



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년08월28일

(11) 등록번호 10-1548474

(24) 등록일자 2015년08월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 23/36 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-7026261

(22) 출원일자(국제) 2013년03월29일

심사청구일자 2014년12월12일

(85) 번역문제출일자 2014년09월19일

(65) 공개번호 10-2014-0145129

(43) 공개일자 2014년12월22일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2013/059464

(87) 국제공개번호 WO 2013/147121

국제공개일자 2013년10월03일

(30) 우선권주장

JP-P-2012-083247 2012년03월30일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2002064169 A

JP2011238892 A

WO2007017945 A1

(73) 특허권자

미쓰비시 마테리알 가부시카이가이사

일본국 도쿄도 지요다쿠 오테마치 1쵸메 3방 2고

(72) 발명자

나가토모 요시유키

일본 사이타마켄 기타모토시 시모이시토카미

1975-2 미쓰비시 마테리알 가부시카이가이사 주오켄  
큐쇼 나이

이시즈카 히로야

일본 사이타마켄 기타모토시 시모이시토카미

1975-2 미쓰비시 마테리알 가부시카이가이사 주오켄  
큐쇼 나이

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인코리어나

전체 청구항 수 : 총 4 항

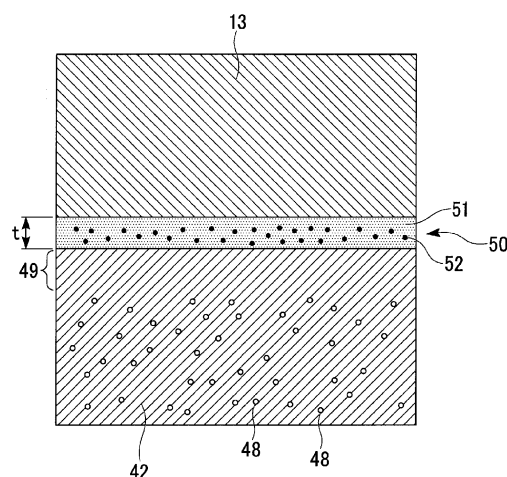
심사관 : 홍종선

(54) 발명의 명칭 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기판, 및 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기판의 제조 방법

## (57) 요약

이 파워 모듈용 기판은, 절연층의 일방의 면에 회로층이 배치 형성된 파워 모듈용 기판과, 이 파워 모듈용 기판의 타방의 면측에 접합된 히트싱크를 구비한 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기판으로서, 상기 히트싱크의 접합면 및 상기 파워 모듈용 기판의 접합면이, 각각 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 구성되어 있고, 상기 히트싱크와 상기 파워 모듈용 기판의 접합 계면에는, Al-Si 공정 조직에 Mg 를 함유하는 Mg 함유 화합물 (52) (MgO 를 제외한다) 이 분산된 접합층 (50) 이 형성되어 있고, 접합층 (50) 의 두께 (t) 가 5  $\mu\text{m}$  이상 80  $\mu\text{m}$  이하의 범위 내로 되어 있다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

**나가세 도시유키**

일본 사이타마켄 기타모토시 시모이시토카미  
1975-2 미쓰비시 마테리알 가부시카이가이사 주오겐  
큐쇼 나이

**구로미츠 요시로우**

일본 이바라키켄 나카시 무코야마 1002번지 14 미  
쓰비시 마테리알 가부시카이가이사 주오겐큐쇼 나이

**에도 마사카즈**

일본 시즈오카켄 스소노시 히라마츠 85번지 미즈비  
시 알루미늄 컴파니 리미티드 후지세이사쿠쇼 나이

**미야케 히데유키**

일본 시즈오카켄 스소노시 히라마츠 85번지 미즈비  
시 알루미늄 컴파니 리미티드 후지세이사쿠쇼 나이

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관으로서,

절연층의 일방의 면에 회로층이 배치 형성된 파워 모듈용 기관과,

상기 파워 모듈용 기관의 타방의 면측에 접합된 히트싱크를 구비하고,

상기 히트싱크의 접합면 및 상기 파워 모듈용 기관의 접합면이, 각각 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 구성되어 있고,

상기 파워 모듈용 기관은, 상기 절연층의 타방의 면측에 알루미늄 또는 알루미늄 합금의 압연판으로 이루어지는 금속층이 형성되고, 그 금속층과 상기 히트싱크가 접합되어 있고,

상기 히트싱크와 상기 파워 모듈용 기관의 접합 계면에는 접합층이 형성되어 있고,

상기 접합층의 두께가 5  $\mu\text{m}$  이상 80  $\mu\text{m}$  이하의 범위 내로 되고, 상기 접합층에 있어서의 MgO 의 함유량이 20 면적% 이하 (단, 면적% 는, 접합층의 단면에 있어서 MgO 의 면적을 접합층의 면적으로 나눈 백분율 값을 나타낸다) 로 되고,

상기 접합층에 있어서, Al-Si 공정 조직에, MgO 이외의 Mg 를 함유하는 Mg 함유 화합물이 분산되어 있는 것을 특징으로 하는 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 히트싱크의 접합면 및 상기 파워 모듈용 기관의 접합면의 적어도 일방이, Mg 를 함유한 Mg 함유 알루미늄 합금으로 구성되어 있고,

상기 Mg 함유 알루미늄 합금으로 구성된 접합면의 접합 계면 근방에는, Mg 함유 화합물의 존재 비율이 감소한 Mg 저감 영역이 형성되어 있는, 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관.

### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 접합층에 분산된 Mg 함유 화합물이, MgSi 계 화합물 또는 MgAlO 계 화합물을 함유하는, 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관.

### 청구항 4

절연층의 일방의 면에 회로층이 배치 형성된 파워 모듈용 기관과, 이 파워 모듈용 기관의 타방의 면측에 접합된 히트싱크를 구비한 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관의 제조 방법으로서,

상기 히트싱크의 접합면 및 상기 파워 모듈용 기관의 접합면이, 각각 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 구성되어 있고,

상기 파워 모듈용 기관은, 상기 절연층의 타방의 면측에 알루미늄 또는 알루미늄 합금의 압연판으로 이루어지는 금속층이 형성되고, 이 금속층과 상기 히트싱크가 접합되어 있고,

상기 히트싱크와 상기 파워 모듈용 기관의 접합 계면에, Al-Si 계 납재와 Mg 를 개재시켜, 상기 히트싱크와 상기 파워 모듈용 기관을 적층시키고,

상기 히트싱크와 상기 파워 모듈용 기관을 적층 방향으로 0.001 MPa 이상 0.5 MPa 이하의 조건으로 가압한 상태에서, 질소 분위기 중에서 상압에서 플럭스를 사용하지 않고 납땀을 실시하고,

상기 히트싱크와 상기 파워 모듈용 기관의 접합 계면에, 두께가 5  $\mu\text{m}$  이상 80  $\mu\text{m}$  이하의 범위 내, MgO 의 함유량이 20 면적% 이하 (단, 면적% 는, 접합층의 단면에 있어서 MgO 의 면적을 접합층의 면적으로 나눈 백분율

값을 나타낸다) 인 접합층을 형성할 때, 상기 접합층에 있어서의 Al-Si 공정 조직에 MgO 이외의 Mg 를 함유하는 Mg 함유 화합물을 분산시키는 것을 특징으로 하는 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관의 제조 방법.

## 청구항 5

삭제

## 청구항 6

삭제

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 히트싱크의 접합면 및 파워 모듈용 기관의 접합면이 각각 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 구성된 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관, 및 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관의 제조 방법에 관한 것이다.

[0002] 본원은 2012년 3월 30일에 일본에 출원된 일본 특허출원 2012-083247호에 기초하여 우선권을 주장하고, 그 내용을 여기에 원용한다.

### 배경기술

[0003] 상기 서술한 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관으로는, 예를 들어, 특허문헌 1 ~ 3 에 개시된 것이 제안되어 있다.

[0004] 특허문헌 1, 2 에 기재된 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관은, AlN (질화알루미늄) 으로 이루어지는 세라믹스 기관의 양면에 Al (알루미늄) 의 금속판 (회로층 및 금속층) 이 접합되어 이루어지는 파워 모듈용 기관과, 알루미늄으로 이루어지는 히트싱크가, Al-Si 계의 납재를 사용한 납땜에 의해 접합되어 있다.

[0005] 또, 특허문헌 3 에 나타내는 반도체 모듈의 냉각 장치에 있어서는, 세라믹스재로 이루어지는 절연 기관의 양면에 Al (알루미늄) 의 금속판 (상부 전극 및 하부 전극) 이 접합되어 있고, 상부 전극에 반도체 소자가 접합된 반도체 모듈과, 알루미늄으로 이루어지는 냉각기의 천판이, 플럭스를 사용한 납땜에 의해 접합된 것이 제안되어 있다.

[0006] 이 플럭스를 사용한 납땜은, 주로, 알루미늄 부재끼리를 접합하는 기술이고, 예를 들어 Al-Si 계 납재박 (箔) 과 플럭스를, 알루미늄 부재끼리 사이에 배치하고, 플럭스에 의해 알루미늄 부재의 표면에 형성된 산화막을 제거함과 함께, 납재의 용융을 촉진시켜, 접합하는 것이다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2010-093225호

(특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 2009-135392호

(특허문헌 0003) 일본 공개특허공보 2009-105166호

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0008] 여기서, 알루미늄 부재에 있어서는, 그 표면에 알루미늄의 산화 피막이 형성되기 때문에, 단순히, 납땜을 실시해도 양호하게 접합할 수 없다.

[0009] 여기서, 특허문헌 1, 2 에 있어서는, 진공로를 사용하여 진공 분위기 내에서 납땜을 실시함으로써, 알루미늄의 산화 피막의 영향을 억제하여, 알루미늄 부재끼리를 접합하고 있다.

[0010] 그러나, 납땜을 실시할 때의 진공도가 낮은 경우에는, 산화 피막의 영향을 충분히 억제할 수 없어, 접합 신뢰성

이 떨어질 우려가 있었다. 진공도를 높게 하고자 하면, 많은 시간과 노력이 필요해져, 납땜을 효율적으로 할 수 없게 됨과 함께, 비용이 대폭 증가해 버린다는 문제가 있었다.

[0011] 한편, 특허문헌 3에 있어서는, 플럭스에 의해 알루미늄의 산화 피막을 제거하여 알루미늄 부재끼리를 접합하고 있기 때문에, 진공 분위기에서 납땜을 실시할 필요가 없고, 질소 가스 등의 비산화 분위기 중에 있어서 상압(常壓) 조건에서 납땜을 실시하는 것이 가능해진다.

[0012] 그러나, 플럭스를 사용하고 있는 점에서, 납땜 작업이 번잡해진다는 문제가 있었다. 또, 상기 서술한 바와 같이, 파워 모듈용 기관과 히트싱크를 접합할 때에 플럭스를 사용한 경우에는, 플럭스 성분의 일부가 휘발되어, 파워 모듈용 기관의 세라믹스 기관과 금속판의 접합 계면 등에 침입하여, 세라믹스 기관과 금속판의 접합 신뢰성을 저하시켜 버릴 우려가 있었다.

[0013] 이 발명은, 전술한 사정을 감안하여 이루어진 것으로서, 플럭스를 사용하지 않고 상압 조건 하에 있어서 강고하게 납땜되어 이루어지는 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 및 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0014] 이와 같은 과제를 해결하여, 상기 목적을 달성하기 위해서, 본 발명의 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관은, 절연층의 일방의 면에 회로층이 배치 형성된 파워 모듈용 기관과, 이 파워 모듈용 기관의 타방의 면측에 접합된 히트싱크를 구비한 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관으로서, 상기 히트싱크의 접합면 및 상기 파워 모듈용 기관의 접합면이, 각각 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 구성되어 있고, 상기 히트싱크와 상기 파워 모듈용 기관의 접합 계면에는, Al-Si 공정(共晶) 조직에 Mg를 함유하는 Mg 함유 화합물(MgO를 제외한다)이 분산된 접합층이 형성되어 있고, 상기 접합층의 두께가 5  $\mu\text{m}$  이상 80  $\mu\text{m}$  이하의 범위 내로 되어 있는 것을 특징으로 하고 있다.

[0015] 이 구성의 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관에 의하면, Al-Si 공정 조직에 Mg를 함유하는 Mg 함유 화합물(MgO를 제외한다)이 분산된 접합층이 형성되어 있고, 상기 접합층의 두께가 5  $\mu\text{m}$  이상 80  $\mu\text{m}$  이하의 범위 내로 되어 있으므로, 히트싱크와 파워 모듈용 기관이 강고하게 접합되게 된다. 즉, Al-Si 공정 조직에 분산되어 있는 Mg 함유 화합물은, 알루미늄의 산화물과 Mg가 반응함으로써 생성되는 것인 점에서, 히트싱크의 접합면 및 파워 모듈용 기관의 접합면에 형성된 알루미늄의 산화 피막이 제거되어 있게 되어, 히트싱크와 파워 모듈용 기관이 강고하게 접합되는 것이다.

[0016] Al-Si 공정 조직에 Mg를 함유하는 Mg 함유 화합물(MgO를 제외한다)이 분산된 접합층의 두께가 5  $\mu\text{m}$  미만인 경우에는, 히트싱크의 접합면 및 파워 모듈용 기관의 접합면에 형성된 알루미늄의 산화 피막의 제거가 불충분하여, 히트싱크와 파워 모듈용 기관을 강고하게 접합할 수 없을 우려가 있다. 한편, 상기 접합층의 두께가 80  $\mu\text{m}$  보다 큰 경우에는, 접합층 내부에서 크랙 등이 발생할 우려가 있다.

[0017] 이 때문에, Al-Si 공정 조직에 Mg를 함유하는 Mg 함유 화합물(MgO를 제외한다)이 분산된 접합층의 두께를 5  $\mu\text{m}$  이상 80  $\mu\text{m}$  이하의 범위 내로 규정하고 있는 것이다.

[0018] 여기서, 상기 히트싱크의 접합면 및 상기 파워 모듈용 기관의 접합면의 적어도 일방이, Mg를 함유한 Mg 함유 알루미늄 합금으로 구성되어 있고, 상기 Mg 함유 알루미늄 합금으로 구성된 접합면의 계면 근방에는, Mg 함유 화합물의 존재 비율이 감소한 Mg 저감 영역이 형성되어 있는 것으로 해도 된다.

[0019] 이 경우, 상기 히트싱크의 접합면 및 상기 파워 모듈용 기관의 접합면의 적어도 일방에 함유된 Mg의 일부가 접합 계면에서 작용하고, 상기 히트싱크의 접합면 및 상기 파워 모듈용 기관의 접합면에 형성된 알루미늄의 산화 피막과 반응하여 Mg 함유 화합물이 되어, Al-Si 공정 조직에 Mg를 함유하는 Mg 함유 화합물(MgO를 제외한다)이 분산된 접합층이 형성되게 된다. 또, 상기 Mg 함유 알루미늄 합금으로 구성된 접합면의 계면 근방에는, Mg 함유 화합물의 존재 비율이 감소한 Mg 저감 영역이 형성되어 있으므로, 이 Mg 저감 영역에 있어서는, 변형 저항이 낮아져, 응력 완화층으로서 기능하게 된다.

[0020] 또, 상기 접합층에 있어서의 MgO의 함유량이 20 면적% 이하로 되어 있는 것이 바람직하다.

[0021] MgO는, 냉열 사이클 부하시에 있어서 크랙의 기점이 되기 때문에, 바람직하지 않다. 또, MgO 자체가 크게 성장하여, 납땜을 저해하게 된다. 이 때문에, 상기 접합층에 있어서의 MgO의 함유량을 20 면적% 이하로 억제하는 것이 바람직한 것이다.

- [0022] 또한, 상기 접합층에 분산된 Mg 함유 화합물이, MgSi 계 화합물 또는 MgAlO 계 화합물을 함유하는 것이 바람직하다.
- [0023] MgSi 계 화합물 및 MgAlO 계 화합물은, Mg 가 알루미늄의 산화물과 반응함으로써 생성되고, 미세한 입자상으로 분산되기 때문에, 상기 히트싱크의 접합면 및 상기 파워 모듈용 기관의 접합면에 형성된 알루미늄의 산화 피막이 확실하게 제거되게 되어, 히트싱크와 파워 모듈용 기관이 강고하게 접합되어, 접합 신뢰성이 우수한 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관을 제공하는 것이 가능해진다.
- [0024] 본 발명의 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관의 제조 방법은, 절연층의 일방의 면에 회로층이 배치 형성된 파워 모듈용 기관과, 이 파워 모듈용 기관의 타방의 면측에 접합된 히트싱크를 구비한 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관의 제조 방법으로서, 상기 히트싱크의 접합면 및 상기 파워 모듈용 기관의 접합면에, 각각 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 구성되어 있고, 상기 히트싱크와 상기 파워 모듈용 기관의 접합 계면에, Al-Si 계 납재와 Mg 를 개재시켜, 상기 히트싱크와 상기 파워 모듈용 기관을 적층시키고, 적층 방향으로 가압한 상태에서, 비산화 분위기 중에 있어서 상압에서 납땜을 실시하고, 상기 히트싱크와 상기 파워 모듈용 기관의 접합 계면에, Al-Si 공정 조직에 Mg 를 함유하는 Mg 함유 화합물 (MgO 를 제외한다) 이 분산된 접합층을, 두께가 5  $\mu\text{m}$  이상 80  $\mu\text{m}$  이하의 범위 내가 되도록 형성하는 것을 특징으로 하고 있다.
- [0025] 이와 같은 구성으로 된 본 발명의 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관의 제조 방법에 의하면, 상기 히트싱크와 상기 파워 모듈용 기관의 접합 계면에, Al-Si 계 납재와 Mg 를 개재시키고 있으므로, 플럭스를 사용하지 않고 상압 조건에서 납땜 해도, 상기 히트싱크의 접합면 및 상기 파워 모듈용 기관의 접합면에 형성된 산화 피막을 제거할 수 있어, 상기 히트싱크와 상기 파워 모듈용 기관을 확실하게 접합하는 것이 가능해진다.
- [0026] 또, 상기 히트싱크와 상기 파워 모듈용 기관을 적층시키고, 적층 방향으로 가압한 상태에서 납땜을 실시하고 있으므로, 상기 히트싱크와 상기 파워 모듈용 기관이 면으로 접촉하고, 접합 계면에 존재하는 Mg 가 휘발되어 분위기 중으로 빠지는 것을 억제할 수 있어, Al-Si 공정 조직에 Mg 를 함유하는 Mg 함유 화합물 (MgO 를 제외한다) 이 분산된 접합층을 형성하는 것이 가능해진다. 또한, 분위기 중에 휘발된 Mg 는, 산소와 반응하여 MgO 가 되어, 접합을 저해할 우려가 있기 때문에, Mg 의 휘발을 억제할 필요가 있다.

### 발명의 효과

- [0027] 본 발명에 의하면, 플럭스를 사용하지 않고 상압 조건 하에 있어서 강고하게 납땜되어 이루어지는 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 및 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관의 제조 방법을 제공할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1 은 본 발명의 제 1 실시형태인 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관의 개략 설명도이다.
- 도 2 는 도 1 에 있어서의 금속층과 히트싱크의 접합부의 확대 설명도이다.
- 도 3 은 도 1 의 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관의 제조 방법을 나타내는 플로우도이다.
- 도 4 는 본 발명의 제 2 실시형태인 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관의 개략 설명도이다.
- 도 5 는 도 4 에 있어서의 금속층과 히트싱크의 접합부의 확대 설명도이다.
- 도 6 는 도 4 의 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관의 제조 방법을 나타내는 플로우도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 이하에, 본 발명의 실시형태인 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관에 대하여, 첨부한 도면을 참조하여 설명한다.
- [0030] 도 1 에, 본 발명의 제 1 실시형태인 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관을 사용한 파워 모듈을 나타낸다.
- [0031] 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 땀납층 (2) 을 개재하여 접합된 반도체 소자 (전자 부품) (3) 를 구비하고 있다.
- [0032] 여기서, 땀납층 (2) 은, 예를 들어 Sn-Ag 계, Sn-In 계, 혹은 Sn-Ag-Cu 계의 땀납재로 되어 있다.
- [0033] 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (40) 은, 파워 모듈용 기관 (10) 과, 파워 모듈용 기관 (10) 을 냉각시키



는 히트싱크 (41) 를 구비하고 있다.

- [0034] 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.
- [0035] 절연 기관 (11) 은, 회로층 (12) 과 금속층 (13) 사이의 전기적 접촉을 방지하는 것으로서, 예를 들어 AlN (질화알루미늄),  $Si_3N_4$  (질화규소),  $Al_2O_3$  (알루미나) 등의 절연성이 높은 세라믹스로 구성되고, 본 실시형태에서는,  $Al_2O_3$  (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.
- [0036] 회로층 (12) 은, 절연 기관 (11) 의 일방의 면에 구리 또는 구리 합금으로 이루어지는 구리판이 접합됨으로써 형성되어 있다. 본 실시형태에 있어서는, 회로층 (12) 을 구성하는 구리판으로서, 터프 피치 구리의 압연판이 사용되고 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.
- [0037] 금속층 (13) 은, 절연 기관 (11) 의 타방의 면에 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어지는 알루미늄판 (23) 이 접합됨으로써 형성되어 있다. 본 실시형태에 있어서는, 금속층 (13) 을 구성하는 알루미늄판으로서, 순도가 99.99 % 이상인 알루미늄 (이른바 4N 알루미늄) 의 압연판이 사용되고 있다.
- [0038] 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.
- [0039] 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 비틀어 넣어도 용이하게 변형되지 않도록 강성을 확보할 필요가 있다. 여기서, 본 실시형태에서는, 히트싱크 (41) 의 천판부 (42) 를, 0.2 % 내력이 100 N/mm<sup>2</sup> 이상인 금속재료로 구성하고, 그 두께를 2 mm 이상으로 하고 있다.
- [0040] 구체적으로는, 파워 모듈용 기관 (10) 과 접합되는 천판부 (42) 는, Mg 를 함유한 Mg 함유 알루미늄 합금으로 구성되어 있고, 본 실시형태에서는, 천판부 (42) 는, A6063 합금 (Mg ; 0.45 질량% 이상 0.9 질량% 이하의 알루미늄 합금) 으로 구성되어 있다. Mg 를 함유한 Mg 함유 알루미늄 합금에 있어서, Mg 의 함유량은 0.2 질량% 이상, 2.5 질량% 이하인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.5 질량% 이상, 1.5 질량% 이하이다.
- [0041] 그리고, 도 2 에 나타내는 바와 같이, 4N 알루미늄으로 이루어지는 금속층 (13) 과 A6063 합금으로 이루어지는 천판부 (42) 사이에는, 접합층 (50) 이 형성되어 있다. 이 접합층 (50) 은, Al-Si 공정 조직으로 이루어지는 모상 (51) 의 내부에, Mg 를 함유하는 Mg 함유 화합물 (52) 이 분산된 구조로 되어 있다. 여기서, 접합층 (50) 의 두께 (t) 는,  $5 \mu m \leq t \leq 80 \mu m$  의 범위 내로 되어 있다.
- [0042] 또한, 접합층 (50) 의 두께 (t) 는, 단면 관찰을 실시하고, 접합층 (50) 이 수평이 되도록 위치 맞춤을 실시하여, 접합층 (50) 의 면적 (A) 을 측정하고, 이 면적 (A) 을 접합층 (50) 의 수평 방향 길이 (L) 로 나눔으로써 산출하였다.
- [0043] 이 접합층 (50) 에 있어서는, MgO 의 함유량이 20 면적% 이하로 되어 있고, 본 실시형태에서는, 10 면적% 이하로 되어 있다.
- [0044] 또, 접합층 (50) 에 분산된 Mg 함유 화합물 (52) 은, MgSi 계 화합물 또는 MgAlO 계 화합물을 함유하고 있다. MgSi 계 화합물로서 구체적으로는,  $Mg_2Si$  등을 들 수 있고, MgAlO 계 화합물로서 구체적으로는  $MgAl_2O_4$  등을 들 수 있다.
- [0045] 여기서, 천판부 (42) 는, Mg 를 함유한 A6063 합금으로 구성되어 있는 점에서, 천판부 (42) 에는, Mg 를 함유하는 Mg 함유 화합물 (48) 이 분산되어 있는 것이 된다. 그리고, 천판부 (42) 중 접합층 (50) 의 근방 부분에는, 이 Mg 함유 화합물 (48) 의 존재 비율이 감소한 Mg 저장 영역 (49) 이 형성되어 있다. Mg 저장 영역 (49) 의 Mg 농도는, 0 ~ 0.5 질량% 인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.1 ~ 0.3 질량% 이다.
- [0046] 다음으로, 이 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (40) 의 제조 방법에 대하여, 도 3 의 플로우도를 참조하여 설명한다.

- [0047] 먼저, 회로층 (12) 이 되는 구리판과, 절연 기판 (11) 을 접합한다 (회로층 형성 공정 S01). 여기서, 절연 기판 (11) 이  $Al_2O_3$  으로 구성되어 있는 점에서, 구리판과 절연 기판 (11) 을, 구리와 산소의 공정 반응을 이용한 DBC 법에 의해 접합한다. 구체적으로는, 터프 피치 구리로 이루어지는 구리판과, 절연 기판 (11) 을 접촉시켜, 질소 가스 분위기 중에서 1075 °C 에서 10 분 가열함으로써, 구리판과 절연 기판 (11) 이 접합되게 된다.
- [0048] 다음으로, 절연 기판 (11) 의 타방의 면측에 금속층 (13) 이 되는 알루미늄판을 접합한다 (금속층 형성 공정 S02).
- [0049] 알루미늄판의 절연 기판 (11) 과의 접합면에 스퍼터링에 의해 첨가 원소 (Si, Cu, Zn, Mg, Ge, Ca, Li 의 어느 1 종 또는 2 종 이상) 를 고착시켜 고착층을 형성한다. 여기서, 고착층에 있어서의 첨가 원소량은 0.01 mg/cm<sup>2</sup> 이상 10 mg/cm<sup>2</sup> 이하의 범위 내로 되어 있고, 본 실시형태에서는, 첨가 원소로서 Cu 를 사용하고 있고, 고착층에 있어서의 Cu 량이 0.08 mg/cm<sup>2</sup> 이상 2.7 mg/cm<sup>2</sup> 이하로 설정되어 있다.
- [0050] 이 알루미늄판을 절연 기판 (11) 의 타방의 면측에 적층시키고, 적층 방향으로 가압 (압력 1 ~ 35 kgf/cm<sup>2</sup>) 한 상태에서 진공 가열로 내에 장입하여 가열한다. 여기서, 본 실시형태에서는, 진공 가열로 내의 압력은  $10^{-3} \sim 10^{-6}$  Pa 의 범위 내로 설정하고, 가열 온도는 550 °C 이상 650 °C 이하의 범위 내로 설정하고 있다. 그러면, 고착층의 첨가 원소 (Cu) 가 알루미늄판측으로 확산됨으로써, 알루미늄판의 고착층 근방의 첨가 원소의 농도 (Cu 농도) 가 상승되어 용점이 낮아짐으로써 알루미늄판과 절연 기판 (11) 의 계면에 용융 금속 영역이 형성되게 된다.
- [0051] 다음으로, 용융 금속 영역이 형성된 상태에서 온도를 일정하게 유지해 둔다. 그러면, 용융 금속 영역 중의 Cu 가, 알루미늄판측으로 더욱 확산해 나가게 된다. 이로써, 용융 금속 영역이었던 부분의 Cu 농도가 서서히 저하되어 가서 용점이 상승하게 되어, 온도를 일정하게 유지한 상태에서 응고가 진행되어 간다. 이로써, 절연 기판 (11) 과 알루미늄판이 접합된다. 요컨대, 절연 기판 (11) 과 알루미늄판 (금속층 (13)) 은, 이른바 확산 접합 (Transient Liquid Phase Diffusion Bonding) 에 의해 접합되어 있는 것이다. 그리고, 응고가 진행된 후에, 상온에까지 냉각을 실시한다.
- [0052] 이와 같이 하여, 파워 모듈용 기판 (10) 이 제조되어 나오는 것이다.
- [0053] 다음으로, 파워 모듈용 기판 (10) 의 금속층 (13) 과 히트싱크 (41) 의 천판부 (42) 를 접합한다 (히트싱크 접합 공정 S03).
- [0054] 먼저, 파워 모듈용 기판 (10) 의 금속층 (13) 과 천판부 (42) 사이에 Al-Si 계 납재를 개재시켜, 파워 모듈용 기판 (10) 과 천판부 (42) 를 적층시킨다 (적층 공정 S31). 여기서, 본 실시형태에서는, Si 의 함유량이 5.5 질량% 이상 11.0 질량% 이하, Al 의 함유량이 89.0 질량% 이상, 94.5 질량% 이하 (Mg 함유 없음), 두께가 5 μm 이상 100 μm 이하의 Al-Si 계 납재박을 사용하였다.
- [0055] 파워 모듈용 기판 (10) 과 천판부 (42) 를 적층 방향으로 가압 (0.001 MPa ~ 0.5 MPa) 한 상태에서, 비산화 분위기로 한 분위기로 내에 장입하여 가열한다 (가열 공정 S32). 여기서, 본 실시형태에서는, 분위기 가열로 내를 질소 가스 분위기로 하고, 산소 분압을 120 ppm 이하로 하고, 로 내 압력을 상압으로 하였다. 또, 가열 온도는 590 °C 이상 630 °C 이하로 하였다. 그러면, 금속층 (13) 과 천판부 (42) 의 접합 계면에는, 납재박, 금속층 (13) 의 일부 및 천판부 (42) 의 일부가 용융됨으로써, 용융 금속 영역이 형성되게 된다.
- [0056] 이 때, 천판부 (42) 의 접합 계면 근방에 분산되어 있던 Mg 함유 화합물 (48) 중의 Mg 가 접합 계면에서 작용하고, 천판부 (42) 의 접합면 및 금속층 (13) 의 접합면에 형성되어 있던 알루미늄의 산화 피막이 Mg 와 반응함으로써 제거되게 된다.
- [0057] 그리고, 분위기로의 로 내 온도를 낮춤으로써, 금속층 (13) 과 천판부 (42) 의 접합 계면에 형성된 용융 금속 영역을 응고시켜, 금속층 (13) 과 천판부 (42) 를 접합한다 (용융 금속 응고 공정 S33). 이 때, 금속층 (13) 과 천판부 (42) 의 접합 계면에는, Al-Si 공정 조직을 모상 (51) 으로 하는 접합층 (50) 이 형성되게 된다. 또, 이 접합층 (50) 의 내부에는, 알루미늄의 산화 피막이 Mg 와 반응함으로써 생성된 Mg 함유 화합물 (본 실시형태에서는, MgAlO 계 화합물) 이 분산되게 된다.
- [0058] 또한, 천판부 (42) 의 접합 계면 근방에 분산되어 있던 Mg 함유 화합물 (48) 이 접합 계면에 작용함으로써, 천판부 (42) 의 접합 계면 근방에는, Mg 함유 화합물의 존재 비율이 감소한 Mg 저감 영역 (49) 이 형성되게 된다.



- [0059] 이와 같이 하여, 본 실시형태인 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (40) 이 제조되어 나온다.
- [0060] 본 실시형태인 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (40) 에 의하면, 4N 알루미늄으로 이루어지는 금속층 (13) 과 A6063 합금으로 이루어지는 천판부 (42) 의 접합 계면에, Al-Si 공정 조직을 모상 (51) 으로 하고, 이 모상 (51) 내에 Mg 함유 화합물 (52) 이 분산된 구조의 접합층 (50) 이 형성되어 있고, 이 접합층 (50) 의 두께가 5  $\mu\text{m}$  이상 80  $\mu\text{m}$  이하의 범위 내로 되어 있으므로, 금속층 (13) 의 접합면 및 천판부 (42) 의 접합면에 형성된 알루미늄의 산화 피막이 제거되어 있어, 금속층 (13) 과 천판부 (42) 를 강고하게 접합하는 것이 가능해진다. 따라서, 파워 모듈용 기관 (10) 과 히트싱크 (41) 의 접합 신뢰성이 우수한 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (40) 을 구성할 수 있다.
- [0061] 또, 접합층 (50) 에 있어서의 MgO 의 함유량이 20 면적% 이하로 되어 있으므로, 냉열 사이클 부하시에 있어서 접합층 (50) 에 있어서의 크랙의 발생이 억제 됨과 함께, 납땜이 양호하게 행해지게 되어, 파워 모듈용 기관 (10) 과 히트싱크 (41) 의 접합 신뢰성이 대폭 향상되게 된다. 특히, 본 실시형태에서는, 접합층 (50) 에 있어서의 MgO 의 함유량을 10 면적% 이하로 하고 있으므로, 파워 모듈용 기관 (10) 과 히트싱크 (41) 의 접합 신뢰성을 확실하게 향상시키는 것이 가능해진다.
- [0062] 또한, 접합층 (50) 의 모상 (51) 중에 분산된 Mg 함유 화합물 (52) 이, MgSi 계 화합물, MgAlO 계로 되어 있으므로, 접합층 (50) 내에 있어서 미세한 입자상으로 분산되게 되어, 파워 모듈용 기관 (10) 과 히트싱크 (41) 를 확실하게, 또한 강고하게 접합하는 것이 가능해진다.
- [0063] 또, 천판부 (42) 가 Mg 를 함유한 A6063 합금으로 구성되어 있고, 천판부 (42) 중 접합층 (50) 의 근방 부분에는, Mg 함유 화합물 (48) 의 존재 비율이 감소한 Mg 저감 영역 (49) 이 형성되어 있으므로, 이 Mg 저감 영역 (49) 이, 변형 저항이 낮아 응력 완화층으로서 기능하게 된다. 따라서, 히트싱크 (41) 와 절연 기관 (11) 의 열팽창 계수의 차에서 기인되는 열응력을, 이 Mg 저감 영역 (49) 의 변형에 의해 완화할 수 있어, 절연 기관 (11) 의 균열을 방지하는 것이 가능해진다.
- [0064] 또, 본 실시형태인 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (40) 의 제조 방법에 의하면, 질소 가스 분위기, 산소 분압 120 ppm 이하, 상압 조건에서, 파워 모듈용 기관 (10) 과 히트싱크 (41) 가 접합되어 있으므로, 접합 신뢰성이 우수한 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (40) 을, 효율적으로, 또한 저비용으로 제조하는 것이 가능해진다.
- [0065] 또한, 플럭스를 사용하지 않기 때문에, 파워 모듈용 기관 (10) 과 히트싱크 (41) 의 접합시에, 회로층 (12) 과 절연 기관 (11) 의 접합 계면, 및 절연 기관 (11) 과 금속층 (13) 의 접합 계면에, 영향이 적어, 회로층 (12) 과 절연 기관 (11), 및 절연 기관 (11) 과 금속층 (13) 의 접합 신뢰성의 열화를 방지할 수 있다.
- [0066] 그리고, 파워 모듈용 기관 (10) 과 천판부 (42) 를 적층 방향으로 가압 (0.001 MPa ~ 0.5 MPa) 한 상태에서, 비산화 분위기로 한 분위기로 내에 장입하여 가열함으로써 납땜하고 있으므로, 파워 모듈용 기관 (10) 과 천판부 (42) 가 면으로 접촉하고, 접합 계면에 존재하는 Mg 가 휘발하여 분위기 중으로 빠지는 것을 억제할 수 있어, Al-Si 공정 조직에 Mg 를 함유하는 Mg 함유 화합물 (MgO 를 제외한다) 이 분산된 접합층 (50) 을 형성하는 것이 가능해진다.
- [0067] 이하에, 본 발명의 제 2 실시형태인 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관에 대해 설명한다. 도 4 에, 본 발명의 제 2 실시형태인 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관을 사용한 파워 모듈을 나타낸다.
- [0068] 이 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 뿔납층 (2) 을 개재하여 접합된 반도체 소자 (전자 부품) (3) 를 구비하고 있다.
- [0069] 여기서, 뿔납층 (2) 은, 예를 들어 Sn-Ag 계, Sn-In 계, 혹은 Sn-Ag-Cu 계의 뿔납재로 되어 있다.
- [0070] 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (140) 은, 파워 모듈용 기관 (110) 과, 파워 모듈용 기관 (110) 을 냉각시키는 히트싱크 (141) 를 구비하고 있다.
- [0071] 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.
- [0072] 절연 기관 (111) 은, 회로층 (112) 과 금속층 (113) 사이의 전기적 접속을 방지하는 것으로서, 예를 들어 AlN

(질화알루미늄),  $\text{Si}_3\text{N}_4$  (질화규소),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (알루미나) 등의 절연성이 높은 세라믹스로 구성되고, 본 실시형태에 서는, 절연성이 높은  $\text{AlN}$  (질화알루미늄) 으로 구성되어 있다. 또, 절연 기관 (111) 의 두께는, 0.2 mm 이 상 1.5 mm 이하의 범위 내로 설정되어 있고, 본 실시형태에서는 0.635 mm 로 설정되어 있다.

[0073] 회로층 (112) 은, 절연 기관 (111) 의 일방의 면에 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어지는 알루미늄판이 접합됨으로써 형성되어 있다. 본 실시형태에 있어서는, 회로층 (112) 을 구성하는 알루미늄판으로서, 순도 가 99.99 % 이상인 알루미늄 (이른바 4N 알루미늄) 의 압연판이 사용되고 있다. 이 회로층 (112) 에는, 회 로 패턴이 형성되어 있고, 그 일방의 면 (도 4 에 있어서 상면) 이, 반도체 소자 (3) 가 탑재되는 탑재면으로 되어 있다.

[0074] 금속층 (113) 은, 절연 기관 (111) 의 타방의 면에 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어지는 알루미늄판이 접합됨으로써 형성되어 있다. 본 실시형태에 있어서는, 금속층 (113) 을 구성하는 알루미늄판으로서, 순도 가 99.99 % 이상인 알루미늄 (이른바 4N 알루미늄) 의 압연판이 사용되고 있다.

[0075] 본 실시형태에 있어서의 히트싱크 (141) 는, 파워 모듈용 기관 (110) 과 접합되는 천판부 (142) 와, 냉각 매체 (예를 들어 냉각수) 를 유통하기 위한 유로 (144) 를 구비하고 있다.

[0076] 여기서, 히트싱크 (141) (천판부 (142)) 는, 열전도성이 양호한 재질로 구성되는 것이 바람직하고, 또한 구조재 로서의 강성을 확보할 필요가 있다. 여기서, 본 실시형태에 있어서는, 히트싱크 (141) 의 천판부 (142) 는, A3003 (알루미늄 합금) 으로 구성되어 있다.

[0077] 그리고, 도 5 에 나타내는 바와 같이, 4N 알루미늄으로 이루어지는 금속층 (113) 과 A3003 합금으로 이루어지는 천판부 (142) 사이에는, 접합층 (150) 이 형성되어 있다. 이 접합층 (150) 은, Al-Si 공정 조직으로 이루어 지는 모상 (151) 의 내부에, Mg 를 함유하는 Mg 함유 화합물 (152) 이 분산된 구조로 되어 있다. 여기서, 접합층 (150) 의 두께 (t) 는,  $5 \mu\text{m} \leq t \leq 80 \mu\text{m}$  의 범위 내로 되어 있다.

[0078] 또한, 접합층 (150) 의 두께 (t) 는, 단면 관찰을 실시하고, 접합층 (150) 이 수평이 되도록 위치 맞춤을 실시 하여, 접합층 (150) 의 면적 (A) 을 측정하고, 이 면적 (A) 을 접합층 (150) 의 수평 방향 길이 (L) 로 나눔으 로써 산출하였다.

[0079] 이 접합층 (150) 에 있어서는, MgO 의 함유량이 20 면적% 이하로 되어 있고, 본 실시형태에서는, 10 면적% 이 하로 되어 있다.

[0080] 또, 접합층 (150) 에 분산된 Mg 함유 화합물 (152) 은, MgSi 계 화합물 또는  $\text{MgAlO}$  계 화합물을 함유하고 있다. MgSi 계 화합물로서 구체적으로는,  $\text{Mg}_2\text{Si}$  등을 들 수 있고,  $\text{MgAlO}$  계 화합물로서 구체적으로는  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$  등을 들 수 있다.

[0081] 다음으로, 이 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (140) 의 제조 방법에 대하여, 도 6 의 플로우도를 참조하여 설명한다.

[0082] 먼저, 회로층 (112) 이 되는 알루미늄판과 절연 기관 (111) 을 접합한다 (회로층 형성 공정 S101). 또, 금 속층 (113) 이 되는 알루미늄판과 절연 기관 (111) 을 접합한다 (금속층 형성 공정 S102). 본 실시형태에서 는, 이들 회로층 형성 공정 (S101) 과, 금속층 형성 공정 (S102) 을 동시에 실시하게 된다.

[0083] 절연 기관 (111) 의 일방의 면 및 타방의 면에, 스크린 인쇄에 의해 첨가 원소 (Si, Cu, Zn, Mg, Ge, Ca, Li 의 어느 1 종 또는 2 종 이상) 를 함유하는 페이스트를 도포하여 건조시킴으로써, 고착층을 형성한다.

[0084] 여기서, 본 실시형태에서는, 첨가 원소로서 Ag 를 사용하고 있다. 사용되는 Ag 페이스트는, Ag 분말과, 수 지와, 용제와, 분산제를 함유하고 있고, Ag 분말의 함유량이, Ag 페이스트 전체의 60 질량% 이상 90 질량% 이 하로 되어 있고, 잔부가 수지, 용제, 분산제로 되어 있다. 또한, 본 실시형태에서는, Ag 분말의 함유량은, Ag 페이스트 전체의 85 질량% 로 되어 있다.

[0085] 다음으로, 회로층 (112) 이 되는 알루미늄판, 절연 기관 (111), 금속층 (113) 이 되는 알루미늄판을 적층시키고, 적층 방향으로 가압 (압력 1 ~ 35  $\text{kgf/cm}^2$ ) 한 상태에서 진공 가열로 내에 장입하여 가열한다. 여기서, 본 실시형태에서는, 진공 가열로 내의 압력은  $10^{-3} \sim 10^{-6}$  Pa 의 범위 내로 설정하고, 가열 온도는 550  $^{\circ}\text{C}$  이상 650  $^{\circ}\text{C}$  이하의 범위 내로 설정하고 있다. 그러면, 고착층의 첨가 원소 (Ag) 가 알루미늄판층으 로 확산됨으로써, 알루미늄판의 고착층 근방의 첨가 원소의 농도 (Ag 농도) 가 상승되어 용점이 낮아짐으로써,

알루미늄판과 절연 기관 (111) 의 계면에, 각각 용융 금속 영역이 형성되게 된다.

[0086] 다음으로, 용융 금속 영역이 형성된 상태에서 온도를 일정하게 유지해 둔다. 그러면, 용융 금속 영역 중의 Ag 가, 알루미늄판측으로 더욱 확산해 나가게 된다. 이로써, 용융 금속 영역이었던 부분의 Ag 농도가 서서히 저하되어 가서 용점이 상승하게 되어, 온도를 일정하게 유지한 상태에서 응고가 진행되어 간다. 이로써, 절연 기관 (111) 과 알루미늄판이 접합된다. 요컨대, 회로층 (112) 과 절연 기관 (111), 및 절연 기관 (111) 과 금속층 (113) 은, 이른바 확산 접합 (Transient Liquid Phase Diffusion Bonding) 에 의해 접합되어 있는 것이다. 그리고, 응고가 진행된 후에, 상온에까지 냉각을 실시한다.

[0087] 이와 같이 하여, 파워 모듈용 기관 (110) 이 제조되어 나오는 것이다.

[0088] 다음으로, 파워 모듈용 기관 (110) 의 금속층 (113) 과 히트싱크 (141) 를 접합한다 (히트싱크 접합 공정 S103).

[0089] 먼저, 파워 모듈용 기관 (110) 의 금속층 (113) 과 히트싱크 (141) 사이에 Al-Si 계 납재를 개재시켜, 파워 모듈용 기관 (110) 과 히트싱크 (141) 를 적층시킨다 (적층 공정 S131). 여기서, 본 실시형태에서는, Si 의 함유량이 5.5 질량% 이상 11.0 질량% 이하, Al 의 함유량이 86.5 질량% 이상, 94.4 질량% 이하, 두께가 5  $\mu\text{m}$  이상 100  $\mu\text{m}$  이하의 Al-Si 계 납재박을 사용하였다. 또, 이 납재박에, Mg 를, 0.1 질량% 이상 2.5 질량% 이하의 범위 내에서 함유시켰다.

[0090] 파워 모듈용 기관 (110) 과 히트싱크 (141) 를 적층 방향으로 가압 (0.001 MPa ~ 0.5 MPa) 한 상태에서, 비산화 분위기로 한 분위기로 내에 장입하여 가열한다 (가열 공정 S132). 여기서, 본 실시형태에서는, 분위기 가열로 내를 질소 가스 분위기로 하고, 산소 분압을 120 ppm 이하로 하였다. 또, 로 내 압력을 상압으로 하였다. 또, 가열 온도는 590  $^{\circ}\text{C}$  이상 630  $^{\circ}\text{C}$  이하로 하였다. 그러면, 금속층 (113) 과 히트싱크 (141) 의 접합 계면에는, 납재박, 금속층 (113) 의 일부 및 히트싱크 (141) 의 일부가 용융됨으로써, 용융 금속 영역이 형성되게 된다.

[0091] 이 때, 히트싱크 (141) 의 접합면 및 금속층 (113) 의 접합면에 형성되어 있던 알루미늄의 산화 피막은, 납재박에 함유된 Mg 와 반응함으로써 제거되게 된다.

[0092] 그리고, 분위기로의 로 내 온도를 낮춤으로써, 금속층 (113) 과 히트싱크 (141) 의 접합 계면에 형성된 용융 금속 영역을 응고시켜, 금속층 (113) 과 히트싱크 (141) 를 접합한다 (응고 공정 S133). 이 때, 금속층 (113) 과 히트싱크 (141) 의 접합 계면에는, Al-Si 공정 조직을 모상 (151) 으로 하는 접합층 (150) 이 형성되게 된다. 또, 이 접합층 (150) 의 내부에는, 알루미늄의 산화 피막이 Mg 와 반응함으로써 생성된 Mg 함유 화합물 (152) (본 실시형태에서는, MgAlO 계 화합물) 이 분산되게 된다.

[0093] 이와 같이 하여, 본 실시형태인 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (140) 이 제조되어 나온다.

[0094] 본 실시형태인 알루미늄 부재의 접합 구조를 이용한 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (140) 에 의하면, 4N 알루미늄으로 이루어지는 금속층 (113) 과 A3003 합금으로 이루어지는 히트싱크 (141) 의 접합 계면에, Al-Si 공정 조직을 모상 (151) 으로 하고, 이 모상 (151) 내에 Mg 함유 화합물 (152) 이 분산된 구조의 접합층 (150) 이 형성되어 있고, 이 접합층 (150) 의 두께가 5  $\mu\text{m}$  이상 80  $\mu\text{m}$  이하의 범위 내로 되어 있으므로, 금속층 (113) 의 접합면 및 히트싱크 (141) 의 접합면에 형성된 알루미늄의 산화 피막이 제거되어 있어, 금속층 (113) 과 히트싱크 (141) 를 강고하게 접합하는 것이 가능해진다. 따라서, 파워 모듈용 기관 (110) 과 히트싱크 (141) 의 접합 신뢰성이 우수한 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관 (140) 을 구성할 수 있다.

[0095] 또, 납재박에 Mg 를 함유시키고 있으므로, Mg 를 함유하지 않는 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 구성된 금속층 (113) (4N 알루미늄) 과 히트싱크 (141) (A3003 합금) 를, Al-Si 공정 조직을 모상 (151) 으로 하고, 이 모상 (151) 내에 Mg 함유 화합물 (152) 이 분산된 구조의 접합층 (150) 을 개재하여 접합하는 것이 가능해진다.

[0096] 그리고, 파워 모듈용 기관 (110) 과 히트싱크 (141) 를 적층 방향으로 가압 (0.001 MPa ~ 0.5 MPa) 한 상태에서, 산소 분압을 120 ppm 이하로 한 비산화 분위기의 분위기로 내에 장입하여 가열함으로써 납땜하고 있으므로, 파워 모듈용 기관 (110) 과 히트싱크 (141) 가 면으로 접촉하고, 접합 계면에 존재하는 Mg 가 휘발되어 분위기 중으로 빠지는 것을 억제할 수 있고, Al-Si 공정 조직에 Mg 를 함유하는 Mg 함유 화합물 (MgO 를 제외한다) 이 분산된 접합층 (150) 을 형성하는 것이 가능해진다.

[0097] 이상, 본 발명의 실시형태에 대해 설명했지만, 본 발명은 이것에 한정되는 것은 아니고, 그 발명의 기술적 사상

을 이탈하지 않는 범위에서 적절히 변경 가능하다.

- [0098] 예를 들어, 히트싱크의 구조, 파워 모듈용 기판의 구조에, 특별히 한정은 없고, 알루미늄 부재끼리를 접합하는 구조이면, 다른 구성의 히트싱크, 파워 모듈용 기판이어도 된다.
- [0099] 또, 본 실시형태에서는, 금속층을 구성하는 알루미늄판을 순도 99.99 %의 순알루미늄의 압연판으로 하여 설명했지만, 이것에 한정되는 것은 아니고, 순도 99 %의 알루미늄(2N 알루미늄)이어도 된다.
- [0100] 또한, 절연층으로서  $Al_2O_3$ ,  $AlN$ 으로 이루어지는 세라믹스판을 사용한 것으로 하여 설명했지만, 이것에 한정되는 것은 아니고,  $Si_3N_4$  등으로 이루어지는 세라믹스판을 사용해도 되고, 절연 수지에 의해 절연층을 구성해도 된다.
- [0101] 실시예
- [0102] 이하에, 본 발명의 효과를 확인하기 위하여 실시한 확인 실험의 결과에 대해 설명한다.
- [0103] 표 1에 나타내는 바와 같이, 절연 기판, 회로층이 되는 알루미늄판, 금속층이 되는 알루미늄판을 접합하여, 파워 모듈용 기판을 제작하였다.
- [0104] 회로층이 되는 알루미늄판과 절연 기판, 및 절연 기판과 금속층이 되는 알루미늄판의 접합은, 다음의 조건에서 실시하였다. 회로층이 되는 알루미늄판과 절연 기판과 금속층이 되는 알루미늄판을, Al-10 질량% Si의 납재박을 개재하여 적층시키고, 적층 방향으로 5 kgf/cm<sup>2</sup>로 가압한 상태에서, 진공 가열로 내에 장입하고, 650 ℃에서 30 분 가열함으로써, 접합하였다.
- [0105] 표 1에 있어서의 금속층에 사용한 A1100은 Al 순도가 99 % 이상인 알루미늄이고, A1050은 Al 순도가 99.50 % 이상인 알루미늄이다.

표 1

|             | 회로층 |       |       |           | 세라믹스                           |         |           |       | 금속층   |           |  |
|-------------|-----|-------|-------|-----------|--------------------------------|---------|-----------|-------|-------|-----------|--|
|             | 재질  | 두께    | 치수    | 재질        | 두께                             | 치수      | 재질        | 두께    | 치수    |           |  |
| 비<br>교<br>예 | 1   | 4N-Al | 0.6mm | 37 × 37mm | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> | 0.32mm  | 40 × 40mm | A1100 | 1.1mm | 37 × 37mm |  |
|             | 2   | 4N-Al | 0.6mm | 37 × 37mm | AlN                            | 0.635mm | 40 × 40mm | A1050 | 2.1mm | 37 × 37mm |  |
|             | 3   | 4N-Al | 0.6mm | 37 × 37mm | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.38mm  | 40 × 40mm | 4N-Al | 2.1mm | 37 × 37mm |  |
| 실<br>시<br>예 | 1   | 4N-Al | 0.6mm | 37 × 37mm | AlN                            | 0.635mm | 40 × 40mm | 4N-Al | 1.6mm | 37 × 37mm |  |
|             | 2   | 4N-Al | 0.6mm | 37 × 37mm | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.32mm  | 40 × 40mm | A1050 | 2.0mm | 37 × 37mm |  |
|             | 3   | 4N-Al | 0.6mm | 37 × 37mm | Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> | 0.32mm  | 40 × 40mm | A1100 | 1.1mm | 37 × 37mm |  |
|             | 4   | 4N-Al | 0.6mm | 37 × 37mm | AlN                            | 0.635mm | 40 × 40mm | A1050 | 2.1mm | 37 × 37mm |  |

[0106]

[0107]

그리고, 이 파워 모듈용 기관과 히트싱크(천판부)를, 표 2에 나타내는 조건에서 접합하여, 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관을 제작하였다. 표 2에서 나타내는 납재는 Al-Si 계 납재이고, 표 2에는 납재 중의 Mg량을 나타낸다. 또, 각 Al-Si 계 납재 중의 Si의 함유량은 10.5 질량%, 잔부가 Al이다. 표 2에 있어서, A3003은 Mn을 첨가 원소로 하는 알루미늄 합금이다.

표 2

|     | 전판      |     |           | DBA/전판 접합 |          |   |     |
|-----|---------|-----|-----------|-----------|----------|---|-----|
|     | 재질      | 두께  | 치수        | 납재        | 하중       | 분위기                                       | 플럭스 |
| 비교예 | 1 A1050 | 5mm | 70 × 70mm | Mg없음      | 0.005MPa | N <sub>2</sub> (PO <sub>2</sub> : 30ppm)  | 없음  |
|     | 2 A6063 | 5mm | 70 × 70mm | Mg2.5     | 0.05MPa  | N <sub>2</sub> (PO <sub>2</sub> : 180ppm) | 없음  |
|     | 3 A6063 | 5mm | 70 × 70mm | Mg2.5     | 무하중      | N <sub>2</sub> (PO <sub>2</sub> : 150ppm) | 없음  |
| 실시에 | 1 A6063 | 5mm | 70 × 70mm | Mg0.5     | 0.005MPa | N <sub>2</sub> (PO <sub>2</sub> : 20ppm)  | 없음  |
|     | 2 A3003 | 5mm | 70 × 70mm | Mg1.0     | 0.002MPa | N <sub>2</sub> (PO <sub>2</sub> : 120ppm) | 없음  |
|     | 3 A1050 | 5mm | 70 × 70mm | Mg1.5     | 0.01MPa  | N <sub>2</sub> (PO <sub>2</sub> : 80ppm)  | 없음  |
|     | 4 A6063 | 5mm | 70 × 70mm | Mg없음      | 0.01MPa  | N <sub>2</sub> (PO <sub>2</sub> : 50ppm)  | 없음  |

[0108]

[0109]

언어진 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관에 대하여, 금속층과 히트싱크의 접합 계면을 관찰하고, 접합층의 두께, Mg 함유 화합물의 유무, MgO 량을 평가하였다.

[0110]

접합층의 두께는, 다음과 같이 하여 측정하였다. 언어진 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관을 다이아몬드 톱으로 절연 기관의 대각선을 따라 절단하였다. 이것을 수지 매립하고, 단면을 경면 연마하여 단면 시료를 제작하였다. 이 단면 시료를 관찰하여, EPMA 의 반사 전자 이미지로, 금속층과 히트싱크의 접합 계면을 해석한다. 여기서, 관찰된 접합층을 수평이 되도록 위치 조절을 실시하여 반사 전자 이미지를 촬영하고, 2 차화 처리에 의해 접합층의 면적 (A) 을 측정한다. 그리고, 이 접합층의 면적 (A) 을 관찰 시야의 수평 방향 길이 (L) 로 나누는 것에 의해 두께를 산출하였다. 이 작업을 5 시야에 대해 실시하고, 그 평균값을 접합층의 두께 (t) 로 하였다.

[0111]

Mg 함유 화합물은, 상기 서술한 단면 시료에 대하여, EPMA 에 의한 원소 매핑을 취득하고, Mg 가 존재하는 부위와 동 위치에 존재하는 원소를 특정하여 화합물의 조성을 판단하였다. 본 실시예 1 내지 4, 및 비교예 1 및 2 에 있어서, Mg, Al, O 가 동 위치에 존재하고 있던 점에서 MgAlO 계 화합물이 존재하고 있는 것을



확인하였다.

[0112] MgO 량 (MgO 의 면적 분율) 에 대해서는, 상기 서술한 바와 같이 하여 제작한 단면 시료에 대하여, 관찰된 접합층을 수평이 되도록 위치 조절을 실시하여 반사 전자 이미지를 촬영하고, 2 치화 처리에 의해 접합층의 면적 (A) 을 측정한다. 다음으로, EPMA 에 의한 원소 매핑을 취득하고, Mg 와 O 만이 공존하는 부위를 검출하고, 그 부위의 면적을 화상 처리에 의해 측정하여, MgO 의 면적으로 한다. 그리고, MgO 의 면적을 접합층의 면적 (A) 으로 나눈다. 이 작업을 5 시야에 대해 실시하고, 그 평균값을 MgO 량 (MgO 의 면적 분율) 으로 하였다.

[0113] 또, 얻어진 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관에 냉열 사이클 시험을 실시하여, 초기의 접합률과 냉열 사이클 시험 후의 접합률을 비교하였다. 냉열 사이클은, -40 ℃ × 5 분 1 회와, 125 ℃ × 3 분 1 회를 1 사이클로 하여, 3000 사이클로 하였다.

[0114] 또한, 접합률은, 초음파 탐상 장치를 사용하고, 이하의 식을 이용하여 접합률을 구하였다. 여기서, 초기 접합 면적이란, 접합 전에 있어서의 접합해야 할 면적, 즉 금속층 면적으로 하였다. 초음파 탐상 이미지에 있어서 박리는 접합부 내의 백색부로 나타나기 때문에, 이 백색부의 면적을 박리 면적으로 하였다.

[0115] (접합률) = {(초기 접합 면적) - (박리 면적)} / (초기 접합 면적)

[0116] 평가 결과를 표 3 에 나타낸다.

표 3

|             |   | 접합층     |       | 접합률  |          |
|-------------|---|---------|-------|------|----------|
|             |   | 두께 (μm) | MgO 량 | 초기   | 냉열 사이클 후 |
| 비<br>교<br>예 | 1 | 35      | 0%    | 32%  | 5%       |
|             | 2 | 2       | 25%   | 97%  | 25%      |
|             | 3 | 92      | 30%   | 82%  | 31%      |
| 실<br>시<br>예 | 1 | 40      | 5%    | 100% | 92%      |
|             | 2 | 78      | 18%   | 99%  | 91%      |
|             | 3 | 14      | 12%   | 98%  | 90%      |
|             | 4 | 6       | 8%    | 99%  | 86%      |

[0117]

[0118] Mg 원이 없었기 때문에, Mg 함유 화합물을 형성할 수 없었던 비교예 1 에 있어서는, 초기의 접합률 및 냉열 사이클 후의 접합률이 낮았다.

[0119] 또, 접합층의 두께가 2 μm 로 매우 얇았던 비교예 2 에서는, Mg 함유 화합물은 존재했지만, 냉열 사이클 후의 접합률이 낮았다.

[0120] 나아가, 접합층의 두께가 92 μm 로 두꺼웠던 비교예 3 에서는, 접합층 내에서 크랙이 발생해버려 냉열 사이클 후의 접합률이 낮아졌다.

[0121] 이에 대하여, 실시예 1 ~ 4 에 있어서는, 초기의 접합률 및 냉열 사이클 후의 접합률이 모두 높아, 파워 모듈용 기관과 히트싱크가 강고하게 접합되어 있는 것이 확인된다.

### 부호의 설명

[0122]

1, 101 : 파워 모듈

10, 110 : 파워 모듈용 기관

11, 111 : 절연 기관

12, 112 : 회로층

13, 113 : 금속층

40, 140 : 히트싱크가 부착된 파워 모듈용 기관

41, 141 : 히트싱크

42, 142 : 천판부

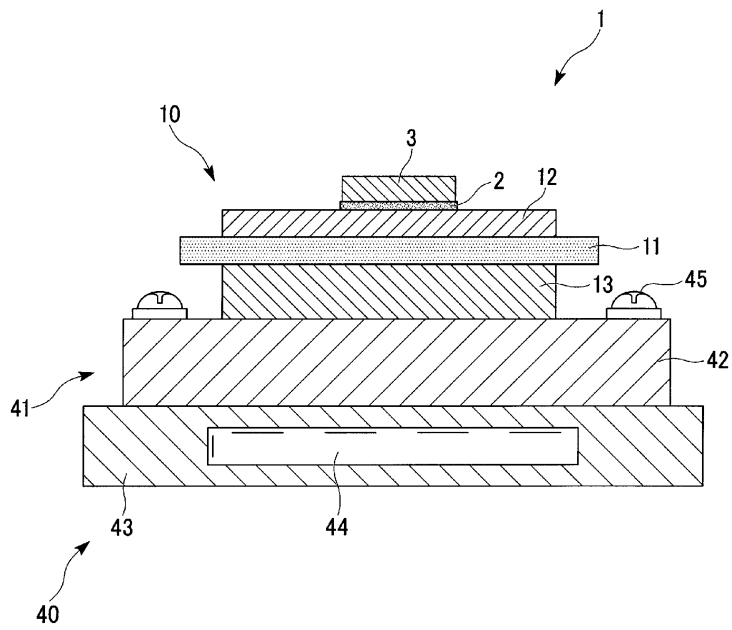
49 : Mg 저감 영역

50, 150 : 접합층

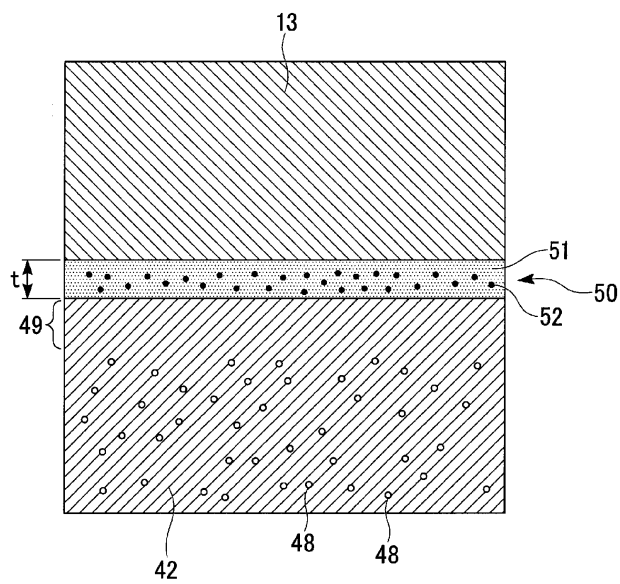
52, 152 : Mg 함유 화합물

## 도면

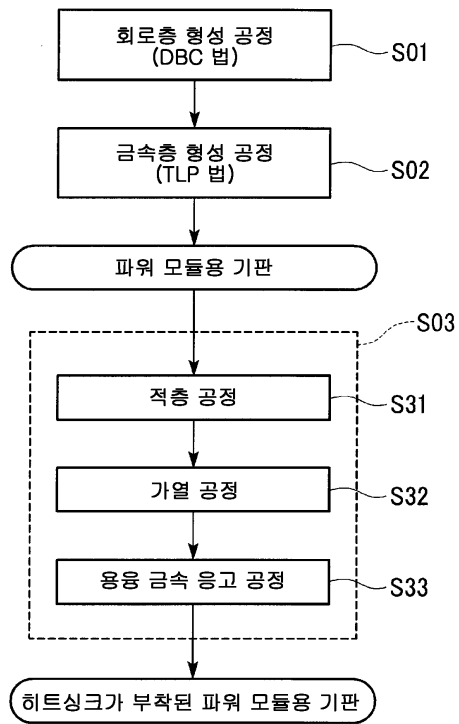
### 도면1



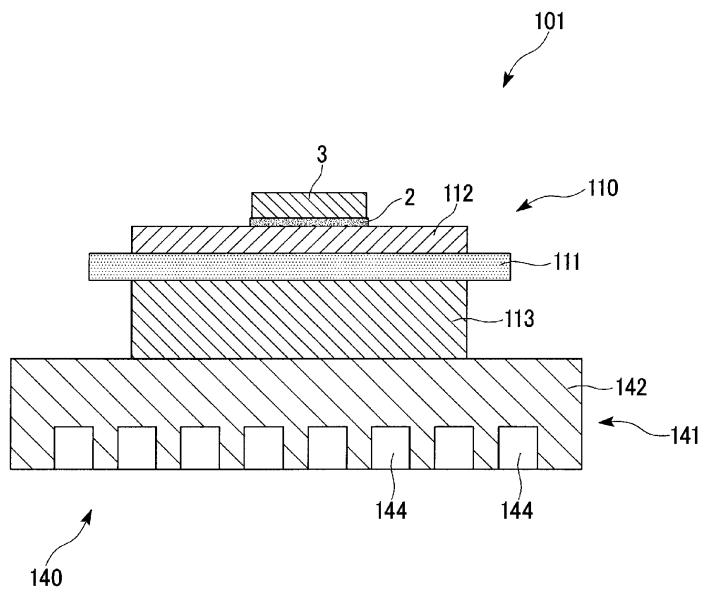
### 도면2



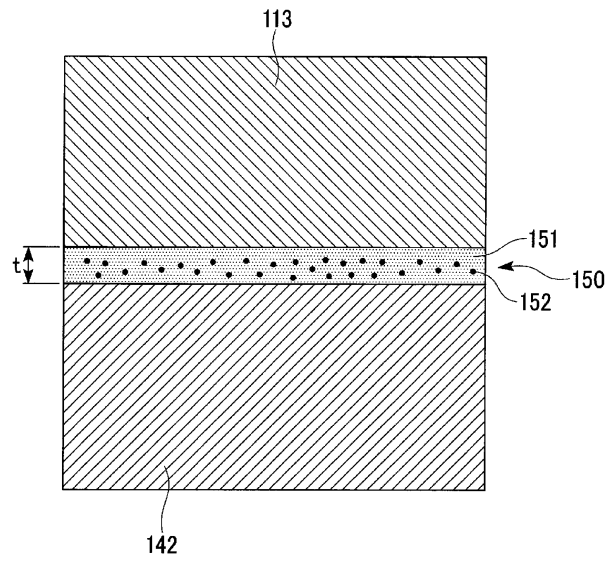
도면3



도면4



도면5



도면6

