



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년02월28일
(11) 등록번호 10-2504359
(24) 등록일자 2023년02월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H10N 10/13 (2023.01) H10N 10/01 (2023.01)
H10N 10/17 (2023.01) H10N 10/80 (2023.01)
(52) CPC특허분류
H10N 10/13 (2023.02)
H10N 10/01 (2023.02)
(21) 출원번호 10-2021-0006597
(22) 출원일자 2021년01월18일
심사청구일자 2021년01월18일
(65) 공개번호 10-2022-0104392
(43) 공개일자 2022년07월26일
(56) 선행기술조사문헌
JP2012174940 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
김우철
서울특별시 강남구 선릉로 221 도곡렉슬아파트
206-1901
노경만
서울특별시 마포구 삼개로 33, 3-912
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 9 항

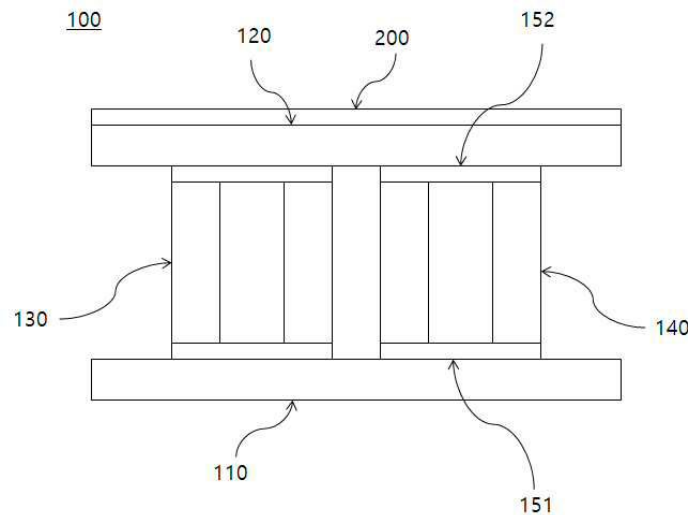
심사관 : 이양근

(54) 발명의 명칭 복사냉각 방열부를 적용한 유연 열전 소자 및 복사냉각 방열부의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 굴곡진 면에도 결합 및 부착이 가능하며, 일면과 타면의 온도차에 의해 기전력을 발생시키는 유연 열전 소자에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 복사냉각을 통해 열전 소자의 냉각 측의 방열 효율을 높여 발전 성능을 향상시키고, 방열부의 부피를 최소화한 복사냉각 방열부를 적용한 유연 열전 소자에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H10N 10/17 (2023.02)

H10N 10/80 (2023.02)

(72) 발명자

칸살만

서울특별시 서대문구 연희로10길 29-10, 104호

김지용

서울특별시 서대문구 연세로7길 24, 305호

(56) 선행기술조사문헌

JP2019179912 A*

KR1020180097907 A*

KR102036071 B1*

US20120055527 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711122642

과제번호 NRF-2018K1A3A1A20026439

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 과학기술국제화사업> 국제화기반조성사업> 해외협력기반조성-국가간협력기반조성사업> 한-중 과학기술협력센터

연구과제명 결정립 코팅 나노구조를 응용한 열전반도체 개발

기 여 율 50/100

과제수행기관명 연세대학교

연구기간 2019.09.01 ~ 2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711109642

과제번호 NRF-2019R1A2C1087180

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 이공분야기초연구사업> 중견연구자지원사업> (유형1-1)중견연구

연구과제명 2D 레고물질 기반 비등방성 방열소재 연구

기 여 율 50/100

과제수행기관명 연세대학교

연구기간 2019.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

한 쌍이 이격 배치되는 유연한 재질의 흡열 기관 및 발열 기관;
 상기 흡열 기관과 발열 기관 사이에 복수 개가 교번되어 이격 배치되는 제1 열전레그 및 제2 열전레그;
 상기 제1 열전레그와 제2 열전레그를 교번하여 전기적으로 직렬 연결하는 전극; 및
 상기 발열 기관의 외면에 구비되어 복사냉각에 의해 상기 발열 기관을 냉각시키기 위한 복사냉각 방열부를 포함
 하되,
 상기 복사냉각 방열부는, 유연성을 갖는 두께로 형성되는, 복사냉각 방열부를 적용한 유연 열전 소자.

청구항 2

제 1항에 있어서,
 상기 복사냉각 방열부는,
 적외선을 방출하여 복사냉각을 일으키는 물질로 이루어지되, 전자기적 공진에 의하여 8 내지 13마이크로미터 파
 장 영역의 적외선을 방출하는 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는, 복사냉각 방열부를 적용한 유연 열전 소자.

청구항 3

제 1항에 있어서,
 상기 복사냉각 방열부는,
 박막의 필름 형태로 이루어져, 상기 발열 기관의 외면에 부착되는 것을 특징으로 하는, 복사냉각 방열부를 적용
 한 유연 열전 소자.

청구항 4

제 3항에 있어서,
 상기 복사냉각 방열부는, 접착제를 통해 상기 발열 기관의 외면에 부착되되, 상기 접착제는 열전도성이 높은 에
 폭시계 수지 또는 올레핀계 수지를 포함하는 복사냉각 방열부를 적용한 유연 열전 소자.

청구항 5

제 1항에 있어서,
 상기 복사냉각 방열부는,
 복사냉각 물질을 상기 발열 기관의 외면에 코팅하여 형성되는 것을 특징으로 하는, 복사냉각 방열부를 적용한
 유연 열전 소자.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 복사냉각 방열부는,

상기 발열 기관 상에 일정한 패턴을 이루며 결합되도록 복수 개가 발열 기관 상에 소정거리 이격되어 배치되는, 복사냉각 방열부를 적용한 유연 열전 소자.

청구항 7

한 쌍이 이격 배치되는 유연한 재질의 흡열 기관 및 발열 기관;

상기 흡열 기관과 발열 기관 사이에 복수 개가 교번되어 이격 배치되는 제1 열전레그 및 제2 열전레그;

상기 제1 열전레그와 제2 열전레그를 교번하여 전기적으로 직렬 연결하는 전극; 및

상기 발열 기관의 외면에 구비되어 복사냉각에 의해 상기 발열 기관을 냉각시키기 위한 복사냉각 방열부를 포함 하되,

상기 복사냉각 방열부는, 복수 개가 발열 기관 상에 소정거리 이격되어 배치되고,

복수의 상기 복사냉각 방열부 사이의 이격 공간에 구비되며 발수 재질로 이루어진 발수부를 더 포함하는, 복사 냉각 방열부를 적용한 유연 열전 소자.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 복사냉각 방열부는,

박막 형태로 상기 발열 기관의 외면에 결합되되, 상기 복사냉각 방열부에는, 직경이 나노 또는 마이크로미터 단 위의 기공이 형성된 것을 특징으로 하는, 복사냉각 방열부를 적용한 유연 열전 소자.

청구항 9

제 1항 내지 제 8항 중 어느 한 항의 복사냉각 방열부의 제조 방법에 있어서,

복사냉각 물질을 아세톤에 용해하는 단계;

상기 복사냉각 물질이 용해된 아세톤 용액을 교반하는 단계;

상기 교반된 용액에 탈이온수를 첨가하여 추가 교반하는 단계;

상기 탈이온수가 첨가된 용액을 기관에 부어 액체를 증발시키는 단계; 및

경화된 복사냉각 방열부를 기관에서 분리하는 단계;

를 포함하는, 복사냉각 방열부의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 굴곡진 면에도 결합 및 부착이 가능하며, 일면과 타면의 온도차에 의해 기전력을 발생시키는 유연 열 전 소자에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 복사냉각을 통해 열전 소자의 냉각 측의 방열 효율을 높여 발전 성능을 향상시키고, 방열부의 부피를 최소화한 복사냉각 방열부를 적용한 유연 열전 소자 및 복사냉각 방열부의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0001]

- [0002] 열전재료는 지백 효과와 펄티에 효과에 의해 열에너지와 전기 에너지간의 직접변환이 가능한 재료로서 전자냉각과 열전발전에 다양하게 응용되고 있다. 열전재료를 이용한 전자냉각 모듈과 열전발전 모듈은 n형 열전 레그(leg)들과 p형 열전 레그들이 전기적으로는 직렬 연결되어 있으며 열적으로는 병렬 연결된 구조를 갖는다. 열전 모듈을 전자냉각용으로 사용하는 경우에는 모듈에 직류전류를 인가함으로써 n형과 p형 열전소자에서 각기 정공과 전자의 이동에 의해 열이 냉각기관에서 가열기관으로 펌핑되어 냉각기관 부위가 냉각된다. 이에 반해 열전발전의 경우에는 모듈의 고온단과 저온단 사이의 온도차에 의해 고온단에서 저온단 부위로 열이 이동 시 p형과 n형 열전소자에서 각기 정공과 전자들이 고온단에서 저온단으로 이동함으로써 지백 효과에 의해 기전력이 발생하게 된다.
- [0003] 전자냉각모듈은 열응답 감도가 높고 국부적으로 선택적 냉각이 가능하며 작동부분이 없어 구조가 간단한 장점이 있어, 광통신용 LD 모듈, 고출력 파워 트랜지스터, 적외선 감지소자 및 CCD 등 전자부품의 국부냉각에 실용화되고 있으며, 공업용, 민생용 항온조나 과학용, 의료용 항온유지 장치에 응용되고 있다. 열전발전은 온도차만 부여하면 발전이 가능하여 이용 열원의 선택범위가 넓으며 구조가 간단하고 소음이 없어, 군사용 전원장치를 비롯한 특수소형 전원장치에 국한되었던 용도가 최근에는 산업폐열 등을 이용한 열전발전기, 대체독립전원 등의 분야로 경제적 용도가 증대하고 있다.
- [0004] 도 1에는 통상의 수직형 열전소자(10)의 개략단면도가 도시되어 있다. 도시된 바와 같이 열전소자(10)는 제1 기관(1), 제2 기관(2), P 타입 제1 열전레그(3), N 타입 제2 열전레그(4) 및 전극(5)을 포함하여 이루어진다. 제1 기관(1)은 판상으로 열원(미도시)에 부착되며, 제2 기관(2)은 판상으로 제1 기관(1)의 상측에 일정거리 이격 배치된다. 제1 기관(1)과 제2 기관(2) 사이에는, 제1 열전 레그(3)와 제2 열전 레그(4)가 상하 길이방향을 따라 형성되고, 복수 개가 이격 배치된다. 제1 및 제2 열전 레그(3, 4)는 제1 기관(1)과 제2 기관(2)의 온도 차에 따라 전기를 발생하거나, 전류를 통해 제1 기관(1) 또는 제2 기관(2)을 발열시키기 위한 P형 반도체와 N형 반도체가 교번 배치된다. 전극(5)은 제1 및 제2 열전레그(3, 4)가 서로 교번되어 직렬로 연결되도록 제1 및 제2 열전레그(3, 4)의 하측을 전기적으로 연결하는 하부 전극(5a)과, 제1 및 제2 열전레그(3, 4)의 상측을 전기적으로 연결하는 상부 전극(5b)으로 구성된다.
- [0005] 상기와 같은 구성에 의해 대기보다 높은 온도를 갖는 열원에 열전소자(10)를 부착하면, 열원에 맞닿는 제1 기관(1)과, 대기에 노출된 제2 기관(2)의 온도차에 의해 P형 및 N형 열전레그(3, 4)가 발전하며, 전극(5)을 통해 발전된 전기를 전달하게 된다.
- [0006] 또한, 제1 기관(1)과 제2 기관(2)의 온도차를 높여 발전 성능을 향상시키기 위해 제2 기관(2) 상에는 제2 기관(2)의 열을 보다 효과적으로 방출하기 위한 방열부가 구비된다. 방열부는 일예로 제2 기관(2)의 방열 면적을 넓이기 위해 다수의 핀이 돌출된 형태로 이루어지거나, 유체를 냉매로 하는 히트싱크 등이 적용될 수 있다.
- [0007] 최근에는, 제1 기관(1)과 제2 기관(2)을 유연한 소재로 구성하여 신체와 같이 굴곡진 면에도 부착이 가능하도록 한 유연 열전 소자의 개발이 진행되고 있으나, 위와 같은 핀 형 방열부를 제2 기관에 적용할 경우 핀의 높이로 인해 부피가 증가하여 신체 부착 시 착용성이 떨어지는 문제가 발생한다.
- [0008] 또한, 유체 냉매 형 방열부의 경우 유연한 재질로 제조가 불가하여 유연 열전 소자에는 적용이 어려운 문제가 발생한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서 본 발명의 목적은, 복사 냉각 소재를 이용해 방열부를 구성하고, 이를 유연 열전 소자의 냉각기관 측에 적용하여 유연 열전소자의 가열 기관과 냉각 기관 사이의 온도차를 증가시키면서도, 열전 발전 소자의 부피 증가를 최소화한 복사냉각 방열부를 적용한 유연 열전 소자 및 복사냉각 방열부의 제조 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명의 일 실시 예에 따른 복사냉각 방열부를 적용한 유연 열전 소자는, 한 쌍이 이격 배치되는 유연한 재질의 흡열 기관 및 발열 기관; 상기 흡열 기관과 발열 기관 사이에 복수 개가 교번되어 이격 배치되는 제1 열전레그 및 제2 열전레그; 상기 제1 열전레그와 제2 열전레그를 교번하여 전기적으로 직렬 연결하는 전극; 및 상기 발열 기관의 외면에 구비되어 복사냉각에 의해 상기 발열 기관을 냉각시키기 위한 복사냉각 방열부를 포함한다.

- [0011] 또한, 상기 복사냉각 방열부는, 적외선을 방출하여 복사냉각을 일으키는 물질로 이루어지되, 전자기적 공진에 의하여 8 내지 13마이크로미터 파장 영역의 적외선을 방출하는 물질로 이루어진 것을 특징으로 한다.
- [0012] 또한, 상기 복사냉각 방열부는, 박막의 필름 형태로 이루어져, 상기 발열 기관의 외면에 부착되는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 또한, 상기 복사냉각 방열부는, 접착제를 통해 상기 발열 기관의 외면에 부착되되, 상기 접착제는 열전도성이 높은 에폭시계 수지 또는 올레핀계 수지를 포함한다.
- [0014] 또한, 상기 복사냉각 방열부는, 상기 복사냉각 물질을 상기 발열 기관의 외면에 코팅하여 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 또한, 상기 복사냉각 방열부는, 상기 발열 기관 상에 일정한 패턴을 이루며 결합되도록 복수 개가 발열 기관 상에 소정거리 이격되어 배치된다.
- [0016] 또한, 상기 유연 열전 소자는, 복수의 방열부 사이의 이격 공간에 구비되며 발수 재질로 이루어진 발수부를 더 포함한다.
- [0017] 또한, 상기 복사냉각 방열부는, 박막 형태로 상기 발열 기관의 외면에 결합되되, 상기 복사냉각 방열부에는, 직경이 나노 또는 마이크로미터 단위의 기공이 형성된 것을 특징으로 한다.
- [0018] 본 발명의 일 실시 예에 따른 복사냉각 방열부의 제조 방법은, 복사냉각 물질을 아세톤에 용해하는 단계; 상기 복사냉각 물질이 용해된 아세톤 용액을 교반하는 단계; 상기 교반된 용액에 탈이온수를 첨가하여 추가 교반하는 단계; 상기 탈이온수가 첨가된 용액을 기관에 부어 액체를 증발시키는 단계; 및 경화된 복사냉각 방열부를 기관에서 분리하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0019] 상기와 같은 구성에 의한 본 발명의 복사냉각 방열부를 적용한 유연 열전 소자 및 복사냉각 방열부의 제조 방법은, 기본적으로 복사 냉각 방식을 이용해 냉각기관의 방열 성능을 향상시켜 열전 소자의 온도차를 증가시킴에 따라 발전 성능을 향상시킨 효과가 있다.
- [0020] 추가적으로, 냉각기관에 적용되는 방열부의 크기를 최소화하여 유연 열전 발전 소자의 부피 증가를 최소화한 효과가 있다.
- [0021] 특히 신체에 부착되는 유연 열전 발전 소자의 경우 부피 증가를 최소화함에 따라 착용감을 향상시킨 효과가 있다.
- [0022] 아울러 복수 개가 이격 배치되는 복사냉각 방열부 사이에 발수 재질의 발수부를 구비하여 유연 열전소자의 수분 접촉에 따른 복사냉각 방열부의 이탈을 방지하여 신체 부착 시 내구성을 향상시킨 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 일반적인 열전소자의 단면개략도
- 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 열전소자의 단면개략도
- 도 3은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 열전소자의 평면개략도
- 도 4는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 열전소자의 평면개략도
- 도 5는 본 발명의 제3 실시 예에 따른 열전소자의 평면개략도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하, 상기와 같은 본 발명의 일 실시예에 대하여 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0025] 도 2에는 본 발명의 일 실시 예에 따른 복사냉각 방열부를 적용한 유연 열전소자(100, 이하 "열전소자")의 개략 단면도가 도시되어 있다.
- [0026] 도시된 바와 같이 열전소자(100)는 흡열 기관(110), 발열 기관(120), 제1 열전레그(130), 제2 열전레그(140) 및 전극(151, 152)을 포함하여 이루어진다. 제1 및 제2 기관(110, 120)은 유연한 재질의 기관으로 절연 재질이 적

용될 수 있다. 일예로 구리 포일에 세라믹 필름을 코팅한 형태로 이루어질 수 있다

- [0027] 흡열 기관(110)은 판상으로 이루어지며, 발열 기관(120)은 판상으로 제1 기관(110)의 상측에 일정거리 이격 배치된다. 흡열 기관(110)과 발열 기관(120) 사이에는, 제1 및 제2 열전레그(130, 140)가 상하 길이방향을 따라 형성되고, 복수 개가 이격 배치된다. 제1 및 제2 열전레그(130, 140)는 흡열 기관(110)과 발열 기관(120)의 온도 차에 따라 전기를 발생하기 위한 P형 반도체와 N형 반도체가 교번 배치된다. 전극(151, 152)은 제1 및 제2 열전레그(130, 140)가 서로 교번되어 직렬로 연결되도록 제1 및 제2 열전레그(130, 140)를 전기적으로 연결한다. 도면상의 제1 및 제2 열전레그(130, 140)의 하측을 전기적으로 연결한 것이 하부 전극(151)이고, 상측을 전기적으로 연결한 것이 상부 전극(152)이다.
- [0028] 한편, 본 발명의 일 실시 예에 따른 열전소자(100)는 흡열 기관(110)이 대상물에 부착되어 대상물에서 발생하는 열을 흡수하고, 발열 기관(120)과의 온도차에 따라 전기를 발생시키는 열전발전소자일 수 있다. 따라서 본 발명의 열전소자(100)는 흡열 기관(110)과 발열 기관(120)의 온도차를 높이기 위해 발열 기관(120)을 냉각시키기 위한 복사냉각 방열부(200)가 구비되는 것을 특징으로 한다.
- [0029] 복사 냉각은 지구가 흡수한 태양 복사 에너지를 지구 복사 에너지로 방출하여 온도가 내려가는 현상이다. 낮 동안 지표면은 태양 복사 에너지를 흡수하게 되는데, 전 지구적으로 대략 $0.5\text{cal}/\text{cm}^2\cdot\text{min}$ 의 에너지를 흡수한다.
- [0030] 그러나 지구 역시 적외선의 형태로 복사 에너지를 방출하고 있으며, 이때 흡수하는 복사 에너지양에 비해 방출하는 복사 에너지양이 많은 경우 복사 냉각이 이루어진다. 보통 해가 진 후부터 지표는 냉각되기 시작하는데, 바람이 불지 않고 맑은 날에는 복사 냉각이 더욱 활발하여 지표의 냉각 효과가 더 크게 나타난다.
- [0031] 따라서 바람이 불지 않는 맑은 날 새벽 무렵에는 지표의 복사 냉각에 의해 기온이 이슬점 이하로 내려가는 경우가 있다. 이때는 공기 중의 수증기가 응결하면서 지표 부근에 안개를 형성하는데, 이것을 복사 안개라 한다. 복사 안개는 일교차가 큰 내륙 지방에서 잘 생기기 때문에 땅안개라 부르기도 한다.
- [0032] 지구가 방출하는 복사 에너지는 대기 중의 수증기 등에 의해 흡수되어 다시 지표로 되돌아온다. 이러한 효과는 복사 냉각에 의해 기온이 낮아진 지표를 보온하는 역할을 하게 된다.
- [0033] 한편, 시스템의 냉각이 일어나는 과정에서 전도, 대류 및 복사의 세 가지 열전달 메커니즘 중에서 상술한 복사에 의한 열전달 비중을 높여 이루어내는 냉각방식을 복사냉각이라 부른다.
- [0034] 전도 또는 대류 열전달을 사용한 냉각은 외부온도와 상대적인 온도 차이에 기인하기 때문에 외부온도 이하로 냉각시키기 위해서는 부가적인 일이 반드시 필요하다. 이와 달리 복사 열전달을 통한 냉각은 시스템 표면의 절대적인 온도와 복사물성에 의해 자가적으로 냉각이 이루어지기 때문에 부가적인 일 없이 외부온도 아래로 시스템을 냉각시킬 수 있다.
- [0035] 특히, 외부의 주간 환경에서 이루어지는 복사냉각 성능을 증진시키기 위해서는 주요 파장대 별로 복사 물성을 제어하는 기술이 필요하다. 주간 환경에서는 sky window 파장 영역인 $8\mu\text{m}$ 내지 $13\mu\text{m}$ 에서 대기의 투과율이 거의 1에 가깝기 때문에 상기 파장 대역에서 높은 방사율을 구현하면 우주로 방출하는 방사열을 극대화시킬 수 있다. 상기 $8\mu\text{m}$ 내지 $13\mu\text{m}$ 윈도우 대역을 제외한 파장 대역에서는 태양열 및 대기복사열의 흡수를 차단하기 위한 낮은 흡수율이 필요하다.
- [0036] 즉, 주간 환경에서 복사냉각 시스템을 구현하기 위해서는 sky window 영역인 $8\mu\text{m}$ 내지 $13\mu\text{m}$ 에서 방사율을 높게 하고 상기 영역을 제외한 나머지 스펙트럼에서는 방사율을 낮게 한 파장 선택적 방사체의 구현이 필수적이게 된다.
- [0037] 위와 같은 복사 냉각 방식을 이용하는 본 발명의 복사냉각 방열부(200)는 적외선을 방출하여 복사냉각을 일으킬 수 있는 물질로 이루어진다. 복사냉각 물질은, 전자기적 공진에 의하여 적외선을 방출한다. 예를 들어 여러 개의 금속 디스크가 유전체로 분리되어 있을 때, 금속 디스크에 빛이 입사되면 금속 디스크의 크기와 비슷한 파장의 빛과 공진(resonance)이 일어나게 되고, 해당 파장의 빛은 흡수가 활발히 일어나게 된다. 즉, 마이크로미터 미만의 지름을 갖는 금속 디스크에 의해서는 가시광선 및 자외선 파장대의 빛이 잘 흡수되며, 수 마이크로미터 지름의 금속 디스크에 의해서는 수 마이크로미터 파장대의 적외선이 효과적으로 흡수된다. 복사냉각 방열부(200)는 수 마이크로미터 크기의 디스크 형태로 형성될 수 있고, 따라서 긴 파장 영역의 적외선을 효과적으로 흡수하고, 파장이 짧은 자외선 및 가시광선 영역의 빛은 잘 흡수하지 못하고 반사하게 된다. 열역학적 평형상태에 있을 때는 흡수계수와 자발적 방출계수가 비례관계에 있으므로 이러한 물질은 역으로 긴 파장 영역의 적외선을 효과적으로 방출하는 물질이 된다.

- [0038] 이 때 복사냉각 효율을 높이기 위해서는 상술한 바와 같이 $8\mu\text{m}$ 내지 $13\mu\text{m}$ 파장 영역의 적외선을 잘 흡수하고 방출하는 전자기적 공진을 사용하는 것이 바람직하다. 즉 우주로 방출하는 열은 $8\mu\text{m}$ 내지 $13\mu\text{m}$ 대역에서 이루어지고, 태양열은, $0.3\mu\text{m}$ 내지 $2.5\mu\text{m}$ 대역에서 이루어진다. 따라서 냉각총량을 증가시키기 위해서는 우주로 방출하는 열을 극대화시키고 태양열과 대기복사열 흡수량은 최소화시키는 것이 중요하다. 이를 위해서 sky window 영역인 $8\mu\text{m}$ 내지 $13\mu\text{m}$ 대역에서 방사율을 1에 가깝게 만들고 그외 파장 대역에서는 방사율을 0에 가깝게 만들어야 한다.
- [0039] 전자기적 공진을 일으킬 수 있는 구조는 상기한 디스크에 한정되지 않고, 분자 단위 또는 입자 형태로 호스트 물질 안에 삼차원적으로 분포하거나, 기관 위에 박막 형태를 가지거나, 기관 위에 이차원 배열로 분포하는 형태를 가질 수 있다. 형상은 구체, 타원체, 원기둥, 각기둥, 직육면체 등의 다면체, 코에-셸 구조, 다른 물질과의 복합구조 등 다양한 형태로 구현 가능하다. 이러한 물질의 예시로는 SiO_2 , Ta_2O_5 , H_2O , $\text{P}(\text{vdf-hfp})$ (vinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene) 등이 있을 수 있다.
- [0040] 위와 같은 구성의 복사냉각 방열부(200)는, 박막의 필름 형태로 발열 기관(120)에 부착될 수 있다. 또한, 다른 실시 예로 발열 기관(120) 상에 소정의 두께로 코팅될 수 있다. 복사냉각 방열부(200)가 박막의 필름 형태로 이루어진 경우 복사냉각 방열부(200)는 발열 기관(120)에 접착제를 통해 고정될 수 있다.
- [0041] 복사냉각 방열부(200)는 다음과 같은 방법으로 제조될 수 있다. 먼저 $\text{P}(\text{vdf-hfp})$ 1g 을 극성용매인 아세톤(Acetone) 15ml 에 용해한다. 다른 실시 예로 $\text{P}(\text{vdf-hfp})$ 는 N,N-디메틸 포름아미드(N,N-dimethyl formamide), N,N 디메틸 아세트아미드(N,N-dimethyl acetamide) 또는, N-메틸피롤리돈(N-methyl pyrrolidone)등에도 용해될 수 있다. 그러나 용매의 유해성, 안정성 그리고 접근성을 고려했을 때 바람직하게는 아세톤이 사용될 수 있다.
- [0042] 다음으로, 교반기에서 70도씨, 600rpm의 조건으로 1시간 동안 교반한다. 다음으로 상기 교반된 용액에 탈이온수(DI water) 1ml 를 첨가하고 투명해질 때까지 약 2시간 동안 추가 교반한다. 나노/마이크로 기공이 형성된 박막 필름 형태의 복사냉각 방열부(200)를 제조하기 위해서는, $\text{P}(\text{vdf-hfp})$ 이 용해된 용액과 이를 용해할 수 없는 액체를 혼합하여 혼합액을 제조하는 과정이 요구된다. $\text{P}(\text{vdf-hfp})$ 를 용해할 수 없는 액체로는 탈이온수(deionized water)나 메탄올(methanol) 등이 적용될 수 있고, 탈이온수는 메탄올에 비해 $\text{P}(\text{vdf-hfp})$ 용액과 섞이지 않으려는 성질이 상대적으로 더 강하기 때문에 이후 증발과정으로 액상의 고분자를 고상으로 만드는 과정을 빠르게 진행시킬 수 있다. 따라서 위 탈이온수 첨가 및 교반 과정을 통해 복사냉각 방열부(200)의 박막 막질의 형성에 소요되는 시간을 줄일 수 있다.
- [0043] 다음으로, 최종 교반된 용액을 얇은 구리 기관 위에 부으면 아세톤이 먼저 증발하고 그 후에 물이 증발하는 과정을 거쳐 나노/마이크로 기공이 형성된 $\text{P}(\text{vdf-hfp})$ 복사냉각 방열부(200)가 형성된다. 보다 상세하게는, 교반 과정이 끝난 혼합액을 기관에 부었을 때, 기화열의 차이로 상온에서 아세톤이 먼저 증발하며 반투명한 아세톤이 빠져나간 젤(gel)이 형성된다. 이후 젤(gel)에 남겨진 물이 증발되는 과정에서 흰색의 박막 필름이 형성되는데, 물은 $\text{P}(\text{vdf-hfp})$ 를 용해할 수 없기 때문에 증발하는 중 박막 필름에 나노/마이크로 기공을 형성한다. 나노/마이크로 기공의 크기는 사용된 물의 양이 증가할수록 작아지는 경향이 있으나, 이로 인한 박막의 방사율과 복사율은 크게 변하지 않는다. 나노/마이크로 크기의 기공이 형성되면 기공이 없는 박막에 비해 방사율과 복사율이 크게 향상되는 효과가 있다.
- [0044] 위와 같은 과정을 통해 제작된 박막 필름 형태의 복사냉각 방열부(200)는 아크릴계 접착제 중 하나인 PMMA(Polymethylmethacrylate)를 이용해 발열 기관(120)에 고정한다.
- [0045] 이때 상기 접착제는 다른 실시 예로 접착 성분을 포함하는 열전도성 수지로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 접착제로 일반적으로 사용될 수 있는 것으로 알려진 수지 성분 중에서 아크릴계 수지, 우레탄계 수지 및 실리콘계 수지는 서로 유사한 열전도 특성을 가지고, 에폭시계 수지가 그에 비하여 열전도성이 우수하며, 올레핀계 수지는 에폭시 수지에 비하여 높은 열전도성을 가지는 것으로 알려져 있다. 따라서 필요에 따라 수지 중 우수한 열전도도를 가지는 것을 선택할 수 있다. 다만, 일반적으로 수지 성분만으로는 목적하는 열전도도가 확보되기 어렵고, 열전도성이 우수한 필러 성분을 적정 비율로 접착제에 포함시키는 방식도 적용할 수 있다.
- [0046] 복사냉각 방열부(200)의 두께는 500 마이크로미터에서 1000 마이크로미터 사이의 두께로 형성될 수 있고, 보다 바람직하게는 약 800 마이크로미터의 두께로 형성될 수 있다. 복사냉각 방열부(200)의 두께가 500 마이크로미터 미만인 경우 얇아질수록 가시광 반사율이 떨어지는 단점이 있고, 500 마이크로미터 이상일 경우 두께에 의한 광학적 물성 차이는 거의 일정하게 유지된다. 따라서 500 마이크로미터 이상인 경우 원하는 복사냉각 방열효과를 얻을 수 있지만, 지나치게 두꺼워 질 경우 유연성이 떨어지게 되어 유연 열전 소자에 적용하는데 어려움이 발생

한다. 즉 웨어러블 유연 열전 소자의 경우 복사냉각 방열부(200)의 두께가 두꺼워 질수록 착용감이 떨어지는 문제가 있다.

[0047] 도 3에는 본 발명의 제1 실시 예에 따른 복사냉각 방열부(200a)가 적용된 열전소자(100)의 평면도가 도시되어 있고, 도 4에는 본 발명의 제2 실시 예에 따른 복사냉각 방열부(200b)가 적용된 열전소자(100)의 평면도가 도시되어 있다. 또한, 도 5에는 본 발명의 제3 실시 예에 따른 복사냉각 방열부(200c)가 적용된 열전소자의 평면도가 도시되어 있다.

[0048] 도 3에 도시된 바와 같이 본 발명의 제1 실시 예에 따른 복사냉각 방열부(200a)는 발열 기관(120)의 전 영역을 커버할 수 있는 평면 형태로 이루어질 수 있다.

[0049] 또한, 도 4에 도시된 바와 같이 본 발명의 제2 실시 예에 따른 복사냉각 방열부(200b)는 발열 기관(120) 상에 일정한 패턴을 이루며 결합되도록 복수 개가 발열 기관(120) 상에 소정거리 이격되어 배치될 수 있다. 위와 같이 패턴 형으로 복사냉각 방열부(200b)가 배치되는 경우 상술된 실시 예보다 평균 방사율이 증가할 수 있다.

[0050] 또한, 도 5에 도시된 바와 같이 본 발명의 제3 실시 예에 따른 복사냉각 방열부(200c)는 발열 기관(120) 상에 일정한 패턴을 이루며 결합되도록 복수 개가 발열 기관(120) 상에 소정거리 이격되어 배치될 수 있다. 이때 복수의 방열부 사이의 이격 공간에는 발수부(300)가 구비될 수 있다. 발수부(300)는 일예로 실리콘 일 수 있다. 유연 열전소자(100)의 경우 신체에 부착되는 경우가 많은데, 신체에 부착되는 웨어러블 장치의 경우 물과 접촉하는 일이 많아지고, 위와 같이 방열부(200c) 사이에 발수부(300)가 구비되는 경우 물과의 마찰로 인해 복사냉각 방열부(200)가 발열 기관으로부터 이탈되는 것을 방지할 수 있게 된다. 추가적으로 발수부(300)의 높이(두께)는, 방열부(200)의 높이(두께) 보다 높게 형성될 수 있다. 이는 방열부(200)에 물이 접촉되는 것을 더욱 방지하여 복사냉각 방열부(200)의 방수 성능을 향상시킬 수 있다.

[0051] 위와 같은 복사냉각 방열부(200)를 포함하는 유연 열전소자(100)는, 태양광 중 자외선, 가시광선, 및 근적외선 영역의 빛은 반사하고, 8 내지 13 마이크로미터의 적외선을 방출하여 복사 냉각을 일으키며, 복사 냉각을 통해 발열 기관(120)의 온도를 낮춰 흡열 기관(110)과의 온도차를 높임에 따라 유연 열전소자의 발전 성능을 향상시키게 된다.

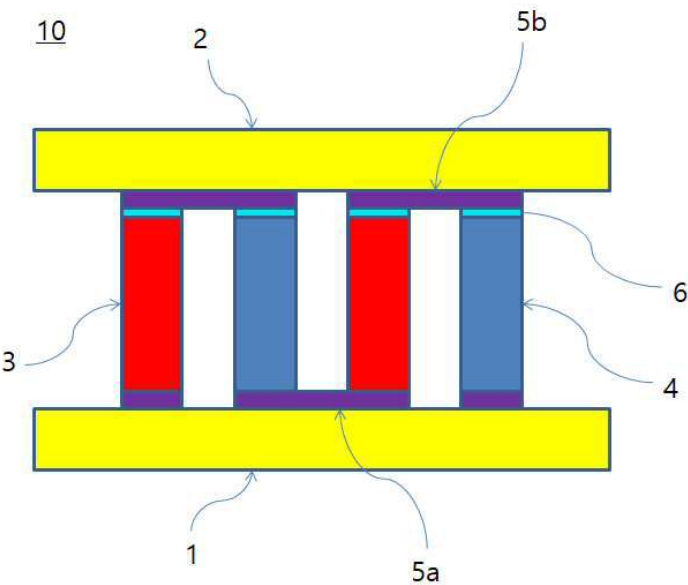
[0052] 본 발명의 상기한 실시 예에 한정하여 기술적 사상을 해석해서는 안 된다. 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당업자의 수준에서 다양한 변형 실시가 가능하다. 따라서 이러한 개량 및 변경은 당업자에게 자명한 것인 한 본 발명의 보호범위에 속하게 된다.

부호의 설명

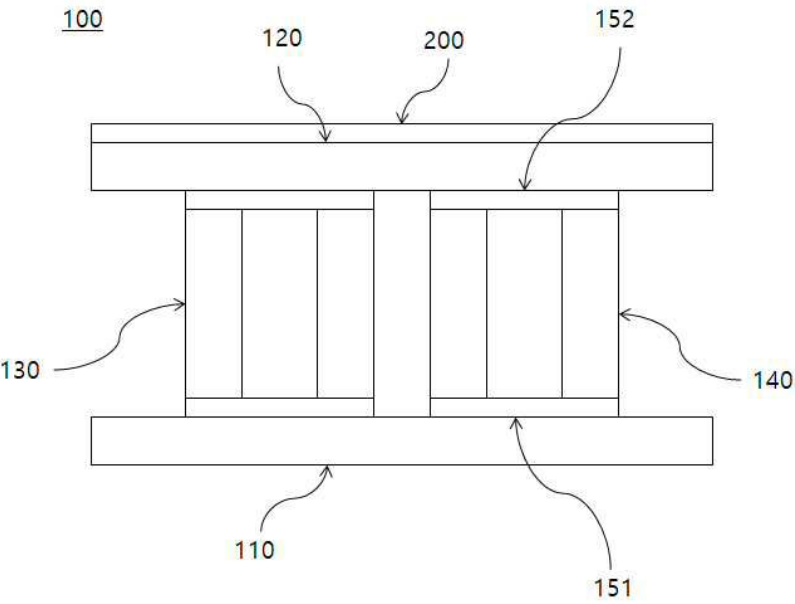
[0053] 100 : 유연 열전소자
110 : 하부 기관
120 : 상부 기관
130 : 제1 열전레그
140 : 제2 열전레그
151 : 하부 전극
152 : 상부 전극
200, 200a, 200b, 200c : 복사냉각 방열부
300 : 발수부

도면

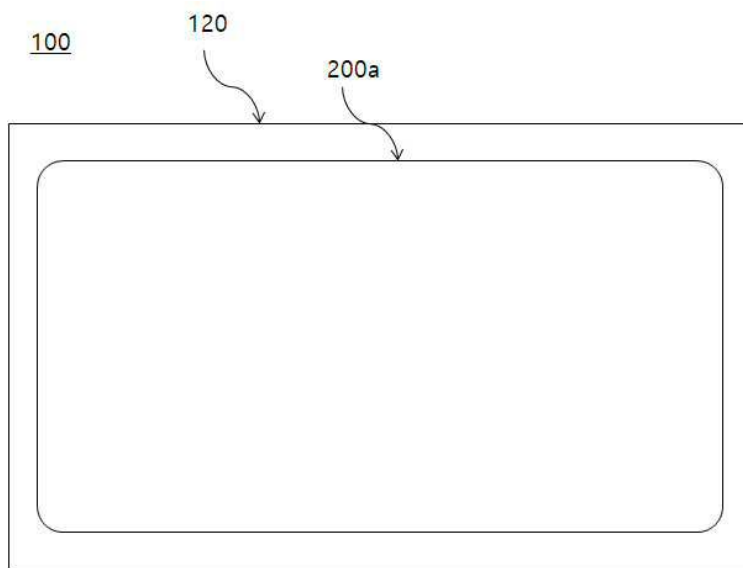
도면1



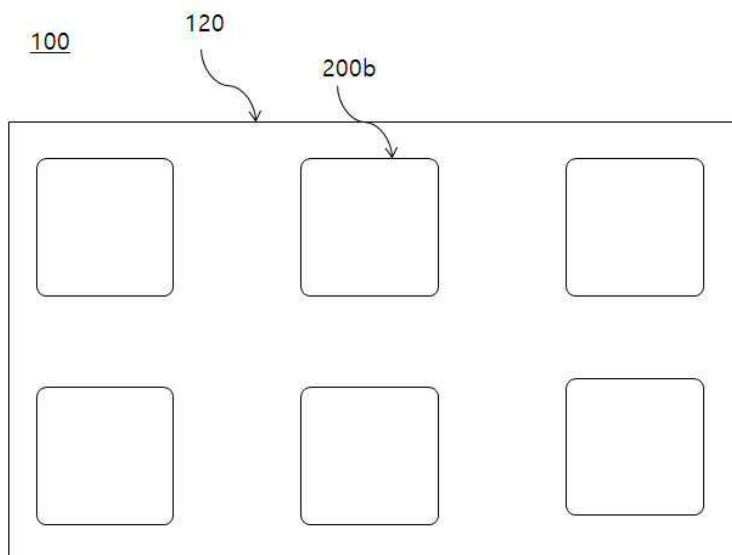
도면2



도면3



도면4



도면5

