

## COG (Chip On Glass)를 위한 ACA (Anisotropic Conductive Adhesives) 공정 조건에 관한 연구

한 정 인

전자부품종합기술연구소, 광전부품연구실

### A Study on the Process Conditions of ACA (Anisotropic Conductance Adhesives) for COG (Chip On Glass)

Jeong In Han

Optoelectronics Lab., Korea Electronics Institute Technology,  
455-6, MaSan-Ri JinWi-Myon, PyungTaek-Gun, KyungGi-Do, Korea

**초 록** 구동 IC를 유리기판 위의 Al패드 전극에 연결하는 LCD(Liquid Crystal Display) 모듈을 실장하는 Chip On Glass (COG) 기술을 개발하기 위하여 기존에 잘 알려진 기술 가운데 실제로 적용 가능성이 가장 유망한 이방성 도전 접착제 (ACA, Anisotropic Conductive Adhesives)를 사용한 공정에 대하여 조사하였다. ACA 공정은 본딩 부분에 ACA 수지를 균일하게 분포시키는 공정과 자외선을 조사하여 수지를 경화하여 칩을 실장하는 공정의 2단계로 진행하였다. 칩에 가해진 하중은 2-15kg이었고 칩의 예열 온도는 120°C이었다. 이방성 도전체는 Au 또는 Ni이 표면 피막 재료로 사용된 것을 사용하였으며 전도성 입자의 갯수가 500, 1000, 2000, 4000개/mm<sup>2</sup>이며 크기가 5, 7, 12 $\mu$ m이었다. ACA 처리의 결과 입자 크기가 5 $\mu$ m이고 입자 밀도는 4000개/mm<sup>2</sup>일 경우가 대단히 낮은 접촉 저항 및 가장 안정된 본딩 특성을 나타냈었다.

**Abstract** In order to develop COG (Chip On Glass) technology for LCD module interconnecting the driver IC to Al pad electrode on the glass substrate, Anisotropic Conductive Adhesive(ACA) process, the most promising one among COG technologies, was investigated. ACA process was carried out by two steps, dispensing of ACA resin in the bonding area and curing by UV radiation. Load on the chip was ranged from 2.0 to 15kg and the chip was heated at about 120°C. In resin, the density of conductive particles coated with Au or Ni at the surface were 500, 1000, 2000 and 4000 particles/mm<sup>2</sup>, and the diameter of particles were 5, 7 and 12 $\mu$ m. As a result of the experiments, ACA process using ACA particle of diameter and density of 5 $\mu$ m and 4000 particles/mm<sup>2</sup> respectively shows optimum characteristic with the stabilized bonding properties and contact resistance.

### 1. 서 론

정보사회가 심화됨에 따라서 노트북 PC, PDA (Personal Digital Assistant) 등 휴대용 정보통신기기의 발달은 매우 큰 덩치의 CRT (Cathod Ray Tube)를 대체할 표시 장치를 자연스럽게 추구하게 되었고 그 결과 표시 특성이 매우 우수하고 경량 박형의 LCD (Liquid Crystal Display)가 출현하게 되었다<sup>1)</sup>. 액정 패널의 대형화 및 고해상도화에 따라서 TFT

LCD (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)등의 고화소 밀도의 LCD 소자 형성 기술은 물론이고 각 화소의 구동을 위한 화소 전극과 구동 IC와의 고밀도 다단자 접속 기술이 절실히 요구되고 있다. 현재 상용화되고 있는 액정 패널과 구동 IC 칩과의 실장 방법은 TFT LCD의 경우, 100 $\mu$ m 피치의 QFP/TAB (Quad Flat Package/Tape Automated Bonding)방식으로<sup>2)</sup> 이러한 실장기술로 디스플레이를 구성할 경우 화상 표시 부분의 30%

이상에 해당하는 면적을 구동IC와의 연결부분이 차지하게 되어 보다 작은 디스플레이 시스템을 구성할 수 없을 뿐만 아니라 전극간의 피치도 한계에 부딪히게 되어 고화질의 화상을 구현할 수 없게 된다. 향후의 휴대용 정보통신기기용 디스플레이의 저가격화, 고화질화, 소형, 박형화 추세는 점차 가속화될 것이기 때문에 이러한 추세에 대응하면서 저가격으로 실장하기 위하여 기존의 TAB 방식에서 COG 방식의 실장 기술이 절실히 요구되고 있다.<sup>3,4)</sup> COG는 웨이퍼에서 절단된 플립칩(flip chip)을 유리 기판 위에 직접 접합하는 기술로서 DIP (Dual In-line Package) 등의 케이스를 붙인 IC를 사용하는 방식 보다도 훨씬 저가격으로 실장밀도를 향상시킬 수 있다. 이 때문에 디지털 시계에서부터 대형 컴퓨터 등의 산업용 기기에 이르기까지 넓은 범위에 채용되기 시작하고 있다. COG를 구현하기 위하여는 C4, micro-bump 등 많은 방법들이 제안되고 있으나<sup>5,6,7)</sup> 이 가운데에는 현재까지는 이방성 도전 접착제 (ACA : Anisotropic Conductive Adhesives)를 사용한 COG 실장 방법이 가장 실용화 가능성이 큰 기술로 평가되고 있다. 이방성 도전 접착제란 전기가 통하지 않는 에폭시 수지에 도전성 폴리머 구형 입자를 일정 비율로 혼합하여 만든 것이다. 이것을 접속하고자 하는 기판 위에 도포하여 칩을 실장하게 되면 에폭시 수지에 들어있는 도전성 폴리머 입자가 기판의 전극과 맞닿아 전류가 통하게 되나 좌우로는 수지에 의해 절연이 된다. 이러한 실장기술은 공정이 간단하면서 미세 피치화에 대응하는 고밀도 실장이 가능하고 재작업이 용이하여 고수율의 접속이 가능하다.

일반적으로 칩 본딩시 인가되는 하중에 대해 수지 속에 있는 도전성 입자의 소성 변형 상태가 달라지게 되어 접촉저항이 달라지게 되므로 본 논문에서는 입자 밀도, 크기 및 재료 등의 변수들의 영향과 이 변수들의 변화에 따른 최적 본딩 조건을 살펴 보고자 하였다. 동시에 본딩의 안정성을 조사하기 위하여 ACA 공정에서 패드간의 오픈 실험 및 자외선 경화 효과도 함께 관찰하였다. 패드간의 오픈은 패드간의 접촉 저항이 무한대의 값을 보이는 경우로서 이것은 칩과 전극간의 ACA 본딩시 접촉이 되지않아 전류가 통하지 않는

상태를 의미한다.

## 2. 실험 방법

본 실험에서는 ACA를 이용한 COG 공정을 고찰하기 위하여 리드 프레임이 없는 베어칩 형태의 구동 IC KS0786의 패드 전극 패턴을 분석하고 이를 바탕으로 실험용 칩을 제작하였다. 또한 세정한 유리 기판에 Al을 증착하여 접촉 저항 측정용 패턴을 포토리소그라피 공정을 통하여 형성하고 ACA를 균일 분산한 후 MRSI사의 Flip chip bonder 503-STC를 사용하여 80°C-120°C로 가열한 실험용 베어칩을 face down 방식으로 일정한 하중으로 누르면서 자외선을 조사하여 칩 본딩을 실시하였다. 본 실험에 사용된 MRSI사 Flip chip bonder는 본딩시 칩에 전체적으로 균일하게 하중을 가할 수 있게 설계되었다. Fig. 1은 유리 기판위에 형성된 접촉저항 측정용 패턴에 실험용 플립칩의 COG 본딩 순서를 나타낸 그림이다. 본 실험에서는 칩과 패드간의 정렬(alignment)을 정확하게 하기 위하여 본딩후 현미경으로 확인하였다.

Fig. 2는 본 실험에서 사용된 dot matrix segment driver IC인 KS0786을 나타낸 그림으로 (a)는 외형사진이고 (b)는 패드부 (c)는 범프(bump)의 두께를 측정한 결과이다. 이 사진으로부터 알 수 있듯이 KS0786은 입력측과 출력측의 금속 패드 크기는 각각 100×100, 80×80 $\mu\text{m}^2$ 이고 패드 피치가 160 $\mu\text{m}$ 이며 두께는 20 $\mu\text{m}$ 이었다. 칩을 기준으로 접촉저항 측정을 위한 실험용 칩을 제작하였는데 제작 공정도는 Fig. 3에 나타내었다. 제작된 실험용 칩은 크기 13360×1450 $\mu\text{m}$ , 패드 크기 100×1450 $\mu\text{m}$ , 패드 (범프) 높이 25 $\mu\text{m}$ , 패드 피치 1300 $\mu\text{m}$ 이며 패드부의 산화방지, 실험용 칩의 절연효과 그리고 도전성입자들의 분포제어를 위해 레지스트 잉크를 도포하였다.

접촉저항 측정용 패턴은 정밀하지 않은 플립 칩 본더로 실장할 경우에도 측정용 패턴과 실험용 칩의 정렬 오차 범위가 거의 없도록 설계하였는데 100 $\mu\text{m}$ 의 선폭이 실험용 칩의 범프 부분과 100×100 $\mu\text{m}^2$ 로 교차하여 접촉될 수 있도록 하였다. 이러한 패턴은 Corning 7059 유리 기판 위에 Al을 직류 마그네트론 스퍼터링 방법을 이용하여 기판 온도 100°C,

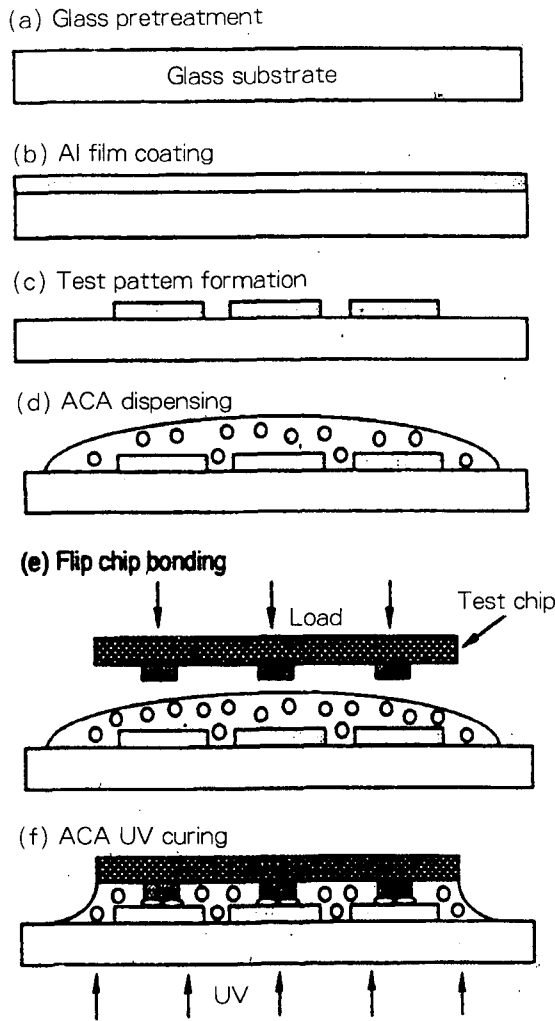


Fig. 1. Flow Chart of Flip Chip Bonding Process.

직류 파워 0.3KW, 진공도 4mTorr의 조건에서  $4000\text{ \AA} \pm 200\text{ \AA}$ 의 두께로 제작하였다. Al박막의 성능 평가는 알파 스텝에서 두께를 측정하고 테이프 테스트를 통한 밀착력 시험, four point probe 측정을 통한 비저항을 측정하였다.

ACA는 표면에 도전성 금속이 코팅되어 있는 폴리머 입자를 열 또는 자외선 경화 수지 내에 균일분산 시킨 것으로서 본 실험에서는 Zymet사의 ZXUV-201 계열을 사용하였다. 이 때 ACA 속에 있는 도전성 입자들의 입자 밀도는 500, 1000, 2000, 4000개/cm<sup>2</sup>이며, 입자 크기는 5, 7, 12 $\mu\text{m}$  세 종류를 선정하였다. 칩 본딩후 자외선 광에 의한 ACA 경화는 2 단계의 경화 단계를 걸쳤다. 1단계 경화는

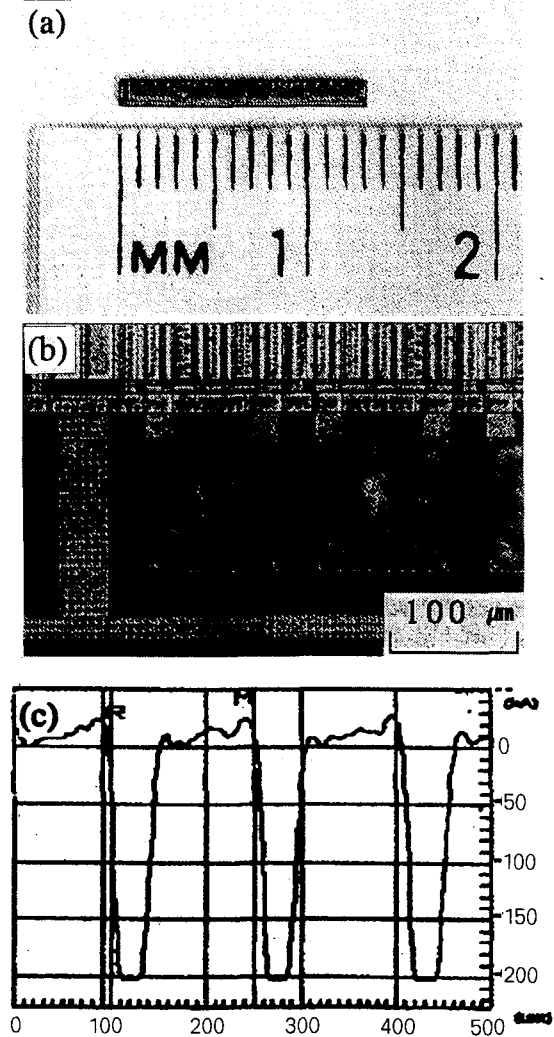


Fig. 2. Photographs of KS 0786 Bare Chip (a) Apparent Photo Image (b) Pad Image and (c) Thickness Profile.

Xenon 자외선 광원을 사용하여 4초 동안 경화하고 1초 동안 냉각하는 사이클을 3번 반복하였다. 이 때 사용된 파장 펄스는 365nm의 빛이었다. 제 2단계 경화는 265nm의 펄스로 경화하였으며 이때 빛의 강도는 자외선 가이드를 사용하여 1500watt/cm<sup>2</sup>로 경화하였으며 이 때 강도를 균일하게 유지시켜 주었다. 플립 칩 본딩에 의한 실장후 각각의 실장조건에 따른 접촉 저항을 측정하였다. 이때 접촉 저항은 칩 본딩에 의한 실장후 실험용 칩과 유리기판에 패턴되어 있는 한쌍의 전극 패드 간에 전류가 통하게 되고 양 전극간의 저항을 측정후 기판상의 패턴 부분과 실험용 칩의

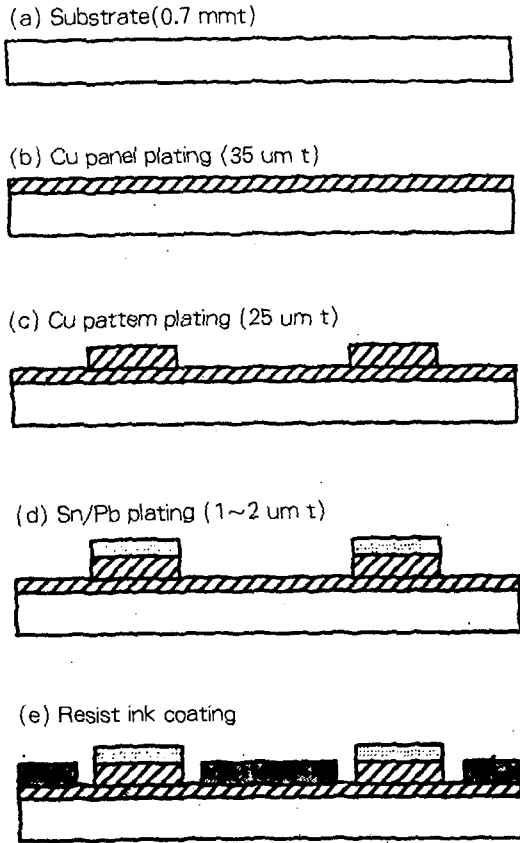


Fig. 3. Flow Chart of Test Chip Fabrication.

선저항을 측정하여 감소하여 구하였다.

### 3. 실험 결과 및 토의

ACA의 입자밀도가 접촉저항에 미치는 영향  
 ACA에 포함된 도전성 입자의 크기가 7 $\mu$ m 이고 밀도가 2000개/mm<sup>2</sup>일 때 실험용 칩에 인가되는 하중에 따른 접촉저항의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4에 나타낸 바와 같이 하중이 1.5kg에서 4.5kg까지 증가함에 따라 접촉저항은 감소하였으며 4.5kg이상에서는 하중이 증가함에 따라 접촉저항은 증가하였다. 이 때 접촉저항은 인가하중 4.5kg에서 1.77 $\Omega$ 의 접촉저항으로 최소값을 나타내었다. Williams등<sup>5)</sup>은 ACA안에 있는 도전입자의 거동에 관한 연구에서 공정변수와 접촉저항에 대하여 다음과 같은 식을 제안하였다.

$$\rho = \frac{A\rho_B}{4\pi nR_B} \left( \sqrt{\frac{6\pi n x}{\sigma A}} - \frac{1}{R_B} \right) \quad (1)$$

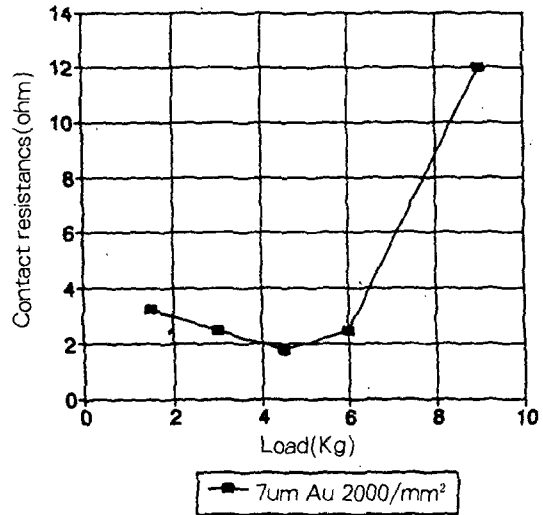


Fig. 4. Variations of Contact Resistance of Bonding with Loads Using ACA of Particle Density of 2000/mm<sup>2</sup> and Particle Size 7 $\mu$ m.

이 때  $\rho$ 는 접촉저항이고, A는 실험용 칩의 면적,  $\rho_B$ 는 전도입자의 비저항, n는 입자밀도  $\pi$ 는 전단항복강도,  $\sigma$ 는 입자 한개에서의 인가하중 그리고  $R_B$ 는 입자의 반경이다. 식(1)에서 보면 인가하중이 증가하거나, 입자밀도가 증가하거나, 입자 반경이 증가할수록 접촉저항이 감소함을 알 수 있다. 따라서 Fig. 4의 인가하중이 적은 범위에서 하중에 따른 저항의 감소는 식(1)로 설명할 수 있다. Fig. 5는 인가하중에 따른 본딩 상태를 관찰한 사진들로서 (a)는 3kg으로 인가하였을 때의 사진이고 (b)는 9kg으로 인가하였을 때의 사진이다. Fig. 5(a)에서 보면 범프 부분보다 범프와 레지스트 잉크 사이에서 입자 밀도가 비교적 높지만 범프 부분만 고려 할 때는 입자 분포 상태가 양호하며 입자의 모양도 뚜렷한 것을 알 수 있다. 그러나 Fig. 5(b)에서는 도전입자 경계 면은 불분명하여 폴리머 구멍 및 하지 부분이 파괴 되어 있는 것을 관찰할 수 있다. 따라서 4.5kg 이상의 하중이 가해질 때 저항이 증가하는 경향은 인가하중이 클 경우 폴리머 구멍 입자 및 하지 부분이 깨어져 비저항이 증가하기 때문이라 생각되었다. 이러한 경향은 입자 밀도가 달라지는 경우에도 같은 경향을 나타내었다. 접촉저항이 최소가 되는 하중값은 입자수가 증가할 수록 증가하는 경향을 보였으며 500개/mm<sup>2</sup>의 경우 1.5kg, 1,000개/mm<sup>2</sup>의

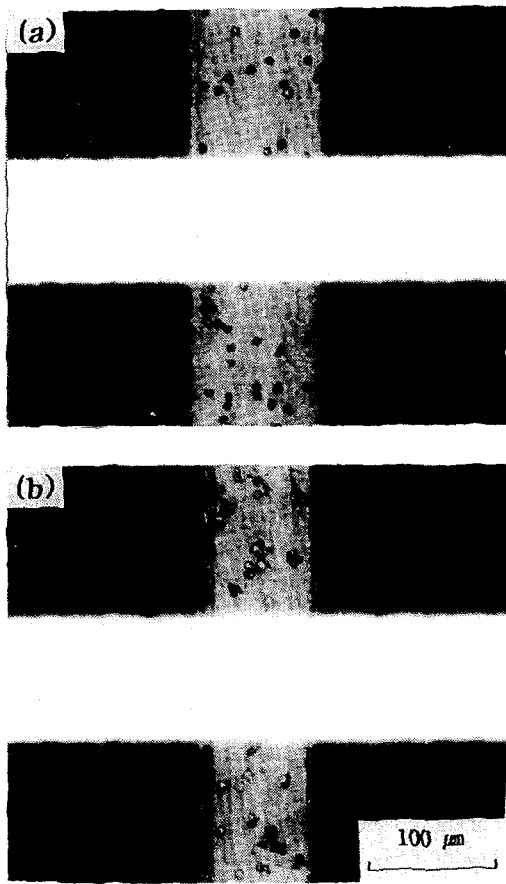


Fig. 5. Photographs of Bump Bonded with (a) 3Kg Load and (b) 9Kg Load. White (Horizontal) : Al Electrode, Yellow (Vertical) : Bump Dark Yellow (Vertical) : ACA Dispensing Area, Small Circles : ACA Particles

경우 2.6kg, 4,000개/mm<sup>2</sup>의 경우 6kg이었다.

한편 하중을 6kg으로 일정하게 놓고 입자 밀도를 변화시킬 경우의 접촉저항의 변화를 측정하였으며 Fig. 6에 나타내었다. 입자밀도가 500개/mm<sup>2</sup>일 때 접촉저항은 3.2Ω이고, 1,000개/mm<sup>2</sup>일때 접촉저항은 2.87Ω으로 감소하였고 입자 밀도가 2000, 4000개/mm<sup>2</sup>로 증가할수록 접촉저항은 각각 2.44, 0.82Ω으로 계속 감소하는 경향을 나타내었다.

일정한 하중에서 입자밀도를 변화시키면 입자 표면적의 증가에 따른 도전 경로수의 증가와 입자당 하중의 감소에 따른 접촉 면적의 감소 효과가 복합적으로 나타난다. 따라서 Fig. 6의 결과에 비추어 볼 때 입자밀도가 증

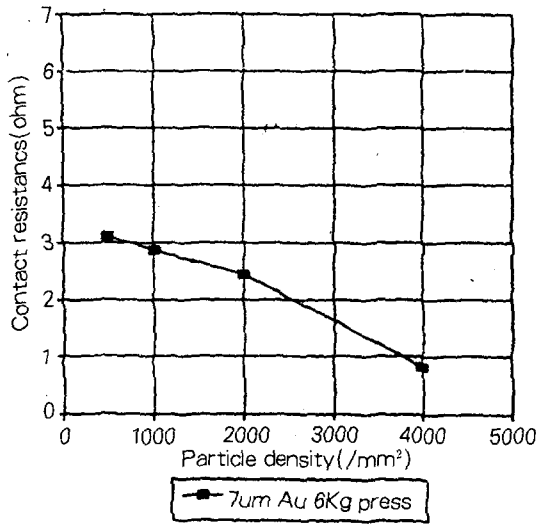


Fig. 6. Variations of Contact Resistances of Bonding with Particle Density Using ACA of Particle Size 7μm at Constant Load of 6kg.

가할 경우 도전 경로수의 증가 효과가 접촉면적의 감소 요인보다 효과적으로 작용하여 접합특성을 개선시키는 것을 알 수 있다.

ACA의 입자크기가 접촉저항에 미치는 영향 입자 밀도 2000개/mm<sup>2</sup> 하중 6kg의 조건에서 입자의 크기에 따른 접촉저항의 변화를 Fig. 7에 나타내었다. 입자가 5μm일 경우 1.78Ω이고, 7μm의 경우 2.44Ω, 12μm의 경우 5.94Ω으로서 크기가 증가함에 따라 접촉저항이 증가하였다. 다른 입자들에 비해 낮은 저항값을 가지는 5μm 입자에 대해 하중에 따른 접촉저항의 변화를 측정하여 그 결과를 Fig. 8에 나타내었다. 인가 하중이 1.5kg일 때 접촉저항은 2.93Ω이며, 하중이 증가할수록 접촉저항이 낮아지다가 3kg일 때 0.53Ω까지 감소하였다. 그러나 그 이상의 하중에서 접촉저항은 점차 증가하여 6kg일 때 5.94Ω으로 크게 증가하였다. 한편 12μm 입자의 경우 하중이 증가할수록 접촉저항은 대체로 높고 불규칙적인 경향을 가지며 특히 오픈이 80% 이상 발생하였다.

ACA 입자의 표면 피막 재료가 접촉저항에 미치는 영향

도전성 입자의 표면 피막 재료 Au를 Ni로 대체한 경우 하중에 따른 접촉저항의 변화를 Fig. 9에 나타내었다. 3kg에서 접촉저항은 12Ω

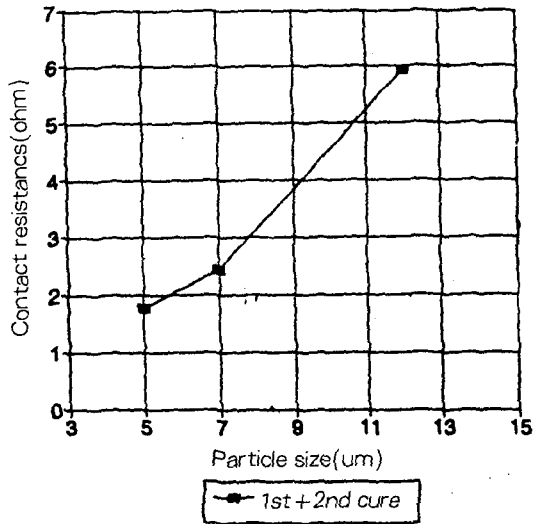


Fig. 7. Variations of Contact Resistances of Bonding with the Particle Sizes Using ACA of the Particle Density of 2000/mm<sup>2</sup> and Load of 6kg.

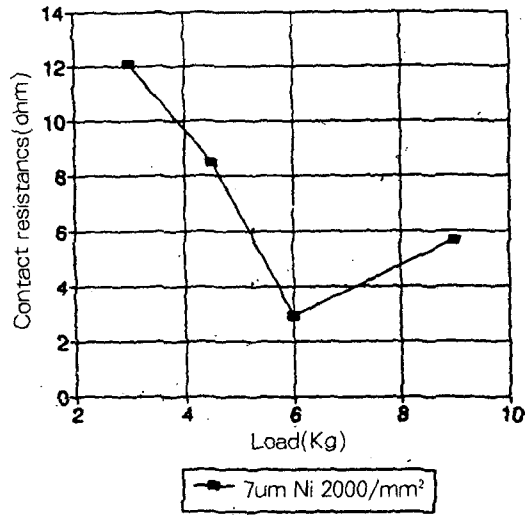


Fig. 9. Variations of Contact Resistances of Bonding with Loads Using ACA Coated with Ni.

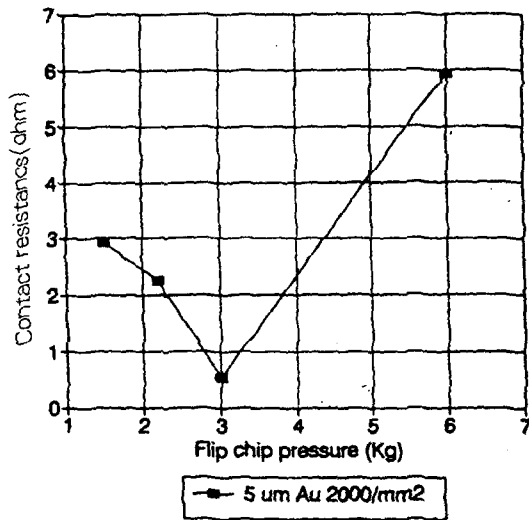


Fig. 8. Variations of Contact Resistances of Bonding with Load Using ACA of Particle Size and Density of 5  $\mu$ m and 2000/mm<sup>2</sup>.

이였으며 하중이 증가할수록 감소하다 6kg에서 3 $\Omega$ 이 되었다. 그 이상의 인가하중에서 다시 접촉저항은 증가하였다. 접촉저항의 이러한 거동은 Au의 경향과 유사하지만 접촉 저항의 절대값은 Au의 경우보다 전체적으로 3 배 이상 큰 저항값을 나타내고 있다. 이것은 비저항값 및 탄성계수가 Au보다 Ni이 더 크고, 이로 인한 접합부에서의 물성변화에 따른

저항 증가 때문이라 생각된다.

자외선 경화 조건이 접촉저항에 미치는 영향  
본 실험은 자외선 광 경화단계를 2단계로 나누어 진행하였다. 첫번째 단계로서는 365nm의 Xenon 광원을 사용하여 1차 경화하였으며 2단계는 265nm의 광원으로 완전히 경화하였다. 입자밀도 2,000개/mm<sup>2</sup>, 하중 6kg의 조건에서 입자의 크기 변화에 따른 접촉저항에 대한 2단계 경화 효과는 Fig. 10에 나타내었다. 입자 크기가 5 $\mu$ m일 경우 1단계와 2단계 UV 경화 단계에서의 접촉저항의 변화는 없었다. 그러나 7 $\mu$ m일 경우 2단계 경화시 접촉저항이 2.4 $\Omega$ 에서 2.8 $\Omega$ 으로 15% 정도 개선되었다. 그리고 12 $\mu$ m일 경우 2단계 경화효과는 보다 확연히 나타나 1단계 경화시 8 $\Omega$ 인 접촉 저항이 2단계 경화시 5.8 $\Omega$ 으로 25% 감소하였다. 자외선 경화에 대한 이러한 경향은 작은 하중에서 보다는 큰 하중으로 인가하였을 때 뚜렷히 나타난다. 이러한 자외선 경화효과는, 일정한 시간 조사된 자외선이 패드 내부까지 침투할 가능성이 작아, 입자크기가 클 경우 1단계 조사시 충분한 경화가 일어나지 않기 때문에 나타난다.

신뢰성 실험

4kg 이하의 낮은 하중으로 실험용 칩을 본딩할 경우 입자 밀도에 관계없이, 접촉 저항이 무한대의 값을 나타내는 오픈이 60% 정

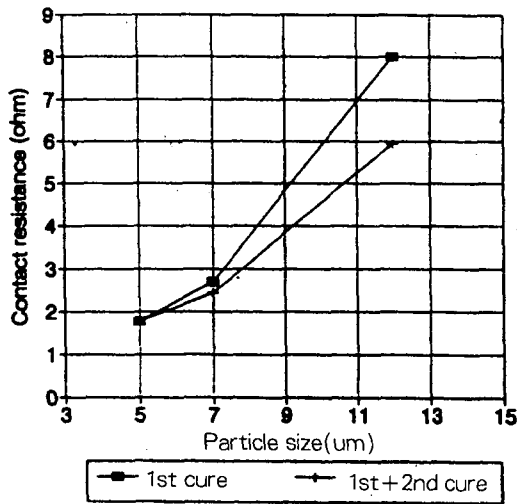


Fig. 10. Variations of Contact Resistances of Bonding with Particle Sizes at Different UV Curing Conditions.

도로 대단히 큰 값을 보였다. 그러나 하중이 증가함에 따라 이러한 오픈은 현저히 감소하였는데, 입자크기에 따라 다소 차이가 있었다. 입자크기가 5 $\mu\text{m}$ 일 경우 10% 이하, 7 $\mu\text{m}$ 일 경우 20% 이하의 값을 나타낸 반면, 12 $\mu\text{m}$ 일 경우 전 하중에 걸쳐 80% 이상의 오픈을 나타내어 매우 불안정한 본딩 특성을 나타내었다.

하중을 3kg으로 하였을때 입자의 크기가 5 $\mu\text{m}$ 로 작은 것은 시간이 지남에 따라 접촉저항이 점차 감소하나 7, 12 $\mu\text{m}$ 의 큰 입자의 접촉저항은 변화가 거의 없었다. 그러나 이러한 입자들을 9kg의 비교적 큰 하중을 본딩할 때 접촉저항은 시간이 지남에 따라 감소하는 경향을 나타내었다.

#### 4. 결 론

본 실험에서는 ACA를 사용한 공정에서의 최적 조건을 설정하기 위하여 실험을 진행하였다. 이를 위해 자외선 경화 접착제 안에 있는 도전입자의 밀도, 크기, 표면 코팅 재료를 변화시켜 인가하중에 따른 접촉저항의 변화를 살펴보았다.

ACA 본딩 실험 결과, 입자밀도가 커질수록 입자 크기가 작아질수록 접촉 저항은 지속적으로 감소하였으며 동시에 전극 패드간의 오픈도 감소하여 신뢰성있는 본딩 특성을 얻을 수 있었다. 표면 피막 재료에 있어서도 Ni 보다는 Au의 경우가 1/3의 접촉 저항을 보였으며 365nm의 Xenon 자외선원을 사용하여 예비 경화하고 2단계로 파장 265nm의 자외선 광원으로 경화하는 경우가 보다 낮은 접촉 저항을 보였다. 따라서 6kg의 일정하중하에서 Au 표면 코팅된 ACA를 사용하였고 2단계에 걸친 자외선 조사를 한 경우에 입자 밀도가 4000개/ $\mu\text{m}^2$  이상이고 입자 크기가 5 $\mu\text{m}$  일때 2 $\Omega$ 이하의 낮은 접촉저항을 보였으며 오픈이 10% 이하의 안정된 본딩 특성을 나타내어 최적의 ACA COG 공정 조건인 것을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

1. 한정인, 김철수의, Telecommunication Reviews, IV (3) 4 (1994) p24
2. Y.Chikawa, K.Mori, N.Tajima, ISHM '93 proceedings (1993) p343
3. D.W.Palmer, G.K.Lin, ISHM '93 proceedings (1993) p238
4. C.Massit, G.Nicolas, B.Hepp, J.M.Vignolle, SID '93 Application Digest, (1993) p69
5. M.Fuyama, F.Nakano, T.Soga, M.Morijiri, M.Funyu and I.Nunokawa, 眞空, Vol.30, No.6 (1987) p555
6. M.Siato, M.Mori, H.Saita, Toshiba Review, Vol.45, No.5 (1990) p435
7. T.Tamura, I.Kobayashi, M.Uno, K.Adachi, M.Takeda, S.Hotta, Y.Bessho, S. Nakamura, Proceedings of the SID, Vol.32, No.4 (1991) p289
8. D.J.Williams, D.C.Whalley, J. Electronics Manufacturing, Vol 3. (1993) p85