서,
 R = 제3 롤의 반경,
 t =상기 압전 또는 전왜 고분자 필름의 두께,
 N =적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기의 적층수이다.

청구항 7

제1항에 있어서,
 상기 전극형성단계는,
 동일 적층면 상 전극의 간격은 동일하게 형성하고, $2\pi(R+tN)$ 떨어진 지점마다 $2\pi tN$ 을 더한 간격으로 상기 전극을 형성하는 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기 제조 방법.
 여기서,
 R = 제3 롤의 반경,
 t =상기 압전 또는 전왜 고분자 필름의 두께,
 N =적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기의 적층수이다.

청구항 8

제1항에 있어서,
 상기 제3 롤의 표면 온도는 50°C 내지 상기 압전 또는 전왜 고분자 필름의 녹는점 범위 이내인 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기 제조 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,
 상기 분리적층단계는,
 일영역이 증착되고 타영역은 증착되지 않도록 엇갈리게 배치한 상층 전극과 하층 전극을 교대로 적층하는 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기 제조 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 제공단계 및 전극형성단계에 의해 제조된 제1 및 제2 압전 또는 전왜 고분자 필름을 제공하는 제조필름제공단계; 및

상기 제1 및 제2 압전 또는 전왜 고분자 필름을 접합하는 접합단계;를 더 포함하는 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기 제조 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 접합단계는,

상기 압전 또는 전왜 고분자 필름 상의 전극과 상기 제1 압전 또는 전왜 고분자 필름 상의 전극이 일영역이 중첩되고 타영역은 중첩되지 않도록 엇갈리게 배치하는 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기 제조 방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 분리적층된 압전 또는 전왜 고분자 필름을 전극의 양 끝이 노출되도록 절단하는 절단단계를 더 포함하는 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기 제조 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 절단단계는, 에칭공정을 이용하여 전극의 양단 영역의 압전 또는 전왜 고분자 필름을 제거하는 에칭단계를 더 포함하는 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기 제조 방법.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 전극형성단계는 전극(140)의 적층된 단면의 형태가 사다리꼴을 이루도록 전극(140)을 일정한 길이만큼 연장하거나 단축하여 형성하고,

상기 절단단계는 상기 적층된 단면이 사다리꼴을 이루는 전극(140)의 양단이 드러나도록 상기 압전 또는 전왜 고분자 필름을 제거하는 에칭단계를 포함하는 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기 제조 방법.

청구항 15

2개 이상이 적층된 전극;

상기 전극 사이에 적층되는 1개 이상의 압전 또는 전왜 고분자 필름;

상층 전극과 하층 전극이 중첩되는 활성영역(active region); 및

상기 상층 전극과 하층 전극이 중첩되지 않는 비활성영역(inactive region);을 포함하는 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 비활성영역(inactive region)은 일영역의 압전 또는 전왜 고분자 필름이 제거된 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기.

청구항 17

제15항에 있어서,

단면이 사다리꼴의 형태로 이루어진 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 적층형 압전(piezoelectric) 또는 전왜(electrostrictive) 고분자 구동기 및 제조 방법에 관한 것으로, 특히 롤투롤(Roll-to-Roll) 공법을 이용하여 전극과 압전 또는 전왜 고분자 필름을 적층할 수 있는 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기의 제조 방법 및 그 제조 방법에 의해 제조된 구동기에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] EAP(Electroactive Polymer)는 전기적 자극 하에서 기존의 강유전 세라믹(ferroelectric ceramic)에서 얻을 수 있는 변형률(최대 0.2%) 보다 수십 배나 큰 변형률(수% ~ 수십%)을 얻을 수 있는 유망한 재료이다. 또한, EAP는 많은 고분자 재료와 마찬가지로 여러 가지 형태로 쉽게 제조가 가능하며, 다양한 감지기(sensor) 및 구동기(actuator)로서 많은 관심을 불러일으키고 있다.
- [0004] 특히, EAP의 가볍고 유연한 특성은 향후 유연한 전자기기(flexible electronics)에서 감지기 및 구동기로서의 사용 가능성을 높여준다.
- [0005] 또한, 높은 파괴 인성(fracture toughness), 대 변형률, 높은 진동 감쇠(vibration damping) 등의 특성을 갖는 생체 근육(biological muscle)을 모사할 수 있어 인공 근육(artificial muscle)이라고도 불리며, 생체모사 로봇(biomimetic robot) 분야에서 다양하게 연구가 진행되고 있다.
- [0006] EAP는 구동 방식에 따라 크게 electronic EAP와 ionic EAP로 구분할 수 있다. Ionic EAP는 인가된 전류에 의해 이온들이 이동함으로써 변형이 발생하므로, 구 동전압은 낮으나 응답속도가 느린 단점이 있다. 또한, ionic EAP는 주로 전해질을 사용하며, 전해질 내에서 이온의 확산 및 이동 속도에 대한 물리적 한계 때문에 응답속도를 높이는 것이 쉽지 않으며, 전해질의 밀봉이 필요하므로 상용화를 위해서는 신뢰성 향상이 선행되어야 한다.
- [0007] 반면에, Electronic EAP는 electric field 하에서 전자가 받는 힘을 이용하는 방식으로 구동속도가 빠른 반면 구동전압이 높은 단점이 있다. 대표적인 electric EAP actuator로는 dielectric elastomer actuator 및 PVDF-based ferroelectric polymer actuator를 들 수 있다. 이러한 electric EAP 감지기 및 구동기를 상용화하기 위해서는 동작전압의 강하가 필수적이라고 할 수 있다.
- [0008] 특히, P(VDF-TrFE-CFE) [poly(vinylidene fluoride-trifluoroethylene-chlorofluoroethylene)] 또는 P(VDF-TrFE-CTFE) [poly(vinylidene fluoride-trifluoroethylene-chlorotrifluoroethylene)]를 사용한 완화형 강유전 고분자 구동기(relaxor ferroelectric polymer actuator)는 20~150 V/ μm 정도의 전기장(electric field)하에서 최대 5~7% 수준의 스트레인(strain)을 유발한다.
- [0009] 따라서, 압전 고분자 또는 완화형 강유전 고분자와 같은 전왜(electrostrictive) 고분자 물질이 두께가 10 μm 만 되더라도 구동에 필요한 전압은 200~1500V에 이르게 된다. 따라서 압전 또는 전왜 고분자 물질의 구동 전압을 사용가능한 수준으로 낮추기 위해서는 고분자 막의 두께를 가능한 얇게 만들어야 함과 동시에 원하는 수준의 동력(power)을 내기 위해서는 압전 또는 전왜 고분자 막 여러 층이 적층된 적층형 고분자 구동기를 개발해야 한다. 이 때, 각 고분자 층 사이에는 +극 및 -극 전극이 교차로 적층되어야 한다.
- [0010] PVDF-based ferroelectric polymer를 film 형태로 제조하는 방법으로는 고온압출 또는 용액주조법이 주로 사용된다. 하지만 고온압출 방법으로는 10 μm 이하의 얇은 PVDF-based ferroelectric polymer film을 제조할 수 없

다.

- [0011] 또한, 용액주조법은 주로 유리기관 위에 PVDF-based ferroelectric polymer film을 제작하게 되는데, 대한민국 공개특허공보 제10-2013-0101833호 "PVDF계 폴리머 필름 제조방법 및 이를 이용한 적층형 폴리머 액츄에이터 제조방법"에 따르면 약 $1\mu\text{m}$ 수준의 두께를 갖는 PVDF-based ferroelectric polymer film을 제조할 수 있다.
- [0012] 하지만, 종래 기술은 유리평판 위에 박막을 제조하기 때문에 대량생산에 적합하지 않은 문제점이 있다.
- [0013] 또한, 종래 기술에 의한 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기는 개별적인 적층공정에 의해 제조되므로 전극의 노출이 까다로워 전극간 접촉이 곤란한 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명의 목적은 제조 공정 및 시간이 단축된 적층형 압전(piezoelectric) 또는 전왜(electrostrictive) 고분자 구동기 제조 방법을 제공하는 것이다.
- [0016] 또한, 본 발명의 다른 목적은 전극간 접촉이 용이한 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0018] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기의 제조 방법은 지지필름 및 상기 지지필름 상에 형성된 압전 또는 전왜 고분자 필름을 제1 및 제2 롤 사이에 제공하는 제공단계, 상기 압전 또는 전왜 고분자 필름 상에 전극을 형성하는 전극형성단계 및 제 3롤이 회전하면서 상기 전극 및 압전 또는 전왜 고분자 필름을 상기 지지필름으로부터 분리시켜 적층하는 분리적층단계를 포함할 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 제공단계는 상기 지지필름 상에 압전 또는 전왜 고분자 용액을 도포하는 도포단계, 상기 용액의 용매를 휘발시켜서 압전 또는 전왜 고분자 필름을 형성하는 필름형성단계 및 상기 압전 또는 전왜 고분자 필름을 소정의 온도로 어닐링(annealing)하는 어닐링단계를 포함할 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 압전 또는 전왜 고분자 필름은 PVDF(Polyvinylidene fluoride) 기반의 고분자를 포함할 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 전극형성단계는 상기 전극을 제1 및 제2 롤의 회전에 의해 상기 압전 또는 전왜 고분자 필름이 진행하는 방향을 따라 소정 간격 이격하여 형성할 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 간격은 수학식 1의 조건을 만족할 수 있다.
- [0023] [수학식 1]
- [0024] $D_{\min} \geq 2\pi tN$
- [0025] 여기에서, $D_{\min}$ = 최소간격, t =상기 압전 또는 전왜 고분자 필름의 두께, N =적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기의 적층수이다.
- [0026] 또한, 상기 전극형성단계는 상기 전극의 형성이 시작되는 위치로부터 $2\pi(R+tN)$ 떨어진 지점마다 소정 거리만큼 교대로 연장하거나 할 수 있다.
- [0027] 여기에서, R = 제3 롤의 반경이다.
- [0028] 또한, 상기 전극형성단계는 동일 적층면 상 전극의 간격은 동일하게 형성하고, $2\pi(R+tN)$ 떨어진 지점마다 $2\pi tN$ 을 더한 간격으로 상기 전극을 형성할 수 있다.
- [0029] 또한, 상기 제3 롤의 표면 온도는 50°C 내지 상기 압전 또는 전왜 고분자 필름의 녹는점 범위 이내일 수 있다.
- [0030] 또한, 상기 분리적층단계는 일영역이 중첩되고 타영역은 중첩되지 않도록 엇갈리게 배치한 상층 전극과 하층 전극을 교대로 적층할 수 있다.
- [0031] 또한, 상기 제공단계 및 전극형성단계에 의해 제조된 제1 및 제2 압전 또는 전왜 고분자 필름을 제공하는 제조

필름제공단계 및 상기 제1 및 제2 압전 또는 전왜 고분자 필름을 접합하는 접합단계를 더 포함할 수 있다.

- [0032] 또한, 상기 접합단계는 상기 압전 또는 전왜 고분자 필름 상의 전극과 상기 제1 압전 또는 전왜 고분자 필름 상의 전극이 일영역이 중첩되고 타영역은 중첩되지 않도록 엇갈리게 배치할 수 있다.
- [0033] 또한, 상기 분리적층된 압전 또는 전왜 고분자 필름을 전극의 양 끝이 노출되도록 절단하는 절단단계를 더 포함할 수 있다.
- [0034] 또한, 상기 절단단계는 에칭공정을 이용하여 전극의 양단 영역의 압전 또는 전왜 고분자 필름을 제거하는 에칭 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0035] 또한, 상기 전극형성단계는 전극(140)의 적층된 단면의 형태가 사다리꼴을 이루도록 전극(140)을 일정한 길이만큼 연장하거나 단축하여 형성하고, 상기 절단단계는 상기 적층된 단면이 사다리꼴을 이루는 전극(140)의 양단이 드러나도록 상기 압전 또는 전왜 고분자 필름을 제거하는 에칭단계를 포함할 수 있다.
- [0036] 본 발명의 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기는 2개 이상이 적층된 전극, 상기 전극 사이에 적층되는 1개 이상의 압전 또는 전왜 고분자 필름, 상층 전극과 하층 전극이 중첩되는 활성영역(active region) 및 상기 상층 전극과 하층 전극이 중첩되지 않는 비활성영역(inactive region)을 포함할 수 있다.
- [0037] 또한, 상기 비활성영역(inactive region)은 일영역의 압전 또는 전왜 고분자 필름이 제거될 수 있다.
- [0038] 또한, 단면이 사다리꼴의 형태로 이루어질 수 있다.

발명의 효과

- [0040] 본 발명의 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기 제조 방법은 몰투몰 공정을 이용함으로써 제조 공정 및 시간을 단축할 수 있다.
- [0041] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기는 적층된 전극의 정렬도를 향상시킴으로써 전극간 접속이 용이한 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0043] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기의 제조 방법의 순서도를 나타내는 도면이다.
- 도 2a는 본 발명의 실시예에 따른 제공단계를 나타내는 도면이고, 도 2b는 전극형성단계를 나타내는 도면이고, 도 2c는 분리적층단계를 나타내는 도면이다.
- 도 3a는 본 발명의 실시예에 따라 제3 롤에 적층된 압전 또는 전왜 고분자 필름 및 전극의 단면을 나타내는 도면이고, 도 3b는 전극이 압전 또는 전왜 고분자 필름 상에 소정 간격 이격되어 배치된 평면도를 나타내는 도면이다.
- 도 4a는 제조필름제공단계를 나타내는 도면이고, 도 4b는 접합단계를 나타내는 도면이다.
- 도 5a 및 5b는 본 발명의 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기의 단면을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0044] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0045] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기(100, 도 3a 참조)의 제조 방법의 순서도를 나타내는 도면이다.

- [0046] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기(100)의 제조 방법은 지지필름(120, 도 2a 참조) 및 지지필름(120) 상에 형성된 압전 또는 전왜 고분자 필름(130, 도 2a 참조)을 제1 및 제2 롤(111, 112, 도 2a 참조) 사이에 제공하는 제공단계(S100), 압전 또는 전왜 고분자 필름(130) 상에 전극(140, 도 2b 참조)을 형성하는 전극형성단계(S200) 및 제 3롤(113, 도 2c 참조)이 회전하면서 전극(140) 및 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)을 지지필름(120)으로부터 분리시켜 적층하는 분리적층단계(S300)를 포함할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기(100)의 제조 방법은 분리적층된 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)을 전극(140)의 양 끝이 노출되도록 절단하는 절단단계(S400)를 더 포함할 수 있다.
- [0047] 상기 각 제조 단계(S100-S300)의 구체적인 설명은 도 2a 내지 2d를 참조하여 설명하기로 한다.
- [0048] 먼저, 도 2a를 참조하여 제공단계(S100)에 대한 구체적인 설명을 하기로 한다.
- [0049] 도 2a는 본 발명의 실시예에 따른 제공단계(S100)를 나타내는 도면이다.
- [0050] 도 2a에 도시된 바와 같이, 제공단계(S100)에서는 제1 롤(111) 및 제2 롤(112) 사이에는 지지필름(120)을 배치하고, 지지필름(120) 상에 압전 또는 전왜 고분자 박막을 형성함으로써 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)을 형성할 수 있다.
- [0051] 제공단계(S100)는 지지필름(120) 상에 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)을 형성하기 위해서, 지지필름(120) 상에 PVDF(Polyvinylidene fluoride) 기반의 압전 또는 전왜 고분자 용액을 도포한 후 상기 압전 또는 전왜 고분자 용액의 용매를 휘발시킴으로써 지지필름(120) 상에 압전 또는 전왜 고분자 물질만이 잔존하여 형성된 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)을 얻을 수 있다. 이 때, 용매가 휘발되며 형성된 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)의 잔류 용매를 제거하고 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)의 결정성을 향상시키기 위해 소정의 온도로 유지시킨 후 실온으로 냉각시키는 어닐링(annealing) 공정을 수행할 수 있다. 따라서, 제공단계(S100)는 지지필름(120) 상에 압전 또는 전왜 고분자 용액을 도포하는 도포단계, 상기 용액의 용매를 휘발시켜서 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)을 형성하는 필름형성단계 및 상기 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)을 소정의 온도로 어닐링(annealing)하는 어닐링단계를 포함할 수 있다.
- [0052] 이 때, 제1 롤(111)과 제2 롤(112)이 회전하면서 지지필름(120)이 이동하기 때문에 도포단계 및 필름형성단계가 연속적으로 수행될 수 있다.
- [0053] 다음으로, 도 2b를 참조하여 전극형성단계(S200)에 대한 구체적인 설명을 하기로 한다.
- [0054] 도 2b는 본 발명의 실시예에 따른 전극형성단계(S200)를 나타내는 도면이다.
- [0055] 도 2b에 도시된 바와 같이, 전극형성단계(S200)에서는 전극(140)을 제1 및 제2 롤(111, 112)의 회전에 의해 상기 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)이 진행되는 방향을 따라 소정 간격 이격하여 형성할 수 있다. 전극(140)은 PEDOT:PSS(poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate)와 같은 전도성 고분자 전극, 은 나노와이어(silver nanowires) 또는 금속전극 중 어느 하나를 포함하여 형성될 수 있다.
- [0056] 전극(140)은 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)과 함께 적층되면서 상층 전극과 하층 전극이 적어도 일부 영역이 중첩되도록 간격이 조정될 수 있다. 전극(140) 형성되는 구체적인 간격에 대해서는 도 3a 및 3b를 참조하여 후술하기로 한다.
- [0057] 다음으로, 도 2c를 참조하여 분리적층단계(S300)에 대한 구체적인 설명을 하기로 한다.
- [0058] 도 2c는 본 발명의 실시예에 따른 분리적층단계(S300)를 나타내는 도면이다.
- [0059] 도 2c에 도시된 바와 같이, 분리적층단계(S300)에서는 제3 롤(113)이 회전하면서 전극(140) 및 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)을 지지필름(120)으로부터 분리시킨다. 이 때, 전극(140) 및 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)은 제3 롤(113)에 감기면서 적층될 수 있다.
- [0060] 제3 롤(113)은 일정한 온도를 유지함으로써 접촉제 없이 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)을 지지필름(120)으로부터 분리하여 적층할 수 있다. 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)을 적층하기 위한 제3 롤(113)의 온도는 50℃ 내지 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)의 녹는점 범위 이내일 수 있고, 바람직하게는 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)의 녹는점 보다 낮으면서 녹는점에 가까운 값을 가질 수 있다.
- [0061] PVDF 기반의 완화형 강유전 고분자 물질(PVDF-based relaxor ferroelectric film)에 적용한 본 발명의 실시예

에 따른 분리적층단계(S300)는 제3 롤(113)의 온도를 약 115℃ 정도를 유지함으로써 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)을 효율적으로 적층할 수 있음을 확인하였다.

[0062] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 분리적층단계(S300)는 일영역이 중첩되고 타영역은 중첩되지 않도록 엇갈리게 배치한 상층 전극(140)과 하층 전극(140)을 교대로 적층할 수 있다. 전극형성단계(S200)에서 소정 간격 이격되어 형성된 전극(140)은 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)이 제3 롤(113)의 원주면을 따라 감기게 되면서 적층되는데, 전극(140)의 간격과 제3 롤(113)의 직경에 의해 전극(140)이 상층과 하층에서 일영역이 중첩되고 타영역은 중첩되지 않도록 엇갈리게 배치될 수 있다.

[0063] 전극(140)이 적층되는 구체적인 과정에 대해서는 도 2c의 (A)영역을 확대하여 도시한 도 3a 및 3b를 참조하여 설명하기로 한다.

[0064] 도 3a는 본 발명의 실시예에 따라 제3 롤(113)에 적층된 압전 또는 전왜 고분자 필름(130) 및 전극(140)의 단면을 나타내는 도면이고, 도 3b는 전극(140)이 압전 또는 전왜 고분자 필름(130) 상에 소정 간격 이격되어 배치된 평면도를 나타내는 도면이다.

[0065] 도 3a에 도시된 바와 같이, 2개 이상의 전극(140)과 1개 이상의 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)이 제3 롤(113)의 원주면을 따라 적층될 수 있다. 상층 전극(140)과 하층 전극(140)은 일영역이 중첩되어 활성영역(B, Active Region)을 형성하고, 타영역이 중첩되지 않도록 배치되어 비활성영역(C, Inactive Region)을 형성할 수 있다. 또한, 동일한 적층면 상에 형성된 전극(140)은 (D)거리만큼 이격되어 형성됨으로써 제3 롤(113)의 원주면을 따라 복수의 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기(100)를 형성할 수 있다.

[0066] 활성영역(B)은 상층 전극(140)과 하층 전극(140) 사이에 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)이 구비되어 있으므로, 전극(140)에 의해 전기장이 인가되면 변형을 일으키며 구동력을 생성할 수 있다. 비활성영역(C)은 상층 전극(140)과 하층 전극(140)이 서로 분리되어 외부 전원과 전기적으로 연결될 수 있도록 동일한 전극만으로 배치될 수 있다.

[0067] 비활성영역(C)의 길이는 절단단계(S400)를 통해 전극(140)을 노출시키는 공정을 수행하면서 공정 오차로 인한 활성영역(B)의 손상을 막기 위한 것으로, 공정에 따라 적절한 길이를 확보하는 것이 바람직하다.

[0068] 동일 적층면 상 전극(140)의 간격(D)은 작으면 작을수록 한정된 제3 롤(113)의 원주면에 보다 많은 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기(100)를 제조할 수 있다. 그러나 전극(140)과 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)은 제3 롤(113)의 원주면을 따라 적층되기 때문에 적층수(N)가 증가할수록 적층되는 둘레가 길어지고, 그에 따라 상부에 적층될 전극(140)이 옆으로 이동하여 적층된다. 적층수(N)가 증가하여 상부에 적층되는 전극(140)이 계속하여 이동하면 결국 인접한 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기(100)의 전극(140)과 중첩되어 적층될 수 있다.

[0069] 따라서, 인접한 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기(100)의 전극(140)과 중첩되는 방지하기 위해 동일 적층면 상 전극(140)의 간격(D)는 하기 수학적 1의 조건을 만족하는 것이 바람직하다.

수학적 1

[0071] $D_{\min} \geq 2\pi tN$

[0072] 여기에서,

[0073] $D_{\min}$ = 최소간격,

[0074] t =상기 압전 또는 전왜 고분자 필름의 두께,

[0075] N =적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기의 적층수,

[0076] 이다.

[0078] 또한, 비활성영역(C)을 형성하기 위해 전극(140)은 형성되기 시작하는 위치로부터 $2\pi(R+tN)$ 떨어진 지점마다 소정 거리(C)만큼 교대로 연장하거나 단축하여 적층될 수 있다.

- [0079] 여기에서 R은 제3 롤(113)의 반경이다.
- [0080] 하층 전극(140)과 상층 전극(140)은 소정 거리(C)만큼 엇갈리게 배치됨으로써 비활성영역(C)이 형성되고, 상층 전극(140)은 하층 전극(140)이 형성된 시점으로부터 제3 롤(113) 및 기적층된 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)의 원주를 따라 적층된다. 따라서, 상층 전극(140)은 전극(140)이 형성이 시작된 지점으로부터 $2\pi(R+tN)$ 떨어진 지점마다 동일한 원주의 평면상에 적층된다.
- [0081] 전극형성단계(S200)에서는 하층 전극(140)과 상층 전극(140)이 일영역이 중첩되고 타영역이 중첩되지 않을 수 있도록 $2\pi(R+tN)$ 떨어진 지점마다 소정 간격을 교대로 조정함으로써 비활성영역(C)을 형성할 수 있다.
- [0082] 도 3b에 도시된 바와 같이, 전극(140)의 형성이 시작된 지점으로부터 $2\pi R$ 떨어진 지점의 전극(140)은 비활성영역(C)을 형성하기 위해 소정 거리(C)만큼 연장된 지점에 형성될 수 있다. 그리고 그 다음 $2\pi(R+t)$ 만큼 떨어진 지점의 전극(140)은 정위치에 형성될 수 있다. 이와 같이 $2\pi(R+tN)$ 떨어진 지점마다 전극(140)을 소정 거리(C)만큼 교대로 연장하여 형성함으로써 상층 전극(140)과 하층 전극(140)이 일영역은 중첩되고, 타영역은 중첩되지 않도록 엇갈리게 배치할 수 있다. 도 3b는 소정 거리(C)만큼 연장하는 과정이 도시되어 있지만, 이와 달리 소정 거리(C)만큼 교대로 단축함으로써 동일한 효과를 얻을 수 있다.
- [0083] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 전극형성단계(S200)에서는 동일 적층면 상 전극(140)의 간격(D)은 동일하게 형성하고, $2\pi(R+tN)$ 떨어진 지점마다 $2\pi tN$ 을 더한 간격으로 형성할 수 있다.
- [0084] 상술한 바와 같이, 적층수(N)가 증가할수록 원주가 증가하여 전극(140)이 형성되는 위치가 이동할 수 있으므로 원주의 증가분만큼 동일 적층면 상 전극(140)의 간격(D)을 증가시킬 수 있다. 이와 같이 동일 적층면 상 전극(140)의 간격(D)을 $2\pi(R+tN)$ 떨어진 지점마다 $2\pi tN$ 만큼 더함으로써 상층 전극(140)의 적층 지점을 하층 전극(140)과 동일한 평면 상에 정렬할 수 있다.
- [0085] 전극(140)은 롤(111, 112)이 진행되는 방향의 수직방향으로 소정 간격 이격되어 형성될 수 있다. 전극(140)을 수직방향으로 이격되어 형성함으로써 복수의 구동기를 1번의 공정으로 제조할 수 있는 이점이 있다.
- [0086] 또한, 동일한 층의 전극(140)들은 일측 비활성영역에 분배(distribution) 전극(141)이 연결할 수도 있다. 이와 같이 분배(distribution) 전극(141)은 한 층에만 형성함으로써 복수의 구동기를 병렬로 연결할 수도 있고, 복수의 적층면에 형성함으로써 층간 전극의 연결의 수를 감소할 수도 있다.
- [0087] 이 때, 전극(140)은 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)의 적층면 사이로 +극과 -극이 교대로 적층되어야 하므로, 타측 비활성영역은 상층 또는 하층 적층면에 공통전극(142)이 연결될 수 있다.
- [0088] 이상과 같이 본 발명의 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기(100)의 제조 방법은 롤투롤 공법을 이용함으로써 연속적인 제조 공정을 수행할 수 있고, 일련의 공정을 수행함으로써 복수의 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기(100)를 생산할 수 있다. 이와 같이 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기(100)의 대량생산이 가능해짐으로써 제조 비용을 현저히 낮출 수 있다.
- [0089] 본 발명의 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기(100)의 제조 방법은 제공단계(S100) 및 전극형성단계(S200)에 의해 제조된 제1 및 제2 압전 또는 전왜 고분자 필름(130, 230)을 제공하는 제조필름제공단계 및 제1 및 제2 압전 또는 전왜 고분자 필름(130, 230)을 접합하는 접합단계를 더 포함할 수 있다.
- [0090] 도 4a는 본 발명의 실시예에 따른 제조필름제공단계를 나타내는 도면이다.
- [0091] 도 4a에 도시된 바와 같이, 상기 제조필름제공단계는 제공단계(S100) 및 전극형성단계(S200)에 의해 제조된 제2 압전 또는 전왜 고분자 필름(230) 및 제2 전극(240)을 제2 지지필름(220)으로부터 제2 이동지지필름(221)로 이동시키는 과정을 포함할 수 있다. 이 때, 제2 압전 또는 전왜 고분자 필름(230)과 제2 전극(240)은 후술하는 접합단계에서 제1 압전 또는 전왜 고분자 필름(130) 및 제1 전극(140)과 접합되는 일면의 반대면이 제2 이동지지필름(221)에 접합되는 것이 바람직하다.
- [0092] 도 4b는 본 발명의 실시예에 따른 접합단계를 나타내는 도면이다.
- [0093] 도 4b에 도시된 바와 같이, 상기 접합단계는 제2 이동지지필름(221) 상의 제2 전극(240) 및 제2 압전 또는 전왜 고분자 필름(230)과 제1 지지필름(120) 상의 제1 전극(140) 및 제1 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)을 서로 접합하는 과정을 포함할 수 있다. 이 때, 제1 전극(140)과 제2 전극(240)은 평면상 일영역이 중첩되고, 타영역이 중첩되지 않도록 엇갈리게 배치될 수 있다. 이와 같이 제1 전극(140)과 제2 전극(240)을 엇갈리게 배치함으로써

활성영역(B)과 비활성영역(C)을 형성할 수 있다.

- [0094] 도 5a 및 5b는 본 발명의 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기(300)의 단면을 나타내는 도면이다.
- [0095] 도 5a에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기(300)는 2개 이상이 적층된 전극(140), 전극(140) 사이에 적층되는 1개 이상의 압전 또는 전왜 고분자 필름(130), 상층 전극(140)과 하층 전극(140)이 중첩되는 활성영역(301, active region) 및 상층 전극(140)과 하층 전극(140)이 중첩되지 않는 비활성영역(302, inactive region)을 포함할 수 있다.
- [0096] 본 발명의 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기(300)는 일측면으로 노출된 1개 이상의 전극(140)과 타측면으로 노출된 1개 이상의 전극(140)이 서로 교대로 적층될 수 있다. 상기 일측면에 노출된 전극(140)에 제1 극성의 전원이 인가되고, 상기 타측면에 노출된 전극(140)에 제2 극성의 전원이 인가되면, 각 전극(140) 사이에 형성된 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)마다 제1 극성 전압과 제2 극성 전압의 차이만큼의 전압이 인가되어 변형을 일으킬 수 있다.
- [0097] 즉, 본 발명의 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기(300)는 얇은 압전 또는 전왜 고분자 필름(140)을 적층하고, 그 적층면 사이에 전극(140)을 형성함으로써 낮은 구동 전압으로도 높은 구동력을 확보할 수 있다.
- [0098] 도 5b에 도시된 바와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기(300)는 비활성영역(302)의 일영역에 형성된 압전 또는 전왜 고분자 필름(140)이 제거되고, 사다리꼴 형태의 단면을 이룰 수 있다.
- [0099] 사다리꼴 형태의 단면을 갖는 고분자 구동기(300)를 제조하기 위해 전극(140)은 적층될 때마다 일정한 길이만큼 연장되거나 단축될 수 있다. 전극(140)이 일정한 길이만큼 연장되거나 단축됨으로써 전극(140)에 대한 별도의 절단공정 없이 전극(140)이 적층된 단면이 사다리꼴 형태를 가질 수 있다.
- [0100] 비활성영역(302)의 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)은 절단단계(S400)에서 에칭공정을 이용하여 전극의 양단 영역의 압전 또는 전왜 고분자 필름을 제거하는 에칭단계를 더 포함함으로써 제거할 수 있다.
- [0101] 이 때, 절단단계(S400)는 전극(140)이 적층된 단면의 형태가 사다리꼴을 이루는 경우, 전극(140)의 양단이 노출될 수 있도록 에칭공정을 수행하여 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)을 제거할 수도 있다.
- [0102] 상기 실시예에 따른 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기(300)는 비활성영역(302)의 압전 또는 전왜 고분자 필름(130)이 제거됨으로써 동일한 전극의 연결이 용이해질 수 있다.
- [0103] 또한, 사다리꼴 형태의 단면을 이루으로써 외부 전원이 상부에서 접근하여 연결될 때 하부로 갈수록 전극(140)의 길이가 길어지므로 외부 전원과의 연결이 용이해질 수 있다.
- [0104] 상술한 실시예에 설명된 특징, 구조, 효과 등은 본 발명의 적어도 하나의 실시예에 포함되며, 반드시 하나의 실시예에만 한정되는 것은 아니다. 나아가, 각 실시예에서 예시된 특징, 구조, 효과 등은 실시예들이 속하는 분야의 통상의 지식을 가지는 자에 의하여 다른 실시예들에 대해서도 조합 또는 변형되어 실시 가능하다. 따라서 이러한 조합과 변형에 관계된 내용들은 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.
- [0105] 또한, 이상에서 실시예들을 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 실시예들에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부한 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

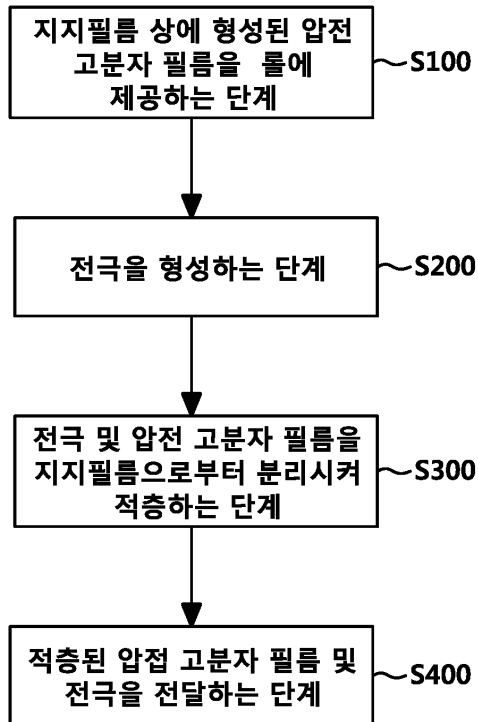
- [0107] 100, 300: 적층형 압전 또는 전왜 고분자 구동기
- 111, 112, 113: 제1, 2, 3 롤
- 120: 지지필름

130: 압전 또는 전왜 고분자 필름

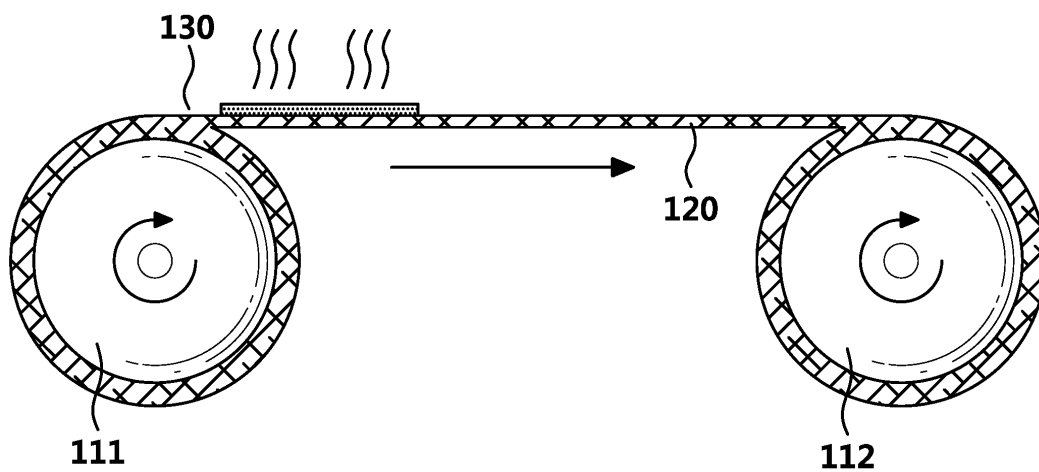
140: 전극

도면

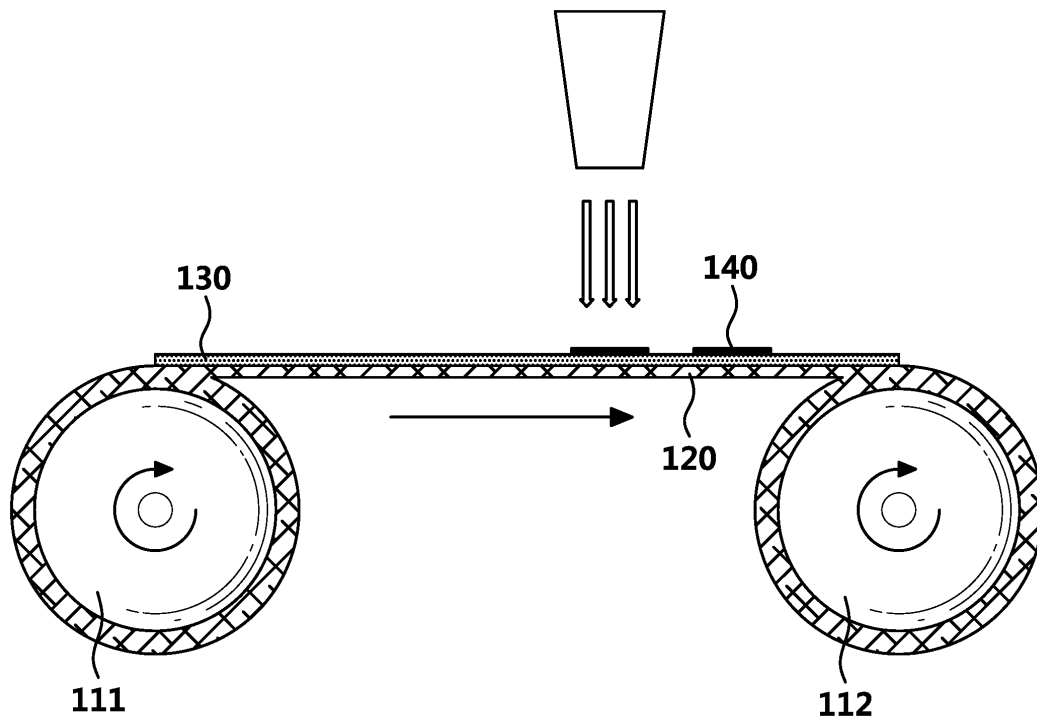
도면1



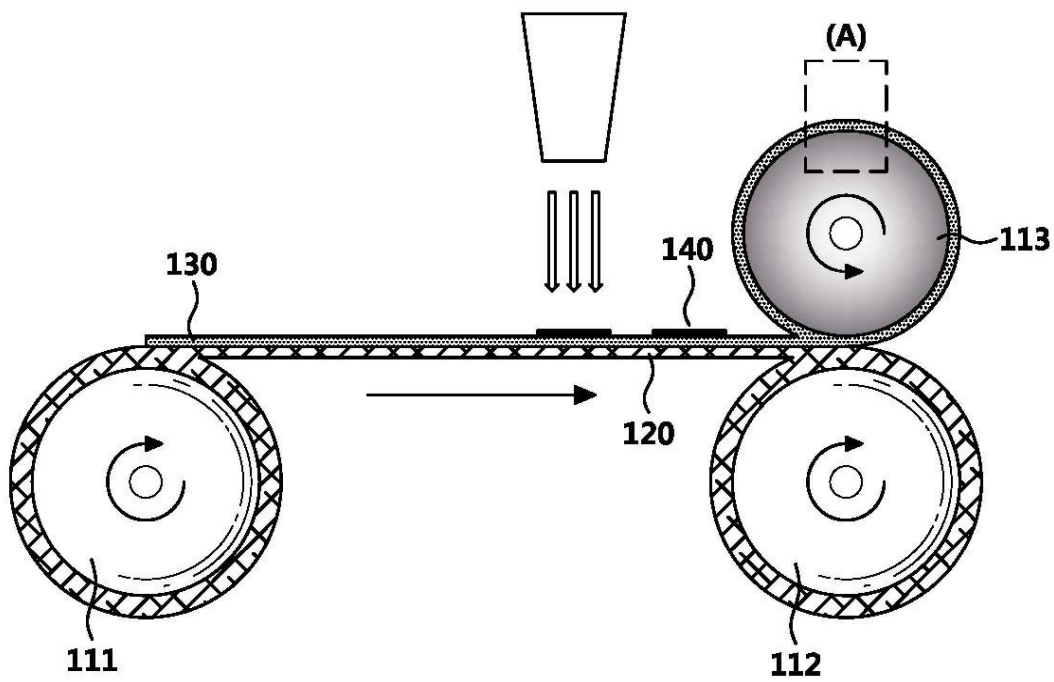
도면2a



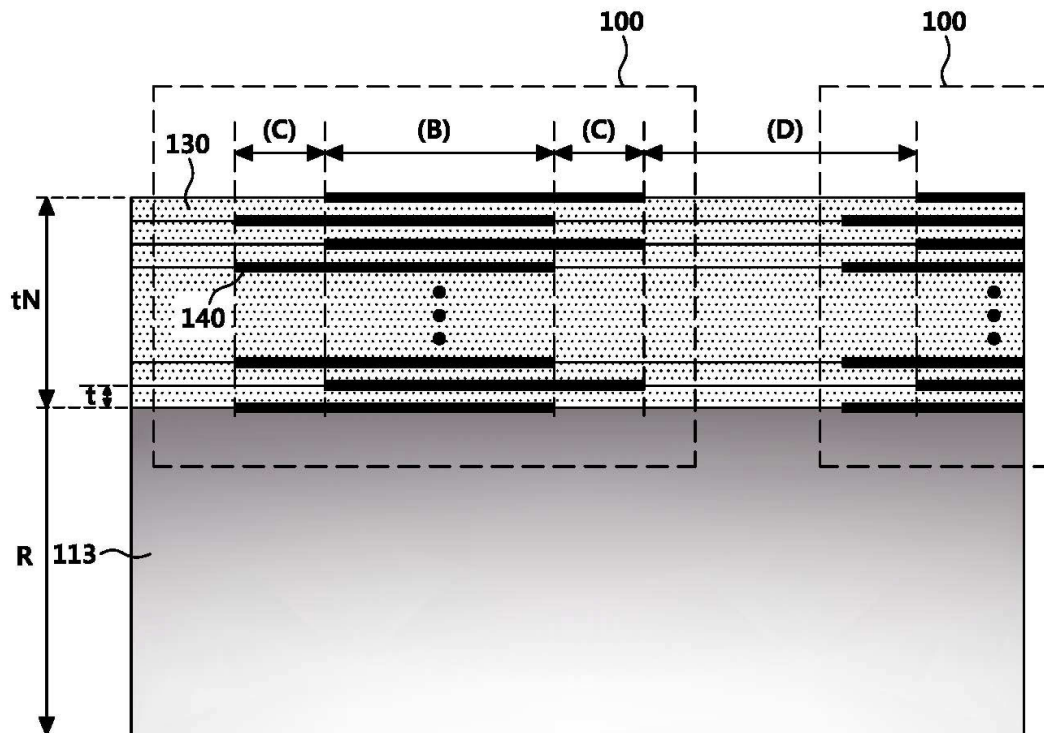
도면2b



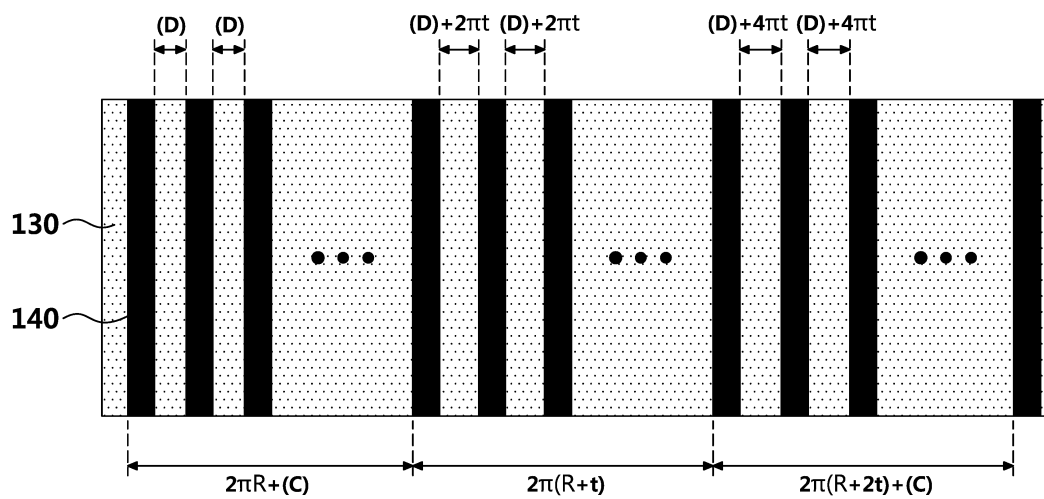
도면2c



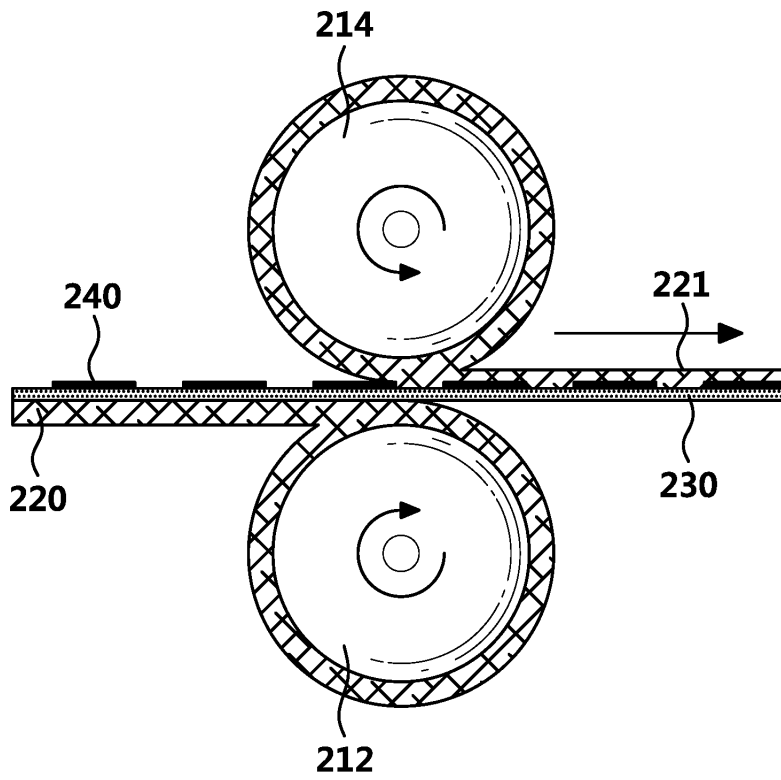
도면3a



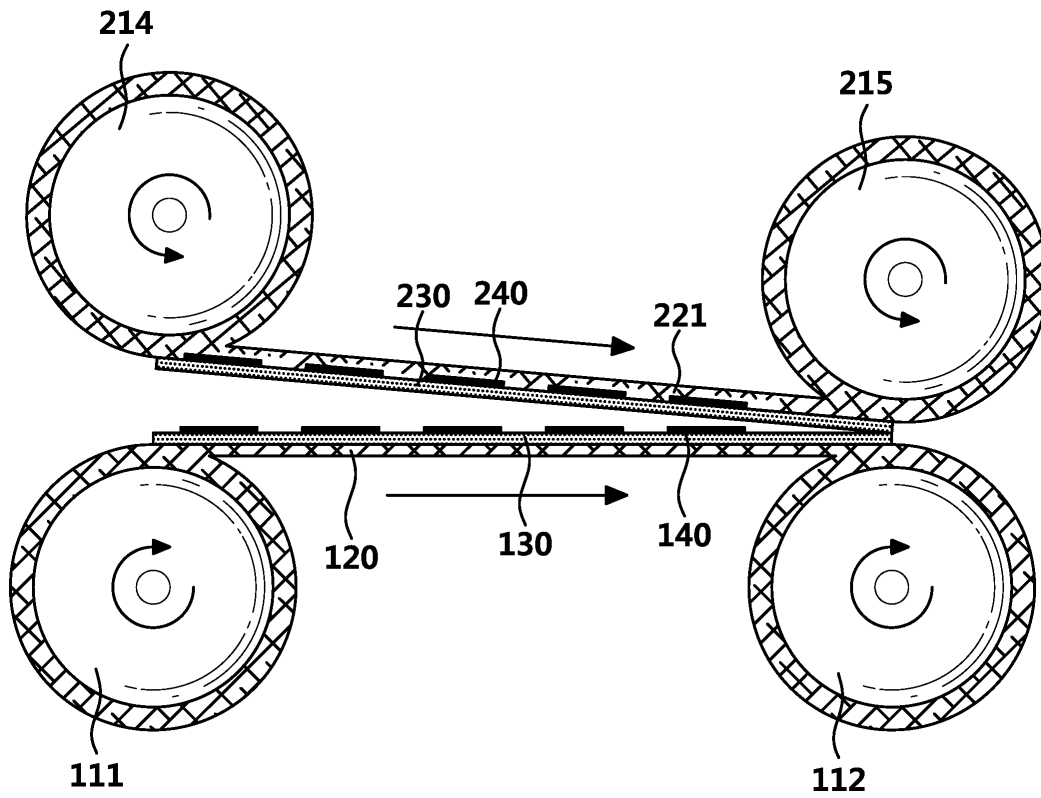
도면3b



도면4a

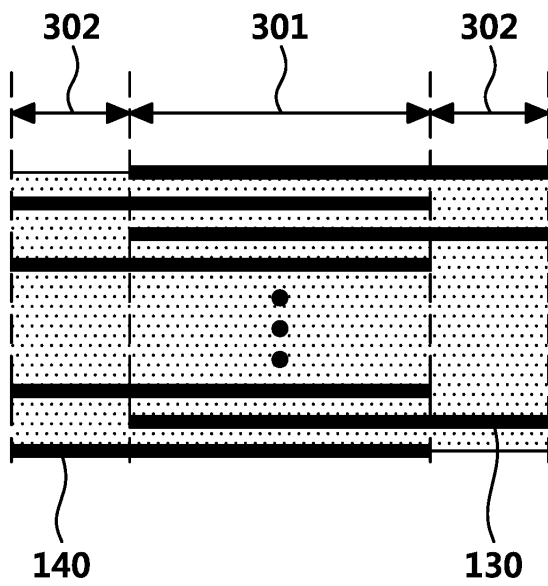


도면4b



도면5a

300



도면5b

300

