

SPM을 이용한 반도체 포토레지스트 제거 공정 대체를 위한 DIW-O₃ 방식 세정기술 개발

손영수* · 함상용**

Development of the DIW-O₃ Cleaning Technology Substituted for the Semiconductor Photoresist Strip Process using the SPM

Young-Su Son · Sang-Yong Ham***

ABSTRACT

Recently the utilization of the ozone dissolved de-ionized water(DIW-O₃) in semiconductor wet cleaning process and photoresist stripping process to replace the conventional sulfuric acid and hydro peroxide mixture(SPM) method has been studied. In this paper, we propose the water-electrode type ozone generator which has the characteristics of the high concentration and purity to produce the high concentration DIW-O₃ for the photoresist strip process in the semiconductor fabrication. The proposed ozone generator has the dual dielectric tube structure of silent discharge type and the water is both used to electrode and cooling water.

Through this study, we obtained the results of the 10.3 wt% of ozone gas concentration at the oxygen gas of 0.5 [liter/min.) and the DIW-O₃ concentration of 79.5 ppm.. Through the photoresist stripping test using the produced DIW-O₃, we confirmed that the photoresist coated on the silicon wafer was removed effectively in the 12 minutes.

Key Words : Ozone generator(오존발생장치), DIW-O₃(오존용존순수), Photoresist(감광제), Ozone contactor
(오존접촉기)

* 첨단산업기술연구부 기전응용그룹 선임연구원

** 첨단산업기술연구부 기전응용그룹 선임기술기원

1. 서 론

현재 반도체 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 순수(De-Ionized Water:DIW)의 대량 사용 공정으로 인해 에너지 자원을 대량으로 소비하는 비 경제적 공정으로 평가되고 있다.^[1-3] 특히 반도체 노광 공정 후 공정인 포토레지스트 제거공정은 황산과 과산화수소 혼합용액(SPM) 또는 오존황산 혼합용액(SOM)을 결합시켜 사용해 왔는데, 이러한 황산기반의 습식 세정공정은 잔여 황산과 산화되지 않은 물질을 캐리어 표면으로부터 린스하는 과정에서 많은 양의 DIW를 사용한다. 황산, 과산화수소 등 부식성 화학용액과 정제된 DIW의 다량 사용으로 공정 후 폐액처리와 같은 환경문제 유발에 따른 후 처리 문제, 황산의 사용 및 저장에 따른 설비 유지문제, 또한 주로 130℃의 고온공정으로 인한 전기 에너지 사용 증가와 산성가스로 인한 부식으로 공정 유지비용 등 많은 문제점을 갖고 있는 공정이다.

이러한 문제를 해결하기 위해 최근 들어 기존 반도체 습식세정방식에서 사용되어 온 과산화수소보다 더 강력한 산화제로 알려진 오존을 용해시킨 순수(Ozone dissolved De-Ionized Water:DIW-O₃)를 반도체 세정에 이용하기 위한 공정기술의 개발과 이의 적용을 위한 오존공정설비들이 선진 외국에서 이미 실용화되어 기존 세정공정을 대체하고 있다.^[4-7] DIW-O₃ 방식의 습식세정은 환경 유해 물질을 전혀 사용하지 않으며 순수의 사용량을 획기적으로 줄이면서 반도체 웨이퍼의 이물질 제거 및

포토레지스트 제거효과 측면에서 기존 SPM 공정과 대등한 기술로 평가되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 반도체 웨이퍼 및 소자제조분야의 세정공정 적용은 물론 노광공정 후의 에칭 공정 및 포토레지스트 제거공정에까지 적용할 수 있는 오존용존농도 70ppm의 고농도 DIW-O₃ 제조 설비를 국산화 개발하기 위한 연구로서, 설비를 구성하는 요소기술인 고농도 오존발생장치, 고 효율 전원공급장치 및 오존접촉장치 설계에 대한 연구를 수행하였다. 특히 고농도 DIW-O₃를 달성하는데 필수 조건으로서 원료가스 유량 0.5리터/분에서 10wt% 이상의 농도를 발생하고 반도체 공정에서의 적용에 적합한 특성을 갖도록 방전관 구조를 제안하고, 이에 대한 특성시험을 수행하였다. 또한, 공진모드 제거기법을 이용한 저전압, 고주파수 방식의 고효율 전원공급장치 설계와 고농도 오존가스를 DIW에 고농도로 용해시키기 위한 오존접촉장치 개발하였으며, 이들 요소기술을 연계하여 70ppm 이상의 고 농도 DIW-O₃ 제조 가능 여부와 포토레지스트 제거능력 여부를 확인하기 위한 성능시험을 수행함으로써 개발한 DIW-O₃ 공정설비의 반도체 습식 SPM 세정공정 대체 공정설비로의 타당성을 입증하고자 하였다.

2. DIW-O₃ 세정 시스템 구성

순수에 오존을 주입하여 반도체 제조 시 유기물 세정과 PR 제거를 위한 DIW-O₃ 세정 시스템을 그림 1에 보였다. 강한 산화력에 의한 높은 세정 및 포토레지스트 제거효과를 위한 고농도의 DIW-O₃ 제조를 위해서는 우선 고농도의 오존가스를 발생하기 위해 오존방전관과 고전압 전원장치 및 주변설비로 구성되

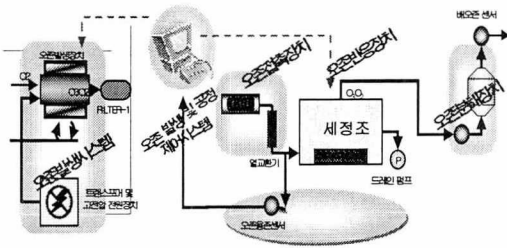


Fig. 1 System configuration of the DIW-O₃ cleaning process

는 오존발생시스템, 발생한 고농도 오존가스를 DIW에 고 농도로 용해시키기 위한 오존 접촉장치, 고농도로 제조된 DIW-O₃를 이용하여 세정공정을 수행하는 세정조, 반응하고 난 잔류 오존가스의 분해를 위한 배 오존장치 그리고 일정한 세정효율을 유지하기 위한 오존 농도 및 공정제어장치로 구성된다.

본 연구에서 개발한 요소기술로서 수 전극 방식 오존방전관 구조와 공진모드제어 방식의 전원공급장치 그리고 고 효율의 오존접촉장치 구성은 다음과 같다.

2.1 고농도 오존발생장치

산업적으로 오존생성이 가장 쉬운 오존발생 장치는 그림 2와 같이 두개의 금속전극을 대향시키고 그 사이에 한개 또는 두개의 유전체를 삽입하여, 두 금속전극인 양극과 음극에

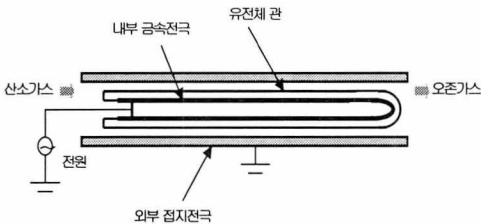


Fig. 2 Fundamental Schematic of the silent discharge type ozone generator

전기적 에너지를 유기시켜 금속전극과 유전체 사이의 방전공간에서 방전에 의한 대전현상으로 오존을 발생시키는 무성방전구조이다.^[8-10]

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 그림 3과 같이 제안하였다. 제안한 오존발생장치는 유전체 내·외부의 냉각수를 냉각장치로 활용함과 동시에 방전전극으로 활용함으로써 유전체와 전극의 밀착력을 향상시켜 열전달 율을 높이고 이로 인한 냉각성능 향상으로 방전 시 발열에 의한 오존 분해 작용 억제로 고농도 달성에 적합하도록 구성하였다.

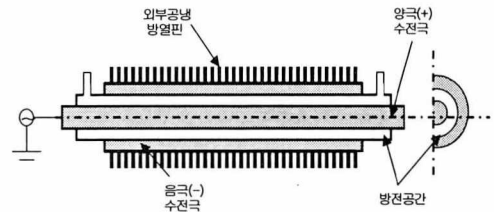


Fig. 3 Layout Drawing of the proposed water electrode type ozone generator

2.2 고 효율 전원공급장치

전원공급장치의 설계는 오존발생을 위한 방전관의 형상 및 유전체 재질, 방전공극 등의 설계인자를 고려하여 오존발생수율이 높게, 즉 1kW의 전기에너지로 가능한 많은 오존을 발생시킬 수 있도록 에너지 손실이 적게 회로를 설계함으로써, 고전압 에너지가 방전에너지로 전달되도록 고 효율방식으로 이루어져야 한다. 최근의 설계추세는 방전전압은 방전이 안정적이고 균일하게 발생하는 최저 전압으로 유지하고, 높은 주파수에 의해 오존발생량을 조절함으로써 짧은 미세방전 주기 형성을 위해 빠른 전압 상, 하강율을 갖도록 인버터 방식으로 전원공급장치를 설계하고 있다.

본 연구에서는 고농도의 오존발생이 목적이므로, 소비전력이 다소 높더라도 고주파수, 저전압 방식으로 설계방향을 설정하였으며, 고속 스위칭에 의한 손실을 줄이기 위해 공진모

드 제어기법을 이용하였다. 기존의 유도전동기 전력제어에 많이 사용하여 온 회로기법으로서 regulated PWM(Pulse Width Modulation) 컨버터가 공진형 컨버터, 다중 공진형 컨버터 및 소프트 스위칭 컨버터 등으로 전환됨으로 인해, 기존 컨버터 방식이 특히 고주파 영역에서 가지고 있던 스위칭 손실, 노이즈, 스위칭 스트레스 등의 문제를 해결하여 전동기의 전력제어분야에 있어 고효율을 달성하고 있는데 주시하여, 공진형 인버터 방식의 전력변환 방식에 영 전류 스위칭(Zero Current Switching) 방식의 전류제어기법을 채택하여 스위칭 손실에 의한 에너지 손실을 줄임으로써 고효율의 전력공급장치로 활용될 수 있도록 하였다.

2.3 오존 접촉 장치

고농도 오존발생장치로부터 발생된 오존 가스는 주로 액상 중에서 용해시켜 강한 산화력

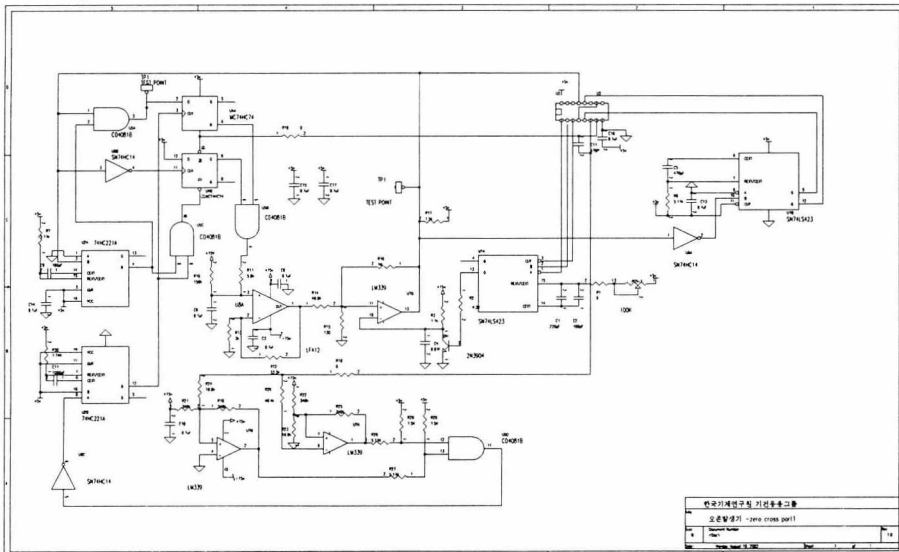


Fig. 4 Designed the resonant mode power control circuit using the ZCS method

으로 액 중의 피 산화물과 오존이 반응하게 되는 데 이러한 과정에서 오존접촉장치는 오존가스와 물의 기액 접촉을 수행하여 액체 내에 기체 가스를 용해시키는 설비이다. 따라서, 오존발생장치로부터 발생한 고농도의 오존가스를 얼마나 고효율로 이용하느냐는 이 오존접촉장치가 오존을 어느 정도의 농도로 액상에 혼합하는가에 따라 좌우되므로 오존공정에서 중요한 설비이다.

본 연구에서는 오존처리 용도가 일반 산업에서의 적용 분야와 달리 매우 높은 산화력을 필요로 하기 때문에 고농도의 오존발생과 함께 고효율의 오존접촉효율을 갖도록 설계하였다. 그림 5는 개발한 오존접촉장치 개념을 나타낸 것으로 오존가스와 순수가 인젝터를 통하여 혼합되어 접촉조 상부로 주입되면, 헬리컬 방식의 내부구조에 의해 액상의 용액과 기체가 혼합되어 버블형태로 미세화되며, 가운데의 병목부분을 통과하면서 더욱 미세화되어 최종적으로 초미세 버블만이 중앙의 배출장치를

를 통하여 접촉장치 밖으로 배출되고 다른 버블은 다시 접촉기 상부로 올라가 동일한 과정을 반복하게 됨으로써 오존가스와 액상이 90%이상의 접촉효율을 갖게 된다.

3. 성능시험장치 구성 및 방법

3.1 시험장치 구성

그림 6은 제안한 수 전극 오존 방전관으로서, 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.

석영관은 국내에서 제작되는 표준 제품을 구입, 절단하여 사용하였으며, 내, 외부 유전체사이로 산소가스의 주입 및 오존가스 배출이 이루어지고 외부 석영관과 워터자켓으로

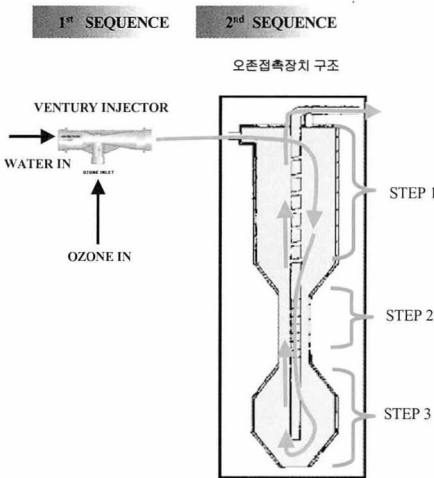


Fig. 5 Schematic of the developed ozone contactor

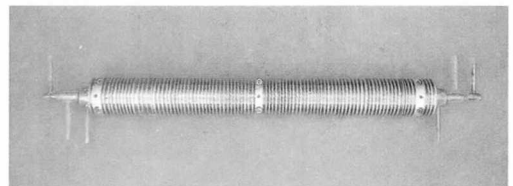


Fig. 6 Water electrode type ozone generator

사용되는 석영관사이에 물을 채워 접지전극으로 활용하게 되므로, 각 석영관사이의 기밀 및 수밀을 유지하기 위해 전문 업체에 의뢰하여 유리 용접하여 사용하였다.

그림 7은 공진모드 제어방식으로 제작한 고전압 전원장치로서 하프 브리지 출력방식을 사용하여 스위칭 손실을 줄이고 부하측 정전용량 변화에 따른 공진 주파수 변경을 위한 PLL회로가 삽입되어 있으며, 1차 측 전압 220V에 최대 450W급으로 설계되었다. 그림 8은 제작한 오존접촉장치로서 반도체 제조 공

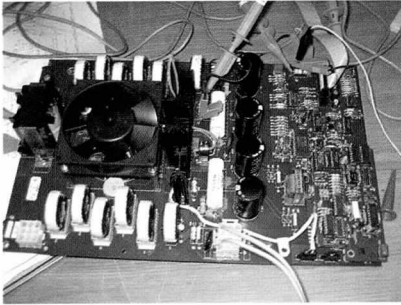


Fig. 7 Resonant mode control type power supply

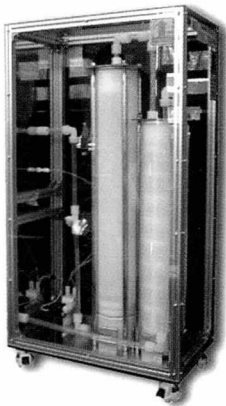


Fig. 8 High efficiency ozone contactor

정의의 적용이 목적이므로 순도가 높은 순수 오존을 고농도로 용해시켜야 하므로 접촉장치 및 부속품을 PFA 테프론 재질로 제작하여 고농도 오존으로 인한 부식 방지를 도모하였다.

3.2 시험 방법

성능시험은 반도체 세정공정용으로 개발한 수 전극 오존방전관과 공진모드제어방식 전원장치로 구성되는 오존발생시스템에 대하여 산소공급 유량과 방전관 내 압력, 인가 전압 및 주파수를 변화시키면서 오존발생장치에서 생성되는 오존가스의 농도를 측정하고 이를 이용하여, 오존발생량과 수율을 계산하여 제안한 오존방전관의 특성을 관찰하였다. 또한 발생오존가스를 오존접촉기에서 순수와 혼합한 오존 수 농도가 본 연구 목표인 70ppm을 달성하는 지와 이 오존 수를 이용하여 PR이 도포된 웨이퍼의 PR 제거 가능여부를 확인함으로써 제안한 오존 수 제조설비가 반도체 세정공정용으로 효용성이 있는지의 여부를 조사하였다.

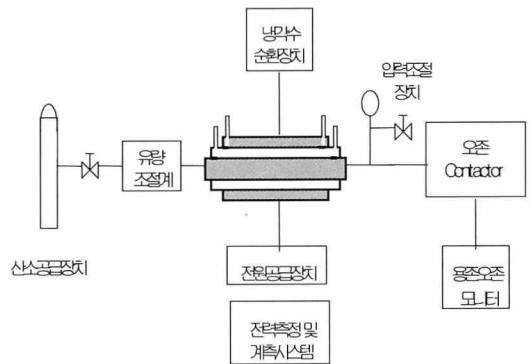


Fig. 9 Configuration of the experimental set-up

4. 성능시험결과

본 시험을 위해 제작한 고전압 전원장치를 이용하여 주파수 1.74[kHz], 인가전압 15[kV]으로 수 전극 방전관에 방전전력을 공급하였을 때의 출력전압과 전류파형을 그림 10에 보였다. 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.

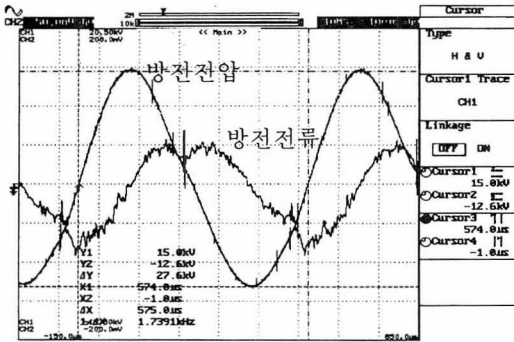
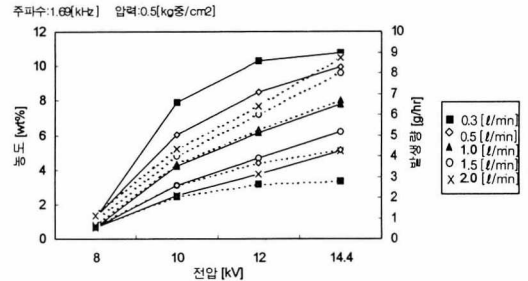


Fig. 10 The waveform of the discharge voltage and current

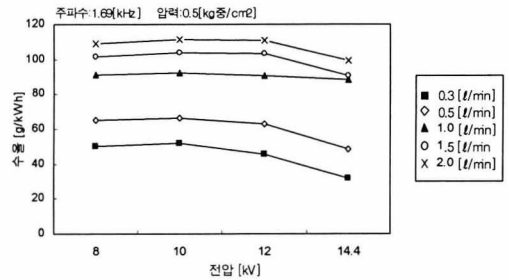
그림 11~12에 단면 수 냉각방식 수 전극 오존발생장치에 대해, 전원장치의 인가전압 및 주파수를 변화시키면서 원료가스의 유량변화에 따른 오존생성특성을 나타내었다.

그림 11은 전원주파수를 1.69[kHz]로, 오존발생장치내 압력을 0.5[kg중/cm²]고정시키고 인가전압을 변화하였을 때의 특성으로서, 산소가스의 공급유량이 감소할수록 오존농도는 상승하였고, 동일 유량에서 인가전압을 증가

시키에 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 전력 밀도도 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 오존 발생량이 많기 때문에 수율도 증가한 것으로 사료된다..



(a) 인가전압에 따른 오존농도 및 발생량 변화



(b) 인가전압에 따른 수율 변화

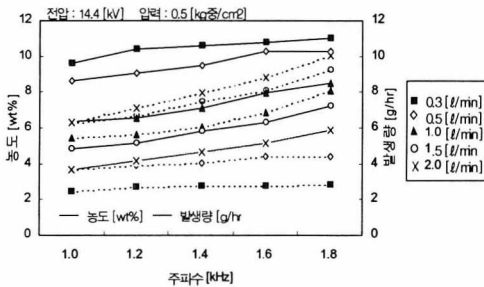
Fig. 11 The ozone generation characteristics with varing discharge voltage at f=1.69kHz

그림 12는 인가전압을 14.4[kV]로 고정하고, 전원주파수 변화에 따른 오존농도 및 발생량 변화를 측정 한 것으로, 그림 12(a)에서 주파수가 1[kHz]에서 1.845[kHz]까지는 주파수 증가에 따라 농도 및 발생량이 지속적으로 증가하였다. 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 주파

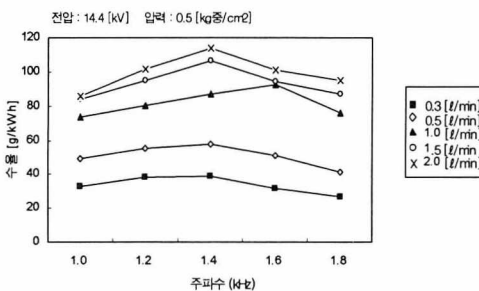
수에서 포화되는 경향이 나타났으며, 유량이 증가함에 따라 수율이 상승하는 결과를 보였다.

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 관찰 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 발생 한 이유는 농도저하의 가장 큰 원인인 전극 및 유전체의 온도상승으로 인한 방전공간의 오존 분해 작용 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 전극 방식임을 감안하면



(a) 전원주파수에 따른 오존농도 및 발생량 변화



(b) 전원주파수에 따른 수율 변화

Fig. 12 The ozone generation characteristics with varying discharge frequency at V=14.4kHz

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 달성과 오존가스 내에 금속 이온염 및 불순물이 섞이지 않도록 설계한 제안 오존발생장치 구조가 반도체 세정공정에 오존 수를 적용하기 위한 오존발생 전용 구조로 사용할 수 있음을 확인하였다.

오존발생장치로부터 나오는 고 농도 오존가스가 오존접촉장치에서 DIW와의 충분한 혼합을 통하여 반응조로 들어오는 고농도 오존순수의 농도가 본 연구의 목표치인 70ppm을 달성하는 지를 측정한 결과를 그림 13에 나타내었다. 그림에서 오존접촉장치를 통과하여 미세 기포형태가 된 DIW-O₃를 관찰할 수 있으며, 이때의 DIW-O₃농도를 미국 In-USA사의 오존용존농도 모니터를 이용하여 측정한 결과 79.5ppm의 농도를 확인하였다.

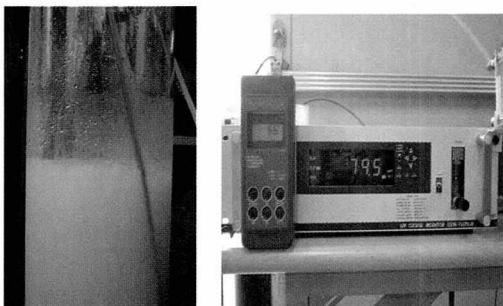


Fig. 13 Measurement result of the DIW-O₃ concentration

마지막으로 제조된 고농도 DIW-O₃에 의한 실리콘 웨이퍼 PR 제거시험을 수행하여 제거

반응시간 및 표면의 제거상태를 확인하였다. 약 80ppm의 오존농도로 제조된 DIW-O₃를 이용하여 실리콘 웨이퍼 표면의 PR제거실험을 수행하였다. PR이 코팅된 웨이퍼를 오존 반응조 내의 DIW-O₃에 담그고 시간경과에 따른 웨이퍼 표면의 PR 코팅 막 변화를 관찰하였으며, 그 결과 노란 색의 PR이 시간 경과에 따라 점점 얇아져서 약 12분 후에 완전히 제거됨을 확인할 수 있었다. 따라서, 본 성능시험의 결과로서 반도체 및 디스플레이 장치의 포토레지스트 제거공정에 사용할 목적으로 개발한 고농도 DIW-O₃ 제조 설비의 성능이 기존 SPM 화학용액 사용 공정을 대체하기 위한 공정 설비로충분히 활용할 수 있음을 확인하였다.

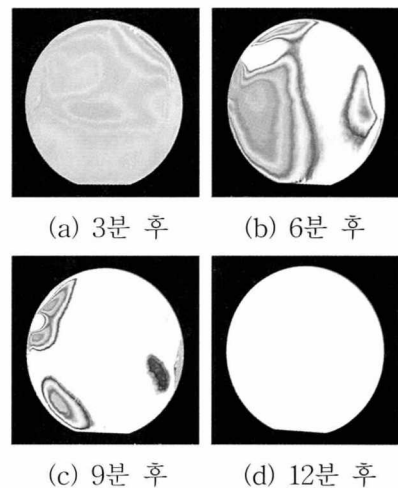


Fig. 14 Photoresist strip test results

향후의 연구로서, 본 시험용 위해 제작한 오존발생장치의 발생용량이 적어서 고 농도의 DIW-O₃ 제조를 위해 소량의 DIW만을 사용하였으므로, 실제 공정에 적용하기 위한 100g/hr급 용량의 고 농도 오방전관제작과 이에 따른 대응량, 고농도 DIW-O₃의 제조와 관련한 연

구가 진행될 예정이다.

5. 결 론

반도체 노광 공정의 후 공정인 SPM 방식 포토레지스트 제거공정이 가지고 있는 고비용, 고 에너지 소비 및 비 환경친화적 문제를 해결하기 위한 방법으로 고농도 DIW-O₃ 공정 설비를 개발, 성능시험을 통하여 DIW-O₃ 공정의 타당성과 개발 설비의 효용성을 확인 하였다.

제안한 수 냉각 구조의 오존방전관은 유량 0.5[l/min]이하, 주파수 1.6[kHz]이상에서 10.3 [wt%] 이상의 농도가 발생하였으며 최대 농도는 유량 0.3[l/min], 주파수 1.845kHz에서 11.0[wt%]를 나타내었다. 개발한 오존접촉장치를 통한 용존 농도는 79.5 ppm을 얻었으며, 이 DIW-O₃를 이용하여 웨이퍼 표면의 포토레지스트 제거시험 결과1um 두께의 포토레지스트를 도포한 경우 12분 이내에 모두 제거되는 것을 확인하였다.

본 연구에 의한 오존 발생장치와 오존 접촉 장치를 이용한 오존 시스템은 반도체 웨이퍼 세정 및 포토레지스트 제거 공정뿐만 아니라 평판디스플레이(FPD) 원판 세정 및 PR 제거 공정분야에도 최적의 성능을 발휘할 수 있을 것으로 보며, 또한, 이 DIW-O₃ 공정 기술과 다른 세정공정을 적절히 혼용함으로써 기존의 화학용액을 사용하는 반도체 및 FPD 세정 공정을 대체하여 저 비용/저 에너지 소비형이며, 환경친화적이고 세정능력이 뛰어난 세정 공정을 개발 할 수 있을 것이다

후 기

본 연구는 2003년도 에너지관리공단의 에너지

지절약기술개발사업 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

참고문헌

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 Semi-conductor 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. Nelson, "Ozonated Water for Wafer Cleaning and Photoresist Removal", Solid State Technology, July, 1999, pp.107-112
5. J. Cheng, D. Nemeth, "The Study of Temperature Effect in Photoresist Stripping with DIO₃ Process", Technical Report, Aktron, Allentown, PA, April 12, 1999
6. Rice Aharan Netzer, "Handbook of ozone technology and applications volume II", An Ann Arbor Science Book, 1984
7. Bruno Langlais David A, "Ozone in water treatment; application and engineering", American Water Works Association Research Foundation, 1991
8. 송현직, 이광식, "다중방전형 오존발생기의 시작 및 특성(I)", 대한전기학회논문지, Vol.48C, No.7, pp.533 -541, 1997.

9. 조국희, 이형호, “동축형 전극길이 변화시의 연면 무성방전에 의한 오존발생특성”, 대한전기학회논문지 Vol. 48C, No.12, pp.791-797, 1999.
10. 이형호, 조국희, “유전체 장벽 방전내에서 오존발생 특성”, 대한전기학회논문지 Vol.49C, No.12, pp.673-678, 2000.