

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2012-0122402 (43) 공개일자 2012년11월07일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H02N 2/00 (2006.01) H02N 2/18 (2006.01) B82B 1/00 (2006.01)		(71) 출원인 경희대학교 산학협력단 경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 내 (서천동, 경희대학교)
(21) 출원번호	10-2011-0040522	(72) 발명자 김갑진 경기도 수원시 장안구 만석로 29, 우방아파트 71 3동302호 (천천동)
(22) 출원일자	2011년04월29일	윤선 전라남도 순천시 청사3길 26, 2층 (저전동)
심사청구일자	2011년04월29일	디판카르 만달 경기도 용인시 기흥구 서그내로 23-10, 105호 (서 천동)
		(74) 대리인 이종우

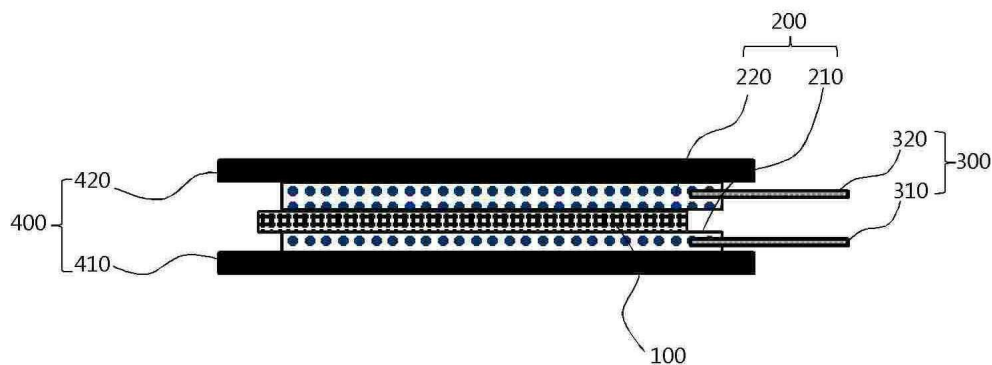
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터

(57) 요약

본 발명은 소형 자가 발전기로서 기능할 수 있는 나노제너레이터에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 압전성 고분자인 나노섬유를 전기 방사법에 의해 생성한 나노섬유 웹의 상부와 하부에 각각 유연성 전극부를 직물로 얇게 형성하고, 타격과 같은 압력에 의해 나노섬유 웹에서 발생하는 압전효과로 야기되는 전기적 신호를 커패시터와 같은 에너지 저장수단에 저장하게 함으로써, 직물의 특성을 그대로 보유하여 대면적화와 성형이 용이하면서, 가볍고 유연하여 적용분야를 크게 확대시킬 수 있는 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터에 관한 것이다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

압전성고분자 용액에 고전압을 걸어서 전기 방사할 때 압전성 나노섬유가 형성되는 동시에 나노섬유상의 극성분자들이 동일한 방향으로 분극되어 이루어진 잔류분극이 형성되고, 외력에 의해 상기 잔류분극이 변경되면서 전하밀도의 차이를 발생시키는 압전성 나노섬유 웹;

전도성 직물로 이루어져 상기 압전성 나노섬유 웹의 상하에 위치하며, 상기 압전성 나노섬유 웹에 가해지는 압력에 의한 전하밀도 차이를 보상하기 위한 전하의 이동이 발생하는 유연성 전극부;

상기 유연성 전극부에 각각 연결되어 전하의 이동으로 생성되는 전기적 신호를 에너지 저장수단으로 전달하는 신호전달부; 및

상기 유연성 전극부를 감싸서 외부의 불필요한 자극이나 오염물질로부터 보호하는 보호부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 압전성 나노섬유 웹은 고분자 기반의 강유전성 유기 물질인 PVDF(polyvinylidene fluoride) 또는 PVDF의 공중합체로 이루어진 압전성 고분자 나노섬유로 형성되는 것을 특징으로 하는 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 압전성 나노섬유 웹은 전기방사에 소요되는 시간을 길거나 짧게 조절하여 압전성 나노섬유 웹의 두께와 면적을 조절하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 압전성 나노섬유 웹은 하나의 압전성 나노섬유 웹으로 이루어진 단일 레이어를 수직 방향으로 다수 개 적층하여 유연성 전극부 사이에 위치하는 압전성 나노섬유 웹의 전체 두께를 증가시키도록 구성되는 것을 특징으로 하는 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 압전성 나노섬유 웹은 하나의 압전성 나노섬유 웹으로 이루어진 단일 레이어를 수평방향으로 다수 개 연결하여 유연성 전극부 사이에 위치하는 압전성 나노섬유 웹의 전체 면적을 증가시키도록 구성되는 것을 특징으로 하는 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 유연성 전극부는,

상기 압전성 나노섬유 웹의 하부에 부착되는 제1전극부; 및

상기 압전성 나노섬유 웹의 상부에 부착되는 제2전극부를 포함하여 구성되며;

상기 제1 및 제2전극부는 직물 조직에 니켈, 구리, 금, 은 또는 카본블랙과 같은 전도성이 우수한 도전성 물질이 코팅된 전도성 직물로 형성되는 것을 특징으로 하는 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 유연성 전극부는 전도성 페이스트에 의해 상기 나노섬유 웹에 부착되는 것을 특징으로 하는 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제1 및 제2전극부의 일단에는 상기 신호전달부가 연결되기 위한 돌출부가 형성되는 것을 특징으로 하는 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 보호부는 발수성 나노섬유나 유연성이 있는 필름으로 이루어지며, 상기 제1전극부의 저면에 부착되는 제1 보호층과, 상기 제2전극부의 상면에 부착되는 제2보호층을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제1보호층과 제2보호층은 절연성 있는 직물로 형성되는 것을 특징으로 하는 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터.

청구항 11

제6항에 있어서,

상기 신호전달부를 통하여 전달되는 전기적 신호를 저장하기 위한 에너지 저장수단으로서, 상기 신호전달부에 전기적으로 연결되어 있는 커패시터를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터.

청구항 12

제6항에 있어서,

상기 신호전달부를 통하여 전달되는 전기적 신호를 이용하는 에너지 소비수단으로서, 상기 신호전달부에 전기적으로 연결되어 있는 저항을 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터.

청구항 13

제11항 또는 제12항에 있어서,

상기 유연성 전극부와 에너지 저장수단 또는 에너지 소비수단 사이에 위치하여 상기 에너지 저장수단 또는 에너지 소비수단으로 전달되는 전기적 신호를 전파 정류하는 정류기를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 소형 자가 발전기로서 기능할 수 있는 나노제너레이터에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 압전성 고분자인 나노섬유를 전기 방법에 의해 생성한 나노섬유 웹의 상부와 하부에 각각 유연성 전극부를 직물로 얹게 형성하고, 타격과 같은 압력에 의해 나노섬유 웹에서 발생하는 압전효과로 야기되는 전기적 신호를 커패시터와 같은 에너지 저장수단에 저장하게 함으로써, 직물의 특성을 그대로 보유하여 대면적화와 성형이 용이하면서, 가

볍고 유연하여 적용분야를 크게 확대시킬 수 있는 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 근래에 휴대용 전자기기가 다양화되고 그 적용분야가 확대됨에 따라, 이러한 휴대용 전자기기들을 장시간 구동할 수 있으면서도 부피가 작고 가벼워 휴대의 부담을 최소화할 수 있는 휴대용 전원의 필요성도 급격히 증가하고 있다.
- [0003] 또한, 종래에 휴대용 전원으로서 주로 이용되던 여러 종류의 화학전지나 충전지의 경우 폐기시 환경오염을 가중시킬 수 있다는 근본적인 문제점을 내포하고 있는바, 폐기할 경우에도 친환경적인 측면을 확보할 수 있는 새로운 전원 공급원이 여전히 요청되고 있다.
- [0004] 종래에는 친환경적으로 전원을 공급하기 위하여 풍력, 지열, 태양열 또는 파력 등 자연환경을 이용하여 직접적으로 전원을 생산하는 발전 장치들이 이용되고 있지만, 이러한 종래의 발전 장치들은 규모나 크기가 매우 커서 휴대용으로 적용하기에는 어려움이 있었다.
- [0005] 그에 따라, 여러 연구자들은 사람이 걸으면서 발생하는 운동에너지를 새로운 전원 공급원으로 이용할 수 있는 방안들을 연구하게 되었는데, 특히 압전성(piezoelectric) 물질을 이용하여 물리적 에너지를 전기적 에너지로 바꾸는 것에 대한 연구를 활발히 하게 되었다.
- [0006] 이러한 연구에서는 압전 효과가 우수한 것으로 널리 알려진 납지르코늄티타네이트(lead zirconate titanate, 이하 'PZT' 라 함)와 같이 무기물질들로 이루어진 제너레이터를 이용하여 물리적 에너지를 전기적 에너지로 변환하는 것에 대한 방안들을 연구하게 되었으며, 이와 같이 PZT로 이루어진 전원 공급원을 보행시 지속적으로 압력이 가해지는 신발이나 무릎 등 관절부분에 부착시키고, 보행시 가해지는 압력에 의해 발생하는 물리적 에너지를 이용하여 전기적 에너지를 생성할 수 있게 하는 방안들을 연구하게 되었다. 그에 따라, PZT나 ZnO 등의 무기계 압전 재료를 이용하여 제너레이터를 구성하는 내용의 논문들이 제안되기도 하였다.
- [0007] 그러나, 이러한 PZT와 같은 무기물질들이 기본적으로 금속 계열의 물질이기 때문에 물질 자체적으로 상당한 중량감을 갖고 있으며, 제너레이터를 부착하기 위한 부위에 따른 다양한 성형이 쉽지 않은 한계로 인하여 휴대용으로 제작하기에는 쉽지 않은 문제점이 있었다.
- [0008] 또한, PZT와 같은 무기물질들의 경우 금속 계열이라는 물질 자체의 특성으로 인하여 외부에서 가해지는 압력 등의 힘에 대한 변위가 작아 기대만큼 충분한 전원을 발생시키지 못하기 때문에 다양하게 이용될 수 있는 형태의 제너레이터로 상업화되기 어려운 문제점이 있었다.
- [0009] 또한, 최근에는 이와 같이 성형이 쉽지 않고, 외력에 대한 변위가 작다는 문제점을 해결하기 위해 PZT와 같은 무기 물질을 나노막대의 형태로 제작하고 전극을 부착하여 제너레이터를 제조하는 것이 제안되었다. 그러나, 이러한 나노막대의 경우 유연성이 부족할 수 밖에 없게 되므로, 과도한 외력이 가해지거나 반복적으로 사용되어 특정 부위에 응력이 집중될 경우 부러질 수 있다는 단점이 있었고, 나노막대를 제작하기 위한 공정이 매우 복잡하여 대량생산에 적합하지 않다는 문제점이 있어 그 이용이 확대되지 못하였다.
- [0010] 따라서, 휴대가 용이하도록 가볍고, 부착하고자 하는 부위 및 압력이 가해지는 형태에 따른 성형도 용이하며, 작은 외력에도 변위가 커서 충분한 전원을 발생시킬 수 있는 새로운 제너레이터가 절실히 요청되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명이 해결하려는 과제는, 압전성 고분자인 나노섬유를 전기 방사법에 의해 생성한 나노섬유 웹의 상부와 하부에 각각 유연성 전극부를 직물로 얹게 형성하고, 타격과 같은 압력에 의해 나노섬유 웹에서 발생하는 압전 효과로 야기되는 전기적 신호를 커패시터와 같은 에너지 저장수단에 저장하게 함으로써, 직물의 특성을 그대로 보유하여 대면적화와 성형이 용이하면서, 가볍고 유연하여 적용분야를 크게 확대시킬 수 있는 소형 자가 발전기인 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기 과제를 이루기 위한 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터는,
- [0013] 압전성고분자 용액에 고전압을 걸어서 전기 방사할 때 압전성 나노섬유가 형성되는 동시에 나노섬유상의 극성분

자들이 동일한 방향으로 분극되어 이루어진 잔류분극이 형성되고, 외력에 의해 상기 잔류분극이 변경되면서 전하밀도의 차이를 발생시키는 압전성 나노섬유 웹; 전도성 직물로 이루어져 상기 압전성 나노섬유 웹의 상하에 위치하며, 상기 압전성 나노섬유 웹에 가해지는 압력에 의한 전하밀도 차이를 보상하기 위한 전하의 이동이 발생하는 유연성 전극부; 상기 유연성 전극부에 각각 연결되어 전하의 이동으로 생성되는 전기적 신호를 에너지 저장수단으로 전달하는 신호전달부; 및 상기 유연성 전극부를 감싸서 외부의 불필요한 자극이나 오염물질로부터 보호하는 보호부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0014] 이때, 상기 압전성 나노섬유 웹은 고분자 기반의 강유전성 유기 물질인 PVDF(polyvinylidene fluoride) 또는 PVDF의 공중합체로 이루어진 압전성 고분자 나노섬유로 형성되는 것이 바람직하며, 전기방사에 소요되는 시간을 길거나 짧게 조절하여 압전성 나노섬유 웹의 두께와 면적을 조절하도록 구성될 수 있다.

[0015] 또한, 상기 압전성 나노섬유 웹은 하나의 압전성 나노섬유 웹으로 이루어진 단일 레이어를 수직 방향으로 다수 개 적층하여 유연성 전극부 사이에 위치하는 압전성 나노섬유 웹의 전체 두께를 증가시키거나, 단일 레이어를 수평방향으로 다수 개 연결하여 유연성 전극부 사이에 위치하는 압전성 나노섬유 웹의 전체 면적을 증가시키도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 상기 유연성 전극부는, 상기 압전성 나노섬유 웹의 하부에 부착되는 제1전극부; 및 상기 압전성 나노섬유 웹의 상부에 부착되는 제2전극부를 포함하여 구성되며; 상기 제1 및 제2전극부는 직물 조직에 니켈, 구리, 금, 은 또는 카본블랙과 같은 전도성이 우수한 도전성 물질이 코팅된 전도성 직물로 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 상기 보호부는 발수성 나노섬유나 유연성이 있는 필름으로 이루어지며, 상기 제1전극부의 저면에 부착되는 제1보호층과, 상기 제2전극부의 상면에 부착되는 제2보호층을 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 상기 신호전달부를 통하여 전달되는 전기적 신호를 저장하기 위한 에너지 저장수단으로서, 상기 신호전달부에 전기적으로 연결되어 있는 커패시터를 더 포함하여 구성되거나, 상기 신호전달부를 통하여 전달되는 전기적 신호를 이용하는 에너지 소비수단으로서, 상기 신호전달부에 전기적으로 연결되어 있는 저항을 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0019] 본 발명은 소형기기에 공급할 수 있는 전원을 생산할 수 있으며, 특히, 유기물질을 사용하여 압전성 나노섬유 웹을 형성하고, 이러한 압전성 나노섬유 웹의 상하부에 전도성 직물로 이루어진 유연성 전극부를 부착하여 경량성과 유연성을 확보함으로써, 옷이나 신발 등 일상생활에서도 신체 접촉시의 거부감을 최소화하면서 이용될 수 있는 장점이 있다.

[0020] 또한, 본 발명은 가공이 용이한 직물을 기반으로 형성됨으로써, 다양한 모양과 크기로 형성할 수 있고, 다수의 압전성 나노섬유 웹을 수직방향으로 적층하거나 수평방향으로 연결하여 직렬형이나 병렬형으로 형성하여 발생하는 전압 및 전류를 증가시킬 수 있는 장점이 있다.

[0021] 또한, 본 발명은 옷의 관절 부분과 신발에 나노제너레이터를 장착하고, GPS, LED, RFID 등의 전원 소자로 사용할 수 있으며, 휴대폰의 비상시 전원으로도 사용할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명에 따른 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터의 단면도.

도 2는 본 발명에 따른 압전성 나노섬유 웹의 주사전자현미경 사진.

도 3은 본 발명에 따른 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터로 구현되는 예시 회로도.

도 4는 도 3의 예시 회로도를 이루는 커패시터에 축적되는 전압 변화를 나타내는 그래프.

도 5는 본 발명에 따라 두께 70 μm 의 압전성 나노섬유 웹을 다층으로 적층할 때 적층 레이어 수에 따른 발전전압을 나타내는 그래프.

도 6은 본 발명에 따라 압전성 나노섬유 웹을 다층 레이어로 배열한 것을 나타내는 예시도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하에서는 본 발명의 구체적인 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명하도록 한다.

- [0024] 도 1은 본 발명에 따른 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터의 단면도이고, 도 2는 본 발명에 따른 압전성 나노섬유 웹의 주사전자현미경 사진이다.
- [0025] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터는, 전기방사액이 고전압으로 전기 방사되면서 압전성 나노섬유가 형성되기 때문에 압전성 나노섬유상의 극성분자들이 동일한 방향으로 분극되어 이루어진 잔류분극이 형성된 압전성 나노섬유 웹(100)과, 전도성 직물로 이루어져 상기 압전성 나노섬유 웹의 상하에 위치하는 유연성 전극부(200)와, 상기 유연성 전극부에 각각 연결되고 상기 압전성 나노섬유 웹에 가해지는 압력에 의한 전극부에서의 전하 밀도 차이를 보상하기 위한 전하의 이동으로 생성되는 전기적 신호를 에너지 저장수단으로 전달하는 신호전달부(300)와, 상기 유연성 전극부를 감싸서 외부의 불필요한 자극이나 오염물질로부터 보호하는 보호부(400)를 포함하여 구성된다.
- [0026] 상기 압전성 나노섬유 웹(100)은 압전성 고분자로 이루어진 나노섬유를 전기방사액을 이용하여 전기방사하여 랜덤하게 얹히면서 웹 형태를 이룸과 동시에, 전기방사시 인가되는 고전압에 의해 나노섬유상의 극성분자들이 동일한 방향으로 배열되면서 균일한 잔류분극(P_r)을 형성되도록 구성된다.
- [0027] 이때, 상기 압전성 고분자인 나노섬유는 고분자 기반의 강유전성 유기 물질인 PVDF(polyvinylidene fluoride) 또는 PVDF의 공중합체로 형성되는 것이 바람직하며, 그에 따라 PZT와 같은 무기계 물질보다 압전계수는 작지만, 유연성, 경량성, 성형성, 제작공정 상의 시간 및 용이성 등에서 무기계 물질보다 유리한 장점을 갖게 된다.
- [0028] 상기 압전성 나노섬유 웹(100)은 압전성 고분자를 나노섬유로 전기방사하여 랜덤하게 얹히는 나노섬유 웹을 형성하는 과정 중 가해지는 고전압에 의해 나노섬유상의 극성분자들이 동일한 방향으로 배열되어 잔류분극(P_r)을 형성하게 된다. 즉, 상기 나노섬유상의 극성분자는 전기방사 과정 중 가해지는 전기장에 의해 집전판에 수직인 방향으로 분극되면서 잔류분극(P_r)을 형성하게 된다.
- [0029] 이와 같이, 압전성 나노섬유 웹(100)을 형성하는 전기방사시에 웹의 형성과 잔류분극 형성이 함께 이루어지므로, 종래에 나노섬유를 필름형태로 제작한 후 압전성을 부여하기 위해 분극 공정을 별도로 수행해야 하였던 것에 비해 공정시간과 비용을 줄일 수 있게 된다.
- [0030] 또한, 압전성 나노섬유 웹의 형성과 분극이 동시에 이루어지므로, 필름 형태에 비해 동일 방향의 잔류분극을 갖는 나노섬유 웹을 보다 넓게 대면적으로 형성할 수 있게 된다.
- [0031] 그에 따라, 압전성 나노섬유 웹(100)을 제조하기 위한 전기방사에 소요되는 시간을 길게 할 경우에는 나노섬유들이 계속 얹히면서 보다 넓고 두꺼운 형태로 제작할 수 있게 되며, 이 경우 동일한 전기방사 과정에서 생성되는 나노섬유 웹들은 모두 동일한 잔류분극(P_r)을 갖게 되므로 후술하는 바와 같이 나노섬유를 연속적으로 방사하여 생성되는 웹의 크기를 조절하거나 직렬 또는 병렬로 연결하여 적층하는 등 다층화가 가능하게 된다.
- [0032] 상기 압전성 나노섬유 웹(100)에 일정 정도 이상의 압력 또는 변형이 가해지면 잔류분극(P_r)의 방향이 일정하게 변하게 되며, 그로 인하여 상기 나노섬유 웹의 상하에 위치하는 유연성 전극부(200) 사이의 전하 밀도가 달라진다. 그리고 이와 같이 달라지는 전하 밀도의 평형을 유지하기 위해 이동하는 전하에 의해 전류 및 전압이 발생되며, 이러한 전류 및 전압을 에너지 저장수단으로 전송하게 된다. 그에 따라, 외부의 압력 또는 외력에 의한 변형으로 전하의 흐름을 발생시키는 압전성 나노섬유 웹(100)이 나노제너레이터로서 기능하게 된다.
- [0033] 또한, 상기 압전성 나노섬유 웹(100)은 자체적으로 기공을 포함하도록 구성되므로, 외력 제거시 전하 밀도의 복원뿐만 아니라, 히스테리시스 손실을 최소화하면서 형태 복원도 원활하게 이루어지게 되어 반복적인 사용이 가능하게 된다. 한편 이러한 기공들에 다양한 방법으로 다양한 탄성고분자를 충전하여 나노섬유의 초기배열을 고정시킴으로써 압전효과의 내구성을 더욱 증가시킬 수도 있다.
- [0034] 이처럼 무기계 압전재료를 전혀 사용하지 않고, 압전성 고분자로 이루어진 압전성 나노섬유 웹을 이용하여 나노제너레이터를 형성함으로써, 섬유 자체의 특성에 기반하여 성형 및 가공의 편의성을 향상시킬 수 있으며, 유연성과 대면적화가 가능한 나노제너레이터를 구현할 수 있게 된다.
- [0035] 또한, 상기 압전성 나노섬유 웹(100)은 동일한 방향으로 잔류분극(P_r)이 형성된 나노섬유 웹들을 적층하여 다층 레이어로 형성할 수 있게 된다. 이와 같이 다층 레이어로 적층하여도 잔류분극(P_r)이 동일한 방향으로 형성되므로 외력이 가해질 경우 전하의 이동이 동일 방향으로 합산되어 다수의 전지를 직렬 연결한 것처럼 증가된 전원을 얻을 수 있게 된다.

- [0036] 이때, 하나의 압전성 나노섬유 웹으로 이루어진 단일 레이어를 다수 개 수직 방향으로 적층할 경우 유연성 전극부(200) 사이에 위치하는 압전성 나노섬유 웹(100)의 전체 두께가 증가되므로, 외력에 의해 변형되는 잔류분극(P_r)의 방향이 모두 합쳐지면서 보다 큰 값의 전원을 발생시킬 수 있게 된다.
- [0037] 또한, 하나의 압전성 나노섬유 웹으로 이루어진 단일 레이어를 다수 개 수평방향으로 연결할 경우 유연성 전극부(200) 사이에 위치하는 압전성 나노섬유 웹(100)의 전체 면적이 증가되므로, 이 경우에도 보다 큰 값의 전류를 발생시킬 수 있게 된다.
- [0038] 따라서, 압전성 고분자를 이용할 경우 무기계 압전재료보다 압전계수가 낮은 단점을 압전성 나노섬유 웹을 대면 적화하거나, 다층 레이어로 적층함으로써 충분히 보완할 수 있게 된다.
- [0039] 또한, 이와 같이 압전성 나노섬유 웹으로 나노제너레이터를 형성함으로써, 뛰어난 성형성을 구현할 수 있을 뿐만 아니라, 두께도 현저하게 감소시켜 압력을 가하는 착용자의 활동에 크게 지장을 주지 않을 수 있으므로 옷이나, 신발 등에 부착이 가능하여 적용범위를 크게 확대할 수 있게 된다.
- [0040] 상기 유연성 전극부(200)는 압전성 나노섬유 웹(100)의 상부와 하부에 위치하여 외부의 압력 등 자극에 의해 순간적으로 달라지는 전극간의 전하 밀도 변화로 인한 전하의 흐름에 의해 전류 및 전압을 발생시키며, 상기 압전성 나노섬유 웹의 하부에 부착되는 제1전극부(210)와, 상기 압전성 나노섬유 웹의 상부에 부착되는 제2전극부(220)를 포함하여 구성된다.
- [0041] 이때, 상기 제1 및 제2전극부(210,220)는 상기 압전성 나노섬유 웹(100)에 부착되는 전도성 직물로 구성되며, 이러한 전도성 직물은 상기 압전성 나노섬유 웹 일면과의 접촉 면적을 증가시킬 수 있도록 무늬가 없는 직물, 바람직하게는 평직물(Taffeta) 이나 립스톱(Rip Stop) 조직에 니켈, 구리, 금, 은 또는 카본블랙 등 전도성이 우수한 도전성 물질이 코팅되어 형성된다.
- [0042] 또한, 상기 제1 및 제2전극부(210,220)는 외부에서 가해지는 잡아당김이나 정전기 등에 의한 전극부와 나노섬유 웹의 이격 현상을 줄일 수 있도록 니켈 페이스트와 같은 전도성 페이스트에 의해 상기 압전성 나노섬유 웹의 일면에 견고하게 접착시켜 구성되는 것이 바람직하다.
- [0043] 상기 전도성 페이스트는 상기 압전성 나노섬유 웹과 전극부 사이의 접착성을 증가시킬 뿐만 아니라, 페이스트 자체의 전도성으로 인하여 전기적 신호를 이격되어 있는 저장수단인 커패시터나 에너지 소비수단인 저항으로 전달함에 있어 전기적 신호의 손실을 최소화할 수 있게 된다.
- [0044] 또한, 상기 제1 및 제2전극부의 일단에는 상기 압전성 나노섬유 웹의 잔류분극 변화에 의해 야기되는 전기적 신호를 전달하기 위해 신호전달부가 연결되기 위한 돌출부가 더 포함되어 구성되는 것이 바람직하다.
- [0045] 상기 신호전달부(300)는 일단이 상기 제1 및 제2전극부에 각각 연결되고, 타단이 전하밀도의 변화로 발생하는 전기적 신호를 전달하기 위한 에너지 저장수단에 연결되어 있는 전선(310,320)으로 구성된다.
- [0046] 상기 보호부(400)는 수분이나 오염물질에 의해 압전성 나노섬유 웹이 손상되거나 잔류분극이 영향 받는 것을 최소화함과 아울러, 직물로 이루어지는 압전성 나노섬유 웹 및 유연성 전극부와 비슷한 정도의 유연성을 나타낼 수 있도록, 발수성 나노섬유나 유연성이 있는 필름으로 이루어지며, 상기 제1전극부의 저면에 부착되는 제1보호층(410)과, 상기 제2전극부의 상면에 부착되는 제2보호층(410)을 포함하여 구성된다.
- [0047] 이때, 상기 제1 및 제2보호층(410,420)은 상기 유연성 전극부를 충분히 감쌀 수 있도록 상기 제1 및 제2전극부보다 넓은 면적으로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0048] 또한, 상기 제1보호층과 제2보호층(410,420)은 전극간 전하밀도의 변화에 의해 상기 유연성 전극부에서 발생하는 전기적 신호가 원하지 않게 누출되는 것을 방지할 수 있도록 절연성 있는 직물로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0049] 또한, 상기 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터는 상기 신호전달부를 통하여 전달되는 전기 에너지를 저장하기 위한 에너지 저장수단(30)을 더 포함하여 구성되는 것이 바람직하다.
- [0050] 이때, 상기 에너지 저장수단(30)은 상기 신호전달부에 전기적으로 연결되어 있는 커패시터로 구성되는 것이 바람직하며, 이러한 커패시터로 공급되는 전기적 신호를 전파정류 하여 공급하는 정류기(20)를 상기 유연성 전극부와 커패시터 사이에 더 구비하여 구성될 수도 있다.
- [0051] 또한, 상기 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터에서 전달되는 전기 에너지를 저장하지 않고 열을 발생시켜 보온 효과를 구현하는 등 소비할 수 있는 에너지 소비수단을 포함하여 구성될 수도 있다.

- [0052] 이때, 상기 에너지 소비수단은 상기 신호전달부에 전기적으로 연결되어 있는 저항으로 구성되는 것이 바람직하며, 이러한 저항과 유연성 전극부 사이에도 전기적 신호를 전과정류하는 정류기를 더 포함하여 구성될 수 있음은 물론이다.
- [0053] 이와 같이 본 발명에 따른 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터는 외부에서 가해지는 압력에 잔류분극(P_r)의 방향이 변하면서 두 전극부 사이의 전하밀도 변화를 발생시키는 압전성 나노섬유 웹(100)과, 상기 압전성 나노섬유 웹의 상하부에 위치하여 전극부 사이의 전하밀도 변화에 의한 전하의 흐름을 발생시키는 유연성 전극부(200)와, 상기 유연성 전극부에서 발생된 전하의 흐름에 의한 전류 및 전압을 전달하는 신호전달부(300), 및 상기 압전성 나노섬유 웹과 유연성 전극부를 감싸서 외부 이물질로에 의한 오염을 방지시키는 보호부(400) 등 나노제너레이터를 이루는 모든 요소가 얇고 유연성이 우수한 직물로 형성됨으로써, 나노제너레이터의 두께를 아주 얇게 하면서 무게를 현저히 감소시킬 수 있음과 아울러, 나노제너레이터 자체의 유연성도 크게 향상시켜 부착위치에 크게 제한받지 않고 옷이나 신발 등에 부착하여 평상시 그냥 소비되는 자극들을 전기 에너지로 변화시켜 저장할 수 있게 된다.
- [0054] 그에 따라, 종래에 무기물질이나 나노막대 등으로 이루어졌던 제너레이터에서는 파손 등의 문제로 인하여 적용될 수 없었던 굴곡 있는 영역 등 곡면에도 특별한 제약 없이 사용할 수 있어 그 활용범위를 크게 확대할 수 있게 된다.
- [0055] 또한, 이와 같이 발전소자인 나노제너레이터를 직물로 형성함으로써, 직물의 우수한 성형성을 그대로 유지하게 되어 나노제너레이터가 사용되는 장소에 적합한 모양을 자유롭게 형성할 수 있게 된다.
- [0056] 다음에는 본 발명에 따른 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터를 이용하여 전기 에너지를 발생시키는 것을 도 3 내지 도 5를 참조하여 설명한다.
- [0057] 도 3은 본 발명에 따른 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터로 구현되는 예시 회로도이고, 도 4는 도 3의 예시 회로도를 이루는 커패시터에 축적되는 전압 변화를 나타내는 그래프이며, 도 5는 본 발명에 따라 두께 70 μm 의 압전성 나노섬유 웹을 다층으로 적층할 때 적층 레이어 수에 따른 발전전압을 나타내는 그래프이고, 도 6은 본 발명에 따라 압전성 나노섬유 웹을 다층 레이어로 배열한 것을 나타내는 예시도이다.
- [0058] 먼저 잔류분극(P_r)이 동일한 방향으로 형성된 압전성 나노섬유 웹을 제작하기 위하여 12wt% 농도의 PVDF(polyvinylidene fluoride)와 용제(solvent, 전기방사액)를 이용하여 전기방사함으로써, 도 2에 도시된 바와 같이 나노 섬유가 랜덤하게 집합되어 있는 압전성 나노섬유 웹을 형성한다.
- [0059] 이때, 상기 압전성 나노섬유 웹을 제조회에 있어 그 제조 시간을 조절하여 두껍게 하거나 얇게 형성할 수 있다. 그에 따라, 상기 실시예에서는 상기 압전성 나노섬유 웹을 70 μm 의 두께로 형성한다.
- [0060] 이와 같이 형성된 압전성 나노섬유 웹의 양 면에는 나노제너레이터의 발전부가 될 수 있도록 제1 및 제2전극부로 이루어진 유연성 전극부를 부착시킨다. 이때, 상기 제1 및 제2전극부는 전도성 니켈페이스트가 표면에 도포된 니켈도금직물을 이용하여 나노섬유 웹과의 접착성 향상과 전기적 신호의 전달 역할을 동시에 구현할 수 있도록 구성된다.
- [0061] 상기 실시예에서 제1 및 제2전극부는 직경 1.2cm로 이루어진 원형 전극판으로 구성하며, 상기 제1 및 제2전극부에서 발생하는 전기적 신호의 전달을 위한 신호전달부의 연결을 위해 상기 제1 및 제2전극부 일 측에 0.2cm의 폭을 갖는 돌출부를 형성한다.
- [0062] 그리고, 도 3에 도시된 바와 같이, 압전성 나노섬유 웹과 유연성 전극부 및 보호층으로 이루어진 나노제너레이터(10)를 디지털사로 이루어진 신호전달부에 의해 정류용 브릿지 회로로 이루어진 정류기(20)에 연결시키고, 상기 정류기의 두 단자에 에너지 저장수단(30)으로서 커패시터나 에너지 소비수단으로서 저항을 연결한다.
- [0063] 또한, 상기 커패시터(30)나 저항 양단의 전압을 측정하기 위한 전압계(40)를 상기 커패시터나 저항의 양단에 연결하여 회로를 구성한다. 이때, 상기 커패시터나 저항은 나노제너레이터의 용도에 따라 선택적으로 구성될 수 있음은 물론이다.
- [0064] 이때, 상기 정류기와 에너지 저장수단 또는 에너지 소비수단은 발전을 위한 외부의 자극이 직접적으로 가해지지 않도록 상기 나노제너레이터로부터 이격되어 설치되는 것이 바람직하다.
- [0065] 그리고, 실제 외력에 의해 전압이 생성됨을 확인하기 위하여, 약 6Hz의 주기를 갖고 공압에 의해 움직이는 Z축 막대로봇으로 바닥에 놓인 나노제너레이터에 일정한 타격을 가하여 압전 신호를 획득한다. 이때, 상기 Z축 막대

로봇에 의해 압전성 나노섬유 웹에 가해지는 공압의 크기는 0.2MPa로 한다.

- [0066] 이러한 타격에 의해 압전성 나노섬유 웹에서 발생하는 잔류분극(P_r)의 변화로 인한 제1 및 제2전극부 사이의 전하 흐름에 의해 야기되는 전기적 신호는 교류 형태를 띠게 된다.
- [0067] 이처럼 교류 형태로 발생된 전기적 신호는 나노제너레이터 양단에 연결되어 있는 정류기(Rectifier)에서 전파 정류된 후, 상기 정류기에 연결되어 있는 에너지 저장수단이나 에너지 소비수단으로 전달된다.
- [0068] 도 4에서는 상기 에너지 저장수단이 0.47 μ F의 커패시터 또는 1 μ F의 커패시터로 각각 이루어진 경우, 타격에 의해 상기 나노제너레이터에서 발생된 전기적 신호에 의해 에너지가 저장되어 커패시터 양단에서 측정되는 전압을 나타낸다.
- [0069] 도 4에서 알 수 있는 바와 같이, 커패시턴스가 작은 커패시터를 이용할 경우 정전용량의 차이로 인하여 보다 짧은 시간에 보다 전기에너지가 저장되지만, 커패시턴스가 큰 커패시터를 이용할 경우 타격이 반복되면서 커패시터에 저장되는 에너지도 서서히 증가하게 됨을 알 수 있다.
- [0070] 또한, 도 5에서는 다른 두께로 이루어진 압전성 나노섬유 웹을 이용하여 발전할 경우의 에너지를 측정하기 위해, 70 μ m의 두께로 이루어진 압전성 나노섬유 웹을 단일 레이어로 형성한 경우($t=70\mu$ m)와 다층으로 이루어진 경우 입력 임피던스를 1G Ω 으로 하였을 때 층(layer)수에 따른 전압곡선을 나타낸 것이다. 이때 상기 압전성 나노섬유 웹(100)을 단일 레이어로 형성할 경우에는 도 1에 도시된 바와 같이 구성되며, 상기 압전성 나노섬유 웹(100)을 다층 레이어로 형성할 경우에는 도 6에 도시된 바와 같이 동일한 방향의 잔류분극(P_r)을 갖는 단일 레이어를 수직 방향으로 순차 적층하여 형성된다.
- [0071] 이때, 상기 다층 레이어는 잔류분극(P_r)이 동일 방향으로 형성됨으로써, 외부의 타격과 같은 자극에 의해 잔류분극(P_r)이 변형되는 방향도 동일하여 합산되므로 직렬 연결한 경우처럼 발생하는 전압도 증가하게 된다.
- [0072] 이와 같이 나노섬유 웹을 다층 레이어로 직렬 정렬시키고, 적층된 레이어 수에 따른 전기적 신호의 특성을 확인하여, 전력을 향상시키기 위한 방법을 제시할 수 있었다.
- [0073] 그에 따라, 도 5에서는 단일 레이어뿐만 아니라 다수의 레이어가 적층된 다층 레이어의 경우에도 압전성 나노섬유 웹을 이용하여 전기적 신호의 발생이 가능함을 확인할 수 있었으며, 두 전극부 사이에 위치하는 압전성 나노섬유 웹의 두께나 레이어 수가 클수록 생성되는 발전 전압도 큼을 확인할 수 있다.
- [0074] 피크전압값과 입력 임피던스를 이용하여 발전된 전력을 계산한 결과 나노웹 층수가 1인 경우는 2mW, 2층인 경우는 4mW, 4층인 경우는 11mW, 6층인 경우는 43mW, 8층인 경우는 56mW, 10층인 경우는 72mW로 나타났다. 이에 따라, 상기 압전성 나노섬유 웹이 순차 적층되어 다층 레이어로 이루어진 형태이거나 나노제너레이터가 수평방향으로 다수 연결된 형태이면 더 큰 전력을 얻는 것이 가능함을 확인할 수 있다.
- [0075] 이와 같이 압전성 나노섬유 웹과 그 상하부에 위치한 전극부를 에너지 저장수단인 커패시터에 연결함으로써, 압전성 나노섬유 웹에 가해지는 일정한 타격 또는 압력에 의하여 일정 수준의 직류 전압을 얻을 수 있었는바, 이로 인하여 상기 압전성 나노섬유 웹을 이용한 나노제너레이터를 다양한 분야에 응용가능한 발전소자로서 활용할 수 있음을 알 수 있다.
- [0076] 이상에서는 본 발명에 대한 기술사상을 첨부 도면과 함께 서술하였지만 이는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시적으로 설명한 것이지 본 발명을 한정하는 것은 아니다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 이라면 누구나 본 발명의 기술적 사상의 범주를 이탈하지 않는 범위 내에서 다양한 변형 및 모방이 가능함은 명백한 사실이다.

부호의 설명

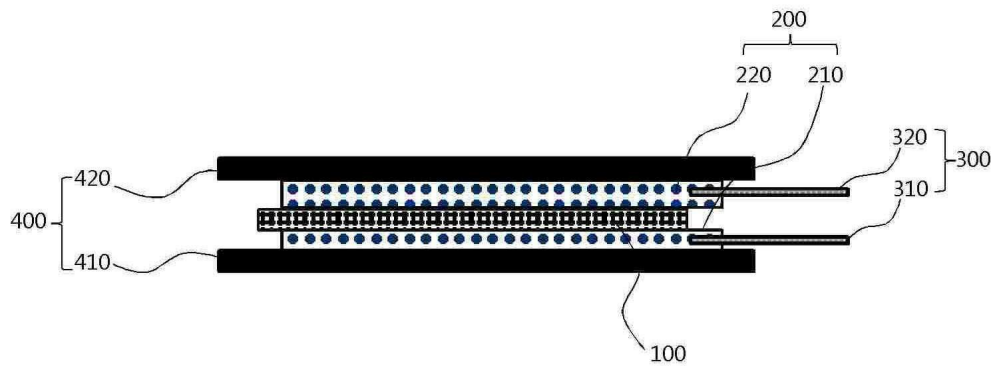
- [0077]
- | | |
|------------------|---------------|
| 10 - 나노제너레이터 | 20 - 정류기 |
| 30 - 에너지 저장수단 | 40 - 전압계 |
| 100 - 압전성 나노섬유 웹 | 200 - 유연성 전극부 |
| 210 - 제1전극부 | 220 - 제2전극부 |
| 300 - 신호전달부 | 400 - 보호부 |

410 - 제1보호층

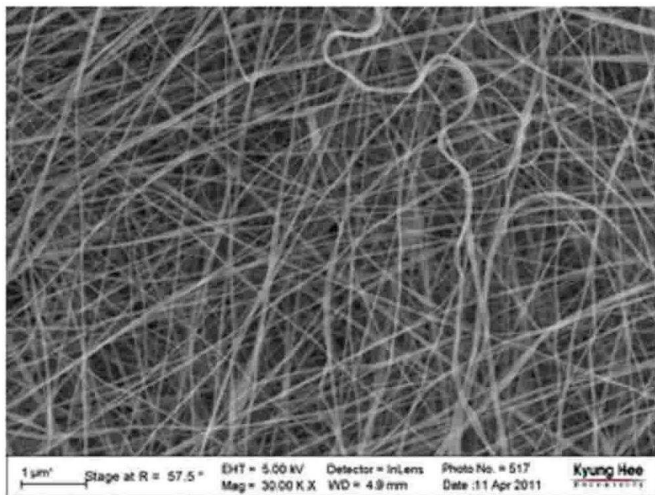
420 - 제2보호층

도면

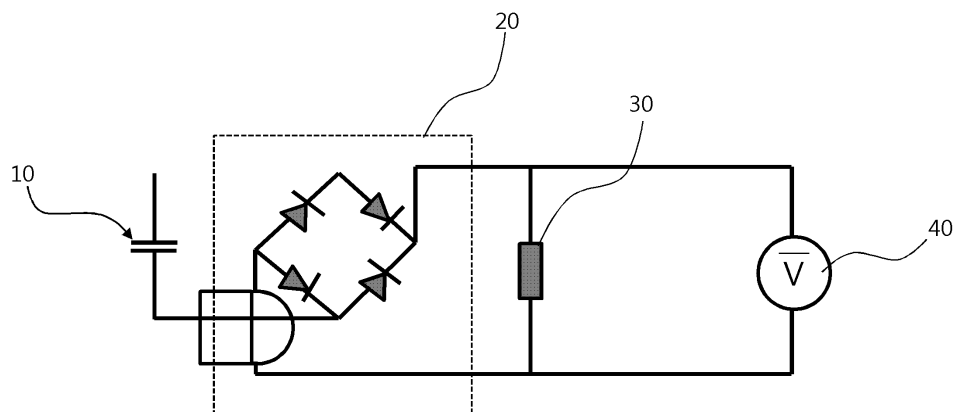
도면1



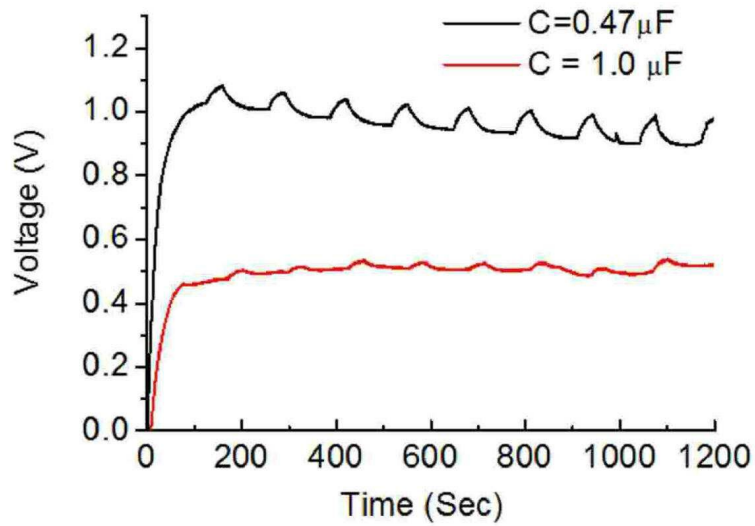
도면2



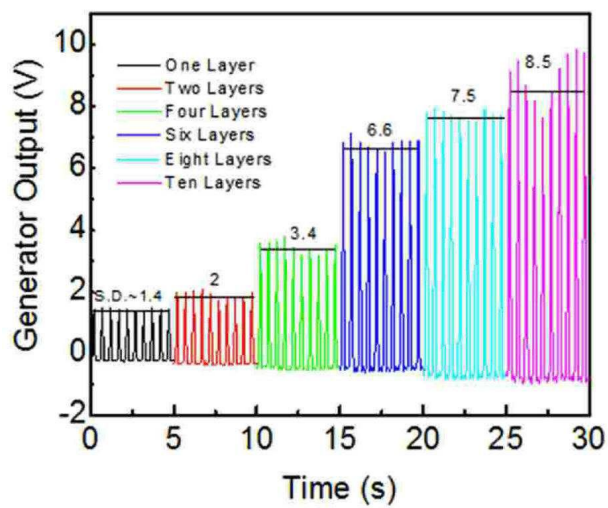
도면3



도면4



도면5



도면6

