

대기압 플라즈마를 이용한 표면처리 기술 및 응용

전병준<(주)MAK 부사장> · 송현직<영남이공대학 교수> · 박원주 · 이광식<영남대학교 교수>

1 서론

최근 산업분야에서 대기압 플라즈마에 대한 관심이 높아지고 있고, 그 응용분야가 광범위해지면서 다양한 연구, 개발이 진행되고 있다. 대기압 플라즈마와 같은 건식 공정은 기존의 진공 플라즈마 공정 및 EUV(Extreme Ultra Violet)공정과 비교하여 장비의 제작 단가가 저렴하며, 대면적화가 가능하고 운용비(Running Cost)가 상대적으로 저렴해서 디스플레이 공정에서 대면적의 기판 처리를 위하여 많이 사용되고 있다.

진공 플라즈마 공정장비의 가격은 처리 면적이 증가함에 따라 기하급수적으로 증가한다. 반면 모든 공정이 대기압에서 진행되는 대기압 플라즈마의 경우 진공시스템이 필요 없어 전체 시스템의 구조를 단순화하고 시스템의 제작, 유지 및 보수비용을 대폭 절감시키는 효과가 있다. 또한 진공환경이 필요 없기 때문에 공정 적용에 제약을 받았던 물질의 프로세서나 다양한 형상의 대상물의 처리도 가능해져 플라즈마의 응용분야를 확대할 수 있다.

이러한 대기압 플라즈마는 대상물의 표면개질, 유기물 세정, Ashing 및 Etching 등의 다양한 공정에 적용이 가능하다. 표면개질이란 재료 표면의 극성을

변화시킴으로써 친수성이나 소수성을 가지도록 하는 것이다. 친수성을 가진 표면은 표면에너지가 높아 다른 물질과 접합을 하거나 코팅을 할 때 접합성능이 우수하게 된다. 따라서 금속과 폴리머의 접합이나 폴리머의 표면에 코팅 혹은 2차 처리를 할 때 폴리머의 표면이 친수성을 가지도록 표면개질을 하고 있다.

이러한 플라즈마를 이용한 표면개질 기술을 가장 많이 적용하고 있는 분야가 TSP(Touch Screen Panel) 제조 분야이다. TSP 제조 공정에서는 접합 대상물질들의 표면개질을 통하여 접합면의 접착력을 향상시키고, 미세 기포를 제거함으로써 광량의 손실 없이 LCD Module 표면에 Touch Panel을 접착시킬 수 있다.

또한 LCD 제조공정에서는 Glass 표면의 유기물 제거를 위하여 EUV(Extreme Ultra Violet) 조사 방법을 사용하고 있는데 최근 이러한 EUV 조사법이 대기압 플라즈마 사용법으로 많이 대체가 되고 있다. 이러한 배경에는 EUV의 경우 초기의 장비가격이 비싸고, EUV Lamp의 수명이 대략 3,000시간으로 약 4개월 마다 주기적으로 교체를 해 주어야 하는 반면 대기압 플라즈마의 경우 플라즈마 전원장치와 플라즈마 반응기 부분으로 간단하게 구성할 수 있고, 플라즈마 반응기의 수명도 2~3년으로 상대적으로 장기적

으로 사용이 가능하기 때문에 여러 가지 장점이 있다.

최근 연구되고 있는 대기압 플라즈마의 연구 개발 동향은 박막의 Etching과 Ashing기술이다. 통상의 산업분야와 연구 개발 분야에서 PR(Photo-Resist)의 Ashing이나 Amorphous Silicon(S-Silicon)의 Etching의 경우 진공 플라즈마에서만 가능한 기술이라고 생각하였으나 최근에는 대기압 플라즈마의 기술이 발전함에 따라 낮은 온도(Low Temperature)에서 고밀도의 플라즈마를 발생시켜 대기압 상태에서 박막의 Etching과 Ashing이 가능하게 되었다.

이러한 연구는 아직은 초기 단계이지만 충분히 실용가능한 기술이며, 현재 연구되어 지고 있는 성과를 간략하게 소개하고자 한다.

이어서 TSP(Touch Screen Panel)에 사용되는 강화유리를 대상으로 대기압 플라즈마 처리에 의한 표면개질 효과, 세정효과 등을 검증하고, 유리기판 위에 증착되어 있는 Amorphous Silicon (a-silicon) 막과 실리콘질화막(SiNx)의 Ashing 특성을 기술하였다.

2. 대기압 플라즈마의 원리 및 실험방법

현재 대기압 플라즈마를 발생시키기 위하여 사용하고 있는 방법은 DBD(Dielectric Barrier Discharge) 플라즈마가 대부분을 차지하고 있다. DBD 플라즈마는 대기압 상태에서 급격한 아크진전을 방지하고, 전극 사이에서 균일한 플라즈마를 얻을 수 있기 때문이다.

이러한 DBD 플라즈마의 응용분야로는 오존의 발생, 표면개질, CO₂ 레이저, 액시머 램프 그리고 평판 디스플레이 패널(PDP)에 응용이 되고 있다.

그림 1은 대기압 플라즈마에 의한 표면개질의 원리를 설명하는 개략도이다. 보통 질소가스를 플라즈마의 반응가스로 사용을 하는데 질소 플라즈마에 의하여 생성된 질소 라디칼과 중성자 등이 대상물과 물리

적인 충돌을 하여 재료의 C-O, C-H, C-C 및 H-O 결합고리 등을 끊어 주게 되고, 라디칼이 가지고 있던 에너지를 처리 대상물의 표면에 전달해 주기 때문에 대상물의 표면이 활성화된 상태가 된다.

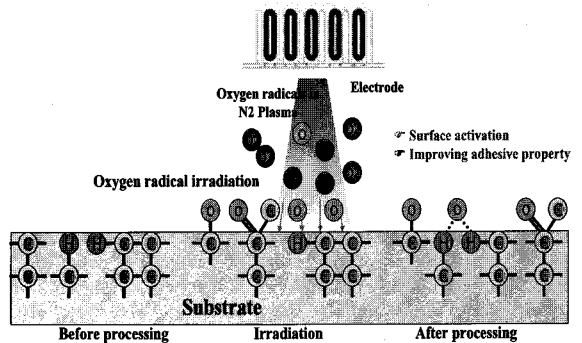


그림 1. 대기압 플라즈마에 의한 표면개질

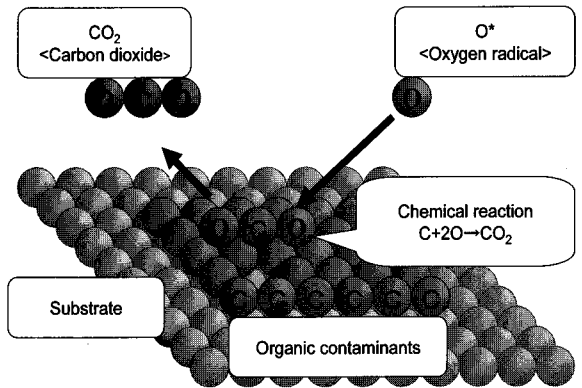


그림 2. 대기압 플라즈마에 의한 유기물 제거원리

그림 1의 반응 이후, 그림 2와 같이 산소 라디칼에 의한 화학적 반응이 일어나게 된다. 산소 라디칼에 의하여 처리 대상물 표면에 있는 유기물들이 화학적 결합을 하게 되어 CO₂, CH₄와 같은 휘발성 물질로 바뀌어 제거가 된다.

이러한 대기압 플라즈마의 응용분야에 대하여 실험을 통하여 객관적으로 분석하고 현재 사용되고 있는 응용분야를 소개하고자 한다.

그림 3은 TSP 강화유리의 표면 처리를 위한 대기

압 플라즈마 시스템의 개략도이다.

플라즈마 헤드 내부에 N_2 가스가 투입한 후 고전압 전극에 고주파 고전압을 인가하면 반응 가스가 세라믹을 통과하여 플라즈마를 발생시키는 형태이다.

TSP 처리용으로 사용되는 전원장치는 출력용량 3(kW), 출력 주파수 20(kHz), 방전전압 8.4(kVp-p)의 조건에서 플라즈마를 발생시켜 표면개질 및 세정을 하고 있으며, Ashing의 경우에는 방전전압을 9.4(kVp-p)까지 상승시켜서 사용을 하고 있다. 이는 Ashing의 경우 보다 높은 플라즈마 밀도가 요구되기 때문이다.

또한 플라즈마 헤드는 동일한 방전공간 내에서 플라즈마 밀도를 조절할 수 있는 형태로 제작되어 있으며, 플라즈마 발생 밀도에 따라 헤드를 A type과 B type으로 제작하여 테스트를 진행하였다. A type의 경우 고전압 전극과 유전체로 사용된 Al_2O_3 세라믹이 각각 1개씩 들어간 단일 구조로 이루어져 있고, B type의 경우 플라즈마 밀도를 높이기 위하여 동일한 방전공간 내부에 각각 2개씩의 고전압 전극과 유전체를 적층한 구조를 가지고 있다.

사용된 플라즈마 전원장치와 헤드는 모두 (주)엠에이케이에서 제작한 제품을 사용하였다.

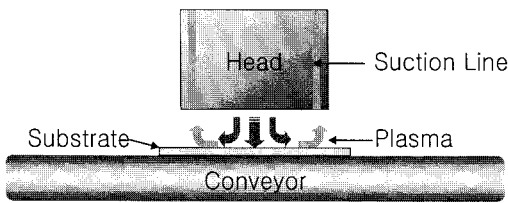


그림 3. 플라즈마 시스템 개략도

본 연구에 사용된 시스템에서 TSP의 표면개질 및 불순물 제거특성은 제품을 컨베이어로 이동시켜 테스트 하였다. 또한 Ashing 테스트는 장시간의 플라즈마 처리가 필요하여 컨베이어를 정지시키고 조사시간을 1분, 2분으로 가변시켜 테스트하였다.

사용된 시료는 S사의 TSP용 강화 유리를 50×30 (mm)로 일정하게 절단한 후 플라즈마로 표면처리를 하였다. 또한 Ashing 테스트에 사용된 시료는 L사에서 제작한 시료로 테스트하였다. 그림 2는 Ashing 테스트에 사용된 시료의 구조를 보여주고 있다.

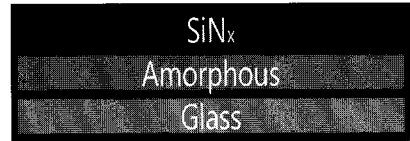


그림 4. 시료의 구조

그림 4의 구조에서 볼 수 있듯이 시료는 유리기판 위에 Amorphous Silicon과 Silicon Nitride (SiN_x)가 각각 1,700(Å)씩 증착되어 있는 샘플을 사용하였다.

TSP 강화유리의 표면 특성 변화를 검토하기 위하여 플라즈마 헤드의 종류 (A Type 및 B Type), 플라즈마갭 (2(mm) 및 3(mm)) 변화에 따른 표면 접촉각의 변화를 측정하였다. 이 실험은 플라즈마 밀도의 변화와 플라즈마 갭에 따른 강화유리 표면의 유기물 제거율을 측정하기 위하여 실시하였다. 실험에서 플라즈마 처리 속도(30, 50, 100, 200 및 300 (mm/sec))를 변화시키면서 플라즈마 헤드의 종류와 플라즈마 갭의 변화에 따른 강화유리의 접촉각 변화를 측정하였다.

대기압 플라즈마 처리 전 후의 시료의 접촉각 측정을 위한 접촉각 측정기기(Portable contact angle measurement)를 사용하였으며, 플라즈마 처리된 시료의 접촉각 측정을 위하여 2차 증류수를 사용하여 1.0(mm)의 probe liquid를 시료위에 떨어뜨린 후 접촉각을 측정하였다.

접촉각 측정을 통해 얻은 값을 이용해 TSP 강화유리의 표면에너지는 Good-Girifalco method를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 TSP 응용분야로의 적용

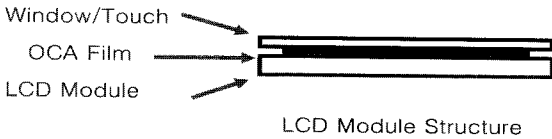


그림 5. LCD Module의 구조

그림 5는 LCD 모듈의 구조를 보여주고 있다. 그림에서와 같이 TSP를 탑재하는 구조는 가장 아래쪽에 LCD 모듈이 위치하고 있으며 그 상부에 LCD 보호역할을 하는 Window나 터치패널을 장착하게 된다.

이러한 LCD 모듈과 터치패널 사이에는 두 물질을 접착시켜주는 광학필름의 일종인 OCA(Optical Clear Adhesive)를 삽입하여 접착하게 된다. 하지만 OCA의 경우 광투과성을 높이기 위하여 얇은 두께의 필름형태로 제작되기 때문에 접착력이 떨어지고 접합 후 기포가 발생하기 쉽다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 대기압 플라즈마를 이용한 접합법이 사용되고 있다.

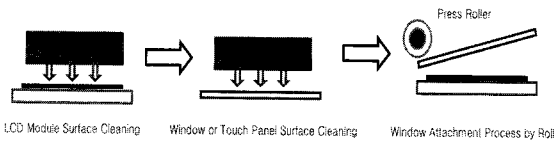


그림 6. 대기압 플라즈마를 이용한 TSP 접합공정

그림 6은 대기압 플라즈마를 이용한 TSP 접합공정을 간략히 설명해 주고 있다.

TSP 접합공정에서 대기압 플라즈마를 이용하여 OCA 표면을 처리한 후, TSP 부분을 플라즈마를 이

용하여 다시 표면처리를 한다. 이 후에 LCD 모듈과 TSP 부분을 Roller를 이용하여 가압을 하면서 부착하게 되면 높은 접합력을 가지는 LCD TSP 모듈을 생산할 수 있게 된다.

이러한 TSP 모듈 제작에 사용되고 있는 대기압 플라즈마의 특성분석을 위하여 플라즈마 처리 속도의 변화와 플라즈마 방전 전압에 따른 접촉각 변화와 표면에너지의 변화를 실험을 통하여 알아보도록 하겠다.

그림 7은 시료와 플라즈마 헤드사이의 간격을 2 [mm]로 고정시킨 후에 대상물의 처리 속도(30, 50, 100, 200 및 300[mm/sec])에 플라즈마 처리 방전 전압(8.4 및 8.8[kVpk-pk]) 변화에 따른 접촉각 및 표면에너지의 변화를 나타내었다.

A type 플라즈마 헤드의 경우, 방전 전압 8.8 [kVpk-pk]에서 간격 2[mm], N₂ 가스 유량 120 [LPM]일 때, 플라즈마 처리전 접촉각 72.4(°)에서 처리후 26.8(°)의 가장 낮은 접촉각을 보였으며, 처리 전 표면에너지 34.8[mN/m]에서 처리 후 48.2 [mN/m]의 가장 높은 표면에너지를 나타내었다.

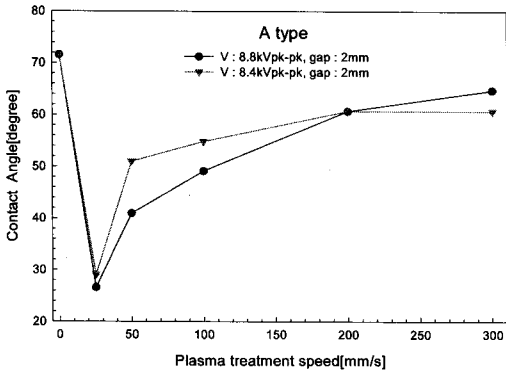
반면 B type 플라즈마 헤드의 경우, 방전 전압 8.8[kVpk-pk]에서 간격 2[mm], N₂ 가스 유량 220[LPM]일 때, 플라즈마 처리전 접촉각 72.4(°)에서 처리후 4.2(°)의 가장 낮은 접촉각을 보였으며, 처리 전 표면에너지 34.8[mN/m]에서 처리 후 54.5[mN/m]의 가장 높은 표면에너지를 나타내었다.

두 가지의 플라즈마 헤드의 종류에 따라서 처리 후의 접촉각의 변화는 22.6(°)의 접촉각 차이를 보였으며, 표면 에너지는 약 6.3[mN/m]가 증가하였다.

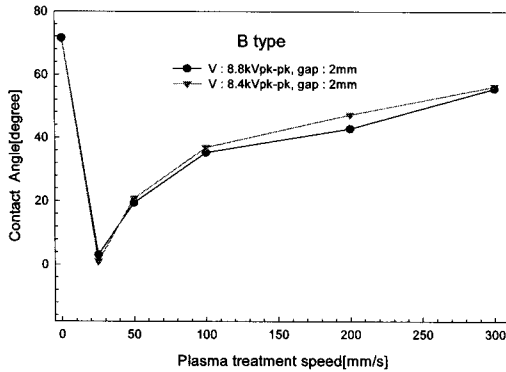
방전 전압의 증가는 표면 반응을 일으킬 수 있는 활성종의 운동에너지의 증가를 가져와 표면과 충돌하는 확률을 높이기 때문에 그에 따른 임계전압에 해당하는 충분한 방전 전압이 필요하다.

방전 전압에 대한 표면의친수성 효과는 인가전압이 증가함에 따라 접촉각이 낮아지는 경향을 나타내지만

ablation이 우세해지는 방전 전력에서는 표면에 생성된 산소 함유 화학종인 C=O나 COO가 소실되어 오히려 친수성이 소수성으로 변환될 수 있다.



(a) A Type



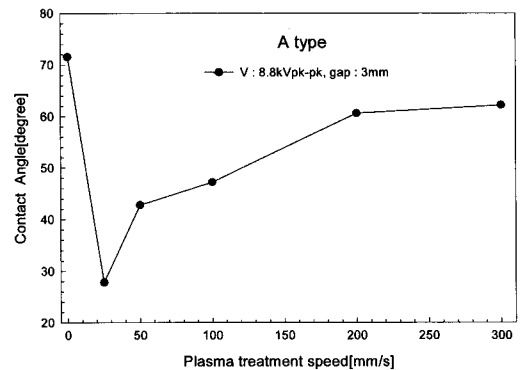
(b) B Type

그림 7. 방전전압 및 처리속도에 따른 접촉각

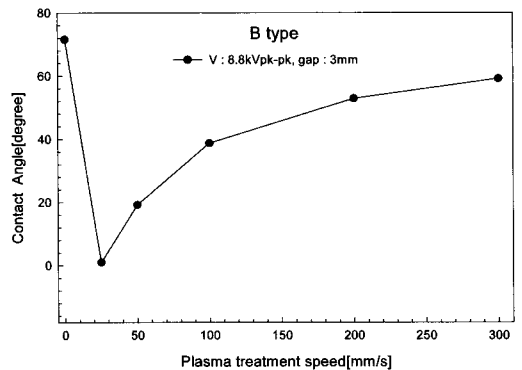
플라즈마 처리 방전 전압이 증가할수록 접촉각은 작은 값을 나타냈으며, 표면에너지는 높게 나타났다. 그리고 시료와 플라즈마 헤드사이의 간격이 2(mm)에서 접착력 향상에 미치는 표면의 친수성이 증가하였다. 각각의 방전 전압에서 시료의 처리 속도가 빠를수록 플라즈마 처리 시간이 줄어들기 때문에 접촉각은 증가하였고, 플라즈마 헤드 B type에서는 방전전압의 차가 접촉각의 차이로 나타나지는 않았다. 이는 이

미 플라즈마 방전공간 내에서의 활성화된 이온의 수(전류밀도)가 포화된 상태임을 나타낸다.

접착력의 향상 또한 이온화된 플라즈마가 시료 표면 분자와 반응을 일으켜 활성화되어 화학적인 Radical을 형성하고 공정 중에 결합이 약한 물질 등이 에칭 및 화학반응에 의해 증발되어 표면에너지가 상승하게 되고, 이것이 접착력 향상에 기여한다고 사료된다.



(a) A Type



(b) B Type

그림 8. 처리속도에 따른 표면에너지

그림 8은 시료의 처리속도에 따른 플라즈마 헤드 A, B type의 접촉각 변화를 나타낸 그래프이다. 시료의 처리속도 변화에 따른 A, B type 모두 접촉각

기술해설

이 증가하는 경향을 보였으며, 처리속도가 300[mm/sec]일 때의 접촉각은 A, B type 모두 처리 후 약 62[°] 정도의 결과를 얻었다. 이는 처리속도가 빨라지면 플라즈마의 반응시간도 짧아지기 때문에 충분한 표면처리 효과가 이루어지지 않았음을 보여준다.

그림 9는 방전전압 8.8[kVpk-pk], 간격 2[mm]에서 처리속도의 변화에 따른 플라즈마 헤드 A, B type의 접촉각 변화를 비교한 그래프이다.

그림과 같이 동일한 방전전압과 간격 및 이송속도에서 플라즈마 헤드의 종류에 따라서 접촉각의 변화가 일정하게 있음을 보여준다. 이는 동일한 처리시간에서는 플라즈마의 밀도가 높은 B type의 플라즈마 헤드가 좋은 처리결과를 얻을 수 있음을 보여준다.

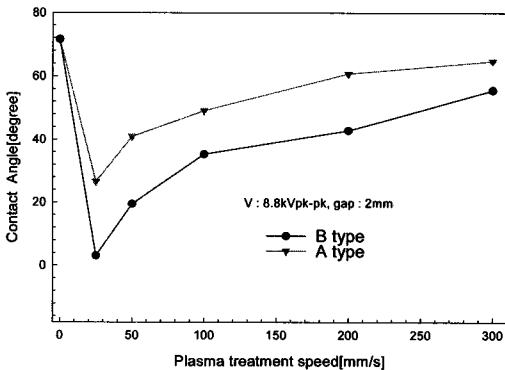


그림 9. 처리속도에 따른 A, B type 플라즈마 헤드의 접촉각 변화

3.2 COG 부착으로의 응용

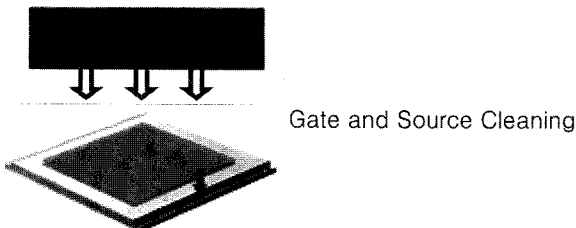


그림 10. 대기압 플라즈마를 이용한 COG 부착

그림 10은 대기압 플라즈마를 이용한 COG 부착의 응용 예를 보여준다.

COG(Chip On Glass)란 LCD의 TFT Glass의 끝부분에 IC Chip을 올리는 공정이다. 이 COG를 통하여 LCD의 TFT Glass에 전원을 공급하여 Drive IC를 통하여 액정을 구동시켜 Back Light의 빛을 조절하는 역할을 한다.

하지만 이러한 IC Chip을 TFT Glass위에 올리기 위하여 ACF(Anisotropic Conductive Film)를 TFT Glass의 단자 부분에 부착을 하여야 하는데 이 필름의 부착이 TFT Glass 표면에 묻어 있는 유기물에 의하여 접착력이 방해될 때 많은 불량률이 발생하고 있다. 이러한 유기물에 의한 불량을 방지하기 위하여 사진 1과 같은 소형 대기압 플라즈마 모듈을 이용하여 TFT Glass의 Edge부분을 건식 세정하고 있다.

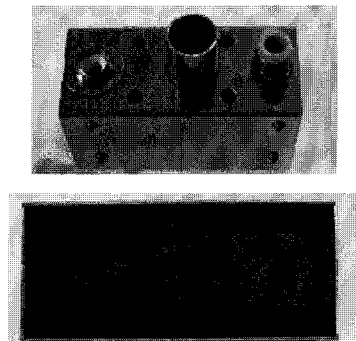
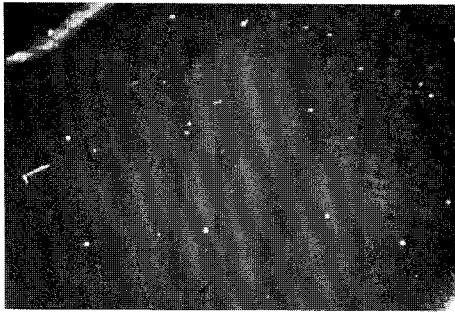


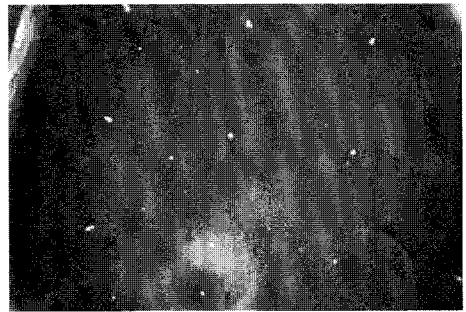
사진 1. COG용 소형 대기압 플라즈마 모듈

3.3 이물 제거용으로의 응용

사진 2는 TSP용 강화유리 표면에 존재하는 이물과 공정 중에 발생하는 얼룩의 사진이다. TSP 공정은 강화유리의 표면처리와 ITO 필름의 부착 Seal 공정 등 다양한 공정을 거치면서 여러 종류의 이물과 얼룩이 발생한다. 이러한 시료를 B type 플라즈마 헤드를 사용하여 플라즈마 간격 2[mm], 방전 전압

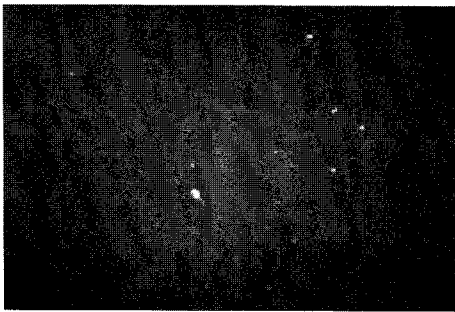


(a) 플라즈마 처리 전

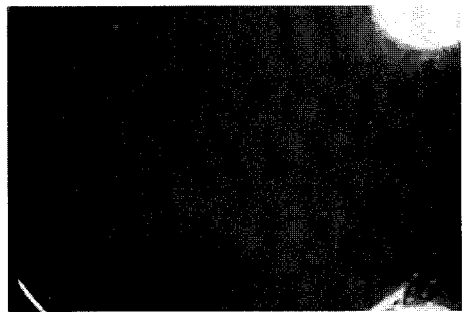


(b) 플라즈마 처리 전

사진 2. 플라즈마 처리 전 이물 사진



(a) 플라즈마 처리 후



(b) 플라즈마 처리 후

사진 3. 플라즈마 처리 후 이물제거 사진

8.8[kVpk-pk]의 조건 하에서 처리 속도 10[mm/sec]로 세정하였다.

사진 3은 플라즈마 처리 후의 강화유리 표면의 결과 사진이다.

사진 3에서 보는 바와 같이 건식의 플라즈마 처리 만으로도 강화유리 표면의 이물질과 공정 중에 발생한 이물제거가 가능한 것으로 파악되었다.

대기압 플라즈마의 Ashing Test를 위하여 그림 11에서와 같은 PR(Photo-Resist)이 도포된 Glass 시료를 준비하였다. Glass 위에 두께 2,000[Å]의 PR을 도포한 후 Sputter 장비를 이용하여 ITO를 증착시켰다. 이 후 PR을 제거하기 위하여 기존의 Chemical을 이용한 Wet Ashing 방법이 아닌 대기압 플라즈마를 이용한 건식 Ashing 방법을 사용하였다.

3.4 대기압 플라즈마에 의한 Ashing

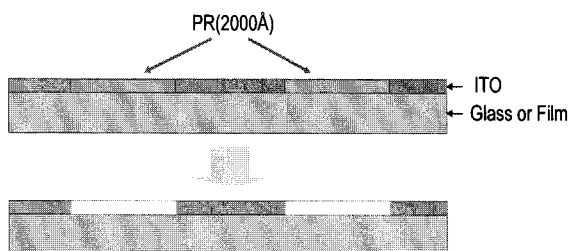


그림 11. PR 도포된 Glass의 구조

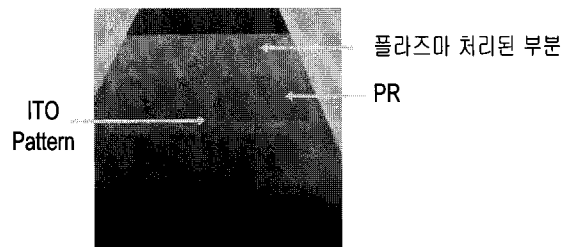


사진 4. 대기압 플라즈마에 의한 PR Ashing 결과

사진 4는 그림 11과 같은 구조를 가진 시료를 사용하여 대기압 플라즈마로 Ashing 실험을 한 결과 사진이다.

사진과 같이 대기압 플라즈마를 이용하여 PR이 완벽하게 제거됨을 확인할 수 있었다.

3.5 대기압 플라즈마에 의한 Etching

대기압 플라즈마를 이용한 Etching 실험을 위하여 그림 4와 같은 구조를 가지는 샘플을 제작하였다.

샘플의 구조는 그림 4와 같이 Amorphous Silicon 위에 Silicon Nitride를 1,700[Å] 두께로 증착한 샘플을 사용하였다.

실험 조건은 B type의 플라즈마 헤드를 사용하여 인가전압 9.6[kVpk-pk]에서 1분간 플라즈마 처리를 하였고, 사용 가스를 2가지로 나누어서 특성을 파악하였다. 사진 5의 왼쪽 편은 N₂ 170(LPM), O₂ 1.5(LPM) 및 CF₄ 1.5(LPM)를 사용한 결과이고, 오른쪽 편은 시료는 N₂ 170(LPM), O₂ 1.5(LPM) 및 SF₆ 1.5(LPM)를 사용한 결과이다.

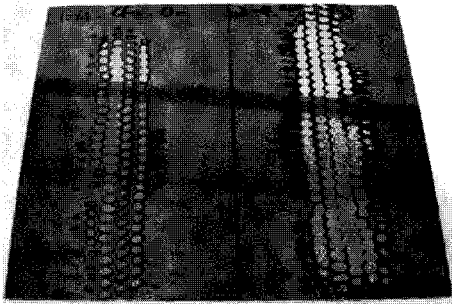


사진 5. 플라즈마 Ashing 사진

사진 5의 결과에서 보듯이 Silicon Nitride의 Ashing 특성에서는 SF₆의 반응성이 CF₄의 반응성보다 우수한 것을 확인할 수 있다.

이는 CF₄의 경우 플라즈마에 의하여 반응가스인 O₂와 반응하여 CO₂를 생성하는 반응이 먼저 일어나

기 때문에 O₂의 활성화효과가 나타나지 않는 원인으로 판단된다.

4. 결 론

본 논문에서는 대기압 플라즈마 처리에 의한 TSP의 강화유리의 접착력 향상을 위하여 처리 속도, 방전 전압 및 시료와 플라즈마 헤드 사이의 간격에 따른 접착 각 및 표면에너지를 측정하여 대기압 플라즈마 처리에 의한 표면 특성 변화를 검토하였다.

플라즈마 처리 속도가 빠르고, 방전 전압이 증가할수록 접착각은 작은 값을 나타냈으며, 표면에너지는 높게 나타났다. 그리고 시료와 플라즈마 헤드사이의 간격이 2[mm]에서 접착력 향상에 미치는 표면의 친수성이 증가하였다. 또한 고전압 전극과 유전체를 2배씩 넣은 B type의 플라즈마 헤드가 A type의 헤드보다 낮은 접착 각과 높은 표면에너지를 가짐을 알 수 있었다.

표면의 이물제거는 사진 2와 3에서 볼 수 있듯이 건식인 대기압 플라즈마만을 사용하여도 얼룩과 이물이 제거됨을 확인할 수 있었다.

Ashing과 Etching 결과에서는 사진 4와 5에서와 같이 대기압 플라즈마에서도 진공 플라즈마와 같이 Si 계열의 Ashing과 Etching이 가능한 것을 확인하였다. 플라즈마가 발생한 홀의 영역을 따라 박막 전체가 Ashing이 가능한 것을 확인하였으며, 이는 상업적 용도로도 사용 가능함을 보여주는 결과이다.

참 고 문 헌

- [1] C. Liu, N. M. D. Brown, and B. J. Meenan, Surf. Sci., 575,273(2005).
- [2] Jung Ah Lim, Jeong Ho Cho, etc. Thin Solid Films 515(2006), 2079-2084.
- [3] M. Noeske, j. dEGENHARDT, S. Strudthoff, and U. Lomnitzsch, Int. J. Adhes., 24, 171 (2004).
- [4] Y. M. Chung, M. J. Jung, J. G. Han, M. W. Lee, and Y. M. Kim, Thin Solid Films, 447-448, 354 (2004).
- [5] Seong H. Kim, Jeong H. Kim, Bang K. Kwang, Langmuir 2007, 23, 8074-8078.

◇ 저 자 소개 ◇



전병준(全炳俊)

1970년 10월 5일생. 1996년 영남대학교 전기공학과 졸업. 1999년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2007년 ~현재 (주)엠에이케이 부사장.



송현직(宋炫直)

1968년 7월 30일생. 1991년 2월 영남대학교 전기공학과 졸업. 1993년 2월 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997년 2월 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 2006년~현재 영남이공대학 전기자동차과 조교수. 현재 한국조명·전기설비학회 대구경북지회 이사 및 본부 평의원·편수위원.



박원주(朴元柱)

1954년 3월 14일생. 1978년 2월 영남대학교 전기공학과 졸업. 1980년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 3월 큐우슈대학 대학원 졸업(박사). 1994년~현재 영남대학교 전기공학과 교수. 현재 한국 조명·전기설비학회 부회장, 편수위원장.



이광식(李廣植)

1948년 10월 25일생. 1971년 2월 영남대학교 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~1989년 Nagoya Institute of Technology 초빙교수. 대한전기학회 방진 고전압 연구회 간사장 역임. 본 학회 편수위원장, 부회장, 회장 역임. 영남대학교 산업대학원 원장 역임. 현재 영남대학교 전기공학과 교수. 본 학회 명예회장.