

UV 장비 및 대기압 플라즈마 장비를 이용한 PCB 표면 처리 효과 비교

유선중*

삼성전기 기관선행개발팀

Comparison of PCB Surface Treatment Effect Using UV Equipment and Atmospheric Pressure Plasma Equipment

Sun Joong Ryu*

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

(2009년 8월 24일 접수: 2009년 9월 21일 게재확정)

초 록: PCB 표면 개질 및 세정에 있어서 저압 수은 램프를 이용한 UV 장비가 널리 사용되어왔다. 본 연구에서는 공정의 생산성을 향상 시키기 위하여 기존 UV 장비를 대체하여 리모트 DBD 방식의 대기압 플라즈마 장비를 새로이 개발하였다. 두 장비의 생산성 비교는 처리 시간 증가에 따른 표면 접촉각의 변화를 측정함으로써 정량적으로 비교할 수 있었다. 측정 결과 대기압 플라즈마 장비의 생산성이 UV 장비에 비하여 매우 우수한 것으로 확인 되었다. 또한 XPS를 이용한 표면 조성 측정 결과 동일한 접촉각 수준에서 UV 및 대기압 처리의 효과는 유사한 것으로 파악되었다. 즉, 유기 오염 수준이 감소되었으며 표면 일부 표면 원소가 산화되었다. 최종적으로 대기압 플라즈마를 BGA 제조의 플릭스 도포 공정에 적용하였는데, 대기압 플라즈마를 처리함으로써 도포 공정의 균일도가 향상되는 결과를 얻을 수 있었다.

Abstract: Low pressure mercury lamp type UV equipments have been widely used for cleaning and modification of PCB surfaces. To enhance the productivity of the process, we newly developed remote DBD type atmospheric pressure plasma equipment. The productivity of both equipments could be compared by measuring surface contact angle for various transferring speed. By the result of the measurement, we could verify that the productivity of the atmospheric pressure plasma be superior to the productivity of the UV equipment. XPS experiments confirmed that the surface effect of the UV and atmospheric pressure plasma processing are similar for each other. Organic contamination level was reduced after the processing and some surface elements were oxidized for both cases. Finally, the atmospheric pressure plasma equipment was adapted to flip chip BGA's flux printing process and it was concluded that the printing uniformity be enhanced by the atmospheric pressure plasma surface treatment.

Keywords: UV, atmospheric pressure plasma, DBD, contact angle, XPS

1. 서 론

PCB(printed circuit board)의 제조 공정은 다양한 종류의 약품을 사용하는 습식 공정(wet procece), 도금 공정(plating process), 도포 공정(printing process) 등으로 구성되어 있다. 일반적으로 이러한 공정을 원활하게 진행하기 위해서는 피처리 기판의 표면장력을 적절한 수준으로 유지하는 것이 매우 중요하다. 이러한 목적으로 습식 공정, 도금 공정 및 도포 공정의 전처리 공정으로서 UV 장비가 활용되어 왔다. UV 장비는 저압 수은 램프에서 발생하는 자외선을 이용하여 공기 중의 O₂를 해리하여 O₃ 및 O 라디칼을 생성한 후 이를 이용하여 피처리 기판의 표면을 세정하거나 개질한다.

최근 들어 이와 같은 목적으로 기존의 UV 장비를 대체

하여 대기압 플라즈마 장비를 활용하려는 시도가 양산 제조 공정에서 진행되고 있다. 대기압 플라즈마를 사용하는 경우 UV 장비와 같이 PCB 제조 공정에 적합한 인라인 형태의 장비 구성이 가능하며 또한 UV 장비에 비하여 램프 교체 등 유지 비용이 저렴하다는 장점이 있다.¹⁾ PCB 기판과 같은 대면적 기판을 균일하게 처리하기 위해서는 DBD(dielectric barrier discharge) 방식의 대기압 플라즈마 장비가 이용된다. 본 연구에서는 DBD 방식의 문체점인 스트리머에 의한 기판 손상을 최소화하기 위하여 리모트 DBD 방식의 전극을 개발하였으며 이를 이용하여 인라인 방식의 장비를 구성하였다.

개발된 대기압 플라즈마 장비의 PCB 표면 처리 성능을 기존의 UV 장비와 비교하기 위하여 PCB의 일종인 플립칩 BGA 기판을 대상으로 실험을 수행하였다. 먼저, 두

*Corresponding author

E-mail: sjryu70@yahoo.co.kr

장비의 생산성을 비교 하기 위하여 처리 시간에 따른 표면 접촉각의 변화를 측정하였다. 또한 처리 후 시간 경과에 따른 접촉각 증가 현상을 두 장비에 대하여 비교 측정하였다.²⁾ 다음으로 UV 및 대기압 플라즈마 처리에 따른 표면 조성의 변화를 측정하기 위하여 XPS(x-ray photoelectron microscopy) 측정 장비를 이용하였다. UV 및 대기압 플라즈마 처리 전후의 XPS 측정 결과로부터 각각의 처리에 따른 기판 표면 조성의 변화를 확인할 수 있다. 또한 각각의 처리에 따른 표면 조도의 변화는 처리 전후 표면의 SEM 사진을 통하여 비교 확인하였다.^{3,4)} 이상의 실험으로부터 대기압 플라즈마 장비를 이용하여 PCB 표면을 처리하는 경우 표면 조성의 변화는 UV 장비와 동일한 효과를 얻으면서 표면 처리의 생산성은 크게 증대시킬 수 있음을 확인할 수 있었다. 최종적으로 개발된 대기압 플라즈마 장비를 플립칩 BGA 기판의 플럭스 프린팅 공정에 적용하였다. 실험 결과 플럭스 프린팅 공정 전에 대기압 플라즈마를 처리하여 표면을 친수성 개질함으로써 플럭스가 기판 전면에 균일하게 도포되는 결과를 확인하였다.⁵⁾

2. UV 장비 및 대기압 플라즈마 장비

PCB 제조 공정에 있어 습식 공정, 도금 공정, 도포 공정 등의 전처리 목적으로 UV 장비가 일반적으로 사용되어 왔다. UV 장비는 UV 램프에서 발생하는 자외선을 이용하여 금속, 폴리머 등의 표면을 세정하거나 개질하는데 사용되는 장비이다. Fig. 1(a)는 UV 장비의 구조 및 세정, 개질 메커니즘을 표현한 그림이다. 표면 개질 및 세정 용도의 UV 장비에는 보통 저압 수은 램프가 활용된다. 저압 수은 램프는 투명한 석영관 좌우에 텅스텐 전극이 있고 석영관 내부에 수은 및 불활성가스를 주입하여 밀봉되는 구조로 이루어져 있다. 전극 양단에 전압을 인가하면 자외선이 발생하는데, 저압의 수은 상태에서 발생하는 자외선의 주요 파장은 184.9 nm 및 253.7 nm이다. 184.9 nm 파장의 자외선은 공기 중 O_2 를 해리하여 O_3 을 발생시키는 것으로 알려져 있다. 이때 생성된 O_3 이 강산화제로 작용하여 기판 표면의 유기 오염물을 세정하는 역할을 한다. 또한 184.9 nm 파장의 자외선은 154.7 kcal/mol의 에너지를 가지고 있으므로 결합에너지가 이 값보다 낮은 단일 결합 유기물(C-C, C-O, C-H, C-N)을 효과적으로 분해할 수 있다. 한편 253.7 nm 파장의 자외선은 O_3 을 분해하여 O 라디칼을 발생 시키는데, 발생된 O 라디칼은 기판 표면의 수분과 반응하여 강산화제인 OH 라디칼을 생성하여 표면의 세정 및 개질 역할을 한다.⁶⁾ Fig. 1(b)는 본 연구에서 사용한 저압 수은 램프 방식의 UV 장비 사진이다. 장비의 상부에는 다수의 저압 수은 램프가 병렬로 장착되어 있으며 피처리 기판은 장비 내부로 투입되어 일정 시간 자외선 처리 후 다시 배출되는 구조로 되어 있다. 또한 자외선 처리 시 발생하는 오존을 처리하기 위

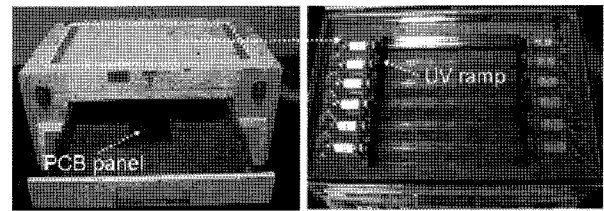
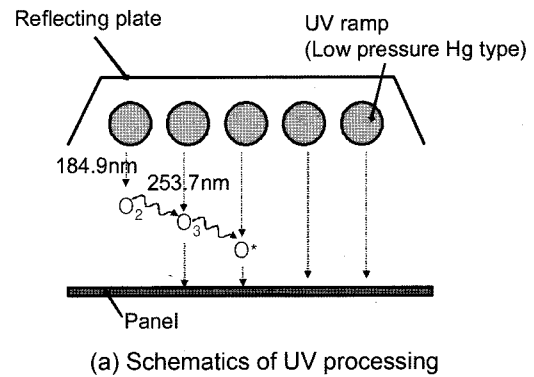
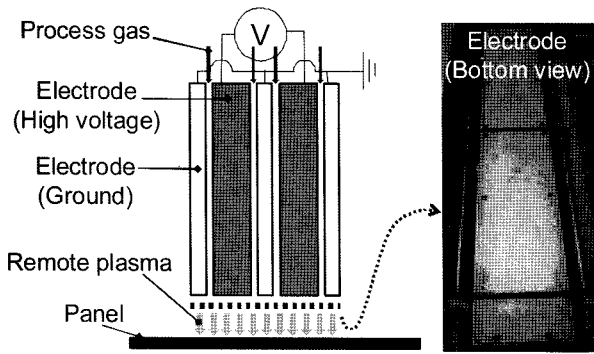


Fig. 1. UV equipment

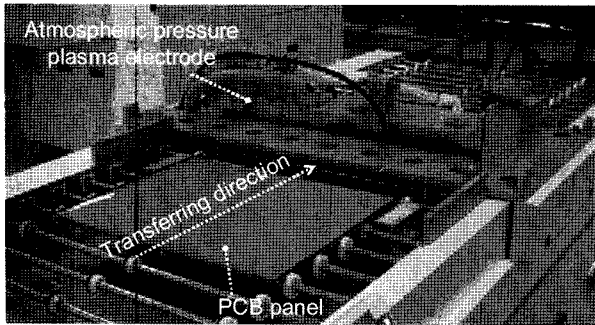
하여 장비 내부의 공기를 집진 하여 외부로 배출하는 부대 장치가 설치되어 있다. Fig. 1(b)의 UV 장비는 배치 형태(batch type)로 구성되어 있으나, 실제 제조 공정에 사용되는 UV 장비는 전후 공정의 연결을 고려하여 인라인 형태(in-line type)로 제작되는 경우가 많다.

본 연구에서는 PCB 표면 처리에 있어 기존에 사용되던 UV 장비를 대체하여 대기압 플라즈마 장비를 개발하고 이의 표면 처리 효과를 비교하고자 하는 것이다. 대기압 플라즈마 장비를 PCB 표면 처리에 적용함에 있어 기술적으로 문제가 되는 것은 스트리머(streamer) 현상 및 아킹(arching) 현상에 의한 PCB 표면 손상의 문제이다. 대기압 플라즈마 방전은 진공 상태의 글로우 방전과 다르게 스트리머라 불리는 미세 플라즈마가 100 nm 이하 영역에서 집중하여 발생하는 특성을 가지고 있다. 그러나, 스트리머 형태의 방전은 안정성면에서 취약하여 쉽게 아크 방전으로 전이되며 이에 의해 피처리물의 표면이 손상을 받을 수 있다. 특히, 피처리물 표면에 도체가 존재하는 경우 아크가 쉽게 발생하는 것으로 알려져 있다.⁷⁾ PCB 표면에는 일반적으로 도체로 이루어진 회로 배선이 형성되어 있어 대기압 플라즈마를 직접 적용하는 데에는 한계가 있다.

이와 같은 기술적 문제를 극복하기 위하여 본 연구에서는 Fig. 2(a)와 같은 리모트 DBD 방식 대기압 플라즈마 전극을 개발하였다. DBD 방식 대기압 플라즈마 전극의 구조적 특징은 금속 전극의 한쪽 또는 양쪽에 Al_2O_3 와 같은 세라믹 계열의 유전체가 코팅되어 있다는 것이다. 이와 같은 구조를 채택함으로써 플라즈마가 아킹으로 전이되는 것을 방지하고 안정적인 글로우 방전 상태가 유지되도록 할 수 있다. 또한 전극 구조적으로는 리모트 플라즈마(remote plasma) 방식을 적용하였다. 일반적



(a) Remote DBD electrode



(b) Inline type atmospheric pressure plasma equipment

Fig. 2. Atmospheric pressure plasma equipment

인 DBD 방식 전극을 이용하여 평판디스플레이 등의 대면적 기판을 처리할 때는 기판을 전극 사이에 위치시키고 플라즈마에 직접 노출시키는 방법을 사용한다. 그러나 PCB의 경우 그 표면에 도체 및 부도체가 혼재되어 있어 플라즈마에 직접 노출시킬 경우 스트리머에 의해 표면이 손상될 수 있다. 따라서 Fig. 2(a)와 같이 전극 사이에서 형성된 플라즈마를 외부 기체의 흐름을 이용하여 전극 외부로 이동시킨 후 기판에 간접 분사하는 방법을 채택하였다. 이와 같은 방법을 사용함으로써 회로 패턴의 손상을 최소화 할수 있다.

한편 전극 내부에서 발생한 플라즈마를 균일하게 대면적 기판 전면에 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.

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 13.56 MHz RF 방식을 사용하고 있다.

Fig. 2(b)는 Fig. 2(a)의 전극을 이용하여 제작된 대기압 플라즈마 장비의 사진이다. 400x500 mm 크기의 PCB 기판이 롤러에 의해 수평 방향으로 이동되며 진행 방향의 상하에 각각 설치된 2개의 전극이 기판의 상하면을 순차적으로 플라즈마 처리한다. PCB 제조 공정의 대부분 장비 구성이 롤러를 사용하여 기판을 이송하는 인라인 형태임을 고려할 때 Fig. 2(b)와 같은 구성의 대기압 플라즈마 장비는 기존 장비들과 인라인으로 연결할 수 있는 장점이 있다.

3. PCB 표면 처리 효과

3.1. 접촉각 비교 측정

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. 접촉각은 고체 표면의 친수성 정도를 정량적으로 확인할 수 있는 척도로서 접촉각이 낮다는 것은 고체의 표면이 높은 친수성을 또는 높은 표면에너지 값을 가지고 있음을 의미한다. 본 연구에서는 표면 세정 및 개질 효과를 정량적으로 비교 측정하기 위하여 UV 장비 및 대기압 플라즈마 장비로 처리된 PCB 표면의 접촉각을 각각 측정하였다.

Fig. 3은 피처리 PCB 기판의 사진이다. 플립칩 BGA는 PCB의 한가지 종류로서 반도체칩과 주기판을 전기적으로 연결해 주는 부품이다. 플립칩 BGA 표면은 두가지 영역으로 구분된다. Fig. 3에서 영역1은 솔더리지스트(solder resist)로 도포된 영역이다. 솔더리지스트는 PCB 기판 내부의 회로 배선의 절연층 역할 및 외부 이물질로부터의 보호 역할을 한다. 솔더리지스트의 성분은 에폭시 수지 기반에 광경화 수지 및 평활제(leveller) 등의 여러 가지 종류의 첨가제가 혼합되어 있는 것이 일반적이다. 한편 영역2는 솔더리지스트 및 범프가 혼합되어 있는 영역이다. 범프는 반도체칩과 플립칩 BGA를 전기적으로 연결해주는 역할을 하며 지름 100 μm 이하의 반원형 돌출

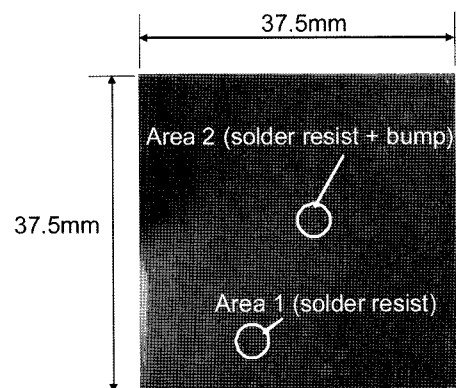


Fig. 3. Flip Chip BGA

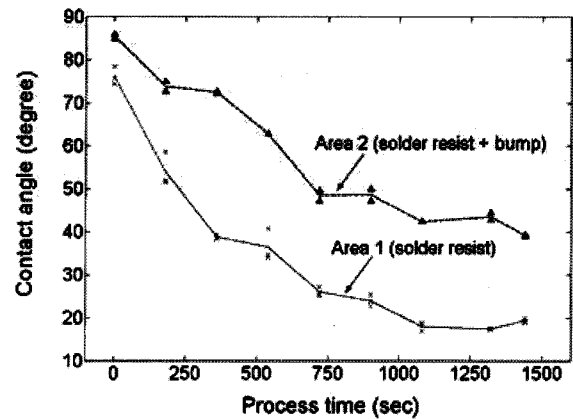
구조로 이루어져 있다. 범프의 주성분은 Sn-Pb이다. PCB 표면의 접촉각 측정은 영역1 및 영역2에 대하여 각각 진행되었다.

Fig. 4는 UV 장비와 대기압 플라즈마 장비로 처리된 PCB 표면 접촉각을 처리 시간에 따라 측정한 값을 도시한 것이다. 각 처리 시간에 따른 접촉각은 3개의 위치에서 측정한 접촉각의 평균치를 이용하였다. 대기압 플라즈마 장비의 처리 시간은 기판 진행 방향의 유효 플라즈마 전극 폭과 기판 이송속도로부터 환산된 값을 이용하였다. 처리 시간에 따른 접촉각을 측정한 목적은 UV 장비와 대기압 플라즈마 장비의 표면 처리 생산성을 비교하기 위한 것이다.

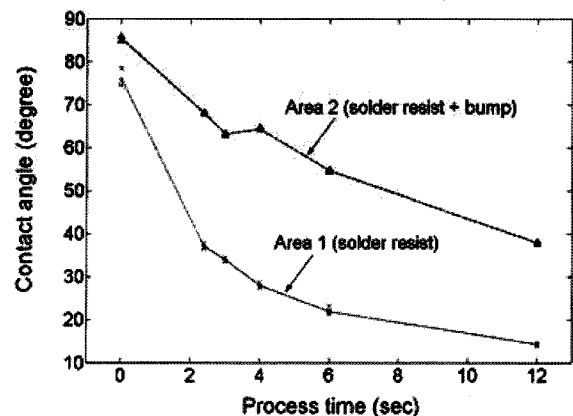
한편, UV 및 대기압 플라즈마로 처리된 기판 표면의 접촉각은 기판 이송속도 이외에 기판과 UV램프 또는 플라즈마 전극 간의 간격 및 각 장비의 전원 공급 장치의 출력에 따라서는 영향을 받는다. 본 연구에서는 PCB 제조 공정에서 경험적으로 사용되고 있는 간격 및 출력을 사용하였다. UV장비의 경우 기판과 UV램프의 간격은 10 mm로 유지하였으며 전원 공급 장치의 출력은 양면 기준 2.4 KW로 하여 실험을 진행하였다. 한편 대기압 플라즈마 장비의 경우 기판 및 플라즈마 전극의 간격은 3 mm, 전원 공급 장치의 출력은 12 KW로 하여 실험을 진행하였다.

UV 장비로 측정된 PCB 표면 접촉각은 초기 접촉각 75~85도 수준에서 처리 시간 증가에 따라 지속적으로 감소함을 알 수 있다.(Fig. 4(a)) 접촉각의 감소 경향은 처리 시간 기준으로 750초 이하에서 급격하게 진행되며 750초 이상에서는 처리 시간 증가에 따른 접촉각의 감소가 거의 없는 것을 확인할 수 있다. 영역1은 처리 시간 증가에 따라 접촉각이 20도 수준까지 감소되며 영역2의 경우는 40도 수준까지 감소하였다. 이에 비교하여 Fig. 4(b)는 대기압 플라즈마로 처리한 PCB 표면 접촉각을 처리 시간에 따라 측정한 결과이다. 접촉각의 측정은 처리 시간 기준 0~12초 사이에서 진행되었으며 12초 처리 시 접촉각은 각각 영역1의 경우 15도, 영역2의 경우 40도 수준이다. 처리 시간 기준 6초 이상에서는 접촉각의 감소 경향이 현저하게 줄어드는 것을 알 수 있는데 이는 UV 장비로 처리한 경우와 유사한 결과이다.

Fig. 4(a)와 (b)의 결과로부터 알 수 있는 분명한 차이는 접촉각 기준으로 측정된 대기압 플라즈마 처리의 생산성이 UV 처리 경우보다 매우 높다는 것이다. 접촉각 50도를 기준으로 할 때 UV 장비로 처리할 경우 영역1의 경우는 250초, 영역2의 경우는 750초 이상을 처리하여야 함을 알 수 있다. 그러나, 대기압 플라즈마 처리의 경우 접촉각 50도 수준을 만족시키기 위한 처리 시간은 영역1의 경우 2초, 영역2의 경우도 10초에 불과하다. UV 장비의 경우 Fig. 1(b)에서 저압 수은 램프의 개수를 증가 시킴으로써 생산성을 향상시킬 수 있으나 이는 UV 장비의 크기가 매우 커져야함을 의미한다. 최근 저압 수은 램프의 이상과 같은 기판 이송속도 한계를 극복하기 위하여 저



(a) UV equipment



(b) Atmospheric pressure plasma equipment

Fig. 4. Contact angle measurement for processing time increase

압 수은 램프를 대신하여 엑시머 UV 램프를 사용한 UV 장비가 개발되고 있으나 램프 가격이 매우 고가라는 단점이 있다. 이상의 결과로부터 접촉각 기준으로 측정된 PCB 표면 처리의 생산성은 대기압 플라즈마 장비가 UV 장비에 비하여 매우 우수하다고 결론 내릴 수 있다.

Fig. 5는 UV 장비 및 대기압 플라즈마 장비 처리 후 일정 시간이 경과한 후에 PCB 표면의 접촉각을 측정한 결과이다. UV 및 대기압 플라즈마로 처리된 친수성의 기판 표면은 공기 노출 시 시간 경과에 따라 점차 소수성으로 변하게 되는데 이는 소수성 복귀(hydrophobic recovery) 현상으로 알려져 있다. 이러한 현상은 공기 중에 노출된 PCB 표면이 재오염 되거나 또는 표면에 형성된 극성의 작용기가 재배열 되기 때문이다. 소수성 복귀 현상이 중요한 이유는 실제 제조 공정에서 단위 공정 간의 지체 시간이 짧게는 수십분에서 길게는 수일까지 소요되기 때문이다. 이는 제조 라인 각 단위 공정의 재공(stock) 상황에 따른 것이다. 따라서 Fig. 5 실험에서는 UV 및 대기압 플라즈마 장비로 처리 직후부터 7일까지의 경우에 대하여 공기 중에 노출된 PCB 표면 접촉각의 변화를 측정하였다. 각 경과 시간에 따른 접촉각은 Fig. 3 영역1에 대하여 3개의 위치에서 접촉각을 이용하여 평균치를 기록하는 것으로 하였다. UV 장비로 처리한 경우 초기 접촉각 26

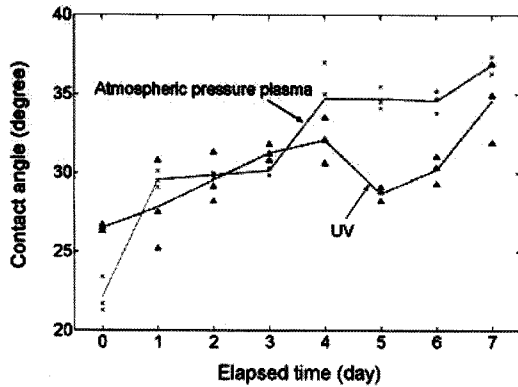


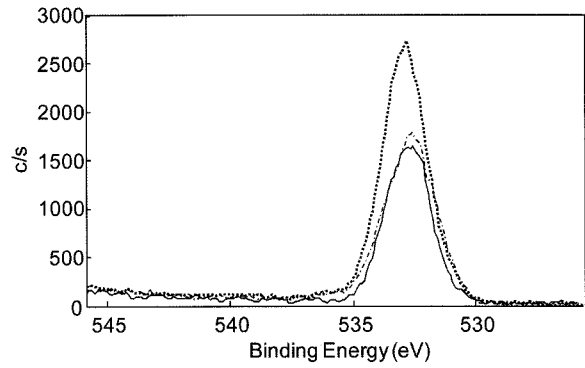
Fig. 5. Contact angle measurement for time elapse (hydrophobic recovery)

도 수준에서 공기 방치 7일 후 34도 까지 접촉각이 증가하였다. 대기압 플라즈마 장비로 처리 경우는 초기 22도에서 7일 경과 후 36도까지 접촉각이 증가하였다. 이상의 결과로부터 UV 장비 및 대기압 플라즈마 장비 모두 초기 접촉각 22~26도 수준에서 7일 경과 후 접촉각이 10도 내외로 증가함을 알 수 있다. 초기 접촉각의 차이를 고려할 때 UV 장비와 대기압 플라즈마 장비의 처리 후 시간 경과에 따른 접촉각의 증가 경향은 큰 차이가 없다고 결론 내릴 수 있다.

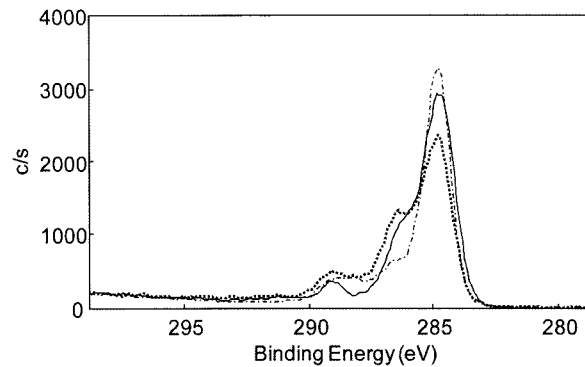
3.2. XPS 비교 측정

UV 및 대기압 플라즈마 처리 전후의 PCB 표면 조성의 변화를 비교 분석하기 위하여 XPS 측정을 실시하였다. XPS 측정은 화학 조성의 결합 에너지를 측정하여 표면 조성의 정성적, 정량적 분석을 가능케 해주는 방법이다. Fig. 6 및 Fig. 7은 각각 영역 1 및 2에 대하여 측정한 PCB 표면의 XPS 측정 결과이다. 그림에서 실선은 처리 전, 일점쇄선은 UV 처리 후, 점선은 대기압 플라즈마 처리 후의 결과이다. 측정은 UV 및 대기압 플라즈마를 충분히 처리하여 표면 접촉각을 30도 수준까지 낮춘 후 진행하였다. XPS로 측정한 PCB 표면 조성의 주요 성분은 C, O, Si 이다. 각각의 원소에 대하여 피크 및 상대 농도(relative concentration)를 측정함으로써 표면 조성의 변화를 관찰할 수 있다.

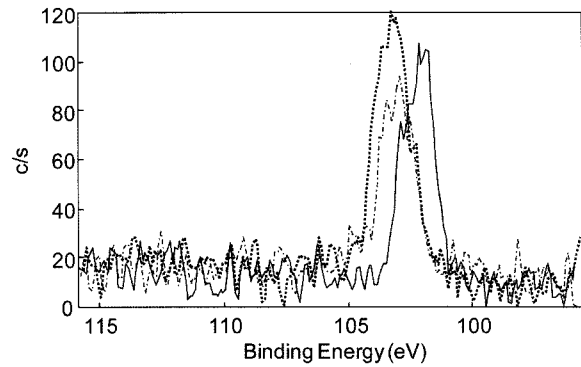
Fig. 6(a)는 C1s 피크의 측정 결과인데 이로부터 PCB 표면의 유기물의 조성 변화를 추정할 수 있다. UV 및 대기압 플라즈마 처리 전후의 C1s 피크는 순수 C1s 피크인 284.2eV 근방에서 측정되었으며 처리 전후의 피크 이동은 관찰되지 않았다. 한편 Table 1의 C1s 상대 농도로부터 UV 및 대기압 플라즈마 처리 효과를 확인할 수 있다. 처리 전 79%에서 UV 및 대기압 플라즈마 처리 후 각각 74%, 68%로 감소되었는데 이는 C 단일 결합으로 이루어진 다양한 종류의 유기물 오염이 UV 및 대기압 플라즈마 처리에 의해 감소되었기 때문으로 추정된다. Fig. 6(b)는 영역1의 O1s 피크의 측정 결과이다. UV 및 대기압 플라즈마 처리에서 공통적인 부분은 모두 O₃ 및 O 라디칼



(a) C1s



(b) O1s



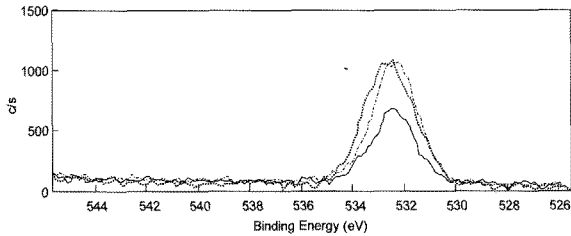
(c) Si2p

Fig. 6. Element peaks for XPS measurement of areal (solid line: no processing, dashdot line: UV, dotted line: atmospheric pressure plasma)

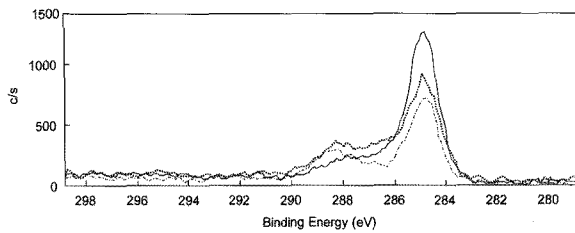
이 표면에 작용하여 유기 오염 성분을 제거하며 또한 표면 조성을 산화시킨다는 것이다. 이와 같은 현상은 O1s의 상대 농도로부터 확인할 수 있다. Table 1에서 O1s의 상대 농도는 처리 전 20%에서 UV 및 대기압 플라즈마 처리 후 각각 24%, 30%로 증가한 것을 확인할 수 있다. O₃ 및 O 라디칼에 의한 표면 조성 산화는 Fig. 6(c)의 Si2p 피크 측정 결과로부터도 확인할 수 있다. Si는 솔더리스트 화학 조성 중 하나로서 평활제로 사용되는 성분이다. 순수 Si2p 피크가 99.2eV 인데 비하여 피크가 실리콘 산화물의 2p 피크인 103.4eV 근방으로 이동해 있는 것을 알 수 있다. 이는 솔더리스트 표면의 Si가 일부 산화물의 형태로 존재하기 때문이다. 이러한 경향은 UV 및 대기압 플라즈마 처리에 의하여 더욱 촉진되어 Si2p 피크

Table 1. Relative concentration for XPS measurement of area 1 (%)

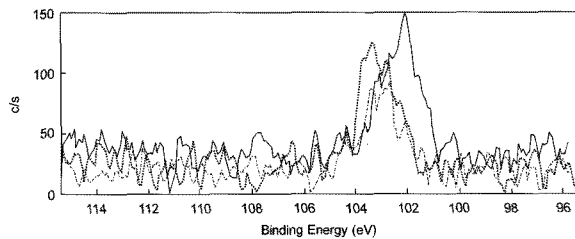
	C1s	O1s	Si2p
No processing	78.67	20.07	1.27
UV processing	74.22	24.45	1.33
APP processing	68.37	29.86	1.77



(a) C1s



(b) O1s



(c) Si2p

Fig. 7. Element peaks for XPS measurement of area 2 (solid line: no processing, dashdot line: UV, dotted line: atmospheric pressure plasma)

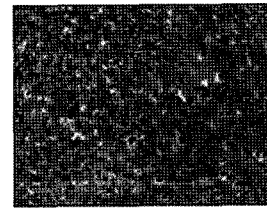
가 더욱 왼쪽으로 이동한 것으로 추정된다.

Fig. 7 및 Table 2는 영역2에 대하여 영역1의 측정과 동일한 방법으로 수행된 XPS 측정 결과이다. 피크의 위치 및 상대 농도 변화 등 전반적인 결과는 영역1의 결과와 유사하다. 즉 UV 및 대기압 플라즈마 처리에 따른 C1s 상대 농도의 감소, O1s 상대 농도의 증가 및 Si2p 피크의 이동이 관찰되었다.

이상의 XPS 분석 결과로부터 표면의 유기 오염 제거 및 표면 조성의 산화 특성은 UV 처리 및 대기압 플라즈

Table 2. Relative concentration for XPS measurement of area 2 (%)

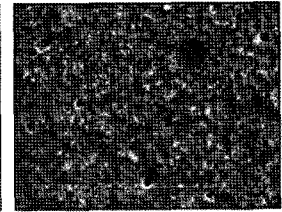
	C1s	O1s	Si2p
No processing	68.81	16.19	2.50
UV processing	49.72	27.14	4.18
APP processing	52.66	25.79	3.79



(a) No processing



(b) UV processing



(c) APP processing

Fig. 8. SEM image for PCB surface

마 처리의 경우가 유사한 것을 확인 할 수 있다. 따라서 기존에 UV 장비를 이용하여 PCB 표면 처리를 수행하는 공정을 대기압 플라즈마를 이용하여 대체하는 경우 동일한 공정 결과를 얻을 수 있으면서도 생산성을 크게 증대시킬 수 있을 것으로 기대된다.

3.3. 표면 조도 비교

Fig. 8은 UV 및 대기압 플라즈마 처리 전후의 솔더리지스트 표면의 SEM 측정 사진이다. 솔더리지스트의 표면은 건조 공정에서 발생한 내부 기포의 배출 현상으로 Fig. 8과 같은 조도가 형성되어 있다. 솔더리지스트의 조도는 이후 공정인 플럭스 도포 공정의 퍼짐성 등에 영향을 미치는 요인이다. UV 및 대기압 플라즈마 처리 전후하여 솔더리지스트의 표면 조도의 변화는 SEM 측정 사진으로 관찰되지 않았다.

4. 플럭스 도포 공정 적용

지금까지의 결과로부터 PCB 표면 처리에 있어 대기압 플라즈마를 사용함으로써 UV 장비와 동일한 효과를 더 높은 생산성으로 얻을 수 있음을 확인하였다. 이에 따라 본 연구에서는 Fig. 3 플립칩 BGA 기판의 반도체칩 부착 공정(die attach process)에 대기압 플라즈마를 적용하여 실험을 수행하였다. 칩부착 공정은 플립칩 BGA 기판에 반도체 칩을 실장하는 공정으로서 반도체칩이 플립칩 BGA 기판에 정상적으로 부착되기 위해서는 플럭스(flux)를 기판 전면에 균일하게 도포(printing)하는 것이 중요하다. 플럭스가 균일하게 도포되지 못할 경우 Fig. 9와 같은 칩 미부착(chip misattachment defect) 불량 발생한다. Fig. 9의 좌측 사진은 Fig. 3의 플립칩 BGA 기판의 전면에 플럭스가 도포된 사진인데 반도체 칩이 부착되는 영역의 외곽 부위에서 플럭스가 불균일하게 도포된 것을 확인할 수 있다. 이는 솔더리지스트의 표면장력이 기판 의

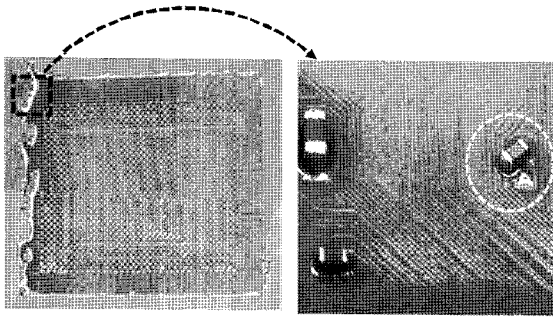


Fig. 9. Abnormal flux print and chip mis-attachment defect

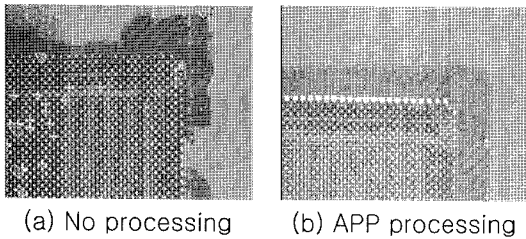


Fig. 10. Flux printing results after atmospheric pressure plasma processing

곽 영역에서 소수성을 띄기 때문으로 추정한다. 이런 경우 Fig. 9 우측 사진과 같이 플럭스 도포 후 칩부착 공정을 진행 할 때 점선 부위와 같이 칩이 비정상적으로 부착되는 문제가 발생한다.

이와 같은 문제를 개선하기 위하여 본 연구에서는 플럭스 프린트 공정 전에 기판의 표면을 Fig. 2 대기압 플라즈마 장비를 이용하여 처리하였다. 처리 전 70~80도 수준의 접착각 특성을 가지는 기판 표면을 대기압 플라즈마를 이용하여 2sec 정도 처리함으로써 50도 이하로 낮출 수 있었다. Fig. 10은 이와 같이 처리된 플립칩 BGA 기판의 플럭스 도포 상태이다. Fig. 10(a)에서 기판의 외곽 부위에 불균일하게 도포된 플럭스의 상태가 대기압 플라즈마 처리 후 Fig. 10(b)와 같이 크게 개선된 것을 확인할 수 있다. 동일한 방법을 UV 장비를 이용하여 적용할 수도 있으나 이 경우 UV 장비의 생산성이 크게 떨어지므로 양산 공정에서 장비의 대수가 대기압 플라즈마 장비를 사용하는 경우에 비하여 크게 늘어나는 문제가 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 PCB 표면 처리에 있어 기존에 사용되던 저압 수은 램프 방식의 UV 장비를 대체하여 새로이 개발된 리모트 DBD 방식의 인라인 대기압 플라즈마 장비를 적용하였으며, UV 장비와의 비교 실험을 통하여 이의 성능을 확인하고자 하였다. UV 장비의 PCB 표면 처리 특성과 대기압 플라즈마 장비의 특성을 비교 평가하기 위하여 PCB의 일종인 플립칩 BGA 기판을 이용하여 실험을 수행하였다.

먼저 두 장비의 생산성을 정량적으로 비교 측정하기 위하여 처리 시간에 따른 기판 표면의 접착각 변화를 측정하였다. 측정 결과 솔더리스트 영역의 경우 초기 접착각 75도로부터 50도 수준까지 접착각을 감소시키는데 필요한 처리 시간은 UV 장비의 경우가 250초 수준인데 비하여 대기압 플라즈마 장비의 경우 2초에 불과한 것으로 나타났다. 이로부터 접착각 기준의 장비의 생산성이 대기압 플라즈마 장비가 UV 장비에 비하여 월등함을 알 수 있었다. 다음으로 UV 및 대기압 플라즈마 처리 후 공기 중에 노출된 표면의 접착각 증가 현상에 대하여 처리 직후부터 7일까지 비교 측정을 수행하였다. 측정 결과 초기 접착각 22~26도 수준에서 두 장비 처리 결과 모두 10도 내외의 접착각 증가를 보여 주었다.

UV 장비 및 대기압 플라즈마 처리 전후의 기판 표면의 조성 변화를 측정하기 위하여 XPS 장비를 이용하였다. Cls 피크의 측정 결과로부터 UV 및 대기압 플라즈마 장비 모두의 경우 표면의 유기 오염이 비슷한 수준으로 감소되는 경향을 확인하였다. 또한, O1s 및 Si2p 피크의 측정 결과로부터 UV 및 대기압 플라즈마 처리함으로써 기판 표면의 조성의 일부가 산화되는 것을 확인할 수 있었다.

마지막으로 UV 장비에 비하여 생산성이 높은 대기압 플라즈마 장비를 플립칩 BGA 공정 중에서 플럭스 도포 공정의 전처리 공정에 적용하였다. 적용 결과 기판 전면의 플럭스 불균일 도포 문제를 대기압 플라즈마 처리함으로써 효과적으로 개선할 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

1. G.-S. Kim, "A Study of LCD Panel Cleaning Effect of Plasma Generation Power Source", Journal of the Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 45, No. 5, pp.44-51, 2008.
2. S. Lou and C. P. Wong, "Effect of UV/Ozone Treatment on Surface Tension and Adhesion in Electronic Packaging", IEEE Trans. Comp. Packaging Technol., Vol. 24, pp.43-49, 2001.
3. S. Lou and C. P. Wong, "Surface Property of Passivation Layer on Integrated Circuit Chip and Solder Mask Layer on Printed Circuit Board", IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing, Vol. 26, No. 4, pp.345-351, 2003.
4. D. S. Son, B. C. Hwang, T. Y. Cho, H. G. Chun, K. J. Kim, D. W. Moon and K. W. Koo, "A Study of Dry Cleaning for Metallic Contamination on a Silicon Wafer Using UV-Excited Chlorine Radical", Journal of the Korean Vacuum Society, Vol. 6, No. 1, pp. 9-19, 1997.
5. K. S. Lee and S. J. Ryu, "Development of Atmospheric Pressure Plasma Equipment and It's Application to Flip Chip BGA Manufacturing Process", Journal of the Semiconductor & Display Equipment Technology, Vol. 8, No. 2, 2009.
6. S. H. Moon, "Application of Ultra-Violet Cleaning Technology", Journal of the Korean Institute of Illumination and Electrical Installation Engineering, Vol. 19, No. 5, pp.7-13, 2005.
7. A. Schutz et al., "The Atmospheric-Pressure Plasma Jet: A Review and Comparison to Other Plasma Sources", IEEE Trans. On Plasma Science, Vol. 26, No. 6, 1998.