



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년05월27일  
(11) 등록번호 10-1398145  
(24) 등록일자 2014년05월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**H01C 7/06** (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2012-7008673
- (22) 출원일자(국제) 2010년09월02일  
심사청구일자 2012년04월03일
- (85) 번역문제출일자 2012년04월03일
- (65) 공개번호 10-2012-0046328
- (43) 공개일자 2012년05월09일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2010/047628
- (87) 국제공개번호 WO 2011/028870  
국제공개일자 2011년03월10일
- (30) 우선권주장  
61/239,962 2009년09월04일 미국(US)  
61/359,000 2010년06월28일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP05006801 A\*  
JP11283802 A\*  
US05953811 A\*  
USRE039660 E1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 25 항

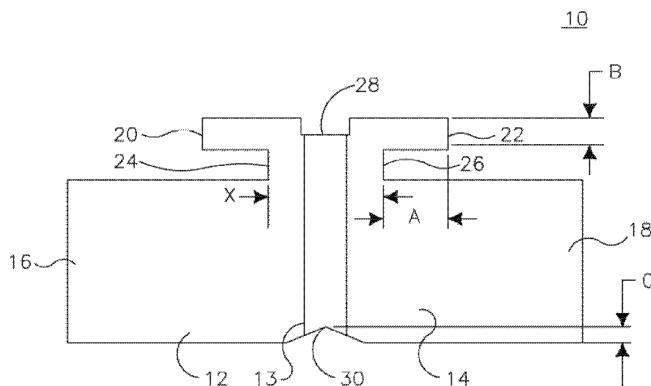
심사관 : 손보인

(54) 발명의 명칭 저항 온도 계수 보상을 갖춘 저항기

**(57) 요 약**

전류 감지 저항기 및 저항 온도 계수(TCR) 보상을 갖춘 전류 감지 저항기 제조 방법이 개시된다. 저항기는 2 개의 전도성 스트립들 사이에 배치되는 저항성 스트립을 가진다. 한 쌍의 주 단자들 및 한 쌍의 전압 감지 단자들이 전도성 스트립들 내에 형성된다. 한 쌍의 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯들이 주 단자들과 전압 감지 단자들 사이에 배치되며, 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯들 각각은 전압 감지 단자들에서 관찰되는 음의 시작 TCR 값을 획득하도록 선택된 깊이를 갖는다. 정밀한 TCR 설정 슬롯이 한 쌍의 전압 감지 단자들 사이에 형성된다. 정밀한 TCR 설정 슬롯은 전압 감지 단자들에서 관찰되는 TCR 값이 0에 근접하도록 선택된 깊이를 갖는다. 저항 설정 슬롯이 저항기의 저항값을 측정하도록 선택된 깊이를 갖는다.

**대 표 도** - 도3



(72) 발명자  
와이어트 토드 엘  
미국 네브拉斯카주 68601 콜럼버스 30번 거리 4535

베익 토마스 엘  
미국 네브拉斯카주 68601 콜럼버스 10번가 766

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

저항의 온도 계수(temperature coefficient of resistance; TCR) 보상을 갖춘 저항기로서,

제1 전도성 스트립과 제2 전도성 스트립 사이에 배치되는 저항성 스트립;

상기 제1 전도성 스트립 내에 형성되는 제1 주 단자와 제1 전압 감지 단자;

상기 제2 전도성 스트립 내에 형성되는 제2 주 단자와 제2 전압 감지 단자;

상기 제1 주 단자와 상기 제1 전압 감지 단자 사이에 위치하는 제1 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯(rough TCR calibration slot);

상기 제2 주 단자와 상기 제2 전압 감지 단자 사이에 위치하는 제2 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯; 및

상기 제1 전압 감지 단자와 상기 제2 전압 감지 단자 사이에 형성되는 정밀한 TCR 설정 슬롯(fine TCR calibration slot)

을 포함하고,

상기 제1 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯과 상기 제2 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯 각각은 음의 시작 TCR 값(negative starting TCR value) - 상기 음의 시작 TCR 값은 상기 제1 전압 감지 단자와 상기 제2 전압 감지 단자에서 관찰됨 - 을 획득하도록 선택되는 깊이를 갖고,

상기 정밀한 TCR 설정 슬롯은 0에 근접하는 TCR 값 - 상기 0에 근접하는 TCR 값은 상기 제1 전압 감지 단자와 상기 제2 전압 감지 단자에서 관찰됨 - 을 획득하도록 선택되는 깊이를 갖는 것인, 저항기.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 주 단자 및 상기 제2 주 단자 사이에 형성되는 저항 설정 슬롯을 더 포함하고, 상기 저항 설정 슬롯은 상기 저항기의 저항 값을 설정하도록 선택되는 깊이를 갖는 것인, 저항기.

### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제1 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯과 상기 제2 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯 각각은 동일한 깊이를 갖는 것인, 저항기.

### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제1 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯과 상기 제2 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯 각각은 서로 다른 깊이를 갖는 것인, 저항기.

### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 정밀한 TCR 설정 슬롯은 상기 저항성 스트립 내에 형성되는 것인, 저항기.

### 청구항 6

제2항에 있어서, 상기 저항 설정 슬롯은 상기 저항성 스트립 내에 형성되는 것인, 저항기.

### 청구항 7

제1항에 있어서, 상기 제1 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯과 상기 제2 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯은 편침(punching) 또는 기계 가공(machining)에 의해 형성되는 것인, 저항기.

### 청구항 8

제1항에 있어서, 상기 정밀한 TCR 설정 슬롯은 레이저 트리밍(trimming)에 의해 형성되는 것인, 저항기.

**청구항 9**

저항의 온도 계수(temperature coefficient of resistance; TCR) 보상을 갖춘 저항기의 제조 방법에 있어서,

제1 전도성 스트립과 제2 전도성 스트립 사이에 저항성 스트립을 배치하는 단계;

상기 제1 전도성 스트립 내에 제1 주 단자와 제1 전압 감지 단자를 형성하는 단계;

상기 제2 전도성 스트립 내에 제2 주 단자와 제2 전압 감지 단자를 형성하는 단계;

상기 제1 주 단자와 상기 제1 전압 감지 단자 사이에 제1 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯(rough TCR calibration slot)을 형성하는 단계;

상기 제2 주 단자와 상기 제2 전압 감지 단자 사이에 제2 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯을 형성하는 단계; 및

상기 제1 전압 감지 단자와 상기 제2 전압 감지 단자 사이에 정밀한 TCR 설정 슬롯(fine TCR calibration slot)을 형성하는 단계

를 포함하고,

상기 제1 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯과 상기 제2 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯 각각은 음의 시작 TCR 값(negative starting TCR value) - 상기 음의 시작 TCR 값은 상기 제1 전압 감지 단자와 상기 제2 전압 감지 단자에서 관찰됨 - 을 획득하도록 선택되는 깊이를 갖고,

상기 정밀한 TCR 설정 슬롯은 0에 근접하는 TCR 값 - 상기 0에 근접하는 TCR 값은 상기 제1 전압 감지 단자와 상기 제2 전압 감지 단자에서 관찰됨 - 을 획득하도록 선택되는 깊이를 갖는 것인, 저항기의 제조 방법.

**청구항 10**

제9항에 있어서, 상기 제1 주 단자 및 상기 제2 주 단자 사이에 저항 설정 슬롯을 형성하는 단계를 더 포함하고, 상기 저항 설정 슬롯은 상기 저항기의 저항 값을 설정하도록 선택되는 깊이를 갖는 것인, 저항기의 제조 방법.

**청구항 11**

제9항에 있어서, 상기 제1 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯과 상기 제2 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯 각각은 동일한 깊이를 갖는 것인, 저항기의 제조 방법.

**청구항 12**

제9항에 있어서, 상기 제1 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯과 상기 제2 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯 각각은 서로 다른 깊이를 갖는 것인, 저항기의 제조 방법.

**청구항 13**

제9항에 있어서, 상기 정밀한 TCR 설정 슬롯은 상기 저항성 스트립 내에 형성되는 것인, 저항기의 제조 방법.

**청구항 14**

제10항에 있어서, 상기 저항 설정 슬롯은 상기 저항성 스트립 내에 형성되는 것인, 저항기의 제조 방법.

**청구항 15**

제9항에 있어서, 상기 제1 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯과 상기 제2 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯은 편침(punching) 또는 기계 가공(machining)에 의해 형성되는 것인, 저항기의 제조 방법.

**청구항 16**

제9항에 있어서, 상기 정밀한 TCR 설정 슬롯은 레이저 트리밍(trimming)에 의해 형성되는 것인, 저항기의 제조 방법.

**청구항 17**

저항의 온도 계수(temperature coefficient of resistance; TCR) 보상을 갖춘 저항기에 있어서,

제1 전도성 스트립과 제2 전도성 스트립 사이에 배치되는 저항성 스트립으로서, 상기 제1 전도성 스트립과 상기 제2 전도성 스트립 각각은 한정된(defined) 내부 구역을 갖는 것인, 상기 저항성 스트립;

상기 제1 전도성 스트립의 한정된 내부 구역 내에 형성되는 제1 주 단자 및 제1 전압 감지 단자;

상기 제2 전도성 스트립의 한정된 내부 구역 내에 형성되는 제2 주 단자 및 제2 전압 감지 단자; 및

제1 TCR 설정 슬롯 및 제2 TCR 설정 슬롯으로서, 상기 제1 TCR 설정 슬롯 및 상기 제2 TCR 설정 슬롯 각각은 상기 제1 주 단자와 상기 제2 주 단자 사이에 위치하는 제1 TCR 설정 다리(leg)와 제2 TCR 설정 다리를 갖는 것인, 상기 제1 TCR 설정 슬롯 및 상기 제2 TCR 설정 슬롯

을 포함하고,

상기 제1 TCR 설정 다리들 각각은 거친 눈금의 TCR 값(rough TCR value) - 상기 거친 눈금의 TCR 값은 상기 제1 전압 감지 단자와 상기 제2 전압 감지 단자에서 관찰됨 - 을 획득하도록 선택되는 길이를 갖고,

상기 제2 TCR 설정 다리들 각각은 0에 근접하는 TCR 값 - 상기 0에 근접하는 TCR 값은 상기 제1 전압 감지 단자와 상기 제2 전압 감지 단자에서 관찰됨 - 을 획득하도록 선택되는 길이를 갖는 것인, 저항기.

### 청구항 18

제17항에 있어서, 상기 제1 전도성 스트립과 상기 제2 전도성 스트립에 의해 주 전류 경로가 정해지고, 상기 제1 TCR 설정 다리들은 상기 주 전류 경로에 직각으로 배치되는 것인, 저항기.

### 청구항 19

제18항에 있어서, 상기 제2 TCR 설정 다리들은 상기 주 전류 경로에 평행하게 배치되는 것인, 저항기.

### 청구항 20

제17항에 있어서, 상기 제1 TCR 설정 다리들 각각은 동일한 길이를 갖는 것인, 저항기.

### 청구항 21

제17항에 있어서, 상기 제1 TCR 설정 다리들 각각은 서로 다른 길이를 갖는 것인, 저항기.

### 청구항 22

제17항에 있어서, 상기 제1 TCR 설정 다리들 및 상기 제2 TCR 설정 다리들에 의해 상기 제1 전압 감지 단자 및 상기 제2 전압 감지 단자의 위치를 정하는 접합부들이 형성되는 것인, 저항기.

### 청구항 23

제17항에 있어서, 상기 저항성 스트립 내에 형성되는 저항 설정 슬롯을 더 포함하는 저항기.

### 청구항 24

제17항에 있어서, 상기 제1 TCR 설정 다리들은 펀칭(punching) 또는 기계 가공(machining)에 의해 형성되는 것인, 저항기.

### 청구항 25

제17항에 있어서, 상기 제2 TCR 설정 다리들은 레이저 트리밍(trimming)에 의해 형성되는 것인, 저항기.

## 명세서

### 기술분야

본 발명은 매우 낮은 저항값 및 높은 안전성을 갖춘, 4 개 단자의 전류 감지 저항기에 대한 것이다.

### 배경기술

[0002]

표면 실장형(surface mounted) 전류 감지 저항기들은 수년간 전자 제품 시장에서 구할 수 있었다. 그들의 구조는 일반적으로 장치의 주 단자들을 형성하는 높은 전도성 금속 단자들 사이에 연결된 저항성 재료의 평평한 스트립을 포함한다. 한 쌍의 전압 감지 단자들이 주 단자들 내에 형성될 수 있으며, 그로 인해 4 개 단자 장치가 생성된다. 주 단자들은 장치를 통과하는 대부분의 전류를 흐르게 한다. 전압 감지 단자들은 장치를 통해 흐르는 전류에 비례하는 전압을 생성한다. 그러한 장치들은 통상적인 전압 감지 기술들을 사용하여 정해진(given) 회로를 통해 흐르는 전류를 모니터하기 위한 메커니즘을 제공한다. 장치를 통해 흐르는 실제 전류는, 음의 범위에 의해 좌우되는 바와 같이 장치의 감지된 전압값 및 저항값에 기초하여 결정될 수 있다. 이상적인 장치는 0에 가까운 저항 온도 계수(TCR)를 가질 것이다. 그러나, 대부분의 장치들은, 특히 장치의 온도가 변할 때 전압 감지 단자들에서 부정확한 전압 기록(readings)을 야기할 수 있는 0이 아닌(non-zero) TCR을 갖는다.

[0003]

낮은 저항의 전류 감지 저항기들 및 높은 전류 분류기들(shunts)에서, 저항기의 길이는 표준 길이인 반면에 저항성 요소의 길이는 짧거나, 높은 전류 분류기들의 경우에는 실제의 적용 때문에 길어 진다. 긴 저항기 길이 및 짧은 저항성 요소 길이는 상당한 양의 구리 말단 금속(copper termination metal)이 전류 경로 내에 있게 한다. 저항성 금속은 TCR이 일반적으로  $100 \text{ ppm}/\text{°C}$  미만인 반면에 구리는 TCR이  $3900 \text{ ppm}/\text{°C}$ 이다. 전류 경로 내에 부가되는 구리는  $100 \text{ ppm}/\text{°C}$  미만의 희망 TCR과는 대조적으로 저항기의 전체적인 TCR을  $800 \text{ ppm}/\text{°C}$  범위 정도 또는 보다 클 수 있는 값으로 유도한다.

[0004]

앞에서 지적한 바와 같이, 일반적인 전류 감지 저항기들은 4 개의 단자들, 즉 2 개의 슬롯들에 의해 분리된 2 개의 주 단자들 및 2 개의 전압 감지 단자들을 갖는다. 2 개의 슬롯들의 길이는 TCR을 조절하도록 다루어진다. 미국 특허 제 5,999,085호(Szwarc)를 참조한다. 이 방법은 저항기의 저항값을 증가시키기 위해 저항성 요소의 폭을 줄이는 테 일반적으로 사용되는 레이저 또는 다른 절단 기술들과 같은 통상적인 저항기 설정 장치에 적합하지 않다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005]

개선된 형상(configuration) 및 TCR 보상 또는 조절을 갖춘 전류 감지 저항기를 제조하는 방법이 요구된다. 개선된 저항기 형상 및 제조 공정 중에 전류 감지 저항기의 TCR 조절을 단순화하는 개선된 방법을 제공하는 것이 또한 요구된다. 이러한 과제들은 다음의 본 발명의 상세한 설명 및 청구항들로부터 명백하게 된다.

### 과제의 해결 수단

[0006]

저항 온도 계수(TCR) 보상을 갖춘 저항기 및 그 제조 방법이 개시된다. 저항기는 2 개의 전도성 스트립들 사이에 배치되는 저항성 스트립을 가진다. 한 쌍의 주 단자들 및 한 쌍의 전압 감지 단자들이 전도성 스트립들 내에 형성된다. 한 쌍의 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯들이 주 단자들과 전압 감지 단자들 사이에 위치하며, 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯들 각각은 전압 감지 단자들에서 관찰되는 음의 시작 TCR 값을 획득하도록 선택된 깊이를 갖는다. 정밀한 TCR 설정 슬롯이 한 쌍의 전압 감지 단자들 사이에 형성된다. 정밀한 TCR 설정 슬롯은 전압 감지 단자들에서 관찰된 TCR 값이 0에 근접하도록 선택된 깊이를 갖는다. 저항기는 한 쌍의 주 단자들 사이에 위치하는 저항 설정 슬롯을 가질 수 있다. 저항 설정 슬롯은 저항기의 저항값을 설정하도록 선택된 깊이를 갖는다.

### 도면의 간단한 설명

[0007]

도 1은 음의 시작 값으로 TCR을 조절하도록 형성된 한 쌍의 제1 슬롯들을 구비한 4 개 단자 저항기를 도시한다.

도 2는 일괄적으로 TCR을 최소값으로 조절하도록 형성된 한 쌍의 제1 슬롯들 및 제2 슬롯을 구비한 4 개 단자 저항기를 도시한다.

도 3은 일괄적으로 TCR을 최소값으로 조절하도록 형성된 한 쌍의 제1 슬롯들과 제2 슬롯 및 저항 설정용으로 형성된 제3 슬롯을 구비한 4 개 단자 저항기를 도시한다.

도 4는 제2 슬롯 깊이, TCR 및 저항값 사이의 관계를 보여주는 그래프이다.

도 5는 TCR 보상 기능을 갖춘 4 개 단자 저항기의 또 다른 실시예를 도시한다.

도 6은 다양한 슬롯 형성과 연관된 TCR 보상을 보여주는 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0008] 도 1 내지 3은 저항 온도 계수(TCR)의 조절의 다양한 단계를 통해 예시적인 저항기 배열(geometries)을 도시한다. 여기서 개시된 기술들은 필름 저항기(film resistors), 금속박 저항기(metal foil resistors) 및 그 밖의 유형의 저항기 기술들을 포함하는 다른 저항기 유형들에 적용될 수 있다.
- [0009] 도 1은 개략적으로 두 개의 전도성 스트립들(12, 14) 사이에 배치되는 저항성 스트립(13)으로 형성된 저항기(10)를 도시한다. 저항기(10)는 주 단자들(main terminals)(16, 18) 및 전압 감지 단자들(20, 22)을 갖추고 있다. 작동에 있어, 주 단자들(16, 18)은 저항기를 통과하는 대부분의 전류를 흐르게 한다. 한 쌍의 제1 슬롯들(24, 26)이 주 단자들과 전압 감지 단자들 사이에 위치한다. 제1 슬롯들(24, 26) 각각은 저항성 스트립(13)으로 연장되는 관련 깊이(associated depth)를 가진다. 이것은 일반적으로 깊이 A로 표시한다. 각각의 제1 슬롯(24, 26)은 동일한 깊이 A를 사용할 수 있으며, 다르게는 제1 슬롯들(24, 26)이 서로 다른 깊이를 가질 수 있다. 도 2 및 3은 깊이 B를 가지는 제2 슬롯 및 깊이 C를 가지는 제3 슬롯의 구조를 도시한다. 이 슬롯들의 관계는 다음에 논의한다.
- [0010] 도 1로 돌아가면, 전도성 스트립들은 일반적으로 구리 시트 재료로 형성되고 대체로 약 0.008-0.120 인치(0.2-3 mm) 범위의 두께를 가진다. 구리의 두께는 대체로 장치의 희망 전력 소모(desired power dissipation) 및 (예를 들어, 저항기가 제조, 설치 및 사용 중에 충분한 강도를 갖게 해주는) 희망하는 기계적 강도에 기초하여 선택된다.
- [0011] 한 쌍의 제1 슬롯들(24, 26)은 전도성 스트립들(12, 14)의 일부를 분할하여 4 개 단자 장치를 생성한다. 한 쌍의 제1 슬롯들(24, 26)의 크기 및 위치에 의해 대체로 주 단자들(16, 18) 및 전압 감지 단자들(20, 22)의 치수(dimensions)가 정해진다. 한 쌍의 제1 슬롯들(24, 26)은 대체로 저항기의 모서리를 향하여 배치된다. 본 실시예에서, 한 쌍의 제1 슬롯들(24, 26)은 장치의 상부 모서리로부터 측정된 거리 Y에 위치한다. 거리 Y는 대체로 적절한 크기의(appropriately sized) 전압 감지 단자들이 생성되도록 선택된다. 예를 들어, 거리 Y는 제조 중에 편침(punching) 또는 기계 가공(machining) 작업들에 견디도록, 그리고 설치 및 사용 중에 충분한 강도를 갖도록 충분한 폭의 전압 감지 단자들을 제공하게 선택될 수 있다.
- [0012] 제1 슬롯들(24, 26) 각각은 도 1에서 대체로 거리 A로 도시된 깊이를 갖는다. 대부분의 응용예들에서, 제1 슬롯들(24, 26)은 동일한 깊이 A를 가진다. 제1 슬롯들(24, 26)은 각각 서로 다른 깊이와 결부될 수 있다. 제1 슬롯들(24, 26)과 결부된 깊이는 장치 상에서 다양한 지점들(points)을 기준으로 할 수도 있다. 일반적으로, 한 쌍의 제1 슬롯들(24, 26)에 의해 주 단자들(16, 18)과 전압 감지 단자들(20, 22) 사이에 축소된 두께 또는 목(neck)이 정해진다. 이러한 점은 도 1에서 개략적으로 거리 X로 도시된다. 이하에서 제1 슬롯 깊이 A가 어떻게 결정되는지 설명한다.
- [0013] 다음 실시예에서, 전도성 스트립들(12, 14)은 구리로 형성된다. 앞에서 설명한 바와 같이, 구리는 3900 ppm/°C의 TCR를 갖는다. 대조적으로, 저항성 스트립(13)은 100 ppm/°C 미만의 TCR을 가질 수 있다. 한 쌍의 제1 슬롯들(24, 26)이 없을 경우, 저항기(10)는 통상적으로 전류 경로 내에 배치된 다양한 구리로 인해 매우 높은 양(positive)의 TCR을 가지게 된다. 일반적으로 TCR을 최소화하는 것(즉, 0에 접근하는 절대값을 갖는 TCR)이 바람직하다. 정해진 전류 감지 저항기에 대한 대체적인 범위는 ±25 ppm/°C 일 수 있다. 본 실시예의 경우, 정해진 장치는 200 μΩ(즉, 0.0002Ω)의 목표 저항값(target resistance value)을 갖는다고 가정한다. 또한, 한 쌍의 제1 슬롯들(24, 26)이 없는 초기 구조는 대략 800 ppm/°C의 TCR을 가지는 장치를 생성한다고 가정한다.
- [0014] 구리 전도성 스트립들(12, 14)의 두께는 전술한 바와 같이 선택된다. 저항성 스트립(13)의 치수는 목표 저항값에 근접하지만 그 미만인 저항을 얻도록 선택된다. 이는, 최종 저항값이 (저항기의 저항값을 증가시키는) 뒤이은 트리밍(trimming) 작업에 의해 설정되기 때문에 이루어진다.
- [0015] 전압 감지 단자들의 치수가 정해지는 것을 제외하고, 한 쌍의 제1 슬롯들(24, 26)은 전압 감지 단자들(20, 22)에서 TCR이 좀 더 음(negative)이 되게 한다. 한 쌍의 제1 슬롯들(24, 26)들이 더 깊어지면 질수록, 전압 감지 단자들(20, 22)에서 TCR이 좀 더 음이 된다. 한 쌍의 제1 슬롯들(24, 26)은 저항기 자체의 TCR을 현저하게 바꾸지 않으며, 오히려 한 쌍의 제1 슬롯들(24, 26)은 전압 감지 단자들(20, 22)에서 관찰되는 TCR을 변경한다.
- [0016] 일반적으로, 제1 슬롯 깊이 A와 전압 감지 단자들(20, 22)에서 관찰되는 TCR 사이의 관계는 프로토타입의 프로세스(prototyping process)를 통해 결정된다. 예를 들어, 프로토타입 장치가 제조된 다음에 통상적인 방법을

이용하여 테스트 된다(즉, 다양한 조건들 하에서 전압, 전류 및 온도가 측정된다). 음의 시작(starting) TCR 값이 전압 감지 단자들(20, 22)에서 관찰될 때까지(예를 들어, 대략 200 ppm/°C), 제1 슬롯들(24, 26)의 깊이를 계속 증가시킨다. 따라서, 제1 슬롯들(24, 26)은 거친 눈금의 TCR 설정 슬롯들(rough TCR calibration slot s)로 간주될 수 있다.

[0017] 다음에 보다 자세히 설명하는 바와 같이, TCR 값을 세부 조정하기 위해 제2 슬롯이 사용될 것이기 때문에, 이번 단계에서는 음의 시작 TCR 값이 바람직하다. 일단 적합한 제1 슬롯 깊이가 결정되고 나면, 이 깊이는 제품의 특정 타입(즉, 동일한 물리적 전기적 특성들을 가진 저항기들)에 따라 변경되지는 않는다. 한 쌍의 제1 슬롯들(24, 26)이 통상적인 편침, 엔드 밀링(end milling) 또는 다른 기계 가공 기술들을 이용하여 제조 공정 초기에 삽입될 수 있기 때문에 유리하다. 그리고 나서, 뒤이은 슬롯팅(slotting) 작업들이 제조 공정 후반에 수행될 수 있고 레이저 트리밍(laser trimming)을 통해 수행될 수도 있다.

[0018] 도 2로 돌아가면, 깊이 B를 가지는 제2 슬롯(28)이 전압 감지 단자들(20, 22) 사이에 위치하는 것으로 도시되어 있다. 일반적으로, 제2 슬롯(28)은 전압 감지 단자들(20, 22) 사이의 저항성 스트립(13) 내에 형성된다. 도 2에 도시된 바와 같이, 제2 슬롯은 전압 감지 단자들(20, 22)의 일부를 제거할 수도 있다. 제2 슬롯(28)의 순효과는 전압 감지 단자들(20, 22)에서 관찰된 TCR을 양(positive)이 되게 한다는 점이다. 제2 슬롯(28)은 저항 값에서 작은 증가를 가져오기도 한다. 이러한 점이 도 4에 그래프로 도시되어 있다. 본 실시예에서, (예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이) 제2 슬롯(28)이 없는 저항기의 TCR은 198 ppm/°C 이다. (제2 슬롯(28)이 없는) 장치의 초기 저항은 대략 110 μΩ(즉, 0.00011Ω)이다. 0.040 " (1 mm)로 설정된 제2 슬롯의 깊이로 인해 TCR은 -100 ppm/°C으로 향상된다. 마찬가지로, 저항은 대략 125 μΩ(즉, 0.000125Ω)로 증가한다.

[0019] 도 3으로 돌아가면, 0.080 " (2 mm)으로 설정된 제2 슬롯의 깊이로 인해 TCR은 계속해서 좀 더 양으로 되어 0에 도달한다. 저항은 대략 140 μΩ(즉, 0.00014Ω)으로 증가한다. 따라서, 제2 슬롯(28)은 정밀한 TCR 설정 슬롯(fine TCR calibration slot)으로 작용을 한다. 앞에서 설명한 바와 같이, 정해진 장치용의 TCR 범위에 대한 통상의 목표 범위(target range)는 대략 ±25 ppm/°C 일 수 있다. 희망 깊이 및 폭으로 재료의 제거를 가능하게 하는 레이저 트리밍 기술들, 통상적인 편침, 엔드 밀링 또는 다른 머시닝 기술들을 사용하여 제2 슬롯(28)이 형성될 수 있다.

[0020] 도 3은 또한 주 단자들(16, 18) 사이에 형성된 제3 슬롯(30)(저항 설정 슬롯)을 도시한다. 제3 슬롯(30)은 저항값을 세부 조정하도록 선택된 깊이를 갖는다. 이 경우에 있어서, 깊이 C는 특정 공차(specified tolerance) 내의 목표 저항값(예를 들어, 200 μΩ±1%)이 산출되도록 선택된다. 제3 슬롯(30)은, 희망 깊이 및 폭으로 재료의 제거를 가능하게 하는 레이저 트리밍 기술들, 통상의 편침, 엔드 밀링 또는 다른 머시닝 기술들을 이용하여 형성될 수 있다.

[0021] 제1 슬롯들(24, 26) 및 제2 슬롯(28)은 동시에 또는 별도로 형성될 수 있다. 제2 슬롯(28)은 또한 (예를 들어, TCR이 저항기 기초(basis)에 의해 저항기 상에서 측정된다면) "즉시(on the fly)" 바뀔 수 있다. 따라서, 각 저항기의 TCR은 특정 값(specified value)에 맞춰질 수 있다. 추가적인 잇점으로서, 제2 슬롯(28)은 TCR 설정 과정을 매우 단순화시킬 수 있는 레이저 트리밍 기술들을 사용하여 형성될 수 있다. 도 1 및 2에 도시된 제1 슬롯들(24, 26) 및 제2 슬롯(28)은 대략적으로 직사각형의 외형을 가지고 있다. 도 3에 도시된 제3 슬롯(30)은 대략적으로 삼각형의 외형을 가지고 있다. 본 명세서의 개시를 벗어나지 않는 범주 내에서 그 밖의 단순하거나 복잡한 기하학적인 슬롯 외형들이 사용될 수 있다.

[0022] 도 5는 TCR 보상을 위한 또 다른 슬롯 형상을 도시한다. 도 5는 대략 2 개의 전도성 스트립들(112, 114) 사이에 배치된 저항성 스트립(113)으로 형성된 저항기(100)를 도시한다. 전도성 스트립들은 일반적으로 구리 시트 재료로 형성되고 일반적으로 약 0.008-0.120 인치(0.2-3 mm)의 범위의 두께를 가진다. 구리의 두께는 대체로 장치의 희망 전력 소모 및 (예를 들어, 저항기가 제조, 설치 및 사용 중에 충분한 강도를 갖도록) 희망하는 기계적 강도에 기초하여 선택된다.

[0023] 저항기(100)는 주 단자들(116, 118) 및 전압 감지 단자들(120, 122)을 갖추고 있다. 작동에 있어, 주 단자들(116, 118)은 저항기를 통과하는 대부분의 전류를 흐르게 한다. 주 단자들은 (예를 들어, 전도성 스트립들(112, 114)의 모서리들로부터 일정 간격 이격되어) 한정된 내부 구역을 가지고 형성된다. 한 쌍의 제1 슬롯들(124, 126)이 주 단자들과 전압 감지 단자들 사이에 배치된다. 본 실시예에서, 전압 감지 단자들은 주 단자들의 한정된 내부 구역 내에 형성된다. 이러한 구성은 좀 더 컴팩트하고 집중적으로 배치되는 전압 감지 단자들을 요구하는 응용예에 바람직하다. 제1 슬롯들(124, 126)은 2 개의 다리들(legs)로 형성된다. 제1 다리(123)는 "A"로 도시된 바와 같이 주 전류 경로에 대략 직각으로 연장되는 길이를 가진다. 제2 다리(125)는 "B"로 도

시된 바와 같이 주 전류 경로에 대략 평행하게 연장되는 길이를 가진다. 제1 슬롯들(124, 126)은 동일한 다리 길이들인 A 및 B를 사용할 수 있다. 다르게는, 제1 슬롯들은 서로 다른 길이를 가질 수 있다. 저항기(100)는 깊이 C를 갖는 제2 슬롯(128)도 갖추고 있다. 이하, 이 슬롯들 간의 관계를 설명한다.

[0024] 한 쌍의 제1 슬롯들(124, 126)은 전도성 스트립들(112, 114)의 내부 일부를 분할하여 4 개 단자 장치를 생성한다. 한 쌍의 제1 슬롯들(124, 126)의 크기 및 위치에 의해 일반적으로 전압 감지 단자들(120, 122)의 치수가 정해진다. 본 실시예에서, 감지 단자들은 대체로 제1 및 제2 다리들(123, 125) 사이의 접합부에 위치한다.

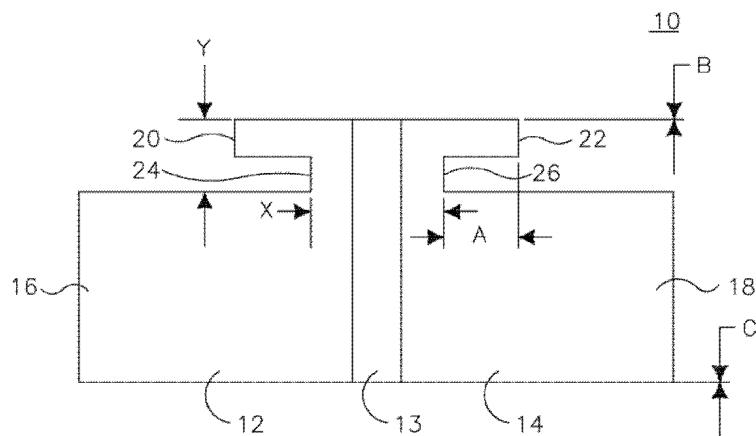
[0025] 전술한 바와 같이, 제1 다리(123)는 길이 A를 가지며 제2 다리(125)는 길이 B를 가진다. 도 6은 제1 슬롯들(124, 126)의 대형(formation)과 연관된 TCR 보상(compensation)을 보여주는 그래프이다. 샘플 1은 제1 슬롯들(124, 126)이 없이 형성된 기준(baseline) 저항기이다. 이러한 구조에 있어서, TCR은  $+60 \text{ ppm}/\text{C}$ 이다. 샘플 2 및 3은 제1 다리들(123)이 부가될 때(샘플 2) 및 제1 다리들이 길이가 증가될 때(샘플 3)의 TCR 보상을 보여준다. 그래프 상에 나타난 바와 같이, TCR은 좀 더 음으로 되면서  $+20 \text{ ppm}/\text{C}$ 에서 멈춘다. 샘플 4 및 5는 제2 다리들(125)이 부가될 때(샘플 4) 및 제2 다리들이 길이 측면에서 증가될 때(샘플 5)의 TCR 보상을 보여준다. 제1 다리들(123)은 샘플 4 및 5에서 계속적으로 남아있다. 그래프에 나타난 바와 같이, TCR은 좀 더 음으로 되면서 대략  $-35 \text{ ppm}/\text{C}$ 에서 멈춘다.

[0026] 제조 공정에서, 제1 다리(123)는 우선 TCR 보상의 개략적인 수준이 성취될 때까지 삽입될 수 있다. 제1 다리들은 편침 또는 머시닝을 포함하는 다양한 방법에 의해 형성될 수 있다. 그리고 나서, 제2 다리(125)가 TCR 보상을 희망 수준으로 세부 조정하도록 삽입될 수 있다. 제2 다리들은 레이저 트리밍을 포함하는 다양한 방법에 의해 형성될 수 있다. 대부분의 응용예들에 있어서, 제1 슬롯들(124, 126)은 동일한 치수를 가진다. 제1 슬롯들(124, 126)은 각각 다른 다리 형상들과 연관될 수 있다. 일단 제1 슬롯들(124, 126)이 완성된 후에, 제2 슬롯(128)이 저항값을 세부 조정하도록 형성될 수 있다. 도 5에 도시된 바와 같이, 제1 슬롯들(124, 126)과 제1 및 제2 다리들(123, 125)은 대략 직사각형의 외형을 가진다. 도 5에 도시된 바와 같이 제2 슬롯(128)은 대략 원형의 외형을 가진다. 본 명세서의 개시를 벗어나지 않는 범주 내에서 그 밖의 단순하거나 복잡한 기하학적인 슬롯 또는 다리 외형들이 이용될 수 있다.

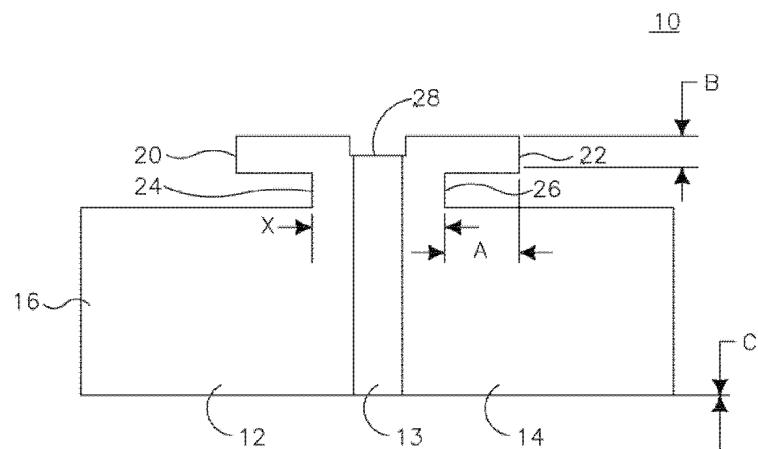
[0027] 전술한 개시들을 근거로 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 범주 내에서 다양한 변형들이 가능하다. 예를 들어, 제1 슬롯들(24, 26, 124, 126)은 다양한 간격 및 깊이를 가질 수 있다. 마찬가지로, 그 밖의 슬롯들의 위치 및 다양한 단자들의 모양에 대한 변경이 가능하다. 당업자들은 전술한 실시예들에 관해서 본 발명의 범위 및 의도를 벗어나지 않는 범주 내에서 다양한 변형, 수정 및 조합을 가할 수 있으며, 그러한 변형, 수정 및 조합은 본 발명의 개념의 범위 내에 들어간다. 첨부되는 청구항들은 본 발명의 본래의 범위 및 의도에 포함되는 모든 수정 및 변형을 포함한다.

## 도면

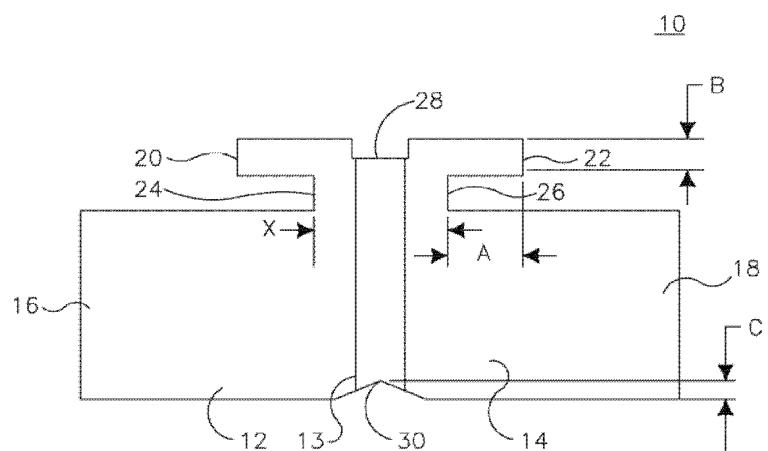
### 도면1



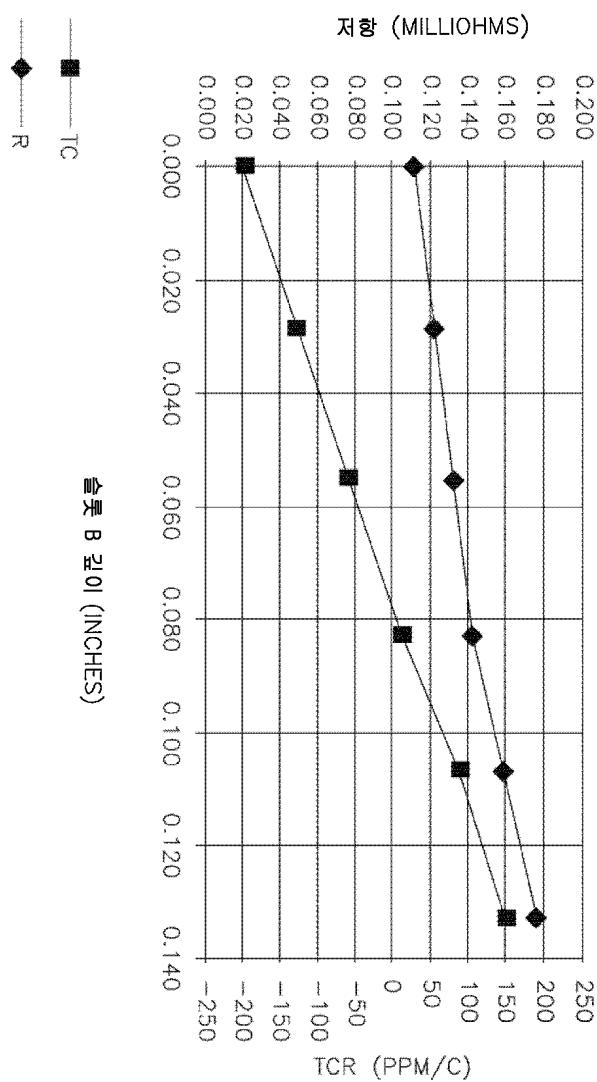
도면2



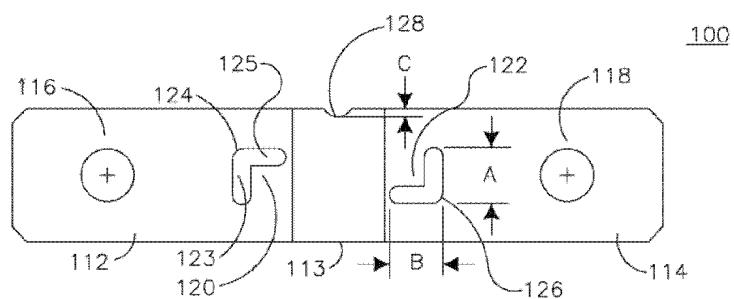
도면3



도면4



도면5



도면6

