



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2012년07월03일  
 (11) 등록번호 10-1157216  
 (24) 등록일자 2012년06월11일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**H01L 35/30** (2006.01) **H01L 35/08** (2006.01)
- (21) 출원번호 **10-2006-7013287**
- (22) 출원일자(국제) **2004년12월02일**  
 심사청구일자 **2009년11월26일**
- (85) 번역문제출일자 **2006년06월30일**
- (65) 공개번호 **10-2006-0110348**
- (43) 공개일자 **2006년10월24일**
- (86) 국제출원번호 **PCT/US2004/040460**
- (87) 국제공개번호 **WO 2006/001827**  
 국제공개일자 **2006년01월05일**
- (30) 우선권주장  
 10/726,744 2003년12월02일 미국(US)  
 (뒷면에 계속)
- (56) 선행기술조사문헌  
 US04036665 A\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
**바텔리 메모리얼 인스티튜트**  
 미국 워싱턴 99352, 리치랜드, 피오 박스 999,  
 바텔리 블레바드 902
- (72) 발명자  
**울슨 래리 씨.**  
 미국 워싱턴 99352 리치랜드 클러몬트 드라이브  
 490  
**데스티스 존 쉼.**  
 미국 워싱턴 99336 케네윅 웨스트 캐널 드라이브  
 3323  
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
**리엔특허법인**

전체 청구항 수 : 총 47 항

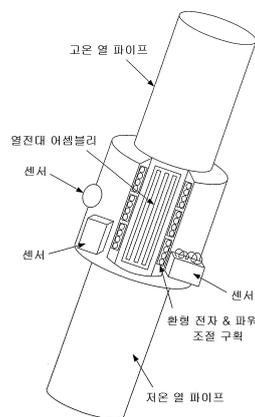
심사관 : 김주승

**(54) 발명의 명칭 열전 디바이스 및 그 응용 장치**

**(57) 요약**

고성능 박막 열전 커플들 및 그 제조 방법이 개시된다. 그러한 커플들은 단지 작은 온도 차이에 의해 활성화되는 경우에도 1 볼트 이상의 전압에서 동작하고 적어도 마이크로와트 내지 와트-레벨의 파워 공급 디바이스들의 제조를 가능케 한다.

**대표도** - 도15



(72) 발명자

**마틴 피터 엠.**

미국 워싱턴 99338 케네윅 웨스트 13티에이치 애  
비뉴 7703

**존스턴 존 더블유.**

미국 워싱턴 98908 야키마 웨드볼트 111

**피터스 티모씨 제이.**

미국 워싱턴 99352 리치랜드 엘더 애비뉴 1845

(30) 우선권주장

10/727,062 2003년12월02일 미국(US)

60/558,298 2004년03월30일 미국(US)

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

상부 표면을 가지며, 접합 또는 감김 배치를 갖는 유동 기관; 및

열전 커플(thermoelectric couple)을 포함하고,

상기 열전 커플은,

(a) 상기 유동 기관의 상부 표면 상에 배치된 스퍼터 증착된 박막 p-형 열전소자(thermoelement);

(b) 상기 p-형 열전소자에 인접한 상기 유동 기관의 상부 표면 상에 배치된 스퍼터 증착된 박막 n-형 열전소자; 및

(c) 상기 유동 기관 상에 배치되고 상기 p-형 열전소자의 제 1 단부를 상기 n-형 열전소자의 제 2 단부에 전기적으로 연결하는 전기적 도전성 부재를 포함하고,

상기 p-형 또는 상기 n-형 열전소자들은  $\text{Bi}_x\text{Te}_y$ ,  $\text{Sb}_x\text{Te}_y$  및  $\text{Bi}_x\text{Se}_y$  합금의 군으로부터 선택된 적어도 2개의 합금들의 박막이고, x는 2이고 y는 3이며, 상기  $\text{Bi}_x\text{Te}_y$ ,  $\text{Sb}_x\text{Te}_y$  및  $\text{Bi}_x\text{Se}_y$ 는 비화학양론적(non-stoichiometric)인 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서, 상기 p-형 또는 상기 n-형 열전소자들은  $20 \text{ cm}^{-1}$  이상의 길이 대 면적(length-to-area)(L/A) 비를 갖는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서, 상기 p-형 또는 상기 n-형 열전소자들은  $500 \text{ cm}^{-1}$  이상의 L/A 비를 갖는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서, 상기 p-형 또는 상기 n-형 열전소자들은  $\text{Bi}_a\text{Te}_b$ 를 포함하고, a는 2이고 b는 3인 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 5**

제 1 항에 있어서, 상기 p-형 또는 상기 n-형 열전소자들은  $\text{Bi}_x\text{Te}_y$ ,  $\text{Sb}_x\text{Te}_y$  및  $\text{Bi}_x\text{Se}_y$  합금의 군으로부터 선택된 적어도 2개의 합금을 포함하고, x는 2이고 y는 3인 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 6**

제 1 항에 있어서, 적어도 50 열전 커플들을 더 포함하고, 적어도 0.25 볼트의 전압으로 적어도  $1 \mu\text{W}$ 의 파워 출력을 갖는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 7**

제 6 항에 있어서, 상기 p-형 또는 상기 n-형 열전소자들은 적어도 1mm 길이이고 적어도 0.1 mm 폭인 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 8**

제 6 항에 있어서, 상기 p-형 또는 상기 n-형 열전소자들은 적어도  $20 \text{ \AA}$  두께인 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 9**

제 1 항에 있어서, 적어도 1000 열전 커플들을 더 포함하고, 적어도 1 볼트의 전압으로 1 W의 파워 출력을 갖

는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 10**

제 1 항에 있어서, 상기 p-형 열전소자들은 상기 n-형 열전소자들에 비해서 다른 폭을 갖는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 11**

제 1 항에 있어서, 둘 또는 그 이상의 p-형 열전소자들은 서로 평행하게 배치되고 전기적으로 연결되고, 상기 평행하게 배치된 p-형 열전소자들은 n-형 열전 소자들에 직렬로 연결된 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 12**

제 1 항에 있어서, 상기 유동 기관의 상부 표면 상에 직렬로 전기적으로 연결된 다중의 열전 커플들을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 13**

제 1 항에 있어서, 10 cm<sup>3</sup> 이하의 부피를 갖고, 1 μW 내지 1 W의 파워 출력을 갖는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 14**

제 1 항에 있어서, 10 cm<sup>3</sup> 이하의 부피를 갖고 1 볼트 이상의 전압을 공급하는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 15**

제 14 항에 있어서, 20℃ 또는 이하의 온도 차이에서 파워를 생성하는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 16**

제 1 항에 있어서, 둘 또는 그 이상의 n-형 열전소자들은 서로 평행하게 배치되고 전기적으로 연결되고, 상기 평행하게 배치된 n-형 열전소자들은 p-형 열전 소자들에 직렬로 연결된 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 17**

제 1 항에 있어서, 상기 n-형 열전소자들은 실질적으로 셀레늄(selenium)을 갖지 않는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 18**

제 1 항에 있어서, 상기 유동 기관은 폴리이미드인 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 19**

제 1 항에 있어서, 상기 p-형 열전소자는 초격자인 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 20**

제 19 항에 있어서, 상기 초격자는 50 Å 및 150 Å 사이의 두께를 갖는 교호의 Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> 및 Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> 층들을 갖는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 21**

제 1 항에 있어서, 상기 n-형 열전소자는 초격자인 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 22**

제 21 항에 있어서, 상기 초격자는 50 Å 및 150 Å 사이의 두께를 갖는 교호의 Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> 및 Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> 층들을 갖는

것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 23**

제 10 항에 있어서, 상기 스퍼터 증착된 박막 n-형 열전소자들은 상기 p-형 열전소자들에 인접하게 교대로 배치되는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 24**

제 23 항에 있어서, 다중의 열전 커플들은 직렬 또는 직-병렬로 서로 전기적으로 연결된 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 25**

제 17 항에 있어서, 상기 p-형 열전소자들은 상기 n-형 열전소자들에 비해서 다른 폭을 갖는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 26**

접합 또는 감김 배치를 갖는 유동 기관을 제공하는 단계;

적어도 두 종류의 타겟들을 동시에 스퍼터링함으로써, 상기 유동 기관 상에 n-형 열전소자 물질의 다중 박막들을 증착하는 단계;

적어도 두 종류의 타겟들을 동시에 스퍼터링함으로써, 상기 유동 기관 상에 p-형 열전소자 물질의 다중 박막들을 증착하는 단계; 및

상기 p-형 열전소자 물질의 박막들을 상기 n-형 열전소자 물질의 박막에 전기적으로 연결함으로써 상기 유동 기관 상에 다중 열전대들(thermocouples)을 형성하는 단계를 포함하는 열전 파워 소스의 제조 방법.

**청구항 27**

제 26 항에 있어서, 상기 열전 파워 소스는  $10 \text{ cm}^3$  이하의 부피를 갖고 1 볼트 이상의 전압을 제공하도록 제조되는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스의 제조 방법.

**청구항 28**

제 26 항에 있어서, 상기 p-형 또는 상기 n-형 열전소자들은  $50 \text{ cm}^{-1}$  이상의 L/A 비를 갖도록 스퍼터 증착되는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스의 제조 방법.

**청구항 29**

제 26 항에 있어서, 상기 p-형 또는 상기 n-형 열전소자 물질들은  $20 \text{ cm}^{-1}$  이상의 L/A 비를 갖도록 스퍼터 증착되는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스의 제조 방법.

**청구항 30**

제 26 항에 있어서, 상기 p-형 또는 상기 n-형 열전소자 물질들은  $\text{Bi}_x\text{Te}_y$ ,  $\text{Sb}_x\text{Te}_y$  및  $\text{Bi}_x\text{Se}_y$  합금의 군으로부터 선택된 적어도 2개의 합금으로 이루어진 박막을 형성하도록 스퍼터 증착되고, x는 2이고 y는 3인 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스의 제조 방법.

**청구항 31**

삭제

**청구항 32**

제 27 항에 있어서,  $20^\circ\text{C}$  또는 그 이하의 온도 구배에 의해 열전 파워 소스를 활성화하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스의 제조 방법.

**청구항 33**

제 26 항에 있어서, 유동 기판 상에 n-형 또는 p-형 열전 물질의 박막을 증착하기 위한 상기 타겟들은  $Sb_2Te_3$  및  $Bi_2Te_3$ 을 포함하는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스의 제조 방법.

**청구항 34**

제 33 항에 있어서, 상기 p-형 열전 물질의 박막을 스퍼터 증착하기 위해, 30 와트의 RF 파워는 상기  $Sb_2Te_3$  타겟에 공급되고 10 와트의 RF 파워는 상기  $Bi_2Te_3$  타겟에 공급되는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스의 제조 방법.

**청구항 35**

제 33 항에 있어서, 상기 n-형 열전 물질의 박막을 스퍼터 증착하기 위해, 30 와트의 RF 파워는 상기  $Sb_2Te_3$  타겟에 공급되고 20 와트의 RF 파워는 상기  $Bi_2Te_3$  타겟에 공급되는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스의 제조 방법.

**청구항 36**

제 26 항에 있어서, 상기 n-형 열전 물질의 스퍼터 증착 동안, 스퍼터 기체 압력은 3 밀리토르(militorr)로 유지되는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스의 제조 방법.

**청구항 37**

삭제

**청구항 38**

삭제

**청구항 39**

삭제

**청구항 40**

삭제

**청구항 41**

삭제

**청구항 42**

삭제

**청구항 43**

삭제

**청구항 44**

삭제

**청구항 45**

삭제

**청구항 46**

삭제

- 청구항 47
- 삭제
- 청구항 48
- 삭제
- 청구항 49
- 삭제
- 청구항 50
- 삭제
- 청구항 51
- 삭제
- 청구항 52
- 삭제
- 청구항 53
- 삭제
- 청구항 54
- 삭제
- 청구항 55
- 삭제
- 청구항 56
- 삭제
- 청구항 57
- 삭제
- 청구항 58
- 삭제
- 청구항 59
- 삭제
- 청구항 60
- 삭제
- 청구항 61
- 삭제
- 청구항 62
- 삭제
- 청구항 63

삭제

**청구항 64**

삭제

**청구항 65**

삭제

**청구항 66**

삭제

**청구항 67**

제 1 항에 있어서,

상기 열전 모듈의 핫 접속(hot connection)에 연결된 고온 열 파이프; 및

상기 열전 모듈의 콜드 접속(cold connection)에 연결된 저온 열 파이프를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 68**

제 67 항에 있어서, 상기 열 파이프들은 상기 열 파이프들 내에 저장된 작동 유체를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 69**

제 68 항에 있어서, 상기 작동 유체는 물, 알코올, 또는 그 혼합을 포함하는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 70**

제 67 항에 있어서, 상기 열전 모듈은 유동 기관 상에 형성된 다중 열전 커플들을 포함하는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 71**

제 70 항에 있어서, 상기 유동 기관은 릴(reel) 주위에 감겨진 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 72**

제 71 항에 있어서, 상기 릴은 상기 열전 모듈의 핫 접속 및 콜드 접속 중 하나 또는 모두로 기능하는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 73**

제 67 항에 있어서, 상기 고온 열 파이프는 상기 열 파이프의 외부 표면 상의 코팅 물질을 더 포함하고, 상기 코팅 물질은 열 에너지를 흡수할 수 있는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 74**

제 73 항에 있어서, 상기 열 파이프의 외부 표면 상의 코팅 물질은 태양 복사를 흡수할 수 있는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 75**

제 67 항에 있어서, 상기 저온 열 파이프는, 상기 저온 열 파이프의 외부로부터 상기 저온 열 파이프의 내부로의 열 에너지의 전달을 줄이기 위해, 상기 열 파이프의 외부 표면 상의 절연물을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 76**

삭제

**청구항 77**

삭제

**청구항 78**

삭제

**청구항 79**

삭제

**청구항 80**

삭제

**청구항 81**

삭제

**청구항 82**

삭제

**청구항 83**

삭제

**청구항 84**

삭제

**청구항 85**

삭제

**청구항 86**

제 1 항에 있어서, 상기 p-형 또는 상기 n-형 열전소자들은  $Bi_aTe_b$ 를 포함하고, a는 2이고 b는 3이고, 상기  $Bi_aTe_b$ 는 비화학양론적(non-stoichiometric)인 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 87**

제 1 항에 있어서, 상기 p-형 또는 상기 n-형 열전소자들은  $Bi_xTe_y$ ,  $Sb_xTe_y$  및  $Bi_xSe_y$  합금의 군으로부터 선택된 적어도 2개의 합금을 포함하고, x는 2이고 y는 3이고,

상기  $Bi_xTe_y$ ,  $Sb_xTe_y$  및  $Bi_xSe_y$ 는 비화학양론적(non-stoichiometric)인 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스.

**청구항 88**

제 26 항에 있어서, 상기 p-형 또는 상기 n-형 열전소자 물질들은  $Bi_xTe_y$ ,  $Sb_xTe_y$  및  $Bi_xSe_y$  합금의 군으로부터 선택된 적어도 2개의 합금으로 이루어진 다중 박막을 형성하도록 스퍼터 증착되고, x는 2이고 y는 3이고,

상기  $Bi_xTe_y$ ,  $Sb_xTe_y$  및  $Bi_xSe_y$ 는 비화학양론적(non-stoichiometric)인 것을 특징으로 하는 열전 파워 소스의 제조 방법.

**명세서**

**기술 분야**

- [0001] (정부 지원에 대한 언급)
- [0002] 본 발명은 미국 에너지부에 의해 수여된 협정 DE AC0676RLO1830 하에서 정부 지원으로 만들어졌다. 정부는 본 발명에 대해 일부 권리를 가질 수 있다.
- [0003] (관련 출원에 대한 상호-참조)
- [0004] 본 출원은 2003.12.2일에 출원되어 계속중인 미국특허출원번호 10/726,744호, 2003.12.2일에 출원되어 계속중인 미국특허출원번호 10/727,062호의 부분계속출원(continuation-in-part)이고, 미국가출원번호 60/558,298호의 우선권을 주장한다.
- [0005] (발명의 분야)
- [0006] 본 발명은 열전 디바이스, 물질 및 효율적인 열전 디바이스를 제조하기 위한 그 제조 및 이용 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0007] 휴대 전자 제품의 사용에 대한 증가는 휴대 전기 제너레이터의 영역에서 연구를 이끌어왔다. 열전(thermoelectric; TE) 파워 소스는 특히 유용한 것으로 알려졌다. TE 파워 소스는 전형적으로 세 부분들을 포함한다: 열(heat) 소스, 열 싱크, 및 열전대열(thermopile). 직렬로 연결된 복수의 열전대열(thermocouples)로 구성된 열전대열은 열 에너지의 일부를 전기 에너지로 변환하는 데 이용된다. TE 파워 소스는 열전대열의 열전대열을 가로지르는 열 구배의 형성에 기초하여 전기 파워를 생성한다. TE 파워 소스는 "핫(hot)" 측면 또는 접합의 열 에너지를 받아들이고 이를 열전대열을 통과시키고 열을 "콜드(cold)" 측면 또는 접합으로 방출함으로써 열 에너지를 전기 파워로 변환하도록 작동한다.
- [0008] 특히, 특정 TE 파워 소스들 및 TE 열전대열들은 반도체 물질을 이용하여 형성된다. 비유사한 특성을 갖는 반도체 물질들은 (열전대를 형성하기 위해) 전기적으로 직렬로 연결되고 열적으로 병렬로 연결되어, 두 접합을 형성한다. 반도체 물질들은 전형적으로 n-형 및 p-형이다. 전형적인 열전 디바이스에서, 전기적 도전성 연결이 p-형 및 n-형 반도체 물질 사이에 형성된다. 이러한 물질들은 그 구조로 인해 그렇게 불린다: n-형은 완전한 분자 격자를 완성하기에 필요한 전자들을 더 가지고 있고, 반면 p형은 격자 구조를 완성하기에 충분한 전자들을 가지고 있지 않다. n-형 물질의 여부의 전자들 및 p-형 물질의 홀들은 "캐리어(carrier)"로 불린다. 캐리어들은 열 확산의 결과로 핫 접합에서 콜드 접합으로 이동되어 전류를 유도한다. 열전 냉각을 위해서, 전자들 및 홀들이 부가된 전류의 결과로서 열을 전송한다. 종래 기술 도 1a는 그러한 파워 변환의 일 형태를 도시한다. 냉각 작용은 그 반대의 프로세스의 결과이다.
- [0009] 반도체 TE 디바이스의 성능은 그 물질의 비-차원의 열전 메리트 지수(figure of merit, ZT)에 의해 제한된다. T는 절대 온도이고, Z는 열전 메리트 지수이고,  $Z=sa^2/k$  (a-열전 파워, s-전기 전도도, k-열 전도도)이다. 전형적으로, TE 소자는 바람직하게는 비교적 높은 열전 메리트 지수를 갖는 TE 물질로 형성된다. 그러나, 어떤 소자에서, 주요한 목적은 가능한 작거나 또는 조밀한 소자에서 약 1.0 V 전압에서 파워를 생성하는 것이다. 비교적 높은 열전 메리트 지수를 갖는 알려진 TE 물질은 작은 TE 파워 소스 소자 형성에 유용한 기관들 상에 박막으로 증착될 수 없다. 따라서, 보다 효율적인 물질들(즉, 높은 ZT값을 갖는 물질)이 일반적으로 더 좋음에도 불구하고, 많은 응용 장치에서 결과 소자가 유동 기관 상에 제조되는 것이 더 중요하다. 결과적으로, 약간의 ZT값의 손해가 있더라도, 비교적 높은 전압을 갖는 (dc-dc 변환이 필요 없는) 작은 소자의 제조를 가능케 하는 기관 상에 증착 가능한 TE 물질을 이용하는 것이 어떤 응용 장치에서는 더 좋다. 불행히도, 그러한 물질 및 방법들은 아직 이용 가능하지 않다.
- [0010] 2.0 이상의 ZT값을 갖는 디바이스들은 단결정 GaAs 위에 성장된 Bi-Te/Sb-Te 초격자(superlattice)에 대해서 보고되고 있다. 그러나, 그러한 소자들은 비교적 작은 패키지 내에 수백 또는 수천 소자들이 배치되어야 하는 많은 응용 장치에서 적당하지 않다.
- [0011] TE 디바이스의 잠재성 및 유망성에도 불구하고, 현존하는 TE 파워 소스는 비교적 작은 소자들이 만들어질 때, 제한된 효율 및 전기 포텐셜을 갖는다. TE 디바이스를 만들기 위한 통상적인 반도체 증착 기술, 예컨대 전기화학 증착은 최적화된 TE 파워 소스의 제조로 적당하지 않다. 어려운 합성이 많은 TE 디바이스들의 구성을 벌크 물질 또는 미세한 양으로 제한하였고, 각각은 크기 또는 성능에서 단점을 갖는다.

- [0012] 예를 들어, 현재 적용 가능한 TE 모듈은 종래 기술 도 1b에 도시된 것과 유사한 구조를 갖고, 여기에서 각 열전소자(thermoelement)는 전형적으로 수 밀리미터 차수의 길이 및 폭을 갖는다. 그러한 모듈들은 예를 들어, 미국특허번호 6,388,185호 및 C.B. Vining의 네이처(Nature) 413:577 (2001, 10.11)에 설명된다. 이러한 모듈들은 파워 조절 전자를 포함하여 많은 소자들의 입력 요구를 바로 조합하는 전압을 제공할 수 없다.
- [0013] 비교적 작은 패키지 내에 마이크로와트 파워 출력이 가능한 고-전압, 박막 TE 디바이스의 제조를 위한 실용적인 접근이 필요하다. 게다가, 실온 또는 그 부근에서 동작하는 TE 디바이스뿐만 아니라, 약 10°C 또는 그 이하의 온도 구배를 이용하는 TE 디바이스가 도움이 된다. 많은 응용 장치들은 그러한 온도 및/또는 그러한 온도 구배에서 동작하는 TE 디바이스를 필요로 한다. 예를 들어, 기후 제어, 또는 군대 응용과 같은 다른 응용을 위한 센서들은 대기 에너지가 이용될 때, 가능하다면 단지 5 내지 20°C 온도 차이에서 동작한다.
- [0014] 게다가, 많은 환경에서, TE 파워 소스 및 디바이스는 배선에 의한 또는 배터리-파워의 전기 에너지 소스가 특정 소자를 동작시키기 위해 필요한 원격 또는 비접근 지역에서 특히 유용하다. 예를 들어, 원격 센서들은 온도, 압력, 습도, 운송기구, 인간 및 동물의 존재 및 이동, 또는 다른 환경적 특성을 측정하기 위해 이용되듯이, 그러한 데이터들을 얻거나 보다 접근 가능한 위치로 전송하기 위해 쉽게 배치될 수 있다. 그러한 소자, 예컨대 배터리, 솔라 셀(solar cell)에 파워를 공급하기 위해 이용 가능한 통상적인 선택은 단점을 갖는다.
- [0015] 배터리 기술이 최근 엄청나게 발전하였으나, 화학 반응으로부터 초래된 전기 에너지를 추출하는 소자들은 화학 반응의 지속에 의해 제한된 유용한 수명을 갖는다. 따라서, 배터리에 배타적으로 의존하는 원격 장치들은 본질적으로 배터리 수명 및 신뢰성에 의해 제한된다. 환경 요인들은 원격 위치에서 이용된 솔라 에너지 소스의 유용한 수명을 또한 제한할 수 있다. 과잉의 구름 및 변덕스러운 날씨 패턴이 솔라 셀을 불안하게 할 수 있다. 비 또는 다른 날씨 관련 효과에 의해 솔라 소자의 표면에 증착된 먼지 및 파편은 정상적인 노화와 함께 또한 이러한 소자들의 정상 동작을 떨어뜨릴 수 있다. 이러한 그리고 다른 파워 기술과 연관된 단점들 때문에, 원격 지역에서 오랜 시간 동안 동작할 수 있는 안정된 파워 소스에 대한 필요가 있다.
- [0016] 비-원격 세팅에는 다른 제약이 적용된다. 예를 들어, 큰 빌딩에서, 수천만 센서들은 환경 조건들의 센싱 및 보고뿐만 아니라, 에너지 전달 및 배분의 스마트 센싱 및 제어를 제공하기 위해 유용하게 적용될 수 있다. 현재, 통상적인 파워 해결책은 기술적으로 부적절하거나 또는 너무 비싸기 때문에, 이러한 비전은 실현 불가능하다. 모든 센서들을 배터리 파워 공급에 맞추는 것은 초기 설치 및 주기적인 이동의 높은 비용뿐만 아니라 진술한 배터리의 성능 제약을 수반한다. 많은 수의 센서들을 하나의 중앙 공급으로 배선하는 대안은 신뢰성을 높일 수 있으나, 복잡한 회로 및 이러한 접근을 경제적으로 실현 불가능하게 하는 비용을 필연적으로 수반한다. 통상적인 해결책의 이러한 단점들은 TE 파워 소스, 예컨대 본 설명에 의해 제공된 바와 같은 방식으로 대기 에너지를 수확하고 변환함으로써 전기 파워를 생산하는 TE 파워 소스의 사용에 의해 극복될 수 있다.
- [0017] 현재 개시된 TE 파워 소스 및 디바이스에 대한 하나의 잠재적인 에너지 소스는 이러한 원격, 비원격 및 접근 불가능한 지역에서 자연적으로 존재하는 온도 변화에서 발견될 수 있고, 그 이유는 열전 디바이스가 그 열전 디바이스에 걸친 온도 미분의 존재에 응답하여 전기 파워를 생성할 수 있기 때문이다. 그러나, 통상적인 열전 디바이스를 가로지르는 거리는 전형적으로 작기 때문에, 여태까지 어떤 것도 예를 들어 그 아래의 지면 및 그 위의 공기 사이의 온도 변화를 성공적으로 이용하도록 배치되지 못해왔다.

**발명의 상세한 설명**

- [0018] TE(thermoelectric) 모듈(여기에서 커플(couple) 또는 열전대(thermocouple)로 또한 지칭됨)에 의해 생성된 전압에 영향을 미치는 주요 인자는 개별적인 열전소자(thermoelement)들의 길이 대 면적(L/A)비이고, 여기에서 A는 열전소자의 단면적을 나타낸다. 현재 모놀리식(monolithic) (또는 분리된 소자) 모듈들은 약 20 cm<sup>-1</sup> 이하의 L/A 값으로 특징된다. 일부 초격자(superlattice) TE 디바이스는 현재의 모놀리식 소자보다 매우 높은 L/A 값을 갖는 것으로 제한되었음에도 불구하고, 초격자 TE 소자는 다른 단점을 수반한다. 현재 초격자 TE 디바이스는 50 Å 두께의 교호의 층들을 갖고 개별적인 n-형 초격자 소자가 약 0.0001 cm의 총 두께를 갖는 n-형 초격자 구조를 포함하는 것으로 제안되었다. 초격자 TE는 비교적 높은 제백 상수(Seebeck coefficient)를 갖도록 비교적 효율적임에도 불구하고, 유동 기관 상에 증착 가능한 초격자 TE 기술은 없다. 현재, 모든 초격자 물질들은 단결정 상에 증착된다; GaAs 기관상에 박막이 증착되어 이어서 제거되고 다른 기관으로 적용된다. 따라서, 이 개시에 앞서, 초격자 TE는 작고 조밀한 TE 소자를 요하는 응용 장치에는 일반적으로 유용하지 않다.
- [0019] 이에 따라, 다양한 열전 파워 소자들 및 소스들, 예컨대 박막 열전(thermoelectric; TE) 모듈들 및 파워 소스

들이 개시된다. 어떤 실시예에서, 개시된 박막 TE 모듈 및 파워 소스는  $20 \text{ cm}^{-1}$ 보다 큰 그리고 아마 전형적으로 약  $100 \text{ cm}^{-1}$ 보다 큰, 비교적 큰 L/A비 값을 갖는다. 어떤 실시예에서, 개시된 박막 TE 모듈 및 파워 소스는 보다 큰 L/A비 값, 예를 들어 약 1,000 내지 약  $10,000 \text{ cm}^{-1}$  또는 그 이상의 값을 갖는다. 어떤 실시예에서 개시된 TE 파워 소스의 L/A비 값은 비교적 작은 온도 차이, 예컨대  $20^\circ\text{C}$  또는  $10^\circ\text{C}$  그리고 어떤 실시예에서 심지어 약  $5^\circ\text{C}$ 만큼 작은 온도 차이에 의해 동작할 때도 1 볼트 이상의 전압을 제공하는  $\mu\text{W}$  내지 W 파워 공급의 제조를 가능케 한다. 상기 개시된 TE 파워 소스의 크기는 비교적 작아서 - 1 내지  $10 \text{ cm}^3$ 의 범위의 체적-  $1 \mu\text{W}$  내지 1 W 범위에서 동작하는 현존하는 소자들보다 훨씬 작고, 어떤 실시예는 1 V 이상의 전압을 제공한다.

[0020] 보다 구체적으로 보면, 상기 개시된 박막 TE 파워 소스는 일부분으로, 다중의 열전소자들(예컨대, n-형 및 p-형 열전소자 커플)을 갖는 TE 커플들의 어레이(array)를 포함한다. 상기 열전소자들은 스퍼터 증착된 박막의  $\text{Bi}_x\text{Te}_y$ ,  $\text{Sb}_x\text{Te}_y$  및  $\text{Bi}_x\text{Se}_y$  합금들로 형성되고, 여기에서, x는 전형적으로 약 2이고, y는 전형적으로 약 3이다. 상기 열전소자들은 열 에너지를 전기 에너지로 변환하기 위한 모듈들(열전대들)을 형성한다. 그러한 열전소자들은 전형적으로 약  $500 \text{ cm}^{-1}$  이상의 L/A비를 갖는 박막의 TE 물질들을 포함한다. 상기 소자들은 박막의 p-형 및 n-형 TE 물질들이 적당한 유동 기관 상에 증착되고 서로 직렬(series)로 또는 직-병렬(series-parallel)로 전기적으로 연결된 모듈들을 포함한다.

[0021] 상기 박막 TE 파워 소스의 실시예들은 다중의 TE 모듈들, 고온 부재 (또는 열 소오스) 및 저온 부재 (또는 열 제거용 기구)를 포함한다. 상기 TE 파워 소스는 부가적으로 하나 또는 그 이상의 핫(hot) 및 콜드(cold) 접촉들 또는 접합들, 예컨대 세라믹 플레이트 또는 세라믹-코팅된 금속 슈(shoe) 등을 포함할 수 있다.

[0022] 그러한 박막 TE 소자들, 모듈들 및 소자들을 구성하기 위한 것으로서,  $\text{Bi}_x\text{Te}_y$ ,  $\text{Sb}_x\text{Te}_y$  및  $\text{Bi}_x\text{Se}_y$  합금(여기에서, x는 전형적으로 약 2이고, y는 전형적으로 약 3임)의 스퍼터 증착 및 템플리트(template)의 이용을 포함하는 새로운 방법이 또한 개시된다. 상기 프로세스는 유용한 TE 특성을 보이는 n-형 및 p-형 막을 형성하는 데 이용될 수 있다. 게다가, 어떤 실시예에서, 상기 모듈의 열전소자들을 연결하는 전기적 도전성 물질이 또한 스퍼터 증착된다. 유동 기관들 위에 증착되었을 때, 그러한 막들은 거의 모든 배치의 TE 모듈이 요구되는 많은 실용적인 사용처를 갖는다.

[0023] 나아가, 대기 중에 존재하는 온도 차이를 이용하고 이러한 온도 차이들을 전기적인 에너지로 변환하는 방법 및 TE 파워 소스들(예컨대 상기 개시된 박막 TE 모듈들 및 파워 소스들)이 또한 개시된다. 어떤 실시예의 상기 개시된 박막 TE 파워 소스들을 포함하여 다양한 TE 파워 소스들은 전기적인 에너지를 제공하기 위해 주위 환경의 대기 에너지를 수확한다. 특정 환경에서 제 1 및 제 2 온도 영역이 상기 개시된 TE 소자들에서 이용된다. 예를 들어, 상기 온도 영역들은 예컨대 지면 및 그 지면상의 공기 또는 건물내 가열, 공기-조절 또는 환기 도관(duct) 내부 및 외부 공기와 같이 온도의 널리 알려진 차이를 보이는 자연 환경의 특징에 인접할 수 있다.

[0024] 큰 온도 차이가 열전 소자 내의 전기적인 에너지의 생성에 기여하지만, 상기 개시된 파워 소스들의 어떤 실시예는 매우 작은 온도 차이를 갖는 환경 내에서 전기적인 에너지의 생성을 가능케 한다. 이에 따라, 한정된 의도는 아니지만, 제 1 온도 영역 및 제 2 온도 영역의 온도 차이는  $0.5^\circ\text{F}$  및  $100^\circ\text{F}$  (약  $-18^\circ\text{C}$  및  $38^\circ\text{C}$ )의 사이 또는  $0.5^\circ\text{F}$  및  $50^\circ\text{F}$  (약  $-18^\circ\text{C}$  및  $10^\circ\text{C}$ )의 사이일 수 있다. 상기 개시된 TE 파워 소스들 및 다른 소자들은 이러한 온도 범위 밖에서 그리고 모든 중간 온도 범위에서 유용하다. 더구나, 상기 개시된 TE 파워 소스들 및 다른 소자들은 상기 제 1 영역 및 제 2 영역의 온도가 반대인 경우의 장치에서도 동작 가능하고, 이러한 경우는 예를 들어 땅(soil)이 상기 제 1 온도 영역이고 공기가 상기 제 2 온도 영역이고, 그 둘이 여름에 땅이 공기보다 차갑고 겨울에 공기보다 뜨거운 기후이다.

[0025] 상기 TE 파워 소스들의 어떤 실시예들은 상기 개시된 열전대 어셈블리(TE 모듈들)의 파워 소스, 열 배송 열 파이프(heat delivery heat pipe) 및 열 제거 열 파이프(heat removal heat pipe)(예컨대, 응축 유체와 같은 것을 함유하는 저온 및 고온 열 파이프), 및 환상 전자(annular electronics) 및 파워 조절 구획(power conditioning compartment)을 포함하는 인터페이스 전자를 포함한다. 상기 열 배송 부재 및 열 제거 부재는 TE 모듈들의 핫 및 콜드 접합에 결합될 수 있다. TE 파워 소스의 한쪽 또는 양쪽은 다른 열 전송 방법, 예컨대 전도, 대류, 및/또는 복사에 의해 가열되거나 또는 냉각될 수 있다. 이와 같이, 이러한 TE 파워 소스들은 온도의 작은 분위기 차이로부터 (예컨대, 약  $5^\circ\text{C}$  이하, 약  $2^\circ\text{C}$  이하 또는 약  $1^\circ\text{C}$  이하) 예컨대 100 마이크로

와트 내지 100 밀리와트 범위의 전기 파워를 생성하기 위해 동작할 수 있다. 부가적인 실시예들 및 설명들은 명세서 및 청구항들에 걸쳐서 제시된다.

**실시예**

- [0050] 스퍼터 증착된 박막 열전소자들(thermoelements) 및 이러한 열전소자들을 직렬로 또는 직병렬로 서로 연결하는 전기적 도전성 부재(electrically conductive member)들의 커플들을 포함하는 TE 모듈들이 개시된다. 또한, 다중의 TE 커플들, 예컨대 TE 커플들의 어레이로 형성된 TE 파워 소스 소자들이 개시되고, 여기에서 박막 열전소자들은 적어도 약  $20 \text{ cm}^{-1}$  이상의 또는 약  $100 \text{ cm}^{-1}$  이상의 L/A비를 갖고 어떤 실시예들에서는 1000, 10,000 심지어는 그 이상의 L/A비를 갖는다.
- [0051] 특별히 다르게 지시되지 않는다면, 명세서 및 청구항들에 사용된 성분, L 및 A 값과 같은 특성, 두께, 파워 레벨 등의 양을 표시하는 모든 숫자는 명확하게 표현되었든지 아니든지 간에 "약"의 의미로 수정되는 것으로 이해된다. 이에 따라, 명확하게 이에 반대되게 지시되지 않는다면, 제시된 수치 파라미터들은 근사값이다.
- [0052] 개시된 TE 파워 소스(100)(예컨대 도 4 참조)를 형성하기 위해 이용된 일 실시예의 다중 박막 TE 모듈들(115)이 도 2a에 도시된다. 도 2a는 TE 파워 소스(100)의 일부분(135)을 도시하고, 이 일부분(135)은 기관(140) 상에 형성된 다중 TE 모듈들(115)을 포함한다. TE 모듈들(115)은 반도체 박막들로 형성된 n-형 열전소자들(110) 및 p-형 열전소자들(120)의 커플들을 포함한다.
- [0053] TE 모듈들(115)의 교호의 n-형 및 p-형 열전소자들(110, 120)은 도 2a에 도시된 바와 같이 서로 평행하게 배치되거나, 도 14에 도시된 바와 같이 직-병렬로 배치되거나, 또는 (아래에 언급한 바와 같이) 다른 적당한 형태로 배치될 수 있다. 하나의 n-형 열전 소자(110)와 하나의 p-형 열전소자(120)의 (전기적 도전성 부재(105)를 통한) 전기적인 연결은 완전한 단일 TE 모듈(115)(또한 열전대 또는 커플로 지칭됨)을 형성한다. 전기적 도전성 부재들(105)은 n-형 열전소자들(110)을 p-형 열전소자들에 연결하고, 예를 들어 (도 2a에 도시된 바와 같이) 인접한 열전소자 제 1 단부들(125) 및 인접한 열전소자 제 2 단부들(130)을 교대로 연결한다.
- [0054] 전기적 도전성 부재들(105)은 열전소자들(110, 120)에 실질적으로 수직이거나 열전소자들을 직렬로 또는 직-병렬로 전기적으로 연결하기 위해 적절한 방식으로 배치될 수 있다. 다른 가능한 배치에서, 분리된 전기적 도전성 부재들이 없을 수 있고, 대신에 도 3에 예를 들어 도시된 바와 같이 TE p-형 및 n-형 교호 소자들이 직접 서로 연결될 수 있다. 이러한 소자는 TE 모듈을 형성하기 위해 필요한 증착 단계들의 수를 감소시킬 수 있다. 예를 들어, 다른 실시예에서 n-형 및/또는 p-형 물질들이 교호의 단부에서 연결하도록 서로 각을 이루어 배치될 수 있고 그 결과 그것들은 핫 및 콜드 단부들에서 서로 만나 지그재그(zigzag) 형태의 배치를 형성할 수 있다. 다른 가능한 선택적인 실시예에서, 전기적 도전성 부재들은 n-형 및 p-형 소자들 그 자신들로 형성되고 도 3에 도시된 바와 같이 배치될 수 있다. 분명하게, 모듈을 구성하는 개별적인 TE 소자들 및 TE 소자들의 어레이는 무수한 배치를 가질 수 있다.
- [0055] TE 모듈들(115)은 유동(flexible) 또는 강성(rigid) 기관(140) 상에 형성될 수 있다.
- [0056] TE 파워 소스(100)는 그 파워 소스의 응용에 따라서 여하의 수의 TE 커플들(115)을 포함할 수 있다. 어떤 TE 파워 소스들은 예컨대, 약 500에서 2000 TE 모듈들(115)을 포함한다. 특정 응용예로, 온도 센서를 구동하기 위해 또는 무선 전송 소자를 구동하기 위해 사용되고 1.0 V에서 50  $\mu\text{W}$ 의 파워를 갖는 TE 파워 소스(100)는 600 내지 800 n-형 열전소자들(TE 모듈들(115))을 이용할 수 있고 각 TE 소자는 약 1cm 길이, 0.1 cm 폭 및 0.0001 cm 두께를 가질 수 있다. 1.0 V에서 100 mW를 제공하도록 설계된 핵 TE 파워 소스는 잠재적으로 동일한 수의 열전대들을 포함할 수 있으나, 그 소자들은 약 0.2 cm 길이, 1 cm 폭 그리고 0.0040 cm 두께일 수 있다. TE 파워 소스에 요구되는 전압이 필요한 열전대들(TE 모듈들)의 수를 결정하고, 요구되는 전류가 열전소자들의 필요한 L/A비를 결정한다.
- [0057] 완전한 E 파워 소스(100)의 가능한 실시예들이 도 4, 7 및 8에 도시된다. TE 모듈들(135)의 어레이에 부가하여, TE 파워 소스는 열적 도전성 판들(150, 160), 예컨대 기관(140)의 상부 및 하부 단부들 상의 세라믹 판들(도 4에 도시된 바와 같이), 단일 세라믹 판, 세라믹 슈(shoe) 또는 다른 적당한 개시 소자들을 포함할 수 있다. 전기적 리드들(180)은 소자에 의해 생산된 전기적 에너지를 수신 및 전송하기 위해 TE 소자(100)의 TE 커플들(135)의 어레이에 연결된다.
- [0058] 박막 TE 파워 소스(100)의 실시예는 핫 접합(또는 열 소스) 및 콜드 접합을 더 포함할 수 있다. 핫 접합 또는 열 소스는 그 소자의 응용에 따라서 여하의 적당한 소스, 예를 들어 화학적 에너지 소스, 주위로부터의 열,

또는 도 8에 도시된 바와 같은 핵 열 소스를 포함할 수 있다. 콜드 접합은 열이 TE 파워 소스로부터 경감되거나 또는 추출되도록 하는 방식으로 구축되거나 또는 배치된 여하의 적당한 열 제거 기구를 포함할 수 있다. 예를 들어, 콜드 접합은 열 파이프 배열 또는 주위로의 노출, 예컨대 대류 냉각을 포함할 수 있다.

[0059] 다른 특정 실시예에서, TE 파워 소스(200)는 유동 기관(240) 상에 증착된 모듈들(235)의 어레이를 형성하는 다중 TE 커플들을 포함한다(도 5). 커플들(235)의 어레이는 코일과 같이 감겨있고 핫 및 콜드 접합들(250, 260) 사이에 배치된다. 어레이 모듈(235)은 단순히 코일을 형성하거나 하나의 장치, 예컨대 스피들(280) 주위로 감겨있을 수 있다. 이러한 배치는 파워 출력을 희생하지 않으면서 보다 작은 TE 파워 소스를 제공한다.

[0060] 만일 TE 파워 소스 응용이 비교적 큰 전류를 필요로 한다면, TE 어레이의 내부 저항은 바람직하게는 비교적 낮게 만들어진다. 이와 같이 하기 위해서는 비교적 낮은 값의 L/A를 갖는 열전소자를 형성하는 것을 포함할 수 있다. 낮은 L/A값을 갖는 막들을 만들기 위해서, 비교적 넓은 열전소자들이 증착되고 이용될 수 있다. 도 7 및 8에 도시된 TE 파워 소스는 유동 기관, 예컨대 폴리이미드 테이프 상에 증착된 비교적 큰 폭을 갖는 박막 열전소자들을 이용한다. 이어서, TE 모듈 어레이는 도 7 및 도 8에 도시된 바와 같이 아코디온(accordion)과 같은 배열로 배치되고 적절한 피드스루(feedthrough)로 패키징될 수 있다.

[0061] 여기에 도시된 TE 파워 소스의 전류 밀도는 열전소자들의 총 수 및 그 열전소자들의 L 및 A 값에 의존한다. 다른 식으로 이야기하자면, 만일 특정 전류 밀도가 특정 TE 파워 소스에 바람직하다면, 열전소자들의 수 및 L 및 A 값은 그러한 요구들을 만족하도록 조절될 수 있다. 도 3에 도시된 바와 같이 배치된 실시예를 참조하면, 만일 열전소자들이 1 cm의 L 값, 0.1 cm의 폭 및 0.0001 cm의 막 두께를 갖도록 증착된다면, 약 500 개의 그러한 열전소자들에 기초한 TE 파워 소스는 10 마이크로암페어(micro amps)를 생성하고, 반면 도 7 및 8에 도시되고 관련하여 논의된 바와 같은 넓은 열전소자들의 경우, 100 밀리암페어(miliamps)의 전류가 생성될 수 있다. 그러한 실시예들에 있어서, 약 1 Amp/cm<sup>2</sup>의 전류 밀도가 흐를 것이다.

[0062] 박막 TE 열전소자들

[0063] TE 열전소자들은 대부분의 도면에서 직사각형의 형상으로 도시되었음에도 불구하고 여하의 적당한 형상을 가질 수 있다. 분명하게, 직사각형 열전소자들에서 그 치수들은 제조되는 결과적인 TE 파워 소스의 궁극적인 응용에 따라서 또한 변화될 수 있다. 예를 들어, 개별적인 열전소자들의 즉 그 수뿐만 아니라 길이, 폭 및 두께의 치수 및 그 어레이 배치는 모두 변화될 수 있다(도 9a 및 도 9b를 보라). n-형 및 p-형 물질들의 비저항(resistivity)은 다를 수 있고, 따라서 총 저항을 최소화하기를 바라다면, L/A 비가 조절될 수 있다. 부가하여, p-형 열전소자들은 n-형 열전소자들의 치수에 비해 다른 치수, 예컨대 다른 폭을 가질 수 있다. 게다가, 유동 기관 상에 쉽게 접혀지거나 또는 감겨지는 폭의 열전소자들의 경우, 그 열전소자들은 예를 들어 도 14에 도시된 바와 같이, 서로 병렬로 배치되고 반대형의 열전소자들끼리는 직렬로 배치된(즉, 직-병렬로 배치된) 분리된 조각들로 분쇄될 수 있다. 0°C에서 100°C 온도 범위에서 파워 생성을 위한 열전기 물질의 하나의 그룹은 반도체들이고 Bi<sub>x</sub>Te<sub>y</sub>, Sb<sub>x</sub>Te<sub>y</sub> 및 Bi<sub>x</sub>Se<sub>y</sub>계 합금과 관련되고, 여기에서 x는 전형적으로 약 2이고 y는 전형적으로 약 3이다. x 및 y의 값은 스퍼터 증착 타겟에 공급된 파워에 (또는 대등하게 각 타겟으로부터 나오는 플럭스) 의존하여 변할 수 있다. 그러한 박막 열전소자 물질들은 매우 치밀한 TE 파워 소스를 허용하는 다양한 기관들, 예컨대 매우 유용한 유동 기관들(예컨대, KAPTON 상표 하에 듀폰 코퍼레이션에 의해 현재 제조된 것과 같은 폴리이미드막들) 상에 스퍼터될 수 있다.

[0064] 열전소자들(110, 120)을 형성하는 막들의 두께는 변할 수 있지만, 개시된 TE 소자들의 어떤 실시예들은 약 0.1 mm의 두께를 갖는 열전소자들을 포함한다. 바람직한 두께는 제조되는 TE 파워 소스의 궁극적인 응용에 의존한다. 게다가, 그 두께 변화는 스퍼터링 시스템 배열에 의존할 것이나, 전형적으로 +/- 5% 이내에 들어올 것이다.

[0065] 열전소자들(110, 120)의 면적은 변할 수 있지만, 개시된 TE 소자들의 어떤 실시예는 약 50 cm<sup>-1</sup> 이상의 L/A 비를 갖는 열전소자들을 포함한다. 물론, 전술한 바와 같이, 열전소자들의 L 및 A 값 및/또는 다른 치수는 결과적인 TE 소자의 바람직한 응용에 따라서 바람직하게 변할 수 있다. L, A 및 두께 값의 범위는 제조되는 궁극적인 TE 파워 소스의 파워 요구에 의존한다. 만일 1.0 또는 2.0 볼트의 전압을 갖는 파워 소스가 바람직하다면, L/A 값의 선택은 그 다음 전류 요구에 의존한다. 예를 들어, 전술한 첫 두 특정 실시예들에서, 센서용 TE 파워 소스에 대한 L/A 값은 100,000이고 핵 배터리용으로 L/A 비는 50이다. 제 3 특정 실시예는 약 선행기술의 분리된 소자들의 범위에서 L/A 값을 갖는 TE 열전소자 모듈들의 어레이를 수반한다.

[0066] TE 열전소자들을 제조하기 위한 본 방법의 장점은 그 열전소자들이 스퍼터 증착되고, 따라서 결정질 불츠

(boules)의 성장 및 절단을 수반하는 표준 접근에 의해 제조된 열전소자들에 비해 보다 제어할 수 있고 쉽게 조종할 수 있다는 것이다. 열전소자 L/A 비를 한정하기 위한 그러한 선행 접근은 상업적인 규모는 차지하고라도 작은 규모로 실시 불가능하다. 열전소자 박막들의 증착에 이용된 템플리트는 이에 따라서 단순히 변화된다; 예를 들어, 도 12a - 도 12c를 보라.

[0067] 초격자 구조에 기초한 스퍼터 증착된 박막은 또한 열전 파워 소스를 제조하기 위해 이용될 수 있다. 각 n-형 및 p-형 막은 다층막 구조를 구성할 수 있고, 개별적인 층들은 약 10 Å 내지 200 Å 두께이고, 총 막 두께는 여기에 개시된 균질막(homogeneous film)에 대해서 설명된 바와 같이 변할 수 있다. 예를 들어, 제한 의도는 아니지만, n-형 초격자막은 교호의 Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> 및 Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> 층들로 구성되고, 각각은 50 Å 및 150 Å의 두께를 갖고 분위기 조건에서 증착된다. p-형 초격자 구조는 유사한 구조를 수반할 수 있지만, 다른 기판 온도로 성장될 수 있다. 이러한 막 구조들은 큰 값의 전기 전도도 및 제백 계수, 및 낮은 값의 열 전도도를 가질 수 있고, 이 모든 것이 개선된 파워 소스 효율을 가능케 한다.

[0068] 기판 물질

[0069] 어떤 실시예에서, p-형 및 n-형 TE 열전소자들은 유동 기판 상으로 증착된다. 유동 기판은 예컨대, KAPTON과 같은 폴리이미드를 일 수 있으나, 여하의 적당한 유동 기판이 이용될 수 있다. 기판은 과도한 퇴보 없이 스퍼터 증착 조건을 견딜 수 있어야 한다. 다른 실시예에서, TE 물질들은 여하의 적당한 충분히 강성 기판(예컨대, 유리 또는 비교적 낮은 열 전도도를 갖는 다른 전기적 절연 물질들)을 포함하는 기판 상에 증착된다. 본질적으로, 기판이 증착 조건을 견디고 요구되는 열 전도도 레벨을 맞출 수 있다면, 여하의 전기적 절연 기판(도 2a, 140)(또는 절연 물질로 코팅된 기판)이 강성 또는 유동 TE 소자에 이용될 수 있다.

[0070] 전기적 도전성 부재들

[0071] 진술한 바와 같이, TE 모듈들은 전기적 도전성 부재들을 통하여 박막 n-형 열전소자를 p-형 열전소자에 전기적으로 연결하여 형성된다. 전기적 도전성 부재들은 여하의 적당한 전기적 도전성 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 전기적 도전성 부재들은 금속, 예컨대 알루미늄, 금(gold), 니켈, 및 그들의 혼합을 포함할 수 있다. 하나의 특정 실시예에서, 도전성 부재들은 기판 상에 형성된 니켈층 및 니켈층 상에 형성된 금층(gold layer)을 포함한다.

[0072] 박막 TE 소자들을 구성하는 방법

[0073] TE 박막 열전소자들 및 TE 모듈들은 스퍼터 증착에 의해 형성된다. 특정 실시예에서, 마스크 또는 템플리트가 도 12a-도 12c에 도시된 바와 같이 이용된다. 마스크는 기판 상의 각 TE 열전소자 및 도전성 부재의 형상 및 위치를 제어하기 위해 표준 리소그래피 및/또는 식각 기술에 의해 형성될 수 있다.

[0074] 개시된 프로세스는 유동 물질, 예컨대 (듀퐁으로부터 이용 가능한) KAPTON 폴리이미드 상의 많은(예컨대, 수백, 수천 또는 그 이상) TE 열전소자 커플들의 증착을 가능하게 한다. 대표적인 개별적인 p-형 TE 열전소자 (190)가 도 2b에 도시되고, L/A 비가 또한 도 2b에 도시된다. 수백 또는 수천의 TE 모듈들을 포함하는 고전압 μW 내지 mW (또는 그 이상의 W) TE 파워 소스는 그 개시된 프로세스로 만들어질 수 있다.

[0075] 도 11 및 아래의 표 1을 참조하면, 넓은 범위의 스퍼터 증착 프로세스 파라미터가 바람직한 특성을 갖는 TE 열전소자 물질을 얻기 위해 이용되었다. 특히, 무수한 스퍼터링 기체 압력, 타겟 파워, 증착 속도, 타겟-기판 거리 및 기판 온도가 테스트되었다. 어떤 예시적인 스퍼터 증착 방법이 아래에 구체적으로 개시되나, 분명히 다른 스퍼터 증착 파라미터들이 여기에 개시된 TE 열전소자의 형성용으로 적당한 박막을 생성할 수 있다.

[0076] TE 소자들을 형성하는 박막들은 예를 들어, RF 마그네트론 스퍼터링을 이용하여 스퍼터 증착될 수 있다. 박막들은 세 개의 가능한 소스들의 둘, 제한의 의도가 아닌 예로 Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>, Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> 및 Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> 합금들 또는 그 조합으로부터 동시에 증착될 수 있다. 타겟들의 각각으로부터 공급된 RF 파워, 기판 온도 및 스퍼터링 기체 압력이 바람직한 특성을 갖는 박막을 만들어 내고 그 디바이스의 응용에 의존하는 증착 조건을 위해 변화될 수 있다. 대표적인 박막 물질 파라미터들 및 스퍼터링 조건들이 도 11에 도시된다. 아래에 주어진 특정 예들은 본 개시의 내용을 제한하는 것은 아니고 단순히 대표적인 것으로 여겨진다.

[0077] **예 1: n-형 열전소자들의 스퍼터 증착**

[0078] KAPTON(유리 기판과 더불어)을 포함하는 기판은 표준 스퍼터 증착 챔버의 Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>(Sb-Te) 및 Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>(Bi-Te) 타겟으로부터 5 인치 거리에 위치된다. 각 타겟은 2 인치 직경이다. 스퍼터 증착 챔버는 10<sup>-6</sup> Torr의 압력으로

진공화되고, 그 시스템은 이어서 그 시스템 스퍼터링 기체 압력에 부가되는(예컨대, 3.0 mTorr) 정제된 아르곤으로 채워진다.

[0079] 기관들 및 타겟들은 각각 3 내지 5분 동안 이온 세정된다. 30 와트의 파워가 Sb-Te 타겟에 인가되고 20 와트의 파워가 Bi-Te 타겟에 인가된 상태에서, 플라즈마가 타겟 위에 형성된다. 증착은 대기 온도(ambient temperature)에서 기관에 이루어진다. 이러한 조건 하에서, 증착 속도는 3.5 Å/s이다. 따라서, 1 마이크로미터 두께의 막을 증착하기 위해서는 약 47분이 요구된다.

[0080] 증착 후, 열전소자 박막의 특성이 측정된다. 그 두께는 프로파일로미터(profilometer)를 이용하여 측정된다. 또한, 비저항 및 제백 계수는 도 11에 도시된 바와 같이 증착된 열전소자 박막들에 대해서 결정된다. 결과 값은 표 1에 제공된다.

[0081] 표 1: KAPTON<sup>\*</sup> 상에 증착하기 위한 예시적인 파라미터들

기관 온도(°C)	Sb <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> 타겟 파워(와트)	Bi <sub>2</sub> Te <sub>3</sub> 타겟 파워(와트)	성장 속도 (Å/s)	비저항 (ohm-cm)	제백 계수 (μW/°C)
대기(ambient)	30	20	3.5	0.0122	-131
300	30	10	3.0	0.00325	+158

[0083] \* 스퍼터링 기체 압력은 3.0 mTorr; 타겟은 2.0 인치 직경을 갖고; Sb-Te 및 Bi-Te 타겟은 기관 플랫폼으로부터 5 인치 거리에 있다.

[0084] **예 2: p-형 열전소자들의 스퍼터 증착**

[0085] KAPTON(유리 기관과 더불어)을 포함하는 기관은 표준 스퍼터 증착 챔버 내 Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>(Sb-Te) 및 Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>(Bi-Te) 타겟으로부터 5 인치 거리에 위치된다. 각 타겟은 2 인치 직경이다. 스퍼터 증착 챔버는 10<sup>-6</sup> Torr의 압력으로 진공화되고, 그 시스템은 이어서 그 시스템 스퍼터링 기체 압력에 부가되는(예컨대, 3.0 mTorr) 정제된 아르곤으로 채워진다.

[0086] 기관들은 3 내지 5분 동안 이온 세정된다. 이어서, 기관 온도를 300°C까지 올린다. 이어서, 타겟 표면은 3 내지 5분 동안 이온 세정된다. 30 와트의 파워가 Sb-Te 타겟에 인가되고 10 와트의 파워가 Bi-Te 타겟에 인가된 상태에서, 플라즈마가 타겟 위에 형성된다. 증착은 300°C에서 기관에 이루어진다. 증착 속도는 3.0 Å/s이다. 따라서, 1 마이크로미터 두께의 막을 증착하기 위해서는 약 55분이 요구된다.

[0087] 증착 후, 열전소자 박막의 특성이 측정된다. 그 두께는 프로파일로미터를 이용하여 측정된다. 또한, 비저항 및 제백 계수는 증착된 열전소자 박막들에 대해서 결정된다. 결과 값은 표 1에 제공된다.

[0088] 도 11에 도시된 바와 같이, 기관의 온도는 전술한 예 1 및 2에서, 증착된 열전소자 박막들의 각각에 대한 제백 계수를 효율적으로 결정한다. 도 11의 곡선은 기관의 온도가 대기 상태(약 20°C)에서 약 300°C의 최종 온도까지 상승함에 따른, 결과적인 p-형 물질 및 결과적인 n-형 물질 양자에 대한 결과를 나타낸다. 도 11에 도시된 바와 같이, Sb<sub>2</sub>-Te<sub>3</sub>에 대해서는 30 와트의 파워를 Bi<sub>2</sub>-Te<sub>3</sub>에 대해서는 10 와트의 파워를 이용하여 Sb<sub>2</sub>-Te<sub>3</sub> 및 Bi<sub>2</sub>-Te<sub>3</sub>이 300°C의 온도에서 동시에 스퍼터될 때, +158의 제백 계수 및 0.00325 ohm-cm의 비저항을 갖는 p-형 물질이 형성된다. 반대로, Sb<sub>2</sub>-Te<sub>3</sub>에 대해서는 30 와트의 파워를 Bi<sub>2</sub>-Te<sub>3</sub>에 대해서는 20 와트의 파워를 이용하여 Sb<sub>2</sub>-Te<sub>3</sub> 및 Bi<sub>2</sub>-Te<sub>3</sub>이 대기 온도(약 20°C)에서 동시에 스퍼터될 때, -131의 제백 계수 및 0.0122 ohm-cm의 비저항을 갖는 n-형 물질이 형성된다.

[0089] 도 11에서 단부가 "바람직함"으로 표시되었지만, 도 11의 각 곡선에 도시된 바와 같이, 이러한 물질의 각각은 기관 온도에 의존하여 다양한 범위의 제백 계수에 걸쳐서 오르내린다. 해당분야에서 통상의 지식을 가진 자는 곡선에서 도시된 것들에 중간점이 만족스러운 TE 소자들을 생성할 것이라 하는 것을 알 수 있다. 나아가, 해당분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 두 박막 사이의 제백 계수의 델타가 열전 효과를 만들기 때문에, 하나의 박막은 양의 제백 계수를 갖고 다른 박막은 음의 제백 계수를 갖게 하는 것이 일반적으로 높은 파워 밀도를 갖는 열전 디바이스를 만들어 낼 수 있고, 두 박막들 사이에 충분한 델타 값이 주어지는 경우에도 열전 효과가 기대되고 따라서 하나가 양이고 다른 하나가 음인 것이 절대적으로 필수적인 것은 아니라는 것을 알 수 있다. 예를 들어, 제한의 의도는 아니지만, 대부분의 금속들, 예컨대 구리는 약 0의 제백 계수를 갖는다. 구

리는 전도성이 높기 때문에, 구리를 박막의 하나로 이용하는 것은 다른 박막이 충분히 높은 또는 충분히 낮은 제백 계수를 갖는다는 조건 하에 열전 효과를 만들어 낼 수 있다. 구리와 같은 금속은 일반적으로 전도성이 높기 때문에, 효율적인 TE 디바이스가 그러한 배열을 이용하여 제조될 수 있다. 따라서, 본원에서 "n-형" 및 "p-형"이라는 용어의 사용은 상대적인 것이고; 제백 계수에서 충분한 델타를 갖는 두 높은 도전성 박막들이 출원인의 "n-형" 및 "p-형"에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.

[0090]

예 3: KAPTON 상에 열전 어레이의 제조

[0091]

도 1a 또는 도 9a에 도시된 바와 같은 TE 모듈 어레이는 도 12a - 도 12c에 도시된 바와 같은 마스크를 이용하여 KAPTON을 포함하는 기판 상에 제조된다. p-형 열전소자는 그것들이 300°C에서 증착되기 때문에 먼저 증착된다. n-형 열전소자들은 이어서 증착되고, 그 다음 전기적 도전성 부재들이 증착된다.

[0092]

구체적으로, 도 12b에 도시된 바와 같은 마스크를 이용한 KAPTON 기판 시트가 증착 챔버 내에 배치된다. 그 마스크는 마스크의 각 단부의 둥근 홈을 이용하여 KAPTON 시트 위에 확실하게 배치된다(도 12b를 보라). 타겟 선택 및 배치 및 다른 증착 조건 및 파라미터는 예 2에 설명되었다.

[0093]

일단 요구되는 p-형 소자가 증착되면, 프로세스는 중지되고 스퍼터 증착 시스템은 도 12b의 p-형 마스크를 도 12a에 도시된 마스크와 같은 n-형 마스크로 교체하기 위해 개방된다. n-형 마스크는 다시 마스크 내의 둥근 홈을 가이드로 이용하여 KAPTON 시트 상에 조심스럽게 배치된다. 타겟 선택 및 배치 및 다른 증착 조건 및 파라미터는 예 1에 설명되었다.

[0094]

일단 n-형 열전소자들이 증착되면, 전기적 도전성 부재들을 형성하기 위해 n-형 마스크를 도 12c에 도시된 마스크와 같은 금속화 마스크로 교체하기 위해, 프로세스는 다시 중지된다. 금속화 마스크는 마스크 내의 둥근 홈을 가이드로 이용하여 KAPTON 시트 상에 배치되고 고정된다. 표준 스퍼터 증착 공정에 의해, 1.0 μm의 알루미늄이 먼저 증착되고, 이어서 0.1 μm의 니켈이 증착된다.

[0095]

이러한 증착 프로세스는 유동 기판 상에 p-형 및 n-형 열전소자 모듈의 어레이를 도 2a, 도 12a - 도 12c 및 도 13에 도시된 배치로 형성한다.

[0096]

전술한 공정에서 도 12a - 도 12c에 도시된 구체적인 템플릿 또는 마스크가 두 다른 스트립의 KAPTON 기판 상에 증착된 여섯 열전대의 두 어레이를 형성하기 위해 사용되었다. 그러한 TE 모듈들의 어레이는 예를 들어, 도 5에 도시된 TE 파워 소스 내로 어셈블리 되었다. 여섯 TE 모듈의 어레이들의 제조는 예컨대, 단지 20°C의 온도 구배에서 1.0 V의 출력을 갖는 25 μW TE 파워 소스의 생산을 가능하게 한다.

[0097]

예시적인 TE 파워 소스 및 대기 에너지를 이용하는 응용 제품

[0098]

도 18에 도시된 바와 같이, 제 1 온도 영역 및 제 2 온도 영역을 갖는 대기(ambient)로부터 전기 에너지를 생성하는 TE 파워 소스의 일 예는 제 1 측면 및 제 2 측면을 갖는 열전 디바이스(1)를 포함하고, 여기에서 제 1 측면은 제 1 온도 영역에서 수집되거나 또는 반사된 대기 열 에너지를 전송하기 위한 제 1 에너지 전송기(2)와 통신하고, 제 2 측면은 제 2 온도 영역과 통신하여 열전 디바이스를 가로지르는 온도 구배를 형성하고 차례로 전류를 생성한다. 장치의 제 1 측면 상의 대기 열 에너지를 전송하기 위한 제 1 에너지 전송기(2)에 부가하여, TE 파워 소스 장치의 이 실시예는 제 2 온도 영역에서 수집되거나 또는 거부된 대기 에너지를 전송하고 열전 디바이스(1)의 제 2 측면과 전송하기 위한 제 2 에너지 전송기(3)를 더 이용한다.

[0099]

제한되지 않으면서, 대기 에너지를 전송하기 위한 도전성 수단의 일 예는 열 파이프(heat pipe)(아래에 설명됨)를 포함한다. 용어 "에너지 전송(transmitting energy)" 및/또는 "대기 에너지 전송(transmitting ambient energy)"은 대기 에너지를 수집하거나, 대기 에너지를 포커싱하거나 또는 대기 에너지를 전달하는(여기에서, 대기 에너지를 전달하는 것은 대류, 전도, 복사 및 이들의 조합으로 수행될 수 있다) 것의 하나 또는 조합을 포함하는 것으로 이해되어야 하고, "에너지 전송" 또는 "대기 에너지 전송"용 수단은 해당분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 대기 에너지를 수집하거나, 대기 에너지를 포커싱하거나 또는 대기 에너지를 이동시킬 수 있는 것으로 알려진 다양한 디바이스를 포함하는 것으로 이해되어야 하고, 여기에서 대기 에너지를 이동시키는 것은 대류, 전도, 복사 및 이들의 조합으로 수행된다. 이러한 열 (열 에너지) 전달 옵션의 예로, 열은 TE 파워 소스가 그 내에 탑재되는 장벽, 예컨대 덕트라인(ductwork)의 일 측에 있는 공기 또는 다른 여하의 작동 유체 내의 자연 대류에 의해, TE 모듈 또는 TE 파워 소스의 열적 활성 표면에서 배달되거나 또는 거부될 수 있다. 열은 열 파이프에서 일어나는 전도 및 대류에 의해 TE 디바이스에 배달되거나 또는 TE 디바이스로부터 제거될 수 있다. 이 경우에, 전도는 파이프의 벽에서 일어나고, 대류는 열 파이프 내에 함유된 내부의 작동

유체서 일어난다. TE 파워 소스는 일차적인 열 입력이 태양으로부터의 광자 복사(photon radiation)인 밖에서 동작할 수 있고, 핫 슈(hot shoe)가 램프로부터의 복사에 의해 가열되는 내부에서 동작할 수 있다. 여기에서 사용되고 있는 바와 같이, "대기 에너지(ambient energy)"는 그 디바이스를 둘러싸는 환경을 형성하는 매개물에 의해 이용가능 하거나 전송되고 그리고 본 발명에서 전기를 생성하기 위해 이용된 에너지를 의미한다.

[0100] 어느 특정한 수단 또는 수단들의 조합이 대기 에너지를 전송하기 위해 선택되든지, 여기에 개시된 TE 파워 소스의 실시예들은 선택된 디바이스 또는 특정 응용 장치에 유용한 양의 파워를 생성하기 위해 주변 환경에서 충분한 에너지를 모은다. 개시된 열전 파워 소스의 일 응용장치는 널리 온도 차이를 보이는 대기의 두 영역 사이의 경계에 놓인 TE 파워 소스를 포함한다. 이러한 영역들의 어느 하나 내의 대기 에너지를 반대쪽 또는 열전 디바이스의 단부들로 전송하기 위한 수단들은 각각의 에너지 영역들 내로 신장하고, 이에 의해 열전 디바이스에 의해 경험된 실제 온도 차이를 증폭하고 두 에너지 영역 사이의 경계를 과장한다.

[0101] 개시된 TE 파워 소스용으로 적당한 열전 디바이스는 예를 들어, 1) 철-콘스탄탄(iron-constantan); 구리-콘스탄탄; 크로멜-알루멜(chromel-alumel); 크로멜-콘스탄탄(chromel-constantan); 백금-로듐(platinum-rhodium) 합금 및 텅스텐-로듐(tungsten-rhodium) 합금을 포함하나 이에 제한되지 않는 금속 와이어 열전대들, 2) 개시된 박막 TE 모듈들 및 앞에서 제시된 디바이스들의 하나 또는 그 이상의 실시예들, 예컨대 전기적으로 직렬, 병렬 또는 직렬/병렬로 연결된 교호의 p-형 및 n-형 어레이들을 포함하는 TE 모듈들을 포함한다. p-형 반도체로 준비될 수 있는 모든 조합이 적당하다. 적용될 수 있는 그러한 p-형 물질의 예는 비스무스 텔루라이드(bismuth telluride), 납 텔루라이드(lead telluride), 주석 텔루라이드(tin telluride); 아연 안티모나이드(zinc antimonide); 세륨-철 안티모나이드(cerium-iron antimonide); 실리콘-게르마늄을 포함할 수 있으나 이에 제한되지는 않는다. n-형 반도체로 준비될 수 있는 모든 조합이 또한 적당하다. 적용되는 n-형 물질의 예들은 비스무스 텔루라이드, 납 텔루라이드, 코발트 안티모나이드; 실리콘-게르마늄을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지는 않는다.

[0102] 진술한 바와 같이, TE 파워 소스를 형성하기 위해 이용된 열전 디바이스는 기관 상에 박막으로 스퍼터 증착된 비스무스 텔루라이드로 형성된 박막 TE 모듈들의 실시예를 포함할 수 있다. 그러한 파워 소스에서 이용하기에 적합한 다른 박막 TE 디바이스는 예컨대, 초격자 및 양자 웰 구조를 포함할 수 있다. 도 18에 도시된 바와 같이, 여기에 개시된 TE 파워 소스는 센서(4)에 파워를 공급할 수 있고, 센서는 원격 지역 모니터링 및 감시용, 대기 조건, 예컨대 주변 온도, 압력, 습도의 측정 및 원격 영역에서 침입 및 빌딩 환경 및 에너지의 측정 및 제어용으로 사용되나 이에 제한되지 않는다.

[0103] 여기에 개시된 TE 파워 소는 배터리, 커패시터, 슈퍼커패시터 및/또는 열전 디바이스에 의해 생성된 전기적 에너지를 교대로 저장 및 방전하기 위해 에너지를 전기적으로 저장하는 여하의 적당한 디바이스(5)와 결합될 수 있다. 개시된 TE 파워 소스와 하나 또는 그 이상의 센서(4), 전송기(6), 전압 증폭기(7), 마이크로프로세서(8), 데이터 저장 디바이스(9), 배터리 또는 전기 저장 디바이스(5) 및 전압 조절기(10)의 여하의 다른 조합과의 조합은 개시된 TE 파워 소스의 잠재적인 실시예를 나타내고, 여기에서 센서(4), 배터리 또는 저장 디바이스(5), 전압 증폭기(7), 마이크로프로세서(8), 데이터 저장 수단(9), 전압 조절기(10) 및 전송기(6)는 모두 개시된 TE 디바이스(1)에 의해 궁극적으로 구동된다. 일단 세트가 제자리에 있으면, 그러한 디바이스는 센서에 의해 수집된 데이터를 수집하거나 원격 지역으로 본질적으로는 무한 주기동안 잠재적으로는 응용장치의 수명 기간동안 부가적인 인간 간섭을 요하지 않고 전송할 수 있다.

[0104] 대기 에너지 변환용 TE 파워 소스의 예

[0105] 개시된 TE 파워 소스의 특정 실시예가 도 19에 도시된다. 이 회로에서, 뉴저지, 트렌톤(Trenton)의 멜코(MELCOR)에 의해 공급된 상업적인 40 mm x 40 mm 비스무스 텔루라이드 열전 소자(2)가 미주리, 펜톤(Fenton)의 백위드 전자(Beckwith Electronics)에 의해 제공된 열 파이프들(1, 3)에 부착된다. 열 파이프들의 하나는 따뜻한 대기 영역으로부터 디바이스의 40 mm x 40 mm 핫 슈 측으로 열 에너지를 공급한다. 제 2 열 파이프(3)는 열전 소자의 반대편에 위치한 대응하는 40 mm x 40 mm 콜드 슈로부터 열을 전달하고 이러한 열을 보다 차가운 대기 영역으로 방출한다. 그 회로는 전압 증폭기(7), 슈퍼커패시터(5), 온도 센서(4), 데이터 습득 및 저장을 관장하는 마이크로프로세서(8), 전압 조절기(10) 및 라디오 주파수 전송기(6)를 더 포함한다.

[0106] 전압 증폭기(7)는 열전 소자의 전형적으로 수십 볼트의 가공하지 않은 출력을 슈퍼커패시터(5) 내의 입력용 4.3V의 양으로 변환한다. 그 시스템은 온도 센서(4), 마이크로프로세서(8) 및 전송기(6) 서브시스템을 더 포함할 수 있다. 이 시스템은 전기 열 소스 및 대기 냉각과 함께 동작할 때 온도 데이터를 전송할 수 있다. 이러한 어셈블리는 또한 다른 환경, 예컨대 자연 환경 내, 밖에서 동작할 수 있다. 차가운 쪽 열 파이프(3)는

지면 위의 대기로부터의 대기 열 및 태양 빛으로부터의 에너지를 받도록 배치될 수 있다.

[0107]

동일한 용도의 파워 소스 및 응용의 부가적인 예

[0108]

전술한 바와 같이, 동일한 용도의 개시된 TE 파워 소스 및 응용의 무수한 가능한 실시예가 있다. 예를 들어, 개시된 박막 열전대 어셈블리의 실시예는 도 15에 도시된 바와 같이, 구체적으로 열 파이프를 이용하는 TE 파워 소스의 실시예를 형성하기 위해 이용될 수 있다. 이러한 특정 열 파이프 TE 파워 소스 실시예는 예를 들어 대기 온도에서 동작 가능한 파워 소스를 포함할 수 있다. 개시된 TE 파워 소스의 그러한 실시예는 개시된 열전대 어셈블리(TE 모듈), 열 배달 부재 및 열 제거 부재의 실시예(이 특정 실시예에서, 그러한 부재들은 예를 들어 응축 유체를 함유하는 저온 및 고온 열 파이프들을 포함할 수 있다), 및 환형 전자(annular electronics) 및 파워 조절 구획(power conditioning compartment)을 포함하는 인터페이스 전자를 포함할 수 있다. 열 파이프들은 TE 모듈의 핫 및 콜드 접합에 연결될 수 있다. TE 파워 소스의 한쪽 또는 양쪽은 다른 열 전송 방법, 예컨대 전도, 대류 및/또는 복사에 의해 가열 또는 냉각될 수 있다.

[0109]

하나 또는 그 이상의 센서들 또는 다른 응용장치는 예를 들어 개시된 파워 소스에 의해 동력을 받을 수 있다. 도 15에 도시된 TE 대기 파워 소스 실시예는 작은 온도의 작은 대기 차이로부터(예컨대, 약 5°C 이하, 약 2°C 이하, 또는 약 1°C 이하) 약 100 마이크로와트 내지 약 100 밀리와트 범위의 파워를 생성할 수 있다. 예를 들어, 개시된 TE 열 파이프 파워 소스는 자연적인 온도 차이가 존재하는 환경, 예컨대 지면 위와 아래, 물과 공기의 온도 차이, 피부와 공기의 온도 차이 또는 빌딩 내 또는 장치 내에서 열, 환기 및/또는 공기-조절을 전달하는 덕트라인의 어느 한 쪽에서 동작할 수 있다. 개시된 파워 소스의 실시예들은 극단적인 온도 환경, 예컨대 약 -100°C만큼 춥거나 약 250°C만큼 더운 곳에서 동작할 수 있다.

[0110]

개시된 파워 소스의 어떤 실시예들은 강화된 열 수집 및 방출 소자들을 이용하여 장치들, 예컨대 센서 및 광범위한 원격 모니터링 장치들, 예컨대 빌딩 에너지 관리, 자동 소자 제어, 농업 모니터링, 안전 감시 및 야생 관리용 데이터를 센서에 전송하기 위해 이용되는 라디오 주파수 전송기에 동력을 전달하기 위해, 통상적인 파워 소스, 예컨대 배터리 및 하드-와이어드(hard-wired) 대체적인 파워 해결에 대한 필요 없이, 장치의 로컬 환경으로부터의 에너지를 직접 이용할 수 있다. 그러한 디바이스들은 본질적으로 관리할 필요가 없고, 센서 및 다른 장치에 대한 지속적인 파워를 제공한다.

[0111]

보다 구체적으로 보면, 개시된 TE 파워 소스의 실시예들은 군용 무기 확산 제어, 전장 동작, 첩보 수집, 방위 및 안전 활동용 센서들에 파워를 공급하기 위해 이용될 수 있다. 개시된 파워 소스들의 실시예들은 법률 강화 원격 모니터링, 감시, 침입 검출, 물질 책임(accountability), 밀수입 등의 장치용 센서에 파워를 공급하기 위해 이용될 수 있다. 고국 안전은 침입자 센싱, 검출 및 경고, 경계 안전, 우편통에서 화학 및/또는 생화학 무기 검출, 우체국, 대중 교통, 및 건물용 센서용으로 개시된 TE 파워 소스의 실시예들을 이용할 수 있다. 병원은 HVAC 시스템 및 복도 내의 병원균 검출 및 환자 모니터링용으로 개시된 파워 소스의 실시예들을 이용할 수 있다. 파워 소스들은 토양, 물 배달, 비료 및 살충제 분사 모니터링용 센서들을 동작시키기 위해 이용될 수 있다. 그것들은 멸종할 위기에 직면한 그리고 위협에 처한 종들의 추적, 체열 활성화 보철술, 모니터, 보청기, 통신, 편의, 또는 허영 품목, 예컨대 신체 가열-파워 손목시계, 통신 장치, 전기 보석, 휴대폰, 컴퓨터, 다양한 도시 및 군사 장치에 사용된 적외선/레이더 복사 검출기, 습도, 열, 및 광 센서용으로 또한 사용되고, 그리고 보안 장치들, 예컨대 등산인, 배낭족, 아이 및 애완 동물용 사설 추적 디바이스용으로도 사용될 수 있다.

[0112]

개시된 TE 파워 소스를 포함하는 대기 파워 센서 시스템의 다른 예는 도 16에 도시된 시스템을 참조하여 설명된다. 이러한 어셈블리는 열전 파워 소스, 열 조종 서브시스템, 파워 조절 전자, 센서, 및 라디오 주파수 전송기를 포함하고, 아래에 바로 논의된 바와 같이 테스트되었다.

[0113]

개시된 TE 파워 소스의 실험 동작은 뛰어난 결과를 보여주었다. 열전소자로의 대기 열 입력은 편의를 위하여 핫-공기층을 이용하여 모의 실험되었다. 모의 실험된 대기 조건 하에서, 열전 소자의 진성 전압 출력은 수백 밀리볼트이다. 이러한 전압은 라디오 주파수 성분들을 구동하기 위해 리튬 배터리에 의해 통상적으로 공급된 전압에 상응하는 약 3.6 V까지 증폭될 수 있다. 열전 출력 전압은 실리콘계 전자 파워 조절기를 활성화시키기 위해 너무 낮기 때문에, 게르마늄 트랜지스터를 이용하는 전압 증폭기가 시스템에 4.2-V를 제공하기 위해 포함될 수 있다. 슈퍼커패시터는 에너지를 저장하기 위해 이용될 수 있고, 그 결과 라디오 주파수 스테이지가 열전 변환기의 출력에 영향을 미치는 대기 조건의 오르내림에 상관없이 동작한다.

[0114]

센서 및 라디오 주파수 태그를 동작시키기 위해 필요한 에너지 드레인을 모의 실험하기 위해 저항 부하 박스(resistive load box)가 사용되었다. 이러한 부하는 라디오 주파수 태그의 전송 사이클을 대표하는 주파수에

서 약 10 초의 주기 동안 총 슬립-모드, 데이터 습득, 및 저장의 증가 및 각 사이클에서 소비된 전송 에너지를 빼내기 위해 수동으로 스위칭 되었다. 열전 모듈의 핫 및 콜드 슈(shoes)를 각각 가열 및 냉각하고 전술한 바와 같이 주기적으로 부하를 인가하는 것에 의해, 열전 파워 소스는 커패시터 전압을 유지할 수 있고 이에 의해 모의 실험된 온도 센서 및 매 10분 단위로 데이터를 전송했던 라디오 주파수 태그의 에너지 드레인을 공급한다.

[0115] 시스템은 도 16의 배치 b에 도시된 성분들을 더 포함할 수 있다. 통상적으로 조절된 실험실 파워 공급기는 열전 변환기, 및 센서와 라디오 주파수 서브시스템을 커스터마이징화하는 전압 증폭기용으로 대체된다. 센서 및 전송기는 주위 온도 및 쇼크 날짜를 측정하고 저장하고 전송하는 라디오 주파수 태그로부터 채용되었다. 태그는 단지 온도 측정 기능을 갖도록 개조되고 그 개조되지 않은 상태보다 더 적은 에너지를 끌도록 재프로그램되었다. 전압 조절기 회로는 마이크로프로세서 기능을 유지하기에 너무 낮은 전압으로 커패시터를 드레인하는 것을 방해하거나 본질적으로 방지하기 위해 포함될 수 있다. 외부 스위치는 라디오 주파수 태그를 동작시키기 위해 정상적으로 필요한 배터리를 분리시키기 위해 부가될 수 있다. 태그는 동작 전에 프로그램되는 마이크로프로세서를 포함한다.

[0116] 배터리는 파워 공급 또는 열전 모듈이 연결되지 않을 때마다 프로그램을 유지한다. 이러한 배치를 테스트하는 것은 먼저 프로그램을 "착수하기(launch)" 위해 배터리를 이용하고, 이어서 파워가 대체적인 소스로부터 이용 가능한 후에 그것을 분리시키는 것을 포함한다. 원격 배치 수신기는 데이터 전송을 확인하기 위해 이용되었다. 도 16의 배치 b를 이용한 테스트 순서는, 실험실 파워 공급이 도 16의 배치 a로 측정된 열전 출력 특성에 증가인 슈퍼커패시터에 입력을 공급할 때, 센서 및 라디오 주파수 스테이지의 완전한 기능이 유지되었다는 것을 확립하였다.

[0117] 도 17은 열전 제너레이터의 핫 슈에 태양 입력을 갖고 콜드 슈에 연결된 지면에서 열 싱크를 갖는 밖에서 도 16의 배치 a로 측정된 시간 대 슈퍼커패시터 전압을 도시한다. 이러한 기록은, 만일 약 7°C 이상의 온도 차이가 디바이스를 가로질러 존재할 때, 열전 파워 소스의 슈퍼커패시터를 재충전할 수 있는(즉, 3.6 V를 초과하는 전압을 유지하는) 능력을 보여준다. 동시에, 커패시터는 매 10분에 데이터를 전송하는 센서 및 라디오 주파수 태그 시스템의 요구를 공급한다. 성공적인 재충전 특성에 의해 보여진 10-분 간격에서 전압 스텝은 평균된 부하 사이클과 관련하여 약 20-mJ 에너지 드레인을 나타낸다. 9.9°C 기록은, 구름이 일시적으로 태양 에너지 입력을 감소시킬 때 10-분 간격(30 및 40분 사이) 동안 늦은 속도의 재충전에 의해 도시된 바와 같은 대기 에너지의 변화를 압도하는 개시된 파워 소스의 능력을 보여준다.

[0118] 전술한 바와 같이, 개시된 TE 파워 소스의 열 파이프 실시예는 자연적인 온도 차이, 예컨대 자유 공기 및 땅속 환경 사이에 존재하는 것을 이용하기 위해 이용될 수 있다. 이러한 환경에서, 상부 열 파이프는 자유 공기로부터 수확된 열 에너지를 열전 모듈의 핫 슈로 전달한다. 하부 열 파이프는 열 에너지를 예를 들어, 하부 땅에 의해 제공된 열 싱크로 버린다. 분명하게, 열 파이프들은 다양한 물질로 구성될 수 있고, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 알려진 바와 같이 특정 장치에 바람직한 다양한 치수를 갖는 다양한 형태로 형성될 수 있다.

[0119] 이러한 개시된 파워 소스는 유용한 출력을 양방향으로, 즉 공기가 땅보다 뜨겁거나 또는 그 반대의 경우에 생산한다. 이중 열 파이프는 만일 디바이스가 양방향 모드로 동작한다면, 특히 땅이 공기보다 더울 때 특히 유용하다. 이 경우에, 두 열 파이프들은 역류 보일러가 열 에너지를 열전 모듈을 통해서 펌프 하듯이 동작하고 내부 작동 유체의 각각의 증발기 섹션으로의 중력-강화 복귀를 이용할 수 있다.

[0120] 에너지가 대기 공기로부터 수확되고 열전 변환기를 통해서 지하 열 싱크로 하향 이동할 때 동작 모드는 많은 동작 모드들의 하나일 수 있다. 이러한 모드는 상부 열 파이프를 열적 흡수 핫 슈 신장부로 바꾸는 것을 허용한다. 그러나, 하부 열 파이프 내 작동 유체 흐름은 열이 땅으로 양도되는 열전 콜드 슈의 하부에서의 증발 및 열 파이프의 최하단에서 응축에 기인한다. 이러한 모드의 동작에서 작동 유체의 재-순환은 중력에 대항하여 응축물을 증발기 영역으로 끌어내기 위해 파이프의 내부 심지(wick) 구조를 이용할 수 있다. 약 2cm의 심지 높이가 도달될 수 있으나, 심지 높이는 통상적인 열 파이프 작동 유체의 물리적 특성에 의해 한정된다.

[0121] 예를 들어 유동 기관 상에 증착된 많은 박막 미스무스 텔루라이드 열전 소자들을 포함하는 개시된 열전대 모듈은 이러한 개시된 파워 소스에서 이용될 수 있다. 열전 모듈은 작은 릴 또는 디바이스의 코어를 형성하는 보빈(bobbin) 위에 감겨진 박막 소자들의 롤업 스트립(rolled up strip)의 형상일 수 있다. 파워 소스의 개시된 실시예는 릴의 열전 소자들의 수를 증가시킴으로써 높은 파워 레벨까지 즉시 변경될 수 있다. 수 만 열전 소자들은 수 와트까지의 디바이스 전기 출력을 생산하기 위해 직렬 및/또는 직렬/병렬 배열로 포함될 수

있다.

- [0122] 텀의 단부는 열전대 모듈의 핫 및 콜드 슈로 기능할 수 있다. 열 파이프들은, 열전 모듈을 통하여 예컨대 파워 소스의 공기 쪽에서 땅속으로 열을 전송하기 위해, 텀의 단부들에 부착될 수 있다. 열 파이프들은, 결빙 조건들이 적용되지 않는다면, 예컨대 물을 작동 유체로 이용할 수 있다. 이러한 경우에, 메타놀 또는 다른 적당한 작동 유체, 예컨대 다른 알코올이 이용될 수 있다.
- [0123] 공기-측 열 파이프의 외부 표면은, 대기 공기로부터 감지 가능한 열뿐만 아니라 태양 복사의 수집을 최대화하기 위해, 높은 흡수성 표면을 갖는 물질로 코팅될 수 있다. 적당한, 표면-처리된 핫 슈는 공기-측 열 파이프를 대체하기 위해 이용될 수 있다. 이 실시예는 전개된 시스템의 적외선 신호를 감소시키는 장점을 포함할 수 있다. 절연물은 하부 열 파이프의 일부분에 적용되어, 표면 근처의 비교적 따뜻한 땅으로부터 그것으로의 열 누설을 방지할 수 있다.
- [0124] 개시된 열전 파워 소스 실시예는 명목상으로 3.3 V에서 100  $\mu$ A의 출력을 갖는 330- $\mu$ W dc 파워를 생성할 수 있다. 저전압 디바이스는 dc/dc 인버터를 이용하여 3.3-V 출력을 달성하기 위해 조리될 수 있다. 인버터는 예를 들어, 실리콘계 마이크로-전자 회로를 포함할 수 있다. TE 제너레이터를 가로지르는 온도 차이가 20°C 이하일 때 임무 기능을 유지하기 위한 에너지를 저장을 제공하기 위해, 그것은 또한 슈퍼-커패시터를 포함할 수 있다.
- [0125] TE 열전소자들, 모듈들, 어레이들 및 파워 소스들, 그 제조 방법 및 그 응용 장치들이 복수의 실시예들 및 예들을 참조하여 설명되었지만, 본 발명은 그러한 실시예들 및 예들에 제한되지 않는다는 것을 이해해야 한다. 반대로, 본 발명은 부속하는 청구항들에 의해 정의된 발명의 정신 및 범위 내에서 포함되는 것의 모든 변경, 대체, 및 등가물을 포함한다.

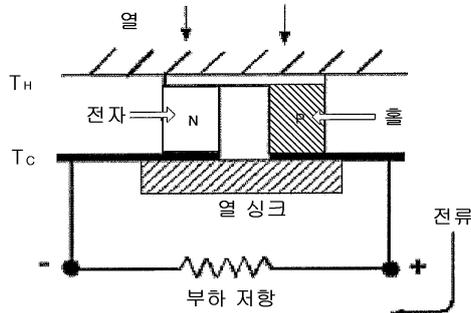
**도면의 간단한 설명**

- [0026] 도 1a는 열전 에너지 변화의 기초적인 접근을 도시하는 종래 기술을 대표적으로 나타낸다.
- [0027] 도 1b는 분리된 TE 소자들의 종래 기술에 따른 배열을 보여주는 개략도이다.
- [0028] 도 1c는 도 1b의 소자에 도시된 단일 종래기술 TE 소자에 대한 L/A비 파라미터를 대표적으로 나타낸다.
- [0029] 도 2a는 개시된 n-형/p-형 TE 박막 모듈들의 일 실시예의 일부분을 나타낸다.
- [0030] 도 2b는 도 2a에 도시된 모듈 실시예의 단일 p-형 박막 TE 소자에 대한 L/A 파라미터들을 나타낸다.
- [0031] 도 3은 개시된 분리된 n-형/p-형 TE 박막 모듈의 일 실시예의 일부분을 나타낸다.
- [0032] 도 4는 개시된 TE 파워 소스의 일 실시예를 나타낸다.
- [0033] 도 5는 도 6에 도시된 바와 같이 TE 박막 모듈들이 스핀들 주위로 감긴 개시된 TE 파워 소스의 일 실시예를 나타낸다.
- [0034] 도 6은 유동 기관 상에 증착된 개시된 n-형/p-형 박막 모듈들의 일 실시예를 나타낸다.
- [0035] 도 7은 TE 박막 모듈들, 예컨대 도 2a, 도 3, 도 6의 것들 또는 비교적 넓은 열전소자들을 갖는 모듈들의 어레이들이 아코디온 배치로 접혀진 개시된 파워 소스의 일 실시예를 나타낸다.
- [0036] 도 8은 핵 열 소스가 아코디온 배치로 접혀진 TE 박막 모듈들의 어레이들 사이에 배치된, 개시된 파워 소스 소자의 일 실시예를 나타낸다.
- [0037] 도 9a는 기관 상에 어레이 배치로 증착되고 대표적인 치수를 갖는, 개시된 n-형 및 p-형 TE 박막 모듈을 나타낸다.
- [0038] 도 9b는 도 9a에 도시된 TE 박막 모듈의 실시예에서 열전소자들의 대표적인 치수를 나타낸다.
- [0039] 도 10은 열전대열의 일측으로부터의 열을 이용하는 TE 센서를 보여준다.
- [0040] 도 11은 KAPTON 기관 상에 증착된 TE 물질들의 제백 계수 및 전기 전도도의 스퍼터 증착 조건에 대한 의존성을 보여주는 그래프이다.
- [0041] 도 12a는 도 2a 및 도 6의 TE 모듈들의 실시예에 도시된 배치에서 n-형 열전소자들을 증착하는 데 이용하기에 적합한 대표적인 마스크의 사진이다.

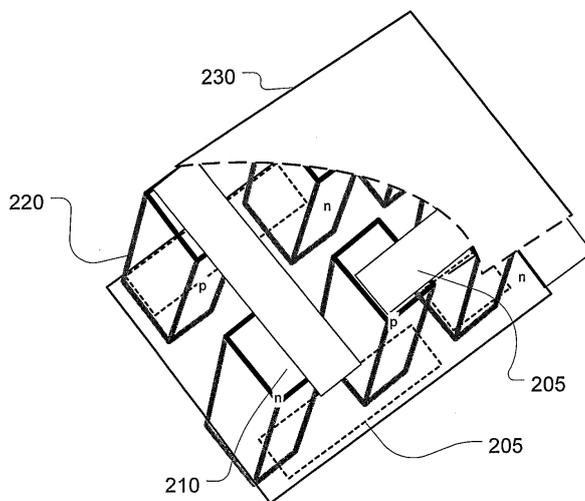
- [0042] 도 12b는 도 2a 및 도 6의 TE 모듈들의 실시예에 도시된 배치에서 p-형 열전소자들을 증착하는 데 이용하기에 적합한 대표적인 마스크의 사진이다.
- [0043] 도 13은 유동 기관 상에 증착된 개시된 n-형 및 p-형 TE 박막 모듈들의 사진이다.
- [0044] 도 14는 유동 기관 상에 증착된 개시된 n-형 및 p-형 TE 박막들의 일 실시예를 보여주고, 여기에서 n-형 및 p-형 TE 박막들은 직-병렬 배열로 연결된다.
- [0045] 도 15는 개시된 TE 파워 소스의 일 실시예를 보여준다.
- [0046] 도 16은 센서 시스템에서 개시된 TE 파워 소스의 일 실시예를 보여주는 블록도이다.
- [0047] 도 17은 도 16의 배치 a에 도시된 실시예를 이용하여 측정된 시간에 대한 슈퍼커패시터 전압의 그래프이다.
- [0048] 도 18은 분위기 에너지를 수확하기 위한 개시된 TE 파워 소스의 일 실시예의 개략도이다.
- [0049] 도 19는 분위기 에너지를 수확하기 위한 개시된 TE 파워 소스의 일 실시예의 구성 및 회로 연결들의 일 실시예의 블록도이다.

**도면**

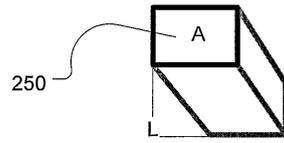
**도면1a**



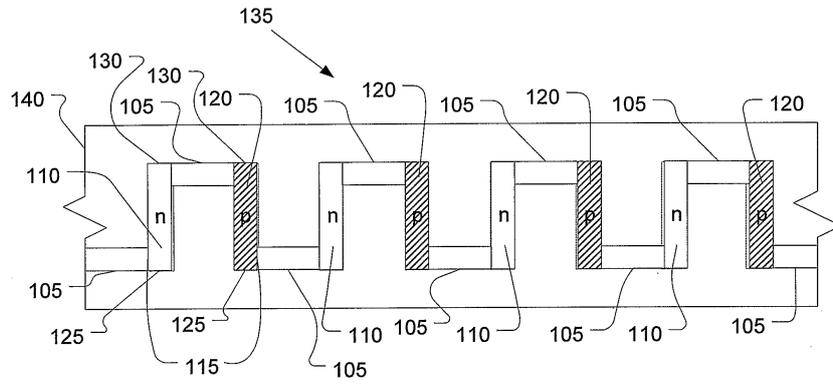
**도면1b**



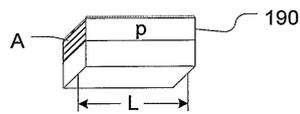
도면1c



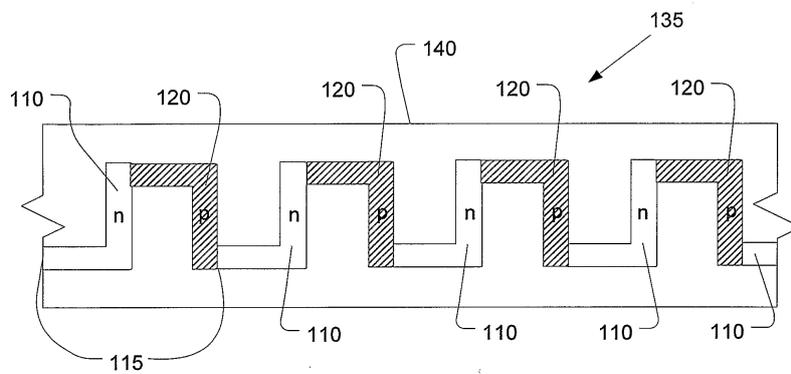
도면2a



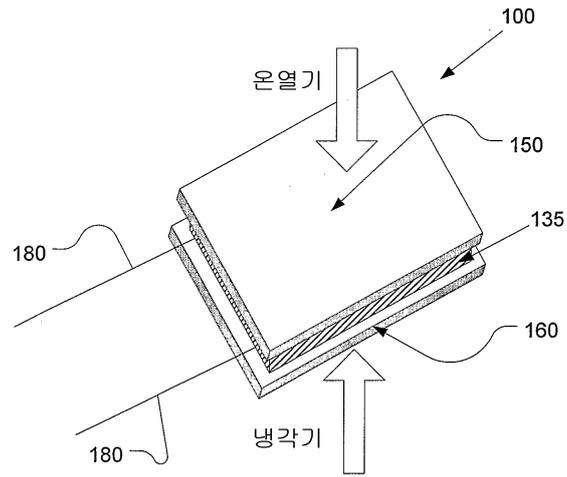
도면2b



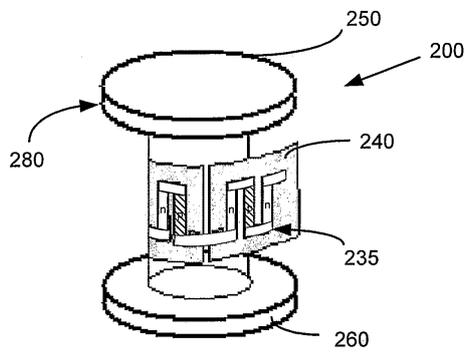
도면3



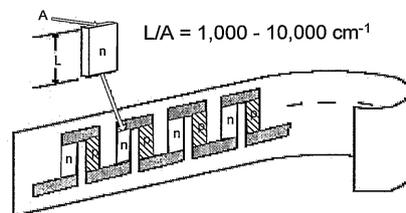
도면4



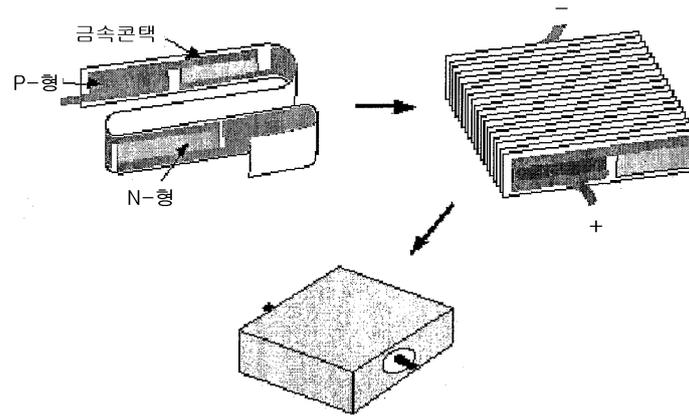
도면5



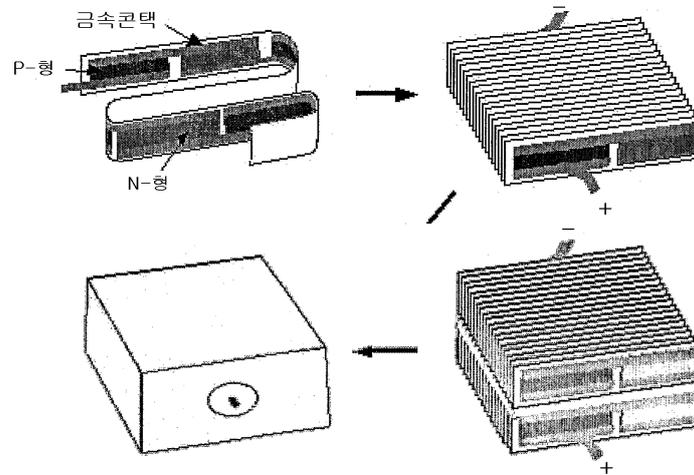
도면6



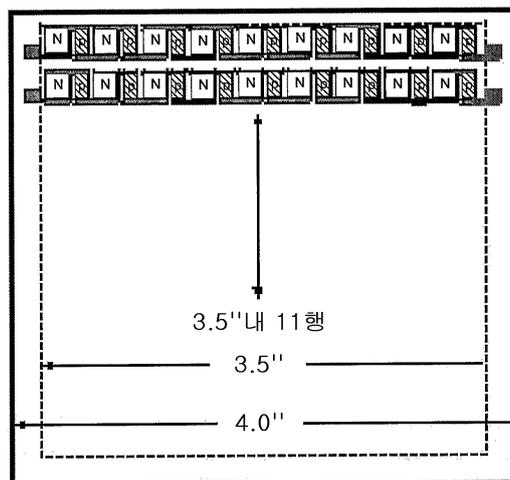
도면7



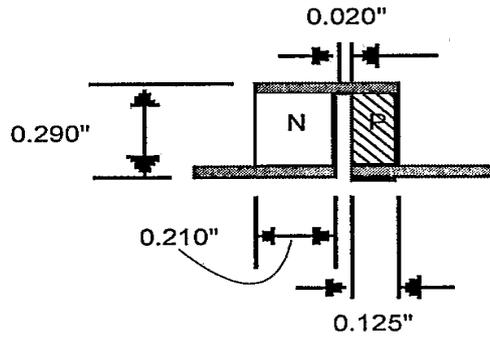
도면8



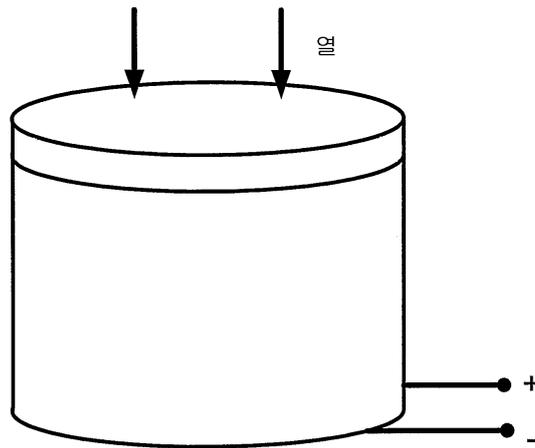
도면9a



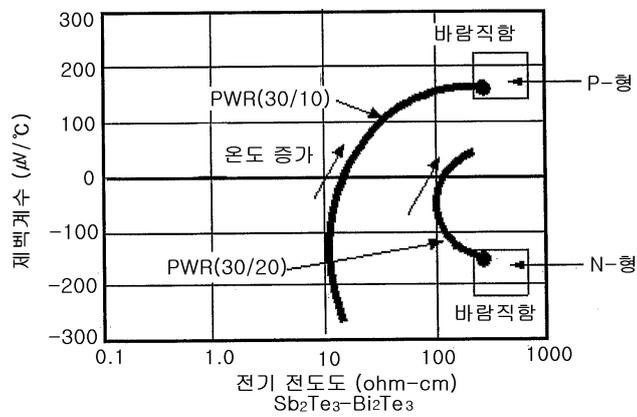
도면9b



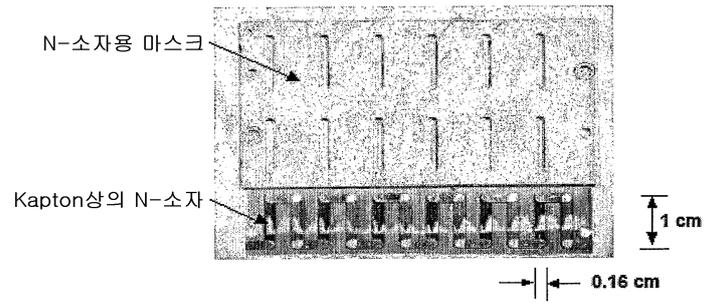
도면10



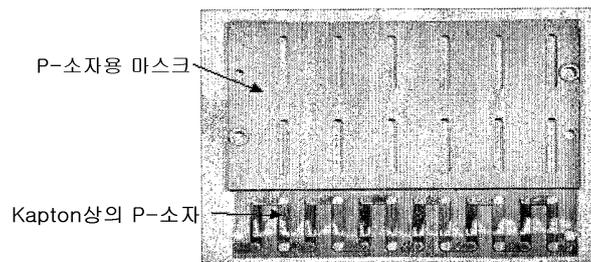
도면11



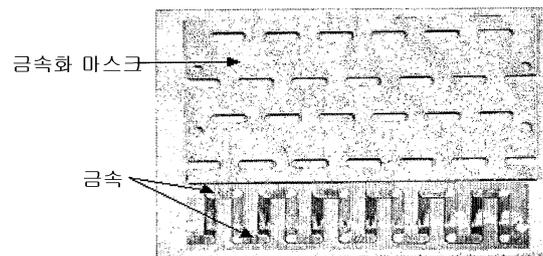
도면12a



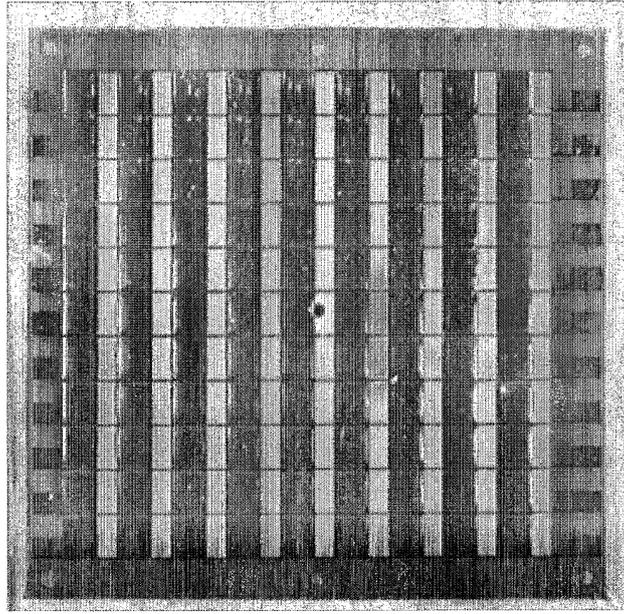
도면12b



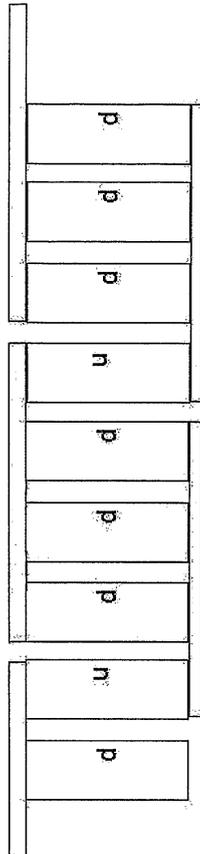
도면12c



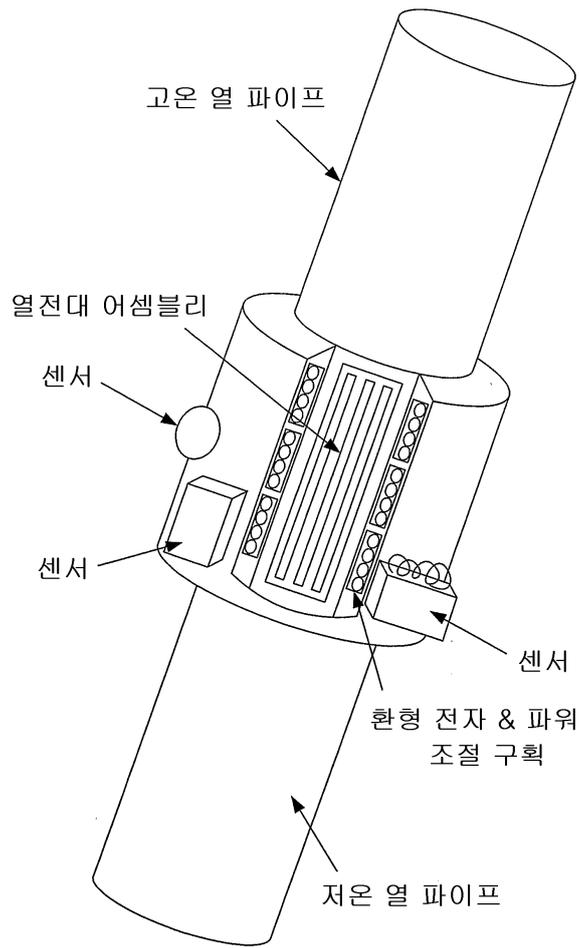
도면13



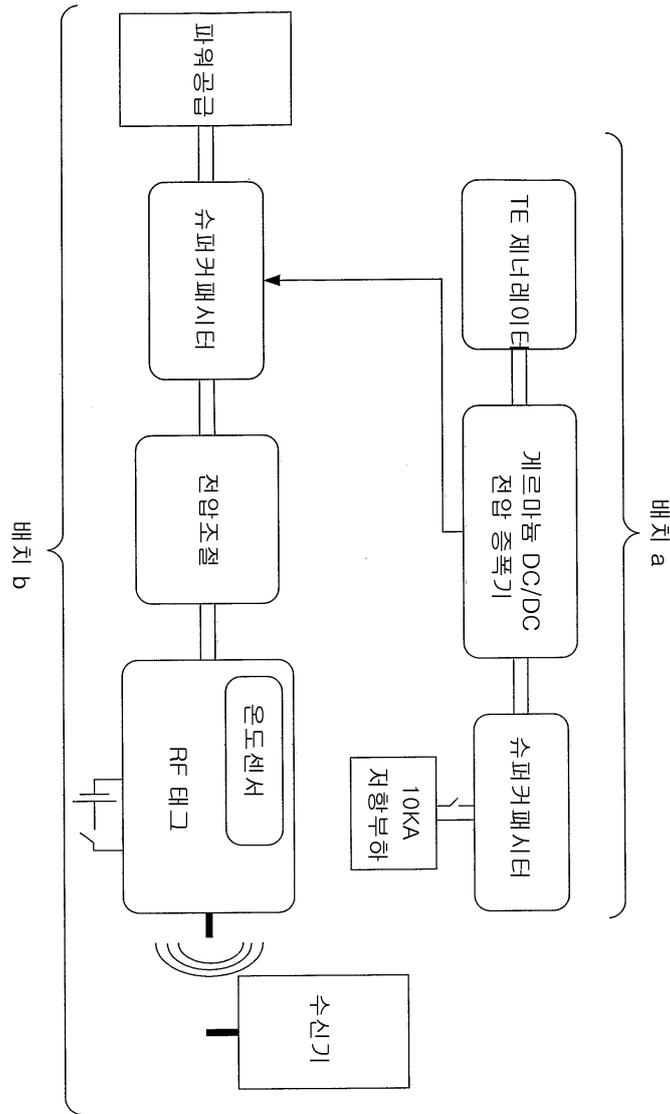
도면14



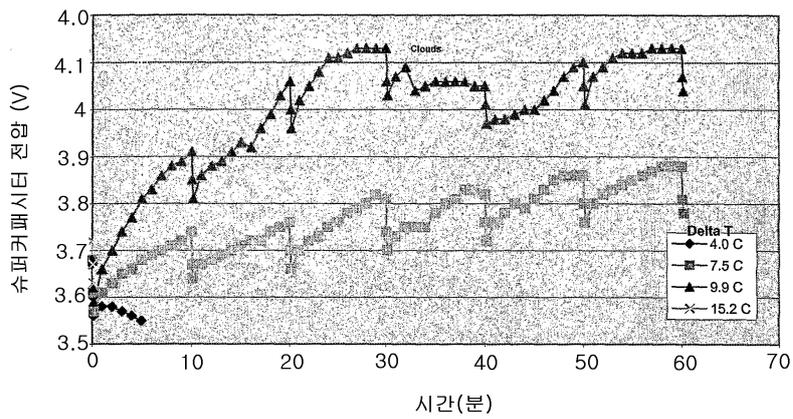
도면15



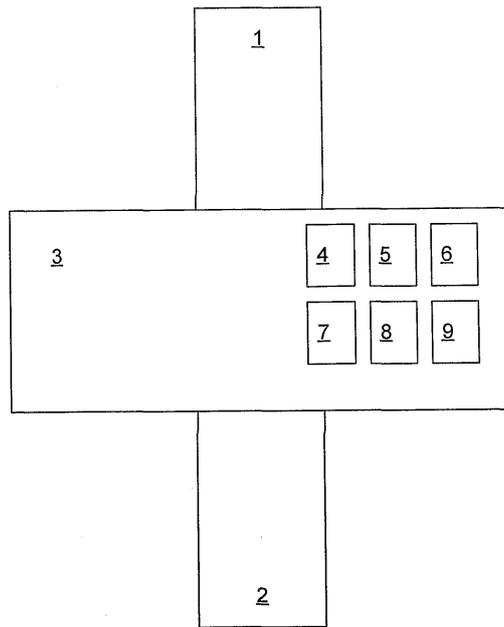
도면16



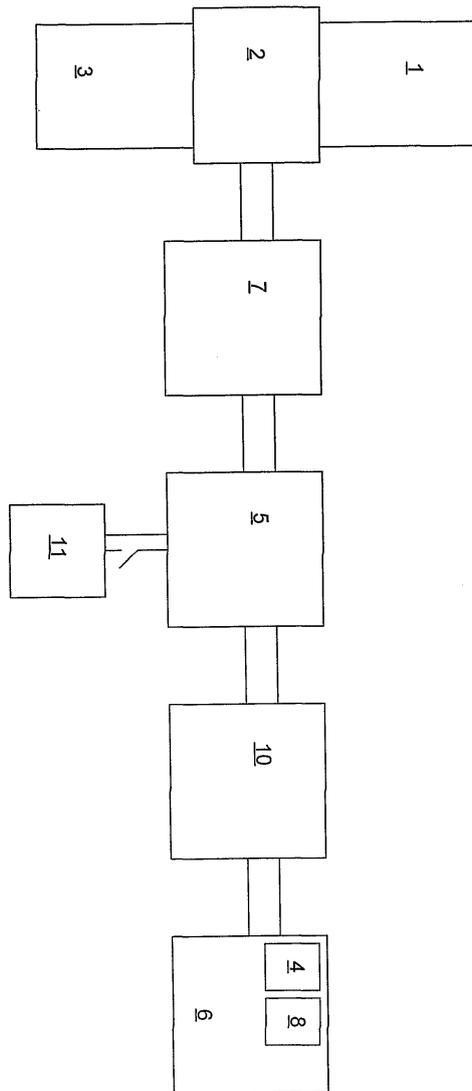
도면17



도면18



도면19



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 제23항

【변경전】

n형, p형

【변경후】

n-형, p-형