



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0066822
 (43) 공개일자 2008년07월16일

(51) Int. Cl.

C22F 1/00 (2006.01)

- (21) 출원번호 10-2008-7012620
- (22) 출원일자 2008년05월27일
 심사청구일자 없음
 번역문제출일자 2008년05월27일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2006/043255
 국제출원일자 2006년11월06일
- (87) 국제공개번호 WO 2007/056327
 국제공개일자 2007년05월18일
- (30) 우선권주장
 11/268,140 2005년11월07일 미국(US)

(71) 출원인

쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박스 33427 쓰리엠 센터

(72) 발명자

투마 필립 이.

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427쓰리엠 센터

팜그렌 게리 엠.

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427쓰리엠 센터

(74) 대리인

김영, 양영준, 안국찬

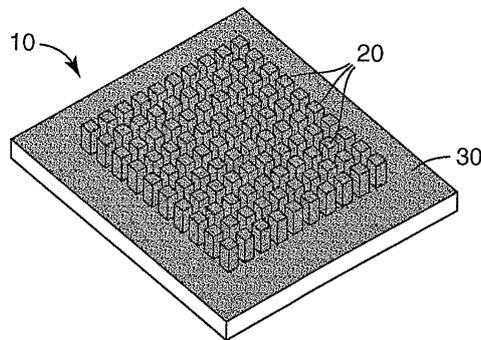
전체 청구항 수 : 총 39 항

(54) 열전달 코팅

(57) 요약

열전달 코팅은 복수의 금속체와, 복수의 금속체들 사이에 배치되어 이들을 서로 연결하는 간극 요소를 포함한다. 금속체는 제1 금속을 함유하는 내측 부분과, 제1 금속 및 제2 금속을 포함하는 합금을 함유하는 외측 부분을 포함한다. 간극 요소는 외측 부분의 합금을 함유한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

알루미늄, 구리, 은 및 이들의 합금으로 이루어진 균으로부터 선택된 제1 금속을 함유하는 내측 부분과, 구리, 은, 및 마그네슘으로 이루어진 균으로부터 선택된, 상기 제1 금속과는 상이한 제2 금속 및 제1 금속을 포함하는 합금을 함유하는 외측 부분을 포함하는 복수의 금속체; 및

상기 외측 부분의 상기 합금을 함유하고, 상기 복수의 금속체들 사이에 배치되어 이들을 서로 연결하는 복수의 간극 요소를 포함하며,

10% 이상의 유효 다공성을 갖는 열전달 코팅.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 금속은 구리를 포함하고, 상기 제2 금속은 은을 포함하는 열전달 코팅.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제1 금속은 구리이고, 상기 간극 요소는 은과 구리의 합금을 함유하는 열전달 코팅.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제1 금속은 알루미늄을 포함하고, 상기 제2 금속은 마그네슘을 포함하는 열전달 코팅.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제1 금속은 알루미늄이고, 상기 간극 요소는 알루미늄과 마그네슘의 합금을 함유하는 열전달 코팅.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 내측 부분은 다이아몬드를 추가로 포함하는 열전달 코팅.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 다이아몬드는 크롬, 코발트, 망간, 몰리브덴, 니켈, 규소, 탄탈, 티타늄, 텅스텐, 바나듐, 지르코늄, 및 이들의 합금으로 이루어진 균으로부터 선택된 탄화물 형성제를 함유하는 중간 코팅을 포함하는 열전달 코팅.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 복수의 금속체는 입방 센티미터당 10^7 내지 10^9 개의 금속체의 범위 내의 단위 밀도를 갖는 열전달 코팅.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 금속체는 실질적으로 구형인 열전달 코팅.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 금속체는 5 내지 50 마이크로미터의 범위 내의 평균 직경을 포함하는 열전달 코팅.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 금속체는 1 내지 2의 범위 내의 중형비를 포함하는 열전달 코팅.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 코팅은 20 내지 500 마이크로미터의 범위 내의 두께를 포함하는 열전달 코팅.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 열전달 코팅은 20% 이상의 유효 다공성을 갖는 열전달 코팅.

청구항 14

알루미늄, 구리, 은 및 이들의 합금으로 이루어진 군으로부터 선택된 제1 금속 및 다이아몬드를 함유하는 내측 부분과, 구리, 은 및 마그네슘으로 이루어진 군으로부터 선택된, 상기 제1 금속과는 상이한 제2 금속 및 제1 금속을 포함하는 합금을 함유하는 외측 부분을 포함하는 복수의 복합체; 및

상기 외측 부분의 상기 합금을 함유하고, 상기 복수의 금속체들 사이에 배치되어 이들을 서로 연결하는 복수의 간극 요소

를 포함하는 열전달 코팅.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 제1 금속은 구리를 포함하고, 상기 제2 금속은 은을 포함하는 열전달 코팅.

청구항 16

제14항에 있어서, 상기 제1 금속은 구리이고, 상기 간극 요소는 은과 구리의 합금을 함유하는 열전달 코팅.

청구항 17

제14항에 있어서, 상기 제1 금속은 알루미늄을 포함하고, 상기 제2 금속은 마그네슘을 포함하는 열전달 코팅.

청구항 18

제14항에 있어서, 상기 제1 금속은 알루미늄이고, 상기 간극 요소는 알루미늄과 마그네슘의 합금을 함유하는 열전달 코팅.

청구항 19

제14항에 있어서, 상기 복수의 금속체는 입방 센티미터당 10^7 내지 10^9 개의 금속체의 범위 내의 단위 밀도를 갖는 열전달 코팅.

청구항 20

제14항에 있어서, 크롬, 코발트, 망간, 몰리브덴, 니켈, 규소, 탄탈, 티타늄, 텅스텐, 바나듐, 지르코늄, 및 이들의 합금으로 이루어진 군으로부터 선택된 탄화물 형성체를 함유하는, 상기 다이아몬드에 부착된 중간 코팅을 추가로 포함하고, 상기 제1 금속은 상기 중간 코팅에 부착되는 열전달 코팅.

청구항 21

제14항에 있어서, 상기 금속체는 정팔면체인 열전달 코팅.

청구항 22

제14항에 있어서, 상기 금속체는 1 내지 2의 범위 내의 종횡비를 포함하는 열전달 코팅.

청구항 23

제14항에 있어서, 상기 금속체는 5 내지 50 마이크로미터의 범위 내의 평균 직경을 포함하는 열전달 코팅.

청구항 24

제14항에 있어서, 상기 코팅은 20 내지 500 마이크로미터의 범위 내의 두께를 포함하는 열전달 코팅.

청구항 25

제14항에 있어서, 상기 열전달 코팅은 10% 이상의 유효 다공성을 갖는 열전달 코팅.

청구항 26

제1항의 열전달 코팅을 포함하는 냉각 시스템.

청구항 27

제14항의 열전달 코팅을 포함하는 냉각 시스템.

청구항 28

외측 표면을 갖는 방열 기관을 제공하는 단계;

용점(T_{mp1})을 갖는 제1 금속을 함유하는 내측 부분 및 용점(T_{mp2})을 갖는 제2 금속을 함유하는 외측 부분을 포함하는 복수의 금속체와, 결합제를 포함하는 조성물을 상기 방열 기관 상으로 침착시키는 단계; 및

상기 조성물을 T_{mp1} 및 T_{mp2} 미만의 온도로 가열하여, 상기 복수의 금속체들을 서로에 대해 그리고 상기 방열 기관에 결합시키는, 상기 제1 금속 및 상기 제2 금속을 함유하는 합금을 형성하는 단계를 포함하며,

상기 복수의 금속체 및 상기 합금은 10% 이상의 유효 다공성을 갖는 다공성 매트릭스를 형성하는, 방열 기관의 코팅 방법.

청구항 29

제28항에 있어서, 상기 제1 금속은 알루미늄, 구리, 은 및 이들의 합금으로 이루어진 군으로부터 선택되는, 방열 기관의 코팅 방법.

청구항 30

제28항에 있어서, 상기 제2 금속은 구리, 은, 마그네슘 및 이들의 합금으로 이루어진 군인, 방열 기관의 코팅 방법.

청구항 31

제28항에 있어서, 상기 제1 금속은 구리를 포함하고, 상기 제2 금속은 은을 포함하는, 방열 기관의 코팅 방법.

청구항 32

제28항에 있어서, 상기 결합제는 광유, 실리콘유, 등유 및 폴리비닐 부티랄로 이루어진 군으로부터 선택되는, 방열 기관의 코팅 방법.

청구항 33

제28항에 있어서, 상기 금속체는 다이아몬드를 추가로 포함하는, 방열 기관의 코팅 방법.

청구항 34

제28항에 있어서, 상기 방열 기관의 상기 외측 표면은 3차원 표면을 포함하는, 방열 기관의 코팅 방법.

청구항 35

외측 표면을 갖는 방열 기관을 제공하는 단계;

제1항의 열전달 코팅을 상기 외측 표면 상으로 도포하는 단계; 및

상기 열전달 코팅을 냉각 유체와 접촉시키는 단계

를 포함하는, 방열 장치의 냉각 방법.

청구항 36

제35항에 있어서, 단상 열전달을 포함하는, 방열 장치의 냉각 방법.

청구항 37

제35항에 있어서, 2상 열전달을 포함하는, 방열 장치의 냉각 방법.

청구항 38

제37항에 있어서, 상기 냉각 유체는 열사이펀 내에 수용되는, 방열 장치의 냉각 방법.

청구항 39

제35항에 있어서, 상기 방열 기관을 방열 장치에 부착하는 단계를 추가로 포함하는, 방열 장치의 냉각 방법.

명세서

기술분야

<1> 본 발명은 전반적으로 열전달 코팅에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 다공성 금속 코팅과 그의 제작 및 사용 방법에 관한 것이다.

배경기술

<2> 방열 구성요소를 위한 하나의 냉각 시스템은 증발 또는 비등하는 유체를 포함한다. 생성된 증기는 이어서 외부 수단을 사용하여 응축되고 비등장치(boiler)로 다시 복귀된다. 비등장치에서의 유체의 열전달을 향상시키기 위해, 다공성 비등 표면이 사용될 수 있다.

<3> 예를 들어 화염 또는 플라즈마 분사에 의해 제작된 코팅을 포함한, 다양한 다공성 비등 표면이 이용 가능하다. 이러한 공정에서, 다공성을 제어하고 3차원 기관을 균일하게 코팅하는 것은 어려울 수 있다. 다른 공지된 코팅은 유기 결합체로 접합된 전도성 입자들을 포함한다. 이러한 코팅은 대체로 벌크 열전도성(bulk thermal conductivity)이 좋지 않고, 그러므로 3차원 표면을 구비한 기관 상에서 어려운 정밀한 두께 제어를 요구한다.

<4> 집적 회로 및 다른 방열 전자 장치가 더욱 강력해지고 소형화됨에 따라, 이러한 방열 구성요소로부터의 열전달율이 증가될 필요가 있다. 따라서, 높은 열전달 계수를 갖는 다공성 비등 표면을 개발하기 위한 지속적인 필요성이 존재한다. 또한, 제조 공정에서 쉽게 적용될 수 있는 저렴한 다공성 비등 표면에 대한 지속적인 필요성이 존재한다.

<5> 발명의 개요

<6> 본 발명은 전반적으로 열전달 코팅에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 다공성 금속 코팅과 그의 제작 및 사용 방법에 관한 것이다. 코팅은 냉각 시스템 및 전자 냉각 시스템과 같은 냉각 장치를 위한 증발기를 제작하기 위해 사용될 수 있다. 코팅은 단상(single phase) 또는 2상 열전달 시스템에서 사용될 수 있다. 몇몇 실시 형태에서, 코팅은 예를 들어 마이크로프로세서와 같은 집적 회로를 냉각하기 위해 사용되는 열사이펀(thermosyphon)의 비등장치에 도포될 수 있다.

<7> 일 태양에서, 본 발명은 복수의 금속체와, 복수의 금속체들 사이에 배치되어 이들을 서로 연결하는 복수의 간극 요소(interstitial element)를 포함하는 열전달 코팅을 제공한다. 금속체는 알루미늄, 구리, 은 및 이들의 합금으로 이루어진 균으로부터 선택된 제1 금속을 함유하는 내측 부분과, 구리, 은 및 마그네슘으로 이루어진 균으로부터 선택된 제2 금속 및 제1 금속을 포함하는 합금을 함유하는 외측 부분을 포함한다. 간극 요소는 외측 부분의 합금을 함유하고, 열전달 코팅은 10% 이상의 유효 다공성을 갖는다.

<8> 몇몇 실시 형태에서, 제1 금속은 구리를 포함하고, 제2 금속은 은을 포함하고, 간극 요소는 은과 구리의 합금을 함유한다. 다른 실시 형태에서, 제1 금속은 알루미늄을 포함하고, 제2 금속은 마그네슘을 포함하고, 간극 요소는 알루미늄과 마그네슘의 합금을 함유한다.

<9> 몇몇 태양에서, 금속체는 그의 내측 부분에서 다이아몬드를 포함한다. 제1 금속에 더하여, 다이아몬드는 크롬, 코발트, 망간, 몰리브덴, 니켈, 규소, 탄탈, 티타늄, 텅스텐, 바나듐, 지르코늄 및 이들의 합금으로 이루어진 균으로부터 선택된 탄화물 형성체를 함유하는 중간 코팅으로 코팅될 수 있다.

<10> 다른 태양에서, 본 발명은 열전달 코팅의 형성 방법을 제공한다. 상기 방법은 외측 표면을 갖는 방열 기관을 제공하는 단계와, 열적으로 제거 가능한 결합체 및 복수의 금속체를 포함하는 조성물을 방열 기관 상으로 적층하는 단계를 포함한다. 금속체는 용점(T_{mp1})을 갖는 제1 금속을 함유하는 내측 부분과, 용점(T_{mp2})을 갖는 제2 금속을 함유하는 외측 부분을 포함한다. 그리고 나서, 조성물은 T_{mp1} 및 T_{mp2} 미만의 온도로 가열되어, 상기 복수의 금속체들을 서로에 대해 그리고 방열 기관에 결합시키는, 제1 금속 및 제2 금속을 포함하는 합금을 형성한

다. 이러한 공정은 등온 재응고(isothermal re-solidification)로서 지칭된다.

- <11> 다른 태양에서, 본 발명의 열전달 코팅을 사용하여 방열 장치를 냉각하기 위한 방법이 제공된다.
- <12> 본 발명과 관련하여:
- <13> "유효 다공성"이라는 용어는 매트릭스 내에서의 유체 유동 또는 투과성에 기여하는 몸체 내의 상호 연결된 기공(pore) 체적 또는 공극(void) 공간을 지칭한다. 유효 다공성은 매트릭스 내에 존재할 수도 있는 격리된 기공은 배제한다.
- <14> "단위 밀도"라는 용어는 규정된 체적당 할당된 단위의 양을 지칭한다. 예를 들어, 본 발명에서 설명되는 바와 같은 다공성 매트릭스가 1 입방 센티미터의 체적을 점유하는 100개의 금속체를 포함하면, 금속체의 단위 밀도는 입방 센티미터당 100개의 금속체일 것이다.
- <15> "중횡비"라는 용어는 3차원 몸체의 최장 치수(즉, "전체 길이")와 전체 길이 치수에 직교하는 최장 치수(즉, "전체 폭")의 비를 지칭한다.
- <16> "실질적으로 구형인"이라는 용어는 약 1 내지 1.5의 중횡비와 대체로 구형인 형상을 갖는 3차원 몸체를 지칭한다.
- <17> "3차원 표면"이라는 용어는 0.1 밀리미터 이상의 높이차를 갖는 상승 부분 및 오목 부분을 갖는 표면을 지칭한다. 오목 부분으로부터 상승 부분으로의 전이는 점진적이거나 급격할 수 있다. 도 1의 비등장치(10)는 예를 들어 핀(20: fin)에 의해 형성된 상승 부분과 오목 부분 사이에서 비교적 급격한 전이를 갖는 3차원 표면을 포함한다.
- <18> 본 발명의 상기 개요는 본 발명의 열전달 코팅의 모든 구현예의 각각의 개시된 실시 형태를 설명하려는 것은 아니다. 이하의 도면들과 상세한 설명에서 예시적인 실시 형태들을 보다 상세히 설명한다. 종점(endpoint)에 의한 수치 범위의 언급은 그 범위 내에 포함되는 모든 수 (예를 들어, 1 내지 5는 1, 1.5, 2, 2.75, 3, 4, 4.80, 및 5를 포함함)를 포함한다.

발명의 상세한 설명

- <27> 도 1은 본 발명의 열전달 코팅(30)을 갖는 비등장치(10)의 사시도이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 열전달 코팅은 3차원 표면을 갖는 비등장치(10)에 도포될 수 있다. 3차원 표면은 핀(20)과 같은 돌출부 또는 비등장치의 표면적을 증가시키는 다른 구조물들의 어레이를 포함할 수 있다.
- <28> 도 2A 내지 도 2C는 본 발명의 열전달 코팅이 형성되는 순서를 도시한다. 이 도면들은 접합되는 2개의 예시적인 전구체 금속체를 도시하는 단순화된 도면이다. 본 발명의 열전달 코팅은 전형적으로 3차원 다공성 매트릭스로 함께 접합되는 많은 수의 전구체 금속체로부터 형성된다.
- <29> 도 2A는 본 발명의 열전달 코팅을 제작하기 위해 사용되는 2개의 예시적인 전구체 금속체의 측면도이다. 도 2A에 도시된 바와 같이, 전구체 금속체(200, 200')들은 대략 동일한 크기일 수 있다. 다른 실시 형태에서, 전구체 금속체들은 크기가 다를 수 있다. 전구체 금속체는 도 2A에 도시된 바와 같이 실질적으로 구형일 수 있다.
- <30> 본 발명에 따른 코팅을 제작하는 데 유용한 전구체 금속체는 전형적으로 1 마이크로미터 이상의 평균 직경을 갖는다. 몇몇 실시 형태에서, 전구체 금속체는 5 마이크로미터 이상의 평균 직경을 갖는다. 또 다른 실시 형태에서, 전구체 금속체는 10 마이크로미터 이상의 평균 직경을 갖는다.
- <31> 본 발명에 따른 코팅을 제작하는 데 유용한 전구체 금속체는 전형적으로 1,000 마이크로미터 이하의 평균 직경을 갖는다. 몇몇 실시 형태에서, 전구체 금속체는 500 마이크로미터 이하의 평균 직경을 갖는다. 또 다른 실시 형태에서, 전구체 금속체는 50 마이크로미터 이하의 평균 직경을 갖는다.
- <32> 몇몇 실시 형태는 1 내지 2 범위 내의 중횡비를 갖는 전구체 금속체를 사용한다. 다른 실시 형태에서, 전구체 금속체는 타원형 형상이며, 1.5 초과의 중횡비를 갖는다. 또 다른 실시 형태에서, 전구체 금속체는 다면체(예를 들어, 정팔면체) 또는 예를 들어 박편(flake), 칩, 섬유, 판(plate), 원통, 및 바늘형 몸체를 포함한 다른 임의의 형상의 몸체일 수 있다. 전구체 금속체가 비구형이면, 금속체의 "직경"은 각각의 금속체에서의 최소 축상의 치수를 지칭하고, "평균 직경"은 모집단 내의 개별 금속체 직경(즉, 각각의 금속체에서의 최소 축상의 치수)의 평균을 지칭한다.
- <33> 도 2B는 도 2A에 도시된 2개의 예시적인 전구체 금속체(200, 200')의 단면도이다. 도 2B에 도시된 바와 같이,

각각의 전구체 금속체는 내측 부분(250, 250') 및 외측 부분(240, 240')을 포함한다. 몇몇 실시 형태에서, 내측 부분(250, 250')은 알루미늄, 구리, 은, 및 이들의 합금으로 이루어진 균으로부터 선택된 금속을 함유한다. 몇몇 실시 형태에서, 외측 부분(240, 240')은 구리, 은, 마그네슘, 및 이들의 합금으로 이루어진 균으로부터 선택된 금속을 함유한다. 또 다른 실시 형태에서, 내측 부분은 용점(T_{mp1})을 갖는 금속을 갖고, 외측 부분은 용점(T_{mp2})을 갖는 금속을 가지며, T_{mp1} 또는 T_{mp2} 미만의 온도로 가열 시, 내측 및 외측 부분의 금속들을 함유하는 합금이 형성된다. 몇몇 실시 형태에서, 전구체 금속체의 내측 및 외측 부분 내의 금속들은 그들의 열전도성 및/또는 그들의 합금 형성 특징에 기초하여 선택된다.

<34> 몇몇 실시 형태에서, 외측 부분은 외측 부분이 균일한 두께를 갖도록 내측 부분에 균일하게 도포된다. 다른 실시 형태에서, 외측 코팅의 두께는 변할 수 있다. 몇몇 바람직한 실시 형태에서, 외측 부분은 내측 부분의 외측 표면의 대부분을 덮는다. 몇몇 실시 형태에서, 외측 부분은 내측 부분의 외측 표면의 90%보다 많이 덮는다. 또 다른 실시 형태에서, 외측 부분은 내측 부분의 외측 표면을 완전히 덮는다.

<35> 외측 부분을 형성하기 위해 사용되는 재료의 양은 상대 중량 또는 두께로 표현될 수 있다. 예를 들어, 몇몇 실시 형태에서, 외측 부분은 금속체 전구체의 약 1 중량%를 구성한다. 외측 부분은 전형적으로 금속체 전구체의 약 0.05 내지 30 중량%를 구성한다. 다른 실시 형태에서, 외측 부분은 0.001 내지 0.5 마이크로미터의 범위 내의 평균 두께를 갖는다. 몇몇 실시 형태에서, 외측 부분은 0.01 내지 0.05 마이크로미터의 범위 내의 평균 두께를 갖는다.

<36> 구리 내측 부분 및 은 외측 부분을 갖는 예시적인 유용한 전구체 금속체는 페로 코퍼레이션(Ferro Corp.)(미국 뉴저지주 플레인필드 소재)으로부터 "실버 코티드 카퍼 파우더(SILVER COATED COPPER POWDER) #107"로서 입수가 가능하다. 다른 유용한 전구체 금속체는 예를 들어 마그네슘으로 코팅된 알루미늄 입자를 포함한다. 전구체 금속체는 예를 들어 물리 증착(예를 들어, 미국 특허 출원 공개 제2005/0095189 A1호(브레이(Brey) 등) 참조), 플라즈마 증착, 무전해 도금, 전해 도금, 또는 침지 도금을 포함한, 당업자에게 공지된 임의의 방법을 사용하여 형성될 수 있다.

<37> 도 2C는 함께 접합되어 구조물(260)을 형성한, 도 2A 및 도 2B에 도시된 2개의 예시적인 전구체 금속체(200, 200')의 측면도이다. 도 2C에 도시된 바와 같이, 간극 요소(270)가 본 발명의 방법을 사용하여 2개의 금속체들을 함께 부착하기 위해 형성된다. 간극 요소(270)는 전구체 금속체의 내측 및 외측 부분의 금속들이 금속체들을 함께 결합시킨 합금을 형성하도록 전구체 금속체가 승온을 겪게 함으로써 형성된다. 이러한 공정은 등은 재응고로서 공지되어 있다. 몇몇 실시 형태에서, 합금을 형성하는 개별 금속들보다 낮은 용점을 갖는 공용 혼합물(eutectic)이 형성된다. 공용 혼합물의 형성은, 등은 재응고 공정 중의 확산이 다양한 금속들의 계면의 조성의 연속적인 변화를 일으킬 수 있으므로 일시적일 수 있다. 몇몇 실시 형태에서, 등은 재응고 공정은 예를 들어 미국 로드아일랜드주 크랜스턴 소재의 헤이즈(Hayes)로부터 입수가 가능한 VCT 모델 진공로(vacuum furnace)와 같은 진공로 또는 환원로 내에서 일어난다.

<38> 도 4는 코팅된 다이아몬드를 내측 부분 내에 포함하는 예시적인 전구체 금속체의 단면도이다. 도 4에 도시된 바와 같이, 전구체 금속체의 내측 부분은 다이아몬드(452), 중간 코팅(454), 및 제1 금속(450)을 포함한다. 외측 부분(440)은 제2 금속을 함유한다. 다이아몬드를 코팅하는 중간 코팅은 예를 들어 크롬, 코발트, 망간, 몰리브덴, 니켈, 규소, 탄탈, 티타늄, 텅스텐, 바나듐, 지르코늄, 및 이들의 합금을 포함한, 임의의 공지된 탄화물 형성제를 함유할 수 있다. 중간 코팅은 예를 들어 물리 증착, 화학 증착, 용융 염 침착(예를 들어, 유럽 특허 공개 제0 786 506 A1호(카라스(Karas) 등) 참조), 용융 염 내에서의 전해, 및 기계적 도금을 포함한, 당해 기술 분야에 공지된 임의의 기술을 사용하여 다이아몬드에 도포될 수 있다. 몇몇 실시 형태에서, 다이아몬드를 코팅하는 중간 코팅은 복수의 층을 포함한다.

<39> 임의의 이론에 의해 구애되고자 하지 않지만, 캡슐화된 다이아몬드의 열전도성은 열전달 코팅의 성능을 향상시키는 것으로 여겨진다. 몇몇 실시 형태에서, 다이아몬드(코팅되거나 코팅되지 않음)는 (내부 다이아몬드가 있거나 없는) 복수의 전구체 금속체와 조합되어, 간극 요소와 함께 유지되는 금속체 및 다이아몬드의 혼합물을 갖는 열전달 코팅을 형성할 수 있다. 예를 들어 다결정 다이아몬드, 합성 다이아몬드, 다결정 다이아몬드 콤팩트(PDC), 동위원소적으로 순수한 다이아몬드, 및 이들의 조합을 포함한 다른 재료들이 또한 금속체와 함께 캡슐화되거나 조합될 수 있다.

<40> 전술한 바와 같이, 도 2A 내지 도 2C는 접합되는 2개의 예시적인 전구체 금속체를 도시하는 단순화된 도면이다. 본 발명의 열전달 코팅은 전형적으로 3차원 다공성 매트릭스로 함께 접합되는 많은 수의 전구체 금속체로부터

형성된다. 각각의 금속 전구체 금속체는 1, 2, 3, 4, 5개 또는 그 이상의 다른 금속 전구체 금속체와 접합되어 3차원 다공성 매트릭스를 형성할 수 있다.

- <41> 도 3은 본 발명의 예시적인 열전달 코팅의 일부분의 예시적인 사시도이다(기관은 도시되지 않음). 도 3에 도시된 바와 같이, 열전달 코팅(360)은 3차원 다공성 매트릭스를 형성하기 위해 간극 요소(370)로 서로에 대해 연결된 복수의 금속체(300)를 포함한다. 간극 요소(370)는 또한 금속체(300)를 기관에 결합시킬 수 있다.
- <42> 몇몇 실시 형태에서, 본 발명의 열전달 코팅은 입방 센티미터당 약 10^6 내지 10^{11} 개의 금속체의 범위 내의 금속체 밀도를 갖는다. 몇몇 실시 형태에서, 본 발명의 열전달 코팅은 입방 센티미터당 약 10^7 내지 10^9 개의 금속체의 범위 내의 금속체 밀도를 갖는다.
- <43> 본 발명의 열전달 코팅의 다공성은 전형적으로 10 내지 60%의 범위 내이다. 몇몇 실시 형태에서, 열전달 코팅의 다공성은 20% 이상이다. 또 다른 실시 형태에서, 열전달 코팅의 다공성은 30% 이상이다.
- <44> 간극 요소(370)를 형성하기 위해 사용되는 합금은 기관에 대한 열전달 코팅(360)의 부착을 또한 촉진시킬 수 있다. 몇몇 실시 형태에서, 기관은 간극 요소를 형성하는 합금을 형성하기 위해 사용되는 금속들 중 적어도 하나를 함유하는 금속 표면을 갖는다. 몇몇 실시 형태에서, 예를 들어, 기관은 구리를 함유하고, 전구체 금속체의 내측 부분은 구리를 함유하고, 전구체 금속체의 외측 부분은 은을 함유하고, 형성되는 간극 요소는 구리 및 은의 합금을 함유하는데, 여기서 금속체들 중 일부를 기관에 결합시키는 간극 요소의 적어도 일부는 기관으로부터 유래한 구리를 함유한다.
- <45> 전구체 금속체들은 예를 들어 중력, 주형, 및 결합제(예를 들어, 열적으로 제거 가능한 결합제)를 포함한, 3차원 다공성 매트릭스를 제조하기 위해 금속체들을 위치시키기 위한 임의의 공지된 기술을 사용하여 기관 상에 배열될 수 있다. 몇몇 실시 형태에서, 전구체 금속체들의 얇은 층이 실질적으로 평탄한 표면 상에 위치되고 가열되어 열전달 코팅을 형성한다. 다른 실시 형태에서, 등은 재용고 단계 이전에 그리고 그 동안에 전구체 금속체들을 보유하기 위해 주연 벽(즉, 주형)이 사용될 수 있다. 또 다른 실시 형태에서, 등은 재용고 단계 이전에 그리고 그 동안에 전구체 금속체들을 위치시키기 위해 결합제가 사용된다.
- <46> 결합제는 등은 재용고 공정 이전에 그리고 그 동안에 전구체 금속체들을 함께 충분히 점착시키는 임의의 공지된 결합제일 수 있다. 유용한 결합제로는 광유, 실리콘유, 등유, 및 폴리비닐 부티랄을 들 수 있다. 몇몇 바람직한 실시 형태에서, 결합제는 재용고 공정 중에 연소되고, 생성된 열전달 코팅으로부터 실질적으로 제거된다. 결합제는 페이스트형 주도(consistency)를 갖는 슬러리를 형성하도록 선택될 수 있다. 몇몇 실시 형태에서, 결합제는 전구체 금속체들이 예를 들어 수직 평면을 포함한 3차원 표면의 다양한 평면들 상에 위치될 수 있도록 선택된다.
- <47> 몇몇 실시 형태에서, 다우-코닝 코퍼레이션(Dow-Corning Corp.)(미국 미시건주 미들랜드 소재)으로부터 "다우 코닝 704 디퓨전 펌프 플루이드(DIFFUSION PUMP FLUID)"로서 입수가능한 오일 및 쓰리엠 컴퍼니(3M Co.)(미국 미네소타주 세인트 폴 소재)로부터 "노백 엔지니어드 플루이드(NOVEC ENGINEERED FLUID) HFE-72DE"로서 입수가능한 유체의 혼합물이 결합제로서 사용된다. 혼합물은 예를 들어 미술가용 공기 브러시를 사용하여 표면 상으로 분무될 수 있다. 혼합물을 도포한 후에, 전구체 금속체는 습윤된 표면으로 도입될 수 있다. 공정은 원하는 두께가 달성될 때까지 반복될 수 있다.
- <48> 본 발명의 열전달 코팅은 전형적으로 20 내지 1,000 마이크로미터의 범위 내의 평균 두께를 갖는다. 몇몇 실시 형태에서, 열전달 코팅은 50 내지 500 마이크로미터의 범위 내의 평균 두께를 갖는다.
- <49> 본 발명의 열전달 코팅은 예를 들어 열사이판과 같은 냉각 시스템 내에서 사용될 수 있다. 열전달 코팅은 발열 장치 또는 발열 장치와 열적으로 연통하는 방열 장치에 직접 도포될 수 있다.
- <50> 본 발명의 열전달 코팅은 전형적으로 10 W/cm^2 이상의 열속(heat flux)에서 $3 \text{ W/cm}^2\text{-}^\circ\text{C}$ 이상의 열전달 계수를 갖는다. 몇몇 실시 형태에서, 본 발명의 열전달 코팅은 10 W/cm^2 이상의 열속에서 $6 \text{ W/cm}^2\text{-}^\circ\text{C}$ 이상의 열전달 계수를 갖는다.
- <51> 본 발명의 열전달 코팅의 이점 및 다른 실시 형태는 하기의 실시예에 의해 추가로 예시되지만, 이러한 실시예에서 인용되는 특정 재료 및 그의 양뿐만 아니라 다른 조건 및 상세 사항은 본 발명의 열전달 코팅을 부당하게 제한하는 것으로 해석되지 않아야 한다. 예를 들어, 전구체 금속체를 형성하기 위해 사용되는 금속은 변할 수 있다. 모든 부 및 백분율은 달리 표시되지 않으면 중량 기준이다.

코팅 재료

코팅 재료	설명	공급원
A	90%의 15 마이크로미터 미만의 입자를 구비한 10 중량%의 은을 함유하는 은 코팅된 구리 분말	미국 뉴저지주 사우쓰 플레인필드 소재의 페로 코포레이션의 # 107
B	40 마이크로미터 다이아몬드	미국 비시컨주 체스터필드 소재의 내셔널 리서치 컴퍼니(National Research Company)의 SMB-5A 메시 325-400
C	미국 특허 출원 공개 제2005/0095189 A1호에 설명된 공정을 사용하여 은으로 스퍼터 코팅된 325 메시 이하의 구리 입자. 생성된 입자는 0.4 - 0.9 중량%의 은을 함유함.	미국 뉴저지주 베르겐필드 소재의 아틀란틱 이큅먼트 엔지니어스(Atlantic Equipment Engineers)의 #CU-112 미국 뉴멕시코주 알부쿼크 소재의 아카데미 프레스시전 머티리얼즈(Academy Precision Materials)로부터 입수가 가능한 은
D	625 메시 체를 사용하여 수집된 C의 20 마이크로미터 이하의 입자	
E	D에서 수집되지 않은 입자들은 주로 625 메시(20 마이크로미터)와 325 메시(44 마이크로미터) 사이의 입자들의 혼합물을 생성함.	
F	C에서 설명된 바와 같이 은으로 코팅된 15 - 25 마이크로미터 구리 코팅된 다이아몬드	미국 오하이오주 워싱턴의 다이아몬드 이노베이션즈(Diamond Innovations)

<52>

후술하는 방법을 사용하여, 코팅을 준비하고 비등 실험을 수행하였다.

<53>

<54> 시험 방법

<54>

<55> 풀 비등(pool boiling) 1

<55>

<56> 2 밀리미터 두께의 평평한 54 밀리미터 직경의 스탬핑된 구리 디스크로 시험 디스크들을 제작하였다. 이들 디스크의 일 표면의 중앙 28 밀리미터 직경 영역을 대체로 다음과 같이 코팅하였다. 코팅될 구리 표면을 먼저 잔류 산화물을 제거하기 위해 황산 용액으로 세척한 다음, 물과 이어서 아세톤으로 행구고, 건조시켰다. 필요하다면, 상기 부품을 특정 영역에 대한 코팅을 제한하기 위해 스텐실(stencil)을 사용하여 마스킹하였다.

<56>

<57> 미술가용 공기 브러시를 사용하여, 쓰리엠 노백 엔지니어드 플루이드 HFE-72de 중 다우 704 디퓨전 펌프 오일의 50% 혼합물을 시험 디스크 표면에 분무하였다. 이러한 혼합물을 표면이 균일하게 습윤될 때까지 도포하였다. 그리고 나서, 오일이 포화되어 과잉 입자가 쉽게 떨어질 때까지, 표면에 입자 또는 입자 혼합물을 뿌렸다. 이러한 코팅 단계를 원하는 두께를 달성하기 위해 필요한 바대로 반복하였다. 각각의 단계는 코팅 두께에 대략 80 마이크로미터를 추가하였다.

<57>

<58> 코팅된 구리 디스크를 진공로 내에 두었다. 진공로 온도를 분당 약 섭씨 14도로 섭씨 300도까지 상승시켜서 15분 동안 섭씨 300도로 유지하면서 압력을 0.001 밀리미터 수은주 미만으로 감소시켜, 오일을 제거하였다. 그리고 나서, 진공로를 분당 약 섭씨 14도로 섭씨 850도까지 가열한 다음, 진공이 파괴되고 부품을 제거되기 전에 거의 실온까지 냉각되게 하였다.

<58>

<59> 많은 시험 디스크의 신속한 시험을 가능케 하도록 장치를 구성하였다. 상기 장치는 31.8 밀리미터 x 31.8 밀리미터이고 높이가 3.0 밀리미터인 정사각형 구리 기부(base)와, 정사각형 기부의 일 표면으로부터 3.0 밀리미터 돌출된 28.5 밀리미터 직경의 둥근 상승 영역을 구비한 구리 받침대 가열기를 포함하였다. 둥근 돌출부의 평평한 표면을 평평하게 래핑(lapping)하고 연마하였다. 25.4 밀리미터 x 25.4 밀리미터의 캡톤(Kapton) 가열기(민코(Minco) HK5318 R7.6 L24 E)를 열 전도성 에폭시(미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니로부터 입수가 가능한 쓰리엠 스카치-웰드(Scotch-Weld) DP460-EG A11)를 사용하여 정사각형 기부의 노출된 표면에 부착하였다.

<59>

<60> 가열기를 실리콘 고무 화합물 내에서 구조화였고, 이는 직경이 55 밀리미터이고 높이가 13 밀리미터인 디스크를 형성하였다. 실리콘의 상부 표면은 가열기의 래핑된 표면과 동일 높이이다. 구리 가열기의 외경으로부터 2 밀리미터에서 실리콘 위에 위치한 소형 열전쌍을 사용하여, 시험 디스크 또는 벽 온도(T_w)를 측정하였다.

<60>

<61> 시험 표면을 장착하기 위해, 소량의 은 그리스(grease)를 먼저 가열기 표면에 도포하였다. 그리고 나서, 시험

<61>

디스크를 디스크가 열전쌍 상에 가압되도록 실리콘 및 그리스 도포된 가열기 표면 위에 배치하였다. PTFE 개스킷을 보유하는 28 밀리미터 내경의 유리 튜브를 시험 디스크 위에 클램핑하여, 시험 디스크의 주변부를 밀봉하였다. 그리고 나서, 약 20 밀리리터의 쓰리엠 노백 엔지니어드 플루이드 HFE-7000(미국 미네소타주 세인트 폴 소재의 쓰리엠 컴퍼니로부터 입수가능함)을 튜브의 개방 상부를 통해 첨가하였다. 수냉식 응축기 코일을 튜브의 상부 내로 삽입하였다. 구리 코일의 바닥과 유체의 메니스커스의 상부 사이의 영역 내의 열전쌍을 사용하여 유체 포화 온도(T_{sat})를 측정하였다.

<62> 자동화된 데이터 획득 시스템이 DC 전압(V)을 가열기에 인가하였다. 이러한 전압은 4 VDC에서 시작하였고, 전압이 미리 설정된 한계를 초과할 때까지 3분마다 2 VDC 증분으로 진행하였다. 100개의 온도 측정치를 평균함으로써 다음으로 진행하기 전에 각각의 데이터 지점을 기록하였다. 가열기로의 열속(Q'')을 시험 디스크의 코팅된 표면의 면적으로 나눈, 그의 최대 온도에서의 가열기 저항(R)으로 나누어진 평균 제곱 전압으로서 기록하였다:

$$Q'' = \frac{4V^2}{R\pi D^2}$$

<63>

<64> 그리고 나서, 열전달 계수(H)를 하기와 같이 계산하였다:

$$H = \frac{Q''}{T_w - T_{sat}}$$

<65>

<66> 폴 비등 2

<67> 두께가 0.317 cm인 5.8 cm 직경의 기계가공된 구리 디스크로 시험 디스크들을 제작하였다. 이들 디스크의 일 표면은 약 2 밀리미터의 깊이로 기계가공되어 디스크 중심선에서 종결되는 1 밀리미터 열전쌍 홈을 포함하였다. 반대 표면의 중앙의 2.54 센티미터 직경이 코팅 표면이었다. 시험 디스크들을 전술한 바와 같이 코팅하고 융합시켰다.

<68> 이러한 시험 방법은 시험 디스크 온도(T_w)를 디스크 내의 전술한 열전쌍 홈 내에 매설된 열전쌍으로 측정된 것을 제외하고는 폴 비등 1에 대해 설명된 것과 유사하였다. 또한, 2.54 cm 직경의 원형 영역으로 균일한 열속을 전달하도록 가열기를 구성하였다. 시험 디스크를 가열기와 시험 디스크 사이의 계면 내에서 은 그리스를 가지고 전과 같이 클램핑하였다. 또한, 이들 시험을 미리 설정된 전압에서 종결시키지 않았지만, 대신에 디스크 온도와 포화 온도 사이의 차이가 섭씨 20도를 초과하여 표면이 건조되었고 더 이상 비등을 지속할 수 없음(임계 열속(Critical Heat Flux, CHF))을 나타낼 때까지 실행되게 하였다.

<69> 2상 강제 대류

<70> 본 발명의 열전달 용품은 또한 훨씬 더 높은 열속을 방출하는 용품을 생성하기 위해 종래의 강제 대류 기술과 함께 사용될 수 있다. 입증을 위해, 레이저 다이오드 어레이에 의해 방출되는 출력을 시뮬레이션하는 1 밀리미터 x 10 밀리미터의 평평한 표면으로 최대 100 와트를 전달할 수 있는 구리 가열기를 구성하였다. 가열된 표면으로부터 1 밀리미터에 있는 열전쌍이 가열기 표면 온도의 계산을 가능케 하였다. 열교환기를 이러한 열원에 납땜하였다. 열교환기는 0.25 mm(0.010 인치) 두께의 구리 시트로 구성되어진 납땜된 표면을 포함하였다. 1 밀리미터 x 10 밀리미터 x 0.76 밀리미터 두께의 다공성 매트릭스를 납땜 또는 가열된 표면에 직접 대향하여 구리 시트에 융합시켰다. 매니폴드 판(manifold plate)을 이러한 열전달 용품의 상부에 그리고 구리 시트의 에지에 결합시켜서, 쓰리엠 노백 엔지니어드 플루이드 HFE-7000이 하나의 10 밀리미터 x 0.76 밀리미터 표면으로부터 다공성 매트릭스를 통해 그리고 다공성 매트릭스만을 통해 다른 표면으로 가압되도록 하였다. 입구 매니폴드 포트에서 유체 컬럼의 높이를 측정함으로써 인가된 압력차를 측정하였다.

실시예

<71> 실시예 1 - 9를 전술한 바와 같이 준비하여 시험하였다. 사용된 코팅 재료, 코팅 공정 및 시험 방법은 표 1에 개괄되어 있다. 실시예 1 - 8에 대한 열전달 계수 대 열속을 작동 유체로서 쓰리엠 노백 HFE-7000을 사용하여 측정하였다. 결과가 도 5 - 도 7에 도시되어 있다.

표 1

실시예	코팅 재료	코팅 두께 (마이크로미터)	시험 방법
1	C	250	풀 비등 1
2	D	190	풀 비등 1
3	E	310	풀 비등 1
4	10% B, 90% A	270	풀 비등 1
5	25% B, 75% A	240	풀 비등 1
6	90% B, 10% A	300	풀 비등 1
7	D	--	풀 비등 2
8	F	--	풀 비등 2
9	E	--	2상 강제 대류

<72>

전술한 열전달 코팅은 전형적으로 CHF에 도달하기 전에 제품 센티미터 당 30 - 45 와트를 방출할 수 있었지만, 실시예 9의 열교환기는 입구에 인가되는 30 센티미터의 수두로 제품 센티미터 당 89 와트를 방출할 수 있었다.

<74>

열전달 코팅의 구조 및 기능의 상세 사항과 함께, 상기 설명 및 실시예에서 기재된 본 발명의 열전달 코팅의 많은 특징 및 이점에서도, 개시 내용은 단지 예시적이라는 것을 이해하여야 한다. 특히 본 발명의 원리 내에서의 금속체의 형상 및 크기와 사용 방법에 관해서, 첨부된 청구의 범위가 표현되는 용어의 의미 그리고 그러한 구조 및 방법의 등가물에 의해 나타내어지는 완전한 범위까지 상세하게 변경이 이루어질 수 있다.

도면의 간단한 설명

<19>

도 1은 본 발명의 열전달 코팅을 갖는 비등장치의 사시도.

<20>

도 2A는 본 발명의 열전달 코팅을 제작하기 위해 사용되는 2개의 예시적인 전구체 금속체(precursor metal body)의 측면도.

<21>

도 2B는 도 2A에 도시된 2개의 예시적인 전구체 금속체의 단면도.

<22>

도 2C는 본 발명의 방법을 사용하여 2개의 금속체들을 함께 부착하기 위한 간극 요소(interstitial element)가 형성된 후의, 도 2A에 도시된 2개의 예시적인 금속체의 측면도.

<23>

도 3은 본 발명의 예시적인 열전달 코팅의 일부분의 예시적인 사시도.

<24>

도 4는 코팅된 다이아몬드를 포함하는 예시적인 전구체 금속체의 단면도.

<25>

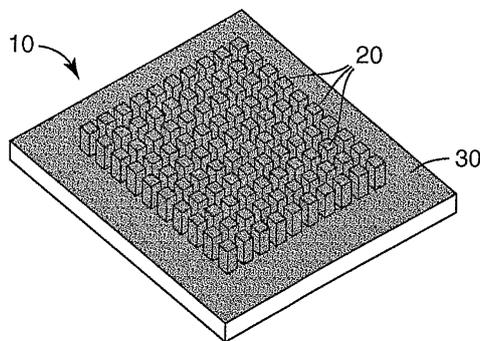
도 5 내지 도 7은 예시적인 실시 형태의 실험 결과를 도시하는 그래프.

<26>

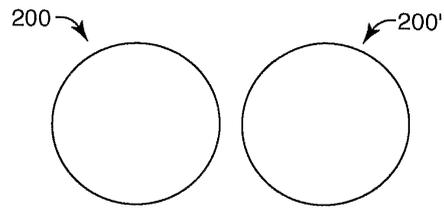
이상화된 이들 도면은 축척에 맞지 않고, 본 발명의 열전달 코팅을 예시할 뿐이며 제한하려는 것은 아니다.

도면

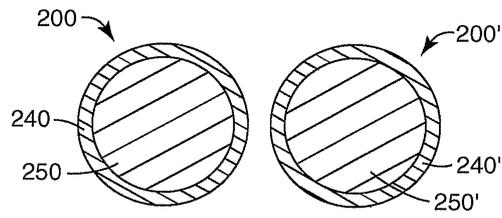
도면1



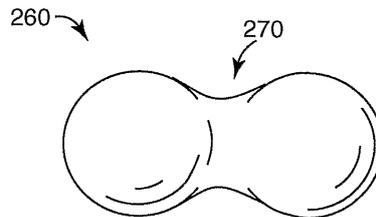
도면2A



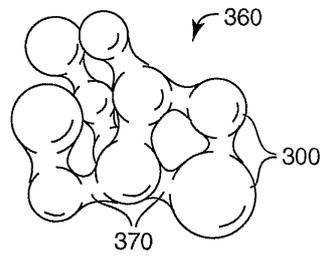
도면2B



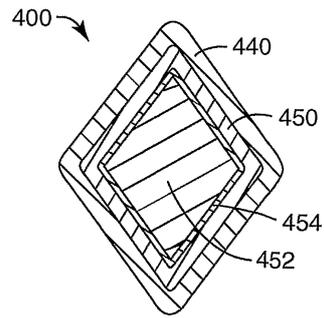
도면2C



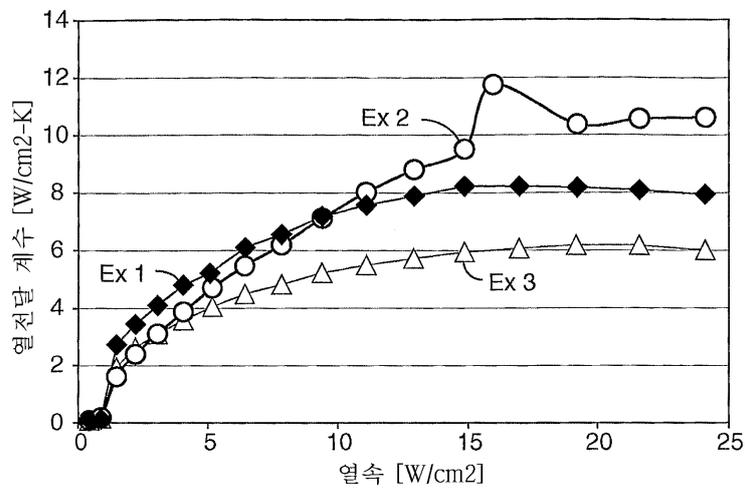
도면3



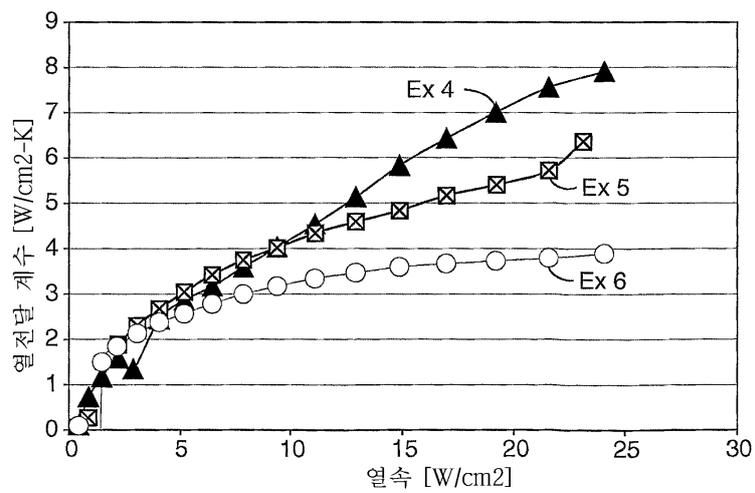
도면4



도면5



도면6



도면7

