



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0103765

(43) 공개일자 2021년08월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02N 1/04 (2006.01) H01J 37/305 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H02N 1/04 (2013.01)

H01J 37/305 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0018337

(22) 출원일자 2020년02월14일

심사청구일자 2020년02월14일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

최덕현

경기도 성남시 분당구 정자로76번길 10, 203동 805호(정자동, 상록마을라이프2단지아파트)

김욱

충청남도 당진시 신평면 발골길 9

(74) 대리인

김연권

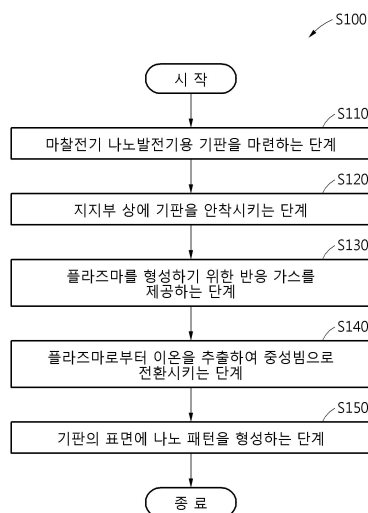
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법 및 이를 이용하여 제조된 마찰전기 나노발전기

(57) 요약

마찰 대전 작용에 의하여 음전하 또는 양전하로 대전되는 마찰전기 나노발전기(TENG: triboelectric nanogenerator)용 기관의 표면을 처리하기 위한 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법 및 이를 이용하여 제조된 마찰전기 나노발전기에 관한 것이다. 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 장치는 내부에 반응 공간이 형성된 챔버; 상기 챔버 내부에 제공되고, 상기 기관을 지지하는 지지부; 상기 챔버 내부로 플라즈마를 형성하기 위한 반응 가스를 제공하는 가스 공급부; 및 상기 플라즈마로부터 이온을 추출하여 중성빔(neutral beam)으로 전환시키고, 상기 중성빔을 상기 기관으로 제공하여 상기 기관의 표면에 나노 패턴을 형성하는 중성빔 생성부;를 포함한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

마찰 대전 작용에 의하여 음전하 또는 양전하로 대전되는 마찰전기 나노발전기용 기관을 마련하는 단계;
챔버 내부에 위치한 지지부 상에 상기 기관을 안착시키는 단계;
상기 챔버 내부로 플라즈마를 형성하기 위한 반응 가스를 제공하는 단계;
상기 플라즈마로부터 이온을 추출하여 중성빔으로 전환시키는 단계; 및
상기 중성빔을 상기 기관으로 제공하여 상기 기관의 표면에 나노 패턴을 형성하는 단계;
를 포함하는 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 플라즈마로부터 이온을 추출하여 중성빔으로 전환시키는 단계는,
충돌판에 바이어스 전압을 인가하는 과정과, 상기 충돌판에 상기 플라즈마 이온을 충돌시켜 중성빔으로 변환시키는 과정을 포함하는 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 중성빔은 상기 충돌판에 형성된 복수의 개구 홀을 통해 상기 기관으로 제공되는 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,
상기 충돌판은 탄소(C), 탄탈륨(Ta), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 금(Au), 백금(Pt), 스테인레스강 중 적어도 하나를 포함하는 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 기관은 베이스층과, 상기 베이스층의 일면 또는 양면에 형성되는 전극층, 및 상기 전극층의 일면에 형성되는 대전층을 포함하는 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 베이스층은 절연체로 제공되는 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 대전층은 마찰 대전 작용에 의하여 양전하로 대전되는 양전하 대전층 또는 음전하로 대전되는 음전하 대전층으로 제공되는 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 양전하 대전층은 유기물질 또는 전도체로 제공되고,

상기 유기물질은 TPU, NPB, β -NPB, TPD, Spiro-TPD, Spiro-NPB, DMFL-TPD, DMFL-NPB, DPFL-TPD, DPFL-NPB, α -NPD, Spiro-TAD, BPAPF, NPAPF, NPAPF, Spiro-2NPB, PAPB, 2,2'-Spiro-DBP, Spiro-BPA, TAPC, Spiro-TTB, β -TNB, HMTPD, α , β -TNB, α -TNB, β -NPP, PEDOT 중 선택된 하나를 포함하고,

상기 전도체는 알루미늄, 구리, 니켈 중 선택된 하나를 포함하는 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 음전하 대전층은 PDMS, PTFE, PVC, Silicone, Polypropylene, Polyurethane, Saran, Celluloid, Polyester, Rayon 중 선택된 하나를 포함하는 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

마찰전기 나노발전기용 기관을 마련하는 단계는,

베이스층의 일면 또는 양면에 전극층을 형성하는 과정과, 상기 전극층의 일면에 대전층을 형성하는 과정을 포함하는 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 기관의 표면에 나노 패턴을 형성하는 단계는,

상기 증성법을 통해 상기 대전층을 에칭하여 상기 기관의 표면에 나노 패턴을 형성하는 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법.

청구항 12

제1항 내지 제11항 가운데 하나의 방법에 의해 표면 처리된 한 쌍의 기관; 및

상기 기관이 서로 마주하도록 상기 기관의 일면을 지지하고, 탄성 변형 가능하게 형성된 스페이서;

를 포함하는 마찰전기 나노발전기.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 기관은 음극 기관 및 양극 기관으로 형성되고, 상기 스페이서에 작용하는 외력에 의하여 접촉 및 분리되어 전기를 발생시키는 마찰전기 나노발전기.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 스페이서는 내부에 수용 공간이 형성된 타원형의 파이프 형상으로 제공되고,

상기 음극 기관은 상기 수용 공간 내에 위치하여 상기 스페이서의 일면에 고정되고, 상기 양극 기관은 상기 스페이서의 타면에 고정되는 마찰전기 나노발전기.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 중성빔을 이용한 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법 및 이를 이용하여 제조된 마찰전기 나노발전기에 관한 것으로, 보다 상세하게는 중성빔을 통해 기관을 에칭하여 기관의 표면에 나노 패턴을 형성하고 표면 에너지 준위를 향상시킴으로써 대전량을 향상시켜 보다 많은 전기를 생산할 수 있는 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법 및 이를 이용하여 제조된 마찰전기 나노발전기에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 전기 에너지는 일상생활 및 산업현장에서 가장 많이 이용되는 에너지원이며, 이러한 전기에너지는 수력, 화력 또는 핵 원료 등을 에너지원으로 하여 생산된다. 그러나 이러한 에너지원은 저장량이 한정되어 있거나, 정화가 어려운 오염물질을 발생시키고, 대규모의 설비를 필요로 하는 문제점이 있다.
- [0004] 이러한 문제점을 해결하고, 수력, 화력 또는 핵원료 등을 대체하여 에너지를 생산하기 위한 대체 에너지의 개발에 관심이 집중되고 있으며, 태양광, 풍력, 열 등과 같은 에너지원을 전기 에너지로 전환시키는 연구가 활발히 수행되고 있다. 그러나 이러한 경우에도 비교적 큰 설비를 필요로 하는 경우가 많으며, 에너지원이 가진 에너지와 대비하여 전기 에너지로의 전환효율이 상당히 낮은 문제점이 있다.
- [0005] 더 나아가 최근에는 일상생활 등에서 자연적으로 발생하는 마찰에 의해 형성되는 정전기 현상을 이용하여 에너지를 수확하는 마찰전기 나노발전기(TENG: triboelectric nanogenerator)가 주목받고 있다. 이러한 마찰전기 나노발전기는 태양전지 또는 풍력발전 등과 달리, 일상생활 또는 산업체에서 발생하는 미세 진동이나 인간의 움직임 등으로부터 발생하는 소모성의 기계적 에너지를 전기에너지로 무한히 추출할 수 있는 장점이 있다.
- [0006] 그러나 마찰전기 나노발전기는 정전기를 이용하는 특성상 주변 환경에 영향을 받아 출력 저하가 발생하기 쉽다는 문제가 있다. 따라서 마찰전기 나노발전기의 출력을 향상시키기 위하여, 마찰전기 나노발전기에 사용되는 기관의 표면을 처리하여 미세 패턴을 형성하는 방법을 이용하고 있다. 즉, 기관의 표면 거칠기를 향상시켜 마찰대전 작용을 향상시키는 것이다.
- [0007] 한편, 기관의 표면을 처리하기 위하여 종래에는 플라즈마, 코로나 방전, self-assembled monolayer 등의 방법을 이용하고 있다. 그러나 이러한 방법은 표면 처리 후 유리기(free radical) 또는 활성 자리(active site)가 존재하기 때문에 외부 환경에 의하여 처리 효과가 상쇄하여 장기간 표면 처리 효과를 기대하기 어려운 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 공개특허공보 10-2010-0018357(2010.02.17 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 과제는 플라스마로부터 이온을 추출하여 중성빔(neutral beam)으로 전환시키고, 이를 이용하여 기관의 표면에 나노 패턴을 형성하고 표면 에너지 준위를 향상시킴으로써 발전량이 향상된 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법 및 이를 이용하여 제조된 마찰전기 나노발전기에 관한 것이다.

[0011] 또한, 중성빔으로 기관을 표면 처리함으로써, 표면 처리 후 기관에 유리기(free radical) 또는 활성 자리(active site)가 존재하지 않는 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법 및 이를 이용하여 제조된 마찰전기 나노발전기에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기의 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법은 마찰 대전 작용에 의하여 음전하 또는 양전하로 대전되는 마찰전기 나노발전기용 기관을 마련하는 단계; 챔버 내부에 위치한 지지부 상에 상기 기관을 안착시키는 단계; 상기 챔버 내부로 플라스마를 형성하기 위한 반응 가스를 제공하는 단계; 상기 플라스마로부터 이온을 추출하여 중성빔으로 전환시키는 단계; 및 상기 중성빔을 상기 기관으로 제공하여 상기 기관의 표면에 나노 패턴을 형성하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 플라스마로부터 이온을 추출하여 중성빔으로 전환시키는 단계는,

[0015] 충돌판에 바이어스 전압을 인가하는 과정과, 상기 충돌판에 상기 플라스마 이온을 충돌시켜 중성빔으로 변환시키는 과정을 포함하는 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법이 제공될 수 있다.

[0016] 또한, 상기 중성빔은 상기 충돌판에 형성된 복수의 개구 홀을 통해 상기 기관으로 제공되는 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법이 제공될 수 있다.

[0017] 또한, 상기 충돌판은 탄소(C), 탄탈륨(Ta), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 금(Au), 백금(Pt), 스테인레스강 중 적어도 하나를 포함하는 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법이 제공될 수 있다.

[0018] 또한, 상기 기관은 베이스층과, 상기 베이스층의 일면 또는 양면에 형성되는 전극층, 및 상기 전극층의 일면에 형성되는 대전층을 포함하는 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법이 제공될 수 있다.

[0019] 또한, 상기 베이스층은 절연체로 제공되는 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법이 제공될 수 있다.

[0020] 또한, 상기 대전층은 마찰 대전 작용에 의하여 양전하로 대전되는 양전하 대전층 또는 음전하로 대전되는 음전하 대전층으로 제공되는 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법이 제공될 수 있다.

[0021] 또한, 상기 양전하 대전층은 유기물질 또는 전도체로 제공되고, 상기 유기물질은 TPU, NPB, β -NPB, TPD, Spiro-TPD, Spiro-NPB, DMFL-TPD, DMFL-NPB, DPFL-TPD, DPFL-NPB, α -NPD, Spiro-TAD, BPAPF, NPAPF, NPAPF, Spiro-2NPB, PAPB, 2,2'-Spiro-DBP, Spiro-BPA, TAPC, Spiro-TTB, β -TNB, HMTPD, α , β -TNB, α -TNB, β -NPP, PEDOT 중 선택된 하나를 포함하고, 상기 전도체는 알루미늄, 구리, 니켈 중 선택된 하나를 포함하는 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법이 제공될 수 있다.

[0022] 또한, 상기 음전하 대전층은 PDMS, PTFE, PVC, Silicone, Polypropylene, Polyurethane, Saran, Celluloid, Polyester, Rayon 중 선택된 하나를 포함하는 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법이 제공될 수 있다.

[0023] 또한, 마찰전기 나노발전기용 기관을 마련하는 단계는, 베이스층의 일면 또는 양면에 전극층을 형성하는 과정과, 상기 전극층의 일면에 대전층을 형성하는 과정을 포함하는 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방

법이 제공될 수 있다.

- [0024] 또한, 상기 기관의 표면에 나노 패턴을 형성하는 단계는, 상기 중성빔을 통해 상기 대전층을 에칭하여 상기 기관의 표면에 나노 패턴을 형성하는 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법이 제공될 수 있다.
- [0025] 본 발명에 따른 마찰전기 나노발전기는 상기 처리 방법 가운데 하나의 방법에 의하여 표면 처리된 한 쌍의 기관; 및 상기 기관이 서로 마주하도록 상기 기관의 일면을 지지하고, 탄성 변형 가능하게 형성된 스페이서;를 포함할 수 있다.
- [0026] 또한, 상기 기관은 음극 기관 및 양극 기관으로 형성되고, 상기 스페이서에 작용하는 외력에 의하여 접촉 및 분리되어 전기를 발생시키는 마찰전기 나노발전기가 제공될 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 스페이서는 내부에 수용 공간이 형성된 타원형의 파이프 형상으로 제공되고, 상기 음극 기관은 상기 수용 공간 내에 위치하여 상기 스페이서의 일면에 고정되고, 상기 양극 기관은 상기 스페이서의 타면에 고정되는 마찰전기 나노발전기가 제공될 수 있다.

발명의 효과

- [0029] 본 발명에 따르면, 플라스마로부터 이온을 추출하여 중성빔(neutral beam)으로 전환시키고, 이를 이용하여 기관의 표면에 나노 패턴을 형성함으로써 마찰 대전 작용이 향상될 수 있다. 따라서, 기관을 마찰전기 나노발전기에 적용하는 경우 출력 성능이 향상될 수 있다.
- [0030] 또한, 중성빔으로 기관을 표면 처리함으로써, 표면 처리 후 기관에 유리기(free radical) 또는 활성 자리(active site)가 존재하지 않으므로, 플라스마 이온을 통해 표면 처리한 기관에 비하여 장기간 사용할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법의 블록도이다.
- 도 2는 도 1의 나노발전기용 기관의 표면을 처리하기 위한 중성빔 표면 처리 장치의 개략적인 구성도이다.
- 도 3은 기관의 표면 처리 전 단면도이다.
- 도 4는 도 1의 방법에 의해 표면 처리된 기관의 단면도이다.
- 도 5(a)는 TPU 기관의 표면 처리 전 AFM 이미지이고, 도 5(b)는 도 1의 방법에 의해 표면 처리된 TPU 기관의 AFM 이미지이다.
- 도 6(a)는 PDMS 기관의 표면 처리 전 AFM 이미지이고, 도 6(b)는 도 1의 방법에 의해 표면 처리된 PDMS 기관의 AFM 이미지이다.
- 도 7은 도 1의 방법에 의하여 중성화된 산소원자빔에 의한 PDMS 기관의 표면 화학 결합 변화에 따른 표면 에너지 준위 변화를 나타낸 그래프이다.
- 도 8은 산소원자빔에 의하여 처리된 PDMS 기관의 표면 처리 전후의 마찰 대전작용으로 인한 전압 성능 변화를 나타낸 그래프이다.
- 도 9는 산소원자빔에 의하여 처리된 PDMS 기관의 표면 처리 전후의 마찰 대전작용으로 인한 전류 성능 변화를 나타낸 그래프이다.
- 도 10은 질소원자빔에 의하여 처리된 PDMS 기관의 SEM 이미지이다.
- 도 11은 산소원자빔에 의하여 처리된 PDMS 기관의 SEM 이미지이다.
- 도 12는 질소원자빔에 의하여 처리된 TPU 기관의 SEM 이미지이다.
- 도 13은 산소원자빔에 의하여 처리된 TPU 기관의 SEM 이미지이다.
- 도 14는 본 발명에 따른 마찰전기 나노발전기의 개략적인 구성도이다.

도 15는 중성빔 처리전 PDMS 기판 및 TPU 기판을 이용하여 제조된 마찰전기 나노발전기와, 중성빔 처리 후 PDMS 기판 및 TPU 기판을 이용하여 제조된 마찰전기 나노발전기의 충전 밀도에 대한 성능을 비교한 도면이다.

도 16은 중성빔 처리전 PDMS 기판 및 TPU 기판을 이용하여 제조된 마찰전기 나노발전기와, 중성빔 처리 후 PDMS 기판 및 TPU 기판을 이용하여 제조된 마찰전기 나노발전기의 전압에 대한 성능을 비교한 도면이다.

도 17은 중성빔 처리전 PDMS 기판 및 TPU 기판을 이용하여 제조된 마찰전기 나노발전기와, 중성빔 처리 후 PDMS 기판 및 TPU 기판을 이용하여 제조된 마찰전기 나노발전기의 전류에 대한 성능을 비교한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 이하 첨부된 도면을 참조하여, 바람직한 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기용 기판의 표면 처리 방법 및 이를 이용하여 제조된 마찰전기 나노발전기에 대해 상세히 설명하면 다음과 같다. 여기서, 동일한 구성에 대해서는 동일부호를 사용하며, 반복되는 설명, 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 발명의 실시형태는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.
- [0035] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 마찰전기 나노발전기용 기판의 표면 처리 방법의 블록도이고, 도 2는 도 1의 마찰전기 나노발전기용 기판의 표면을 처리하기 위한 중성빔 처리 장치의 개략적인 구성도이다. 그리고 도 3은 기판의 표면 처리 전 단면도이고, 도 4는 도 1의 방법에 의해 표면 처리된 기판의 단면도이다. 그리고 도 5(a)는 TPU 기판의 표면 처리 전 AFM 이미지이고, 도 5(b)는 도 1의 방법에 의해 표면 처리된 TPU 기판의 AFM 이미지이며, 도 6(a)는 PDMS 기판의 표면 처리 전 AFM 이미지이고, 도 6(b)는 도 1의 방법에 의해 표면 처리된 PDMS 기판의 AFM 이미지이다.
- [0036] 도 1 내지 도 6을 참조하면, 마찰전기 나노발전기용 기판의 표면 처리 방법(S100)은 마찰전기 나노발전기용 기판을 마련하는 단계(S110)와, 지지부 상에 기판을 안착시키는 단계(S120)와, 플라즈마를 형성하기 위한 반응 가스를 제공하는 단계(S130)와, 플라즈마로부터 이온을 추출하여 중성빔으로 전환시키는 단계(S140), 및 기판의 표면에 나노 패턴을 형성하는 단계(S150)를 포함할 수 있다.
- [0037] 여기서, 마찰전기 나노발전기(TENG: triboelectric nanogenerator)란 주변 환경에 존재하는 기계적 에너지를 마찰 대전 작용을 통해 전기 에너지로 변환하는 장치로서, 본 실시예에서의 기계적 에너지는 풍력, 파력, 인간의 움직임 등으로부터 발생하는 에너지를 의미할 수 있다.
- [0038] 본 발명에 따른 마찰전기 나노발전기용 기판의 표면 처리 방법(S100)은 도 2에 도시된 중성빔 표면 처리 장치(100)에 의하여 이루어질 수 있다. 예를 들어, 중성빔 표면 처리 장치(100)는 내부에 반응 공간이 형성된 챔버(110)와, 챔버(110) 내부에 제공되고, 기판(10)을 지지하는 지지부(120)와, 챔버(110) 내부로 플라즈마를 형성하기 위한 반응 가스를 제공하는 가스 공급부(130), 및 플라즈마로부터 이온을 추출하여 중성빔(neutral beam)으로 전환시키고, 중성빔을 기판(10)으로 제공하여 기판(10)의 표면에 나노 패턴을 형성하는 중성빔 생성부(140)를 포함할 수 있다.
- [0039] 마찰전기 나노발전기용 기판을 마련하는 단계(S110)에서는 마찰 대전 작용에 의하여 음전하 또는 양전하로 대전되는 마찰전기 나노발전기용 기판(10)을 마련할 수 있다.
- [0040] 구체적으로, 마찰전기 나노발전기용 기판을 마련하는 단계(S110)는 베이스층(11)의 일면 또는 양면에 전극층(12)을 형성하는 과정과, 전극층(12)의 일면에 대전층(13)을 형성하는 과정을 포함하여 마찰전기 나노발전기용 기판(10)을 마련할 수 있다. 이러한 과정을 통해 베이스층(11)과, 전극층(12), 및 대전층(13)을 포함하는 기판(10)을 획득할 수 있다.
- [0041] 도 3을 참조하면, 베이스층(11)은 원형이나 삼각형, 사각형 등과 같이 다각형의 판 형상으로 형성될 수 있고, PET, PEN, PC, PES, PI 등과 같은 절연체로 제공될 수 있다.
- [0042] 베이스층(11)의 일면 또는 양면에 형성된 전극층(12)은 전기전도성이 우수한 물질인 Al, Au, Ag, Cu, Pt, W, Ni, Zn, Ti, Zr, Hf, Cd, Pd 중 선택된 적어도 하나를 포함하는 금속으로 제공될 수 있다.
- [0043] 전극층(12)의 일면에 형성된 대전층(13)은 마찰 대전 작용에 의하여 양전하로 대전되는 양전하 대전층 또는 음

전하로 대전되는 음전하 대전층으로 형성될 수 있다.

- [0044] 구체적으로, 양전하 대전층은 유기물질 또는 전도체로 제공될 수 있다. 예를 들어, 유기물질은 TPU, NPB, β TPD, Spiro-TPD, Spiro-NPB, DMFL-TPD, DMFL-NPB, DPFL-TPD, DPFL-NPB, α -NPD, Spiro-TAD, BPAPF, NPAPF, NPBAPF, Spiro-2NPB, PAPB, 2,2'-Spiro-DBP, Spiro-BPA, TAPC, Spiro-TTB, β HMTPD, α , β α -TNB, β NPP, PEDOT 중 선택된 하나를 포함할 수 있고, 전도체는 알루미늄, 구리, 니켈 중 선택된 하나를 포함할 수 있다.
- [0045] 그리고, 음전하 대전층은 PDMS, PTFE, PVC, Silicone, Polypropylene, Polyurethane, Saran, Celluloid, Polyester, Rayon 중 선택된 하나를 포함할 수 있다.
- [0046] 이러한 양전하 대전층 및 음전하 대전층은 예시된 바에 한정되지 않으며, 주변 물질에 따라 상대적으로 양전하 또는 음전하로 대전되는 것이라면 어느 것이나 적용 가능하다.
- [0047] 본 발명에 따른 기관(10)은 대전층(13)의 성질에 따라 음극 기관 또는 양극 기관으로 제조될 수 있다. 즉, 대전층(13)이 양전하 대전층으로 형성되는 경우 기관(10)은 양극 기관으로 제조될 수 있고, 음전하 대전층으로 형성되는 경우 기관(10)은 음극 기관으로 제조될 수 있다.
- [0048] 예를 들어, 베이스층(11)을 PET로, 전극층(12)을 Al로, 대전층(13)을 PDMS로 형성하는 경우에는 베이스층(11)에 Al을 증착시켜 전극층(12)을 형성하고, 전극층(12) 상에 PDMS 용액을 스핀 코팅한 후 경화시킴으로써 음의 정전기력이 우수한 음극 기관을 제조할 수 있다.
- [0049] 만약, 양의 정전기력이 우수한 양극 기관을 제조하는 경우에는 베이스층(11)을 PET로, 전극층(12)을 Al로, 대전층(13)을 TPU로 형성할 수 있다. 이 때에는 베이스층(11)에 Al을 증착시켜 전극층(12)을 형성하고, 전극층(12) 상에 TPU 용액을 스핀 코팅한 후 건조시킴으로써 양의 정전기력이 우수한 양극 기관을 제조할 수 있다.
- [0050] 지지부 상에 기관을 안착시키는 단계(S120)에서는 챔버(110) 내부에 위치한 지지부(120) 상에 기관(10)을 안착시킬 수 있다. 이때, 챔버(110)의 일측에는 진공 펌프와, 압력을 조절하기 위한 컨트롤 밸브 등으로 이루어진 진공 유닛(111)이 연결되어 있어, 챔버(110)의 내부에 형성된 반응 공간은 진공 상태로 제공될 수 있다. 그리고, 지지부(120)는 챔버(110) 내부의 바닥면에 설치될 수 있고, 상하 방향으로 위치 조정되거나 회전 가능하게 제공될 수 있다.
- [0051] 플라즈마를 형성하기 위한 반응 가스를 제공하는 단계(S130)에서는 가스 공급부(130)를 통해 챔버(110) 내부로 플라즈마를 형성하기 위한 반응 가스를 제공할 수 있다.
- [0052] 예를 들어, 가스 공급부(130)는 챔버(110)의 상부에 연결된 가스 공급관(131)을 통해 챔버(110) 내부로 반응을 제공할 수 있다. 여기서, 반응 가스에는 산소(O₂), 질소(N₂) 등이 사용될 수 있다.
- [0053] 이러한 반응 가스가 챔버(110) 내부로 유입됨에 따라 반응 가스는 플라즈마 방전에 의해 플라즈마로 전환될 수 있다. 즉, 플라즈마 반응 공간에서 플라즈마 이온(또는 양이온)과 전자들의 집단인 플라즈마가 생성될 수 있다. 이때, 플라즈마는 다양한 방식에 의해 생성될 수 있는데, 일 예로 축전용량성 플라즈마 방전(capacitively coupled plasma discharge)과, 유도결합형 플라즈마 방전(inductively coupled plasma discharge)과, 플라즈마 웨이브(plasma wave)를 이용한 헬리콘 방전(Helicon discharge) 및 마이크로웨이브 플라즈마 방전(microwave plasma discharge) 등에 의하여 플라즈마가 생성될 수 있다.
- [0054] 플라즈마로부터 이온을 추출하여 중성빔으로 전환시키는 단계(S140)에서는 플라즈마를 형성하기 위한 반응 가스를 제공하는 단계(S130)에서 형성된 플라즈마로부터 이온을 추출하여 중성빔으로 전환시킬 수 있다.
- [0055] 예를 들어, 가스 공급부(130)와 지지부(120) 사이에 제공되고, 플라즈마 이온과 충돌하여 플라즈마 이온을 중성빔으로 변환시키는 충돌판(141)과, 충돌판(141)에 바이어스 전압을 인가하는 바이어스 전압 공급부(142)를 포함하는 중성빔 생성부(140)를 통해 플라즈마를 중성빔으로 전환할 수 있다.
- [0056] 구체적으로, 충돌판(141)은 탄소(C), 탄탈륨(Ta), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W), 금(Au), 백금(Pt), 스테인레스강 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 그리고, 충돌판(141)의 일면에는 중성빔이 통과하기 위한 복수의 개구 홀(141a)이 상하 방향으로 형성될 수 있다.
- [0057] 바이어스 전압 공급부(142)는 충돌판(141)으로 음의 바이어스 전압을 공급함으로써 플라즈마 이온을 충돌판(141) 측으로 유도할 수 있다. 이러한 바이어스 전압 공급부(142)를 통해 공급되는 음의 바이어스 전압은 중성빔의 에너지를 고려하여 적절히 조절할 수 있으며, 일례로 10 ~ 100V로 형성될 수 있다.

- [0058] 플라즈마로부터 이온을 추출하여 중성빔으로 전환시키는 단계(S140)는 충돌판(141)에 바이어스 전압을 인가하는 과정과, 충돌판(141)에 플라즈마 이온을 충돌시켜 중성빔으로 변환시키는 과정을 통해 플라즈마를 충돌판(141) 측으로 유도시키며 플라즈마로부터 이온을 추출할 수 있다.
- [0059] 예를 들어, 바이어스 전압 공급부(142)를 통해 충돌판(141)에 바이어스 전압을 인가하면, 충돌판(141)의 상부에 형성된 플라즈마 이온은 충돌판(141) 측으로 유도되어 충돌판(141)과 충돌하게 되고, 오거(Auger) 중성화 과정을 통하여 중성빔을 형성할 수 있다. 이때, 플라즈마 이온은 개구 홀(141a)에 의하여 다중 충돌될 수 있고, 중성빔은 개구 홀(141a)을 통해 기관(10)으로 제공될 수 있다.
- [0060] 기관의 표면에 나노 패턴을 형성하는 단계(S150)에서는 중성빔을 기관(10)으로 제공하여 기관(10)의 표면에 나노 패턴을 형성할 수 있다. 여기서, 중성빔은 음의 바이어스 전압에 의하여 기관(10) 측으로 유도될 수 있고, 중성빔이 기관(10)의 표면에 형성된 대전층(13)을 에칭하여 기관(10)의 표면에는 나노 패턴이 형성될 수 있다.
- [0061] 예를 들어, 바이어스 전압 공급부(142)로 음의 바이어스 전압이 인가된 경우, 플라즈마 이온은 충돌판(141)에 수직 또는 근사 수직으로 입사하며 충돌판(141)과 충돌할 수 있다. 이에 따라, 오거(Auger) 중성화 과정을 통하여 산소 또는 질소는 중성빔으로 전환될 수 있고, 중성빔이 충돌판(141)의 개구 홀(141a)을 통과하여 기관(10)으로 제공됨으로써, 기관(10)의 표면에는 도 5(b) 내지 도 6(b)에 도시된 바와 같이 나노 패턴이 형성될 수 있다. 즉, 중성빔이 기관(10)의 표면에 형성된 대전층(13)을 에칭하여 기관(10)의 표면에는 나노 패턴이 형성될 수 있다(도 4 참조). 이러한 패턴의 형상은 반응 가스의 투여량이나 플라즈마 형성시 전류의 크기에 따라 조절 가능하다.
- [0062] 전술한 마찰전기 나노발전기용 기관의 표면 처리 방법(S100)에 의하여 표면에 나노 패턴이 형성된 기관(10)을 마찰전기 나노발전기(TENG)에 적용하는 경우, 기관(10)의 표면 거칠기가 증가하므로 나노 패턴이 형성되지 않은 기관에 비하여 출력 성능이 향상될 수 있다.
- [0063] 또한, 중성빔에 의하여 기관(10)의 표면을 처리하므로 처리 후 기관(10)에 유리기(free radical) 또는 활성 자리(active site)가 존재하지 않으므로, 플라즈마 이온을 통해 표면 처리한 기관에 비하여 장기간 사용할 수 있다.
- [0064] 도 7은 도 1의 방법에 의하여 중성화된 산소원자빔에 의한 PDMS 기관의 표면 화학 결합 변화에 따른 표면 에너지 준위 변화를 나타낸 그래프이다.
- [0065] 본 실시예에서는 기관(10)의 베이스층(11)을 PET로 형성하고, 전극층(12)을 Al로 형성하고, 대전층(13)을 음의 전기력을 갖는 PDMS로 형성함으로써 PDMS 기관을 제조하였다. 그리고 반응 가스로 산소를 투입하여 중성화 처리한 후, 바이어스 전압을 조절함으로써 각각 0eV, 6eV, 10eV, 25eV 에너지를 갖는 산소원자빔으로 PDMS 기관의 표면을 처리하였다.
- [0066] 도 7을 참조하면, 산소원자빔에 의하여 처리된 PDMS 기관의 표면 에너지 준위는 처리 전 기관과 비교하여 향상된 것을 확인할 수 있다. 특히, 6eV 에너지로 표면 처리된 경우 표면 에너지 준위가 가장 높은 것을 확인할 수 있다. 그러나, 25eV 에너지로 표면 처리하는 경우, PDMS 기관의 표면 에너지 준위는 4.53에서 4.40eV로 감소하는 것을 확인할 수 있다.
- [0067] 마찰전기 나노발전기에 사용되는 기관의 경우 표면 에너지 준위가 클수록 큰 마찰전기를 획득할 수 있으므로, 상기 결과를 참조하여 중성빔의 에너지 크기를 적절히 조절하면, 마찰전기 나노발전기의 출력 에너지를 최대화 형성할 수 있다.
- [0068] 도 8은 산소원자빔에 의하여 처리된 PDMS 기관의 표면 처리 전후의 마찰 대전작용으로 인한 전압 성능 변화를 나타낸 그래프이고, 도 9는 산소원자빔에 의하여 처리된 PDMS 기관의 표면 처리 전후의 마찰 대전작용으로 인한 전류 성능 변화를 나타낸 그래프이다.
- [0069] 본 실시예에서도 앞서 설명한 실시예와 마찬가지로 PDMS 기관에 각각 0eV, 6eV, 10eV, 25eV 에너지를 갖는 산소원자빔을 제공하여 표면 처리를 실시하였다.
- [0070] 도 8 내지 도 9를 참조하면, 산소원자빔에 의하여 처리된 PDMS 기관의 출력 전압 및 출력 전류는 처리 전 기관과 비교하여 향상된 것을 확인할 수 있다. 특히, 6eV 에너지로 표면 처리된 경우 출력 전압 및 출력 전류는 각각 9.64V 및 220nA로 현저하게 향상된 것을 확인할 수 있다. 따라서, 이를 참조하여 중성빔의 에너지 크기를 적절히 조절하면, 마찰전기 나노발전기의 출력 에너지를 최대화 형성할 수 있다.

- [0071] 도 10은 질소원자빔에 의하여 처리된 PDMS 기판의 SEM 이미지이고, 도 11은 산소원자빔에 의하여 처리된 PDMS 기판의 SEM 이미지이다.
- [0072] 본 실시예에서 도 10(a)는 표면 처리하지 않은 PDMS 기판의 SEM 이미지이고, 도 10(b) 내지 도 10(d)는 각각 6eV, 10eV, 12eV 에너지를 갖는 질소원자빔으로 표면처리한 PDMS 기판의 SEM 이미지이다. 그리고, 도 11(a)는 표면 처리하지 않은 PDMS 기판의 SEM 이미지이고, 도 11(b) 내지 도 11(d)는 각각 6eV, 10eV, 25eV 에너지를 갖는 산소원자빔으로 표면처리한 PDMS 기판의 SEM 이미지이다.
- [0073] 도 10 내지 도 11을 참조하면, 질소원자빔 또는 산소원자빔을 PDMS 기판에 제공하면, PDMS 기판의 표면(전극층)이 에칭되어 나노 패턴이 형성되는 것을 확인할 수 있다. 이와 같이, PDMS 기판의 표면에 나노 패턴이 형성되면, 표면 거칠기가 향상되어 마찰 대전 작용을 향상시킬 수 있다.
- [0074] 도 12는 질소원자빔에 의하여 처리된 PDMS 기판의 SEM 이미지이고, 도 13은 산소원자빔에 의하여 처리된 PDMS 기판의 SEM 이미지이다.
- [0075] 본 실시예에서는 기판(10)의 베이스층(11)을 PET로 형성하고, 전극층(12)을 Al로 형성하고, 대전층(13)을 양의 전기력을 갖는 TPU로 형성함으로써 TPU 기판을 제조하였다. 그리고 반응 가스로 질소 및 산소를 투입하여 중성화 처리한 후, 바이어스 전압을 조절하여 각기 다른 크기의 에너지를 갖는 중성화빔으로 TPU 기판의 표면을 처리하였다.
- [0076] 구체적으로, 도 12(a)는 표면 처리하지 않은 TPU 기판의 SEM 이미지이고, 도 12(b) 내지 도 12(d)는 각각 6eV, 10eV, 12eV 에너지를 갖는 질소원자빔으로 표면처리한 TPU 기판의 SEM 이미지이다. 그리고, 도 13(a)는 표면 처리하지 않은 TPU 기판의 SEM 이미지이고, 도 13(b) 내지 도 13(d)는 각각 6eV, 10eV, 25eV 에너지를 갖는 산소원자빔으로 표면처리한 TPU 기판의 SEM 이미지이다.
- [0077] 도 12 내지 도 13을 참조하면, 질소원자빔 또는 산소원자빔을 TPU 기판에 제공하면, TPU 기판의 표면(대전층)이 에칭되어 나노 패턴이 형성되는 것을 확인할 수 있다. 이와 같이, TPU 기판의 표면에 나노 패턴이 형성되면, 표면 거칠기가 향상되어 마찰 대전 작용을 향상시킬 수 있다.
- [0079] 도 14는 본 발명에 따른 마찰전기 나노발전기의 개략적인 구성도이다.
- [0080] 도 14를 참조하면, 마찰전기 나노발전기(1)는 한 쌍의 기판(10) 및 스페이서(20)를 포함할 수 있다.
- [0081] 기판(10)은 상술한 마찰전기 나노발전기용 기판의 표면 처리 방법(S100)에 의하여 제조될 수 있으며, 자세한 구조 및 제조 방법은 앞서 설명한 바와 동일하므로 생략하기로 한다.
- [0082] 한 쌍의 기판(10)은 스페이서(20) 내에 이격 배치될 수 있으며, 각각 음극 기판(10A) 및 양극 기판(10B)으로 형성될 수 있다. 예를 들어, 기판(10)을 구성하는 대전층(13)의 종류에 따라 음극 기판(10A) 또는 양극 기판(10B)으로 형성될 수 있다.
- [0083] 스페이서(20)는 음극 기판(10A) 및 양극 기판(10B)이 서로 마주하도록 음극 기판(10A) 및 양극 기판(10B)의 일면을 지지하고, 탄성 변형 가능하게 형성될 수 있다. 예를 들어, 스페이서(20)는 내부에 수용 공간(20a)이 형성된 타원형의 파이프 형상으로 제공될 수 있으며, PET와 같은 절연체로 형성될 수 있다. 그리고, 음극 기판(10A)은 수용 공간(20a) 내에 위치하여 스페이서(20)의 일면에 고정되고, 양극 기판(10B)은 스페이서(20)의 타면에 고정될 수 있다.
- [0084] 이에 따라, 스페이서(20)에 외력이 가해지는 경우 음극 기판(10A) 및 양극 기판(10B)은 스페이서(20) 내에서 접촉 및 분리되며 전기를 발생시킬 수 있다.
- [0085] 도 15 내지 도 17은 중성빔 처리전 PDMS 기판 및 TPU 기판을 이용하여 제조된 마찰전기 나노발전기와, 중성빔 처리 후 PDMS 기판 및 TPU 기판을 이용하여 제조된 마찰전기 나노발전기의 충전 밀도, 전압, 및 전류의 성능을 비교한 도면이다.
- [0086] 본 실시예에서는 6eV 에너지를 갖는 산소원자빔으로 처리된 PDMS 기판과 6eV 에너지를 갖는 질소원자빔으로 처리된 TPU 기판을 이용하여 마찰전기 나노발전기를 제조하였다.
- [0087] 도 15 내지 도 17을 참조하면, 중성빔을 이용하여 기판을 표면 처리하였을 때, 표면 처리 전과 비교하여 충전 밀도는 약 5배, 전압은 약 6배, 전류는 약 11배 이상 증가한 것을 확인할 수 있다. 따라서, 중성빔에 의하여 표

면 처리된 음극 기관 및 양극 기관을 이용하여 마찰전기 나노발전기를 제조하게 되면, 마찰전기 나노발전기의 출력 에너지를 향상시킬 수 있다.

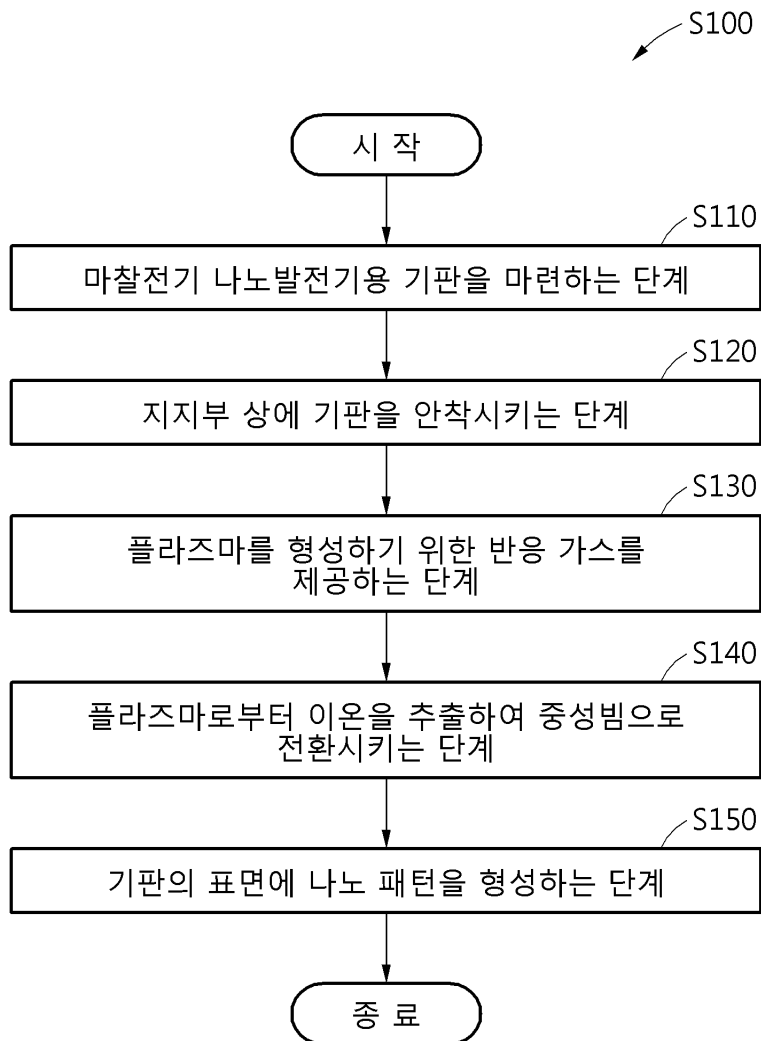
[0089] 본 발명은 첨부된 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 청구 범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

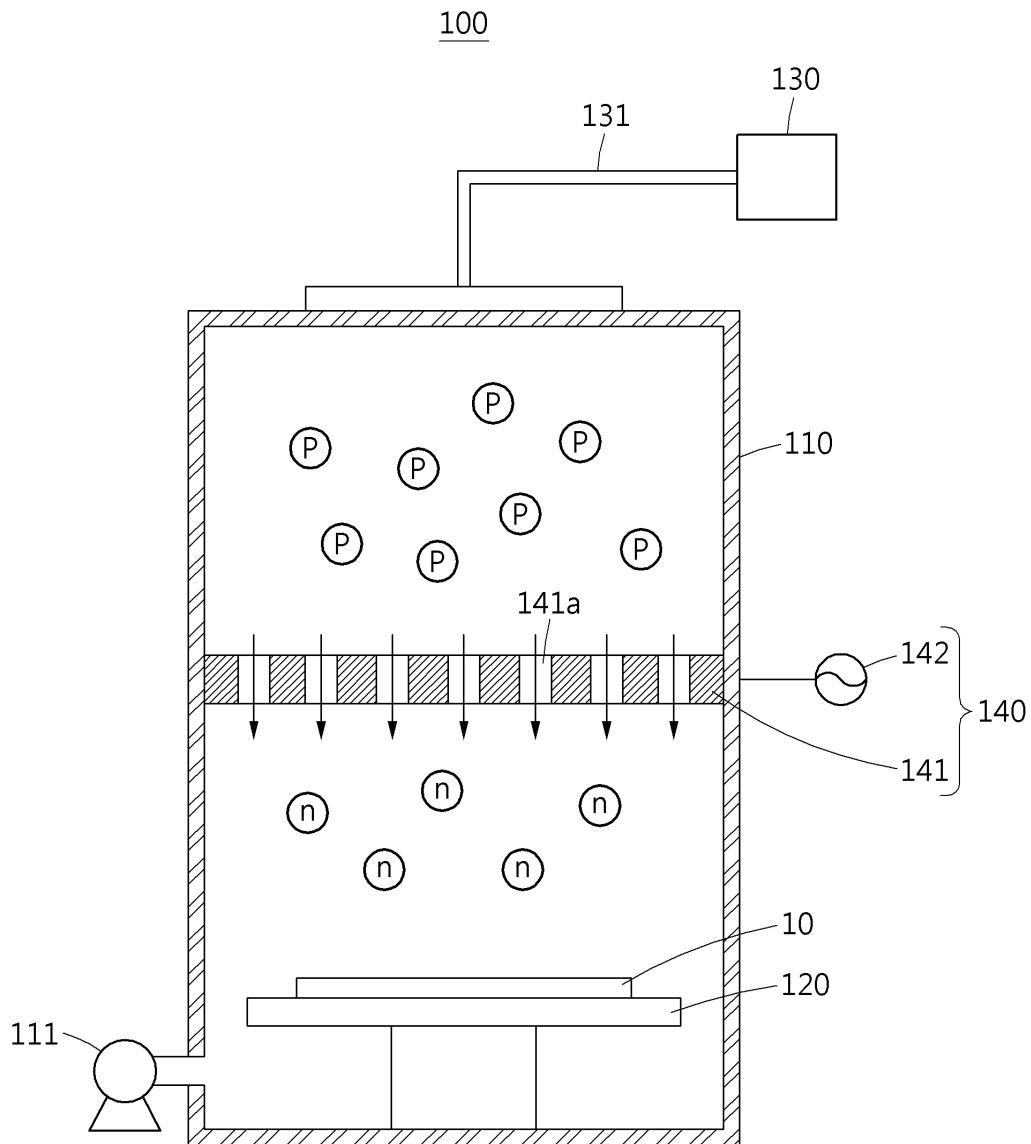
[0091] 10: 기관
10A: 음극 기관
10B: 양극 기관
20: 스페이서
110: 챔버
120: 지지부
130: 가스 공급부
140: 중성빔 생성부
141: 충돌판
141a: 개구 홀
142: 바이어스 전압 공급부

도면

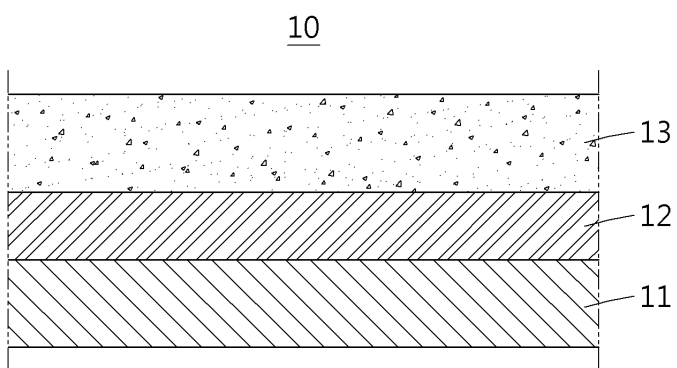
도면1



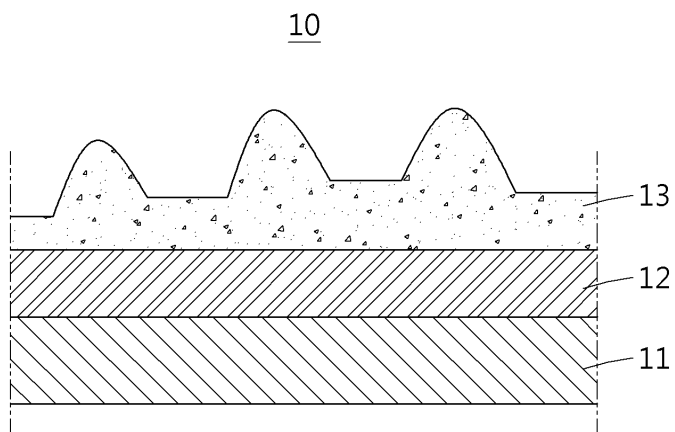
도면2



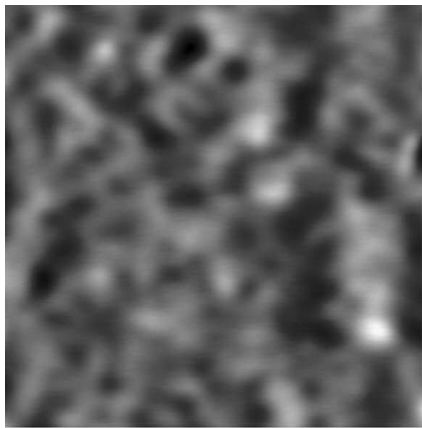
도면3



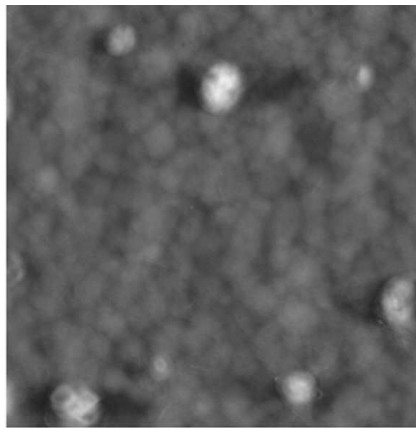
도면4



도면5

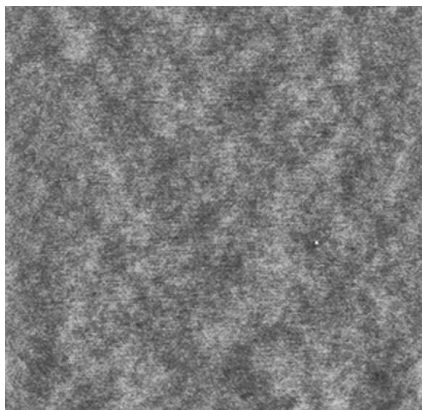


(a)



(b)

도면6

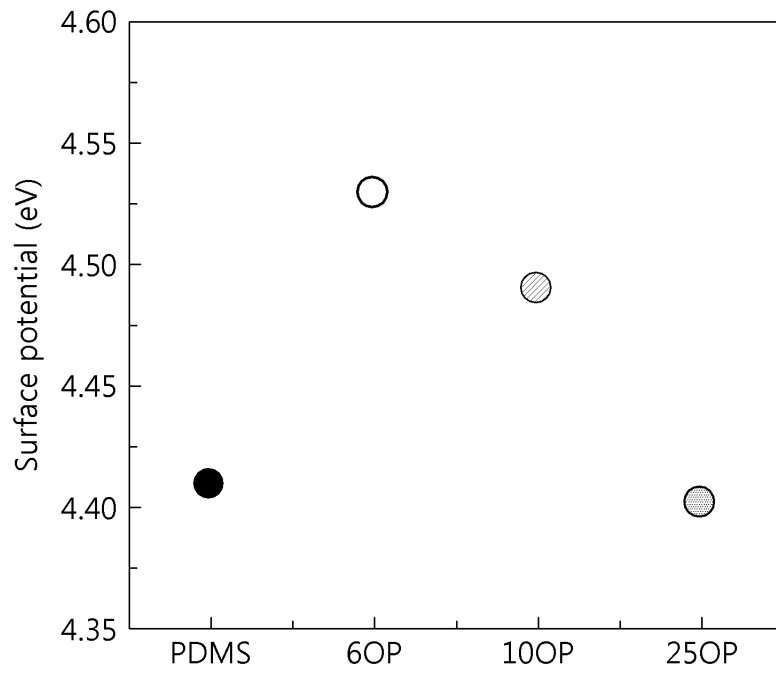


(a)

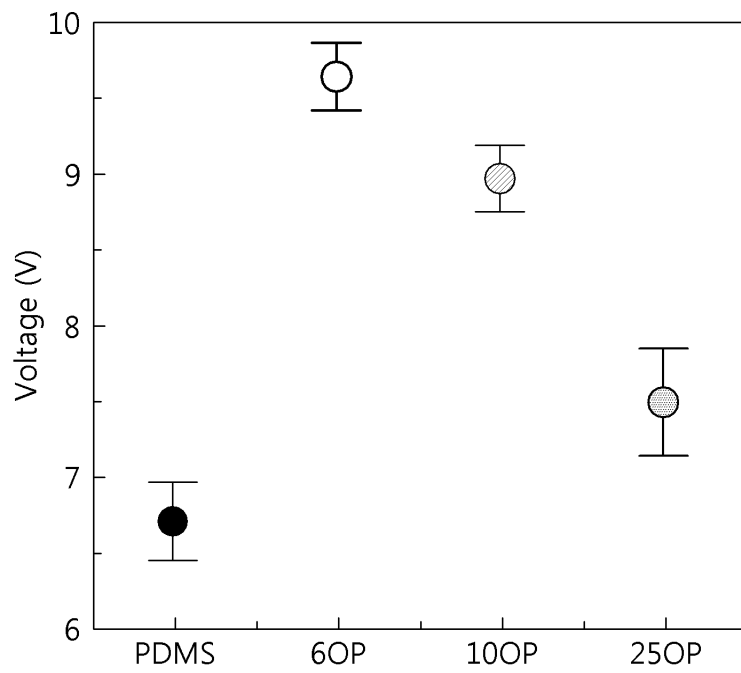


(b)

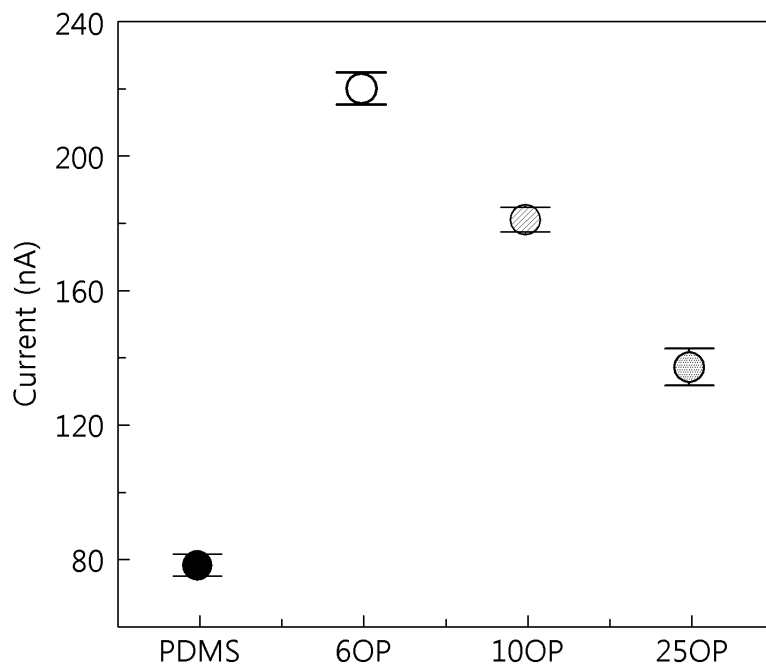
도면7



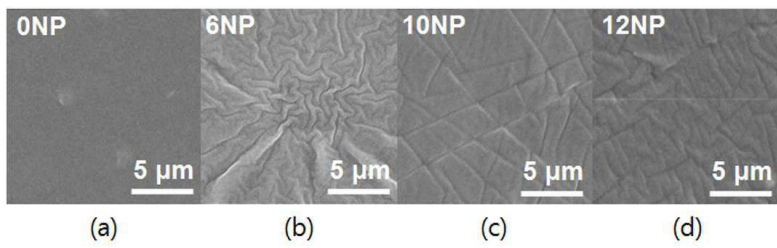
도면8



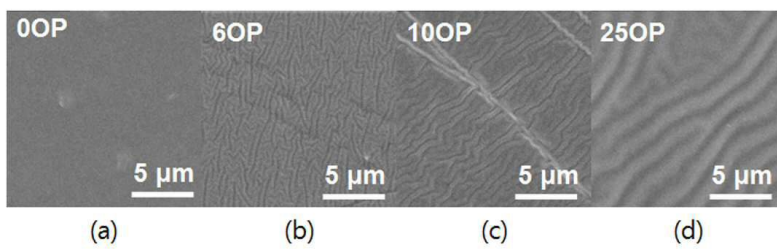
도면9



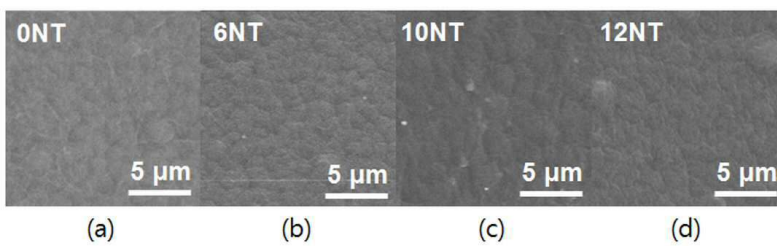
도면10



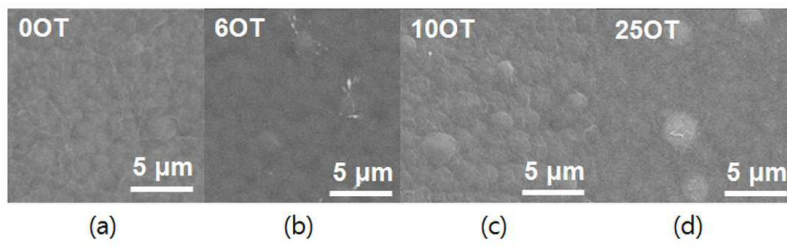
도면11



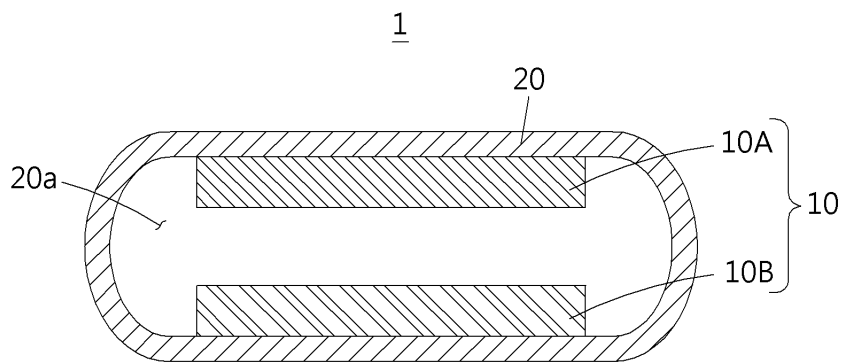
도면12



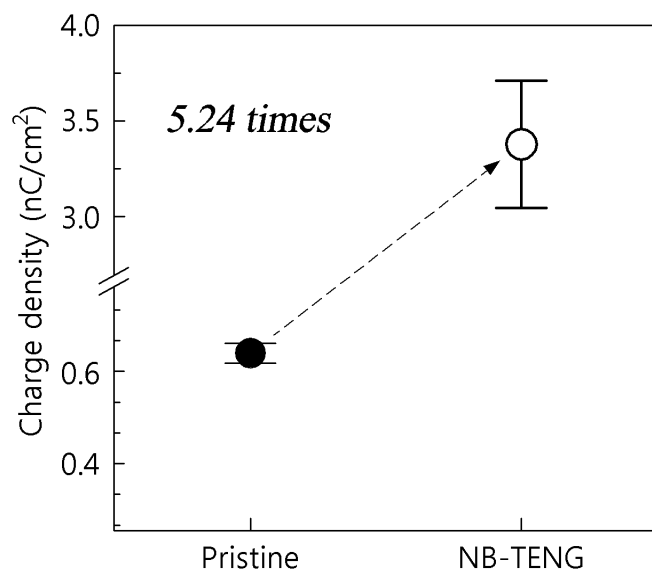
도면13



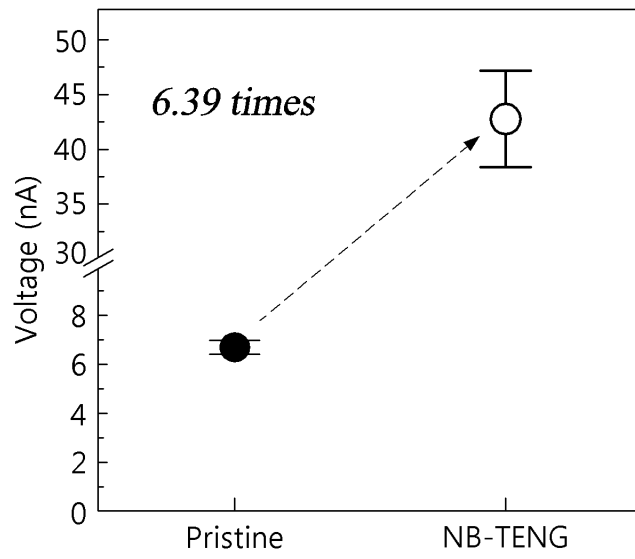
도면14



도면15



도면16



도면17

