



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0148530
(43) 공개일자 2016년12월26일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 41/08 (2006.01) D03D 1/00 (2006.01)
H01L 41/113 (2006.01) H02N 2/02 (2006.01)
H02N 2/18 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 41/0825 (2013.01)
D03D 1/0088 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-7028552
- (22) 출원일자(국제) 2015년04월07일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2016년10월13일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2015/061301
- (87) 국제공개번호 WO 2015/159832
국제공개일자 2015년10월22일
- (30) 우선권주장
JP-P-2014-084392 2014년04월16일 일본(JP)
(뒷면에 계속)

- (71) 출원인
데이진 가부시키키가이샤
일본 오사카후 오사카시 주오구 미나미홉마찌 1쵸메 6방 7고
- 각코우호우진 간사이다이가쿠
일본 오사카후 스이타시 야마테쵸 3쵸메 3방 35고
- (72) 발명자
다지츠 요시로
일본 오사카후 스이타시 야마테쵸 3쵸메 3방 35고
각코우호우진 간사이다이가쿠 나이
- 오노 유헤이
일본 오사카후 오사카시 주오구 미나미홉마찌 1쵸메 6방 7고 데이진 가부시키키가이샤 나이
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인코리아나

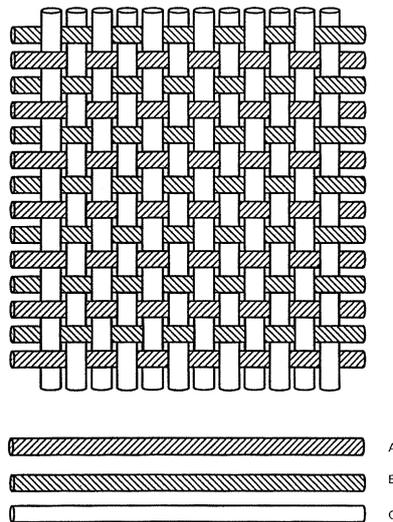
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **섬유를 사용한 전기 신호를 출력 또는 입력으로 하는 트랜스듀서**

(57) 요약

본 발명의 목적은, 범용의 섬유 재료를 사용하여, 또한 종전의 직편물 구조를 제조함으로써 유연성이 풍부한 포백 형상의 트랜스듀서를 제공하는 것에 있다. 본 발명은, 2 개의 도전성 섬유 및 1 개의 압전성 섬유를 포함하고, 이들이 대략 동일 평면 상에, 도전성 섬유, 압전성 섬유, 도전성 섬유의 순서로 배치되어 있는 압전 단위를 포함하는 전기 신호를 출력 또는 입력으로 하는 트랜스듀서이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

D03D 15/00 (2013.01)
H01L 41/082 (2013.01)
H01L 41/09 (2013.01)
H01L 41/113 (2013.01)
H01L 41/193 (2013.01)
H02N 2/02 (2013.01)
H02N 2/18 (2013.01)
H04R 17/00 (2013.01)

(72) 발명자

우치야마 아키히코

일본 오사카후 오사카시 줌오쿠 미나미홈마찌 1쵸
메 6방 7고 데이진 가부시키가이샤 나이

야마모토 도모요시

일본 오사카후 오사카시 줌오쿠 미나미홈마찌 1쵸
메 6방 7고 데이진 가부시키가이샤 나이

(30) 우선권주장

JP-P-2014-084400 2014년04월16일 일본(JP)
JP-P-2015-001562 2015년01월07일 일본(JP)

명세서

청구범위

청구항 1

2 개의 도전성 섬유 및 1 개의 압전성 섬유를 포함하고, 이들이 대략 동일 평면 상에, 도전성 섬유, 압전성 섬유, 도전성 섬유의 순서로 배치되어 있는 압전 단위를 포함하는, 전기 신호를 출력 또는 입력으로 하는 트랜스듀서.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

압전 단위는 절연성 섬유를 포함하고, 그 절연성 섬유는, 압전 단위 중의 도전성 섬유가, 다른 압전 단위 중의 도전성 섬유, 혹은 도전성 섬유와 압전성 섬유에 접하지 않도록 배치되어 있는 트랜스듀서.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

압전성 섬유가, 주로 폴리락트산을 포함하는 트랜스듀서.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

압전성 섬유가, 주로 폴리-L-락트산 또는 폴리-D-락트산을 포함하고, 이들의 광학 순도는 99 % 이상인 트랜스듀서.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

압전성 섬유가 1 축 배향하고 또한 결정을 포함하는 트랜스듀서.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

도전성 섬유가 (i) 탄소 섬유 또는 (ii) 합성 섬유에 전기 전도체를 코팅한 섬유인 트랜스듀서.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

도전성 섬유에 대해 법선 방향으로 접고, 이것을 2,000 회 반복한 후의 검출 전압이 접기 전의 90 % 이상인 트랜스듀서.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

복수의 압전 단위를 함유하는 직편물인 트랜스듀서.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

복수의 압전 단위를 함유하는 직물로서, 그 직조직이 평직, 능직, 새틴직 또는 그들의 복합 조직인 트랜스듀서.

청구항 10

제 8 항에 있어서,
직편물을 복수 조합하여 사용하는 트랜스듀서.

청구항 11

제 1 항에 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 기재된 트랜스듀서를 사용한 센서.

청구항 12

제 1 항에 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 기재된 트랜스듀서를 사용한 발전 소자.

청구항 13

제 1 항에 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 기재된 트랜스듀서를 사용한 액츄에이터.

청구항 14

제 1 항에 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 기재된 트랜스듀서를 사용한 스피커.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 외력에 의한 형상 변화에 의해 전기 신호를 출력하는 트랜스듀서에 관한 것이다. 또 본 발명은, 전기 신호의 입력에 의해 형상 변화하는 트랜스듀서에 관한 것이다. 또 본 발명은, 유연하고 3 차원적으로 형상 변화할 수 있는 포백(布帛) 형상의 트랜스듀서에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 소위 웨어러블 센서가 주목을 받고 있으며, 안경형이나 손목 시계와 같은 형상의 상품이 세상에 나오기 시작하였다. 그러나, 이들 디바이스는, 장착하고 있다는 감각이 있어, 궁극의 웨어러블인, 천 형상, 즉 의류와 같은 형상의 것이 요망되고 있다. 그러한 센서로는, 천에 압전 소자를 장착하고, 거기로부터 신호를 취출하는 것이 개시되어 있다(특허문헌 1). 또, 압전성 재료와 도전성 재료를 필름 형상으로 한 것으로 천 형상의 구조체를 형성하는 것이 있지만, 특수한 구조를 갖는 섬유 형상의 것을 사용하는 것이 필요하였다(특허문헌 2). 또, 닛폰 전신 전화 주식회사(NTT) 및 토레 주식회사에 의해 2014년 1월 30일에 발표된 「hitoe」가 있지만, 이것은 신체에 밀착시킨 도전성 섬유에 의해 근전위를 검출하고 있는 것이며, 형상 변화로부터 전기 신호를 출력하는 것은 없었다.

[0003] 한편 폴리락트산을 사용한 필름 형상의 액츄에이터가 제안되어 있다(특허문헌 3). 그러나, 필름은 일방향으로밖에 구부릴 수가 없을 뿐만 아니라, 신축성이나 유연성도 부족하기 때문에, 플렉시블이라고 하기에는 아직 먼 것이 현상황이다. 또, 그 제조 방법도 필름에 몇 단계인가의 가공이 필요하다는 과제가 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0004] (특허문헌 0001) 일본 공표특허공보 2007-518886호
- (특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 2002-203996호
- (특허문헌 0003) 일본 공개특허공보 2013-251363호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은, 통상적인 섬유 재료를 사용한 직편물을 갖고 유연성을 갖는 포백 형상의 트랜스듀서를 제공하는 것에 있다. 나아가서는, 그 트랜스듀서로부터의 신호를 사용한 센서나 발전 소자를 제공하는 것에 있

다. 또 그 트랜스듀서에 전기 신호를 입력함으로써 기능하는 액츄에이터나 스피커를 제공하는 것에 있다.

[0006] 본 발명자들은, 2 개의 도전성 섬유와 1 개의 압전성 섬유의 조합 형상에 의해, 트랜스듀서로서 기능하는 경우가 있는 것을 알아내어, 본 발명을 완성하였다. 또 도전성 섬유로서, 합성 섬유에 전기 전도체를 코팅한 섬유를 사용한 트랜스듀서는, 섬유축에 대해 법선 방향의 강도가 강하고, 장기간 사용하는 경우의 내구성이 우수한 것을 알아내었다.

과제의 해결 수단

- [0007] 즉, 본 발명은 이하의 발명을 포함한다.
- [0008] 1. 2 개의 도전성 섬유 및 1 개의 압전성 섬유를 포함하고, 이들이 대략 동일 평면 상에, 도전성 섬유, 압전성 섬유, 도전성 섬유의 순서로 배치되어 있는 압전 단위를 포함하는, 전기 신호를 출력 또는 입력으로 하는 트랜스듀서.
- [0009] 2. 압전 단위는 절연성 섬유를 포함하고, 그 절연성 섬유는, 압전 단위 중의 도전성 섬유가, 다른 압전 단위 중의 도전성 섬유, 혹은 도전성 섬유와 압전성 섬유에 접하지 않도록 배치되어 있는 전향 1 기재의 트랜스듀서.
- [0010] 3. 압전성 섬유가, 주로 폴리락트산을 포함하는 전향 1 에 기재된 트랜스듀서.
- [0011] 4. 압전성 섬유가, 주로 폴리-L-락트산 또는 폴리-D-락트산을 포함하고, 이들의 광학 순도는 99 % 이상인 전향 1 기재의 트랜스듀서.
- [0012] 5. 압전성 섬유가 1 축 배향하고 또한 결정을 포함하는 전향 1 기재의 트랜스듀서.
- [0013] 6. 도전성 섬유가 (i) 탄소 섬유 또는 (ii) 합성 섬유에 전기 전도체를 코팅한 섬유인 전향 1 기재의 트랜스듀서.
- [0014] 7. 도전성 섬유에 대해 법선 방향으로 접고, 이것을 2,000 회 반복한 후의 검출 전압이 접기 전의 90 % 이상인 전향 1 기재의 트랜스듀서.
- [0015] 8. 복수의 압전 단위를 함유하는 직편물인 전향 1 기재의 트랜스듀서.
- [0016] 9. 복수의 압전 단위를 함유하는 직물로서, 그 직조직이 평직, 능직, 새틴직 또는 그들의 복합 조직인 전향 8 기재의 트랜스듀서.
- [0017] 10. 직편물을 복수 조합하여 사용하는 전향 8 기재의 트랜스듀서.
- [0018] 11. 전향 1 ~ 10 중 어느 한 항에 기재된 트랜스듀서를 사용한 센서.
- [0019] 12. 전향 1 ~ 10 중 어느 한 항에 기재된 트랜스듀서를 사용한 발전 소자.
- [0020] 13. 전향 1 ~ 10 중 어느 한 항에 기재된 트랜스듀서를 사용한 액츄에이터.
- [0021] 14. 전향 1 ~ 10 중 어느 한 항에 기재된 트랜스듀서를 사용한 스피커.

발명의 효과

- [0022] (전기 신호를 출력으로 하는 트랜스듀서)
- [0023] 본 발명의 전기 신호를 출력으로 하는 트랜스듀서는, 통상적인 섬유 재료를 사용하여, 또한 종전의 직편물 구조를 채용함으로써 제조할 수 있다. 트랜스듀서는, 유연성을 갖는 포백 형상으로 할 수 있다. 트랜스듀서는, 손수건과 같은 접기 가능한 포백 형상, 나아가서는 착의 형상 등 포백으로 실현할 수 있는 모든 형상으로 하는 것이 가능하다. 트랜스듀서는, 포백 형상의 센서나 발전 소자로서 사용할 수 있다.
- [0024] (전기 신호를 입력으로 하는 트랜스듀서)
- [0025] 본 발명의 전기 신호를 입력으로 하는 트랜스듀서는, 통상적인 섬유 재료를 사용하여, 또한 종전의 직편물 구조를 채용함으로써 제조할 수 있다. 트랜스듀서는, 유연성을 갖는 포백 형상으로 할 수 있다. 트랜스듀서는, 손수건과 같은 접기 가능한 포백 형상, 나아가서는 착의 형상 등 포백으로 실현할 수 있는 모든 형상으로 하는 것이 가능하다. 트랜스듀서는, 전기 신호를 인가하면, 형상이 변화하므로, 액츄에이터로서도 이용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1 은, 실시예 1 의 평직물의 모식도이다.
- 도 2 는, 실시예 1 의 주자 직물의 모식도이다.
- 도 3 은, 실시예 1 의 팔 센서의 외관도이다.
- 도 4 는, 실시예 1 의 팔 센서를 팔에 장착하여 팔을 구부린 경우에 출력된 전기 신호이다.
- 도 5 는, 실시예 1 의 팔 센서를 팔에 장착하여 팔을 편 경우에 출력된 전기 신호이다.
- 도 6 은, 실시예 1 의 팔 센서를 팔에 장착하여 팔을 내향으로 비튼 경우에 출력된 전기 신호이다.
- 도 7 은, 실시예 1 의 팔 센서를 팔에 장착하여 팔을 외향으로 비튼 경우에 출력된 전기 신호이다.
- 도 8 은, 실시예 8 의 평직물의 모식도이다.
- 도 9 는, 실시예 3 기재의 압전 소자 (트랜스듀서) 의 모식도이다.
- 도 10 은, 실시예 4 기재의 압전 소자 (트랜스듀서) 의 모식도이다.
- 도 11 은, 실시예 5 기재의 압전 소자 (트랜스듀서) 의 모식도이다.
- 도 12 는, 실시예 6 기재의 압전 소자 (트랜스듀서) 의 모식도이다.
- 도 13 은, 그 밖의 양태 1 에 관련된 압전 소자의 구성의 일례로서, 실시예 8 기재의 압전 소자 (트랜스듀서) 의 모식도이다.
- 도 14 는, 실시예 7, 8 의 압전 소자의 평가 시스템의 개략도이다.
- 도 15 는, 그 밖의 양태 2 에 관련된 압전 소자의 구성의 일례로서, 실시예 9 기재의 압전 소자 (트랜스듀서) 의 모식도이다.
- 도 16 은 실시예 9 의 압전 소자 (트랜스듀서) 의 평가 시스템의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 본 발명은, 2 개의 도전성 섬유 및 1 개의 압전성 섬유를 포함하고, 이들이 대략 동일 평면 상에, 도전성 섬유, 압전성 섬유, 도전성 섬유의 순서로 배치되어 있는 압전 단위를 포함하는, 전기 신호를 출력 또는 입력하는 트랜스듀서에 의해 달성된다. 복수의 압전 단위를 포함하는 부위를 압전 소자라고 하는 경우가 있다. 트랜스듀서는, 압전 소자 및 전기 신호를 출력 또는 입력하는 배선 등을 포함한다. 이하에 각 구성에 대하여 설명한다.
- [0028] (도전성 섬유)
- [0029] 도전성 섬유의 직경은 1 μm ~ 10 mm 인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 10 μm ~ 5 mm, 더욱 바람직하게는 0.1 mm ~ 2 mm 이다. 직경이 작으면, 강도가 저하되어 핸들링이 곤란해지고, 또, 직경이 큰 경우에는 플렉시블성이 희생된다. 도전성 섬유의 단면 형상으로는 원 또는 타원인 것이, 압전 소자의 설계 및 제조의 관점에서 바람직하지만, 이것에 한정되지 않는다.
- [0030] 압전성 고분자로부터의 전기 출력을 효율적으로 취출하기 위해서, 도전성 섬유의 전기 저항은 낮은 것이 바람직하고, 체적 저항률로는 $10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 $10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하, 더욱 바람직하게는 $10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하이다.
- [0031] 도전성 섬유의 재료로는, 도전성을 나타내는 것이면 되고, 섬유상으로 할 필요가 있기 때문에, 도전성 고분자인 것이 바람직하다. 도전성 고분자로는, 폴리아닐린, 폴리아세틸렌, 폴리(p-페닐렌비닐렌), 폴리피롤, 폴리티오펜, 폴리(p-페닐렌술폰아이드), 탄소 섬유 등을 사용할 수 있다.
- [0032] 플렉시블하고 또한 장척(長尺)의 전기 특성의 안정성의 관점에서 보다 바람직하게는 탄소 섬유이다. 일반적인 탄소 섬유는 필라멘트가 몇 개 모인 다발로 된 멀티 필라멘트가 보통이지만, 이것을 사용해도 되고, 또, 1 개로 이루어지는 모노 필라멘트만을 사용하는 것이어도 된다. 멀티 필라멘트를 이용한 쪽이 전기 특성의 장

척 안정성의 관점에서 바람직하다. 모노 필라멘트의 지름으로는 1 μm ~ 5000 μm 이며, 바람직하게는 2 μm ~ 100 μm 이다. 더욱 바람직하게는 3 μm ~ 10 μm 이다. 필라멘트 수로는, 10 개 ~ 100000 개가 바람직하고, 보다 바람직하게는 100 개 ~ 50000 개, 더욱 바람직하게는 500 개 ~ 30000 개이다. 탄소 섬유는 섬유축 방향의 강도가 높다는 이점이 있다.

[0033] 또, 고분자를 매트릭스로 하여 섬유상 또는 입상(粒狀)의 도전성 필러를 넣은 것이어도 된다.

[0034] 나아가서는, 섬유의 표면에 도전성을 갖는 층을 형성한 것이어도 된다. 도전성을 갖는 층으로는, 공지된 도전성 고분자나 섬유상 또는 입상의 도전성 필러를 코팅할 수 있다. 도전성 섬유의 베이스 섬유(전기 전도체 코팅을 실시하는 섬유)로는, 내구성을 개선하기 위해서 천연 섬유, 반천연 섬유, 합성 섬유인 것이 바람직하다. 섬유의 표면에 도전성을 갖는 층을 형성한 도전성 섬유는, 탄소 섬유에 비해, 섬유축에 대해 법선 방향의 강도가 강하고, 장기로 사용했을 때의 내구성이 우수하다.

[0035] 도전성 섬유의 베이스 섬유는, 면, 마, 견 등의 천연 섬유, 레이온, 큐프라, 트리아세테이트, 디아세테이트 등의 반합성 섬유, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌나프탈레이트, 폴리락트산, 폴리글리콜산, 폴리부틸렌숙시네이트 등의 폴리에스테르계 섬유 및 그 공중합 섬유, 나일론 6, 나일론 66, 나일론 46, 나일론 410, 나일론 610, 나일론 10, 나일론 11, 나일론 12, 나일론 6T, 나일론 8T, 나일론 10T 등의 폴리아미드계 섬유 및 그 공중합 섬유, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 등의 폴리올레핀계 섬유, 폴리페닐렌술폰아이드 섬유, 폴리카보네이트 섬유, 아라미드 섬유, 그 밖의 합성 섬유가 예시된다. 또 이들 섬유 중 2 종류 이상의 복합 섬유여도 된다. 단, 취급성이나 내구성의 관점에서 합성 섬유를 베이스 섬유로서 사용하는 것이 바람직하다.

[0036] 베이스 섬유의 표면에 코팅하는 전기 전도체는 도전성을 나타내고, 본 발명의 효과를 발휘하는 한, 어느 것을 사용해도 된다.

[0037] 예를 들어, 금, 은, 백금, 동, 니켈, 주석, 아연, 팔라듐, 동, 산화인듐 주석 등 및 이들의 혼합물이나 합금 등을 사용할 수 있다. 또한, 코팅 방법이나 그 수단도 제한되지 않는다. 금속을 포함하는 페이스트 형태의 것을 도포하거나, 전해 도금, 화학 도금, 혹은 진공 증착 등에 의해 전기 전도체를 코팅한 섬유에 대해 본 발명을 널리 적용할 수 있다.

[0038] 또, 폴리아닐린, 폴리아세틸렌, 폴리(p-페닐렌비닐렌), 폴리피롤, 폴리티오펜, 폴리(p-페닐렌술폰아이드) 등의 도전성 고분자를 전기 전도체로서 사용할 수도 있다. 또, 이들 전기 전도체는 복수 종류를 병용하는 것도 가능하다.

[0039] 도전성 섬유는 필라멘트가 몇 개 모인 다발로 된 멀티 필라멘트가 있지만, 이것을 사용해도 되고, 또, 1 개로 이루어지는 모노 필라멘트만을 사용하는 것이어도 된다. 멀티 필라멘트를 이용한 쪽이 전기 특성의 장척 안정성의 관점에서 바람직하다. 모노 필라멘트의 지름은, 바람직하게는 1 μm ~ 5000 μm , 보다 바람직하게는 2 μm ~ 100 μm , 더욱 바람직하게는 3 μm ~ 10 μm 이다. 필라멘트 수로는, 10 개 ~ 100000 개가 바람직하고, 보다 바람직하게는 100 개 ~ 50000 개, 더욱 바람직하게는 500 개 ~ 30000 개이다.

[0040] (압전성 섬유)

[0041] 압전성 섬유는 압전성을 갖는 섬유이다. 압전성 섬유는 압전성 고분자로 이루어지는 것이 바람직하다. 압전성 고분자로는, 폴리불화비닐리덴, 폴리락트산 등 압전성을 나타내는 고분자이면 이용할 수 있지만, 주로 폴리락트산을 포함하는 것이 바람직하다. 폴리락트산은 용융 방사 후에 연신에 의해 용이하게 배향하여 압전성을 나타내고, 폴리불화비닐리덴 등에서 필요해지는 전계 배향 처리가 불필요한 점에서 생산성이 우수하다.

또한, 폴리락트산으로 이루어지는 압전성 섬유는 그 축방향으로의 인장이나 압축 응력으로는, 분극이 작아, 압전 소자로서 기능시키는 것이 곤란하지만, 전단 응력에 따라서는 비교적 큰 전기 출력이 얻어져, 전단 응력을 압전성 고분자에 부여하기 쉬운 구성체를 갖는 본 발명의 압전 소자에 있어서는 바람직하다.

[0042] 압전성 고분자는, 주로 폴리락트산을 포함하는 것이 바람직하다. 「주로」란, 바람직하게는 90 몰%, 보다 바람직하게는 95 몰%, 더욱 바람직하게는 98 몰% 이상을 말한다.

[0043] 폴리락트산으로는, 그 결정 구조에 따라, L-락트산, L-락티드를 중합하여 이루어지는 폴리-L-락트산을 들 수 있다. 또 D-락트산, D-락티드를 중합하여 이루어지는 폴리-D-락트산을 들 수 있다. 또 폴리-L-락트산 및 폴리-D-락트산의 하이브리드 구조로 이루어지는 스테레오 콤플렉스 폴리락트산 등이 있다. 폴리락트산은, 압전성을 나타내는 것이면 모두 이용할 수 있다. 압전율의 높이의 관점에서 바람직하게는, 폴리-L-락트산, 폴리-D-락트산이다. 폴리-L-락트산, 폴리-D-락트산은 각각, 동일한 응력에 대해 분극이 반대가 되기

때문에, 목적에 따라 이들을 조합하여 사용하는 것도 가능하다.

- [0044] 폴리락트산의 광학 순도는 99 % 이상인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 99.3 % 이상, 더욱 바람직하게는 99.5 % 이상이다. 광학 순도가 99 % 미만이면, 현저하게 압전율이 저하되는 경우가 있어, 압전 소자 표면에 대한 문지르는 힘에 의해 충분한 전기 출력을 얻는 것이 어려워지는 경우가 있다. 압전성 고분자가, 주로 폴리-L-락트산 또는 폴리-D-락트산을 포함하고, 이들의 광학 순도는 99 % 이상인 것이 바람직하다.
- [0045] 압전성 고분자는 피복 섬유의 섬유축 방향으로 1 축 배향하고 또한 결정을 포함하는 것인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 결정을 갖는 1 축 배향 폴리락트산이다. 왜냐하면, 폴리락트산은 그 결정 상태 및 1 축 배향에 있어서 큰 압전성을 나타내기 때문이다.
- [0046] 폴리락트산은 가수 분해가 비교적 빠른 폴리에스테르이기 때문에, 내습열성이 문제가 되는 경우에 있어서는, 이소시아네이트 화합물, 옥사졸린 화합물, 에폭시 화합물, 카르보다이미드 화합물 등의 가수 분해 방지제를 첨가해도 된다. 또, 필요에 따라 인산계 화합물 등의 산화 방지제, 가소제, 광 열화 방지제 등을 첨가하여 물성 개량해도 된다.
- [0047] 또, 폴리락트산은 다른 폴리머와의 알로이로서 사용해도 되지만, 폴리락트산을 주된 압전성 고분자로서 사용한 다면, 알로이의 전체 중량을 기준으로 하여 적어도 50 중량% 이상으로 폴리락트산을 함유하고 있는 것이 바람직하고, 더욱 바람직하게는 70 중량% 이상, 가장 바람직하게는 90 중량% 이상이다.
- [0048] 알로이로 하는 경우의 폴리락트산 이외의 폴리머로는, 폴리부틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌나프탈레이트 공중합체, 폴리메타크릴레이트 등을 적합한 예로서 들 수 있다. 그러나, 이들에 한정되는 것이 아니라, 본 발명에서 목적으로 하는 압전성 효과를 발휘하는 한, 어떠한 폴리머를 사용해도 된다.
- [0049] 압전성 섬유는 필라멘트가 몇 개 모인 다발로 된 멀티 필라멘트가 보통이며, 이것을 사용해도 된다. 또 1 개로 이루어지는 모노 필라멘트를 사용해도 된다. 멀티 필라멘트를 이용한 쪽이 압전 특성의 장척 안정성의 관점에서 바람직하다. 모노 필라멘트의 지름으로는, 바람직하게는 1 μm ~ 5000 μm , 보다 바람직하게는 5 μm ~ 500 μm 이다. 더욱 바람직하게는 10 μm ~ 100 μm 이다. 필라멘트 수는, 바람직하게는 1 개 ~ 100000 개, 보다 바람직하게는 10 개 ~ 50000 개, 더욱 바람직하게는 100 개 ~ 10000 개이다.
- [0050] 이와 같은 압전성 고분자를 압전성 섬유로 하기 위해서는, 고분자를 섬유화하기 위한 공지된 수법을, 본 발명의 효과를 발휘하는 한 모두 채용할 수 있다. 압전성 고분자를 압출 성형하여 섬유화하는 수법, 압전성 고분자를 용융 방사하여 섬유화하는 수법, 압전성 고분자를 건식 혹은 습식 방사에 의해 섬유화하는 수법, 압전성 고분자를 정전 방사에 의해 섬유화하는 수법 등을 채용할 수 있다. 이들의 방사 조건은, 채용하는 압전성 고분자에 따라 공지된 수법을 적용하면 되고, 통상적으로는 공업적으로 생산이 용이한 용융 방사법을 채용하면 된다.
- [0051] 또한, 상기 서술한 바와 같이, 압전성 고분자가 폴리락트산인 경우에는, 1 축 연신 배향하고, 또한 결정을 포함하면, 보다 큰 압전성을 나타내기 때문에, 섬유는 연신하는 것이 바람직하다.
- [0052] (대략 동일 평면 상)
- [0053] 본 발명에 있어서, 2 개의 도전성 섬유와 1 개의 압전성 섬유는, 대략 동일 평면 상에 배치된다. 여기서 대략 동일 평면 상이란, 3 개의 섬유의 섬유축이 대략 평면 상에 배치되는 것을 의미하며, 「대략」이란, 섬유끼리의 교차점에서 두께가 발생하는 것이 포함되는 것을 의미하는 것이다.
- [0054] 예를 들어, 2 개의 평행한 도전성 섬유의 사이에, 1 개의 압전성 섬유가 또한 평행하게 가지런히 맞춰진 형태는, 대략 동일 평면 상에 있는 형태이다. 또, 당해 1 개의 압전성 섬유의 섬유축을, 당해 2 개의 평행한 도전성 섬유와는 평행이 아닌 상태로 기울이고 있어도, 대략 동일 평면 상에 있다. 또한, 1 개의 도전성 섬유와 1 개의 압전성 섬유를 평행하게 가지런히 맞추고, 1 개의 도전성 섬유를, 이 가지런히 맞춰진 도전성 섬유와 압전성 섬유에 교차시켰다고 해도 대략 동일 평면 상에 있다.
- [0055] 대략 평면 상에 배치됨으로써, 당해 압전 단위를 조합하여, 섬유 형상, 포백 형상의 압전 소자를 형성하기 쉽고, 섬유 형상, 포백 형상의 형태의 압전 소자를 이용하면, 트랜스듀서의 형상 설계에 자유도를 늘릴 수 있다. 이들의, 압전 섬유와 도전 섬유의 관계는 검출하고자 하는 형상 변화에 따라 적절히 선택된다.
- [0056] (배치 순서)
- [0057] 압전 단위는, 도전성 섬유, 압전성 섬유, 도전성 섬유가 이 순서로 배치되어 있다. 이와 같이

배치함으로써, 압전 단위의 2 개의 도전성 섬유끼리가 접촉하는 일이 없어지고, 도전성 섬유에 다른 수단, 예를 들어 절연성 물질을 피복하는 등의 기술을 적용하지 않아도 압전 단위로서 유효하게 기능시킬 수 있다.

[0058] 이 때, 2 개의 도전성 섬유가 1 개의 압전성 섬유와 서로 접점을 갖고 있는 것이 바람직하다. 그러나 4 mm 이내의 범위이면, 접점을 갖고 있지 않아도 된다. 도전성 섬유와 압전성 섬유의 거리는, 보다 바람직하게는 3 mm 이하, 더욱 바람직하게는 2 mm 이하, 더욱 바람직하게는 1 mm 이하, 가장 바람직하게는 0.5 mm 이하이다.

4 mm 를 초과하면, 압전성 섬유의 형상 변화에 수반하는 전기 출력이 작아져, 트랜스듀서로서 사용하는 것이 곤란해진다.

[0059] 형태로는, 도전성 섬유, 압전성 섬유, 도전성 섬유가 서로 대략 평행하게, 이 순서로 배치된 형태를 들 수 있다. 또, 2 개의 도전성 섬유가 평행하게 배치되고, 1 개의 압전성 섬유가, 이들 2 개의 도전성 섬유에 교차하도록 배치된 형태를 들 수 있다. 나아가서는, 2 개의 도전성 섬유를 경사 (또는 위사) 로서 배치하고, 1 개의 압전성 섬유를 위사 (또는 경사) 로서 배치해도 된다. 이 경우에는 2 개의 도전성 섬유끼리는 접촉하고 있지 않는 것이 바람직하다. 2 개의 도전성 섬유의 사이에, 절연성 물질, 예를 들어 절연성 섬유를 개재시키는 형태가 바람직하다. 또 도전성 섬유가 접촉하기 쉬운 표면에만 절연성 물질을 피복하고, 압전성 섬유와는 직접 도전성 섬유가 접촉하도록 하는 형태도 채용할 수 있다.

[0060] (절연성 섬유)

[0061] 본 발명에 있어서 압전 단위는, 절연성 섬유를 포함하고, 그 절연성 섬유는, 압전 단위 중의 도전성 섬유가, 다른 도전성 섬유 그리고 압전성 섬유에 접하지 않도록 도전성 섬유와 압전성 섬유 사이에 배치되는 경우가 있다.

이 때, 절연성 섬유는 포백의 유연성을 향상시키는 목적으로 신축성이 있는 소재, 형상을 갖는 섬유를 사용할 수 있다. 또, 압전 단위 중의 도전성 섬유가, 다른 압전 단위 중의 도전성 섬유 그리고 압전성 섬유에 접하지 않도록 배치되는 경우도 있다. 본 발명에서의 배치 순서는 통상적으로는, [도전성 섬유/압전성 섬유/도전성 섬유] 이므로, 절연성 섬유는, [절연성 섬유/도전성 섬유/압전성 섬유/도전성 섬유] 내지 [절연성 섬유/도전성 섬유/압전성 섬유/도전성 섬유/절연성 섬유] 로서 배치된다. 이 때도, 절연성 섬유는 포백의 유연성을 향상시키는 목적으로 신축성이 있는 소재, 형상을 갖는 섬유를 사용할 수 있다.

[0062] 압전 단위에 이와 같이 절연성 섬유를 배치함으로써, 압전 단위를 복수 조합한 경우에도 도전성 섬유가 접촉하는 일이 없고, 트랜스듀서로서의 성능을 향상시키는 것이 가능하다.

[0063] 이와 같은 절연성 섬유로는, 체적 저항률이 $10^6 \Omega \cdot \text{cm}$ 이상이면 사용할 수 있으며, 보다 바람직하게는 $10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 이상, 더욱 바람직하게는 $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 이상이 좋다.

[0064] 절연성 섬유로서 예를 들어, 폴리에스테르 섬유, 나일론 섬유, 아크릴 섬유, 폴리에틸렌 섬유, 폴리프로필렌 섬유, 염화비닐 섬유, 아라미드 섬유, 폴리술폰 섬유, 폴리에테르 섬유, 폴리우레탄 섬유 등을 사용할 수 있다.

또, 견 등의 천연 섬유, 아세테이트 등의 반합성 섬유, 레이온, 큐프라 등의 재생 섬유를 사용할 수 있다. 이들에 한정되는 것이 아니라, 공지된 절연성 섬유를 임의로 사용할 수 있다. 또한, 이들 절연성 섬유를 조합하여 사용해도 되고, 절연성을 갖지 않는 섬유와 조합하여, 전체적으로 절연성을 갖는 섬유로 해도 된다.

[0065] 또, 포백에 유연성을 갖게 할 목적으로, 공지된 모든 형상의 섬유도 사용할 수 있다.

[0066] (압전 단위의 조합 형태)

[0067] 본 발명의 트랜스듀서는, 복수의 병렬한 압전 단위를 함유하는 직편물인 것이 바람직하다. 이와 같은 형태임으로써, 압전 소자로서, 형상의 변형 자유도 (플렉시블) 를 향상시키는 것이 가능하다.

[0068] 이와 같은 직편물 형상은 복수의 압전 단위를 포함하고, 압전 소자로서의 기능을 발휘하는 한 아무런 한정은 없다. 직물 형상 또는 편물 형상을 얻으려면, 통상적인 방직기 또는 편기 (編機) 에 의해 제편직 (製編織) 하면 된다.

[0069] 직물의 직조직으로는, 평직, 능직, 주자직 등의 삼원 조직, 변화 조직, 세로 이중직, 가로 이중직 등의 편이중 조직, 세로 비로드 등이 예시된다.

[0070] 편물의 종류는, 환편물 (위편물) 이어도 되고 경편물이어도 된다. 환편물 (위편물) 의 조직으로는, 평편, 고무편, 양면편, 퍼얼편, 턱편, 부편 (浮編), 외이랑편, 레이스편, 첨모편 (添毛編) 등이 바람직하게 예시된다.

경편 조직으로는, 싱글 텐비편, 싱글 아틀라스편, 더블 코드편, 하프 트리콧편, 이모편 (裏毛編), 차가드편 등이 예시된다. 층수도 단층이어도 되고, 2 층 이상의 다층이어도 된다. 나아가서는, 컷 파일 및/또는

루프 파일로 이루어지는 입모부와 바탕 조직부로 구성되는 입모 직물, 입모 편물이어도 된다.

[0071] 또한, 압전 단위가 직조직 내지 편조직에 짜넣어져 존재하는 경우, 압전성 섬유 그 자체에 굴곡 부분이 존재하지만, 압전 소자로서의 압전 성능을 효율적으로 발현시키기 위해서는, 압전성 섬유의 굴곡 부분이 작은 쪽이 바람직하다. 따라서, 직물과 편물에서는 직물 쪽이 바람직하다.

[0072] 이 경우에도, 상기 서술한 바와 같이, 압전성 섬유의 굴곡 부분이 작은 쪽이, 압전 성능이 효율적으로 발현하기 때문에, 직조직으로는 평직보다는 능직이 바람직하고, 능직보다 새틴직 (주자직) 이 바람직하다. 특히 새틴직 (주자직) 중에서도, 비수 (飛數) 가 3 ~ 7 의 범위에 있으면, 직조직의 유지와 압전 성능을 높은 수준으로 발휘하기 때문에 바람직하다.

[0073] 또한, 직조직은, 검출하고자 하는 형상 변화에 따라 적절히 선택된다. 예를 들어 구부림을 검출하고자 하는 경우에는, 평직 구조, 압전성 섬유와 도전성 섬유가 평행 관계인 것이 바람직하고, 비틀림을 검출하고자 하는 경우에는, 주자직 구조, 압전성 섬유와 도전성 섬유가 직행 관계인 것이 바람직하다.

[0074] 또, 압전성 섬유는 대전하기 쉽기 때문에, 오작동하기 쉬워지는 경우가 있다. 이와 같은 경우에는, 신호를 취출하고자 하는 압전 섬유를 접지 (어스) 하여 사용할 수도 있다. 접지 (어스) 하는 방법으로는 신호를 취출하는 도전성 섬유와는 별도로, 도전성 섬유를 배치하는 것이 바람직하다. 이 경우, 도전성 섬유의 체적 저항률로는 $10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 $10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하, 더욱 바람직하게는 $10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하이다.

[0075] (복수의 트랜스듀서)

[0076] 또, 트랜스듀서를 복수 늘어놓아 사용하는 것도 가능하다. 늘어놓는 방법으로서도 1 차원적으로 1 단으로 늘어놓아도 되고, 2 차원적으로 겹쳐 늘어놓아도 되며, 나아가서는 천 형상으로 편직하여 사용하거나, 끈끈으로 제뉴 (製紐) 해도 된다. 그에 따라 천 형상, 끈 형상의 트랜스듀서를 실현하는 것도 가능해진다. 천 형상, 끈 형상으로 함에 있어서는, 본 발명의 목적을 달성하는 한, 트랜스듀서 이외의 다른 섬유와 조합하여, 혼섬, 교직, 교편 등을 실시해도 되고, 또, 수지 등에 짜넣어 사용해도 된다.

[0077] (전기 신호의 출력)

[0078] 본 발명의 트랜스듀서는, 표면에 대한 접촉, 압력, 형상 변화를 전기 신호로서 출력할 수 있다.

[0079] 본 발명의 트랜스듀서의 형상의 구체예로는, 모자, 장갑, 양말 등의 착의, 서포터, 손수건 등을 들 수 있다. 본 발명의 트랜스듀서는, 이들 형상으로, 터치 패널, 사람이나 동물의 표면 감압 센서, 관절부의 구부림, 비틀림, 신축을 감지하는 센서에 사용할 수 있다. 예를 들어 사람에게 사용하는 경우에는, 접촉이나 움직임 검출하고, 의료 용도 등의 관절 등의 움직임의 정보 수집, 어뮤즈먼트 용도, 소실된 조직이나 로봇을 움직이기 위한 인터페이스로서 사용할 수 있다. 그 밖에, 동물이나 인형을 본뜬 봉제 인형이나 로봇의 표면 감압 센서, 관절부의 구부림, 비틀림, 신축을 감지하는 센서로서 사용할 수 있다. 그 외에는, 시트나 베개 등의 침구, 구두창, 장갑, 의자, 깔개, 자루, 기 (旗) 등의 표면 감압 센서나 형상 변화 센서로서 사용할 수 있다.

[0080] 나아가서는, 본 발명의 센서는 포백 형상이기 때문에, 신축성과 유연성이 있으므로, 모든 구조물의 전체 혹은 일부의 표면에 첨부 (貼付) 혹은 피복함으로써 표면 감압 센서, 형상 변화 센서로서 사용할 수 있다.

[0081] 또한, 본 발명의 트랜스듀서는 전기 신호를 출력으로 하여 취출할 수 있기 때문에, 이 전기 신호를 다른 디바이스를 움직이기 위한 전력원 혹은 축전하는 등, 발전 소자로서 사용할 수도 있다. 구체적으로는, 사람, 동물, 로봇, 기계 등 자발적으로 움직이는 것의 가동부에 사용하는 것에 따른 발전, 구두창, 깔개, 외부로부터 압력을 받는 구조물의 표면에서의 발전, 유체 중에서의 형상 변화에 의한 발전 등을 들 수 있다. 유체 중에서의 형상 변화에 의해 전기 신호를 발하기 위해서, 유체 중의 대전성 물질을 흡착시키거나 부착을 억제시키거나 하는 것도 가능하다.

[0082] (전기 신호의 입력)

[0083] 본 발명의 트랜스듀서는, 표면에 대한 접촉, 압력, 형상 변화, 진동을 전기 신호에 의해 발현할 수 있다.

[0084] 본 발명의 트랜스듀서의 형상의 구체예로는, 모자, 장갑, 양말 등을 포함하는 착의, 서포터, 손수건 등의 형상을 들 수 있다. 본 발명의 트랜스듀서는, 이들 형상으로, 사람이나 동물의 표면에 압력을 주는 액츄에이터, 관절부의 구부림, 비틀림, 신축을 서포트하는 액츄에이터에 사용할 수 있다. 예를 들어 사람에게 사용하는 경우에는, 접촉이나 움직임이나 압력을 주는 어뮤즈먼트 용도나 소실된 조직을 움직일 수 있다. 그 밖에,

동물이나 인형을 본뜬 봉제 인형이나 로봇의 표면을 부풀리거나, 늘리거나 하는 액츄에이터, 관절부에 구부림, 비틀림, 신축 등의 움직임을 주는 액츄에이터로서 사용할 수 있다. 그 밖에, 시트나 베개 등의 침구, 구두창, 장갑, 의자, 깔개, 자루, 기 등의 표면을 움직이는 액츄에이터나, 전기 신호로 형상 변화하는 손수건, 보자기, 자루 등 친 형상의 모든 형상의 액츄에이터로서 사용할 수 있다.

- [0085] 나아가서는, 본 발명에 있어서 액츄에이터는 포백 형상이기 때문에, 신축성과 유연성이 있으므로, 모든 구조물의 전체 혹은 일부의 표면에 첩부 혹은 피복함으로써 표면 형상을 바꾸는 액츄에이터로서 사용할 수 있다.
- [0086] 또, 본 발명의 트랜스듀서는 전기 신호를 입력으로서 움직일 수 있기 때문에, 그 진동에 의해 소리를 발생시키는 스피커로서 사용할 수도 있다.
- [0087] (압전 소자의 그 밖의 양태 1)
- [0088] 본 발명은, 이하의 다른 양태의 압전 소자를 포함하는 트랜스듀서를 포함한다 (도 13, 실시예 8).
- [0089] 1. 섬유에 전기 전도체 코팅을 실시한 도전성 섬유, 그 표면에 피복된 압전성 고분자, 및 그 압전성 고분자의 표면에 형성된 표면 도전층을 포함하는, 압전 소자.
- [0090] 2. 압전성 고분자가, 주로 폴리락트산을 포함하는 전항 1 에 기재된 압전 소자.
- [0091] 3. 압전성 고분자가, 주로 폴리-L-락트산 또는 폴리-D-락트산을 포함하고, 이들의 광학 순도는 99 % 이상인 전항 1 또는 2 기재의 압전 소자.
- [0092] 4. 압전성 고분자가, 1 축 배향하고, 또한 결정을 포함하는 전항 2 또는 3 기재의 압전 소자.
- [0093] 5. 도전성 섬유가 합성 섬유에 전기 전도체 코팅을 실시한 섬유인 전항 1 ~ 4 중 어느 한 항에 기재된 압전 소자.
- [0094] 6. 압전 소자에 인가된 응력 및/또는 응력의 인가된 위치를 검출하는 센서인 전항 1 ~ 5 중 어느 한 항에 기재된 압전 소자.
- [0095] 7. 검출되는 압전 소자에 인가된 응력이, 압전 소자 표면에 대한 문지르는 힘인, 전항 6 기재의 압전 소자.
- [0096] (도전성 섬유)
- [0097] 도전성 섬유의 직경은 1 μm ~ 10 mm 인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 10 μm ~ 5 mm, 더욱 바람직하게는 0.1 mm ~ 2 mm 이다. 직경이 작으면, 강도가 저하되어 핸들링이 곤란해지고, 또, 직경이 큰 경우에는 플렉시블성이 희생된다. 도전성 섬유의 단면 형상으로는 원 또는 타원인 것이, 압전 소자의 설계 및 제조의 관점에서 바람직하지만, 이것에 한정되지 않는다. 압전성 고분자와 도전성 섬유는 가능한 한 밀착하고 있는 것이 바람직하지만, 밀착성을 개량하기 위해서, 도전성 섬유와 압전성 고분자의 사이에 앵커층이나 접착층 등을 형성해도 된다.
- [0098] 도전성 섬유의 베이스 섬유 (전기 전도체 코팅을 실시하는 섬유) 로는, 내구성을 개선하기 위해서 천연 섬유, 반천연 섬유, 합성 섬유인 것이 바람직하다.
- [0099] 도전성 섬유의 베이스 섬유는, 면, 마, 견 등의 천연 섬유, 레이온, 큐프라, 트리아세테이트, 디아세테이트 등의 반합성 섬유, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌나프탈레이트, 폴리락트산, 폴리글리콜산, 폴리부틸렌숙시네이트 등의 폴리에스테르계 섬유 및 그 공중합 섬유, 나일론 6, 나일론 66, 나일론 46, 나일론 410, 나일론 610, 나일론 10, 나일론 11, 나일론 12, 나일론 6T, 나일론 8T, 나일론 10T 등의 폴리아미드계 섬유 및 그 공중합 섬유, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 등의 폴리올레핀계 섬유, 폴리페닐렌술폰아이드 섬유, 폴리카보네이트 섬유, 아라미드 섬유, 그 밖의 합성 섬유가 예시된다. 또 이들 섬유 중 2 종류 이상의 복합 섬유여도 된다. 단, 취급성이나 내구성의 관점에서 합성 섬유를 베이스 섬유로서 사용하는 것이 바람직하다.
- [0100] 베이스 섬유의 표면에 코팅하는 전기 전도체는 도전성을 나타내고, 본 발명의 효과를 발휘하는 한, 어느 것을 사용해도 된다.
- [0101] 예를 들어, 금, 은, 백금, 동, 니켈, 주석, 아연, 팔라듐, 동, 산화인듐 주석 등 및 이들의 혼합물이나 합금 등을 사용할 수 있다. 또한, 코팅 방법이나 그 수단도 제한되지 않는다. 금속을 포함하는 페이스트 형상의 것을 도포하거나, 전해 도금, 화학 도금, 혹은 진공 증착 등에 의해 전기 전도체를 코팅한 섬유에 대해 본 발명을 널리 적용할 수 있다.

- [0102] 또, 폴리아닐린, 폴리아세틸렌, 폴리(p-페닐렌비닐렌), 폴리피롤, 폴리티오펜, 폴리(p-페닐렌술폰아이드) 등의 도전성 고분자를, 전기 전도체로서 사용할 수도 있다. 또, 이들 전기 전도체는 복수 종류를 병용하는 것도 가능하다.
- [0103] 도전성 섬유는 필라멘트가 몇 개 모인 다발로 된 멀티 필라멘트가 있지만, 이것을 사용해도 되고, 또, 1 개로 이루어지는 모노 필라멘트만을 사용하는 것이어도 된다. 멀티 필라멘트를 이용한 쪽이 전기 특성의 장척 안정성의 관점에서 바람직하다. 모노 필라멘트의 지름은, 바람직하게는 1 μm ~ 5000 μm , 보다 바람직하게는 2 μm ~ 100 μm , 더욱 바람직하게는 3 μm ~ 10 μm 이다. 필라멘트 수는, 10 개 ~ 100000 개가 바람직하고, 보다 바람직하게는 100 개 ~ 50000 개, 더욱 바람직하게는 500 개 ~ 30000 개이다.
- [0104] (압전성 고분자)
- [0105] 도전성 섬유를 피복하는 압전성 고분자의 두께는 1 μm ~ 5 mm 인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 5 μm ~ 3 mm, 더욱 바람직하게는 10 μm ~ 1 mm, 가장 바람직하게는 20 μm ~ 0.5 mm 이다. 지나치게 얇으면, 강도의 점에서 문제가 되는 경우가 있고, 또, 지나치게 두꺼우면, 전기 출력을 취출하는 것이 곤란해지는 경우가 있다.
- [0106] 이 압전성 고분자의 도전성 섬유의 피복 상태이지만, 도전성 섬유와 압전성 고분자로 이루어지는 섬유의 형상으로는, 가능한 한 동심원상에 가까운 것이, 도전성 섬유와 표면 도전층의 거리를 일정하게 유지한다고 하는 의미에 있어서 바람직하다. 도전성 섬유와 압전성 고분자로 이루어지는 섬유를 형성하는 방법에 특별히 한정은 없지만, 예를 들어, 도전성 섬유를 내측, 압전성 고분자를 외측으로 하여, 공압출하여 용융 방사한 후에 연신하는 방법 등이 있다. 또, 도전성 섬유의 섬유 둘레면 상에 용융 압출한 압전성 고분자를 피복하고 피복시에 연신 응력을 가함으로써 압전성 고분자를 연신 배향시키는 방법을 이용해도 된다. 또한, 중공의 연신한 압전성 고분자로 이루어지는 섬유를 미리 제조하고, 그 안에 도전성 섬유를 삽입하는 방법이어도 된다.
- [0107] 또, 도전성 섬유와 연신한 압전성 고분자로 이루어지는 섬유를 다른 공정으로 제조하고, 도전성 섬유를 압전성 고분자로 이루어지는 섬유로 휘감는 등 하여 피복하는 방법이어도 된다.
- [0108] 이 경우에는, 가능한 한 동심원상에 가까워지도록 피복하는 것이 바람직하다. 또, 예를 들어, 내측의 도전성 섬유, 압전성 고분자, 표면 도전층을 공압출하여 용융 방사한 후에 연신하는 방법을 이용하여, 3 층을 한 번에 형성해도 된다.
- [0109] 도전성 섬유와 연신한 압전성 고분자로 이루어지는 섬유를 다른 공정으로 제조하는 경우에 있어서, 또한, 압전성 고분자로서 폴리락트산을 사용한 경우의 바람직한 방식, 연신 조건으로서, 용융 방사 온도는 150 ~ 250 $^{\circ}\text{C}$ 가 바람직하고, 연신 온도는 40 ~ 150 $^{\circ}\text{C}$ 가 바람직하고, 연신 배율은 1.1 배 내지 5.0 배가 바람직하며, 또, 결정화 온도로는 80 ~ 170 $^{\circ}\text{C}$ 인 것이 각각 바람직하다.
- [0110] 압전성 고분자로는, 폴리불화비닐리덴, 폴리락트산 등 압전성을 나타내는 고분자이면 이용할 수 있지만, 주로 폴리락트산으로 이루어지는 것이 바람직하다. 폴리락트산은 용융 방사 후에 연신에 의해 용이하게 배향하여 압전성을 나타내고, 폴리불화비닐리덴 등에서 필요해지는 전계 배향 처리가 불필요한 점에서 생산성이 우수하다. 또한, 폴리락트산으로 이루어지는 압전성 섬유는 그 축방향으로의 인장이나 압축 응력으로는, 분극이 작아, 압전 소자로서 기능시키는 것이 곤란하지만, 전단 응력에 따라서는 비교적 큰 전기 출력이 얻어져, 전단 응력을 압전성 고분자에 부여하기 쉬운 구성체를 갖는 본 발명의 압전 소자에 있어서는 바람직하다.
- [0111] 압전성 고분자의 섬유를 도전성 섬유에 휘감음으로써 피복하는 경우에 있어서는, 압전성 고분자의 섬유로는, 복수의 필라멘트를 묶은 멀티 필라멘트를 사용해도 되고, 또, 모노 필라멘트를 사용해도 된다.
- [0112] 압전성 고분자로 이루어지는 섬유를 도전성 섬유에 휘감아 피복하는 형태로는, 예를 들어, 압전성 고분자로 이루어지는 섬유를 편조 튜브와 같은 형태로 하고, 도전성 섬유를 심으로 하여 당해 튜브에 삽입함으로써 피복해도 된다. 또 압전성 고분자로 이루어지는 섬유를 제누하여, 환타 조물(丸打組物)을 제조함에 있어서, 도전성 섬유를 심사(芯絲)로 하고, 그 주위에 압전성 고분자로 이루어지는 섬유를 사용한 환타 끈끈을 제조함으로써, 피복해도 된다.
- [0113] 단사 지름은, 바람직하게는 1 μm ~ 5 mm, 보다 바람직하게는 5 μm ~ 2 mm, 더욱 바람직하게는 10 μm ~ 1 mm 이다. 필라멘트 수로는, 1 개 ~ 100000 개가 바람직하고, 보다 바람직하게는 50 개 ~ 50000 개, 더욱 바람직하게는 100 개 ~ 20000 개이다.
- [0114] 압전성 고분자는, 주로 폴리락트산을 포함하는 것이 바람직하다. 여기서의 「주르」란, 바람직하게는 90

몰%, 보다 바람직하게는 95 몰%, 더욱 바람직하게는 98 몰% 이상을 말한다.

- [0115] 또한, 도전성 섬유로서 멀티 필라멘트를 사용하는 경우, 압전성 고분자는, 멀티 필라멘트의 표면 (섬유 둘레면) 의 적어도 일부가 접촉하고 있도록 피복하고 있으면 되고, 멀티 필라멘트를 구성하는, 모든 필라멘트 표면 (섬유 둘레면) 에 압전성 고분자가 피복하고 있어도 되고, 또, 피복하고 있지 않아도 된다. 멀티 필라멘트를 구성하는 내부의 각 필라멘트에 대한 피복 상태는, 압전성 소자로서의 성능, 취급성 등을 고려하여, 적절히 설정하면 된다.
- [0116] 폴리락트산으로는, 그 결정 구조에 따라, L-락트산, L-락티드를 중합하여 이루어지는 폴리-L-락트산을 들 수 있다. 또 D-락트산, D-락티드를 중합하여 이루어지는 폴리-D-락트산을 들 수 있다. 또 폴리-L-락트산 및 폴리-D-락트산의 하이브리드 구조로 이루어지는 스테레오 콤플렉스 폴리락트산 등이 있다. 폴리락트산은, 압전성을 나타내는 것이면 모두 이용할 수 있다. 그러나, 압전율의 높이의 관점에서, 바람직하게는 폴리-L-락트산, 폴리-D-락트산이다. 폴리-L-락트산, 폴리-D-락트산은 각각, 동일한 응력에 대해 분극이 반대가 되기 때문에, 목적에 따라 이들을 조합하여 사용하는 것도 가능하다.
- [0117] 폴리락트산의 광학 순도는 99 % 이상인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 99.3 % 이상, 더욱 바람직하게는 99.5 % 이상이다. 광학 순도가 99 % 미만이면, 현저하게 압전율이 저하되는 경우가 있어, 압전 소자 표면에 대한 문지르는 힘에 의해 충분한 전기 출력을 얻는 것이 어려워지는 경우가 있다.
- [0118] 압전성 고분자는, 주로 폴리-L-락트산 또는 폴리-D-락트산을 포함하고, 이들의 광학 순도는 99 % 이상인 것이 바람직하다.
- [0119] 압전성 고분자는 1 축 배향하고 또한 결정을 포함하는 것인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 결정을 갖는 1 축 배향 폴리락트산이다. 왜냐하면, 폴리락트산은 그 결정 상태 및 1 축 배향에 있어서 큰 압전성을 나타내기 때문이다.
- [0120] 폴리락트산은 가수 분해가 비교적 빠른 폴리에스테르이기 때문에, 내습열성이 문제가 되는 경우에 있어서는, 이소시아네이트, 에폭시, 카르보디이미드 화합물 등의 가수 분해 방지제를 첨가해도 된다. 또, 필요에 따라 인산계 화합물 등의 산화 방지제, 가소제, 광 열화 방지제 등을 첨가하여 물성 개량해도 된다. 또, 폴리락트산은 다른 폴리머와의 알로이로서 사용해도 되지만, 폴리락트산을 주된 압전성 고분자로서 사용한다면, 적어도 50 중량% 이상 함유하고 있는 것이 바람직하고, 더욱 바람직하게는 70 중량% 이상, 가장 바람직하게는 90 중량% 이상이다.
- [0121] 알로이로 하는 경우의 폴리락트산 이외의 폴리머로는, 폴리부틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌나프탈레이트 공중합체, 폴리메타크릴레이트 등을 적합한 예로서 들 수 있다. 그러나 이들에 한정되는 것이 아니라, 본 발명의 효과를 발휘하는 한, 어떠한 폴리머를 사용해도 된다.
- [0122] (표면 도전층)
- [0123] 표면 도전층의 재료로는, 도전성을 나타내는 것이면 사용 가능하다. 재료로서 구체적으로는, 금, 은이나 동 등의 금속을 포함하는 페이스트 형상의 것을 도포한 것, 금, 은, 동, 산화인듐주석 등을 증착한 것, 폴리아닐린, 폴리아세틸렌, 폴리(p-페닐렌비닐렌), 폴리피롤, 폴리티오펜, 폴리(p-페닐렌술파이드), 탄소 섬유 등의 도전성 고분자 등을 사용할 수 있다. 도전성을 양호하게 유지하는 관점에서, 체적 저항률로는 $10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 $10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하, 더욱 바람직하게는 $10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하이다.
- [0124] 이 표면 도전층의 두께로는, 10 nm ~ 100 μm 인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 20 nm ~ 10 μm , 더욱 바람직하게는 30 nm ~ 3 μm 이다. 지나치게 얇으면, 도전성이 나빠져, 전기 출력이 얻어지기 어려워지는 경우가 있으며, 또, 지나치게 두꺼우면, 플렉시블성을 잃는 경우가 있다.
- [0125] 표면 도전층으로는, 압전성 고분자 상의 전체면에 형성해도 되고, 또 이산적으로 형성해도 된다. 이 배치 방법은 목적에 따라 설계할 수 있기 때문에, 이 배치에 관해서는 특별히 한정은 없다. 이 표면 도전층을 이산적으로 배치하고, 전기 출력을 각각의 표면 도전층으로부터 취출함으로써, 압전 소자에 가해지는 응력의 세기와 위치를 검출하는 것이 가능해진다.
- [0126] 표면 도전층의 보호, 즉, 최외층인 표면 도전층을 사람의 손 등의 접촉으로부터 방지할 목적으로, 어떤 보호층을 형성해도 된다. 이 보호층은 절연성인 것이 바람직하고, 플렉시블성 등의 관점에서 고분자로 이루어지는 것이 보다 바람직하다. 물론, 이 경우에는 보호층 상을 문지르게 되지만, 이 문지름에 의한 전단 응력이 압

전성 고분자까지 도달하고, 그 분극을 야기할 수 있는 것이면 특별히 한정은 없다. 보호층으로는, 고분자 등의 코팅에 의해 형성되는 것에 한정되지 않고, 필름 등 혹은, 그것들이 조합된 것이어도 된다. 보호층으로는, 에폭시 수지, 아크릴 수지 등이 적합하게 사용된다.

[0127] 보호층의 두께로는 가능한 한 얇은 쪽이, 전단 응력을 압전성 고분자로 전달하기 쉽지만, 지나치게 얇으면, 파괴 등의 문제가 발생하기 쉬워지기 때문에, 바람직하게는 10 nm ~ 200 μm, 보다 바람직하게는 50 nm ~ 50 μm, 더욱 바람직하게는 70 nm ~ 30 μm, 가장 바람직하게는 100 nm ~ 10 μm 이다.

[0128] 압전 소자는 1 개로 사용하는 경우도 있지만, 복수 개를 늘어놓아 사용하거나, 포백 형상으로 제편직하여 사용하거나, 끈끈으로 제누해도 된다. 그에 따라 포백 형상, 끈 형상의 압전 소자를 실현하는 것도 가능해진다. 포백 형상, 끈 형상으로 함에 있어서는, 본 발명의 목적을 달성하는 한, 압전 소자 이외의 다른 섬유와 조합하여, 혼섬, 교직, 교편 등을 실시해도 된다. 또, 스마트 폰의 케이싱의 수지 등에 짜넣어 사용해도 된다.

[0129] (압전성 소자의 그 밖의 양태 2)

[0130] 본 발명은, 이하의 다른 양태의 압전 소자를 포함하는 트랜스듀서를 포함한다 (도 15, 실시예 9).

[0131] 1. 섬유에 전기 전도체 코팅을 실시한 도전성 섬유의 표면을 압전성 고분자로 피복한 피복 섬유를 적어도 2 개 포함하고, 각 피복 섬유는, 서로 대략 평행하게 배치되고, 또한 표면의 압전성 고분자가 서로 접촉하고 있는 압전 소자.

[0132] 2. 압전성 고분자가, 주로 폴리락트산을 포함하는 전향 1 에 기재된 압전 소자.

[0133] 3. 압전성 고분자가, 주로 폴리-L-락트산 또는 폴리-D-락트산을 포함하고, 이들의 광학 순도는 99 % 이상인 전향 1 또는 2 기재의 압전 소자.

[0134] 4. 압전성 고분자가, 1 축 배향하고 또한 결정을 포함하는 전향 1 ~ 3 중 어느 한 항에 기재된 압전 소자.

[0135] 5. 도전성 섬유가, 합성 섬유에 전기 전도체 코팅을 실시한 섬유인 전향 1 ~ 4 중 어느 한 항에 기재된 압전 소자.

[0136] 6. 압전 소자에 인가된 응력의 크기 및/또는 인가된 위치를 검출하는 센서인 전향 1 ~ 5 중 어느 한 항에 기재된 압전 소자.

[0137] 7. 검출되는 압전 소자에 인가된 응력이, 압전 소자 표면에 대한 문지르는 힘인, 전향 6 기재의 압전 소자.

[0138] (피복 섬유)

[0139] 압전 소자는, 도전성 섬유의 표면을 압전성 고분자로 피복한 피복 섬유를 적어도 2 개 포함한다.

[0140] 도 15 는 압전 소자의 하나의 양태를 나타내는 구조 모식도이다. 도 15 중의, 부호 1 은 압전성 고분자, 부호 2 는 도전성 섬유이다.

[0141] 압전 소자의 길이는 특별히 한정은 없지만, 제조에 있어서 연속적으로 제조되고, 그 후에 선호하는 길이로 컷하여 이용해도 된다. 실제 압전 소자로서의 이용에 있어서는, 1 mm ~ 10 m, 바람직하게는 5 mm ~ 2 m, 보다 바람직하게는 1 cm ~ 1 m 이다. 길이가 짧으면, 섬유 형상인 편리성이 없어지고, 또, 길면, 도전성 섬유의 저항값의 문제 등으로 전기 출력이 저하되는 등의 문제가 있다.

[0142] (도전성 섬유)

[0143] 도전성 섬유의 재료로는, 내구성을 부여하기 위해서 천연 섬유, 반천연 섬유, 합성 섬유의 표면을 전기 전도체로 코팅한 섬유인 것이 바람직하다. 압전성 고분자로부터의 전기 출력을 효율적으로 취출하기 위해서, 전기 저항은 낮은 것이 바람직하다. 체적 저항률로는 $10^{-1} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 $10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하, 더욱 바람직하게는 $10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 이하이다.

[0144] 도전성 섬유의 베이스 섬유 (전기 전도체 코팅을 실시하는 섬유) 로는, 내구성을 개선하기 위해서 천연 섬유, 반천연 섬유, 합성 섬유인 것이 바람직하다.

[0145] 도전성 섬유의 베이스 섬유는, 면, 마, 견 등의 천연 섬유, 레이온, 큐프라, 트리아세테이트, 디아세테이트 등의 반합성 섬유, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌나프탈레이트, 폴리락트산, 폴리글리콜산, 폴리부틸렌숙시네이트 등의 폴리에스테르계 섬유 및 그 공중합 섬유, 나일론 6, 나일론 66, 나일론 46, 나일론 410, 나일론

610, 나일론 10, 나일론 11, 나일론 12, 나일론 6T, 나일론 8T, 나일론 10T 등의 폴리아미드계 섬유 및 그 공중합 섬유, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 등의 폴리오레핀계 섬유, 폴리페닐렌술폰과이드 섬유, 폴리카보네이트 섬유, 아라미드 섬유, 그 밖의 합성 섬유가 예시된다. 또 이들 섬유 중 2 종류 이상의 복합 섬유여도 된다. 단, 취급성이나 내구성의 관점에서 합성 섬유를 베이스 섬유로서 사용하는 것이 바람직하다.

- [0146] 베이스 섬유의 표면에 코팅하는 전기 전도체는 도전성을 나타내고, 본 발명의 효과를 발휘하는 한, 어느 것을 사용해도 된다.
- [0147] 예를 들어, 금, 은, 백금, 동, 니켈, 주석, 아연, 팔라듐, 동, 산화인듐 주석 등 및 이들의 혼합물이나 합금 등을 사용할 수 있다. 또한, 코팅 방법이나 그 수단도 제한되지 않는다. 금속을 포함하는 페이스트 형태의 것을 도포하거나, 전해 도금, 화학 도금, 혹은 진공 증착 등에 의해 전기 전도체를 코팅한 섬유에 대해 본 발명을 널리 적용할 수 있다.
- [0148] 또, 폴리아닐린, 폴리아세틸렌, 폴리(p-페닐렌비닐렌), 폴리피롤, 폴리티오펜, 폴리(p-페닐렌술폰과이드) 등의 도전성 고분자를 전기 전도체로서 사용할 수도 있다. 또, 이들 전기 전도체는 복수 종류를 병용하는 것도 가능하다.
- [0149] 도전성 섬유의 직경은 1 μm ~ 10 mm 인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 10 μm ~ 5 mm, 더욱 바람직하게는 0.1 mm ~ 2 mm 이다. 직경이 작으면, 강도가 저하되어 핸들링이 곤란해지고, 또, 직경이 큰 경우에는 플렉시블성이 희생된다.
- [0150] 도전성 섬유의 단면 형상으로는 원 또는 타원인 것이, 압전 소자의 설계 및 제조의 관점에서 바람직하지만, 이것에 한정되지 않는다. 물론, 도전성 섬유는 1 개만으로 사용해도 되고, 복수 개 묶어 사용해도 된다.
- [0151] 도전성 섬유는 필라멘트가 몇 개 모인 다발로 된 멀티 필라멘트가 보통이지만, 이것을 사용해도 되고, 또, 1 개로 이루어지는 모노 필라멘트만을 사용하는 것이어도 된다. 멀티 필라멘트를 이용한 쪽이 전기 특성의 장척 안정성의 관점에서 바람직하다.
- [0152] 모노 필라멘트의 지름은, 바람직하게는 1 μm ~ 5000 μm , 보다 바람직하게는 2 μm ~ 100 μm , 더욱 바람직하게는 3 μm ~ 10 μm 이다. 필라멘트 수는, 10 개 ~ 100000 개가 바람직하고, 보다 바람직하게는 100 개 ~ 50000 개, 더욱 바람직하게는 500 개 ~ 30000 개이다.
- [0153] (압전성 고분자)
- [0154] 압전성 고분자로는, 폴리불화비닐리덴, 폴리락트산 등 압전성을 나타내는 고분자이면 이용할 수 있지만, 주로 폴리락트산을 포함하는 것이 바람직하다. 폴리락트산은 용융 방사 후에 연신에 의해 용이하게 배향하여 압전성을 나타내고, 폴리불화비닐리덴 등에서 필요해지는 전계 배향 처리가 불필요한 점에서 생산성이 우수하다. 또한, 폴리락트산으로 이루어지는 압전성 섬유는 그 축방향으로의 인장이나 압축 응력으로는, 분극이 작아, 압전 소자로서 기능시키는 것이 곤란하지만, 전단 응력에 따라서는 비교적 큰 전기 출력이 얻어져, 전단 응력을 압전성 고분자에 부여하기 쉬운 구성체를 갖는 본 발명의 압전 소자에 있어서는 바람직하다.
- [0155] 압전성 고분자는, 주로 폴리락트산을 포함하는 것이 바람직하다. 여기서 「주로」란, 바람직하게는 90 몰%, 보다 바람직하게는 95 몰%, 더욱 바람직하게는 98 몰% 이상을 말한다.
- [0156] 폴리락트산으로서, 그 결정 구조에 따라, L-락트산, D-락티드를 중합하여 이루어지는 폴리-L-락트산을 들 수 있다. 또, D-락트산, D-락티드를 중합하여 이루어지는 폴리-D-락트산을 들 수 있다. 또 폴리-L-락트산 및 폴리-D-락트산의 하이브리드 구조로 이루어지는 스테레오 콤플렉스 폴리락트산 등을 들 수 있다. 폴리락트산은, 압전성을 나타내는 것이면 모두 이용할 수 있다. 압전율의 높이의 관점에서 바람직하게는, 폴리-L-락트산, 폴리-D-락트산이다. 폴리-L-락트산, 폴리-D-락트산은 각각, 동일한 응력에 대해 분극이 반대가 되기 때문에, 목적에 따라 이들을 조합하여 사용할 수도 있다.
- [0157] 폴리락트산의 광학 순도는 99 % 이상인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 99.3 % 이상, 더욱 바람직하게는 99.5 % 이상이다. 광학 순도가 99 % 미만이면, 현저하게 압전율이 저하되는 경우가 있으며, 압전 소자 표면에 대한 문지르는 힘에 의해 충분한 전기 출력을 얻는 것이 어려워지는 경우가 있다. 압전성 고분자가, 주로 폴리-L-락트산 또는 폴리-D-락트산을 포함하고, 이들의 광학 순도는 99 % 이상인 것이 바람직하다.
- [0158] 압전성 고분자는 피복 섬유의 섬유축 방향으로 1 축 배향하고 또한 결정을 포함하는 것인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 결정을 갖는 1 축 배향 폴리락트산이다. 왜냐하면, 폴리락트산은 그 결정 상태 및 1 축 배

향에 있어서 큰 압전성을 나타내기 때문이다.

- [0159] 폴리락트산은 가수 분해가 비교적 빠른 폴리에스테르이기 때문에, 내습열성이 문제가 되는 경우에 있어서는, 이 소시아네이트 화합물, 옥사졸린 화합물, 예폭시 화합물, 카르보디이미드 화합물 등의 가수 분해 방지제를 첨가해도 된다. 또, 필요에 따라 인산계 화합물 등의 산화 방지제, 가소제, 광 열화 방지제 등을 첨가하여 물성 개량해도 된다.
- [0160] 또, 폴리락트산은 다른 폴리머와의 알로이로서 사용해도 되지만, 폴리락트산을 주된 압전성 고분자로서 사용한 다면, 적어도 50 중량% 이상 함유하고 있는 것이 바람직하고, 더욱 바람직하게는 70 중량% 이상, 가장 바람직하게는 90 중량% 이상이다.
- [0161] 알로이로 하는 경우의 폴리락트산 이외의 폴리머로는, 폴리부틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리에틸렌나프탈레이트 공중합체, 폴리메타크릴레이트 등을 적합한 예로서 들 수 있지만, 이들에 한정되는 것이 아니라, 본 발명의 효과를 발휘하는 한, 어떠한 폴리머를 사용해도 된다.
- [0162] (피복)
- [0163] 각 도전성 섬유는, 압전성 고분자로 표면이 피복되어 있다. 도전성 섬유를 피복하는 압전성 고분자의 두께는 1 μm ~ 10 mm 인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 5 μm ~ 5 mm, 더욱 바람직하게는 10 μm ~ 3 mm, 가장 바람직하게는 20 μm ~ 1 mm 이다. 지나치게 얇으면, 강도의 점에서 문제가 되는 경우가 있으며, 또, 지나치게 두꺼우면, 전기 출력을 취출하는 것이 곤란해지는 경우가 있다.
- [0164] 압전성 고분자와 도전성 섬유는 가능한 한 밀착하고 있는 것이 바람직하다. 밀착성을 개량하기 위해서, 도전성 섬유와 압전성 고분자의 사이에 앵커층이나 접착층 등을 형성해도 된다.
- [0165] 피복의 방법 및 형상은, 인가된 응력에 대해 전기 출력을 낼 수 있으면 특별히 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 전선을 만드는 요령으로 용융시킨 압전성 고분자를 도전성 섬유의 둘레에 피복시키거나, 도전성 섬유의 둘레에 압전성 고분자의 실을 휘감거나, 압전성 고분자 필름으로 도전성 섬유를 끼워 접착하는 등 방법을 들 수 있다. 또, 이와 같이 압전성 고분자에 의해 피복할 때에, 미리, 도전성 섬유를 3 개 이상 마련해 두어도 된다. 또, 도전성 섬유 1 개만을 압전성 고분자로 피복한 후에, 압전성 고분자의 표면을 접착함으로써도 본 발명의 압전 소자를 얻을 수 있다. 접착의 방법도 특별히 한정되는 것은 아니지만, 접착제의 사용, 용착 등을 들 수 있다. 단순히 밀착하고 있는 것만으로도 좋다.
- [0166] 이 압전성 고분자의 도전성 섬유의 피복 상태이지만, 도전성 섬유와 압전성 고분자의 형상으로는 특별히 한정되는 것은 아니지만, 예를 들어, 하나의 도전성 섬유를 압전성 고분자로 피복한 섬유를 나중에 접착시키는 방법으로 본 발명의 압전 소자를 얻는 경우에는, 가능한 한 동심원상에 가까운 것이, 도전성 섬유간의 거리를 일정하게 유지한다는 의미에 있어서 바람직하다.
- [0167] 또한, 도전성 섬유로서 멀티 필라멘트를 사용하는 경우, 압전성 고분자는, 멀티 필라멘트의 표면 (섬유 둘레면) 의 적어도 일부가 접촉하고 있도록 피복하고있으면 된다.
- [0168] 멀티 필라멘트를 구성하는 모든 필라멘트 표면 (섬유 둘레면) 에 압전성 고분자가 피복하고 있어도 된다. 멀티 필라멘트를 구성하는 내부의 각 필라멘트에 대한 피복 상태는, 압전성 소자로서의 성능, 취급성 등을 고려하여, 적절히 설정하면 된다. 압전 소자는 적어도 2 개의 도전성 섬유를 포함하지만, 도전성 섬유는 2 개에 한정되지 않고, 보다 많아도 된다.
- [0169] (평행)
- [0170] 각 도전성 섬유는, 서로 대략 평행하게 배치된다. 도전성 섬유간의 거리는, 1 μm ~ 10 mm 인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 5 μm ~ 5 mm, 더욱 바람직하게는 10 μm ~ 3 mm, 가장 바람직하게는 20 μm ~ 1 mm 이다. 지나치게 가까우면, 강도의 점에서 문제가 되는 경우가 있고, 지나치게 떨어지면, 전기 출력을 취출하는 것이 곤란해지는 경우가 있다. 여기서, 「서로 대략 평행하게 배치」란, 복수의 도전성 섬유가 서로 접촉하지 않도록 배치하는 것을 의미하며, 도전성 섬유의 섬유 길이에 따라, 허용되는 어긋남각은 상이하다.
- [0171] (접촉)
- [0172] 각 피복 섬유는, 표면의 압전성 고분자끼리가 서로 접촉하고 있다. 도전성 섬유를 심으로 하고, 압전성 고분자를 피복층으로 하는 피복 섬유가, 표면의 피복층에 있어서 서로 접촉하고 있는 양태가 있다. 또 평행하게 늘어놓은 복수의 도전성 섬유를 2 개의 압전성 고분자 필름으로 끼워 피복한 양태도 있다.

- [0173] (제조 방법 (i))
- [0174] 압전 소자는, 1 개의 도전성 섬유의 표면을 압전성 고분자로 피복한 피복 섬유를 적어도 2 개 접촉하여 제조할 수 있다. 이 방법으로서 이하의 방법을 들 수 있다.
- [0175] (i-1) 도전성 섬유를 내측, 압전성 고분자를 외측으로 하여, 공압출하여 용융 방사한 후에 연신하는 방법 등이 있다.
- [0176] (ii-2) 또, 도전성 섬유 상에 용융 압출한 압전성 고분자를 피복하고, 피복시에 연신 응력을 가함으로써 압전성 고분자를 연신 배향시키는 방법을 이용해도 된다.
- [0177] (iii-3) 또, 중공의 연신한 압전성 고분자로 이루어지는 섬유를 미리 제조하고, 그 안에 도전성 섬유를 삽입하는 방법이어도 된다.
- [0178] (iv-4) 또, 도전성 섬유와 연신한 압전성 고분자로 이루어지는 섬유를 다른 공정으로 제조하고, 도전성 섬유에 압전성 고분자로 이루어지는 섬유로 휘감는 등 하여 피복하는 방법이어도 된다. 이 경우에는, 가능한 한 동심원상에 가까워지도록 피복하는 것이 바람직하다.
- [0179] 이 경우, 압전성 고분자로서 폴리락트산을 사용하는 경우의 바람직한 방사, 연신 조건으로서, 용융 방사 온도는 150 ~ 250 ℃ 가 바람직하고, 연신 온도는 40 ~ 150 ℃ 가 바람직하고, 연신 배율은 1.1 배 내지 5.0 배가 바람직하며, 또, 결정화 온도로는 80 ~ 170 ℃ 인 것이 각각 바람직하다.
- [0180] 휘감는 압전성 고분자의 섬유로는, 복수의 필라멘트를 묶은 멀티 필라멘트를 사용해도 되고, 또, 모노 필라멘트를 사용해도 된다.
- [0181] 휘감아 피복하는 형태로는, 예를 들어, 압전성 고분자로 이루어지는 섬유를 편조 튜브와 같은 형태로 하고, 도전성 섬유를 심으로 하여 당해 튜브에 삽입함으로써 피복해도 된다. 또 압전성 고분자로 이루어지는 섬유를 제누하여, 환타 조물을 제조함에 있어서, 도전성 섬유를 심사로 하고, 그 주위에 압전성 고분자로 이루어지는 섬유를 사용한 환타 끈끈을 제조함으로써, 피복해도 된다. 압전성 고분자로 이루어지는 섬유의 단사 지름은, 바람직하게는 1 μm ~ 5 mm, 보다 바람직하게는 5 μm ~ 2 mm, 더욱 바람직하게는 10 μm ~ 1 mm 이다. 필라멘트 수로는, 1 개 ~ 100000 개가 바람직하고, 보다 바람직하게는 50 개 ~ 50000 개, 더욱 바람직하게는 100 개 ~ 20000 개이다.
- [0182] 이상과 같은 방법으로 제조한, 도전성 섬유의 표면을 압전성 고분자로 피복한 피복 섬유를 복수 접촉함으로써 본 발명의 압전 소자를 얻을 수 있다.
- [0183] (제조 방법 (ii))
- [0184] 또, 평행하게 늘어놓은 복수의 도전성 섬유를 압전성 고분자로 피복함으로써도 압전 소자를 얻을 수 있다. 예를 들어, 평행하게 늘어놓은 복수의 도전성 섬유를, 2 매의 압전성 고분자의 필름에 의해 끼움으로써 압전 소자를 얻을 수 있다. 또, 이 압전 소자를 단책상(短冊狀)으로 컷함으로써 플렉시블성이 우수한 압전 소자를 얻을 수 있다.
- [0185] (보호층)
- [0186] 압전 소자의 최표면에는 보호층을 형성해도 된다. 이 보호층은 절연성인 것이 바람직하고, 플렉시블성 등의 관점에서 고분자로 이루어지는 것이 보다 바람직하다. 물론, 이 경우에는 보호층 상을 문지르게 되지만, 이 문지르기에 의한 전단 응력이 압전성 고분자까지 도달하고, 그 분극을 야기할 수 있는 것이면 특별히 한정은 없다. 보호층으로는, 고분자 등의 코팅에 의해 형성되는 것에 한정되지 않고, 필름 등 혹은, 그것들이 조합된 것이어도 된다. 보호층으로는, 에폭시 수지, 아크릴 수지 등이 적합하게 사용된다.
- [0187] 보호층의 두께로는 가능한 한 얇은 쪽이, 전단 응력을 압전성 고분자로 전달하기 쉽지만, 지나치게 얇으면, 보호층 자체가 파괴되는 등의 문제가 발생하기 쉬워진다. 그 때문에 보호층의 두께는, 바람직하게는 10 nm ~ 200 μm, 보다 바람직하게는 50 nm ~ 50 μm, 더욱 바람직하게는 70 nm ~ 30 μm, 가장 바람직하게는 100 nm ~ 10 μm 이다. 이 보호층에 의해 압전 소자의 형상을 형성할 수도 있다.
- [0188] (복수의 압전 소자)
- [0189] 또, 압전 소자를 복수 늘어놓아 사용하는 것도 가능하다. 늘어놓는 방법으로서도 1 차원적으로 일단으로 늘어놓아도 되고, 2 차원적으로 겹쳐 늘어놓아도 되며, 나아가서는 천 형상으로 편직하여 사용하거나, 끈끈으로

제누하거나 해도 된다. 그에 따라 천 형상, 끈 형상의 압전 소자를 실현하는 것도 가능해진다. 천 형상, 끈 형상으로 함에 있어서는, 본 발명의 목적을 달성하는 한, 압전 소자 이외의 다른 섬유와 조합하여, 혼섬, 교직, 교편 등을 실시해도 되고, 또, 스마트 폰의 케이스의 수지 등에 짜넣어 사용해도 된다. 이와 같이 압전 소자를 복수 개 늘어놓아 사용할 때에 있어서는, 압전 소자는 표면에 전극을 갖지 않기 때문에, 그 늘어놓는 방법, 짜는 방법을 광범위하게 선택할 수 있다는 이점이 있다.

[0190] (압전 소자의 적용 기술)

[0191] 압전 소자는 어느 양태이더라도, 압전 소자 표면을 문지르는 등 하여, 인가된 응력의 크기 및/또는 인가된 위치를 검출하는 센서로서 이용할 수 있다. 또한 압전 소자는, 문지르는 것 이외의 압압력(押壓力) 등에 의해서도 압전성 고분자에게 응단 응력이 부여된다면, 전기 출력을 취출하는 것은 물론 가능하다.

[0192] 여기서, 「인가되는 응력」이란 본 발명의 목적으로도 기재한 바와 같이, 손가락 표면으로 문지르는 정도의 응력을 의미하고 있으며, 이, 손가락 표면으로 문지르는 정도의 응력의 기준으로는, 대체로 1 ~ 100 Pa 이다. 물론, 이 이상이어도 인가된 응력 및 그 인가 위치를 검출하는 것이 가능한 것은 말할 필요도 없다.

[0193] 손가락 등으로 입력하는 경우에는, 1 gf 이상 50 gf 이하 (10 mmN 이상 500 mmN 이하)의 하중이더라도 동작하는 것이 바람직하고, 더욱 바람직하게는 1 gf 이상 10 gf 이하 (10 mmN 이상 100 mmN 이하)의 하중으로 동작하는 것이 바람직하다. 물론, 50 gf (500 mmN)를 초과하는 하중이더라도 동작하는 것은, 상기 서술한 바와 같다.

[0194] 또 압전 소자는 어느 양태이더라도, 전기 신호를 인가함으로써 액츄에이터로서 사용할 수 있다. 그 때문에 압전 소자는, 포백 형상의 액츄에이터로서 사용할 수 있다. 액츄에이터는, 인가하는 전기 신호를 제어함으로써, 포백 표면의 일부에 볼록부나 오목부를 형성하는 것이나, 포백 전체를 감김 형상으로 하는 것이 가능하다. 본 발명의 액츄에이터는, 물품을 파지할 수 있다. 또, 인체(팔, 다리, 허리 등)에 휘감는 형상으로 변화시켜, 서포터 등으로서 기능시키는 것이 가능하다.

[0195] 실시예

[0196] 이하, 본 발명을 실시예에 의해 더욱 구체적으로 기재한다. 본 발명은 이에 따라 어떠한 한정을 받는 것은 아니다.

[0197] 실시예 1

[0198] (폴리락트산의 제조)

[0199] 실시예 1에 있어서 사용한 폴리락트산은 이하의 방법으로 제조하였다.

[0200] L-락티드((주)무사시노 화학 연구소 제조, 광학 순도 100%) 100 중량부에 대해, 옥틸산주석을 0.005 중량부 첨가하고, 질소 분위기하, 교반 날개가 부착된 반응기로 180 °C에서 2시간 반응시키고, 옥틸산주석에 대해 1.2 배 당량의 인산을 첨가하고 그 후, 13.3 Pa로 잔존하는 락티드를 감압 제거하고, 침화하여, 폴리-L-락트산(PLLA1)을 얻었다. 얻어진 PLLA1의 중량 평균 분자량은 15.2만, 유리 전이점(Tg)은 55 °C, 용점은 175 °C였다.

[0201] (압전성 섬유)

[0202] 240 °C에서 용융시킨 PLLA1을 24홀의 캡으로부터 20 g/min으로 토출하고, 887 m/min으로 인취(引取)하였다. 이 미연신 멀티 필라멘트사를 80 °C, 2.3 배로 연신하고, 100 °C에서 열 고정 처리함으로써 84 dTex/24 filament의 멀티 필라멘트 1축 연신사 1을 얻었다. 이 멀티 필라멘트 1축 연신사 1을 8다발 정리하여, 압전성 섬유 1로 하였다.

[0203] (도전성 섬유)

[0204] 토호테낙스(주)제조의 탄소 섬유 멀티 필라멘트인 품명 『HTS40 3K』를 도전성 섬유 1로서 사용하였다. 당해 도전성 섬유 1은 직경 7.0 μm의 필라멘트 3000개를 1다발로 한 멀티 필라멘트이며, 체적 저항률은 $1.6 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 였다.

[0205] (절연성 섬유)

[0206] 280 °C에서 용융시킨 폴리에틸렌테레프탈레이트를 48홀의 캡으로부터 45 g/min으로 토출하고, 800 m/min으

로 인취하였다. 이 미연신사를 80 °C, 2.5 배로 연신하고, 180 °C 에서 열 고정 처리함으로써 167 dTex/48 필라멘트의 멀티 필라멘트 연신사를 얻었다. 이 멀티 필라멘트 연신사를 4 다발 정리하여, 절연성 섬유 1 로 하였다.

[0207] 도 1 에 나타내는 바와 같이 경사에 절연성 섬유 1 을 배치하고, 위사에 압전성 섬유 1, 도전성 섬유 1 을 번갈아 배치한 평직물 1 을 제조하였다. 도 2 에 나타내는 바와 같이 경사에 압전성 섬유 1 과 절연성 섬유 1 을 번갈아 배치하고, 위사에 도전성 섬유 1 과 절연성 섬유 1 을 번갈아 배치한 주자 직물 1 을 제조하였다.

[0208] 상기한 평직물 1 및 주자 직물 1 을 도 3 에 나타내는 바와 같이 소매에 꿰매 붙였다.

[0209] 각각의 직물 중의 압전성 섬유를 끼우는 1 쌍의 도전성 섬유를 신호선으로 하여 오실로스코프 (요코가와 전기 (주) 제조 디지털 오실로스코프 DL6000 시리즈 상품명 『DL6000』) 에 접속하였다. 당해 신호선을 연결한 상태로 팔을 구부리거나 비틀거나 한 결과, 도 4 ~ 7 에 나타내는 바와 같은 전압 신호가 얻어지고, 구부림과 비틀림의 방향에 의해, 각각 독립적으로 반대의 신호를 얻을 수 있고, 매우 유연성이 있는 포백 형상의 관절 센서를 얻을 수 있었다.

[0210] 실시예 2

[0211] (폴리락트산의 제조)

[0212] 실시예 2 에 있어서 사용한 폴리락트산은 이하의 방법으로 제조하였다.

[0213] L-락티드 ((주) 무사시노 화학 연구소 제조, 광학 순도 100 %) 100 중량부에 대해, 옥틸산주석을 0.005 중량부 첨가하고, 질소 분위기하, 교반 날개가 부착된 반응기로 180 °C 에서 2 시간 반응시키고, 옥틸산주석에 대해 1.2 배 당량의 인산을 첨가하고 그 후, 13.3 Pa 로 잔존하는 락티드를 감압 제거하고, 칩화하여, 폴리-L-락트산 (PLLA1) 을 얻었다. 얻어진 PLLA1 의 중량 평균 분자량은 15.2 만, 유리 전이점 (Tg) 은 55 °C, 용점은 175 °C 였다.

[0214] (압전성 섬유)

[0215] 240 °C 에서 용융시킨 PLLA1 을 24 홀의 캡으로부터 20 g/min 으로 토출하고, 887 m/min 으로 인취하였다. 이 미연신 멀티 필라멘트사를 80 °C, 2.3 배로 연신하고, 100 °C 에서 열 고정 처리함으로써 84 dTex/24 filament 의 멀티 필라멘트 1 축 연신사 1 을 얻었다. 이 멀티 필라멘트 1 축 연신사 1 을 8 다발 정리하여, 압전성 섬유 1 로 하였다.

[0216] (도전성 섬유)

[0217] 토호 테낙스 (주) 제조의 탄소 섬유 멀티 필라멘트인 품명 『HTS40 3K』 를 도전성 섬유 1 로서 사용하였다. 당해 도전성 섬유 1 은 직경 7.0 μm 의 필라멘트 3000 개를 1 다발로 한 멀티 필라멘트이며, 체적 저항률은 $1.6 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 였다.

[0218] (절연성 섬유)

[0219] 280 °C 에서 용융시킨 폴리에틸렌테레프탈레이트를 48 홀의 캡으로부터 45 g/min 으로 토출하고, 800 m/min 으로 인취하였다. 이 미연신사를 80 °C, 2.5 배로 연신하고, 180 °C 에서 열 고정 처리함으로써 167 dTex/48 필라멘트의 멀티 필라멘트 연신사를 얻었다. 이 멀티 필라멘트 연신사를 4 다발 정리하여, 절연성 섬유 1 로 하였다.

[0220] 도 8 에 나타내는 바와 같이 경사에 절연성 섬유 1 을 배치하고, 위사에 압전성 섬유 1, 도전성 섬유 1 을 번갈아 배치한 평직물 1 을 제조하였다. 이 평직물을 경사 방향 10 mm, 위사 방향 100 mm 로 잘라내고, 압전성 섬유를 끼우는 1 쌍의 도전성 섬유에 5.8 Hz, 5 kV 의 전압을 인가한 결과, 평직물 1 이 500 μm 굴곡하고, 액츄에이터로서 기능하는 것을 확인하였다.

[0221] 실시예 3 ~ 6

[0222] (폴리락트산의 제조)

[0223] 실시예 3 ~ 6 에 있어서 사용한 폴리락트산은 이하의 방법으로 제조하였다.

[0224] L-락티드 ((주) 무사시노 화학 연구소 제조, 광학 순도 100 %) 100 중량부에 대해, 옥틸산주석을 0.005 중량부 첨가하고, 질소 분위기하, 교반 날개가 부착된 반응기로 180 °C 에서 2 시간 반응시키고, 옥틸산주석에 대해

1.2 배 당량의 인산을 첨가하고 그 후, 13.3 Pa 로 잔존하는 락티드를 감압 제거하고, 칩화하여, 폴리-L-락트산 (PLLA1) 을 얻었다. 얻어진 PLLA1 의 중량 평균 분자량은 15 만, 유리 전이점 (Tg) 은 55 °C, 용점은 175 °C 였다.

- [0225] (압전 소자의 평가)
- [0226] 실시예 3 ~ 6 에 있어서 압전 소자는 이하와 같이 평가하였다.
- [0227] 압전 소자에 변형을 가함으로써 압전 특성을 평가하였다. 평가 시스템을 도 2 에 나타낸다. 전압 평가는 요코가와 전기 (주) 제조의 디지털 오실로스코프 DL6000 시리즈 상품명 『DL6000』 을 사용하였다.
- [0228] 실시예 3 ~ 6 에 있어서 사용한 압전성 섬유, 도전성 섬유, 절연성 섬유는 이하의 방법으로 제조하였다.
- [0229] (압전성 섬유)
- [0230] 240 °C 에서 용융시킨 PLLA1 을 24 홀의 캡으로부터 20 g/min 으로 토출하고, 887 m/min 으로 인취하였다. 이 미연신 멀티 필라멘트를 80 °C, 2.3 배로 연신하고, 100 °C 에서 열 고정 처리함으로써 84 dTex/24 filament 의 멀티 필라멘트 1 축 연신사 1 을 얻었다. 이 멀티 필라멘트 1 축 연신사 1 을 8 다발 정리하여, 압전성 섬유 1 로 하였다.
- [0231] (도전성 섬유)
- [0232] 도전성 섬유로서 테이진 (주) 제조의 구리 증착 아라미드 섬유를 사용하고, 이 섬유에 대해, 수지 온도 200 °C 에서 용융시킨 PLLA1 을 동심원상으로 피복시키고, 즉시 공기 중에서 냉각시켜, 길이 10 m 의 피복 섬유 1 을 얻었다.
- [0233] 여기서, 피복 섬유 1 에 있어서의 구리 증착 아라미드 섬유가 본 발명에 있어서의 도전성 섬유이지만, 당해 구리 증착 아라미드 섬유의 체적 저항률은 $1.0 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 였다. 또, 이 도전성 섬유의 직경은 0.6 mm, 피복된 PLLA1 층의 두께는 0.3 mm 였다 (피복 섬유 1 의 직경은 1.2 mm).
- [0234] (절연성 섬유)
- [0235] 280 °C 에서 용융시킨 PET1 을 48 홀의 캡으로부터 45 g/min 으로 토출하고, 800 m/min 으로 인취하였다. 이 미연신사를 80 °C, 2.5 배로 연신하고, 180 °C 에서 열 고정 처리함으로써 167 dTex/48 필라멘트의 멀티 필라멘트 연신사를 얻었다. 이 멀티 필라멘트 연신사를 4 다발 정리하여, 절연성 섬유 1 로 하였다.
- [0236] 실시예 3
- [0237] 도 9 에 나타내는 바와 같이 경사에 절연성 섬유 1 을 배치하고, 위사에 압전성 섬유 1, 도전성 섬유 1 을 번갈아 배치한 평직물을 제조하였다. 이 평직물 중 압전성 섬유를 끼우는 1 쌍의 도전성 섬유를 신호선으로 하여 오실로스코프에 접속하고, 다른 도전성 섬유는 어스에 접속하였다. 당해 신호선을 연결한 도전성 섬유에 끼인 압전성 섬유를 손가락으로 문지르거나 혹은 섬유를 절곡함으로써, 0.02 ~ 0.03 V 정도의 전압 신호가 얻어졌다. 압전 소자 (센서) 로서 기능을 발휘하는 것을 확인하였다. 또, 내구성 평가의 결과, 2,000 회 접기 테스트 후에도 압전 성능은 90 % 이상 유지되었다.
- [0238] 실시예 4
- [0239] 도 10 에 나타내는 바와 같이 경사에 압전성 섬유 1 과 절연성 섬유 1 을 번갈아 배치하고, 위사에 도전성 섬유 1 과 절연성 섬유 1 을 번갈아 배치한 평직물을 제조하였다. 이 직물 중 20 mm 떨어진 1 쌍의 도전성 섬유를 신호선으로 하여 오실로스코프에 접속하고, 다른 도전성 섬유는 어스에 접속하였다. 이 직물의 신호선을 연결한 도전성 섬유에 끼인 압전성 섬유를 손가락으로 문지름으로써 0.01 V 정도의 전압 신호가 얻어졌다. 압전 소자 (센서) 로서 기능을 발휘하는 것을 확인하였다. 또, 내구성 평가의 결과, 2,000 회 접기 테스트 후에도 압전 성능은 90 % 이상 유지되었다.
- [0240] 실시예 5
- [0241] 도 11 에 나타내는 바와 같이 경사에 절연성 섬유 1 을 배치하고, 위사에 압전성 섬유 1, 도전성 섬유 1 을 번갈아 배치한 평직물을 제조하였다. 이 직물의 양단 가까이의 압전성 섬유를 끼우는 1 쌍의 도전성 섬유를 신호선으로 하여 전압원에 접속하고, 전압을 인가한 결과, 직물 전체에 뒤틀림이 발생하였다. 압전 소자 (액츄에이터) 로서 기능을 발휘하는 것을 확인하였다. 또, 내구성 평가의 결과, 2,000 회 접기 테스트 후에

도 이 기능은 발현하였다.

- [0242] 실시예 6
- [0243] 도 12 에 나타내는 바와 같이 경사에 절연 섬유 1 을 배치하고, 위사에 절연성 섬유 1, 도전성 섬유 1, 압전성 섬유 1, 도전성 섬유 1 의 순서로 배치하여 새틴 (주자) 직물을 제조하였다. 이 직물 중 압전성 섬유를 끼우는 1 쌍의 도전성 섬유를 신호선으로 하여 오실로스코프에 접속하고, 직물에 비틀의 변형을 가한 결과, 0.01 V 정도의 전압 신호가 얻어졌다. 압전 소자 (센서) 로서 기능을 발휘하는 것을 확인하였다. 또, 내구성 평가의 결과, 2,000 회 접기 테스트 후에도 압전 성능은 90 % 이상 유지되었다.
- [0244] 실시예 7
- [0245] 테이진 (주) 제조의 구리 증착 아라미드 섬유를 심으로 하여, 실시예 3 에서 제조한 멀티 필라멘트 1 축 연신사 1 을 환타 조물로 하여 끈끈을 4 개 제조하였다.
- [0246] 이 4 개의 끈끈을, 디클로로메탄을 사용하여, 멀티 필라멘트 1 축 연신사의 섬유 둘레면을 용해시킴으로써 용착하고 압전 소자를 얻었다.
- [0247] 이 압전 소자를, 도 14 에 나타내는 바와 같은 구성으로 압전 특성의 평가를 실시하였다. 이 압전 소자의 표면을 문지름으로써 5 V 로 매우 큰 전압이 얻어지는 것을 알 수 있고, 압전 소자 (센서) 로서의 기능을 발휘하는 것을 확인하였다. 또, 내구성 평가의 결과, 2,000 회 접기 테스트 후에도 압전 성능은 90 % 이상 유지되었다.
- [0248] 실시예 8
- [0249] (폴리락트산의 제조)
- [0250] L-락티드 ((주) 무사시노 화학 연구소 제조, 광학 순도 100 %) 100 중량부에 대해, 옥틸산주석을 0.005 중량부 첨가하고, 질소 분위기하, 교반 날개가 부착된 반응기로 180 °C 에서 2 시간 반응시키고, 옥틸산주석에 대해 1.2 배 당량의 인산을 첨가하고 그 후, 13.3 Pa 로 잔존하는 락티드를 감압 제거하고, 침화하여, 폴리-L-락트산 (PLLA1) 을 얻었다. 얻어진 PLLA1 의 중량 평균 분자량은 15.2 만, 유리 전이점 (Tg) 은 55 °C, 용점은 175 °C 였다.
- [0251] (압전 소자의 평가)
- [0252] 실시예 8 에 있어서 압전 소자는 이하와 같이 평가하였다.
- [0253] 압전 소자의 길이 방향에 평행하게, 표면 도전층 (금 증착면) 표면에 손가락을 접촉시켜 약 0.5 m/s 의 속도로 문지름으로써 압전 특성을 평가하였다 (하중은 50 gf (500 mmN) 이하로 전체 실시예, 비교예를 통해 대략 동일 해지도록 설정). 실시예의 평가 시스템을 도 14 에 나타낸다. 전압 평가는 요코가와 전기 (주) 제조의 디지털 오실로스코프 DL6000 시리즈 상품명 『DL6000』 을 사용하고, 그 검출 전압을 측정하였다.
- [0254] (내구성 평가)
- [0255] 각각의 압전 소자를, 도전성 섬유에 수직인 방향으로 접었다. 이것을 연속해서 2,000 회 반복하고, 재차, 압전 소자의 평가를 실시하였다.
- [0256] (압전 소자의 제조)
- [0257] 도전성 섬유로서 테이진 (주) 제조의 구리 증착 아라미드 섬유를 사용하고, 이 섬유에 대해, 수지 온도 200 °C 에서 용융시킨 PLLA1 을 동심원상으로 피복시키고, 즉시 공기 중에서 냉각시켜, 길이 10 m 의 피복 섬유 1 을 얻었다.
- [0258] 여기서, 피복 섬유 1 에 있어서의 구리 증착 아라미드 섬유가 본 발명에 있어서의 도전성 섬유이지만, 당해 구리 증착 아라미드 섬유의 체적 저항률은 $1.0 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 였다. 또, 이 도전성 섬유의 직경은 0.6 mm, 피복된 PLLA1 층의 두께는 0.3 mm 였다 (피복 섬유 1 의 직경은 1.2 mm).
- [0259] 다음으로, 이 피복 섬유 1 을 섬유 길이 12 cm 로 절단하고, 내측의 도전성 섬유만 양단을 1 cm 씩 제거하고, 내측의 도전성 섬유의 길이가 10 cm, 외측의 PLLA1 층의 길이가 12 cm 인 피복 섬유 2 를 제조하였다. 다음으로 이 피복 섬유 2 를 온도 80 °C 로 설정된 인장 시험기에 넣고, 피복 섬유 2 양단의 PLLA1 층만으로 이루어지는 부분 (단부의 1 cm) 을 각각 닦고, 외측의 PLLA1 층만을 1 축 연신하였다. 연신 속도는

200 mm/min 으로 하고, 연신 배율 3 배로 연신하였다. 그 후, 또한, 닢으로 파지한 상태로, 온도를 140 ℃ 까지 상승시키고 5 분간 가열 처리를 실시하고, 결정화 후, 급랭시켜 당해 피복 섬유 2 를 인장 시험기로부터 취출하였다.

- [0260] 얻어진 피복 섬유 2 는 2 층의 동심원상의 구성이며, 직경은 0.8 mm, 피복된 PLLA1 층의 두께는 0.1 mm 였다. 또한, 이 피복 섬유 표면의 약 절반분에 금을 약 100 nm 의 두께가 되도록 증착법에 의해 코팅하여 본 발명의 압전 소자를 얻었다. 이 금의 표면 도전층의 체적 저항률은 $1.0 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 였다.
- [0261] 이 압전 소자의 개략도를 도 13 에 기재한다. 동일한 방법으로 이 압전 소자를 4 개 제조하고, 이들을 도 14 에 나타내는 바와 같이 평행하게 늘어놓아 압전 특성의 평가를 실시하였다.
- [0262] 압전 소자의 평가 결과, 3 V 이상의 전압과 매우 큰 전압이 표면을 문지르는 것만으로 얻어지는 것을 알 수 있었다. 압전 소자 (센서) 로서의 기능을 발휘하는 것을 확인하였다. 또, 내구성 평가의 결과, 2,000 회 접기 테스트 후에도 압전 성능은 90 % 이상 유지되었다.
- [0263] 실시예 9
- [0264] (폴리락트산의 제조)
- [0265] L-락티드 ((주) 무사시노 화학 연구소 제조, 광학 순도 100 %) 100 중량부에 대해, 옥틸산주석을 0.005 중량부 첨가하고, 질소 분위기하, 교반 날개가 부착된 반응기로 180 ℃ 에서 2 시간 반응시키고, 옥틸산주석에 대해 1.2 배 당량의 인산을 첨가하고 그 후, 13.3 Pa 로 잔존하는 락티드를 감압 제거하고, 침화하여, 폴리-L-락트산 (PLLA1) 을 얻었다. 얻어진 PLLA1 의 중량 평균 분자량은 15.2 만, 유리 전이점 (Tg) 은 55 ℃, 용점은 175 ℃ 였다.
- [0266] (압전 소자의 평가)
- [0267] 실시예 9 에 있어서 압전 소자는 이하와 같이 평가하였다.
- [0268] 압전 소자의 길이 방향에 평행하게, 손가락을 접촉시켜 약 0.5 m/s 의 속도로 문지름으로써 압전 특성을 평가하였다. 실시예 9 에 있어서의 평가 시스템을 도 16 에 나타낸다. 전압 평가는 요코가와 전기 (주) 제조의 디지털 오실로스코프 DL6000 시리즈 상품명 『DL6000』 을 사용하였다.
- [0269] (압전 소자의 제조)
- [0270] 도전성 섬유로서 테이진 (주) 제조의 구리 증착 아라미드 섬유를 사용하고, 이 섬유에 대해, 수지 온도 200 ℃ 에서 용융시킨 PLLA1 을 동심원상으로 피복시키고, 즉시 공기 중에서 냉각시켜, 길이 10 m 의 피복 섬유 1 을 얻었다.
- [0271] 여기서, 피복 섬유 1 에 있어서의 구리 증착 아라미드 섬유가 본 발명에 있어서의 도전성 섬유이지만, 당해 구리 증착 아라미드 섬유의 체적 저항률은 $1.0 \times 10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}$ 였다. 또, 이 도전성 섬유의 직경은 0.6 mm, 피복된 PLLA1 층의 두께는 0.3 mm 였다 (피복 섬유 1 의 직경은 1.2 mm).
- [0272] 다음으로, 이 피복 섬유 1 을 섬유 길이 12 cm 로 절단하고, 내측의 도전성 섬유만 양단을 1 cm 씩 제거하고, 내측의 도전성 섬유의 길이가 10 cm, 외측의 PLLA1 층의 길이가 12 cm 인 피복 섬유 2 를 제조하였다. 다음으로 이 피복 섬유 2 를 온도 80 ℃ 로 설정된 인장 시험기에 넣고, 피복 섬유 2 양단의 PLLA1 층만으로 이루어지는 부분 (단부의 1 cm) 을 각각 닢으로 파지하고, 외측의 PLLA1 층만을 1 축 연신하였다. 연신 속도는 200 mm/min 으로 하고, 연신 배율 3 배로 연신하였다. 그 후, 또한, 닢으로 파지한 상태로, 온도를 140 ℃ 까지 상승시켜 5 분간 가열 처리를 실시하고, 결정화 후, 급랭시켜 당해 피복 섬유 2 를 인장 시험기로부터 취출하였다.
- [0273] 얻어진 피복 섬유 2 는 2 층의 동심원상의 구성이며, 직경은 0.9 mm, 피복된 PLLA1 층의 두께는 0.15 mm 였다. 또한, 이 피복 섬유 2 를 2 개 용착시키고, 표면의 압전성 고분자의 단 (端) 부분을 제거하고, 도전성 섬유를 드러내고, 도 15 에 나타내는 바와 같은 압전 소자를 얻었다.
- [0274] 이 압전 소자를 도 16 에 나타내는 바와 같은 구성으로 압전 특성의 평가를 실시하였다. 압전 소자의 평가의 결과, 약 6 V 로 매우 큰 전압이 표면을 문지르는 것만으로 얻어지는 것을 알 수 있었다. 압전 소자 (센서) 로서의 기능을 발휘하는 것을 확인하였다. 또, 내구성 평가의 결과, 2,000 회 접기 테스트 후에도 압전

성능은 90 % 이상 유지되었다.

- [0275] 산업상 이용가능성
- [0276] (전기 신호를 출력으로 하는 트랜스듀서)
- [0277] 본 발명의 전기 신호를 출력으로 하는 트랜스듀서는, 포백 형상의 센서나 발전 소자로서 사용할 수 있다.
- [0278] 센서의 구체적인 예로는, 모자, 장갑, 양말 등을 포함하는 착의, 서포터, 손수건 형상 등의 형상을 한, 터치 패널, 사람이나 동물의 표면 감압 센서, 관절부의 구부림, 비틀림, 신축을 감지하는 센서를 들 수 있다.
- [0279] 예를 들어 사람에게 사용하는 경우에는, 접촉이나 움직임을 검출하고, 의료 용도 등의 관절 등의 움직임 정보를 수집하는 센서로서 이용할 수 있다. 또 어뮤즈먼트 용도, 소실된 조직이나 로봇을 움직이기 위한 인터페이스로서 이용할 수 있다. 그 밖에, 동물이나 인형을 본뜬 봉제 인형이나 로봇의 표면 감압 센서, 관절부의 구부림, 비틀림, 신축을 감지하는 센서로서 이용할 수 있다.
- [0280] 그 밖에, 시트나 베개 등의 침구, 구두창, 장갑, 의자, 깔개, 자루, 기 등의 표면 감압 센서나 형상 변화 센서로서 사용할 수 있다.
- [0281] 나아가서는, 본 발명의 센서는 포백 형상이기 때문에, 신축성과 유연성이 있으므로, 모든 구조물의 전체 혹은 일부의 표면에 첨부 혹은 피복함으로써 표면 감압 센서, 형상 변화 센서로서 사용할 수 있다.
- [0282] 본 발명의 트랜스듀서는, 전기 신호를 출력으로 하여 취출할 수 있기 때문에, 이 전기 신호를 다른 디바이스를 움직이기 위한 전력원 혹은 축전하는 등, 발전 소자로서 이용할 수도 있다. 구체적으로는, 사람, 동물, 로봇, 기계 등 자발적으로 움직이는 것의 가동부에 사용함에 따른 발전, 구두창, 깔개, 외부로부터 압력을 받는 구조물의 표면에서의 발전, 유체 중에서의 형상 변화에 의한 발전 등을 들 수 있다. 유체 중에서의 형상 변화에 의해 전기 신호를 발하기 위해서, 유체 중의 대전성 물질을 흡착시키거나 부착을 억제시키거나 하는 것도 가능하다.
- [0283] (전기 신호를 입력으로 하는 트랜스듀서)
- [0284] 본 발명의 전기 신호를 입력으로 하는 트랜스듀서는, 전기 신호를 인가하면, 형상이 변화하므로, 액츄에이터로서도 이용할 수 있다.
- [0285] 예를 들어, 포백 형상으로 한 트랜스듀서에 전기 신호를 인가하여, 포백 표면에 제치(載置)한 대상물을 이동시키거나, 대상물을 싸거나, 압축하거나, 진동시킬 수 있다.
- [0286] 또 트랜스듀서를 구성하는 각 압전 소자에 인가하는 전기 신호를 제어함으로써 다양한 형상을 표현하는 것이 가능하다. 나아가서는, 포백 자체가 진동함으로써 스피커로서 기능시키는 것도 가능하다.
- [0287] 구체적인 예로는, 모자, 장갑, 양말 등을 포함하는 착의, 서포터, 손수건 형상 등의 형상을 한, 사람이나 동물이나 물체의 표면에 압력을 주는 액츄에이터로서 사용할 수 있다. 또, 관절부의 구부림, 비틀림, 신축을 서포트하는 액츄에이터로서 사용할 수 있다. 예를 들어 사람에게 사용하는 경우에는, 접촉이나 움직임이나 압력을 주는 어뮤즈먼트 용도나 소실된 조직을 움직일 수 있다. 그 밖에는, 동물이나 인형을 본뜬 봉제 인형이나 로봇의 표면을 부풀리거나, 늘리거나 하는 액츄에이터, 관절부에 구부림, 비틀림, 신축 등의 움직임을 주는 액츄에이터로서 사용할 수 있다.
- [0288] 그 외에는, 시트나 베개 등의 침구, 구두창, 장갑, 의자, 깔개, 자루, 기 등의 표면을 움직이는 액츄에이터나, 전기 신호로 형상 변화하는 손수건, 보자기, 자루 등 천 형상의 모든 형상의 액츄에이터로서 사용할 수 있다.
- [0289] 나아가서는, 본 발명의 트랜스듀서는 포백 형상이기 때문에, 신축성과 유연성이 있으므로, 모든 구조물의 전체 혹은 일부의 표면에 첨부 혹은 피복함으로써 표면 형상을 바꾸는 액츄에이터로서 사용할 수 있다.
- [0290] 또한, 본 발명의 트랜스듀서는 전기 신호를 입력으로 하여 움직일 수 있기 때문에, 그 진동에 의해 소리를 발생시키는 스피커로서 이용할 수도 있다.

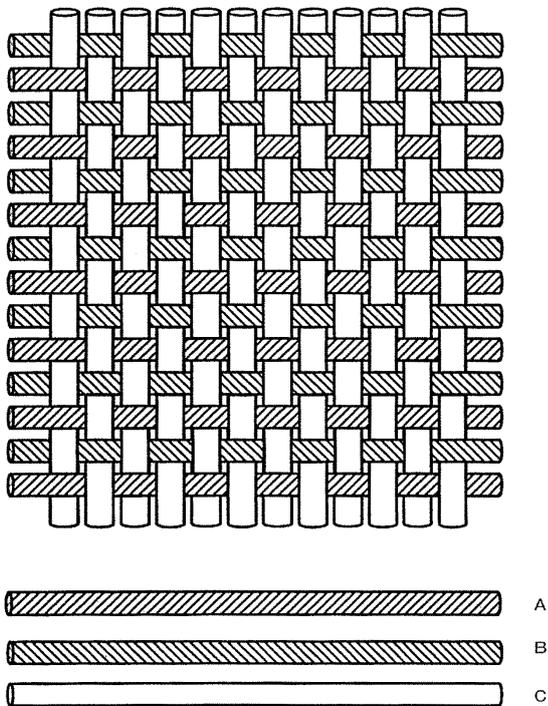
부호의 설명

- [0291] 1 : 압전성 고분자
- 2 : 도전성 섬유

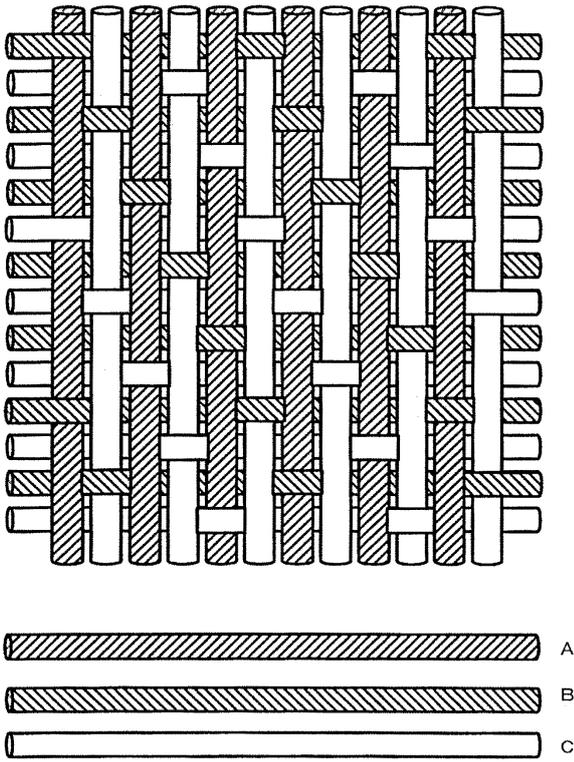
- 3 : 압전 소자 고정판
- 4 : 평가용 배선
- 5 : 오실로스코프
- 11 : 압전성 고분자
- 12 : 도전성 섬유
- 13 : 표면 도전층
- 21 : 오실로스코프
- 22 : 평가용 배선
- 23 : 평가용 배선
- 24 : 도전성 섬유
- 25 : 금속 전극
- 26 : 압전성 고분자
- 27 : 표면 도전층
- A : 압전성 섬유
- B : 도전성 섬유
- C : 절연성 섬유

도면

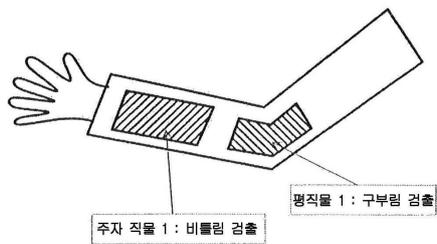
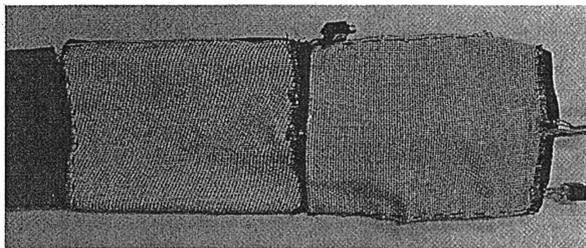
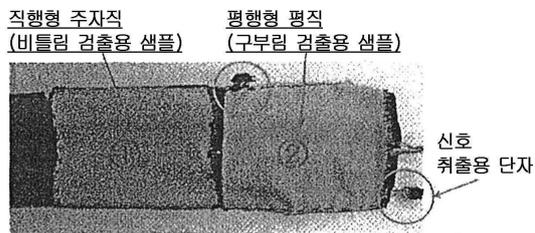
도면1



도면2

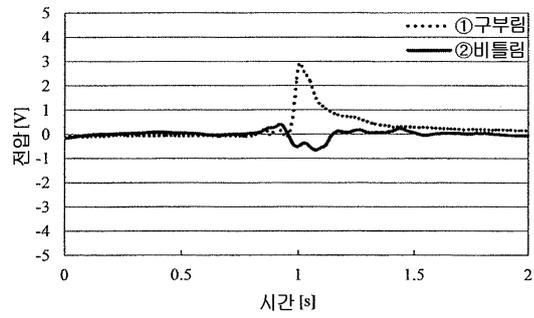


도면3



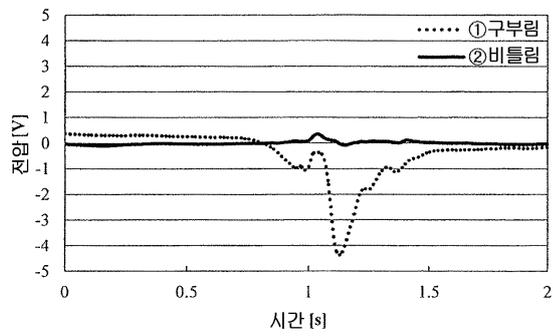
도면4

팔을 구부린 경우의 출력 신호



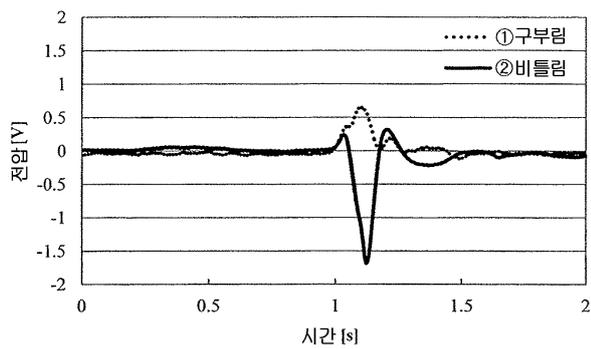
도면5

팔을 핀 경우의 출력 신호



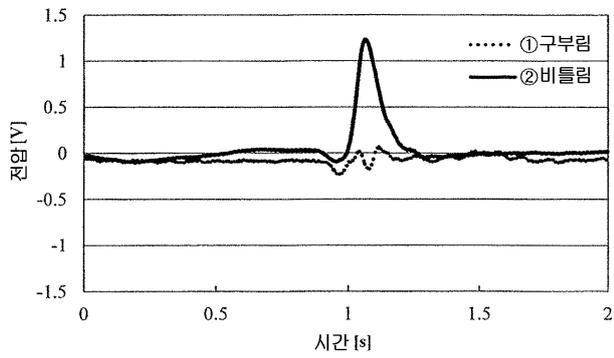
도면6

팔을 내향으로 비튼 경우의 출력 신호

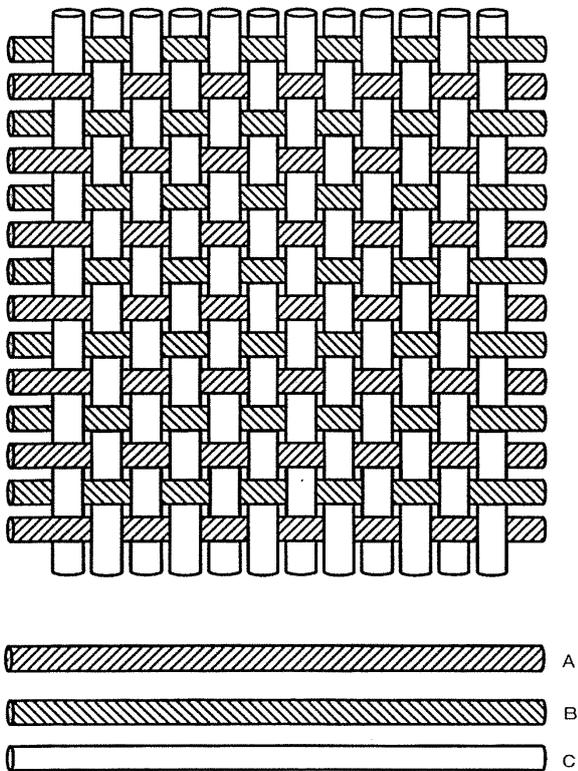


도면7

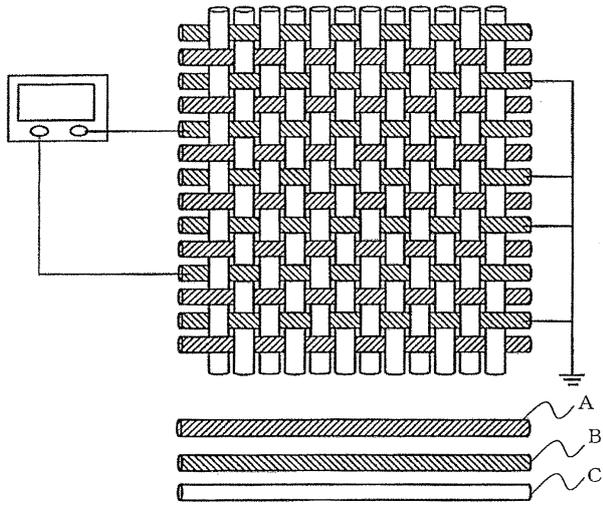
팔을 외향으로 비튼 경우의 출력 신호



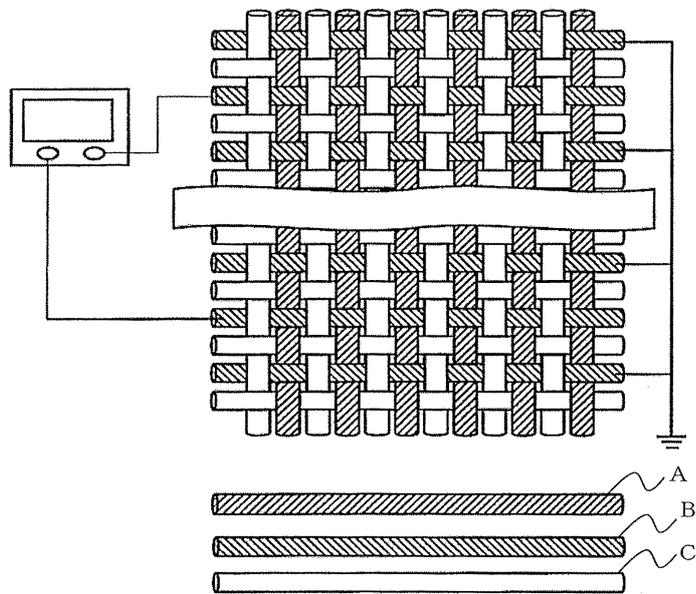
도면8



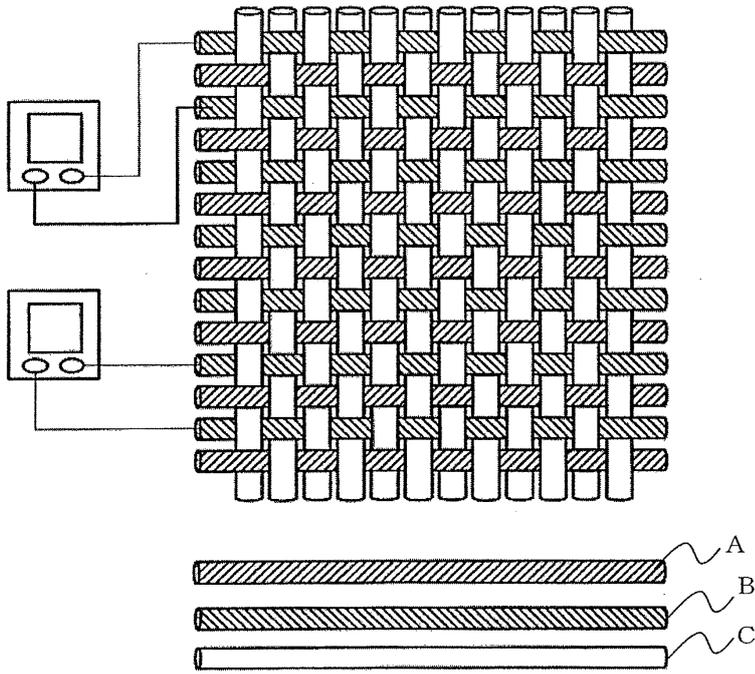
도면9



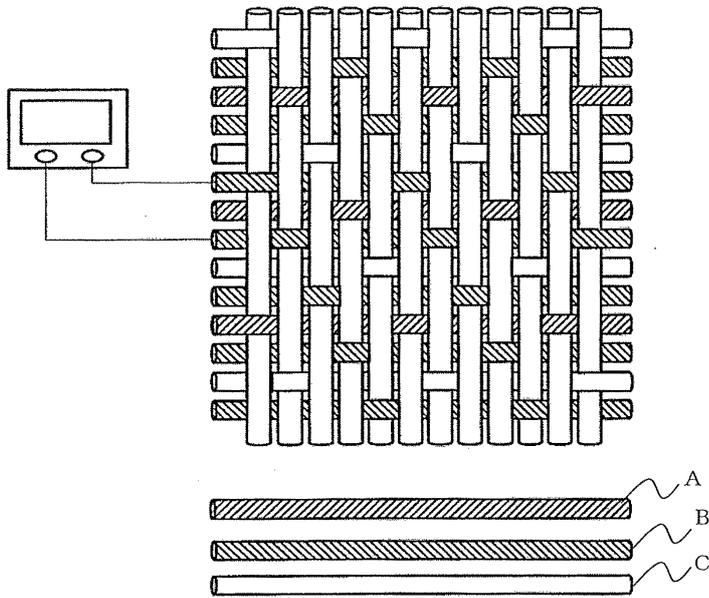
도면10



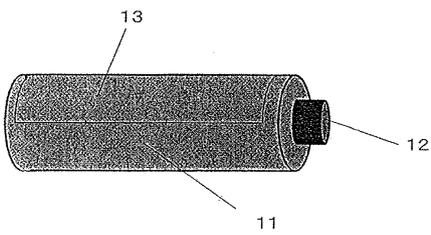
도면11



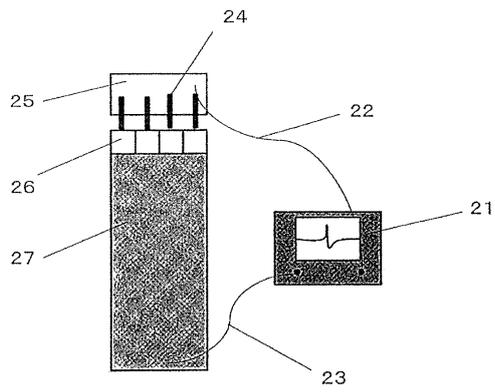
도면12



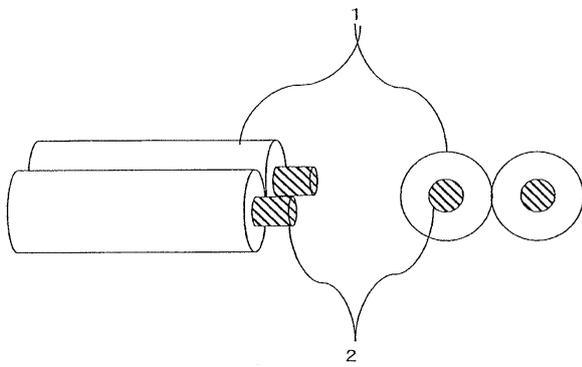
도면13



도면14



도면15



도면16

