

반도체 웨이퍼의 오존 수(水) 세정을 위한 고농도 오존발생장치 특성 연구

論 文
52C-12-7

A Study on the Characteristics of the High Concentration Ozone Generator for the Semiconductor Wafer Cleaning with the Ozone Dissolved De-ionized Water

孫永洙* · 咸尙龍** · 文世湖***
(Young-Su Son · Sang-Yong Ham · Se-Ho Moon)

Abstract - Recently the utilization of the ozone dissolved de-ionized water(DI-O3 water) in semiconductor wet cleaning process to replace the conventional RCA methods has been studied. In this paper, we propose the water-electrode type ozone generator which has the ozone gas characteristics of the high concentration and high purity to produce the high concentration DI-O3 water for the silicon wafer surface cleaning process. The ozone generator has the dual dielectric tube structure of silent discharge type and the water is both used to electrode and cooling water.

We investigate the performance of the proposed ozone generator which has the design goal of the concentration of 7[wt%] and ozone generation quantity of 6[g/hr] at flow rate of 1[l/min]. The experiment results show that the water electrode type ozone generator has the characteristics of 8.48[wt%] of concentration, 8.08[g/hr] of generation quantity and 76.2[g/kWh] of yield and it's possible to use the proposed ozone generator for the DI-O3 water cleaning process of silicon wafer surface.

Key Words : 수 전극, 오존발생장치, 반도체 습식세정, 오존 용존 순수, 무성방전

1. 서 론

반도체 웨이퍼 및 소자 제조 공정의 대부분이 오염물의 근원이 되며 웨이퍼 표면에 존재하는 모든 오염물들은 소자의 성능을 감소시키고 수율을 떨어뜨리기 때문에 이러한 모든 오염물들을 웨이퍼 표면으로부터 효과적으로 제거하기 위해서는 세정 공정을 연속적으로 수행하여야 한다. 현재 반도체 웨이퍼 세정 공정에서 사용하는 습식 세정 공정은 1970년대에 개발된 RCA 세정 방법을 근간으로 한 것으로 유해한 화학 세정액의 사용에 따른 비 환경 친화적 공정임과 동시에 복잡한 공정과 순수의 대량 사용 공정으로 인해 에너지 자원을 대량으로 소비하는 비 경제적 공정으로 평가되고 있다.[1-3]

이러한 문제를 해결하기 위해 최근 들어 기존 웨이퍼 세정방식에서 사용되어 온 과산화수소보다 더 강력한 산화제로 알려진 오존을 용해시킨 순수를 반도체 웨이퍼 세정에 사용하기 위한 공정기술의 개발과 이의 적용을 위한 오존공정설비들이 선진 외국에서 이미 실용화되어 기존 세정공정에 이용되고 있다.[4-6] 오존 수를 세정용액으로 사용하는 습식세정공정은 환경 유해 물질을 전혀 사용하지 않고, 순수의 사용량을 획기적으로 줄이면서 반도체 웨이퍼의 오염물

질 제거 능력이 뛰어난 공정기술로 평가되고 있는 데, 이를 위해서는 웨이퍼 세정공정 특성에 적합한 고 순도의 오존 수를 제조하기 위한 고 농도 오존발생기술과 오존적용기술의 개발이 필수적이다. 오존발생 방식은 광 화학법, 무성방전법, 전해법 등으로 분류되며, 산업용으로는 무성방전방식이 가장 적합한 것으로 알려져 있으며, 오존발생장치의 성능은 방전관 설계기술, 유전체 재료기술, 고전압 전원공급장치 기술, 원료주입장치 및 냉각 기술 등 여러 요소기술이 복합된 것으로, 오존발생시스템의 사용목적 및 처리대상에 따라 이들 요소기술을 적절히 조합하여 필요한 농도 및 발생량을 만족하도록 각기 다르게 설계되어 사용되고 있다. [7-9]

국내에서 개발되어 실용화되고 있는 오존발생장치의 대부분은 공기청정이나 식음료의 살균·소독, 수 처리산업 분야를 대상으로 하고 있으며, 주로 2-4 [wt%] 대의 저 농도, 대용량 오존발생기술이 주를 이루고 있다. 또한 이를 이용한 수 처리의 경우도 처리 대상 수의 오존 용존 농도 5-15[ppm]의 저 농도 응용분야가 대부분이다. 근래 들어서 고농도 오존 발생에 적합한 중첩방전(또는 다중방전)에 대한 연구 등 고농도 오존발생시스템 개발에 대한 연구가 국내에서도 활발히 진행되면서[10-11], 비교적 고농도의 오존 수를 필요로 하는 염색폐수처리 분야 등에 적용하기 위한 연구가 시도되고 있으나, 반도체 세정분야와 같은 응용분야로의 오존 공정 기술 개발은 이루어지지 않고 있다.

따라서, 본 연구에서는 고 농도의 오존 수를 이용한 반도체 웨이퍼 세정공정기술 개발의 일환으로서, 반도체 웨이퍼 세정공정 전용으로 사용하기 위한 고 순도, 고 농도의 수 전극 오존발생장치를 제안하여 각각에 대해 유량, 압력, 인가전압 및 주파수 변화에 따른 발생농도 및 발생량 등 제 특

* 正 會 員 : 韓國機械研究院 尖端産業技術研究部

** 非 會 員 : 韓國機械研究院 尖端産業技術研究部

*** 非 會 員 : 세왕 CET(주)

接受日字 : 2003年 7月 18日

最終完了 : 2003年 10月 6日

성을 실험, 측정하였다. 오존 수를 이용한 반도체 세정 공정 한개 라인에서 오존 용존 농도 60[mg/l]급의 고 농도 오존 수를 분당 10[l]이상 만들기 위해서는 전용 오존발생장치의 성능이 분당 1[l]의 산소 공급유량에서 오존농도 7 [wt%] 이상(유량 [0.5 l/min]에서 최대 10[wt%]), 오존발생량 40[g/hr]급의 오존발생특성을 만족해야 하는 바, 본 연구에서는 6[g/hr] 급으로 설계한 제안 구조를 갖는 단일 오존발생장치가 상기의 특성을 만족하는 지의 여부를 검토함으로써, 반도체 세정공정용 고농도 오존발생장치로의 타당성을 확인하였다.

2. 수 전극 오존발생 장치 구성 및 실험방법

2.1 수 전극 오존발생장치

산업적으로 오존생성이 가장 쉬운 오존발생장치는 그림 1과 같이 두개의 금속전극을 대향시키고 그 사이에 한개 또는 두개의 유전체를 삽입하여, 두 금속전극인 양극과 음극에 전기적 에너지를 유기시켜 금속전극과 유전체사이의 방전공간에서 방전에 의한 대전현상으로 오존을 발생시키는 무성방전구조이다. 이 구조를 기본으로 한 오존발생장치로 반도체 웨이퍼 및 소자 제조공정에서 불순물 제거를 위한 습식 오존 수 세정공정 기술을 개발하기 위해서는 오존 발생장치에서 발생된 오존가스 내에 반도체 웨이퍼 및 소자의 전기적 특성에 영향을 주는 금속불순물이 포함되지 않는 고 순도의 오존 생성과 함께, 생성된 오존가스를 순수에 용해한 용존 농도가 높아야 세정효율이 좋기 때문에 고 농도의 오존가스 생성이 필수적이다.

따라서, 본 논문에서는 방전 공간 내에 금속전극의 노출을 배제하는 이중 유전체 구조를 채택하여 방전 공간 내부에 금속전극과 전자의 충돌로 인한 금속이온 및 금속 파티클 생성요인을 근본적 제거함으로써 반도체 공정에의 활용에 적합한 특성을 갖는 오존발생장치 구조를 제안하였다. 또한 제안한 오존발생장치는 유전체 내·외부를 순환하는 냉각수를 냉각장치로 활용함과 동시에 방전전극으로 활용함으로써 유전체와 전극의 밀착력을 향상시켜 열 전달율을 높이고 이로 인한 냉각성능 향상으로 방전 시 발열에 의한 오존 분해 작용 억제로 고농도 달성에 적합하도록 구성하였다.

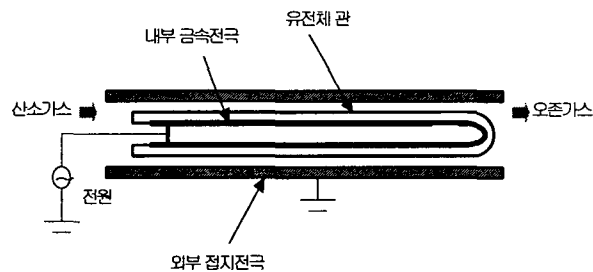


그림 1 무성방전식 오존발생장치 기본 구성
Fig. 1 Fundamental Schematic of the silent discharge type ozone generator

2.2 수 전극 오존발생장치

그림 2(a)와 같이 내부 유전체 안쪽과 외부유전체 바깥쪽에 물을 채워 전극으로 사용함과 동시에 순환시켜 냉각장치로 활용하기 위한 양면 수 전극 냉각 방식 구조와 그림 2(b)와 같이 내부 유전체 안의 물은 순환시켜 전극과 동시에 냉각수 겸용으로 사용하고, 외부 유전체 바깥쪽 물은 순환하지 않고 냉각 핀을 설치하여 공냉식으로 냉각하는 단면 수냉 단면 공냉각 방식을 혼용하는 수 전극구조의 두 가지 오존발생장치를 제작하여 제 특성 시험을 수행하였다. 사용한 유전체는 내부 유전체 직경 10mm, 외부유전체 직경 12mm인 두개의 석영유전체관을 이용하여 방전공극이 1mm가 되도록 동축 원통형으로 구성하고 그 길이를 600mm로 하여 방전 공간을 제외한 내부 유전체관과 외부 워터 자켓을 물로 채워 전극으로 이용하였다. 냉각수를 전극으로 이용할 경우 수 전극의 전기적 저항이 금속전극에 비해 크므로 금속전극을 이용하는 방전장치보다 더 큰 전기적 손실이 예상되나, 유전체와 전극사이의 밀착력 증대로 인한 냉각효율 향상으로 전기적 손실에 따른 오존발생특성 저하를 만회할 수 있다. 본 연구에서는 수 전극 사용에 따른 전기적 저항 증가를 최소화하기 위하여 냉각수에 미량의 전해질을 첨가함과 동시에, 가는 도선을 삽입하여 전기전도율을 증가시켰다.

석영관은 국내에서 제작되는 표준 제품을 구입, 절단하여 사용하였으며, 내, 외부 유전체사이로 산소가스의 주입 및 오존가스 배출이 이루어지고 외부 석영관과 워터자켓으로 사용되는 석영관사이의 물을 채워 접지전극으로 활용하게 되므로, 각 석영관사이의 기밀 및 수밀을 유지하기 위해 전문 업체에 의뢰하여 유리 용접하여 사용하였다. 양면 수 냉각장치의 경우 내, 외부전극 냉각수 각각 2.5[l/min]의 유량으로 순환되도록 하였으며, 특히 전기적 절연에 유의하여 구성하였다. 단면 수 냉각장치의 경우, 고전압 전극용 냉각수는 앞의 경우와 동일한 유량으로 순환하나, 접지 전극용 냉각수는 순환하지 않으며 외부 워터자켓과 접촉하여 방열

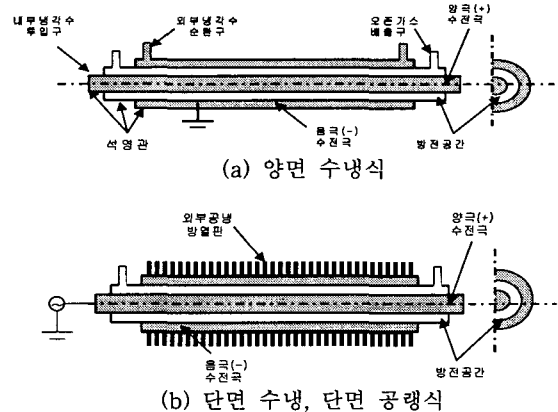


그림 2 제안한 수 전극 오존발생장치
Fig. 2 The proposed water electrode ozone generator

핀을 부착, 팬을 통하여 냉각이 이루어진다. 사용한 냉각수는 모두 수돗물을 이용하였으며, 냉각수 온도는 18°C를 유지하였다.

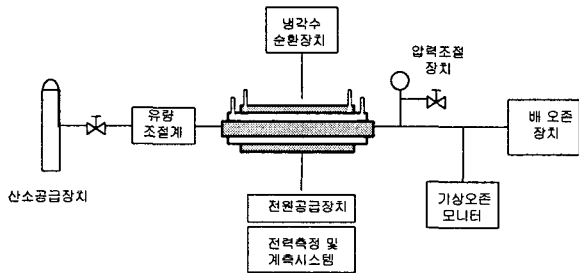


그림 3 실험장치 구성도
Fig. 3 Schematic Diagram of the experimental set-up

제안한 오존발생장치의 제 특성을 실험하기 위한 실험장치 구성도를 그림 3에 나타내었다. 두 오존발생장치 모두 산소가스를 원료로 사용하였으며, 레귤레이터에 의해 조정된 압력으로 토출된 산소가 유량계(0-2.5[l/min], Dewyer사, 미국)를 통하여 일정 유량을 오존발생장치 내부로 유입토록 하였으며, 오존가스 출구 측에 압력계를 부착하여 오존발생장치 내의 압력변화에 대한 특성을 관찰할 수 있도록 하였다.

교류 고전압을 공급하는 고전압 전원공급장치는 최근의 설계추세에 따라 짧은 미세방전주기 형성을 위해 빠른 전압 상, 하강율을 갖도록 인버터 방식으로 제작하였으며, 입력전압 AC 220V 입력전력 AC 1kVA의 교류전원을 사용하였다. 또한 전원주파수는 최대 2.5kHz까지 가변하면서 특성을 측정할 수 있다. 방전전력은 고압트랜스포머 입력단에서 오존발생장치 전체회로에 소모되는 전력을 측정하였으며, 미국 볼텍사의 디지털 전력분석기를 사용하였다. 방전전압은 고전압 분압기를 이용하여 디지털 오실로스코프로 측정하였으며, 생성된 오존가스의 농도는 자외선 흡수방식을 이용한 기상오존 모니터(미국 IN USA사)로 측정하여 오존발생량을 계산하였다.

2.3 실험 방법

본 실험의 목적은 반도체 세정공정용으로 제안한 6[g/hr]급 수 전극 오존발생장치 두 종류에 대하여 본 연구의 목적인 오존용존농도 60[ppm]급의 오존 수를 제조하는데 필요한 유량 1[l/min]에서 오존가스농도 7 [wt%]의 특성을 갖는 오존가스가 생성되는지의 여부를 확인하여 반도체 공정용 오존발생장치로서의 효용성을 확인하는 데 있다. 따라서, 제안한 각 오존발생장치에 대하여 산소공급 유량(0.3, 0.5, 1, 1.5, 2[l/min])과 방전관 내 압력(0.5, 0.7, 0.9, 1.1, 1.3[kg/cm²], 인가 전압(10~15[kV]) 및 주파수(1~1.85[kHz])를 변화시키면서 오존발생장치에서 생성되는 오존가스의 농도를 측정하고 이를 이용하여, 오존발생량과 수율은 식 (1)과 식 (2)에 의거 계산하였다. 오존농도의 측정 정확도를 위하여 각 조건 변화에 따라 2회씩 반복 측정하여 그 평균치를 택하였다.

$$\begin{aligned} \text{오존발생량[g/hr]} &= \text{오존농도[wt\%]} \times \text{유량[l/min]} \times 0.8571 \quad (1\text{[wt\%]} = 14.286\text{[g/m}^3]) \\ \text{오존수율[g/kWh]} &= \text{오존발생량[g/hr]} / \text{방전전력[W]} \end{aligned} \quad (2)$$

3. 실험 결과 및 고찰

그림 4는 본 실험을 위해 제작한 고전압 전원장치를 이용하여 주파수 1.74[kHz], 인가전압 15[kV]으로 수 전극 오존발생장치에 방전전력을 공급하였을 때의 출력전압과 전류파형을 측정된 것이다. 제안한 오존발생장치의 경우, 이중 유전체구조로 되어 있고, 규격화된 석영관의 사용으로 인한 설계상의 제약으로 방전공간이 크므로 인한 절연 내력 상승으로 방전개시전압이 9[kV]이상의 상당히 높은 전압에서 형성되었으며, 최대 15[kV]까지 인가전압을 상승하여도 파형의 왜곡없이 양호한 전력이 전달되고 있음을 확인할 수 있었다.

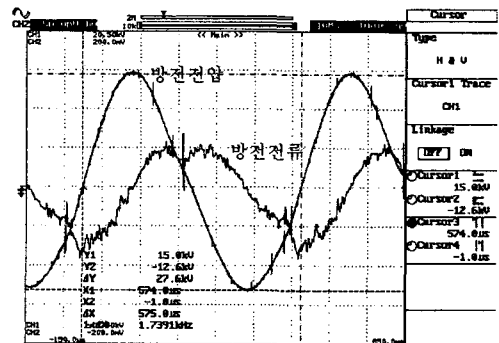
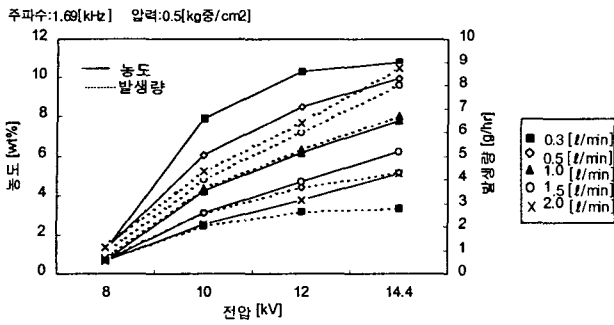


그림 4 방전 시의 방전 전압·전류파형
Fig. 4 The waveform of the discharge voltage and current

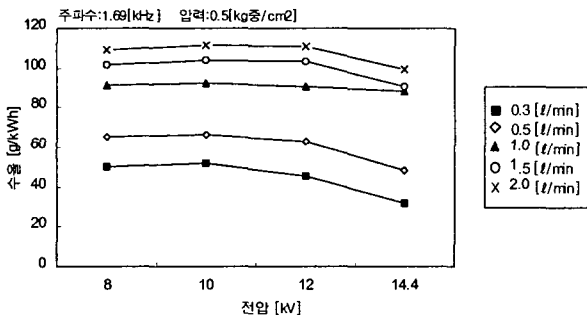
그림 5~그림 6에 단면 수 냉각방식 수 전극 오존발생장치에 대해, 전원장치의 인가전압 및 주파수를 변화시키면서 원료가스의 유량변화에 따른 오존생성특방전전류성을 나타내었다. 그림5는 전원주파수를 1.69[kHz]로, 오존발생장치 내 압력을 0.5[kg중/cm²]고정시키고 인가전압을 변화하였을 때의 특성으로서, 그림 5(a)에는 오존생성가스의 농도와 그에 따른 발생량 변화를, 그림 5(b)에는 수율 변화를 나타내었다. 산소가스의 공급유량이 감소할수록 오존농도는 상승하였고, 동일 유량에서 인가전압을 증가시키에 따라 오존농도는 지속적으로 증가하는 경향을 보이고 있다.

이는 유량이 증가할 경우 오존 생성에 영향을 미치는 여기 산소분자의 수는 증가하지만, 유속이 빨라져서 방전공간 내에 발생한 오존가스의 손실이 증가하여 오존농도가 저하되는 것으로 판단된다. 동일 유량에서 인가전압 증가에 따른 오존농도 증가는 인가전압 상승에 따라 방전관내의 전력밀도도 증가하므로 전자의 생성이 많아짐에 따른 산소분자와의 충돌확률이 높아져서 여기 산소분자의 생성반응이 활발하게 되는 데 기인한다. 수율의 경우는 방전전압이 증가함에 따라 감소하며, 동일 방전전압에서는 유량이 증가할수록 수율이 높게 나타났는데 이는 유량이 증가할수록 오존발생량이 많기 때문에 수율도 증가한 것으로 사료된다..

그림 6은 인가전압을 14.4[kV]로 고정하고, 전원주파수 변



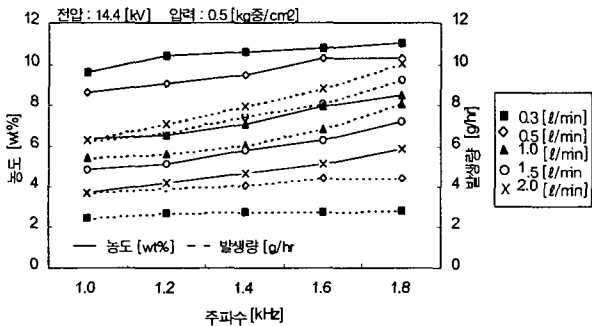
(a) 인가전압에 따른 오존농도 및 발생량 변화



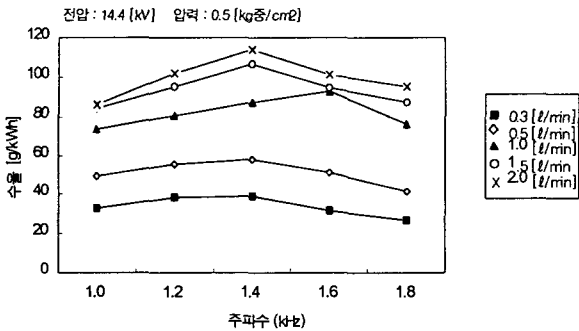
(b) 인가전압에 따른 수율 변화

그림 5 단면 수 냉각 구조에서 인가전압 변화에 따른 오존 생성특성 (주파수: 1.69kHz)

Fig. 5 The ozone generation characteristics with varying discharge voltage at the single water cooling structure (f: 1.69kHz)



(a) 전원주파수에 따른 오존농도 및 발생량 변화



(b) 전원주파수에 따른 수율 변화

그림 6 단면 수 냉각 구조에서 주파수 변화에 따른 오존 생성특성 (전압: 14.4kV)

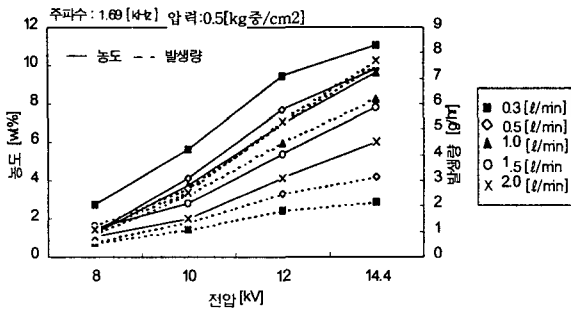
Fig. 6 The ozone generation characteristics with varying discharge frequency at the single water cooling structure (Voltage: 14.4kV)

화에 따른 오존농도 및 발생량 변화를 측정된 것으로, 그림 6(a)는 주파수 변화에 따른 오존 농도 및 발생량 변화를 그림 6(b)는 수율을 나타내었다. 그림 6(a)에서 주파수가 1[kHz]에서 1.845[kHz]까지는 주파수 증가에 따라 농도 및 발생량이 지속적으로 증가하였다. 본 연구에 사용된 전원장치는 LC 공진모드 형으로서 주파수를 2.5[kHz]까지 가변할 수 있게 설계되었으나, 2[kHz] 이상의 주파수에서 방전 전압 파형이 불안정하여 그 이상의 주파수로 실험을 수행할 수 없었다. 전원주파수가 증가함에 따라 오존 농도 및 발생량이 증가한 것은 주파수 증가에 따라 방전 공간 내의 전자밀도가 증가한 때문으로 판단되며, 특정 주파수를 초과하면 오히려 고 전자밀도의 역작용으로 온도가 상승하여 오존분해가 활발히 일어나서 농도가 오히려 감소하는 것으로 알려져 있다. 수율의 경우 주파수 증가에 따라 증가하다가 특정 주파수에서 포화되는 경향이 나타났으며, 유량이 증가함에 따라 수율이 상승하는 결과를 보였다.

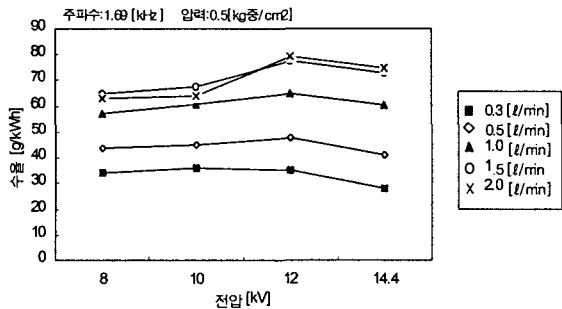
이러한 실험결과는 이전의 연구에서 저 농도, 대용량 무성방전식 오존발생장치[12]가 갖는 특성과 같은 경향을 나타내고 있음을 확인함으로써 제안한 수 전극을 이용한 오존발생장치 구조가 오존생성 방전관 구조로 유용하게 사용될 수 있음을 알 수 있었다. 제안한 수 전극 오존발생장치의 설계목표인 산소유량 1[l/min]일 때, 오존농도 7[wt%] 이상의 특성을 만족하는 지 여부를 관찰한 결과, 오존 농도는 유량 0.5[l/min]이하, 주파수 1.6[kHz]이상에서 10.28[wt%]를 나타내었으며 최대 농도는 유량 0.3[l/min], 주파수 1.845kHz에서 11.0[wt%]를 나타내었다. 그러나, 발생량의 경우 유량이 너무 작기 때문에 설계 목표인 6[g/hr]에 미치지 못하였다. 그러나, 본 오존발생장치의 설계 유량인 1[l/min]이상, 주파수 1.4[kHz] 이상에서 목표치인 7[wt%] 이상의 오존농도가 측정되었으며, 오존발생량도 주파수 1.845[kHz]에서 8.08[g/hr]를 기록함으로써 설계목표성능을 초과함을 확인할 수 있었다. 이와 같이 기존의 금속전극을 사용한 무성 방전식 오존발생장치에 비해 본 수 전극 오존발생구조가 높은 농도를 발생한 이유는 농도저하의 가장 큰 원인인 전극 및 유전체의 온도상승으로 인한 방전공간의 오존분해작용 현상을 물을 전극으로 사용함과 동시에 냉각수로 활용하고 또한 공냉식을 혼용함으로써 방전관 내의 온도상승 억제효과에 기인한 것으로 판단된다. 수율의 경우 유량 2[l/min]에서 오존농도 4.65 [wt%]에서 최대 113.9 [g/kWh]의 비교적 양호한 결과를 얻었으나, 제안 오존발생장치의 구조가 전기적 손실이 많은 수 전극방식임을 감안하면 기존의 금속전극을 이용하는 경우에 비해서는 수율 특성이 저하되는 것으로 판단된다.

결론적으로 이중 유전체의 사용과 전기저항이 높은 수 전극의 사용으로 인한 전기적 손실을 고농도 발생의 주요 설계인자인 수·공냉식 발생장치 구조를 택하여, 고농도의 달성 과 오존가스 내에 금속 이온염 및 불순물이 섞이지 않도록 설계한 제안 오존발생장치 구조가 반도체 세정공정에 오존수를 적용하기 위한 오존발생 전용 구조로 사용할 수 있음을 확인하였다.

그림 7~그림 8에 양면 수 냉각방식 수 전극 오존발생장치에서 전원장치의 인가전압 및 주파수를 변화시키면서 원료가스의 유량변화에 따른 오존생성특성을 나타내었다. 그



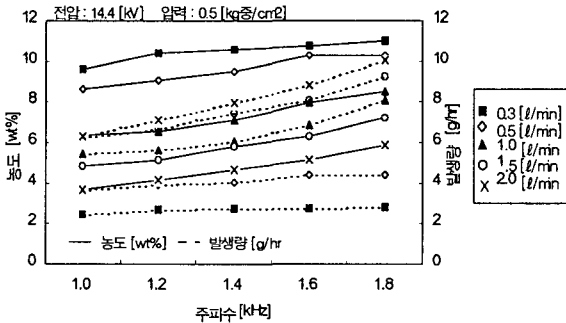
(a) 인가전압에 따른 오존농도 및 발생량 변화



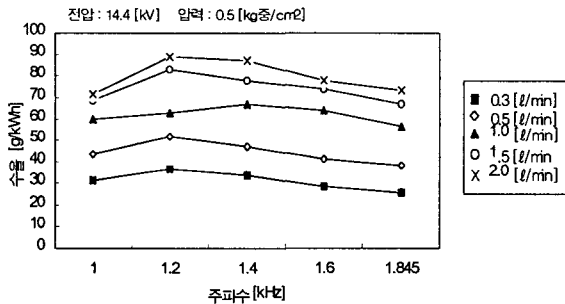
(b) 인가전압에 따른 수율 변화

그림 7 양면 수 냉각 구조에서 인가전압 변화에 따른 오존 생성특성 (주파수:1.69kHz)

Fig. 7 The ozone generation characteristics with varying discharge voltage at the double water cooling structure (f:1.69kHz)



(a) 전원주파수에 따른 오존농도 및 발생량 변화



(b) 전원주파수에 따른 수율 변화

그림 8 양면 수 냉각 구조에서 인가전압 변화에 따른 오존 생성특성 (전압:14.4kV)

Fig. 8 The ozone generation characteristics with varying discharge frequency at the double water cooling structure (voltage:1.44kV)

림 7은 전원주파수를 1.69[kHz]로, 오존발생장치 내 압력을 0.5 [kg중/cm2]고정시키고 인가전압을 변화하였을 때의 특성을, 그림 8은 인가전압을 14.4[kV]로 고정하고, 전원주파수 변화에 따른 오존농도 및 발생량 변화를 측정된 것으로, 농도 및 발생량의 차이는 있으나 앞서 단면 수 냉각 발생장치에서의 농도 및 발생량 변화 경향이 거의 동일함을 확인할 수 있었다. 그림 7(a)에서 오존 농도는 유량 0.5[l/min], 주파수 1.6[kHz]에서 9.33[wt%]가 측정되었으며, 이는 단면 수 냉각 오존발생장치에서의 10.28[wt%]에 비해 0.95[wt%] 낮은 결과를 보였으며, 이때의 발생량도 양면 수 냉각 구조보다 0.4g 적게 생성되었는데, 이와 같은 농도 및 발생량 저하 현상은 그림 7(b) 및 그림 8에 나타난 것과 같이 주어진 조건에서 각 유량 변화에 대해 동일한 경향을 보임으로써 오존발생특성이 단면 수 냉각구조에 비해 좋지 않게 나타남을 확인하였다.

그림 9는 단면과 양면 수 냉각 구조에서 유량 1[l/min], 전압 14.4[kV]에서 주파수 변화에 따른 수율 변화를 비교한 것으로 주파수가 높아짐에 오존농도가 높아지면서 수율도 상승하나, 특정 주파수에서는 높은 주파수로 인한 온도상승효과로 농도가 더 이상 높아지지 않으면서 에너지 손실이 많이 발생하여 수율은 오히려 감소하는 경향을 보이고 있으며, 단면 수 냉각 구조의 수율이 약 20%이상 좋은 것으로 나타났다. 따라서, 전체적인 오존생성특성이 양면 수 냉각의 경우보다 단면 수 냉각 오존발생장치 구조가 더 양호한 결과를 나타냄으로써, 일반적으로 양면 수 냉각 방식이 단면 수냉, 단면 공냉 방식에 비해 냉각효율이 좋으므로 이로 인하여 양면 수 전극구조의 오존생성특성이 더 우수할 것으로 생각했던 설계 시의 예측과는 다른 결과를 얻었다. 이는 실험장치 구성에 있어 양면 수 냉각을 위해 양측의 냉각수를 순환시키는 과정에서 온도차로 인한 유전체 표면의 결로현상이 단면 수 전극 구조에 비해 심하게 발생하였으며, 이로 인하여 양 전극사이의 절연이 나빠짐으로 인한 전기적 손실이 증가한데 그 원인이 있는 것으로 분석된다. 따라서 본 수 전극 방식 오존발생장치를 반도체 세정공정에서의 실용화 적용을 위해서는 양면 수 냉각을 위한 전기적 절연 문제와 결로로 인한 전기적 손실 그리고 제작의 용이함 등을 고려할 때, 단면 수 전극 방식이 더 유용할 것으로 판단된다.

그림 10은 제작한 단면 수 냉각 오존발생장치가 어느 조건에서 최대 압력의 영향을 받는 지를 조사하기 위해 인가

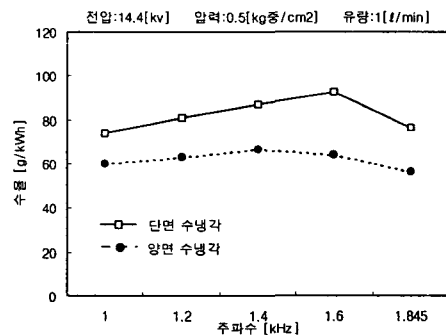


그림 9 주파수 변화에 따른 수율 특성 비교

Fig. 9 The yield characteristics comparison with varying discharge voltage between two discharge structures

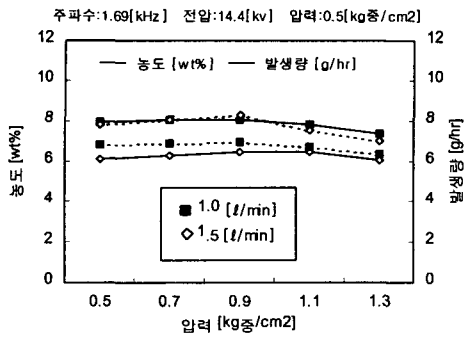


그림 10 압력 변화에 따른 오존농도 비교
 Fig. 10 The ozone concentration comparison with varing discharge pressure

전압 14.4[kHz], 주파수를 1.69[kHz]로 고정하고, 유량 1[l/min]과 1.5[l/min]에서 오존발생장치내의 압력변화에 대한 오존농도 변화를 관찰하였다. 실험결과 제작한 오존발생장치는 방전관 내의 압력이 0.9[kg중/cm2]일 때 각 유량에서 최대 농도 및 발생량이 측정되었으며, 이후의 압력에서는 점차 농도가 감소하였는데 이러한 경향은 양면 수 냉각 오존 발생장치에서도 동일하게 관찰되었다.

3. 결론

고 농도의 오존 수를 이용한 반도체 웨이퍼 세정공정 기술개발의 일환으로서, 반도체 웨이퍼 세정공정 전용으로 사용하기 위한 고 순도, 고 농도의 각기 다른 냉각방식을 갖는 수 전극 오존발생장치를 제안하여 각각에 대해 유량, 압력, 인가 전압 및 주파수 변화에 따른 오존생성특성을 실험하였다.

단면 수 냉각 구조의 경우 오존 농도는 유량 0.5[l/min] 이하, 주파수 1.6[kHz]이상에서 10.28[wt%] 이상의 농도가 발생하였으며 최대 농도는 유량 0.3[l/min], 주파수 1.845kHz에서 11.0[wt%]를 나타내었다. 양면 수 냉각 구조의 경우 유량 0.5[l/min], 주파수 1.69[kHz]에서 9.33[wt%]가 측정되었으며, 전체적으로 단면 수 냉각 구조에 비해 낮은 농도를 보였다. 오존발생량은 단면 냉각구조의 경우 주파수 1.845[kHz]에서 8.08[g/hr], 양면 냉각구조에서 7.25[wt%]를 기록함으로써 제안한 두 구조의 오존발생장치 모두 설계목표성능인 7[wt%]을 초과함을 확인할 수 있었다. 수유훈성의 경우 단면과 양면 수 냉각 구조에서 유량 1[l/min], 전압 14.4[kV]에서 단면 수 냉각 구조의 수율이 약 20%이상 향상된 것으로 나타났다. 전체적인 오존생성특성은 단면 수 냉각 방식이 더 좋게 나타났는데, 이는 양면 수 냉각 방식의 실용화 적용 시, 전기적 절연 및 절로 현상 등 고려해야 할 사항이 많음을 나타낸 결과라 하겠다.

결론적으로 고농도의 오존생성특성 달성과 오존가스 내에 금속 이온염 및 불순물이 배제되도록 이중 유전체 구조를 채택하고, 전기저항이 높은 수 전극의 사용으로 인한 전기적 손실을 보상하기 위해 고농도 발생을 위한 주요 설계인자인 수냉·공냉식 구조를 적용한 수 전극 오존발생장치를 개발하였으며, 본 실험을 통하여 오존생성특성이 반도체 세정공정

에서 고 농도/고 순도의 오존 수 제조에 적합한 구조임을 확인함으로써 전용 오존발생장치 구조로 타당성이 있음을 입증하였다.

감사의 글

본 연구는 2003년도 에너지관리공단의 에너지절약 기술개발사업 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] W. Kern, Handbook of Semiconductor Wafer Cleaning Technology, Noyes Publications, Westwood, NJ, 1993, pp.383-391.
- [2] J. K. Tong, et al., in Cleaning Technology in Semiconductor Device Manufacturing, J.Ruzylo and R.E. Novak, Editors, PV 92-12, p.18, The Electrochemical Society Proceedings Series, Pennington, NJ (1992)
- [3] J. Wei and S. Verhaverbeke, in Cleaning Technology in Semiconductor Device Manufacturing V, The Electrochemical Society, Inc., Pennington, NJ, 1998, pp.496-504.
- [4] S.De Gendt, J. Wauters adn M. Heyns, "A novel Resist and Post-Etch Residue Removal Process Using Ozonated Chemistry", Solid State Technology, December, 1998, pp.57-60.
- [5] S, Nelson, "Ozonated Water for Wafer Cleaning and Photoresist Removal", Solid State Technology, July, 1999, pp.107-112
- [6] J. Cheng, D. Nemeth, "The Study of Temperature Effect in Photoresist Stripping with DIO3 Process", Technical Report, Akron, Allentown, PA, April 12, 1999
- [7] Rice Aharan Netzer, "Handbook of ozone technology and applications volume II", An Ann Arbor Science Book, 1984
- [8] Bruno Langlais David A,"Ozone in water treatment: application and engineering", American Water Works Association Research Foundation, 1991
- [9] Moo bean Chang, "Experimental Study on Ozone Synthesis via Dielectric Barrier Discharge", Ozone Science and Engineering, Vol. 19, pp.241-254, 1997.
- [10] 송현직, 이광식, "다중방전형 오존발생기의 시작 및 특성(I)", 대한전기학회논문지, Vol.48C, No.7, pp.533-541, 1997.
- [11] 조국희, 이형호, "동축형 전극길이 변화시의 연면 무성방전에 의한 오존발생특성", 대한전기학회논문지 Vol. 48C, No.12, pp.791-797, 1999.
- [12] 이형호, 조국희, "유전체 장벽 방전내에서 오존발생 특성", 대한전기학회논문지 Vol.49C, No.12, pp.673-678, 2000.

저 자 소 개



손 영 수 (孫 永 洙)

1959년 9월 30일생. 1996년 동국대학교 대학원 박사과정졸업. (공학박사) 1989 - 현재 한국기계연구원 첨단산업기술연구부 선임연구원

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 졸업. 1981-현재 한국기계연구원 첨단산업기술연구부 연구원

Tel : 042-868-7613

Fax : 042-868-7611

E-mail : hamsy@kimm.re.kr

문 세 호 (文 世 湖)

1966년 3월 24일생. 2001년 호서대학교 대학원 석사과정 졸업. 1999년~현재 (주) 세왕 CET 대표이사

Tel : 041-532-1752, Fax : 041-532-1754

E-mail : sewang-cet@sewang-cet.co.kr