

◆ 특집 ◆ 정밀 본딩 및 검사 공정 기술

COG 본딩 공정 중 형성된 기포가 접합 신뢰도에 미치는 영향

The Effect of Bubble Generated during COG Bonding on the Joint Reliability

최은수¹, 윤원수², 정영훈², 김보선³, 진송완^{2,✉}
 Eun Soo Choi¹, Won-Soo Yun², Young Hun Jeong², Bosun Kim³ and Songwan Jin^{2,✉}

1 한국산업기술대학교 대학원 기계시스템공학과 (Department of Mechanical system Engineering, Korea Polytechnic Univ.)

2 한국산업기술대학교 기계공학과 (Department of Mechanical Engineering, Korea Polytechnic Univ.)

3 LG 디스플레이(주) (LG Display Co., Ltd)

✉ Corresponding author: songwan@kpu.ac.kr, Tel: 031-8041-0416

Manuscript received: 2010.5.2 / Revised: 2010.5.28 / Accepted: 2010.6.1

The effect of COG bonding parameters, especially the bonding temperature, on the bonding quality and reliability was investigated in this paper. We measured the bubble area formed in the ACF resin during the bonding process and tried to investigate the relationship between bubble area and bonding peel strength. 85/85 test which exposes a sample to a 85% humidity and 85°C temperature condition was also carried out. The bubble area was dramatically increased under ~10°C lower than recommended bonding temperature. The bubble area formed at the edge of IC chip was larger than the other parts of IC chip. But the peel strength was not associated with the bubble area. High temperature and humid condition made the bubble area larger, but we could not find clear trend of change in the peel strength.

Key Words: COG Bonding (Chip On Glass 접합 기술), ACF (이방성 도전 필름), Peel Strength (접합강도), Bubble (기포)

기호설명

A_0 = Bubbles area before reliability test

A = Bubbles area after reliability test

N_b = Number of the bubbles

T = Temperature of ACF

P = Peel strength

1. 서론

LCD 로 대표되는 평판디스플레이 산업은 전세계적으로 고성장이 예상되고 있으며 국내총생산 및 총 수출의 큰 부분을 차지하고 있어 반도체 등과 함께 우리 경제의 큰 부분을 차지하고 있다.

최근 LCD 의 경우 디스플레이의 크기는 커지는 반면 두께는 얇아지고 성능은 높아지는 등 고성능화 되고 있으며 이러한 요구조건들에 대응하기 위해서는 작은 영역 안에 더 많은 픽셀들을 집적화 시켜야 하며 집적화를 구현하기 위해서는 LCD 개별 픽셀들을 제어하는 구동칩의 리드 피치 또한 필연적으로 미세화 되어야 한다. 리드피치의 미세화는 구동칩의 패키지 기술의 개선으로 충족시킬 수 있는데, 현재까지 사용되고 있는 패키지 기술은 TAB(Tape Automated Bonding)방식, COF(Chip On Film)방식, COG(Chip On Glass)방식 등이 있다. 이중 COG 방식은 금속 코팅된 플라스틱이나 금속으로 만들어진 도전볼을 분산 시킨 필름 형태인 이방성 전도 필름(Anisotropic Conductive Film, ACF)을

중간 접착 매체로 이용하여 LCD 의 유리패널에 구동칩을 직접 실장시키는 기술로서 케이스를 붙인 IC 를 사용하는 방식보다 저 가격으로 실장 밀도를 향상 시킬 수 있어 초소화, 경량화, 저가화가 가능하다는 장점이 있다. 이러한 장점들 때문에 최근 대부분의 LCD 패키지 공정에서는 COG 공정을 사용하고 있다.

이방성 전도 필름을 이용한 COG 공정은 LCD 전극에 이방성 전도 필름을 부착한 후 높은 온도와 압력을 가하여 구동칩의 범프와 LCD 의 패드를 도통시키게 된다.¹ 이 때 가해진 온도와 압력에 의하여 이방성 전도 필름 내의 수지가 녹게 되며, 도전블은 구동칩의 범프와 유리패널 위의 패턴 사이에 압착되어 구동칩과 패널의 패턴을 통전시키게 된다.²

이러한 COG 공정의 사용이 증가함에 따라 COG 공정의 접합 신뢰성 평가 및 검사 기술 또한 중요해지고 있다. 공정 중 흔하게 발생하는 기포는 COG 공정의 접합 신뢰성에 영향을 미칠 수 있는 요인 중 하나로 구동칩에 형성된 기포들은 접합 강도와 같은 기계적 성질을 감소시킬 수 있으며, 고온다습한 환경에서 수분 침투를 유발시켜 기계적 및 전기적 특성을 변화시킬 수 있다고 알려져 있다.³ 본 연구에서는 COG 공정변수와 기포형성과의 관계 및 기포가 접합 성능 및 신뢰성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실제 제품에 사용되는 구동칩 및 패널을 이용하여 샘플을 제작하고 공정 조건에 따라 형성되는 기포를 관찰하여 분석하고 접합 강도를 측정하여 접합 성능에 미치는 영향을 파악하여 보고자 하였다. 특히 공정 온도와 기포형성과의 관계에 초점을 맞춰 실험을 진행하였으며 접합 신뢰성을 검증하기 위하여 고온다습한 환경이 기포 형성 및 접합 성능에 미치는 영향을 알아보았다.

2. 실험장치

2.1 본딩 및 검사 장치

실험에 사용된 본딩장치는 자체 제작된 수동 타입의 본딩장치이다. 본딩장치의 구성은 크게 이송장치, 제어장치, 비전장치, 기구장치의 4 부분으로 구성되어 있으며, 본딩 공정은 정렬화 작업, 프리본딩 (pre bonding), 메인본딩 (main bonding) 의 3 가지 공정으로 이루어져 있다.

본딩 공정 중 가장 먼저 수행하게 되는 정렬화

작업은 이송장치와 비전장치를 사용하여 LCD 패널의 패드와 구동칩의 범프를 정렬시키는 작업이다. 이때 사용되는 비전장치는 2 대의 CCD 카메라와 조명장치, 모니터, 이미지 저장 장치로 이루어져 있다. 모니터에는 각각 패드와 범프의 영상을 촬영하고 있는 2 대의 CCD 카메라에서 획득한 영상을 동시에 겹쳐 보여지며 이 영상을 확인하며 이송장치를 조작하여 패드와 구동칩의 범프를 정렬하게 된다.⁴ 이송장치는 총 2 개의 핸들과 4 개의 마이크로미터로 이루어져 있다. 핸들로 X, Y 축의 이송을 조정 할 수 있으며, 마이크로미터로 좀 더 미세한 X 축 이송 및 각도 조절이 가능하도록 제작 하였다. 진공압착으로 LCD 패널을 고정시켜서 본딩 시 움직이지 않도록 하였으며 패널은 17in 와 15.4in 두 가지 사이즈의 LCD 패널이 사용 가능하고, 이송장치의 총 이송거리는 850mm 이다.

정렬화 작업이 끝나면, 프리본딩과 메인본딩을 하게 된다. 본딩 시의 공정 조건은 제어장치를 사용하여 제어하게 되는데, 제어장치는 프리본딩과 메인본딩을 각각 제어할 수 있게 구분되어 있다. 프리본딩의 제어장치는 온도조절기와 본딩 시간을 조절할 수 있는 타이머 및 공압 게이지로 구성되어 있으며, 메인본딩의 제어장치는 4 개의 온도조절기, 타이머, 압력게이지, 로드셀 인디케이터로 구성되어 있다. 메인본딩의 제어장치에서는 4 개의 온도센서를 사용해 더욱 정밀한 온도제어가 가능하며, 온도조절기 중 2 개는 히팅통의 온도, 나머지 2 개는 백업의 온도를 제어하기 위한 것이다. 인디케이터는 로드셀에 가해진 압력을 표시하게 된다.

기구장치는 프리본딩 툴과 메인본딩 툴로 이루어져 있다. 프리본딩 툴, 메인본딩 툴 모두 공압에 의해서 작동되며, 평행도 정렬을 위한 자세조정부와 히터가 부착된 히팅통으로 구성되어 있다. 프리본딩 툴의 히터가 부착된 히팅부의 툴팁 부분은 진공압착이 가능하며, 이 부분에 구동칩을 부착하게 된다. 메인본딩 툴의 상단부에는 로드셀이 부착되어 있는데, 이 로드셀은 인디케이터를 통해 가해진 압력을 디스플레이 한다.

샘플 제작을 위하여 사용된 ACF 는 Hitachi 사의 ANISOLM 제품을 사용하였으며 ACF 사양 내의 권장 본딩 조건은 온도가 $170^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ 이며 압력은 50MPa~150MPa 이고 7 초 이상의 시간을 주어 본딩을 진행하도록 되어 있다. LCD 패널은 15.4in 크기의 LCD 패널을 사용하였으며, LCD 패널 한장에

최대 10 개의 구동칩 본딩이 가능하다. 구동칩은 $18.76 \times 1.31 \times 0.3 \text{mm}^3$ 크기의 양산형 제품을 사용하였다. 구동칩 범프 표면은 금으로 코팅 되어 있으며, 크기는 $35 \times 70 \times 14 \mu\text{m}^3$ 이다.

본딩 공정이 끝난 후에는 CCD 카메라와 자체 제작된 LabVIEW 비전 프로그램으로 구성된 검사 장치를 사용하여 샘플을 관찰하였다. CCD 카메라에 배율 조절이 가능한 렌즈 경통(Navita Zoom 6000)과 3 배율의 대물 렌즈(Mitutotyo 375-037)를 장착하여 총 14.4 배로 관찰하였고, 외부조명으로 기포 부분을 반사시켜 기포의 이미지를 획득하였다(Fig. 1(a)). 이미지를 획득한 후에 이미지 필터링을 거쳐 최종적으로 LabVIEW 비전 프로그램으로 기포의 면적과 기포 개수를 측정하였다(Fig. 1(b)).

2.2 신뢰성 평가 장치

일반적으로 온도와 습도는 전자 제품들의 절연성 저하와 수분침투로 인한 크랙 등을 유발 할 수 있다. 특히 COG 공정 중 구동칩과 ACF 에 발생한

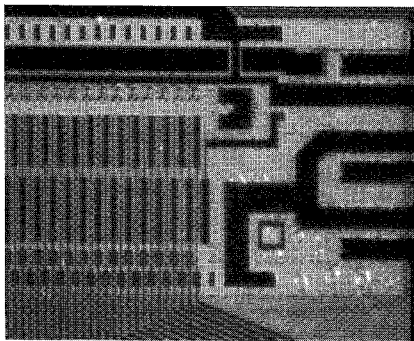
기포들은 고온 및 다습한 환경에서 수분이 침투할 수 있는 경로로 작용하여 접합력 저하와 같은 기계적 특성을 저하시킬 수 있다.³ 따라서 본 논문에서는 접합 신뢰성의 확인을 위해 본딩공정이 끝난 샘플들에 대한 항온항습 시험을 실시하였다. 항온항습 시험기는 (주)제이오텍의 TH-180 제품을 사용하였으며, 신뢰성 테스트는 85%의 습도와 85°C의 온도에서 150 시간, 300 시간, 500 시간을 노출시켜 진행하였다. 또한 접합 성능을 평가하기 위하여 구동칩과 LCD 패널의 접합강도를 측정하였다. 접합강도 측정에 사용된 장비는 (주)Dage 의 BT4000 제품을 사용하였으며 측정은 측정규격 KEA CG-6818 에 따라 진행하였다.

3. 실험결과 및 토의

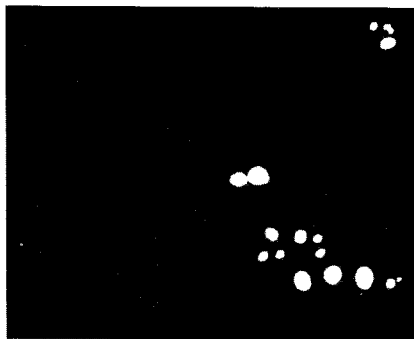
3.1 공정 온도가 기포 형성에 미치는 영향

여러 가지 공정 변수 중 공정 온도는 ACF 의 경화도와 관련이 있으므로 좋은 접합 결과를 얻기 위해 중요하게 고려 되어야 할 변수이다.⁵ 특히 낮은 본딩 온도에서는 낮은 탄성율로 인하여 접합 성능이 낮아질 수 있으며⁶ 높은 온도에서는 폴리머의 연결이 깨져 접합강도가 낮아질 수 있다.⁷

공정 온도가 기포의 형성에 미치는 영향을 관찰하기 위해서, 공정 온도를 변화시켜 가며 샘플을 제작하고 기포의 면적 및 개수를 측정하였다. 샘플은 Table 1 에 나타난 조건으로 제작하였으며 각 조건당 5 개의 샘플을 제작하였다. Table 1 에 표시된 ‘Setting temperature’는 본 실험에서 사용한 공정 장비에서 설정한 본딩 헤드의 온도이며 본딩 중 ACF 는 헤드의 온도보다 약간 낮기 때문에 ACF 의 온도를 열전대로 측정하여 ‘ACF temperature’로 나타내었다. 이후 본 논문에서는 ACF temperature 를 기준 온도로 사용하였다. 온도 조건은 본 연구에서 사용한 ACF 의 권장 공정 온



(a)



(b)

Fig. 1 Sample images for bubble detection. (a) Raw image. (b) Image after filtering process

Table 1 Bonding Conditions

Setting Temperature	ACF Temperature	Pressure	Time
160°C	148°C	70MPa	7.1s
180°C	163°C		
190°C	172°C		
200°C	180°C		
220°C	196°C		

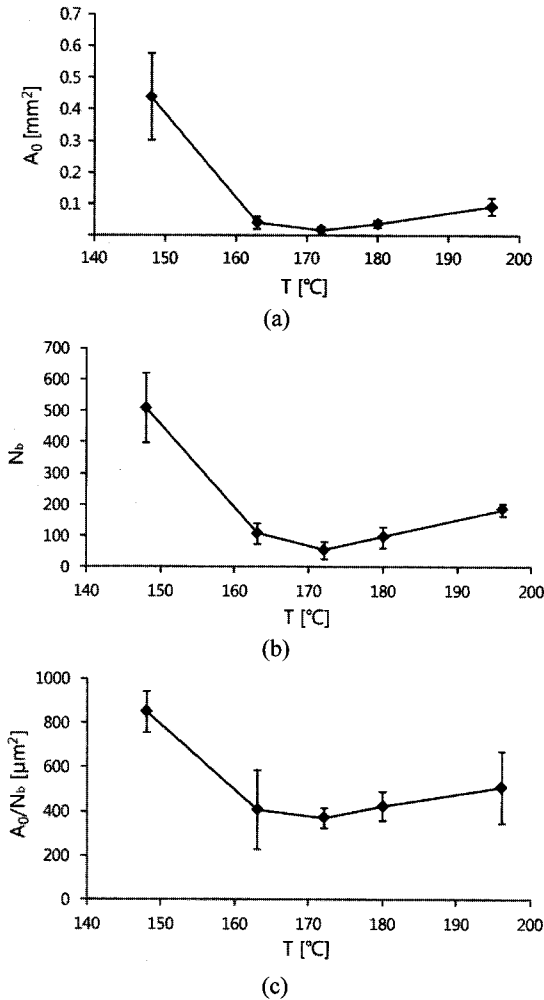


Fig. 2 Generated bubbles after bonding. (a) Total bubble area. (b) Number of bubbles. (c) Mean bubble size

도 조건인 $170\text{ }^\circ\text{C} \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$ 를 집중 관찰하였으며 권장 온도 이외의 조건으로 공정을 진행하였을 때 나타나는 현상을 관찰하기 위하여 권장 조건보다 약 $10\text{ }^\circ\text{C}$ 이상 낮고 높은 조건으로 샘플을 추가로 제작하였다. 공정 압력과 시간은 각각 70 MPa 과 7.1 초로 고정하였다.

샘플에 생성된 기포의 면적과 개수를 측정 한 결과를 Fig. 2(a)와 (b)에 나타내었다. 그림에서 표시한 오차 범위는 5 개 샘플의 표준편차를 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 기포는 $170\text{ }^\circ\text{C}$ 부근에서 가장 좁게 형성되었으며 형성된 기포의 개수 또한 가장 적게 형성되었다. 하지만 공정 권장

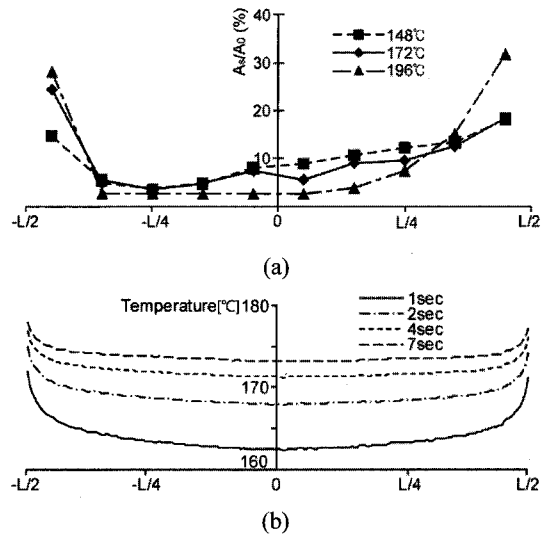


Fig. 3 Distribution of (a) bubbles, (b) and temperature in IC chip

온도인 $170 \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$ 영역 내에서는 큰 차이를 관찰할 수 없었으며 전체적으로 형성되는 기포의 면적 및 개수는 매우 작은 것을 관찰할 수 있었다. 반면에 권장 조건 온도를 벗어난 $148\text{ }^\circ\text{C}$ 와 $196\text{ }^\circ\text{C}$ 에서는 기포가 상대적으로 넓게 형성 되는 것을 관찰할 수 있었는데 특히 권장 온도 조건보다 낮은 $148\text{ }^\circ\text{C}$ 로 제작한 샘플의 경우 형성되는 기포의 면적 및 개수가 급격하게 증가되는 것을 관찰할 수 있었다.

형성되는 기포의 평균적인 크기를 알아보기 위하여 전체 기포의 면적을 전체 기포의 개수로 나누어 Fig. 2(c)에 나타내었다. 기포의 평균 크기 역시 $172\text{ }^\circ\text{C}$ 에서 가장 작았으며 권장 온도인 $163\text{ }^\circ\text{C}$ 와 $180\text{ }^\circ\text{C}$, 권장 온도 보다 높은 $196\text{ }^\circ\text{C}$ 의 경우 크기가 약간 증가한 반면 $148\text{ }^\circ\text{C}$ 에서 형성된 기포의 평균 크기는 다른 경우 보다 2 배 이상 큰 것을 알 수 있었다.

Fig. 3(a)에 구동칩 위치에 따른 기포의 분포도를 나타내었다. 구동칩 길이를 L 이라 할 때 전체 구동칩을 10 등분 하여 각 지역에서 검출되는 기포의 면적, A_s 를 측정하였다. 샘플마다 전체 기포의 면적이 다르기 때문에 각 지역에서 검출된 기포의 면적을 전체 면적, A_0 으로 나누어 전체 면적에서 차지하는 비율로 표시하였다. 그림에서 볼 수 있듯이 각 구동칩의 양 끝단에 기포가 집중적으로 발생하여 전체 기포 면적의 20%~30%가 형성

되는 것을 관찰할 수 있었으며 이러한 현상은 대부분의 공정 온도에서 공통적으로 나타났다. 기포의 형성은 공정 중 ACF의 온도와 관련이 있을 수 있으므로 Comsol Multiphysics를 이용하여 열 해석을 수행하여 공정 중 구동칩의 온도 분포를 예측하여 보았다(Fig. 3(b)). 본 열 해석은 본딩 헤드의 온도를 190°C로 설정하였을 때 구동칩의 온도 분포를 해석한 것으로 초기에는 낮은 온도를 보이다 시간이 흐를수록 점차 상승하게 된다. 열 해석 결과 공정 중 구동칩의 온도는 양 끝단의 온도가 중앙 부분의 온도보다 초기에는 약 8°C 약 정도 낮다가 시간이 지날수록 온도 편차도 줄어들어 최종적으로 약 4°C 정도의 차이를 나타내었다. 이러한 결과는 구동칩 양 끝단에서 공기 중으로 일어나는 대류 열전달로 인하여 생기는 현상이라 해석할 수 있다. 그러므로 기포가 구동칩의 양 끝단에 많이 집중된 현상은 본딩과정 중 생성된 기포가 양 끝단으로 빠져 나가는 도중 상대적으로 온도가 낮은 양 끝단에서 ACF 레진의 경화도 및 점도의 차이가 발생하게 되고 이에 의하여 기포가 빠져나가지 못하고 갇히기 때문이라고 해석할 수 있을 것이다.

3.2 접합 강도 및 신뢰성 평가

공정 조건 및 기포 생성에 따른 접합 성능을 평가하기 위하여 기포의 측정이 완료된 샘플을 사용하여 접합강도 테스트를 수행하였다(Fig. 4). Fig. 4에는 접합강도와 기포의 면적 관계를 알아보기 위해 Fig. 2(a)에 나타낸 기포 면적 그래프를 참고로 표시하였다. 접합강도는 기포의 면적이 가장 넓은 148°C에서 가장 낮은 접합강도를 나타냈지만, 148°C와 163°C의 기포 면적이 10 배 정도 차이 난다는 것을 감안했을 때, 접합강도의 변화는 상대적으로 크지 않았다. 또한 기포의 면적이 다시 증가하는 196°C일 때 오히려 접합강도가 가장 큰 것을 관찰할 수 있었다. 그러므로 접합강도와 기포의 면적은 크게 연관이 없으며 레진의 경화 온도에 더 큰 영향을 받는 것으로 판단할 수 있다.⁸ 이는 기포 면적이 전체 구동칩 면적에서 차지하는 비율이 0.08~1.8%에 불과한 작은 값이기 때문에 접합강도에 영향을 미칠 수 있을 만큼 충분히 크지 않기 때문이라 생각할 수 있다.

고온 다습한 환경이 접합 신뢰성에 미치는 영향을 알아보기 위해서 85%의 습도와 85°C의 온도에 오랜 시간 노출시키는 85/85 테스트를 수행하고 그 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 85/85 테스트는

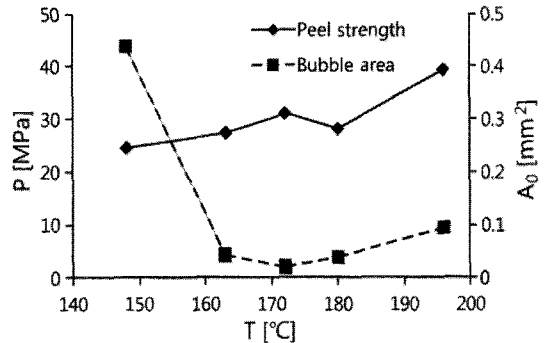
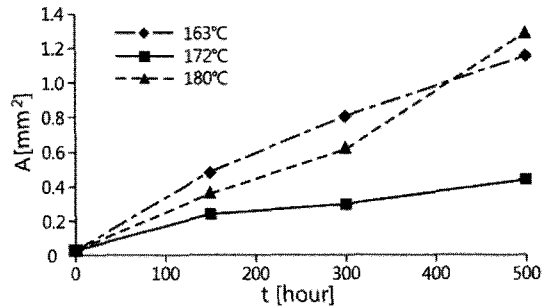
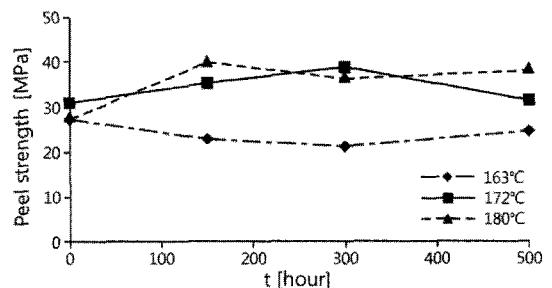


Fig. 4 Peel strength of ACF bonding with various bonding temperature



(a)



(b)

Fig. 5 Effect of high temperature and humidity condition on (a) the bubble area and (b) the peel strength

ACF의 권장 공정 온도 범위인 160°C~180°C로 제작한 샘플만을 대상으로 수행하였다.

Fig. 5(a)에서 볼 수 있듯이 테스트 시간이 증가할수록 기포의 면적은 급격하게 증가하는 것을 관찰할 수 있었으며 기포의 증가량은 172°C로 제작한 샘플이 가장 작은 것으로 관찰되었다. 85/85 테스트 결과 기포의 면적은 그림과 같이 신뢰성 테스트 수행 전보다 급격히 증가하였지만, 접합강도는 Fig. 5(b)와 같이 약간의 증감은 있었으나 뚜렷

한 경향성을 띄지 않았으며 큰 변화 없이 유지되었다. 이러한 결과 역시 앞서 관찰되었던 현상과 일치되는 것으로 기포의 면적과 접합 강도는 큰 관련이 없다는 결론을 얻을 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 COG 접합 공정 변수 중 온도가 기포 형성에 미치는 영향과 형성된 기포가 접합 강도에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 실험 결과 ACF 사양 내의 권장 온도를 벗어난 공정 온도에서 기포의 형성이 증가 하였으며, 특히 낮은 온도(148°C)에서는 기포의 면적이 12 배 이상 증가하였다. 하지만 높은 온도(196°C)에서는 약 3 배 정도 증가하는데 그쳤다. 또한 개별 기포의 크기도 다른 양상을 보였는데 공정 권장 온도보다 낮은 조건일 때 생성되는 기포의 크기가 다른 기포에 비하여 두 배 이상 큰 것으로 관찰되었다. 기포 분포는 대부분의 온도에서 구동칩의 양 끝단에 많은 양의 기포가 분포되는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 결과로 미루어 보았을 때 온도가 낮은 경우 ACF 레진에 생성된 기포는 공정 중 밖으로 빠져나가지 못하고 갇히게 되어 상대적으로 많은 양의 기포가 남아 있는 것이라 해석할 수 있다. 하지만 이러한 기포는 접합 강도에 큰 영향을 주지 않는 것으로 관찰되었는데 다른 조건보다 기포가 많이 생성된 196°C 샘플의 경우 기포의 면적은 증가하였으나 접합 강도는 증가하였으며 동일 온도로 제작한 샘플 중 생성된 기포의 면적이 다른 샘플들을 비교해 보아도 기포와 접합 강도와의 연관 관계를 찾을 수 없었다.

고온 다습한 환경에 오랜 시간 노출시키는 85/85 테스트 결과 기포의 면적은 급격하게 증가되었으나 접합 강도에는 큰 변화가 없었으며 이 결과 역시 기포가 접합 강도에 큰 영향을 미치지 않는다는 결론을 뒷받침 한다고 할 수 있다.

본 연구를 통하여 낮은 온도로 본딩이 된 경우 높은 온도로 본딩이 된 경우보다 문제가 발생할 가능성이 더 높은 것으로 확인되었으며 실제 제품 제작 시 본딩 헤드의 온도가 낮아지지 않도록 주의하여야 한다는 것을 알 수 있었다. 또한 낮은 온도에서 본딩이 이루어진 경우 기포의 면적이 급격하게 증가할 뿐 아니라 개별 기포의 크기 또한 다른 경우보다 2 배 이상 크다는 명확한 특성을 지니고 있었으며 이를 이용한다면 샘플의 공정 온도

를 유추해 낼 수 있어 공정 중 발생할 수 있는 사고의 원인을 파악하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 지식경제부에서 시행한 산업원천기술개발사업인 “CCM 인라인 조립장비개발 (과제번호: 10024175)”의 지원으로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. Kweon, S. H., Kwon, S. R., Ko, D. J., Park, K. S. and Yang, S. H., “The Experimental Validation for the Optimization of Heating Tool Head for Minimized Temperature Distribution on Bonding Surface,” *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, Vol. 25, No. 6, pp. 7-12, 2008.
2. Yin, C. Y., Alam, M. O., Chan, Y. C., Bailey, C. and Lu, H., “The Effects of Reflow Process on the Contact Resistance and Reliability of Anisotropic Conductive Film Interconnection for Flip Chip on Flex Applications,” *Microelectronics Reliability*, Vol. 43, No. 4, pp. 625-633, 2003.
3. Kim, H.-J., “Study on Bubble Formation in Rigid-Flexible Substrates Bonding using Anisotropic Conductive Films (ACFs) and Their Effects on the ACF Joint Reliability,” Ph.D. Thesis, Department of Materials Science and Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology, 2006.
4. Jung, S.-W., “Optimization of COG Bonding Process for LCD Panel Driver IC,” Master’s Thesis, Department of Mechanical System Engineering, Korea Polytechnic University, 2010.
5. Kwon, W.-S. and Paik, K.-W., “Fundamental Understanding of ACF Conduction Establishment with Emphasis on the Thermal and Mechanical Analysis,” *International Journal of Adhesion & Adhesives*, Vol. 24, No. 2, pp. 135-142, 2004.
6. Yim, M.-J., Hwang, J. and Paik, K.-W., “Anisotropic Conductive Films (ACFs) for Ultra-Fine Pitch Chip-On-Glass (COG) applications,” *International Journal of Adhesion & Adhesives*, Vol. 27, No. 1, pp. 77-84, 2007.
7. Yim, M.-J. and Paik, K.-W., “The Contact Resistance

- and Reliability of Anisotropically Conductive Film (ACF),” IEEE Transactions on Advanced Packaging, Vol. 22, No. 2, pp. 166-173, 1999.
8. Wu, Y. P., Alam, M. O., Chan, Y. C. and Wu, B. Y., “Dynamic strength of anisotropic conductive joints in flip chip on glass and flip chip on flex packages,” Microelectronics Reliability, Vol. 44, No. 2, pp. 295-302, 2004.