(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년04월14일
(11) 등록번호 10-2387210
(24) 등록일자 2022년04월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 23/373 (2006.01) *H01L 23/00* (2006.01)
H01L 23/15 (2006.01) *H01L 23/367* (2006.01)
H01L 23/538 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 23/3735 (2013.01)
H01L 23/15 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7020962
(22) 출원일자(국제) 2019년01월23일
심사청구일자 2021년12월23일
(85) 번역문제출일자 2020년07월17일
(65) 공개번호 10-2020-0112845
(43) 공개일자 2020년10월05일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2019/002076
(87) 국제공개번호 WO 2019/146640
국제공개일자 2019년08월01일
(30) 우선권주장
JP-P-2018-009313 2018년01월24일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
US20170154855 A1
JP2016046356 A
JP2016027645 A
JP2016181549 A

(73) 특허권자
미쓰비시 마테리알 가부시키가이샤
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 3쵸메 2방 3고
(72) 발명자
오오히라키 도모야
일본 사이타마켄 사이타마시 오미야쿠 기타부쿠로쵸 1-600 미쓰비시 마테리알 가부시키가이샤 쥬오겡큐쇼 나이
오이 소타로
일본 사이타마켄 사이타마시 오미야쿠 기타부쿠로쵸 1-600 미쓰비시 마테리알 가부시키가이샤 쥬오겡큐쇼 나이
(74) 대리인
특허법인코리아나

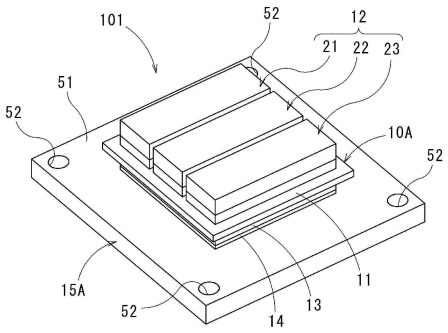
전체 청구항 수 : 총 4 항 심사관 : 박부식

(54) 발명의 명칭 **히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 및 파워 모듈**

(57) 요 약

회로층을 구성하는 제 2 층과 제 1 층의 접합 면적을 A1 (㎟), 제 2 층의 상당 판 두께를 t1 (㎜), 제 2 층의 내력을 σ1 (N/㎟), 제 2 층의 선팽창 계수를 α1 (/K), 방열측 접합재와 금속층의 접합 면적을 A2 (㎟), 방열측 접합재의 상당 판 두께를 t2 (㎜), 방열측 접합재의 내력을 σ2 (N/㎟), 방열측 접합재의 선팽창 계수를 α2 (/K), 히트 싱크와 방열측 접합재의 접합 면적을 A3 (㎟), 히트 싱크의 상당 판 두께를 t3 (㎜), 히트 싱크의 내력을 σ3 (N/㎟), 히트 싱크의 선팽창 계수를 α3 (/K) 으로 했을 때에, 25 ℃ 에 있어서의 비율 (A1 × t1 × σ1 × α1)/{(A2 × t2 × σ2 × α2) + (A3 × t3 × σ3 × α3)} 이 0.70 이상 1.30 이하이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01L 23/367 (2013.01)
H01L 23/3736 (2013.01)
H01L 23/5386 (2013.01)
H01L 23/562 (2013.01)
H01L 2224/40137 (2013.01)
H01L 2924/181 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

세라믹스 기판의 일방의 면에 회로층이 접합됨과 함께, 상기 세라믹스 기판의 타방의 면에 금속층이 접합되고, 상기 금속층에 방열측 접합재를 개재하여 히트 싱크가 접합되어 있고,

상기 회로층이, 상기 세라믹스 기판의 일방의 면에 접합된 제 1 층과, 상기 제 1 층의 표면에 접합된 제 2 층을 갖는 적층 구조로 되고,

상기 제 1 층과 상기 금속층이 순도 99.99 질량% 이상의 알루미늄으로 이루어지고,

상기 제 2 층과 상기 방열측 접합재가 순구리 또는 구리 합금으로 이루어지고,

상기 히트 싱크가 상기 제 1 층 및 상기 금속층보다 순도가 낮은 알루미늄으로 이루어짐과 함께, 상기 방열측 접합재가 접합되는 상기 히트 싱크의 천면부 (天面部) 가, 상기 방열측 접합재와의 접합면보다 크게 형성되고, 또한, 상기 천면부의 둘레 가장자리로부터 상기 회로층 측을 향하여 세워 형성된 둘레벽부를 갖고, 상기 천면부와 상기 둘레벽부로 둘러싸인 수용 오목부에, 적어도 상기 방열측 접합재의 일부가 수용되어 있고,

상기 제 2 층과 상기 제 1 층의 접합 면적을 A1 (㎟), 상기 제 2 층의 체적을 상기 접합 면적 A1 로 나눈 상당 판 두께를 t1 (㎜), 상기 제 2 층의 내력을 σ1 (N/㎟), 상기 제 2 층의 선팽창 계수를 α1 (/K) 로 하고,

상기 방열측 접합재와 상기 금속층의 접합 면적을 A2 (㎟), 상기 방열측 접합재의 체적을 상기 접합 면적 A2 로 나눈 상당 판 두께를 t2 (㎜), 상기 방열측 접합재의 내력을 σ2 (N/㎟), 상기 방열측 접합재의 선팽창 계수를 α2 (/K) 로 하고,

상기 히트 싱크와 상기 방열측 접합재의 접합 면적을 A3 (㎟), 상기 히트 싱크의 상기 둘레벽부를 포함하는 체적을 상기 접합 면적 A3 으로 나눈 상당 판 두께를 t3 (㎜), 상기 히트 싱크의 내력을 σ3 (N/㎟), 상기 히트 싱크의 선팽창 계수를 α3 (/K) 으로 했을 때에,

25 ℃ 에 있어서의 비율 (A1 × t1 × σ1 × α1)/{(A2 × t2 × σ2 × α2) + (A3 × t3 × σ3 × α3)} 이 0.70 이상 1.30 이하인 것을 특징으로 하는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 히트 싱크의 상기 방열측 접합재와 반대측의 면에는, 복수의 핀 핀 (pin fin) 이 형성되어 있고,

상기 t3 (㎜) 는 상기 히트 싱크의 상기 둘레벽부 및 상기 복수의 핀 핀을 포함하는 체적을 상기 접합 면적 A3 으로 나눈 값인 것을 특징으로 하는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 히트 싱크의 상기 둘레벽부에는, 복수의 장착공이 형성되어 있고,

상기 히트 싱크의 체적에는, 상기 장착공의 공간 체적은 포함하지 않는 것을 특징으로 하는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 기재된 상기 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판과, 상기 회로층의 표면상에 탑재된 반도체 소자를 구비하는 것을 특징으로 하는 파워 모듈.

발명의 설명

기 술 분 야

본 발명은, 대전류, 고전압을 제어하는 반도체 장치에 사용되는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 및 파워 모듈에 관한 것이다. 본원은, 2018년 1월 24일에 출원된 일본 특허출원 2018-009313호에 기초하여 우선권을 주장하고, 그 내용을 여기에 원용한다.

배 경 기 술

파워 모듈에 사용되는 파워 모듈용 기판으로서, 예를 들어 AlN (질화알루미늄), Al_2O_3 (알루미나), Si_3N_4 (질화규소) 등의 세라믹스 기판과, 이 세라믹스 기판의 일방의 면에 접합된 알루미늄 (Al) 이나 구리 (Cu) 등의 도전성이 우수한 금속으로 이루어지는 회로층을 구비한 구성이 알려져 있다.

이 종류의 파워 모듈용 기판에는, 세라믹스 기판의 타방의 면에 열전도성이 우수한 금속으로 이루어지는 금속층을 형성하는 것이나, 금속층을 개재하여 히트 싱크 (방열층) 를 접합하는 것도 실시되고 있다. 히트 싱크가 접합된 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판은, 히트 싱크를 냉각기에 장착한 상태에서 사용된다.

파워 모듈은, 이와 같이 구성되는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 회로층의 표면 (상면) 에, 파워 소자 등의 반도체 소자를 탑재 (실장) 함으로써 제조된다. 반도체 소자가 실장된 파워 모듈은, 절연성 확보나 배선 보호 등을 위해, 포팅이나 몰딩에 의해 수지로 봉지하는 것도 실시된다.

일반적인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판은, 세라믹스 기판의 일방의 면에 접합된 회로층과 타방의 면에 접합된 금속층의 두께가 동일한 정도로 형성되고, 금속층에 고강성의 히트 싱크를 접합함으로써 제조된다. 이 때문에, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판은 세라믹스 기판을 개재한 상하의 강성의 차를 갖고 있어, 반도체 소자의 실장 공정에서 가열되었을 때, 혹은 사용 환경에 있어서의 온도 변화 등에 있어서, 휨이 발생할 우려가 있다.

실장 공정에서 휨이 발생한 경우, 반도체 소자의 위치 어긋남이 발생하거나, 반도체 소자의 접합부에 변형이나 크랙 등이 발생함으로써, 접합 신뢰성이 저해된다. 사용 환경에 있어서 휨이 발생한 경우, 히트 싱크와 냉각기 사이에 개재하는 열전도성 그리스가 펌프 아웃 현상에 의해 히트 싱크와 냉각기 사이로부터 유출됨으로써, 히트 싱크와 냉각기의 밀착성이 저해되고, 열저항의 증가를 초래함으로써, 방열성이 저해된다.

이 때문에, 휨이 적은 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판이 요구되고 있으며, 종래부터, 히트 싱크 부착 파워 모듈의 휨을 저감시키는 기술이 제안되어 있다.

예를 들어, 특허문헌 1 에는, 강성이 높은 알루미늄으로 이루어지는 히트 싱크에 대해, 회로층을 제 1 층과 제 2 층의 적층 구조로 하여 세라믹스 기판의 반대측에 강성이 높은 알루미늄으로 이루어지는 제 2 층을 배치함으로써, 세라믹스 기판을 중심으로 한 대칭 구조를 구성하는 것이 기재되어 있다.

또, 특허문헌 1 에는, 회로층의 제 2 층과 히트 싱크에 대해, 이것들의 두께 t1, t2 (㎜), 접합 면적 A1, A2 (㎟) 및 내력 σ1, σ2 (N/㎟) 의 관계를 비율 (t1 × A1 × σ1)/(t2 × A2 × σ2) 이 0.85 이상 1.40 이하인 범위로 설정함으로써, 세라믹스 기판을 중심으로 하는 대칭성을 향상시켜, 휨의 발생을 방지할 수 있는 것이 기재되어 있다.

특허문헌 2 에는, 복수의 소회로층에 의해 구성된 회로층의 각 소회로층을 제 1 층과 제 2 층의 적층 구조로 하고, 히트 싱크 (방열판) 를 제 2 층과 주성분이 동일한 재료 (구리 또는 알루미늄) 에 의해 형성함으로써, 세라믹스 기판을 중심으로 한 대칭 구조를 구성하는 것이 기재되어 있다.

또, 특허문헌 2 에는, 소회로층끼리 사이의 비접합 영역에 있어서 금속층에도 세라믹스 기판과의 비접합부를 형성함으로써, 회로층과 금속층의 대칭성을 더욱 높이는 것이 기재되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

(특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2015-216370호

(특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 2017-73483호

발명의 내용

해결하려는 과제

이와 같이, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 가열시에 발생하는 휨을 저감시키기 위해서, 세라믹스 기판을 중심으로 한 대칭 구조를 구성하는 것이 실시되고 있다. 그러나, 특허문헌 1 또는 특허문헌 2 에서는, 히트 싱크 (방열판) 와 회로층의 제 2 층을 주성분이 동일한 재료 (구리 또는 알루미늄) 로 형성함으로써 세라믹스 기판을 중심으로 한 대칭 구조를 구성하고 있어, 회로층 (제 2 층) 과 히트 싱크를 상이한 재료로 형성하는 경우에는, 적용할 수 없었다.

본 발명은, 이와 같은 사정을 감안하여 이루어진 것으로, 회로층과 히트 싱크를 상이한 재료로 형성할 수 있고, 가열시의 휨을 저감시킬 수 있는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 및 파워 모듈을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

본 발명의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판은, 세라믹스 기판과 ; 상기 세라믹스 기판의 제 1 면에 접합된 회로층과 ; 상기 세라믹스 기판의 제 2 면에 접합된 금속층과 ; 상기 금속층에 방열측 접합재를 개재하여 접합된 히트 싱크 ; 를 구비하는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판으로서, 상기 회로층이, 상기 세라믹스 기판의 상기 제 1 면에 접합된 제 1 층과, 상기 제 1 층의 표면에 접합된 제 2 층을 갖는 적층 구조로 되고, 상기 제 1 층과 상기 금속층이 순도 99.99 질량% 이상의 알루미늄으로 이루어지고, 상기 제 2 층과 상기 방열측 접합재가 순구리 또는 구리 합금으로 이루어지고, 상기 히트 싱크가 상기 제 1 층 및 상기 금속층보다 순도가 낮은 알루미늄으로 이루어지고, 상기 제 2 층과 상기 제 1 층의 접합 면적을 A1 (㎟), 상기 제 2 층의 체적을 상기 접합 면적 A1 로 나눈 상당 판 두께를 t1 (㎜), 상기 제 2 층의 내력을 σ1 (N/㎟), 상기 제 2 층의 선팽창 계수를 α1 (/K) 로 하고, 상기 방열측 접합재와 상기 금속층의 접합 면적을 A2 (㎟), 상기 방열측 접합재의 체적을 상기 접합 면적 A2 로 나눈 상당 판 두께를 t2 (㎜), 상기 방열측 접합재의 내력을 σ2 (N/㎟), 상기 방열측 접합재의 선팽창 계수를 α2 (/K) 로 하고, 상기 히트 싱크와 상기 방열측 접합재의 접합 면적을 A3 (㎟), 상기 히트 싱크의 체적을 상기 접합 면적 A3 으로 나눈 상당 판 두께를 t3 (㎜), 상기 히트 싱크의 내력을 σ3 (N/㎟), 상기 히트 싱크의 선팽창 계수를 α3 (/K) 으로 했을 때에, 25 ℃ 에 있어서의 비율 (A1 × t1 × σ1 × α1)/{(A2 × t2 × σ2 × α2) + (A3 × t3 × σ3 × α3)} 이 0.70 이상 1.30 이하이다.

이 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판은, 회로층을 제 1 층과 제 2 층의 적층 구조로 하고, 회로층의 제 2 층에 구리재를 사용하고, 히트 싱크에 알루미늄재를 사용하여, 제 2 층을 알루미늄보다 도전성이 우수한 구리에 의해 구성하고 있다. 히트 싱크에 알루미늄의 순도가 낮고, 강성이 높은, 즉 내력이 높은 알루미늄재를 사용함과 함께, 금속층과 히트 싱크 사이의 방열측 접합재에 구리재를 사용하고, 이것들의 조합에 있어서, 25 ℃ 에 있어서의 상기 비율을 상기 범위로 조정함으로써, 세라믹스 기판을 중심으로 한 대칭 구조를 구성하고 있다.

상기 접합 면적 A1, A2, A3, 상당 판 두께 t1, t2, t3, 내력 σ1, σ2, σ3, 선팽창 계수 α1, α2, α3 은, 모두 25 ℃ (상온) 에 있어서의 값이다.

히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판은, 복수의 소회로층을 나열하여 배치 형성하여 회로층을 패턴화한 경우나, 히트 싱크에 핀을 배치 형성한 경우 등에는, 회로층이나 히트 싱크의 형상이 여러 가지 베리에이션으로 구성되게 된다. 그와 같은 경우에도, 각 부재의 강성을 내력뿐만 아니라, 각 부재의 체적을 접합 면적으로 나눈 상당 판 두께와 각 부재의 선팽창 계수를 더한 관계식으로 평가함으로써, 제 2 층과 히트 싱크 및 방열측 접합재의 강성이나 열응력의 대칭성을 여러 가지 형태를 갖는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판에 있어서 안정적으로 대칭 구조를 구성할 수 있어, 휨의 발생을 확실하게 방지할 수 있다.

또한, 세라믹스 기판과 접합되는 제 1 층과 금속층에는, 순도 99.99 질량% 이상의 비교적 부드러운, 즉 내력이 낮은 알루미늄판을 배치하고 있으므로, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 가열시 등에 세라믹스 기판에 가해지는 열응력을 저감시켜 균열이 발생하는 것을 방지할 수 있다.

따라서, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 가열시 등에 세라믹스 기판의 양면에 작용하는 응력에 치우침이 잘 발생하지 않고, 반도체 소자의 실장 공정시나 사용 환경에 있어서 휨의 발생을 억제할 수 있다. 이 때문에,

파워 모듈의 접합 신뢰성을 향상시킬 수 있어, 양호한 방열성을 발휘할 수 있다.

본 발명의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 바람직한 실시양태로서, 상기 방열측 접합재가 접합되는 상기 히트 싱크의 천면부의 면적이, 상기 방열측 접합재와의 접합면의 면적보다 크면 된다.

방열측 접합재와의 접합면보다 대면적의 천면부를 형성해 둠으로써, 반도체 소자가 실장된 파워 모듈을 몰딩 수지 등으로 봉지할 때에, 몰딩 수지와의 접착 면적을 넓게 형성할 수 있다. 따라서, 반도체 소자와 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 접합 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

본 발명의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 바람직한 실시양태로서, 상기 히트 싱크가 상기 천면부의 둘레 가장자리로부터 상기 회로층측을 향하여 세워 형성된 둘레벽부를 갖고, 상기 천면부와 상기 둘레벽부로 둘러싸인 수용 오목부에, 상기 방열측 접합재의 적어도 일부가 수용되어 있으면 된다.

히트 싱크에 둘레벽부로 둘러싸인 수용 오목부를 형성해 둠으로써, 반도체 소자가 실장된 파워 모듈을 몰딩 수지 등으로 봉지할 때에, 몰딩 수지와의 접착 면적을 더욱 넓게 형성할 수 있어, 반도체 소자와 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 접합 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

본 발명의 파워 모듈은, 상기 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판과, 상기 회로층의 표면 상에 탑재된 반도체 소자를 구비한다.

발명의 효과

본 발명에 의하면, 회로층과 히트 싱크를 상이한 재료로 형성한 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판에 있어서, 가열시의 휨을 저감시킬 수 있으므로, 반도체 소자의 실장 공정에서의 문제를 해소할 수 있음과 함께, 온도 사이클 (냉열 사이클) 시의 휨을 억제할 수 있어, 접합 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1 은, 본 발명의 제 1 실시형태의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 사시도이다.

도 2 는, 도 1 에 나타내는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 정면도이다.

도 3 은, 도 1 에 나타내는 제 1 실시형태의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 공정에 있어서의 제 1 접합 공정을 나타내는 사시도 (도 3A) 및 제 2 접합 공정을 나타내는 사시도 (도 3B) 이다.

도 4 는, 각 부재의 접합 면적을 설명하는 모식도이다.

도 5 는, 본 발명의 제 2 실시형태의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 사시도이다.

도 6 은, 도 5 에 나타내는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 정면도이다.

도 7 은, 본 발명의 제 3 실시형태의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 사시도이다.

도 8 은, 도 7 에 나타내는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 정면도이다.

도 9 는, 본 발명의 제 4 실시형태의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 사시도이다.

도 10 은, 도 9 에 나타내는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 정면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

이하, 본 발명의 각 실시형태를 도면을 참조하면서 설명한다.

(제 1 실시형태)

도 1 및 도 2 는, 제 1 실시형태의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 을 나타낸다. 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 은, 파워 모듈용 기판 (10A) 과, 이 파워 모듈용 기판 (10A) 에 방열측 접합재 (14) 를 개재하여 접합된 히트 싱크 (15A) 를 구비한다.

파워 모듈 (201) 은, 도 2 에 나타내는 바와 같이, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 의 표면에 반도체 소자 등의 소자 (91) 가 탑재됨으로써 제조된다. 파워 모듈 (201) 은, 소자 (91) 와 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 이 에폭시 수지 등으로 이루어지는 몰딩 수지 (93) 에 의해 수지 봉지되어 있고, 파워 모듈 (201) 의 노출면 (히트 싱크 (15A) 의 노출면) 을 냉각기 등의 다른 부품의 표면에 가압하여 고정된 상태에서

사용된다.

파워 모듈용 기판 (10A) 은, 도 1 및 도 2 에 나타내는 바와 같이, 1 장의 세라믹스 기판 (11) 과, 이 세라믹스 기판 (11) 의 제 1 면에 접합된 회로층 (12) 과, 세라믹스 기판 (11) 의 제 2 면에 접합된 한 장의 금속층 (13) 을 구비한다.

세라믹스 기판 (11) 은, 예를 들어 AlN (질화알루미늄), Si_3N_4 (질화규소), Al_2O_3 (알루미나) 등의 세라믹스 재료로 이루어진다.

회로층 (12) 은, 도 1 및 도 2 에 나타내는 바와 같이 복수의 소회로층 (21 ~ 23) 으로 이루어진다. 각 소회로층 (21 ~ 23) 은 세라믹스 기판 (11) 의 제 1 면에 서로 간격을 두고 접합된다. 회로층 (12) 을 구성하는 각 소회로층 (21 ~ 23) 은, 세라믹스 기판 (11) 의 표면 (제 1 면) 에 접합된 제 1 층 (121) 과, 제 1 층 (121) 의 표면 (세라믹스 기판 (11) 과는 반대측의 면) 에 접합된 제 2 층 (122) 을 갖는 적층 구조로 된다.

제 1 층 (121) 은 순도 99.99 질량% 이상의 알루미늄 (이른바 4N 알루미늄) 으로 이루어지고, 세라믹스 기판 (11) 의 제 1 면에 브레이징재 (brazing filler material) 를 사용하여 접합된다. 제 2 층 (122) 은, 순구리 또는 구리 합금으로 이루어지고, 알루미늄으로 이루어지는 제 1 층 (121) 에 고상 확산 접합에 의해 접합된다.

금속층 (13) 은, 회로층 (12) 의 제 1 층 (121) 과 마찬가지로, 순도 99.99 질량% 이상의 알루미늄으로 이루어지고, 세라믹스 기판 (11) 의 제 2 면 (회로층 (12) 과는 반대측) 에 브레이징 (brazing) 재를 사용하여 접합된다.

금속층 (13) 의 표면 (세라믹스 기판 (11) 과는 반대측의 면) 에 방열측 접합재 (14) 를 개재하여 히트 싱크 (15A) 가 접합되어 있다. 방열측 접합재 (14) 는, 회로층 (12) 의 제 2 층 (122) 과 마찬가지로 구리 또는 구리 합금으로 이루어지고, 금속층 (13) 과 히트 싱크 (15A) 에 고상 확산 접합에 의해 접합된다.

히트 싱크 (15A) 는, 회로층 (12) 의 제 1 층 (121) 및 금속층 (13) 보다 순도가 낮은 알루미늄으로 이루어지고, 예를 들어 JIS 규격에서는 순도 99.90 질량% 이상의 이른바 3N 알루미늄, 순도 99.0 질량% 이상의 이른바 2N 알루미늄 (예를 들어 A1050 등) 의 알루미늄, A3003, A6063, A5052 등의 알루미늄 합금에 의해 형성된다.

도 1 및 도 2 에서는, 히트 싱크 (15A) 는, 사각형 평판상의 천면부 (51) 를 갖고 있다. 이 천면부 (51) 상에 방열측 접합재 (14) 가 접합된다. 방열측 접합재 (14) 를 개재하여 파워 모듈용 기판 (10A) 의 금속층 (13) 이 천면부 (51) 에 접합된다. 천면부 (51) 의 상면은, 방열측 접합재 (14) 와의 접합면보다 크게 있다. 천면부 (51) 의 면 방향의 네 모퉁이에는, 두께 방향으로 관통하는 장착공 (52) 이 형성되어 있다. 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 은, 히트 싱크 (15A) 의 장착공 (52) 을 사용하여 나사 고정 등에 의해 다른 부품에 장착 가능하게 된다.

히트 싱크 (15A) 의 형상으로는, 특별히 한정되는 것이 아니고, 도 1 및 도 2 에 나타내는 바와 같이 평판 형상 외에, 다수의 핀상 핀을 일체로 형성한 형상, 서로 평행한 띠상 핀을 일체로 형성한 형상 등, 적절한 형상을 채용할 수 있다.

이와 같이 구성되는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 의 여러 치수에 대해 일례를 들면, Si_3N_4 (질화규소) 로 이루어지는 세라믹스 기판 (11) 의 판 두께가 0.2 ㎜ ~ 1.5 ㎜, 순도 99.99 질량% 이상의 알루미늄 (이른바 4N 알루미늄) 으로 이루어지는 제 1 층 (121) 의 판 두께가 0.1 ㎜ ~ 2.5 ㎜, 금속층 (13) 의 판 두께가 0.1 ㎜ ~ 2.5 ㎜ 가 된다. 무산소동 (C1020) 으로 이루어지는 제 2 층 (122) 의 판 두께가 0.1 ㎜ ~ 4.0 ㎜, 방열측 접합재 (14) 의 판 두께가 0.05 ㎜ ~ 2.0 ㎜ 가 된다. A6063 알루미늄 합금으로 이루어지는 히트 싱크 (15A) 의 천면부 (51) 의 판 두께가 0.5 ㎜ ~ 3.0 ㎜ 가 된다. 단, 이들 치수는, 상기 수치 범위에 한정되는 것은 아니다.

이와 같이 구성되는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 에 있어서, 회로층 (12) 의 제 2 층 (122) 과 제 1 층 (121) 의 접합 면적을 A1 (㎟), 제 2 층 (122) 의 체적을 접합 면적 A1 로 나눈 상당 판 두께를 t1 (㎜), 제 2 층 (122) 의 내력을 σ1 (N/㎟), 제 2 층 (122) 의 선팽창 계수를 α1 (/K) 로 하고, 방열측 접합재 (14) 와 금속층 (13) 의 접합 면적을 A2 (㎟), 방열측 접합재 (14) 의 체적을 접합 면적 A2 로 나눈 상당 판 두께를 t2 (㎜), 방열측 접합재 (14) 의 내력을 σ2 (N/㎟), 방열측 접합재 (14) 의 선팽창 계수를 α2 (/K) 로 하고, 히트 싱크 (15A) 와 방열측 접합재 (14) 의 접합 면적을 A3 (㎟), 히트 싱크 (15A) 의 체적을 접합 면적 A3 으

로 나눈 상당 판 두께를 t3 (㎜), 히트 싱크 (15A) 의 내력을 σ3 (N/㎟), 히트 싱크 (15A) 의 선팽창 계수를 α3 (/K) 으로 했을 때에, 25 ℃ (실온) 에 있어서의 비율 (A1 × t1 × σ1 × α1)/{(A2 × t2 × σ2 × α2) + (A3 × t3 × σ3 × α3)} 이 0.70 이상 1.30 이하가 되는 관계로 조정된다.

상기 접합 면적 A1, A2, A3, 상당 판 두께 t1, t2, t3, 내력 σ1, σ2, σ3, 선팽창 계수 α1, α2, α3 은, 모두 25 ℃ (상온) 에 있어서의 값이다.

본 실시형태에서는, 회로층 (12) 은 복수의 소회로층 (21 ~ 23) 으로 이루어지기 때문에, 상기 비율의 관계식에 있어서 제 1 층 (121) 과 제 2 층 (122) 의 접합 면적 A1 은, 도 4 에 나타내는 바와 같이, 회로층 (12) 을 구성하는 각 소회로층 (21 ~ 23) 에 있어서의 3 개의 제 1 층 (121) 과 3 개의 제 2 층 (122) 의 접합 면적 a11 ~ a13 의 총합 (a11 + a12 + a13) 이 된다. 제 2 층 (122) 의 상당 판 두께 t1 은, 각 소회로층 (21 ~ 23) 에 있어서의 3 개의 제 2 층 (122) 의 총 체적 V1 을 접합 면적 A1 로 나눈 값이 된다.

예를 들어, 도 4 에 나타내는 바와 같이, 각 소회로층 (21 ~ 23) 의 제 2 층 (122) 의 체적을 각각 v11,v12,v13 으로 했을 때에, 제 2 층 (122) 의 총 체적 V1 = (v11 + v12 + v13) 이고, 제 2 층 (122) 의 상당 판 두께 t1 은, (V1/A1) = {(v11 + v12 + v13)/(a11 + a12 + a13)} 이 된다.

본 실시형태에서는, 방열측 접합재 (14) 가 한 장으로 구성되는 점에서, 도 4 에 나타내는 바와 같이, 방열측 접합재 (14) 와 금속층 (13) 의 접합 면적 A2 는 단독의 면적이 되고, 방열측 접합재 (14) 의 체적 V2 도 단독의 체적이 된다. 따라서, 방열측 접합재 (14) 의 상당 판 두께 t2 는 (V2/A2) 가 된다.

히트 싱크 (15A) 는, 1 장의 사각형 평판상의 천면부 (51) 로 구성되어 있고, 천면부 (51) 의 상면은, 도 4 에 나타내는 바와 같이 방열측 접합재 (14) 와의 접합면 (접합 면적 A3 으로 나타내는 부분) 보다 큰 면적을 갖고 있다. 이 때문에, 히트 싱크 (15A) 의 체적 V3 을 접합 면적 A3 으로 나눈 상당 판 두께 t3 = (V3/A3) 은, 히트 싱크 (15A) 의 실제의 판 두께보다 커진다. 천면부 (51) 에는 장착공 (52) 이 형성되어 있으므로, 히트 싱크 (15A) 의 체적 V3 에 장착공 (52) 의 공간 체적은 포함하지 않는다.

예를 들어, 각 소회로층 (21 ~ 23) 의 각 제 2 층 (122) 이 C1020 (무산소동, 25 ℃ 에 있어서의 내력 σ1 = 195 N/㎟, 선팽창 계수 α1 = 16.8/K) 으로 이루어지는 각각 동일 형상의 사각형 판상 (11 ㎜ × 36 ㎜ × 1.0 ㎜) 으로 형성되는 경우, 면적 a11 ~ a13 이 각각 (11 ㎜ × 36 ㎜), 체적 v11 ~ v13 이 각각 (11 ㎜ × 36 ㎜ × 1.0 ㎜) 이 되고, 총 면적 A1 = 3 × (11 ㎜ × 36 ㎜), 총 체적 V1 = 3 × (11 ㎜ × 36 ㎜ × 1.0 ㎜), 상당 판 두께 t1 = 1.0 ㎜ 가 된다.

방열측 접합재 (14) 가 제 2 층 (122) 과 동일 재료 (C1020, 내력 σ2 = 195 N/㎟, 선팽창 계수 α2 = 16.8/K) 로 이루어지는 사각형 판상 (36 ㎜ × 36 ㎜ × 0.1 ㎜) 으로 형성되는 경우, 접합 면적 A2 = (36 ㎜ × 36 ㎜), 체적 V2 = (36 ㎜ × 36 ㎜ × 0.1 ㎜), 상당 판 두께 t2 = 0.1 ㎜ 가 된다.

히트 싱크 (15A) 가 A6063 알루미늄 합금에서는, 25 ℃ 에 있어서의 내력 σ3 = 50 N/㎟, 선팽창 계수 α3 = 23.4/K 이다. 히트 싱크 (15A) 의 천면부 (51) 가 사각형 평판상 (50 ㎜ × 50 ㎜ × 1.0 ㎜) 으로 형성되고, 천면부 (51) 의 네 모퉁이에 장착공 (52) (직경 4.0 ㎜ × 깊이 1.0 ㎜) 이 형성되는 경우, 체적 V3 = {(50 ㎜ × 50 ㎜ × 1.0 ㎜) − 4 × (π) × $(2.0\ \text{㎜})^2$ × 1.0 ㎜} 가 된다.

히트 싱크 (15A) 와 방열측 접합재 (14) 의 접합 면적 A3 이 방열측 접합재 (14) 와 금속층 (13) 의 접합 면적 A2 와 동일한 크기 (36 ㎜ × 36 ㎜) 인 경우, 히트 싱크 (15A) 의 상당 판 두께 t3 = 1.9 ㎜ 가 된다.

이것들의 조합의 경우, 25 ℃ 에 있어서의 비율 (A1 × t1 × σ1 × α1)/{(A2 × t2 × σ2 × α2) + (A3 × t3 × σ3 × α3)} = 1.18 이 된다.

이와 같이 구성되는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 에는, 필요로 되는 기능에 따른 소자 (91) 가 탑재되고, 파워 모듈 (201) 이 제조된다.

소자 (91) 는, 반도체를 구비한 전자 부품이고, IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor), MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor), FWD (Free Wheeling Diode) 등의 여러 가지 반도체 소자가 선택된다.

이 경우, 소자 (91) 는, 도시를 생략하지만, 상부에 상부 전극부가 형성되고, 하부에 하부 전극부가 형성되어 있고, 하부 전극부가 회로층 (12) 의 상면에 솔더 등에 의해 접합됨으로써, 소자 (91) 가 회로층 (12) 의 상면 (제 2 층 (122)) 에 탑재되어 있다. 소자 (91) 의 상부 전극부는, 솔더 등으로 접합된 리드 프레임 (92) 등

을 개재하여 회로층 (12) 의 회로 전극부 등에 접속된다.

소자 (91) 가 탑재된 파워 모듈 (201) 은, 소자 (91) 와 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 이, 금속층 (13) 의 이면측을 제외하고 몰딩 수지 (93) 에 의해 수지 봉지됨으로써 일체화되어 있다. 몰딩 수지 (93) 로는, 예를 들어 SiO_2 필러가 들어간 에폭시계 수지 등을 사용할 수 있고, 예를 들어 트랜스퍼 몰드에 의해 성형된다.

다음으로, 이와 같이 구성되는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 을 제조하는 방법에 대해 설명한다. 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 은, 세라믹스 기판 (11) 과 회로층 (12) 중 제 1 층 (121) 및 금속층 (13) 을 접합한 후 (제 1 접합 공정), 제 1 층 (121) 의 표면에 제 2 층 (122), 금속층 (13) 의 표면에 방열측 접합재 (14), 또한 방열측 접합재 (14) 의 표면에 히트 싱크 (15A) 를 각각 접합함 (제 2 접합 공정) 으로써 제조된다.

[제 1 접합 공정]

도 3A 에 나타내는 바와 같이, 세라믹스 기판 (11) 의 일방의 면에 브레이징재 (41) 를 개재하여 회로층 (12) 중 제 1 층 (121) 이 되는 제 1 층 알루미늄판 (121a) 을 적층하고, 타방의 면에도 브레이징재 (41) 를 개재하여 금속층 (13) 이 되는 금속층 알루미늄판 (13a) 을 적층한다. 이들 적층체를 적층 방향으로 가압한 상태에서, 진공 분위기하에서 접합 온도로 가열함으로써, 각 층의 브레이징재 (41) 를 개재하여 접합되어, 일체로 형성된 접합체 (30) 를 얻는다.

이들의 접합에는, Al-Si 계 등의 합금의 브레이징재를 박의 형태로 사용하면 된다. Mg 를 함유하는 브레이징재를 사용하는 경우에는, 진공 분위기 중이 아니고, 비산화성 분위기 중에서 브레이징할 수 있다. 브레이징 접합시의 조건으로는, 예를 들어, 가압력이 0.1 ㎫ ~ 1.0 ㎫, 가열 온도가 630 ℃ ~ 650 ℃ 가 되고, 이 가압 및 가열 상태를 10 분 ~ 50 분 유지한다.

[제 2 접합 공정]

도 3B 에 나타내는 바와 같이, 제 1 접합 공정에 의해 얻어진 접합체 (30) 의 제 1 층 (121) 에, 제 2 층 (122) 이 되는 제 2 층 구리판 (122a) 을 적층하고, 금속층 (13) 에 방열측 접합재 (14) 가 되는 접합판 (14a) 을 개재하여 히트 싱크 (15A) 를 적층한다. 이들 적층체를 적층 방향으로 가압한 상태에서, 진공 분위기하에서 접합 온도로 가열함으로써, 제 1 층 (121) 과 제 2 층 (122), 금속층 (13) 과 방열측 접합재 (14), 방열측 접합재 (14) 와 히트 싱크 (15A) 를, 각각 고상 확산 접합한다.

이 경우 예를 들어, 가압력으로는 0.5 ㎫ ~ 2.0 ㎫, 가열 온도로는 500 ℃ ~ 540 ℃ 가 되고, 이 가압 및 가열 상태를 30 분 ~ 120 분 유지한다. 이로써, 제 1 층 (121) 과 제 2 층 (122), 금속층 (13) 과 방열측 접합재 (14), 방열측 접합재 (14) 와 히트 싱크 (15A) 가 동시에 접합되어, 도 1 에 나타내는 바와 같이, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 이 얻어진다.

본 실시형태에 있어서는, 제 1 층 (121) 과 제 2 층 (122), 금속층 (13) 과 방열측 접합재 (14), 방열측 접합재 (14) 와 히트 싱크 (15A) 의, 각각의 접합면은, 미리 흠집이 제거되어 평활하게 된 후에 고상 확산 접합된다.

고상 확산 접합에 있어서의 진공 가열의 바람직한 가열 온도는, 알루미늄과 구리의 공정 온도 - 5 ℃ 이상, 공정 온도 미만의 범위가 된다.

이와 같이 구성되는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 은, 상기 서술한 바와 같이, 회로층 (12) 의 제 2 층 (122) 에 구리재를 사용하고, 히트 싱크 (15A) 에 알루미늄재를 사용하여, 제 2 층 (122) 을 알루미늄보다 도전성이 우수한 구리에 의해 구성하고 있다. 히트 싱크 (15A) 에 알루미늄의 순도가 낮고, 강성이 높은, 즉 내력이 높은 알루미늄재를 사용함과 함께, 금속층 (13) 과 히트 싱크 (15A) 사이의 방열측 접합재 (14) 에 구리재를 사용하고, 이것들의 조합에 있어서, 25 ℃ (실온) 에 있어서의 비율 $(A1 \times t1 \times \sigma1 \times \alpha1)/\{(A2 \times t2 \times \sigma2 \times \alpha2) + (A3 \times t3 \times \sigma3 \times \alpha3)\}$ 을 0.70 이상 1.30 이하의 범위로 조정함으로써, 세라믹스 기판 (11) 을 중심으로 한 대칭 구조를 구성하고 있다.

이와 같이, 본 실시형태에서는, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 을 구성하는 각 부재의 강성을 내력뿐만 아니라, 각 부재의 체적을 접합 면적으로 나눈 상당 판 두께와 각 부재의 선팽창 계수를 더한 관계식 (비율) 으로 평가하고 있다. 이 때문에, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 과 같이, 복수의 소회로층 (21 ~ 23) 을 나열하여 회로층 (12) 을 패턴화한 구성에 있어서도, 세라믹스 기판 (11) 을 중심으로 한 대칭 구조를 용이하게 구성할 수 있어, 가열시에 있어서의 휨의 발생을 방지할 수 있다.

히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 에 있어서, 세라믹스 기판 (11) 과 접합되는 제 1 층 (121) 과 금속층 (13) 에는, 순도 99.99 질량% 이상의 비교적 유연한, 즉 내력이 낮은 알루미늄판을 배치하고 있으므로, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 의 가열시 등에 세라믹스 기판 (11) 에 가해지는 열응력을 저감시켜 균열이 발생하는 것을 방지할 수 있다.

따라서, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 의 가열시 등에 세라믹스 기판 (11) 의 양면에 작용하는 응력에 치우침이 잘 발생하지 않아, 소자 (91) 의 실장 공정시나 사용 환경에 있어서 휨의 발생을 억제할 수 있다.

이 때문에, 파워 모듈 (201) 의 접합 신뢰성을 향상시킬 수 있어, 양호한 방열성을 발휘할 수 있다.

또한, 본 실시형태의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 은, 히트 싱크 (15A) 에 방열측 접합재 (14) 와의 접합면보다 대면적의 천면부 (51) 를 형성하고 있으므로, 소자 (91) 가 실장된 파워 모듈 (201) 을 몰딩 수지 (93) 등으로 봉지할 때에, 몰딩 수지 (93) 와의 접착 면적을 넓게 형성할 수 있다. 따라서, 소자 (91) 와 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (101) 의 접합 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

(제 2 실시형태)

상기 서술한 제 1 실시형태에 있어서는, 히트 싱크 (15A) 가 평판상의 천면부 (51) 로 이루어지는 구성으로 되어 있었지만, 도 5 및 도 6 에 나타내는 제 2 실시형태의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (102) (파워 모듈 (202)) 과 같이, 복수의 핀 핀 (53) 을 배치 형성한 히트 싱크 (15B) 를 구비하는 구성도, 본 발명에 포함된다.

이 제 2 실시형태에 있어서 제 1 실시형태와의 공통 요소에는 동일 부호를 붙여 설명을 간략화한다.

제 2 실시형태의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (102) 및 파워 모듈 (202) 에 있어서, 파워 모듈용 기판 (10A) 및 방열측 접합재 (14) 의 구성은 제 1 실시형태와 동일하지만, 도 5 및 도 6 에 나타내는 바와 같이, 히트 싱크 (15B) 가 천면부 (51) 의 하면에 복수의 핀 핀 (53) 을 세워 형성한 형상이 된다.

히트 싱크 (15B) 는, 복수의 핀 핀 (53) 을 갖고 있는 점에서, 전체의 체적 V3 은 천면부 (51) 와 핀 핀 (53) 을 포함시킨 값이 되고, 이 체적 V3 으로부터 히트 싱크 (15B) 의 상당 판 두께 t3 이 구해진다.

이와 같이 구성되는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (102) 에 있어서, 25 ℃ (실온) 에 있어서의 비율 (A1 × t1 × σ1 × α1)/{(A2 × t2 × σ2 × α2) + (A3 × t3 × σ3 × α3)} 이 0.70 이상 1.30 이하가 되는 관계로 조정된다.

이 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (102) 에 있어서도, 25 ℃ 에 있어서의 비율 (A1 × t1 × σ1 × α1)/{(A2 × t2 × σ2 × α2) + (A3 × t3 × σ3 × α3)} 을 상기 범위 내로 조정함으로써, 세라믹스 기판 (11) 을 중심으로 한 대칭 구조를 구성할 수 있어, 가열시에 있어서의 휨의 발생을 방지할 수 있다.

(제 3 실시형태)

도 7 및 도 8 은, 제 3 실시형태의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (103) (파워 모듈 (203)) 을 나타내고 있다. 이 제 3 실시형태에 있어서도, 제 1 실시형태 및 제 2 실시형태와 공통 요소에는 동일 부호를 붙여 설명을 간략화한다.

제 3 실시형태의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (103) 및 파워 모듈 (203) 에 있어서, 파워 모듈용 기판 (10A) 및 방열측 접합재 (14) 의 구성은 제 1 실시형태와 동일하지만, 도 8 에 나타내는 바와 같이, 히트 싱크 (15C) 가 천면부 (51) 의 둘레 가장자리로부터 회로층 (12) 측을 향하여 세워 형성된 둘레벽부 (54) 를 갖고 있고, 히트 싱크 (15C) 의 상면에는 천면부 (51) 와 둘레벽부 (54) 로 둘러싸인 수용 오목부 (55) 가 형성되어 있다.

이 수용 오목부 (55) 의 바닥면과 방열측 접합재 (14) 가 고상 확산 접합됨으로써, 방열측 접합재 (14) 를 개재하여 파워 모듈용 기판 (10A) 과 히트 싱크 (15C) 가 접합된다. 히트 싱크 (15C) 의 수용 오목부 (55) 에, 방열측 접합재 (14) 의 적어도 일부가 수용되어 있다. 본 실시형태에서는, 방열측 접합재 (14), 금속층 (13) 과 세라믹스 기판 (11), 및 제 1 층 (121) 의 일부까지가 수용 오목부 (55) 의 내측에 수용되어 있다.

이와 같이, 히트 싱크 (15C) 는 둘레벽부 (54) 를 갖고 있는 점에서, 전체의 체적 V3 이 천면부 (51) 와 핀 핀 (53) 에 더하여 둘레벽부 (54) 를 포함시킨 값이 되고, 이 체적 V3 으로부터 히트 싱크 (15C) 의 상당 판 두께 t3 가 구해진다.

이와 같이 구성되는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (103) 에 있어서, 25 ℃ (실온) 에 있어서의 비율 (A1 × t1 × σ1 × α1)/{(A2 × t2 × σ2 × α2) + (A3 × t3 × σ3 × α3)} 이 0.70 이상 1.30 이하가 되는

관계로 조정된다.

히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (103) 에 있어서도, 25 ℃ 에 있어서의 비율 (A1 × t1 × σ1 × α1)/{(A2 × t2 × σ2 × α2) + (A3 × t3 × σ3 × α3)} 을 상기 범위 내로 조정함으로써, 세라믹스 기판 (11) 을 중심으로 한 대칭 구조를 구성할 수 있어, 가열시에 있어서의 휨의 발생을 방지할 수 있다.

히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (103) 에서는, 히트 싱크 (15C) 에 둘레벽부 (54) 로 둘러싸인 수용 오목부 (55) 를 형성하고 있으므로, 소자 (91) 가 실장된 파워 모듈 (203) 을 몰딩 수지 (93) 등으로 봉지할 때에, 몰딩 수지 (93) 와의 접착 면적을 더욱 넓게 형성할 수 있다. 따라서, 소자 (91) 와 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (103) 의 접합 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

(제 4 실시형태)

도 9 및 도 10 은, 제 4 실시형태의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (104) (파워 모듈 (204)) 을 나타내고 있다. 이 제 4 실시형태에 있어서도, 상기의 제 1 ~ 제 3 실시형태와 공통 요소에는 동일 부호를 붙여 설명을 간략화한다.

제 4 실시형태의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (104) 및 파워 모듈 (204) 에 있어서, 방열측 접합재 (14) 및 히트 싱크 (15A) 의 구성은 제 1 실시형태와 동일하지만, 도 9 및 도 10 에 나타내는 바와 같이, 회로층 (12) 의 제 2 층 (122) 에, 제 1 층 (121) 보다 바깥쪽으로 돌출되는 단자부 (123) 가 일체로 형성되어 있다. 이 단자부 (123) 에 외부 접속용의 리드 프레임 (94) 이 솔더 등에 의해 접속되어 있다.

이와 같이, 제 2 층 (122) 은 단자부 (123) 를 갖고 있는 점에서, 전체의 체적 V1 이 단자부 (123) 를 포함시킨 값이 되고, 이 체적 V1 로부터 제 2 층 (122) 의 상당 판 두께 t1 이 구해진다.

이와 같이 구성되는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (104) 에 있어서, 25 ℃ (실온) 에 있어서의 비율 (A1 × t1 × σ1 × α1)/{(A2 × t2 × σ2 × α2) + (A3 × t3 × σ3 × α3)} 이 0.70 이상 1.30 이하가 되는 관계로 조정된다.

히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (104) 에 있어서도, 25 ℃ 에 있어서의 비율 (A1 × t1 × σ1 × α1)/{(A2 × t2 × σ2 × α2) + (A3 × t3 × σ3 × α3)} 을 상기 범위 내로 조정함으로써, 세라믹스 기판 (11) 을 중심으로 한 대칭 구조를 구성할 수 있어, 가열시에 있어서의 휨의 발생을 방지할 수 있다.

이와 같이, 회로층 (12) 이나 히트 싱크 (15A) 의 형상이 여러 가지 베리에이션으로 구성되는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 (104) 에 있어서도, 각 부재의 강성뿐만 아니라, 각 부재의 체적을 접합 면적으로 나눈 상당 판 두께와 각 부재의 선팽창 계수를 더한 관계식으로 평가함으로써, 세라믹스 기판 (11) 을 중심으로 한 대칭 구조를 구성할 수 있어, 가열시에 있어서의 휨의 발생을 방지할 수 있다.

본 발명은 상기 실시형태의 구성의 것에 한정되는 것은 아니고, 세부 구성에 있어서는, 본 발명의 취지를 일탈하지 않는 범위에 있어서 여러 가지의 변경을 더하는 것이 가능하다.

실시예

다음으로, 본 발명의 효과를 실시예를 사용하여 상세하게 설명하지만, 본 발명은 하기의 실시예에 한정되는 것은 아니다.

발명예 1 ~ 10 및 비교예 1 ~ 3 의 시료를 구성하는 부재로는, 판 두께 0.635 ㎜ 의 AlN 으로 이루어지는 세라믹스 기판과, 판 두께 0.6 ㎜ 의 4N-Al 로 이루어지는 제 1 층 및 금속층을 준비하였다. 회로층의 제 2 층, 방열측 접합재 및 히트 싱크에 대해서는, 각각의 재질, 상당 판 두께, 접합 면적, 선팽창 계수 (CTE), 내력을 표 1 ~ 3 에 나타낸다.

표 1, 2 의「실시형태」는, 각 시료의 제 2 층 및 히트 싱크가, 어느 실시형태의 형태 (형상) 로 형성되었는지를 나타내고 있다. 표 4 에 있어서의「비율」은, 25 ℃ 에서의 비율 (A1 × t1 × σ1 × α1)/{(A2 × t2 × σ2 × α2) + (A3 × t3 × σ3 × α3)} 을 나타낸다. 도 1 ~ 3 에 있어서의「내력」은, JIS 규격 G0567 : 2012 에 기초하는 방법에 의해 25 ℃ 에서의 내력을 계측하였다.

이것들을 제 1 실시형태에서 서술한 제조 방법에 의해 접합하여, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 시료를 제조하였다. 얻어진 각 시료에 대해, 접합 후의 상온 (25 ℃) 시에 있어서의 휨량 (초기 휨), 280 ℃ 가열시의 휨량 (가열시 휨) 을 각각 측정하였다.

휨량은, 히트 싱크의 배면의 중심 부분 (40 ㎜ × 40 ㎜ 의 범위) 에 있어서의 평면도의 변화를 무아레식 삼차원 형상 측정기로 측정하였다. 초기 휨과 가열시 휨의 차분이 150 ㎛ 이하인 경우를 휨량이 적고 좋음「A」, 차분이 150 ㎛ 를 초과한 경우를 휨량이 크고 나쁨「B」라고 평가하였다. 표 4 에 결과를 나타낸다.

표 1

실시예	회로층의 제 2 층					실시형태
	재질	상당판두께 t1 mm	접합 면적 A1 mm^2	CTE $\alpha 1$ 1/K	내력 $\sigma 1$ N/mm^2	
발명예 1	C1020	2.0	1369	16.8	195	제 2
발명예 2	C1020	2.0	1369	16.8	195	제 2
발명예 3	C1020	2.0	1184	16.8	195	제 2
발명예 4	C1020	1.5	1369	16.8	195	제 3
발명예 5	C1020	1.5	1369	16.8	195	제 3
발명예 6	C1020	1.5	1369	16.8	195	제 1
발명예 7	C1020	1.5	1369	16.8	195	제 1
발명예 8	C1020	1.5	1369	16.8	195	제 1
발명예 9	C1020	2.0	1369	16.8	195	제 1
발명예 10	C1020	1.5	1369	16.8	195	제 1
비교예 1	C1020	2.0	1369	16.8	195	제 2
비교예 2	C1020	2.0	1369	16.8	195	제 1
비교예 3	C1020	2.0	1369	16.8	195	제 1

표 2

실시예	히트 싱크					실시형태
	재질	상당판두께 t2 mm	접합 면적 A2 mm^2	CTE $\alpha 2$ 1/K	내력 $\sigma 2$ N/mm^2	
발명예 1	A6063	3.5	1600	23.4	50	제 2
발명예 2	A6063	4.0	1600	23.4	50	제 2
발명예 3	A6063	3.0	1600	23.4	50	제 2
발명예 4	A6063	3.0	1600	23.4	50	제 3
발명예 5	A6063	3.5	1600	23.4	50	제 3
발명예 6	A6063	1.0	1600	23.4	50	제 1
발명예 7	A6063	0.5	1600	23.4	50	제 1
발명예 8	A1050	1.0	1600	23.4	30	제 1
발명예 9	A1050	0.2	1600	23.4	30	제 1
발명예 10	A1050	0.2	1600	23.4	30	제 1
비교예 1	A6063	3.5	1600	23.4	50	제 2
비교예 2	A6063	2.0	1600	23.4	50	제 1
비교예 3	A1050	0.2	1600	23.4	30	제 1

표 3

실시예	히트 싱크측 접합재				
	재질	상당판두께	접합 면적	CTE	내력
		t3	A3	α3	σ3
		mm	mm^2	1/K	N/mm^2
발명예 1	C1020	0.1	1600	16.8	195
발명예 2	C1020	0.5	1600	16.8	195
발명예 3	C1020	0.5	1600	16.8	195
발명예 4	C1020	0.1	1600	16.8	195
발명예 5	C1020	0.5	1600	16.8	195
발명예 6	C1020	1.0	1600	16.8	195
발명예 7	C1020	1.5	1600	16.8	195
발명예 8	C1020	1.0	1600	16.8	195
발명예 9	C1020	1.8	1600	16.8	195
발명예 10	C1020	1.0	1600	16.8	195
비교예 1	C1020	1.5	1600	16.8	195
비교예 2	C1020	0.5	1600	16.8	195
비교예 3	C1020	1.0	1600	16.8	195

표 4

실시예	비율	평가
발명예 1	1.27	A
발명예 2	0.89	A
발명예 3	0.94	A
발명예 4	1.10	A
발명예 5	0.73	A
발명예 6	0.95	A
발명예 7	0.76	A
발명예 8	1.06	A
발명예 9	0.93	A
발명예 10	1.23	A
비교예 1	0.62	B
비교예 2	1.41	B
비교예 3	1.64	B

표 4 로부터 알 수 있는 바와 같이, 25 ℃ 에 있어서의「비율」이 0.70 이상 1.30 이하인 범위 내가 되는 발명예 1 ~ 10 에서는, 초기 휨과 가열시 휨의 차분이 작아지고, 가열시에 있어서의 휨량이 작은 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판이 얻어지는 것을 확인할 수 있었다.

산업상 이용가능성

회로층과 히트 싱크를 상이한 재료로 형성한 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판에 있어서, 가열시의 휨을 저감시켜, 반도체 소자의 실장 공정에서의 문제를 해소함과 함께, 온도 사이클 (냉열 사이클) 시의 휨을 억제할 수 있어, 접합 신뢰성을 향상시킨다.

부호의 설명

10A : 파워 모듈용 기판

11 : 세라믹스 기판

12 : 회로층

13 : 금속층

13a : 금속층 알루미늄판

14 : 방열측 접합재

14a : 접합판

15A, 15B, 15C : 히트 싱크

21, 22, 23 :소회로층

30 : 접합체

51 : 천면부

52 : 장착공

53 : 핀 핀

54 : 둘레벽부

55 : 수용 오목부

91 : 소자 (반도체 소자)

92, 94 : 리드 프레임

93 : 몰딩 수지

101, 102, 103, 104 : 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판

121 : 제 1 층

121a : 제 1 층 알루미늄판

122 : 제 2 층

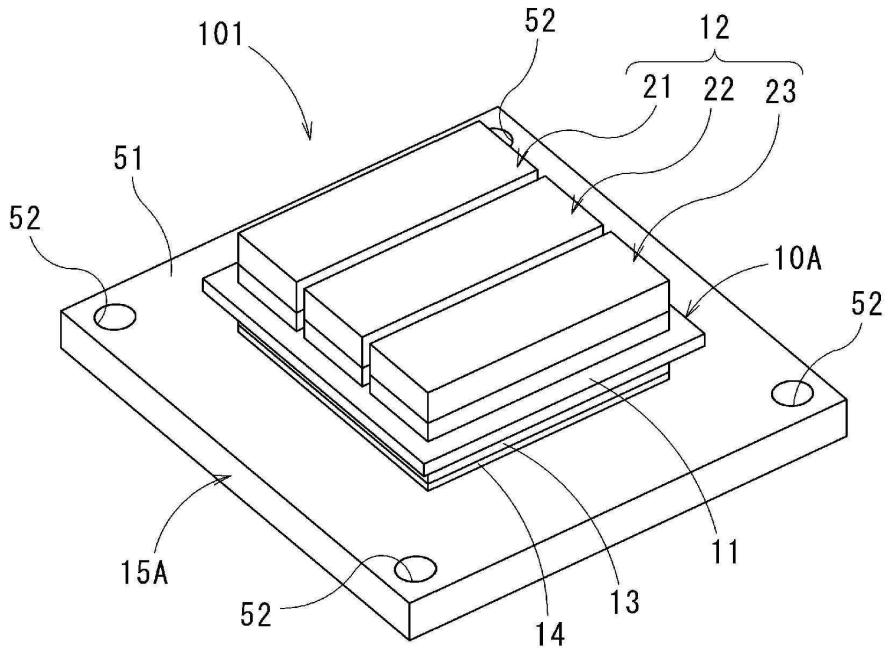
122a : 제 2 층 구리판

123 : 단자부

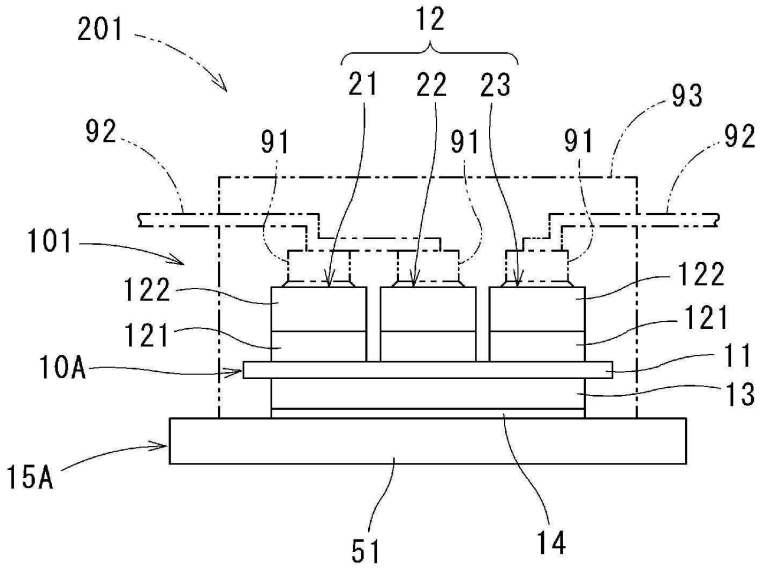
201, 202, 203, 204 : 파워 모듈

도면

도면1

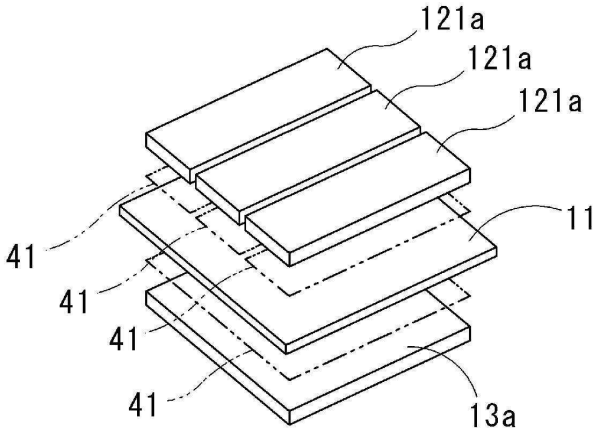

101
52
12
21
22
23
51
52
10A
52
15A
52
14
13
11

도면2

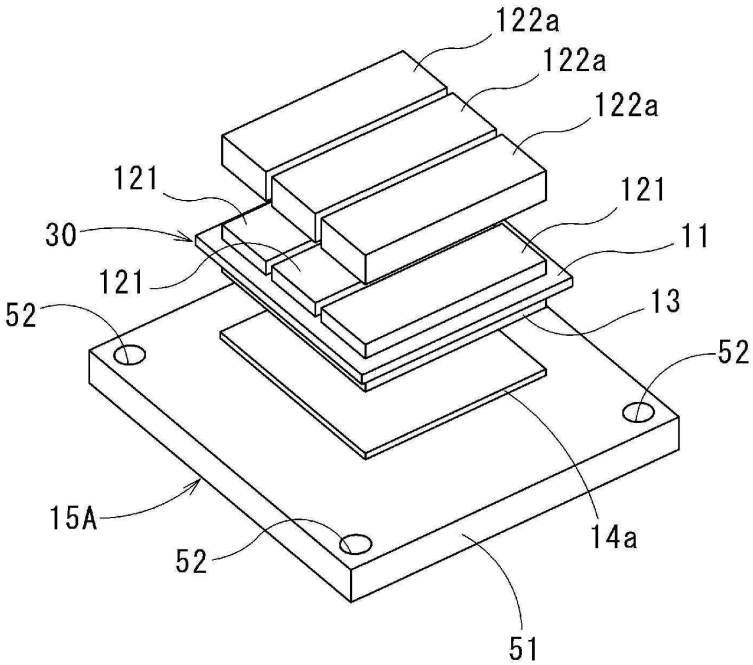

201
12
21
22
23
93
92
91
91
91
92
101
122
122
121
121
10A
11
13
15A
51
14

도면3

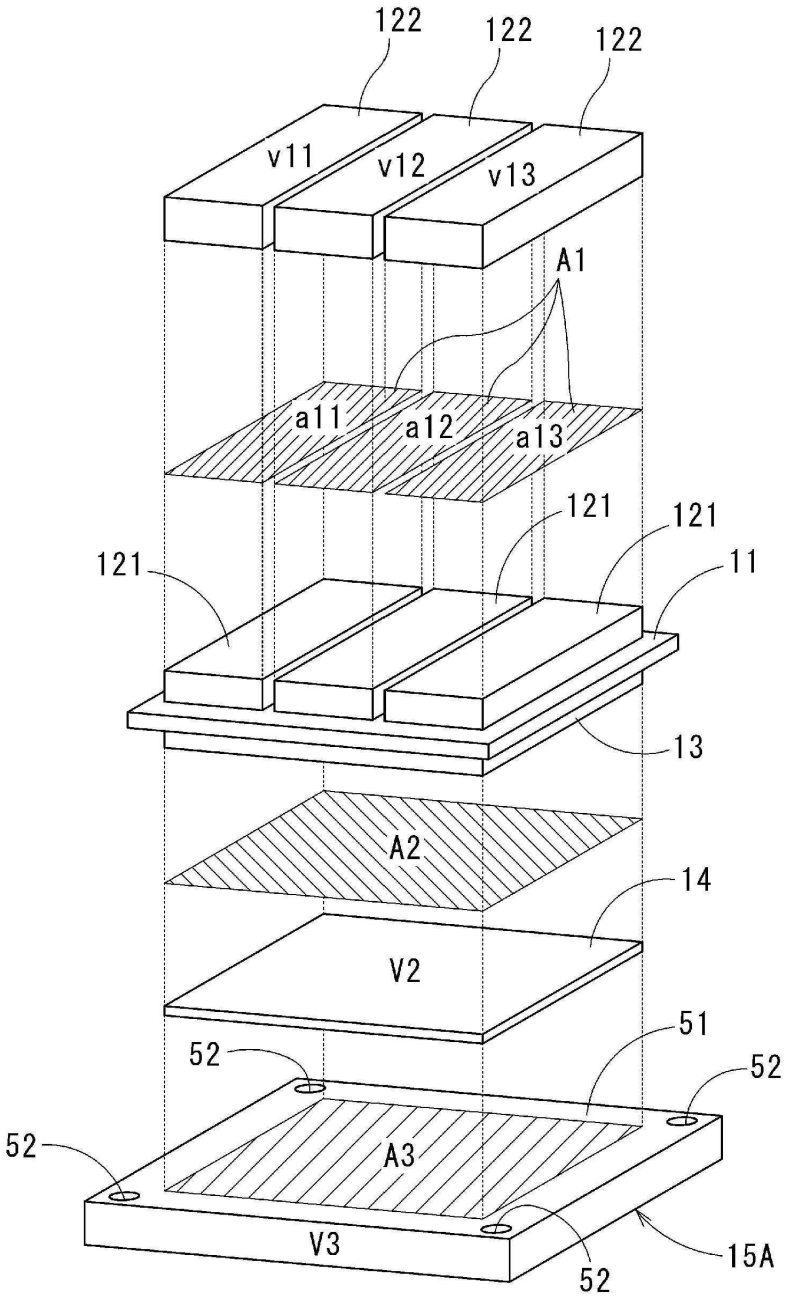
도 3A


121a
121a
121a
11
41
41
41
41
13a

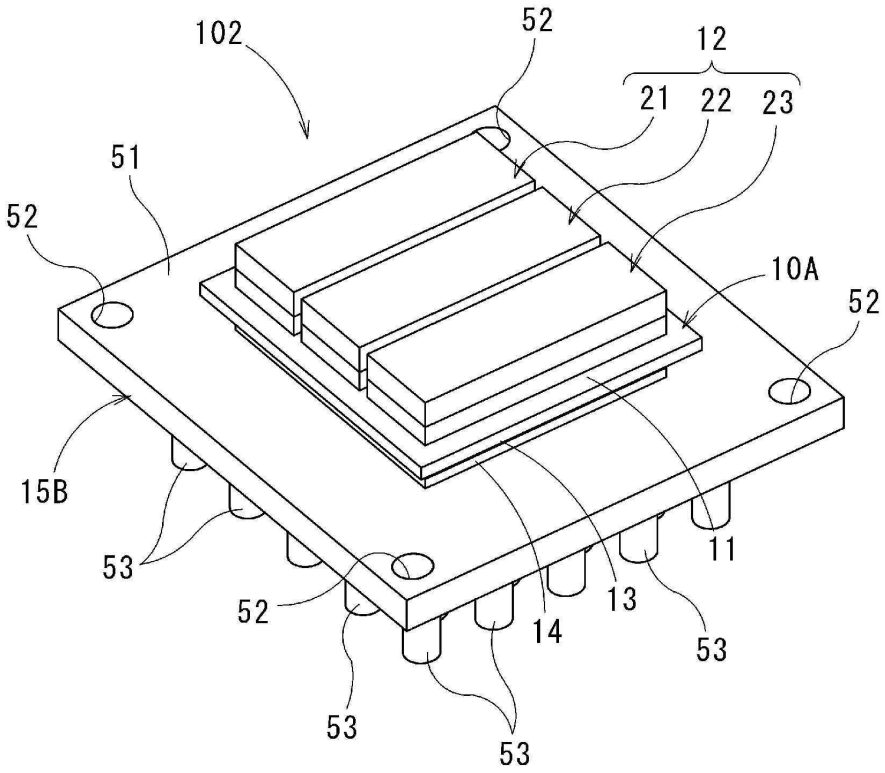
도 3B


122a
122a
122a
121
121
30
11
121
13
52
52
15A
52
14a
51

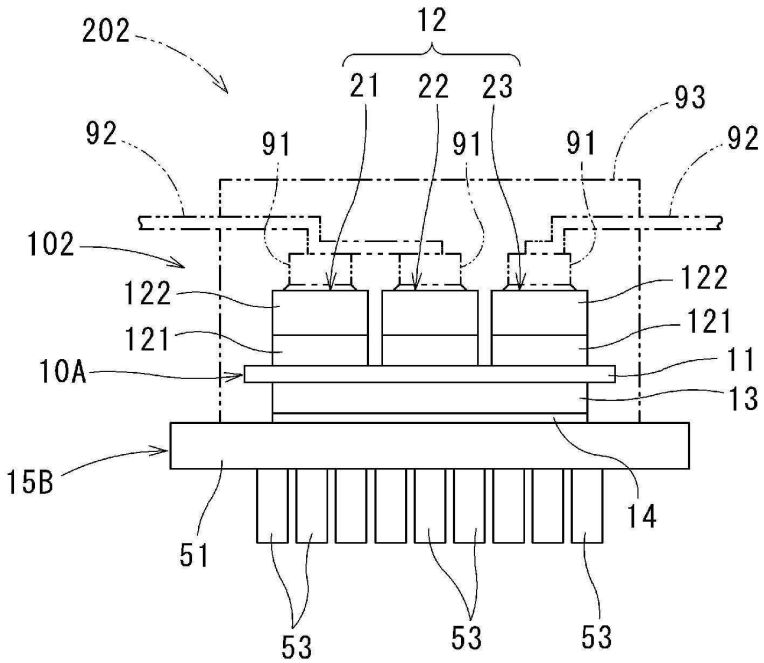
도면4


122
122
122
v11
v12
v13
A1
a11
a12
a13
121
121
121
11
13
A2
14
V2
51
52
52
52
A3
V3
52
15A

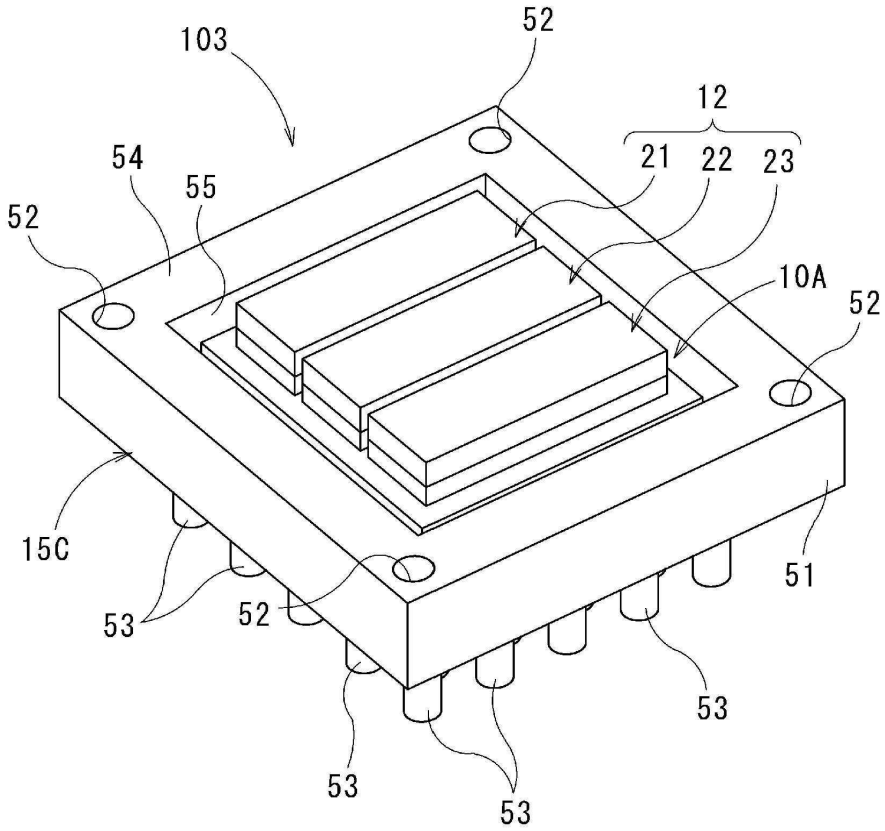
도면5


102
52
12
21
22
23
51
52
10A
52
15B
53
11
52
13
14
53
53
53

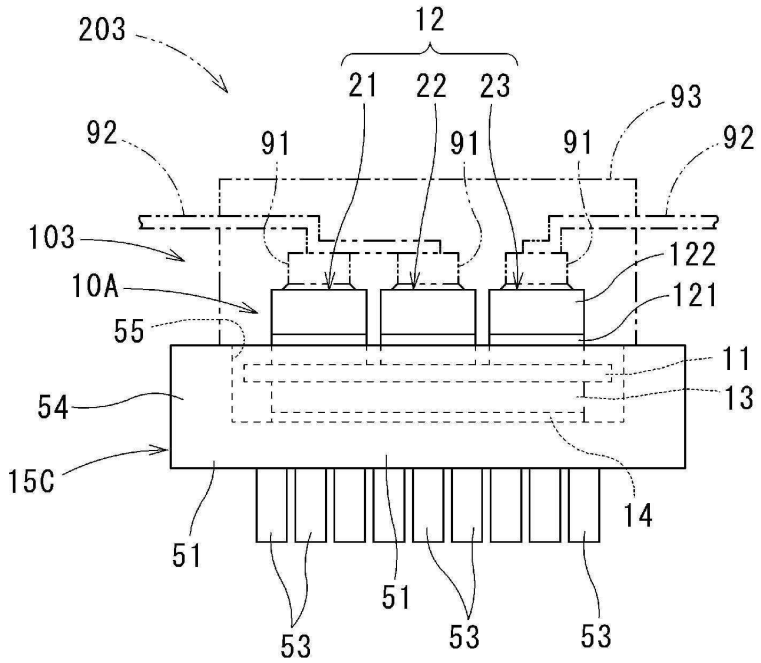
도면6


202
12
21
22
23
93
92
91
91
91
92
102
122
122
121
121
10A
11
13
15B
14
51
53
53
53

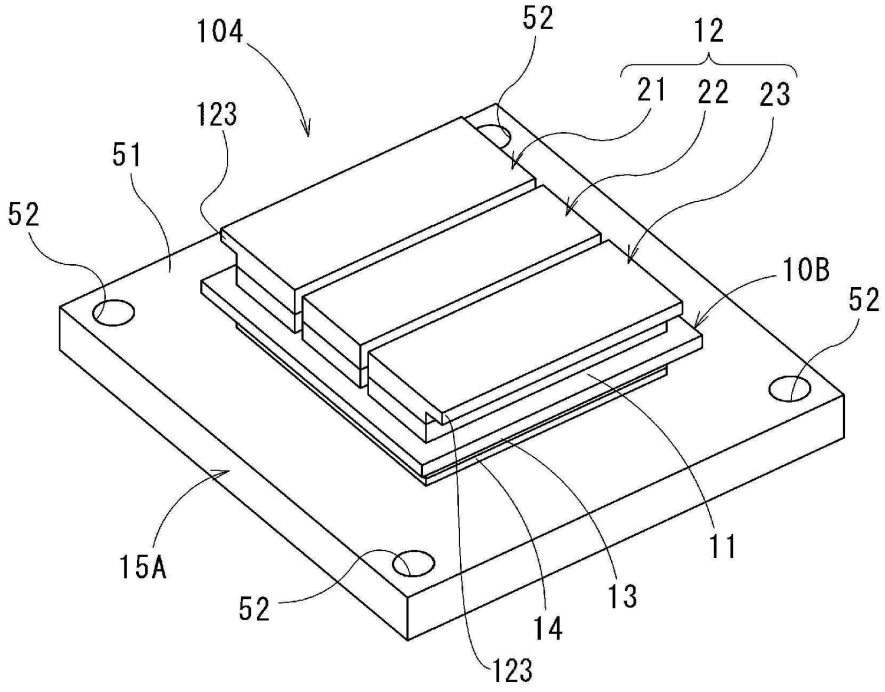
도면7


103
52
12
21
22
23
54
55
52
10A
52
15C
53
52
51
53
53
53

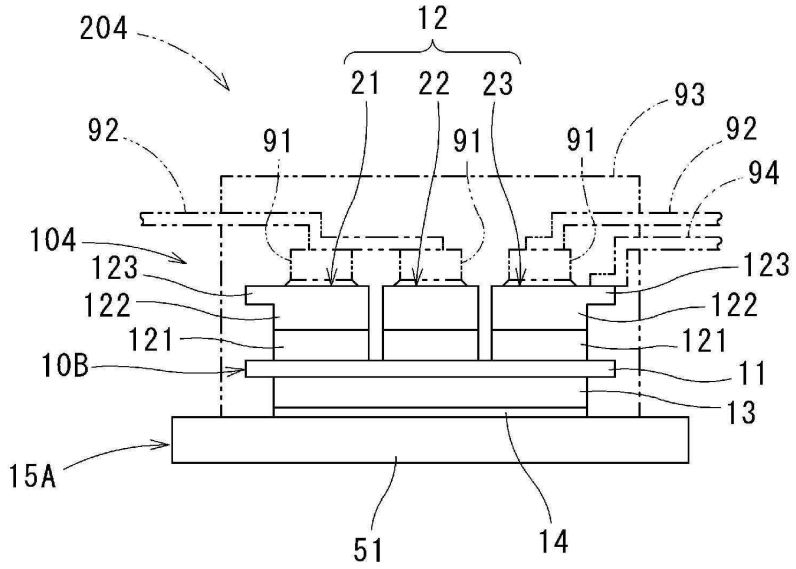
도면8


203
12
21
22
23
93
92
91
91
91
92
103
122
10A
121
55
11
13
54
15C
14
51
51
53
53
53

도면9


104
52
12
21
22
23
123
51
52
10B
52
11
15A
52
13
14
123

도면10


204
12
21
22
23
93
92
91
91
91
92
94
104
123
123
122
122
121
121
10B
11
13
15A
51
14