

대기압 글로우 플라즈마를 이용한 반도체 리드프레임 도금 전처리 세정 기술

조중희(책임저자)*, 강방권*, 김경수*, 진경복**, 이우영**

*㈜창조엔지니어링 기술연구소, **한국기술교육대학교

초록

대기압 글로우 플라즈마를 이용하여 반도체 리드프레임(Alloy 42) 도금 전처리 습식 공정을 건식으로 대체하였다. 13.56 MHz의 RF 전원을 사용하여 300 W 파워에서 안정적인 대기압 글로우 플라즈마를 발생시켰으며, 금속 리드프레임에 플라즈마가 직접 접촉해도 아크나 스트리머 발생이 없었다. 플라즈마 소스 가스로는 아르곤(Ar)을 사용하였으며, 활성가스로 산소(O₂)를 첨가하였다. 300 W 파워에서 산소를 50 sccm 공급하고 100 mm/sec 속도로 리드프레임을 처리한 결과, 처리 전 접촉각이 82°에서 처리 후 10° 이하로 낮아졌다. 플라즈마 처리 후 리드프레임 표면 거칠기 변화를 AFM으로 측정하였다.

1. 서론

반도체 리드프레임 도금 전처리 공정은 탈지, 수세, 산세, 수세, 활성화, 수세 등 많은 공정으로 이루어져 있으며, 이러한 습식 세정 공정은 과도한 화학약품 사용과 이에 따른 폐수 발생의 문제점을 갖고 있다.

이러한 습식 세정 공정을 폐수 발생이 없는 건식 공정으로 대체하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 예를 들면, UV 공정, 드라이 CO₂ 공정, 그리고 대기압 플라즈마 공정 등을 들 수 있다[1-4]. 그 중에서 대기압 플라즈마 기술은 기존의 진공플라즈마에 비해 진공시스템이 불필요하므로 연속 생산 공정에 적용이 가능하며, 대면적화에 용이한 장점 등으로 인해 주목 받고 있다. 대기압 플라즈마 소스로는 유전체 격벽 방전(DBD), 마이크로파 유도 플라즈마 방전, 펄스 코로나 방전 등을 들 수 있다[5-7]. 이들 대기압 플라즈마 소스 가운데 DBD는 대기압에서 안정한 대면적의 플라즈마를 용이하게 발생시킬 수 있기 때문에 가장 많이 연구되어 왔다. 그러나, DBD 방전은 낮은 플라즈마 밀도, 아크 발생 위험, 그리고 다량의 오존 발생 등 많은 문제점을 갖고 있다.

본 연구에서는 종래의 DBD 방전에 비해 오존 발생이 현저히 적으며, 높은 플라즈마 밀도를 갖고 균일한 대면적의 대기압 글로우 플라즈마를 구현하고, 이를 반도체 리드프레임의 도금 전 표면 세정 및 활성화 처리에 적용하였다. 플라즈마 처리에 의한 표면 세정 특성을 산소 유량 및 처리 속도에 따른 접촉각 변화를 측정하여 파악하였으며, 리드프레임 표면 거칠기 변화를 AFM을 사용하여 측정하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서 사용된 대기압 플라즈마 발생장치는 13.56 MHz 의 RF 전원을 사용하여 300 W 파워에서 200 mm×50 mm 크기의 안정적인 대기압 글로우 플라즈마를 구현하였다[8]. 본 실험에서는 입력 파워를 300 W 로 고정하였으며, 플라즈마 소스 가스로는 아르곤(Ar)을 활성가스로 산소(O₂)를 사용하였다. 아르곤의 유량은 5 slm 으로 고정하고 산소 유량을 0 sccm 에서 75 sccm 까지 변화시켰다. 반도체 리드프레임(Alloy 42)을 이동 스테이지 위에 올려 놓고 처리속도를 10 mm/sec 에서 100 mm/sec 까지 변화시키면서 플라즈마 처리를 하였다. 플라즈마 처리 전후의 접촉각 변화를 접촉각 측정장치로 측정하였다. 플라즈마 처리 전후 리드프레임의 표면 거칠기 변화를 Park Scientific Instruments 사의 AFM 으로 측정하였다. 또한, 플라즈마 처리 후 경시효과를 확인하기 위하여 시간 경과에 따른 접촉각 변화를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

산소 유량 및 플라즈마 처리 속도에 따른 반도체 리드프레임 표면의 접촉각 측정 결과를 Fig. 1 에 나타내었다. 경시효과를 배제하기 위하여 플라즈마 처리 직후에 곧바로 접촉각을 측정하였다.

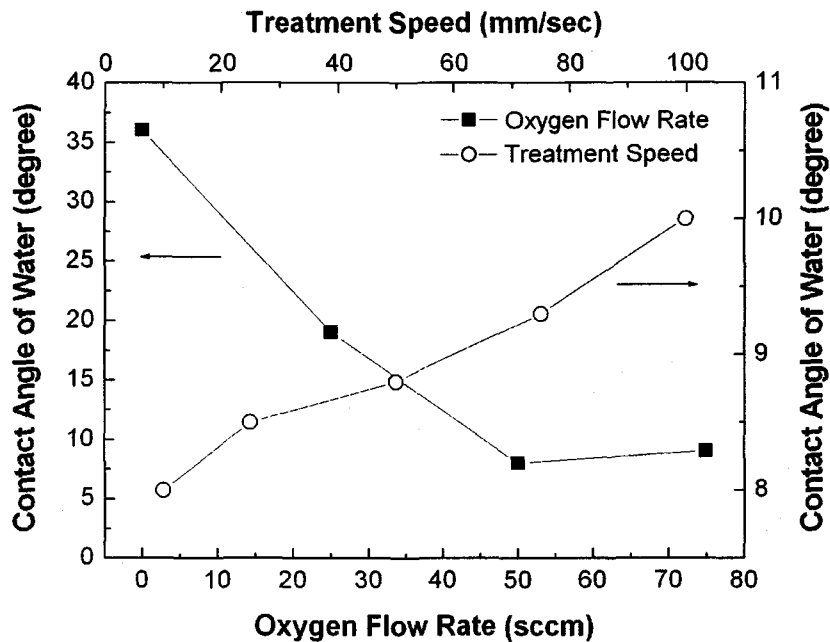


Fig. 1. Static water contact angle of leadframe surface with oxygen flow rate and treatment speed.

산소 유량이 증가할수록 접촉각이 낮아지는 현상을 나타내었다. 산소 유량이 0 sccm 일 때 접촉각이 35.5°에서 50 sccm 일 때 8.2°로 낮아졌으며, 50 sccm 이상에서는 더 이상의 접촉각 감소가 일어나지 않았다. 플라즈마 처리 속도가 증가하면 접촉각이 증가하였으나, 100 mm/sec 정도의 빠른 처리 속도에서도 10° 정도로 낮은 접촉각을 나타내었다.

플라즈마 처리 전후의 접촉각 변화 측정 사진을 Fig. 2 에 나타내었다. 플라즈마 처리 조건은 산소 50 sccm, 알곤 5 slm, 처리 속도 100 mm/sec, 그리고 입력 파워 300 W 이다. 플라즈마 처리에 의해 리드프레임 표면의 젖음성이 크게 증가한 것을 볼 수 있다.

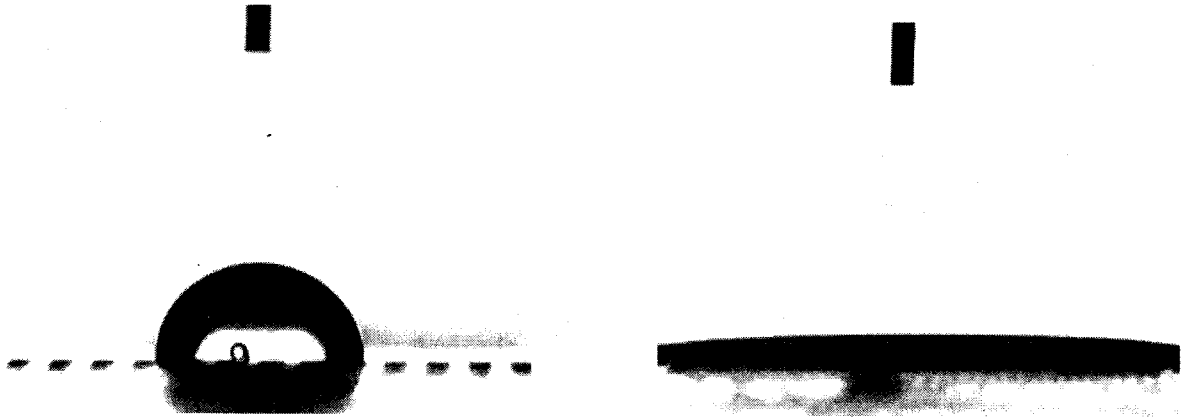


Fig. 2. Water drop images of leadframe surface (a) before and (b) after the atmospheric pressure plasma treatment.

플라즈마 처리 전후의 리드프레임 표면 거칠기 변화를 Fig. 3 에 나타내었다. 스캔 사이즈는 $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 이다. 플라즈마 처리에 의해 리드프레임 표면에 분자 단위의 요철 형상이 형성된 것을 볼 수 있다. 이러한 분자 단위의 표면 거칠기 증가에 의해 리드프레임 표면의 도금 밀착력을 향상시킬 수 있을 것으로 예상된다. 리드프레임 표면의 rms 거칠기를 측정한 결과 플라즈마 처리 전의 97 Å 에서 처리 후 147 Å 로 증가하였다.

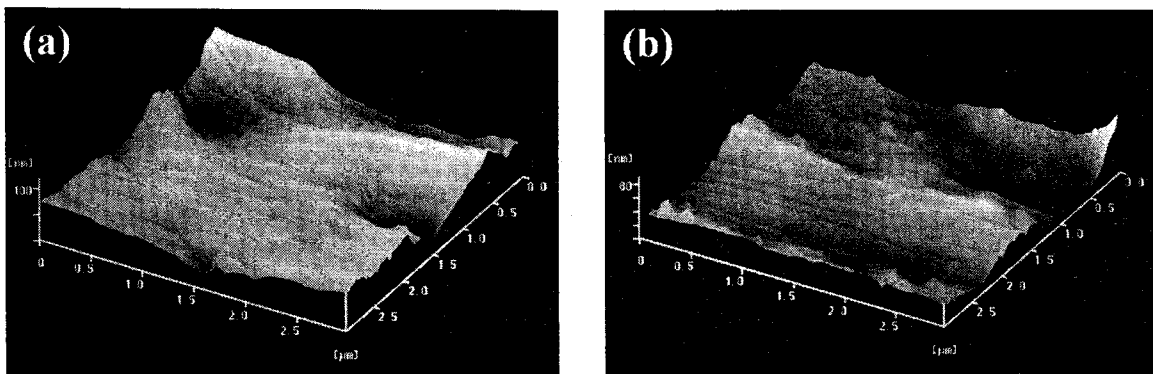


Fig.3. AFM images of the leadframe surface (a) before and (b) after the atmospheric pressure plasma treatment.

대기압 플라즈마를 실제 생산 공정에 적용하기 위해서는 플라즈마 처리 효과가 시간 경과에 따라 어느 정도 유지되는가를 확인할 필요성이 있다. Fig. 4 에 최적 조건(산소 50 sccm, 알곤 5 slm, 처리 속도 100 mm/sec, 입력 파워 300 W)에서 리드프레임 표면을 플라즈마로 처리하고 습도 50%의 상온에서 시간 경과에 따른 접촉각 변화를 그래프로 나타내었다. 플라즈마 처리 직후 표면 활성도가 가장 높기 때문에 대기 중의 기체 분자를 빠르게 흡착함으로 인해 접촉각이 급격히 증가하다가 24 시간 경과 후에는 포화상태에 이르는 것을 알 수 있다.

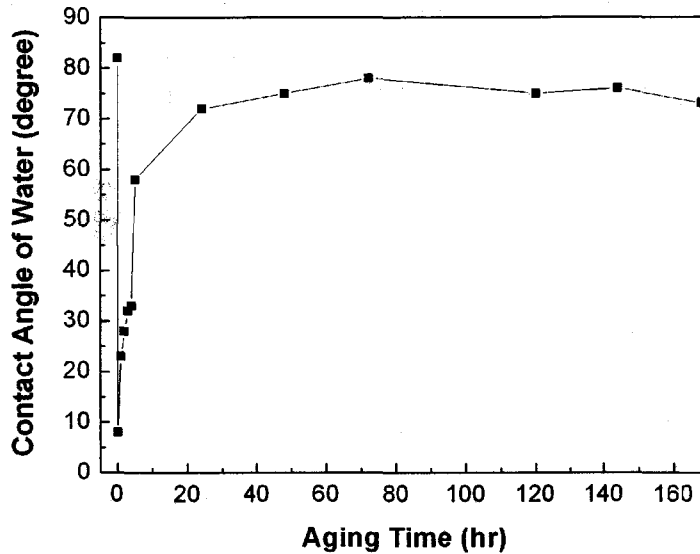


Fig. 5. Changes of contact angle plotted against aging time during 7 days (168 hours) of the plasma treated surface in the optimum condition.

4. 결론

대기압 글로우 플라즈마를 이용하여 반도체 리드프레임 표면의 세정 및 활성화 처리에 성공하였다. 글로우 방전에 의한 플라즈마를 사용함으로써 아크나 스트리머 발생에 의한 리드프레임 표면 손상이 발생하지 않고, 종래의 대기압 플라즈마에서 다량으로 발생하는 오존도 거의 발생하지 않는 것을 확인하였다. 플라즈마 소스 가스로 아르곤(Ar)을 사용하였으며, 활성가스로 산소(O₂)를 첨가하였다. 플라즈마 처리에 의해 리드프레임 표면 개질이 일어났으며, AFM 측정 결과 리드프레임 표면에 분자단위의 요철이 형성된 것을 확인하였다. 리드프레임 표면의 rms 거칠기를 측정한 결과 플라즈마 처리 전의 97 Å 에서 처리 후 147 Å 로 증가하였다. 300 W 파워에서 산소를 50 sccm 공급하고 100 mm/sec 속도로 리드프레임을 처리한 결과, 처리 전 접촉각이 82°에서 처리 후 10° 이하로 낮아졌다. 경시효과 측정 결과 플라즈마 처리 후 리드프레임 표면의 활성 상태가 약 5 시간 정도 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 플라즈마 처리 효과를 최대로 유지하기 위해서는 플라즈마 처리 직후 바로 다음 공정으로 이어지는 in-line 공정이 바람직하다. 대기압 글로우 플라즈마는 이러한 연속공정에 적용이 가능하다. 결론적으로, 대기압 글로우 플라즈마에 의한 반도체 리드프레임 표면의 세정 및 활성화 처리에 의해 기존의 습식 전처리 공정을 대체할 수 있음을 확인하였다.

후기

본 연구는 중소기업청에서 시행한 중소기업 기술혁신 개발사업의 지원 하에 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] R. Hansen, M. Bissen, D. Wallace, J. Wolske: Appl. Optics, 32, pp. 4114 , 1993.
- [2] J. Deffeyes, H. Lilenfeld, J. Reilly, P. Mykytiuk: SAMPE J., 33, pp. 58 , 1997.
- [3] C. Yi, C. Jeong, Y. Lee, Y. Ko, G. Yeom: Surface and Coatings Technol., 177-178, pp. 711 , 2004.
- [4] M. Kim, D. Song, H. Shin, S. Baeg, G. Kim, J. Boo, J. Han, S. Yang: Surface and Coatings Technol. 171, pp. 312., 2003.
- [5] X. Xu: Thin Solid Films, 390, pp. 237 , 2001.
- [6] M. Abdiflah: Applied Spectroscopy, 47, pp. 366 , 1993.
- [7] K. Onda, Y. Kasuga, K. Kato, M. Fujiwara, M. Tanimoto: Energy Conversion and Management, 38 pp. 1377 , 1997.
- [8] S. Moon, W. Choe, B. Kang: Applied Physics Letters, 84, pp. 188 , 2004.