



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년06월12일
(11) 등록번호 10-2122625
(24) 등록일자 2020년06월08일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 23/473 (2006.01) H01L 23/15 (2006.01)
H01L 23/373 (2006.01) H01L 23/40 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 23/473 (2013.01)
H01L 23/15 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7018938
- (22) 출원일자(국제) 2014년01월20일
심사청구일자 2018년08월22일
- (85) 번역문제출일자 2015년07월14일
- (65) 공개번호 10-2015-0108363
- (43) 공개일자 2015년09월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2014/050934
- (87) 국제공개번호 WO 2014/115677
국제공개일자 2014년07월31일
- (30) 우선권주장
JP-P-2013-009199 2013년01월22일 일본(JP)
JP-P-2013-216783 2013년10월17일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
JP2003078086 A*
JP4629016 B2*
US20130010429 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
미쓰비시 마테리알 가부시카이가이샤
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3초메 2방 3고
- (72) 발명자
나가세 도시유키
일본 사이타마켄 기타모토시 시모이시토카미
1975-2 미쓰비시 마테리알 가부시카이가이샤 주오켄
큐쇼 나이
나가토모 요시유키
일본 사이타마켄 기타모토시 시모이시토카미
1975-2 미쓰비시 마테리알 가부시카이가이샤 주오켄
큐쇼 나이
테라사키 노부유키
일본 사이타마켄 기타모토시 시모이시토카미
1975-2 미쓰비시 마테리알 가부시카이가이샤 주오켄
큐쇼 나이
- (74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 16 항

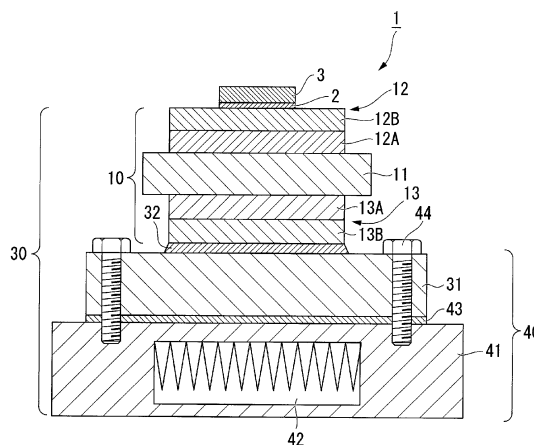
심사관 : 정구원

(54) 발명의 명칭 파워 모듈용 기판, 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판, 히트 싱크가 형성된 파워 모듈

(57) 요약

본원의 파워 모듈용 기판은, 세라믹스 기판 (11) 의 제 1 면에 형성된 회로층 (12) 과, 제 2 면에 형성된 금속층 (13) 을 구비하고, 상기 금속층 (13) 은, 상기 세라믹스 기판 (11) 의 제 2 면에 접합된 제 1 알루미늄층 (13A) 과, 이 제 1 알루미늄층 (13A) 에 고상 확산 접합된 제 1 구리층 (13B) 을 갖고 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 23/3735 (2013.01)

H01L 23/4006 (2013.01)

H01L 2224/32225 (2013.01)

H01L 2924/13055 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

세라믹스 기판과,

상기 세라믹스 기판의 일방의 면에 형성된 회로층과,

상기 세라믹스 기판의 타방의 면에 형성된 금속층을 구비한 파워 모듈용 기판으로서,

상기 금속층은,

상기 세라믹스 기판의 타방의 면에 접합된 제 1 알루미늄층과,

이 제 1 알루미늄층에 고상 확산 접합된 제 1 구리층과,

Cu 와 Al 로 이루어지는 복수의 금속간 화합물로 구성되어 있고, 상기 복수의 금속간 화합물이 상기 제 1 알루미늄층과 상기 제 1 구리층의 제 1 접합 계면을 따라 층상으로 형성되어 있는 제 1 금속간 화합물층을 갖고 있으며,

상기 제 1 금속간 화합물층의 상기 복수의 금속간 화합물은, 상기 제 1 알루미늄층으로부터 상기 제 1 구리층을 향하여 순서대로, θ 상, η 2 상이 적층되고, 또한 ζ 2 상, δ 상, 및 γ 2 상 중 적어도 하나의 상이 적층되어 구성되어 있는 것을 특징으로 하는 파워 모듈용 기판.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 회로층은, 상기 세라믹스 기판의 일방의 면에 접합된 제 2 알루미늄층과, 이 제 2 알루미늄층에 고상 확산 접합된 제 2 구리층을 갖고 있는, 파워 모듈용 기판.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 기재된 파워 모듈용 기판과 히트 싱크를 갖고,

상기 제 1 구리층과 상기 히트 싱크가 접합되어 있는, 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 히트 싱크가 Cu 또는 Cu 합금으로 구성되고, 상기 파워 모듈용 기판과 상기 히트 싱크가 뿔납에 의해 접합되어 있는, 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 히트 싱크는, Ni 도금이 형성된 Al 또는 Al 합금으로 구성되고, 상기 파워 모듈용 기판과 상기 히트 싱크가 뿔납에 의해 접합되어 있는, 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판.

청구항 6

제 3 항에 기재된 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판과, 상기 회로층의 일방의 면에 접합된 반도체 소자를 구비하는, 히트 싱크가 형성된 파워 모듈.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

산화물이 상기 제 1 알루미늄층과 상기 제 1 구리층 사이에 층상으로 분산되어 있는 파워 모듈용 기판.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 산화물은, 상기 제 1 금속간 화합물층을 따라 상기 제 1 금속간 화합물층과 상기 제 1 구리층의 접합 계면에 층상으로 분산되어 있는 파워 모듈용 기판.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 금속간 화합물층의 두께는, 1 ~ 80 μm 인 파워 모듈용 기판.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 알루미늄층의 평균 입경은, 500 μm 이상이고, 상기 제 1 구리층의 평균 입경은, 50 ~ 200 μm 인 파워 모듈용 기판.

청구항 11

제 2 항에 있어서,

Cu 와 Al 로 이루어지는 복수의 금속간 화합물로 구성되어 있고, 상기 복수의 금속간 화합물이 상기 제 2 알루미늄층과 상기 제 2 구리층의 제 2 접합 계면을 따라 층상으로 형성되어 있는 제 2 금속간 화합물층을 추가로 갖고 있는 파워 모듈용 기판.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 제 2 금속간 화합물층의 상기 복수의 금속간 화합물은, 상기 제 2 알루미늄층측으로부터 상기 제 2 구리층측을 향하여 순서대로, θ 상, η 2 상이 적층되고, 또한 ζ 2 상, δ 상, 및 γ 2 상 중 적어도 하나의 상이 적층되어 구성되어 있는 파워 모듈용 기판.

청구항 13

제 2 항 또는 제 11 항에 있어서,

산화물이 상기 제 2 알루미늄층과 상기 제 2 구리층 사이에 층상으로 분산되어 있는 파워 모듈용 기판.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 산화물은, 상기 제 2 금속간 화합물층을 따라 상기 제 2 금속간 화합물층과 상기 제 2 구리층의 접합 계면에 층상으로 분산되어 있는 파워 모듈용 기판.

청구항 15

제 2 항에 있어서,

상기 제 2 금속간 화합물층의 두께는, 1 ~ 80 μm 인 파워 모듈용 기판.

청구항 16

제 2 항에 있어서,

상기 제 2 알루미늄층의 평균 입경은, 500 μm 이상이고, 상기 제 2 구리층의 평균 입경은, 50 ~ 200 μm 인 파워 모듈용 기판.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 이 발명은 세라믹스 기판의 일방의 면 (제 1 면) 에 형성된 회로층과, 타방의 면 (제 2 면) 에 형성된 금속층을 구비한 파워 모듈용 기판, 이 파워 모듈용 기판에 히트 싱크가 접합된 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판, 이 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판에 반도체 소자가 접합된 히트 싱크가 형성된 파워 모듈에 관한 것이다.
- [0002] 본원은, 2013년 1월 22일에 일본에 출원된 일본 특허출원 2013-009199호 및 2013년 10월 17일에 일본에 출원된 일본 특허출원 2013-216783호에 대해 우선권을 주장하고, 그 내용을 여기에 원용한다.

배경 기술

- [0003] 각종 반도체 소자 중에서도, 전기 자동차나 전기 차량 등을 제어하기 위해서 사용되는 대전력 제어용 파워 소자에 있어서는, 발열량이 많은 점에서, 이것을 탑재하는 기판으로는, 예를 들어 AlN (질화알루미늄) 등으로 이루어지는 세라믹스 기판의 일방의 면 (제 1 면) 및 타방의 면 (제 2 면) 에, 금속판을 회로층 및 금속층으로서 접합한 파워 모듈용 기판이 종래부터 널리 사용되고 있다.
- [0004] 이와 같은 파워 모듈용 기판은, 세라믹스 기판의 제 2 면측에 열전도성이 우수한 히트 싱크가 접합되어, 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판이 된다. 또, 회로층 상에 땀납재를 개재하여 파워 소자로서의 반도체 소자가 탑재되어, 히트 싱크가 형성된 파워 모듈이 된다.
- [0005] 상기와 같은 파워 모듈용 기판으로서, 예를 들어 특허문헌 1 에는, 세라믹스 기판의 하면에 접합된 4N 알루미늄 (4N-Al) 층과, 이 4N 알루미늄층에 접합된 2N 알루미늄 (2N-Al) 층을 갖는 금속층을 구비한 파워 모듈용 기판이 개시되어 있다. 그리고, 파워 모듈용 기판의 금속층과 Cu 로 구성된 방열판 (히트 싱크) 이 접합되어, 방열판이 형성된 (히트 싱크가 형성된) 파워 모듈용 기판으로 되어 있다.
- [0006] 또, 특허문헌 2 에는, 세라믹스 기판의 하면에 접합된 2N 알루미늄층으로 이루어지는 금속층을 구비한 파워 모듈용 기판이 개시되어 있다.
- [0007] 특허문헌 3 에는, 세라믹스 기판의 하면에 접합된 Cu 층으로 이루어지는 금속층을 구비한 파워 모듈용 기판이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 일본 특허공보 제4037425호
- (특허문헌 0002) 일본 특허공보 제4629016호
- (특허문헌 0003) 일본 공개특허공보 평4-162756호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 그런데, 특허문헌 1 및 특허문헌 2 에 나타내는 파워 모듈용 기판에 있어서는, 상기 서술한 바와 같이 금속층이 Al 로 구성되어 있다. 여기서, Al 은, 납땀성이 나쁘기 때문에, Al 로 구성된 금속층과 방열판을 땀납 접합할 때에는, 표면에 Ni 도금을 형성할 필요가 있어, 제조 비용의 증대를 초래하고 있었다. 또, Ni 도금을 실시하기 위한 파워 모듈의 제조 공정이 길어져, 생산성이 저하되는 것도 문제였다.
- [0010] 나아가서는, Al 은 변형 저항이 비교적 낮기 때문에, 파워 모듈에 냉열 사이클이 부하된 경우에, 파워 모듈용 기판과 방열판 사이에 발생하는 열응력에 의해 땀납에 크랙이 발생하여, 접합 신뢰성이 저하되거나 열저항이 상승하거나 하는 문제도 있었다.
- [0011] 한편, 특허문헌 3 에 나타내는 바와 같이 금속층이 Cu 로 구성되어 있는 경우, Cu 는, 납땀성이 좋기 때문에,

상기 서술한 Ni 도금이 불필요해진다. 또, Cu 는 비교적 변형 저항이 높기 때문에, 냉열 사이클이 부하되었을 때에, 금속층에 있어서의 주름의 발생을 억제하고, 파워 모듈용 기판과 방열판을 접합하는 뿔납에 크랙이 발생하는 것을 억제할 수 있다.

[0012] 그러나, Cu 는 상기와 같이 비교적 변형 저항이 높기 때문에, 냉열 사이클이 부하되었을 때에 세라믹스 기판과 금속층 사이에 발생하는 열응력에 의해 세라믹스 기판에 균열이 발생하는 경우가 있었다.

[0013] 특히, 최근에는, 파워 모듈의 소형화·박육화가 진행됨과 함께, 그 사용 환경이 엄격하고, 반도체 소자로부터의 발열량이 커지고 있기 때문에, 냉열 사이클의 조건이 엄격해지고 있고, 더욱 신뢰성이 높은 파워 모듈용 기판이 요구되고 있다.

[0014] 이 발명은 전술한 사정을 감안하여 이루어진 것으로서, 냉열 사이클 부하시에 있어서 금속층과 히트 싱크를 접합하는 뿔납에 크랙이 발생하는 것을 억제하고, 접합 신뢰성의 저하나 열저항의 상승을 억제하며, 또한 세라믹스 기판에 균열이 발생하는 것을 억제할 수 있는 파워 모듈용 기판, 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판, 및 히트 싱크가 형성된 파워 모듈을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0015] 전술한 과제를 해결하기 위해서, (1) 본 발명의 일 양태에 있어서의 파워 모듈용 기판은, 세라믹스 기판의 일방의 면 (제 1 면) 에 형성된 회로층과, 타방의 면 (제 2 면) 에 형성된 금속층을 구비한 파워 모듈용 기판으로서, 상기 금속층은, 상기 세라믹스 기판의 타방의 면에 접합된 제 1 알루미늄층과, 이 제 1 알루미늄층에 고상 확산 접합된 제 1 구리층을 갖고 있다.

[0016] 본 발명의 파워 모듈용 기판에 의하면, 세라믹스 기판의 제 2 면에 제 1 알루미늄층이 접합되고, 또한 제 1 알루미늄층에 제 1 구리층이 접합되어 있으므로, 파워 모듈용 기판에 히트 싱크를 접합할 때에는 제 1 구리층과 히트 싱크가 접합되게 되어, 금속층에 Ni 도금을 형성하지 않고 금속층과 히트 싱크를 양호하게 접합할 수 있다. 또, 파워 모듈용 기판과 히트 싱크를, 뿔납에 의해 접합한 경우에, 비교적 변형 저항이 높은 제 1 구리층과 히트 싱크를 접합하게 되므로, 냉열 사이클이 부하되었을 때에, 뿔납에 크랙이 발생하는 것을 억제하고, 접합 신뢰성의 저하나 열저항의 상승을 억제할 수 있다.

[0017] 또한, 세라믹스 기판의 제 2 면에 비교적 변형 저항이 작은 제 1 알루미늄층이 접합되어 있으므로, 냉열 사이클이 부하되어도 세라믹스 기판과 제 1 구리층 사이에 발생하는 열응력을 제 1 알루미늄층에서 흡수하여 세라믹스 기판에 균열이 발생하는 것을 억제할 수 있다.

[0018] 그리고, 제 1 알루미늄층과 제 1 구리층이 고상 확산 접합에 의해 접합되어 있으므로, 제 1 알루미늄층과 제 1 구리층의 접합 신뢰성을 향상시키는 것이 가능하다. 또, 냉열 사이클이 부하된 경우에, 제 1 알루미늄층과 제 1 구리층 사이에 박리가 발생하는 것이 억제되어, 금속층의 열전도성을 유지할 수 있다.

[0019] (2) 본 발명의 다른 양태에 있어서의 파워 모듈용 기판은, (1) 에 기재된 파워 모듈용 기판으로서, 상기 회로층은, 상기 세라믹스 기판의 일방의 면 (제 1 면) 에 접합된 제 2 알루미늄층과, 이 제 2 알루미늄층에 고상 확산 접합된 제 2 구리층을 갖고 있다.

[0020] 이 구성에서는, 회로층이 제 2 구리층을 갖고 있고, 이 제 2 구리층 상에 반도체 소자가 탑재된 경우에는, 반도체 소자로부터 발생하는 열을 파워 모듈용 기판측에 전달할 때에, 회로층의 제 2 구리층에서 면방향으로 확산시켜 효율적으로 방산할 수 있다.

[0021] 또한, 세라믹스 기판의 제 1 면에, 비교적 변형 저항이 작은 제 2 알루미늄층이 형성되어 있고, 냉열 사이클이 부하된 경우에 세라믹스 기판과 회로층의 열팽창 계수의 차에서 기인하여 발생하는 열응력을 제 2 알루미늄층이 흡수하므로, 세라믹스 기판에 균열이 발생하는 것을 억제할 수 있다. 또, 제 2 알루미늄층의 일방측에는, 비교적 변형 저항이 큰 제 2 구리층이 형성되어 있으므로, 파워 사이클이 부하된 경우에 회로층의 변형을 억제할 수 있다.

[0022] 또, 제 2 알루미늄층과 제 2 구리층은, 고상 확산 접합에 의해 접합되어 있으므로, 냉열 사이클이 부하된 경우에, 제 2 알루미늄층과 제 2 구리층 사이에 박리가 발생하는 것이 억제되어, 회로층의 열전도성 및 도전성을 유지할 수 있다.

[0023] 또한, 여기서, 제 2 알루미늄층의 일방측이란, 세라믹스 기판과 접합되어 있지 않은 면측인 것이다.

[0024] (3) 본 발명의 다른 양태에 있어서의 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판은, (1) 또는 (2) 에 기재된 파워 모

돌용 기관과 히트 싱크를 갖고, 상기 제 1 구리층과 상기 히트 싱크가 접합되어 있다.

[0025] 본 발명의 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기관에 의하면, 파워 모듈용 기관의 제 1 구리층이 히트 싱크에 접합되므로, 금속층에 Ni 도금을 형성하지 않고 금속층과 히트 싱크를 뿔납에 의해 접합할 수 있다. 또, 금속층과 히트 싱크를 뿔납에 의해 접합하면, 비교적 변형 저항이 높은 제 1 구리층과 히트 싱크를 접합하게 되므로, 냉열 사이클 부하시에 있어서, 뿔납에 크랙이 발생하는 것을 억제하고, 접합 신뢰성의 저하나 열저항의 상승을 억제할 수 있다. 또한, 세라믹스 기관의 제 2 면에 비교적 변형 저항이 작은 제 1 알루미늄층이 접합되어 있으므로, 냉열 사이클이 부하되었을 때에 열응력을 제 1 알루미늄층에서 흡수할 수 있고, 세라믹스 기관에 균열이 발생하는 것을 억제할 수 있다.

[0026] (4) 본 발명의 다른 양태에 있어서의 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기관은, (3) 에 기재된 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기관으로서, 상기 히트 싱크가 Cu 또는 Cu 합금으로 구성되고, 상기 파워 모듈용 기관과 상기 히트 싱크가 뿔납에 의해 접합되어 있다.

[0027] 이 경우, 금속층의 제 1 구리층과 Cu 또는 Cu 합금으로 구성된 히트 싱크를 뿔납에 의해 양호하게 접합할 수 있다. 또, 히트 싱크가 열전도성이 양호한 Cu 또는 Cu 합금으로 구성되어 있으므로, 파워 모듈용 기관으로부터의 열을 히트 싱크층에 효율적으로 방산할 수 있다.

[0028] (5) 본 발명의 다른 양태에 있어서의 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기관은, (3) 에 기재된 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기관으로서, 상기 히트 싱크는, Ni 도금이 형성된 Al 또는 Al 합금으로 구성되고, 상기 파워 모듈용 기관과 상기 히트 싱크가 뿔납에 의해 접합되어 있다.

[0029] Al 또는 Al 합금으로 구성된 히트 싱크에 Ni 도금이 형성되어 있는 경우에는, 상기 서술한 파워 모듈용 기관과 히트 싱크를 양호하게 뿔납 접합할 수 있다.

[0030] 본 발명의 다른 양태에 있어서의 히트 싱크가 형성된 파워 모듈은, (3) 내지 (5) 중 어느 한 항에 기재된 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기관과, 상기 회로층의 일방의 면 (제 1 면) 에 접합된 반도체 소자를 구비한다.

[0031] 이 경우, 상기 서술한 파워 모듈용 기관을 구비하고 있으므로, 냉열 사이클이 부하되어도, 금속층과 히트 싱크를 접합하는 뿔납에 크랙이 발생하는 것을 억제하고, 접합 신뢰성의 저하나 열저항의 상승을 억제할 수 있으며, 또한 세라믹스 기관에 균열이 발생하는 것을 억제할 수 있다.

발명의 효과

[0032] 본 발명에 의하면, 냉열 사이클 부하시에 있어서 금속층과 히트 싱크를 접합하는 뿔납에 크랙이 발생하는 것을 억제하고, 접합 신뢰성의 저하나 열저항의 상승을 억제하며, 또한 세라믹스 기관에 균열이 발생하는 것을 억제할 수 있는 파워 모듈용 기관, 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기관, 및 히트 싱크가 형성된 파워 모듈을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1 은 본 발명의 실시형태에 관련된 히트 싱크가 형성된 파워 모듈, 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기관, 파워 모듈용 기관의 개략 설명도이다.

도 2 는 금속층에 있어서의 제 1 알루미늄층과 제 1 구리층의 접합 계면의 확대 설명도이다.

도 3 은 회로층에 있어서의 제 2 알루미늄층과 제 2 구리층의 접합 계면의 확대 설명도이다.

도 4 는 본 발명의 실시형태에 관련된 파워 모듈용 기관의 제조 방법의 개략 설명도이다.

도 5 는 본 발명의 실시형태에 관련된 파워 모듈의 제조 방법의 개략 설명도이다.

도 6 은 본 발명의 실시형태에 관련된 파워 모듈의 제조 방법을 나타내는 플로도이다.

도 7 은 본 발명의 다른 실시형태에 관련된 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기관, 및 파워 모듈용 기관의 개략 설명도이다.

도 8 은 본 발명의 다른 실시형태에 관련된 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기관에 있어서의 제 1 알루미늄층과 제 1 구리층의 접합 계면의 개략 설명도이다.

도 9 는 본 발명의 다른 실시형태에 관련된 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기관에 있어서의 제 2 알루미늄층

과 제 2 구리층의 접합 계면의 개략 설명도이다.

도 10 은 도 8 에 있어서의 금속간 화합물층과 제 1 구리층의 계면의 확대 설명도이다.

도 11 은 도 9 에 있어서의 금속간 화합물층과 제 2 구리층의 계면의 확대 설명도이다.

도 12 는 Cu 와 Al 의 2 원 상태도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 이하에, 본 발명의 실시형태에 대하여, 첨부한 도면을 참조하여 설명한다.
- [0035] 도 1 에, 본 발명의 실시형태인 히트 싱크가 형성된 파워 모듈 (1), 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판 (30), 파워 모듈용 기판 (10) 을 나타낸다.
- [0036] 히트 싱크가 형성된 파워 모듈 (1) 은, 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판 (30) 과, 이 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판 (30) 의 일방측 (도 1 에 있어서 상측) 에 뿔납층 (2) 을 개재하여 접합된 반도체 소자 (3) 를 구비하고 있다.
- [0037] 뿔납층 (2) 은, 예를 들어 Sn-Ag 계, Sn-Cu 계, Sn-In 계, 혹은 Sn-Ag-Cu 계 등의 뿔납재 (이른바 납프리 뿔납재) 로 되어 있고, 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판 (30) 과 반도체 소자 (3) 를 접합하는 것이다.
- [0038] 반도체 소자 (3) 는, 반도체를 구비한 전자 부품이고, 필요로 되는 기능에 따라 여러 가지 반도체 소자가 선택된다. 본 실시형태에서는, IGBT 소자로 되어 있다.
- [0039] 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판 (30) 은, 파워 모듈용 기판 (10) 과, 이 파워 모듈용 기판 (10) 의 타방측 (도 1 에 있어서 하측) 에 접합된 히트 싱크 (40) 를 구비하고 있다.
- [0040] 파워 모듈용 기판 (10) 은, 도 1 에 나타내는 바와 같이, 세라믹스 기판 (11) 과, 이 세라믹스 기판 (11) 의 일방의 면 (제 1 면이고, 도 1 에 있어서 상면) 에 형성된 회로층 (12) 과, 세라믹스 기판 (11) 의 타방의 면 (제 2 면이고, 도 1 에 있어서 하면) 에 형성된 금속층 (13) 을 구비하고 있다.
- [0041] 세라믹스 기판 (11) 은, 회로층 (12) 과 금속층 (13) 사이의 전기적 접속을 방지하는 것으로, 절연성이 높은 AlN (질화알루미늄) 으로 구성되어 있다. 또, 세라믹스 기판 (11) 의 두께는, 0.2 ~ 1.5 mm 의 범위 내로 설정되어 있고, 본 실시형태에서는, 0.635 mm 로 설정되어 있다.
- [0042] 금속층 (13) 은, 도 1 에 나타내는 바와 같이, 세라믹스 기판 (11) 의 제 2 면에 접합된 제 1 알루미늄층 (13A) 과, 이 제 1 알루미늄층 (13A) 의 타방측 (도 1 에 있어서 하측) 에 적층된 제 1 구리층 (13B) 을 갖고 있다.
- [0043] 제 1 알루미늄층 (13A) 은, 알루미늄판이 세라믹스 기판 (11) 의 제 2 면에 접합됨으로써 형성되어 있다. 본 실시형태에 있어서는, 제 1 알루미늄층 (13A) 은, 순도가 99.99 % 이상의 알루미늄 (이른바 4N 알루미늄) 의 압연판으로 이루어지는 알루미늄판이 세라믹스 기판 (11) 에 접합됨으로써 형성되어 있다. 여기서, 접합되는 알루미늄판의 두께는 0.2 mm 이상 3.0 mm 이하로 설정되어 있는 것이 바람직하다.
- [0044] 제 1 구리층 (13B) 은, 제 1 알루미늄층 (13A) 의 타방측 (도 1 에 있어서 하측) 에 접합됨으로써 형성되어 있다. 본 실시형태에 있어서는, 제 1 구리층 (13B) 은, 무산소동의 압연판으로 이루어지는 구리판이 제 1 알루미늄층 (13A) 에 고상 확산 접합됨으로써 형성되어 있다. 여기서, 접합되는 구리판의 두께는, 0.1 mm 이상 4.0 mm 이하로 설정되어 있는 것이 바람직하다.
- [0045] 그리고, 이들 제 1 알루미늄층 (13A) 과 제 1 구리층 (13B) 의 계면에는, 도 2 에 나타내는 바와 같이, 금속간 화합물층 (13C) 이 형성되어 있다.
- [0046] 금속간 화합물층 (13C) 은, 제 1 알루미늄층 (13A) 의 Al 원자와 제 1 구리층 (13B) 의 Cu 원자가 상호 확산됨으로써 형성되는 것이다. 이 금속간 화합물층 (13C) 에 있어서는, 제 1 알루미늄층 (13A) 으로부터 제 1 구리층 (13B) 을 향함에 따라, 점차 Al 원자의 농도가 낮아지고, 또한 Cu 원자의 농도가 높아지는 농도 구배를 갖고 있다.
- [0047] 금속간 화합물층 (13C) 은, Cu 와 Al 로 이루어지는 금속간 화합물로 구성되어 있고, 본 실시형태에서는, 복수의 금속간 화합물이 접합 계면을 따라 적층된 구조로 되어 있다. 여기서, 금속간 화합물층 (13C) 의 두께 (ta) 는, 1 μm 이상 80 μm 이하의 범위 내, 바람직하게는 5 μm 이상 80 μm 이하의 범위 내로 설정되어 있다.

- [0048] 본 실시형태에서는, 도 2 에 나타내는 바와 같이, 3 종의 금속간 화합물이 적층된 구조로 되어 있고, 제 1 알루미늄층 (13A) 측으로부터 제 1 구리층 (13B) 측을 향하여 순서대로, Θ 상 (16a), η 2 상 (17a), ζ 2 상 (18a) 으로 되어 있다.
- [0049] 또, 이 금속간 화합물층 (13C) 과 제 1 구리층 (13B) 의 접합 계면에는, 산화물 (19a) 이 접합 계면을 따라 층상으로 분산되어 있다. 또한, 본 실시형태에 있어서는, 이 산화물 (19a) 은, 알루미나 (Al_2O_3) 등의 알루미늄 산화물로 되어 있다. 또한, 산화물 (19a) 은, 금속간 화합물층 (13C) 과 제 1 구리층 (13B) 의 계면에 분단된 상태로 분산되어 있고, 금속간 화합물층 (13C) 과 제 1 구리층 (13B) 이 직접 접촉되어 있는 영역도 존재하고 있다.
- [0050] 또한, 본 실시형태에서는, 제 1 구리층 (13B) 의 평균 결정립 직경이 $50 \mu m$ 이상 $200 \mu m$ 이하의 범위 내로 되고, 제 1 알루미늄층 (13A) 의 평균 결정립 직경이 $500 \mu m$ 이상으로 되어 있다.
- [0051] 회로층 (12) 은, 도 1 에 나타내는 바와 같이, 세라믹스 기판 (11) 의 제 1 면에 접합된 제 2 알루미늄층 (12A) 과, 이 제 2 알루미늄층 (12A) 의 일방측 (도 1 에 있어서 상측) 에 적층된 제 2 구리층 (12B) 을 갖고 있다.
- [0052] 제 2 알루미늄층 (12A) 은, 알루미늄판이 세라믹스 기판 (11) 의 제 1 면에 접합됨으로써 형성되어 있다. 본 실시형태에 있어서는, 제 2 알루미늄층 (12A) 은, 순도가 99.99 % 이상의 알루미늄 (이른바 4N 알루미늄) 의 압연판으로 이루어지는 알루미늄판이 세라믹스 기판 (11) 에 접합됨으로써 형성되어 있다.
- [0053] 여기서, 접합되는 알루미늄판의 두께는 0.2 mm 이상 3.0 mm 이하로 설정되어 있는 것이 바람직하다.
- [0054] 제 2 구리층 (12B) 은, 제 2 알루미늄층 (12A) 의 일방측 (도 1 에 있어서 상측) 에 접합됨으로써 형성되어 있다. 본 실시형태에 있어서는, 제 2 구리층 (12B) 은, 무산소동의 압연판으로 이루어지는 구리판이 제 2 알루미늄층 (12A) 에 고상 확산 접합됨으로써 형성되어 있다. 여기서, 접합되는 구리판의 두께는, 0.1 mm 이상 4.0 mm 이하로 설정되어 있는 것이 바람직하다.
- [0055] 그리고, 이들 제 2 알루미늄층 (12A) 과 제 2 구리층 (12B) 의 계면에는, 도 3 에 나타내는 바와 같이, 금속간 화합물층 (12C) 이 형성되어 있다.
- [0056] 금속간 화합물층 (12C) 은, 제 2 알루미늄층 (12A) 의 Al 원자와 제 2 구리층 (12B) 의 Cu 원자가 상호 확산됨으로써 형성되는 것이다. 이 금속간 화합물층 (12C) 에 있어서는, 제 2 알루미늄층 (12A) 으로부터 제 2 구리층 (12B) 을 향함에 따라, 점차 Al 원자의 농도가 낮아지고, 또한 구리 원자의 농도가 높아지는 농도 구배를 갖고 있다.
- [0057] 이 금속간 화합물층 (12C) 은, Cu 와 Al 로 이루어지는 금속간 화합물로 구성되어 있고, 본 실시형태에서는, 복수의 금속간 화합물이 접합 계면을 따라 적층된 구조로 되어 있다. 여기서, 이 금속간 화합물층 (12C) 의 두께 (tb) 는, $1 \mu m$ 이상 $80 \mu m$ 이하의 범위 내, 바람직하게는 $5 \mu m$ 이상 $80 \mu m$ 이하의 범위 내로 설정되어 있다.
- [0058] 본 실시형태에서는, 도 3 에 나타내는 바와 같이, 3 종의 금속간 화합물이 적층된 구조로 되어 있고, 제 2 알루미늄층 (12A) 측으로부터 제 2 구리층 (12B) 측을 향하여 순서대로, Θ 상 (16b), η 2 상 (17b), ζ 2 상 (18b) 으로 되어 있다 (도 12).
- [0059] 또, 이 금속간 화합물층 (12C) 과 제 2 구리층 (12B) 의 접합 계면에는, 산화물 (19b) 이 접합 계면을 따라 층상으로 분산되어 있다. 또한, 본 실시형태에 있어서는, 이 산화물 (19b) 은, 알루미나 (Al_2O_3) 등의 알루미늄 산화물로 되어 있다. 또한, 산화물 (19b) 은, 금속간 화합물층 (12C) 과 제 2 구리층 (12B) 의 계면에 분단된 상태로 분산되어 있고, 금속간 화합물층 (12C) 과 제 2 구리층 (12B) 이 직접 접촉하고 있는 영역도 존재하고 있다.
- [0060] 또한, 본 실시형태에서는, 제 2 구리층 (12B) 의 평균 결정립 직경이 $50 \mu m$ 이상 $200 \mu m$ 이하의 범위 내로 되고, 제 2 알루미늄층 (12A) 의 평균 결정립 직경이 $500 \mu m$ 이상으로 되어 있다.
- [0061] 히트 싱크 (40) 는, 파워 모듈용 기판 (10) 측의 열을 방산하기 위한 것이다. 본 실시형태에서는, 히트 싱크 (40) 는, 파워 모듈용 기판 (10) 이 접합되는 방열판 (31) 과 냉각 매체 (예를 들어 냉각수) 를 유통하기 위한 유로 (42) 가 형성된 냉각부 (41) 로 이루어지고, 방열판 (31) 과 냉각부 (41) 가 그리스 (43) 를 개재하여 나사 (44) 에 의해 고정되어 있다. 히트 싱크 (40) 는, 열전도성이 양호한 재료로 구성되는 것이 바람직하고, 본 실시형태에 있어서는, 방열판 (31) 은 무산소동으로 구성되어 있고, 냉각부 (41) 는 Al 합금으로 구성되

어 있다. 그리고, 히트 싱크 (40) 의 방열판 (31) 과 제 1 구리층 (13B) 이, 뿔납층 (32) 에 의해 접합되어 있고, 뿔납층 (32) 은 예를 들어 Sn-Sb 계, Sn-Ag 계, Sn-Cu 계, Sn-In 계, 혹은 Sn-Ag-Cu 계의 뿔납재 (이른바 납프리 뿔납재) 로 되어 있다.

[0062] 다음으로, 본 실시형태인 히트 싱크가 형성된 파워 모듈 (1), 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기관 (30), 파워 모듈용 기관 (10) 의 제조 방법에 대하여, 도 4 내지 도 6 을 사용하여 설명한다.

[0063] 먼저, 도 4 에 나타내는 바와 같이, 세라믹스 기관 (11) 의 제 1 면, 제 2 면에, Al-Si 계의 납재 (蠟材) (도시 없음) 를 개재하여 알루미늄판 (22A), 알루미늄판 (23A) 을 적층한다. 그리고, 가압·가열 후 냉각시킴으로써, 세라믹스 기관 (11) 과 알루미늄판 (22A), 알루미늄판 (23A) 을 접합하고, 세라믹스 기관 (11) 에 제 2 알루미늄층 (12A) 및 제 1 알루미늄층 (13A) 을 형성한다 (알루미늄층 형성 공정 S11). 또한, 이 납땀의 온도는 640 °C ~ 650 °C 로 설정되어 있다.

[0064] 다음으로, 제 2 알루미늄층 (12A) 의 일방측 (상측) 에 구리판 (22B) 을 배치하고, 제 1 알루미늄층 (13A) 의 타방측 (하측) 에 구리판 (23B) 을 배치한다. 그리고, 이들을 진공 가열로 (50) 중에 배치하고, 구리판 (22B) 의 일방측 (상측) 및 구리판 (23B) 의 타방측 (하측) 으로부터 하중을 부하하고, 진공 가열로 (50) 의 내부를 진공으로 하여 가열 처리를 실시한다. 본 실시형태에 있어서는, 제 2 알루미늄층 (12A) 및 구리판 (22B), 제 1 알루미늄층 (13A) 및 구리판 (23B) 의 접촉면에 부하되는 하중은 3 kgf/cm² 이상 35 kgf/cm² 이하로 되어 있다. 그리고, 진공 가열의 가열 온도를 400 °C 이상 548 °C 미만으로 하고, 5 분 이상 240 분 이하 유지하여 고상 확산 접합을 실시하고, 제 1 알루미늄층 (13A) 에 구리판 (23B) 을 접합하여 제 1 구리층 (13B) 을 형성함과 동시에, 제 2 알루미늄층 (12A) 에 구리판 (22B) 을 접합하여, 제 2 구리층 (12B) 을 형성한다 (구리층 형성 공정 S12). 본 실시형태에 있어서는, 제 2 알루미늄층 (12A) 과 구리판 (22B), 제 1 알루미늄층 (13A) 과 구리판 (23B) 이 접합되는 각각의 면은, 미리 당해 면의 흠집이 제거되어 평활하게 된 후에 고상 확산 접합되어 있다.

[0065] 또한, 진공 가열의 바람직한 가열 온도는, Al 과 Cu 의 공정 (共晶) 온도 -5 °C 이상, 공정 온도 미만의 범위로 되어 있다.

[0066] 이렇게 하여, 회로층 (12) 과 금속층 (13) 이 형성되고, 본 실시형태에 관련된 파워 모듈용 기관 (10) 이 얻어진다.

[0067] 다음으로, 도 5 에 나타내는 바와 같이, 파워 모듈용 기관 (10) 의 타방측 (도 5 에 있어서 하측) 에, 뿔납에 의해 히트 싱크 (40) (방열판 (31)) 를 접합한다 (히트 싱크 (방열판) 접합 공정 S13).

[0068] 이어서, 히트 싱크 (40) (방열판 (31)) 의 타방측에 (도 5 에 있어서 하측), 그리스 (43) 를 개재하여 히트 싱크 (40) (냉각부 (41)) 를 배치 형성한다 (히트 싱크 (냉각부) 배치 형성 공정 S14). 본 실시형태에 있어서는, 나사 (44) 에 의해 방열판 (31) 과 냉각부 (41) 를 접합하고 있다. 이렇게 하여, 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기관 (30) 이 얻어진다.

[0069] 마지막으로, 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기관 (30) 의 회로층 (12) 의 일방의 면 (도 5 에 있어서 상면) 에, 뿔납에 의해 반도체 소자 (3) 를 접합한다 (반도체 소자 접합 공정 S15).

[0070] 이상과 같이 하여, 본 실시형태에 관련된 히트 싱크가 형성된 파워 모듈 (1) 이 얻어진다.

[0071] 이상과 같은 구성으로 된 본 실시형태인 히트 싱크가 형성된 파워 모듈 (1), 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기관 (30), 파워 모듈용 기관 (10) 에 의하면, 세라믹스 기관 (11) 의 제 2 면 (하면) 에 제 1 알루미늄층 (13A) 이 접합되고, 이 제 1 알루미늄층 (13A) 에 제 1 구리층 (13B) 이 접합되고, 또한 제 1 구리층 (13B) 과 히트 싱크 (40) 를 접합하고 있으므로, 금속층 (13) 에 Ni 도금을 형성하지 않고 금속층 (13) 과 히트 싱크 (40) 를 양호하게 접합할 수 있다. 또, 비교적 변형 저항이 높은 제 1 구리층 (13B) 과 방열판 (31) 을 접합하고 있으므로, 냉열 사이클이 부하되었을 때에, 뿔납층 (32) 에 크랙이 발생하는 것을 억제하고, 접합 신뢰성의 저하나 열저항의 상승을 억제하는 것이 가능해진다.

[0072] 또, 냉열 사이클이 부하된 경우에, 세라믹스 기관 (11) 과 금속층 (13) 사이에 열응력이 발생하지만, 세라믹스 기관 (11) 의 제 2 면에 비교적 변형 저항이 작은 제 1 알루미늄층 (13A) 이 접합되어 있으므로, 열응력을 제 1 알루미늄층 (13A) 에서 흡수할 수 있어, 세라믹스 기관 (11) 에 균열이 발생하는 것을 억제할 수 있다.

[0073] 그리고, 금속층 (13) 의 제 1 알루미늄층 (13A) 과 제 1 구리층 (13B) 이, 고상 확산 접합에 의해 접합되어 있으므로, 제 1 알루미늄층 (13A) 과 제 1 구리층 (13B) 의 접합 신뢰성을 향상시키는 것이 가능하고, 냉열 사이

클이 부하된 경우에, 제 1 알루미늄층 (13A) 과 제 1 구리층 (13B) 사이에 박리가 발생하는 것이 억제되어, 금속층 (13) 의 열전도성을 유지할 수 있다.

[0074] 또한, 회로층 (12) 이 제 2 구리층 (12B) 을 갖고 있고, 이 제 2 구리층 (12B) 상에 반도체 소자 (3) 가 탑재되어 있으므로, 반도체 소자 (3) 로부터 발생하는 열을 파워 모듈용 기판 (10) 측에 전달할 때에, 제 2 구리층 (12B) 에서 면방향으로 확산되어 효율적으로 방산할 수 있다.

[0075] 또, 세라믹스 기판 (11) 의 제 1 면 (상면) 에, 비교적 변형 저항이 작은 제 2 알루미늄층 (12A) 이 형성되어 있으므로, 냉열 사이클이 부하된 경우에 세라믹스 기판 (11) 과 회로층 (12) 의 열팽창 계수의 차에서 기인하여 발생하는 열응력을 제 2 알루미늄층 (12A) 이 흡수하여, 세라믹스 기판 (11) 에 균열이 발생하는 것을 억제할 수 있다.

[0076] 또, 제 2 알루미늄층 (12A) 의 일방측에는, 비교적 변형 저항이 큰 제 2 구리층 (12B) 이 형성되어 있으므로, 파워 사이클이 부하된 경우에, 회로층 (12) 의 변형을 억제할 수 있고, 회로층 (12) 과 반도체 소자 (3) 를 접합하는 땀납에 크랙이 발생하는 것을 억제할 수 있다.

[0077] 또, 제 2 알루미늄층 (12A) 과 제 2 구리층 (12B) 이, 고상 확산 접합에 의해 접합되어 있으므로, 제 2 알루미늄층 (12A) 과 제 2 구리층 (12B) 의 접합 신뢰성을 향상시키는 것이 가능하고, 냉열 사이클이 부하된 경우에, 제 2 알루미늄층 (12A) 과 제 2 구리층 (12B) 사이에 박리가 발생하는 것이 억제되어, 회로층 (12) 의 열전도성 및 도전성을 유지할 수 있다.

[0078] 또, 본 실시형태에서는, 제 1 알루미늄층 (13A) 과 제 1 구리층 (13B) 사이, 및 제 2 알루미늄층 (12A) 과 제 2 구리층 (12B) 사이에는, Cu 와 Al 의 금속간 화합물층으로 이루어지는 금속간 화합물층 (13C, 12C) 이 형성되어 있다. 따라서, 제 1 알루미늄층 (13A) 및 제 2 알루미늄층 (12A) 중의 Al 이 제 1 구리층 (13B) 및 제 2 구리층 (12B) 측으로, 제 1 구리층 (13B) 및 제 2 구리층 (12B) 중의 Cu 가 제 1 알루미늄층 (13A) 및 제 2 알루미늄층 (12A) 측으로 각각 충분히 상호 확산되고, 제 1 알루미늄층 (13A) 과 제 1 구리층 (13B), 제 2 알루미늄층 (12A) 과 제 2 구리층 (12B) 이, 확실하게 고상 확산 접합되어 있어, 충분한 접합 강도를 확보할 수 있다.

[0079] 또, 제 1 구리층 (13B) 과 금속간 화합물층 (13C) 의 접합 계면, 및 제 2 구리층 (12B) 과 금속간 화합물층 (12C) 의 접합 계면에, 산화물 (19a, 19b) 이 이들 접합 계면을 따라 각각 층상으로 분산되어 있으므로, 제 1 알루미늄층 (13A), 제 2 알루미늄층 (12A) 에 형성된 산화막이 확실하게 파괴되고, Cu 와 Al 의 상호 확산이 충분히 진행하고 있는 것이 되어, 제 1 알루미늄층 (13A) 및 제 1 구리층 (13B), 제 2 알루미늄층 (12A) 및 제 2 구리층 (12B) 이 확실하게 접합되어 있다.

[0080] 또, 본 실시형태에서는, 금속간 화합물층 (12C, 13C) 은, 복수의 금속간 화합물이 접합 계면을 따라 적층된 구조로 되어 있으므로, 무른 금속간 화합물이 크게 성장하는 것을 억제할 수 있다.

[0081] 또, 제 1 구리층 (13B), 제 2 구리층 (12B) 중의 Cu 와 제 1 알루미늄층 (13A), 제 2 알루미늄층 (12A) 중의 Al 이 각각 상호 확산됨으로써, 제 1 구리층 (13B), 제 2 구리층 (12B) 측으로부터 제 1 알루미늄층 (13A), 제 2 알루미늄층 (12A) 측을 향하여 각각의 조성에 적합한 금속간 화합물이 층상으로 형성되어 있는 점에서, 접합 계면의 특성을 안정시킬 수 있다.

[0082] 구체적으로는, 금속간 화합물층 (13C, 12C) 은, 제 1 알루미늄층 (13A), 제 2 알루미늄층 (12A) 측으로부터 제 1 구리층 (13B), 제 2 구리층 (12B) 측을 향하여 순서대로, θ 상 (16a, 16b), η 2 상 (17a, 17b), ζ 2 상 (18a, 18b) 의 3 종의 금속간 화합물이 각각 적층되어 있으므로, 금속간 화합물층 (13C, 12C) 내부에 있어서의 체적 변동이 작아져, 내부 변형이 억제되게 된다.

[0083] 즉, 고상 확산되지 않은 경우, 예를 들어 액상이 형성된 경우에는, 금속간 화합물이 필요 이상으로 발생하고, 금속간 화합물층은 그 체적의 변동이 커져, 금속간 화합물층에 내부 변형이 발생한다. 그러나, 고상 확산된 경우에는, 무른 금속간 화합물층이 크게 성장하지 않고, 금속간 화합물이 층상으로 형성되기 때문에, 그 내부 변형이 억제된다.

[0084] 또한, 본 실시형태에 있어서는, 제 1 알루미늄층 (13A), 제 2 알루미늄층 (12A) 의 평균 결정립 직경이 500 μm 이상으로 되고, 제 1 구리층 (13B), 제 2 구리층 (12B) 의 평균 결정립 직경이 50 μm 이상 200 μm 이하의 범위 내로 되어 있고, 제 1 알루미늄층 (13A) 및 제 1 구리층 (13B), 제 2 알루미늄층 (12A) 및 제 2 구리층 (12B) 의 평균 결정립 직경이 비교적 크게 설정되어 있다. 따라서, 제 1 알루미늄층 (13A) 및 제 1 구리층 (13B), 제 2 알루미늄층 (12A) 및 제 2 구리층 (12B) 에 과잉인 변형 등이 축적되지 않아, 피로 특성이 향상되게 된다.

따라서, 냉열 사이클 부하에 있어서, 파워 모듈용 기판 (10) 에 발생하는 열응력에 대한 신뢰성이 향상된다.

- [0085] 또한, 본 실시형태에 있어서는, 금속간 화합물층 (12C, 13C) 의 두께 (ta, tb) 가 1 μm 이상 80 μm 이하, 바람직하게는 5 μm 이상 80 μm 이하의 범위 내로 되어 있으므로, Cu 와 Al 의 상호 확산이 충분히 진행되어 있고, 제 1 알루미늄층 (13A) 및 제 1 구리층 (13B), 제 2 알루미늄층 (12A) 및 제 2 구리층 (12B) 을 강고하게 접합할 수 있음과 함께, 무른 금속간 화합물이 필요 이상으로 성장되는 것이 억제되어 있어, 접합 계면의 특성이 안정되게 된다.
- [0086] 여기서, 알루미늄판 (22A, 23A) 의 바람직한 두께는 0.2 mm 이상 3.0 mm 이하로 되어 있다. 알루미늄판 (22A, 23A) 의 두께를 0.2 mm 이상으로 함으로써, 냉열 사이클에 있어서 세라믹스 기판 (11) 에 발생하는 열응력을 저감시킬 수 있어, 세라믹스 기판 (11) 에 크랙이 발생하는 것을 억제할 수 있다. 또, 알루미늄판 (22A, 23A) 의 두께를 3.0 mm 이하로 함으로써, 파워 사이클에 있어서의 초기의 열저항을 저감시킬 수 있다.
- [0087] 또, 구리판 (22B) 의 바람직한 두께는 0.1 mm 이상 4.0 mm 이하로 되어 있다. 구리판 (22B) 을 0.1 mm 이상으로 함으로써, 반도체 소자 (3) 로부터의 열을 제 2 구리층 (12B) 으로 확산시켜 보다 효율적으로 열을 전달하고, 파워 사이클 부하시의 초기의 열저항을 저감시킬 수 있으므로, 파워 사이클에 대한 신뢰성을 보다 높게 하는 것이 가능하다. 또, 구리판 (22B) 을 4.0 mm 이하로 함으로써, 회로층 (12) 의 강성을 저감시켜, 냉열 사이클 부하시에 있어서 세라믹스 기판 (11) 에 균열이 발생하는 것을 억제할 수 있다.
- [0088] 또한, 구리판 (23B) 의 바람직한 두께는 0.1 mm 이상 4.0 mm 이하로 되어 있다. 구리판 (23B) 을 0.1 mm 이상으로 함으로써, 구리판 (23B) 이 충분한 강성을 갖고, 냉열 사이클에 있어서 뿔납층 (32) 의 변형을 억제할 수 있다. 또, 구리판 (23B) 을 4.0 mm 이하로 함으로써, 금속층 (13) 의 강성을 저감시키고, 냉열 사이클 부하시에 있어서 세라믹스 기판 (11) 에 균열이 발생하는 것을 억제할 수 있다.
- [0089] 상기 서술한 바와 같은 파워 모듈용 기판 (10), 및 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판 (30) 을 사용한 히트 싱크가 형성된 파워 모듈 (1) 에 있어서는, 반도체 소자 (3) 로부터 발생하는 열을 효율적으로 방산할 수 있다. 그리고, 반도체 소자 (3) 의 온도 상승을 억제하여, 소정의 온도에서 반도체 소자 (3) 를 동작시킬 수 있어, 동작의 안정성을 향상시키는 것이 가능해진다.
- [0090] 또, 본 실시형태에 있어서는, 제 1 알루미늄층 (13A) 및 제 1 구리층 (13B), 제 2 알루미늄층 (12A) 및 제 2 구리층 (12B) 이, 고상 확산 접합에 의해 접합되어 있으므로, 세라믹스 기판 (11) 의 제 1 면측에 형성된 제 2 알루미늄층 (12A) 과 제 2 구리층 (12B) 을 갖는 회로층 (12) 과, 세라믹스 기판 (11) 의 제 2 면측에 형성된 제 1 알루미늄층 (13A) 과 제 1 구리층 (13B) 을 갖는 금속층 (13) 을 구비한 파워 모듈용 기판 (10) 을 얻을 수 있다.
- [0091] 또, 고상 확산 접합은, 세라믹스 기판 (11) 의 제 1 면 및 제 2 면에, 제 2 알루미늄층 (12A) 및 제 1 알루미늄층 (13A) 을 형성하고, 제 2 알루미늄층 (12A) 의 일방측에 구리판 (22B) 을 배치하고, 제 1 알루미늄층 (13A) 의 타방측에 구리판 (23B) 을 배치한 후에, 제 2 알루미늄층 (12A) 과 구리판 (22B), 제 1 알루미늄층 (13A) 과 구리판 (23B) 에 대하여, 3 kgf/cm² 이상 35 kgf/cm² 이하의 하중이 부하된 상태에서, 400 °C 이상 548 °C 미만으로 유지하는 구성으로 되어 있다. 이와 같은 구성으로 함으로써, 제 2 알루미늄층 (12A) 및 구리판 (22B), 제 1 알루미늄층 (13A) 및 구리판 (23B) 이 충분히 밀착된 상태에서, Al 원자와 Cu 원자를 서로 확산시켜, 제 2 알루미늄층 (12A) 및 구리판 (22B), 제 1 알루미늄층 (13A) 및 구리판 (23B) 을 고상 확산 접합하고, 제 2 알루미늄층 (12A) 의 일방측에 제 2 구리층 (12B) 을 형성하고, 제 1 알루미늄층 (13A) 의 타방측에 제 1 구리층 (13B) 을 형성할 수 있다.
- [0092] 고상 확산 접합할 때에 제 1 알루미늄층 (13A) 및 제 1 구리층 (13B), 제 2 알루미늄층 (12A) 및 제 2 구리층 (12B) 에 대해 부하되는 하중이 3 kgf/cm² 이상인 경우에는, 양호하게 고상 확산 접합할 수 있어, 제 1 알루미늄층 (13A) 및 제 1 구리층 (13B), 제 2 알루미늄층 (12A) 및 제 2 구리층 (12B) 사이에 간극이 발생하는 것을 억제할 수 있다. 또, 35 kgf/cm² 이하인 경우에는, 세라믹스 기판 (11) 에 균열이 발생하는 것을 억제할 수 있다. 따라서, 고상 확산 접합시에 부하되는 하중은 상기의 범위로 설정되어 있다.
- [0093] 고상 확산 접합할 때의 온도가 400 °C 이상인 경우에는, Al 원자와 Cu 원자의 확산이 촉진되어, 단시간에 충분히 고상 확산시킬 수 있다. 또, 548 °C 미만인 경우에는, Al 과 Cu 사이에 액상이 발생하여 접합 계면에 홀이 생기거나 두께가 변동되거나 하는 것을 억제할 수 있다. 그 때문에, 고상 확산 접합의 바람직한 온도는 400 °C 이상 548 °C 미만의 범위로 설정되어 있다.
- [0094] 또, 고상 확산 접합시에 있어서의 보다 바람직한 가열 온도는, Al 과 Cu 의 공정 온도 -5 °C 이상, 공정 온도

(공정 온도 포함하지 않음) 미만의 범위로 되어 있다. 이와 같은 온도 범위를 선택한 때에는, 액상이 형성되지 않고 Al 과 Cu 의 화합물이 생성되지 않기 때문에, 고상 확산 접합의 접합 신뢰성이 양호해지는 것에 더하여, 고상 확산 접합시의 확산 속도가 빨라, 비교적 단시간에 고상 확산 접합할 수 있다.

- [0095] 또, 고상 확산 접합할 때에 접합되는 면에 흠집이 있는 경우, 고상 확산 접합시에 간극이 발생하는 경우가 있지만, 제 1 알루미늄층 (13A) 과 구리판 (23B), 제 2 알루미늄층 (12A) 과 구리판 (22B) 이 접합되는 면은, 미리 당해면의 흠집이 제거되어 평활하게 된 후에, 고상 확산 접합되어 있으므로, 각각의 접합 계면에 간극이 발생하는 것을 억제하여 접합하는 것이 가능하다.
- [0096] 이상, 본 발명의 실시형태에 대해 설명했지만, 본 발명은 이것에 한정되는 것은 아니고, 그 발명의 기술적 사상을 일탈하지 않는 범위에서 적절히 변경 가능하다.
- [0097] 또한, 상기 실시형태에 있어서는, 히트 싱크 (방열판) 가 무산소동의 구리판으로 구성되어 있는 경우에 대해 설명했지만, 터프 피치동 등의 순구리나 구리 합금으로 구성되어 있어도 된다. 또, 히트 싱크 (방열판) 는, Al 이나 Al 합금으로 구성되고 있어도 되고, 이 경우에는 히트 싱크 (방열판) 에 Ni 도금을 실시한 후에, 히트 싱크 (방열판) 와 파워 모듈용 기판을 뿔납에 의해 접합함으로써 양호하게 뿔납 접합할 수 있다.
- [0098] 또한, 상기 실시형태에 있어서는, 제 1 알루미늄층 (13A) 과 구리판 (23B), 제 2 알루미늄층 (12A) 과 구리판 (22B) 을 동시에 고상 확산 접합하는 경우에 대해 설명했지만, 따로 따로 고상 확산 접합하는 구성으로 해도 된다.
- [0099] 또, 히트 싱크의 방열판과 냉각부를 나사로 고정시키는 경우에 대해 설명했지만, 방열판과 냉각부의 접합 방법에 한정은 없고, 예를 들어 고상 확산 접합에 의해 접합하는 구성으로 해도 된다.
- [0100] 또, 상기 실시형태에서는, 순도 99.99 % 의 순알루미늄의 압연판에 의해 제 1 알루미늄층과 제 2 알루미늄층이 구성되는 경우에 대해 설명했지만, 이것에 한정되는 경우는 없고, 순도 99 % 의 알루미늄 (2N 알루미늄) 이나 알루미늄 합금 등이어도 된다.
- [0101] 또, 본 실시형태에서는 히트 싱크 (40) 가 방열판 (31) 과 냉각부 (41) 로 구성되고, 파워 모듈용 기판 (10) 과 방열판 (31) 을 접합하는 경우에 대해 설명했지만, 방열판 (31) 을 사용하지 않고 파워 모듈용 기판 (10) 과 냉각부 (41) 를 접합해도 된다. 또한, 히트 싱크는 히트 파이프 등 열을 방산시키는 여러 가지의 구성을 취할 수 있다.
- [0102] 또한, 세라믹스 기판으로서 AlN 으로 이루어지는 세라믹스 기판을 사용한 것으로서 설명했지만, 이것에 한정되지 않고, Si₃N₄ 나 Al₂O₃ 등으로 이루어지는 세라믹스 기판을 사용해도 된다.
- [0103] 또, 상기 실시형태에서는, 회로층이 제 2 알루미늄층과 제 2 구리층을 갖는 경우에 대해 설명했지만, 이것에 한정되는 것은 아니고, 예를 들어 제 2 알루미늄층만으로 회로층을 구성하거나 제 2 구리층만으로 회로층을 구성하거나 해도 된다.
- [0104] 또, 상기 실시형태의 파워 모듈용 기판에 있어서, 회로층 (12) 은, 세라믹스 기판 (11) 의 제 1 면에 형성된 제 2 알루미늄층 (12A) 과, 이 제 2 알루미늄층 (12A) 의 일방측에 구리판 (22B) 이 접합되어 이루어지는 제 2 구리층 (12B) 을 구비하는 경우에 대해 설명했지만, 이것에 한정되는 것은 아니다.
- [0105] 예를 들어 도 7 의 파워 모듈용 기판 (110) 에 나타내는 바와 같이, 회로층 (112) 이, 세라믹스 기판 (11) 의 제 1 면에 형성된 제 2 알루미늄층 (112A) 과, 이 제 2 알루미늄층 (112A) 의 일방측에 접합된 제 2 구리층 (112B) 을 구비하고, 이 제 2 구리층 (112B) 은, 반도체 소자 등이 접합되는 다이 패드 (152) 와, 외부 단자로서 사용되는 리드부 (153) 를 갖는 구리판으로 이루어지는 구성으로 되어도 된다. 이 파워 모듈용 기판 (110) 에서는, 다이 패드 (152) 와 제 2 알루미늄층 (112A) 이 고상 확산 접합되어 있다.
- [0106] 여기서, 제 2 알루미늄층 (112A) 의 두께는, 0.1 mm 이상 1.0 mm 이하로 되어 있는 것이 바람직하다. 또, 제 2 구리층 (112B) 의 두께는, 0.1 mm 이상 6.0 mm 이하로 되어 있는 것이 바람직하다.
- [0107] 또, 도 7 에 나타내는 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판 (130) 에서는, 히트 싱크 (140) 가 파워 모듈용 기판 (110) 의 금속층 (13) 측에 뿔납층 (32) 을 개재하여 접합되어 있다.
- [0108] 또, 상기 실시형태에서는, 알루미늄층 (제 1 알루미늄층 (13A), 제 2 알루미늄층 (12A)) 과 구리층 (제 1 구리층 (13B), 제 2 구리층 (12B)) 의 접합 계면에는, 금속간 화합물층 (13C, 12C) 이 형성되고, 이 금속간 화합물층 (13C, 12C) 은, 알루미늄층 (제 1 알루미늄층 (13A), 제 2 알루미늄층 (12A)) 측으로부터 구리층 (제 1 구리

층 (13B), 제 2 구리층 (12B)) 층을 향하여 순서대로, Θ 상 (16a, 16b), η 2 상 (17a, 17b), ζ 2 상 (18a, 18b) 이 적층되어 구성되어 있는 경우에 대해 설명했지만, 이것에 한정되는 것은 아니다.

[0109] 구체적으로는, 알루미늄층 (제 1 알루미늄층, 제 2 알루미늄층) 과 구리층 (제 1 구리층, 제 2 구리층) 의 접합 계면에 있어서, 알루미늄층 (제 1 알루미늄층, 제 2 알루미늄층) 층으로부터 구리층 (제 1 구리층, 제 2 구리층) 층을 향하여 순서대로, 알루미늄의 비율이 낮아지도록 복수의 Cu 및 Al 로 이루어지는 금속간 화합물이 적층되어 있어도 된다.

[0110] 또, 도 8, 9 에 나타내는 바와 같이, 알루미늄층 (제 1 알루미늄층 (213A), 제 2 알루미늄층 (212A)) 과 구리층 (제 1 구리층 (213B), 제 2 구리층 (212B)) 의 접합 계면에는, 알루미늄층 (제 1 알루미늄층 (213A), 제 2 알루미늄층 (212A)) 층으로부터 구리층 (제 1 구리층 (213B), 제 2 구리층 (212B)) 층을 향하여 순서대로, 전술한 접합 계면을 따라 Θ 상 (216a, 216b), η 2 상 (217a, 217b) 이 적층되고, 또한, ζ 2 상 (218a, 218b), δ 상 (214a, 214b), 및 γ 2 상 (215a, 215b) 중 적어도 하나의 상이 적층되어 구성되어 있어도 된다 (도 12).

[0111] 또, 상기 실시형태에서는, 금속간 화합물층 (13C, 12C) 과 구리층 (제 1 구리층 (13B), 제 2 구리층 (12B)) 의 접합 계면에는, 산화물 (19a, 19b) 이 접합 계면을 따라 층상으로 분산되어 있는 경우에 대해 설명했지만, 예를 들어 도 10, 11 에 나타내는 바와 같이, 금속간 화합물층 (213C, 212C) 과 구리층 (제 1 구리층 (213B), 제 2 구리층 (212B)) 의 계면을 따라 산화물 (219a, 219b) 이 ζ 2 상 (218a, 218b), δ 상 (214a, 214b), 또는 γ 2 상 (215a, 215b) 의 내부에 층상으로 분산되어 있는 구성으로 되어도 된다. 또한, 이 산화물 (219a, 219b) 은, 알루미나 (Al_2O_3) 등의 알루미늄 산화물로 되어 있다.

[0112] 실시예

[0113] 이하에, 본 발명의 효과를 확인하기 위하여 실시한 확인 실험의 결과에 대해 설명한다.

[0114] 이하와 같이 하여, 본 발명에 1 ~ 6, 비교예 1, 비교예 2 가 되는 파워 모듈을 제작하였다.

[0115] 본 발명에 1 및 본 발명에 5 에 대해서는, AlN 으로 구성된 세라믹스 기판 (두께 : 0.635 mm) 의 제 1 면에 알루미늄판 (두께 : 0.4 mm) 을 Al-Si 계 납재를 개재하여 접합하여 회로층을 형성하였다. 본 발명에 1 에서는 4N-Al 의 알루미늄판을 사용하고, 본 발명에 2 에서는 2N-Al 의 알루미늄판을 사용하였다. 다음으로, 세라믹스 기판의 제 2 면에 4N-Al 의 알루미늄판 (두께 : 0.2 mm) 을 Al-Si 계 납재를 개재하여 접합하여 제 1 알루미늄층을 형성하였다. 또한, Cu (무산소동) 로 구성된 구리판을 제 1 알루미늄층에 고상 확산 접합하여, 금속층을 형성하였다. 이와 같이 하여 얻어진 파워 모듈용 기판과 히트 싱크를 Sn-Sb 뿔납에 의해 접합하였다. 또한, 본 발명에 1 은 히트 싱크가 무산소동으로 구성되어 있고, 본 발명에 5 에서는 Ni 도금을 실시한 Al 합금 (A6063) 으로 구성된 히트 싱크를 사용하였다. 그리고, 회로층과 반도체 소자를 뿔납에 의해 접합하여, 본 발명에 1 및 본 발명에 5 가 되는 히트 싱크가 형성된 파워 모듈을 제작하였다.

[0116] 본 발명에 2 ~ 4, 본 발명에 6 에 대해서는, 표 1 에 나타내는 재질의 세라믹스 기판 (두께 : 0.635 mm) 의 제 1 면 및 제 2 면에, 표 1 에 나타내는 재질의 알루미늄판 (두께 : 0.2 mm) 을 Al-Si 계 납재를 개재하여 접합하여, 제 2 알루미늄층 및 제 1 알루미늄층을 형성하였다. 또한, 제 2 알루미늄층 및 제 1 알루미늄층에 Cu (무산소동) 로 구성된 구리판 (두께 : 0.2 mm) 을 고상 확산 접합하여, 회로층 및 금속층을 형성하였다. 이와 같이 하여 얻어진 파워 모듈용 기판에, 표 1 에 나타내는 히트 싱크를 Sn-Sb 뿔납에 의해 접합하고, 회로층에 반도체 소자를 뿔납 접합하여, 본 발명에 2 ~ 4 및 본 발명에 6 의 히트 싱크가 형성된 파워 모듈을 얻었다. 또한, 본 발명에 6 에 대해서는, Al 합금 (A6063) 으로 구성된 히트 싱크에, Ni 도금을 실시한 후에 파워 모듈용 기판과 히트 싱크를 뿔납 접합하였다.

[0117] 또한, 상기의 고상 확산 접합은, 진공 가열로 내의 압력이 10^{-6} Pa 이상, 10^{-3} Pa 이하의 범위 내에서 실시하였다.

[0118] 비교예 1 에 대해서는, AlN 으로 구성된 세라믹스 기판 (두께 : 0.635 mm) 의 제 1 면 및 제 2 면에 4N-Al 로 구성된 알루미늄판 (두께 : 0.4 mm) 을 Al-Si 계 납재를 개재하여 접합하여, 회로층 및 금속층이 형성된 파워 모듈용 기판을 제작하였다. 파워 모듈용 기판에 무산소동으로 구성된 히트 싱크를 Sn-Sb 뿔납에 의해 접합하였다. 그리고, 회로층과 반도체 소자를 뿔납에 의해 접합하여, 비교예 1 이 되는 히트 싱크가 형성된 파워 모듈을 얻었다.

[0119] 비교예 2 에 대해서는, AlN 으로 구성된 세라믹스 기판 (두께 : 0.635 mm) 의 제 1 면 및 제 2 면에 무산소동으로 구성된 구리판 (두께 : 0.4 mm) 을 Ag-Cu-Ti 계 납재를 사용한 활성 금속 납땀법에 의해 접합하여, 회로층 및

금속층이 형성된 파워 모듈용 기판을 제작하였다. 또한, 파워 모듈용 기판에 무산소동으로 구성된 히트 싱크를 Sn-Sb 뿔납에 의해 접합하였다. 그리고, 회로층과 반도체 소자를 뿔납에 의해 접합하여, 비교예 2 가 되는 히트 싱크가 형성된 파워 모듈을 얻었다.

- [0120] 또한, 반도체 소자는, IGBT 소자로 하고, 12.5 mm × 9.5 mm, 두께 0.25 mm 인 것을 사용하였다.
- [0121] 얻어진 히트 싱크가 형성된 파워 모듈에 대하여, 이하의 평가 시험을 실시하였다.
- [0122] (냉열 사이클 시험)
- [0123] 냉열 사이클 시험은, 냉열 충격 시험기 에스펙사 제조 TSB-51 을 사용하고, 파워 모듈에 대하여, 액상 (플루오리너트) 에서, -40 ℃ × 5 분 및 125 ℃ × 5 분의 반복을 3000 사이클 실시하였다.
- [0124] (접합률 평가)
- [0125] 본 발명에 1 ~ 6, 비교예 1, 비교예 2 에 대하여, 냉열 사이클 시험 후의 파워 모듈에 대하여, 세라믹스 기판과 금속층의 계면의 접합률에 대해 초음파 탐상장치를 사용하여 평가하고, 이하의 식으로부터 산출하였다. 또한, 본 발명에 1 및 본 발명에 2 에 대해서는, 냉열 사이클 시험 후의 파워 모듈에 대하여, 세라믹스 기판과 회로층의 계면의 접합률을 평가하였다.
- [0126] 여기서, 초기 접합 면적이란, 접합 전에 있어서의 접합하여야 할 면적, 즉 본 실시예에서는 금속층의 면적으로 하였다. 또, 세라믹스 기판과 회로층의 계면의 접합률을 평가할 때에는 회로층의 면적을 초기 접합 면적으로 하였다. 초음파 탐상 이미지에 있어서 박리는 접합부 내의 백색부에서 나타나는 점에서, 이 백색부의 면적을 박리 면적으로 하였다. 또한, 세라믹스 기판, 금속층, 및 뿔납층에 크랙이 발생한 경우, 이 크랙은 초음파 탐상 이미지에 있어서 백색부로 나타나고, 크랙도 박리 면적으로서 평가되게 된다.
- [0127] (접합률 (%)) = {(초기 접합 면적) - (박리 면적)} / (초기 접합 면적) (열저항 평가)
- [0128] 열저항은 다음과 같이 하여 측정하였다. 반도체 소자로서 히터 칩을 사용하고, 100 W 의 전력으로 가열하고, 열전쌍을 사용하여 히터 칩의 온도를 실측하였다. 또, 히트 싱크를 유통하는 냉각 매체 (에틸렌 글리콜 : 물 = 9 : 1) 의 온도를 실측하였다. 그리고, 히터 칩의 온도와 냉각 매체의 온도차를 전력으로 나눈 값을 열저항으로 하여, 냉열 사이클 시험 후의 열저항 상승률을 구하였다.
- [0129] (파워 사이클 시험)
- [0130] 본 발명에 2, 본 발명에 1 에 대해서는, 파워 사이클 시험을 실시하였다. 파워 사이클 시험으로서, 냉각부 (냉각기) 중의 냉각수 온도, 유량을 일정하게 한 상태에서, IGBT 소자로의 통전을, 통전 (ON) 에서 소자 표면 온도 140 ℃, 비통전 (OFF) 에서 소자 표면 온도 80 ℃ 가 되는 1 사이클을 10 초마다 반복하도록 하여 조정하고, 이것을 10 만회 반복하는 파워 사이클 시험을 실시하였다.
- [0131] 이 파워 사이클 시험 전후에 있어서의 열저항을 측정하여, 열저항의 상승률을 구하였다.
- [0132] 상기의 평가 결과를 표 1, 표 2 에 나타낸다.

표 1

| | 회로층 | | 세라믹스 기관 | 금속층 | | 히트 싱크 | 냉각 사이클 시험 | |
|----------|--------------|------------|--------------------------------|--------------|------------|---------|----------------------|---------|
| | 제 2 알루미늄층 | 제 2 구리층 | | 제 1 알루미늄층 | 제 1 구리층 | | 세라믹스 기관과 금속층의 접합률 | 열저항 상승률 |
| 표 1 발명예1 | 4N-AI | - | AIN | 4N-AI | 무산소동 | 무산소동 | 98% | 9% |
| 표 1 발명예2 | 4N-AI | 무산소동 | AIN | 4N-AI | 무산소동 | 무산소동 | 97% | 10% |
| 표 1 발명예3 | 4N-AI | 무산소동 | 알루미늄나 | 4N-AI | 무산소동 | 무산소동 | 99% | 8% |
| 표 1 발명예4 | 4N-AI | 무산소동 | Si ₃ N ₄ | 4N-AI | 무산소동 | 무산소동 | 96% | 12% |
| 표 1 발명예5 | 2N-AI | - | AIN | 4N-AI | 무산소동 | A(NI도금) | 96% | 13% |
| 표 1 발명예6 | 4N-AI | 무산소동 | AIN | 4N-AI | 무산소동 | A(NI도금) | 98% | 15% |
| 표 1 비교예1 | 4N-AI | - | AIN | 4N-AI | - | 무산소동 | 99% | 35% |
| 표 1 비교예2 | - | 무산소동 | AIN | - | 무산소동 | 무산소동 | 세라믹스 기관 균열 | 17% |

[0133]

표 2

| | 회로층 | | 세라믹스 기판 | 금속층 | | 히트 싱크 | 냉열 사이클 시험 세라믹스 기판과 회로층의 접합률 | 파워 사이클 시험 열저항 상승률 |
|--------|-----------------------|--------------------|------------|-----------------------|--------------------|-------|-----------------------------------|----------------------|
| | 제 2 알루미늄층 4N-AI | 제 2 구리층 무산소동 | | 제 1 알루미늄층 4N-AI | 제 1 구리층 무산소동 | | | |
| 본 발명예2 | 4N-AI | 무산소동 | AIN | 4N-AI | 무산소동 | 무산소동 | 98% | 0.7% |
| 본 발명예1 | 4N-AI | - | AIN | 4N-AI | 무산소동 | 무산소동 | 97% | 7.8% |

[0134]

[0135] 표 1 에 나타내는 바와 같이, 본 발명예 1 ~ 6 에서는, 금속층이 제 1 알루미늄층과 제 1 구리층을 갖고 있기 때문에, 냉열 사이클 시험 후의 세라믹스 기판과 금속층의 접합률 및 금속층과 뿔납층의 접합률이 양호하고, 높은 신뢰성을 갖는 파워 모듈인 것을 확인할 수 있었다.

[0136] 한편, 비교예 1 에서는, 금속층이 4N-AI 만으로 구성되어 있기 때문에, 냉열 사이클 시험 후의 세라믹스 기판과 금속층의 접합률은 양호하지만, 열저항의 상승률이 본 발명예 1 ~ 6 에 비해 증대되었다. 또, 비교예 2 에서는, 금속층이 무산소동만으로 구성되어 있기 때문에, 냉열 사이클 시험 후의 세라믹스 기판에 균열이 발생하였다.

[0137] 또, 표 2 에 나타내는 바와 같이, 회로층이 제 2 알루미늄층과 제 2 구리층을 갖는 본 발명예 2 는, 회로층이 4N-AI 만으로 구성되어 있는 본 발명예 1 과 비교하여, 파워 사이클 후의 열저항 상승률을 낮게 할 수 있는 것

이 확인되었다.

[0138] 산업상 이용가능성

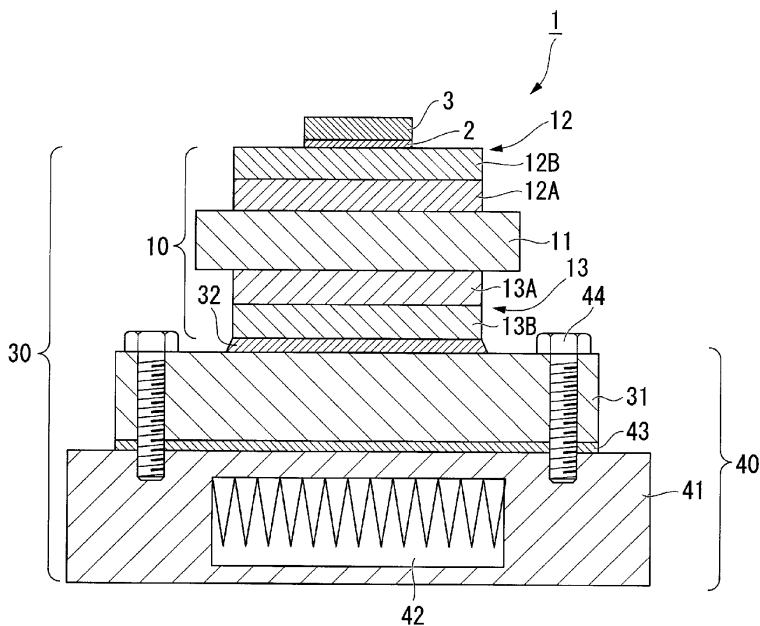
[0139] 본 발명에 의하면, 냉열 사이클 부하시에 있어서 금속층과 히트 싱크를 접합하는 땀납에 크랙이 발생하는 것을 억제하고, 접합 신뢰성의 저하나 열저항의 상승을 억제하고, 또한 세라믹스 기판에 균열이 발생하는 것을 억제할 수 있는 파워 모듈용 기판, 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판, 및 히트 싱크가 형성된 파워 모듈을 제공할 수 있다.

부호의 설명

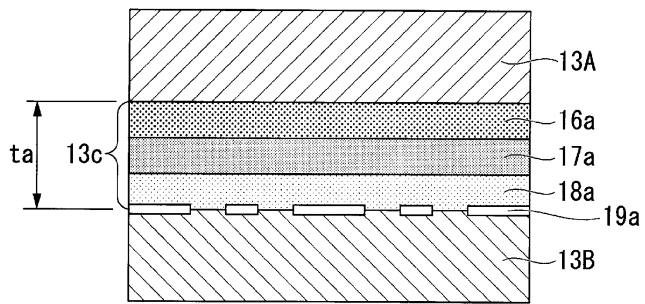
- [0140] 1 : 히트 싱크가 형성된 파워 모듈
- 3 : 반도체 소자
- 10, 110 : 파워 모듈용 기판
- 11 : 세라믹스 기판
- 12, 112 : 회로층
- 12A, 112A : 제 2 알루미늄층
- 12B, 112B : 제 2 구리층
- 13 : 금속층
- 13A : 제 1 알루미늄층
- 13b : 제 1 구리층
- 30, 130 : 히트 싱크가 형성된 파워 모듈용 기판
- 31 : 방열판 (히트 싱크)
- 40, 140 : 히트 싱크
- 41 : 냉각부 (히트 싱크)

도면

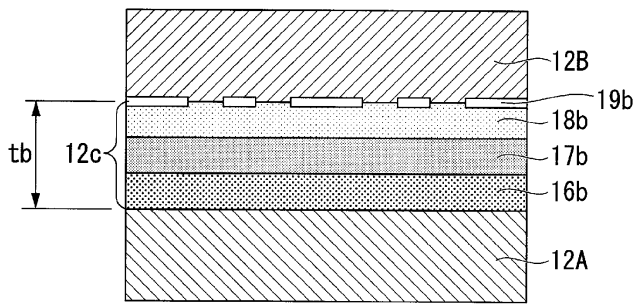
도면1



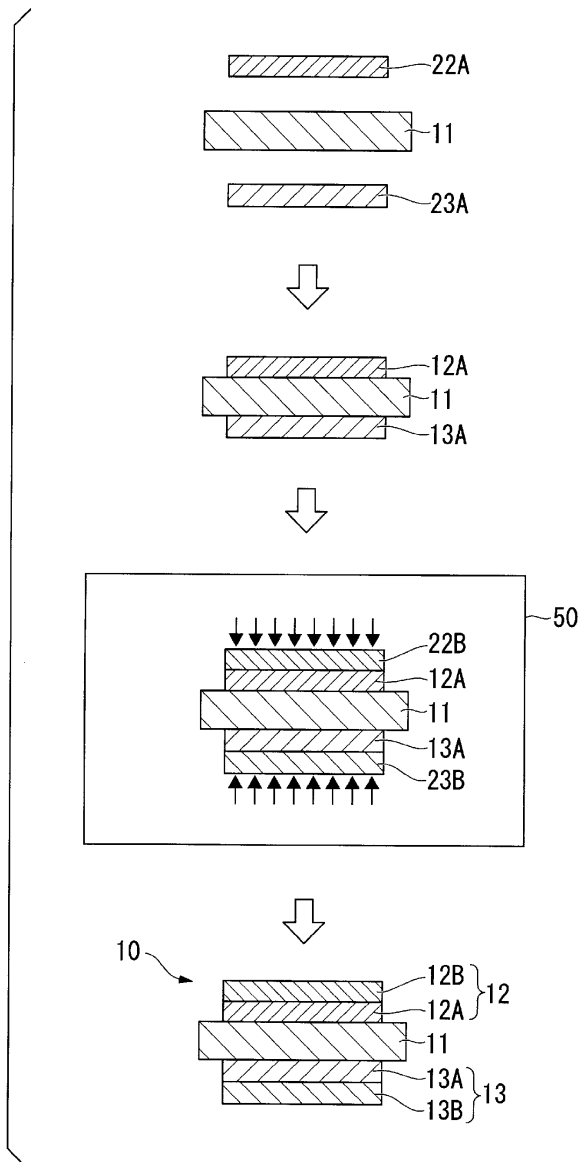
도면2



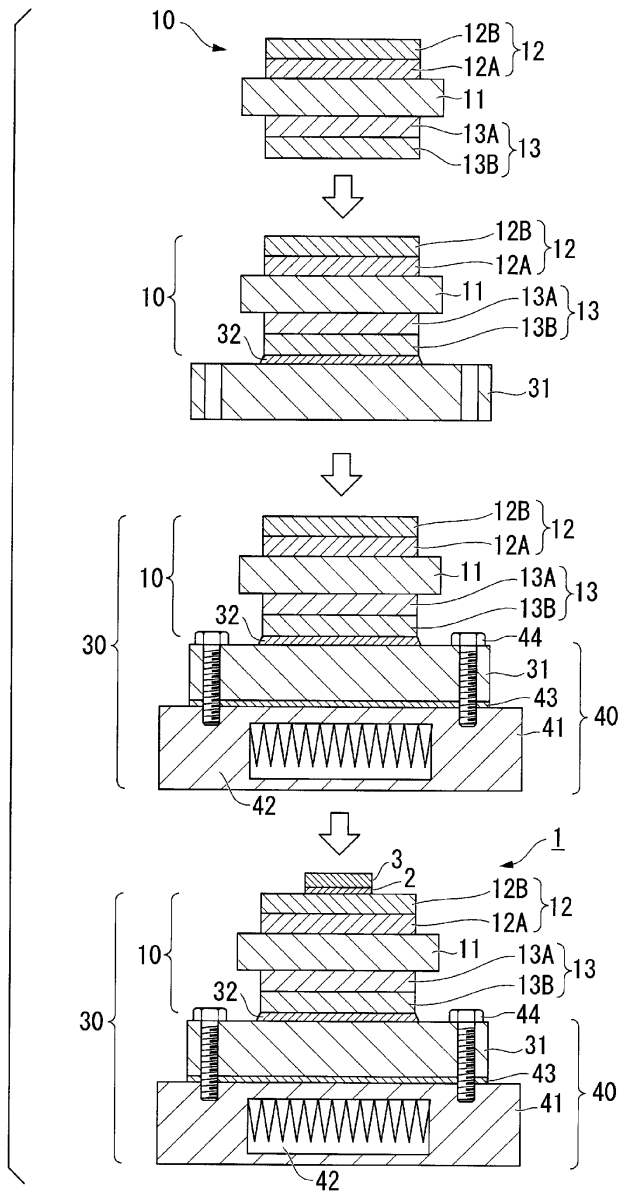
도면3



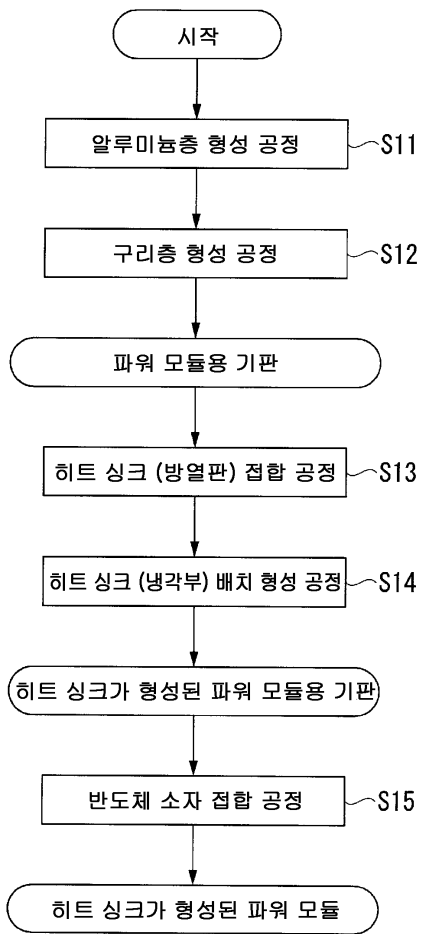
도면4



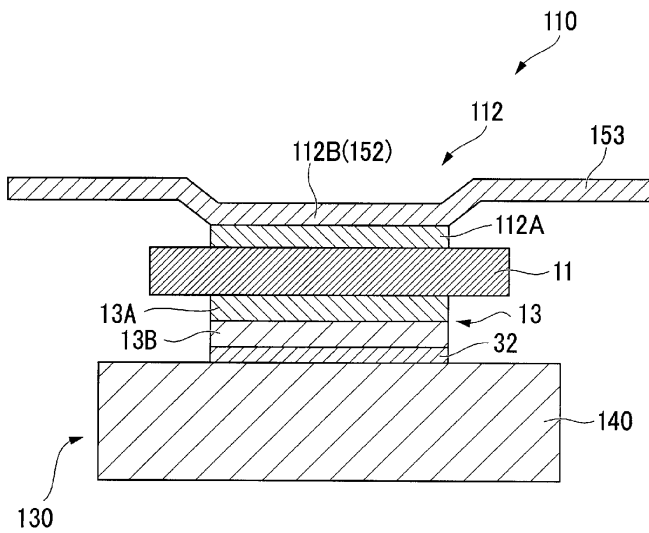
도면5



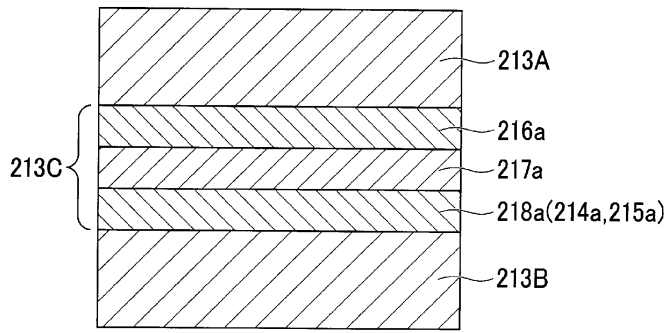
도면6



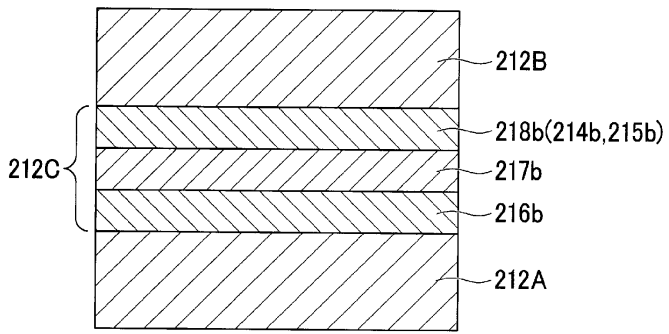
도면7



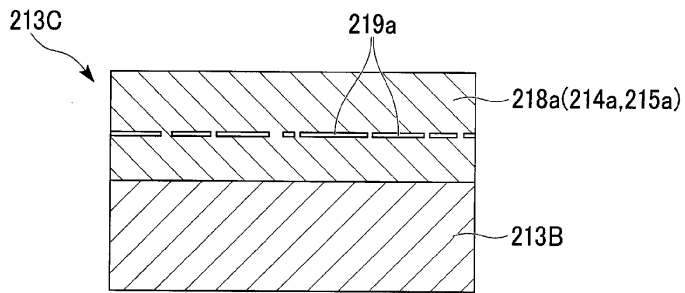
도면8



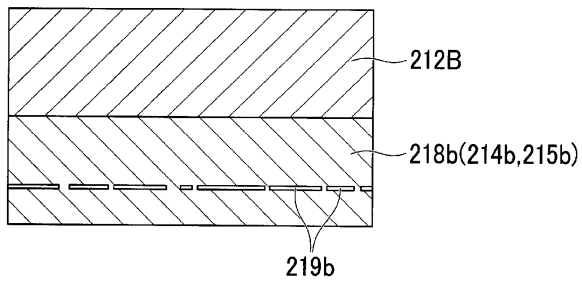
도면9



도면10



도면11



도면12

