



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년12월03일
(11) 등록번호 10-1336517
(24) 등록일자 2013년11월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C10M 125/00 (2006.01) C10M 125/04 (2006.01)
C10M 125/10 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-7002726
(22) 출원일자(국제) 2008년07월28일
심사청구일자 2011년07월12일
(85) 번역문제출일자 2008년02월01일
(65) 공개번호 10-2008-0033336
(43) 공개일자 2008년04월16일
(86) 국제출원번호 PCT/US2006/029840
(87) 국제공개번호 WO 2007/019125
국제공개일자 2007년02월15일
(30) 우선권주장
11/195,953 2005년08월03일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2003027080 A*
JP2000063873 A*
US20030008961 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박
스 33427 쓰리엠 센터
(72) 발명자
앤더슨, 제프리, 티.
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427쓰리엠 센터
켄달, 필립, 이.
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427쓰리엠 센터
(74) 대리인
김영, 양영준

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 서상용

(54) 발명의 명칭 열전도성 그리스

(57) 요약

본 발명은 캐리어 오일(들), 분산제(들) 및 열전도성 입자를 포함할 수 있는 열전도성 그리스에 관한 것이며, 여기서, 열전도성 입자는 적어도 세 가지의 열전도성 입자 분포들의 혼합이고, 적어도 세 가지의 열전도성 입자 분포들의 각각은 다른 평균 입자 크기들과 적어도 5배만큼 상이한 평균 (D₅₀) 입자 크기를 갖는다.

특허청구의 범위

청구항 1

0 내지 49.5 중량%의 캐리어 오일;

0.5 내지 5 중량%의 적어도 하나의 중합체성 분산제; 및

49.5 중량% 이상 99 중량% 이하의 열전도성 입자

를 포함하며,

열전도성 입자는 적어도 세 가지의 열전도성 입자 분포들의 혼합을 포함하고, 적어도 세 가지의 열전도성 입자 분포들의 각각은 다른 분포들과 적어도 5배만큼 상이한 평균 (D_{50}) 입자 크기를 갖고,

2 내지 7 W/m·K의 벌크 열 전도도 및 25℃ 측정 시 10^6 mPa·s의 점도를 나타내는 열전도성 그리스.

청구항 2

제1항에 있어서, 열전도성 입자는 단결정성 다이아몬드, 탄화규소, 알루미늄, 질화붕소(육각형 또는 입방형), 탄화붕소, 실리카, 흑연, 비결정성 탄소, 다결정성 다이아몬드, 질화알루미늄, 알루미늄, 산화아연, 니켈, 텅스텐, 은 및 그 조합으로 이루어진 군으로부터 선택되는 물질을 포함하는 열전도성 그리스.

청구항 3

제1항에 있어서, 캐리어 오일은 0.5 내지 20 중량%의 양으로 존재하는 열전도성 그리스.

청구항 4

제1항에 있어서, 적어도 세 가지의 열전도성 입자 분포들 중 하나는 0.02 내지 5 마이크로미터 범위인 평균 입자 크기를 갖는 열전도성 그리스.

청구항 5

제1항에 있어서, 이온성 분산제를 더 포함하고, 열전도성 그리스 내 분산제의 양은 0.5 내지 20 중량%인 열전도성 그리스.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

명세서

[0001] 관련 출원과의 상호 참조

[0002] 본 출원은 2005년 8월 3일자로 출원된 미국 특허 출원 제11/195,953호의 일부 계속 출원이며, 상기 특허 출원의 개시 내용은 본 명세서에 전체적으로 참고로 포함된다.

기술분야

[0003] 본 발명은 열 계면 재료 및 그 용도에 관한 것이다.

배경기술

[0004] 컴퓨터 산업에서, 보다 고도한 컴퓨팅(computing) 능력 및 속도로의 계속적인 이동이 존재한다. 마이크로프로세서는 계산 속도의 증가를 위하여 더욱 더 작은 특징부 크기로 만들어지고 있다. 따라서, 전력속(power flux)은 증가되고 보다 많은 열이 마이크로프로세서의 단위 면적 당 발생된다. 마이크로프로세서의 열 출력이 증가함에 따라, 열 또는 "열관리"는 더욱 더 난제가 되고 있다.

[0005] 열관리의 하나의 측면은 당 산업계에서 "열 계면 재료" 또는 "TIM(thermal interface material)"으로서 공지되어 있으며, 이로써 그러한 재료는 마이크로프로세서와 같은 열원과 방열 장치 사이에 배치되어 열 전달을 돕는다. 그러한 TIM은 그리스 또는 시트 유사 재료(sheet-like material)의 형태일 수도 있다. 이들 열 계면 재료는 마이크로프로세서와 방열 장치 사이의 임의의 절연 공기의 제거에도 사용된다.

[0006] TIM은 전형적으로 열원을 히트 스프레더(heat spreader), 즉, 열원보다 큰 열전도성 판에 열적으로 연결시키기 위하여 사용되며, 이 경우, TIM은 TIM I로 지칭된다. 또한, TIM은 냉각 장치 또는 핀 부착형 히트 싱크(finned heat sink)와 같은 방열 장치와 히트 스프레더 사이에 이용될 수도 있으며, 이 경우 그러한 TIM은 TIM II로 지칭된다. TIM은 특정 설치에서 하나 또는 둘 모두의 위치에 존재할 수도 있다.

[0007] 발명의 개요

[0008] 일 실시 형태에서, 본 발명은 0 내지 약 49.5 중량%의 캐리어 오일(carrier oil), 약 0.5 내지 약 25 중량%의 적어도 하나의 분산제, 및 적어도 약 50 중량%의 열전도성 입자를 포함하는 열전도성 그리스를 제공한다. 열전도성 입자는 적어도 세 가지의 열전도성 입자 분포들의 혼합을 포함하며, 적어도 세 가지의 열전도성 입자 분포들의 각각은 다른 분포들과 적어도 5배만큼 상이한 평균(D_{50}) 입자 크기를 갖는다.

[0009] 다른 실시 형태에서, 본 발명은 본 발명의 열전도성 그리스의 제조 방법을 제공하며, 본 방법은 캐리어 오일, 분산제, 및 열전도성 입자를 제공하는 단계, 및 이어서 캐리어 오일 (존재할 경우), 분산제, 및 열전도성 입자를 함께 혼합하는 단계를 포함한다.

[0010] 일 태양에서, 캐리어 오일 (존재할 경우) 및 분산제는 함께 혼합되며, 열전도성 입자들은 가장 미세한 평균 입자 크기로부터 최대 평균 입자 크기로 순차적으로 캐리어 오일 및 분산제의 혼합물 내로 혼합된다. 다른 태양에서, 열전도성 입자들은 함께 혼합되며, 이어서 캐리어 오일 (존재할 경우) 및 분산제의 혼합물 내로 혼합된다. 다른 태양에서, 일부 또는 전부의 열전도성 입자는 분산제로 사전 분산된 후 열전도성 입자가 캐리어 오일 (존재할 경우) 및 분산제의 혼합물 내로 혼합된다.

[0011] 다른 실시 형태에서, 본 발명은 기관, 기관에 부착된 적어도 하나의 초소형 전자 열원(microelectronic heat source), 및 적어도 하나의 초소형 전자 열원 상의 본 출원에 개시된 열전도성 그리스를 포함하는 초소형 전자 패키지를 제공한다.

[0012] 일 태양에서, 본 발명은 히트 스프레더, 및 초소형 전자 열원과 히트 스프레더 사이의 본 출원에 개시된 열전도성 그리스를 추가로 포함하는 상기 초소형 전자 패키지를 제공한다.

[0013] 다른 태양에서, 본 발명은 기관, 기관에 부착된 적어도 하나의 초소형 전자 열원, 히트 스프레더, 및 히트 스프

래더에 부착된 방열 장치를 포함하는 초소형 전자 패키지를 제공하며, 여기서, 본 출원에 개시된 열전도성 그리스가 히트 스프레더와 방열 장치 사이에 존재한다.

- [0014] 다른 태양에서, 본 발명은 기관, 기관에 부착된 적어도 하나의 초소형 전자 열원, 히트 스프레더, 초소형 전자 열원과 히트 스프레더 사이의 본 출원에 개시된 열전도성 그리스, 및 방열 장치를 포함하는 초소형 전자 패키지를 제공하며, 여기서, 열전도성 그리스가 히트 스프레더와 방열 장치 사이에 존재한다.

발명의 상세한 설명

- [0015] 본 명세서에 사용되는 바와 같이,
- [0016] "그리스"는 1/s의 전단률 및 20℃에서 점도가 10 Pa.s(1×10^4 cps) 초과이고, 1/sec의 전단률 및 125℃에서 점도가 100,000 Pa.s(10^8 cps) 미만인 물질을 의미한다.
- [0017] "열전도성 그리스"는, 하기에 설명된 벌크 열 전도도(Bulk Thermal Conductivity) 시험 방법에 의해 측정될 때 벌크 열 전도도가 0.05 W/m-K 초과인 그리스를 의미한다.
- [0018] 본 명세서에서, 달리 언급되지 않는 한 모든 수는 "약"이라는 용어로 수식되는 것으로 간주된다. 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, 3.80, 4 및 5를 포함함)를 포함한다.
- [0019] 본 발명의 열전도성 그리스(thermally conductive grease, TCG)는 하나 이상의 캐리어 오일을 포함할 수도 있다. 캐리어 오일은 본 발명의 TCG를 위한 베이스 또는 매트릭스를 제공한다. 유용한 캐리어 오일은 합성 오일 또는 광유, 또는 그 조합을 포함할 수도 있으며, 전형적으로 주위 온도에서 유동성이다. 유용한 캐리어 오일의 구체예에는 폴리올 에스테르, 에폭시드, 실리콘 오일 및 폴리올레핀 또는 그 조합이 포함된다.
- [0020] 구매가능한 캐리어 오일은 다이펜타에리트릴 및 단쇄 지방산의 폴리올 에스테르인 하트콜(HATCOL) 1106과, 트라이메틸을 프로판, 아디프산, 카프릴산 및 카프릭산의 복합 폴리올 에스테르인 하트콜 3371(이 둘 모두는 미국 뉴저지주 포츠 소재의 하트코 코퍼레이션(Hatco Corporation)으로부터 입수가가능)과, 미국 텍사스주 휴스턴 소재의 헥시온 스페셜티 케미칼스, 인크.(Hexion Specialty Chemicals, Inc.)로부터 입수가가능한 지방족 에폭시 에스테르 수지인 헬록시(HELOXY) 71을 포함한다.
- [0021] 캐리어 오일은 본 발명의 TCG에서 전체 조성물의 0 내지 약 49.5 중량%의 양으로, 그리고 다른 실시 형태에서는 0 내지 약 20 또는 약 12 중량% 이하의 양으로 존재할 수도 있다. 다른 실시 형태에서, 캐리어 오일은 조성물의 적어도 2, 1, 또는 0.5 중량%의 양으로 존재할 수도 있다. 캐리어 오일은 또한 본 발명의 TCG에 약 0.5, 1, 또는 2 중량%로부터 약 12, 15, 또는 20 중량%까지를 포함하는 범위로 존재할 수도 있다.
- [0022] 본 발명의 TCG는 하나 이상의 분산제를 포함한다. 분산제(들)는 캐리어 오일과 조합되어 존재할 수도 있거나, 캐리어 오일 없이 존재할 수도 있다. 분산제는 존재할 경우 캐리어 오일에서의 열전도성 입자(하기에 설명됨)의 분산을 향상시킨다. 유용한 분산제는 사실상 중합체성 또는 이온성으로서 특성화될 수도 있다. 이온성 분산제는 음이온성 또는 양이온성일 수 있다. 몇몇 실시 형태에서, 분산제는 비이온성일 수도 있다. 분산제들의 조합, 예를 들어 이온성 및 중합체성 분산제의 조합이 사용될 수도 있다.
- [0023] 유용한 분산제의 예는 폴리아민, 설포네이트, 개질 폴리카프로락톤, 유기 포스페이트 에스테르, 지방산, 지방산의 염, 폴리에테르, 폴리에스테르 및 폴리올과, 무기 분산제, 예를 들어, 표면 개질된 무기 나노입자, 또는 임의의 그의 조합을 포함하지만, 이로 한정되는 것은 아니다.
- [0024] 구매가능한 분산제는 상표명이 솔스퍼스(SOLSPERSE) 24000 및 솔스퍼스 39000 하이퍼디스퍼산트(hyperdispersant)이며 미국 오하이오주 클리블랜드 소재의 루브리졸 코퍼레이션(Lubrizol Corporation)의 자회사인 노베온, 인크.(Noveon, Inc.)로부터 입수가가능한 것; 네덜란드 히렌빈 소재의 에프카 애더티브즈 비브이(Efka Additives BV)로부터 입수가가능한 개질된 폴리우레탄 분산제인 EFKA 4046; 및 미국 뉴저지주 그랜베리 플레인스 로드 소재의 룽-뵐랑(Rhone-Poulenc)으로부터 입수가가능한 유기 포스페이트 에스테르인 로다팍(RHODAFAC) RE-610을 포함한다.
- [0025] 분산제는 본 발명의 TCG에서 전체 조성물의 0.5 중량% 이상, 50 중량% 이하, 그리고 다른 실시 형태에서는 25, 10, 또는 5 중량% 이하의 양으로 존재한다. 다른 실시 형태에서, 분산제는 1 중량% 이상의 양으로 존재할 수도 있다. 또한, 분산제는 약 1 내지 약 5 중량%를 포함하는 범위로 본 발명의 TCG에 존재할 수도 있다.

- [0026] 본 발명의 TCG는 열전도성 입자를 포함한다. 유용한 열전도성 입자는 다이아몬드, 다결정성 다이아몬드, 탄화규소, 알루미늄, 질화붕소(육각형 또는 입방형), 탄화붕소, 실리카, 흑연, 비결정성 탄소, 질화알루미늄, 알루미늄, 산화아연, 니켈, 텅스텐, 은 및 임의의 이들의 조합을 포함하지만, 이로 한정되는 것은 아니다. 이들 입자들 각각은 상이한 유형의 것이다.
- [0027] 본 발명의 TCG에 사용되는 열전도성 입자는 적어도 세 가지의 열전도성 입자 분포들의 혼합이다. 적어도 세 가지의 열전도성 입자 분포들의 각각은 평균 입자 크기를 갖는데, 상기 평균 입자 크기는 이보다 크고/크거나 작은 분포의 평균 입자 크기와는 적어도 5배, 그리고 다른 실시 형태에서는 적어도 7.5배, 또는 적어도 10배 또는 10배 초과만큼 상이하다. 예를 들어, 열전도성 입자들의 혼합물은 평균 입자 직경(D_{50})이 0.3 마이크로미터인 최소 입자 분포; 평균 입자 직경(D_{50})이 3.0 마이크로미터인 중간 분포; 평균 입자 직경(D_{50})이 30 마이크로미터인 최대 분포로 이루어질 수도 있다. 다른 예는 평균 입자 직경(D_{50}) 값이 0.03 마이크로미터, 0.3 마이크로미터, 및 3 마이크로미터인 평균 직경 입자 분포를 가질 수도 있다.
- [0028] 본 발명의 TCG에서 사용되는 열전도성 입자는 적어도 삼중 모드 분포(trimodal distribution)를 초래하는 적어도 세 가지의 열전도성 입자 분포들의 혼합이다. 그러한 삼중 모드 분포에서, 피크들 사이의 최소치(분포 피크들 사이의 밸리(valley)의 최저점과 피크들의 기준선 사이의 거리)는 인접 피크들 사이의 내삽된 값(높이)의 75, 50, 20, 10 또는 5 퍼센트 이하일 수도 있다. 몇몇 실시 형태에서, 세 가지의 크기 분포는 본질적으로 중첩되지 않는다. "본질적으로 중첩되지 않는"이라는 것은 밸리의 최저점이 인접 피크들 사이의 내삽된 값의 5% 이하임을 의미한다. 다른 실시 형태에서, 세 가지의 분포는 단지 최소 중첩을 갖는다. "최소 중첩"은 밸리의 최저점이 인접 피크들 사이의 내삽된 값의 20% 이하임을 의미한다.
- [0029] 전형적으로, 삼중 모드의 TCG에 있어서, 최소 평균 직경에 있어서의 평균 입자 크기는 약 0.02 내지 약 5.0 마이크로미터 범위일 수도 있다. 전형적으로, 중간 평균 직경에 있어서의 평균 입자 크기는 약 0.10 내지 약 50.0 마이크로미터 범위일 수도 있다. 전형적으로, 최대 평균 직경에 있어서의 평균 입자 크기는 약 0.5 내지 약 500 마이크로미터 범위일 수도 있다.
- [0030] 몇몇 실시 형태에서, 결과적인 TCG의 바람직한 물리적 특성과 일치하는 최대의 가능한 부피 분율의 열전도성 입자를 갖는 TCG를 제공하는 것이 바람직하며, 예를 들어 TCG가 그가 접촉하는 표면들에 순응하고 TCG가 용이한 적용을 허용하도록 충분히 유동성인 것이 바람직하다.
- [0031] 이를 고려하면, 전도성 입자 분포는 하기의 일반적인 원칙에 따라 선택될 수도 있다. 최소 직경 입자의 분포는 열적으로 연결될 2개의 기관들 사이의 예상되는 간극보다 작거나 상기 간극을 거의 메우는 직경을 가져야 한다. 실제로, 최대 입자는 기관들 사이의 최소 간극을 메울 수도 있다. 최대 직경 분포의 입자가 서로 접촉 상태로 있을 때, 입자들 사이의 간극 또는 공극 부피가 남아있을 것이다. 중간 직경 분포의 평균 직경은 유리하게는 보다 큰 입자들 사이의 간극 또는 공극 내에 정확히 맞도록 선택될 수도 있다. 중간 직경 분포의 삽입은 최대 직경 분포의 입자들과 중간 직경 분포의 입자들 - 그의 치수들은 최소 분포의 평균 직경을 선택하기 위하여 사용될 수도 있음 - 사이의 보다 작은 간극 또는 공극의 모집단을 생성할 것이다. 이와 유사한 방식으로, 바람직한 평균 입자 치수는 원할 경우, 입자의 4차, 5차 또는 보다 큰 차수의 모집단에 대하여 선택될 수도 있다.
- [0032] 열전도성 입자의 각각의 분포는 각각의 또는 임의의 적어도 세 가지의 분포에서 동일하거나 상이한 열전도성 입자를 포함할 수도 있다. 게다가, 열전도성 입자의 각각의 분포는 상이한 유형의 열전도성 입자의 혼합물을 포함할 수도 있다.
- [0033] 남아있는 공극은 유동성을 제공하기 위하여 캐리어, 분산제(들) 및 기타 성분들로 약간 과량으로 충전되는 것으로 생각될 수도 있다. 적합한 입자 분포의 선택에서의 추가의 교시는 문헌["Recursive Packing of Dense Particle Mixtures", Journal of Materials Science Letters, 21, (2002), pages 1249-1251]에서 찾아볼 수도 있다. 전술한 논의로부터, 연속적인 입자 크기 분포들의 평균 직경들은 바람직하게는 상당히 상이할 것이며 잘 분리되어, 이전에 패킹된 입자들의 패킹을 유익하게 방해함이 없이 이전에 패킹된 입자들에 의해 남겨진 간격 내에 이들이 맞게 되는 것이 보장됨을 알게 될 것이다.
- [0034] 열전도성 입자는 본 발명의 TCG에 적어도 50 중량%의 양으로 존재할 수도 있다. 다른 실시 형태에서, 열전도성 입자는 적어도 70, 75, 80, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 또는 98 중량%의 양으로 존재할 수도 있다. 다른 실시 형태에서, 열전도성 입자는 본 발명의 TCG에 99, 98, 97, 96, 95, 94, 93, 92, 91, 90, 89, 88, 87, 86, 또는 85 중량% 이하의 양으로 존재할 수도 있다.

- [0035] 본 발명의 TCG 및 TCG 조성물은 첨가제, 예를 들어 로딩 방지제(antiloading agent), 산화방지제, 평활제(leveling agent) 및 용제(적용 점도의 감소를 위함), 예를 들어 메틸에틸 케톤(MEK), 메틸아이스부틸 케톤 및 에스테르, 예를 들어 부틸 아세테이트를 선택적으로 또한 포함할 수도 있다.
- [0036] 본 발명의 TCG는 일반적으로 분산제 및 캐리어 오일을 함께 블렌딩하고, 이어서 열전도성 입자를 가장 미세한 평균 입자 크기로부터 최대 평균 입자 크기까지 순차적으로 분산제/캐리어 오일 혼합물 내로 블렌딩함으로써 제조된다. 또한, 열전도성 입자는 서로 사전 혼합되고, 이어서 액체 성분에 첨가될 수도 있다. 전체 점도를 감소시키고 균일하게 분산된 혼합물에서의 도발을 돕기 위하여, 열을 상기 혼합물에 가할 수도 있다. 몇몇 실시 형태에서, 일부 또는 전부의 열전도성 입자를 분산제로 먼저 사전 처리하거나 사전 분산시킨 후 이 입자들을 분산제/캐리어 혼합물 내로 혼합하는 것이 바람직할 수도 있다.
- [0037] 본 발명의 TCG는 초소형 전자 패키지에서 사용될 수도 있으며, 열원, 예를 들어 초소형 전자 다이 또는 칩으로부터 방열 장치로의 열의 소산을 돕기 위하여 사용될 수도 있다. 초소형 전자 패키지는 적어도 하나의 열원, 예를 들어 기관 상에 탑재된 다이 또는 기관 상의 적층된 다이, 열원 상의 본 발명의 열전도성 그리스를 포함할 수도 있으며, 다이와 열적 물리적으로 접촉하는 상태로 있는 추가의 방열 장치, 예를 들어 열 스프레더를 포함할 수도 있다. 열 스프레더는 또한 임의의 후속 방열 장치를 위한 열원일 수도 있다. 본 발명의 열전도성 그리스는 상기 다이와 방열 장치 사이의 열 접촉의 제공에 유용하다. 게다가, 본 발명의 TCG는 방열 장치와 냉각 장치 사이의 열적 물리적 접촉에 또한 사용될 수도 있다. 다른 실시 형태에서, 본 발명의 TCG는 방열 장치와 냉각 장치 사이에서, 즉, 중간에 히트 스프레더 또는 열 스프레더를 사용함이 없이 사용될 수도 있다. 본 발명의 TCG는 TIM I 및 TIM II 응용에서 유용하다.

실시예

[0038] 벌크 열 전도도

[0039] 일반적으로, 벌크 열 전도도는, 미국 미네소타주 블레인 소재의 커스텀 오토메이션, 인크.(Custom Automation, Inc.)로부터 입수가 가능한 열전달 시험기를 사용하여 TCG 샘플 상에서 ASTM D-5470-01에 따라 측정하였다. 열전달 시험기는 제안 번호 3M-102204-01에 따라 구축하였으며, 하기와 같은 특징부를 포함하였다: 최대 0.254 mm (0.010 인치) 간극에 대해 구리 미터 바아(meter bar) 사이의 평행성 및 간극을 측정할 수 있는 비전 시스템(vision system), 5개의 저항 온도 검출기(resistance temperature detector, RTD) 센서를 각각 갖는 구리 미터 바아들, -20 내지 100℃의 작동 범위를 갖고 냉각제 온도를 $\pm 0.02^{\circ}\text{C}$ 로 유지할 수 있는 (냉각된 미터 바아를 고정하기 위한) 냉각식 클램핑 블록을 냉각시키기 위한 냉각기(cooler), X-Y 마이크로미터 조절 위치설정 스테이지 상에 장착된 111.2 N (25 lbf) 로드 셀(load cell), 로드 셀 상에 장착된 (냉각된 미터 바아를 고정하기 위한) 냉각식 클램핑 블록, 제어기 및 열전쌍(thermocouple)에 의해 온도가 제어되고 저항 가열을 이용하는 (가열된 미터 바아를 고정하기 위한) 가열식 클램핑 블록, 미터 바아 상에서의 접촉력을 5 내지 50 N으로 조절 하도록 가열식 클램핑 블록 위에서 추를 부가하는 능력, 및 온도, 미터 바아 간극 및 접촉력을 시간 간격을 두고 측정하여 스프레드시트에 기록하는 수단.

[0040] 미터 바아 간극의 측정에 사용되는 비전 시스템은 제공된 작동 절차에서 개괄된 바와 같이 교정되었다. 냉각기를 물과 에틸렌 글리콜의 50/50 블렌드로 채웠다. 구리 미터 바아들 사이의 간극은 실온에서 약 550 마이크로미터로 설정하였다. 히터의 설정치(set point)는 120℃에 두고, 냉각기의 설정치는 -5℃에 두며, 유닛은 평형화하였다. 평형 후 미터 바아 간극은 약 400 마이크로미터였다. 고온 및 저온 미터 바아의 표면은, 3개의 개개의 카메라 각각에 의해 관측되는 미터 바아들 사이의 간극이 $\pm 3 \mu\text{m}$ 범위 이내가 될 때까지 개개의 미터 바아 턴버클(turnbuckle)을 사용하여 평탄화하였다.

[0041] 과량의 각각의 시험 TCG 샘플을 고온 미터 바아 표면 상에 두었고 전체 면에 걸쳐 매끄럽게 하였다. 그리고 나서, 헤드를 패쇄하고 제위치에 클램핑하여, 잉여의 TCG 샘플이 미터 바아 간극 밖으로 흘러나오게 하였다. 이러한 잉여분을 종이 타월 또는 미세 천(cloth)을 가지고 제거하고 미터 바아의 핀(pin)을 세척하여 3개의 비전 카메라에 의한 간극의 정확한 측정을 용이하게 하였다. 데이터가 연속적으로 기록됨에 따라 장비를 약 10분 동안 평형화시켰다. 미터 바아 간극을 약 100 μm 감소시켰고 잉여의 TCG 샘플이 간극 밖으로 흘러나왔고 세척되었다. 데이터가 연속적으로 기록됨에 따라 장비를 약 10분 동안 다시 평형화시켰다. 이러한 일련의 미터 바아 간극의 약 100 μm 증분으로의 감소, 세척, 및 데이터 기록을 전형적으로 100 μm 미만의 미터 바아 간극에서 최종 관측이 취해질 때까지 반복하였다. 미터 바아들을 최대 약 400 μm 간극까지 다시 개방하였고, 세척하였으며, 상기 절차를 다음 샘플에 대해 반복하였다.

[0042] 데이터는 장비에 의해 매 7-8초마다 기록하였고, 데이터는 시간/데이터 스텝, 샘플명, 미터 바아 간극에서 TCG에 가해진 힘, 각각의 개개의 미터 바아 간극 판독, 및 각각의 10개의 RTD 센서 온도 판독을 포함하였다. 파일을 분석하기 위해 스프레드시트로 다운로드하였다. 분석에서, 주어진 간극에서 기록된 마지막 10개의 데이터 점을 평균하였고, 이 평균을 계산에 사용하였다.

[0043] TCG 샘플을 통해 흐르는 전력을 구리의 기지의 벌크 전도도, 구리 바아의 치수, 및 RTD 온도 센서의 위치를 사용하여 계산하였다. 전형적으로, 계산은 저온 미터 바아에서 흐르는 와트수와는 약간 다른 와트수를 고온 미터 바아에서 나타내었으며, 이러한 2개의 값을 TCG 샘플까지 연장되는 계산을 위해 평균하였다. 각각의 미터 바아의 표면에서의 온도를 또한 온도 및 RTD 센서 위치의 곡선으로부터 외삽하였다.

[0044] 그리고 나서, 전력, 3개의 개개의 미터 바아 간극들의 평균, 미터 바아 간극을 가로지른 온도 강하, 및 고온/저온 미터 바아들의 횡단면적을 사용하여 온도 구배, 전력속, 및 이어서 이들 조건 하에서의 TCG 샘플에 대한 열 임피던스를 계산하였다.

[0045] TCG 샘플이 시험된 미터 바아 간극들의 각각에 대해 이러한 계산을 완료하였고, 결과적인 열 임피던스 및 평균 간극 데이터를 곡선으로 그렸다. 스프레드시트 소프트웨어를 사용하여 데이터에 대해 하나의 선을 근사화하였고, 선의 기울기의 역수로서 벌크 전도도를 계산하였다. 그리고 나서, y축 절편 및 기울기를 사용하여 100 μ m 미터 바아 간극에서의 열 임피던스를 계산하였다.

[0046] 점도

[0047] 선택된 샘플에 대한 점도 데이터를 리오메트릭스(Rheometrics) RDA3 점도계(미국 델라웨어주 뉴캐슬 소재의 티에이 인스트루먼트(TA Instruments))에서 생성하였다. 0.5/초 초기 전단률에서 시작하여 로그 스위프 모드(log sweep mode)로 일회용 25.4 mm(1 인치) 직경의 평행판들을 가지고 점도계를 작동시켜, 최대 1000/초 전단률까지 5점/디케이드(decade)를 취하였다. 간극을 1회 작동을 위해 0.5 mm로 설정하였고, 그리고 나서 몇몇 샘플에 대한 제2 작동을 위해 0.25 mm로 줄였으며, 다른 샘플에 대해서는, 간극을 0.25 mm로만 설정하여 작동시켰다. 작동 중의 온도는 하기의 표에 나타낸 바와 같이 125℃ 또는 25℃로 제어하였다. 점도를 1.25/초 전단률에서 mPa.s 단위로 기록하였다.

[0048] 밀링(Milling) 절차

[0049] 대략 40 cc의 0.5 mm 직경의 이트리아-안정화된(yttria-stabilized) 지르코니아 비드(미국 오하이오주 허드슨 소재의 토소(Tosoh) 또는 미국 조지아주 아틀란타 소재의 토레이 세라믹스, 조오지 미스바흐 앤드 컴퍼니(Toray Ceramics, George Missbach & Co.)로부터 입수가가능함)를 호크메이어(Hockmeyer) HM-1/16 마이크로 밀("호크메이어 밀")(미국 뉴저지주 해리슨 소재의 호크메이어 이큅먼트 코포레이션(Hockmeyer Equipment Corp.))의 바스켓 내에 두었다. 원하는 MEK 및 분산제(솔스퍼스)를 밀 챔버에 첨가하고, 에어 믹서로 적어도 4분 동안 교반시켜 분산제를 용매 중에 용해시켰다. 다이아몬드 입자를 챔버 내로 칭량해서 넣고, 내용물을 추가로 1분 동안 교반시켜 다이아몬드 입자를 습윤시켰다. 이어서, 생성된 혼합물을 튜브(splashing)을 피한 호크메이어의 최대 속도에서 밀링하였다. 생성된 슬러리를 폴리에틸렌 용기 내로 붓고, 용매가 냄새에 의해 검출될 수 없을 때까지 용매를 증발시켰다. 밀링된 조성물에 대한 설명이 하기에 예시되어 있다.

다이아몬드 입자 크기(D ₅₀) (마이크로미터)	밀 시간 (분)	밀 충전물		
		메틸 에틸 케톤 (g)	솔스퍼스 24000 (g)	다이아몬드 입자 (g)
0.25	20	280	54	900
0.50	15	280	27	900
1.00	10	255	16.5	1100

[0050]

용어

명칭	설명	공급원
BYK 361	폴리아크릴레이트 공중합체 평활제	미국 코네티컷주 원딩포드 소재의 BYK-케미 유에스에이(Chemie USA)
2,2' 바이피리딜에틸렌 비스-살리실이민	킬레이팅제	미국 매사추세츠주 워드 힐 소재의 알파 아에사르(Alfa Aesar)
DP 1	0.25 μm 의 D_{50} 및 0.50 μm 의 D_{50} 을 갖는 다이아몬드 입자	미국 뉴저지주 잉글우드 클리프 소재의 토메이 다이아몬드(Tomei Diamond)
DP 2	0.25 또는 0.50 μm 이외의 D_{50} 을 갖는 다이아몬드 입자	미국 미시간주 체스터필드 소재의 내셔널 다이아몬드 리서치 컴퍼니(National Diamond Research Company)
에틸렌 비스-살리실이민	킬레이팅제	미국 매사추세츠주 뉴베리포트 소재의 스트렘 케미칼스(Strem Chemicals)
F180 SiC	80 μm 의 D_{50} 입자 크기를 갖는 탄화규소 입자	미국 뉴욕주 나이가라 폴스 소재의 워싱턴 밀스 일렉트로 미네랄 코포레이션(Washington Mills Electro Mineral Corp.)
GAFAC RE 610 (현재, 로다팍 RE-610)	이온성 분산제	미국 뉴저지주 그랜베리 소재의 롱-플랑
G Dia. (1.5) G Dia. (3.0) G Dia. (30)	다이아몬드, 각각 1.5, 3.0, 및 30 μm 의 직경	미국 오하이오주 워팅턴 소재의 다이아몬드 이노베이션(Diamond Innovation)
H Dia. (0.25) H Dia. (2-3) H Dia. (20-30)	다이아몬드, 각각 0.25, 2-3, 및 20-30 μm 의 직경	중국 쑹주 소재의 헨안 행시양 다이아몬드 어브레이시브 컴퍼니(Henan Hengxiang Diamond Abrasive Company)
GC 20000	0.3 μm 의 D_{50} 을 갖는 탄화규소 입자	일본 나고야 소재의 후지미 코포레이션(Fujimi Corporation)

[0051]

명칭	설명	공급원
GC 8000	1.0 μm 의 D_{50} 을 갖는 탄화규소 입자	후지미 코포레이션
GC 6000	2.0 μm 의 D_{50} 을 갖는 탄화규소 입자	후지미 코포레이션
GC 4000	3.0 μm 의 D_{50} 을 갖는 탄화규소 입자	후지미 코포레이션
GC 2000	9 μm 의 D_{50} 을 갖는 탄화규소 입자	후지미 코포레이션
GC 1200	13.5 μm 의 D_{50} 을 갖는 탄화규소 입자	후지미 코포레이션
GC 700	18 μm 의 D_{50} 을 갖는 탄화규소 입자	후지미 코포레이션
GC 600	20 μm 의 D_{50} 을 갖는 탄화규소 입자	후지미 코포레이션
GC 400	35 μm 의 D_{50} 을 갖는 탄화규소 입자	후지미 코포레이션
GC F320	29 μm 의 D_{50} 을 갖는 탄화규소 입자	후지미 코포레이션
하트콜 1106	다이펜타에리트리톨 및 단쇄 지방산의 폴리올 에스테르 (캐리어 오일)	미국 뉴저지주 포즈 소재의 하트콜 코포레이션
하트콜 2300	펜타에리트리톨 및 단쇄 지방산의 복합 폴리올 에스테르 (캐리어 오일)	하트콜 코포레이션
하트콜 2930	트라이멜리트산 무수물 및 아이소테실 알코올의 다이에스테르 (캐리어 오일)	하트콜 코포레이션
하트콜 2949	이량체 산 및 2-에틸헥실 알코올의 다이에스테르 (캐리어 오일)	하트콜 코포레이션
하트콜 2999	펜타에리트리톨 및 단쇄 지방산의 폴리올 에스테르 (캐리어 오일)	하트콜 코포레이션

[0052]

명칭	설명	공급원
하트콜 3165	다이펜타에리트리톨 및 단쇄 지방산의 폴리올 에스테르 (캐리어 오일)	하트콜 코포레이션
하트콜 3371	트라이메틸올 프로판, 아디프산, 카프릴산 및 카프릭산의 복합 폴리올 에스테르 (캐리어 오일)	하트콜 코포레이션
하트콜 5150	다이펜타에리트리톨 및 단쇄 지방산의 폴리올 에스테르 (캐리어 오일)	하트콜 코포레이션
헬록시 71	지방족 에폭시 에스테르 수지 (캐리어 오일)	미국 텍사스주 휴스턴 소재의 헬시온 스페셜티 케미칼스, 인크.
헬록시 505	지방족 에폭시 에스테르 수지 (캐리어 오일)	헬시온 스페셜티 케미칼스, 인크.
이르가녹스(IRGANOX) 1010	산화방지제	미국 뉴욕주 테리타운 소재의 시바 스페셜티 케미칼스(Ciba Specialty Chemicals)
카독스(KADOX) 911 (0.1) 카독스 930 (0.3)	산화야연, 각각 0.1 및 0.3 μm 의 직경	미국 펜실베이니아주 모나카 소재의 호스헤드 코포레이션(Horsehead Corporation)
스테아르산리튬	지방산 염 (이온성 분산제)	미국 오하이오주 신시내티 소재의 바엘로처 유에스에이(Baerlocher USA)
니켈 (<5) 니켈 (-400 메쉬)	각각 < 5 μm 의 직경의 구형 니켈 분말, 및 < 35 μm 직경의 니켈 분말.	미국 뉴저지주 와이코프 소재의 노바메트(Novamet)
OX-50 (0.04)	실리카, 40 나노미터의 직경	미국 뉴저지주 파시파니 소재의 데구사 코포레이션(Degussa Corporation)
PEG 다이스테아레이트	수평균 분자량이 약 930인 폴리(에틸렌 글리콜) 다이스테아레이트 (캐리어 오일/중합체성 분산제)	미국 위스콘신주 밀워키 소재의 알드리치 케미칼 컴퍼니(Aldrich Chemical Co.)
로다팍 RE610	중합체성 분산제	미국 뉴저지주 그랜베리 소재의 롱-뽕량

[0053]

명칭	설명	공급원
솔플러스(SOLPLUS) 520	중합체성 분산제	미국 오하이오주 클리블랜드 소재의 루브리콜 코포레이션의 자회사인 노베온, 인크.
솔플러스 16000	중합체성 분산제	미국 오하이오주 클리블랜드 소재의 루브리콜 코포레이션의 자회사인 노베온, 인크.
솔플러스 24000	중합체성 분산제	노베온, 인크.
솔플러스 39000	중합체성 분산제	노베온, 인크.
구형 Al (3.0-4.5) 구형 Al (17-30)	구형 알루미늄 분말, 각각 3.0-4.5 및 17-30 μm 의 직경	미국 메사추세츠주 워드 힐 소재의 알파 코포레이션(Alfa Corp.)
T Dia. (0.25)	0.25 μm 직경의 다이아몬드	미국 뉴저지주 잉글우드 클립스 소재의 토메이 코포레이션 오브 아메리카(Tomei Corporation of America)
톤(TONE) 305	카프로락톤과, 트라이메틸올 프로판의 부가 반응으로부터 생성된 폴리올 (캐리어 오일)	미국 미시간주 미들랜드 소재의 더 다우 케미칼 컴퍼니(The Dow Chemical Company)
팅스텐 (1-5) 팅스텐 (-325 메쉬)	팅스텐 분말, 각각 1-5 및 <50 μm 의 직경.	미국 메사추세츠주 워드 힐 소재의 알파 코포레이션
WA 30000	0.25 μm 의 D_{50} 을 갖는 산화알루미늄 입자	후지미 코포레이션
WA6000 (2.0)	알루미늄 그레인(grain), 2.0 μm 의 직경	일본 나고야 소재의 후지미 코포레이션
WA 4000	3.0 μm 의 D_{50} 을 갖는 산화알루미늄 입자	후지미 코포레이션
WA 500	30 μm 의 D_{50} 을 갖는 산화알루미늄 입자	후지미 코포레이션

[0054]

[0055]

이온성 분산제인 "설폰네이트화(Sulfonated) 비스(펜탄 다이카프로락톤)"을 하기와 같이 제조하였다: 기계적 교반기와 진공이 갖추어진 반응기에 미국 위스콘신주 밀워키 소재의 알드리치 케미칼로부터의 25 그램(0.476 당량)의 1,5-펜탄 다이올, 알드리치 케미칼 컴퍼니로부터의 54.3 그램(.476 당량)의 카프로락톤, 및 미국 텔라 웨어주 윌밍턴 소재의 듀폰 케미칼스(DuPont Chemicals)로부터 입수가 가능한 8.0 그램(0.054 당량)의 다이메틸-5-소디오설포아이스오프탈레이트를 첨가하였다. 반응기의 내용물들을 교반시키고, 115 mm의 수은에서 진공을 이용하여 170°C로 가열하였다. 반응을 4시간 후에 완료시키고, 샘플을 적외 흡광 분광법으로 분석하였다. 최종 생성물은 투명한 저점도 액체였으며, 이는 이론적 설폰네이트 당량이 1342였다.

[0056]

비이온성 무기 분산제인 "ic8 개질 실리카 나노입자"를 하기와 같이 제조하였다: 61.42 그램의 BS1316 아이소옥틸트라이메톡시실란(미국 미시간주 아드리안 소재의 웨커 실리콘즈 코포레이션(Wacker Silicones Corp.)), 1940 그램의 1-메톡시-2-프로판올 및 1000 그램의 날코(NALCO) 2326 콜로이드성 실리카를 3.8 L(1 갤런) 유리병에서 합하였다. 이 혼합물을 진탕시켜 혼합을 보장하고, 이어서 80°C의 오븐 내에 하룻밤 두었다. 이어서, 혼합물을 150°C의 관통형 오븐에서 건조시켜 백색 미립자형 고형물을 생성하였다

[0057]

설폰네이트화 폴리올 이온성 분산제인 "HIMOD"를 하기와 같이 제조하였다: 기계적 교반기, 질소 퍼지(purge) 및 증류 장치가 갖추어진 반응기에 다이메틸-5-소디오설포아이스오프탈레이트(42.6 그램, 0.144 몰, 미국 텔라웨어주 윌밍턴 소재의 듀폰 케미칼로부터 입수가 가능), 분자량이 400인 폴리에틸렌 글리콜(115.1 그램, 0.288 몰, 유니온 카바이드 케미칼 앤드 플라스틱 컴퍼니, 인크.(Union Carbide Chemical and Plastics Co., Inc.))(현재, 미국 미시간주 미들랜드 소재의 더 다우 케미칼 컴퍼니)로부터 입수가 가능), 및 분자량이 425인 폴리프로필렌 글리콜(122.3 그램, 0.288 몰, 미국 위스콘신주 밀워키 소재의 알드리치 케미칼 컴퍼니로부터 입수가 가능), 및 자일렌(75 그램)을 충전시켰다. 반응기를 약 1시간 동안 220°C로 서서히 가열하여 자일렌을 제거하였다. 이어서, 아세트산아연(0.2 그램)을 반응기에 첨가하고, 온도를 220°C에서 4시간 동안 유지하는데, 이 때 반응물로부터의 메탄올의 증류가 수반된다. 온도를 약 160°C로 감소시키고, 26.7 Pa(0.2 Torr)(SI)의 진공을 생성된 혼합물에 30분 동안 인가하였다. 내용물을 질소 하에 120°C로 냉각시켜 투명한 무색 폴리올을 생성하였다. OH 당량은

310 g/몰의 OH인 것으로 결정되었으며, 이론적인 설포네이트화 당량은 1882 그램의 중합체/몰의 설포네이트화인 것으로 밝혀졌다.

[0058] 이온성 분산제인 "TCPA HATCOL 3371"을 하기와 같이 제조하였다: 기계적 교반기, 및 질소 퍼지가 갖추어진 반응기에 45 그램(0.0241 당량)의 하트콜 3371 및 3.4 그램(0.0121 당량)의 테트라클로로프탈산 무수물을 첨가하였다. 반응기의 내용물들을 교반시키고, 끊임없이 질소로 퍼징하면서 150℃로 가열하였다. 반응을 4시간 후에 완료시키고, 샘플을 적외 흡광 분광법으로 분석하였다. 최종 생성물은 갈색의 저점도 액체였으며, 이는 이론적 산 당량이 18,127이었다

[0059] 이온성 분산제인 "톤 305 TCPA"를 하기와 같이 제조하였다: 기계적 교반기 및 질소 퍼지가 갖추어진 반응기에 다우 케미칼 컴퍼니로부터의 10 그램(0.1 당량)의 톤 305, 및 알드리치 케미칼로부터의 1.0 그램(0.00355 당량)의 테트라클로로프탈산 무수물을 첨가하였다. 반응기의 내용물들을 교반시키고, 끊임없이 질소로 퍼징하면서 105℃로 가열하였다. 반응을 4시간 후에 완료시키고, 샘플을 적외 흡광 분광법으로 분석하였다. 최종 생성물은 투명한 저점도 액체였으며, 이는 이론적 산 당량이 3,100이었다.

[0060] 샘플 준비

[0061] 구체예에서 나타낸 것을 제외하고는, 분산제 또는 분산제들의 혼합물을 시계 유리 내로 칭량하여 넣었다. 존재할 경우, 임의의 다른 표면 활성 성분들도 시계 유리 상으로 칭량하였다. 존재할 경우, 캐리어 오일(들)을 분산제(들)에 첨가하고, 이 혼합물을 분산제(들)가 캐리어 오일 내로 완전히 혼합될 때까지 금속 스페툴라로 교반시켰다. 열전도성 입자를 최소 입자 크기 분포로 시작하여 순차적으로 분산제(들)/캐리어 오일에 첨가하였다. 열전도성 입자 분포들의 각각을 분산제(들)/캐리어 오일 혼합물 내로 금속 스페툴라를 이용하여 분산시킨 후 열전도성 입자의 다음 분포를 첨가하였다. 필요할 경우, 열전도성 그리스 조성물을 오븐 (110℃)에서 가열하여 이 조성물의 점도를 감소시켜 열전도성 입자의 혼합 및/또는 열전도성 입자의 후속 첨가를 도왔다. 생성된 열전도성 그리스를 뚜껑이 있는 유리 바이알로 옮겨 보관하였다.

[0062] 열전도성 입자를 사전 분산시키는 경우, 미세 열전도성 입자 분포 상으로 운반되는 분산제의 양을 계산하였다. 이어서, 조제에 필요한 남아있는 분산제의 양을 결정하고, 시계 유리 상으로 칭량하였다. 남아있는 단계는 상기에 설명된 것과 동일하였다.

[0063] 실시예 1- 64

[0064] 실시예 1-64의 조성이 표 1에 나타나 있다. 실시예 A-N 및 65-74의 조성이 표 2에 나타나 있다. 표 3에는 선택된 실시예에 있어서의 벌크 전도도 및 열 임피던스의 측정치로부터 생성된 데이터가 나타나 있다. 표 4에는 선택된 실시예에 있어서의 점도에 대한 데이터가 나타나 있다.

표 1

실시예	캐리어 오일 (g)	분산제 (g)	분산제 (g)	입자 (g) (D ₅₀ , μm)	입자 (g) (D ₅₀ , μm)	입자 (g) (D ₅₀ , μm)
실시예 1	하트콜 1106 (0.32); 하트콜 3371(0.32)	솔스퍼스 39000 (0.36)	--	GC 20000 (2.12) (0.3)	GC 4000 (2.97) (3.0)	GC 400 (3.92) (35)
실시예 2	하트콜 1106 (0.37); 하트콜 3371 (0.37)	솔스퍼스 39000 (0.36)	--	GC 20000 (2.08) (0.3)	GC 4000 (2.97) (3.0)	GC 400 (3.88) (35)
실시예 3	하트콜 1106 (0.42); 하트콜 3371 (0.42)	솔스퍼스 39000 (0.35)	--	GC 20000 (2.07) (0.3)	GC 4000 (2.91) (3.0)	GC 400 (3.84) (35)
실시예 4	하트콜 3371 (1.60)	솔스퍼스 39000 (0.90)	--	GC 20000 (5.28) (0.3)	GC 4000 (7.40) (3.0)	GC 400 (9.81) (35)
실시예 5	하트콜 3371 (0.74)	솔스퍼스 39000 (0.36)	--	GC 20000 (2.08) (0.3)	GC 4000 (2.93) (3.0)	GC 400 (3.89) (35)
실시예 6	하트콜 3371 (0.85)	솔스퍼스 39000 (0.35)	--	GC 20000 (2.07) (0.3)	GC 4000 (2.90) (3.0)	GC 400 (3.82) (35)
실시예 7	-	솔스퍼스 39000 (1.10)	--	GC 20000 (2.09) (0.3)	GC 4000 (2.93) (3.0)	GC 400 (3.90) (35)
실시예 8	하트콜 1106 (0.37); 하트콜 3371 (0.37)	솔스퍼스 39000 (0.27)	가팍(GAFAC) RE 610 (0.09)	GC 20000 (2.10) (0.3)	GC 4000 (2.93) (3.0)	GC 400 (3.89) (35)
실시예 9	하트콜 1106 (0.37); 하트콜 3371 (0.37)	솔스퍼스 39000 (0.27)	HIMOD (0.09)	GC 20000 (2.09) (0.3)	GC 4000 (2.94) (3.0)	GC 400 (3.88) (35)
실시예 10	하트콜 3371 (0.75)	솔스퍼스 39000 (0.18)	가팍 RE 610 (0.18)	GC 20000 (2.10) (0.3)	GC 4000 (2.92) (3.0)	GC 400 (3.87) (35)
실시예 11	하트콜 3371 (0.74)	솔스퍼스 39000 (0.27)	가팍(GAFAC) RE 610 (0.09)	GC 20000 (2.09) (0.3)	GC 4000 (2.92) (3.0)	GC 400 (3.89) (35)
실시예 12	하트콜 3371 (0.57)	솔스퍼스 39000 (0.27)	TCPA 하트콜 3371 (0.27)	GC 20000 (2.09) (0.3)	GC 4000 (2.94) (3.0)	GC 400 (3.90) (35)

[0065]

실시예	캐리어 오일 (g)	분산제 (g)	분산제 (g)	입자 (g) (D ₅₀ , μm)	입자 (g) (D ₅₀ , μm)	입자 (g) (D ₅₀ , μm)
실시예 13	하트콜 1106 (0.37); 하트콜 3371 (0.37)	솔스퍼스 39000 (0.27)	스테아르산리튬 (0.09)	GC 20000 (2.08) (0.3)	GC 4000 (2.93) (3.0)	GC 400 (3.89) (35)
실시예 14	하트콜 3371 (0.15)	솔스퍼스 39000 (0.08)	2,2' 바이페리딜에틸렌 비스-살리실이민 (0.02)	GC 20000 (0.50) (0.3)	GC 4000 (0.70) (3.0)	GC 400 (0.93) (35)
실시예 15	하트콜 3371 (0.15)	솔스퍼스 39000 (0.08)	에틸렌 비스-살리실이민 (0.02)	GC 20000 (0.49) (0.3)	GC 4000 (0.69) (3.0)	GC 400 (0.92) (35)
실시예 16	하트콜 3371 (0.16)	솔스퍼스 39000 (0.09)	BYK 361 (0.03)	GC 20000 (0.53) (0.3)	GC 4000 (0.74) (3.0)	GC 400 (0.98) (35)
실시예 17	헬록시 71 (0.83)	솔스퍼스 39000 (0.27)	--	GC 20000 (2.10) (0.3)	GC 4000 (2.92) (3.0)	GC 400 (3.87) (35)
실시예 18	헬록시 71 (0.94)	솔스퍼스 39000 (0.26)	--	WA 30000 (2.09) (0.25)	WA 4000 (3.00) (3.0)	WA 500 (3.83) (30)
실시예 19	하트콜 3371 (0.94)	솔스퍼스 39000 (0.26)	--	WA 30000 (2.07) (0.25)	WA 4000 (2.90) (3.0)	WA 500 (3.83) (30)
실시예 20	톤(TON E) 305 (0.85)	솔스퍼스 39000 (0.35)	--	GC 20000 (2.07) (0.3)	GC 4000 (2.90) (3.0)	GC 400 (3.83) (35)
실시예 21	톤 305 (0.75)	솔스퍼스 39000 (0.27)	설포네이트화 비스(펜탄 다이카프로락톤) (0.09)	GC 20000 (2.09) (0.3)	GC 4000 (2.94) (3.0)	GC 400 (3.88) (35)
실시예 22	톤 305 (0.85)	솔스퍼스 39000 (0.26)	TCPA 개질된 톤 305 (0.09)	GC 20000 (2.07) (0.3)	GC 4000 (2.90) (3.0)	GC 400 (3.83) (35)
실시예 23	톤 305 (0.85)	솔스퍼스 39000 (0.26)	가죽 RE 610 (0.09)	GC 20000 (2.07) (0.3)	GC 4000 (2.91) (3.0)	GC 400 (3.85) (35)
실시예 24	톤 305 (0.75)	솔스퍼스 39000 (0.36)	--	GC 20000 (2.08) (0.3)	GC 4000 (2.93) (3.0)	GC 400 (3.88) (35)
실시예 25	하트콜 3371 (0.74)	솔스퍼스 39000 (0.27)	가죽 RE 610 (0.09)	GC 20000 (2.09) (0.3)	GC 4000 (2.94) (3.0)	GC 400 (3.90) (35)

[0066]

실시예	캐리어 오일 (g)	분산제 (g)	분산제 (g)	입자 (g) (D ₅₀ , μm)	입자 (g) (D ₅₀ , μm)	입자 (g) (D ₅₀ , μm)
실시예 26	하트콜 3371 (0.74)	솔스퍼스 39000 (0.27)	가팍 RE 610 (0.09)	GC 20000 (2.09) (0.3)	GC 4000 (2.92) (3.0)	GC 400 (3.89) (35)
실시예 27	하트콜 3371 (0.74)	솔스퍼스 39000 (0.27)	가팍 RE 610 (0.09)	GC 20000 (2.09) (0.3)	GC 4000 (2.93) (3.0)	GC 400 (3.88) (35)
실시예 28	하트콜 3371 (0.74)	솔스퍼스 39000 (0.27)	설폰네이트화 펜타다이올카프로락 톤 (0.09)	GC 20000 (2.09) (0.3)	GC 4000 (2.93) (3.0)	GC 400 (3.89) (35)
실시예 29	하트콜 3371 (0.74)	솔스퍼스 39000 (0.36)	--	GC 20000 (2.09) (0.3)	GC 2000 (2.93) (9.0)	F180 SiC (3.88) (80)
실시예 30	하트콜 1106 (0.74)	솔스퍼스 39000 (0.36)	--	GC 20000 (2.10) (0.3)	GC 2000 (2.93) (9.0)	F180 SiC (3.89) (80)
실시예 31	하트콜 3371 (0.74)	솔스퍼스 39000 (0.36)	--	GC 20000 (2.09) (0.3)	GC 2000 (2.94) (9.0)	F180 SiC (3.88) (80)
실시예 32	하트콜 3371 (0.74)	솔스퍼스 39000 (0.27)	가팍 RE 610 (0.09)	GC 20000 (2.09) (0.3)	GC 1200 (2.93) (13.5)	F180 SiC (3.89) (80)
실시예 33	하트콜 3371 (0.74)	솔스퍼스 39000 (0.27)	PEG 다이스테아레이트 (0.09)	GC 20000 (2.10) (0.3)	GC 2000 (2.93) (9.0)	F180 SiC (3.88) (80)
실시예 34	하트콜 3371 (0.74)	솔스퍼스 39000 (0.36)	iC8 개질된 실리카 나노입자 (0.01)	GC 20000 (2.09) (0.3)	GC 2000 (2.93) (9.0)	F180 SiC (3.89) (80)
실시예 35	하트콜 1106 (0.74)	솔스퍼스 39000 (0.28)	가팍 RE 610 (0.09)	GC 20000 (2.09) (0.3)	GC 2000 (2.93) (9.0)	F180 SiC (3.88) (80)
실시예 36	--	솔스퍼스 39000 (0.80)	--	DP 1 (2.16) (0.25)	DP 2 (3.03) (3.0)	DP 2 (4.04) (30)
실시예 37	하트콜 2300 (0.25)	솔스퍼스 39000 (0.55)	--	DP 1 (2.19) (0.25)	DP 2 (3.03) (3.0)	DP 2 (4.02) (30)
실시예 38	하트콜 2300 (0.52)	솔스퍼스 39000 (0.28)	--	DP 1 (2.14) (0.25)	DP 2 (3.03) (3.0)	DP 2 (4.03) (30)
실시예 39	하트콜 2930 (0.52)	솔스퍼스 39000 (0.28)	--	DP 1 (2.18) (0.25)	DP 2 (3.05) (3.0)	DP 2 (4.02) (30)

[0067]

실시예	캐리어 오일 (g)	분산제 (g)	분산제 (g)	입자 (g) (D ₅₀ , μm)	입자 (g) (D ₅₀ , μm)	입자 (g) (D ₅₀ , μm)
실시예 40	하트콜 3165 (0.52)	솔스퍼스 39000 (0.28)	--	DP 1 (2.15) (0.25)	DP 2 (3.04) (3.0)	DP 2 (4.02) (30)
실시예 41	하트콜 3371 (0.52)	솔스퍼스 39000 (0.28)	--	DP 1 (2.18) (0.25)	DP 2 (3.04) (3.0)	DP 2 (4.02) (30)
실시예 42	하트콜 3371 (0.83)	솔스퍼스 39000 (0.27)	--	GC 20000 (2.09)	GC 4000 (2.92)	GC 400 (3.89)
실시예 43	헬록시 71 (0.74)	솔스퍼스 39000 (0.36)	--	DP 1 (2.10) (0.25)	DP 2 (2.93) (6.0)	DP 2 (3.89) (60)
실시예 44 (1)	헬록시 71 (0.52)	솔스퍼스 39000 (0.28)	--	DP 2 (0.83) (0.1)	DP 2 (1.43) (1.0)	DP 2 (2.53) (9.0)
실시예 45	헬록시 71 (1.08)	솔스퍼스 39000 (0.92)	--	DP 1 (5.40) (0.25)	DP 2 (7.58) (6.0)	DP 2 (10.0) (60)
실시예 46	하트콜 1106 (1.15)	솔스퍼스 24000 (0.13)	--	DP 1 (3.55) (0.25)	DP 2 (6.50) (3.0)	DP 2 (11.0) (30)
실시예 47(2)	하트콜 1106 (0.51)	솔스퍼스 24000 (0.31)	--	DP 1 (2.54) (0.25)	DP 2 (4.66) (3.0)	DP 2 (7.94) (30)
실시예 48(2)	하트콜 1106 (0.35)	솔스퍼스 24000 (0.46)	--	DP 1 (2.53) (0.25)	DP 2 (4.67) (3.0)	DP 2 (7.96) (30)
실시예 49	하트콜 1106 (0.51)	솔스퍼스 39000 (0.46)	--	DP 1 (2.39) (0.25)	DP 2 (4.69) (3.0)	DP 2 (7.94) (30)
실시예 50(2)	하트콜 1106 (0.73)	솔스퍼스 24000 (0.21)	--	DP 2 (2.14) (1.0)	DP 2 (2.99) (6.0)	DP 2 (3.97) (30)
실시예 51(2)	헬록시 71 (0.74)	솔스퍼스 24000 (0.21)	--	DP 2 (2.12) (1.0)	DP 2 (2.96) (6.0)	DP 2 (3.98) (30)
실시예 52(2)	하트콜 1106 (0.74)	솔스퍼스 24000 (0.25)	--	DP 1 (2.10) (0.5)	DP 2 (2.98) (6.0)	DP 2 (4.00) (45)
실시예 53(2)	헬록시 71 (0.76)	솔스퍼스 24000 (0.24)	--	DP 1 (2.10) (0.5)	DP 2 (2.97) (6.0)	DP 2 (3.98) (45)

[0068]

실시예	캐리어 오일 (g)	분산제 (g)	분산제 (g)	입자 (g) (D ₅₀ , μm)	입자 (g) (D ₅₀ , μm)	입자 (g) (D ₅₀ , μm)
실시예 54(2)	헬록시 71 (0.63)	솔스퍼스 24000 (0.04)	--	DP 1 (2.25) (0.25)	DP 2 (3.08) (3.0)	DP 2 (4.05) (30)
실시예 55	헬록시 71 (0.64)	솔스퍼스 39000 (0.16)	--	DP 1 (2.19) (0.25)	DP 2 (3.06) (3.0)	DP 2 (4.05) (30)
실시예 56	헬록시 71 (0.45)	솔스퍼스 39000 (0.15)	--	DP 1 (1.78) (0.25)	DP 2 (3.04) (3.0)	DP 2 (4.63) (30)
실시예 57	헬록시 71 (0.55)	솔스퍼스 39000 (0.15)	--	DP 1 (1.90) (0.25)	DP 2 (3.02) (3.0)	DP 2 (4.28) (30)
실시예 58	하트콜 2949 (0.64)	솔스퍼스 39000 (0.17)	--	DP 1 (2.17) (0.25)	DP 2 (3.02) (3.0)	DP 2 (4.03) (30)
실시예 59	하트콜 2300 (0.64)	솔스퍼스 39000 (0.17)	--	DP 1 (2.19) (0.25)	DP 2 (3.02) (3.0)	DP 2 (4.02) (30)
실시예 60	하트콜 2999 (0.64)	솔스퍼스 39000 (0.17)	--	DP 1 (2.16) (0.25)	DP 2 (3.04) (3.0)	DP 2 (4.01) (30)
실시예 61	하트콜 5150 (0.64)	솔스퍼스 39000 (0.17)	--	DP 1 (2.19) (0.25)	DP 2 (3.03) (3.0)	DP 2 (4.03) (30)
실시예 62	헬록시 505 (0.63)	솔스퍼스 39000 (0.17)	--	DP 1 (2.14) (0.25)	DP 2 (3.03) (3.0)	DP 2 (4.04) (30)
실시예 63	헬록시 71 (0.78)	솔스퍼스 39000 (0.17)	--	GC 8000 (2.12)	GC 2000 (2.98)	F180 SiC (3.96)
실시예 64	헬록시 71 (0.70)	솔스퍼스 39000 (0.20)	--	DP 1 (1.91) (0.25)	GC 4000 (2.67)	GC 700 (3.54)

(1) 실시예 44는 제4 열전도성 입자, DP 2, (4.41 그램), (60 μm)를 포함하였다.

(2) 실시예 46-48 및 50-54는 상기에 설명된 민팅 절차 및 샘플 준비에 따라 준비한 0.25, 0.50, 또는 1.0 μm의 사전 분산된 다이아몬드 입자를 사용하였다.

[0069]

[0070]

실시예 A-N 및 65-74

[0071]

하기에 나타난 것을 제외하고는, 성분들을 하기와 같이 시계 유리 내로 개별적으로 칭량하여 넣어 혼합하였다. 처음에, 실리카, 산화방지제, 분산제 및 캐리어 오일은, 성분들의 조합이 골고루 잘 섞이고 균일한 블렌드가 될 때까지 금속 스패툴라로 교반함으로써 미세 및 중간 열전도성 입자 둘 모두와 조합하였다. 이어서, 최대 입자를 첨가하고, 시계 유리의 내용물을 복합물이 잘 섞이고 균일한 블렌드가 될 때까지 금속 스패툴라로 다시 교반/혼련하였다. 필요할 경우, 열전도성 그리스 조성물을 오븐 (110℃)에서 가열하여 이 조성물의 점도를 감소시켜 열전도성 입자의 혼합 및/또는 열전도성 입자의 후속 첨가를 도왔다. 생성된 열전도성 그리스를 뚜껑이 있는 유리 바이알로 옮겨 보관하였다.

[0072]

특정 샘플의 제조는 산화방지제, 실리카, 분산제 및 캐리어 유체의 사전 블렌드 약 16.5 그램을 제조한 것을 제외하고는 상기와 동일하였다. 이 혼합물을 성분들의 조합이 골고루 잘 섞이고 균일한 블렌드가 될 때까지 금속 스패툴라로 교반시켰다. 이어서, 청결한 시계 유리 상에서, 약 0.824 그램의 상기 사전 블렌드와, 미세 및 중간 열전도성 입자 둘 모두, 이어서 최대 입자를 교반하면서 조합하였다. 특정 샘플 및 사전 블렌드 조성물이 하기에 설명되어 있다.

"사전 블렌드 A" 성분	블렌드예의 첨가량 (g)		"사전 블렌드 B" 성분	블렌드예의 첨가량 (g)
하트콜 1106	9.10		하트콜 1106	8.49
솔스퍼스 39000	5.50		솔스퍼스 16000	5.52
로다팍 RE610	1.83		로다팍 RE610	1.84
이르가녹스 1010	0.0076		이르가녹스 1010	0.159
콜로이드성 실리카	0.025		콜로이드성 실리카	0.479
총 중량:	16.4626		총 중량:	16.488

[0073]

[0074]

실시예 J, K, L, 및 I를 사전 블렌드 A를 사용하여 제조하였다. 실시예 65, 67, 및 71과, 실시예 M 및 N을 사전 블렌드 B를 사용하여 제조하였다.

표 2

실시예	캐리어 오일 (g)	분산제 (g)	분산제 (g)	산화방지제 (g) 실리카 (g)	입자 (g) D ₅₀ (μ)	입자 (g) D ₅₀ (μ)	입자 (g) D ₅₀ (μ)
실시예 I	하트콜 1106 (0.45)	솔스퍼 스 39000 (0.27)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0004) OX-50 (0.0013)	카독스 911 (1.31) (0.1)	구형 A1 (2.62) (3-4.5)	WA500 (5.24) (30)
실시예 J	하트콜 1106 (0.45)	솔스퍼 스 39000 (0.27)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0004) OX-50 (0.0013)	카독스 911 (1.30) (0.1)	구형 A1 (2.62) (3-4.5)	GC F320 (5.24) (29)
실시예 A	하트콜 1106 (0.42)	솔스퍼 스 16000 (0.27)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0075) OX-50 (0.024)	카독스 911 (1.31) (0.1)	구형 A1 (2.62) (3-4.5)	GC600 (5.24) (20)
실시예 B	하트콜 1106 (0.42)	솔스퍼 스 16000 (0.27)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0081) OX-50 (0.028)	카독스 930 (1.31) (0.3)	구형 A1 (2.62) (3-4.5)	GC600 (5.24) (20)
실시예 C	하트콜 1106 (0.52)	솔스퍼 스 16000 (0.27)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0077) OX-50 (0.027)	카독스 930 (1.29) (0.3)	구형 A1 (2.59) (3-4.5)	GC600 (5.18) (20)
실시예 65	하트콜 1106 (0.42)	솔스퍼 스 16000 (0.27)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0080) OX-50 (0.024)	카독스 911 (1.31) (0.1)	WA600 0 (2.62) (2.0)	구형 A1 (5.24) (17-30)
실시예 66	하트콜 1106 (0.52)	솔스퍼 스 16000 (0.27)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0090) OX-50 (0.027)	카독스 930 (1.29) (0.3)	GC6000 (2.59) (2.0)	구형 A1 (5.18) (17-30)
실시예 67	하트콜 1106 (0.42)	솔스퍼 스 16000 (0.27)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0079) OX-50 (0.023)	카독스 911 (1.31)) (0.1)	GC6000 (2.62) (2.0)	구형 A1 (5.24) (17-30)
실시예 K	하트콜 1106 (0.45)	솔스퍼 스 39000 (0.27)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0004) OX-50 (0.0013)	T Dia. (1.30) (0.25)	G Dia, (2.62) (3.0)	G Dia. (5.24) (30)
실시예 D	하트콜 1106	솔스퍼	로다팍 RE-610	이르가독스 1010	T Dia. (1.31)	G Dia. (2.62)	G Dia. (5.24)

[0075]

	(0.42)	스 16000 (0.27)	(0.09)	(0.0087) OX-50 (0.024)	(0.25)	(3.0)	(30)
실시예 E	하트콜 1106 (0.42)	솔스퍼 스 16000 (0.27)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0077) OX-50 (0.026)	H Dia. (1.31) (0.25)	H Dia. (2.62) (2-3)	H Dia. (5.24) (20-30)
실시예 68	하트콜 1106 (0.42)	솔스퍼 스 16000 (0.27)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0080) OX-50 (0.022)	카독스 911 (1.31) (0.1)	G Dia. (2.62) (1.5)	구형 Al (5.24) (3-4.5)
실시예 69	하트콜 1106 (0.42)	솔스퍼 스 16000 (0.27)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0076) OX-50 (0.022)	카독스 930 (1.31) (0.3)	G Dia. (2.62) (3.0)	구형 Al (5.24) (17-30)
실시예 70	하트콜 1106 (0.42)	솔스퍼 스 16000 (0.27)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0092) OX-50 (0.023)	카독스 911 (1.31) (0.1)	G Dia. (2.62) (1.5)	구형 Al (5.24) (17-30)
실시예 71	하트콜 1106 (0.42)	솔스퍼 스 16000 (0.27)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0079) OX-50 (0.023)	카독스 911 (1.31) (0.1)	H Dia. (2.62) (2-3)	구형 Al (5.24) (17-30)
실시예 M	하트콜 1106 (0.42)	솔스퍼 스 16000 (0.27)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0080) OX-50 (0.024)	카독스 911 (1.30) (0.1)	H Dia. (2.62) (2-3)	H Dia. (5.24) (20-30)
실시예 L	하트콜 1106 (0.45)	솔스퍼 스 39000 (0.27)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0004) OX-50 (0.0013)	카독스 911 (1.31) (0.1)	구형 Al (2.62) (3-4.5)	G Dia. (5.24) (30)
실시예 N	하트콜 1106 (0.45)	솔스퍼 스 16000 (0.27)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0004) OX-50 (0.024)	카독스 911 (1.31) (0.1)	구형 Al (2.62) (3-4.5)	H Dia. (5.24) (20-30)
실시예 72	하트콜 1106 (0.35)	솔스퍼 스 16000 (0.17)	로다팍 RE-610 (0.06)	이르가독스 1010 (0.0066) OX-50 (0.018)	카독스 911 (0.583) (0.1)	G Dia. (1.18) (3.0)	니켈 (7.64) (-400 메쉬)
실시예 73	하트콜 1106 (0.16)	솔스퍼 스 16000 (0.09)	로다팍 RE-610 (0.04)	이르가독스 1010 (0.0027) OX-50 (0.0085)	카독스 911 (0.310) (0.1)	GC4000 (0.572) (3.0)	텅스텐 (8.81) (-325 메쉬)

[0076]

실시예 74	하트콜 1106 (0.16)	솔스퍼 스 16000 (0.09)	로다팍 RE-610 (0.04)	이르가독스 1010 (0.0042) OX-50 (0.010)	카독스 911 (0.300) (0.1)	G Dia. (0.62) (3.0)	텅스텐 (8.77) (-325 메쉬)
실시예 F	하트콜 1106 (0.42)	솔스퍼 스 16000 (0.28)	로다팍 RE-610 (0.09)	이르가독스 1010 (0.0077) OX-50 (0.024)	카독스 911 (0.789) (0.1)	구형 니켈 (4.16) (<5)	H Dia. (4.23) (20-30)
실시예 G	하트콜 1106 (0.29)	솔스퍼 스 16000 (0.19)	로다팍 RE-610 (0.06)	이르가독스 1010 (0.0070) OX-50 (0.015)	카독스 911 (0.538) (0.1)	텅스텐 (6.24) (1-5)	GC600 (2.66) (20)
실시예 H	하트콜 1106 (0.28)	솔스퍼 스 16000 (0.19)	로다팍 RE-610 (0.06)	이르가독스 1010 (0.0048) OX-50 (0.015)	카독스 911 (0.539) (0.1)	텅스텐 (6.07) (1-5)	H Dia. (2.84) (20-30)

[0077]

표 3

실시예	벌크 전도도 (W/m-K)	100 μm의 미터 바아 간극에서의 열 임피던스 (°C-cm ² /W)
1	3.71	0.497
2	3.50	0.542
3	2.86	0.555
4	4.18	0.518
5	3.53	0.476
6	3.21	0.602
7	4.19	0.355
8	3.74	0.520
9	3.42	0.548
10	3.84	0.431
11	4.24	0.444
12	3.52	0.425
13	3.71	0.528
14	3.78	0.464
15	3.77	0.532
16	3.58	0.555
17	4.24	0.644
18	3.86	0.547
19	3.15	0.482
20	3.54	0.616
21	3.62	0.622
22	4.10	0.608
23	3.71	0.638
24	3.91	0.580

[0078]

실시예	벌크 전도도 (W/m-K)	100 μm의 미터 바아 간극에서의 열 임피던스 (°C-cm ² /W)
25	3.95	0.545
26	3.93	0.63
27	3.44	0.605
28	3.44	0.604
29	4.45	0.652
30	3.49	0.628
31	3.84	0.625
32	3.65	0.582
33	3.28	0.507
34	3.01	0.569
35	3.63	0.595
36	5.01	0.409
37	4.92	0.389
38	4.58	0.451
39	3.71	0.464
40	4.47	0.514
41	4.23	0.451
42	2.73	0.412
43	3.52	0.662
44	5.88	0.491
45	5.62	0.519
46	4.35	0.473
47	6.31	0.421
48	6.80	0.388
49	6.12	0.395

[0079]

실시예	벌크 전도도 (W/m-K)	100 μm 의 미터 바아 간극에서의 열 임피던스 ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{cm}^2/\text{W}$)
50	3.18	0.821
51	3.33	0.728
52	2.78	0.871
53	2.96	0.839
54	4.11	0.535
55	4.00	0.403
56	5.22	0.351
57	4.92	0.372
58	2.44	0.398
59	3.35	0.514
60	3.62	0.562
61	3.56	0.596
62	4.18	0.501
63	4.24	0.644
64	2.73	0.412
실시예 I	3.94	0.374
실시예 J	4.78	0.275
실시예 A	4.64	0.327
실시예 B	4.59	0.336
실시예 C	3.80	0.411
실시예 65	4.81	0.323
실시예 66	5.06	0.310
실시예 67	6.12	0.261
실시예 K	4.96	0.277
실시예	5.05	0.315

[0080]

실시예	벌크 전도도 (W/m-K)	100 μm의 미터 바아 간극에서의 열 임피던스 (°C-cm²/W)
D		
실시예 E	4.61	0.322
실시예 68	5.50	0.280
실시예 69	5.31	0.306
실시예 70	5.27	0.263
실시예 71	5.16	0.288
실시예 72	3.30	0.395
실시예 73	4.32	0.404
실시예 74	3.94	0.404
실시예 M	5.08	0.304
실시예 L	4.27	0.346
실시예 N	4.88	0.325
실시예 F	3.23	0.377
실시예 G	3.24	0.405
실시예 H	3.40	0.405
CE 1	2.49	0.766
CE 2	2.54	0.665
CE 3	3.44	0.383
CE 4	3.39	0.344

CE 1 = 신에츠(ShinEtsu) G751, 샘플 1
CE 2 = 신에츠 G751, 샘플 2
CE 3 = 다우 코닝 TC5022
CE 4 = 신에츠 G751, 샘플 3

[0081]

표 4

실시예	0.5 mm 간극 25 °C 및 1.25/초의 전단률에서의 η (mPa.s)	0.25 및 0.5 mm 간극의 평균 125 °C 및 1.25/초의 전단률에서의 η (mPa.s)	0.25 mm 간극 125 °C 및 1.25/초의 전단률에서의 η (mPa.s)
26	--	4.4E +04	5.8E + 04
28	--	1.1E + 06	1.0E + 06
30	2.7E + 06	--	1.3E + 04
31	--	9.2E + 04	7.9E + 04
32	--	2.5E + 04	3.8E + 04
35	--	--	1.7E + 04
43	--	4.2E + 04	2.9E + 04
44	--	--	2.4E + 05
45	4.4E + 06	--	--
CE	1.2E + 06	4.3E + 05	3.1E + 05

CE = 신에츠 G751

[0082]

[0083]

본 발명의 범주 및 사상으로 부터 벗어나지 않고도 본 발명에 대한 예견가능한 변형 및 변경이 당업자에게 명백하게 될 것이다. 본 발명은 예시 목적으로 본 출원에서 설명된 실시 형태로 제한되어서는 안된다.