

## 열원 형태에 의한 전자재료의 접합성에 관한 연구 (I)

신영의\* · 양 협\*\* · 김경섭\*\*\*

### A Study on Bondability of Electronic Materials by Different Heat Sources

Young-Eui Shin\*, Hyub Yang\*\* and Kyung-Sub Kim\*\*\*

**Key Words** : Bondability(접합성), Thick film(후막), Alumina substrate(알루미나)기판, Electronics Device(전자부품), Parallel Gap Resistance Bonding(패러렐 갭 저항 접합법), Pulse Heat Tip Bonding(펄스 가열 팁 접합), Fluxless Bonding(비용가제 접합)

#### Abstract

This paper has been researched bondability of electronics devices, such as lead frame and the thick film of Ag/Pd on an alumina substrate by different heat sources.

To obtain the bonds with high quality, it is very important to control both the thermal distribution of the bonds and its stability, because electronics components are consist of different materials.

Therefore, this paper clarifies not only heat mechanism of micro parallel gap resistance bonding method and pulse heat tip bonding method but also investigates selection of heat sources with micro-electronic materials for bonding.

Finally, it is realized fluxless bonding process with filler metal such as plating layers.

#### 1. 서 론

異種材料의 접합 접속 방법으로는 그 접합기구로부터 크게 분류하면, 고상접합, 액상 고상접합이 있다.

액상 고상 접합은 가열온도에 따라 Brazing, Soldering으로 구별하고 있으나 최근에는 용융점이 낮은 접합제가 개발되어 온도에 의한 구별은 바람직하지 않다. 전자부품의 접속기술은 대부분이 Soldering 기술을 이용해 접합을 하고 있으며, 이 Soldering 방법으로 산업계에서 가장 보편적으로 사용되고 있는

\* 정회원, 중앙대학교 공대 기계설계학과

\*\* 정회원, 중앙대학교 기술과학연구소

\*\*\* 비회원, 삼성전자 반도체부문 PKG개발연구소

것이 스크린 프린트에 의한 Solder 재료의 공급이 대부분이다. 그러나 이 방법은 인쇄방법에 인한 Patterning의 한계, Solder Ball의 형성, 접합후의 기관 Flux 청정에 이용되는 프레온 가스에 의한 환경 오염문제등의 극복이 최근들어 문제시되고 있다. 또한 자동차용 전자부품의 실장, 인공위성 탑재용 모듈, 산업용 컴퓨터 기기등의 고신뢰성 부품 기기가 요구되어, 접합부의 신뢰성의 향상, 고밀도화, 고기능화 등의 관점으로부터 fluxless 및 저온접합 프로세스의 실현이 요구되고 있다.

따라서 본 논문은 상기의 문제점을 해결하기 위한 수단으로 접합재료로서 도금막을 이용하여 접합실험을 하였으며, 특히 이종 전자재료 접합용으로 많이 사용되고 있는 Parallel Gap 저항열원<sup>1~3)</sup>과 Pulse Heat Tip의 열원을 이용한 경우, 열원에 따르는 접합성을 비교, 검토하였다.

## 2. 재료 및 실험방법

본 실험에 사용한 기관재료는 세라믹 기관 ( $Al_2O_3$ )으로, 그 기관상에 표 1에 나타낸 화학성분을 갖는 후막도체(Ag/Pd : 평균 두께 : 20 $\mu$ m, 폭·길이 : 1.5 mm)를 인쇄하였다. 또한 후막 도체의 표면상의 결정구조를 그림 1에 나타내었다. 리드프레임재료는

〈표 1〉 Chemical composition of thick film

Chemical composition(atom%)					
Ag	Pd	Bi	Al	Si	Mg
75.03	Pd	Bi	Al	Si	Mg

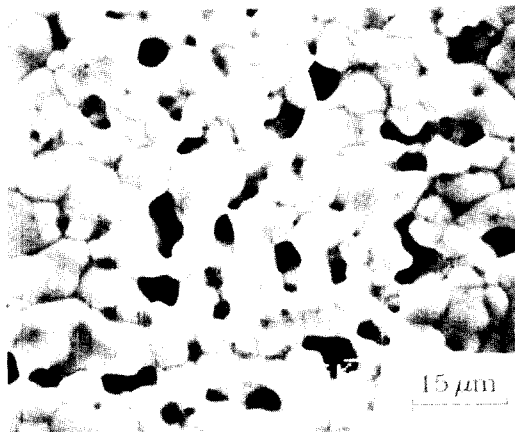


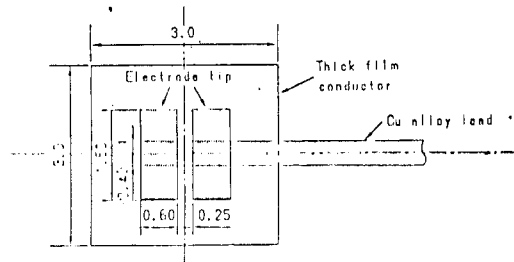
그림 1 Surface microstructure of Ag/Pd thick film

표 2에 나타낸 것처럼 C72500의 구리합금으로 폭은 2.0 mm이다. 또한 접합재료는 주석 도금막(두께 : 10  $\mu$ m)을 사용하였다.

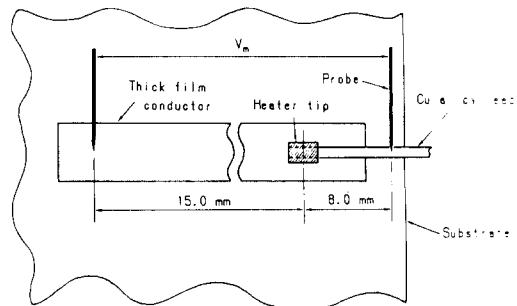
〈표 2〉 Chemical composition of Cu alloy lead frame

Chemical composition(atom%)						
Ni	Sn	Pb	Fe	Zn	Mn	Cu
9.0±0.2	2.0±0.1	0.05max	0.6max	0.5max	0.6max	REST

열원은 두 가지를 사용하였으며, Parallel Gap 저항 접합장치인 직류정전력 용접전원을 사용하여, 접합시에 전력을 일정하게 유지하는 방법과 Pulse Heat Tip 접합장치로서 접합 Tip의 온도( $T_p$ ) 혹은 접합 계면온도( $T_w$ )를 일정하게 제어할 수 있는 방법으로 이 방법을 적용하기 위하여 장치를 따로 제작하였다. 또한 접합성의 평가는 초기 인장 전단 강도 및 접합부의 외관으로 평가하였으며, 접합부의 단면은 SEM에 의해 관찰하고, 또한 EDX를 통해 각 원소의 확산거동을 분석하였다. 그림 2 (a), (b)에 각 열원에 의한 접합방법 및 재료와 가열 tip간의 상호 위치를 나타내었다.



a) Parallel Gap Resistance



b) Pulse Heat Tip

그림 2 Illustration of bonding position by heat sources

### 3. 실험결과

#### 3.1 주석 도금막 형성 방법

본 실험에서 형성한 도금 프로세스<sup>5)</sup>는 우선 도금 전처리로서 리드프레임상의 유기물의 제거 및 오염층 제거를 목적으로 전해탈지를 하고, 후처리로는 내식성 내마모성을 향상시키기 위하여 인산 Dipping 처리를 하였다. 또한 주석도금 욕조로는 Alkanol Sulfuric Acid<sup>6,7)</sup> 욕을 사용하여, 리드프레임상에 도금막을 형성하였다. 또한 도금 형성 조건으로는 주로 전류밀도를 조정하여 도금막의 두께, 결정입자의 크기, 표면의 거칠기 등을 측정하여, 적정조건을 검토하였다. 그림 3에 도금 형성시간과 도금층의 두께와의 관계를 나타내었으며, 그림 4에는 도금두께와 표면 거칠기(Rz : 중심선 평균 표면 거칠기)와의 관계를 나타내었다.

이 그림과 같이 도금막의 두께는 전류밀도가 일

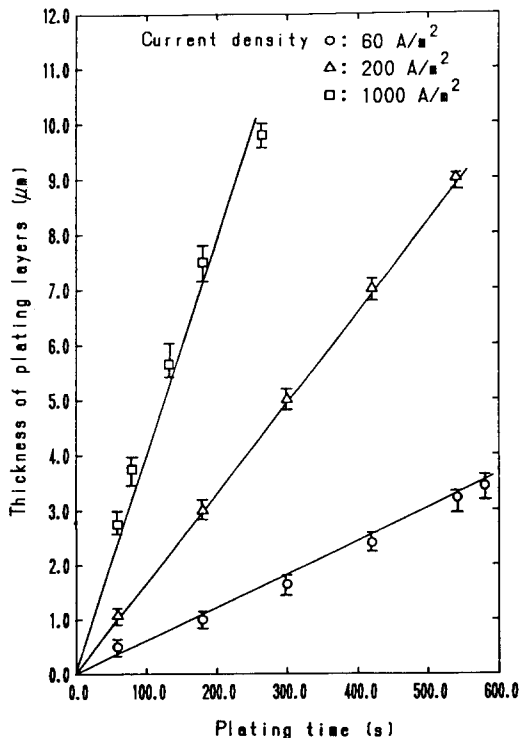


그림 3 Relation between plating time and thickness

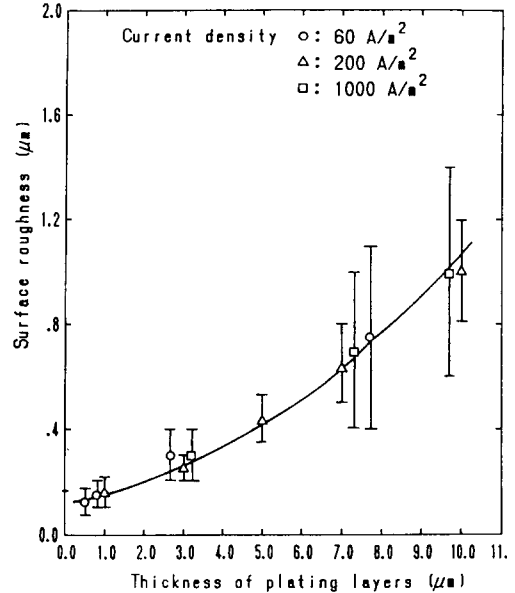


그림 4 Relation between surface roughness and thickness of plating layers.

정할 때에는 형성시간과 더불어 선형적으로 두꺼워지며, 표면의 거칠기도 시간과 더불어 거칠어지는 경향이 있으며, 막의 균일성, 표면 거칠기 측면에서 전류밀도가 200 A/m<sup>2</sup>의 경우가 가장 적절한 조건임을 알 수 있었다. 따라서 본 실험에서는 전류밀도 200 A/m<sup>2</sup> 조건하에서 형성시킨 도금막을 접합실험에 사용하였다.

#### 3.2 열원 형태의 특성

Parallel Gap 저항 접합법의 전극 Tip을 포함한 접합부의 발열상황을 검토하기 위하여, 그림 5에 나타난 것처럼 접합과정중의 접합전류(I), 전극간 전압(V<sub>1</sub>), 전극-리드간의 전압(V<sub>2</sub>), 리드-후막간의 전압(V<sub>3</sub>) 등의 각 부분의 전압을 측정하여, 접합부의 발열량을 측정하였다. 접합부에서의 발열상황을 보면 리드-후막간의 전압은 약 5-25 mV로 전극간전압 1.3V, 전극-리드간의 전압 0.8 V와 비교하여 약 1/50-1/260로 상당히 작은 결과를 나타내었다(입력조건 ; V × I = 400W, 통전시간(t<sub>w</sub>) : 2.5 ms, 압력 : 23.3 N의 경우).

위의 결과로부터 리드-후막간에 흐르는 전류는 거의 대부분이 후막쪽으로 흐르지 않음을 알 수 있다.

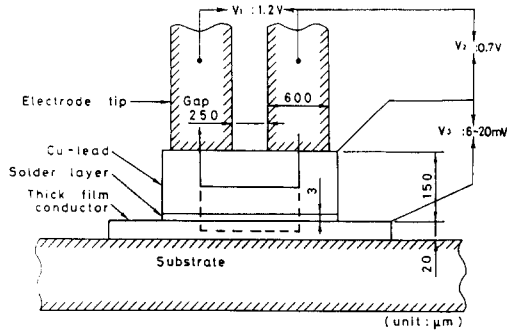


그림 5 Voltage distribution of bonding parts including electrode tips

즉 접합전류에 의한 전극-리드에서의 발열량이 상당히 크다는 것을 알 수 있었다. 그림 6은  $V \times I$ 를 파라미터로 해서 접합부의 온도와 접합전류의 통전시간(전류차단직후)과의 관계를 나타낸 것이다. 그림과 같이 통전시간이 길어짐에 따라 계면온도가 상승하여, 온도영역은 약 400-800 K에 도달한다.  $V \times I$ 가 300W인 경우, 온도는 통전시간과 더불어 상승하지만, 온도 상승이 완만하며,  $V \times I$ 치가 400-500 W로 커지면 온도 기울기가 커져서, 가열현상이 불안정하게 되기 쉬운 경향을 나타내고 있다. 또한 접합대상의 크기가 작을수록 통전시간에 따른 온도 기울기가 커져 온도 제어가 어렵다는 것을 알 수

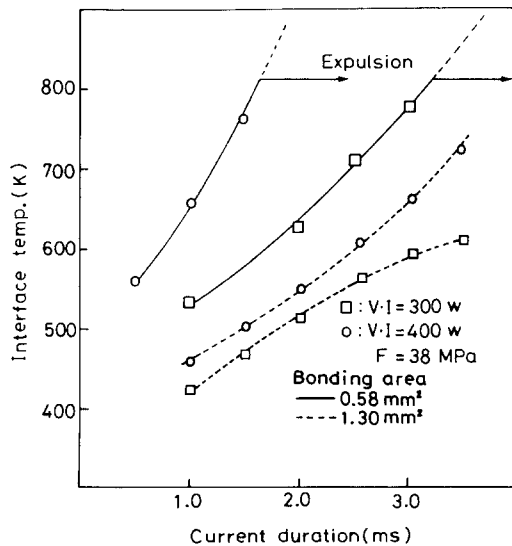


그림 6 Relation between current duration and interface temperature

있었다.

한편 Pulse Heat Tip 접합법의 가열시간과 온도와의 관계를 그림 7에 나타내었다. 그림과 같이 이 방법은 가열시간과 더불어 Tip 선단의 온도 혹은 리드-후막간의 계면 온도를 제어할 수 있는 특징이 있다.

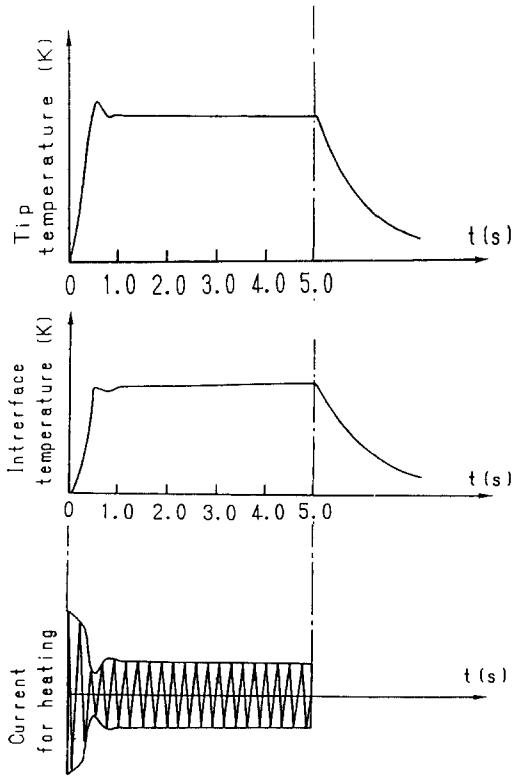


그림 7 Behavior of tip temperature, interface temperature and bonding current

### 3.3 열원 형태에 의한 접합성

그림 8은 Parallel Gap 저항 접합법과 Pulse Heat Tip 방법에 의해 접합할 때의 계면온도와 접합강도와의 관계를 나타낸 것이다. 실선이 Parallel Gap 저항법, 점선으로 나타낸 것이 Pulse Heat Tip 방법에 의한 것이다. 이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 접합강도면에서는 큰 차이는 없으나 Parallel Gap 저항접합의 경우의 강도가 약간 높음을 알 수 있다.

이와 같이 flux를 이용하지 않은 주석 도금막을

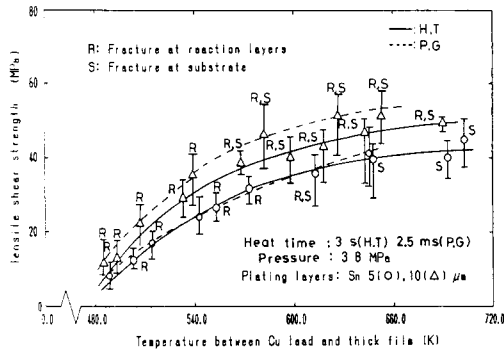
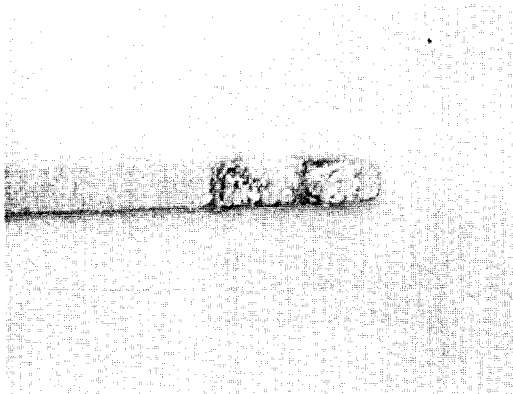


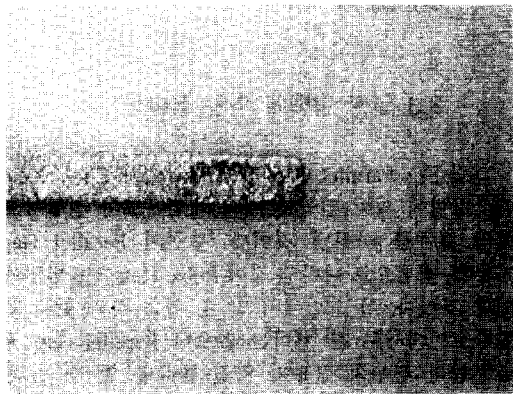
그림 8 Relation between interface temperature and tensile shear strength by different heat sources

접합재로 사용함으로써 모재인 리드와 후막의 접합이 가능하며, fluxless soldering의 실현 가능성을 확인하였다.

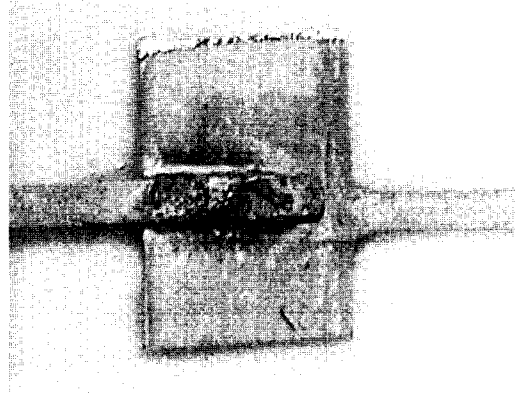
한편 그림 9(a, b : Parallel Gap 저항법, a', b' : Pulse Heat Tip법)에 나타낸 것처럼 Pulse Heat Tip의



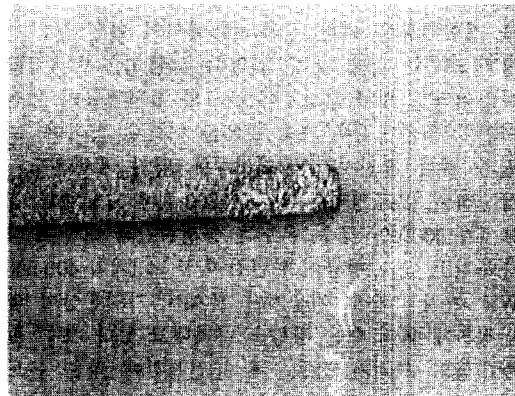
(a) tw : 2ms



(a)  $T_p$  : 570K



(b) tw : 3ms



(b')  $T_p$  : 670K

그림 9 Lead damage due to increasing current duration (a, b : Parallel Gap, a', b' : Pulse Heat Tip)

경우에는 온도가 상승해도(Tip 온도( $T_p$ ) : 670 K) 모재(리드)에 손상을 주지 않으나, Parallel Gap 저항접합법의 경우에는 통전시간의 증가와 더불어 모재(리드)에 손상을 주게 된다. 이것은 통전에 의하여 전극과 모재간의 접촉저항에 의한 발열과 통전시간이 길어짐과 더불어 온도가 급격히 상승되기 때문으로 판단된다. 또한 그림 10에는 Pulse Heat Tip 접합법에 의한 가열시간과 초기 접합강도와의 관계를 나타낸 것으로 그림과 같이 가열시간과 접합강도 사이에는 상관관계가 없으며, 가열시간 1.5-5.0 s 영역에서 약 40 MPa의 강도로 거의 일정함을 알 수 있었다. 이것은 후막 도체(Ag/Pd)의 조직이 그림 1에서 나타낸 것처럼 접합면적에 대하여 직경이 수  $\mu$ m인 여러 개의 기공이 산재하기 때문인 것으로 판단된다.

즉 후막의 조직에 의해, 가열시간과는 관계 없이 주석의 용점(550K)을 초과하면, 도금막의 거동은

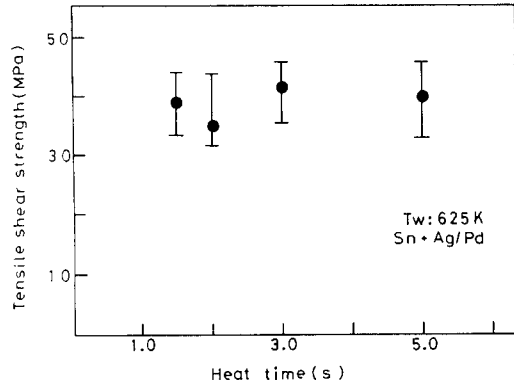


그림 10 Relation between tensile shear strength and heat time( $T_p$ : 750K)

후막 도체의 기공을 통해 후막의 두께 방향 전체적으로 침투하게 되어 반응속도론적 해석이 곤란하다고 판단된다.

또한 접합강도 면에서는 두 접합법 사이에 큰 차이가 없으나, Parallel Gap 저항접합법은 통전시간이 ms, Pulse Heat Tip 접합법은 가열시간이 초(s)단위로서, 생산성 면에서는 Parallel Gap 저항접합법이 유리한 것을 알 수 있다. 한편 이종재료간의 경박 단소화 추세에 따라 모재가 미세할수록 국부가열 접합법으로는 Pulse Heat Tip 접합법이 열원 형태로 바람직하다고 판단된다.

### 3.4 파단면과 기판의 손상

그림 11은 Pulse Heat Tip 접합법에 의한 접합부의 파단면(기판측) 및 파면을 분석한 것이다.

계면온도( $T_w$ ) 510K의 경우, 접합강도는 약 15-20 MPa로 파단면은 Ag-Sn-Cu의 합금반응층에서 파단되어 있다. 또한 계면온도가 570K로 상승하면, 접합강도는 약 30-40 MPa로 되어, 파단면은 세라믹 기판( $Al_2O_3$ )의 내부 쪽으로 이동하고 있다. 또한 Parallel Gap 저항 접합법도 계면 온도에 따른 파단면의 형태는 동일하다는 것을 같은 실험방법을 통하여 확인하고 있다. 또한 Pulse Heat Tip 접합법으로 계면온도가 650K인 경우의 세라믹스 기판의 균열부를 그림 12에 나타내었으며, 세라믹 기판 내에 균열이 발생하는 온도는 계면온도( $T_w$ )가 약 600K 이상으로 온도상승과 더불어 균열의 크기가 증가하고 있는 것도 별도실험을 통해 확인하였다. 따라서 기판에

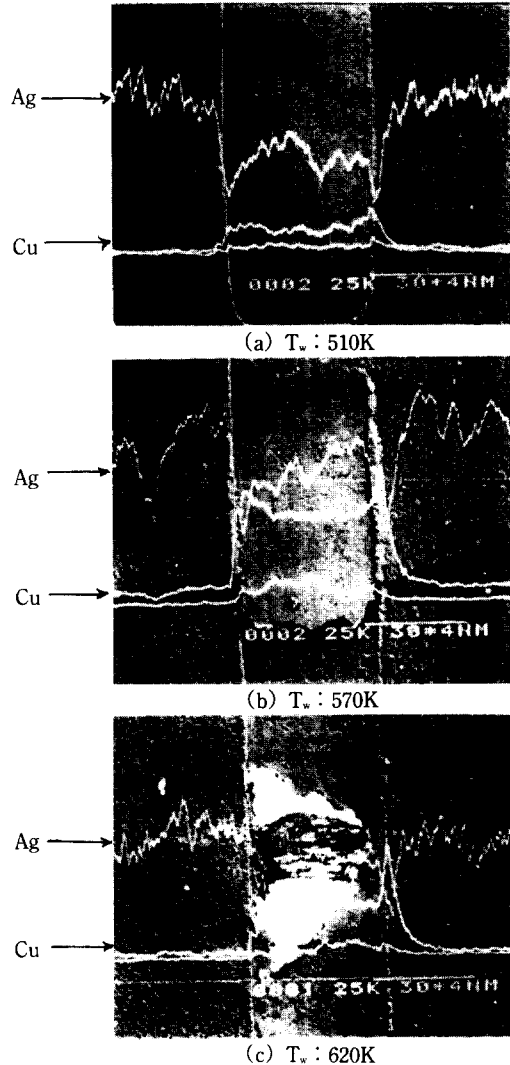


그림 11 Fracture surface of the bonds by Pulse Heat Tip process(Thick film side)

손상을 주지 않기 위해서는 가열온도의 저온화가 요구된다. 또한 Parallel Gap 저항접합법도 계면온도에 따른 세라믹 기판의 균열 발생은 Pulse Heat Tip 접합법과 유사한 경향이 있다는 것도 같은 실험방법을 통해 확인하였다.

또한 접합강도가 증가함에 따라, 파단면은 반응층에서 알루미늄 기판 쪽으로 이동하게 되며, 이것은 급격한 온도상승에 의한 알루미늄 기판의 열충격에 기인하는 것으로 판단된다. 따라서, 기판에 열손상을

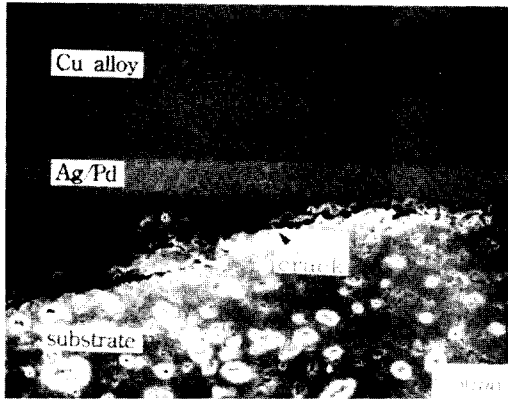


그림 12 Crack of ceramic substrate due to thermal shock ( $T_p : 650K$ )

주지 않는 가열온도의 저온화가 요구된다.

#### 4. 결 론

Parallel Gap 저항접합법 및 Pulse Heat Tip 접합법의 열원에 의한 이종재료간의 접합성을 검토하여 얻어진 주된 결론은 다음과 같다.

1) 초기 강도 측면에서는 접합계면 온도가 동일하면 두 접합법 사이의 접합강도에는 큰 차이가 없으며, 접합 계면온도의 상승에 의하여 초기 접합강도는 증가하나, 가열시간과는 상관관계가 없으며, 이것은 후막 도체(Ag/Pd)의 조직에 기인하는 것으로 판단되었다.

2) Parallel Gap 저항 접합법은 통전시간이 ms, 한편 Pulse Heat Tip 접합법은 가열시간이 초(s) 단위로써, 생산성면에서는 Parallel Gap 접합법이 유리한 것으로 판단되었다.

3) 파단면의 형태는, 두 접합법이 접합 계면 근방의 반응층에서 파단되기 시작하여, 온도상승과 더불어

접합강도도 증가하였다.

4) 접합재료는 주석 도금막을 이용한 Fluxless Soldering을 실현하므로써, 현재의 Soldering시에 문제가 되는 프레온 가스에 의한 환경오염 문제를 극복할 수 있을 것으로 생각되었다.

5) 주석 도금막을 이용하여 접합할 때 접합강도 면에서는 문제가 없으나 모재에의 손상 등 외관을 고려할 때 Pulse Heat Tip 접합법의 열원이 유리한 것으로 판단되었다.

#### 참 고 문 헌

- 1) 仲田, 辛永議 : Micro Parallel Gap 接合法による接合界面溫度 舉動と 接合現像, 日本 溶接學會 論文集, 10-1(1992), 150%154.
- 2) 仲田, 辛永議 : Micro Parallel Gap 接合法による接合部の 發熱分布と 接合 へ°ラ-メタ의 意義, 日本 溶接學會 論文集, 10-1(1992), 144-149.
- 3) Donald R, Jonhon : Parallel Gap Welding to Thick Film Metallization, IEEE THP, 12-3(1976), 187-194
- 4) 仲田, 王 : Laser Soldering 接合部の 溫度上昇と 接合部の 形成課程, 日本 溶接學會 Micro 接合研究 委員會, (MJ-78-87), 1-7
- 5) 辛永議 : 전자부품의 접합재료로서의 Sn도금막 형성 조건 및 도금막의 특성에 관한 연구, 대한 전기전자 재료학회, 6-6, (993), 505-513
- 6) 土肥, 小幡 : Alkanol sulfuric acid 浴의 光澤 Sn-Pb 合金 鍍金, 日本 金屬表面 技術, 27-6, (1976), 14-18
- 7) 土肥, 小幡 : 2-フ, 로へ°ノ-ル 黃酸浴의 Sn-Pb 合金 鍍金 日本 金屬表面 技術, 27-11, (1978), 36-40