



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년11월27일
 (11) 등록번호 10-1572586
 (24) 등록일자 2015년11월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B32B 15/04 (2006.01) **B05D 1/12** (2006.01)
C23C 24/04 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2014-7000588
 (22) 출원일자(국제) 2012년07월11일
 심사청구일자 2014년01월09일
 (85) 번역문제출일자 2014년01월09일
 (65) 공개번호 10-2014-0022102
 (43) 공개일자 2014년02월21일
 (86) 국제출원번호 PCT/JP2012/067752
 (87) 국제공개번호 WO 2013/008865
 국제공개일자 2013년01월17일
 (30) 우선권주장
 JP-P-2011-153198 2011년07월11일 일본(JP)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP3171234 B2
 JP2009197294 A
 JP05017248 A

(73) 특허권자
니혼 하츠쇼 가부시카가이샤
 일본 가나가와켄 요코하마시 가나자와쿠 후쿠우라 3초메 10반치
 (72) 발명자
야마우치 유이치로
 일본 가나가와켄 요코하마시 가나자와쿠 후쿠우라 3초메 10반치, 니혼 하츠쇼 가부시카가이샤 내
히라노 사토시
 일본국 가나가와켄 이세하라시 누마메 2-1-49, 니혼 하츠쇼 가부시카가이샤 내
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
특허법인(유)화우

전체 청구항 수 : 총 10 항

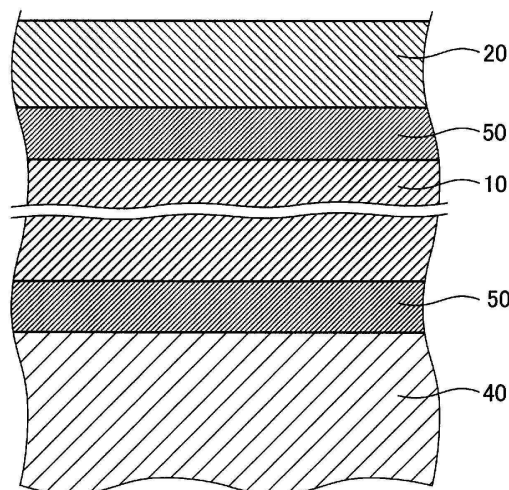
심사관 : 이인철

(54) 발명의 명칭 **적층체 및 적층체의 제조 방법**

(57) 요약

콜드 스프레이법을 이용하여 세라믹 기체에 금속 피막을 형성한 적층체를 제작하는 경우에, 세라믹과 금속 피막 사이의 밀착 강도가 높은 적층체 및 이와 같은 적층체의 제조 방법을 제공한다. 적층체는, 절연성을 가지는 세라믹 기체(10)와, 당해 세라믹 기체(10)의 표면에 형성된 금속 또는 합금을 주성분으로 하는 중간층(50)과, 당해 중간층(50)의 표면에, 금속 또는 합금으로 이루어지는 분말을 가스와 함께 가속하고, 표면에 고상상태인 채로 분사하여 퇴적시킴으로써 형성된 금속 피막층(회로층(20), 냉각핀(40))을 구비한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

사이토 신지

일본 가나가와켄 요코하마시 가나자와구 후쿠우라
3쵸메 10반치, 니혼 하츠쇼 가부시키키가이샤 내

하나마치 도시히코

일본국 가나가와켄 이세하라시 누마메 2-1-49, 니
혼 하츠쇼 가부시키키가이샤 내

명세서

청구범위

청구항 1

절연성을 가지는 세라믹 기재와,
 상기 세라믹 기재의 표면에 형성된 금속 또는 합금을 포함하는 중간층과,
 상기 중간층의 표면에, 금속 또는 합금으로 이루어지는 분말을 가스와 함께 가속하고, 상기 표면에 고상상태인 채로 분사하여 퇴적시킴으로써 형성된 금속 피막층을 구비하고,
 상기 중간층은, 판 형상의 금속 부재를 상기 세라믹 기재에 납땀함으로써 형성되며,
 상기 중간층은, 알루미늄, 은, 니켈, 금, 구리 중 어느 하나를 포함하는 층을 포함하고,
 상기 금속 피막층은, 구리로 이루어지는 것을 특징으로 하는 적층체.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 세라믹 기재는 질화물계 세라믹으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 적층체.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
 상기 중간층은, 적어도, 알루미늄을 포함하는 층을 포함하는 것을 특징으로 하는 적층체.

청구항 4

제 3 항에 있어서,
 상기 중간층은, 게르마늄, 마그네슘, 규소, 구리 중 어느 하나의 금속으로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1종류를 함유하는 것을 특징으로 하는 적층체.

청구항 5

절연성을 가지는 세라믹 기재의 표면에, 알루미늄, 은, 니켈, 금, 구리 중 어느 하나를 포함하는 판 형상의 금속 부재를 상기 세라믹 기재에 납땀함으로써 중간층을 형성하는 중간층 형성 공정과,
 상기 중간층의 표면에, 구리로 이루어지는 분말을 가스와 함께 가속하고, 상기 표면에 고상상태인 채로 분사하여 퇴적시킴으로써 금속 피막층을 형성하는 피막 형성 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 적층체의 제조 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,
 상기 중간층 형성 공정은,
 상기 세라믹 기재의 표면에 알루미늄 납재를 배치하는 납재 배치 공정과,
 상기 알루미늄 납재 상에 상기 판 형상의 금속 부재를 배치하는 금속 부재 배치 공정과,
 상기 알루미늄 납재 및 상기 금속 부재가 순차 배치된 상기 세라믹 기재를 열처리하는 열처리 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 적층체의 제조 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 납재 배치 공정은, 납재 페이스트의 상기 세라믹 기재로의 도포와, 납재박의 상기 세라믹 기재 상으로의 탑재와, 증착법 혹은 스퍼터법에 의한 상기 세라믹 기재로의 납재의 부착 중 어느 하나의 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 적층체의 제조 방법.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 열처리 공정은 진공중 또는 불활성 가스 분위기중에서 행하여지는 것을 특징으로 하는 적층체의 제조 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 알루미늄 납재는, 게르마늄, 마그네슘, 규소, 구리 중 어느 하나의 금속으로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1종류를 함유하는 것을 특징으로 하는 적층체의 제조 방법.

청구항 10

제 6 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 금속 부재의 두께가 1mm 이하인 것을 특징으로 하는 적층체의 제조 방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 절연 기재에 금속을 적층한 적층체 및 적층체의 제조 방법에 관한 것이다.

[0002] 종래, 산업용, 자동차용 등의 전력 제어에서 모터 제어까지, 폭넓은 분야에 사용되는 에너지 절약화의 키 디바이스로서, 파워 모듈이 알려져 있다. 파워 모듈은, 기재인 절연 기재(예를 들면 세라믹 기재)의 일방(一方)의 면에, 금속 피막에 의한 회로 패턴을 개재하여 칩(트랜지스터)을 배치하고, 타방(他方)의 면에, 금속 피막을 개재하여 온도 조절부(냉각부 또는 가열부)를 배치한 장치이다(예를 들면, 특허문헌 1 참조). 온도 조절부로는, 예를 들면 금속 또는 합금의 부재에 냉각용 또는 가열용의 열매체의 이동 경로를 설치한 것이 이용된다. 이와 같은 파워 모듈에서는, 칩으로부터 발생한 열을, 금속 피막을 개재하여 온도 조절부에 이동시켜 외부에 방열함으로써, 냉각을 행할 수 있다.

[0003] 절연 기재에 금속 피막을 형성한 적층체의 제작 방법으로는, 예를 들면, 용사(溶射)법이나 콜드 스프레이법을 들 수 있다. 용사법은, 용융 또는 그에 가까운 상태로 가열된 재료(용사재)를 기재에 분사함으로써 피막을 형성하는 방법이다.

[0004] 한편, 콜드 스프레이법은, 재료의 분말을, 용점 또는 연화점 이하의 상태의 불활성 가스와 함께 끝이 넓어지는(라발) 노즐로부터 분사하고, 고상(固相)상태인 채로 기재에 충돌시킴으로써, 기재의 표면에 피막을 형성하는 방법이다(예를 들면, 특허문헌 2 참조). 콜드 스프레이법에서는, 용사법과 비교하여 낮은 온도에서 가공이 행하여지므로, 열응력의 영향이 완화된다. 그 때문에, 상(相)변태가 없고 산화도 억제된 금속 피막을 얻을 수

있다. 특히, 기재 및 피막이 되는 재료가 모두 금속인 경우, 금속 재료의 분말이 기재(또는 먼저 형성된 피막)에 충돌했을 때에 분말과 기재 사이에서 소성 변형이 생겨 앵커 효과가 얻어짐과 함께, 서로의 산화 피막이 파괴되어 신생면(新生面)끼리에 의한 금속 결합이 생기므로, 밀착 강도가 높은 적층체를 얻을 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0005] (특허문헌 0001) 일본 공개특허 특개2011-108999호 공보
- (특허문헌 0002) 미국 등록특허 제5302414호 명세서

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 그런데, 상술한 적층체를 파워 모듈 등에 적용하는 경우, 기재와 금속 피막 사이에는 높은 밀착 강도가 요구된다. 그러나, 세라믹 기재에 대하여 금속 피막을 형성하는 경우, 콜드 스프레이법에서는 소성 변형이 금속측에서만 생기므로, 세라믹 기재와 금속의 사이에서 충분한 앵커 효과를 얻을 수 없다. 그 때문에, 세라믹 기재와 금속 피막 사이의 밀착 강도가 불충분한 적층체가 형성된다는 문제가 있었다.
- [0007] 본 발명은, 상기를 감안하여 이루어진 것으로서, 세라믹 기재와 금속 피막 사이의 밀착 강도가 높은 적층체 및 이와 같은 적층체의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 상술한 과제를 해결하고, 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 관련된 적층체는, 절연성을 가지는 세라믹 기재와, 상기 세라믹 기재의 표면에 형성된 금속 또는 합금을 주성분으로 하는 중간층과, 상기 중간층의 표면에, 금속 또는 합금으로 이루어지는 분말을 가스와 함께 가속하고, 상기 표면에 고상상태인 채로 분사하여 퇴적시킴으로써 형성된 금속 피막층을 구비하는 것을 특징으로 한다.
- [0009] 상기 적층체에서, 상기 중간층은, 판 형상의 금속 또는 합금 부재를 상기 세라믹 기재에 납땀함으로써 형성되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [0010] 상기 적층체에서, 상기 세라믹 기재는 질화물계 세라믹으로 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 상기 적층체에서, 상기 중간층은, 적어도, 알루미늄을 주성분으로 하는 층을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 상기 적층체에서, 상기 중간층은, 게르마늄, 마그네슘, 규소, 구리 중 어느 하나의 금속으로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1종류를 함유하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 상기 적층체에서, 상기 중간층은, 은, 니켈, 금, 구리 중 어느 하나의 금속을 주성분으로 하는 층을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 상기 적층체에서, 상기 금속 피막층은, 구리 또는 알루미늄으로 이루어지는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 본 발명에 관련된 적층체의 제조 방법은, 절연성을 가지는 세라믹 기재의 표면에, 금속 또는 합금을 주성분으로 하는 중간층을 형성하는 중간층 형성 공정과, 상기 중간층의 표면에, 금속 또는 합금으로 이루어지는 분말을 가스와 함께 가속하고, 상기 표면에 고상상태인 채로 분사하여 퇴적시킴으로써 금속 피막층을 형성하는 피막 형성 공정을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 상기 적층체의 제조 방법에서, 상기 중간층 형성 공정은, 상기 세라믹 기재의 표면에 알루미늄 납재를 배치하는 납재 배치 공정과, 상기 알루미늄 납재 상에 판 형상의 금속 또는 합금 부재를 배치하는 금속 부재 배치 공정과, 상기 알루미늄 납재 및 상기 금속 또는 합금 부재가 순차 배치된 상기 세라믹 기재를 열처리하는 열처리 공정을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 상기 적층체의 제조 방법에서, 상기 납재 배치 공정은, 납재 페이스트의 상기 세라믹 기재로의 도포와, 납재박(箔)의 상기 세라믹 기재 상으로의 탑재와, 증착법 혹은 스퍼터법에 의한 상기 세라믹 기재로의 납재의 부착 중

어느 하나의 공정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [0018] 상기 적층체의 제조 방법에서, 상기 열처리 공정은 진공중 또는 불활성 가스 분위기중에서 행하여지는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 상기 적층체의 제조 방법에서, 상기 알루미늄 납재는, 게르마늄, 마그네슘, 규소, 구리 중 어느 하나의 금속으로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1종류를 함유하는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 상기 적층체의 제조 방법에서, 상기 금속 또는 합금 부재의 두께가 1mm 이하인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0021] 본 발명에 의하면, 세라믹 기재의 표면에 금속 또는 합금을 주성분으로 하는 중간층을 형성하고, 이 중간층의 표면에, 금속 또는 합금으로 이루어지는 분말을 가스와 함께 가속하여, 고상상태인 채로 분사하여 퇴적시킴으로써 금속 피막층을 형성하므로, 금속 피막층이 앵커 효과에 의해 중간층에 밀착함과 함께, 분말이 중간층에 충돌할 때에 중간층이 세라믹 기재를 향하여 가압된다. 그로 인해, 세라믹 기재와 금속 피막층 사이의 밀착 강도가 높은 적층체를 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은, 본 발명의 실시형태에 관련되는 적층체인 파워 모듈의 구성을 나타내는 모식도이다.
- 도 2는, 도 1에 나타내는 파워 모듈의 주요부를 확대하여 나타내는 단면도이다.
- 도 3은, 도 1에 나타내는 파워 모듈의 제조 방법을 나타내는 플로우 차트이다.
- 도 4a는, 세라믹 기재에 대하여 알루미늄 납재층을 형성하는 공정을 설명하는 단면도이다.
- 도 4b는, 알루미늄 납재층 상에 알루미늄박을 배치하는 공정을 설명하는 단면도이다.
- 도 5는, 콜드 스프레이 장치의 개요를 나타내는 모식도이다.
- 도 6은, 적층체에 대한 밀착 강도의 시험을 행한 인장 시험 장치의 개략 구성을 나타내는 모식도이다.
- 도 7은, 실시예 및 비교예에 의한 적층체의 제작 조건 및 실험 조건, 및 실험 결과를 나타내는 표이다.
- 도 8a는, 실시예 1에 관련되는 적층체의 단면을 나타내는 사진이다.
- 도 8b는, 도 8a에 나타내는 알루미늄박과 구리 피막의 경계 부근을 확대하여 나타내는 사진이다.
- 도 8c는, 도 8a에 나타내는 알루미늄 납재층과 질화알루미늄 기재의 경계 부근을 확대하여 나타내는 사진이다.
- 도 9a는, 실시예 2에 관련되는 적층체의 단면을 나타내는 사진이다.
- 도 9b는, 도 9a에 나타내는 알루미늄박과 구리 피막의 경계 부근을 확대하여 나타내는 사진이다.
- 도 9c는, 도 9a에 나타내는 알루미늄 납재층과 질화규소 기재의 경계 부근을 확대하여 나타내는 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 이하, 본 발명을 실시하기 위한 형태를, 도면을 참조하면서 상세하게 설명한다. 또한, 이하의 실시형태에 의해 본 발명이 한정되는 것은 아니다. 또한, 이하의 설명에서 참조하는 각 도면은, 본 발명의 내용을 이해할 수 있는 정도로 형상, 크기 및 위치 관계를 개략적으로 나타낸 것에 불과하다. 즉, 본 발명은 각 도면에서 예시된 형상, 크기 및 위치 관계에만 한정되는 것은 아니다.
- [0024] (실시형태)
- [0025] 도 1은, 본 발명의 실시형태에 관련되는 적층체인 파워 모듈의 구성을 나타내는 모식도이다. 또한, 도 2는, 도 1에 나타내는 적층체의 주요부를 확대하여 나타내는 단면도이다.
- [0026] 도 1에 나타내는 파워 모듈(1)은, 절연 기관인 세라믹 기재(10)와, 세라믹 기재(10)의 일방의 면에 형성된 회로층(20)과, 회로층(20) 상에 뿔납(C1)에 의해 접합된 칩(30)과, 세라믹 기재(10)의 회로층(20)과는 반대측의 면에 설치된 냉각핀(40)을 구비한다.
- [0027] 세라믹 기재(10)는, 절연성 재료로 이루어지는 대략 판 형상의 부재이다. 절연성 재료로는, 예를 들면, 질화알

루미늄, 질화규소 등의 질화물계 세라믹이나, 알루미늄, 마그네시아, 지르코니아, 스테아타이트, 포스테라이트, 멀라이트, 티타니아, 실리카, 사이알론 등의 산화물계 세라믹이 이용된다.

- [0028] 회로층(20)은, 후술하는 콜드 스프레이법에 의해 형성된 금속 피막층이고, 예를 들면 구리 등의 양호한 전기전도도를 가지는 금속 또는 합금으로 이루어진다. 이 회로층(20)에는, 칩(30) 등에 대하여 전기 신호를 전달하기 위한 회로 패턴이 형성되어 있다.
- [0029] 칩(30)은, 다이오드, 트랜지스터, IGBT(절연 게이트 바이폴러 트랜지스터) 등의 반도체 소자에 의해 실현된다. 또한, 칩(30)은, 사용의 목적에 맞추어 세라믹 기재(10) 상에 복수개 설치되어도 된다.
- [0030] 냉각핀(40)은, 후술하는 콜드 스프레이법에 의해 형성된 금속 피막층이고, 구리, 구리 합금, 알루미늄, 알루미늄 합금, 은, 은 합금 등의 양호한 열전도성을 가지는 금속 또는 합금으로 이루어진다. 이와 같은 냉각핀(40)을 개재하여, 칩(30)으로부터 발생한 열이 세라믹 기재(10)를 개재하여 외부에 방출된다.
- [0031] 도 2에 나타내는 바와 같이, 세라믹 기재(10)와 회로층(20) 사이 및 세라믹 기재(10)와 냉각핀(40) 사이에는, 금속 또는 합금을 주성분으로 하는 중간층(50)이 설치되어 있다. 이 중간층(50)은, 나중에 상세히 설명하는 바와 같이, 납재를 이용하여 판 형상의 금속 또는 합금 부재(이하, 이들을 통합하여 금속 부재라고 한다)를 세라믹 기재(10)에 접합함으로써 형성되어 있다.
- [0032] 납재의 종류는, 세라믹 기재(10)의 종류나 판 형상의 금속 부재의 종류에 따라 선택할 수 있다. 본 실시형태에서는, 알루미늄을 주성분으로 하고, 게르마늄, 마그네슘, 규소, 구리 등의 적어도 1종을 함유하는 알루미늄 납재를 이용하고 있다.
- [0033] 또한, 판 형상의 금속 부재로는, 세라믹 기재(10)에 대하여 납땜에 의한 접합이 가능하고, 또한, 콜드 스프레이법에 의한 피막 형성이 가능한 정도의 경도를 가지는 금속 또는 합금이 이용된다. 이 경도의 범위는 콜드 스프레이법에서의 성막 조건 등에 의해서도 다르기 때문에, 일률적으로는 정할 수 없지만, 대체로, 비커스 경도가 100HV 이하인 금속 부재라면 적용할 수 있다. 구체적으로는, 알루미늄, 은, 니켈, 금, 구리, 또는 이러한 금속을 포함하는 합금 등을 들 수 있다. 본 실시형태에서는, 판 형상의 금속 부재로서 알루미늄을 이용하고 있고, 이 경우, 중간층(50)은 전체로서, 알루미늄을 주성분으로 하는 층이 된다.
- [0034] 다음으로, 파워 모듈(1)의 제작 방법에 대하여, 도 3~5를 참조하면서 설명한다. 도 3은, 파워 모듈(1)의 제작 방법을 나타내는 플로우 차트이다.
- [0035] 먼저, 공정 S1에서, 도 4a에 나타내는 바와 같이, 바람직하게는 질화물계의 세라믹 기재(10)의 표면에 알루미늄(A1) 납재(51)를 배치한다.
- [0036] 알루미늄 납재(51)를 세라믹 기재(10) 표면에 배치하는 방법으로는, 공지된 여러가지의 방법이 이용된다. 예를 들면, 유기 용제 및 유기 바인더를 포함하는 페이스트 형상의 납재를 스크린 인쇄법에 의해 세라믹 기재(10)에 도포해도 된다. 또한, 박 형상의 납재(납재박)를 세라믹 기재(10) 상에 탑재해도 된다. 혹은, 증착법이나 스퍼터법 등에 의해 납재를 세라믹 기재(10)의 표면에 부착시켜도 된다.
- [0037] 계속되는 공정 S2에서, 도 4b에 나타내는 바와 같이, 알루미늄 납재(51) 상에 알루미늄(A1)박(52)을 배치한다. 알루미늄박(52)은, 두께가 예를 들면 0.01mm~0.2mm 정도의 판 형상의 압연 부재이다. 본 실시형태에서는, 이와 같이 두께가 작은 부재를 이용함으로써, 후술하는 열처리 공정에서, 알루미늄박(52)과 세라믹 기재(10) 사이에서의 열팽창률의 차이에 기인하는 파손을 방지하는 것으로 하고 있다. 또한, 알루미늄 납재(51) 상에 배치하는 부재로서는, 박 형상의 알루미늄에 한정되지 않고, 두께가 약 1mm 이하라면, 판 형상의 알루미늄 부재를 배치해도 된다.
- [0038] 또한, 도 2에 나타내는 바와 같이, 세라믹 기재(10)의 양면에 중간층(50)을 형성하는 경우에는, 알루미늄 납재(51)를 양면에 배치한 세라믹 기재(10)를 2매의 알루미늄박(52)에 의해 사이에 끼우도록 하면 된다.
- [0039] 계속되는 공정 S3에서, 알루미늄 납재(51) 및 알루미늄박(52)을 표면에 배치한 세라믹 기재(10)를 소정 시간, 소정 온도로 유지하여 진공중에서 열처리를 실시한다. 이 열처리에 의해, 알루미늄 납재(51)가 용융하고, 세라믹 기재(10)와 알루미늄박(52)의 접합체가 얻어진다. 이와 같이 하여 세라믹 기재(10) 표면에 설치된 알루미늄 납재(51) 및 알루미늄박(52)이 중간층(50)이 된다. 또한, 진공 납땜 대신에, 질소 가스 등의 불활성 가스 분위기중에서 열처리를 행하여도 된다.
- [0040] 계속되는 공정 S4에서, 콜드 스프레이법에 의해 중간층(50) 상에 금속 피막층(회로층(20) 및 냉각핀(40))을 형

성한다. 도 5는, 금속 피막층의 형성에 사용되는 콜드 스프레이 장치의 개요를 나타내는 모식도이다.

- [0041] 도 5에 나타내는 콜드 스프레이 장치(60)는, 압축 가스를 가열하는 가스 가열기(61)와, 금속 피막층의 재료의 분말을 수용하여, 스프레이건(63)에 공급하는 분말 공급 장치(62)와, 가열된 압축 가스 및 거기에 공급된 재료 분말을 기체에 분사하는 가스 노즐(64)과, 가스 가열기(61) 및 분말 공급 장치(62)에 대한 압축 가스의 공급량을 각각 조절하는 밸브(65 및 66)를 구비한다.
- [0042] 압축 가스로는, 헬륨, 질소, 공기 등이 사용된다. 가스 가열기(61)에 공급된 압축 가스는, 예를 들면 50℃ 이상이며, 금속 피막층의 재료 분말의 용점보다 낮은 범위의 온도로 가열된 후, 스프레이건(63)에 공급된다. 압축 가스의 가열 온도는, 바람직하게는 300~900℃이다.
- [0043] 한편, 분말 공급 장치(62)에 공급된 압축 가스는, 분말 공급 장치(62) 내의 재료 분말을 스프레이건(63)에 소정의 토출량이 되도록 공급한다.
- [0044] 가열된 압축 가스는 끝이 넓어지는 형상을 이루는 가스 노즐(64)에 의해 초음속류(약 340m/s 이상)로 된다. 이때의 압축 가스의 가스 압력은, 1~5MPa 정도로 하는 것이 바람직하다. 압축 가스의 압력을 이 정도로 조정함으로써, 중간층(50)에 대한 금속 피막층의 밀착 강도의 향상을 도모할 수 있기 때문이다. 더 바람직하게는, 2~4MPa 정도의 압력으로 처리하면 좋다. 스프레이건(63)에 공급된 재료 분말은, 이 압축 가스의 초음속류의 안으로의 투입에 의해 가속되고, 고상상태인 재료, 세라믹 기재(10) 상의 중간층(50)에 고속으로 충돌하여 퇴적하여, 피막을 형성한다. 또한, 재료 분말을 세라믹 기재(10)를 향하여 고상상태에서 충돌시켜 피막을 형성할 수 있는 장치라면, 도 5에 나타내는 콜드 스프레이 장치(60)에 한정되는 것은 아니다.
- [0045] 또한, 금속 피막층으로서 회로층(20)을 형성하는 경우에는, 예를 들면, 중간층(50)의 상층에 회로 패턴이 형성된 메탈 마스크 등을 배치하고, 예를 들면 구리의 분말을 이용하여 피막 형성을 행하면 된다. 한편, 금속 피막층으로서 냉각핀(40)을 형성하는 경우에는, 예를 들면 알루미늄의 분말을 이용하여 원하는 두께의 피막(퇴적층)을 형성하고, 그 후, 이 피막(퇴적층)에 대하여 레이저 절삭 등에 의해 원하는 유로 패턴을 형성하면 된다.
- [0046] 또한, 필요에 따라 칩(30) 등의 부품을 뿔납으로 회로층(20)에 접합한다. 그로 인해, 도 1에 나타내는 파워 모듈(1)이 완성된다.
- [0047] 이상 설명한 바와 같이, 본 실시형태에서는, 세라믹 기재(10)의 표면에 알루미늄 납재(51) 및 알루미늄박(52)을 이용하여 중간층(50)을 형성하고, 이 중간층(50) 상에, 콜드 스프레이법에 의해 금속 피막층을 형성한다. 이 때문에, 재료 분말이 중간층(50)에 충돌했을 때에 충분한 앵커 효과가 생기고, 중간층(50)에 강고하게 밀착한 금속 피막층이 형성된다. 또한, 재료 분말의 충돌시에, 중간층(50)에 세라믹 기재(10) 방향의 가압력이 가해지므로, 세라믹 기재(10)에 대한 중간층(50)의 접합 강도가 향상된다. 그 결과, 세라믹 기재(10)와 중간층(50)과 금속 피막층이 강고하게 밀착한 적층체를 얻을 수 있다. 따라서, 이와 같은 적층체를 파워 모듈(1)에 적용함으로써, 모듈 전체의 기계적 강도를 향상시킬 수 있다.
- [0048] 또한, 본 실시형태에 의하면, 회로층(20)이나 냉각핀(40)을, 기계 체결 부재나 뿔납이나 실리콘 그리스 등을 이용하지 않고 배치할 수 있다. 따라서, 종래보다 열전도성이 우수하고, 구조도 간소화 되어, 사이즈를 소형화할 수 있다. 또한, 파워 모듈(1)의 사이즈를 종래와 비슷한 정도로 하는 경우에는, 냉각핀 등의 주요한 구성 부분이 차지하는 비율을 크게 할 수 있다.
- [0049] 또한, 본 실시형태에 의하면, 회로층(20) 및 냉각핀(40)을, 양호한 열전도성을 가지는 알루미늄을 주성분으로 하는 중간층(50)만을 개재하여 세라믹 기재(10)에 배치하므로, 회로층(20)에서 발생한 열을 냉각핀(40)으로부터 효율적으로 방열할 수 있다.
- [0050] 여기에서, 예를 들면 파워 모듈용의 절연 기관으로서, 양호한 열전도성을 가지는 질화물계 세라믹의 사용이 종래부터 요망되고 있었다. 그러나, 질화물계 세라믹 기관에 대하여 냉각핀 등의 부재를 대기 납땜하는 경우, 양자의 접합 강도가 불충분하게 되어 있었다. 또한, 질화물계 세라믹 기관에 대하여 진공 납땜에 의해 냉각핀 등의 부재를 접합하는 경우, 진공 납땜에서는 열처리 온도가 고온(예를 들면 600℃ 이상)이 되기 때문에, 열팽창률 차이에 의해 박리나 균열이 생길 우려가 있었다.
- [0051] 그에 비하여, 본 실시형태에서는, 질화물계 세라믹 기재에 대하여, 알루미늄박이라는 두께가 얇은 부재를 진공(또는 불활성 가스 분위기중에서) 납땜하여 중간층을 형성하므로, 열처리 온도가 고온이 되어도, 열팽창률의 차이에 의한 기관으로부터의 중간층의 박리나 균열이 생기는 일은 없다. 그리고, 이 중간층 상에, 냉각핀 등의 부재가 되는 금속 피막층을 콜드 스프레이법에 의해 직접 형성하므로, 기계적 강도가 강하고, 양호한 열전도성

을 가지는 파워 모듈을 제작하는 것이 가능해진다.

- [0052] 또한, 상기 실시형태에서는, 금속 피막층에 의해 형성되는 온도 조절 장치를, 칩으로부터 발생한 열을 방열하는 냉각핀으로서 설명하였으나, 칩 등의 세라믹 기체에 적층된 부품을 가열하기 위하여 설치되는 가열 장치여도 된다.
- [0053] 또한, 상기 실시형태에서는, 세라믹 기체(10)의 양측에 중간층(50) 및 금속 피막층을 형성하였으나, 세라믹 기체(10)의 어느 일방의 면(예를 들면, 냉각핀(40)측의 면)에만 중간층(50) 및 금속 피막층을 설치하는 것으로 해도 된다.
- [0054] 또한, 상기 실시형태에서는, 적층체의 기체로서 절연성을 가지는 질화물계 세라믹이나 산화물계 세라믹을 예로 들었으나, 탄화물계 세라믹 등의 도전성의 기체에 대해서도 동일한 방법에 의해 적층체를 제작할 수 있다.
- [0055] 상기 실시형태에서는, 알루미늄 납재(51) 및 알루미늄박(52)을 이용하여 중간층(50)을 형성하고 있기 때문에, 중간층(50)은 알루미늄을 주성분으로 하는 거의 똑같은 층으로서 관찰되는 경우가 많다. 그러나, 중간층(50)에 대한 원소 분포 분석이나 SEM에 의한 금속 조직 관찰 등에 의해, 판 형상의 알루미늄 부재인 알루미늄박(52)에 유래하고, 대부분 알루미늄으로 이루어지는층과, 알루미늄 납재(51)에 유래하고, 알루미늄 이외의 성분(게르마늄, 마그네슘, 규소, 구리 등)을 함유하는 층을 식별할 수 있는 경우도 있다.
- [0056] 또한, 상기 실시형태에서, 알루미늄박(52) 대신에 은, 니켈, 금, 구리와 같은 다른 종류의 금속 부재를 이용하는 경우에도, 동일한 방법에 의해 적층체를 제작할 수 있다. 이 경우, 중간층(50)은, 당해 금속을 주성분으로 하는 층과, 알루미늄 납재(51)에 유래하고, 알루미늄을 주성분으로 하는 층의 2층 구조가 되는 경우도 있다.
- [0057] (실시에)
- [0058] 본 실시형태에 관련되는 적층체의 제조 방법에 의해, 질화물계 세라믹의 기체 상에 구리(Cu) 피막을 형성한 적층체의 테스트 피스를 제작하고, 기체와 구리 피막 사이의 밀착 강도를 측정하는 실험을 행하였다.
- [0059] 도 6은, 테스트 피스의 밀착 강도 측정시에 사용한 간이 인장 시험법에 의한 시험 장치를 나타내는 모식도이다. 이 시험 장치(70)에서, 피막층(구리 피막)(83)에 접착제(73)를 개재하여 알루미늄 핀(72)을 고착하고, 고정대(71)의 구멍부(71a)에, 알루미늄 핀(72)을 상방(上方)으로부터 삽통(挿通)하여 테스트 피스(80)를 고정대(71) 상에 탑재하고, 알루미늄 핀(72)을 하방(下方)으로 당김으로써, 기체(81)와, 중간층(82)을 개재하여 형성된 피막층(83) 사이의 밀착 강도를 평가하였다. 또한, 비교예에 대해서는, 기체(81) 상에 직접 형성한 피막층(83)에 알루미늄 핀(72)을 접착하여, 동일한 실험을 행하도록 하였다. 평가는, 피막층(83)이 기체(81)로부터 박리된 시점에서의 인장응력과 박리 상태에 의해 행하였다. 또한, 기체(81)의 사이즈에 대해서는, 실시예, 비교예 모두, 50mm×50mm×0.635mm로 하였다.
- [0060] 도 7은, 실시예 및 비교예에 의한 적층체의 제작 조건 및 실험 조건, 및 실험 결과를 나타내는 표이다. 도 7에서, 「밀착 강도」란의 수치는, 기체(81)와 피막층(83) 사이에서 박리가 생겼을 때의 인장응력의 값을 나타낸다. 또한, 「밀착 강도」란의 「≥60MPa」이라는 기체는, 시험 장치(70)에서 접착제(73)의 파단에 의한 박리가 생긴 것, 즉, 시험 장치(70)에서 측정 가능한 최대 인장응력(60MPa)을 주어도 기체(81)와 피막층(83)이 박리되지 않은 것을 의미한다.
- [0061] (실시에 1)
- [0062] 실시예 1로서, 질화알루미늄(AIN) 기체 상에, 알루미늄 납재 및 두께 약 0.2mm의 알루미늄(A1)박을 배치하고, 590℃의 진공중에서 4시간 열처리를 실시함으로써 중간층을 형성하였다. 이 중간층 상에, 콜드 스프레이법에 의해 두께 약 1.0mm의 구리(Cu) 피막을 형성하였다. 이때의 성막 조건은, 질소 가스(N₂)의 온도를 400℃, 분사 압력을 5MPa로 하였다.
- [0063] 도 7에 나타내는 바와 같이, 실시예 1의 경우, 기체(81)와 피막층(83) 사이에서, 60MPa 이상의 밀착 강도를 얻을 수 있었다.
- [0064] 도 8a~도 8c는, 인장 시험의 실시 후, 실시예 1에 의한 적층체의 단면을 SEM(주사형 전자현미경)에 의해 관찰한 사진이다. 도 8a는, 질화알루미늄(AIN) 기체, 중간층(A1박+A1 납재층), 구리(Cu) 피막을 포함하는 300배의 확대 사진이다. 도 8b는, 도 8a에 나타내는 알루미늄(A1)박과 구리 피막의 경계 부근을 나타내는 2000배의 확대 사진이다. 도 8c는, 도 8a에 나타내는 질화알루미늄 기체와 알루미늄(A1) 납재층의 경계 부근을 나타내는 2000배의 확대 사진이다.

- [0065] 도 8a에 나타내는 바와 같이, 중간층 내에서는, 열처리를 실시한 결과, 알루미늄박과 알루미늄 납재층 사이에 명확한 경계는 보이지 않게 되어 있었다. 또한, 도 8b에 나타내는 바와 같이, 알루미늄박의 상부에는, 구리 피막이 알루미늄박에 파고 들어가 양자가 밀착되어 있는 앵커 효과가 관찰되었다. 또한, 도 8c에 나타내는 바와 같이, 질화알루미늄 기재와 알루미늄 납재층의 경계에는, 열처리에 의해 연화된 알루미늄 납재층이 질화알루미늄 기재 표면에 조밀하게 결합되어 있는 현상이 보였다.
- [0066] 이러한 도 8a~8c의 어디에도, 인장 시험에 의한 박리나 파단의 형적은 보이지 않았다.
- [0067] (실시예 2)
- [0068] 실시예 2로서, 질화규소(Si₃N₄) 기재 상에, 알루미늄 납재 및 두께 약 0.2mm의 알루미늄(Al)박을 배치하고, 590℃의 진공중에서 4시간 열처리를 실시함으로써 중간층을 형성하였다. 이 중간층 상에, 콜드 스프레이법에 의해 두께 약 1.0mm의 구리(Cu) 피막을 형성하였다. 이 때의 성막 조건은 실시예 1과 동일하다.
- [0069] 도 7에 나타내는 바와 같이, 실시예 2의 경우도, 기재(81)와 피막층(83) 사이에서, 60MPa 이상의 밀착 강도를 얻을 수 있었다.
- [0070] 도 9a~도 9c는, 인장 시험의 실시 후, 실시예 2에 의한 적층체의 단면을 SEM(주사형 전자현미경)에 의해 관찰한 사진이다. 도 9a는, 질화규소(Si₃N₄) 기재, 중간층(Al박+Al 납재층), 구리(Cu) 피막을 포함하는 300배의 확대 사진이다. 도 9b는, 도 9a에 나타내는 알루미늄(Al)박과 구리 피막의 경계 부근을 나타내는 2000배의 확대 사진이다. 도 9c는, 도 9a에 나타내는 질화규소 기재와 알루미늄(Al) 납재층의 경계 부근을 나타내는 2000배의 확대 사진이다.
- [0071] 도 9a에 나타내는 바와 같이, 실시예 2에서도 실시예 1과 동일하게, 중간층 내에는 알루미늄박과 알루미늄 납재층 사이의 명확한 경계는 관찰되지 않았다. 또한, 도 9b에 나타내는 바와 같이, 알루미늄박의 상부에는, 앵커 효과에 의해 구리 피막이 알루미늄박에 밀착되어 있는 현상이 관찰되었다. 도 9c에 나타내는 바와 같이, 질화규소 기재와 알루미늄 납재층의 경계에서도, 알루미늄 납재층이 질화규소 기재에 조밀하게 결합되어 있는 모습이 관찰되어, 질화규소 기재로부터의 중간층이나 구리 피막의 박리는 인정되지 않았다.
- [0072] (비교예)
- [0073] 비교예 1로서, 질화알루미늄(AlN) 기재 상에, 콜드 스프레이법에 의해 구리(Cu) 피막을 직접 형성하였다. 또한, 비교예 2로서, 질화규소(Si₃N₄) 기재 상에, 콜드 스프레이법에 의해 구리(Cu) 피막을 직접 형성하였다. 또한, 비교예에서의 성막 조건은, 실시예 1과 동일하다.
- [0074] 도 7에 나타내는 바와 같이, 비교예 1 및 2에서는, 기재에 대하여 구리 피막이 그다지 부착되지 않아, 테스트 피스의 제작 후, 기재로부터 구리 피막이 박리되어버려, 인장 시험을 행할 수 없었다.

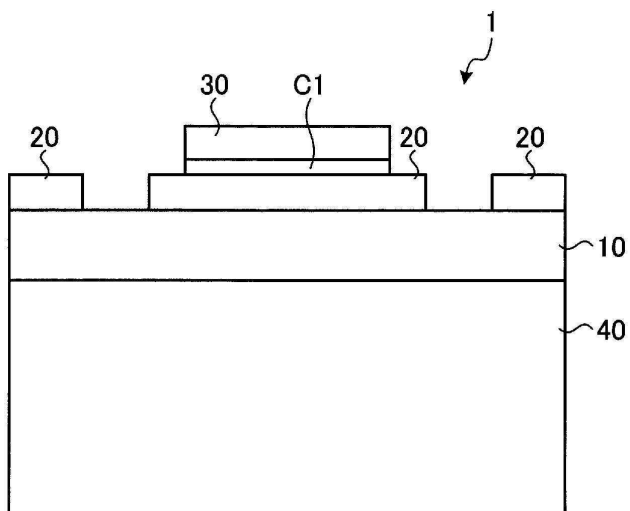
부호의 설명

- [0075] 1 : 파워 모듈
- 10 : 세라믹 기재
- 20 : 회로층
- 30 : 칩
- 40 : 냉각핀
- 50 : 중간층
- 51 : 알루미늄 납재
- 52 : 알루미늄박
- 60 : 콜드 스프레이 장치
- 61 : 가스 가열기
- 62 : 분말 공급 장치

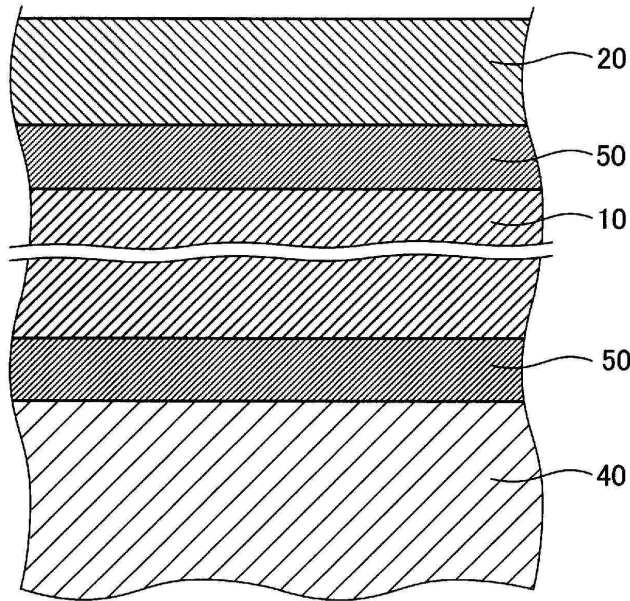
- 63 : 스프레이건
- 64 : 가스 노즐
- 65 : 밸브
- 70 : 시험 장치
- 71 : 고정대
- 71a : 구멍부
- 72 : 알루미늄 핀
- 73 : 접착제
- 80 : 테스트 피스
- 81 : 기계
- 82 : 중간층
- 83 : 피막층(구리 피막)

도면

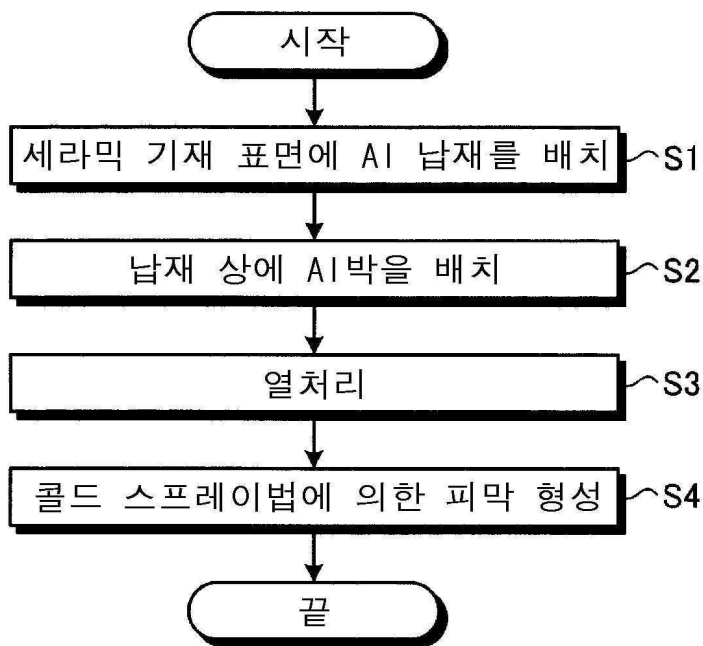
도면1



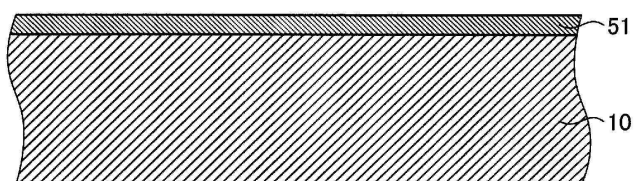
도면2



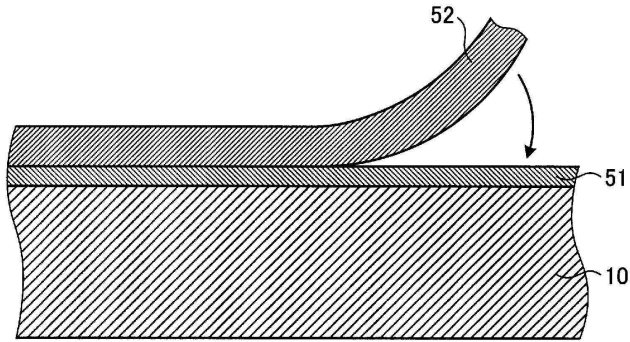
도면3



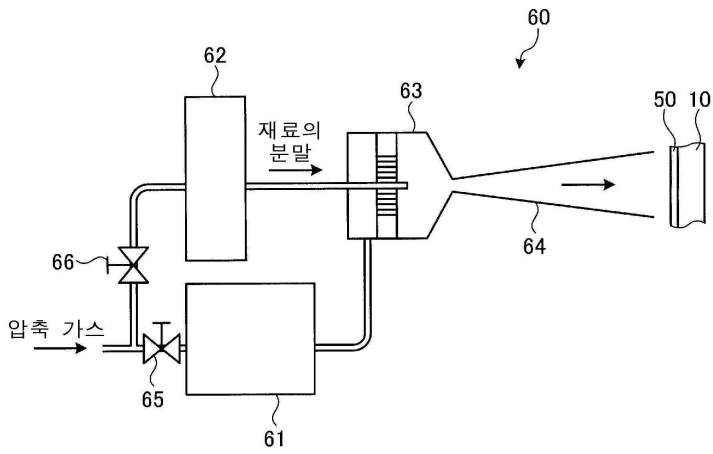
도면4a



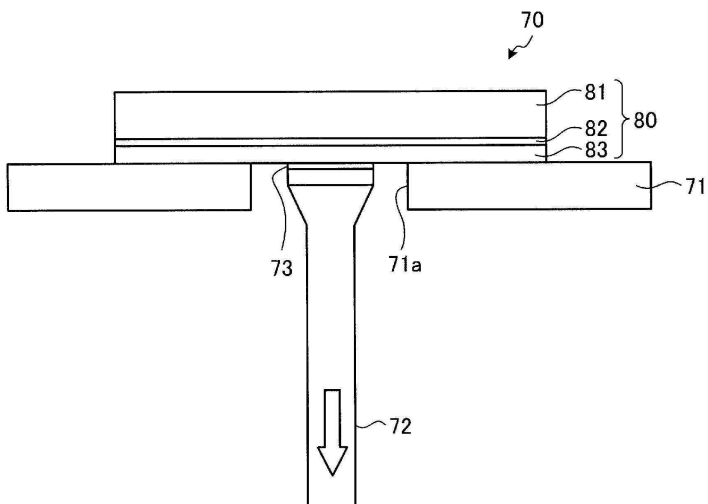
도면4b



도면5



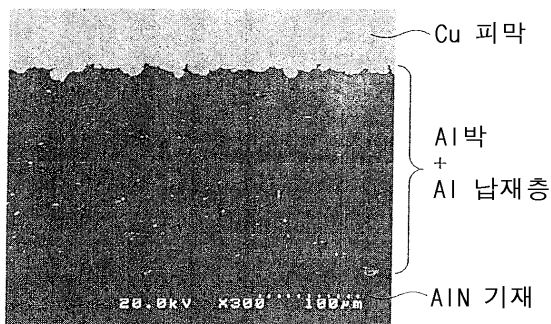
도면6



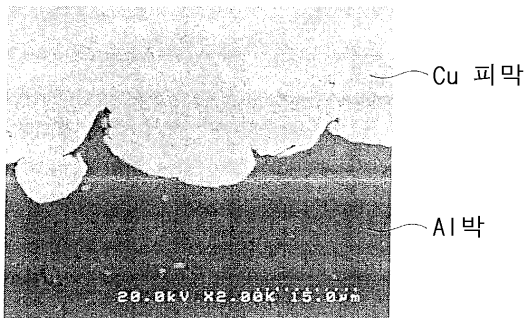
도면7

	기재	재질	중간층	열처리 조건	금속 피막	성막 조건	가스 종류	밀착 강도	파단 부분
실시예 1	AIN	Al 박을 남뿔	진공590°C/4hr	Cu	400°C/5MPa	N ₂	≥60MPa	점착체	
실시예2	Si ₃ N ₄	Al 박을 남뿔	진공590°C/4hr	Cu	400°C/5MPa	N ₂	≥60MPa	점착체	
비교예1	AIN	없음	없음	Cu	400°C/5MPa	N ₂	-	시공후 기재-피막간 박리	
비교예2	Si ₃ N ₄	없음	없음	Cu	400°C/5MPa	N ₂	-	시공후 기재-피막간 박리	

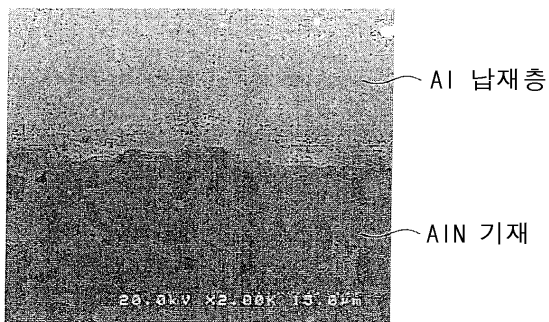
도면8a



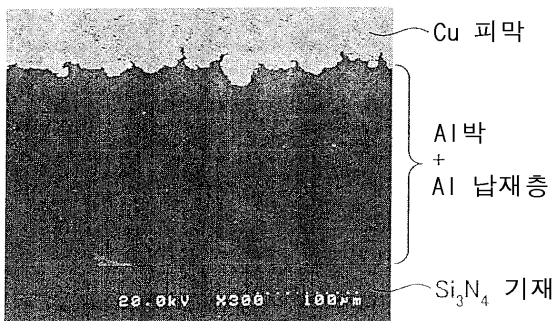
도면8b



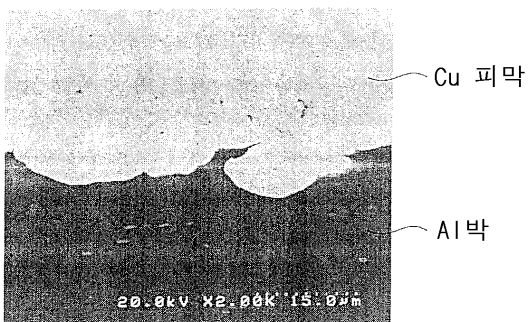
도면8c



도면9a



도면9b



도면9c

