

# 반도체 감광막 제거공정 적용을 위한 고농도 오존발생장치 개발

論 文

55C-12-9

## Development on the High Concentration Ozone Generator System for the Semiconductor Photoresist Strip Process

孫永洙<sup>†</sup> · 咸尙龍<sup>\*</sup>

(Young-Su Son · Sang-Yong Ham)

**Abstract** - we have been developed on the ultra high concentration ozone generator system which is the core technology in the realization of the semiconductor photoresist strip process using the ozone-vapor chemistry. The proposed ozone generator system has the structure of the surface discharge type which adopt the high purity ceramic dielectric tube.

We investigate the performance of the proposed ozone generator system experimentally and the results show that the system has very high ozone concentration characteristics of 19.7[wt%/O<sub>2</sub>] at the flow rate of 0.3[l/min] of each discharge cell. As a result of the silicon wafer photoresist strip test, we obtained the strip rate of about 400[nm/min] at the ozone concentration of 16[wt%/O<sub>2</sub>] and flow rate of 8[l/min.]. So, we confirmed that it's possible to use the proposed high concentration ozone generator system for the ozone-vapor photoresist strip process in the semiconductor and FPD industry.

**Key Words** : 오존 증기, 오존발생장치, 감광막 제거, 연면방전, 수 전극

### 1. 서 론

기존의 반도체 습식세정공정이 가지고 있는 문제점인 고 비용, 비 환경친화적 문제를 해결할 수 있는 공정기술로서, 1990년대 초에 반도체 습식세정 및 감광막 제거공정에 사용되어 온 산화제인 과산화수소를 전기방전방식에 의해 생성된 고농도 오존을 순수에 용해시킨 오존수로 대체하는 공정기술이 개발되었다. 개발된 오존수를 이용한 반도체 세정공정기술은 환경 유해 물질을 전혀 사용하지 않고, 순수의 사용량을 획기적으로 줄이면서 반도체 웨이퍼의 오염물질 제거 능력이 뛰어난 공정기술로 평가되고 있다. 현재 기상오존농도 12[wt%/O<sub>2</sub>]급의 성능을 갖는 오존발생장치 기술과 이를 이용한 오존 수 제조장치가 국내외에서 상용화되어 반도체 제조업계에 보급되고 있다.<sup>[1-5]</sup>

그러나, 오존 수를 이용한 반도체 감광막 제거공정은 오존 가스가 물에 대한 용해도가 낮고 수중에서의 확산저항이 큰 근본적 제약이 있어 현재 국내의 기술수준인 130[nm/min]대의 낮은 감광막 제거성능으로는 디바이스 제조업계의 생산 수율을 만족하지 못하는 큰 기술적 한계를 가지고 있다. 이로 인하여 기존의 건식 및 습식공정에 비해 많은 장점을 가지고 있으면서도, 실제 오존 수 공정을 이용한 감광막 제거공정 실용화 대체가 활발히 이루어지지 않고 있다.<sup>[6-7]</sup>

이러한 상황에서 반도체 웨이퍼 상에 얇은 수 경계 막

(water boundary layer)을 형성하고, 반응 층 표면을 고온 분위기로 하여 16[wt%/O<sub>2</sub>]대의 초고농도 오존가스를 주입함으로써 오존의 반응시간과 확산저항을 최소화하여 산화력을 극대화하는 오존증기(ozone vapor) 공정기술이 연구 개발되었다.<sup>[8-10]</sup> 개발된 경계 막 제어에 의한 오존처리기술은 감광막 종류 및 공정조건에 따른 차이는 있으나 300 - 600[nm/min]의 고효율 감광막 제거가 가능하여 기존 SPM 화학용액에 의한 생산수율과 대등한 것으로 연구결과가 보고 되었다. 따라서, 기존의 오존 수 공정 단점인 낮은 산화력으로 인한 낮은 감광막 제거율을 해결할 수 있는 새로운 오존처리공정으로 부각되고 있다.

본 논문은 현재 반도체 제조공정에서 이용되고 있는 오존 생성농도 중 가장 높은 기상 오존농도를 필요로 하는 경계 막 제어방식 오존처리공정을 국내 실용화 적용하기 위한 연구의 결과이다. 공정구현에 필요한 핵심 요소기술로서 16[wt%/O<sub>2</sub>]급 이상의 고농도 오존생성을 위한 오존발생시스템을 개발하였다. 고농도 오존생성을 위한 방전관 구조로는 고 순도 세라믹 튜브를 이용한 연면방전구조에 유전체 외부 수 냉각 방식을 채택하였으며, 방전 중의 방전관 정전용량 변화에 따라 방전전력을 조절할 수 있도록 공진모드제어방식의 25[kHz]대 고주파 전원공급장치를 설계하였다. 제안한 방전관으로 경계 막 제어방식 오존처리 공정의 구현에 필요한 16[wt%/O<sub>2</sub>]의 높은 오존생성농도를 얻을 수 있는지를 실험을 통하여 고찰하였다. 또한 반도체 웨이퍼를 대상으로 감광막 제거시험을 수행하여 제안한 초고농도 오존방전관을 이용한 오존처리공정이 반도체 감광막 고효율 제거를 위한 실용화 핵심기반기술로 활용할 수 있는지를 검토하였다.

<sup>†</sup> 교신저자, 正會員 : 韓國機械研究院 知能型精密機械研究本部

E-mail : ysson@kimm.re.kr

<sup>\*</sup> 非會員 : 韓國機械研究院 知能型精密機械研究本部

接受日字 : 2006年 7月 11日

最終完了 : 2006年 10月 16日

## 2. 실험장치 구성

### 2.1 연면방전식 오존발생장치

오존을 고농도로 발생시키기 위해서는 원료가스 종류 및 유량, 오존방전관구조 및 재질, 전원공급장치 효율, 냉각방식 등 고려하여야 할 많은 설계 인자가 있으며, 사용하고자 하는 목적에 따라 이들 설계요소를 적절히 채택하여 용도에 맞는 오존발생시스템을 개발하는 것이 일반적이다.<sup>[11-12]</sup> 산업용으로 가장 많이 이용하고 있는 전기 방전에 의한 오존발생방법으로는 무성방전과 연면방전식이 있다. 무성방전은 두 개의 전극이 대향하고 있는 공간에 유전체를 삽입하여 공간 내에서 두 전극사이에 방전현상이 일어나는 구조인 반면, 연면방전은 이종의 유전체가 서로 상접하고 있는 경우 그 경계면을 따라 생기는 방전현상이다. 그림 1과 같이 고체 유전체 표면에 전극을 배치하고 전압을 상승시키면 전극단의 전속밀도는 다른 곳에 비하여 크므로 여기서부터 코로나 방전이 발생하고, 전압의 상승과 더불어 코로나는 고체 유전체의 표면에 연하여 진전하는 형태의 방전이다.



그림 1 연면방전 구조

Fig. 1 Structure of the surface discharge

무성방전방식 구조는 대향하는 두개의 금속 면 전극이 방전 공간 내에 노출되기 때문에 방전 시 다량의 금속이온 발생 가능성이 높은 구조이다. 따라서 본 연구에서는 고 순도의 세라믹 튜브를 유전체로 하여 세라믹 관 내부에 전자와 금속전극과의 충돌에 의한 금속이온 방출을 최소화하기 위해 일반적으로 오존발생장치에 사용하는 스테인레스 재질보다 높은 구조적 강도 및 높은 용융점을 갖는 텅스텐 와이어를 스프링형태로 제작하여 삽입하고 이 와이어에 고 전압을 인가하는 방법을 택하였다. 또한 세라믹 튜브 외부에 냉각수 케이스를 설치하여 유전체 외부를 냉각시킴과 동시에 접지 전극으로 사용함으로써 고농도의 오존을 생성하기 위한 단면수 냉각방식 세라믹 연면 방전관을 제안하였다. 냉각수를 전극으로 이용할 경우 수 전극의 전기적 저항이 금속전극에 비해 크므로 금속전극을 이용하는 방전장치보다 더 큰 전기적 손실이 예상된다. 그러나, 유전체와 전극사이의 밀착력 증대로 인한 냉각효율 향상으로 방전 시 발열에 의한 오존 분해 작용 억제로 고농도 달성에 적합할 것으로 판단된다.<sup>[13]</sup>

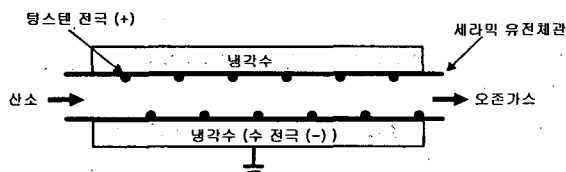


그림 2 제안한 수 전극방식 세라믹 연면방전관

Fig. 2 Proposed water electrode type ceramic surface discharge tube

제안한 방전관에 사용한 세라믹 유전체는 독일산 고순도 세라믹 튜브로서 외경 6[mm], 길이 1000[mm]이며 특히 유전체 두께는 방전개시전압을 낮추기 위해 1[mm]의 얇은 튜브를 선정하였다. 제안한 방전관의 성능실험을 위해 설계한 방전관은 내부에는 세라믹 유전체 튜브 4개를 병렬로 연결하여 1개의 외부 케이스 내에 삽입하도록 하였다. 이는 대량의 오존이 필요할 경우 효과적으로 단위 방전관을 연결함으로써 원하는 발생량을 얻도록 하기 위함이다.

### 2.2 실험장치 구성

제안한 연면방전관의 방전 특성시험을 수행하기 위하여, 설계한 방전관의 다양한 특성변화에 대한 방전성능을 관찰할 수 있도록 고농도 방전관 전용 시험 장치를 설계, 제작하였다. 설계한 고농도 방전관 시험장치는 다양한 시험조건 즉 원료가스 유량 변화, 방전관 내 압력 변화, 냉각수 온도변화 및 방전전력 변화 등에 따른 방전특성 변화를 측정할 수 있도록 그림 3과 같이 구성하였다. 특히 원료가스의 미세 유량 변화에 따른 방전특성 변화를 관찰하기 위하여 산소가스를 정밀하게 제어 및 공급할 수 있는 Mass Flow Controller (Bronkhost사)를 사용하여 가스를 공급하도록 하였다. 방전관의 오존발생농도 측정은 일본 Okitronics사의 최대 측정농도 20[wt%/O<sub>2</sub>]급 기상오존모니터를 사용하였다. 또한 방전으로 발생한 고농도의 오존가스를 분해하기 위하여 망간을 촉매로 하는 오존분해장치를 제작하여 방전관 후단에 삽입하였다. 제작한 연면 방전관 및 성능 실험 장치를 그림 4에 보였다.

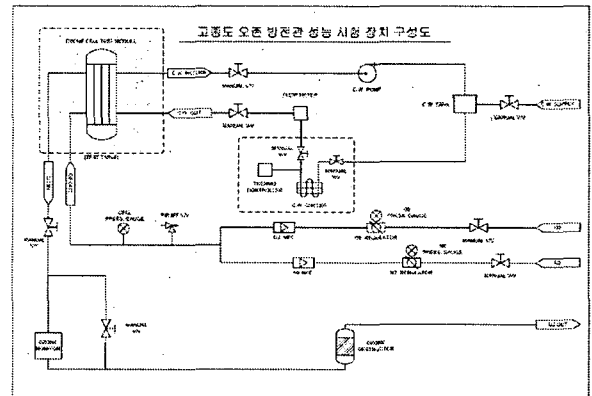


그림 3 고농도 오존방전관 실험장치 구성도

Fig. 3 The experimental set-up of the high concentration ozone generator

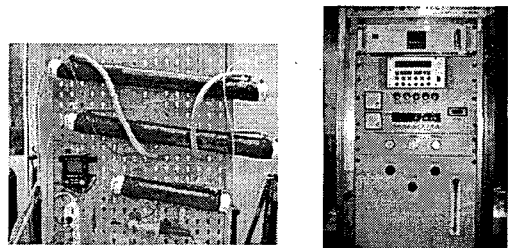


그림 4 제작한 연면방전관 및 성능실험장치

Fig. 4 Manufactured surface discharge tube and performance test unit

2.3 고효율 전원공급장치

고전압 전원공급장치는 방전이 안정적이고 균일하게 발생되는 최저 전압으로 방전전압을 유지하고 높은 주파수에 의해 오존발생량을 조절함으로써 짧은 미세방전주기를 형성하기 위해 빠른 전압 상, 하강율을 갖도록 인버터 방식으로 설계하고 있다. 기존의 중·소형 오존발생장치용 전원공급장치는 주로 전파정류 방식의 PWM 인버터 방식으로, 사용주파수는 1-2[kHz]로서 비교적 높은 농도의 오존발생에 유리한 것으로 되어 있으나 부하의 변동에 방전전력을 능동적으로 가변하지 못한다. 본 연구에서는 공진형 인버터 방식의 전력변환방식에 영 전류 스위칭(Zero Current Switching)방식의 전류제어기법을 채택하여 스위칭 손실에 의한 에너지 손실을 줄임으로써 고효율 전력공급이 가능하다. 25-30[kHz]급의 공진주파수에서 전력소자인 IGBT를 제어하게 된다. 제안한 방전관 구조는 무성방전방식에 비해 방전개시전압이 낮아도 되며 특히 세라믹 유전체의 두께를 1[mm]이하로 얇게 선정함으로써 방전개시 전압을 3~5[kV] 이하로 낮출 수 있었다. 이는 방전전력의 감소와 함께 2차 측 트랜스 제작에 있어 코일 턴 수를 줄여 용적을 작게 함으로써 열 발생에 의한 효율의 저하를 방지할 수 있다. 전원공급장치의 2차 측 트랜스포머 설계는 제안한 연면방전관이 갖는 정전용량과의 LC 공진이 이루어져야 하므로 사용하는 세라믹 유전체의 수량에 따라 트랜스포머의 턴 수를 조정하여 L값을 결정하여야 한다. 본 연구에서 사용한 세라믹 유전체로 제작된 연면방전관의 경우 셀 당 정전용량은 약 200[pF] 정도로서 개발한 전원공급장치는 4개의 셀을 하나의 방전관 단위로 설계하여 트랜스포머의 L값을 약 180[mH]가 되도록 하였다.

그림 5는 설계한 전원공급장치의 제 파라미터 값을 결정하기 위하여 수행한 시뮬레이션 파형을, 그림 6은 실제 제작한 전원공급장치를 나타낸다.

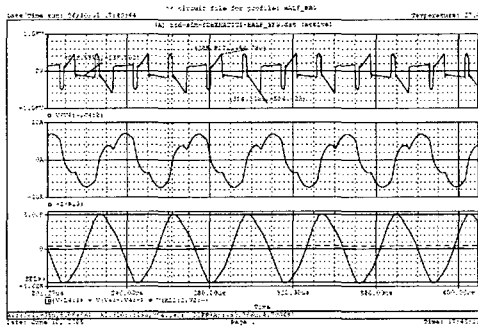


그림 5 1, 2차 측 전압, 전류파형 시뮬레이션 결과  
Fig. 5 Simulation results of the primary/secondary V/I waveform

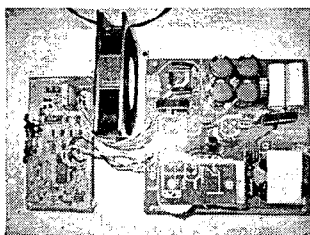


그림 6 개발한 전원공급장치  
Fig. 6 Developed Power Supply

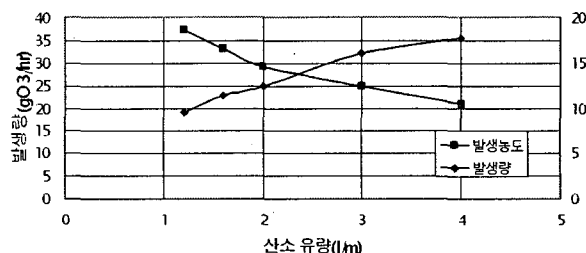
3. 오존 생성 실험 결과

고농도 오존발생 성능목표인 최대 16[wt%O<sub>3</sub>]의 오존농도 특성을 갖는 오존가스가 생성되는지의 여부를 확인하기 위하여 오존 생성 실험을 수행하였다. 세라믹 유전체 튜브 4개를 병렬로 연결하여 1개의 외부 케이스 내에 삽입하고 유전체 관 외부를 냉각수가 순환하도록 하는 제안 구조방식의 고순도 세라믹 연면방전관을 제작하였다. 오존 생성 특성은 산소공급 유량, 방전관 압력, 방전전력 및 냉각수 온도를 가변하면서 오존농도 변화를 관찰하였다. 오존발생량 특성은 방전관에서 생성되는 오존가스의 농도를 오존농도 측정기로 측정하고 이를 이용하여 식 1과 같이 계산하였다. 전원공급장치의 인가전압은 3~6[kV] 사이이고 주파수는 23-28[kHz]를 유지하여 방전현상에 따른 정전용량 변화에 따라 전력공급이 추종하도록 하였다.

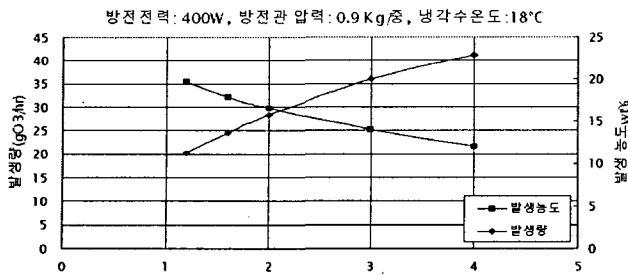
$$\text{오존발생량}[\text{g/hr}] = \text{오존농도}[\text{wt}\%/\text{O}_2] \times \text{유량}[\ell/\text{min}] \times 0.8571 \quad (\text{식 1})$$

제작한 연면방전관 내 압력 0.9[kg/cm<sup>2</sup>], 외부 냉각수 온도를 18도로 유지한 상태에서 전원공급장치의 방전전력을 300[W] 와 400[W]로 변화한 경우, 산소 유량변화에 대한 오존농도 및 발생량 특성을 그림 7에 나타내었다. 방전전력 300[W]인 경우, 방전관에 공급하는 산소가스 유량 1.2[ℓ/min](각 세라믹 관 당 0.3[ℓ/min])에서 오존생성농도는 18.66[wt%/O<sub>2</sub>], 4[ℓ/min]에서 10.38[wt%/O<sub>2</sub>]의 고농도 오존생성 특성을 보였다 방전전력을 400[W]로 증가시킨 경우, 산소가스 유량 1.2[ℓ/분](각 세라믹 관 당 0.3[ℓ/min])에서 오존생성농도는 19.71[wt%], 4[ℓ/min]에서 12.00[wt%/O<sub>2</sub>]의 초 고농도 오존생성 특성을 보였다. 이는 반도체 공정에의 적용을 위해 외국에서 개발된 고농도 오존발생장치의 성능인 방전 셀 당 0.5[ℓ/min]에서 최대 오존생성농도 16-18[wt%/O<sub>2</sub>]대와 거의 동일한 오존생성특성을 갖는 것으로서, 본 연구에서 제안한 고 순도 세라믹을 이용한 연면 방전구조와 단면 수 냉각방식, 그리고 고주파 전원공급장치의 높은 전력효율에 기인한 것으로 판단된다. 일반적으로 동일한 조건에서 원료가스 유량이 증가하면 오존생성에 영향을 미치는 여기 산소분자의 수는 증가하지만, 유속이 빨라져서 방전 공간 내에서 해리된 산소원자와 산소분자 결합에 의한 오존분자 생성시간이 감소하므로 오존농도는 감소하는 것으로 알려져 있다.

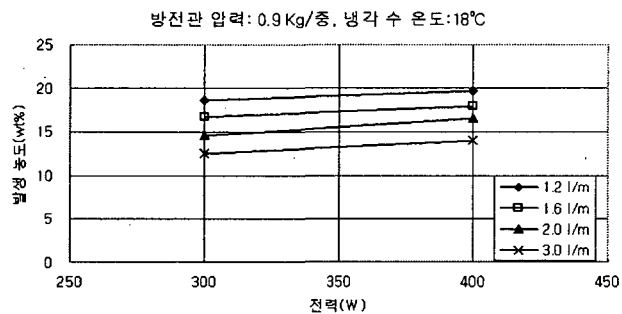
방전전력 300W, 방전관 압력: 0.9 Kg/cm<sup>2</sup>, 냉각수 온도: 18°C



(a) 방전전력 변화에 대한 오존 농도 및 발생량변화(300W)



(b) 방전전력 변화에 대한 오존 농도 및 발생량변화(400W)



(c) 산소 유량 변화에 대한 오존농도 변화

그림 7 방전전력 및 산소유량 변화에 대한 오존생성 특성

Fig. 7 The ozone generation characteristics according to the discharge power and oxygen flow variation

또한, 방전전력이 증가할 수 록 오존농도 또한 증가함을 볼 수 있는 데, 이는 방전전력이 증가하면 방전관내의 전력밀도가 증가하여 전자의 생성이 활발해지며 이에 따른 산소분자와의 충돌확률이 많아져 여기 산소분자 수의 증가로 인한 오존생성농도가 증가하는 것이다. 그러나 방전전력을 너무 높게 하면, 고 전자밀도에 의한 온도상승으로 오존분해현상도 활발해지기 때문에 원하는 오존생성특성을 갖도록 적절히 방전전력을 인가하여야 한다.

오존 발생량의 경우, 방전전력 400[W]에서 산소유량 4[l/min]일 때 41.4[g/hr]로 계산되었으며 이때의 오존생성 수율은 103.4[g/kWh]를 달성하였다. 오존발생량의 경우 산소공급 유량이 증가함에 따라 발생량은 증가하므로 오존생성농도와는 반비례하는 특성을 가지고 있다. 산업용으로 이용되고 있는 무성방전에 의한 대용량 오존발생시스템의 경우 오존 1[kg/hr]를 생성하는 데 약 12[kWh]의 전력(생성수율 83.3[g/kWh])이내이면 생산성이 좋은 오존발생시스템으로 평가하고 있는 데, 본 오존방전관의 경우 고농도 오존생성을 위해 높은 주파수대의 고효율 전원공급장치 설계와 수 냉각방식에 의한 유전체의 효과적인 냉각 등으로 오존생성수율이 매우 높게 나타났다. 따라서, 오존생성특성을 나타내는 오존농도, 오존발생량 및 생성 수율 측면에서 모두 매우 우수한 특성을 나타냄을 확인함으로써, 제한한 연면 방전관 구조를 이용한 오존발생시스템이 반도체 또는 FPD 제조에 있어 가장 높은 오존농도를 필요로 하는 경계 막 제어방식에 의한 반도체 감광막 제거공정에 효과적으로 적용하기 위한 실용화 적용 가능성을 입증하였다.

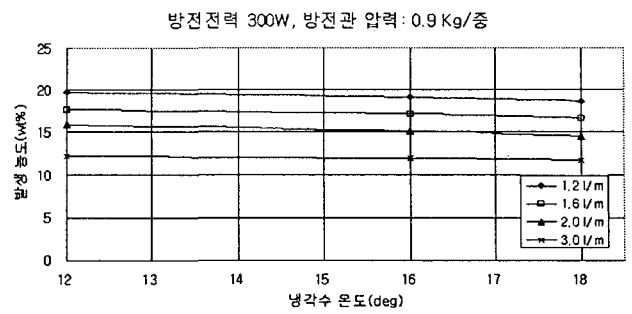


그림 8 냉각수 온도변화에 대한 오존농도 특성

Fig. 8 Ozone concentration characteristics according to the cooling water temperature variation

그림 8에 유전체 외부를 물로 냉각시키기 위한 냉각수 온도변화에 따른 오존농도 특성을 조사하였다. 제작한 고농도 오존생성 시험장치의 냉각장치 설정온도를 12도- 18도 사이에서 2도씩 변화하여 냉각수를 순환시키면서 농도변화를 관찰하였다. 유전체관 내부에서 고 전계의 에너지밀도로 방전 전력을 인가하면 방전 공간 내에 온도가 상승하게 되며 이러한 온도상승은 생성된 오존가스를 분해하기 때문에 고농도 오존생성을 위해서는 반드시 방전으로 인한 열을 방출할 수 있도록 냉각장치를 고려하여야 한다. 본 연구에서는 유전체 외부를 직접 물을 순환시켜 냉각하므로 냉각수 온도 12도, 산소유량 1.2[l/min]에서 19.72[wt%], 18도에서 18.66[wt%/O<sub>2</sub>]로 측정되어 냉각수 온도차에 따라 오존 생성농도가 1[wt%/O<sub>2</sub>] 이상 차이 남을 확인하였다. 따라서 고농도 오존생성에 있어 효과적인 냉각방식이 고려되어야 함을 알 수 있다.

그림 9는 연면 방전관 내의 방전압력 변화에 따른 오존농도변화를 측정된 것이다. 각 산소유량에서 방전관 내 압력을 0.7 - 0.9[kg/cm<sup>2</sup>]로 변화시켜 농도변화를 측정된 결과, 미세한 변화이긴 하나 0.9[kg/cm<sup>2</sup>]일 때 오존농도가 가장 높게 생성되었다. 방전관 내의 압력을 높이는 것은 원료가스의 산소분자 밀도를 높이기 위한 것으로 무성방전의 경우 방전관 구조에 따라 2-3[kg/cm<sup>2</sup>] 이상으로 방전관 압력을 유지하는 경우도 있다.

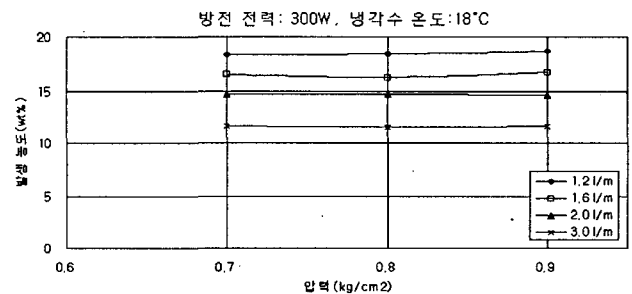
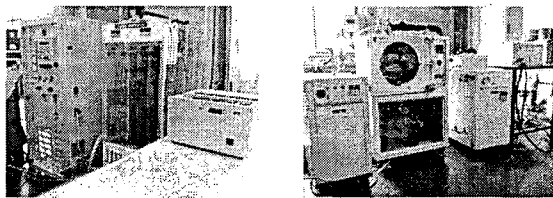


그림 9 방전관 압력변화에 대한 오존농도 특성

Fig. 9 Ozone concentration characteristics according to the discharge tube pressure variation

#### 4. 감광막 제거시험 및 고찰

제안한 고농도 오존방전관 성능실험을 통하여 오존증기를 이용한 감광막 제거공정 구현에 필요한 오존가스농도 16[wt%/O<sub>2</sub>]이상의 성능을 갖는 오존생성장치로서의 효용성을 입증하였다. 이를 이용하여 실제 실리콘 웨이퍼의 감광막 제거를 위한 오존증기공정 실험을 수행하였다. 성능시험은 미리 정의한 공정 조건에 의해 6"실리콘 웨이퍼를 낱장 식 챔버 내에서 반응공정을 수행 후 미 반응되어 웨이퍼 표면에 잔류된 PR 두께를 측정하는 방법을 사용하여 단위 시간 당 PR 제거율을 계산하는 방법으로 하였다. 사용한 감광막은 보편적으로 가장 많이 사용하는 positive PR 중 하나인 AZ1518을 제거 대상으로 하였으며, 실리콘 bare wafer에 PR을 1.6 $\mu$ m(uniformity 3% 이내)로 도포한 후 soft baking 처리한 시편을 사용하였다.



(a) 60g/hr급 오존발생장치 (b) 오존증기 공정 챔버

그림 10 오존증기공정 시험장치 구성

Fig. 10 Ozone vapor process experimental set-up

그림 10과 같이 감광막 제거시험을 위해 오존발생량 60g/hr급의 초고농도 오존발생시스템을 제작하였다. 오존공급유량은 6-12[l/min]으로 공정 챔버에 공급될 수 있도록 하였으며, 이때의 오존 농도는 14-16[wt%/O<sub>2</sub>]를 유지하도록 방전전력을 조절하였다. 본 실험에서는 감광막 제거율에 영향을 주는 여러 공정 파라미터 중 주로 오존증기 반응 횟수와 웨이퍼온도와 관련된 물 세정조건을 변화하면서 감광막 제거율을 측정하였다. 실험결과 측정된 상기 시험 조건에 따라 감광막 제거시험을 수행한 각 시편 끝단에서 10mm 떨어진 부분의 상, 하, 좌, 우 및 중앙 5곳의 잔류 PR 두께를 측정하여 평균값을 취하였다. 측정에 사용한 박막 두께 측정시스템은 Mikropack 사의 Nanocal 2000으로서, 측정신뢰도는 약 2%이다.

표 1 공정조건에 따른 감광막 제거시험 결과

Table 1 Photoresist Strip results according to the process condition variation

단위 : Å

번호	스팀공급/정지/반복시간	상	중	하	우	좌	평균	비고
1	10초/20초/2분	517	507	500	507	493	504	공정 후 정 종료 세정 (15초)
2	10초/20초/3분	374	337	560	331	403	401	
3	10초/20초/4분	0	0	507	0	0	101	
4	10초/20초/2분	303	361	529	460	429	416	공정 중, 다 1분 세정 (15초)
5	10초/20초/3분	178	36	0	134	441	157	
6	10초/20초/4분	0	0	0	0	0	0	

감광막 제거시험 결과, 수행한 모든 시험 조건에서 2분이 지난 후 미 반응된 감광막 두께가 평균 600Å 이하로 측정됨으로써 2분 동안의 평균 감광막 제거율 약 7,000Å(700nm)을 보였으며, 4분이 경과한 후(시편번호3,6) 도포된 감광막이 거의 모두 제거됨으로써 평균 PR 제거율 약 4,000Å(400nm)의 결과를 보였다.

#### 5. 결 론

고농도 오존증기 방식에 의한 반도체 감광막 고효율처리 설비의 국내 실용화 개발연구를 수행하였다. 공정 핵심요소 기술인 오존가스 생성농도 16[wt%/O<sub>2</sub>] 이상의 초 고농도 오존가스 생성을 위한 고농도 오존방전관 구조를 제안하였다. 제안한 방전관 전용의 전원공급장치를 개발하여 고농도 오존 생성 성능실험과 이를 이용한 감광막제거실험을 수행하였다.

제안한 연면방전관 1개로 실험한 결과, 방전전력 300[W], 방전관에 공급하는 산소가스 유량 1.2[l/min](각 세라믹 관당 0.3[l/min])에서 오존생성농도는 19.71[wt%/O<sub>2</sub>], 4[l/min]에서 12.0[wt%/O<sub>2</sub>]의 고농도 오존생성 특성을 보였다. 오존발생량의 경우 산소유량 4[l/min]일 때 41.4[g/hr], 이때의 오존생성 수율은 103.4[g/kWh]를 달성하였다. 실제 공정실험을 위해 제작한 scale up 장치 성능실험의 경우에서도 산소 유량 4.8[l/min]를 투입한 경우 오존농도는 17.9[wt%/O<sub>2</sub>]로 나타났으며, 산소유량 8[l/min]에서 14.9[wt%/O<sub>2</sub>]의 농도를 기록함으로써 고순도 세라믹 관을 이용한 단면 수냉각 연면방전관 구조 및 전용 전원공급장치의 성능이 초 고농도 오존생성에 효과적임을 실험을 통하여 입증하였다.

오존증기 방식으로 실리콘 웨이퍼 감광막 제거공정 실험을 수행하였으며, 시험결과 평균 약 400[nm/min]대의 높은 PR 제거율을 얻었다. 이는 기존의 침적식 오존 수에 의한 제거공정에 비해 약 3배의 높은 감광막 제거효율을 달성한 것으로서 개발한 초고농도 오존발생장치가 본 오존증기공정의 구현을 위한 핵심 요소기술로 활용할 수 있음을 확인하였다.

본 연구로 수행한 초고농도 오존발생시스템 개발 결과를 기반으로 하여 국내 반도체 및 디스플레이 제조업계에 서 이용되어온 습식 화학 액을 이용한 세정 및 감광막 제거공정을 오존을 이용하는 친환경, 경제적 공정으로 대체할 수 있기를 기대한다.

#### 참 고 문 헌

[1] Bruno Langlais David A, "Ozone in water treatment: application and engineering", American Water Works Association Research Foundation, 1991

[2] W. Kern, Handbook of Semiconductor Wafer Cleaning Technology, Noyes Publications, Westwood, NJ, 1993, pp.383-391.

[3] J. K. Tong, Cleaning Technology in Semiconductor Device Manufacturing, J.Ruzyllo and R.E. Novak, Editors, PV 92-12, p.18, The Electrochemical Society Proceedings Series, Pennington, NJ (1992)

- [4] Wei and S. Verhaverbeke, Cleaning Technology in Semiconductor Device Manufacturing V, The Electrochemical Society, Inc., Pennington, NJ, 1998, pp.496-504.
- [5] 손영수, 채상훈, "PR제거공정 적용을 위한 오존수 생성 기술 연구", 대한전자공학회 논문지 Vol.41, SD No.12, p.1107-1114, December 2004.
- [6] S. Nelson, "Ozonated Water for Wafer Cleaning and Photoresist Removal", Solid State Technology, July, 1999, pp.107-112
- [7] J. Cheng, D. Nemeth, "The Study of Temperature Effect in Photoresist Stripping with DIO3 Process", Technical Report, Akron, Allentown, PA, April 12, 1999
- [8] S.De Gendt, J. Wauters and M. Heyns, "A novel Resist and Post-Etch Residue Removal Process Using Ozonated Chemistry", Solid State Technology, pp.57-60, December, 1998.
- [9] Toshikazu Abe, Senji Ojima, "Photoresist Stripping Using Alkaline Accelerator Containing Wet-Vapor", Solid State Phenomena Vols. 76-77, pp.231-234, 2001.
- [10] Hitoshi Abe, Hayato Iwamoto, "Novel Photoresist Stripping Technology Using Ozone/Vapor Water Mixture", IEEE Trans. on semiconductor Manufacturing, Vol.16, No.3, pp 401-408, Aug. 2003
- [11] Moo bean Chang, "Experimental Study on Ozone Synthesis via Dielectric Barrier Discharge", Ozone Science and Engineering, Vol. 19, pp.241-254, 1997.
- [12] 조국희, 이형호, "동축형 전극길이 변화시의 연면무성 방전에 의한 오존발생특성", 대한전기학회논문지 Vol.48C, No.12, pp.791-797, 1999.
- [13] 손영수, 함상용, "반도체 웨이퍼 오존 수 세정을 위한 고농도 오존발생장치 특성연구", 대한전기학회 논문지 Vol.52C, No.12, pp.579-586, 2003.

## 저 자 소 개



### 손 영 수 (孫 永 洙)

1959년 9월 30일생.

1996년 동국대학교 대학원 (공학박사)

1989 - 현재 한국기계연구원 지능형정밀  
기계연구본부 책임연구원

Tel : 042-868-7712

Fax : 042-868-7611

E-mail : ysson@kimm.re.kr



### 함 상 용 (咸 尙 龍)

1961년 1월 25일생.

1994년 청주대학교 대학원 (공학석사)

1981-현재 한국기계연구원 지능형정밀기  
계연구본부 선임기술원

Tel : 042-868-7613

Fax : 042-868-7611

E-mail : hamsy@kimm.re.kr