(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl. [7]
G01L 21/14

(11) 공개번호 특2002-0085091
(43) 공개일자 2002년11월16일

(21) 출원번호 10-2001-0024372
(22) 출원일자 2001년05월04일

(71) 출원인 학교법인 포항공과대학교
경북 포항시 남구 효자동 산31번지

(72) 발명자 정윤희
경상북도포항시남구효자동산31번지포항공과대학교물리학과
정대화
경상북도포항시남구효자동산31번지포항공과대학교물리학과
정석민
경상북도포항시남구효자동산31번지포항공과대학교물리학과
박종도
경상북도포항시남구효자동산31번지포항공과대학교가속기연구소

(74) 대리인 이영필
이해영

심사청구 : 있음

(54) 펠티어 검침을 이용한 진공 게이지

요약

열전도형 진공 게이지에 관한 것으로, 특히 펠티어 검침을 이용한 진공 게이지에 관한 것이다.

본 발명에 의한 펠티어 검침을 이용한 진공 게이지는 진공 용기의 진공도를 측정하는 장치에 있어서, 열 발생 패턴 신호를 발생시키기 위한 신호 발생기; 상기 신호 발생기에 연결되어, 전류를 측정하기 위한 전류계; 상기 전류계에 연결된 상이한 전도선의 접합으로 이루어지고, 상기 전도선의 접합 부분은 상기 진공 용기의 내부로 삽입되는 펠티어 검침 형태로 구성된 브리지 회로; 및 상기 브리지 회로의 대칭점의 양 단자에 연결되어, 상기 펠티어 검침에 의하여 검출되는 신호의 온도 진동에 의한 전압을 증폭하여 진공 용기의 진공도를 검출하기 위한 고정 주파수 증폭기를 포함함을 특징으로 한다.

본 발명에 의한 열전도형 진공 게이지는 펠티어 효과를 이용하여 1) 구조가 간단하고, 2) 넓은 진공 영역에서 고감도로 작동하며, 3) 필요에 따라 초소형으로 사용 가능한 새로운 개념의 열전도형 진공 게이지로서 진공도 측정의 분해능을 향상시키고, 필요에 따라서는 국소 진공 측정이나 빠른 진공 측정에 적합하다는 등의 효과를 가진다.

대표도
도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 의한 펠티어 검침을 이용한 진공 게이지의 구성을 보이는 구성도이다.

도 2는 도 1에 도시된 펠티어 검침을 이용한 진공 게이지의 온도 진동 등가 회로를 보이는 회로도이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 열전도형 진공 게이지에 관한 것으로, 특히 펠티어 검침을 이용한 진공 게이지에 관한 것이다.

진공도란 단위 부피당 기체 분자수의 많고 적음을 정량화한 것으로, 진공도와 관련된 현상을 요약하면 1) 압력차에 의한 힘, 2) 빠른 증발, 3) 소리와 열의 차단, 4) 운동 저항의 감소, 5) 방전, 6) 산화 방지, 7) 청정 표면 등이 있다.

진공기술의 발전과 다불어 현재 응용되는 진공도의 영역은 대기압(760 Torr)에서 10^{-13} Torr 정도로 매우 넓으며, 응용 영역에 따라 각기 다른 원리로 작동하는 진공 게이지(gauge)를 사용하여 진공도를 측정하고 있다. 대기압에서 10^{-4} Torr 정도의 진공도는 열전도형 진공 게이지(thermal conduction vacumm gauge)를 주로 사용하고 있다.

진공 속에서 가열된 물체(필라멘트 : filament)는 도선을 통한 열전도, 기체 분자를 통한 열전도, 열복사 등의 방법으로 열을 잃는 데, 진공도에 따라 기체 분자를 통한 열전도가 달라지는 원리를 이용한 것이 열전도형 진공게이지이며, 현재 사용되는 형태로는 피라니(Pirani) 진공 게이지, 열전쌍(thermocouple) 진공 게이지, 대류형(convection) 진공 게이지 등이 있다.

피라니 진공 게이지는 진공도에 의한 필라멘트의 온도 변화를 전기 저항의 변화로 바꾸어 측정하는 것이고, 열전쌍 진공 게이지는 피라니 진공 게이지와 그 측정 원리는 같으나 열전쌍을 이용하여 필라멘트의 온도를 직접 측정하는 점이 다르다.

그러나, 이상의 열전도형 진공 게이지들은 주로 10^{-2} Torr에서 10^{0} Torr까지 그 민감도(sensitivity)가 좋으나 10^{-2} Torr 이하에서는 열복사에 의한 열전도가 기체 분자에 의한 열전도보다 좋아지므로 그 민감도가 현저히 낮아지고, 10^{0} Torr 이상에서는 기체 분자의 자유 이동 거리(mean free path)가 짧아짐에 따라 필라멘트 주위에 뜨거운 열층(hot air sheath)이 형성되어 기체 분자의 원활한 열전도를 방해하므로 역시 그 민감도가 낮아진다는 문제점이 있다.

대류형 진공 게이지는 피라니 진공 게이지에 대류에 의한 냉각 효과를 강화시켜 10^{0} Torr 이상에서의 민감도를 향상시킨 것이지만 10^{-2} Torr 이하의 진공도에서는 역시 그 민감도가 낮아진다는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서 구조가 간단하고, 넓은 진공 영역에서 고감도로 작동하며, 필요에 따라 초소형으로 사용가능한 새로운 개념의 열전도형 진공 게이지를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

상기 기술적 과제를 달성하기 위하여 본 발명에 의한 펠티어 검침을 이용한 진공 게이지는

진공 용기의 진공도를 측정하는 장치에 있어서,

열 발생 패턴 신호를 발생시키기 위한 신호 발생기;

상기 신호 발생기에 연결되어, 전류를 측정하기 위한 전류계;

상기 전류계에 연결된 상이한 전도선의 접합으로 이루어지고, 상기 전도선의 접합 부분은 상기 진공 용기의 내부로 삽입되는 펠티어 검침 형태로 구성된 브리지 회로; 및

상기 브리지 회로의 대칭점의 양 단자에 연결되어, 상기 펠티어 검침에 의하여 검출되는 신호의 온도 진동에 의한 전압을 증폭하여 진공 용기의 진공도를 검출하기 위한 고정 주파수 증폭기를 포함함을 특징으로 한다.

본 발명은 하나의 열전쌍으로 진공 게이지를 구성하며, 열전쌍을 열원이자 동시에 온도센서로 사용함으로서 장치를 소형화하면서 민감도를 높일 수 있다.

이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 상세히 설명하기로 한다.

종래의 열전도형 게이지는 필라멘트와 그 온도를 읽는 센서로 구성되어 있다. 필라멘트는 주울 가열(Joule heating)로 뜨거워지고, 온도 센서로는 열전쌍을 사용하거나 필라멘트 자체의 저항을 이용한다. 이에 비하여 본 발명은 하나의 열전쌍으로 진공 게이지를 구성하며, 열전쌍을 열원이자 동시에 온도센서로 사용함으로서 장치를 소형화하면서 민감도를 높일 수 있다.

도 1은 본 발명에 의한 펠티어 검침을 이용한 진공 게이지의 구성을 보이는 구성도이다.

도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명에 의한 펠티어 검침을 이용한 진공 게이지는 신호 발생기(1), 고정 주파수 증폭기(2), 전류계(3), 브리지 회로로 구성되어 있다.

브리지 회로는 구체적으로, 상이한 특성의 전도선 A, B(6, 7), 펠티어 검침(4), 보정 저항(Rv)으로 구성되어 있다.

세부적인 회로 구성을 살펴보면, 출력저항(Rs)을 갖는 신호 발생기(1)는 내부저항(Ra)을 갖는 전류계(3)의 한쪽 단자에 연결되고, 전류계(3)의 다른 한쪽 단자는 브리지 회로에 연결되는데, 즉 전도선 A(6)의 중심점에 전류계(3)의 다른 한쪽 단자를 연결하고, 전도선 A(6)와 전도선 B(7)를 접합하고, 한 쪽 접합부분을 펠티어 검침(4) 형태로 제작하고, 전도선 B(7)의 중심점을 접지시킨다.

그리고, 추가적으로 신호 발생기(1)에 의하여 발생되는 오옴 전압(Ohmic voltage)을 제거하기 위하여 보정저항에 해당되는 가변저항(Rv)을 브리지 회로에 추가한다.

고정 주파수 증폭기(2)는 펠티어 검침(4)이 연결된 단자와 펠티어 검침 단자의 대칭점에 연결하고, 펠티어 검침(4)은 진공도를 측정하고자 하는 진공 용기(8)의 내부에 삽입시킨다.

브리지 회로에서 고정 주파수 증폭기(2)를 연결하는 접점 위치에 대하여 설명하면 다음과 같다.

일반적으로 저항 양단의 교류 전압의 측정은 주진동수 신호(fundamental harmonics)뿐만 아니라 2배 진동수 신호(second harmonics), 3배 진동수 신호(third harmonics) 등이 주울 가열로 인하여 검출된다. 2배 진동수 신호와 3배 진동수 신호는 저항의 온도 계수와 비례하는 크기를 가지는 작은 신호이나 측정하고자 하는 신호가 매우 작은 경우, 이러한 체배 진동수 신호(higher harmonics)가 측정에 영향을 미칠 수 있다. 한편 교류 주파수가 올라가면 회로 구성 요소의 리액턴스에 의한 신호가 주파수에 비례하여 커지게 된다. 따라서, 이러한 불필요한 신호들을 제거하기 위하여 브

리지 회로의 대칭점을 고정 주파수 증폭기(2)에 연결하는 것이 효과적이다.

도 2는 도 1에 도시된 펠티어 검침을 이용한 진공 게이지의 온도 진동 등가 회로를 보이는 회로도이다.

도 1에 도시된 장치에 있어서 열전쌍의 온도 진동은 씨벡 효과(Seebeck effect)에 의해 열전쌍(thermocouple)의 전압 진동으로 변환되므로 열신호 발생기(9)로 대체하여 등가 회로를 구성할 수 있다.

접합점 e가 열접지 처리되어 있는 경우 도 2와 같이 폐회로 상에서 등가회로를 구성할 수 있으며, 고정주파수 증폭기(2)는 접합점 b와 접합점 f의 전압 차이를 복소 공간에서 측정함으로써 진공도에 따른 온도 진동 특성을 구할 수 있게 된다.

여기에서 R1은 도 1에서의 접합점 b와 c 사이의 전도선 A의 저항이고, R2는 도 1에서의 접합점 a와 b 사이의 전도선 A의 저항이고, R3은 도 1에서의 접합점 a와 f 사이의 전도선 A의 저항이고, R4는 도 1에서의 접합점 e와 f 사이의 전도선 A의 저항이고, R5는 도 1에서의 접합점 d와 e 사이의 전도선 B의 저항이고, R6은 도 1에서의 접합점 c와 d 사이의 전도선 B의 저항이고, Ra는 전류계 내부 저항이고, Rs는 신호 발생기의 출력 저항이고, Rv는 가변저항을 나타낸다.

우선, 펠티어 효과에 대하여 설명하면 다음과 같다.

임의의 일정한 온도 T에서 특성이 상이한 전도선 A, B로 이루어진 열전쌍에 전류를 흘리게 되면 두 전도체의 전기화학 퍼텐셜 차이에 의하여 열전쌍의 접합점에서 수학식 1과 같이 열(Q)의 시간에 대한 미분량의 차이가 발생하는데 이것이 펠티어 효과이다.

수학식 1

$$\frac{dQ}{dt} = T \triangle SI$$

여기에서, $\triangle S$는 두 전도선의 열기전력의 차이고, I는 전류이다. 따라서, 전류의 방향에 따라 열전쌍의 접합점은 가열이 될 수도 있고 냉각이 될 수도 있는데, I는 정확한 측정이 가능하고 $\triangle S$ 또한 정확히 측정할 수 있을 뿐만 아니라 이미 많은 열전쌍에 대해 표준화된 값들이 존재하므로 특정 전류에 의한 열진동을 정확하게 구할 수 있게 된다.

펠티어 효과에 의한 열원은 1) 점열원(point heat source)으로서 열전쌍의 접합부분에서만 열교환이 발생하며, 2) 열전쌍에 흐르는 전류 방향에 따라 가열과 냉각이 동시에 가능하고, 3) AC 가열인 경우 다른 가열 방식(주울 가열, 빛 가열 등)에서 발생되는 오프셋(offset)이 없다는 특징을 가진다.

상이한 특성을 갖는 전도선 A, B(6, 7)로 이루어진 열전쌍으로서, 철(Fe), 콘스탄탄(Cu-Ni)의 접합인 J 타입, 크로멜(Ni-Cr)과 알루멜(Ni-Al)의 접합인 K 타입, 구리(Cu)와 콘스탄탄(Cu-Ni)의 접합인 T 타입, 크로멜(Ni-Cr)과 콘스탄탄(Cu-Ni)의 접합인 E 타입, 니코실(Ni-Cr-Si)과 니실(Ni-Si-Mg)의 접합인 N 타입, 플라티늄(Pt)과 플라티늄(Pt)-로듐(Rh) 합금의 접합인 R, S 타입, 텅스텐(W)과 텅스텐(W)-레늄(Re) 합금의 접합인 G, C, D 타입 등이 있으며, 온도 영역과 민감도에 따라 다양하게 선택할 수 있다.

브리지 회로의 일부를 구성하는 펠티어 검침부(4)는 직경 수 ㎛ 또는 그 이하의 상이한 전도선 A, B의 접합인 열전쌍으로 구성되어 있다. 그리고, 신호 발생기(1), 고정 주파수 증폭기(2) 및 전류계(3)와 브리지 회로는 구리 신호선(5)으로 연결되어 있고, 구리 신호선(5)은 충분히 굵어서 저항이 거의 없는 것으로 간주한다.

신호 발생기(1)에서 특정 주파수로 전류를 흘리게 되면 전류는 전류계(3)를 통하여 브리지 회로로 입력되는데, 브리지 회로에서 전류는 경로 a-e-d 및 a-b-c-d를 거쳐 접지로 빠져나가게 된다.

전류가 흐르는 경로 상에 상이한 전도선의 접합으로서, 접합점 a, b, f는 구리 신호선과 전도선 A의 접합, 접합점 c, e는 전도선 A와 전도선 B의 접합, 접합점 d는 전도선 B와 구리 신호선의 접합으로 구성되어 있는데, 각 접합점에서는 펠티어 효과 열교환에 의한 온도 진동이 발생하는데, 온도 진동의 세기는 접합부 물질의 비열, 열전도도, 열이 확산되는 기하학적 형태, 열진동 주파수, 접합부의 질량 등의 여러 가지 조건에 의존하게 된다. 여기에서, 접합점 a, b, d, f는 굵고 열전도도가 좋은 구리 신호선과 전도선 A, 전도선 B의 접합이며, 또한 그 접합 주위를 열전도도가 좋은 금속(금, 은, 구리 등)으로 열접지 처리(thermal grounding)를 하여 그 접합점에서의 온도 진동을 소거한다.

접합점 e의 처리는 두가지 방법으로 처리할 수 있다.

첫 번째 방법은 접합점 a, b, d, f와 마찬가지로 접합점을 열접지 처리하는 것이다.

이럴 경우 열교환에 의한 온도 진동은 접합점 c에서만 나타나는 것으로 볼 수 있으며, 그 온도 진동은 접합점의 씨벡 효과에 의한 전압 진동으로서 나타나고 고정 주파수 증폭기(2)는 접합점 b와 접합점 f의 전압 차이를 복소 공간에서 읽게 된다. 회로에 나타난 바와 같이 고정 주파수 증폭기(2)가 읽는 전압 차이는 온도 진동에 의한 것뿐만 아니라 전류를 흘리기 위해 사용하는 신호 발생기(1) 전압에 의해서도 생기는데, 이 전압 차이는 전통적으로 잘 알려진 휘스톤 브리지 교정 방식으로 가변 저항(Rv)을 이용하여 소거할 수 있으므로 온도 진동에 의한 전압 차이만을 측정할 수 있게 된다.

두 번째 방법은 접합부 e를 접합부 c와 같이 검침 형태로 처리하는 것이다. 이 경우 진공 용기에 위치한 검침 접합부 c와 대기압에 위치한 검침 접합부 e에서 모두 온도 진동이 발생하는데, 고정 주파수 증폭기는 브리지 회로를 통해 그 온도 진동의 차이만을 읽게 되므로, 접합부 물질의 비열, 열전도도, 열이 확산되는 기하학적 형태, 열진동 주파수, 접합부의 질량, 열복사에 의한 온도 진동등은 다 상쇄되고, 두 검출 접합부의 진공도에 따른 온도 진동만을 볼 수 있어서, 10^{-2} Torr이하의 진공도에서 높은 민감도로 진공도를 측정할 수 있다.

위와 같은 방법에 의하여, 열전쌍의 펠티어 검침(4)에 전류를 흘릴 경우, 열교환은 펠티어 검침(4)에서만 이루어지므로 열원은 점열원(point heat source)으로 생각할 수 있으며, 진공 용기 내부에 위치한 펠티어 검침(4)은 열원인 동시에 점온도센서(point temperature sensor)이므로 높은 민감도로 진공도를 측정할 수 있게 된다.

본 발명에 따른 펠티어 검침을 이용한 진공 게이지의 작동 형태에 대한 분류로는 1) 열원의 가열 방법에 따라 직류형, 교류형으로 나눌 수 있고, 특히 교류법에서는 그 주파수에 따라 민감도가 좋은 진공 영역을 선택할 수 있다. 그외에 2) 동작 방식에 따라 열원에 일정한 열량을 주고 진공도에 따른 온도 변화를 측정하는 방식과 열원의 온도를 일정하게 유지하기 위해 진공도에 따른 열량의 변화를 측정하는 방식으로 분류할 수 있다.

본 발명에 따른 펠티어 검침을 사용한 진공 게이지는 다음과 같은 장점들을 가진다.

1) 간단한 구조 :하나의 열전쌍이 열원이면서 동시에 온도 센서로 사용된다.

2) 10^{0} Torr로부터 대기압 영역에서 진공 측정의 민감도 향상 : 점열원은 기존의 필라멘트와 같은 원통형 열원과 그 기하학적 형태가 다르며, 이로 인한 기체 분자의 열정도는 기체 분자의 자유 이동 거리가 짧은 10^{0} Torr 이상에서 다른 특성을 보이게 된다.

(1) 점열원에서의 열확산(heat diffusion)은 구면(spherical) 확산이므로 원통형(cylindrical) 확산에 비해 효율이 좋고, (2) 점열원의 반경이 작아짐에 따라 열원에 기체 분자가 충돌하는 면적과 온도 변화에 비례하는 점열원의 질량비가 점열원의 반경에 비례하므로, 더 좋은 민감도를 얻을 수 있고, (3) 펠티어 열원은 가열과 냉각이 동시에 가능하므로 기존의 열전도 진공 게이지에서 문제가 되는 뜨거운 열층(hot air sheath)이 형성되지 않는다.

3) 10^{-4} Torr로부터 10^{-2} Torr 영엑에서 진공 측정의 민감도 향상 : 10^{-2} Torr 이하에서의 진공도 측정은 기체 분자의 열전도보다 열복사에 의한 열전도가 우월하기 때문에 기존의 열정도형 진공 게이지는 이 영역에서의 민감도가 현저히 낮아진다. 본 발명에 의한 펠티어 검침을 이용한 진공 게이지는 두 개의 열전쌍을 사용하여 대기압과 측정하고자 하는 진공 용기에 각각 설치하여 복사열에 의한 열전도를 서로 상쇄시키고 기체 분자에 의한 열전도만을 측정함으로서 낮은 압력 영역에서도 좋은 민감도를 가지고 있다.

4) 초소형화 : 하나의 열전쌍만으로 진공 게이지를 구성하므로 그 크기를 수십 나노 cm까지 작게 제작할 수 있어서, 국부 진동의 측정, 초소형 진공 용기의 진공 측정, 제품의 진공 상태 측정에 응용될 수 있다.

5) 빠른 진공 측정 : 열원과 온도 센서를 소형화함으로서 진공도의 변화를 빠르게 측정할 수 있다.

발명의 효과

상술한 바와 같이, 본 발명에 의한 열전도형 진공 게이지는 펠티어 효과를 이용하여 1) 구조가 간단하고, 2) 넓은 진공 영역에서 고감도로 작동하며, 3) 필요에 따라 초소형으로 사용 가능한 새로운 개념의 열전도형 진공 게이지로서 진공도 측정의 분해능을 향상시키고, 필요에 따라서는 국소 진공 측정이나 빠른 진공 측정에 적합하다는 등의 효과를 가진다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

진공 용기의 진공도를 측정하는 장치에 있어서,

열 발생 패턴 신호를 발생시키기 위한 신호 발생기;

상기 신호 발생기에 연결되어, 전류를 측정하기 위한 전류계;

상기 전류계에 연결된 전도도가 상이한 전도선의 접합으로 이루어지고, 상기 전도선의 접합 부분은 상기 진공 용기의 내부로 삽입되는 펠티어 검침 형태로 구성된 브리지 회로; 및

상기 브리지 회로의 대칭점의 양 단자에 연결되어, 상기 펠티어 검침에 의하여 검출되는 신호의 온도 진동에 의한 전압을 증폭하여 상기 진공 용기의 진공도를 검출하기 위한 고정 주파수 증폭기를 포함함을 특징으로 하는 펠티어 검침을 이용한 진공 게이지

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 브리지 회로는

상기 신호 발생기의 전압에 의하여 발생되는 오옴 전압을 소거하기 위하여 상기 브리지 회로를 구성하는 소정의 양 단자간에 병렬로 보정 저항을 추가함을 특징으로 하는 펠티어 검침을 이용한 진공 게이지

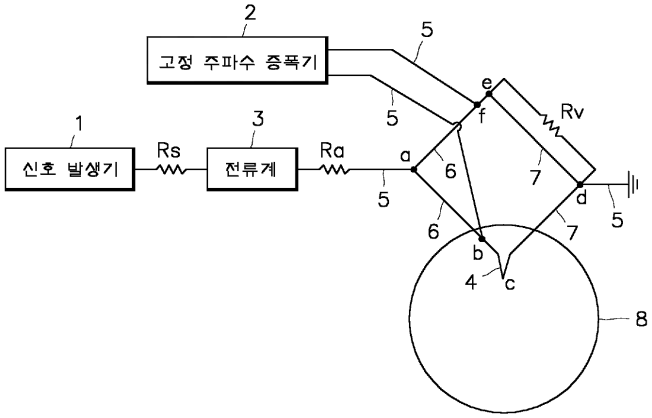
청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 브리지 회로는

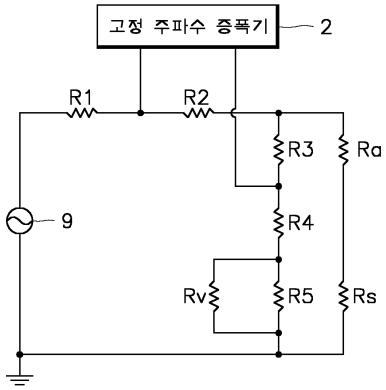
상기 상이한 전도선의 양 접합 부분을 모두 펠티어 검침 형태로 구성하여 두 검침부의 진동도의 차리를 측정할 수 있는 펠티어 검침을 이용한 진공 게이지

도면

도면 1


2
고정 주파수 증폭기
5
e
f
Rv
1
신호 발생기
Rs
3
전류계
Ra
a
6
7
d
5
5
6
7
b
4
c
8

도면 2


고정 주파수 증폭기
2
R1
R2
R3
Ra
9
R4
Rv
R5
Rs