

## BGA 현상 공정 용 수직 습식 장비 개발 및 공정 특성 평가

유선중\*

삼성전기 기관선행개발팀

### Development of Vertical Wet Equipment for BGA Develop Process and Evaluation of Its Process Characteristics

Sun Joong Ryu\*

Advanced Technology Team, Samsung Electro-Mechanics Co. LTD.

(2009년 6월 29일 접수: 2009년 9월 17일 게재확정)

**초 록:** 본 연구에서는 습식 방법으로 진행 되는 BGA 현상 공정에 있어 기존의 수평 장비를 대체하여 수직 장비를 개발하였다. 지그를 이용하여 기판을 수직 방향으로 고정한 후 습식 공정을 진행함으로써 기존 수평 장비의 단점인 롤러와 기판 표면 회로 패턴의 충돌로 인한 회로 패턴 손상 문제를 원천적으로 제거하고자 하였다. 개발된 수직 장비의 공정 특성을 수평 장비와 비교 평가 하기 위하여 유니포미티 측정, 회로 패턴 손상 평가 및 불량 평가의 실험을 수행하였다. 평가 결과 수직 장비의 유니포미티 특성은 수평 장비와 동일한 수준이며 중력 방향의 액흐름에 대한 공정 특성 영향은 미미한 것으로 확인 되었다. 또한, 수평 장비 대비 3~4  $\mu\text{m}$  더 미세한 회로 패턴에 대하여 손상 없이 공정을 진행 할 수 있음을 확인 할 수 있었다.

**Abstract:** Vertical wet equipment was newly developed in stead of horizontal wet equipment which has been widely used for BGA develop process. We intended to eliminate the collision problem between equipment's transferring rollers and fine circuit patterns, which could be achieved by fixing the BGA panel vertically using jig unit. The process characteristics of vertical wet equipment were evaluated by conducting uniformity evaluation, pattern damage evaluation and defect analysis. The process uniformity of the vertical equipment was measured to be the same level as the uniformity of horizontal equipment. And it was measured that 3~4  $\mu\text{m}$  finer circuit pattern could be processed adopting vertical equipment rather than horizontal equipment.

**Keywords:** wet process, develop process, BGA

## 1. 서 론

BGA(ball grid array)는 PCB(printed circuit board)의 일종으로서 반도체 등 능동 전자 소자를 전자 제품의 주 기판에 실장하기 위하여 사용되는 연결 부품이다.

BGA의 제조 공정은 Fig. 1과 같은 세부 단계로 구성되어 있다. 세부 단계 중에서 특히 현상(develop), 에칭(etching), 박리(strip) 등은 습식 장비(wet equipment)에 의해 공정이 진행된다. BGA 제조에 사용되는 전형적인 습식 장비의 구성은 기판의 상하면에 위치한 롤러를 구동시켜 기판을 수평 방향으로 이송 시키면서 스프레이 노즐을 이용하여 약품 및 세정액을 기판 표면에 분사하도록 되어 있다. 이와 같은 구성의 수평 습식 장비는 구조가 단순하면서도 생산성이 매우 높아 BGA 제조에 널리 사용되어 왔다.<sup>1,2,3,4)</sup>

그러나 수평 습식 장비는 그 구조적인 특징으로 인하

여 다음과 같은 공정의 한계를 가지고 있다. 스프레이 방식의 습식 공정이 원활히 진행되기 위해서는 기판 표면에 기 분사된 약품액이 신속히 배출되고 스프레이 노즐에 의해 새로운 약품액이 신속히 공급되어야 하는데, 이런 점에서 수평 장비의 경우 기판의 상면이 하면에 비해 취약한 구조로 되어 있다.

특히, 기판 상면의 중앙 부위는 액의 고임 현상이 상시적으로 발생하므로 결과적으로 공정의 유니포미티가 저하되는 결과를 초래한다. 이와 같은 문제점은 BGA 기판의 두께가 얇아질수록 심해지는데, 최근 들어 동박적층 기판(CCL, copper clad laminate)의 두께가 60  $\mu\text{m}$ 에 불과한 제품이 생산되고 있는 실정이다. 다음으로 기판 표면에는 여러 가지 형태의 회로 패턴이 형성되어 있는데 이러한 회로 패턴의 요철이 설비 구동부의 롤러와 계속적으로 충돌함으로써 회로 패턴의 손상이 야기된다. 이러한 현상은 회로 패턴의 선폭이 미세해짐에 따라 더욱더

\*Corresponding author

E-mail: sjryu70@yahoo.co.kr

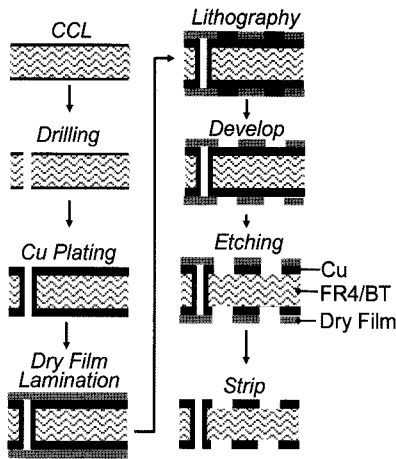


Fig. 1. Process flow of BGA manufacturing

가속화 되고 있는데 최근 BGA 제품의 회로 선폭은 최소 30  $\mu\text{m}$ 에 이르고 있다.

본 연구에서는 이상과 같은 수평 습식 장비의 단점을 극복하고자 수직 습식 장비를 개발하였다. 수직 습식 장비의 구성은 지그를 이용하여 기판을 수직 방향으로 고정 한 후 지그 자체를 롤러에 의해 구동시키는 방식이다. 이와 같은 장비 구성을 채택함으로써 기판 좌우면 액흐름의 동일성을 유지할 수 있는 장점이 있으며, 특히 롤러와 기판이 직접 접촉하지 않음으로써 회로 패턴의 손상을 최소화할 수 있는 이점이 있다.

이와 같은 수직 습식 장비의 구조적 이점을 평가 하기 위하여 개발된 장비를 BGA 현상 공정에 적용하였다. 현상 공정은 기판 표면에 소프트한 드라이 필름의 회로 패턴이 형성되어 있어 수평 습식 장비로 진행되는 경우 회로 패턴 손상이 빈번하게 일어나는 공정이다. 공정의 평가는 기판 전면의 유니포미티 평가, 회로 패턴의 손상 평가 및 불량 평가 등으로 구성하였다. 각각의 평가는 수평 장비와 수직 장비를 비교 평가 하는 것으로 진행하였다. 평가 결과 수직 장비로 진행되는 현상 공정에 있어 유니포미티는 기판 전면에서 95% 이상임을 확인 할 수 있었다. 특히, 수직 장비로 진행되는 경우 수평 장비 대비 현상 공정 이후의 드라이 필름의 손상 정도가 감소함을 확인 하였는데 이는 수직 장비를 이용함으로써 더욱 미세한 회로 패턴을 생산할 수 있음을 의미한다. 마지막으로 공정의 최종 단계에서 주요한 불량의 발생 수량을 비교하여 BGA 현상 공정에 있어 수직 장비의 적용의 타당성을 확인 하였다.<sup>5,6)</sup>

## 2. 습식 장비

### 2.1. 수평 장비 구조 및 공정 특성

Fig. 2는 BGA 제조에 사용되는 전형적인 수평 습식 장비의 사진이다. 로더에서 수평 방향으로 투입된 기판은 차례대로 전세정, 약품 처리, 후세정, 건조의 단계를 거쳐 언로더를 통해 배출 된다. 각 단계에서 기판의 상하면에

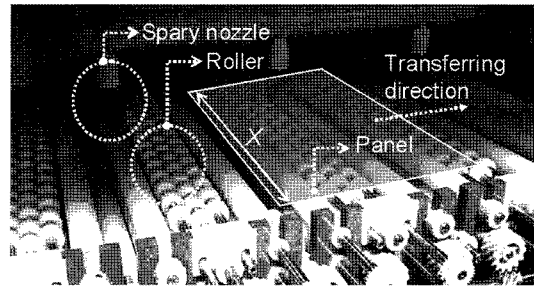


Fig. 2. Horizontal wet equipment for BGA manufacturing

는 롤러가 배열되어 있어 기판을 지지함과 동시에 수평 방향으로 구동시키는 역할을 한다. 그리고, 롤러 사이 사이에는 세정액 및 약품을 분사하기 위한 스프레이 노즐이 배열되어 있다. 공정 유니포미티를 확보하기 위하여 약품에 따라 다양한 종류의 스프레이 노즐 배열이 사용되고 있으며, 경우에 따라 노즐의 요동 동작이 가능토록 장비를 구성하기도 한다.

이와 같은 수평 습식 장비는 설비 구성의 단순함으로 인하여 BGA 제조에 있어 널리 사용되고 있으나 공정 특성 측면에서 두 가지 문제점이 있다. 첫째, 기판의 상하면에서 중력에 의한 영향으로 액흐름이 상이하므로 공정 특성이 달라지게 된다. 하면의 경우 기판 표면에 분사된 약품은 중력의 영향으로 기판 표면에서 즉시 배출됨에 반하여 상면의 경우 분사된 약품이 기판 표면에 잔존하게 된다. 기판의 상면에 잔존하는 약품은 신액과 기판 표면의 접촉을 방해하는 역할을 하게 되어 결과적으로 공정 속도를 감소 시킨다. 기판의 중앙부 역시 기판의 외곽 부위에 비하여 분사된 약품이 잔존할 확률이 높아 공정 속도가 떨어진다. Fig. 3은 수평 습식 장비로 진행된 에칭 공정(Fig. 1)의 기판 상하 및 기판 중앙과 외곽에 대한 구리층 에칭량을 측정 한 결과이다. 기판 상하면 에칭량 차이 및 중앙 외곽의 에칭량 차이를 확인할 수 있다.

둘째, 수평 습식 장비의 경우 롤러의 배열은 기판의 두께가 얇을수록 조밀하게 구성되어야 한다. 롤러의 배열이 충분히 조밀하지 않은 경우 기판 이송 중에 처짐 발생으로 인해 롤러 사이로 빠지는 문제가 발생한다. 그러나, 이와 같이 롤러를 조밀하게 배열함으로써 롤러와 기판 표

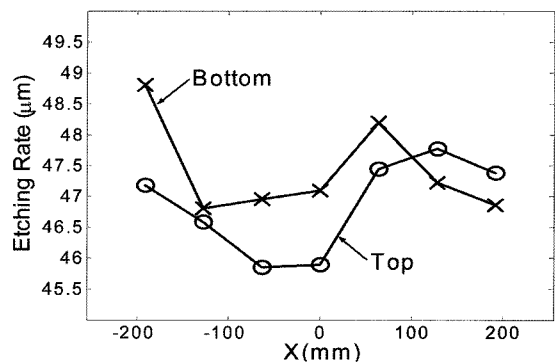


Fig. 3. Etching rate of horizontal wet equipment

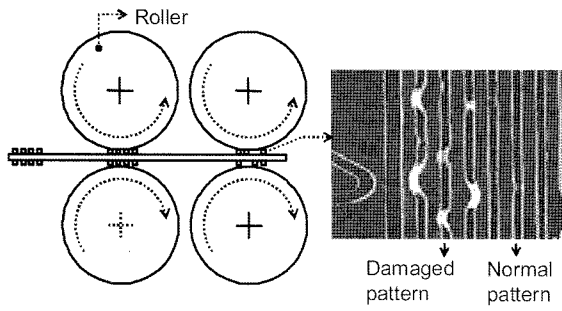
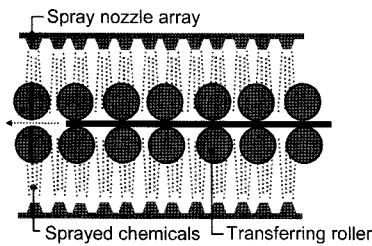


Fig. 4. Mechanism of pattern damage

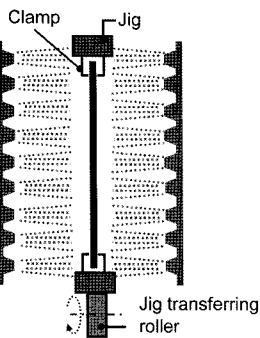
면의 회로 패턴 요철과의 충돌 횟수가 증가하게 된다. Fig. 4는 롤러와 회로 패턴이 충돌함으로써 패턴 손상이 발생하는 메커니즘을 도시한 것이다. 수평 방식 장비의 경우 기판 이송 중 롤러와 기판 표면의 회로 패턴이 연속적으로 충돌하게 된다. 특히, 미세 패턴의 경우 회로 패턴과 기판의 밀착력이 상대적으로 작아 쉽게 패턴 손상이 발생할 수 있다. Fig. 4는 BGA 현상 공정에 있어 이와 같은 메커니즘으로 발생한 손상된 회로 패턴의 현미경 확대 사진이다. 정상 패턴과는 다르게 기판의 일부 부분에서 패턴이 손상된 것을 확인 할 수 있다.

2.2. 수직 장비의 개발

본 연구에서는 수평 장비의 이와 같은 문제점을 극복하기 위해서 수직 방식의 습식 설비를 개발하였다. Fig. 5는 습식 현상 공정에 있어 수평 장비의 구조와 수직 장비의 구조를 비교 도시한 것이다. Fig. 5(a)의 수평 장비는 기판을 이송시키기 위하여 구동 롤러와 기판을 직접 접촉시키는데 비하여, Fig. 5(b)의 수직 장비는 기판을 지그



(a) Horizontal equipment



(b) Vertical equipment

Fig. 5. Comparison between horizontal and vertical equipment

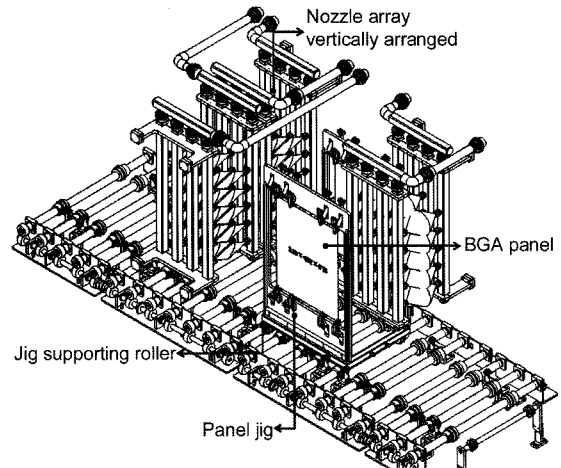
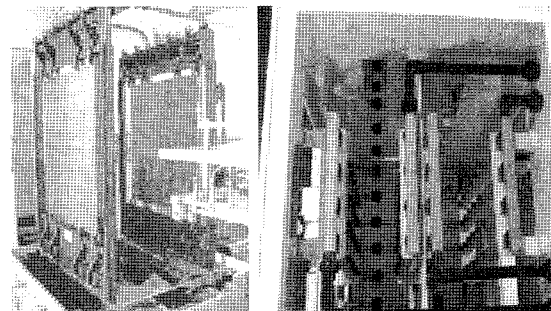


Fig. 6. Schematics of vertical wet equipment for BGA manufacturing

에 고정된 후 구동 롤러가 지그를 구동하도록 고안되었다. Fig. 5(b)와 같은 설비 구성을 적용함으로써 Fig. 4와 같은 기판 표면 미세 패턴의 손상을 최소화할 수 있다.

Fig. 6는 BGA 제조 공정 중 현상 공정에 적용하기 위하여 개발된 장비의 구성도이다. 수평으로 투입된 기판은 로더의 자동 메커니즘에 의하여 지그에 수직 방향으로 고정된다. 지그에는 상하 각 4개의 클램프가 부착되어 있어 기판을 고정하는 역할을 한다. 개발된 설비는 생산성을 고려하여 2장의 기판이 동시에 지그에 장착될 수 있도록 구현하였다.(Fig. 7(a)) 지그의 좌우에는 약품을 분사하는 스프레이 노즐이 배열되어 있다.(Fig. 7(b))

이와 같이 기판을 수직 방향으로 배열시킴으로 인하여 기판 표면에 분사된 약품이 기판 표면에 잔존하지 못하고 하방으로 즉시 흘러내려 배출되는 효과가 있다. 또한, 수평 장비가 기판 상하면의 공정 처리 속도가 상이한데 비하여 수직 장비의 경우 기판 좌우 면이 중력 방향에 대하여 동일한 조건이므로 이와 같은 문제점이 해결될 수 있다. 한편, 기판이 장착된 지그 자체를 롤러에 의해 구동함으로써 기판과 롤러의 접촉을 원천적으로 배제할 수 있어 Fig. 4와 같은 회로 패턴의 손상 문제도 개선될 수 있다.



(a) Panel jig

(b) Nozzle array (top view)

Fig. 7. Photography of panel jig and nozzle array

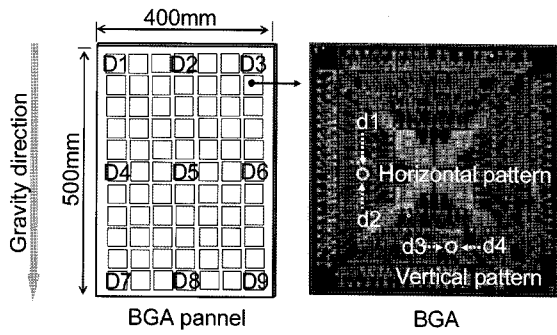


Fig. 8. Scheme for uniformity measurement

### 3. 공정 특성 평가

#### 3.1. 유니포미티 평가

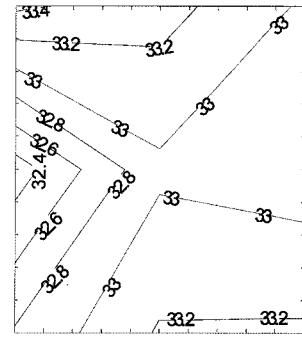
현상 공정은 전 공정인 노광 공정에서 UV에 의하여 선택적으로 경화된 부분을 제외한 미경화 드라이 필름 부분을 약품을 이용하여 제거하는 공정으로서(Fig. 1), BGA 현상 공정에서는 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액이 사용된다. 이하 공정 특성 평가에서는 수평 장비와 수직 장비의 특성을 비교하기 위하여 현상 공정의 주요 공정 변수(현상액 온도, 현상액 농도, 현상 시간, 스프레이 압력 등)를 동일하게 유지하였다.

BGA의 제조는 400×500 mm 크기의 기판을 이용하여 진행되는데, 한 개의 기판당 수백 개의 동일한 종류의 BGA 제품이 배열되어 있다. 유니포미티의 평가는 각 BGA 제품에 포함되어 있는 수평 패턴(horizontal pattern)과 수직 패턴(vertical pattern)의 폭(width)을 현상 공정 진행 후 측정하는 것으로 하였다. Fig. 8에서 수평 패턴은 중력 방향과 직각으로 형성되어 있으며, 수직 패턴은 동일한 방향으로 형성되어 있음을 볼 수 있다. 수평 패턴과 수직 패턴에 대해서 각각 유니포미티를 측정하는 이유는 중력 방향으로 흐르는 액흐름에 대한 공정 특성 차이를 평가하고자 한 것이다. 기판 전면의 회로 패턴 폭을 측정하기 위하여 Fig. 8과 같이 기판 각면 당 D1~D9의 9개의 위치에서 회로 패턴 폭을 측정 하였다.

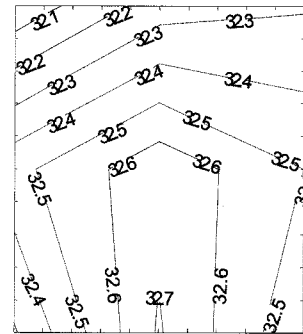
Fig. 9는 이와 같은 방법으로 측정된 회로 선폭 값을 기판 전면에 대하여 도시한 것이다. 수평 패턴에 대해서는 D1~D9 평균 33.0 μm, 그리고 유니포미티는 96.5%로 측정되었다. 여기서 유니포미티는 식(1)과 같이 정의된다. 또한, 수직 패턴에 대해서는 평균 32.4 μm, 유니포미티 97.9%로 측정되었다.

$$Uniformity(\%) = 9 \frac{Max D_i - Min D_i}{\sum D_i} \times 100 \quad (1)$$

Fig. 9의 결과로부터 BGA 현상 공정을 수직 장비로 진행 한 경우의 유니포미티 결과에 대하여 다음의 사항을 도출 할 수 있다. 먼저, 기존 수평 장비로 진행되는 BGA 현상 공정의 유니포미티가 95% 수준임을 감안할 때 수



(a) Horizontal pattern (average=33.0 μm, uniformity=96.5%)



(b) Vertical pattern (average=32.4 μm, uniformity = 97.9%)

Fig. 9. Measurement of dry film pattern uniformity

직 장비의 유니포미티 특성은 수평 장비 대비 동등 수준으로 평가 할 수 있다. 다음으로 기판 상면과 기판 하면의 회로 패턴의 선폭 차이는 무시할 수 있는 수준이다. 이로서 수직 장비로 진행되는 BGA 현상 공정에 있어 그 공정 특성이 중력 방향 또는 액흐름 방향과 무관함을 알 수 있다. 또한, 현상 공정으로 형성되는 수평 패턴과 수직 패턴의 회로 선폭의 차이 역시 미미한 수준이다. 이로부터 회로 패턴의 방향과 현상 공정의 특성은 무관함을 알 수 있다. 이상을 종합 하면 BGA 현상 공정에 수직 장비를 적용함에 있어 공정의 유니포미티는 수평 장비와 동등한 수준이며 공정 특성은 중력 방향 또는 액흐름 방향과 무관하다는 실험적 결론을 내릴 수 있다.

Fig. 10은 Fig. 8에서 수평 패턴과 수직 패턴 각각의 현상 후 패턴 측면 형상을 SEM을 이용하여 촬영한 사진이다. 이는 중력 방향에 대해 상이하게 배열되어 있는 회로 패턴의 공정 특성을 좀더 세부적으로 분석하기 위함이다. 그림에서 돌출된 부분은 현상 공정에 의해 형성된 드라이 필름 회로 패턴이며 바닥 부분은 도금된 구리 층이다. d1, d2 는 수평 패턴에 대하여 중력 방향과 직각으로 배열된 회로 패턴의 측면을 촬영한 것이며 d3, d4 는 그 반대의 경우에 해당한다. 4가지 경우 모두에 대하여 회로 패턴의 측면 형상은 구리 층과 직각을 이루어 형성되어 있음을 알 수 있다. 이로부터 역시 BGA 현상 공정을 수직 장비로 진행함에 있어 공정 특성은 회로 패턴의 방향과는 무

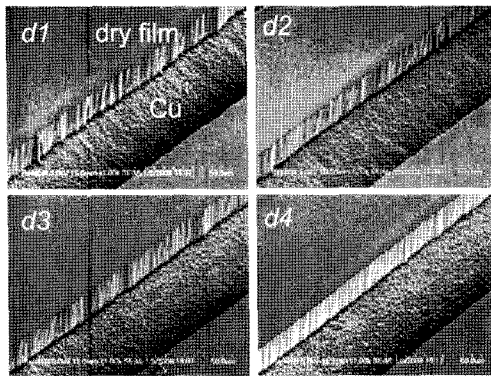


Fig. 10. Side wall of dry film pattern (SEM image)

관함을 확인 할 수 있다.

3.2. 드라이 필름 패턴 손상 평가

Fig. 6의 수직 장비는 기판을 지그에 수직으로 고정 시켜 이송시킴으로써 기판 표면의 회로 패턴과 롤러 간의 접촉 현상은 배제 될 수 있다. 이에 비하여 Fig. 2와 같은 수평 장비에서는 공정 진행 중 기판 표면의 회로 패턴과 롤러가 계속적으로 충돌하게 된다. 이와 같은 설비의 구조적 차이가 BGA 현상 공정에 미치는 영향을 평가하기 위하여 Fig. 11과 같은 실험을 고안하였다. 기판 전면의 D1~D2 9개 위치에 Fig. 11(a)와 같은 테스트 시편 (test vehicle)을 동일하게 배열하였다. 각 테스트 시편에는 선형 패턴 (line pattern)과 닷 패턴 (dot pattern)이 형성되어 있다. Fig. 11은 선형 패턴 및 닷 패턴에 대한 현상 공정 진행 후 SEM 사진이다. 각 테스트 시편에는 라인 패턴의 회로 폭은 6~25  $\mu\text{m}$ 의 7단계로 구분되어 있으며, 닷 패턴의 경우 15~40  $\mu\text{m}$ 의 7단계로 구분되어 있다.

드라이 필름 회로 패턴과 구리 층 간의 밀착력 수준은

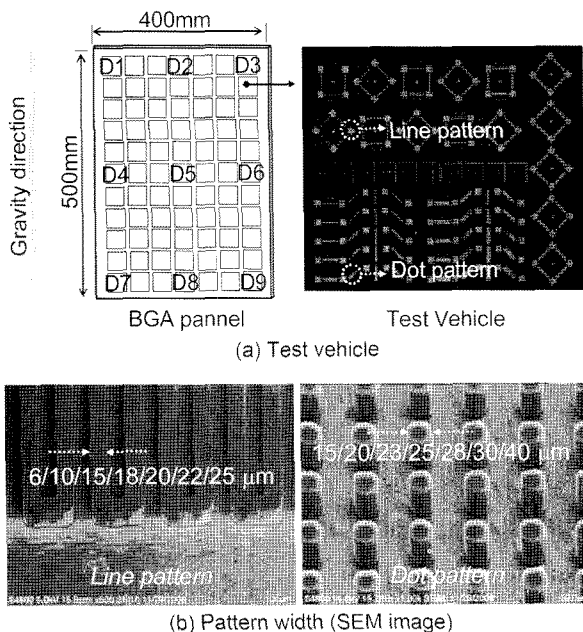


Fig. 11. Scheme for pattern damage evaluation

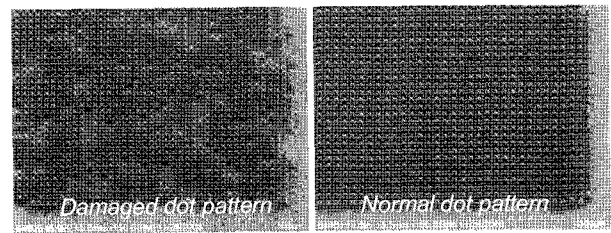
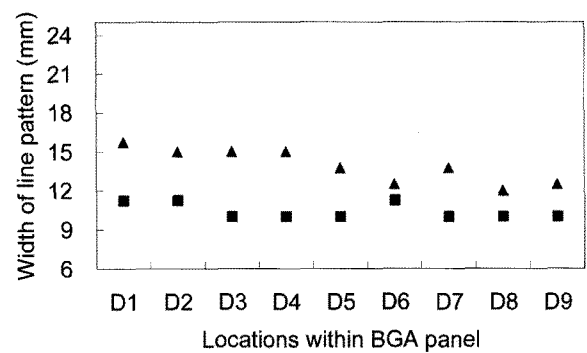


Fig. 12. Dot pattern after develop process (SEM image)

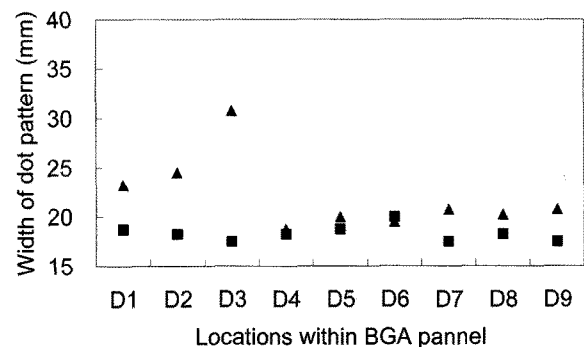
회로 Fig. 11(b)의 회로 패턴 폭과 비례한다. 따라서 현상 공정 진행 후 구리 층 표면에 붙어 있는 회로 패턴의 최소 폭을 측정함으로써 각 장비에 대한 회로 패턴 손상 정도를 확인 할 수 있다. Fig. 12는 닷 패턴에 대하여 현상 공정 진행 후 정상적으로 구리 층 표면에 드라이 필름 회로 패턴이 부착되어 있는 경우와 회로 패턴이 손상 받아 구리 층에서 떨어져 나간 사진이다. 이와 같이 일정한 폭 이하의 회로 패턴은 현상 공정 진행 중에 구리층 표면에서 떨어지게 되며 이러한 현상은 회로 패턴의 폭이 미세할수록 심해지게 된다.

Fig. 13은 라인 패턴과 닷 패턴에 대하여 D1~D9 위치에서 현상 공정 진행 후 구리 층 표면에 정상적으로 부착되어 있는 최소 회로 패턴의 선폭을 수평 장비와 수직 장비에 대하여 측정한 결과이다. 측정은 기판 2매의 좌우면을 각각 측정한 후 4개 값의 평균값을 사용하였다.

측정 결과 라인 패턴에 대해서, 수평 장비의 경우 현상



(a) Line pattern



(b) Dot pattern

Fig. 13. Minimum width of line and dot pattern which was not damaged by develop process (▲ horizontal equipment, ■ vertical equipment)

공정 진행 후 구리층 표면에서 떨어져 나가지 않고 형성된 최소 패턴 폭은 D1~D9 평균 13.9 μm 인데 비하여 수직 장비의 경우는 10.4 μm로 3,5 μm 만큼 향상된 결과를 얻었다. 닷 패턴에 대해서는 수평 장비의 경우 22.1 μm에 비하여 수직 장비의 경우는 18.3 μm으로 3.8 μm 만큼 향상된 것으로 추정되었다. 이와 같은 결과는 수평 장비 대신 수직 장비를 사용함으로써 평균 3~4 μm 정도 더 미세한 회로의 BGA 제품을 제조할 수 있음을 의미한다. 회로 패턴 손상 정도에 대한 이상과 같은 실험 결과는 수평 장비 및 수직 장비에 대하여 기관의 방향을 제외한 나머지 공정 변수(현상액 온도, 현상액 농도, 현상 시간, 스프레이 압력 등)를 동일하게 하여 얻은 것이다. 따라서 BGA 현상 공정에 있어 수평 장비를 사용하는 경우 공정 진행 후 드라이 필름 회로 패턴이 구리 층에서 떨어져 나가는 원인의 상당 부분이 롤러와 회로 패턴간의 연속적인 충돌에 기인한 것으로 추정이 가능하다.

3.3. 불량 평가

현상 공정에서 형성된 드라이 필름 패턴을 본으로 하여 다음 공정인 에칭 공정에서는 구리 층을 에칭하게 된다. 이후 잔존하는 드라이 필름을 제거하는 박리 공정을 진행하면 최종적으로 공정이 완료 된다.(Fig. 1) 이때 현상 공정에서 Fig. 12과 같이 드라이 필름 회로 패턴이 손상을 받게 되면 이후 에칭 및 박리 공정에서 구리 배선이 형성되는 것이 방해로 받게되고 결과적으로 제품의 불량으로 귀결된다. Fig. 14는 이와 같은 불량에 대표적인 3가지 유형의 사진이다. 불량 A는 회로 패턴이 끊겨진 불량이며 불량 B는 비정상적으로 형성된 회로 패턴이며 불량 C는 회로 패턴의 일부가 소실된 유형이다. 이상 3가지 불량에 대하여 박리 공정 이후 기관 전면의 불량 숫자를 측정하여 수평 장비 및 수직 장비의 공정 특성을 평가 하였다. 불량의 측정은 AOI (auto optical inspection) 장비를 이용하여 각 60매의 기관에 대하여 진행 하였다. AOI 장비는 BGA 제품의 회로 설계 CAM 데이터와 광학 카메라로 측정된 회로 패턴의 화상 이미지를 비교 분석하여 차이를 검출하는 장비이다.

Fig. 15는 각 불량 유형에 대한 AOI 측정 결과이다. 측정 결과 수평 장비 대비 수직 장비의 경우 불량 A는 90%, 불량 B는 11%, 불량 C는 99% 향상됨을 확인 하였다. 이와 같은 결과는 앞절의 드라이 필름 회로 패턴 손상 평가와 동일한 결과로 판단 된다.

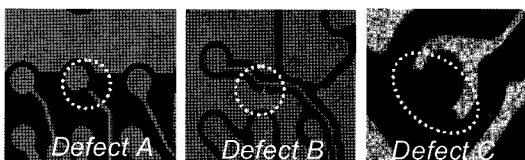


Fig. 14. Defect images after stip process

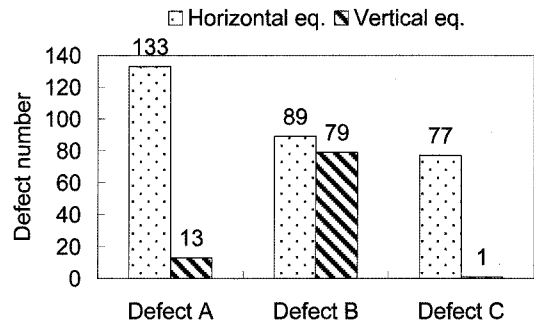


Fig. 15. Number of defects detected by AOI equipment after strip process (for 60 sheets of BGA panel)

4. 결 론

본 연구에서는 BGA 현상 공정에 적용하기 위하여 기존에 수평 습식 장비 대신 수직 습식 장비를 개발하였다. 기관을 지그에 세로로 고정하여 이송하면서 공정을 진행하는 구조를 채택함으로써 수평 장비의 구조적 단점인 기관과 롤러 사이의 충돌을 원천적으로 배제할 수 있었다.

개발된 수직 장비의 공정 특성을 규명하기 위하여 BGA 현상 공정의 공정 유니포미티, 회로 패턴 손상, 불량에 대한 평가 실험을 각각 실시 하였다. 각각의 평가 실험은 수평 장비 대비 수직 장비의 결과를 도출하기 위하여 기관의 방향을 제외한 나머지 공정 변수에 대해서 동일하게 유지하였다. 수직 장비의 유니포미티에 대해서는 기관 전면에 대해 수평 패턴의 경우 96.5%, 수직 패턴의 경우 97.9%의 측정 결과를 확인 하였는데 이는 수평 장비와 동등 수준이다. 또한 기관의 상하면 및 회로 패턴의 방향에 대하여 현상 공정의 특성이 중력 방향과 무관함을 확인 할 수 있었다. 이는 수직 장비를 개발함에 있어 제기될 수 있는 중력 방향의 액흐름에 대한 공정 특성 차이 문제에 대하여 현상 공정에 대하여는 문제가 없음을 확인한 결과이다. 다음으로 회로 패턴 손상에 대한 측정 실험 결과로부터 수직 장비를 사용하여 현상 공정을 진행하는 경우 수평 장비 대비 3~4 μm 정도 더 미세한 회로 패턴에 대해서 손상 없이 공정을 진행 할 수 있음을 확인 하였다. 이 결과는 수직 장비의 경우 롤러와 회로 패턴의 충돌이 원천적으로 배제되는데 따른 결과로 판단된다. 마지막으로 최종 공정 진행 이후 AOI 장비로 3가지 불량 유형에 대한 측정 결과를 수평 수직 장비에 대해 비교 측정하였다. 이 결과 역시 수직 장비를 사용함으로써 수평 장비에 비하여 상당한 불량 수량이 감소되는 결과를 얻을 수 있었다.

이상의 연구 결과는 BGA 제조 공정에 있어 습식 공정의 하나인 현상 공정에 대해 수직 장비를 적용함으로써 얻을 수 있는 이점에 대한 것이다. 현상 이외의 에칭, 박리, 전처리 등 다양한 습식 공정에 대한 수직 장비의 개발 및 평가는 향후 연구 과제로 진행이 필요한 부분이다.

또한, BGA 제조 공정 이외에 유사한 습식 공정이 널리 사용되는 PCB, FPD, 태양전지 등의 제조 공정에도 이상의 연구 결과를 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

### 참고문헌

1. S. B. Koo and H. K. Lee, "A Study on Characteristics of Surface Modification Polyimide Film by Wet Process", Journal of The Korean Institute of Surface Engineering, Vol. 39, No. 4, pp. 166-172, 2006.
2. Y. Shin, S. Son and S. Jeong, "Laser-induced Thermochemical Wet Etching of Titanium for Fabrication of Microstructures", Journal of the Korean Society for Precision Engineering Vol. 21, No. 4, pp. 32-38, 2004.
3. H.-C. Jeong, D.-W. Kim, G.-M. Choi and D.-J. Kim, "The Effect of Injection Angle and Pressure on Etch of Invar Plating Using Industrial Etch-Nozzle", Journal of the Korean Society for Precision Engineering Vol. 23, No. 8, pp. 47-53, 2006.
4. H. Jeong, G. Choi and D. Kim, "The Prediction of Etching Characteristics Using Spray Characteristics in Etching Process of Lead-Frame" Transactions of the KSME B, Vol. 30, No. 4, pp. 381-388, 2006.
5. J.-K. "Failure Analysis for BGA/CSP Solder Joints", Journal of KWS, Vol. 20, No. 3, pp. 293-301, 2002.
6. Y. S. Park and J. S. Kim, "A Study on the Vision Inspection System for the Defects Detection of Micro-BGA Device", Journal of the Korean Society for Precision Engineering Vol. 24, No. 4, pp. 44-56, 2007.