

초음파 세정 및 건조기술

이강원*, 윤의중**, 김철호*, 이태범**, 이석태*

*한국생산기술연구원, **호서대학교 정보제어공학과

초록

본 연구에서는 반도체 세정 챔버 내부에서 회전 척을 사용하는 기관의 세정 공정에서 세정장치와 건조장치를 분리하지 않고 일체화하는 기술을 연구하는 한편, 초음파 세정기술을 이용하여, 세정에 사용되는 약액을 절감하는 방법도 연구하였다. UWA(Ultrasonic Water and Clean Air) system은 초음파 진동부, 초순수 공급부 그리고 clean air공급부를 모듈화 하였다. UWA system으로 공급된 초순수에 70~130kHz범위의 초음파가 더하여지고 반도체 기관 위에 분사되면 기관 위의 미세 파티클을 세정하는 효과를 갖는다. 세정 후 연속적으로 clean air를 분사하여 기관 위의 수분을 완전히 제거한다. Particle 세정 작업을 실시한 후 표면을 검사하여 정밀세정 능력을 확인하였다.

1. 서론

반도체 산업과 LCD 산업에서 공정의 다양한 기술적 요구로 인하여 세정장치도 다양한 방식이 제시되고 있다. 현실적으로 단일 세정장치로 각 공정의 다양한 요구를 만족시키기는 어렵다. 또한 전처리 기술과 건조작업 등 세정 후처리 기술도 중요하다. 세정장치를 공정에 적용하기 위해서는 이들 관련기술 들에 대한 해결책도 제시되어야 한다. 최근의 세정 장비기술은 과거에 비해 그 중요성이 더욱 커졌으며 반도체의 경우 공정의 약 20%를 차지할 정도이다. 또한 친 환경 장비 개발을 위해 기술개발이 활발히 이루어지고 있으며 UV(Ultra Violet) Laser 를 이용한 건식 세정 장비, 수소 및 오존을 사용하면서 환경보호 및 생산비용 절감이 가능한 습식 세정장비 등 차세대 장비가 국내외 관련 업체를 중심으로 개발되고 있다. 세정 작업에서 소요되는 약액의 절감은 생산비를 줄일 수 있어 제품의 가격 경쟁력 및 친환경 정책에도 기여한다.[1~6]

일반적으로 초음파 세정기술에는 고주파의 파동전파에 세정액 내부에서 발생하는 캐비테이션(cavitation)과 진동가속도 등이 많이 활용되는 방법이다[1-5]. 반도체 세정장치의 경우, 세정장치는 웨이퍼 처리 매수에 따라 웨이퍼를 일괄적으로 처리하는 배치식과 한 매씩 처리하는 매엽식으로 구분한다. 매엽식의 경우에는 설치면적이 작고 처리 속도가 빠르며 식각 균일성이 일정하고 공정 대응력이 높으나 양산성과 약액 소모량에서 단점을 나타낸다. 그러나 배치식 장비에 비해서 여러 가지 장점을 가진다. 즉 공정마다 새로운 약품의 공급이 가능하고 다른 웨이퍼의 영향을 받지 않기 때문에 파티클 재부착 문제의 해결이 가능하며, 약품처리 후에 웨이퍼가 이동하지 않고 회전하면서 린스를 처리하기 때문에 약액 치환성이 좋다. 따라서 식각량 제어성에서 장점을 가진다. 또한 웨이퍼 뒷면이나 베벨의 경우 웨이퍼의 표면에서 불필요한 막을 선택적으로 제거할 수

있으며, 장비의 기능을 추가시키면 웨이퍼 베벨 부분에서 약품을 제어하고 웨이퍼의 뒷면에서도 약액을 조정할 수 있다. 하지만 공정진행 과정에서 회전력으로 건조를 실시하기 때문에 물 반점이 발생하고 1 매씩 진행하기 때문에 양산성이 낮은 단점이 있다. 이 때문에 파운드리 업체와 다르게 양산성이 중요한 문제인 DRAM 업체의 경우에는 배치식 장비가 매엽식으로 전용될 가능성은 적지만 매엽식 장비의 장점을 무시할 수 없기 때문에 최근에 많이 도입되고 있는 실정이다. 매엽식 장비의 양산성의 문제점을 향상시키기 위해서 챔버의 수를 늘이거나 건조 시간을 단축하는 것이 일반적인 추세이다. 또한 처리 시간과 약액 사용량을 보완하기 위해서 약액 사용량이 적으며 세정 효율이 높은 오존 수와 회석 불산을 사용하는 방법도 검토하여 도입하고 있다[6].

본 연구에서는 매엽식 세정장비에서 해결하고자 하는 약액 절감과 건조기술에 대하여 중점을 두었다. 건조 후의 물 반점은 건조 불량에 대표적인 사례이며 발생요인은 웨이퍼 기판의 실리콘과 잔류하는 물방울의 산소가 결합하여 불량을 나타낸다. 기존의 건조방식은 스핀 방식과 IPA 레이어 방식 그리고 IPA 증류방식 등 크게 3 가지 방식으로 나눌 수 있다. 건조 장치는 공정에 대한 적합성을 고려하여 다양하게 적용 가능하지만 기존의 방식들은 대전현상에 의한 파티클의 흡착, 웨이퍼 깨짐, 물 반점 발생이 있는가 하면, 가스의 불안정성과 유기물 오염과 같은 문제 등이 발생한다. 이의 해결을 위해서는 보다 복합적이고 통합된 기능의 건조장치의 개발이 필요하다. 본 연구에서는 국내 초음파 응용제작 업체에 의뢰하여 제작한 다주파 발생이 가능한 초음파 발생장치를 사용하였다(실험을 위하여 적용하는 주파수는 70kHz 와 130kHz 이다). 초음파 음압이 효율적으로 전달되어 기판위의 오염물질을 제거하는 한편 잔류하는 수분을 효과적으로 제거하는 방법을 제시하였다.

2. 시스템 구성 및 실험 방법

2.1 세정장치 설계이론

기존의 매엽식 세정장치의 회전 기관 위에 UWA system 을 고안하여 연구를 진행하였다. 이 시스템에서는 초순수 세정액이 기존의 장치 중 에어나이프에서 토출되는 방식처럼 기관위로 분사되는 형태이며 동시에 초음파의 입자 가속도를 이용하여 세정력을 높여주는 역할을 수행하도록 한다. 이때 액체의 입자는 주파수 제공에 비례하는 가속도에 의해 빠른 진동을 하며 기관에 존재하는 sub-micron 대의 이물질을 제거한다.

매질의 진동이 전파될 때 변위(y)는 아래의 [1]식과 같이 진폭 A 와 정현함수의 곱으로 나타낼 수 있다.

$$y = A \sin \omega T \text{ ----- [1]}$$

또, 입자의 속도는 매질입자 변위의 시간에 대한 미분 값이며 입자 가속도 a 는 다음과 같이 주파수의 제곱과 비례한다.

$$a = d^2y/dt^2 = -A \omega^2 \sin \omega T \text{ ----- [2]}$$

$$a_{\max} = A\omega^2 = A(2\pi f)^2 \text{ ----- [3]}$$

가속도를 계산하기 위하여 음파의 강도와 음향 임피던스, 진동속도의 관계 수식은.

$$I = \rho c v^2 \quad \text{----- [4]}$$

이다. 이때, I 는 음파의 강도, ρc 는 음향 임피던스[pa.s/m], v 는 진동 속도이다. 그러므로 진동속도와 가속도의 표현은 수식 [5]와 [6]으로 나타낸다.

$$v = (I / \rho c)^{1/2} \quad \text{----- [5]}$$

$$a = \omega v = 2\pi f v \quad \text{----- [6]}$$

2.2 장치구성 및 실험방법

그림 1은 UWA 초음파 세정실험을 위하여 장치의 개략적인 구성도를 나타낸 것이다.

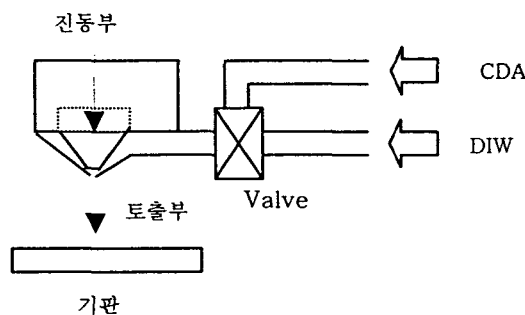


그림 1. UWA system 개념도

초순수 공급장치(DIW 부)로부터 펌프에 의해 공급된 약액은 토출부를 통하여 기판 위로 분사되는 한편, 여기에 제너레이터에서 진동부로 전달된 초음파가 실려 기판 위의 미세 파티클에 대한 세정력을 강화하는 역할을 한다. 이때의 세정력은 유량과 초음파 주파수, 거리 등과 관련이 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구의 실험을 위하여 주파수를 70kHz 와 130kHz 두개의 모드로 사용할 수 있도록 제너레이터를 제작 하였다. 또한 마이크로 미터를 사용하여 초순수 세정액과 청정공기가 토출되는 기구의 높이를 조정할 수 있다. 그림 1의 UWA 세정장치를 제어하기 위해 외부에 별도의 제어장치가 포함된 메인 장비와 초음파 발생장치를 준비하였다. 웨이퍼 척 위에 기판(Si 웨이퍼, 8 인치)을 세팅한 다음 메인장비의 회전 모터를 이용하여 기판을 회전시킨 후 메인장비의 펌프에서 공급된 초순수가 밸브와 토출부를 통하여 기판 위에 분사된다. 이때 70kHz 또는 130kHz 의 초음파가 함께 실려서 높은 세정력으로 약 1 분 동안 실험을 실시한다. 세정작업이 끝나면 동일한 토출부를 통하여 청정공기(CDA:Clean Dry Air)가 분사된다. 이것으로 기판 회전력에 의한 건조기능 외에 청정공기를 분사하여 미세한 물 반점까지 제거하게 된다.

3. 실험 및 고찰

3.1 실험장치 설치

실험을 위하여, 제작된 세정 장치를 유틸리티가 잘 갖추어져 있는 반도체장비국산화센터(SERC)의 크린룸 안에 설치하였다. 테스트 기판으로는 8 인치 및 6 인치 웨이퍼를 준비하고, 기판을 준비하기 위하여 Wet station 설비를 이용하여 초기 세정을 실시하였다. 초기의 기판은

표준 세정을 실시하여 준비하였다(아세톤 3 분, IPA 3 분, DIW 6 분). 그림 2 와 그림 3 은 클린룸 안에 설치한 세정장치와 초음파 제너레이터이다.

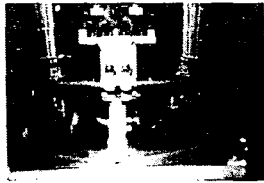


그림 2. 실험장치

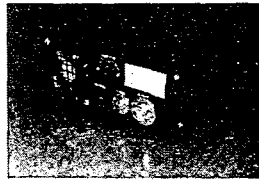


그림 3. 초음파 제너레이터

3.2 실험 및 고찰

세정력을 검토해 보기 위하여 Al_2O_3 분말을 이용하였다. 그림 4 와 그림 5 는 각각 세정 전후의 기판 상태를 비교한 것이다.

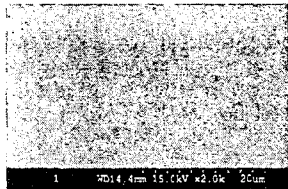


그림 4. 세정작업 전(SEM)

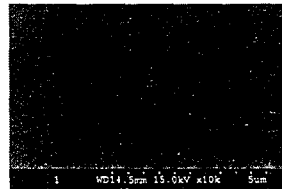


그림 5. 세정 작업 후(SEM)

세정은 같은 압력 조건(12 kPa)으로 실시하였으며 그림 5 에서와 같이 세정 및 건조효과를 확인할 수 있었다. 세정에 소요된 시간은 1 분이었으며 기판 위에 존재하던 미세 파티클을 양호하게 제거하였다. 세정 후 건조시간은 10 초로 설정하였다. 한 편, 양산설비의 sub-micron 단위의 미세공정에 대한 세정력을 확인하기 위해서는 별도의 공정 및 실험조건을 수립하여 실시하는 것이 필요할 것이다.

4. 결론

본 논문에서는 반도체 웨이퍼 또는 LCD 에 적용하기 위하여 초음파와 세정액에 의한 매엽식 세정장치인 UWA system 에 대한 연구를 수행하였고, 실험용 초음파 세정 및 건조장치 시스템을 설계, 제작하였다. 제작된 장비의 실험을 통하여 기판의 양호한 세정효과 및 건조효과를 확인하였다.

본 연구를 통하여 설계된 UWA system 을 산업체에서 검증하고 이용하여 초음파 세정장비를 개발하는 경우 세정액 절감 효과와 장비의 제작비 절감을 기대할 수 있으므로 향후에 연계된 연구를 계속할 필요가 있다.

후기

이 논문에서 제작된 시스템의 구현은 한국생산기술연구원의 생산기술연구사업의 연구비 지원에 의해 연구되었습니다.

참고문헌

- [1] Mayer, A. and Shwartzman, S., "Megasonic Cleaning: A New Cleaning and Drying System for Use in Semiconductor Processing", *Journal of Electronic Materials*, Vol.8, No.6, pp.855-864,1979.
- [2] 高橋典久, "메가소닉 洗淨", *超音波TECHNO* 7월호, pp.36-40, 1994.
- [3] 김진오, 김정호, 최주영, 조문재, "초음파 세정기의 진동/음향 해석에 의한 수명/성능향상 연구", *대한기계학회 논문집*, 19권 11호, pp.2939-2953, 1995.
- [4] Hall, R. M., Jarvis, T.D., Parry, T., Li, L. and Hawthorne, R. C., "Investigating Particle, Metallic Deposition in Megasonic Wafer Cleaning", *Micro* July/August, pp.80-90 , 1996
- [5] Qi, Q. and Brereton, G. J., "Mechanisms of Removal of Micron-Sized Particles by High-Frequency Ultrasonic Waves", *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, Vol.42, No.4, pp.619-629, 1995
- [6] 이강원, 이석태 외, "세정액 절감형 Wafer/Glass 세정시스템 개발," *한국생산기술연구원 연구개발보고서*, p. 1-41, 2003