



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년12월28일
 (11) 등록번호 10-1690820
 (24) 등록일자 2016년12월22일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01L 23/373 (2006.01) H01L 23/467 (2006.01)
 H01L 23/473 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2012-7006068
- (22) 출원일자(국제) 2010년09월07일
 심사청구일자 2015년05월12일
- (85) 번역문제출일자 2012년03월07일
- (65) 공개번호 10-2012-0062751
- (43) 공개일자 2012년06월14일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2010/065316
- (87) 국제공개번호 WO 2011/030754
 국제공개일자 2011년03월17일
- (30) 우선권주장
 JP-P-2009-208438 2009년09월09일 일본(JP)
 (뒷면에 계속)
- (56) 선행기술조사문헌
 JP2003086744 A*
 JP07048180 A*
 JP2001168250 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
 미쓰비시 마테리알 가부시카이가이사
 일본국 도쿄도 지요다쿠 오테마치 1초메 3방 2고
- (72) 발명자
 도노무라 히로시
 일본 이바라키켄 나카시 무코야마 1002반치 14 미
 쓰비시 마테리알 가부시카이가이사 주오켄큐쇼 나이
 나가토모 요시유키
 일본 이바라키켄 나카시 무코야마 1002반치 14 미
 쓰비시 마테리알 가부시카이가이사 주오켄큐쇼 나이
 구로미츠 요시로우
 일본 이바라키켄 나카시 무코야마 1002반치 14 미
 쓰비시 마테리알 가부시카이가이사 주오켄큐쇼 나이
- (74) 대리인
 특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 13 항

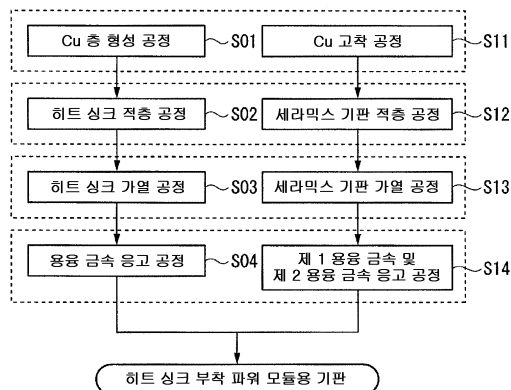
심사관 : 이준우

(54) 발명의 명칭 **히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 및 파워 모듈**

(57) 요약

히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법은, 제 2 금속판의 타면에 히트 싱크를 접합하기 위한 히트 싱크 접합 공정을 포함하고, 이 히트 싱크 접합 공정은, 상기 제 2 금속판의 타면 및 상기 히트 싱크의 접합면 중 적어도 어느 일방에 Cu 층을 형성하는 Cu 층 형성 공정과, 상기 Cu 층을 개재하여 상기 제 2 금속판에 상기 히트 싱크를 적층하는 히트 싱크 적층 공정과, 상기 Cu 층에 포함되는 Cu 를 제 2 금속판 및 상기 히트 싱크로 확산시키기 위해서, 제 2 금속판 및 히트 싱크를 적층 방향으로 가압함과 함께 가열하는 히트 싱크 가열 공정과, 제 2 금속판과 히트 싱크를 접합하기 위해서, 상기 Cu 의 확산에 수반하여 형성된 용융 금속을 응고시키는 용융 금속 응고 공정을 갖는다.

대표도 - 도3



(30) 우선권주장

JP-P-2009-208439 2009년09월09일 일본(JP)

JP-P-2009-252114 2009년11월02일 일본(JP)

JP-P-2009-252115 2009년11월02일 일본(JP)

명세서

청구범위

청구항 1

세라믹스 기판과, 그 세라믹스 기판의 표면에 일면이 접합된 알루미늄으로 이루어지는 제 1 금속판과, 상기 세라믹스 기판의 이면에 일면이 접합된 알루미늄으로 이루어지는 제 2 금속판과, 그 제 2 금속판의 상기 세라믹스 기판과 접합된 상기 일면과 반대측의 타면에 접합된 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어지는 히트 싱크를 구비하는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법으로서,

상기 세라믹스 기판과 상기 제 1 금속판, 및 상기 세라믹스 기판과 상기 제 2 금속판을 접합하는 세라믹스 기판 접합 공정과,

상기 제 2 금속판의 타면에 상기 히트 싱크를 접합하는 히트 싱크 접합 공정을 갖고,

상기 히트 싱크 접합 공정은,

상기 제 2 금속판의 타면과 상기 히트 싱크의 접합면 중 적어도 일방에 Cu 를 고착시켜 Cu 층을 형성하는 Cu 층 형성 공정과,

상기 Cu 층을 개재하여 상기 제 2 금속판과 상기 히트 싱크를 적층하는 히트 싱크 적층 공정과,

적층된 상기 제 2 금속판과 상기 히트 싱크를 적층 방향으로 가압함과 함께 가열하여, 상기 제 2 금속판과 상기 히트 싱크의 계면에 용융 금속 영역을 형성하는 히트 싱크 가열 공정과,

이 용융 금속 영역을 응고시킴으로써, 상기 제 2 금속판과 상기 히트 싱크를 접합하는 용융 금속 응고 공정을 갖고,

상기 히트 싱크 가열 공정에 있어서, 상기 Cu 층의 Cu 를 상기 제 2 금속판 및 상기 히트 싱크로 확산시킴으로써, 상기 제 2 금속판과 상기 히트 싱크의 계면에, 상기 용융 금속 영역을 형성하고,

상기 용융 금속 응고 공정에 있어서, 상기 용융 금속 영역이 형성된 상태에서 온도를 일정하게 유지하여 상기 용융 금속 영역 중의 Cu를 더욱 상기 제 2 금속판 및 상기 히트 싱크로 확산시키고, 상기 Cu의 확산에 따라 상기 용융 금속 영역의 용점을 상승시킴으로써, 온도를 일정하게 유지 한 상태에서 상기 용융 금속 영역의 응고를 진행시키는, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 Cu 층 형성 공정에 있어서, 상기 제 2 금속판의 타면과 상기 히트 싱크의 접합면 중 적어도 일방에, Cu 에 추가적으로, Si, Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소를 고착시키는, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 Cu 층 형성 공정에서는, Cu 와 함께 Al 을 고착시키는, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 세라믹스 기판 접합 공정은,

상기 세라믹스 기판과 상기 제 1 금속판의 접합 계면에 있어서의 상기 세라믹스 기판의 접합면과 상기 제 1 금속판의 접합면 중 적어도 일방에 Cu 또는 Si 중 1 종 이상을 고착시켜 제 1 금속층을 형성함과 함께, 상기 세라믹스 기판과 상기 제 2 금속판의 접합 계면에 있어서의 상기 세라믹스 기판의 접합면과 상기 제 2 금속판의 접

합면 중 적어도 일방에 Cu 또는 Si 중 1 종 이상을 고착시켜 제 2 금속층을 형성하는 금속 고착 공정과,
 상기 제 1 금속층을 개재하여 상기 세라믹스 기판과 상기 제 1 금속판을 적층함과 함께, 상기 제 2 금속층을 개재하여 상기 세라믹스 기판과 상기 제 2 금속판을 적층하는 세라믹스 기판 적층 공정과,
 적층된 상기 제 1 금속판과 상기 세라믹스 기판과 상기 제 2 금속판을 적층 방향으로 가압함과 함께 가열하여, 상기 제 1 금속판과 상기 세라믹스 기판의 계면 및 상기 세라믹스 기판과 상기 제 2 금속판의 계면에, 제 1 용융 금속 영역 및 제 2 용융 금속 영역을 형성하는 세라믹스 기판 가열 공정과,
 이 제 1 용융 금속 영역 및 제 2 용융 금속 영역을 응고시킴으로써, 상기 제 1 금속판과 상기 세라믹스 기판 및 상기 세라믹스 기판과 상기 제 2 금속판을 접합하는 제 1 용융 금속 및 제 2 용융 금속 응고 공정을 갖고,
 상기 세라믹스 기판 가열 공정에 있어서, 상기 제 1 금속층 및 상기 제 2 금속층의 Cu 또는 Si 중 1 종 이상을 상기 제 1 금속판 및 상기 제 2 금속판으로 확산시킴으로써, 상기 제 1 금속판과 상기 세라믹스 기판의 계면 및 상기 세라믹스 기판과 상기 제 2 금속판의 계면에, 상기 제 1 용융 금속 영역 및 상기 제 2 용융 금속 영역을 형성하는, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법.

청구항 5

제 1 항 또는 제 4 항에 있어서,
 상기 세라믹스 기판 접합 공정과, 상기 히트 싱크 접합 공정을 동시에 실시하는, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법.

청구항 6

제 1 항 또는 제 4 항에 있어서,
 상기 Cu 층 형성 공정은, 도금, 증착, CVD, 스퍼터링, 콜드 스프레이, 또는 분말이 분산되어 있는 페이스트 및 잉크 등의 도포에 의해 상기 히트 싱크의 접합면 및 상기 제 2 금속판의 접합면 중 적어도 일방에 Cu 를 고착시키는, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법.

청구항 7

제 1 항 또는 제 4 항에 있어서,
 상기 제 2 금속판이, 복수의 금속판이 적층되어 구성되어 있는, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법.

청구항 8

세라믹스 기판과,
 그 세라믹스 기판의 표면에 일면이 접합된 알루미늄으로 이루어지는 제 1 금속판과,
 상기 세라믹스 기판의 이면에 일면이 접합된 알루미늄으로 이루어지는 제 2 금속판과,
 그 제 2 금속판의 상기 세라믹스 기판과 접합된 상기 일면과 반대측의 타면에 접합된 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어지는 히트 싱크를 구비하고,
 상기 제 2 금속판 및 상기 히트 싱크에는 Cu 가 고용되어 있고, 상기 제 2 금속판 및 상기 히트 싱크의 접합 계면으로부터 50 μm 의 위치에 있어서의 Cu 농도가 0.05 질량% 이상 5 질량% 이하의 범위 내로 설정되어 있는, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판.

청구항 9

제 8 항에 있어서,
 상기 제 2 금속판 및 상기 히트 싱크에는, Cu 에 추가적으로, Si, Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고용되어 있는, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 제 1 금속판과 상기 세라믹스 기판의 접합 계면 근방, 혹은 상기 제 2 금속판과 상기 세라믹스 기판의 접합 계면 근방에 있어서, Cu 또는 Si 중 1 종 이상에 추가적으로 Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고용되어 있는, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판.

청구항 11

제 8 항 또는 제 10 항에 있어서,

상기 제 2 금속판의 두께가, 상기 제 1 금속판의 두께보다 두꺼워지도록 설정되어 있는, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판.

청구항 12

제 8 항 또는 제 10 항에 있어서,

상기 제 2 금속판이, 복수의 금속판이 적층되어 구성되어 있는, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판.

청구항 13

제 8 항 또는 제 10 항에 기재된 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판과,

그 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 상에 탑재되는 전자 부품을 구비한 것을 특징으로 하는 파워 모듈.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 대전류, 고전압을 제어하는 반도체 장치에 사용되는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판, 및 파워 모듈에 관한 것이다.

[0002] 본원은, 2009년 09월 09일에 일본에 출원된 특허출원 2009-208438호, 2009년 11월 02일에 일본에 출원된 특허출원 2009-252114호, 2009년 09월 09일에 일본에 출원된 특허출원 2009-208439호, 2009년 11월 02일에 일본에 출원된 특허출원 2009-252115호에 기초하여 우선권을 주장하고, 그 내용을 여기에 인용한다.

배경 기술

[0003] 반도체 소자 중에서도 전력 공급을 위한 파워 소자는 발열량이 비교적 높기 때문에, 이것을 탑재하는 기판으로는 예를 들어, AlN (질화알루미늄) 이나 Si₃N₄ (질화규소) 등으로 이루어지는 세라믹스 기판 상에 Al (알루미늄) 의 제 1 금속판이 접합됨과 함께, 기판의 반대측에 Al (알루미늄) 의 제 2 금속판을 개재하여 히트 싱크가 접속된 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판이 사용된다.

[0004] 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판에서는, 제 1 금속판은 회로층으로서 형성되고, 제 1 금속판 상에는 납납재를 개재하여 파워 소자인 반도체 칩이 탑재된다.

[0005] 종래, 전술한 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판은, 예를 들어 특허문헌 1 에 기재되어 있는 바와 같이, 이하의 순서로 제조된다.

[0006] 우선, 세라믹스 기판의 일방의 면에 납재를 개재하여 제 1 금속판을 적층하고, 세라믹스 기판의 타방의 면에 납재를 개재하여 제 2 금속판을 적층한다. 이것을 적층 방향으로 소정의 압력으로 가압함과 함께 가열하여, 세라믹스 기판과 제 1 금속판 및 제 2 금속판을 접합한다 (세라믹스 기판 접합 공정).

[0007] 다음으로, 제 2 금속판 중 세라믹스 기판과는 반대측의 면에, 납재를 개재하여 히트 싱크를 적층한다. 이것을 적층 방향으로 소정의 압력으로 가압함과 함께 가열하여, 이로써 제 2 금속판과 히트 싱크를 접합한다 (히트 싱크 접합 공정).

[0008] 즉, 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판은, 상기 서술한 세라믹스 기판 접합 공정과, 그 후에 실시되는 히트 싱크 접합 공정에 의해 제조되고 있었다.

[0009] 그런데, 제 2 금속판과 히트 싱크를 납땀할 때에는, 납땀 온도를 낮게 설정하기 위해서 Si 를 7.5 질량% 이상 함유하는 Al-Si 계 합금의 납재박이 사용되는 경우가 많다. Si 를 비교적 많이 함유하는 Al-Si 계 합금에

있어서는, 연성이 불충분하기 때문에 압연 등에 의해 박재를 제조하는 것이 곤란하였다.

[0010] 또한, 히트 싱크와 제 2 금속판 사이에 납재박을 배치하고, 이들을 적층 방향으로 가압하여 가열하는데, 이 가압시에 납재박의 위치가 어긋나지 않도록, 납재박, 히트 싱크 및 제 2 금속판을 적층 배치할 필요가 있었다.

[0011] 또, 납재박을 사용한 경우, 제 2 금속판과 히트 싱크의 계면 부분에는, 제 2 금속판 및 히트 싱크의 표면, 납재박의 양면의 4 개의 면에 있어서 산화 피막이 존재하여, 산화 피막의 합계 두께가 두꺼워지는 경향이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2002-009212호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 이 발명은, 전술한 사정을 감안하여 이루어진 것으로서, 히트 싱크와 제 2 금속판을 접합하는 히트 싱크 접합 공정에 있어서의 접합 온도를 낮게 설정해도 히트 싱크와 제 2 금속판을 강고하게 접합할 수 있고, 세라믹스 기관과 제 1 금속판 및 제 2 금속판을 접합하는 세라믹스 기관 접합 공정에 있어서의 접합 온도도 비교적 낮게 설정할 수 있어, 고품질의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기관을 제공할 수 있는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기관의 제조 방법, 및 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기관, 파워 모듈을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기관의 제조 방법은, 세라믹스 기관과, 그 세라믹스 기관의 표면에 일면이 접합된 알루미늄으로 이루어지는 제 1 금속판과, 상기 세라믹스 기관의 이면에 일면이 접합된 알루미늄으로 이루어지는 제 2 금속판과, 그 제 2 금속판의 상기 세라믹스 기관과 접합된 상기 일면과 반대측의 타면에 접합된 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어지는 히트 싱크를 구비하는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기관의 제조 방법이다. 상기 세라믹스 기관과 상기 제 1 금속판, 및 상기 세라믹스 기관과 상기 제 2 금속판을 접합하는 세라믹스 기관 접합 공정과, 상기 제 2 금속판의 타면에 상기 히트 싱크를 접합하는 히트 싱크 접합 공정을 갖는다. 상기 히트 싱크 접합 공정은, 상기 제 2 금속판의 타면과 상기 히트 싱크의 접합면 중 적어도 일방에 Cu 를 고착시켜 Cu 층을 형성하는 Cu 층 형성 공정과, 상기 Cu 층을 개재하여 상기 제 2 금속판과 상기 히트 싱크를 적층하는 히트 싱크 적층 공정과, 적층된 상기 제 2 금속판과 상기 히트 싱크를 적층 방향으로 가압함과 함께 가열하여, 상기 제 2 금속판과 상기 히트 싱크의 계면에 용융 금속 영역을 형성하는 히트 싱크 가열 공정과, 이 용융 금속 영역을 응고시킴으로써, 상기 제 2 금속판과 상기 히트 싱크를 접합하는 용융 금속 응고 공정을 갖는다. 그리고, 상기 히트 싱크 가열 공정에 있어서, 상기 Cu 층의 Cu 를 상기 제 2 금속판 및 상기 히트 싱크로 확산시킴으로써, 상기 제 2 금속판과 상기 히트 싱크의 계면에, 상기 용융 금속 영역을 형성하는 것을 특징으로 하고 있다.

[0015] 이 구성의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기관의 제조 방법에 있어서, 제 2 금속판과 히트 싱크의 접합 계면에 Cu 가 개재된다. Cu 는, 알루미늄의 용점을 강하시키는 원소이기 때문에, 비교적 저온 조건에 있어서, 히트 싱크와 제 2 금속판의 계면에 용융 금속 영역을 형성할 수 있다.

[0016] 따라서, 비교적 저온, 단시간의 접합 조건에서 접합하더라도 히트 싱크와 제 2 금속판을 강고하게 접합할 수 있게 된다.

[0017] 또, 가열 공정에 있어서, Cu 층 내의 Cu 를 상기 제 2 금속판 및 히트 싱크를 향하여 확산시킴으로써, 상기 히트 싱크와 상기 제 2 금속판의 계면에 상기 용융 금속 영역을 형성하고 있기 때문에, 제조가 곤란한 Al-Si 계의 납재박 등을 사용할 필요가 없어, 저비용으로 제 2 금속판과 히트 싱크가 확실하게 접합된 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기관을 제조할 수 있다.

[0018] 또한, 납재박을 사용하지 않고, 상기 히트 싱크의 접합면 및 상기 제 2 금속판의 타면 중 적어도 일방에 직접 Cu 를 고착시키고 있기 때문에, 납재박의 위치 맞춤 작업 등을 실시할 필요가 없다.

- [0019] 게다가, 제 2 금속판 및 히트 싱크에 직접 Cu 를 고착시킨 경우, 산화 피막은, 제 2 금속판 및 히트 싱크의 표면에만 형성된다. 따라서, 제 2 금속판 및 히트 싱크의 계면에 존재하는 산화 피막의 합계 두께가 얇아져 초기 접합의 수율이 향상된다.
- [0020] 여기에서, 상기 Cu 층 형성 공정에 있어서, 상기 제 2 금속판의 타면과 상기 히트 싱크의 접합면 중 적어도 일방에, Cu 에 추가적으로, Si, Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소를 고착시켜도 된다.
- [0021] 이 경우, Si, Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 와 같은 원소는, 알루미늄의 용점을 강하시키는 원소이기 때문에, 비교적 저온 조건에 있어서, 제 2 금속판과 히트 싱크의 계면에 확실하게 용융 금속 영역을 형성할 수 있다.
- [0022] 따라서, 비교적 저온, 단시간의 접합 조건에서 접합하더라도 제 2 금속판과 히트 싱크를 더욱 강고하게 접합할 수 있게 된다.
- [0023] 또, 상기 Cu 층 형성 공정에서는, Cu 와 함께 Al 을 고착시켜도 된다.
- [0024] 이 경우, 형성되는 Cu 층이 Al 을 함유하기 때문에, 이 Cu 층이 우선적으로 용융된다. 따라서, 제 2 금속판과 히트 싱크의 계면에 용융 금속 영역을 확실하게 형성할 수 있게 되어, 제 2 금속판과 히트 싱크를 강고하게 접합할 수 있다. Cu 와 함께 Al 을 고착시키려면, Cu 와 Al 을 동시에 증착시켜도 되고, Cu 와 Al 의 합금을 타겟으로 하여 스퍼터링해도 된다. 또한, Cu 와 Al 을 적층해도 된다.
- [0025] 또, 상기 세라믹스 기판 접합 공정은, 금속 고착 공정과, 세라믹스 기판 적층 공정과, 세라믹스 기판 가열 공정과, 제 1 용융 금속 및 제 2 용융 금속 응고 공정을 갖는 구성으로 해도 된다.
- [0026] 금속 고착 공정에서는, 상기 세라믹스 기판과 상기 제 1 금속판의 접합 계면에 있어서의 상기 세라믹스 기판의 접합면과 상기 제 1 금속판의 접합면 중 적어도 일방에 Cu 또는 Si 중 1 종 이상을 고착시켜 제 1 금속층을 형성한다. 또, 상기 세라믹스 기판과 상기 제 2 금속판의 접합 계면에 있어서의 상기 세라믹스 기판의 접합면과 상기 제 2 금속판의 접합면 중 적어도 일방에 Cu 또는 Si 중 1 종 이상을 고착시켜 제 2 금속층을 형성한다.
- [0027] 세라믹스 기판 적층 공정에서는, 상기 제 1 금속층을 개재하여 상기 세라믹스 기판과 상기 제 1 금속판을 적층한다. 또, 상기 제 2 금속층을 개재하여 상기 세라믹스 기판과 상기 제 2 금속판을 적층한다.
- [0028] 세라믹스 기판 가열 공정에서는, 적층된 상기 제 1 금속판과 상기 세라믹스 기판과 상기 제 2 금속판을 적층 방향으로 가압함과 함께 가열하여, 상기 제 1 금속판과 상기 세라믹스 기판의 계면에 제 1 용융 금속 영역을 형성한다. 또, 상기 세라믹스 기판과 상기 제 2 금속판의 계면에 제 2 용융 금속 영역을 형성한다.
- [0029] 그리고, 상기 세라믹스 기판 가열 공정에 있어서, 상기 제 1 금속층의 Cu 또는 Si 중 1 종 이상을 상기 제 1 금속판으로 확산시킴으로써, 상기 제 1 금속판과 상기 세라믹스 기판의 계면에 상기 제 1 용융 금속 영역을 형성한다. 또, 상기 제 2 금속층의 Cu 또는 Si 중 1 종 이상을 상기 제 2 금속판으로 확산시킴으로써, 상기 세라믹스 기판과 상기 제 2 금속판의 계면에 상기 제 2 용융 금속 영역을 형성한다.
- [0030] 이 경우, 세라믹스 기판과 제 1 금속판, 및 세라믹스 기판과 제 2 금속판의 접합에 있어서도, 납제를 사용할 필요가 없어져, 저비용으로 세라믹스 기판과 제 1 금속판 및 제 2 금속판을 확실하게 접합할 수 있다.
- [0031] 또, 세라믹스 기판과 제 1 금속판 및 제 2 금속판의 접합 계면에는, Cu 또는 Si 중 1 종 이상이 개재되므로, 비교적 저온, 단시간의 접합 조건에서 접합하더라도 세라믹스 기판과 제 1 금속판 및 제 2 금속판을 강고하게 접합할 수 있게 된다.
- [0032] 여기에서, 상기 금속 고착 공정에 있어서, 상기 세라믹스 기판의 접합면과 상기 제 1 금속판의 접합면 중 적어도 일방에, 혹은 상기 세라믹스 기판의 접합면과 상기 제 2 금속판의 접합면 중 적어도 일방에, Cu 또는 Si 중 1 종 이상에 추가적으로 Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소를 고착시켜도 된다.
- [0033] 이 경우, Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 와 같은 원소는, 알루미늄의 용점을 강하시키는 원소이기 때문에, 비교적 저온 조건에 있어서, 상기 세라믹스 기판과 상기 제 1 금속판의 계면에 제 1 용융 금속 영역을, 혹은 상기 세라믹스 기판과 상기 제 2 금속판의 계면에 제 2 용융 금속 영역을 확실하게 형성할 수 있다.
- [0034] 따라서, 비교적 저온, 단시간의 접합 조건에서 접합하더라도 세라믹스 기판과 제 1 금속판 및 제 2 금속판을 더욱 강고하게 접합할 수 있게 된다.

- [0035] 또한, 상기 세라믹스 기판 접합 공정과, 상기 히트 싱크 접합 공정을 동시에 실시해도 된다.
- [0036] 이 경우, 히트 싱크 적층 공정과 세라믹스 기판 적층 공정, 히트 싱크 가열 공정과 세라믹스 기판 가열 공정, 용융 금속 응고 공정과 제 1 용융 금속 및 제 2 용융 금속 응고 공정을 각각 동시에 실시함으로써, 접합에 드는 비용을 대폭 삭감시킬 수 있다. 또, 반복 가열, 냉각을 실시할 필요가 없기 때문에, 이 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 휘어짐을 저감시킬 수도 있다.
- [0037] 또, 상기 Cu 층 형성 공정은, 도금, 증착, CVD, 스퍼터링, 콜드 스프레이, 또는, 분말이 분산되어 있는 페이스트 및 잉크 등의 도포에 의해 상기 히트 싱크의 접합면 및 상기 제 2 금속판의 타면 중 적어도 일방에 Cu 를 고착시켜도 된다.
- [0038] 이 경우, 히트 싱크와 제 2 금속판의 접합 계면에 Cu 를 확실하게 개재시킬 수 있게 된다. 또, Cu 의 고착량을 고정밀도로 조정할 수 있고, 용융 금속 영역을 확실하게 형성하여, 히트 싱크와 제 2 금속판을 강고하게 접합할 수 있게 된다.
- [0039] 또한, 상기 제 2 금속판이, 복수의 금속판이 적층되어 구성되어 있어도 된다.
- [0040] 이 경우, 히트 싱크와 세라믹스 기판의 열팽창 계수의 차에서 기인하는 열 변형을 이 제 2 금속판으로 충분히 완화시킬 수 있어, 세라믹스 기판에서의 균열 발생을 억제할 수 있다.
- [0041] 본 발명의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판은, 세라믹스 기판과, 그 세라믹스 기판의 표면에 일면이 접합된 알루미늄으로 이루어지는 제 1 금속판과, 상기 세라믹스 기판의 이면에 일면이 접합된 알루미늄으로 이루어지는 제 2 금속판과, 그 제 2 금속판의 상기 세라믹스 기판과 접합된 상기 일면과 반대측의 타면에 접합된 알루미늄 또는 알루미늄 합금으로 이루어지는 히트 싱크를 구비하고 있다. 상기 제 2 금속판 및 상기 히트 싱크에는 Cu 가 고용되어 있고, 상기 제 2 금속판 및 상기 히트 싱크의 접합 계면 근방에 있어서의 Cu 농도가 0.05 질량% 이상 5 질량% 이하의 범위 내로 설정되어 있다.
- [0042] 이 구성의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판에 의하면, 상기 제 2 금속판 및 상기 히트 싱크에 각각 Cu 가 고용되어 있기 때문에, 제 2 금속판 및 히트 싱크의 각각의 접합 계면측 부분이 고용 강화된다.
- [0043] 여기에서, 상기 제 2 금속판 및 상기 히트 싱크의 접합 계면 근방에 있어서의 Cu 농도가 0.05 질량% 이상으로 되어 있으므로, 상기 제 2 금속판 및 상기 히트 싱크의 접합 계면측 부분을 확실하게 고용 강화시킬 수 있다. 또, 상기 제 2 금속판 및 상기 히트 싱크의 접합 계면 근방에 있어서의 Cu 농도가 5 질량% 이하로 되어 있으므로, 상기 제 2 금속판 및 상기 히트 싱크의 접합 계면의 강도가 과잉으로 높아지는 것을 방지할 수 있어, 열 변형을 상기 제 2 금속판 및 상기 히트 싱크로 흡수할 수 있다.
- [0044] 또, 상기 제 2 금속판 및 상기 히트 싱크에는, Cu 에 추가적으로 Si, Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고용되어 있어도 된다.
- [0045] 이 경우, 상기 제 2 금속판 및 상기 히트 싱크의 접합 계면측 부분을 확실하게 고용 강화시킬 수 있다.
- [0046] 상기 제 1 금속판과 상기 세라믹스 기판의 접합 계면 근방, 혹은 상기 제 2 금속판과 상기 세라믹스 기판의 접합 계면 근방에 있어서, Cu 또는 Si 중 1종 이상에 추가적으로 Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고용되어 있어도 된다.
- [0047] 이 경우, 상기 제 1 금속판 및 상기 제 2 금속판 중 상기 세라믹스 기판과의 접합 계면측 부분을 확실하게 고용 강화시킬 수 있다.
- [0048] 또, 상기 제 2 금속판의 두께가, 상기 제 1 금속판의 두께보다 두꺼워지도록 설정해도 된다.
- [0049] 이 경우, 세라믹스 기판의 히트 싱크측 부분의 강성을, 그 반대측 부분의 강성과 비교하여 높게 할 수 있고, 이로써 냉각 후의 휘어짐을 더욱 억제할 수 있다.
- [0050] 또한, 상기 제 2 금속판이, 복수의 금속판이 적층되어 구성되어 있어도 된다.
- [0051] 이 경우, 제 2 금속판이, 복수의 금속판이 적층된 구조로 되어 있으므로, 히트 싱크와 세라믹스 기판의 열팽창 계수의 차에서 기인하는 열 변형을 이 제 2 금속판으로 충분히 완화시킬 수 있어, 세라믹스 기판에서의 균열 발생을 억제할 수 있다.
- [0052] 본 발명의 파워 모듈은, 전술한 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판과, 그 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 상에

탑재되는 전자 부품을 구비하고 있다.

[0053] 이 구성의 파워 모듈에 의하면, 히트 싱크와 제 2 금속판을 접합 강도가 높고, 사용 환경이 엄격한 경우이더라도, 반도체 소자 등의 전자 부품으로부터의 열을 방산시킬 수 있다.

발명의 효과

[0054] 본 발명에 의하면, 히트 싱크와 제 2 금속판을 접합하는 히트 싱크 접합 공정에 있어서의 접합 온도를 낮게 설정해도 히트 싱크와 제 2 금속판을 강고하게 접합할 수 있고, 세라믹스 기판과 제 1 금속판 및 제 2 금속판을 접합하는 세라믹스 기판 접합 공정에 있어서의 접합 온도도 비교적 낮게 설정할 수 있어, 고품질의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판을 제공할 수 있는 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법, 및 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판, 파워 모듈을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0055] 도 1 은 본 발명의 제 1 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판을 사용한 파워 모듈의 개략 설명도이다.
- 도 2 는 본 발명의 제 1 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 금속층 및 히트 싱크의 Cu 농도 분포를 나타내는 설명도이다.
- 도 3 은 본 발명의 제 1 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법의 플로우도이다.
- 도 4 는 본 발명의 제 1 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법을 나타내는 설명도이다.
- 도 5 는 도 4 에 있어서의 제 2 금속판 (금속층) 과 히트 싱크의 접합 계면 근방을 나타내는 설명도이다.
- 도 6 은 본 발명의 제 2 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판을 사용한 파워 모듈의 개략 설명도이다.
- 도 7 은 본 발명의 제 2 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 금속층 및 히트 싱크의 Cu 농도 분포 및 Ge 농도 분포를 나타내는 설명도이다.
- 도 8 은 본 발명의 제 2 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법의 플로우도이다.
- 도 9 는 본 발명의 제 2 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법을 나타내는 설명도이다.
- 도 10 은 본 발명의 제 3 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판을 사용한 파워 모듈의 개략 설명도이다.
- 도 11 은 본 발명의 제 3 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 금속층 및 히트 싱크의 Cu 농도 분포 및 Ag 농도 분포를 나타내는 설명도이다.
- 도 12 는 본 발명의 제 3 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법의 플로우도이다.
- 도 13 은 본 발명의 제 3 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법을 나타내는 설명도이다.
- 도 14 는 본 발명의 제 3 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법을 나타내는 설명도이다.
- 도 15 는 본 발명의 제 4 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판을 사용한 파워 모듈의 개략 설명도이다.
- 도 16 은 본 발명의 제 4 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법의 플로우도이다.
- 도 17 은 본 발명의 제 4 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법을 나타내는 설명도이다.
- 도 18 은 본 발명의 제 4 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법을 나타내는 설명도이다.
- 도 19 는 본 발명의 다른 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판을 사용한 파워 모듈의 개략 설명도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0056] 이하에, 본 발명의 실시형태에 대해 첨부한 도면을 참조하여 설명한다.

[0057] 도 1 에 본 발명의 제 1 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 및 파워 모듈을 나타낸다.

[0058] 이 파워 모듈 (1) 은, 회로층 (12) 이 배치 형성된 파워 모듈용 기판 (10) 과, 회로층 (12) 의 표면에 뿔납층 (2) 을 개재하여 접합된 반도체 칩 (3) 과, 히트 싱크 (40) 를 구비하고 있다. 여기에서, 뿔납층 (2) 은, 예를 들어 Sn-Ag 계, Sn-In 계, 혹은 Sn-Ag-Cu 계 뿔납재로 되어 있다. 또한, 본 실시형태에서는 회로층

(12) 과 땀납층 (2) 사이에 Ni 도금층 (도시하지 않음) 이 형성되어 있다.

- [0059] 파워 모듈용 기판 (10) 은 세라믹스 기판 (11) 과, 이 세라믹스 기판 (11) 의 일방의 면 (도 1 에 있어서 상면) 에 배치 형성된 회로층 (12) 과, 세라믹스 기판 (11) 의 타방의 면 (도 1 에 있어서 하면) 에 배치 형성된 금속층 (13) 을 구비하고 있다.
- [0060] 세라믹스 기판 (11) 은 회로층 (12) 과 금속층 (13) 사이의 전기적인 접촉을 방지하는 것으로서, 절연성이 높은 AlN (질화알루미늄) 으로 이루어져 있다. 또, 세라믹스 기판 (11) 의 두께는, 0.2 ~ 1.5 mm 의 범위 내로 설정되어 있고, 본 실시형태에서는 0.635 mm 이다. 또한, 본 실시형태에서는 도 1 에 나타내는 바와 같이, 세라믹스 기판 (11) 의 폭은 회로층 (12) 및 금속층 (13) 의 폭보다 넓다.
- [0061] 회로층 (12) 은, 세라믹스 기판 (11) 의 일방의 면에 도전성을 갖는 금속판 (22) 이 접합됨으로써 형성되어 있다. 본 실시형태에 있어서는, 회로층 (12) 이 되는 금속판 (22) 은 순도가 99.99 % 이상인 알루미늄의 압연판으로 되어 있다.
- [0062] 금속층 (13) 은, 세라믹스 기판 (11) 의 타방의 면에 금속판 (23) 이 접합됨으로써 형성되어 있다. 본 실시형태에 있어서는, 금속층 (13) 이 되는 금속판 (23) 은 순도가 99.99 % 이상인 알루미늄의 압연판으로 되어 있다.
- [0063] 히트 싱크 (40) 는 전술한 파워 모듈용 기판 (10) 을 냉각시키기 위한 것이다. 히트 싱크 (40) 는 파워 모듈용 기판 (10) 과 접합되는 천판부 (41) 와, 냉각 매체 (예를 들어 냉각수) 를 유통시키기 위한 유로 (42) 를 구비하고 있다. 히트 싱크 (40) 의 천판부 (41) 는 열전도성이 양호한 재료로 이루어져 있는 것이 바람직하다. 본 실시형태에 있어서는 히트 싱크 (40) 의 천판부 (41) 는 A6063 (알루미늄 합금) 으로 이루어져 있다.
- [0064] 도 2 에 나타내는 바와 같이, 금속층 (13) (금속판 (23)) 과 히트 싱크 (40) 의 접합 계면 (30) 에 있어서는, 금속층 (13) (금속판 (23)) 및 히트 싱크 (40) 에 Cu 가 고용되어 있다. 금속층 (13) 및 히트 싱크 (40) 의 접합 계면 (30) 근방에는, 접합 계면 (30) 에서 적층 방향으로 이간됨에 따라 점차 Cu 농도가 저하되는 농도 경사층 (33, 34) 이 형성되어 있다. 여기에서, 이 농도 경사층 (33, 34) 의 접합 계면 (30) 근방의 Cu 농도가 0.05 질량% 이상 5 질량% 이하의 범위 내로 설정되어 있다.
- [0065] 또한, 금속층 (13) 및 히트 싱크 (40) 의 접합 계면 (30) 근방의 Cu 의 농도는, EPMA 분석 (스폿 직경 30 μm) 에 의해 접합 계면 (30) 으로부터 50 μm 의 위치에서 5 점 측정된 평균치이다. 또, 도 2 의 그래프는, 금속층 (13) (금속판 (23)) 및 히트 싱크 (40) (천판부 (41)) 의 폭 중앙 부분에 있어서 적층 방향으로 라인 분석을 실시하여, 전술한 50 μm 위치에서의 농도를 기준으로 하여 구한 것이다.
- [0066] 이하에, 전술한 구성의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법에 대해, 도 3 내지 도 5 를 참조하여 설명한다.
- [0067] (Cu 층 형성 공정 (S01)/Cu 고착 공정 (S11))
- [0068] 우선, 도 4, 도 5 에 나타내는 바와 같이, 회로층 (12) 이 되는 금속판 (22) 의 일면에, 스퍼터링에 의해 Cu 를 고착시켜 제 1 Cu 층 (24) 을 형성한다. 또, 금속층 (13) 이 되는 금속판 (23) 의 일면에, 스퍼터링에 의해 Cu 를 고착시켜 제 2 Cu 층 (25) 을 형성한다 (Cu 고착 공정 (S11)).
- [0069] 또한, 금속층 (13) 이 되는 금속판 (23) 의 타면에, 스퍼터링에 의해 Cu 를 고착시켜 Cu 층 (26) 을 형성한다 (Cu 층 형성 공정 (S01)).
- [0070] 여기에서, 본 실시형태에서는 제 1 Cu 층 (24), 제 2 Cu 층 (25) 및 Cu 층 (26) 에 있어서의 Cu 량은 0.08 mg/cm² 이상 2.7 mg/cm² 이하로 설정되어 있다.
- [0071] (히트 싱크 적층 공정 (S02)/세라믹스 기판 적층 공정 (S12))
- [0072] 다음으로, 도 4 에 나타내는 바와 같이, 금속판 (22) 을 세라믹스 기판 (11) 의 일방의 면측에 적층한다. 이 때, 금속판 (22) 의 제 1 Cu 층 (24) 이 형성된 면이 세라믹스 기판 (11) 을 향하도록 금속판 (22) 을 적층한다. 또, 금속판 (23) 을 세라믹스 기판 (11) 의 타방의 면측에 적층한다. 이 때, 금속판 (23) 의 제 2 Cu 층 (25) 이 형성된 면이 세라믹스 기판 (11) 을 향하도록 금속판 (23) 을 적층한다 (세라믹스 기판 적층 공정 (S12)).

- [0073] 또한, 금속판 (23) 의 타방의 면측에 히트 싱크 (40) 를 적층한다 (히트 싱크 적층 공정 (S02)). 이 때, 도 4 에 나타내는 바와 같이, 금속판 (23) 의 Cu 층 (26) 이 형성된 면이 히트 싱크 (40) 를 향하도록 금속판 (23) 과 히트 싱크 (40) 를 적층한다.
- [0074] (히트 싱크 가열 공정 (S03)/세라믹스 기판 가열 공정 (S13))
- [0075] 이어서, 금속판 (22) 과, 세라믹스 기판 (11) 과, 금속판 (23) 과, 히트 싱크 (40) 를 적층 방향으로 가압 (압력 1 ~ 35 kgf/cm²) 한 상태에서 진공 가열로 내에 장입 (裝入) 하여 가열한다. 이로써, 금속판 (22) 과 세라믹스 기판 (11) 의 계면에 제 1 용융 금속 영역 (27) 을 형성한다. 또, 금속판 (23) 과 세라믹스 기판 (11) 의 계면에 제 2 용융 금속 영역 (28) 을 형성한다 (세라믹스 기판 가열 공정 (S13)).
- [0076] 또한, 동시에, 금속판 (23) 과 히트 싱크 (40) 사이에 용융 금속 영역 (29) 을 형성한다 (히트 싱크 가열 공정 (S03)).
- [0077] 도 5 에 나타내는 바와 같이, Cu 층 (26) 의 Cu 가 금속판 (23) 을 향하여 확산된다. 또, Cu 층 (26) 의 Cu 가 히트 싱크 (40) 를 향하여 확산된다. 그러면, 금속판 (23) 및 히트 싱크 (40) 의 Cu 층 (26) 근방의 Cu 농도가 상승한다. 이로써, 금속판 (23) 및 히트 싱크 (40) 의 Cu 층 (26) 근방의 용점이 낮아져 용융 금속 영역 (29) 이 형성된다.
- [0078] 또한, 상기 서술한 압력이 1 kgf/cm² 미만인 경우에는, 세라믹스 기판 (11) 과 금속판 (22, 23) 의 접합 및 금속판 (23) 과 히트 싱크 (40) 의 접합을 양호하게 실시할 수 없게 될 우려가 있다. 또, 상기 서술한 압력이 35 kgf/cm² 를 초과한 경우에는, 금속판 (22, 23) 및 히트 싱크 (40) 가 변형될 우려가 있다. 따라서, 상기 서술한 가압 압력은 1 ~ 35 kgf/cm² 의 범위 내로 하는 것이 바람직하다.
- [0079] 여기에서, 본 실시형태에서는 진공 가열로 내의 압력은 10⁻⁶ Pa 이상 10⁻³ Pa 이하의 범위 내로 설정되어 있다. 또, 가열 온도는 600 °C 이상 650 °C 이하의 범위 내로 설정되어 있다.
- [0080] (용융 금속 응고 공정 (S04)/제 1 용융 금속 및 제 2 용융 금속 응고 공정 (S14))
- [0081] 다음으로, 용융 금속 영역 (29) 이 형성된 상태에서 온도를 일정하게 유지한다. 그러면, 용융 금속 영역 (29) 중의 Cu 가 금속판 (23) 을 향하여 확산된다. 또, 용융 금속 영역 (29) 중의 Cu 가 히트 싱크 (40) 를 향하여 확산된다. 이로써, 용융 금속 영역 (29) 이었던 부분의 Cu 농도가 서서히 저하되고 용점이 상승함으로써, 온도를 일정하게 유지한 상태에서 응고가 진행되어 간다. 요컨대, 히트 싱크 (40) 와 금속판 (23) 은, 이른바 확산 접합 (Transient Liquid Phase Diffusion Bonding) 에 의해 접합되어 있다. 이와 같이 하여 응고가 진행된 후에, 상온으로까지 냉각을 실시한다.
- [0082] 마찬가지로, 제 1 용융 금속 영역 (27), 제 2 용융 금속 영역 (28) 중의 Cu 가 금속판 (22, 23) 을 향하여 확산된다. 그러면, 제 1 용융 금속 영역 (27), 제 2 용융 금속 영역 (28) 이었던 부분의 Cu 농도가 서서히 저하되고 용점이 상승하여, 온도를 일정하게 유지한 상태에서 응고가 진행되어 간다. 이로써, 세라믹스 기판 (11) 과 금속판 (22, 23) 이 접합된다.
- [0083] 이상과 같이 하여, 회로층 (12) 및 금속층 (13) 이 되는 금속판 (22, 23) 과 세라믹스 기판 (11) 이 접합된다. 또, 금속판 (23) 과 히트 싱크 (40) 가 접합된다. 이로써, 본 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판이 제조된다.
- [0084] 이상과 같은 구성으로 된 본 실시형태에 있어서는, 금속층 (13) 이 되는 금속판 (23) 과 히트 싱크 (40) 사이에 Cu 층 (26) 을 형성하는 Cu 층 형성 공정 (S01) 을 구비하고 있기 때문에, 금속판 (23) 과 히트 싱크 (40) 의 접합 계면 (30) 에는 Cu 가 개재된다. 여기에서, Cu 는 Al 에 대해 반응성이 높은 원소이기 때문에, 접합 계면 (30) 에 Cu 가 존재함으로써 알루미늄으로 이루어지는 금속판 (23) 과 히트 싱크 (40) 의 표면이 활성화된다. 따라서, 금속판 (23) 과 히트 싱크 (40) 를 강고하게 접합할 수 있게 된다.
- [0085] 또, 본 실시형태에서는 금속판 (22, 23) 과 세라믹스 기판 (11) 과의 접합면에 Cu 를 고착시키는 Cu 고착 공정 (S11) 을 구비하고 있기 때문에, 금속판 (22, 23) 과 세라믹스 기판 (11) 의 접합 계면에도 Cu 가 개재되어, 세라믹스 기판 (11) 과 금속판 (22, 23) 을 강고하게 접합할 수 있게 된다.
- [0086] 또한, 금속판 (23) 의 타면에 형성된 Cu 층 (26) 의 Cu 를 금속판 (23) 및 히트 싱크 (40) 를 향하여 확산시킴으로써 용융 금속 영역 (29) 을 형성하고, 용융 금속 영역 (29) 중의 Cu 를 추가로 금속판 (23) 및 히트 싱크 (40) 를 향하여 확산시킴으로써 응고시켜, 히트 싱크 (40) 와 금속층 (13) (금속판 (23)) 을 접합하고

있으므로, 비교적 저온, 단시간의 접합 조건에서 접합하더라도 히트 싱크 (40) 와 금속판 (23) 을 강고하게 접합할 수 있게 된다.

- [0087] 또, 본 실시형태에서는 세라믹스 기판 (11) 과 회로층 (12) (금속판 (22)) 및 금속층 (13) (금속판 (23)) 에 대해서도, 제 1 Cu 층 (24), 제 2 Cu 층 (25) 의 Cu 를 금속판 (22, 23) 을 향하여 확산시킴으로써 제 1 용융 금속 영역 (27), 제 2 용융 금속 영역 (28) 을 형성하고, 제 1 용융 금속 영역 (27), 제 2 용융 금속 영역 (28) 중의 Cu 를 추가로 금속판 (22, 23) 을 향하여 확산시킴으로써 응고시켜, 세라믹스 기판 (11) 과 회로층 (12) (금속판 (22)) 및 금속층 (13) (금속판 (23)) 을 접합하고 있으므로, 비교적 저온, 단시간의 접합 조건에서 접합하더라도 세라믹스 기판 (11) 과 회로층 (12) (금속판 (22)) 및 금속층 (13) (금속판 (23)) 을 강고하게 접합할 수 있게 된다.
- [0088] 또한, 히트 싱크 (40) 와 금속판 (23) 의 접합, 및 세라믹스 기판 (11) 과 금속판 (22, 23) 의 접합에 납재박을 사용하고 있지 않기 때문에, 납재박의 위치 맞춤 작업 등을 실시할 필요가 없다. 따라서, 본 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판을 저비용으로 효율적으로 만들어 낼 수 있게 된다.
- [0089] 또, 본 실시형태에서는 세라믹스 기판 (11) 과 금속판 (22, 23) 의 접합과, 금속판 (23) 과 히트 싱크 (40) 의 접합을 동시에 실시하고 있으므로, 이들 접합에 드는 비용을 대폭 삭감시킬 수 있다. 또, 세라믹스 기판 (11) 에 대해 반복 가열, 냉각을 실시하지 않아도 되므로, 이 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 휘어짐을 저감시킬 수 있다.
- [0090] 또한, Cu 층 형성 공정 (S01) 은, 스퍼터링에 의해 금속판 (23) 의 타면에 Cu 를 고착시켜 Cu 층 (26) 을 형성하고 있으므로, 히트 싱크 (40) 와 금속판 (23) 사이에 Cu 를 확실하게 개재할 수 있게 된다. 또, Cu 의 고착량을 고정밀도로 조정할 수 있어, 히트 싱크 (40) 와의 금속판 (23) 을 강고하게 접합할 수 있게 된다.
- [0091] 또, 본 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판에 있어서는, 히트 싱크 (40) 와 금속층 (13) (금속판 (23)) 의 접합 계면 (30) 에 있어서, 금속층 (13) (금속판 (23)) 및 히트 싱크 (40) 에 Cu 가 고용되어 있다. 그리고, 금속층 (13) 및 히트 싱크 (40) 의 각각의 접합 계면 (30) 측의 Cu 농도가, 0.05 질량% 이상 5 질량% 이하의 범위 내로 설정되어 있다. 이로써, 금속층 (13) (금속판 (23)) 및 히트 싱크 (40) 의 접합 계면 (30) 측의 부분이 고용 강화되어, 금속층 (13) (금속판 (23)) 및 히트 싱크 (40) 에 있어서의 균열 발생을 방지할 수 있다. 따라서, 신뢰성이 높은 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판을 제공할 수 있다.
- [0092] 이어서, 본 발명의 제 2 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 및 파워 모듈에 대해, 도 6 내지 도 9 를 이용하여 설명한다.
- [0093] 이 파워 모듈 (101) 은, 회로층 (112) 이 배치 형성된 파워 모듈용 기판 (110) 과, 회로층 (112) 의 표면에 뿔납층 (2) 을 개재하여 접합된 반도체 칩 (3) 과, 히트 싱크 (140) 를 구비하고 있다.
- [0094] 파워 모듈용 기판 (110) 은, 세라믹스 기판 (111) 과, 이 세라믹스 기판 (111) 의 일방의 면 (도 6 에 있어서 상면) 에 배치 형성된 회로층 (112) 과, 세라믹스 기판 (111) 의 타방의 면 (도 6 에 있어서 하면) 에 배치 형성된 금속층 (113) 을 구비하고 있다.
- [0095] 세라믹스 기판 (111) 은 절연성이 높은 AlN (질화알루미늄) 으로 이루어져 있다.
- [0096] 회로층 (112) 은, 순도가 99.99 % 이상인 알루미늄의 압연판으로 이루어지는 금속판 (122) 이 세라믹스 기판 (111) 에 접합됨으로써 형성되어 있다.
- [0097] 금속층 (113) 은, 순도가 99.99 % 이상인 알루미늄의 압연판으로 이루어지는 금속판 (123) 이 세라믹스 기판 (111) 에 접합됨으로써 형성되어 있다.
- [0098] 또한, 본 실시형태에서는 도 6 에 나타내는 바와 같이, 금속층 (113) 의 두께가 회로층 (112) 의 두께보다 두껍게 되어 있다.
- [0099] 히트 싱크 (140) 는, 전술한 파워 모듈용 기판 (110) 을 냉각시키기 위한 것이다. 히트 싱크 (140) 는, 파워 모듈용 기판 (110) 과 접합되는 천판부 (141) 와, 냉각 매체를 유통시키기 위한 유로 (142) 를 구비하고 있다. 히트 싱크 (140) 의 천판부 (141) 는, 열전도성이 양호한 재질로 이루어져 있는 것이 바람직하다. 본 실시형태에 있어서는, 히트 싱크 (140) 의 천판부 (141) 는 A6063 (알루미늄 합금) 으로 이루어져 있다.
- [0100] 그리고, 도 7 에 나타내는 바와 같이, 금속층 (113) (금속판 (123)) 과 히트 싱크 (140) 의 접합 계면 (130) 에 있어서는, 금속층 (113) (금속판 (123)) 및 히트 싱크 (140) 에, Cu 에 추가적으로 Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및

Li 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고용되어 있다. 또한, 본 실시형태에서는 첨가 원소로서 Ge 가 고용되어 있다.

[0101] 또, 회로층 (112) (금속판 (122)) 과 세라믹스 기판 (111) 의 접합 계면, 및 금속층 (113) (금속판 (123)) 과 세라믹스 기판 (111) 의 접합 계면에 있어서는, Cu 에 추가적으로 Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고용되어 있다. 또한, 본 실시형태에서는 첨가 원소로서 Ge 가 고용되어 있다.

[0102] 여기에서, 금속층 (113) 및 히트 싱크 (140) 의 접합 계면 (130) 근방에는, 접합 계면 (130) 에서 적층 방향으로 이간됨에 따라 점차 Cu 농도 및 Ge 농도가 저하되는 농도 경사층 (133, 134) 이 형성되어 있다. 여기서, 이 농도 경사층 (133, 134) 의 접합 계면 (130) 근방의 Cu 와 첨가 원소 (본 실시형태에서는 Ge) 의 합계 농도가 0.05 질량% 이상 6.5 질량% 이하의 범위 내로 설정되어 있다.

[0103] 또한, 금속층 (113) 및 히트 싱크 (140) 의 접합 계면 (130) 근방의 Cu 농도 및 Ge 농도는, EPMA 분석 (스폿 직경 30 μm) 에 의해 접합 계면 (130) 으로부터 50 μm 의 위치에서 5 점 측정된 평균치이다. 또, 도 7 의 그래프는, 금속층 (113) (금속판 (123)) 및 히트 싱크 (140) (천판부 (141)) 의 폭 중앙 부분에 있어서 적층 방향으로 라인 분석을 실시하여, 전술한 50 μm 위치에서의 농도를 기준으로 하여 구한 것이다.

[0104] 이하에, 전술한 구성의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법에 대해, 도 8 및 도 9 를 참조하여 설명한다.

[0105] (Cu 고착 공정 (S101))

[0106] 우선, 도 9 에 나타내는 바와 같이, 회로층 (112) 이 되는 금속판 (122) 의 일면에, 스퍼터링에 의해 Cu 를 고착시켜 제 1 Cu 층 (124) 을 형성한다. 또, 금속층 (113) 이 되는 금속판 (123) 의 일면에, 스퍼터링에 의해 Cu 를 고착시켜 제 2 Cu 층 (125) 을 형성한다. 또한, 이 제 1 Cu 층 (124), 제 2 Cu 층 (125) 에는, Cu 에 추가적으로 Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고착되어 있고, 본 실시형태에서는 첨가 원소로서 Ge 를 사용하고 있다.

[0107] (세라믹스 기판 적층 공정 (S102))

[0108] 다음으로, 금속판 (122) 을 세라믹스 기판 (111) 의 일방의 면측에 적층한다. 이 때, 금속판 (122) 의 제 1 Cu 층 (124) 이 형성된 면이 세라믹스 기판 (111) 을 향하도록 금속판 (122) 을 적층한다. 또, 금속판 (123) 을 세라믹스 기판 (111) 의 타방의 면측에 적층한다. 이 때, 금속판 (123) 의 제 2 Cu 층 (125) 이 형성된 면이 세라믹스 기판 (111) 을 향하도록 금속판 (123) 을 적층한다.

[0109] (세라믹스 기판 가열 공정 (S103))

[0110] 이어서, 금속판 (122) 과, 세라믹스 기판 (111) 과, 금속판 (123) 을 적층 방향으로 가압 (압력 1 ~ 35 kgf/cm^2) 한 상태에서 진공 가열로 내에 장입하여 가열한다. 금속판 (122) 과 세라믹스 기판 (111) 의 계면에 제 1 용융 금속 영역을 형성한다. 또, 금속판 (123) 과 세라믹스 기판 (111) 의 계면에 제 2 용융 금속 영역을 형성한다.

[0111] 여기에서, 본 실시형태에서는 진공 가열로 내의 압력은 10^{-6} Pa 이상 10^{-3} Pa 이하의 범위 내로, 가열 온도는 600 $^{\circ}\text{C}$ 이상 650 $^{\circ}\text{C}$ 이하의 범위 내로 설정되어 있다.

[0112] (제 1 용융 금속 및 제 2 용융 금속 응고 공정 (S104))

[0113] 다음으로, 제 1 용융 금속 영역, 제 2 용융 금속 영역이 형성된 상태에서 온도를 일정하게 유지해 두고, 제 1 용융 금속 영역, 제 2 용융 금속 영역 중의 Cu 를 금속판 (122, 123) 을 향하여 확산시키고, 온도를 일정하게 유지한 상태에서 응고시켜, 세라믹스 기판 (111) 과 금속판 (122, 123) 을 접합한다. 이와 같이 하여, 파워 모듈용 기판 (110) 을 만들어 낸다.

[0114] (Cu 층 형성 공정 (S105)/히트 싱크 적층 공정 (S106))

[0115] 이어서, 파워 모듈용 기판 (110) 의 금속층 (113) 의 타방의 면측에 Cu 및 Ge 를 고착시켜 Cu 층 (126) 을 형성한다. 이 Cu 층 (126) 에 있어서의 Cu 량은 0.08 mg/cm^2 이상 2.7 mg/cm^2 이하로 설정되어 있고, Ge 량은 0.002 mg/cm^2 이상 2.5 mg/cm^2 이하로 설정되어 있다.

- [0116] 그리고, 이 Cu 층 (126) 을 개재하여, 금속층 (113) 의 타방의 면측에 히트 싱크 (140) 를 적층한다.
- [0117] (히트 싱크 가열 공정 (S107))
- [0118] 다음으로, 파워 모듈용 기판 (110) 과 히트 싱크 (140) 를 적층 방향으로 가압 (압력 1 ~ 35 kgf/cm²) 한 상태에서 진공 가열로 내에 장입하여 가열하여, 금속층 (113) 과 히트 싱크 (140) 사이에 용융 금속 영역을 형성한다.
- [0119] 여기에서, 본 실시형태에서는 진공 가열로 내의 압력은 10⁻⁶ Pa 이상 10⁻³ Pa 이하의 범위 내로 설정되어 있다. 가열 온도는 600 °C 이상 650 °C 이하의 범위 내로 설정되어 있다.
- [0120] (용융 금속 응고 공정 (S108))
- [0121] 이어서, 용융 금속 영역이 형성된 상태에서 온도를 일정하게 유지해 둔다. 그러면, 용융 금속 영역 중의 Cu 및 Ge 가, 추가로 금속층 (113) 및 히트 싱크 (140) 를 향하여 확산되어 간다. 그러면, 용융 금속 영역이었던 부분의 Cu 농도 및 Ge 농도가 서서히 저하되고 용점이 상승하여, 온도를 일정하게 유지한 상태에서 응고가 진행된다. 이와 같이 하여 응고가 진행된 후에, 상온으로까지 냉각을 실시한다.
- [0122] 이와 같이 하여, 파워 모듈용 기판 (110) 과 히트 싱크 (140) 가 접합되어, 본 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판이 제조된다.
- [0123] 이상과 같은 구성으로 된 본 실시형태에 있어서는, 히트 싱크 (140) 와 금속층 (113) 사이에 Cu 와 함께 Ge 를 고착시키고 있으므로, 이들 Cu 와 Ge 를 확산시킴으로써 용융 금속 영역을 형성할 수 있다. 또, 추가로 용융 금속 영역 중의 Cu 와 Ge 를 확산시켜 히트 싱크 (140) 와 파워 모듈용 기판 (110) 을 접합할 수 있다. 따라서, 비교적 저온 조건에 있어서도 히트 싱크 (40) 와 파워 모듈용 기판 (110) 을 확실하게 접합할 수 있게 된다.
- [0124] 또, Cu 에 추가적으로 Ge 를 첨가하고, 이들 Cu 와 Ge 를 확산시켜 용융 금속 영역을 형성하고 있으므로, 히트 싱크 (140) 및 금속층 (113) 의 접합 계면 (130) 근방의 용점을 더욱 저하시킬 수 있다. 따라서, 히트 싱크 가열 공정 (S107) 에 있어서의 접합 온도를, 세라믹스 기판 가열 공정 (S103) 에 있어서의 접합 온도보다 낮게 설정해도 히트 싱크 (140) 와 파워 모듈용 기판 (110) 을 접합할 수 있다.
- [0125] 또한, 본 실시형태에서는 금속층 (113) 의 두께가 회로층 (112) 의 두께보다 두껍게 되어 있으므로, 세라믹스 기판 (111) 을 기준으로 하여 금속층 (113) 측의 강성이 회로층 (112) 측의 강성보다 높게 설정되어, 접합 후의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 휘어짐을 억제할 수 있다.
- [0126] 다음으로, 본 발명의 제 3 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 및 파워 모듈에 대해, 도 10 내지 도 14 를 이용하여 설명한다.
- [0127] 이 파워 모듈 (201) 은, 회로층 (212) 이 배치 형성된 파워 모듈용 기판 (210) 과, 회로층 (212) 의 표면에 뿔납층 (2) 을 개재하여 접합된 반도체 칩 (3) 과, 히트 싱크 (240) 를 구비하고 있다.
- [0128] 파워 모듈용 기판 (210) 은, 세라믹스 기판 (211) 과, 이 세라믹스 기판 (211) 의 일방의 면 (도 10 에 있어서 상면) 에 배치 형성된 회로층 (212) 과, 세라믹스 기판 (211) 의 타방의 면 (도 10 에 있어서 하면) 에 배치 형성된 금속층 (213) 을 구비하고 있다. 또한, 세라믹스 기판 (211) 은 절연성이 높은 AlN (질화알루미늄) 으로 이루어져 있다.
- [0129] 회로층 (212) 은, 순도가 99.99 % 이상인 알루미늄의 압연판으로 이루어지는 금속판 (222) 이 세라믹스 기판 (211) 에 접합됨으로써 형성되어 있다.
- [0130] 금속층 (213) 은, 순도가 99.99 % 이상인 알루미늄의 압연판으로 이루어지는 금속판 (223) 이 세라믹스 기판 (211) 에 접합됨으로써 형성되어 있다.
- [0131] 히트 싱크 (240) 는, 전술한 파워 모듈용 기판 (210) 을 냉각시키기 위한 것이다. 본 실시형태인 히트 싱크 (240) 는, 파워 모듈용 기판 (210) 과 접합되는 천판부 (241) 와, 이 천판부 (241) 에 대향하도록 배치된 저판부 (245) 와, 천판부 (241) 와 저판부 (245) 사이에 개재하여 장착된 콜게이트 핀 (246) 을 구비하고 있다. 천판부 (241) 와 저판부 (245) 와 콜게이트 핀 (246) 에 의해 냉각 매체가 유통되는 유로 (242) 가 구획 형성되어 있다.
- [0132] 여기에서, 이 히트 싱크 (240) 는, 천판부 (241) 와 콜게이트 핀 (246), 콜게이트 핀 (246) 과 저판부 (245)

가 각각 납땀됨으로써 형성되어 있다. 본 실시형태에서는 도 14 에 나타내는 바와 같이, 천판부 (241) 및 저판부 (245) 는 A3003 합금으로 이루어지는 기재층 (241A, 245A) 과, A4045 합금으로 이루어지는 접합층 (241B, 245B) 이 적층된 적층 알루미늄판으로 이루어져 있으며, 접합층 (241B, 245B) 이 콜게이트 핀 (246) 층을 향하도록 천판부 (241) 및 저판부 (245) 가 배치 형성되어 있다.

[0133] 도 11 에 나타내는 바와 같이, 히트 싱크 (240) (천판부 (241) 의 기재층 (241A)) 와 금속층 (213) (금속판 (223)) 의 접합 계면 (230) 에 있어서는, 금속층 (213) (금속판 (223)) 및 히트 싱크 (240) (천판부 (241) 의 기재층 (241A)) 에, Cu 에 추가적으로 Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고용되어 있다. 또한, 본 실시형태에서는 첨가 원소로서 Ag 가 고용되어 있다.

[0134] 또, 회로층 (212) (금속판 (222)) 과 세라믹스 기판 (211) 의 접합 계면, 및 금속층 (213) (금속판 (223)) 과 세라믹스 기판 (211) 의 접합 계면에 있어서는, Cu 에 추가적으로 Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고용되어 있고, 본 실시형태에서는 Ag 가 고용되어 있다.

[0135] 여기에서, 금속층 (213) 및 히트 싱크 (240) 의 접합 계면 (230) 근방에는, 접합 계면 (230) 에서 적층 방향으로 이간됨에 따라 점차 Cu 농도 및 Ag 농도가 저하되는 농도 경사층 (233, 234) 이 형성되어 있다. 여기에서, 이 농도 경사층 (233, 234) 의 접합 계면 (230) 근방의 Cu 와 첨가 원소 (본 실시형태에서는 Ag) 의 합계 농도가, 0.05 질량% 이상 6.5 질량% 이하의 범위 내로 설정되어 있다.

[0136] 또한, 금속층 (213) 및 히트 싱크 (240) 의 접합 계면 (230) 근방의 Cu 농도 및 Ag 농도는, EPMA 분석 (스폿 직경 30 μm) 에 의해 접합 계면 (230) 으로부터 50 μm 의 위치에서 5 점 측정된 평균치이다. 또, 도 11 의 그래프는, 금속층 (213) (금속판 (223)) 및 히트 싱크 (240) (천판부 (241)) 의 폭 중앙 부분에 있어서 적층 방향으로 라인 분석을 실시하여, 전술한 50 μm 위치에서의 농도를 기준으로 하여 구한 것이다.

[0137] 이하에, 상기 서술한 구성의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법에 대해 설명한다.

[0138] (Cu 고착 공정 (S201))

[0139] 우선, 도 13 에 나타내는 바와 같이, 회로층 (212) 이 되는 금속판 (222) 의 일면에, 스퍼터링에 의해 Cu 를 고착시켜 제 1 Cu 층 (224) 을 형성한다. 또, 금속층 (213) 이 되는 금속판 (223) 의 일면에, 스퍼터링에 의해 Cu 를 고착시켜 제 2 Cu 층 (225) 을 형성한다. 또한, 이 제 1 Cu 층 (224), 제 2 Cu 층 (225) 에는, Cu 에 추가적으로 Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고착되어 있고, 본 실시형태에서는 첨가 원소로서 Ag 를 사용하고 있다.

[0140] 여기에서, 본 실시형태에서는 제 1 Cu 층 (224), 제 2 Cu 층 (225) 에 있어서의 Cu 량은 0.08 mg/cm^2 이상 2.7 mg/cm^2 이하로 설정되어 있다. 또, Ag 량은 0.08 mg/cm^2 이상 5.4 mg/cm^2 이하로 설정되어 있다.

[0141] (세라믹스 기판 적층 공정 (S202))

[0142] 이어서, 도 13 에 나타내는 바와 같이, 금속판 (222) 을 세라믹스 기판 (211) 의 일방의 면측에 적층한다. 이 때, 금속판 (222) 의 제 1 Cu 층 (224) 이 형성된 면이 세라믹스 기판 (211) 을 향하도록 금속판 (222) 을 적층한다.

[0143] 또, 금속판 (223) 을 세라믹스 기판 (211) 의 타방의 면측에 적층한다. 이 때, 금속판 (223) 의 제 2 Cu 층 (225) 이 형성된 면이 세라믹스 기판 (211) 을 향하도록 금속판 (223) 을 적층한다.

[0144] (세라믹스 기판 가열 공정 (S203))

[0145] 다음으로, 금속판 (222) 과, 세라믹스 기판 (211) 과, 금속판 (223) 을 적층 방향으로 가압 (압력 1 ~ 35 kgf/cm^2) 한 상태에서 진공 가열로 내에 장입하여 가열한다. 금속판 (222) 과 세라믹스 기판 (211) 의 계면에 제 1 용융 금속 영역을 형성한다. 금속판 (223) 과 세라믹스 기판 (211) 의 계면에 제 2 용융 금속 영역을 형성한다.

[0146] 여기에서, 본 실시형태에서는 진공 가열로 내의 압력은 10^{-6} Pa 이상 10^{-3} Pa 이하의 범위 내로 설정되어 있다. 가열 온도는 600 $^{\circ}\text{C}$ 이상 650 $^{\circ}\text{C}$ 이하의 범위 내로 설정되어 있다.

[0147] (제 1 용융 금속 및 제 2 용융 금속 응고 공정 (S204))

[0148] 이어서, 제 1 용융 금속 영역, 제 2 용융 금속 영역이 형성된 상태에서 온도를 일정하게 유지해 둔다. 그러면, 제 1 용융 금속 영역, 제 2 용융 금속 영역 중의 Cu 및 Ag 가 금속판 (222, 223) 을 향하여 확산되어 간다.

이로써, 제 1 용융 금속 영역, 제 2 용융 금속 영역이었던 부분의 Cu 농도 및 Ag 농도가 서서히 저하되고 용점이 상승하여, 온도를 일정하게 유지한 상태에서 응고가 진행된다. 이로써, 세라믹스 기판 (211) 과 금속판 (222, 223) 이 접합되어 파워 모듈용 기판 (210) 이 만들어지게 된다.

- [0149] (Cu 층 형성 공정 (S205))
- [0150] 다음으로, 금속층 (213) 의 타방의 면에, 스퍼터링에 의해 Cu 및 Ag 를 고착시켜 Cu 층 (226) 을 형성한다. 여기에서, 본 실시형태에서는 Cu 층 (226) 에 있어서의 Cu 량은 0.08 mg/cm² 이상 2.7 mg/cm² 이하로 설정되고, Ag 량은 0.08 mg/cm² 이상 5.4 mg/cm² 이하로 설정되어 있다.
- [0151] (히트 싱크 적층 공정 (S206))
- [0152] 다음으로, 도 14 에 나타내는 바와 같이, 파워 모듈용 기판 (210) 의 금속층 (213) 의 타방의 면측에, 히트 싱크 (240) 를 구성하는 천판부 (241), 콜게이트 핀 (246), 저판부 (245) 를 적층한다. 이 때, 천판부 (241) 의 접합층 (241B) 및 저판부 (245) 의 접합층 (245B) 이 콜게이트 핀 (246) 측을 향하도록 천판부 (241) 및 저판부 (245) 를 적층한다. 또, 천판부 (241) 와 콜게이트 핀 (246), 저판부 (245) 와 콜게이트 핀 (246) 사이에, 예를 들어 KAlF₄ 를 주성분으로 하는 플럭스 (도시하지 않음) 를 개재시킨다.
- [0153] 또, 금속판 (223) 의 Cu 층 (226) 이 형성된 면이, 히트 싱크 (240) 의 천판부 (241) 를 향하도록 배치하고, 금속판 (223) 과 히트 싱크 (240) 사이에 Cu 층 (226) 을 개재시킨다.
- [0154] (히트 싱크 가열 공정 (S207))
- [0155] 이어서, 적층된 파워 모듈용 기판 (210), 천판부 (241), 콜게이트 핀 (246) 및 저판부 (245) 를 적층 방향으로 가압 (압력 1 ~ 35 kgf/cm²) 한 상태에서 분위기 가열로 내에 장입하여 가열하여, 금속판 (223) 과 히트 싱크 (240) 의 천판부 (241) 사이에 용융 금속 영역을 형성한다. 동시에, 천판부 (241) 와 콜게이트 핀 (246), 저판부 (245) 와 콜게이트 핀 (246) 사이에도, 접합층 (241B, 245B) 을 용융시킨 용융 금속층을 형성한다.
- [0156] 여기에서, 본 실시형태에서는 분위기 가열로 내는 질소 가스 분위기로 되어 있고, 가열 온도는 550 °C 이상 630 °C 이하의 범위 내로 설정되어 있다.
- [0157] (용융 금속 응고 공정 (S208))
- [0158] 다음으로, 용융 금속 영역이 형성된 상태에서 온도를 일정하게 유지해 둔다. 그러면, 용융 금속 영역 중의 Cu 및 Ag 가 금속판 (223) 및 히트 싱크 (240) 의 천판부 (241) 를 향하여 확산된다. 그러면, 용융 금속 영역이었던 부분의 Cu 농도 및 Ag 농도가 서서히 저하되고 용점이 상승한다. 이로써, 온도를 일정하게 유지한 상태에서 응고가 진행된다. 요컨대, 히트 싱크 (240) 의 천판부 (241) 와 금속판 (223) 은, 이른바 확산 접합 (Transient Liquid Phase Diffusion Bonding) 에 의해 접합되어 있다. 이와 같이 하여 응고가 진행된 후에, 상온으로까지 냉각을 실시한다.
- [0159] 또, 천판부 (241) 와 콜게이트 핀 (246), 저판부 (245) 와 콜게이트 핀 (246) 사이에 형성된 용융 금속층이 응고됨으로써, 천판부 (241) 와 콜게이트 핀 (246), 저판부 (245) 와 콜게이트 핀 (246) 이 납땜된다. 이 때, 천판부 (241), 콜게이트 핀 (246), 저판부 (245) 의 표면에는 산화 피막이 형성되어 있는데, 전술한 플럭스에 의해 이들 산화 피막이 제거된다.
- [0160] 이와 같이 하여, 천판부 (241) 와 콜게이트 핀 (246) 과 저판부 (245) 가 납땜되어 히트 싱크 (240) 가 형성된다. 또, 히트 싱크 (240) 와 파워 모듈용 기판 (210) 이 접합되어 본 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판이 제조된다.
- [0161] 이상과 같은 구성으로 된 본 실시형태에 있어서는, 히트 싱크 (240) 와 금속층 (213) 사이에 Cu 와 함께 Ag 를 고착시키고, 이들 Cu 와 Ag 를 확산시킴으로써 용융 금속 영역을 형성하고, 추가로 용융 금속 영역 중의 Cu 와 Ag 를 확산시켜 히트 싱크 (240) 와 파워 모듈용 기판 (210) 을 접합하고 있기 때문에, 비교적 저온 조건에 있어서도 히트 싱크 (240) 와 파워 모듈용 기판 (210) 을 확실하게 접합할 수 있게 된다.
- [0162] 여기에서, 히트 싱크 (240) 를, 플럭스를 사용한 납땜에 의해 형성하는 경우에는, 질소 가스 분위기에서 550 °C 이상 630 °C 이하의 온도 조건으로 접합한다. 본 실시형태에서는, 히트 싱크 (240) 와 파워 모듈용 기판 (210) 을 저온 조건 및 질소 가스 분위기에서 접합을 할 수 있기 때문에, 히트 싱크 (240) 와 파워 모듈용 기판 (210) 의 접합과 동시에, 천판부 (241) 와 콜게이트 핀 (246) 과 저판부 (245) 를, 납땜에 의해 접합하여 히트 싱크 (240) 를 만들어 낼 수 있다. 따라서, 이 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 공정을 생략할 수

있어, 제작비의 삭감을 도모할 수 있다.

- [0163] 이어서, 본 발명의 제 4 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판 및 파워 모듈에 대해, 도 15 내지 도 18을 이용하여 설명한다.
- [0164] 이 파워 모듈 (301) 은, 회로층 (312) 이 배치 형성된 파워 모듈용 기판 (310) 과, 회로층 (312) 의 표면에 뿔납층 (2) 을 개재하여 접합된 반도체 칩 (3) 과, 히트 싱크 (340) 를 구비하고 있다.
- [0165] 파워 모듈용 기판 (310) 은, 세라믹스 기판 (311) 과, 이 세라믹스 기판 (311) 의 일방의 면 (도 15 에 있어서 상면) 에 배치 형성된 회로층 (312) 과, 세라믹스 기판 (311) 의 타방의 면 (도 15 에 있어서 하면) 에 배치 형성된 금속층 (313) 을 구비하고 있다. 또한, 세라믹스 기판 (311) 은 절연성이 높은 AlN (질화알루미늄) 으로 이루어져 있다.
- [0166] 회로층 (312) 은, 순도가 99.99 % 이상인 알루미늄의 압연판으로 이루어지는 금속판 (322) 이 세라믹스 기판 (311) 에 접합됨으로써 형성되어 있다.
- [0167] 금속층 (313) 은, 순도가 99.99 % 이상인 알루미늄의 압연판으로 이루어지는 금속판 (323) 이 세라믹스 기판 (311) 에 접합됨으로써 형성되어 있다.
- [0168] 히트 싱크 (340) 는, 전술한 파워 모듈용 기판 (310) 을 냉각시키기 위한 것이다. 본 실시형태인 히트 싱크 (340) 는, 파워 모듈용 기판 (310) 과 접합되는 천판부 (341) 와, 이 천판부 (341) 에 대향하도록 배치된 저판부 (345) 와, 천판부 (341) 와 저판부 (345) 사이에 개재하여 장착된 콜게이트 핀 (346) 을 구비하고 있다. 천판부 (341) 와 저판부 (345) 와 콜게이트 핀 (346) 에 의해 냉각 매체가 유통되는 유로 (342) 가 구획 형성되어 있다.
- [0169] 여기에서, 이 히트 싱크 (340) 는 천판부 (341) 와 콜게이트 핀 (346), 콜게이트 핀 (346) 과 저판부 (345) 가 각각 납땜됨으로써 구성되어 있다.
- [0170] 그리고 히트 싱크 (340) 의 천판부 (341) 와 금속층 (313) (금속판 (323)) 의 접합 계면에 있어서는, 금속층 (313) (금속판 (323)) 및 천판부 (341) 에, Cu 에 추가적으로 Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고용되어 있다. 또한, 본 실시형태에서는 첨가 원소로서 Ag 가 고용되어 있다.
- [0171] 또, 회로층 (312) (금속판 (322)) 과 세라믹스 기판 (311) 의 접합 계면, 및 금속층 (313) (금속판 (323)) 과 세라믹스 기판 (311) 의 접합 계면에 있어서는, Cu 에 추가적으로 Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고용되어 있고, 본 실시형태에서는 Ag 가 고용되어 있다.
- [0172] 이하에, 전술한 구성의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법에 대해 설명한다.
- [0173] (고착층 형성 공정 (S301))
- [0174] 우선, 도 17 에 나타내는 바와 같이, 회로층 (312) 이 되는 금속판 (322) 의 일면에, 스퍼터링에 의해 Cu 를 고착시켜 제 1 Cu 층 (324) 을 형성한다. 또, 금속층 (313) 이 되는 금속판 (323) 의 일면에, 스퍼터링에 의해 Cu 를 고착시켜 제 2 Cu 층 (325) 을 형성한다. 또한, 금속판 (323) 의 타면에도 스퍼터링에 의해 Cu 를 고착시켜 Cu 층 (326) 을 형성한다.
- [0175] 또한, 이 제 1 Cu 층 (324), 제 2 Cu 층 (325), Cu 층 (326) 에는, Cu 에 추가적으로 Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상의 첨가 원소가 고착되어 있고, 본 실시형태에서는 첨가 원소로서 Ag 를 사용하고 있다.
- [0176] 여기에서, 본 실시형태에서는 제 1 Cu 층 (324), 제 2 Cu 층 (325), Cu 층 (326) 에 있어서의 Cu 량은 0.08 mg/cm² 이상 2.7 mg/cm² 이하로 설정되어 있다. 또, Ag 량은 0.08 mg/cm² 이상 5.4 mg/cm² 이하로 설정되어 있다.
- [0177] (적층 공정 (S302))
- [0178] 다음으로, 도 17 에 나타내는 바와 같이, 금속판 (322) 을 세라믹스 기판 (311) 의 일방의 면측에 적층한다. 이 때, 금속판 (322) 의 제 1 Cu 층 (324) 이 형성된 면이 세라믹스 기판 (311) 을 향하도록 금속판 (322) 을 적층한다. 또, 금속판 (323) 을 세라믹스 기판 (311) 의 타방의 면측에 적층한다. 이 때, 금속판 (323) 의 제 2 Cu 층 (325) 이 형성된 면이 세라믹스 기판 (311) 을 향하도록 금속판 (323) 을 적층한다.

- [0179] 또한, 금속판 (323) 의 Cu 층 (326) 이 형성된 면측에 천판부 (341) 를 적층 배치한다.
- [0180] (가열 공정 (S303))
- [0181] 이어서, 금속판 (322) 과, 세라믹스 기판 (311) 과, 금속판 (323) 과, 천판부 (341) 를 적층 방향으로 가압 (압력 1 ~ 35 kgf/cm²) 한 상태에서 진공 가열로 내에 장입하여 가열한다. 금속판 (322) 과 세라믹스 기판 (311) 의 계면에 제 1 용융 금속 영역을 형성한다. 금속판 (323) 과 세라믹스 기판 (311) 의 계면에 제 2 용융 금속 영역을 형성한다. 금속판 (323) 과 천판부 (341) 사이에 용융 금속 영역을 형성한다.
- [0182] 여기에서, 본 실시형태에서는 진공 가열로 내의 압력은 10⁻⁶ Pa 이상 10⁻³ Pa 이하의 범위 내로 설정되어 있다. 가열 온도는 600 °C 이상 650 °C 이하의 범위 내로 설정되어 있다.
- [0183] (용융 금속 응고 공정 (S304))
- [0184] 다음으로, 제 1 용융 금속 영역, 제 2 용융 금속 영역이 형성된 상태에서 온도를 일정하게 유지해 둔다. 그러면, 제 1 용융 금속 영역, 제 2 용융 금속 영역 중의 Cu 및 Ag 가 금속판 (322, 323) 을 향하여 확산된다. 그러면, 제 1 용융 금속 영역, 제 2 용융 금속 영역이었던 부분의 Cu 농도 및 Ag 농도가 서서히 저하되고 용점이 상승하여, 온도를 일정하게 유지한 상태에서 응고가 진행된다. 이로써, 세라믹스 기판 (311) 과 금속판 (322, 323) 이 접합된다.
- [0185] 또, 용융 금속 영역이 형성된 상태에서 온도를 일정하게 유지해 둔다. 그러면, 용융 금속 영역 중의 Cu 및 Ag 가 금속판 (323) 및 천판부 (341) 를 향하여 확산되어 간다. 그러면, 용융 금속 영역이었던 부분의 Cu 농도 및 Ag 농도가 서서히 저하되고 용점이 상승하여, 온도를 일정하게 유지한 상태에서 응고가 진행되어 간다. 이로써, 금속판 (323) 과 천판부 (341) 가 접합된다.
- [0186] (핀 적층 공정 (S305))
- [0187] 이어서, 도 18 에 나타내는 바와 같이, 천판부 (341) 의 타방의 면측에 납재박 (347) (예를 들어, Al-10 % Si 합금박 등의 저융점 알루미늄 합금박), 콜게이트 핀 (346), 저판부 (345) 를 적층한다. 이 때, 저판부 (345) 의 접합층 (345B) 이 콜게이트 핀 (346) 측을 향하도록 저판부 (345) 를 적층한다. 또, 천판부 (341) 와 콜게이트 핀 (346), 저판부 (345) 와 콜게이트 핀 (346) 사이에는, 예를 들어, KAlF₄ 를 주성분으로 하는 플럭스 (도시하지 않음) 를 개재시켜 둔다.
- [0188] (납땀 공정 (S306))
- [0189] 다음으로, 천판부 (341), 콜게이트 핀 (346) 및 저판부 (345) 를 적층 방향으로 가압 (압력 1 ~ 35 kgf/cm²) 한 상태에서 분위기 가열로 내에 장입하여 가열하여, 천판부 (341) 와 콜게이트 핀 (346), 저판부 (345) 와 콜게이트 핀 (346) 사이에, 납재박 (347) 및 접합층 (345B) 을 용융시킨 용융 금속층을 형성한다.
- [0190] 여기에서, 본 실시형태에서는 분위기 가열로 내는 질소 가스 분위기로 되어 있고, 가열 온도는 550 °C 이상 630 °C 이하의 범위 내로 설정되어 있다.
- [0191] 그리고, 냉각시킴으로써, 천판부 (341) 와 콜게이트 핀 (346), 저판부 (345) 와 콜게이트 핀 (346) 사이에 형성된 용융 금속층을 응고시켜, 천판부 (341) 와 콜게이트 핀 (346), 저판부 (345) 와 콜게이트 핀 (346) 을 납땀한다. 이 때, 천판부 (341), 콜게이트 핀 (346), 저판부 (345) 의 표면에는 산화 피막이 형성되어 있는데, 전술한 플럭스에 의해 이들 산화 피막이 제거된다.
- [0192] 이와 같이 하여, 본 실시형태인 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판이 제조된다.
- [0193] 이상과 같은 구성으로 된 본 실시형태에 있어서는, 히트 싱크 (340) 의 천판부 (341) 와 금속층 (313) 사이에 Cu 와 함께 Ag 를 고착시키고, 이들 Cu 와 Ag 를 확산시킴으로써 용융 금속 영역을 형성하고, 추가로 용융 금속 영역 중의 Cu 와 Ag 를 확산시켜 히트 싱크 (340) 의 천판부 (341) 와 파워 모듈용 기판 (310) 을 접합하고 있기 때문에, 비교적 저온 조건에 있어서도 히트 싱크 (340) 의 천판부 (341) 와 파워 모듈용 기판 (310) 을 확실하게 접합할 수 있게 된다.
- [0194] 이상, 본 발명의 실시형태에 대해 설명했는데, 본 발명은 이것에 한정되지 않으며, 그 발명의 기술적 사상을 일탈하지 않는 범위에서 적절히 변경할 수 있다.
- [0195] 예를 들어, 회로층 및 금속층을 구성하는 금속판을 순도 99.99 % 의 순알루미늄의 압연판으로 한 것으로 하여

설명했는데, 이것에 한정되지 않으며, 순도 99 %의 알루미늄 (2N 알루미늄) 이어도 된다.

- [0196] 또, 세라믹스 기판을 AlN 으로 이루어진 것으로 하여 설명했는데, 이것에 한정되지 않으며, Si₃N₄, Al₂O₃ 등의 다른 세라믹스로 이루어져 있어도 된다.
- [0197] 또한, 제 2, 제 3, 제 4 실시형태에서는, Cu 층 형성 공정에 있어서, 첨가 원소로서 Ge 또는 Ag 를 고착시키는 것으로 하여 설명했는데, 이것에 한정되지 않는다. 첨가 원소로서 Si, Zn, Ge, Ag, Mg, Ca, Ga 및 Li 에서 선택되는 1 종 또는 2 종 이상을 사용해도 된다. 여기에서, Cu 와 첨가 원소의 고착량의 합계는 0.08 mg/cm² 이상 10 mg/cm² 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0198] 예를 들어, 첨가 원소로서 Si 를 사용하는 경우에는, Cu 층 형성 공정에 있어서의 Cu 의 고착량을 0.08 mg/cm² 이상 2.7 mg/cm² 이하로 하고, Si 의 고착량을 0.002 mg/cm² 이상 1.2 mg/cm² 이하로 하는 것이 바람직하다.
- [0199] 또한, Cu 층 형성 공정에 있어서, 금속층이 되는 금속판의 타면에 Cu 를 고착시키는 것으로 하여 설명했는데, 이것에 한정되지 않으며, 히트 싱크의 접합면에 Cu 를 고착시켜도 된다. 또, 히트 싱크의 접합면 및 금속판의 타면에 각각 Cu 를 고착시켜도 된다.
- [0200] 또, Cu 층 형성 공정에 있어서, 스퍼터에 의해 Cu 및 상기 첨가 원소를 고착시키는 것으로 하여 설명했는데, 이것에 한정되지 않으며, 도금, 증착, CVD, 콜드 스프레이, 또는 분말이 분산되어 있는 페이스트 및 잉크 등의 도포 등에 의해 Cu 를 고착시켜도 된다.
- [0201] 또한, Cu 층 형성 공정에 있어서 Cu 와 함께 Al 을 고착시켜도 된다.
- [0202] 또, 본 실시형태에서는 히트 싱크 상에 1 개의 파워 모듈용 기판이 접합된 것으로 하여 설명했는데, 이것에 한정되지 않으며, 1 개의 히트 싱크 상에 복수의 파워 모듈용 기판이 접합되어 있어도 된다.
- [0203] 또, 제 1, 제 2 실시형태에 있어서, 히트 싱크와 금속층 (금속판) 의 접합을 진공 가열로를 사용하여 실시하는 것으로 하여 설명했는데, 이것에 한정되지 않으며, N₂ 분위기, Ar 분위기 및 He 분위기 등에서 히트 싱크와 금속층 (금속판) 의 접합을 실시해도 된다.
- [0204] 또한, 세라믹스 기판과 금속판을 납재를 사용하지 않고 접합한 것으로 하여 설명했는데, 이것에 한정되지 않으며, 세라믹스 기판과 금속판을 납재를 사용하여 접합한 파워 모듈용 기판을 사용해도 된다.
- [0205] 또, 제 3 실시형태에 있어서, 천판부 및 저판부가 기재층과 접합층을 구비한 적층 알루미늄재로 이루어진 것으로 하여 설명했는데, 이것에 한정되지 않으며, 콜게이트 핀을, 예를 들어 A3003 으로 이루어지는 심재와, 이 심재의 양면에 A4045 로 이루어지는 접합층을 구비한 클래드재로 형성해도 된다. 이 경우, 천판부 및 저판부는 단순한 알루미늄판을 사용할 수 있다.
- [0206] 또, 천판부, 콜게이트 핀, 저판부의 재질은 본 실시형태에 한정되지 않는다.
- [0207] 또한, 콜게이트 핀의 형상 등을 포함하여, 히트 싱크의 구조도 본 실시형태에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 제 3, 제 4 실시형태에 있어서의 천판부만을 방열판으로 하여 파워 모듈용 기판에 접합한 것이어도 된다.
- [0208] 또한, 도 19 에 나타내는 바와 같이, 제 2 금속판 (413) 을, 복수의 금속판 (413A, 413B) 을 적층한 구조로 해도 된다. 이 경우, 제 2 금속판 (413) 중 일방측 (도 19 에 있어서 상측) 에 위치하는 금속판 (413A) 이 세라믹스 기판 (411) 에 접합되고, 타방측 (도 19 에 있어서 하측) 에 위치하는 금속판 (413B) 이 히트 싱크 (440) 의 천판부 (441) 에 접합된다. 그리고, 타방측에 위치하는 금속판 (413B) 과 히트 싱크 (440) 의 천판부 (441) 사이에 Cu 층을 형성함으로써, 타방측에 위치하는 금속판 (413B) 과 히트 싱크 (440) 의 천판부 (441) 가 접합되어 있다. 여기에서, 적층된 금속판 (413A, 413B) 끼리를 Cu 층을 개재하여 접합함으로써 제 2 금속판 (413) 을 구성해도 된다. 또한, 도 19 에서는, 2 장의 금속판 (413A, 413B) 을 적층시킨 것으로 하고 있지만, 적층하는 장 수에 제한은 없다. 또, 도 19 에 나타내는 바와 같이, 적층하는 금속판끼리의 크기, 형상이 상이해도 되고, 동일한 크기, 형상으로 조정된 것이어도 된다. 또한, 이들 금속판의 조성이 상이해도 된다.
- [0209] 산업상 이용가능성
- [0210] 본 발명의 히트 싱크 부착 파워 모듈용 기판의 제조 방법에 의하면, 비교적 저온, 단시간의 접합 조건에서 접합하더라도 히트 싱크와 제 2 금속판을 강고하게 접합할 수 있게 된다.

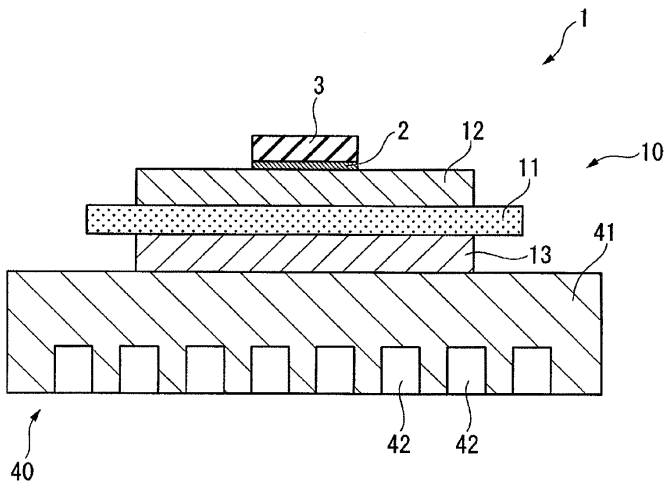
부호의 설명

[0211]

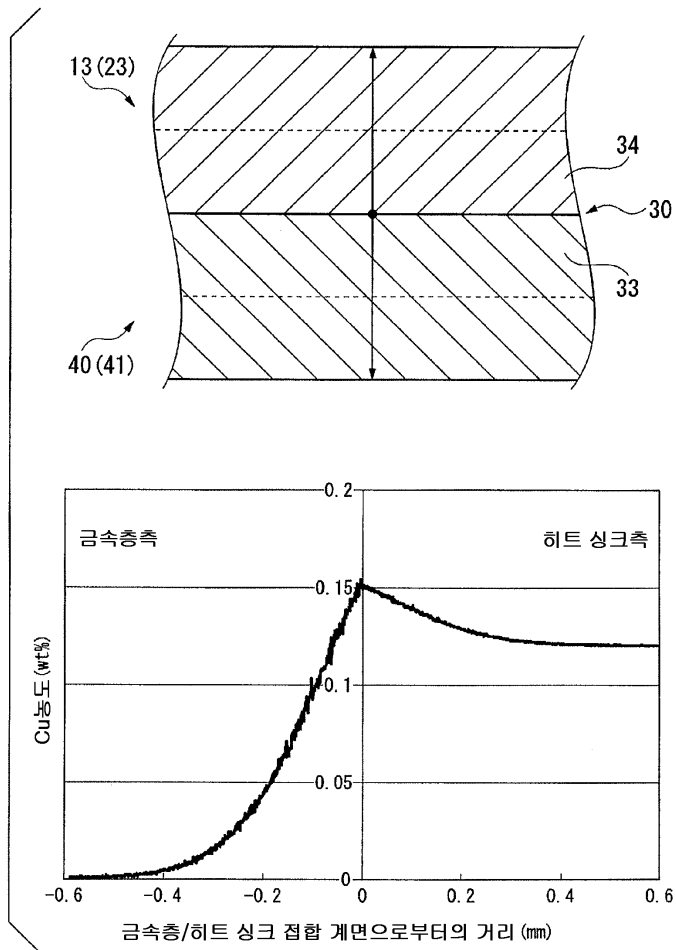
- 10, 110, 210, 310, 410 파워 모듈용 기판
- 11, 111, 211, 311, 411 세라믹스 기판
- 12, 112, 212, 312, 412 회로층 (제 1 금속판)
- 13, 113, 213, 313, 413 금속층 (제 2 금속판)
- 40, 140, 240, 340, 440 히트 싱크
- 24, 124, 224, 324 제 1 Cu 층 (제 1 금속층)
- 25, 125, 225, 325 제 2 Cu 층 (제 2 금속층)
- 26, 126, 226, 326 Cu 층
- 27 제 1 용융 금속 영역
- 28 제 2 용융 금속 영역
- 29 용융 금속 영역
- 30, 130, 230 접합 계면

도면

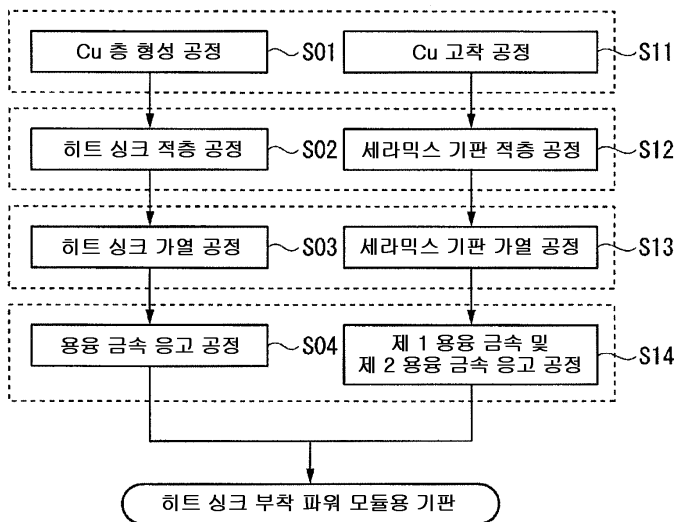
도면1



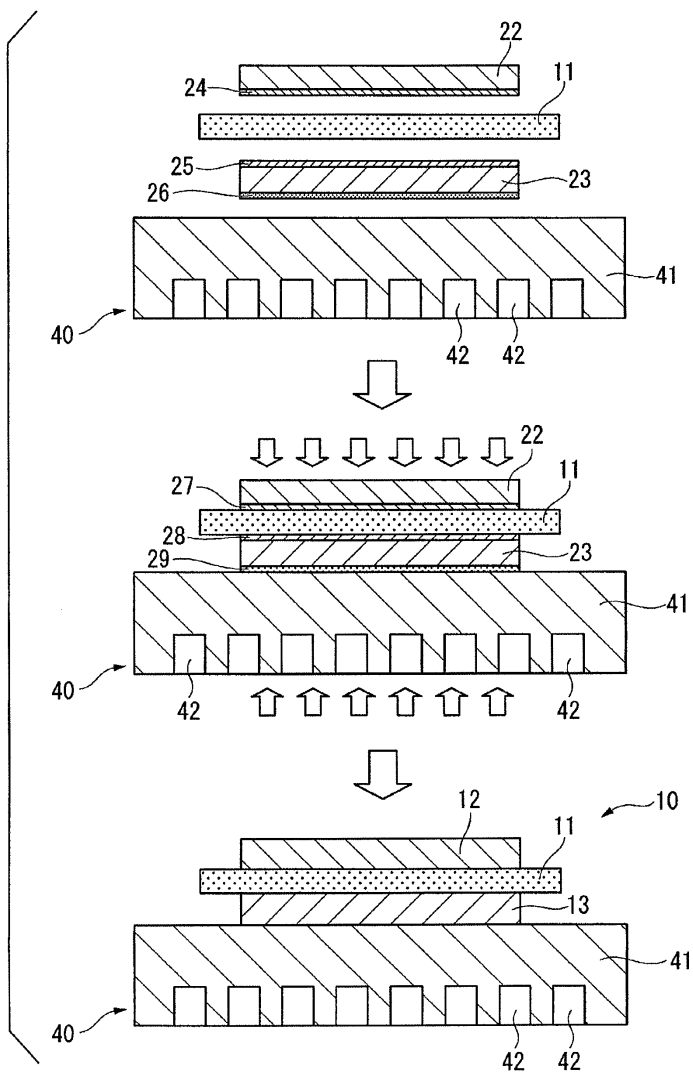
도면2



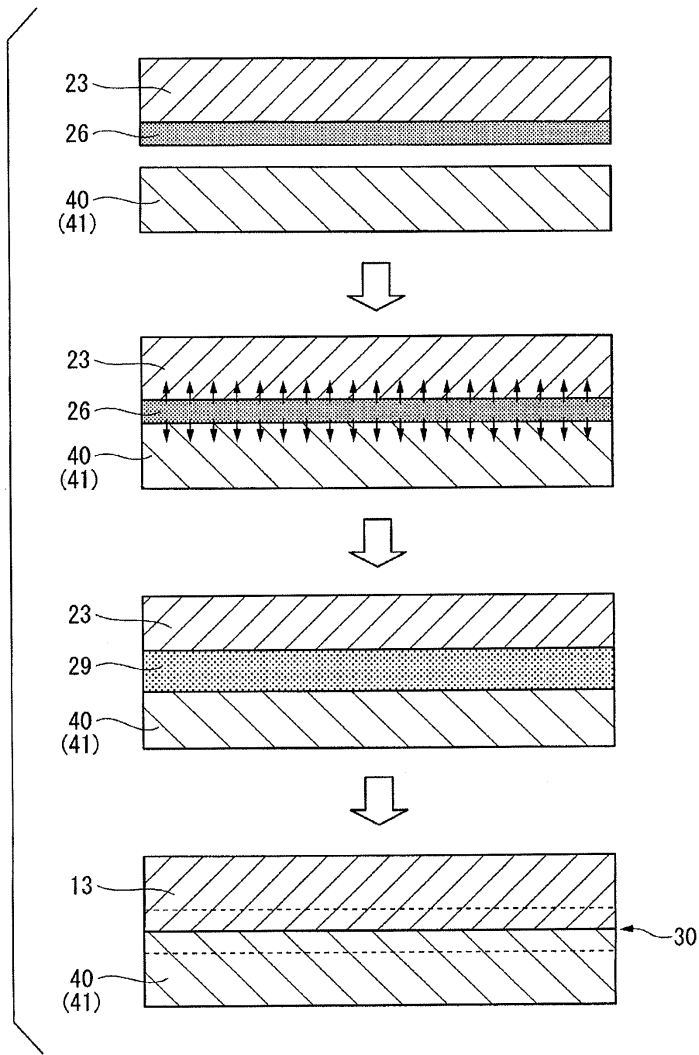
도면3



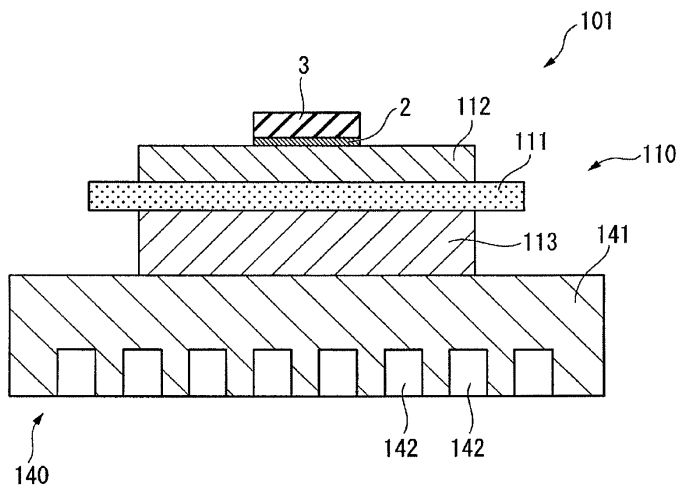
도면4



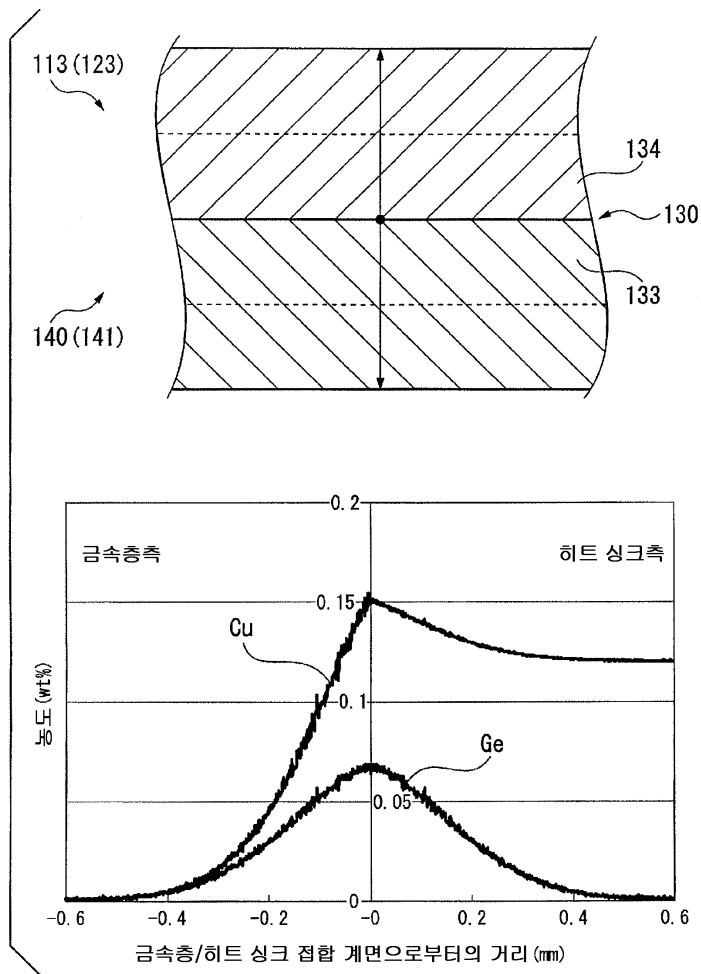
도면5



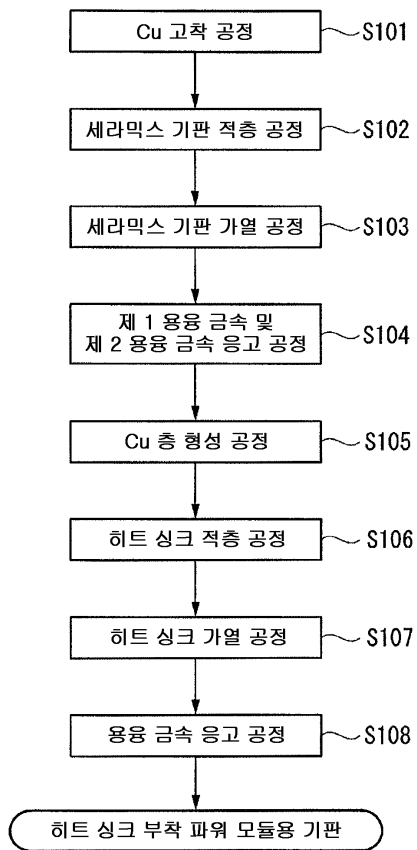
도면6



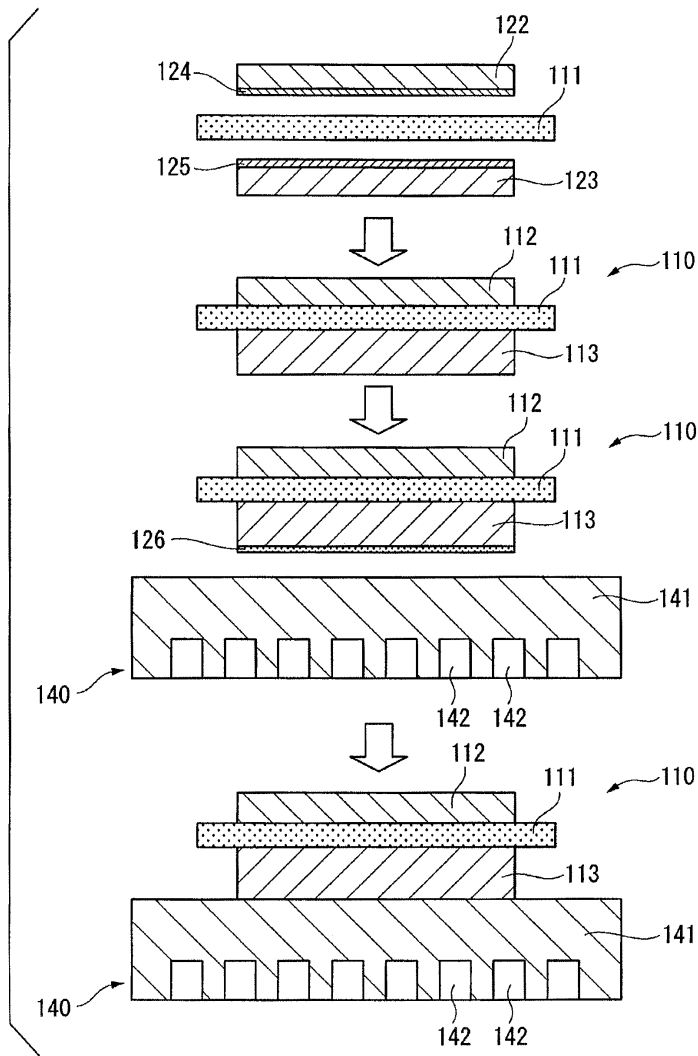
도면7



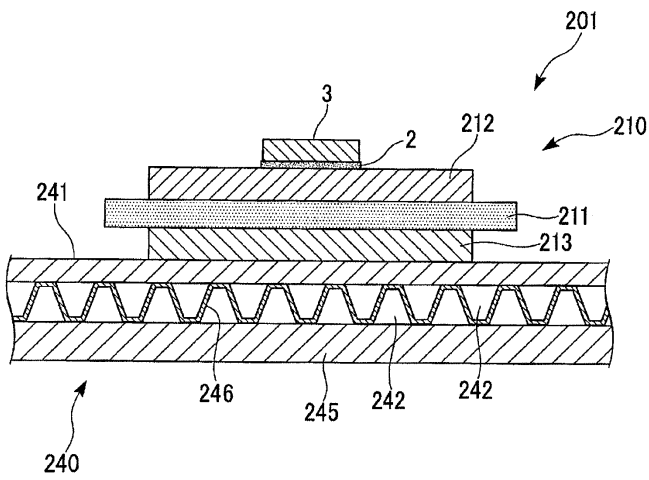
도면8



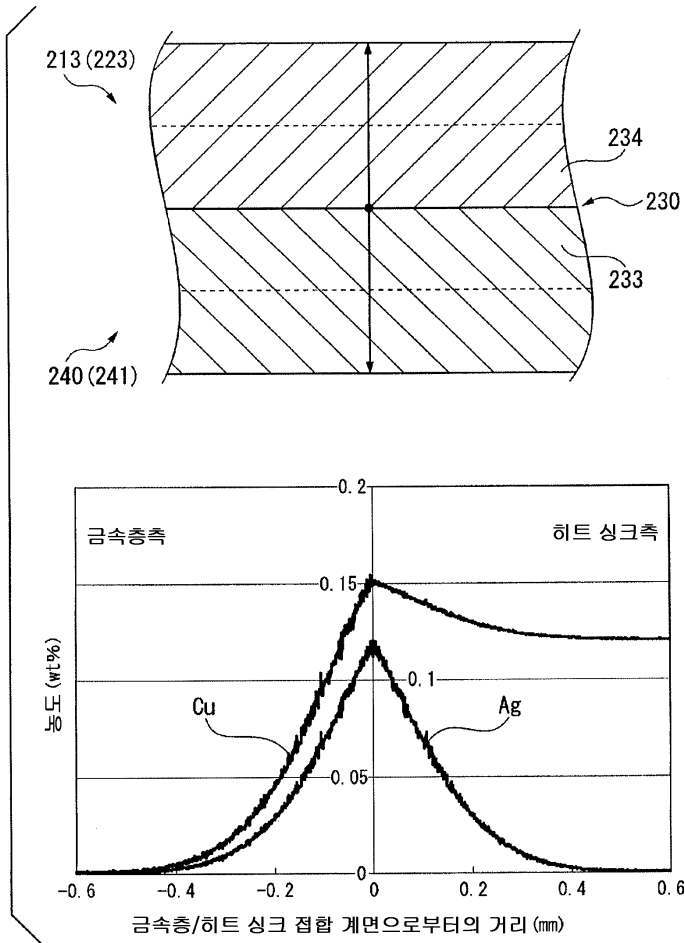
도면9



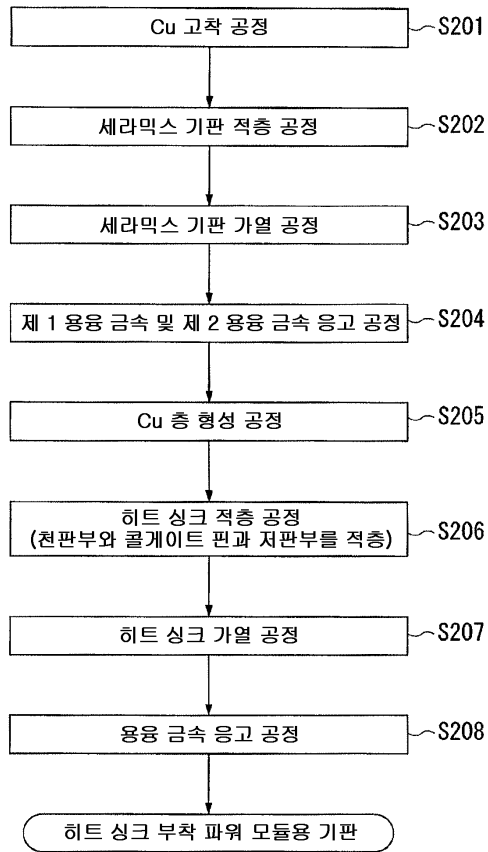
도면10



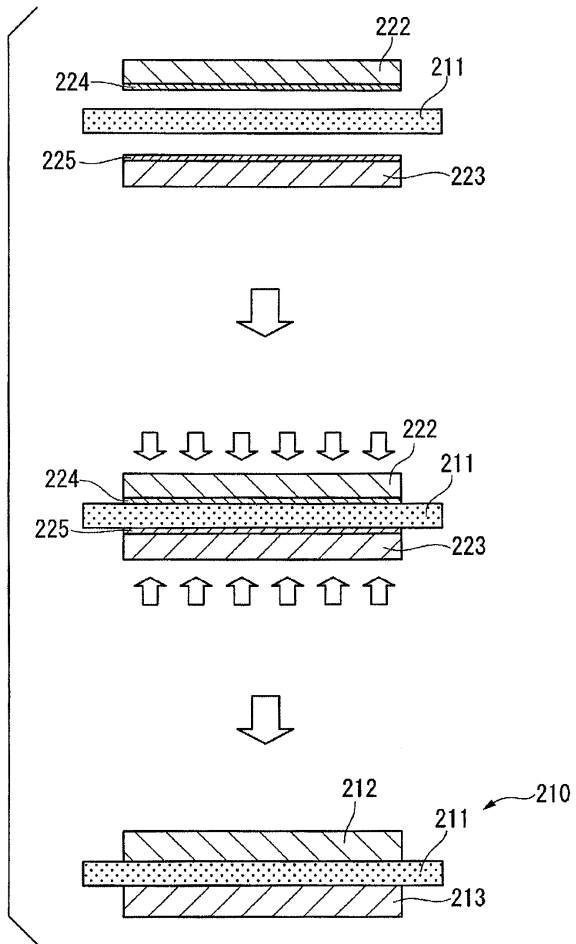
도면11



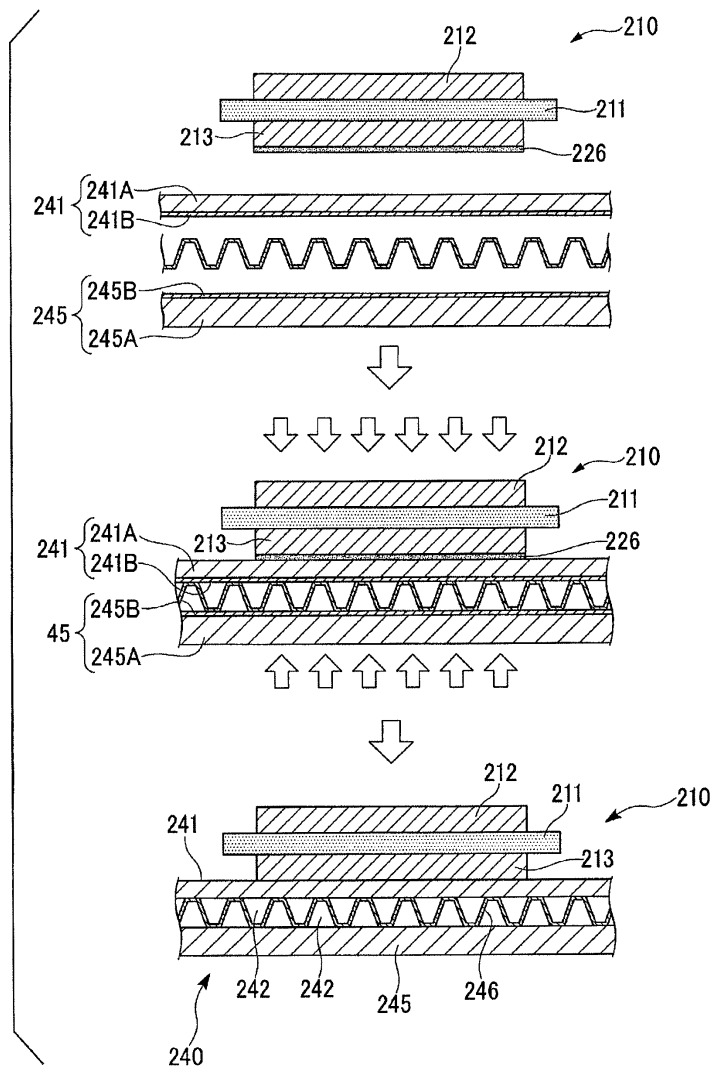
도면12



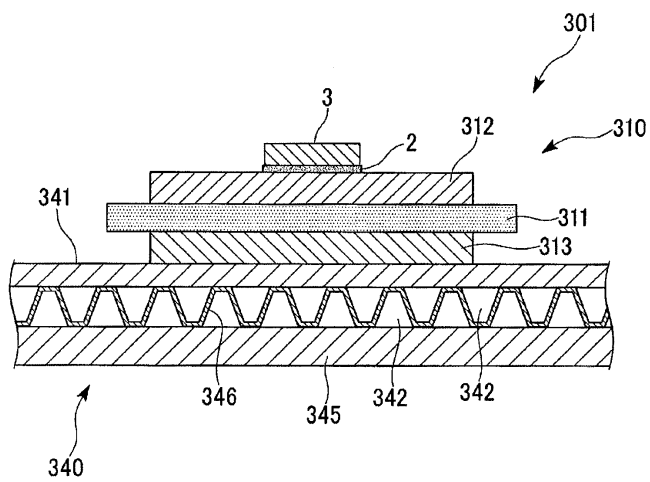
도면13



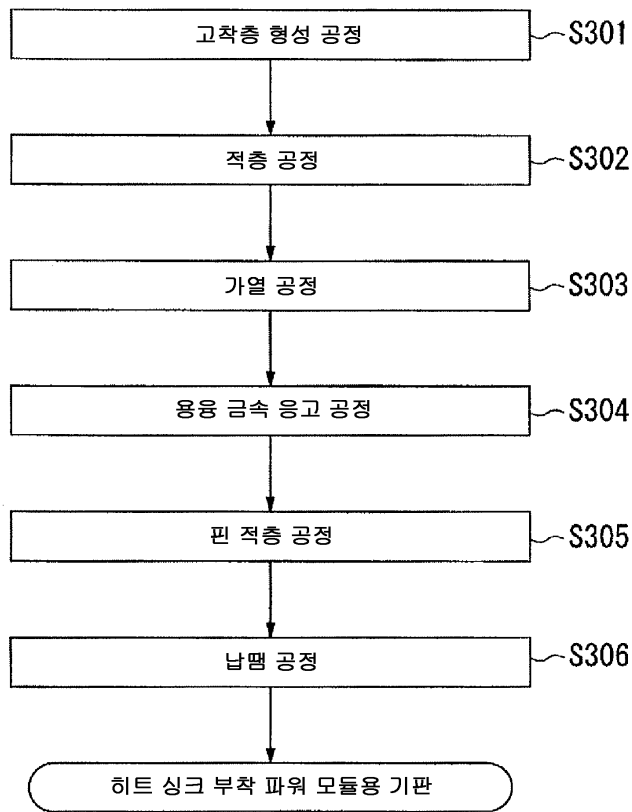
도면14



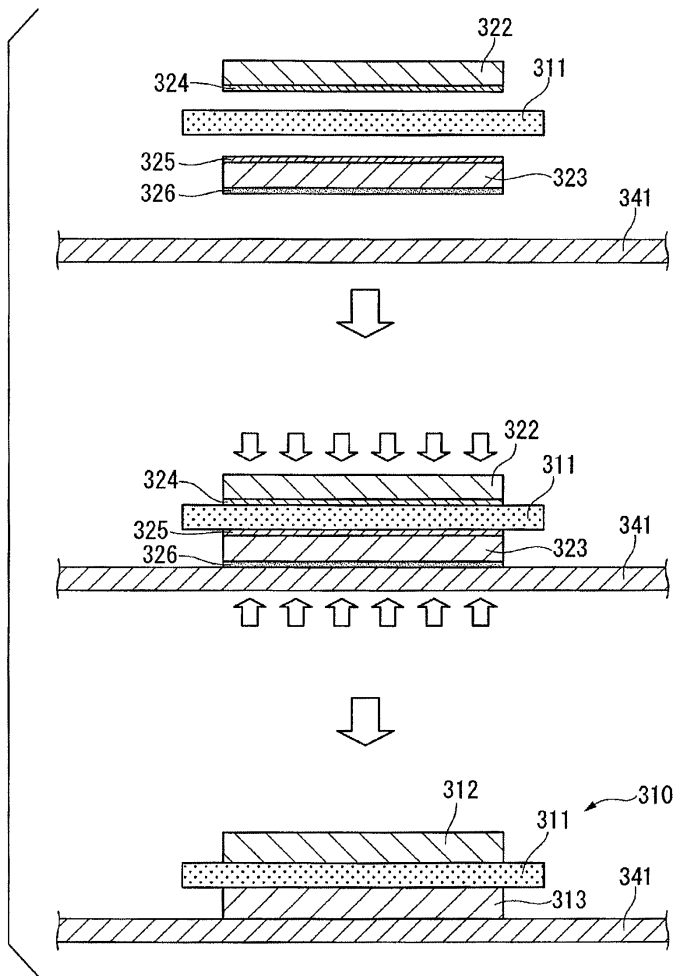
도면15



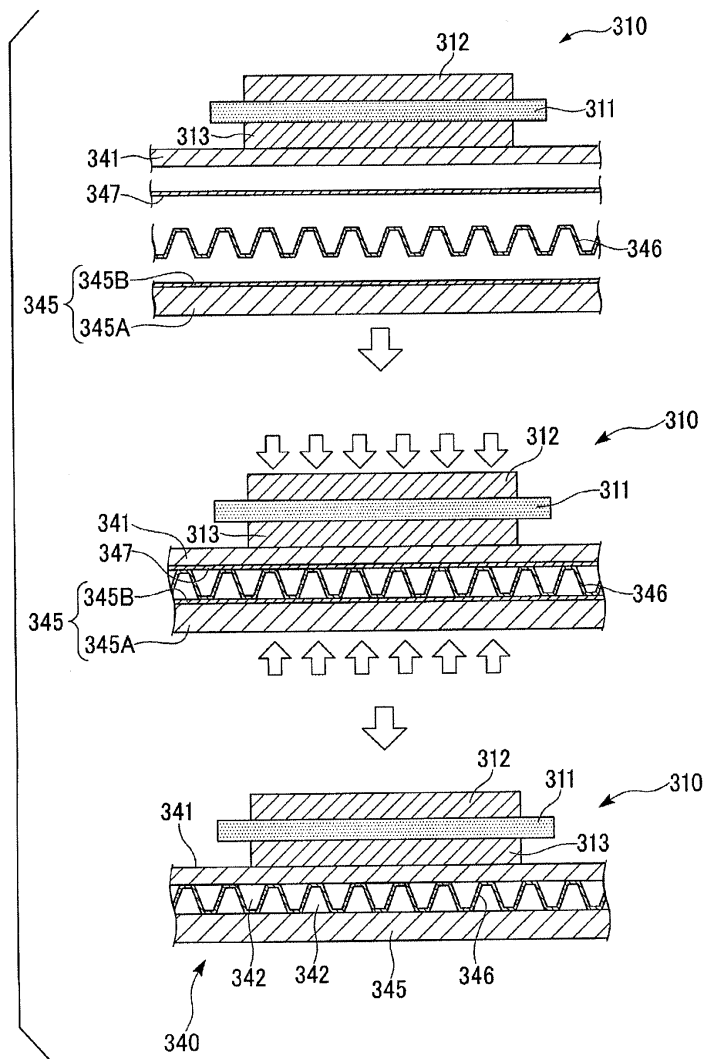
도면16



도면17



도면18



도면19

