

# 패키지 기판 디스미어 공정의 대기압 플라즈마 처리 특성

유선중\*

삼성전기 기판선행개발팀, 연기군 339-702

(2009년 7월 24일 받음, 2009년 9월 14일 수정, 2009년 9월 14일 확정)

패키지 기판의 지름 100 $\mu$ m 이하 미세 드릴 구멍의 경우 습식 디스미어 공정만으로는 구멍 내부의 스미어를 효과적으로 제거할 수 없다. 본 연구에서는 습식 디스미어 공정의 이전 단계에서 대기압 플라즈마를 처리하여 소수성의 기판 표면을 친수성으로 개질하고자 하였다. 대기압 플라즈마 공정은 리모트 DBD 방식의 전극을 이용하여 패키지 제조 공정에 적합한 인라인 형태의 장비로 구성되었다. 대기압 플라즈마를 처리한 결과 접촉각 기준으로 71°의 소수성 절연 필름 표면이 30°정도의 친수성 표면으로 개질되었다. 대기압 플라즈마 처리 유무에 따른 습식 디스미어 공정의 특성을 평가하기 위하여 절연 필름의 두께, 드릴 구멍 지름, 표면 조도의 변화를 측정하였는데, 대기압 플라즈마 처리 시 기판 전면에서 공정 특성의 균일도가 향상되는 것을 확인하였다. 또한 대기압 플라즈마 처리 유무에 따른 드릴 구멍의 SEM 사진 분석 결과 대기압 플라즈마 처리 시 구멍 내부의 스미어가 효과적으로 제거됨을 실험적으로 확인하였다.

주제어 : 패키지 기판, 디스미어 공정, 대기압 플라즈마, 접촉각

## I. 서 론

패키지 기판(package substrate)은 반도체칩과 전자제품의 주기판을 전기적으로 연결해주는 부품으로 PCB(printed circuit board)의 한 가지 종류이다. 패키지 기판의 층수는 종류에 따라 2~10층까지 다양하며, 각 층간의 전기적 연결은 기계식 드릴(mechanical drill) 또는 레이저 드릴(laser drill)에 의해 가공된 미세 구멍에 Cu 도금을 함으로써 이루어진다. 그런데, 드릴 구멍 가공 시에 많은 양의 열이 발생하며 따라서 패키지 기판 표면의 절연 필름이 녹게 된다. 이때 녹은 절연 필름의 수지 성분이 드릴 구멍 내벽 및 바닥면에 눌러 붙게 되는데 이를 스미어(smear)라고 한다. 스미어는 후속 공정인 Cu 도금 공정에서 정상적인 Cu 층이 형성되는 것을 방해하며 따라서 패키지 기판 제조에서는 드릴 공정 이후 반드시 과망간산 에칭 방법의 습식 디스미어(wet desmear) 공정을 진행함으로써 Cu 도금 전에 스미어가 제거되도록 하고 있다.

최근 들어 반도체칩의 집적도 증가에 따라 패키지 기판 드릴 구멍의 지름이 100 $\mu$ m 이하로 미세해지고 있는데, 이러한 경우 습식 디스미어 공정만으로는 스미어가 완전히 제거되지 못하는 현상이 발생한다. 이러한 현상의 원인은

디스미어 약품액이 미세한 드릴 구멍 내부로 침투하지 못하기 때문으로 추정되는데, 실제로 패키지 기판 절연 필름(dielectric film)의 표면 성질은 접촉각 기준 71° 정도로서 소수성(hydrophobic)을 띄는 것으로 측정되었다.

패키지 기판 표면의 친수성 개질은 기존에 O<sub>2</sub>를 공정 가스로 하는 진공 플라즈마 처리가 활용되어 왔다 [1,2]. 그러나 진공 플라즈마 공정의 장비 형태는 진공 용기(vacuum chamber)를 사용하는 배치 처리(batch process) 방식이므로 대부분 공정이 인라인 처리(inline process) 방식의 장비로 구성되어 있는 패키지 제조 공정에는 적합하지 않다. 본 연구에서는 절연 필름의 소수성 성질을 친수성(hydrophilic)으로 개질하기 위하여 리모트 DBD(dielectric barrier discharge) 방식의 대기압 플라즈마 처리를 적용하고자 하였다 [3-8]. 대기압 플라즈마 공정은 상압에서 별도의 진공 용기를 사용하지 않고 인라인 장비로 구성될 수 있으므로 패키지 기판 제조 공정에 적합하다 [9,10].

제작된 대기압 플라즈마 장비의 친수성 개질 효과를 측정하기 위하여 가스 혼합 비율, 처리 속도 및 처리 후 시간 경과에 따른 절연 필름의 접촉각(contact angle) 측정 실험을 수행하였다. 또한 대기압 플라즈마 처리가 습식 디스미어 공정 특성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 패키지

\* [전자우편] sjryu70@yahoo.co.kr

기판의 절연 필름 두께, 드릴 가공 구멍 지름 및 표면 조도의 변화를 측정하였다. 최종적으로 대기압 플라즈마 처리 유무에 따른 드릴 구멍의 스미어 제거 상태를 SEM 사진 촬영으로 확인하여 대기압 플라즈마를 적용함으로써 습식 디스미어 공정의 특성을 향상시킬 수 있음을 실험적으로 검증하고자 하였다.

## II. 연구 배경: 패키지 기판의 디스미어 공정

패키지 기판(package substrate)을 대량으로 제조하기 위해서는 일반적으로 Fig. 1과 같은 대면적 패널(panel)을 사용한다. 현재 사용되고 있는 양산용 패널은 400×500mm 내외의 크기이며 보통 장당 수십에서 수백 개의 동일한 패키지 기판을 포함하고 있다. 제조 공정의 중간 단계에서 패널은 개별 패키지 기판으로 절단되며 패키징 공정에서 각각의 기판에 다양한 반도체칩이 실장된다. 패키지 기판과 반도체칩의 연결은 반도체칩의 집적도 및 전기적 특성에 따라 와이어 본딩(wire bonding) 또는 범핑(bumping) 등의 방법이 사용되고 있다. Fig. 1은 범핑 방법으로 결합된 반도체칩과 패키지 기판의 그림이다. 이와 같은 패키지 기판은 반도체칩과 전자제품의 주기판(main PCB)을 전기적으로 연결해주는 역할을 한다.

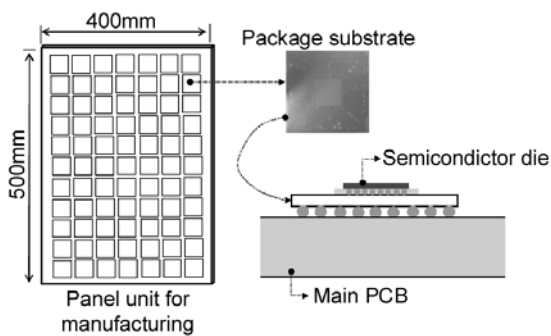


Figure 1. Package substrate.

패키지 기판의 층수는 2층부터 10층까지 다양하며, 그 제조 공정은 Fig. 2와 같은 공정 사이클을 여러 번 반복하는 것으로 구성되어 있다. 이미 형성되어 있는 내층(inner layer) 위에 외층(outer layer)을 형성하기 위해서 먼저 내층과 외층을 전기적으로 절연시키는 절연 필름을 도포(lamination)한다. 절연 필름의 종류는 에폭시 등의 수지

에 유리 섬유 등이 보강된 형태가 널리 사용되고 있으며 요구되는 유전적 특성에 따라 세부적인 종류가 선정된다. 절연 필름이 도포된 후에 내층과 외층을 전기적으로 연결하기 위한 구멍이 기계식 드릴(mechanical drill) 또는 레이저 드릴(laser drill) 장비에 의해 가공된다. 기계식 드릴은 기판에 관통 구멍(through hole)을 가공할 때 사용되며 레이저 드릴은 비관통 구멍(via hole)을 가공할 때 사용된다. 패키지 기판 제조에 사용되는 레이저 드릴 공정은 10.6μm 파장의 CO<sub>2</sub> 레이저 또는 1.06μm 파장의 Yag 레이저 장비가 주로 사용된다. 드릴 공정 이후에는 Cu 도금 공정에서 절연 필름 표면에 Cu 층을 형성하며 최종적으로 노광(lithography) 및 습식 에칭(wet etching) 공정에 의해 외층의 회로 패턴이 완성된다.

그런데, 기계식 드릴 또는 레이저 드릴을 이용하여 구멍을 가공할 때 발생하는 다량의 열에 의하여 절연 필름의 수지가 녹는 현상이 발생하는데 이때 구멍의 내벽 및 바닥면에 열변형된 수지가 눌러 붙게 되며 이를 스미어(smear)라 한다. 이와 같이 형성된 스미어는 이후 공정인 Cu 도금 공정에서 절연 필름 표면에 정상적으로 Cu 층이 형성되는 것을 방해한다. 따라서 Cu 도금 공정 전에 디스미어(desmear) 공정이 추가되는 것이 일반적이다. Fig. 3의 좌측 사진으로부터 레이저 드릴 공정에 의해 형성된 비관통 구멍의 내벽 및 바닥면에 점착된 짙은색의 스미어를 확인할 수 있다. 디스미어는 습식 공정(wet process)로 진행되는 것이 일반적이다. 습식 디스미어 공정은 과망간산 에칭방법으로 진행되며 스웰링(swelling), 과망간산 에칭(permagnate etching) 및 환원(reduction)의 3단계 세부 습식 공정으로 구성되어 있다. Fig. 3의 우측 상단 사진으로부터 정상적으로 디스미어 공정이 진행된 비관통 구멍의

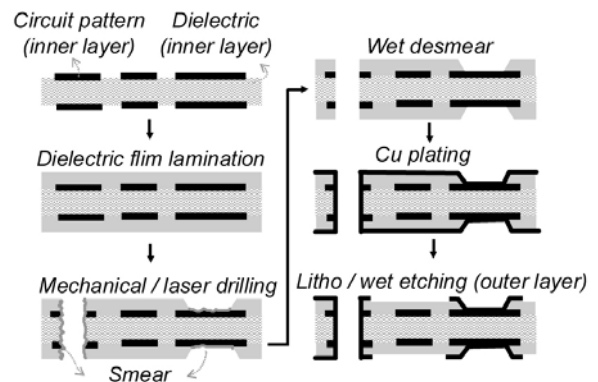


Figure 2. Process flow of package substrate.

바닥면에 스미어가 깨끗이 제거되어 Cu 표면이 드러난 것을 확인할 수 있다. 스미어 공정의 또다른 역할은 절연 필름 표면에 적절한 조도를 형성하는 것이다. 이는 Cu 도금 공정에서의 절연 필름과 Cu 층 사이의 밀착력을 향상시키기 위한 목적이다.

최근 들어 지름 100 $\mu$ m 이하의 미세한 드릴 구멍의 가공이 요구되고 있는데 이는 패키지 기판의 회로 밀집도가 점차적으로 증가하기 때문이다. Fig. 3 우측 하단은 습식 디스미어 공정을 진행하였음에도 불구하고 드릴 구멍 내부에 스미어가 잔존해 있는 사진인데, 실험적으로는 드릴 구멍의 크기가 작을수록 스미어가 제거되지 않는 현상이 심해지는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 현상의 원인으로서는 습식 디스미어 공정의 약품액이 미세한 드릴 구멍 내부로 침투하지 못하기 때문으로 추정된다. 한편 미세한 드릴 구멍의 내부로의 약품액 침투와 연관되는 공정 인자는 구멍 표면의 친수성 정도, 구멍의 크기 및 약품액의 표면에너지 등이 있다.

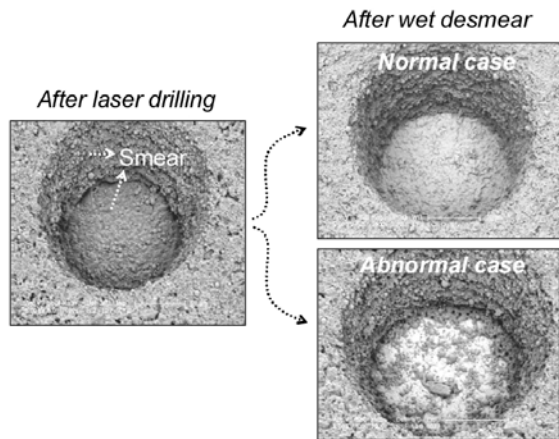


Figure 3. Smear in the via hole (SEM image).

본 연구에서는 미세 드릴 구멍에 대한 디스미어 약품액의 침투성을 증가시킬 목적으로 절연 필름 표면을 소수성에서 친수성으로 개질시키고자 하였다. 기존에 패키지 기판의 표면 개질에 사용되는 장비로는 O<sub>2</sub>, CF<sub>4</sub> 등을 사용하는 CCP(charge coupled plasma) 방식의 진공 플라즈마 장비 또는 UV 장비가 사용되었다. 본 연구에서는 동일한 목적에 대기압 플라즈마 장비를 적용하고자 한다. 대기압 플라즈마 장비는 진공 플라즈마 장비에 비해 생산성이 우수하며 인라인 구성이 가능하다는 장점이 있고 UV 장비에

비해서는 운용비용(running cost)이 저렴하다는 장점을 가지고 있다. 대기압 플라즈마 처리를 Fig. 2 공정 흐름도에서 습식 디스미어 공정의 직전 단계에 적용함으로써 기판 표면의 친수성을 증대시키고 이후 습식 디스미어 공정에서 약품액이 미세한 드릴 가공 구멍 내부로 효과적으로 침투하도록 하였다.

### III. 실험 방법: 대기압 플라즈마 장비 개발

Fig. 4는 패키지 기판 처리용으로 개발된 DBD(dielectric barrier discharge) 방식 대기압 플라즈마 전극의 구조도이다. DBD 방식 대기압 플라즈마 전극의 구조적 특징은 금속 전극의 한쪽 또는 양쪽에 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 와 같은 세라믹 계열의 유전체가 코팅되어 있다는 것이다. 이와 같은 구조를 채택함으로써 플라즈마가 아킹(arching)으로 전이되는 것을 방지하고 안정적인 글로우(glow) 방전 상태가 유지되도록 할 수 있다. 본 연구에서 사용한 대기압 플라즈마 전극은 DBD 구조를 채택하면서 동시에 리모트 플라즈마(remote plasma) 방식을 적용하고 있다. 일반적인 DBD 방식 전극을 이용하여 평판디스플레이 등의 대면적 기판을 처리할 때는 패널을 전극 사이에 위치시키고 플라즈마에 직접 노출시키는 방법을 사용한다. 그러나 패키지 기판용 패널의 경우 그 표면에 도체 및 부도체가 혼재되어 있어 플라즈마에 직접 노출시킬 경우 쉽게 아킹이 발생한다. 이러한 아킹 현상은 패키지 기판 표면의 회로 패턴에 손상을 야기할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 Fig. 4와 같이 전극 사이에서 형성된 플라즈마를 외부 기체의 흐름을 이용하여 전극 외부로 이동시킨 후 패널에 간접 분사하는 방법을 채택하였다. 이와 같은 방법을 사용함으로써 회로 패턴의 손상을 방지할 수 있다.

한편 전극 내부에서 발생한 플라즈마를 균일하게 대면적 패널 전면에서 분사하기 위해서 복수의 전극을 병렬로 배치하여 각각에 별도로 공정 가스가 주입 되도록 설계하였다. 또한 플라즈마가 배출되는 하부의 전극 플레이트에는 등간격의 구멍을 여러 개 뚫어 플라즈마 처리 특성이 전극 전체적으로 균일하게 유지되도록 설계하였다. 이는 진공 플라즈마 장비에서 사용되는 샤워 헤드(shower head) 방식과 유사한 구조이다.

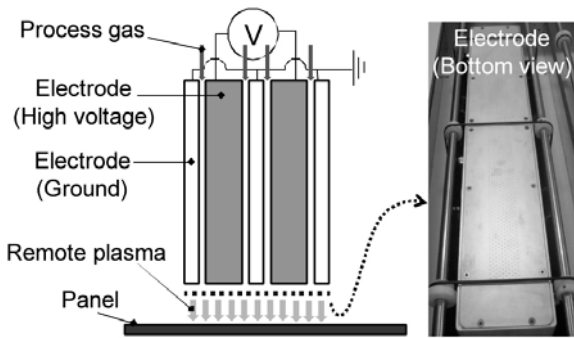


Figure 4. Remote DBD type atmospheric pressure plasma electrode.

DBD 방전에 사용되는 공정 가스로는  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $CF_4$ , Ar, Air 등이 있다. 본 연구에서는 공정 비용 등을 고려하여  $N_2$  및 Air만을 사용하는 방식을 채택하였다. Ar,  $CF_4$ ,  $O_2$  등을 사용함으로써 방전 전압을 낮출 수 있고 또한 공정 효율을 향상시킬 수 있으나 추가적인 가스 비용을 부담해야 하는 문제가 있다. 한편 전극의 전원공급장치는 13.56MHz RF 방식을 사용하고 있다.

Fig. 5는 Fig. 4의 전극을 이용하여 제작된 대기압 플라즈마 장비의 사진이다. 400×500mm 크기의 패널이 롤러에 의해 수평 방향으로 이송되며 진행 방향의 상하에 각각 설치된 2개의 전극이 패널의 상하면을 순차적으로 플라즈마 처리한다. 패키지 기판 제조 공정의 대부분 장비 구성이 롤러를 사용하여 패널을 이송하는 인라인 형태임을 고려할 때 Fig. 5와 같은 구성의 대기압 플라즈마 장비는 기존 장비들과 인라인으로 연결할 수 있는 장점이 있다. 이에 반하여 진공 플라즈마 장비는 별도의 진공 용기를 필요로 하므로 기존 장비들과 인라인 연결은 불가능하다.

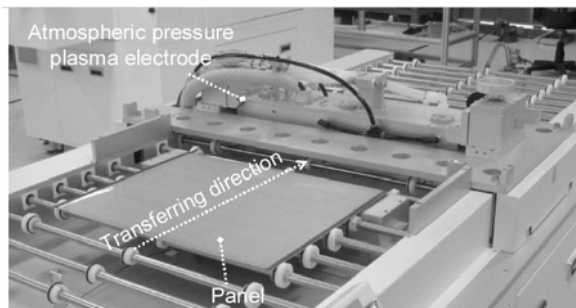


Figure 5. Photography of inline type atmospheric pressure plasma equipment.

#### IV. 실험 및 결과 토의

##### 1. 접촉각 측정 실험

접촉각은 액체가 고체와 접촉하고 있을 때에, 액체의 자유 표면이 고체 평면과 이루는 각도로 정의된다. 접촉각은 작은 액체 방울을 고체 표면에 떨어뜨린 후 액체 방울이 그 표면과 이루는 각도를 측정함으로써 알 수 있다.(Fig. 6) 접촉각은 고체 표면의 친수성 정도를 정량적으로 확인할 수 있는 척도로서 접촉각이 낮다는 것은 고체의 표면이 높은 친수성을 또는 높은 표면 에너지를 가지고 있음을 의미한다.

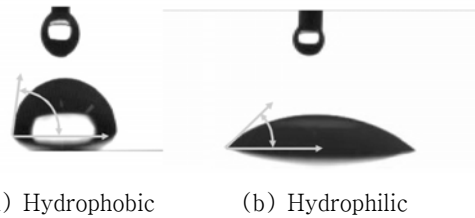


Figure 6. Contact angle measurement.

본 연구에서는 대기압 플라즈마 처리된 패키지 기판 표면의 친수성 정도를 측정하기 위하여 순수(deionized water)를 이용한 접촉각 측정 실험을 수행하였다. 대기압 플라즈마 처리된 패키지 기판의 접촉각은 기판-전극 간격, 전원공급장치 전압, 가스 혼합 비율, 기판 이송 속도에 따라 다른 값을 가지게 된다. 이 중에서 기판-전극간 간격은 패키지 기판의 휨 상태를 고려하여 2mm로 정하였다. 2mm 이하의 간격에서는 기판의 휨으로 인하여 표면과 전극이 접촉하게 될 우려가 있다. 또한 2mm 이상의 간격에서는 플라즈마 처리 측성이 급격히 감소된다. 전원공급장치의 전압 크기는 접촉각에 큰 유의차가 없어 12kV로 고정하여 사용하였다.

Fig. 4 대기압 플라즈마 전극은 공정 가스로 Air 및  $N_2$ 를 사용한다. Air의 한가지 구성 성분인  $O_2$ 는 DBD 전극의 플라즈마 방전에 의하여 O 라디칼을 형성하게 되고 형성된 라디칼은  $O_3$ ,  $CO_2$  등 다양한 화합물을 생성한다. 이와 같이 형성된 화합물은 패키지 기판 표면의 분자와 결합함으로써 표면을 친수성으로 개질한다. 따라서 대기압 플라즈마 처리에 있어 Air의 양을 조절함으로써 표면 개질의 효과

를 제어할 수 있다. N<sub>2</sub>는 반응 가스로 작용하지는 않지만 플라즈마 방전의 안정성 증대 및 방전 전압을 낮추는 역할을 한다. 본 연구에서는 N<sub>2</sub>의 양을 600l/min으로 고정시킨 상태에서 Air의 양을 조절해 가면서 기판 표면의 접촉각 변화를 측정하였다. Air의 양을 4.8l/min에서 0.3l/min 까지 5단계로 구분하여 접촉각을 측정하였다. 각 가스 비율에 따른 접촉각은 1장의 기판에 대하여 기판 상면 및 하면에 각각 5개씩의 총 10개의 위치에 대하여 측정하였다. 이때 기판의 이송 속도는 20mm/sec로 고정하였다. Fig. 7은 이상과 같은 방법으로 측정된 접촉각 결과이다. 측정 결과 접촉각은 Air의 양이 1.2l/min 수준에서 평균 32°로 최소가 되었다. 1.2l/min 이상 또는 1.2l/min 이하의 Air 양에 대해서는 접촉각이 증가하였다. 이는 O<sub>2</sub> 양을 증가시킴으로써 O 라디칼의 양이 증가하여 표면의 친수성 개질 효과가 증대하지만 일정량 이상의 O<sub>2</sub>에 대해서는 기판 표면에 비반응성 O<sub>2</sub> 층을 형성하여 표면 개질 효과를 감소시키기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 N<sub>2</sub>:Air의 비율을 600:1.2으로 선택하였다.

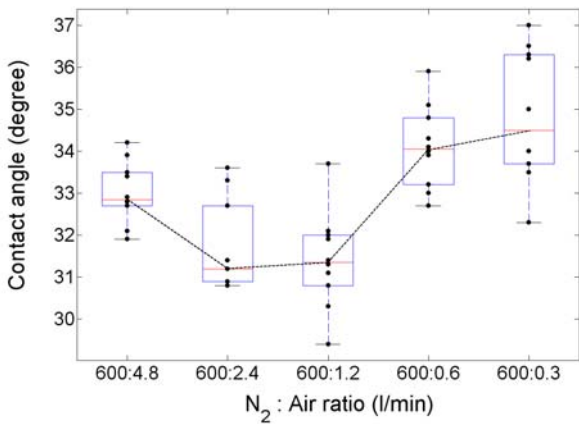


Figure 7. Effect of gas mixture ratio measured by contact angle (transferring speed = 20mm/sec).

Fig. 8은 기판 이송 속도 변화에 따른 접촉각의 변화를 측정된 결과이다. 각 이송 속도에 따라 기판 1장에 대하여 기판 상면 및 하면에 각각 5개씩 총10개의 위치에 대하여 측정하였다. 먼저 대기압 플라즈마를 처리하지 않은 경우 절연 필름 표면의 접촉각은 평균 71°로 측정되었다. 대기압 플라즈마 처리 후 표면 접촉각을 측정하기 위하여 기판 이송 속도는 대기압 플라즈마 장비의 생산성을 고려하여

30, 25, 20mm/sec의 3단계로 변경하였다. 각각의 이송 속도에 대한 평균 접촉각은 36°, 33°, 32°로 점차 낮아지는 것으로 측정되었다. 모든 경우에 대하여 대기압 플라즈마 미처리 표면의 접촉각 71°에 비하여 접촉각이 크게 감소한 것을 확인할 수 있다.

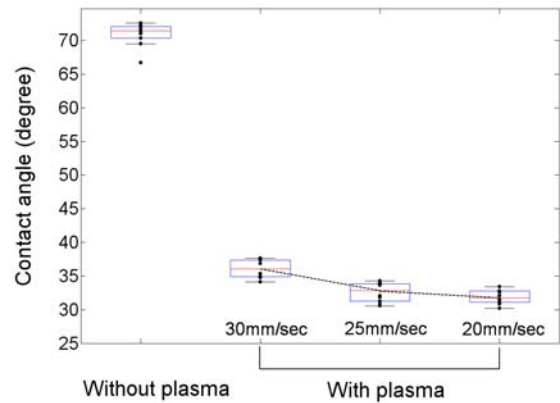


Figure 8. Effect of transferring speed measured by contact angle (N<sub>2</sub>:Air = 600:1.2l/min).

Fig. 9은 대기압 플라즈마 처리 후 일정 시간이 경과한 후에 기판 표면의 접촉각을 측정된 결과이다. 실제 제조 공정에서 드릴 공정 후 습식 디스미어 공정 진행까지의 시간은 짧게는 수십분에서 길게는 수일이 소요된다. 이는 제조 라인 각 단위 공정의 재공(stock) 상황에 따른 것이다. 따라서 Fig. 9 실험에서는 대기압 플라즈마 처리 후 20분에서 168시간까지의 경우에 대하여 표면 접촉각의 변화를 측정하였다. 대기압 플라즈마 처리 직후 대비 168시간 경과

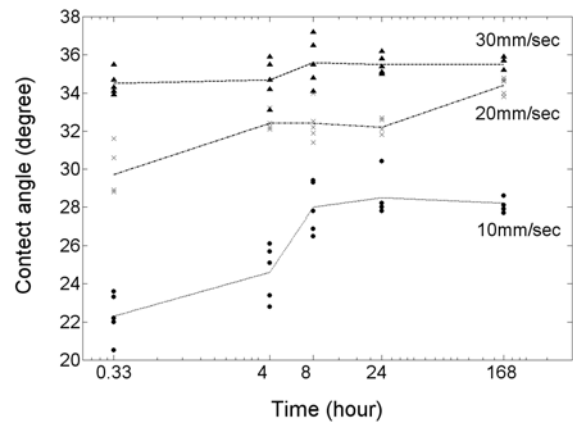


Figure 9. Aging effect measured by contact angle (N<sub>2</sub>:Air = 600:1.2l/min).

후의 접촉각 증가량은 이송 속도 10mm/sec의 경우 26%, 20mm/sec의 경우 16%, 30mm/sec의 경우 3%로 측정되었다. 따라서 처리 속도가 낮을수록 시간 경과에 따른 대기압 플라즈마 처리 효과는 큰 비율로 감소함을 알 수 있다. 이상과 같은 결과로부터 대기압 플라즈마를 실제 제조 공정에 적용함에 있어 표면 접촉각을 낮추기 위해 기판 이송 속도를 일정한 속도 이하로 낮추는 것은 효과가 미미함을 알 수 있다.

## 2. 공정 특성 측정 실험

대기압 플라즈마 처리된 패키지 기판의 공정 특성을 평가하기 위하여 습식 디스미어 공정 후 Fig. 10와 같은 3가지 항목에 대한 측정을 수행하였다. 측정 방법은 대기압 플라즈마 처리 기판과 미처리 기판의 공정 특성을 비교하는 것으로 하였으며, 대기압 플라즈마 처리 경우에는 기판 이송 속도를 3단계로 나누어 별도 측정 하였다. 또한 조건별로 3장의 기판에 대하여 각각 25개 위치에 대해 공정 특성을 측정하였다. 각 공정 특성에 대해서는 습식 디스미어 처리 전에 값을 측정 후 습식 디스미어 공정 후에 동일한 값을 측정하여 그 증가량을 기록하는 것으로 하였다.

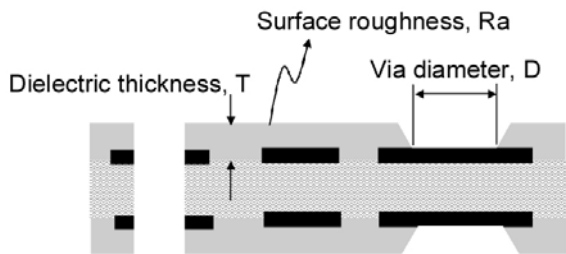


Figure 10. Measurements of process characteristics.

Fig. 10에서 절연 필름 두께(T)에 따라 패키지 기판의 전기적 특성이 변화하게 된다. 절연 필름은 습식 디스미어 공정에서 과망간산에 의해서 일정량 에칭된다. 대기압 플라즈마 처리는 절연 필름의 표면 에너지를 증가시키는 특징이 있으므로 습식 디스미어 공정의 에칭량에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 대기압 플라즈마 처리 유무에 따른 습식 디스미어 공정 전후의 절연 필름 두께 감소량을 측정할 필요가 있다.(Fig. 11) 측정 결과 절연 필름 두께 감소량은 대기압 플라즈마 미처리 경우 2.2 $\mu\text{m}$ , 대기압 플라즈마

처리 경우 2.3 $\mu\text{m}$ 로서 유의차가 없었다. 또한 대기압 플라즈마 처리 속도에 대해서도 두께 감소량의 유의차는 측정되지 않았다. 한편, 기판 전면에 대한 절연 필름 두께 감소량의 균일도(uniformity)는 대기압 플라즈마 미처리 경우 164%, 대기압 플라즈마 처리 경우 97%로서 대기압 플라즈마 처리의 경우 균일도가 크게 향상되는 것으로 측정되었다. 여기서 균일도는 측정된 75개의 접촉각 중 최대값에서 최소값을 뺀 후 접촉각의 평균으로 나누는 방법을 사용하였다.

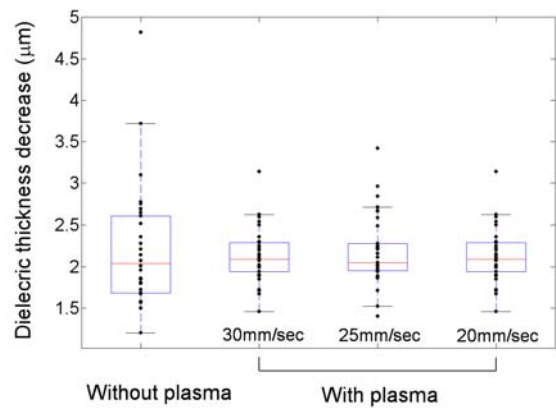


Figure 11. Dielectric film thickness decrease measurement ( $\text{N}_2:\text{Air} = 600:1.2\text{l/min}$ ).

습식 디스미어 공정 전후하여 Fig. 9 비관통 구멍의 바닥 지름(D)은 과망간산 에칭에 의하여 증가하게 된다. Fig. 12은 비관통 구멍의 바닥 지름 증가량을 측정된 결과이다. 측정 결과 바닥 지름 증가량은 대기압 플라즈마 미처리 경우 6.0 $\mu\text{m}$ , 대기압 플라즈마 처리 경우 6.6 $\mu\text{m}$ 로서 소폭 증가 하였다. 한편, 기판 전면에 대한 비관통 구멍 바닥 지름 증가의 균일도는 대기압 플라즈마 미처리 경우 81%, 대기압 플라즈마 처리 경우 47%로서 대기압 플라즈마 처리의 경우 균일도가 크게 향상되었다.

습식 디스미어 공정의 역할은 과망간산 에칭에 의한 스미어의 제거 및 절연 필름 표면에 적절한 조도를 형성하여 Cu 도금층의 밀착력을 향상시키는 것이다. 따라서 습식 디스미어 공정 전후에 절연층 필름의 표면 조도(Ra) 변화를 측정할 필요가 있다. Fig. 13는 이와 같은 방법으로 측정된 절연 필름 표면의 조도 증가량이다. 먼저 평균값은 대기압 플라즈마 미처리 경우 0.37 $\mu\text{m}$  대기압 플라즈마 처리의 경우는 0.39 $\mu\text{m}$ 로서 차이가 미미하였다. 그러나 표면 조도



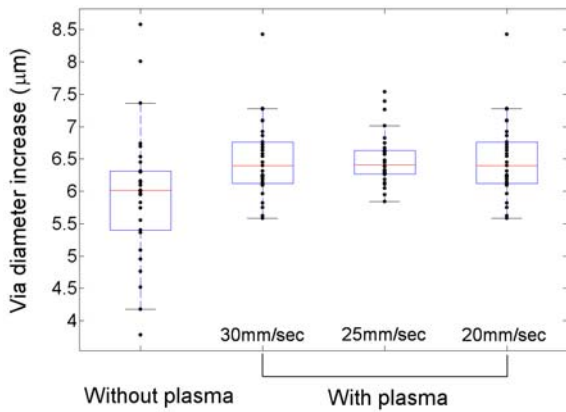


Figure 12. Via diameter increase measurement ( $N_2$ : Air=600:1.2l/min).

증가량의 기판 전면에서의 균일도는 대기압 플라즈마 미처리 102% 대비 처리 경우 29%로 크게 향상된 것으로 측정되었다.

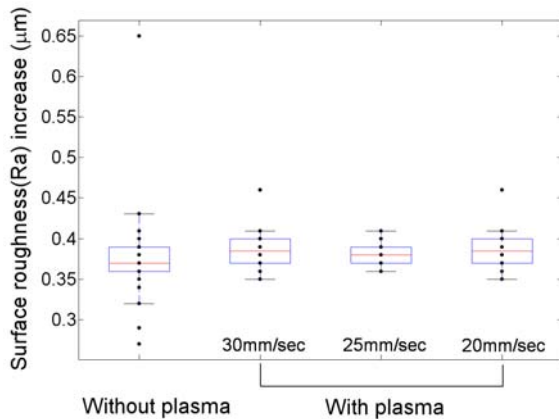
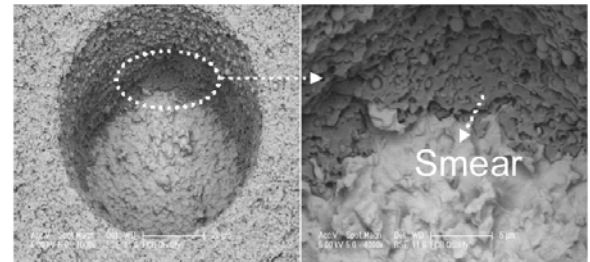


Figure 13. Surface roughness increase measurement ( $N_2$ : Air = 600:1.2l/min).

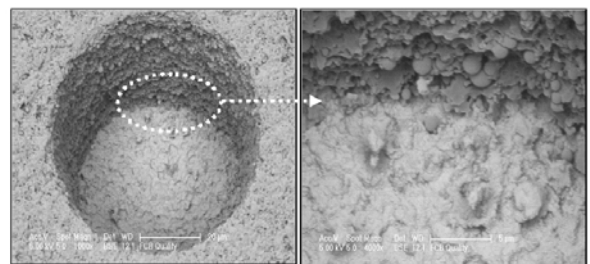
이상의 측정 결과로부터 대기압 플라즈마 처리 유무에 따른 습식 디스미어 공정의 특성에 대하여 다음과 같이 평가할 수 있다. 먼저, 절연 필름 두께 감소, 비관통 구멍 바닥 지름 증가, 절연 필름 표면 조도 증가의 평균값은 대기압 플라즈마 처리 유무에 무관한 것으로 평가된다. 이에 반하여 3가지 측정 항목 모두에 대해 기판 전면의 균일도는 대기압 플라즈마 처리 경우가 크게 향상된 것으로 평가된다. 이와 같은 결과는 습식 디스미어 공정의 특성이 절연층 표면 에너지 값에 크게 영향을 받으며 대기압 플라즈마 처리 경우 절연층 표면 에너지가 높아짐과 동시에 그 분포가

균일하게 형성될 것이라는 추정을 가능하게 한다.

최종적으로 대기압 플라즈마를 적용한 경우 습식 디스미어 공정의 스미어 제거 능력을 평가하기 위하여 비관통 드릴 가공 구멍에 대한 SEM 사진 측정을 수행하였다. 이때 사용한 대기압 플라즈마의 조건은 전원공급장치 전압 12kV, 기판-전극 간격 2mm,  $N_2$ :Air=600:1.2l/min, 기판 이송 속도 30mm/sec 이다. Fig. 14(a)은 대기압 플라즈마를 처리하지 않은 상태에서 습식 디스미어 공정을 진행한 경우 드릴 구멍의 SEM 사진이다. 이 경우 주로 구멍 바닥의 모서리 부위에서 스미어가 제거되지 않고 남아 있음을 확인할 수 있다. 이에 반하여 대기압 플라즈마를 처리한 후 습식 디스미어 공정을 진행하는 경우는 Fig. 14(b)와 같이 동일한 위치에서 스미어가 제거되어 있는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 결과는 대기압 플라즈마를 처리함으로써 접촉각 기준으로  $71^\circ$  정도의 소수성 표면이  $30^\circ$  수준의 친수성 표면으로 개질되어 습식 디스미어 공정에서 약품액이 드릴 구멍 내부로 쉽게 침투하기 때문으로 추정된다.



(a) Without plasma



(b) With plasma

Figure 14. Via hole condition after wet desmear process (SEM image).

## V. 결 론

본 연구에서는 패키지 기판용 습식 디스미어 공정의 디

스미어 제거 능력을 향상시키기 위해서 대기압 플라즈마 처리를 적용하고자 하였다. 드릴 구멍의 크기가 미세해짐에 따라 습식 디스미어 공정만으로는 스미어가 완전히 제거되지 못하는 문제가 발생하고 있는데 이는 디스미어 약품액이 미세한 드릴 구멍 내부로 침투하지 못하기 때문으로 추정된다.

이와 같은 문제점을 개선하기 위하여 패키지 기판에 도포되어 있는 절연 필름의 표면 에너지 수준을 대기압 플라즈마 처리를 통하여 높이고자 하였다. 본 연구에서 사용한 대기압 플라즈마 장비는 리모트 DBD 방식의 전극을 장착하여 패넬을 인라인 형태로 수평 이송시키면서 패넬 상하면에 설치된 2개의 전극이 플라즈마 처리를 하는 것으로 구성되어 있다.

대기압 플라즈마의 표면 개질 효과는 플라즈마 조건에 따른 절연 필름의 접촉각을 측정함으로써 실험적으로 평가하였다. 실험 결과 가스 혼합 비율은  $N_2:Air=600:1.2l/min$  조건에서 가장 우수한 것으로 평가되었다. 이 조건에서 대기압 플라즈마를 처리함으로써 접촉각 기준으로  $71^\circ$  정도의 소수성 표면을  $30^\circ$  수준의 친수성 표면으로 개질할 수 있었다. 또한 대기압 플라즈마 처리 후 시간 경과에 따른 절연 필름의 접촉각 증가 수준은 기판 이송 속도  $30mm/sec$ 에서 168시간 경과 후 3% 정도이며, 이송 속도가 느릴수록 접촉각이 큰 비율로 증가하는 것으로 평가되었다.

습식 디스미어 공정의 직전 단계에 적용된 대기압 플라즈마 처리의 효과를 측정하기 위하여 습식 디스미어 공정 전후의 절연 필름 두께, 구멍 지름 및 표면 조도를 측정하였다. 측정 결과 대기압 플라즈마 처리 유무의 효과는 평균 값에서는 유의차가 없었다. 그러나 기판 전면에서의 균일도는 대기압 플라즈마를 처리함으로써 큰 폭으로 개선되는 결과를 확인하였다. 최종적으로 습식 디스미어 공정 진행 후 촬영한 드릴 구멍의 SEM 사진으로부터 드릴 구멍 바닥의 모서리 부분에 잔존하는 스미어가 대기압 플라즈마 처

리를 함으로써 효과적으로 제거되는 경향을 확인 하였다.

## 참고문헌

- [1] L. Yang, J. B. Bernstein, and K. C. Leong, IEEE Transactions on Electronics Packing Manufacturing **25**, 91 (2002).
- [2] S. Luo and C. P. Wong, IEEE Transactions on Electronics Packing Manufacturing **26**, 345 (2003).
- [3] H. S. Uhm, Journal of the Korean Vacuum Society **15**, 117 (2006).
- [4] T. Yamamoto, J. R. Newsome, and D. S. Ensor, IEEE Transactions on Industry Applications **31**, 494 (1995).
- [5] M. C. Kima, S. H. Yanga, J. -H. Boob, and J.G. Hanb, Surface & Coating Technology **174**, 839 (2003).
- [6] C. Lee, S. Lee, and B. Kim, Transactions of the KSME A **32**, 354 (2008).
- [7] S. J. Lee, H. S. Shin, J. W. Suk, G. W. Jang, and Y. H. Baek, Journal of the Korean Vacuum Society **18**, 1 (2009).
- [8] K. S. Lee and S. J. Ryu, Journal of the Semiconductor & Display Equipment Technology **8**, 15 (2009).
- [9] D. Linaschke, M. Leistner, P. Grabau, and G. Mader, IEEE Transactions on Plasma Science **37**, 979 (2009).
- [10] G.-K. Kim, Journal of the Electronics Engineers of Korea **45**, 333 (2008).



## **Process Characteristics of Atmospheric Pressure Plasma for Package Substrate Desmear Process**

Sun Joong Ryu\*

*Advanced Technology Team, Samsung Electro-Mechanics Co. LTD., Yeongi-Gun 339-702*

(Received July 24, 2009, Revised September 14, 2009, Accepted September 14, 2009)

When the drill hole diameter for the package substrate is under 100 $\mu$ m, the smear in the drill hole cannot be eliminated by wet desmear process only. We intended to change the substrate's hydrophobic characteristics to hydrophilic characteristics by adapting the atmospheric pressure plasma prior to the wet desmear process. Atmospheric pressure plasma process was made as the inline type equipment which is adequate for the package substrate's manufacturing process and remote DBD type electrodes were used for the equipment. As the result of atmospheric pressure plasma processing, the contact angle of the substrate was enhanced from 71 degree to 30 degree. Dielectric film thickness, drill hole diameter and surface roughness were measured to evaluated the characteristics of the wet desmear process in case of plasma processing and in case of none. By the measurement, it was analyzed that the process uniformity within the whole panel was largely enhanced. Also, it was verified that the smear in the drill hole was eliminated efficiently which was analyzed by the SEM image of the drill hole.

Keywords : Package substrate, Desmear process, Atmospheric pressure plasma, Contact angle

\* [E-mail] sjryu70@yahoo.co.kr