

다층 IC 패키징용 구리/코디에라이트 접합 특성

(Adhesion Properties of Cu/cordierite for Multilayer IC Packaging)

韓秉誠*, 俞星泰**, 林南熙**, 張美惠*, 朴晟鎭*

(Byeung Sung Han, Sung Tae Yu, Nam Hi Lim, Me Hea Jang, and Sung Jin Park)

要 約

코디에라이트($2\text{MgO}, 2\text{Al}_2\text{O}_3, 5\text{SiO}_2$)는 다층 IC 기판용 재료로써 최근에 큰 관심을 갖고 연구되어지고 있다. 졸겔법에 의해서 합성된 코디에라이트 기판위에 구리층을 만들고 동시 소성 분위기와 소성 온도 변화를 통해서 접합면의 형태변화를 분석함으로써 접합력이 우수한 소성 조건을 찾아보았다. 수분을 함유한 Ar가스($\text{Ar}+\text{H}_2\text{O}$) 분위기에서 동시 소성하는 경우 좋은 접합 특성을 보여 주었으며 특히 접합 특성 향상에 승온 속도가 큰 영향을 미친다.

Abstract

The cordierite ($2\text{MgO}, 2\text{Al}_2\text{O}_3, 5\text{SiO}_2$) is of great interest for packaging substrates of multilayer IC. The Cu layer was fabricated on the cordierite substrate by the screen printing method and the adhesion properties of the interfaces at the different cosintering conditions were studied. When cosintered in the $\text{Ar}+\text{H}_2\text{O}$ atmosphere good adhesion was obtained and the heating rate was found out to be an important factor for the adhesion.

I. 서 론

다층IC의 많은 장점으로 인해 수요가 급증하게 되면서부터 새로운 기판 재료의 개발에 대한 관심이 고조되게 되었고, 보다 값싸고 전도율이 좋은 금속과 기판간의 접합력 증강을 위한 동시 소성 조건들에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 구리/코디에라이트($2\text{MgO}, 2\text{Al}_2\text{O}_3, 5\text{SiO}_2$) 다층 시스템은 비 유전율 및 열팽창계수가 낮은 세라믹과, 전도도가 높고

가격이 저렴한 구리로 되어 있으며 특히 동시 소성 온도가 낮다는 장점을 가지고 있어 크게 응용될 전망이다. 특히 이 시스템은 세라믹기판의 근본적인 특성변화없이 동시 소성을 행할 수 있으며^[1] 사진 식각법 또는 sputtering 방법에 의하여 형성된 구리 박막과 기판과의 좋은 접합력을 유테틱 본딩(eutectic bonding)을 통하여 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있다.^[2]

금속층과 기판과의 접합력을 향상시키기 위하여 주위 가스 분위기와 소성 온도를 변화시켜주면서 이러한 조건 변화에 따른 접합면의 형태변화를 SEM(scanning electron micro analyzer)을 통하여 관찰하여 보고 구리가 기판에 확산된 정도를 EPMA(electron probe micro analyzer)를 통하여 측정 비교함으로써 접합력을 좋게하기 위한 동시 소성의 최적조건을 찾아보았다.

*正會員, **準會員, 全北大學校 電氣工學科
(Dept. of Electrical Eng., Chonbuk Univ.)

接受日字: 1990年 6月 14日

(※ 이 논문은 1989년도 문교부 지원 한국학술진흥재단의 자유응모과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.)

II. 시료제작과 특성조사

소성전 코디에라이트는 그림 1에서 보여주듯 복합 화합물을 혼합시키어 solgel 방법에 의하여 무정형으로 합성한후 이들 분말을 300kg/cm²의 압력으로 압축하여 단판형모양으로 제작하였다. 이들 시료제작에 대한 설명은 참고문헌 4,5에서 자세하게 언급하였다. 시료들을 소결한 후 실험에 필요한 조건을 갖추기 위하여 500μm 두께의 코디에라이트 위에 2000 Å 두께의 구리층을 제작하였다. 이때 구리층은 소결 전 시료위에 screen printing 방법에 의하여 만들어졌고, 사용한 금속 잉크는 평균 입자크기가 4μm인 구리가루를 용해액속에 섞어 잘 혼합하여 만들었다.

시료들의 소결 과정은 먼저 500°C의 온도로 공기 중에서 행하고, 250°C로 H₂ 가스 분위기에서 환원(reduction)을 위하여 행한 후 마지막으로 서로 다른 가스분위기(H₂, Ar 혹은 Ar+H₂O)에서 500°C/h의 승온속도로 1070°C에서 동시 소성하였다(그림 2).

접촉점 영역에서 미세 구조 관찰을 위하여 사용한 SEM은 Jeol JSM 840이었다. 초기 전자에너지는 15 keV를 사용하였으며 시료 표면 관찰을 위하여 탄소 증착을 이용하였다. 초점거리는 시료의 질량분석인 경우는 39mm, 이미지를 얻기 위한 경우는 15mm로 하였다.

동시 소성 조건에 따른 구리이온이 기관안으로 확산된 정도를 알기위하여 Ar 가스에 의한 이온 식각

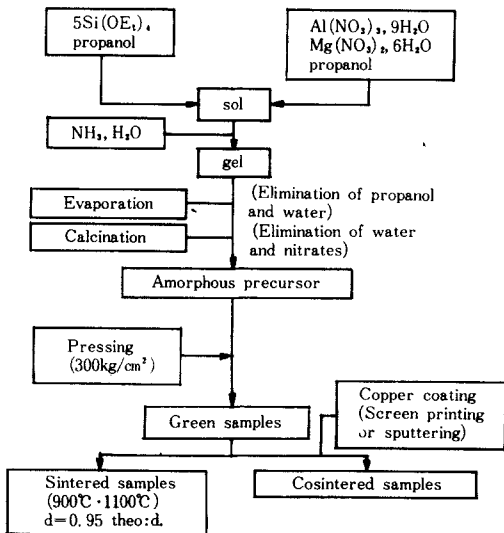


그림 1. 코디에라이트 합성과 시료준비 과정
Fig. 1. Diagram of cordierite synthesis and sample preparation.

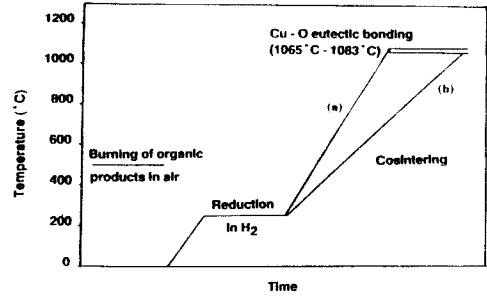


그림 2. 소성 과정
(a) H₂ 분위기에서 동시 소성(800°C/h)
(b) 수분을 함유한 아르곤 가스 분위기에서 소성(500°C/h)

Fig. 2. Firing schedule
(a) cosintered in hydrogen with heating rate 800°C/h,
(b) cosintered in wet argon with heating rate 500°C/h.

을 행하면서 EPMA를 통하여 구리의 확산된 양을 측정하였다.

III. 결 과

코디에라이트 기관 위에 구리를 creen printing 하고 소결한 경우는 소성전 코디에라이트 위에 구리를 증착시킨 경우와⁽⁶⁾ 비교하여 볼 때 눈에 띄게 그 모습이 변화하고 있는데 그림 3에서 보여주고 있는 것처럼 구리는 직경 0.5μm 이하의 크기를 갖는 작은 알갱이들로 형성되어 있으며 연속적인 박막의 형태

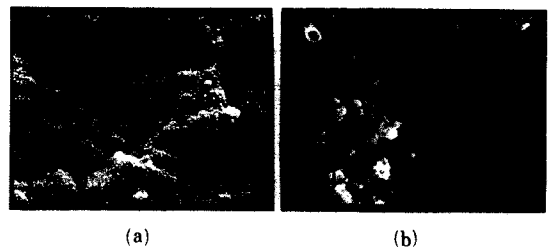


그림 3. H₂ 가스분위기 속에서 동시 소성한 구리(두께:2000 Å)/코디에라이트 접합면 SEM 이미지(X4000)
(a) 소성 전
(b) 열처리 후

Fig. 3. SEM images of Cu/cordierite interfaces cosintered in H₂ atmosphere.
(a) before cosintering,
(b) after cosintering.

를 갖추지 못하고 있었다. 이러한 현상은 구리의 카토크라피 X(그림 4)에서도 확인할 수 있는데 그림 4의 4에서 우선 Cu 이온의 존재가 균일치 않으며, Mg, Al, Si(그림 4의 1, 2, 3)이 기판 표면에서 검출된 점도 이를 뒷받침해 주고 있다. 특히 여기서 Mg의 경우 그 대조가 현저한 차를 보여주고 있는데 이는 기판 구성이 불균일하게 형성되어 있음을 나타내는 일이다.

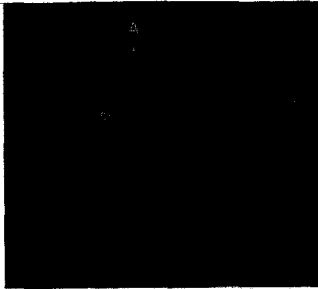


그림 4. H₂ 가스 분위기에서 동시 소성한 구리/코디에라이트 접합면의 카토크라피 X
 (1) Mg (2) Si (3) Al (4) Cu
 Fig. 4. Cartography X of Cu/cordierite interfaces cosintered in H₂ atmosphere.
 (1) Mg (2) Si (3) Al (4) Cu

이온식각을 한부분(Z. B.)과 이온식각을 행하지 않은 부분(N. Z. B.)의 원소농도를 분석한 표1에서, 이온식각 하지않은 경우의 전체분석에서, 구리의 값을 고려하지 않는 경우 기판을 구성하고 있는 성분들의 농도가 이론값과 거의 비슷하였으며, 점분석의 경우는 분석위치, 분석에 채택한 덩어리들이나 골에 따라 그 값이 다르며 특히 표면의 요철로 정확한 값을 얻기는 매우 어려웠으나, Mg는 6내지 13%범위 내에서 증가하는 반면 Si는 17내지 13%범위 내에서 감소하였다. 이 결과는 구리를 증착하지 않은 순수 기판을 소성한 경우의 분석결과⁽⁷⁾과 비슷하며 동시 소성한 후 기판은 β-cordierite, μ-cordierite, MgAl₂O₄의 결정구조를 갖는 이종혼성(heterogeneity)인 다상(multiphase)의 상태로 존재하였다.

이온식각에 의하여 1800 Å 정도로 표면을 깎아낸 후 구리는 0.25μm 이하의 크기를 갖는 덩어리 형태를 이루었으며 이때 Mg의 증가에 의한 원소들의 재구성이 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

기판안으로 구리의 확산을 깊이에 따라 분석한 EPMA 결과(그림 5)에서 H₂ 분위기에서 동시 소성

표 1. H₂ 가스 분위기 속에서 동시 소성한 구리와 코디에라이트 접합면의 원소농도(% (승온속도 : 800°C/h))

Table 1. Elemental concentration (in at. %) of the Cu/cordierite interfaces cosintered in H₂ atmosphere (800°C/h).

	Whole analysis (20μ*20μ), with Cu		Whole analysis (20μ*20μ), without Cu	
	Z. N. B.	Z. B.	Z. N. B.	Z. B.
Al	13.5±0.1	13.9±0.1	14.2±0.1	13.9±0.1
Mg	6.3±0.1	8.2±0.1	6.6±0.1	8.2±0.1
Si	16.3±0.1	16.2±0.1	17.2±0.1	16.2±0.1
O	58.7±0.1	61.4±0.1	62.0±0.1	61.6±0.1
Cu	5.4±0.1	0.4±0.1		

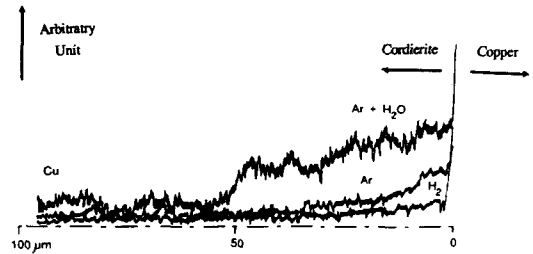


그림 5. 열처리시 가스 분위기에 따른 구리의 확산 프로파일
 Fig. 5. Diffusion profiles of Cu cosintered in different gases.

한 경우 구리의 확산은 거의 일어나지 않고 있었으며 약 10μm 정도의 깊이에서만 Cu 원소가 존재하고 있었다.

Ar+H₂O의 분위기에서 500°C/h의 승온속도로 소결한 경우 기판으로의 구리확산이 매우 강하게 일어나 시료의 형태가 한쪽면이 볼록해졌으며 특히 기판 표면에서 구리들은 결정을 이루고 있었다(그림 6). 기판 구성원소들의 원소 농도비(표 2)에서 구리의 경우 기판 내부로 확산이 매우 크게 일어나 표면에서 거의 측정되지 않았다. 깊이에 따른 구리의 확산 측정결과(그림 5)에서도 Ar 가스에 수분이 함유된 경우가 H₂나 Ar 가스만에 의한 경우보다 더 많은 확산이 이루어지고 있음을 증명해 주고 있다. 한편 이때에도 Mg의 증가와 Si, Al의 감소가 일어나고 있으며 이러한 현상은 구리를 증착시키지 않은 코디에라이트의 소성후의 값들과 같은 양상을 띠고 있다.⁽⁷⁾

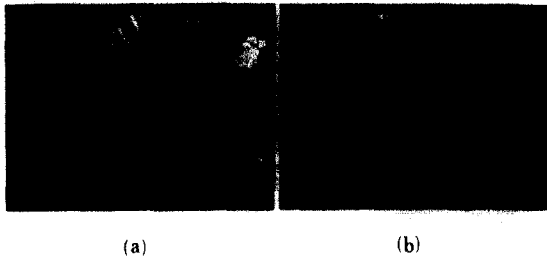


그림 6. Ar+H₂O 분위기에서 동시 소성한 구리/코디에라이트 접합면

(a) X 10000 (b) X 4000

Fig. 6. SEM images of Cu/cordierite interfaces cosintered in Ar+H₂O atmosphere.

(a) X 10000, (b) X 4000.

표 2. Ar+H₂O 가스분위기 속에서 동시 소성한 구리와 코디에라이트 접합면의 원소 농도(%) (승온 속도 : 500°C/h)

Table 2. Elemental concentration (in at. %) of the Cu/cordierite interfaces cosintered in Ar+H₂O atmosphere-(500°C/h).

Theoretical value of Stoichiometry		Whole analysis (500μ * 600μ)	Point analysis	
			min	max
Al	13.8	14.2±0.1	12.5	14.5
Mg	6.9	7.8±0.1	6.8	11.6
Si	17.2	16.3±0.1	15.3	16.7
O	62.1	62.7±0.1	60.6	62.0
Cu		0.04	0.02	0.04

IV. 결 론

코디에라이트 기판 위에 구리를 screen printing 한 후 H₂ 가스분위기에서 동시 소성한 경우, 구리는 동시 소성 전 접합면에서 보여 주었던 산화 구리의 형

태가 사라지고 순수 구리의 모습을 보여 주었으며 특히 기판은 μ-코디에라이트상이 주가 되었다. H₂ 가스 분위기에서의 소성시 접합면에서 구리와 코디에라이트간의 화학적 상호 작용이 일어나지 않고 있어 접합력이 좋지 않았다.

Ar에 수분을 함유한 Ar+H₂O의 가스 분위기에서 동시 소성한 경우가 가장 좋은 접합력을 갖으며, 이는 구리 이온의 기판내 확산 정도가 매우 큰 EPMA 결과에서도 유출되어지며 특히 승온 속도가 500°C/h 인 경우 매우 큰 확산 현상을 일으켜 기판 형태의 변형을 가져 오는 결과를 나타냈다.

접합면에서 MgO의 존재는 구리가 환원되어 순수 금속의 형태를 갖게 하는데 직접적인 관계가 있음을 추정할 수 있었다.

參 考 文 獻

- [1] J.C. Bernier, J.L. Kehn Springer, S. Vilminot and P. Poix, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 73, 129, 1987.
- [2] J.C. Broudic, S. Vilminot and J.C. Bernier, *J. Mat. Sic., Eng.*, (in press).
- [3] V. Oliver-Broudic, J. Guille, J.C. Bernier, J. Werckmann, J. Faerber, B.S. Han, P. Humbert and B. Carriere, *J. of Mater. Sci. Eng.* A109, 77, 1989.
- [4] B.S. Han, *J. of K.I.T.E.* vol. 26, no. 3, 27, 1987.
- [5] B.S. Han, *Ph. D. These*, 1988 Strasbourg, France.
- [6] 한병성, "SEM, X선 마이크로 분석기, TEM에 의한 코디에라이트의 특성연구" 대한전자공학회 (submitted).
- [7] B.S. Han, *J. of K.I.T.E.* vol. 26, no. 3, 431, 1989.

著 者 紹 介



韓 秉 誠(正會員)

1951年 12月 22日生. 1975年 前
북대학교 전기공학과 졸업. 1981年
전북대학교 대학원 전기공학과
석사학위 취득. 1988年 프랑스
Louis Pasteur 대학 박사학위 취
득. 1988年 프랑스 CNRS(프랑

스 국립과학연구소)연구원. 1989年~현재 전북대학
교 전기공학과 부교수. 주관심분야는 반도체 및 초전
도체 등임.



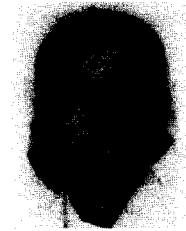
朴 晟 鎭(正會員)

1964年 10月 11日生. 1990年 前
북대학교 전기공학과 졸업. 현재
전북대학교 대학원 전기공학과
석사학위 취득. 주관심분야는 반
도체 및 Bi계 초전도체 선재화
등임.



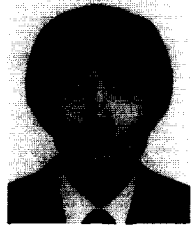
俞 星 泰(準會員)

1965年 7月 9日生. 1989年 前
북대학교 전기공학과 졸업. 현재
전북대학교 대학원 전기공학과
석사과정. 주관심분야는 반도체
및 Y계 초전도체 등임.



張 美 惠(正會員)

1962年 5月 3日生. 1985年 前
북대학교 물리학과 졸업. 현재 전
북대학교 대학원 전기공학과 석
사과정. 주관심분야는 반도체 및
초전도체 박막 등임.



林 南 熙(準會員)

1965年 3月 25日生. 1988年 前
북대학교 전기공학과 졸업. 현재
전북대학교 대학원 전기공학과
석사과정. 주관심분야는 반도체 및
Bi계 초전도체 선재화 등임.