

## 프리트 첨가에 따른 저온소성 기판과 Cu와의 접합 거동에 관한 연구

박정현 · 이상진

연세대학교 공과대학 세라믹공학과

(1994년 12월 29일 접수)

### The Effect of Frit on Bonding Behavior of Low-firing-substrate and Cu Conductor

Jeong-Hyun Park and Sang-Jin Lee

Dept. of Ceramic Eng., Yonsei University

(Received December 29, 1994)

#### 요 약

저온소성 기판과 Cu를 동시소성하여 접합시킴에 있어서 금속 내의 프리트 첨가에 의한 접합강도는 프리트의 조성과 연화점, 그리고 첨가량 등에 의하여 변화하였다. 동시소성 후 금속의 sheet 저항은 약  $3\text{ m}\Omega/\square$ 의 값을 나타내며, 4 wt% 이상의 프리트 첨가시 저항의 증가가 나타났다. 프리트의 연화점에 따른 접합강도의 변화는 연화점이  $680^\circ\text{C}$ 일 경우 비교적 적은 양인 3 wt%의 첨가에 의해 접합강도 값이 첨가전에 비하여 3배 정도 증가하여 약  $3\text{ kg/mm}^2$ 의 값을 나타내었다. 프리트 첨가에 의해 금속-세라믹 간의 파괴면이 계면부근 내의 세라믹 기판쪽으로 이동하였으며, 접합강도의 향상은 계면으로의 프리트 유리질의 흐름에 의하여 발생되었다. 이 같은 유리질의 흐름은  $680^\circ\text{C}$ 의 연화점을 갖는 프리트의 경우 가장 원활히 일어났다.

#### ABSTRACT

The bond strength between the low-firing-substrate and Cu conductor depended on the softening point and the amount of frit added to the metal paste. The addition of 3 wt% frit (softening point:  $680^\circ\text{C}$ ) to the metal paste resulted in the improvement of bond strength, which was approximately 3 times higher ( $3\text{ kg/mm}^2$ ) than that of non frit condition. It was also found that fracture surface shifted to the ceramic substrate in the interface region. These phenomena were attributed to the frit migration into the metal-ceramic interface. It was thought that the migration of glass frit occurred extensively when the softening point of glass frit was  $680^\circ\text{C}$ . The sheet resistance of Cu conductor remained constant by the addition of 4 wt% frit regardless of softening point of frit. For all samples with more than 4 wt% frit, the sheet resistance increased abruptly.

**Key words:** Low-firing-substrate, Bond strength, Sheet resistance, Interface

#### 1. 서 론

Cu는 다층 세라믹스 패키지의 금속 회로 전도체로 사용하는 타 금속에 비하여 전기 저항성이 낮고 높은 금속흐름 저항성을 갖기 때문에 미세배선에 매우 유리하며, 납땜 성질이 우수하고 값이 싸다는 장점이 있다. 이 같은 장점을 갖는 Cu 금속과 저온소성 기판을 동시소성하여, 소결과 접합을 동시에 만족시키려는 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>1-5)</sup>. 이때 동시소성에 적합한 온도는 Cu의 소결온도를 감안해 볼 때 약  $900^\circ\text{C}$  전후의 온도가 적당하다고 볼 수 있으며, Cu 금속내에 첨가해

주는 프리트의 조성 및 양, 세라믹스 기판의 조성 그리고 열처리 분위기 등에 따라 소결 및 접합의 상태가 영향을 받는다<sup>4-6)</sup>. 특히 접합강도 증가를 위하여 금속에 첨가되는 프리트의 역할은 매우 중요하다고 볼 수 있다. 프리트가 접합에 미치는 영향을 알아보기 위하여 금속, 세라믹간의 계면을 분석하는 기술을 토대로 분석방법 및 고찰 접근방식을 달리하여 연구가 행하여지고 있으며 이에 따라 접합에 영향을 미치는 여러 요인들이 규명되어지고 있다<sup>6)</sup>. 이 같은 연구를 통하여 접합에 미치는 프리트의 영향을 고찰하고 이를 응용하여 접합을 향상시키는 결과를 가져올 수 있다.

본 실험에서는 알루미늄을 충전제로 사용한 붕규산염 유리 복합체를 재료로 데이프 캐스팅 성형법을 이용하여 저온소성 기판을 제조하고 CuO가 첨가된 Cu 페이스트를 기판 위에 프린팅 시킨 후 동시소성 하였다. 먼저 공기 분위기 하에서 열처리하여 유기물을 탈지시킨 후 환원 공정을 거쳐 산화된 Cu 금속을 다시 환원시키는 동시소성 방법을 이용하여 이들을 접합시켰다<sup>7,8)</sup>. 이 같은 조건하에서 접합강도 향상을 위하여 금속 페이스트내에 최적조건에 따라 제조된 프리트를 첨가하여 프리트의 연화점과 첨가량에 따른 접합강도의 변화를 고찰하여 보았다.

2. 실험방법

평균입경 1.2 μm의 붕규산염 유리 분말에 4.0 μm의 평균입경을 갖는 알루미늄 분말이 35 vol% 첨가된 저온소성 기판을 데이프 캐스팅 성형법을 이용하여 제조 후 프리트가 첨가된 금속 페이스트를 프린팅하여 동시소성 하였다. 기판에 사용된 유리는 붕규산염 유리로서 조성과 물성을 Table 1과 2에 나타내었다<sup>9)</sup>. 금속 페이스트는 평균입경 8 μm의 Cu 분말에 평균입경 3 μm의 CuO 분말을 60 wt% 혼합 후 첨가제(vehicle)로서 terpineol과 인쇄용 용매 및 8 wt%의 에틸 셀룰로오즈(ethyl cellulose)를 첨가한 후 three-roll mixer를 사용하여 제조하였다<sup>8-10)</sup>. 페이스트 점도 차이에 따른 프린팅 공정시의 변수를 줄이기 위하여 프리트 첨가량이 증가될수록 인쇄용 용매와 바인더를 소량 추가해 줌으로써 모든 페이스트의 점도를 72~75 Pa·s로 유지하였다.

금속 페이스트에 접합강도 향상을 위하여 첨가한 프리트는 CaO와 BaO가 함유된 붕규산염 유리 조성을 선택하여 백금도가니를 이용 1500℃에서 용융 후 급냉하여 연화점이 다른 3가지 조성의 프리트를 제조하였다. 분쇄과정을 통해 프리트 분말의 평균입경을 약 4~5 μm가 되도록 분말화 한 후 0~8 wt%까지 양을 변화시켜 가며, 금속 페이스트에 혼합하였다. 프린팅시 사용된 스크린은 50 μm의 두께에 270 mesh의 간격을 가지며 1.4 N/cm의 장력을 갖는 실크 스크린을 이용하였다. 프린팅 후 건조기에서 60℃로 10분간 건조시킨 후 열처리하였다.

소결된 96% 알루미늄 기판 위에 성형시편을 놓고, 전기로를 이용하여, 공기분위기하 550℃에서 1차 열처리하여 유기물을 탈지시킨 후 물라이트 튜브를 사용한 관상로에서 분위기를 유지하며 2차 열처리하였다. 2차 열처리는 400℃까지 H<sub>2</sub> 분위기하에서 환원공정을 거친 후 이어서 N<sub>2</sub> 분위기하에서 900℃, 10분 동안 소결하

Table 1. Composition of Borosilicate Glass

Component	Content (wt%)
SiO <sub>2</sub>	72.1
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.4
Na <sub>2</sub> O	6.3
K <sub>2</sub> O	1.1
Other (MgO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0.6

Table 2. Properties of Borosilicate Glass.

Dielectric constant (at 1 MHz)	4.8
Thermal expansion coeff. (×10 <sup>-6</sup> /°C)	3.7
Density (g/cm <sup>3</sup> )	2.3
Transition Temp. (°C)	570
Softening Temp. (°C)	780
Crystallization Temp. (°C)	820

였다. 분위기 변화는 three way cock을 이용하여 가스의 흐름을 바꾸어 주었다<sup>8)</sup>.

저온소성 기판 위에 동시소성된 Cu 금속의 sheet 저항을 측정하기 위하여 가로, 세로 각각 1 cm인 Cu 금속 표면에 인듐(Indium)을 이용하여 리드선을 붙이고, 저항측정기를 이용한 4 probe 방법에 의하여 저항을 측정하였다.

접합강도 측정은 테스트 기판상에 지름 3 mm로 디자인 된 Cu 금속에 Ni 합금 리드선을 납땀(Pb : Sn=60 : 40)시킨 후 기판을 고정하고, Instron을 이용하여 리드선에 수직으로 인장력을 가하여 측정하였다. 각각 10개의 시편을 측정한 후 가장 큰 측정치와 작은 측정치를 제외한 나머지 값을 데이터로 하였다. 자세한 시편모양을 Fig. 1에 나타내었다.

동시소성 후의 금속과 기판간의 계면관찰을 위하여 시편을 연마한 후 70℃, 10% 염산용액에서 20분간 에칭한 후 Au 코팅을 하여 주사전자현미경을 이용하여 미세구조를 관찰하였다.

접합강도 테스트 후의 파괴면 표면의 분석을 위하여 EPMA와 박막 X선 회절기를 이용하였다. 박막 X선 회절기는 X선 발생장치와 박막측정 부착기로 이루어져 있으며, 일반적인 X선 발생장치에 박막 측정기를 부착하여 시편표면과 입사 X선 사이의 각도를 고정하여 측정하는 것이 주 원리이며, 이 경우 X선 입사각도 α를 1°로 고정함으로써 표면 1 μm 만을 상분석 할 수 있는 특징이 있다. 측정시 조건은 다음과 같다. power : 40

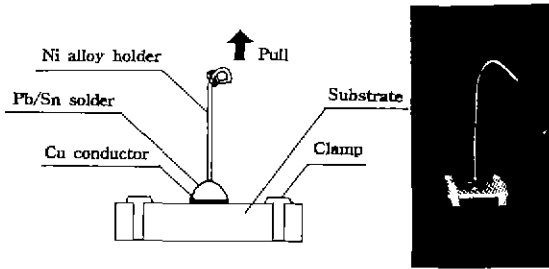


Fig. 1. Sample used in bond strength test.

Kv-200 mA, scan speed : 8°/min, 2000 CPS, X선 입사각 :  $\alpha = 1^\circ$

### 3. 최적의 프리트 조성 설정 조건

금속 페이스트에 첨가해 주는 프리트는 주어진 열처리공정하에서 조성 및 그 첨가량에 따라 접합저동에 크게 영향을 미치므로 프리트의 선택이 매우 중요하다<sup>11)</sup>. 본 실험에서는 주어진 조건, 즉 저온소성 기판의 조성 및 소결성, 그리고 동시소성을 통한 금속과의 접합저동 등의 실험결과<sup>7,8)</sup>를 배경으로 접합강도에 도움이 되는 최적의 프리트 조건을 다음과 같이 설정해 보았다.

첫째로 프리트 조성 중 알칼리 이온의 함량이 작아야 한다. 이것은 Buchanan 등의 실험<sup>12)</sup>에서 알 수 있는데, 소결된 Cu 위에 납땀을 한 경우, 납땀의 조성인 Sn과 Cu 금속내의 프리트 성분 중 알칼리 이온이 서로 반응하여  $Cu_3Sn$ ,  $Cu_6Sn_5$  등과 같은 반응 생성물을 형성하게 되어 이 반응 생성물에 의해 접합강도가 감소하게 된다. 이 같은 반응물은 패키지의 작동시 발생하는 열에 의해 약 125~150°C의 분위기가 장시간 유지될 경우 생성되게 된다. 따라서 사용시간이 장기화 됨에 따라 금속과 세라믹 기판간의 접합보다는 오히려 금속과 납땀된 부분이 접합을 좌우하는 요인이 되고, 접합강도의 감소요인이 된다. 알칼리 함량이 작아야 하는 또 한가지 이유는 알칼리 이온을 함유하지 않는 유리의 경우는 알칼리이온을 다량 함유한 유리에 비하여 온도에 따른 점도의 변화가 급격한 곡선을 보이기 때문이다<sup>13)</sup>. 이것은 완만한 점도의 변화를 보이는 유리에 비하여 저온소성 기판과 금속간의 동시소성시 유리한 조건으로 작용될 것이라 생각된다. 유기물의 탈지가 일어나는 약 600°C 이전에는 점도의 감소가 미소하여 유기물의 탈지에 아무런 영향을 끼치지 않으면서, 접합이 일어나는 700~800°C 사이에서는 점도의 감소가 현저히 일어나 유리의 젖음성과 흐름성을 좋게 하는 것이 접합의 향상에 도움이 되기 때문이다.

실제로 알칼리가 다량 함유되어, 500°C 근처에서부터 완만한 점도감소를 보이는 유리의 경우 유기물이 완전히 탈지되지 못하고, 분해가스가 기물내에 남게 되어 부풀림 등이 발생하는 현상이 나타났다. 본 실험의 경우는 900°C 에서 소결이 완결되므로, 유기물탈지 온도인 550°C 와 900°C 사이에서 연화점을 갖는 유리조성이 바람직할 것이다.

둘째로, 유리내 조성 중 환원이 쉽게 되는 성분을 배제해야 할 것이다. 본 실험의 경우 Cu 산화물의 환원을 위하여 400°C 까지 환원분위기를 유지해 주므로 이 온도 영역에서 유리의 조성중 어느 성분이 환원이 일어날 경우 프리트 성질 및 금속저항에 변화를 초래할 것이다. 따라서 환원성이 강한  $PbO$ 나  $B_2O_3$  등의 성분은 가능한 한 사용을 배제해야 할 것으로 생각된다<sup>14)</sup>.

세째로 연화점 부근에서 표면장력이 낮은 유리조성이 바람직하리라 생각된다. 이것은 프리트의 흐름이 주로 연화점 부근에서부터 시작되므로 이때 세라믹 기판내로의 젖음성이 원활히 일어나기 위해서는 표면장력이 작을수록 유리한 조건이 될 것이다.

네째로는 유리의 밀도가 큰 것이 바람직하다<sup>15)</sup>. 이것은 하중에 의하여 유리질의 흐름을 촉진시키는 원인이 되기 때문이다. 따라서  $BaO$ 나  $La_2O_3$  등 원자량이 큰 성분을 포함하는 것이 바람직하리라 생각된다.

마지막으로 유리의 열팽창계수가 금속과 저온소성 기판의 열팽창계수의 중간 값을 갖는 것이 바람직하다<sup>16)</sup>. 이것은 금속과 기판간의 열팽창계수 차이에 의한 스트레스의 발생을 최소화하기 위한 것으로 금속과 기판간의 계면에서 두 물질간의 열팽창계수의 차이를 어느 정도 완화시키는 작용을 하게 될 것이다.

이 같은 조건을 만족시킬 수 있는 유리조성으로서  $CaO$ 와  $BaO$ 가 함유된 봉규산염 유리를 들 수 있으며 본 실험에 사용된 3가지의 유리 조성 및 전이점, 연화점, 밀도 및 열팽창계수의 값을 Table 3과 4에 나타내었다. A, B, C 프리트 조성의 경향은 RO 성분중  $CaO$ 는 고정시키고,  $SiO_2$ 와  $B_2O_3$  및 RO의 비를 변화시키면서 유리의 연화점을 변화시켰다. 또한 소량의 알칼리 성분이 연화점 조절에 사용되었다.  $BaO$ 는 밀도의 증진 및 유리의 표면장력의 감소를 위하여 사용되어졌다<sup>14)</sup>.

### 4. 결과 및 고찰

Fig. 2에 프리트 첨가에 따른 금속의 sheet 저항과 접합강도의 변화를 나타내었다. sheet 저항의 경우 프리트의 종류에 관계없이 약 4 wt% 이상의 첨가시 저항의

Table 3. Frit Composites.

	A	B	C (wt%)
SiO <sub>2</sub>	16	34	50
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25	17	10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	4	5
CaO	20	20	20
BaO	25	18	12
Na <sub>2</sub> O	8	5	2
K <sub>2</sub> O	3	2	1

Table 4. Properties of Frits.

	Transition point, T <sub>G</sub> (°C)	Softening point, T <sub>G</sub> (°C)	Thermal expansion coeff. (RT~400°C) (×10 <sup>-6</sup> /°C)	Density (g/cm <sup>3</sup> )
A frit	566	680	10.5	2.83
B frit	590	745	9.1	2.70
C frit	620	780	8.4	2.62

급격한 증가를 보였다 즉 프리트의 첨가에 의해 Cu 자체의 금속저항이 영향을 받는 임계량이 약 4 wt%라는 것을 짐작 할 수 있다. 접합강도의 경우는 프리트의 종류와 양에 따라 매우 다양한 변화를 보였다. 즉 실험에 사용한 3가지 프리트 중 프리트의 연화점이 가장 낮은 경우 작은 양의 프리트 첨가에도 접합강도의 향상을 보였으며, 최고 강도 값도 높은 수치를 나타내었다. A 프리트의 경우 프리트 첨가 전에 비하여 약 2~3 wt%의 첨가에 의해 접합강도 값이 3배 정도 증가했음을 알 수 있다. 그러나 첨가량이 증가할수록 접합강도 값은 다시 낮아지는 경향을 나타내었다. B, C 프리트의 경우는 이보다 더 많은 양을 첨가한 경우 접합 강도의 증가 경향을 보였다. 즉 프리트의 연화점이 높아질수록 최고 접합 강도치를 보이는 프리트의 양이 증가하였다. Fig. 3에는 세가지 프리트를 각각 3 wt% 첨가시 접합 강도 테스트 후 파괴면의 표면, 즉 세라믹 기판 위에 금속이 붙어 있던 부분의 표면을 박막 X선 회절기를 이용하여 표면에서 1 μm 깊이까지 만을 상분석한 결과를 나타내었다. 또한 EPMA를 이용하여 이들 표면의 Ca 원소 분석결과를 같이 나타내었다. 상분석 결과 α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 Cu 피크만이 나타나고 있다. 즉 파괴가 금속-세라믹 중 어느 한쪽으로 치우치지 않고 계면 부근에서 발생했음을 알 수 있으며, 이들 계면에서 접합에 큰 영향을 줄 정도의 새로운 상의

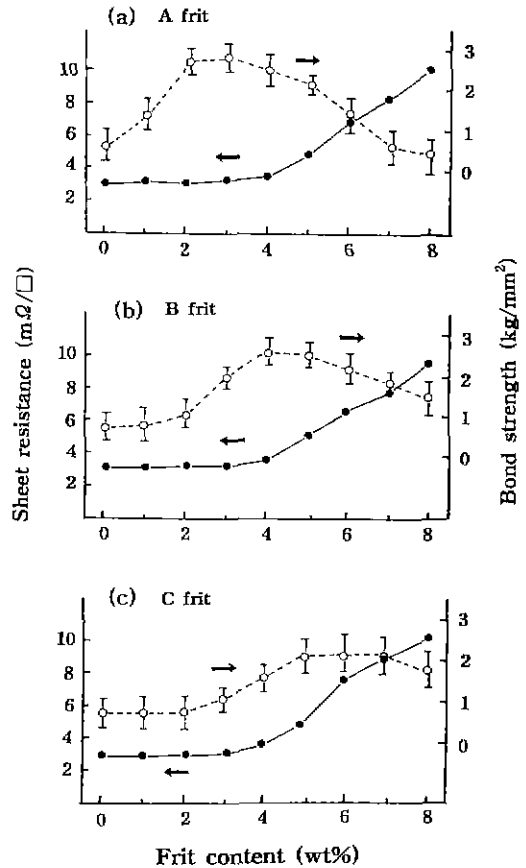


Fig. 2. Sheet resistance and bond strength as a function of frit content.

형성은 일어나지 않았음을 알 수 있다. 또한 A 프리트의 경우 다른 경우에 비하여 상대적으로 Cu 피크가 줄어들고, α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 피크는 증가했음을 알 수 있다. 이 같은 결과를 접합강도의 증가와 연관지어 생각해 볼 때 파괴면이 금속-세라믹 계면내의 세라믹 기판쪽으로 이동함으로써 접합강도의 증가가 초래되었음을 알 수 있다. EPMA를 통한 Ca 원소 분석결과에서는 A 프리트의 경우에만 Ca가 소량 검출되었다. 세가지 조성의 프리트는 CaO 양을 모두 동일하게 첨가해 주었으므로 상대적인 농도의 비교가 가능하며, 따라서 위와 같은 실험치의 데이터를 이용하여 프리트의 이동 정도를 어느 정도 추측할 수 있을 것이다. 즉 가장 높은 접합 강도치를 보이는 A 프리트의 경우 금속에 첨가해 준 프리트가 계면 부근으로 이동하였음을 알 수 있으며 이로 인하여 파괴면의 이동이 일어나 접합강도가 증가하였음을 알 수 있다. 즉 접합강도의 발현은 금속과 세라믹 계면으로의

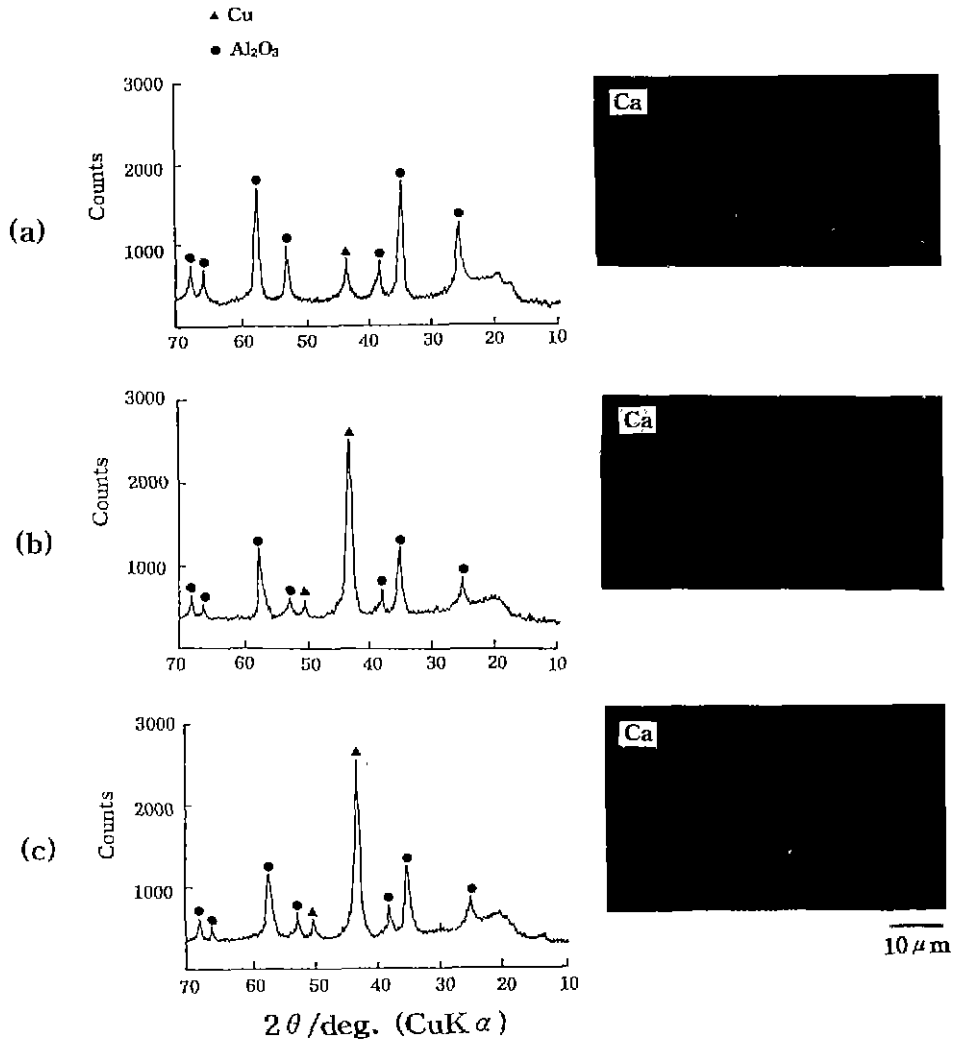


Fig. 3. Thin-film XRD patterns and dot maps of test pad areas on low-firing substrate after bond test. (a) addition of 3 wt% A frit, (b) addition of 3 wt% B frit, (c) addition of 3 wt% C frit

프리트 이동에 의하여 계면의 미세구조가 좀 더 치밀해지고, 또한 금속, 세라믹간의 열팽창계수의 차이가 프리트의 완화작용에 의하여 어느 정도 줄어들면서, 접합강도의 증가현상이 나타났으리라 생각된다. 동시에 파괴면이 치밀해진 계면구조에 의하여 세라믹 기판쪽으로 이동하여 일어났음을 알 수 있다. B와 C 프리트의 경우 파괴면에 Ca가 검출되지 않았다는 것은 프리트의 흐름이 거의 없었음을 의미하며, 그럼에도 불구하고 상대적으로 Cu 피크가 Fig. 3의 (a)에 비하여 커졌다는 결과는 파괴가 금속-세라믹 계면내의 Cu에 접근된 부분에서 일어났음을 추측할 수 있다. 즉 프리트의 계면으로의 흐름이 거의 일어나지 않아 가장 큰 응력이 존재

하는 Cu 근처의 계면에서 파괴가 일어났으며, 이로 인하여 매우 낮은 접합강도값을 보이고 있음을 알 수 있다. 이 같은 결과를 뒷바침할 수 있는 결과로서 Fig. 4에 B, C 프리트 사용시 최대 접합 강도치를 보인 시편을 선택하여 이들의 파괴면의 박막 X-선 회절결과와 Ca의 mapping 결과를 나타내었다. 이 경우 B의 C 프리트는 각각 5 wt%, 6 wt%를 첨가했을 때의 결과이며, 두 경우 모두 Fig. 3의 3 wt%의 A 프리트를 첨가한 경우와 비슷한 분석 결과를 나타내고 있다 즉 B, C의 경우 프리트 양이 증가함으로써 계면에서의 프리트 효과가 발현되고 있음을 알 수 있다. 이처럼 금속-세라믹에 첨가해 준 프리트에 의한 접합거동을 살펴보면 프리트 연화점의 증

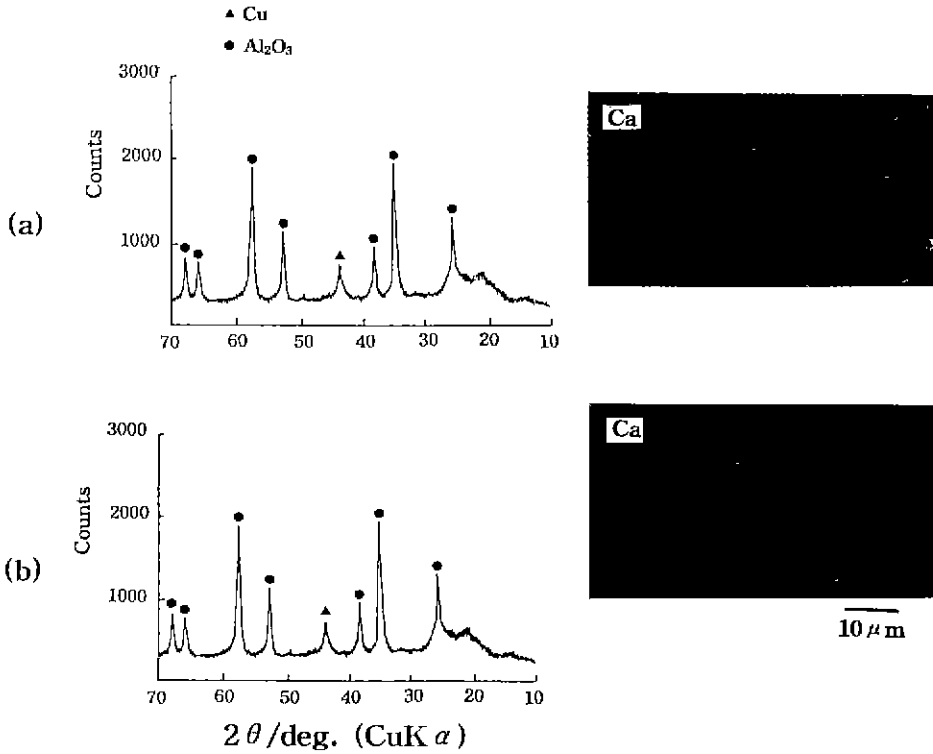


Fig. 4. Thin-film XRD patterns and dot maps of test pad areas on low-firing substrate after bond test. (a) addition of 5 wt% B frit, (b) addition of 6 wt% C frit

가에 따라 최대강도는 프릿트 양이 증가할수록 발현되고, 그 값도 어느 정도 감소하는 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 이 같은 현상은 프릿트의 연화점에 따른 유리질의 이동분포와 연관지어 설명할 수 있다. 680°C의 연화점을 갖는 A 프릿트의 경우 프릿트의 이동이 일어나기 시작하는 온도범위에서는 저온소성 기관 소결의 초기단계로서<sup>7)</sup>, 기관의 미세구조가 치밀하지 못하고 또한 기관에 포함된 붕규산염 유리 역시 연화가 일어나기 전이므로 프릿트의 점도감소에 따른 점도에 의한 유리질의 흐름이 B, C 프릿트에 비하여 원활하게 넓은 범위에 걸쳐 일어날 수 있는 조건이 될 것이라 추측된다. 저온소성 기관과 Cu와의 동시소성시 저온소성 기관의 소결기구는 주로 액상소결과 점성유동에 의해 이루어지며, 이로 인해 소성시 매우 빠른 승온속도를 유지해 주어야 한다<sup>8)</sup>. 이 같은 승온속도를 감안해 볼 때 A 프릿트의 경우 B, C 프릿트에 비하여 짧은 시간 동안에 효과적으로 유리질의 흐름이 일어났을 것으로 생각된다. 반면 B, C 프릿트의 경우 연화점의 상승에 따라 유리질의 흐름이 시작되는 온도범위에서 이미 기관의 수축이 동반되며, 기관내 붕

규산염 유리의 연화가 시작되어 프릿트 이동의 장애요인이 되며, 특히 C 프릿트의 경우는 연화점의 상승에 따라 연화점과 소결종결 온도와의 차이가 작아져 충분한 유리질의 흐름이 일어날 수 없으리라 생각된다. 따라서 프릿트의 연화점이 높을수록 프릿트의 첨가량이 많아짐으로써 접합강도의 발현이 나타나게 되며, 강도발현의 효과도 점점 감소되는 경향을 보이고 있다. 이 같은 현상은 프릿트의 유리질 이동이 모세관 현상에 의한 "twin capillary model"<sup>15)</sup>에 의해서만 이동하는 것이 아니고, 금속층을 위로 유지한 상태로 열처리 함으로써 유리질의 점도 감소와 높은 밀도에 따른 자체적인 하중에 의해 밀로 흐르려는 작용이 함께 고려되어 진다는 가정하에서 나타나게 되는 현상이라 생각된다. Fig. 5에는 A 프릿트를 3 wt% 첨가하였을 때의 금속-세라믹 간의 계면 미세구조를 나타내었다. B, C 프릿트의 경우 최고 접합강도값을 나타내는 시편의 경우 모두 이와 비슷한 미세구조를 보였다. Fig. 5에서 보듯이 제면에서 세라믹 기관쪽으로 약 2~3 μm에 걸쳐서 약간 검게 보이는 영역을 관찰할 수 있었다. 이것은 금속, 세라믹간의 동시

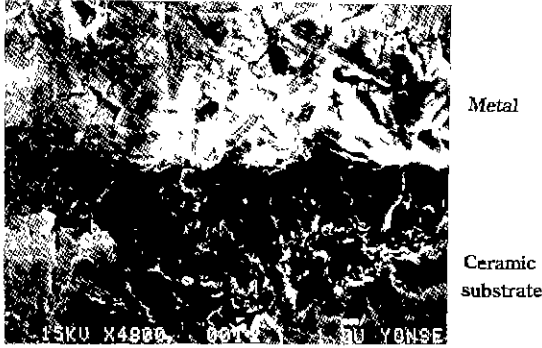


Fig. 5. SEM photograph of metal-ceramic interface in the sample with 3 wt% A frit.

소성시 금속층내의 프리트가 기판쪽으로 이동하여 나타난 결과라 생각되며, 유리질의 이동과 함께 Cu도 세라믹 기판쪽으로 약간의 이동이 일어났으리라 생각된다.

### 5. 결 론

저온소성 기판과 Cu를 동시소성함에 있어서 프리트 첨가에 의한 접합거동 고찰 결과는 다음과 같다.

1. 동시소성 후 금속의 sheet 저항은 약  $3\text{ m}\Omega/\square$ 의 값을 나타내며, 4 wt% 이상의 프리트 첨가시 저항의 증가가 나타났다.
2. 프리트 첨가시 프리트의 연화점에 따라 접합강도의 변화를 보였으며  $680^\circ\text{C}$ 의 연화점을 갖는 프리트의 경우는 비교적 적은 양인 3 wt%의 첨가에 의해 접합강도 값이 첨가전에 비하여 3배 정도 증가하여 약  $3\text{ kg/mm}^2$ 의 값을 나타내었다.
3. 프리트 첨가에 의해 금속-세라믹의 파괴면이 계면 부근에서 세라믹 기판쪽으로 이동하였으며, 접합강도의 향상은 계면으로의 프리트 유리질의 흐름에 의하여 밝혀되었다. 이 같은 유리질의 흐름은 프리트 연화점이 낮을 수록 원활히 일어났다.

### REFERENCES

1. R.R. Tummala, "Ceramic and Glass Ceramic Packaging in the 1990's," *J. Am. Ceram. Soc.* **74**(5), 895-908 (1991).
2. J.U. Kinckerbocker, "Overview of the Glass-Ceramic

- /Copper Substrate-A High-Performance Multilayer Packing for the 1990's," *Am. Ceram. Soc. Bull.*, **71**(9), 1393-1409 (1992)
3. ニュケラスシリス 編輯委員會, セラミック基板とその應用, pp. 58-65, 學研社, 東京 1988
4. Y. Shimano, K. Utsumi, M. Suzuki, H. Takamizawa and T. Watari, "Low Firing Temperature Multilayer Glass-Ceramic Substrate," *IEEE Trans. Components Hybrids Manuf. Tech.*, **6**, 382-388 (1983).
5. H.T. Sawhill, "Materials Compatibility and Cosintering Aspects of Shrinkage Control in Low-Temperature Cofired Ceramic Packages." pp. 307-319 in *Advanced in Ceramics*, Vol. 26, Edited by M.F. Yan, K. Niwa, H.M. O'Bryan, Jr. and W.S. Young, American Ceramic Society Westerville, OH, 1989.
6. R.A. Percherla and R.C. Buchanan, "Role of Glass Frit in (Cu) Thick Film Adhesion," pp. 433-446 in *Ceramic Transactions*, Vol. 20, Edited by K.M. Nair, American Ceramic Society, Westerville, OH, 1991.
7. 박정현, 이상진, 설재식, "알루미나를 충전제로 첨가한 불규산염 유리의 소결 및 결정화 방지거동에 대한 연구," 한국요업학회, **29**(12), 956-962 (1992).
8. 박정현, 이상진, "저온소성 기판과 Cu와의 동시소성에 미치는 CuO의 첨가 효과," 한국요업학회, **31**(4), 381-388 (1994).
9. R.E. Cote and R.J. Bouchard, "Thick-film Technology," pp. 307-369 in *Electronic Ceramics* Edited by L.M. Levinson, Marcel Dekker Inc. New York, 1987.
10. J.R. Larry, R.M. Rosumberg and R.O. Uhler, "Thick Film Technology: An Introduction to the Material," *IEEE Trans. Comp. Hybrids, Manuf. Tech.*, **3**(2), 211-225 (1980).
11. P.W. Bless, R.L. Wahlers and S.J. Stein, "Applications of Glasses in Thick Film Technology," pp. 397-417 in *Ceramic Transaction*, vol. 20, Edited by K.M. Nair, American Ceramic Society, Westerville, OH, 1991.
12. A. Percherla and R.C. Buchanan, "Copper Thick Film Adhesion on Glass Ceramic Substrate," pp. 439-454 in *Ceramic Transaction*, vol. 11, Edited by B.V. Hiremath American Ceramic Society, Westerville, OH, 1990
13. G.W. Morry, "The Properties of Glass." pp. 132-165, Reinhold, Pub, New York, 1954.
14. M.B. Volf, "Chemical Approach to Glass," pp. 272-279, Elsevier Science Pub, Amsterdam, 1984.
15. M.E. Twentymann and P. Popper, "High-Temperature Metallizing Part I, II," *J. Mater. Sci.*, **10**, 765-790 (1975).