



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년04월03일
(11) 등록번호 10-2097177
(24) 등록일자 2020년03월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 23/36 (2006.01) H01L 23/12 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7026866
(22) 출원일자(국제) 2013년03월29일
심사청구일자 2017년11월13일
(85) 번역문제출일자 2014년09월25일
(65) 공개번호 10-2014-0147090
(43) 공개일자 2014년12월29일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2013/059498
(87) 국제공개번호 WO 2013/147142
국제공개일자 2013년10월03일
(30) 우선권주장
JP-P-2012-083246 2012년03월30일 일본(JP)
JP-P-2013-046960 2013년03월08일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2012064801 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
미쓰비시 마테리알 가부시카이가이사
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3초메 2방 3고
(72) 발명자
나가토모 요시유키
일본 사이타마켄 기타모토시 시모이시토카미
1975-2 미쓰비시 마테리알 가부시카이가이사 주오켄
큐쇼 나이
데라사키 노부유키
일본 사이타마켄 기타모토시 시모이시토카미
1975-2 미쓰비시 마테리알 가부시카이가이사 주오켄
큐쇼 나이
구로미츠 요시로우
일본 이바라키켄 나카시 무코야마 1002반치 14 미
쓰비시 마테리알 가부시카이가이사 주오켄큐쇼 나이
(74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 8 항

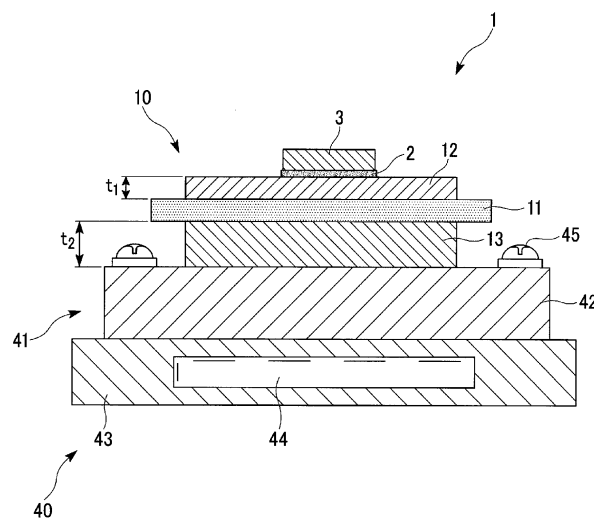
심사관 : 조성수

(54) 발명의 명칭 파워 모듈용 기판, 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기판 및 파워 모듈

(57) 요약

이 파워 모듈용 기판은, 절연 기판 (11) 과, 절연 기판 (11) 의 일방의 면에 형성된 회로층 (12) 과, 절연 기판 (11) 의 타방의 면에 형성된 금속층 (13) 을 구비한 파워 모듈용 기판 (10) 으로서, 회로층 (12) 은 구리 또는 구리 합금으로 구성되고, 이 회로층 (12) 의 일방의 면이 전자 부품 (3) 이 탑재되는 탑재면으로 되고, 금속층 (13) 은 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어지는 알루미늄판이 접합되어 구성되어 있고, 회로층 (12) 의 두께 t_1 이 $0.1 \text{ mm} \leq t_1 \leq 0.6 \text{ mm}$ 의 범위 내로 되고, 금속층 (13) 의 두께 t_2 가 $0.5 \text{ mm} \leq t_2 \leq 6 \text{ mm}$ 의 범위 내로 되고, 회로층 (12) 의 두께 t_1 과 금속층 (13) 의 두께 t_2 의 관계가 $t_1 < t_2$ 로 되어 있다.

대표도 - 도1



(56) 선행기술조사문헌

JP2007081202 A

JP2010238932 A

JP2008227336 A

JP2004221547 A*

JP2012023404 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

파워 모듈용 기관으로서,

절연 기관과, 그 절연 기관의 일방의 면에 형성된 회로층과, 상기 절연 기관의 타방의 면에 형성된 금속층을 구비하고,

상기 회로층은 무산소 구리 (OFC) 로 구성되고, 이 회로층의 일방의 면이 전자 부품이 탑재되는 탑재면으로 되어 있고,

상기 금속층은 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어지는 알루미늄판이 접합되어 구성되어 있고,

상기 회로층의 두께 t_1 이 $0.1 \text{ mm} \leq t_1 \leq 0.6 \text{ mm}$ 의 범위 내로 되고,

상기 금속층의 두께 t_2 가 $0.5 \text{ mm} \leq t_2 \leq 6 \text{ mm}$ 의 범위 내로 되고,

상기 회로층의 두께 t_1 과 상기 금속층의 두께 t_2 의 관계가 $t_1 < t_2$ 로 되고,

상기 회로층의 두께 t_1 과 상기 금속층의 두께 t_2 의 관계가 $t_2/t_1 \geq 4.00$ 으로 되고,

상기 회로층 중 상기 절연 기관과의 접합 계면 근방의 인텐테이션 정도 H_{B1} 이 $60 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2 \leq H_{B1} \leq 120 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2$ 의 범위 내로 되어 있는 것을 특징으로 하는 파워 모듈용 기관.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 금속층이, 알루미늄의 함유량이 99.0 질량% 이상 99.85 질량% 이하인 알루미늄의 압연판으로 구성되어 있는, 파워 모듈용 기관.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 기재된 파워 모듈용 기관과, 상기 금속층 측에 접합된 히트싱크를 구비하고 있는, 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 히트싱크와 상기 금속층이 뿔납층을 개재하여 접합되어 있는, 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 기재된 파워 모듈용 기관과, 상기 회로층 상에 탑재된 전자 부품을 구비하고 있는, 파워 모듈.

청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 금속층 중 상기 절연 기관과의 접합 계면 근방의 인텐테이션 정도 H_{B2} 가 $30 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2 \leq H_{B2} \leq 80 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2$ 의 범위 내로 되어 있는 것을 특징으로 하는 파워 모듈용 기관.

청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 회로층의 두께 t_1 과 상기 금속층의 두께 t_2 의 관계가 $t_2/t_1 \geq 5.25$ 인 파워 모듈용 기판.

청구항 8

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 회로층의 두께 t_1 과 상기 금속층의 두께 t_2 의 관계가 $t_2/t_1 \leq 10$ 인 파워 모듈용 기판.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 대전류, 고전압을 제어하는 반도체 장치에 사용되는 파워 모듈용 기판, 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기판, 및 파워 모듈에 관한 것이다.
- [0002] 본원은 2012년 3월 30일에 일본에 출원된 특허출원 2012-083246호 및 2013년 3월 8일에 일본에 출원된 특허출원 2013-046960호에 기초하여 우선권을 주장하고, 그 내용을 여기에 원용한다.

배경 기술

- [0003] 반도체 소자 중에서도 전력 공급을 위한 파워 모듈은 발열량이 비교적 높기 때문에, 이것을 탑재하는 기판으로는, 예를 들어 AlN (질화알루미늄), Al_2O_3 (알루미나), Si_3N_4 (질화규소) 등으로 이루어지는 절연 기판의 일방의 면측에 제 1 금속판이 접합되어 이루어지는 회로층과, 절연 기판의 타방의 면측에 제 2 금속판이 접합되어 이루어지는 금속층을 구비한 파워 모듈용 기판이 사용된다.
- [0004] 이와 같은 파워 모듈 기판에서는 회로층 상에 땀납재를 개재하여 파워 소자의 반도체 소자가 탑재된다.
- [0005] 그리고, 금속층의 타방의 면측에 파워 모듈용 기판을 냉각시키기 위한 히트싱크가 접합된다.
- [0006] 예를 들어, 특허문헌 1 에는, 회로층 및 금속층을 구성하는 제 1 금속판 및 제 2 금속판을 구리판으로 하고, 이 구리판을 DBC 법에 의해 절연 기판에 직접 접합하여 이루어지는 파워 모듈용 기판이 제안되어 있다. 또, 특허문헌 1 의 제 1 도면에 나타내는 바와 같이, 이 파워 모듈용 기판에 유기계 내열성 접착제를 이용하여 알루미늄제 히트싱크를 접합함으로써, 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기판이 구성되어 있다.
- [0007] 또 특허문헌 2 에는, 회로층 및 금속층을 구성하는 제 1 금속판 및 제 2 금속판으로서 알루미늄판을 이용하여 이루어지는 파워 모듈용 기판이 제안되어 있다. 이 파워 모듈용 기판은, 금속층에 브레이징에 의해 히트싱크가 접합됨으로써, 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기판이 구성되어 있다.
- [0008] 또한 특허문헌 3 에는, 절연 기판의 일방의 면에 금속판을 접합하여 회로층으로 하고, 절연 기판의 타방의 면에 주조법에 의해 알루미늄제 히트싱크를 직접 형성한 것이 제안되어 있다. 그리고, 회로층을 구성하는 금속판으로서 알루미늄판, 구리판을 사용하는 것이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 평04-162756호
- (특허문헌 0002) 일본 특허 제3171234호
- (특허문헌 0003) 일본 공개특허공보 2002-076551호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 그런데, 특허문헌 1 에 기재된 파워 모듈용 기판 및 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기판에 있어서는, 알루미늄

제 히트싱크와 절연 기관 사이에 구리판이 배치 형성되어 있기 때문에, 히트싱크와 절연 기관의 열팽창 계수의 차에서 기인하는 열변형을 이 구리판에 있어서 충분히 완화할 수 없어 열사이클 부하시에 절연 기관에 균열 등이 생기기 쉽다는 문제가 있었다.

- [0011] 또한, 특허문헌 1 에는, 히트싱크와 금속층 사이에 개재되는 유기계 내열성 접착제에 의해 열변형을 완화하는 것이 기재되어 있지만, 이 유기계 내열성 접착제가 개재됨으로써 열저항이 높아지기 때문에, 회로층 상에 탑재된 전기 부품 등의 발열체로부터의 열을 히트싱크측으로 효율적으로 방산할 수 없다는 문제가 있었다.
- [0012] 또, 특허문헌 2 에 기재된 파워 모듈용 기관 및 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관에 있어서는, 회로층을 구성하는 제 1 금속판으로서 알루미늄판이 이용되고 있다.
- [0013] 여기서, 구리와 알루미늄을 비교하면, 알루미늄이 열전도율이 낮기 때문에, 회로층을 구성하는 제 1 금속판으로서 알루미늄판을 사용한 경우에는, 회로층 상에 탑재된 전기 부품 등의 발열체로부터의 열을 확산시켜 방산하는 것이 구리보다 떨어지게 된다.
- [0014] 이 때문에, 전자 부품의 소형화나 고출력화에 의해 파워 밀도가 상승한 경우에는, 열을 충분히 방산할 수 없게 될 우려가 있었다. 따라서, 파워 사이클을 부하시켰을 때의 내구성이 저하될 우려가 있었다.
- [0015] 또한, 특허문헌 3 에 기재된 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관에 있어서는, 절연 기관에 직접 알루미늄제 히트싱크를 접합하고 있기 때문에, 히트싱크와 절연 기관의 열팽창 계수의 차에서 기인하는 열변형으로 인해 절연 기관에 균열이 생기기 쉬워지는 경향이 있다. 이것을 방지하기 위해서, 특허문헌 3 에 있어서는 히트싱크의 내력을 낮게 설정할 필요가 있었다. 이 때문에, 히트싱크 자체의 강도가 부족하여 취급이 매우 곤란하였다.
- [0016] 또, 주조법에 의해 히트싱크를 형성하고 있는 점에서, 히트싱크의 구조가 비교적 간단해져 냉각 능력이 높은 히트싱크를 형성할 수 없어 열의 방산을 촉진시킬 수 없다는 문제가 있었다.
- [0017] 본 발명은 전술한 사정을 감안하여 이루어진 것으로서, 회로층 상에 탑재된 전자 부품 등의 발열체로부터의 열 방산을 촉진시킬 수 있어 우수한 파워 사이클 특성을 가짐과 함께, 냉열 사이클 부하시에 있어서의 절연 기관의 균열 발생을 억제할 수 있는 신뢰성이 높은 파워 모듈용 기관, 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관, 및 파워 모듈을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0018] 이와 같은 과제를 해결하고, 상기 목적을 달성하기 위해서, 본 발명의 파워 모듈용 기관은, 절연 기관과, 그 절연 기관의 일방의 면에 형성된 회로층과, 상기 절연 기관의 타방의 면에 형성된 금속층을 구비한 파워 모듈용 기관으로서, 상기 회로층은 구리 또는 구리 합금으로 구성되고, 이 회로층의 일방의 면이 전자 부품이 탑재되는 탑재면으로 되어 있고, 상기 금속층은 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어지는 알루미늄판이 접합되어 구성되어 있고, 상기 회로층의 두께 t_1 이 $0.1 \text{ mm} \leq t_1 \leq 0.6 \text{ mm}$ 의 범위 내로 되고, 상기 금속층의 두께 t_2 가 $0.5 \text{ mm} \leq t_2 \leq 6 \text{ mm}$ 의 범위 내로 되고, 상기 회로층의 두께 t_1 과 상기 금속층의 두께 t_2 의 관계가 $t_1 < t_2$ 로 되어 있는 것을 특징으로 하고 있다.
- [0019] 이 구성의 파워 모듈용 기관에 있어서는, 비교적 변형 저항이 큰 구리 및 구리 합금으로 구성된 회로층의 두께 t_1 이 0.1 mm 이상으로 되어 있으므로, 대전류를 흐르게 할 수 있어 파워 소자를 탑재할 수 있다. 또, 회로층의 두께 t_1 이 0.6 mm 이하로 되어 있으므로, 회로층에 의해 절연 기관이 필요 이상으로 구속되지 않아 절연 기관의 균열을 억제하는 것이 가능해진다.
- [0020] 또, 비교적 변형 저항이 작은 알루미늄 및 알루미늄 합금으로 구성된 금속층의 두께 t_2 가 0.5 mm 이상으로 되어 있으므로, 금속층이 변형됨으로써 파워 모듈용 기관에 부하되는 응력이 완화되게 되어 절연 기관의 균열을 억제하는 것이 가능해진다. 또, 금속층의 두께 t_2 가 6 mm 이하로 되어 있으므로, 금속층에 있어서의 열저항을 낮게 억제할 수 있다. 또한, 상기 관점에서 금속층의 두께 t_2 는 3 mm 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0021] 또한, 상기 회로층의 두께 t_1 과 상기 금속층의 두께 t_2 의 관계가 $t_1 < t_2$ 로 되어 있으므로, 파워 모듈용 기관에 있어서의 휘어짐 발생을 억제할 수 있다.
- [0022] 예를 들어, 이 파워 모듈용 기관의 금속층 측에 히트싱크를 접합한 경우라도, 절연 기관과 히트싱크의 열팽창 계수의 차에서 기인하는 열변형을, 충분히 두껍게 형성된 금속층이 변형됨으로써 완화할 수 있음과 함께, 절연

기관 자체를 회로층이 강하게 구속하지 않기 때문에 절연 기관의 균열을 억제할 수 있는 것이다.

- [0023] 또, 상기 서술한 파워 모듈용 기관에 있어서는, 전자 부품이 탑재되는 탑재면을 갖는 회로층이 구리 또는 구리 합금으로 구성되어 있으므로, 전자 부품으로부터 발생하는 열을 충분히 확산시킬 수 있어 열의 방산을 촉진시키는 것이 가능해진다. 따라서, 파워 사이클을 부하시켰을 때의 내구성을 향상시킬 수 있다.
- [0024] 여기서, 상기 회로층의 두께 t_1 과 상기 금속층의 두께 t_2 의 관계가 $t_2/t_1 \geq 2.5$ 로 되어 있는 것이 바람직하다.
- [0025] 이 경우, 구리 또는 구리 합금으로 구성된 회로층의 두께 t_1 과, 알루미늄 및 알루미늄 합금으로 구성된 금속층의 두께 t_2 의 관계가 $t_2/t_1 \geq 2.5$ 로 되어 있으므로, 파워 모듈용 기관에 있어서의 휘어짐 발생을 확실하게 억제할 수 있다.
- [0026] 또, 상기 금속층 중 상기 절연 기관과의 접합 계면 근방에는 Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Li 중 어느 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고용되어 있고, 상기 금속층 중 접합 계면 근방에 있어서의 상기 첨가 원소의 농도 합계가 0.01 질량% 이상 5 질량% 이하의 범위 내로 설정되어 있는 것이 바람직하다.
- [0027] 이 경우, 상기 금속층에 Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga 및 Li 중 어느 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고용되어 있고, 상기 금속층 중 접합 계면 근방에 있어서의 상기 첨가 원소의 농도 합계가 0.01 질량% 이상으로 되어 있으므로, 상기 금속층의 접합 계면측 부분이 고용 강화되게 된다. 또, 상기 금속층 중 접합 계면 근방에 있어서의 상기 첨가 원소의 농도 합계가 5 질량% 이하로 되어 있으므로, 상기 금속층의 접합 계면 근방의 강도가 과잉으로 높아지는 것을 방지할 수 있고, 이 파워 모듈용 기관에 열사이클이 부하되었을 때에, 열변형을 상기 금속층으로 완화할 수 있어 절연 기관의 균열 발생을 억제할 수 있다.
- [0028] 또한, 상기 금속층 중 상기 절연 기관과의 접합 계면에는 Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Li 중 어느 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소의 농도가, 상기 금속층 중의 상기 첨가 원소의 농도의 2 배 이상으로 된 첨가 원소 고농도부가 형성되어 있는 것이 바람직하다.
- [0029] 이 경우, 상기 금속층의 접합 계면에 상기 첨가 원소의 농도가 상기 금속층 중의 상기 첨가 원소의 농도의 2 배 이상으로 된 첨가 원소 고농도부가 형성되어 있으므로, 계면 근방에 존재하는 상기 첨가 원소 원자에 의해 상기 금속층의 접합 강도의 향상을 도모하는 것이 가능해진다. 또한, 금속층 중의 상기 첨가 원소의 농도란, 상기 금속층 중 접합 계면으로부터 일정 거리 (예를 들어, 5 mm 이상) 떨어진 부분에 있어서의 상기 첨가 원소의 농도이다.
- [0030] 또, 상기 회로층 중 상기 절연 기관과의 접합 계면 근방의 인텐테이션 정도 H_{B1} 이 $60 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2 \leq H_{B1} \leq 120 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2$ 의 범위 내로 되어 있는 것이 바람직하다.
- [0031] 이 경우, 상기 회로층 중 상기 절연 기관과의 접합 계면 근방의 인텐테이션 정도 H_{B1} 이 $60 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2$ 이상으로 되어 있으므로, 회로층의 접합 계면 근방의 강도가 확보되어 회로층 자체에 크랙이 생기는 것이 방지된다. 또, 상기 인텐테이션 정도 H_{B1} 이 $120 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2$ 이하로 되어 있으므로, 절연 기관이 회로층에 강고하게 구속되지 않아 절연 기관의 균열을 억제할 수 있다.
- [0032] 또, 상기 금속층 중 상기 절연 기관과의 접합 계면 근방의 인텐테이션 정도 H_{B2} 가 $30 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2 \leq H_{B2} \leq 80 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2$ 의 범위 내로 되어 있는 것이 바람직하다.
- [0033] 이 경우, 상기 금속층 중 상기 절연 기관과의 접합 계면 근방의 인텐테이션 정도 H_{B2} 가 $30 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2$ 이상으로 되어 있으므로, 금속층의 접합 계면 근방의 강도가 확보되어 금속층 자체에 크랙이 생기는 것이 방지된다. 또, 상기 인텐테이션 정도 H_{B2} 가 $80 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2$ 이하로 되어 있으므로, 금속층의 변형 저항을 낮게 억제할 수 있고, 금속층의 변형에 의해 응력을 완화하여 절연 기관의 균열을 억제하는 것이 가능해진다.
- [0034] 또한, 회로층의 접합 계면 근방의 인텐테이션 정도 H_{B1} 및 금속층의 접합 계면 근방의 인텐테이션 정도 H_{B2} 는 접합 계면으로부터 50 μm 를 측정 위치로 하고, 다음의 측정 조건으로 측정하였다.

[0035] 측정 장치 : 주식회사 엘리오닉스 제조 ENT-1100a

[0036] 압자 : 베크비치 삼각추 압자

[0037] 시험 하중 : 5000 mgf

[0038] 분할수 : 500 step

[0039] 스텝 인터벌 : 20 msec

[0040] 온도 : 27 °C

[0041] 모드 : 부하 - 제하 시험

[0042] 측정치 : HIT = 최대 하중/접촉 투영 면적

[0043] 본 발명의 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관은, 전술한 파워 모듈용 기관과, 상기 금속층 측에 접합된 히트싱크를 구비하고 있는 것을 특징으로 하고 있다.

[0044] 이 구성의 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관에 의하면, 히트싱크와 절연 기관 사이에 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어지는 알루미늄판이 접합되어 구성된 금속층이 개재되어 있고, 이 금속층의 두께 t_2 가 $0.5 \text{ mm} \leq t_2 \leq 6 \text{ mm}$ 의 범위 내로 되어 있으므로, 절연 기관과 히트싱크의 열팽창 계수의 차에서 기인하는 열변형을 금속층의 변형에 의해 완화할 수 있어 절연 기관의 균열을 억제할 수 있다.

[0045] 여기서, 본 발명의 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관에 있어서는, 상기 히트싱크와 상기 금속층이 뿔납층을 개재하여 접합되어 있는 구성으로 해도 된다.

[0046] 이 경우, 파워 모듈용 기관이 구리 또는 구리 합금으로 구성된 회로층과, 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 구성된 금속층을 갖고, 상기 회로층의 두께 t_1 및 상기 금속층의 두께 t_2 가 상기 서술한 바와 같이 규정되어 있으므로, 파워 모듈용 기관의 강성이 확보되게 되어, 열사이클 부하시에 파워 모듈용 기관이 잘 변형되지 않아 뿔납층에 있어서의 크랙 발생을 억제할 수 있다.

[0047] 본 발명의 파워 모듈은, 전술한 파워 모듈용 기관과, 상기 회로층 상에 탑재된 전자 부품을 구비하고 있는 것을 특징으로 하고 있다.

[0048] 이 구성의 파워 모듈에 의하면, 회로층 상에 탑재된 전자 부품으로부터의 열을 효율적으로 방산할 수 있어 전자 부품의 파워 밀도(발열량)가 향상된 경우라도 충분히 대응할 수 있다. 또, 파워 사이클 부하시의 내구성을 향상시킬 수 있다.

발명의 효과

[0049] 본 발명에 의하면, 회로층 상에 탑재된 전자 부품 등의 발열체로부터의 열 방산을 촉진시킬 수 있어 우수한 파워 사이클 특성을 가짐과 함께, 냉열 사이클 부하시에 있어서의 절연 기관의 균열 발생을 억제할 수 있는 신뢰성이 높은 파워 모듈용 기관, 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관, 파워 모듈을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0050] 도 1 은 본 발명의 제 1 실시형태인 파워 모듈용 기관을 사용한 파워 모듈의 개략 설명도이다.

도 2 는 본 발명의 제 1 실시형태인 파워 모듈용 기관 및 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관의 제조 방법의 플로우도이다.

도 3 은 본 발명의 제 1 실시형태인 파워 모듈용 기관 및 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관의 제조 방법을 나타내는 설명도이다.

도 4 는 본 발명의 제 2 실시형태인 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관을 사용한 파워 모듈의 개략 설명도이다.

도 5 는 본 발명의 제 2 실시형태인 파워 모듈용 기관 및 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관의 제조 방법의 플로우도이다.

도 6 은 본 발명의 다른 실시형태인 파워 모듈용 기관을 사용한 파워 모듈의 개략 설명도이다.

도 7 은 본 발명의 다른 실시형태인 파워 모듈용 기관의 회로층과 절연 기관의 확대 설명도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0051] 이하에, 본 발명의 실시형태에 대하여 첨부한 도면을 참조하여 설명한다.
- [0052] 도 1 에 본 발명의 제 1 실시형태인 파워 모듈용 기관 (10), 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (40) 및 이 파워 모듈용 기관 (10) 을 사용한 파워 모듈 (1) 을 나타낸다.
- [0053] 이 파워 모듈 (1) 은, 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (40) 과, 이 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (40) 의 일방측 (도 1 에 있어서 상측) 의 면에 뿔납층 (2) 을 개재하여 접합된 반도체 소자 (전자 부품) (3) 를 구비하고 있다.
- [0054] 여기서, 뿔납층 (2) 은, 예를 들어 Sn-Ag 계, Sn-In 계 혹은 Sn-Ag-Cu 계의 뿔납재로 되어 있다.
- [0055] 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (40) 은, 파워 모듈용 기관 (10) 과, 파워 모듈용 기관 (10) 을 냉각시키는 히트싱크 (41) 를 구비하고 있다.
- [0056] 본 실시형태에 있어서의 히트싱크 (41) 는, 파워 모듈용 기관 (10) 과 접합되는 천판부 (42) 와, 이 천판부 (42) 에 적층 배치되는 냉각 부재 (43) 를 구비하고 있다. 냉각 부재 (43) 의 내부에는 냉각 매체가 유통하는 유로 (44) 가 형성되어 있다.
- [0057] 여기서, 천판부 (42) 와 냉각 부재 (43) 는 고정 나사 (45) 에 의해 연결되는 구조로 되어 있다. 이 때문에, 천판부 (42) 에는 고정 나사 (45) 를 박아 넣어도 용이하게 변형되지 않도록 강성을 확보할 필요가 있다. 그래서, 본 실시형태에서는 히트싱크 (41) 의 천판부 (42) 를 내력이 100 N/mm² 이상인 금속 재료로 구성하고, 그 두께를 2 mm 이상으로 하고 있다. 또한, 본 실시형태에서는 천판부 (42) 는 A6063 합금 (알루미늄 합금) 으로 구성되어 있다.
- [0058] 파워 모듈용 기관 (10) 은, 절연 기관 (11) 과, 이 절연 기관 (11) 의 일방의 면 (도 1 에 있어서 상면) 에 배치 형성된 회로층 (12) 과, 절연 기관 (11) 의 타방의 면 (도 1 에 있어서 하면) 에 배치 형성된 금속층 (13) 을 구비하고 있다.
- [0059] 절연 기관 (11) 은, 회로층 (12) 과 금속층 (13) 사이의 전기적 접촉을 방지하는 것으로서, 예를 들어 AlN (질화알루미늄), Si₃N₄ (질화규소), Al₂O₃ (알루미나) 등의 절연성이 높은 세라믹스로 구성되고, 본 실시형태에서는 Al₂O₃ (알루미나) 로 구성되어 있다. 또, 절연 기관 (11) 의 두께는 0.2 mm 이상 1.5 mm 이하의 범위 내로 설정되어 있고, 본 실시형태에서는 0.635 mm 로 설정되어 있다.
- [0060] 회로층 (12) 은, 절연 기관 (11) 의 일방의 면에 구리 또는 구리 합금으로 이루어지는 구리판 (22) 이 접합됨으로써 형성되어 있다. 본 실시형태에 있어서는 도 3 에 나타내는 바와 같이, 회로층 (12) 을 구성하는 구리판 (22) 으로서 터프 피치 구리의 압연판이 이용되고 있다. 이 회로층 (12) 에는 회로 패턴이 형성되어 있고, 그 일방의 면 (도 1 에 있어서 상면) 이 반도체 소자 (3) 가 탑재되는 탑재면으로 되어 있다.
- [0061] 금속층 (13) 은, 절연 기관 (11) 의 타방의 면에 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어지는 알루미늄판 (23) 이 접합됨으로써 형성되어 있다. 본 실시형태에 있어서는 도 3 에 나타내는 바와 같이, 금속층 (13) 을 구성하는 알루미늄판 (23) 으로서 순도가 99.99 % 이상인 알루미늄 (이른바 4 N 알루미늄) 의 압연판이 이용되고 있다. 또한, 이 알루미늄판 (23) 은 0.2 % 내력이 30 N/mm² 이하로 되어 있다.
- [0062] 여기서, 회로층 (12) (구리판 (22)) 의 두께 t₁ 이 0.1 mm ≤ t₁ ≤ 0.6 mm 의 범위 내로 설정되고, 금속층 (13) (알루미늄판 (23)) 의 두께 t₂ 가 0.5 mm ≤ t₂ ≤ 6 mm 의 범위 내로 설정되어 있고, 또한 회로층 (12) 의 두께 t₁ 과 금속층 (13) 의 두께 t₂ 의 관계가 t₁ < t₂ 로 되어 있다. 또한, 회로층 (12) 의 두께 t₁ 과 금속층 (13) 의 두께 t₂ 의 관계가 t₂/t₁ ≥ 2.5 로 되어 있는 것이 바람직하다. 두께 t₁ 은 보다 바람직하게는 0.2 mm ≤ t₁ ≤ 0.4 mm 의 범위 내이며, 두께 t₂ 는 보다 바람직하게는 0.6 mm ≤ t₂ ≤ 3.0 mm 의 범위 내이다. 또, t₂/t₁ 의 상한치는 특별히 한정되지 않지만 10 이하인 것이 바람직하다.
- [0063] 본 실시형태에서는 회로층 (12) (구리판 (22)) 의 두께 t₁ 이 t₁ = 0.3 mm, 금속층 (13) (알루미늄판 (23)) 의

두께 t_2 가 $t_2 = 2.0 \text{ mm}$ 로 설정되고, $t_2/t_1 = 6.67$ 로 되어 있다.

- [0064] 또, 본 실시형태에 있어서는 회로층 (12) 중 절연 기관 (11) 과의 접합 계면 근방의 인텐테이션 정도 H_{B1} 이 $60 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2 \leq H_{B1} \leq 120 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2$ 의 범위 내로 되어 있다.
- [0065] 또한, 금속층 (13) 중 절연 기관 (11) 과의 접합 계면 근방의 인텐테이션 정도 H_{B2} 가 $30 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2 \leq H_{B2} \leq 80 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2$ 의 범위 내로 되어 있다.
- [0066] 그리고, 금속층 (13) 중 절연 기관 (11) 과의 접합 계면 근방에 있어서는, Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Li 중 어느 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고용되어 있고, 본 실시형태에서는 첨가 원소로서 Cu 가 고용되어 있다.
- [0067] 금속층 (13) 의 접합 계면 근방의 첨가 원소의 농도 (본 실시형태에서는 Cu 농도) 가, 0.01 질량% 이상 5 질량% 이하의 범위 내로 설정되어 있다. 또한, 금속층 (13) 의 접합 계면 근방의 첨가 원소의 농도는, EPMA 분석 (스폿 직경 30 μm) 에 의해 금속층 (13) 으로부터 50 μm 의 위치에서 5 점 측정된 평균치이다.
- [0068] 또, 금속층 (13) 과 히트싱크 (41) 의 천판부 (42) 의 접합 계면 근방에 있어서는, 금속층 (13) 및 천판부 (42) 에 Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Li 중 어느 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고용되어 있고, 본 실시형태에서 첨가 원소로서 Cu 가 고용되어 있다.
- [0069] 금속층 (13) 및 천판부 (42) 의 접합 계면 근방의 첨가 원소의 농도 (본 실시형태에서는 Cu 농도) 가, 0.01 질량% 이상 5 질량% 이하의 범위 내로 설정되어 있다. 또한, 이 금속층 (13) 및 천판부 (42) 의 접합 계면 근방의 첨가 원소의 농도는, EPMA 분석 (스폿 직경 30 μm) 에 의해 접합 계면으로부터 50 μm 의 위치에서 5 점 측정된 평균치이다.
- [0070] 또, 절연 기관 (11) 과 금속층 (13) 의 접합 계면을 투과 전자 현미경에 있어서 관찰한 경우에는, 접합 계면에 첨가 원소 (Cu) 가 농축된 첨가 원소 고농도부가 형성되어 있다. 이 첨가 원소 고농도부에 있어서는, 첨가 원소의 농도 (Cu 농도) 가 금속층 (13) 중의 첨가 원소의 농도 (Cu 농도) 의 2 배 이상으로 되어 있다. 또한, 이 첨가 원소 고농도부의 두께 H 는 4 nm 이하로 되어 있다. 또, 첨가 원소 고농도부의 첨가 원소의 농도의, 금속층 (13) 중의 첨가 원소의 농도에 대한 비율에 특별히 상한은 없지만, 상한이 200 배 정도이면 된다.
- [0071] 또한, 여기서 관찰하는 접합 계면은, 금속층 (13) 의 격자 이미지의 계면측 단부와 절연 기관 (11) 의 격자 이미지의 접합 계면측 단부 사이의 중앙을 기준면 S 로 한다. 또, 금속층 (13) 중의 첨가 원소의 농도 (Cu 농도) 는, 금속층 (13) 중 접합 계면으로부터 일정 거리 (본 실시형태에서는 5 nm) 떨어진 부분에 있어서의 첨가 원소의 농도 (Cu 농도) 이다. 첨가 원소 고농도부의 첨가 원소의 농도 및 금속층 (13) 중의 첨가 원소의 농도는, 접합 계면 근방의 첨가 원소의 농도와 동일한 방법으로 측정하면 된다.
- [0072] 이하에, 전술한 구성의 파워 모듈용 기관 (10) 및 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (40) 의 제조 방법에 대하여 도 2, 도 3 을 참조하여 설명한다.
- [0073] 우선, 도 3 에 나타내는 바와 같이, 회로층 (12) 이 되는 구리판 (22) 과 절연 기관 (11) 을 접합한다 (구리판 접합 공정 S01). 여기서, 절연 기관 (11) 이 Al_2O_3 으로 구성되어 있는 점에서, 구리판 (22) 과 절연 기관 (11) 을 구리와 산소의 공정 (共晶) 반응을 이용한 DBC 법에 의해 접합한다.
- [0074] 구체적으로는, 터프 피치 구리로 이루어지는 구리판 (22) 과 절연 기관 (11) 을 접촉시켜 질소 가스 분위기 중에서 1075 $^{\circ}\text{C}$ 에서 10 분 가열함으로써, 구리판 (22) 과 절연 기관 (11) 이 접합되게 된다.
- [0075] 다음으로, 절연 기관 (11) 의 타방의 면측에 금속층 (13) 이 되는 알루미늄판 (23) 을 접합함 (알루미늄판 접합 공정 S02) 과 함께, 알루미늄판 (23) 과 히트싱크 (41) 의 천판부 (42) 를 접합한다 (히트싱크 접합 공정 S03). 본 실시형태에서는 이들 알루미늄판 접합 공정 S02 와, 히트싱크 접합 공정 S03 을 동시에 실시하게 된다.
- [0076] 알루미늄판 (23) 의 절연 기관 (11) 과의 접합면에 스퍼터링에 의해 첨가 원소 (Cu) 를 고착시켜 제 1 고착층 (51) 을 형성함과 함께, 알루미늄판 (23) 의 히트싱크 (41) 의 천판부 (42) 와의 접합면에 스퍼터링에 의해 첨가 원소 (Cu) 를 고착시켜 제 2 고착층 (52) 을 형성한다 (고착층 형성 공정 S11). 여기서, 제 1 고착층 (51) 및 제 2 고착층 (52) 에 있어서의 첨가 원소량은 0.01 mg/cm^2 이상 10 mg/cm^2 이하의 범위 내로 되어 있고, 본 실시형태에서는 첨가 원소로서 Cu 를 이용하고 있고, 제 1 고착층 (51) 및 제 2 고착층 (52) 에 있어서의 Cu

량이 0.08 mg/cm² 이상 2.7 mg/cm² 이하로 설정되어 있다.

- [0077] 다음으로, 도 3 에 나타내는 바와 같이, 알루미늄판 (23) 을 절연 기관 (11) 의 타방의 면측에 적층한다. 또한, 알루미늄판 (23) 의 타방의 면측에 히트싱크 (41) 의 천판부 (42) 를 적층한다 (적층 공정 S12).
- [0078] 이 때, 도 3 에 나타내는 바와 같이, 알루미늄판 (23) 의 제 1 고착층 (51) 이 형성된 면이 절연 기관 (11) 을 향하도록, 또한 알루미늄판 (23) 의 제 2 고착층 (52) 이 형성된 면이 천판부 (42) 를 향하도록 하여 이들을 적층한다.
- [0079] 이어서, 구리판 (22) 이 접합된 절연 기관 (11), 알루미늄판 (23), 천판부 (42) 를, 그 적층 방향으로 가압 (압력 1 ~ 35 kgf/cm²) 한 상태로 진공 가열로 내에 장입하여 가열한다 (가열 공정 S13). 여기서, 본 실시형태에서는 진공 가열로 내의 압력은 10⁻³ ~ 10⁻⁶ Pa 의 범위 내로 설정하고, 가열 온도는 550 °C 이상 650 °C 이하의 범위 내로 설정하고 있다.
- [0080] 그러자, 제 1 고착층 (51) 의 첨가 원소 (Cu) 가 알루미늄판 (23) 측으로 확산됨으로써, 알루미늄판 (23) 과 절연 기관 (11) 의 계면에 제 1 용융 금속 영역이 형성된다.
- [0081] 또, 제 2 고착층 (52) 의 첨가 원소 (Cu) 가 알루미늄판 (23) 측 및 천판부 (42) 측으로 확산됨으로써, 알루미늄판 (23) 과 천판부 (42) 의 계면에 제 2 용융 금속 영역이 형성된다.
- [0082] 다음으로, 제 1 용융 금속 영역, 제 2 용융 금속 영역이 형성된 상태로 온도를 일정하게 유지해 둔다 (용융 금속 응고 공정 S14).
- [0083] 그러자, 제 1 용융 금속 영역 중의 Cu 가 더욱 알루미늄판 (23) 측으로 확산되고, 제 1 용융 금속 영역이던 부분의 Cu 농도가 서서히 저하되어 가서 용점이 상승하게 되어, 온도를 일정하게 유지한 상태로 응고가 진행되어 간다. 이로써, 절연 기관 (11) 과 알루미늄판 (23) 이 접합된다.
- [0084] 동일하게, 제 2 용융 금속 영역 중의 Cu 가 더욱 알루미늄판 (23) 측 및 천판부 (42) 측으로 확산되고, 제 2 용융 금속 영역이던 부분의 Cu 농도가 서서히 저하되어 가서 용점이 상승하게 되어, 온도를 일정하게 유지한 상태로 응고가 진행되어 간다. 이로써, 알루미늄판 (23) 과 천판부 (42) 가 접합된다.
- [0085] 요컨대, 절연 기관 (11) 과 알루미늄판 (23) (금속층 (13)), 및 천판부 (42) 와 알루미늄판 (23) (금속층 (13)) 은, 이른바 과도 액상 접합법 (Transient Liquid Phase Diffusion Bonding) 에 의해 접합되어 있는 것이다. 그리고, 응고가 진행된 후에 상온까지 냉각을 실시한다.
- [0086] 이와 같이 하여, 구리판 (22) (회로층 (12)), 절연 기관 (11), 알루미늄판 (23) (금속층 (13)), 히트싱크 (41) 의 천판부 (42) 가 접합되고, 본 실시형태인 파워 모듈용 기관 (10) 및 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (40) 이 제조되게 된다.
- [0087] 이상과 같은 구성으로 된 본 실시형태인 파워 모듈용 기관 (10), 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (40) 에 의하면, 구리판 (22) 이 접합되어 이루어지는 회로층 (12) 의 두께 t₁ 이 0.1 mm ≤ t₁ ≤ 0.6 mm 의 범위 내로 되고, 알루미늄판 (23) 이 접합되어 이루어지는 금속층 (13) 의 두께 t₂ 가 0.5 mm ≤ t₂ ≤ 6 mm 의 범위 내로 되고, 회로층 (12) 의 두께 t₁ 과 금속층 (13) 의 두께 t₂ 의 관계가 t₁ < t₂ 로 되어 있으므로, 비교적 변형 저항이 큰 구리판 (22) 으로 구성된 회로층 (12) 에 의해 절연 기관 (11) 이 필요 이상으로 구속되지 않고, 또한 비교적 변형 저항이 작은 알루미늄판 (23) 으로 구성된 금속층 (13) 이 충분히 두꺼워, 파워 모듈용 기관 (10) 에 부하되는 응력을 완화할 수 있어 절연 기관 (11) 의 균열을 억제할 수 있다.
- [0088] 또, 회로층 (12) 의 두께 t₁ 과 금속층 (13) 의 두께 t₂ 의 관계가 t₂/t₁ ≥ 2.5 로 되고, 구체적으로는 t₂/t₁ = 6.67 로 되어 있으므로, 파워 모듈용 기관 (10) 에 있어서의 휘어짐 발생을 억제할 수 있다.
- [0089] 또, 반도체 소자 (3) 가 탑재되는 탑재면을 갖는 회로층 (12) 이 터프 피치 구리로 구성되어 있으므로, 반도체 소자 (3) 로부터 발생하는 열을 충분히 확산시킬 수 있어 열의 방산을 촉진시키는 것이 가능해진다. 따라서, 파워 사이클을 부하시켰을 때의 내구성을 향상시킬 수 있다.
- [0090] 또한 본 실시형태에 있어서는 히트싱크 (41) 와 절연 기관 (11) 사이에 금속층 (13) 이 개재되어 있기 때문에, 절연 기관 (11) 과 히트싱크 (41) 의 열팽창 계수의 차에서 기인하는 열변형을, 충분히 두껍게 형성된 금속층 (13) 이 변형됨으로써 완화하는 것이 가능해져 절연 기관 (11) 의 균열을 억제할 수 있다.

- [0091] 또, 본 실시형태에서는 회로층 (12) 중 절연 기관 (11) 과의 접합 계면 근방의 인텐테이션 정도 H_{B1} 이 $60 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2 \leq H_{B1} \leq 120 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2$ 의 범위 내로 되어 있으므로, 회로층 (12) 의 절연 기관 (11) 과의 접합 계면 근방의 강도가 확보되어 회로층 (12) 자체에 크랙이 생기는 것이 방지됨과 함께, 절연 기관 (11) 이 회로층 (12) 에 강고하게 구속되지 않아 절연 기관 (11) 의 균열을 억제할 수 있다.
- [0092] 또, 본 실시형태에서는 금속층 (13) 중 절연 기관 (11) 과의 접합 계면 근방의 인텐테이션 정도 H_{B2} 가 $30 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2 \leq H_{B2} \leq 80 \text{ mgf}/\mu\text{m}^2$ 의 범위 내로 되어 있으므로, 금속층 (13) 의 접합 계면 근방의 강도가 확보되어 금속층 (13) 자체에 크랙이 생기는 것이 방지됨과 함께, 금속층 (13) 이 비교적 용이하게 변형되는 점에서, 금속층 (13) 의 변형에 의해 응력을 완화할 수 있어 절연 기관 (11) 의 균열을 억제할 수 있다.
- [0093] 또, 본 실시형태에서는 금속층 (13) 과 절연 기관 (11) 의 접합 계면 근방에 Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Li 중 어느 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고용되어 있고, 본 실시형태에서는 첨가 원소로서 Cu 가 고용되어 있으므로, 금속층 (13) 의 접합 계면측 부분이 고용 강화되게 되어 금속층 (13) 부분에서의 파단을 방지할 수 있다.
- [0094] 또, 금속층 (13) 과 절연 기관 (11) 의 접합 계면에는 Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Li 중 어느 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소의 농도 (본 실시형태에서는 Cu 농도) 가, 금속층 (13) 중의 상기 첨가 원소의 농도의 2 배 이상으로 된 첨가 원소 고용도부가 형성되어 있기 때문에, 계면 근방에 존재하는 첨가 원소 원자 (Cu 원자) 에 의해 금속층 (13) 의 접합 강도의 향상을 도모하는 것이 가능해진다.
- [0095] 또한, 본 실시형태에서는 금속층 (13) 과 히트싱크 (41) 의 천판부 (42) 의 접합 계면에 있어서도 Si, Cu, Ag, Zn, Mg, Ge, Ca, Ga, Li 중 어느 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고용되어 있고, 본 실시형태에서는 첨가 원소로서 Cu 가 고용되어 있으므로, 금속층 (13) 의 천판부 (42) 와의 접합 계면측 부분이 고용 강화되게 되어 금속층 (13) 부분에서의 파단을 방지할 수 있다.
- [0096] 또, 본 실시형태에 있어서는 히트싱크 (41) 의 천판부 (42) 를, 0.2 % 내력이 100 N/mm² 이상인 금속 재료로 구성하고, 그 두께를 2 mm 이상의 것으로 하고 있고, 본 실시형태에서는 A6063 합금 (알루미늄 합금) 으로 구성된 것으로 하고 있는 점에서, 강성이 높고, 취급이 용이해진다. 따라서, 도 1 에 나타내는 바와 같이, 이 천판부 (42) 를 냉각 부재 (43) 에 고정 나사 (45) 로 고정시킬 수 있어 냉각 능력이 우수한 히트싱크 (41) 를 구성하는 것이 가능해진다.
- [0097] 또한, 히트싱크 (41) 의 천판부 (42) 와 절연 기관 (11) 사이에, 0.2 % 내력이 30 N/mm² 이하인 알루미늄 (본 실시형태에서는 순도 99.99 % 이상의 순알루미늄) 으로 이루어지는 금속층 (13) 이 배치 형성되어 있으므로, 히트싱크 (41) 의 천판부 (42) 의 강성이 높아도 히트싱크 (41) 의 천판부 (42) 와 절연 기관 (11) 의 열팽창 계수의 차에서 기인하는 열변형을 이 금속층 (13) 으로 충분히 완화할 수 있어 절연 기관 (11) 의 균열 발생을 억제할 수 있다.
- [0098] 또, 본 실시형태에서는 절연 기관 (11) 이 Al₂O₃ 으로 구성되어 있으므로, 상기 서술한 바와 같이, 터프 피치 구리로 이루어지는 회로층 (12) 과 절연 기관 (11) 을 산소와 구리의 공정 반응을 이용한 DBC 법에 의해 접합할 수 있다. 따라서, 절연 기관 (11) 과 회로층 (12) 의 접합 강도를 확보할 수 있어 접합 신뢰성이 우수한 파워 모듈용 기관 (10) 을 구성할 수 있다.
- [0099] 다음으로, 본 발명의 제 2 실시형태에 대하여 도 4 를 참조하여 설명한다.
- [0100] 도 4 에 나타내는 파워 모듈 (101) 은, 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (140) 과, 이 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (140) 의 일방측 (도 4 에 있어서 상측) 의 면에 제 1 뿔납층 (102) 을 개재하여 접합된 반도체 소자 (전자 부품) (3) 를 구비하고 있다. 여기서, 제 1 뿔납층 (102) 은, 예를 들어 Sn-Ag 계, Sn-In 계 혹은 Sn-Ag-Cu 계의 뿔납재로 되어 있다.
- [0101] 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (140) 은, 파워 모듈용 기관 (110) 과, 파워 모듈용 기관 (110) 을 냉각시키는 히트싱크 (141) 를 구비하고 있다.
- [0102] 파워 모듈용 기관 (110) 은, 절연 기관 (111) 과, 이 절연 기관 (111) 의 일방의 면 (도 4 에 있어서 상면) 에 배치 형성된 회로층 (112) 과, 절연 기관 (111) 의 타방의 면 (도 4 에 있어서 하면) 에 배치 형성된 금속층 (113) 을 구비하고 있다.

- [0103] 본 실시형태에서는 절연 기판 (111) 은 AlN (질화알루미늄) 으로 구성되어 있다. 또, 절연 기판 (111) 의 두께는 0.2 mm 이상 1.5 mm 이하의 범위 내로 설정되어 있고, 본 실시형태에서는 0.635 mm 로 설정되어 있다.
- [0104] 회로층 (112) 은, 절연 기판 (111) 의 일방의 면에 구리 또는 구리 합금으로 이루어지는 구리판이 접합됨으로써 형성되어 있다. 본 실시형태에 있어서는 회로층 (112) 을 구성하는 구리판으로서 무산소 구리의 압연판이 이용되고 있다. 이 회로층 (112) 에는 회로 패턴이 형성되어 있고, 그 일방의 면 (도 4 에 있어서 상면) 이 반도체 소자 (3) 가 탑재되는 탑재면으로 되어 있다.
- [0105] 금속층 (113) 은, 절연 기판 (111) 의 타방의 면에 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어지는 알루미늄판이 접합됨으로써 형성되어 있다. 본 실시형태에 있어서는 금속층 (113) 을 구성하는 알루미늄판으로서 순도 99.0 질량% 이상 99.85 질량% 이하의 알루미늄 (이른바 2 N 알루미늄) 의 압연판이 이용되고 있다.
- [0106] 그리고, 본 실시형태인 파워 모듈용 기판 (110) 에 있어서는, 회로층 (112) 의 두께 t_1 이 $0.1 \text{ mm} \leq t_1 \leq 0.6 \text{ mm}$ 의 범위 내로 설정되고, 금속층 (113) 의 두께 t_2 가 $0.5 \text{ mm} \leq t_2 \leq 6 \text{ mm}$ 의 범위 내로 설정되어 있고, 또한 회로층 (112) 의 두께 t_1 과 금속층 (113) 의 두께 t_2 의 관계가 $t_1 < t_2$ 로 되어 있다. 또한, 회로층 (112) 의 두께 t_1 과 금속층 (113) 의 두께 t_2 의 관계가 $t_2/t_1 \geq 2.5$ 로 되어 있는 것이 바람직하다.
- [0107] 본 실시형태에서는 회로층 (112) 의 두께 t_1 이 $t_1 = 0.3 \text{ mm}$, 금속층 (113) 의 두께 t_2 가 $t_2 = 2.0 \text{ mm}$ 로 설정되고, $t_2/t_1 = 6.67$ 로 되어 있다.
- [0108] 또, 본 실시형태에 있어서의 히트싱크 (141) 는, 구리, 구리 합금, 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어지는 방열판으로 되어 있다.
- [0109] 이 히트싱크 (141) 는, 파워 모듈용 기판 (110) 의 금속층 (113) 과 제 2 뿔납층 (108) 을 개재하여 접합되어 있다. 또한, 금속층 (113) 의 표면에는 도시되지 않은 Ni 도금막이 형성되어 있다. 또한, 히트싱크 (141) 가 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 구성되는 경우, 히트싱크 (141) 의 표면에 Ni 도금막이 형성되어 있는 것이 바람직하다. 또, 제 2 뿔납층 (108) 은 상기 서술한 제 1 뿔납층 (102) 과 마찬가지로, 예를 들어 Sn-Ag 계, Sn-In 계, 혹은 Sn-Ag-Cu 계 등의 각종 뿔납재를 사용할 수 있다.
- [0110] 이하에, 전술한 구성의 파워 모듈용 기판 (110) 및 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기판 (140) 의 제조 방법에 대하여 도 5 를 참조하여 설명한다.
- [0111] 우선, 회로층 (112) 이 되는 구리판과 절연 기판 (111) 을 접합한다 (구리판 접합 공정 S101). 본 실시형태에서는 무산소 구리의 압연판으로 이루어지는 구리판과 절연 기판 (111) 을 이른바 활성 금속 납재법에 의해 접합한다.
- [0112] 절연 기판 (111) 의 일방의 면에 활성 납재 (鱗材) (Ag-Cu-Ti 등) 를 개재하여 회로층 (112) 이 되는 구리판을 적층하고, 절연 기판 (111), 구리판을 적층 방향으로 1 kgf/cm^2 이상 35 kgf/cm^2 이하 ($9.8 \times 10^4 \text{ Pa}$ 이상 $343 \times 10^4 \text{ Pa}$ 이하) 의 범위에서 가압한 상태로 가열로 내에 장입하여 가열하여, 회로층 (112) 이 되는 구리판과 절연 기판 (111) 을 접합한다. 여기서, 가열 온도는 $850 \text{ }^\circ\text{C}$, 가열 시간은 10 분으로 되어 있다.
- [0113] 다음으로, 절연 기판 (111) 의 타방의 면측에 금속층 (113) 이 되는 알루미늄판을 접합한다 (알루미늄판 접합 공정 S102).
- [0114] 절연 기판 (111) 과 알루미늄판을 납재를 개재하여 적층하고, 브레이징에 의해 절연 기판 (111) 과 알루미늄판을 접합한다. 이 때 납재로는, 예를 들어 두께 20 ~ 110 μm 의 Al-Si 계 납재박 (箔) 을 사용할 수 있고, 브레이징 온도는 $600 \sim 620 \text{ }^\circ\text{C}$ 로 하는 것이 바람직하다.
- [0115] 이로써, 본 실시형태인 파워 모듈용 기판 (110) 이 제조된다.
- [0116] 다음으로, 파워 모듈용 기판 (110) 과 히트싱크 (141) 를 접합한다 (히트싱크 접합 공정 S103). 이 히트싱크 접합 공정 S103 에 있어서는, 우선 파워 모듈용 기판 (110) 의 금속층 (113) 의 히트싱크 (141) 와의 접합면에 Ni 도금막을 형성하고, 그 후 히트싱크 (141) 와 금속층 (113) 을 뿔납재를 이용하여 접합한다.
- [0117] 이로써, 금속층 (113) 과 히트싱크 (141) 사이에 뿔납층 (108) 이 형성되고, 본 실시형태인 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기판 (140) 이 제조된다.

- [0118] 이상과 같은 구성으로 된 본 실시형태인 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기판 (140) 에 있어서는, 제 1 실시형태와 마찬가지로 절연 기판 (111) 의 균열이나 파워 모듈용 기판 (110) 의 휘어짐 등을 억제할 수 있다.
- [0119] 또한, 본 실시형태에 있어서는 회로층 (112) 이 구리판으로 구성되고, 이 회로층 (112) 의 두께 t_1 이 $0.1 \text{ mm} \leq t_1 \leq 0.6 \text{ mm}$ 의 범위 내로 설정되고, 더욱 구체적으로는 0.3 mm 로 되어 있으므로, 파워 모듈용 기판 (110) 전체의 강성이 확보되게 되어, 열사이클 부하시에 파워 모듈용 기판 (110) 이 잘 변형되지 않아 제 2 뿔납층 (108) 에 있어서의 크랙 발생을 억제할 수 있다.
- [0120] 특히, 본 실시형태에서는 금속층 (113) 이 알루미늄의 함유량이 99.0 질량% 이상 99.85 질량% 이하인 알루미늄 (이른바 2 N 알루미늄) 의 압연판으로 구성되어 있으므로, 열사이클 부하시에 금속층 (113) 이 용이하게 변형되지 않아 제 2 뿔납층 (108) 에 있어서의 크랙 발생을 확실하게 억제할 수 있다.
- [0121] 이상, 본 발명의 실시형태에 대하여 설명했지만, 본 발명은 이것에 한정되지 않고 그 발명의 기술적 사상을 일탈하지 않는 범위에서 적절히 변경이 가능하다.
- [0122] 예를 들어, 금속층이 되는 알루미늄판을 순도 99.99 질량% 이상의 순알루미늄의 압연판, 또는 순도 99.0 질량% 이상 99.85 질량% 이하의 알루미늄의 압연판으로 한 것으로 설명했지만, 이것에 한정되지 않고 다른 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 구성된 것이어도 된다.
- [0123] 동일하게, 회로층이 되는 구리판을 터프 피치 구리의 압연판, 또는 무산소 구리의 압연판으로 한 것으로 설명했지만, 이것에 한정되지 않고 다른 구리 또는 구리 합금으로 구성된 것이어도 된다.
- [0124] 또, 히트싱크로서 방열판인 것을 예시하여 설명했지만, 이것에 한정되지 않고 방열 핀을 구비한 방열판이어도 되고, 내부에 냉각 매체가 유통되는 유로를 구비한 냉각기로 해도 된다.
- [0125] 또, 세라믹스 기판을 Al_2O_3 으로 구성하고, 구리판을 DBC 법에 의해 접합하는 것, 또는 세라믹스 기판을 AlN 으로 구성하고, 구리판을 활성 금속 브레이징법에 의해 접합하는 것으로 설명했지만, 이것에 한정되지 않고 세라믹스 기판을 Si_3N_4 로 해도 된다. 또, 세라믹스 기판과 구리판의 접합 방법에 제한은 없다.
- [0126] 예를 들어, 도 6 및 도 7 에 나타내는 파워 모듈 (201) 과 같이, 세라믹스 기판 (211) 을 AlN (질화알루미늄) 으로 구성하고, 이 세라믹스 기판 (211) 의 일방의 면에 Al_2O_3 층 (225) 을 형성하고, 이 Al_2O_3 층 (225) 과 구리판을 DBC 법에 의해 접합함으로써 회로층 (212) 을 형성해도 된다. 또한, Al_2O_3 층 (225) 의 두께는 $1 \mu\text{m}$ 이상으로 되어 있는 것이 바람직하다. 이 Al_2O_3 층 (225) 은 AlN 의 산화 처리를 $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ 이상에서 Ar-O_2 혼합 가스 분위기에서 실시함으로써 형성할 수 있다. 산소 분압 P_{O_2} 를 10 kPa 로 하고, 수증기 분압 $P_{\text{H}_2\text{O}}$ 을 0.05 kPa 로 조정하고, 고산소 분압/저수증기 분압 분위기에서 AlN 의 산화 처리를 실시함으로써, AlN 과의 밀착성이 우수하고 치밀한 Al_2O_3 층 (225) 이 형성된다.
- [0127] 또, 제 1 실시형태에 있어서 세라믹스 기판과 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어지는 금속층, 및 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어지는 금속층과 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어지는 히트싱크를 과도 역상 접합법에 의해 접합한 것으로 설명했지만, 이것에 한정되지 않고 Al-Si 계 합금 등의 납재를 사용해도 된다.
- [0128] 또한, 제 1 실시형태에 있어서 히트싱크로서 천판부와 냉각 부재를 구비한 구조의 것을 예시하여 설명했지만, 이것에 한정되지 않고 방열 핀을 구비한 방열판이어도 되고, 내부에 냉각 매체가 유통되는 유로를 구비한 냉각기로 해도 된다.
- [0129] 실시예
- [0130] (실시예 1)
- [0131] 본 발명의 유효성을 확인하기 위해서 실시한 비교 실험에 대하여 설명한다.
- [0132] 표 1 에 나타내는 바와 같이, 절연 기판, 회로층이 되는 구리판, 금속층이 되는 알루미늄판을 접합하여 파워 모듈용 기판을 제작하였다.
- [0133] 회로층의 사이즈는 $37 \text{ mm} \times 37 \text{ mm}$, 절연 기판의 사이즈는 $40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$, 금속층의 사이즈는 $37 \text{ mm} \times 37 \text{ mm}$ 로 하였다.

- [0134] 표 2 에 나타내는 「활성 금속납」은, Ag-27.4 질량% Cu-2.0 질량% Ti 로 이루어지는 활성 납재를 이용하고, 10^{-3} Pa 의 진공 중에서 850 °C 에서 10 분 가열함으로써 구리판과 절연 기판을 접합하였다.
- [0135] 표 2 에 나타내는 「DBC」는, 질소 가스 분위기 중에서 1075 °C 에서 10 분 가열함으로써 구리판과 절연 기판을 접합하였다.
- [0136] 표 2 에 나타내는 「TLP」은, 절연 기판의 표면에 Cu 를 1.0 mg/cm² 가 되도록 고착하고, 적층 방향으로 5 kgf/cm² 로 가압한 상태로, 10^{-3} Pa 의 진공 중에서 600 °C 에서 30 분 가열함으로써 알루미늄판과 절연 기판을 접합하였다.
- [0137] 표 2 에 나타내는 「Al-Si 납」은, Al-7.5 질량% Si 로 이루어지는 납재박 (두께 100 μm) 을 이용하고, 적층 방향으로 12 kgf/cm² 로 가압한 상태로, 10^{-3} Pa 의 진공 중에서 650 °C 에서 30 분 가열함으로써 알루미늄판과 절연 기판을 접합하였다.
- [0138] 또, 상기 서술한 파워 모듈용 기판의 금속층의 타방의 면측에 히트싱크를 접합하였다. 히트싱크는 50 mm × 60 mm × 5 mm 의 A3003 합금의 알루미늄판으로 하였다. 접합 조건은, Al-Si 납박을 이용하고, 3.0 kgf/cm² 로 가압한 상태로, 진공 중에서 610 °C 에서 가열하는 것에 의한 접합으로 하였다.
- [0139] 이와 같이 하여 얻어진 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기판을 이용하여 냉열 사이클 시험을 실시하였다. 평가 결과를 표 2 에 나타낸다. 또한, 500 사이클마다 관찰을 실시하여, 절연 기판의 균열이 확인된 시점에서의 사이클수로 평가하였다. 측정 조건을 이하에 나타낸다.
- [0140] 평가 장치 : 에스펙 주식회사 제조 TSB-51
- [0141] 액상 : 플루오리너트
- [0142] 온도 조건 : -40 °C × 5 분 ; 1 회와, 125 °C × 5 분 ; 1 회로 1 사이클
- [0143] 또한, 이들 파워 모듈용 기판의 회로층의 일방의 면측에 IGBT 소자를 뿔납 접합하였다. 또한, 뿔납 접합은 Sn-Ag-Cu 계 뿔납을 사용하고, 수소 환원 분위기 중에서 300 °C 에서 접합하였다.
- [0144] 이와 같이 하여 얻어진 파워 모듈을 이용하여 파워 사이클 시험을 실시하였다.
- [0145] 평가 결과를 표 2 에 나타낸다. 또한, 파워 사이클을 10 만회 부하시킨 후의 열저항률의 상승률로 평가하였다.
- [0146] 열저항은 다음과 같이 하여 측정하였다. 히터 칩을 100 W 의 전력으로 가열하고, 열전쌍을 이용하여 히터 칩의 온도를 실측하였다. 또, 히트싱크를 유통하는 냉각 매체 (에틸렌글리콜 : 물 = 9 : 1) 의 온도를 실측하였다. 그리고, 히터 칩의 온도와 냉각 매체의 온도차를 전력으로 나눈 값을 열저항으로 하였다.
- [0147] 또한, 측정 조건을 이하에 나타낸다.
- [0148] 온도차 : 80 °C
- [0149] 온도 범위 : 55 °C ~ 135 °C (IGBT 소자 내의 온도 센싱 다이오드로 측정)
- [0150] 통전 시간 : 6 초
- [0151] 냉각 시간 : 4 초

표 1

	회로층		금속층		두께비 t_2/t_1	세라믹스	
	재질	두께 t_1	재질	두께 t_2		재질	두께
본 발명예1	OFC	0.3mm	A1050	1.5mm	5.00	Al ₂ O ₃	0.32mm
본 발명예2	OFC	0.3mm	A1080	2.2mm	7.33	Si ₃ N ₄	0.32mm
본 발명예3	6N-Cu	0.4mm	4N-AI	1.6mm	4.00	AIN	0.635mm
본 발명예4	6N-Cu	0.5mm	A1080	2.5mm	5.00	Si ₃ N ₄	0.32mm
본 발명예5	티프 피치 구리	0.3mm	4N-AI	1.6mm	5.33	AIN	0.635mm
본 발명예6	티프 피치 구리	0.5mm	A1080	1.6mm	3.20	Si ₃ N ₄	0.32mm
본 발명예7	OFC	0.4mm	4N-AI	0.8mm	2.00	AIN	0.635mm
본 발명예8	OFC	0.3mm	4N-AI	0.5mm	1.67	AIN	0.635mm
비교예1	OFC	0.7mm	4N-AI	2.0mm	2.86	AIN	0.635mm
비교예2	6N-Cu	0.3mm	A1080	0.2mm	0.67	Al ₂ O ₃	0.32mm
비교예3	티프 피치 구리	0.4mm	A1050	0.4mm	1.00	Al ₂ O ₃	0.32mm
비교예4	4N-AI	0.6mm	4N-AI	2.1mm	3.50	AIN	0.635mm
비교예5	4N-AI	0.4mm	A1050	2.1mm	5.25	Al ₂ O ₃	0.32mm
비교예6	4N-AI	0.9mm	A1080	1.1mm	1.22	Si ₃ N ₄	0.32mm

[0152]

표 2

	회로층/절연 기판 접합 방법	금속층/절연 기판 접합 방법	냉열 사이클	파워 사이클
본 발명에1	활성 금속납	Al-Si납	>4000	0.59%
본 발명에2	활성 금속납	TLP	>4000	2.60%
본 발명에3	활성 금속납	TLP	>4000	1.86%
본 발명에4	활성 금속납	TLP	>4000	1.22%
본 발명에5	DBC	Al-Si납	>4000	3.54%
본 발명에6	활성 금속납	TLP	>4000	0.84%
본 발명에7	활성 금속납	Al-Si납	<3000	1.34%
본 발명에8	활성 금속납	Al-Si납	<3000	0.53%
비교예1	활성 금속납	Al-Si납	<500	0.50%
비교예2	활성 금속납	Al-Si납	<1000	3.65%
비교예3	DBC	Al-Si납	<2000	2.21%
비교예4	Al-Si납	Al-Si납	>4000	18.30%
비교예5	Al-Si납	Al-Si납	>4000	17.60%
비교예6	TLP	TLP	>4000	20.40%

[0153]

[0154]

회로층이 되는 구리판의 두께가 0.7 mm 로 된 비교예 1 에 있어서는, 냉열 사이클 시험에 있어서 500 사이클 이하에서 절연 기판에 균열이 관찰되었다.

[0155]

회로층이 되는 구리판의 두께가 금속층이 되는 알루미늄판의 두께보다 두껍게 형성된 비교예 2 에 있어서는, 냉열 사이클 시험에 있어서 1000 사이클 이하에서 절연 기판에 균열이 관찰되었다. 또한, 파워 사이클 시험에서도 열저항의 상승이 관찰되었다.

[0156]

회로층이 되는 구리판의 두께와 금속층이 되는 알루미늄판의 두께가 동일해진 비교예 3 에 있어서는, 냉열 사이클 시험에 있어서 2000 사이클 이하에서 절연 기판에 균열이 관찰되었다. 또한, 파워 사이클 시험에서도 수 % 정도의 열저항의 상승이 관찰되었다.

[0157]

회로층을 알루미늄판으로 구성한 비교예 4 - 6 에 있어서는, 냉열 사이클 시험의 결과는 양호하지만, 파워 사이클 시험에 있어서 크게 열저항이 상승하는 것이 확인되었다.

[0158]

이에 반하여, 본 발명에 1 - 8 에 있어서는, 냉열 사이클 시험에 있어서 2500 사이클 이상에서도 절연 기판에 균열이 관찰되지 않았다. 또, 파워 사이클 시험에 있어서도 열저항의 상승이 억제되고 있는 것이 확인된다. 특히, 회로층의 두께 t_1 과 금속층의 두께 t_2 의 비 t_2/t_1 이 2.5 이상이 된 본 발명에 1 - 6 에 있어서는, 냉열 사이클 시험에 있어서 4000 사이클 이상에서도 절연 기판에 균열이 관찰되지 않았다.

[0159]

이상의 결과로부터, 본 발명에에 의하면 회로층 상에 탑재된 전자 부품 등의 발열체로부터의 열 방산을 촉진시킬 수 있어 우수한 파워 사이클 특성을 가짐과 함께, 냉열 사이클 부하시에 있어서의 절연 기판의 균열 발생을 억제할 수 있는 신뢰성이 높은 파워 모듈용 기판, 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기판, 파워 모듈을 제공할 수 있는 것이 확인되었다.

- [0160] (실시예 2)
- [0161] 다음으로, 상기 서술한 제 2 실시형태에 나타내는 바와 같이, 파워 모듈용 기판의 금속층과 히트싱크를 제 2 뿔납층을 개재하여 접합하고, 이 제 2 뿔납층에 있어서의 접합률에 대하여 평가하였다.
- [0162] 표 3 에 나타내는 바와 같이, 절연 기판, 회로층이 되는 구리판, 금속층이 되는 알루미늄판을 접합하여 파워 모듈용 기판을 제작하였다.
- [0163] 회로층의 사이즈는 37 mm × 37 mm, 절연 기판의 사이즈는 40 mm × 40 mm, 금속층의 사이즈는 37 mm × 37 mm 로 하였다.
- [0164] 또한, 표 4 에 나타내는 「활성 금속납」, 「DBC」, 「TLP」, 「Al-Si 납」은, 상기 서술한 실시예 1 및 표 2 와 동일한 접합 방법으로 하였다.
- [0165] 그리고, 상기 서술한 파워 모듈용 기판의 금속층의 타방의 면측에 히트싱크를 접합하였다. 히트싱크는 50 mm × 60 mm × 5 mm 의 A6063 합금의 알루미늄판으로 하였다. Sn-Sb 계는 뿔납을 이용하고, H₂ 분위기하에서 200 ℃ 에서 5 분간 유지한 후, 300 ℃ 에서 10 분간 유지함으로써 솔더링을 실시하고, 그 후 N₂ 분위기로 전환하여 냉각시킴으로써 히트싱크를 접합하였다.
- [0166] 이와 같이 하여 얻어진 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기판을 이용하여 냉열 사이클 시험을 실시하였다. 냉열 사이클 조건은, 상기 서술한 실시예 1 과 동일하게 하고, 2000 회의 냉열 사이클을 부하시켰다.
- [0167] 그리고, 접합 초기 및 2000 회의 냉열 사이클 부하 후에 있어서, 제 2 뿔납층에 있어서의 접합률을 측정하였다. 평가 결과를 표 4 에 나타낸다.

표 3

	회로층		금속층		두께비 t ₂ /t ₁	세라믹스	
	재질	두께 t ₁	재질	두께 t ₂		재질	두께
본 발명예11	OFC	0.3mm	A1050	0.9mm	3.00	AlN	0.635mm
본 발명예12	OFC	0.6mm	A1100	1.5mm	2.50	Si ₃ N ₄	0.32mm
본 발명예13	타프 피치 구리	0.3mm	A1050	1.6mm	5.33	Al ₂ O ₃	0.38mm
본 발명예14	6N-Cu	0.4mm	A1080	2.1mm	5.25	AlN	0.5mm
비교예 11	4N-Al	0.6mm	4N-Al	2.1mm	3.50	AlN	0.635mm

[0168]

표 4

	회로층/절연 기관 접합 방법	금속층/절연 기관 접합 방법	제 2 뿔납층 접합률 (%)	
			접합 초기	냉열 사이클 후
본 발명에 11	활성 금속납	AI-Si납	99.0	98.5
본 발명에 12	활성 금속납	TLP	98.5	98.0
본 발명에 13	DBC	AI-Si납	99.5	95.6
본 발명에 14	활성 금속납	TLP	98.6	97.3
비교예 11	AI-Si납	AI-Si납	99.8	77.3

[0169]

[0170] 회로층 및 금속층을 알루미늄판으로 구성된 비교예 11 에 있어서는, 냉열 사이클 후의 접합률이 크게 저하되었다. 제 2 뿔납층에 크랙이 발생하였기 때문에 추측된다.

[0171] 이에 반하여, 본 발명에 11 - 14 에 있어서는, 냉열 사이클 후에 있어서는 접합률이 크게 저하되지 않았다. 본 발명에 11 - 14 에 의하면, 제 2 뿔납층에 있어서는 크랙 발생을 억제할 수 있는 것이 확인되었다.

부호의 설명

[0172]

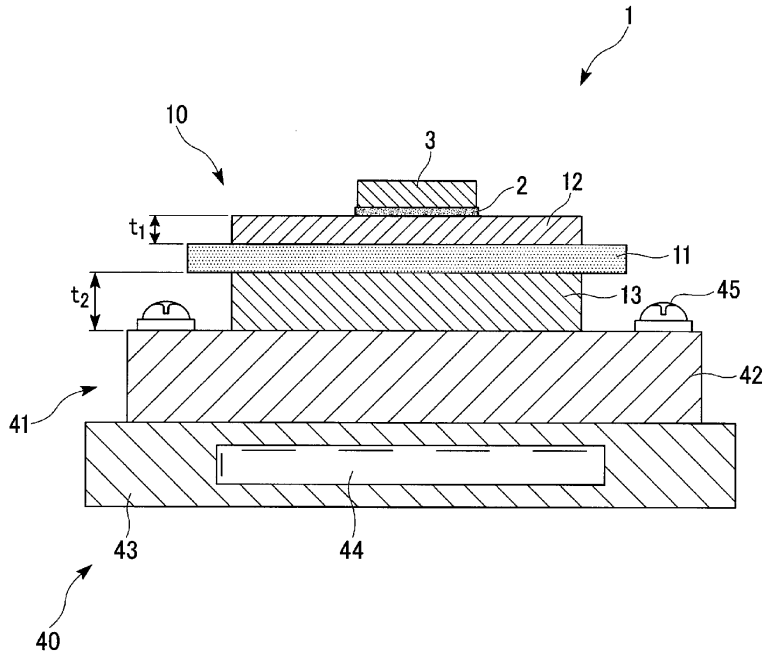
- 1, 101, 201 : 파워 모듈
- 3 : 반도체 소자 (전자 부품)
- 10, 110, 210 : 파워 모듈용 기관
- 11, 111, 211 : 절연 기관
- 12, 112, 212 : 회로층
- 13, 113, 213 : 금속층
- 22 : 구리판
- 23 : 알루미늄판
- 40, 140, 240 : 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관

41, 141, 241 : 히트싱크

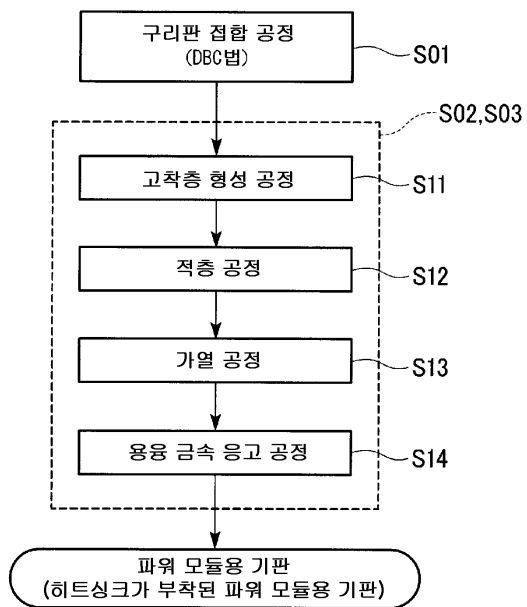
225 : Al₂O₃ 층

도면

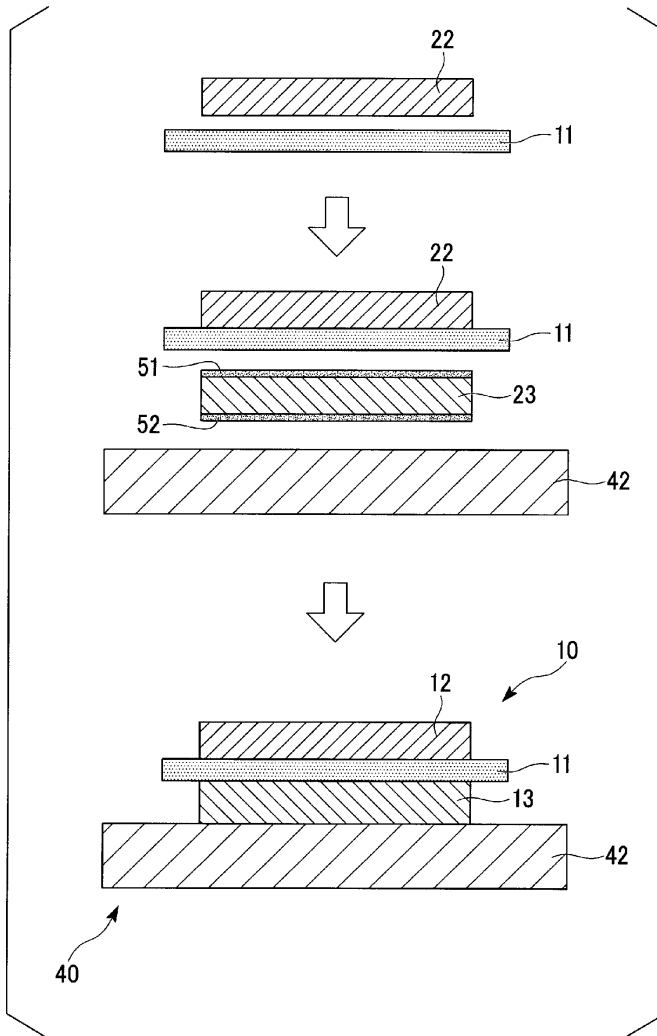
도면1



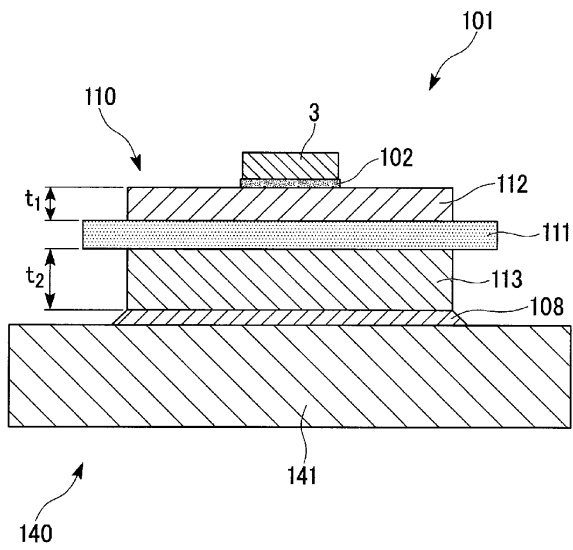
도면2



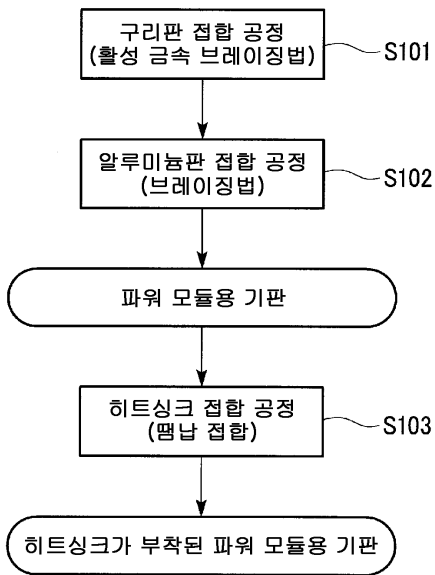
도면3



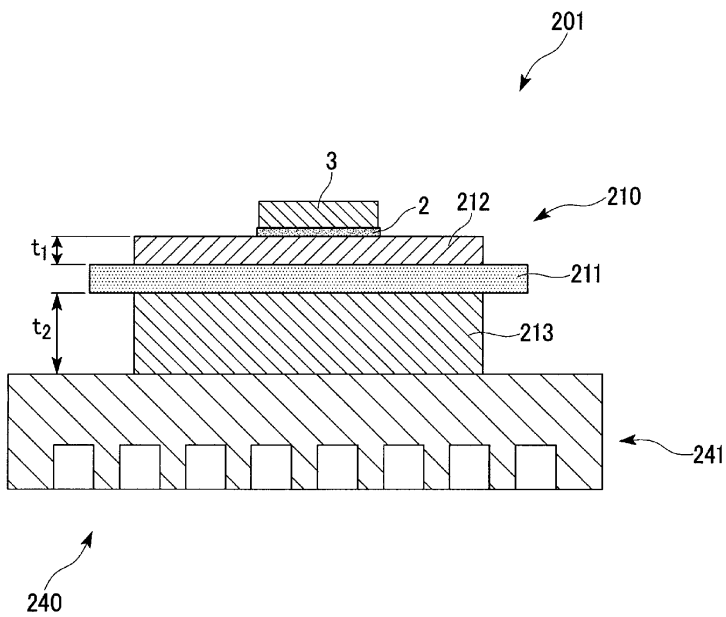
도면4



도면5



도면6



도면7

