



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0120409  
(43) 공개일자 2017년10월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02N 1/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H02N 1/04 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0048860

(22) 출원일자 2016년04월21일

심사청구일자 2016년04월21일

(71) 출원인

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

양창덕

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

조혜진

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 13 항

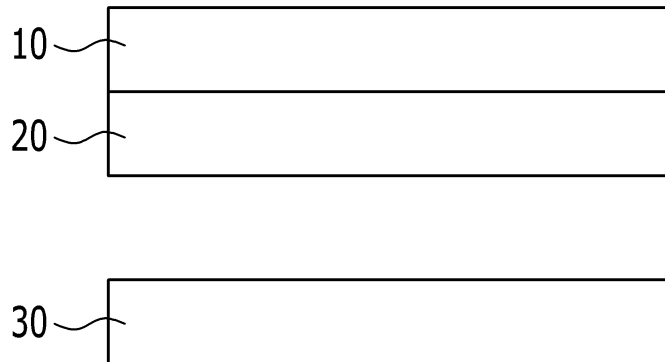
(54) 발명의 명칭 음전하 대전체 및 이를 포함하는 마찰 전기 발전기

### (57) 요약

본 발명은 주사슬 말단의 적어도 일부에 수소, 플루오로, 염소, 및 브롬으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 원소를 포함하는 제1고분자, 그리고 유전상수가 2 이상인 제2고분자를 중합시켜 제조된 그래프트 공중합체; 및 점도가 3000cP 내지 7000cP 범위인 제3고분자를 포함하는 음전하 대전체 및 이를 포함하는 마찰 전기 발전기에 관한 것이다.

대표도 - 도1

200



(72) 발명자

**강효진**

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

**백정민**

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

**천진성**

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

주사슬 말단의 적어도 일부에 수소, 플루오로, 염소, 및 브롬으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 원소를 포함하는 제1고분자, 그리고

유전상수가 2 이상인 제2고분자를 중합시켜 제조된 그래프트 공중합체; 및

점도가 3000cP 내지 7000cP 범위인 제3고분자

를 포함하는 음전하 대전체.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1고분자는,

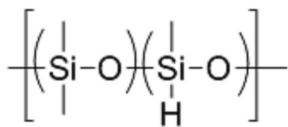
폴리디메틸실록산 (Polydimethylsiloxane, PDMS), 폴리비닐리덴플로라이드 (polyvinylidenefluoride, PVDF), 폴리비닐리덴플로라이드 및 클로로트라이플루오로에틸렌의 공중합체 (PVDF-co-CTFE), 폴리비닐리덴플로라이드 및 트라이플루오로에틸렌의 공중합체 (P(VDF-co-TrFE)), 폴리비닐리덴플로라이드, 트라이플루오로에틸렌, 클로로트라이플루오로에틸렌의 3원 공중합체 (P(VDF-co-TrFE-co-CTFE)), 및 폴리클로로트리플루오로에틸렌 (Polychlorotrifluoroethylene, PCTFE)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 1종 이상인 음전하 대전체.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 폴리디메틸실록산은 하기 [화학식 1]로 표시되는 반복 단위를 포함하도록 개질된 것인 음전하 대전체.

[화학식 1]



#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제2고분자는,

스티렌, 플루오로스티렌, 펜타플루오로스티렌, 메틸 메타크릴레이트, 및 터부틸아크릴레이트로 이루어진 그룹으로부터 선택된 1종 이상인 음전하 대전체.

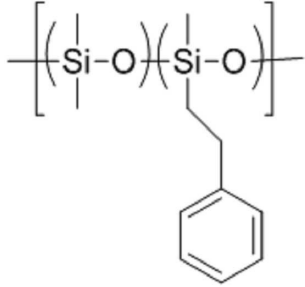
#### 청구항 5

제1항에 있어서,

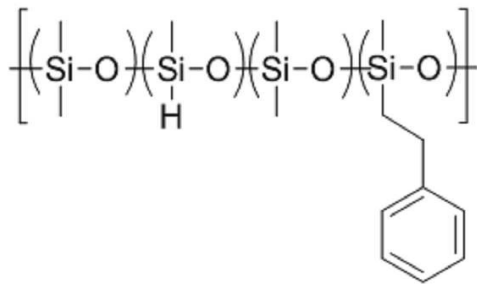
상기 그래프트 공중합체는,

하기 [화학식 2] 내지 [화학식 5]로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 반복단위를 포함하는 음전하 대전체.

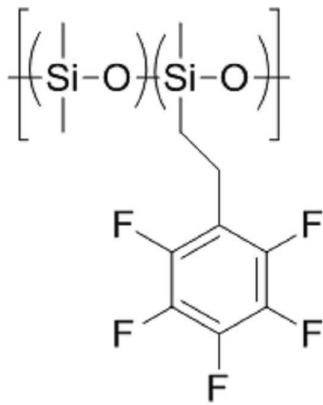
[화학식 2]



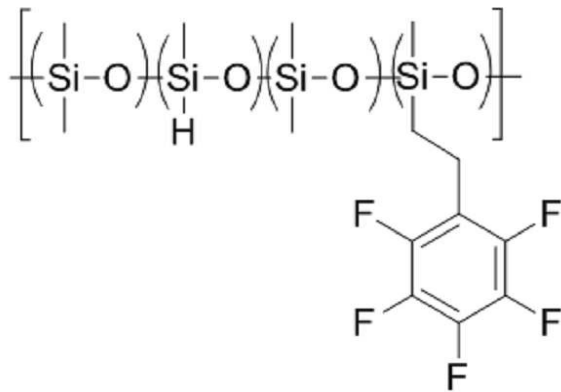
[화학식 3]



[화학식 4]



[화학식 5]

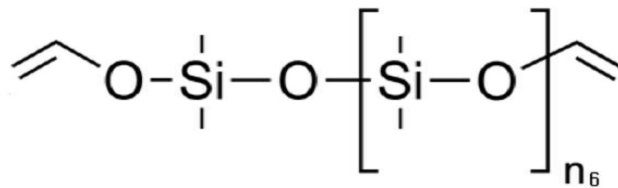


청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제3고분자는 하기 [화학식 6]으로 표시되는 것인 음전하 대전체.

[화학식 6]



여기서  $n_6$ 은 1 내지 100 사이의 정수이다.

청구항 7

주사슬 말단의 적어도 일부에 수소, 플루오로, 염소, 및 브롬으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 원소를 포함하는 제1고분자를 준비하는 단계, 그리고

상기 개질된 제1고분자에 제2고분자를 반응시켜 그래프트 공중합체를 제조하는 단계; 및

상기 그래프트 공중합체에 점도가 3000cP 내지 7000cP 범위인 제3고분자를 혼합하는 단계

를 포함하는 음전하 대전체의 제조방법

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 그래프트 공중합체를 제조하는 단계는,

수소규소화 반응(hydrosilylation), 원자 이동 라디칼 중합 (Atom Transfer radical polymerization), 및 RAFT 중합(reversible addition-fragmentation chain transfer polymerization)등으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 방법으로 수행된 것인 음전하 대전체의 제조방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 그래프트 공중합체 및 제3고분자의 혼합비는 20:80 내지 40:60인 음전하 대전체의 제조 방법.

#### 청구항 10

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항의 음전하 대전체를 포함하는 마찰 전기 발전기.

#### 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 마찰 전기 발전기의 출력 값은  $16\mu\text{A}$  내지  $70\mu\text{A}$ 인 마찰 전기 발전기.

#### 청구항 12

제10항에 있어서,

상기 음전하 대전체는 박막 형태인 마찰 전기 발전기.

#### 청구항 13

제12항에 있어서,

상기 박막의 두께는  $0.1\mu\text{m}$  내지  $1000\mu\text{m}$ 인 마찰 전기발전기.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 음전하 대전체 및 이를 포함하는 마찰 전기 발전기에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 최근 화석 연료의 고갈 문제로 전기의 사용량이 점차 증가하고 있으며 이로 인해 발전량의 부족으로 에너지 부족현상이 점차 심각해져 가고 있다. 이에 부족한 에너지 자원을 효율적으로 활용하기 위해 개발되기 시작된 에너지 하베스팅(Energy harvesting) 기술은 최근의 에너지 문제와 맞물려 주목을 받고 있다.

[0003] 에너지 하베스팅이란 주위 환경에서 발생하나 소모되어 버려지는 에너지(ambient energy)들을 수확하여 사용 가능한 전기에너지로 변환하여 이용하는 시스템을 말한다.

[0004] 이러한 에너지 하베스팅 기술 중에서도 가장 기술개발이 활발한 분야는 압전 재료를 이용한 에너지 하베스팅(Piezoelectric), 마찰 전기를 이용한 에너지 하베스팅(Triboelectric), 열전 재료를 이용한 에너지 하베스팅, 페로플루이드를 이용한 에너지 하베스팅 기술 등이 있다.

[0005] 특히, 마찰 전기를 이용한 에너지 하베스팅 기술을 이용하는 경우 높은 출력 값을 얻을 수 있는 장점이 있으나, 현재 마찰 전기 발생에 이용할 수 있는 고분자 재료는 전하 생성 효율이 매우 낮아서 그 응용이 미미한 실정이다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 전하 생성 효율이 획기적으로 향상된 음전하 대전체 및 이를 포함하는 마찰 전기 발전기를 제공하고 자 한다.

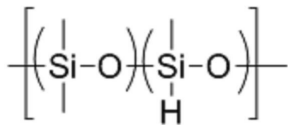
**과제의 해결 수단**

[0007] 일 측면에서, 본 발명은, 주사슬 말단의 적어도 일부에 수소, 플루오로, 염소, 및 브롬으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 원소를 포함하는 제1고분자, 그리고 유전상수가 2 이상인 제2고분자를 중합시켜 제조된 그래프트 공중합체, 및 점도가 3000cP 내지 7000cP 범위인 제3고분자를 포함하는 음전하 대전체를 제공한다.

[0008] 이때, 상기 제1고분자는, 폴리디메틸실록산 (Polydimethylsiloxane, PDMS), 폴리비닐리덴플로라이드 (polyvinylidenefluoride, PVDF), 폴리비닐리덴플로라이드 및 클로로트라이플루오로에틸렌의 공중합체 (PVDF-co-CTFE), 폴리비닐리덴플로라이드 및 트라이플루오로에틸렌의 공중합체 (P(VDF-co-TrFE)), 폴리비닐리덴플로라이드, 트라이플루오로에틸렌, 클로로트라이플루오로에틸렌의 3원 공중합체 (P(VDF-co-TrFE-co-CTFE)), 및 폴리클로로트리플루오로에틸렌 (Polychlorotrifluoroethylene, PCTFE)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 1종 이상일 수 있다.

[0009] 이때, 상기 폴리디메틸실록산은 하기 [화학식 1]로 표시되는 반복 단위를 포함하도록 개질된 것일 수 있다.

[0010] [화학식 1]

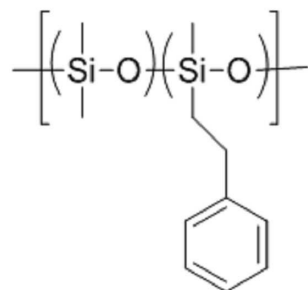


[0011]

[0012] 또한, 상기 제2고분자는, 스티렌, 플루오로스티렌, 펜타플루오로스티렌, 메틸 메타크릴레이트, 및 터부틸아크릴레이트로 이루어진 그룹으로부터 선택된 1종 이상일 수 있다.

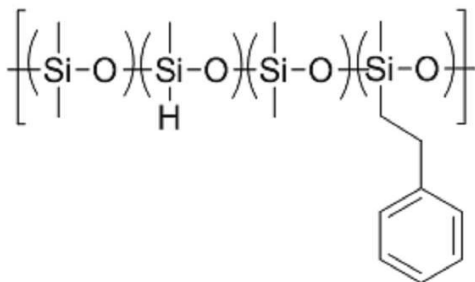
[0013] 한편, 상기 그래프트 공중합체는, 하기 [화학식 2] 내지 [화학식 5]로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 반복단위를 포함할 수 있다.

[0014] [화학식 2]



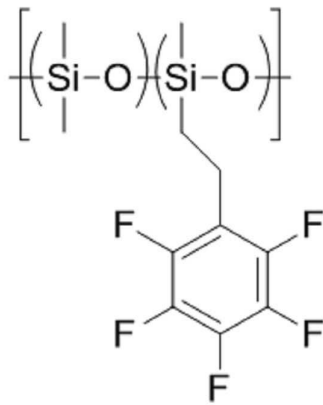
[0015]

[0016] [화학식 3]



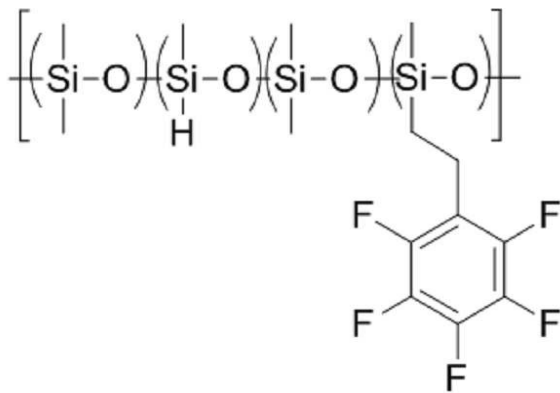
[0017]

[0018] [화학식 4]



[0019]

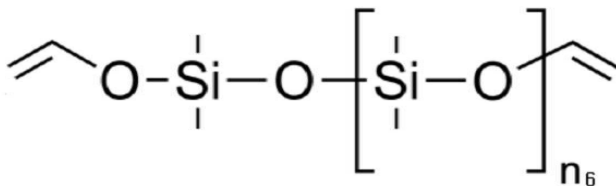
[0020] [화학식 5]



[0021]

[0022] 다음으로, 상기 제3고분자는 하기 [화학식 6]으로 표시되는 것일 수 있다.

[0023] [화학식 6]



[0024]

[0025] 여기서  $n_6$ 은 1 내지 100 사이의 정수이다.

[0026] 다른 측면에서, 본 발명은, 주사슬 말단의 적어도 일부에 수소, 플루오로, 염소, 및 브롬으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 원소를 포함하는 제1고분자를 준비하는 단계, 그리고 상기 개질된 제1고분자에 제2고분자를 반응시켜 그래프트 공중합체를 제조하는 단계; 및 상기 그래프트 공중합체에 점도가 3000cP 내지 7000cP 범위인 제3고분자를 혼합하는 단계를 포함하는 음전하 대전체의 제조방법을 제공한다.

[0027] 이때, 상기 그래프트 공중합체를 제조하는 단계는, 수소규소화 반응(hydrosilylation), 원자 이동 라디칼 중합(Atom Transfer radical polymerization), 및 RAFT 중합(reversible addition-fragmentation chain transfer polymerization)등으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 방법으로 수행될 수 있다.

[0028] 또한, 상기 그래프트 공중합체 및 제3고분자의 혼합비는 20:80 내지 40:60일 수 있다.

[0029] 또 다른 측면에서, 본 발명은, 상기 음전하 대전체를 포함하는 마찰 전기 발전기를 제공한다.

[0030] 이때, 상기 마찰 전기 발전기의 출력 값은 16  $\mu$ A 내지 70  $\mu$ A일 수 있다.

[0031] 또한, 상기 음전하 대전체는 박막 형태일 수 있다.

[0032] 이때, 상기 박막의 두께는 0.1 $\mu$ m 내지 1000 $\mu$ m일 수 있다.

### 발명의 효과

[0033] 본 발명에 따른 음전하 대전체는 유전 상수가 향상되고 전하 포집 능력이 획기적으로 증가되어, 이를 마찰 전기 발전기에 적용하는 경우 우수한 전하 생성 효율을 가진다.

### 도면의 간단한 설명

[0034] 도 1에는 본 발명에 따른 마찰 전기 발전기의 일 예를 나타내었다.

도 2(a) 내지 도 2(f)에는 본 발명에 따른 마찰 전기 발전기의 작동 원리를 예시적으로 나타내었다.

도 3은 실시예 1 내지 2 및 비교예 1에 따라 제조된 음전하 대전체 형성 용액의 사진을 나타낸 것이다.

도 4는 실시예 1 내지 2 및 비교예 1에 따라 제조된 음전하 대전체 형성 조성물을 이용하여 형성되는 박막의 특성 측정을 위하여 제조된 샘플의 사진을 나타낸 것이다.

도 5는 도 4에 나타낸 샘플의 박막 특성 측정 결과를 나타낸 SEM 사진이다.

도 6은 실시예 1 내지 2 및 비교예 1에 따라 제조된 마찰 전기 발전기의 출력 전압 측정 결과를 나타낸 것이다.

도 7은 실시예 1 내지 2 및 비교예 1에 따라 제조된 마찰 전기 발전기의 출력 전류 측정 결과를 나타낸 것이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0035] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 여러 실시예들에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예들에 한정되지 않는다.

[0036] 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조 부호를 붙이도록 한다.

[0037] 또한, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도시된 바에 한정되지 않는다.

[0038] 또한, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0039] 마찰 전기를 이용한 에너지 하베스팅 기술은 정전기 유도 현상을 기본 원리로 에너지를 수확하는 것이다. 즉, 외부의 기계적 에너지가 전위차를 만들고 이로 인해 보상 전하가 형성되어 전자, 즉 전류가 흐르는 현상을 바탕으로 한다.

[0040] 이와 같이 기계적인 미소 에너지를 이용한 에너지 하베스팅 기술을 이용하는 경우 친환경 고효율 발전기를 구현할 수 있으므로 매우 유용하다.

[0041] 이러한 마찰 전기를 이용한 에너지 하베스팅 기술을 다양한 분야에 효과적으로 적용하기 위해서는 전자 친화 및/또는 포집 특성이 우수한 음전하 대전체의 개발이 선행되어야 한다.

[0042] 한편, 일반적으로 마찰 전기를 이용한 에너지 하베스팅 기술에 적용되는 음전하 대전체의 소재로는 PDMS, PTFE, PVDF 등이 있다.

[0043] 그러나, 이들 재료는 전하 생성 효율에 한계가 있기 때문에 발전기에 적용하는 경우 원하는 효과를 얻기가 어려운 문제점이 있었다.

[0044] 따라서, 본 발명의 발명자들은, 전하 생성 효율이 향상된 음전하 대전체를 개발하기 위하여 연구를 거듭한 결과, 종래 음전하 대전체의 재료로 사용되던 고분자를 개질하거나 선별한 후 유전 상수 값이 2 이상인 고분자와 반응시켜 그래프트 공중합체 형태로 제조하고, 이를 음전하 대전체에 적용하는 경우, 상기와 같은 목적을 달성할 수 있음을 알아내었다.

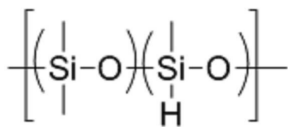
[0045] 즉, 본 발명에 따른 음전하 대전체는, 주사슬 말단의 적어도 일부에 수소, 플루오로, 염소, 및 브롬 등으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 원소를 포함하는 제1고분자, 그리고 유전상수가 2이상인 제2고분자

를 중합시켜 제조된 그래프트 공중합체, 및 점도가 3000cP 내지 7000cP 범위인 제3고분자를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0046] 먼저, 상기 제1고분자는, 그래프트 공중합체의 주사슬 역할을 하는 것으로, 예를 들면, 폴리디메틸실록산 (Polydimethylsiloxane, PDMS), 폴리비닐리덴플로라이드 (polyvinylidenefluoride, PVDF), 폴리비닐리덴플로라이드 및 클로로트라이플루오로에틸렌의 공중합체 (PVDF-co-CTFE), 폴리비닐리덴플로라이드 및 트라이플루오로에틸렌의 공중합체 (P(VDF-co-TrFE)), 폴리비닐리덴플로라이드, 트라이플루오로에틸렌, 클로로트라이플루오로에틸렌의 3원 공중합체 (P(VDF-co-TrFE-co-CTFE)), 및 폴리클로로트라이플루오로에틸렌 (Polychlorotrifluoroethylene, PCTFE)로 이루어진 그룹으로부터 선택된 1종 이상일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0047] 특히 본 발명에서, 상기 폴리디메틸실록산 (Polydimethylsiloxane, PDMS)은 하기 [화학식 1]로 표시되는 반복 단위를 포함하도록 개질된 것일 수 있다. 즉, 폴리디메틸실록산 (PDMS)의 반복 단위에서 메틸기 중 하나가 수소로 치환된 구조를 갖는 것이 바람직하다. 이와 같이 말단 메틸기 중 하나가 수소로 치환된 폴리디메틸실록산을 제1고분자로 사용하는 경우 예를 들면, 수소규소화반응 (hydrosilylation) 등을 통하여 후술할 제2고분자와의 그래프팅이 보다 용이한 장점이 있다.

[0048] [화학식 1]



[0049]

[0050] 보다 구체적으로, 상기 [화학식 1]로 표시되는 폴리디메틸실록산 (PDMS)의 수소 치환도는 0 내지 100%, 또는 10 내지 80%일 수 있다.

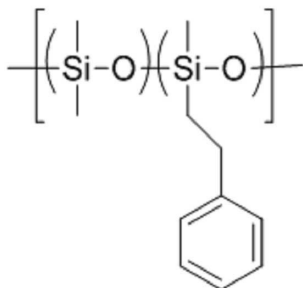
[0051] 한편, 상기 제2고분자로는, 유전상수 값이 2이상, 보다 구체적으로는 유전 상수 값 범위가 2 내지 3인 것을 사용할 수 있다.

[0052] 또한, 제2고분자는 그래프트 공중합체에서 주사슬이 되는 제1 고분자의 성질을 변화시키는 역할을 하는 것으로, 예를 들면, 스티렌, 플루오로스티렌, 펜타플루오로스티렌, 메틸 메타크릴레이트, 메틸메타크릴레이트, 및 터부틸아크릴레이트로 이루어진 그룹으로부터 선택된 1종 이상일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0053] 이때, 상기 그래프트 공중합체의 그래프트율은 0 내지 100, 또는 20 내지 90%일 수 있다.

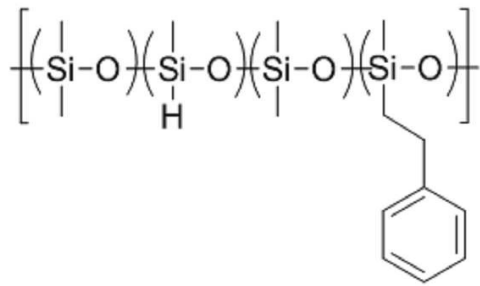
[0054] 특히, 본 발명에 따른 음전하 대전체에 포함되는 상기 그래프트 공중합체는, 하기 [화학식 2] 내지 [화학식 5]로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 반복단위를 포함하는 것이 바람직하다.

[0055] [화학식 2]



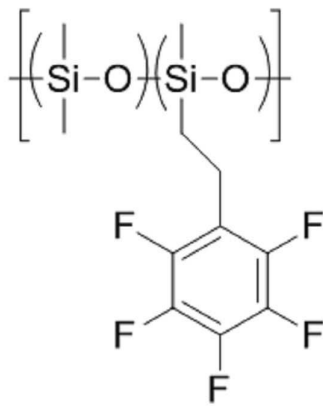
[0056]

[0057] [화학식 3]



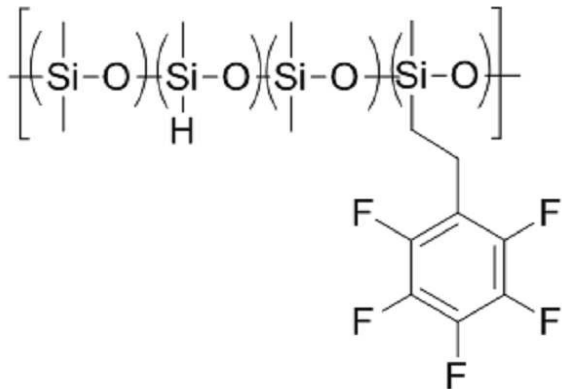
[0058]

[0059] [화학식 4]



[0060]

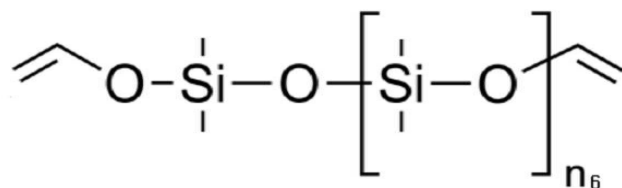
[0061] [화학식 5]



[0062]

[0063] 다음으로, 상기 제3고분자는 점도가 3000cP 내지 7000cP, 또는 4000cP 내지 6500cP인 것을 사용할 수 있다. 제3고분자의 점도가 상기 수치 범위를 만족하는 경우, 전술한 그래프트 공중합체와 혼합하여 음전하 대전체를 형성할 때 도포가 용이하고 균일한 표면을 형성할 수 있기 때문에 음전하 대전체의 특성 발현이 용이한 장점이 있다.

[0064] 또한, 상기 제3고분자는 하기 [화학식 6]으로 표시되는 것일 수 있다.



[0065]

[0066] 여기서  $n_6$ 은 1 내지 100 사이의 정수이다.

- [0067] 한편, 본 발명에 따른 음전하 대전체의 제조 방법은, 주사열 말단의 적어도 일부에 수소, 플루오로, 염소, 및 브롬 등으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 원소를 포함하는 제1고분자를 준비하는 단계, 그리고 상기 제1고분자에 제2고분자를 반응시켜 그래프트 공중합체를 제조하는 단계, 및 상기 그래프트 공중합체에 점도가 3000cP 내지 7000cP 범위인 제3고분자를 혼합하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0068] 먼저, 주사열 말단의 적어도 일부에 수소, 플루오로, 염소, 및 브롬 등으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 원소를 포함하는 제1고분자를 준비한다.
- [0069] 제1고분자, 제2고분자 및 제3고분자에 관하여는 전술한 것과 동일하므로 여기서는 생략하기로 한다.
- [0070] 다음으로, 상기 제1고분자에 제2고분자를 반응시켜 그래프트 공중합체를 제조하는 단계를 수행한다.
- [0071] 이때, 그래프트 공중합체를 제조하는 과정은, 제1고분자와 제2고분자를, 예를 들면, 수소규소화 반응(Hydrosilylation), 원자 이동 라디칼 중합 (Atom Transfer Radical polymerization), 및 RAFT 중합 (Reversible addition-fragmentation chain transfer polymerization) 등으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 방법으로 중합함으로써 수행될 수 있다.
- [0072] 여기서, 상기 수소규소화 반응은, 제1고분자로 전술한 화학식 1로 표시되는 개질된 폴리디메틸실록산 (PDMS)을 사용하는 경우를 예로 설명하면, 개질된 폴리디메틸실록산의 Si-H의 결합이 비닐기나 이중결합이 있는 불포화 탄화수소 구조와 반응하여 Si-H 결합의 H를 치환하는 반응이다. 이러한 방법으로 제1고분자의 수소(H)기가 제2고분자로 일부 또는 전부가 치환되어 본 발명에 따른 그래프트 공중합체를 얻을 수 있다.
- [0073] 그 후, 상기 그래프트 공중합체와 점도가 3000cP 내지 7000cP 범위인 제3고분자를 혼합하는 단계를 수행한다. 이때, 상기 그래프트 공중합체 및 제3고분자의 혼합비는 20:80 내지 40:60, 또는 25:75 내지 35:75일 수 있다. 그래프트 공중합체 및 제3고분자의 혼합비가 상기 수치 범위를 만족하는 경우 이들을 혼합된 용액을 이용하여 음전하 대전체를 제조할 때 박막 형성 공정의 공정성이 매우 우수한 장점이 있다.
- [0074] 한편, 본 발명에 따른 상기 음전하 대전체는, 마찰 전기 발전기에 적용될 수 있다. 따라서, 본 발명에 따른 마찰 전기 발전기는 상기 음전하 대전체를 포함하는 것을 특징으로 한다. 즉, 전하 펌프를 기반으로 한 본 발명에 따른 마찰 전기 발전기에 전술한 음전하 대전체를 적용할 수 있다.
- [0075] 보다 구체적으로, 전술한 그래프트 공중합체 및 제3고분자를 혼합하여 제조된 용액을 이용하여 음전하 대전체를 형성할 수 있다.
- [0076] 즉, 알루미늄 등으로 이루어진 전극을 자외선(UV) 및/또는 오존 처리한 후 상기 전극의 적어도 일 면에 전술한 그래프트 공중합체 및 제3고분자를 혼합하여 제조된 용액을 드랍 코팅, 닥터 블레이드, 스핀 코팅 등을 이용하여 도포하고 경화시킴으로써 박막형태의 음전하 대전체를 형성할 수 있다.
- [0077] 도 1에는 본 발명에 따른 마찰 전기 발전기의 일 예를 나타내었다.
- [0078] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 마찰 전기 발전기(200)는, 마주보고 배치되는 하부 전극(10) 및 상부 전극(30)과 이들 사이에 위치하며, 상기 하부 전극(10) 및 상부 전극(30) 중 적어도 하나의 면에 직접 접촉하는 본 발명에 따른 음전하 대전체(20)를 포함하는 것을 특징으로 한다. 이때, 상기 음전하 대전체는 박막 형태로 위치할 수 있다.
- [0079] 도 1에는 편의상 음전하 대전체(20)가 상부 전극(10)에 접촉한 형태를 도시하였으나 필요에 따라 음전하 대전체(20)는 하부 전극(30)에 직접 접촉한 형태일 수도 있다.
- [0080] 도 2(a) 내지 도 2(e)에는 본 발명에 따른 마찰 전기 발전기의 작동 원리를 예시적으로 나타내었다.
- [0081] 보다 상세하게, 먼저 도 2(a)는 본 발명에 따른 마찰 전기 발전기의 초기 상태를 나타낸 것이다. 초기 상태에는 외부 하중 및 마찰을 기반으로 하는 발전기 내부에 마찰이 없으므로 전체 시스템은 표면 전하(surface charge)가 없기 때문에 전하 평형상태(equilibrium state)이다.
- [0082] 다음으로, 도 2(b)는 본 발명에 따른 마찰 전기 발전기에 외부 하중이 적용되는 상태를 나타낸 것이다. 외부에서 하중(100)이 적용되면 발전기 내부의 음전하 대전체 박막과 하부 전극(30) 사이에 마찰이 발생하며 이때 상대적으로 전자를 많이 가지고 있는 하부 전극(30) 표면에서 음전하 대전체(20) 표면으로 전자들이 이동하여 하부 전극(30)은 양전하(positive charge), 음전하 대전체(20) 표면은 음전하 상태(negative charge)가 된다.
- [0083] 도 2(c)는 본 발명에 따른 마찰 전기 발전기에 외부 하중이 제거되는 상태를 나타낸 것이다. 외부 하중(100)이

제거되면 마찰된 두 표면, 즉, 음전하 대전체(20) 및 하부 전극(30)이 분리되고 상부 전극(10)과 하부 전극(30) 사이에 전하 평형을 형성하기 위해 상부 전극(10)으로부터 하부 전극(30)으로 외부 회로를 통해 전자들이 이동하여 출력 전류가 발생하게 된다.

[0084] 도 2(d)는 본 발명에 따른 마찰 전기 발전기에서 외부 하중이 완전히 제거된 상태를 나타낸 것이다. 외부 하중(100)이 완전히 제거 되면, 발전기 내부의 각 층들은 초기 상태로 복원되지만, 본 발명에 따른 음전하 대전체(20)는 절연 특성 때문에 표면에 음전하가 유지 되고 상부 전극(10)은 양전하 상태로 유지된다.

[0085] 도 2(e)는 본 발명에 따른 마찰 전기 발전기에 다시 외부 하중이 적용되는 상태를 나타낸 것이다. 도 2(e)에 나타낸 것처럼 반복하여 발전기 상부에 외부 하중(10)이 적용되면, 음전하 대전체(20)층과 하부 전극(30) 사이의 거리가 줄어들면서 표면의 음전하들이 하부 전극(30)에 양전하를 정전기적 유도(electrostatic induction)하여 하부 전극(30)으로부터 상부 전극(10)으로 전자들이 이동하여 도 2(c)에 나타낸 것과 반대방향으로 출력 전류가 발생하게 된다.

[0086] 본 발명에 따른 마찰 전기 발전기는 상기 도 2(a) 내지 도 2(e)에 나타낸 과정을 반복하며 출력을 생성하게 된다.

[0087] 한편, 본 발명에 따른 음전하 대전체를 이용하는 경우, 마찰 전기 발전기에도 적용하여 우수한 효과를 구현할 수 있다.

[0088] 즉, 본 발명에 따른 음전하 대전체를 발전기에 적용하는 경우, 마찰에 의한 전하의 생성, 분리 및 축적 원리를 이용하여 대전 특성을 크게 향상시킬 수 있다. 또한, 이와 함께 재료 자체가 갖는 출력 전류의 본질적인 한계를 뛰어넘기 위하여 전하 생성기, 전하 분리기, 그리고 전하 축적기를 통합한 시스템인 전하 펌프라는 개념을 도입함으로써, 고효율 값을 갖는 마찰 전기 발전기를 구현할 수 있다.

[0089] 따라서, 본 발명에 따른 마찰 전기 발전기의 출력 값은 16  $\mu$ A 내지 70  $\mu$ A일 수 있다.

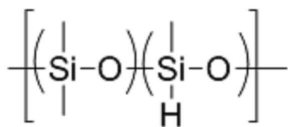
[0090] 또한, 상기 마찰 전기 발전기에서 본 발명에 따른 음전하 대전체는 상부 전극 및 하부 전극 사이에 박막 구조로 적용될 수 있다. 이때, 상기 박막의 두께는, 예를 들면, 0.1  $\mu$ m 내지 1000  $\mu$ m, 1  $\mu$ m 내지 800  $\mu$ m 또는 50  $\mu$ m 내지 600  $\mu$ m일 수 있다. 박막의 두께가 0.1  $\mu$ m 미만인 경우 상부 및 하부 전극 사이에 저항이 사라지기 때문에 발전기로서의 기능이 구현되지 않는 문제점이 있고, 1000  $\mu$ m를 초과하는 경우에는 음전하 대전체와 접촉하지 않는 전극에 정전기 유도가 되지 않아 출력이 저감되는 문제가 있다.

[0092] 이하 실시예를 통하여 본 발명을 구체적으로 살펴보기로 한다.

#### [0093] 실시예 1

[0094] 하기 화학식 1로 표시되는 개질된 폴리디메틸실록산(PDMS) 10g을 슈렌크 튜브(schlenk tube)에 넣고 톨루엔 13ml을 넣은 다음, 칼스테드 촉매(karstedt's catalyst) 2 방울(drops)과 스티렌(styrene) 8.558ml(1 equivalent)을 넣어 제1용액을 제조하였다.

[0095] [화학식 1]

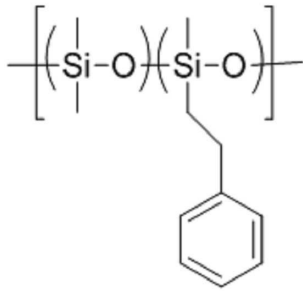


[0096]

[0097] 그 후 80℃에서 2일 동안 상기 제1용액을 교반한 후 톨루엔을 모두 증발시키고 클로로포름(chloroform)과 물로 추출하였다.

[0098] 다음, 황산 마그네슘(MgSO<sub>4</sub>)으로 수분을 제거한 후 필터를 통과시킨다. 필터를 통해 얻은 용액에서 용매를 증발시킨 후 진공 조건에서 건조시켜 하기 [화학식 2]로 표시되는 반복단위를 갖는 그래프트 공중합체를 제조하였다.

[0099] [화학식 2]



[0100]

[0101] 다음, 상기 그래프트 공중합체를 폴리디메틸실록산(PDMS)(Dow Corning, sylgard 184®)와 30:70 비율로 혼합하여 음전하 대전체 형성 용액을 제조하였다. (도 3의 가운데 용액)

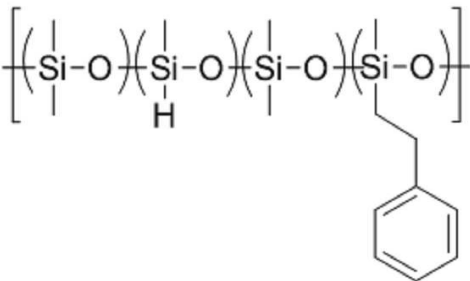
[0102] 다음, 아크릴 기판 위에 알루미늄으로 이루어진 상부 기판을 형성하고 그 위에 상기 음전하 대전체 형성 용액을 박막 코팅(drop-casting)하고 경화시켜 음전하 대전체 박막을 형성하였다.

[0103] 그 후, 이를 이용하여 아크릴 기판 / 상부 전극(A1) / 음전하 대전체 박막 / 갭(공기) / 하부 전극(A1)/ 아크릴 기판 구조의 마찰 전기 발전기를 제조하였다. 이때, 음전하 대전체 박막과 하부 전극 사이의 일정한 이격 거리, 즉, 갭(gap)은 스프링을 이용하여 유지하였다.

[0105] **실시예 2**

[0106] 스티렌 함량을 10g으로 조절하고, 톨루엔을 사용하지 않은 점을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 화학식 3으로 표시되는 반복단위를 포함하는 그래프트 공중합체를 제조하여 음전하 대전체 형성 조성물(도 3의 가장 왼쪽 용액)을 제조하고, 마찰 전기 발전기를 제조하였다.

[0107] [화학식 3]



[0108]

[0110] **비교예 1**

[0111] 폴리디메틸실록산(PDMS) (Dow Corning, sylgard 184®)만 이용하여 음전하 대전체 형성 용액(도 3의 가장 오른쪽 용액)을 제조하고, 실시예 1과 동일한 방법으로 마찰 전기 발전기를 제조하였다.

[0113] **실험예 1: 음전하 대전체 박막의 특성 측정**

[0114] 실시예 1 내지 2 및 비교예 1에 따라 제조된 음전하 대전체 형성 조성물을 아크릴 및 알루미늄 기판 위에 박막 코팅(drop-casting)하고 경화시켜 박막을 형성함으로써 도 4에 나타낸 것과 같이 박막의 특성을 측정하기 위한 샘플(2cm x 2cm)을 제조하였다.

[0115] 상기와 같이 제조된 박막 샘플의 특성 측정 결과는 도 5에 나타내었다. 박막의 두께가 마찰 전기 발전기의 출력에 영향을 미치기 때문에 동일한 두께를 확인할 필요가 있으며, 도 5에 나타낸 SEM 사진을 통해 실시예 1 내지 2 및 비교예 1에 따른 샘플의 박막들의 두께가 모두 600nm임을 확인하였다.

[0117] **실험예 2: 출력량 측정**

[0118] 실시예 1 내지 2 및 비교예 1에 따른 마찰 전기 발전기의 상부에 푸싱 장비를 이용하여 50N, 5Hz, 1시간의 조건으로 하중을 적용하고, 오실로스코프(oscilloscope)와 전류 증폭기(Current amplifier)를 이용하여 출력 전압과 출력 전류를 측정하였다. 결과는 도 6 및 도 7에 나타내었다.

[0119] 도 6을 참고하면, 실시예 1 및 2에 따른 마찰 전기 발전기의 출력 전압이 비교예 1에 따른 마찰 전기 발전기의 출력 전압 보다 2배 이상 증가한 것을 알 수 있다.

[0120] 또한, 도 7을 참고하면, 실시예 1 및 2에 따른 마찰 전기 발전기의 출력 전류가 비교예 1에 따른 마찰 전기 발전기의 출력 전류 보다 2.5배 이상 증가한 것을 알 수 있다.

[0121] 따라서, 본 발명에 따른 음전하 대전체를 마찰 전기 발전기에 적용하는 경우 전하 포집 능력이 획기적으로 증가되어 우수한 전하 생성 효율을 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0122] 이상으로 본 발명에 관한 바람직한 실시 예를 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시 예에 한정되지 아니하며, 본 발명의 실시 예로부터 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의한 용이하게 변경되어 균등하다고 인정되는 범위의 모든 변경을 포함한다.

**부호의 설명**

- [0123] 10: 하부 전극  
20: 음전하 대전체  
30: 상부 전극  
100: 외부 하중  
200: 마찰 전기 발전기

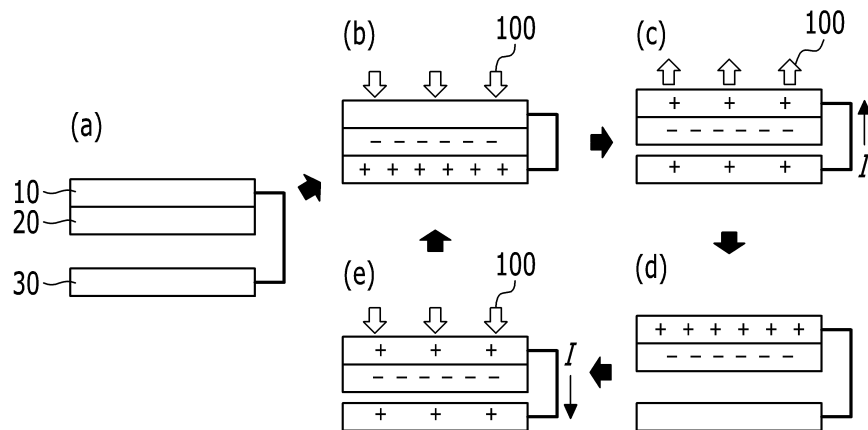
**도면**

**도면1**

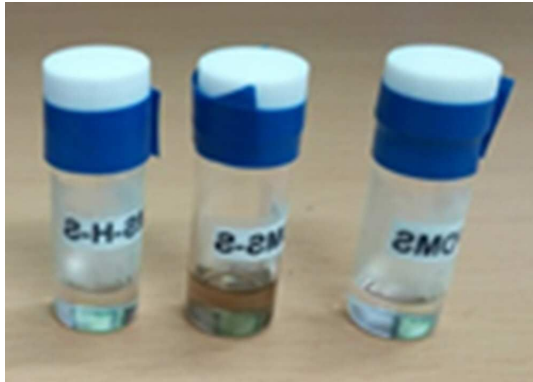
200



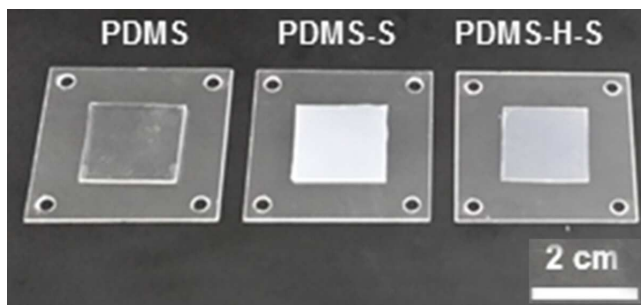
도면2



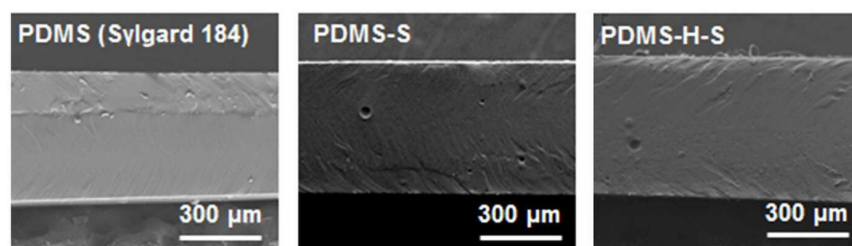
도면3



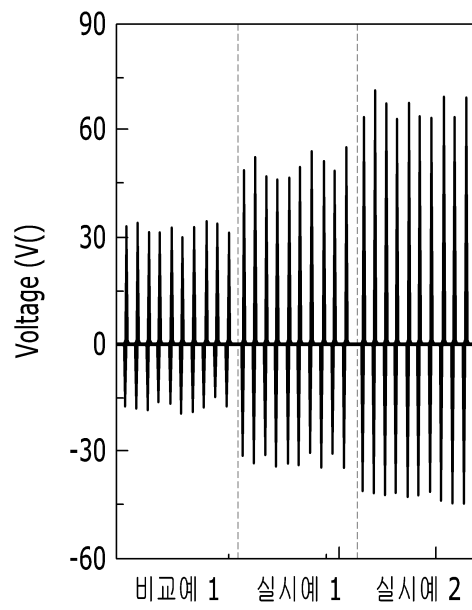
도면4



도면5



도면6



도면7

