

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H01L 35/02 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년05월23일 10-0581978 2006년05월15일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2002-7014293	(65) 공개번호	10-2002-0093070
(22) 출원일자	2002년10월24일	(43) 공개일자	2002년12월12일
번역문 제출일자	2002년10월24일		
(86) 국제출원번호	PCT/AT2001/000123	(87) 국제공개번호	WO 2001/84641
국제출원일자	2001년04월25일	국제공개일자	2001년11월08일

(81) 지정국 국내특허 : 아랍에미리트, 안티구와바부다, 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바르바도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 벨리제, 캐나다, 스위스, 중국, 콜롬비아, 코스타리카, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 도미니카, 알제리, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그라나다, 그루지야, 가나, 감비아, 크로아티아, 헝가리, 인도네시아, 이스라엘, 인도, 아이슬랜드, 일본, 케냐, 키르키즈스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 모로코, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 모잠비크, 노르웨이, 뉴질랜드, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 슬로베니아, 슬로바키아, 시에라리온, 타지키스탄, 투르크멘, 터어키, 트리니다드토바고, 탄자니아, 우크라이나, 우간다, 미국, 우즈베키스탄, 베트남, 세르비아 앤 몬테네그로, 남아프리카, 짐바브웨,

AP ARIPO특허 : 가나, 감비아, 케냐, 레소토, 말라위, 모잠비크, 수단, 시에라리온, 스와질랜드, 탄자니아, 우간다, 짐바브웨,

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르키즈스탄, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크멘,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 사이프러스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀란드, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 터어키,

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베닌, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기니, 기니 비사우, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고,

(30) 우선권주장	A763/2000	2000년05월02일	오스트리아(AT)
------------	-----------	-------------	-----------

(73) 특허권자	슈판 게르하르트 오스트리아 아-6112 바텐스 레틀스타이너베크 50베
-----------	---

(72) 발명자	슈판 게르하르트 오스트리아 아-6112 바텐스 레틀스타이너베크 50베
----------	---

(74) 대리인	황광현
----------	-----

심사관 : 김성배

(54) 열전기 소자 및 이의 사용 방법 및 열전기 장치

요약

본 발명은 적어도 하나의 pn 접합부(3)가 형성되도록 배치되는 적어도 하나의 n 타입 도핑 층(1) 및 적어도 하나의 p 타입 도핑 층(2)을 포함하는 적어도 하나의 도핑된 반도체를 포함하는 열전기 소자에 관한 것이다. 적어도 하나의 n 타입 도핑 층(1) 및 적어도 하나의 p 타입 도핑 층(2)은 전기적으로 선택적인 방식으로 접촉되고, 온도 구배(T_1 , T_2)가 상기 적어도 하나의 n 타입 도핑 층(1)과 상기 적어도 하나의 p 타입 도핑 층(2) 간의 전체 경계층(3)을 따라서 상기 n 타입 도핑 층(1)과 p 타입 도핑 층(2)의 전체의 최장 길이를 걸쳐서 형성된다.

대표도

도 3

색인어

열전기 소자, pn 접합부, 반도체, 전기 선택적 접촉

명세서

본 발명은 적어도 하나의 pn 접합부가 형성되도록 배치되는 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 적어도 하나의 p 타입 도핑 층을 포함하는 적어도 하나의 도핑된 반도체를 포함하되, 상기 n 타입 도핑 층 및 상기 p 타입 도핑 층이 전기적으로 선택되게 접촉되고, 상기 적어도 하나의 n 타입 도핑 층과 상기 적어도 하나의 p 층 간의 경계층에 대해 온도 구배가 평행하게 (X-방향으로) 확립되는 열전기 소자 (thermoelectric element)에 관한 것이다.

열전기 효과는 이미 100 년 이상 동안 알려져 왔다. 온도 차이를 전류로 직접 변환하는데 사용될 수 있는 다양한 재료가 존재한다. 이러한 기술적 변환 효과는 지금까지 항상 공통 기본 구조물(도 1 참조)에 기초하여 이루어져 왔다. 상이한 두 개의 금속(a, b) 또는 상이하게 도핑된 두 개의 반도체들은 그 일단부, 즉 고온 단부(hot end)(온도 T_1)와 그 타단부, 즉 저온 단부(cold end)(온도 T_2)가 서로 연결되고, 이 때 전류가 측정될 수 있다(저항 R 은 부하임). 이러한 열전기 소자는 예컨대, EP 0 969 526 A1, JP 11195817 A, JP 10144969 A, JP 10022531 A, JP 10022530 A, JP 57-1276 (A), JP 07038158 A, JP 59-980 (A), JP 57-169283 (A), JP 4-63481 (A) 및 US 5,009,717 로부터 공지되어 있고, 일부 경우에는 도전층이 pn 접합 영역에서 n 타입 도핑 층과 p 타입 도핑 층간의 접촉면으로서 포함된다. 이들 모든 열전기 소자의 공통적인 특징은 상기 pn 접합부가 상기 n 타입 도핑 층과 p 타입 도핑 층간의 작은 영역에만 형성되는 반면, 상기 n 타입 도핑 층과 p 타입 도핑 층간의 보다 큰 영역은 공극(air gap) 또는 절연층으로서 형성된다(JP-63481 및 US 5,009,717).

온도 구배에서 전류로의 가장 효과적으로 가능한 변환을 달성하기 위해, 상기 열전기 소자들은 각 소자가 전기적으로는 직렬로 열적으로는 병렬로 스위칭되는 방식으로 조립되어 모듈을 형성하게 된다. 이어서, 이들 모듈은 결합되어 보다 큰 유닛을 형성한다(도 2 참조).

사용된 물질에 대한 선택은 목표로 정한 온도범위의 최대 가능한 효율도(degree of efficiency)의 관점에 따라 이루어진다. 상기 효율도는 일반적으로 $Z = S^2 / \rho k$ (여기서, S 는 씨백 계수(seebeck coefficient) 또는 절대 차동 열전기력, ρ 는 비저항, k 는 열 전도도임)라는 공식에 그 특징이 있다. 높은 효율도는 높은 씨백 계수와 동시에 낮은 비저항 및 낮은 열 전도도를 갖는 물질에서 달성된다.

종래의 기술은 몇몇 단점을 갖는다. 열전기에 중요한 물질의 특성(S 는 씨백 계수, ρ 는 비저항, k 는 열 전도도임)은 서로와 무관하게 매우 작은 정도로만 영향을 받을 수 있다. 이러한 관계는 최근에 약 10 - 20 % 정도로 달성될 수 있는 효율도를 제한한다.

종래 기술에 있어서, 온도 구배의 전개는, 열 전기력과 온도차간의 선형 관계로 인해 종래의 열전기 소자의 경우 고온측과 저온측간의 전체 온도차만이 역할을 수행하기 때문에, 효율도에 대해 거의 영향을 미치지 않는다.

상기 pn 접합부의 일측이 타측보다 더 상온이 되도록 예컨대, 다이오드(pn 접합부)와 같은 대체 개념을 사용하기 위한 시도는 효율도의 증가를 가져왔지만, 최초의 개념은 근본적으로 확장되지 못했다.

따라서, 본 발명의 목적은 향상된 열전기 소자를 창안하는 데 있다.

본 발명에 따르면, 상기 목적은 적어도 하나의 pn 접합부가 전체의 바람직하게는 가장 긴 n 타입 도핑 층(들)과 p 타입 도핑 층(들) 및 그에 따른 전체 경계층을 따라 형성됨으로써 달성된다.

본 발명의 중심이 되는 근본적인 신규한 사상은 해당 종방향의 크기를 갖는 pn 접합부를 따라 전개되는 온도 구배를 갖는 적어도 하나의 pn 접합부를 사용하는 것이다.

종래 기술에 있어서, 상기 pn 접합부는 대부분 열전기 소자의 고온측에 있는 일정한 온도를 갖는 작은 접촉 영역에서만 형성된다. 따라서, 상기 pn 접합부는 n-도핑부(층)와(과) p-도핑부(층)간의 전기 접촉력을 향상시키는 기능만을 수행한다. 이와는 반대로, 본 발명에 따르면, 구조적으로 적어도 하나의 pn 접합부는 상기 n 타입 도핑 층 및 p 타입 도핑 층의 전체 길이에 걸쳐 형성되고 상기 pn 접합 경계층을 따라 온도 구배가 확립된다. 그 결과, p-n 타입 도핑 층 패키지의 두개의 단부사이의 길게 신장된 pn 접합부를 따라 온도차가 야기됨으로써 본 발명에 따른 열전기 소자의 효율도는 상기 pn 접합부를 따라 그리고 그 pn 접합부내에서 온도 구배를 갖지 않는 종래 기술보다는 분명히 향상된다. 보다 정확한 동작 방법은 첨부도면을 참조하여 후술되는 바와 같이, 서로 다른 온도에서 pn 접합부에서의 서로 다른 방식의 전위 변조의 형성에 기초한다.

이러한 신규한 방식의 열전기 소자의 기능 원리에 중요한 것은 n 타입 도핑 층과 p 타입 도핑 층의 선택적 접촉이다. 이것은 콘택트들 및 이들 콘택트에 연결되는 pn 접합부를 합금하거나 각각의 층들을 직접 접촉시킴으로써 바람직하게 수행될 수 있다.

이하에서는, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 추가 장점들 및 상세한 내용을 설명하기로 한다.

도 1 은 종래기술에 따른 열전쌍(thermocouple)의 개략도이다.

도 2 는 종래기술에 따른 열전기 모듈을 도시한 것이다.

도 3 은 본 발명의 실시예에 따른 열전기 소자의 개략도로서, 도 3a 및 도 3b 는 n 타입 도핑 층/p 타입 도핑 층의 서로 다른 선택적인 접촉을 갖는 실시예를 나타낸 도면이다.

도 4 는 pn 접합부에 수직인 공간 좌표 z 의 함수로서 pn 접합부의 영역에서의 전위 v 를 나타낸 그래프이다.

도 5 는 서로 다른 온도 T_1 및 T_2 에서의 도 4 에 따른 두 가지 그래프를 도시한 것이다.

도 6 은 n 타입 도핑 층 및 p 타입 도핑 층에서의 전위 구배(potential gradient)의 형성을 3 차원으로 도시한 개략도이다.

도 7 은 양극성 확산(ambipolar diffusion)의 형성을 도시한 개략도이다.

도 8 은 전자-정공쌍 생성을 도시한 그래프이다.

도 9 는 전위 변조의 감소에 의해 전자-정공쌍의 재결합을 도시한 그래프이다.

도 10 은 열전기 소자를 통한 온도 구배의 바람직한 전개를 도시한 그래프이다.

도 11 은 폭 변조 및 이 폭 변조에 의해 달성된 온도 구배를 갖는 열전기 소자를 도시한 평면도이다.

도 12 는 두개의 pn 접합부를 갖는 실시예를 도시한 그래프이다.

도 13 은 본 발명에 따른 여러 개의 열전기 소자로부터 열전기 모듈의 구성을 도시한 도면이다.

도 14 는 고농도로 도핑된 n 타입 도핑 층, n 타입 도핑 층, p 타입 도핑 층 및 고농도로 도핑된 p 타입 도핑 층을 갖는 실시예를 도시한 도면이다.

본 발명에 따른 열전기 소자의 기본 구성이 도 3에 도시되어 있다. n 타입 도핑 층(1) 및 p 타입 도핑 층(2)은 pn 접합부(3)를 형성한다. 상기 n 타입 도핑 층(1) 및 p 타입 도핑 층(2)은 도체(6)를 저항 부하(R)(7)에 연결시키는 콘택트 (4, 5)를 통해 선택적으로 접촉된다. 온도 구배(T_1 는 고온을 지칭하고, T_2 는 저온을 지칭함)는 상기 pn 접합부(3)에 대해 평행하게 (x-방향으로) 확립된다.

도 3a 및 도 3b 는 상기 n 타입 도핑 층(1) 또는 p 타입 도핑 층(2)의 선택적인 접촉의 실시예를 도시한 것이다. 이 도면에서, x 방향의 접촉 길이에 비해서, 층의 두께는 (대략 100 내지 1000 배 정도로) 현저하게 더 두껍게 도시되어 있다. 도 3a 에 도시된 실시예에서, 상기 p 타입 도핑 층(2)은 표면상으로 증발된 금 콘택트 (5)[금줄(6)]를 통해 직접 접촉된다. 상기 n 타입 도핑 층의 접촉을 위해, 합금 콘택트(4')가 사용된다. PbTe 의 경우, 예컨대 인듐은 상기 합금 콘택트에 사용될 수 있다. 상기 인듐은 표면상으로 도포되고 확산되어 가열과정에 의해 층 패키지를 형성하게 된다. 상기 PbTe-인듐 합금은 n^+ (고농도 도핑) 타입으로 구성된다. 따라서, 오옴 콘택트(ohmic contact)는 상기 n 타입 도핑 층(1)에 형성되고 pn-콘택트는 상기 p 타입 도핑 층(2)에 형성된다.

도 3b 에 도시된 실시예에서, 상기 n 타입 도핑 층(1) 및 상기 p 타입 도핑 층(2)의 접촉은 직접 수행된다. 이것은 예컨대, 최상부층의 선택적인 에칭공정에 의해 가능하다.

해결방안의 특별한 관건은 상기 pn 접합부의 비선형 열 특성이 이용된다는 사실에 있다. 온도는 페르미 에너지(Fermi energy) 및 특히 전하 캐리어의 에너지 분포에 영향을 미친다. 그 결과, pn 접합부의 경우, 전위 변조에 변화가 야기된다. 여기서, 전위 변조는 예컨대, pn 접합부를 통한 반도체 구조의 전하 캐리어에 대한 전위의 변조를 의미한다. 따라서, 전자는 상기 n 타입 도핑 층에서 보다는 상기 p 타입 도핑 층에서 더 높은 에너지 전위를 갖고 정공은 상기 p 타입 도핑 층에서 보다는 상기 n 타입 도핑 층에서 더 높은 에너지 전위를 가지며, 이들 두개의 전위차가 전위 변조가 된다. 전위 변조에 대한 평형값은 현재 각 온도에 대해 존재하기 때문에, 온도가 변할 때 상기 전위 변조의 변화가 발생한다.

n 타입 도핑 층과 p 타입 도핑 층간의 경계층에 대해 평행한 온도 구배를 통해, 측방향 전위 구배는 x-방향으로 형성됨으로써, 양극성의 전하 캐리어 확산(ambipolar charge carrier diffusion)이 일어나고 그에 따라 과도전류가 야기된다. 여기서, 양극성의 전하 캐리어 확산이란 도 7 을 참조하여 설명되는 바와 같이, 정류된 농도 구배(rectified concentration gradient)에서 대향하는 전하 캐리어의 정류형 확산(rectified diffusion)을 의미한다. 선택적인 콘택트(상호간에 도전 접촉되지 않는 n 타입 도핑 층 및 p 타입 도핑 층에 대한 분리된 콘택트)를 통해, 이러한 내부 과도전류는 바깥쪽으로 흐를 수 있다. 이러한 과정은 다음 섹션에서 간단히 설명될 것이다.

좁은 밴드 반도체 PbTe(텔루르화납)은 일례로서 고려되어야 한다 : 전위 변조의 변화에 따른 열전기 소자의 이론적으로 유용한 전압은 약 $20 \text{ mV}/100 \text{ K} = 2 \times 10^{-4} \text{ V/K}$ 이고, 따라서 약 $1 \times 10^{-6} \text{ V/K}$ 의 씨백 계수의 크기 차수보다 높다. 직렬 연결된 소자들로부터 모듈을 구성함으로써, 고 전압이 달성될 수 있다.

열 평형에 있어서, 전하 캐리어(n 및 p)는 결합 페르미 에너지 E_1 이 형성되도록 분포된다(도 4 참조). 상기 페르미 에너지의 조건은 온도 함수이고, 전위 변조 Δv 에 영향을 미치며, 따라서 전위 변조는 온도 함수가 된다. 두개의 서로 다른 온도 T_1 및 T_2 의 경우(T_1 이 T_2 보다 높음), 도 5 에 도시된 상황이 야기된다. 고온 T_1 을 갖는 상기 pn 접합부는 낮은 전위 변조 Δv_1 을 갖는다.

만약, 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 p 타입 도핑 층을 포함하는 층 패키지에서 본 발명에 따른 온도 구배($T_1 > T_2$)는 x-방향으로 n 타입 도핑 층과 p 타입 도핑 층 간의 경계층에 대해 평행하고 서로 다른 온도를 갖는 영역들은 전기적으로 접촉한다. 온도가 증가함에 따라 전위 변조가 감소하기 때문에, 상기 x-축을 따른 인접 지점들은 서로 다른 전위에 있게 된다. 도 6 은 이러한 전위 변조의 형성을 3 차원으로 개략적으로 도시한 것이다.

전류가 흐르지 않는 한, 상기 페르미 에너지 E_1 은 z-V 축에서 수평을 이룬다(도 4). 따라서, 전위 구배는 n 타입 도핑 층 및 p 타입 도핑 층의 각각의 경우에 x-방향으로 형성된다. 상기 전위 구배는 상기 두개의 층에서 서로 다른 방향을 갖는다.

즉, 상기 두개 층에서의 전하 캐리어(상기 n 타입 도핑 층에는 전자이고, 상기 p 타입 도핑 층에는 정공)는 동일한 방향으로 구동된다. 이러한 전하 캐리어 운반은 양극성 확산으로 알려져 있다. 도 7 은 도 6 의 측면도로서 상기한 작용을 명확히 보여준다(정공은 "+" 로 전자는 "-" 로 표시됨).

이러한 양극성 확산의 결과로서, pb-층 패키지의 고온 T_1 영역에서 전하 캐리어들이 제거되고 그로 인해 전하 캐리어가 부족해지며 전위에 대한 스크리닝 효과(screening effect)가 감소되고 전위 변조는 증가한다. 이렇게 됨으로써, 국부 pn 접합부는 더 이상 열 평형상태에 있지 못하고 전자-정공쌍의 열 생성이 재결합보다 중요해진다(도 8 의 화살표 참조).

저온 T_2 영역에서, 전하 캐리어 과잉현상이 일어나고 이어서 국부 전위에 대한 스크리닝 효과가 증가하며 그 결과, 상기 열 평형에 비해 국부 전위 변조의 감소를 가져온다. 이렇게 됨으로써, 전자-정공쌍의 재결합이 강화된다(도 9 의 화살표 참조).

최종 결과, 적어도 하나의 pn 접합부를 갖는 층 패키지에서, 상기 층 패키지의 한 영역이 나머지 영역보다 더 고온상태에 있는 한, 즉 경계층에 대해 평행인 온도 구배가 존재하는 한, 원형전류가 흐르게 된다. 이러한 원형전류는 열을 운반한다.

n 타입 도핑 층과 p 타입 도핑 층간의 경계층에 대해 평행한 온도 구배로 인해, 전자-정공쌍 생성은 고온 영역에서 일어나고 이들 전자-정공쌍의 재결합은 저온 영역에서 일어나며, 결과적으로 과도전류가 흐르게 된다. 열 평형에 비해 n 타입 도핑 층과 p 타입 도핑 층간의 전위 변조는 변화되기 때문에, n 타입 도핑 층과 p 타입 도핑 층 사이에서 전압이 측정될 수 있다.

n 타입 도핑 층 및 p 타입 도핑 층간의 전위 변위가 변하고 생성 - 및 재결합 - 전류가 흐르기 때문에, 전류를 외부로 통할 수 있게 하기 위해서는 각각 n 타입 도핑 층하고만 선택적으로 접촉하는 콘택트들이 사용되어야 하고 각각 p 타입 도핑 층하고만 선택적으로 접촉하는 다른 콘택트들이 사용되어야 한다. 이러한 선택성(selectivity)은 합금 형성(도 3a 참조) 및 pn 접합부의 형성 또는 각 층들 간의 직접 접촉(도 3, 도 3b 참조)에 의해 보장될 수 있다.

pn 접합부의 원리는 일반적으로 응용될 수 있고, 따라서 pn 접합부를 형성하는 모든 물질들이 열전기를 위한 관심의 대상이 될 수 있다.

열전기에 중요한 물질의 특성(S 는 씨백 계수, ρ 는 비저항, k 는 열 전도도임)은 서로 무관하게 매우 작은 정도로만 영향을 받을 수 있다. 여기서 제시된 새로운 원리를 통해, x-방향에서의 중요한 물리적 파라미터의 측방향 변화는 전체 구성 요소에 영향을 미치게 되고, 따라서 효율도를 증가시키기 위해 충분한 새로운 가능성을 열어 놓을 수 있다. 이들 물리적 파라미터는 사용된 물질의 조성, 도핑, 층 두께, 층 폭 등을 포함한다.

온도 구배의 본질은 즉, 온도 분포의 숙련된 선택에 의해 효율도에 영향을 주고, 상기 효율도가 증가될 수 있다. 만약, 도 10 에 도시된 바와 같이, 고온 영역이 저온 영역에 비해 매우 크면(고온 영역에서는 구배가 밋밋하며 저온 영역에서는 구배가 급경사를 이룬다), 전자 - 정공쌍 생성은 큰 영역("+ 로 표시됨)에서 일어나고 증가된 재결합, 즉 원형전류의 강화는 작은 영역("- 로 표시됨)에서 일어남으로써, 전체 시스템의 효율도가 증가한다.

이러한 구배는 다양한 측정에 의해 달성될 수 있다. 한 가지 가능성은 사용 물질의 조성비를 변화시킴으로써 저온 단부에서보다는 고온 단부에서 더 높은 열 전도도를 갖는 물질을 사용하는 것이다. 또한, 폭을 변화시킴으로써 도 11 에 도시된 바와 같이 원하는 온도 구배를 얻을 수 있다.

상기 저온 단부에서 전류를 소모하면 강화된 재결합을 만들 수 있고 x-방향에서의 내부 전위 구배가 증가함으로써, 양극성 확산이 강화된다. 이것은 전하 캐리어의 양극성 확산이 전류 소모에 의해 더 강화되고, 전류의 소모로 인해 효율도가 증가한다는 것을 의미한다.

본 발명을 위해, 기본적으로는 종래의 개념에서와 동일한 물리적 파라미터가 중요하다. 그러나, 여기서 제시된 개념을 통해, 파라미터의 측면 변화가 전체 구조의 효율도에 영향을 주기 때문에, 파라미터의 상호의존성이 영향을 받을 수 있다.

또한, 이러한 개념은 우수한 열전기 물질을 위한 새로운 후보대상의 가능성을 열어놓고 있다.

모든 전기 도전 물질은 열전기(씨백) 효과를 나타내기 때문에, 물질의 선택에 대한 제한은 거의 없다. 그러나, 상기 물질들은 온도 함수로서의 효율도면에서 차이가 있다. 따라서, 사용된 물질은 원하는 온도 범위에 기초하여 선택되어야 한다.

화합물 반도체는 낮은 열 전도도로 인해, 열전기 소자를 위한 바람직한 물질이 된다. 우수한 열전기 물질의 일부 예로는 Bi_2Te_3 , PbTe , SiGe 를 들 수 있다. 또한, 일부 3 성분 화합물 및 4 성분 화합물은 높은 효율도를 나타낸다. 최근에는 이들 새로운 물질을 발견하기 위한 연구가 수행 중에 있다.

Si 와 같은 기초 반도체는 매우 우수한 열 전도도로 인해, 종래의 구성방식에서 저하된 효율도를 갖게 되고 따라서, 열전기 물질로는 사용되지 않는다.

그러나, 여기서 제시된 기술적 사상에 의하면, 이들 물질은 전기 및 열 전도도 비율은 물론 온도 분포도 하나의 역할을 수행하므로 효율도를 달성할 수 있다.

비저항을 가능한 한 낮게 유지하기 위해서는 고농도 - 초고농도 도핑과정이 필요하다. 물론, 도핑값은 사용 물질에 좌우된다. 예컨대, PbTe 의 경우, 10^{18} cm^{-3} 이상의 도핑값이 필요하다.

접촉 방식은 새로운 개념에서 매우 중요하다. 내부 과도전류는 분기되기 때문에, 층들은 선택적으로 접촉되어야 한다. 이러한 선택적 접촉은 원하는 층에의 직접적이고도 배타적인 전기접속을 통하거나 상기 컨택트를 합금함으로써 수행될 수 있다.

절대 온도차가 중요함은 물론, 온도 구배 역시 큰 역할을 한다. 온도 분포의 숙련된 선택을 통해, 고온 영역에서는 구배가 밋밋하고 저온 영역의 단부를 향할수록 구배가 급경사를 이루게 되어 효율도가 증가될 수 있다.

내부적으로 보강되는 전위 구배는 예컨대, 도핑 구배로 인해 n 타입 도핑 층과 p 타입 도핑 층간의 전위 변조의 변화에 의해 증가될 수 있다. 또한, 열 전도도는 두께의 변화 또는 조성비의 변화에 의해 측방향(x-방향)으로 영향을 받을 수 있고, 그에 따라 원하는 온도 구배가 달성될 수 있다.

내부 전위 구배는 전하 캐리어의 제거를 통해 다시 강화된다. 그 결과, 정방향의 피드백이 일어나고 에너지 변환의 효율도가 증가한다.

적어도 하나의 pn 접합부가 존재해야 한다. 그러나, 항상 교번하는 n 타입 도핑 층 및 p 타입 도핑 층을 통해 적어도 하나의 접합부를 사용하는 것이 가능하다. 도 12 는 층 순서 p-n-p 및 두개의 pn 접합부인 pn_1 및 pn_2 를 갖는 실시예를 도시한 것이다.

여기서 제시된 본 발명에 따른 요소들은 결합되어 모듈을 생성하여 전기적 직렬 및 열적 병렬 접속을 달성할 수 있다. 도 13 에는 이러한 모듈의 가능한 구성 방식이 도시된다.

도 13 에 도시된 실시예에서, 도 13 에 도시된 층 순서를 갖는 3 개의 열전기 개별요소들은 두개의 보드(8, 9) 사이의 상면에 열적으로 평행하게 배치된다. 전기적으로는, 상기 개별요소들은 상호교차 와이어(6')를 통해 직렬로 연결된다. 상기 보드(8, 9)는 열적 결합을 향상시키는 기능을 수행하고 또한 선택적으로 제거될 수 있다. 이들 보드(8, 9)는 우수한 열 도체로 형성되고, 전기 단락(short-circuits)을 방지하기 위해 세라믹, 전기적으로 비전도성인 물질(예: Al_2O_3)로 구성되는 것이 바람직하다.

n-타입 및 p-타입으로 도핑된 두개의 층(1, 2)과 상기 층들 사이에 형성된 pn 접합부로 구성된 열전기 소자의 효율도를 향상시키기 위해, 도 14 에 도시된 바와 같이 두개의 추가층(1a, 2a)을 부가할 수 있다. 기존의 n 타입 도핑 층(1)에는 고농도로 도핑된 n 타입 도핑 층(1a)이 그리고 기존의 p 타입 도핑 층(2)에는 고농도로 도핑된 p 타입 도핑 층(2a)이 부가됨으로써 4 개의 층을 갖는 후속층 구조($n^+ - n - p - p^+$)가 얻어진다.

선택적인 접촉은 두개 층인 경우와 동일하게 유지된다.

특히, 본 발명이 적용될 수 있는 3 가지 분야가 있다:

1. 온도차를 전류로 직접 변환하기 위한 열전기 발생기. 이 개념을 통해, 생성되는 잔여 열이 이용될 수 있지만, 그렇지 않으면 미사용 상태로 남아있게 된다.
2. 역 발생효과 : 전류의 흐름으로 인해 일단부는 고온 단부가 되고 타단부는 저온 단부가 된다. 이러한 효과는 (저온을 달성하거나 열을 제거하도록) 능동 냉각(active cooling)을 위해 사용된다.
3. 예컨대 공조 플랜트 또는 (동력) 전자기기에서 효율적인 수동 냉각에 사용되는 강화된 열 전도도.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

전기적으로 선택되게 접촉된 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 적어도 하나의 p 타입 도핑 층을 포함하는 적어도 하나의 도핑된 반도체를 포함하되,

상기 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 상기 적어도 하나의 p 타입 도핑 층이, 상기 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 상기 적어도 하나의 p 타입 도핑 층 간의 경계를 따라서 상기 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 상기 적어도 하나의 p 타입 도핑 층의 총 길이에 걸쳐서 연장된 적어도 하나의 pn 접합부가 형성되며, 상기 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 상기 적어도 하나의 p 타입 도핑 층 간의 경계에 대해 평행한 상기 pn 접합부를 따라서 온도 구배가 형성되도록, 구성되는,

열전기 소자.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 pn 접합부는 상기 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 상기 적어도 하나의 p 타입 도핑 층의 가장 표면(longest surface)을 따라서 형성된,

열전기 소자.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 상기 적어도 하나의 p 타입 도핑 층은, 상기 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 상기 적어도 하나의 p 타입 도핑 층 중 적어도 하나를 직접적으로 접촉하는 적어도 하나의 컨택트를 포함하는 다수의 전기 컨택트에 의해 전기적으로 선택되게 접촉되는,

열전기 소자.

청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 상기 적어도 하나의 p 타입 도핑 층은 적어도 하나의 합금 컨택트를 포함하는 다수의 전기 컨택트에 의해 전기적으로 선택되게 접촉되는,

열전기 소자.

청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 열전기 소자의 적어도 하나의 물리적 파라미터는 경계층에 대해 평행한 방향으로 변하는,

열전기 소자.

청구항 6.

제 5 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 물리적 파라미터는 상기 도핑 층의 물질 조성, 도핑 농도, 층 두께 및 층 폭 중 적어도 하나를 포함하는,

열전기 소자.

청구항 7.

제 1 항에 있어서,

상기 온도 구배는 상기 열전기 소자의 저온 단부에서보다 상기 열전기 소자의 고온 단부에서 작은,

열전기 소자.

청구항 8.

제 7 항에 있어서,

상기 고온 단부의 물질은 상기 저온 단부의 물질보다 높은 열 전도도를 갖는,

열전기 소자.

청구항 9.

제 7 항에 있어서,

상기 온도 구배의 방향을 가로지르게 측정되면서, 상기 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 상기 적어도 하나의 p 타입 도핑 층 간의 경계에 대해서는 평행하게 측정된 상기 열전기 소자의 폭은 열전기 소자의 저온 단부를 향해서 급격하게 감소하는,

열전기 소자.

청구항 10.

제 9 항에 있어서,

상기 온도 구배의 방향을 가로지르게 측정되면서, 상기 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 상기 적어도 하나의 p 타입 도핑 층 간의 경계에 대해서는 평행하게 측정된 상기 열전기 소자의 폭은 열전기 소자의 저온 단부 바로 앞에서 급격하게 감소하는,

열전기 소자.

청구항 11.

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 상기 적어도 하나의 p 타입 도핑 층은 상기 열전기 소자의 저온 단부에 전기적으로 선택되게 접촉되는,

열전기 소자.

청구항 12.

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 도핑된 반도체는 화합물 반도체를 포함하는,

열전기 소자.

청구항 13.

제 12 항에 있어서,

상기 화합물 반도체 물질은 Bi_2Te_3 , PbTe , SiGe 인,

열전기 소자.

청구항 14.

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 도핑된 반도체는 3 성분 화합물 또는 4 성분 화합물을 포함하는,

열전기 소자.

청구항 15.

온도차를 전류로 변환하는 열전기 발생기로서 제 1 항에 따른 열전기 소자를 사용하는 방법.

청구항 16.

냉각 소자로서 제 1 항에 따른 열전기 소자를 사용하는 방법으로서,

상기 열전기 소자의 제 1 단부는 가열되고,

상기 제 1 단부에 대향하는 상기 열전기 소자의 제 2 단부는 전류가 흐리기 시작하면서 냉각되는,

열전기 소자의 사용 방법.

청구항 17.

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 도핑된 반도체 각각은 최소 10^{18} cm^{-3} 의 높은 도핑 농도 값을 갖는,

열전기 소자.

청구항 18.

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 도핑된 반도체는 n 타입 도핑 층과 p 타입 도핑 층을 연속적으로 교번 적층시킴으로써 형성된 적어도 2 개의 pn 접합부를 포함하는,

열전기 소자.

청구항 19.

열적으로는 병렬로, 전기적으로는 직렬로 접속된 적어도 2 개의 열전기 소자를 포함하며,

각 열전기 소자는,

전기적으로 선택되게 접속된 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 적어도 하나의 p 타입 도핑 층을 포함하는 적어도 하나의 도핑된 반도체를 포함하되,

상기 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 상기 적어도 하나의 p 타입 도핑 층이, 상기 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 상기 적어도 하나의 p 타입 도핑 층 간의 경계를 따라서 상기 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 상기 적어도 하나의 p 타입 도핑 층의 총 길이에 걸쳐서 연장된 적어도 하나의 pn 접합부가 형성되며, 상기 적어도 하나의 n 타입 도핑 층 및 상기 적어도 하나의 p 타입 도핑 층 간의 경계에 대해 평행한 상기 pn 접합부를 따라서 온도 구배가 형성되도록, 구성되는,

열전기 장치.

청구항 20.

제 19 항에 있어서,

상기 열전기 소자들은 열 전도체를 통해서 고온 단부 및 저온 단부에서 각기 열적으로 상호접속된,

열전기 장치.

청구항 21.

제 20 항에 있어서,

상기 열 전도체는 세라믹 열 전도체인,

열전기 장치.

청구항 22.

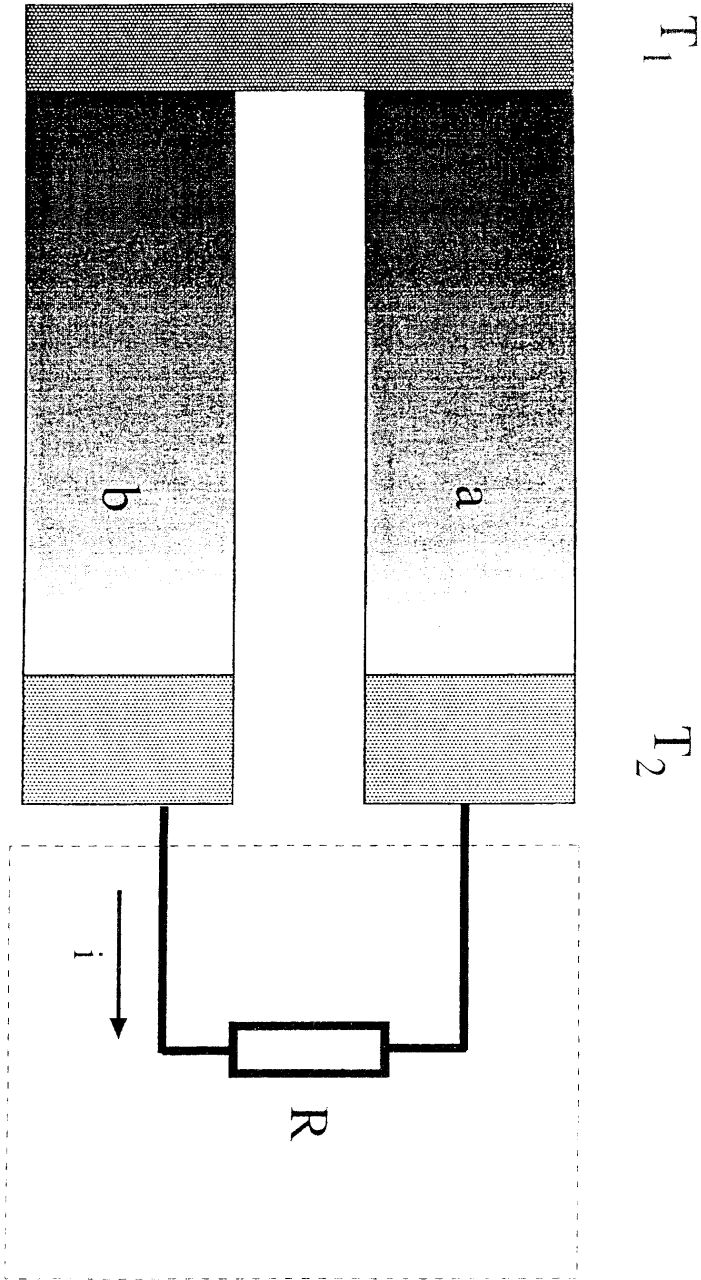
제 20 항에 있어서,

상기 열전기 소자들의 상기 고온 단부 및 상기 저온 단부 각각은 상기 열 전도체에 부착된,

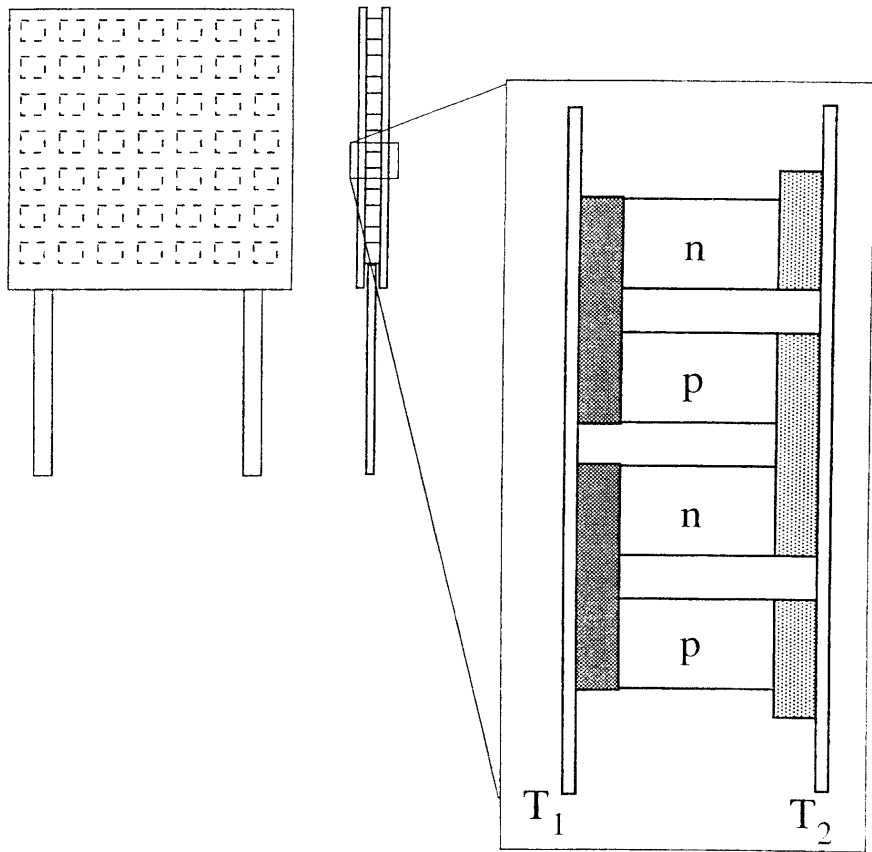
열전기 장치.

도면

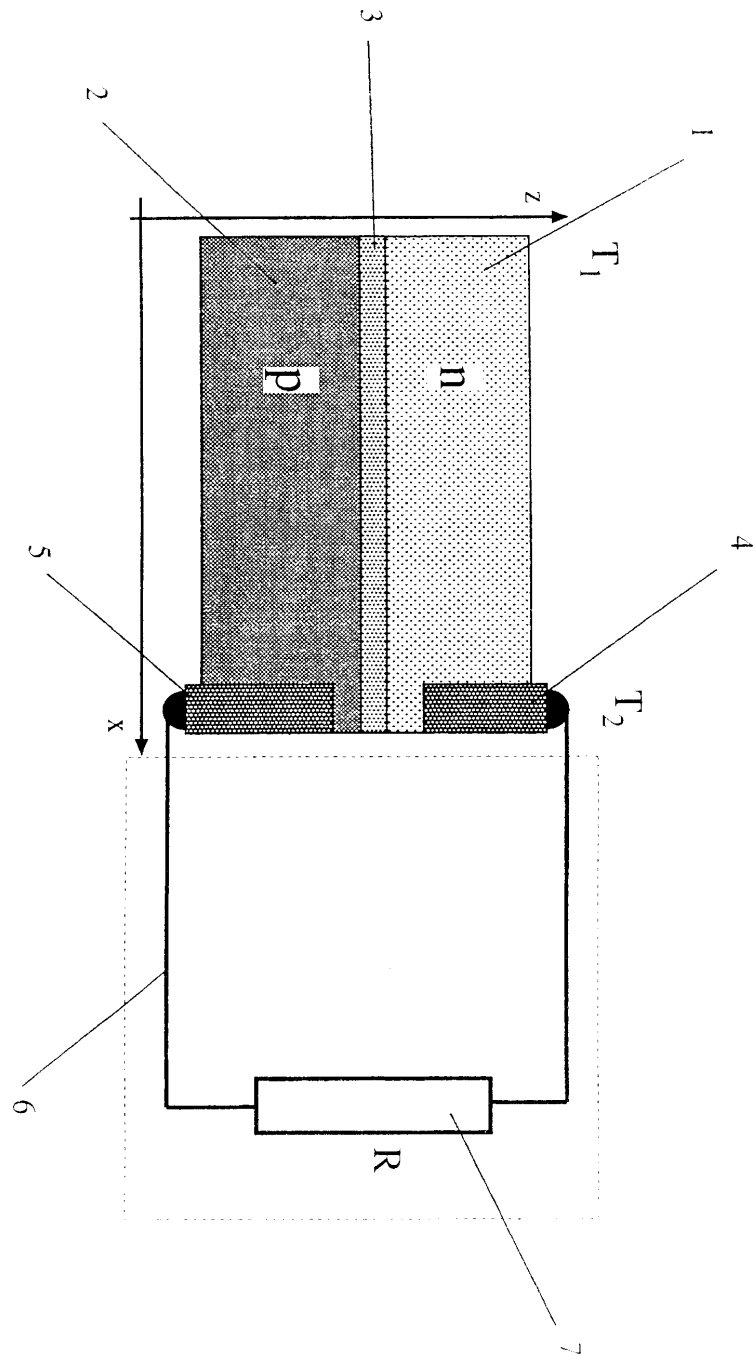
도면1



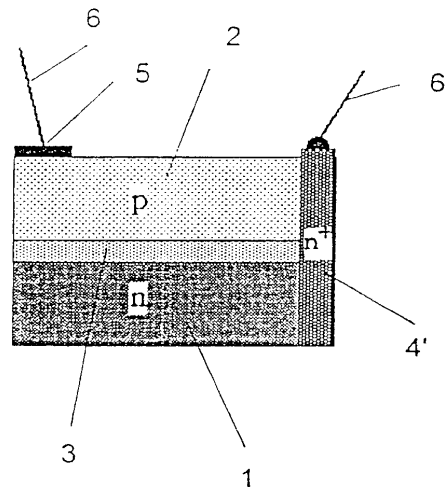
도면2



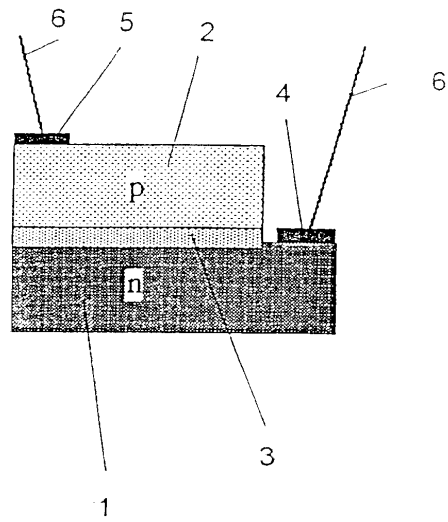
도면3



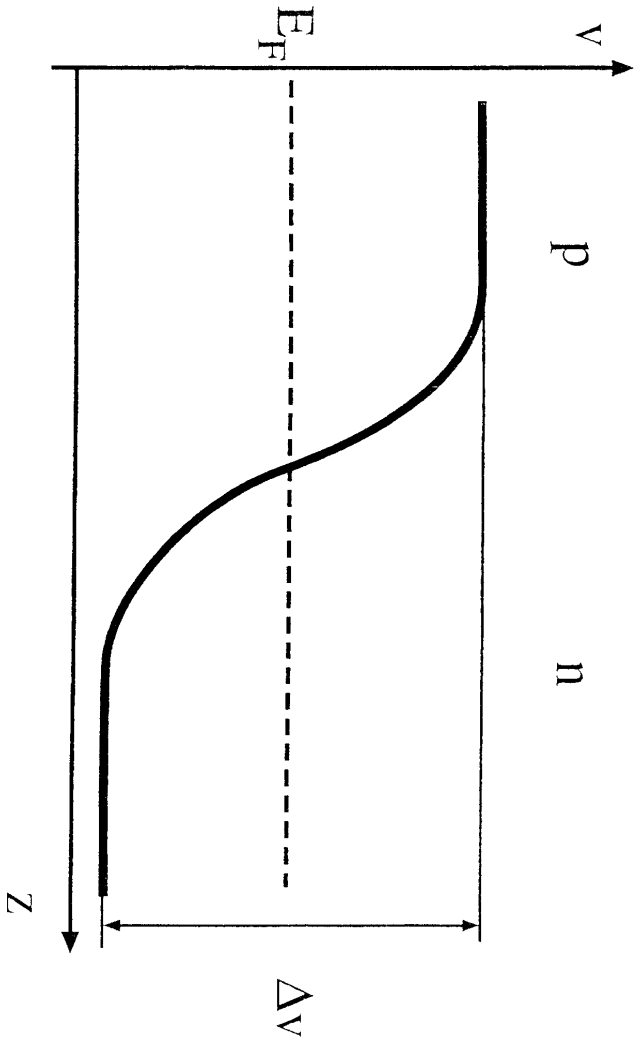
도면3a



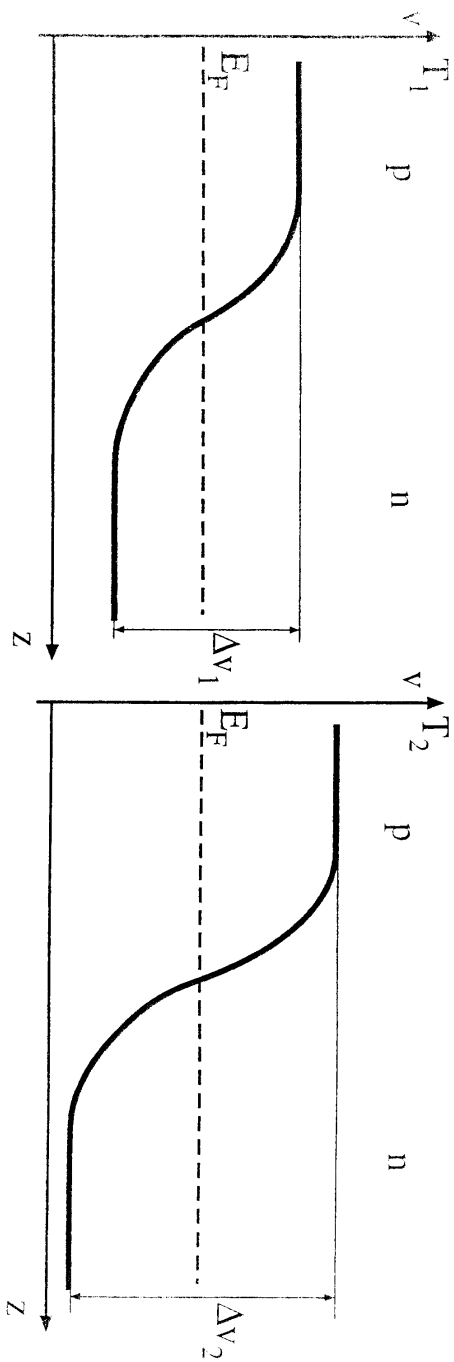
도면3b



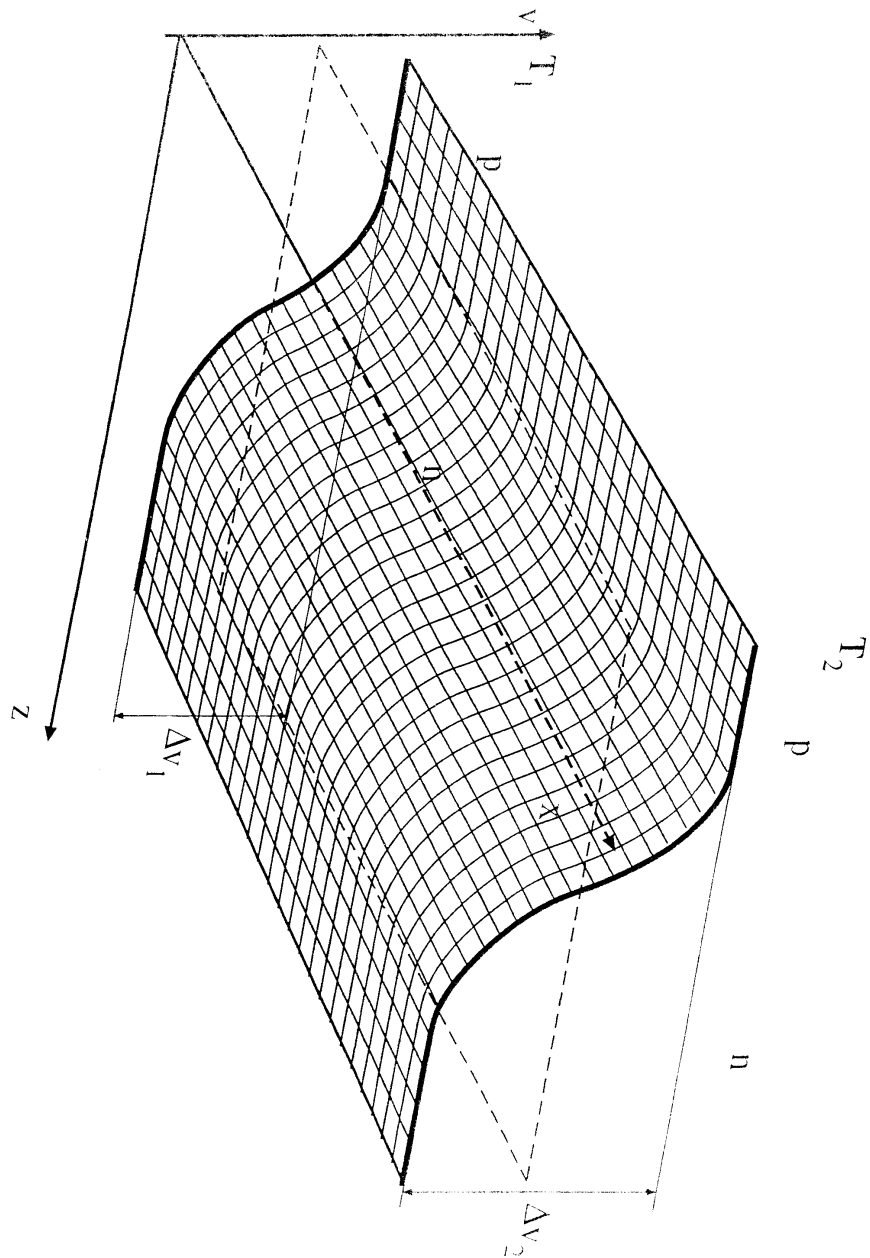
도면4



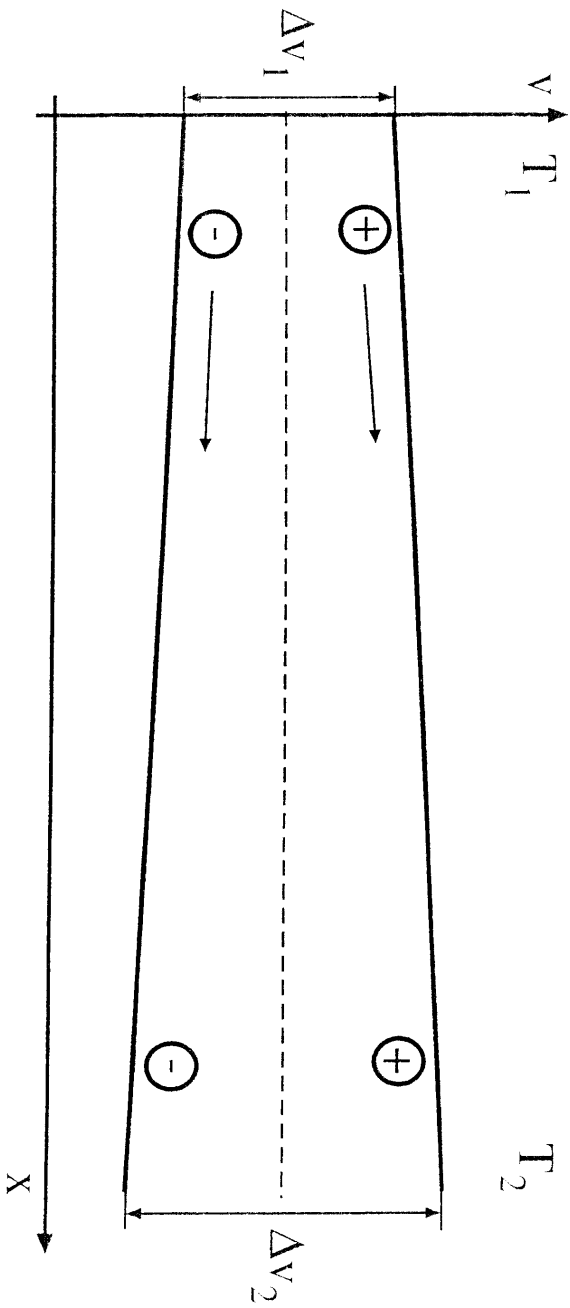
도면5



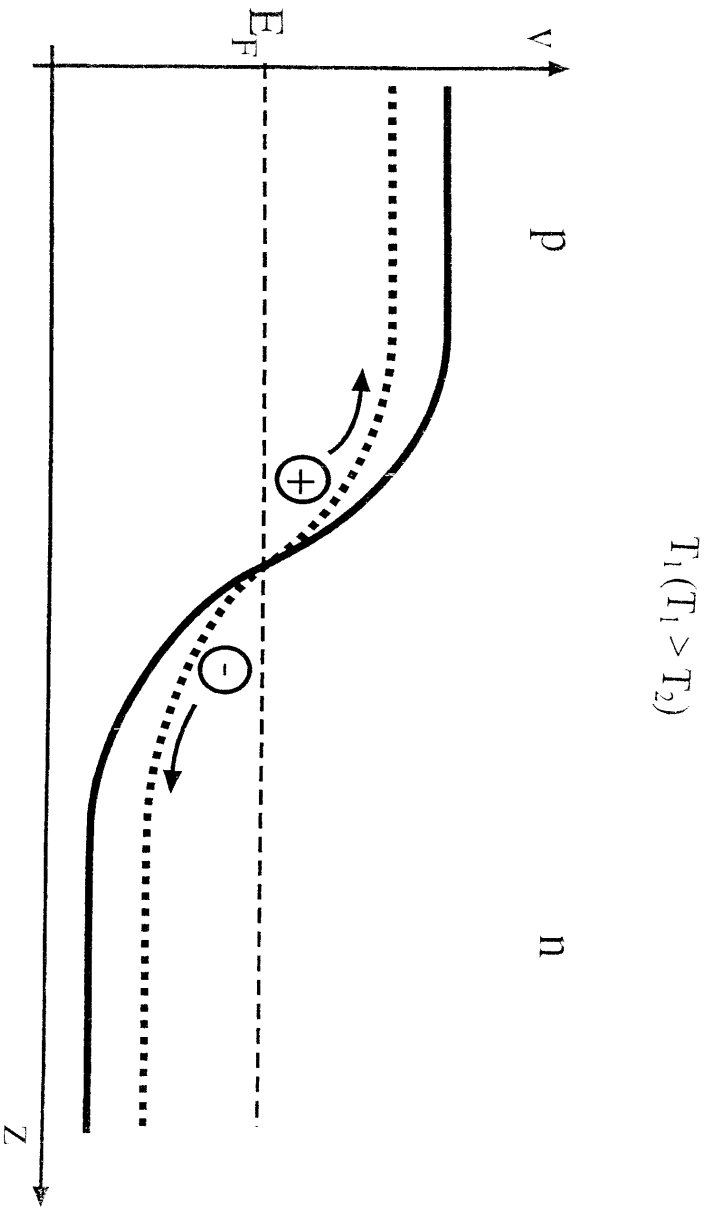
도면6



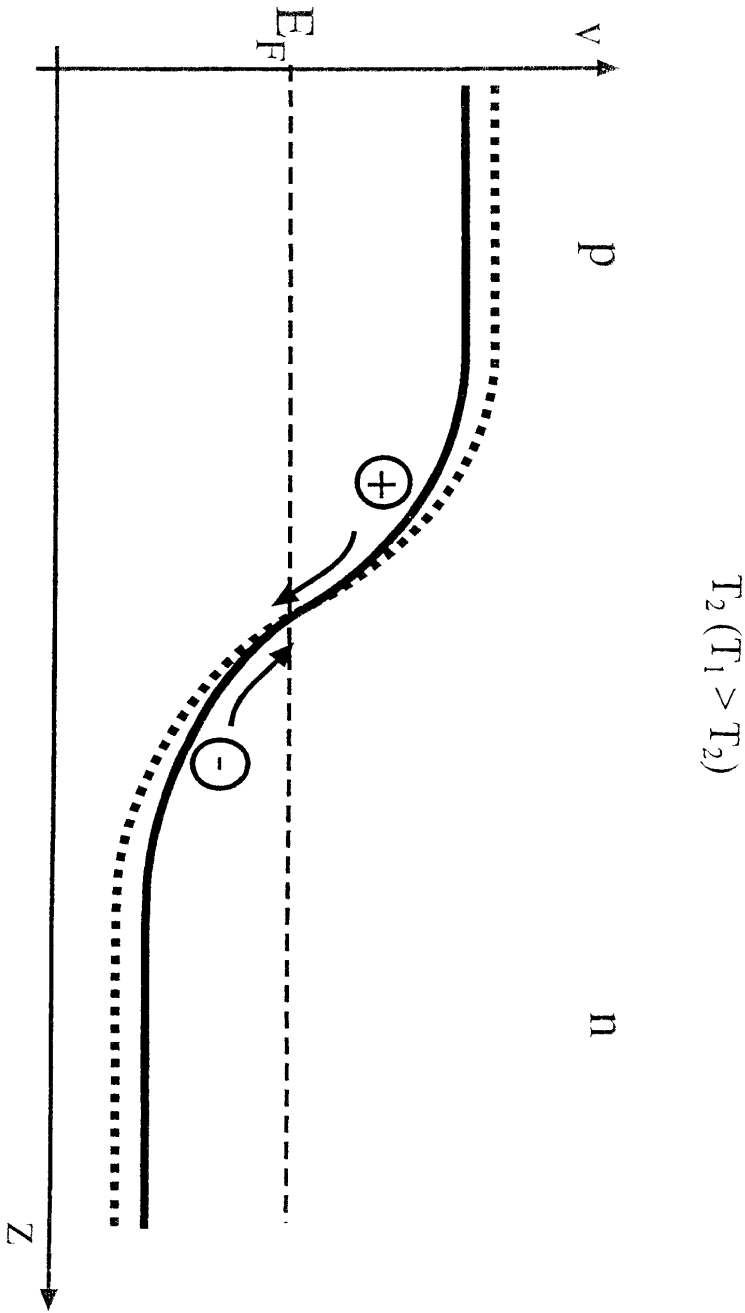
도면7



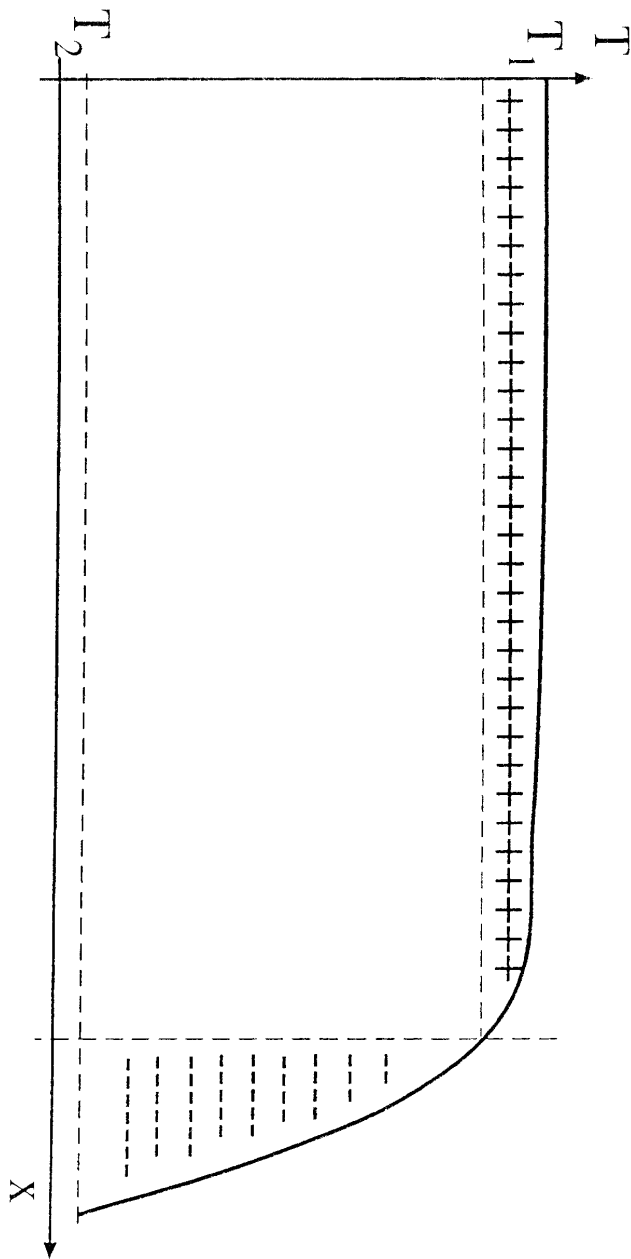
도면8



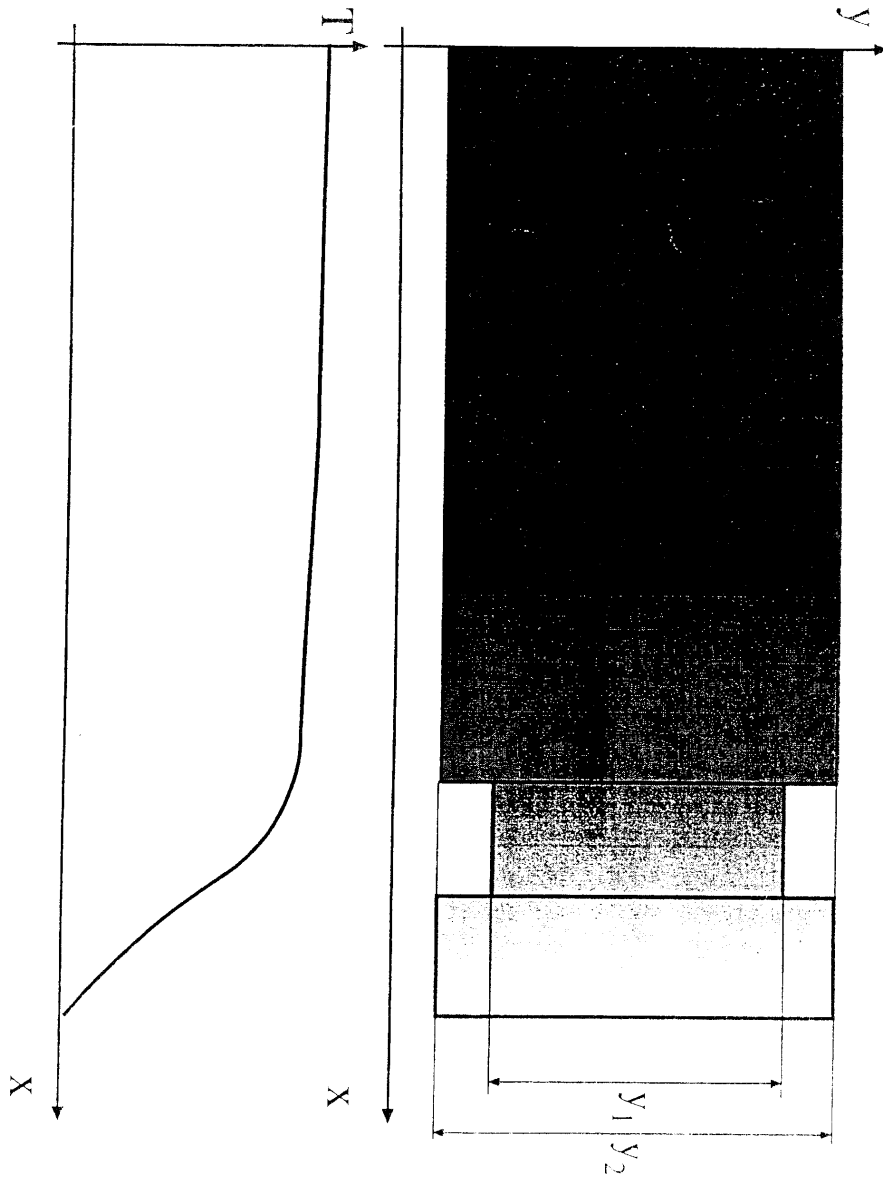
도면9



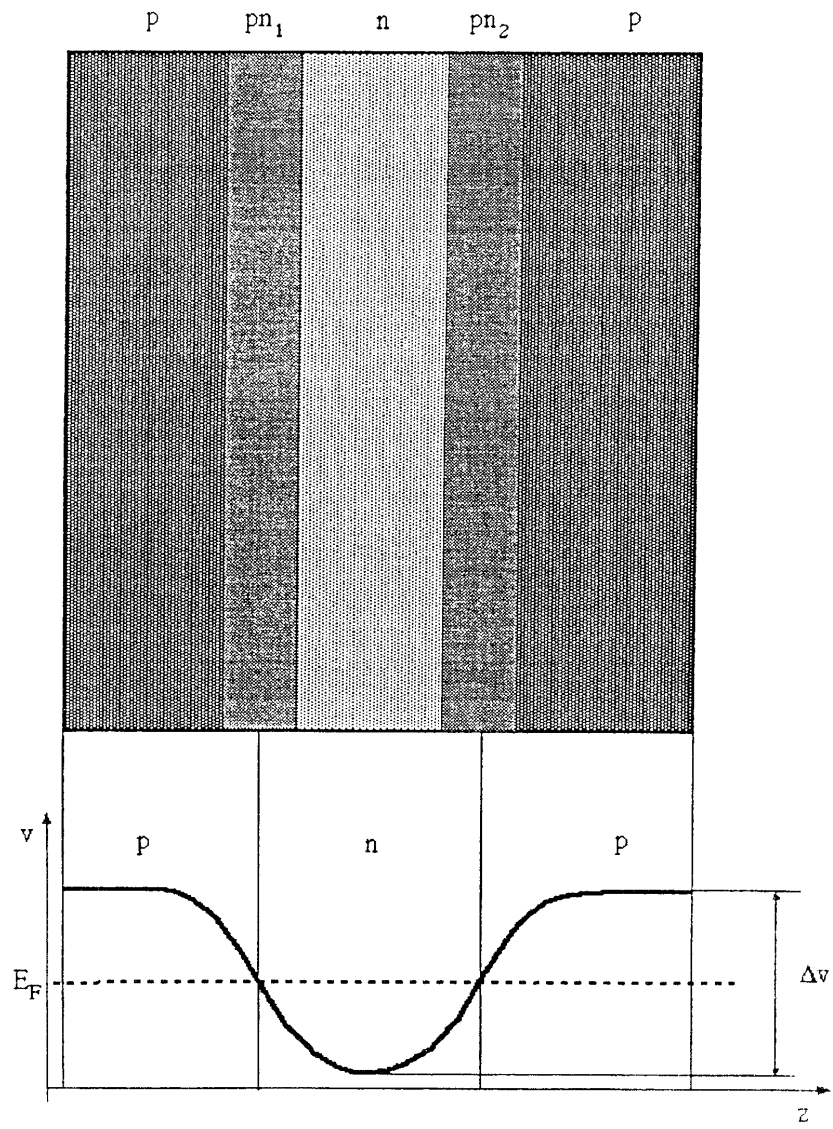
도면10



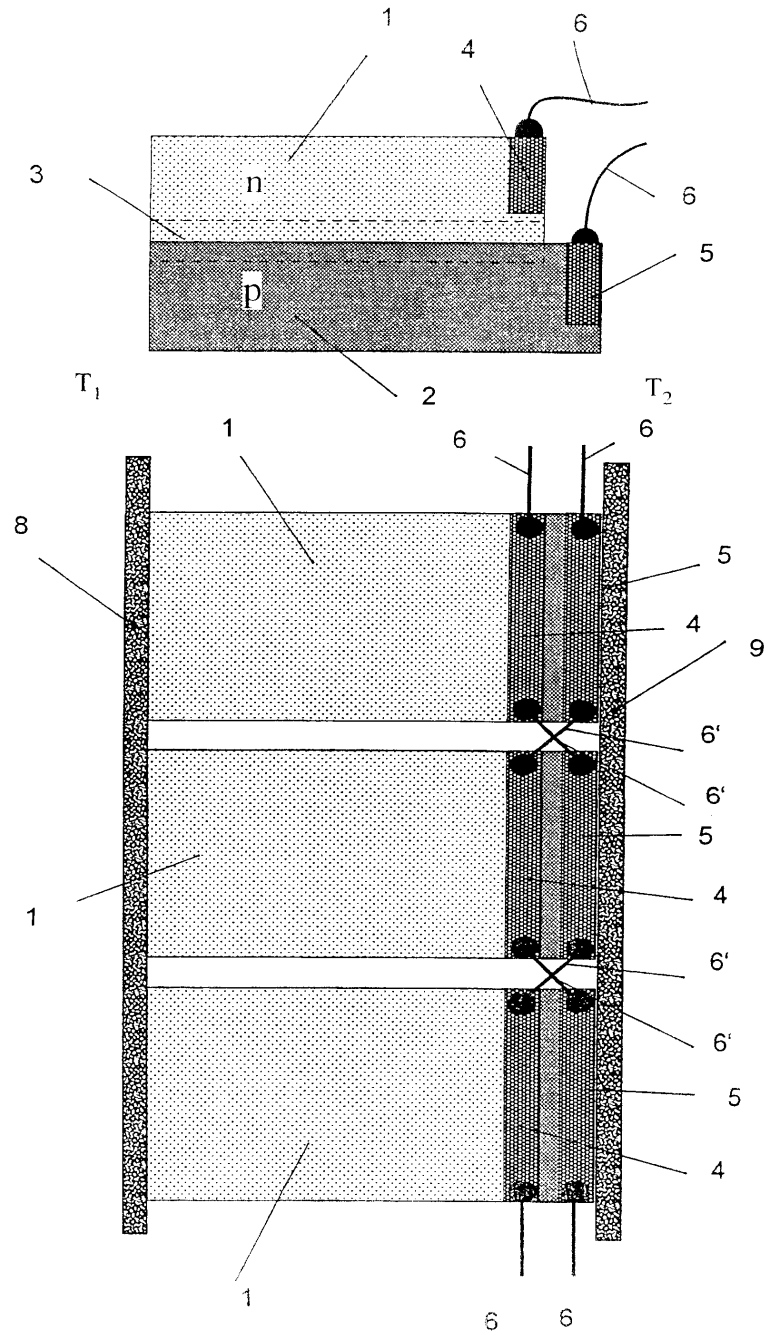
도면11



도면12



도면13



도면14

