

논문 2007-44SD-1-4

# 오존공정을 이용한 고효율 PR 제거기술 연구

( A Study on the High Efficiency PR Strip technology by using  
the Ozone Process )

손 영 수\*

( Young Su Son )

## 요 약

반도체 또는 평판디스플레이 제조에 있어 노광공정 후의 PR(photoresist) 제거 공정으로 이용하기 위하여 경계 막 제어에 의한 오존처리공정 및 설비 구현에 대한 연구를 수행하였다. 개발한 초 고농도 오존생성기술과 vapor 발생 방식 경계 막 제어 오존처리공정설비에 의해 실리콘 웨이퍼 PR 제거시험을 수행하였으며 오존가스농도 16wt%, 오존가스 유량 8[l/min]에서 약 400nm/분의 높은 PR 제거율을 달성하였다

## Abstract

we have been studied on the realization of the boundary layer controlled ozone process and related facilities in order to apply for the photo-resist strip process in the semiconductor and flat panel display manufacturing. By means of developing the technology for the high concentration ozone production, it was possible to realized the boundary layer control ozone process by vapor. As a result of the silicon wafer PR strip test, we obtained the strip rate of about 400nm/min at the ozone concentration of 16wt% and flow rate of 8[liter/min.].

**Keywords :** Photoresist, PR Strip Process, Boundary Layer Control, Ozone Process, Vapor Generator

## I. 서 론

1990년대 중반부터 반도체 세정공정 중, 기존의 습식 화학 세정액을 대체하는 새로운 습식용액으로서 불소 다음으로 강력한 산화제로 알려진 오존을 순수에 용해시킨 오존 수(Ozone Dissolved De-Ionized Water)를 PR(Photo-Resist:이하 PR) 제거공정과 불순물 세정에 이용하기 위한 대체 세정공정 연구가 외국에서 활발히 진행되어 왔다.<sup>[1-3]</sup> 이러한 오존 수 방식의 습식 세정은 환경 유해 물질을 전혀 사용하지 않으며 순수의 사용량을 획기적으로 줄이면서 PR 제거효과 측면에서 기존 SPM 용액(황산/과산화수소 혼합액) 공정과 대등한 기술로 평가되고 있다.<sup>[4-5]</sup> 이러한 연구개발로 1990년대

후반부터 산업용으로의 생산을 위해 10wt%이상의 고농도를 갖는 기상상태의 오존발생기술과 100ppm급의 오존 용존 농도를 갖는 오존 수 생성 기술을 기반으로 한 반도체용 오존 수 세정 공정기술 및 설비가 국내외에서 개발되어 기존 RCA방식 습식세정공정 일부를 대체하여 왔다.<sup>[6-7]</sup>

그러나 오존 수 공정은 오존가스의 물에 대한 용해도가 낮고 물 내에서의 확산저항이 큰 근본적 제약으로, 현재 국내외 기술수준인 130nm/분대의 낮은 PR 제거 성능으로는 디바이스 제조업계의 생산 수율을 만족하지 못하는 큰 기술적 제약을 가지고 있으며, 이로 인하여 기존 습식공정에 비해 많은 장점을 가지고 있으면서도 실제 PR 제거공정의 오존 수 공정 실용화 대체가 활발히 이루어지지 않고 있다.

이러한 상황에서 오존의 고농도 산화력을 PR 제거공정에 최대한 활용하기 위해 오존과 물을 활용한 산화력을 극대화하기 위한 연구가 외국에서 활발히 연구되고

\* 정회원, 한국기계연구원 지능형정밀기계연구본부  
(Intelligent & Precision Machinery Research  
Division, KIMM)  
접수일자: 2006년3월14일, 수정완료일: 2006년12월4일

있다. 이들 연구 중 최근 기존 화학용액을 이용한 PR 제거공정과 대등한 성능을 갖는 오존처리공정으로서, 반도체 웨이퍼 또는 LCD 기판 상에 얇은 수 경계 막 (water boundary layer)을 형성하고, 반응 층 표면을 고온 분위기로 하여 16wt%대의 매우 높은 농도의 오존가스를 주입함으로써 오존의 반응시간과 확산저항을 최소화하여산화력을 극대화하는 공정기술이 연구 개발되었다.<sup>[8-9]</sup> 개발된 경계 막 제어에 의한 오존처리기술은 PR 종류 및 공정조건에 따른 차이는 있으나 PR 제거율 300 - 600nm/분의 고효율 PR 제거가 가능하여 기존 SPM 화학용액에 의한 생산수율과 대등한 것으로 연구 결과가 보고되었으며, 따라서 기존의 오존 수 공정 단점인 낮은 산화력에 의한 낮은 PR 제거율을 해결할 수 있는 새로운 오존처리공정으로 부각되고 있다. 이미 미국, 프랑스 등 일부 반도체 장비회사에서 본 경계 막 오존처리방식에 의한 웨이퍼 PR 제거설비 실용화 개발이 이루어졌으며, FPD 제조공정에 적용하기 위한 연구도 활발히 진행되고 있어 반도체 및 FPD 제조 강국인 국내에서도 동 기술 확보가 시급하다.

따라서, 본 논문에서는 경계 막 제어 방식 오존처리 공정기술 및 설비의 국내 개발을 위한 연구 일환으로서, 공정 구현을 위한 핵심 요소기술인 초 고농도 오존 생성기술과 경계 막 제어에 필요한 공정 설비 개발에 대한 연구를 수행하였다. 이들 요소기술을 연계하여 반도체 웨이퍼를 대상으로 하는 PR 제거시험을 통하여 가장 PR 제거효율이 높은 최적 공정 조건을 도출함과 동시에 고효율 PR 제거기술로서 경계 막 제어방식 오존처리공정의 국내 실용화 개발 타당성 및 효용성을 입증하고자 하였다.

## II. 경계 막 제어 방식 오존처리 시스템 구성

### 1. 경계 막 제어방식 오존처리 알고리즘

반도체나 LCD 세정공정 중, PR제거를 위한 오존처리공정은 1990년대 말부터 물에 오존가스를 최대한 고농도로 용해하기 위한 방향으로 이루어졌다. 이를 위해 다양한 방법들이 연구되었는데 물의 온도를 낮추는 것으로부터 믹서나 다른 mass transfer device의 사용, 압력인가 등 오존의 순수 내용존 농도를 높이기 위한 연구가 이루어졌다. 그러나 이들 연구 모두 오존의 물에 대한 확산저항이 매우 커서 용해도가 낮은 근본적 제약으로 기존의 습식 산성용액 기반의 PR제거공정이 갖는 신뢰성 및 생산성 높은 공정과 대등한 고농도의 산화력

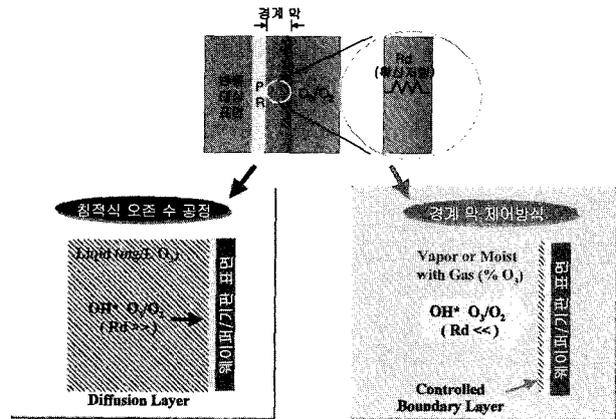


그림 1. 경계 막 제어방식 오존처리공정 개념도  
Fig. 1. The Concept diagram of the boundary layer controlled ozone process.

을 제공하지 못하고 있다.

이러한 산화력의 한계를 극복하기 위한 기술로서, 경계 막 제어방식 오존처리공정의 핵심은 PR과 산화반응이 일어나는 사용처 즉 웨이퍼나 LCD 기판의 표면에서 오존의 산화효과를 최대화 시키고자 하는 것이다. 산화대상물 표면에 얇은 수(水) 경계막이 형성되도록 vapor나 스프레이 시스템을 설계하여 공정 챔버 내에 증기 및 고온 분위기를 조성한 후, 고농도 오존가스가 웨이퍼나 LCD 기판의 수 경계 막에 확산되도록 공정 챔버 내에 주입함으로써 난 분해성 유기화합물인 PR과 빠르게 반응하는 것이다. 또한 고온으로 반응공정 분위기를 유지함으로써 온도상승에 따라 경계 막을 통과하는 오존의 확산율이 증가하여 PR과의 반응운동이 향상되는 효과가 있다. 이때 물의 역할은 PR의 유기물 결합을 가수분해하여 오존반응에 있어서 결합을 깨뜨리는 데 필요한 활동에너지를 줄인다. 따라서 얇은 수 경계 막을 반응대상 표면에 형성하여 오존의 반응표면 체류시간과 산화력의 확산저항을 최소화함으로써 오존의 산화력 효과 저하를 줄이는 것이 경계 막 제어방식 오존처리공정 알고리즘의 핵심이다.

### 2. 공정구현을 위한 설비 구성

경계 막 제어방식 오존처리공정으로 반도체 웨이퍼 PR 제거공정시험을 위해 반도체 웨이퍼 표면을 원하는 경계 막 분위기로 조성할 수 있도록 vapor 생성장치를 포함한 공정 챔버 및 주변장치를 설계, 제작하고, 본 공정의 핵심 요소기술로서 반응 대상표면에 충분한 산화력을 제공하기 위한 초 고농도 오존생성을 위한 오존발생시스템을 개발하였다.

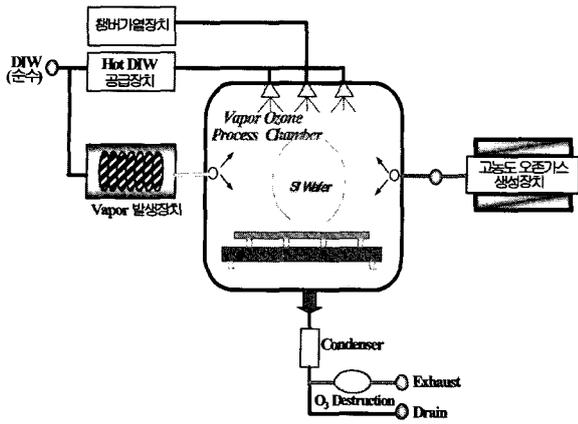


그림 2. 경계 막 제어방식 PR 제거공정 시스템 구성도  
 Fig. 2. System Diagram of PR strip Process by the boundary layer control method.

반도체 웨이퍼 표면에 얇은 수 경계 막을 형성시키기 위해서는 고온의 물을 미세 분사노즐을 통하여 분무하거나 또는 고온의 포화 수증기를 생성하여 반응대상 표면에 인가하는 두 가지 방법이 있을 수 있는데, 본 연구에서는 고온의 습식 포화 수증기를 이용하여 반응대상 표면에 경계 막을 형성하는 방식을 택하였으며 반도체 웨이퍼를 대상으로 한 경계 막 제어 공정 구현을 위한 실험 장치는 그림 2와 같이 구성하였다.

가. 반응 챔버 및 수증기 발생장치

반응 대상물을 6" 실리콘 웨이퍼로 하여 반응공정 챔버와 주변장치 그리고 포화수증기 발생장치 설계사양을 정하였다. 먼저 웨이퍼의 PR 제거시험을 수행하게 되는 공정 챔버는 웨이퍼 낱장 또는 카트리지 단위의 대량 처리가 가능하도록 챔버 내부용량은 25L급으로 하여 포화수증기 발생장치 용량, 챔버가열장치 및 주변장치 사양을 결정하였다. 경계 막 제어방식 공정은 기본적으로

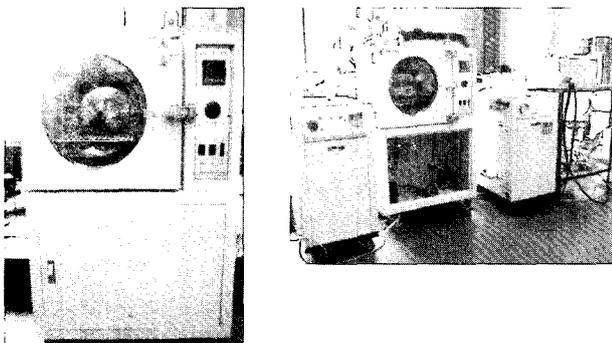


그림 3. 경계 막 제어공정 구현을 위한 시험장치  
 Fig. 3. Experimental set-up for the realization of the boundary layer control process.

로 고온을 이용하는 반응공정으로서 챔버 내부의 온도를 60~90도 사이로 가변할 수 있도록 직접 가열방식의 전열원을 이용하여 PID 제어에 의해 챔버 내부온도를 제어할 수 있도록 하였다. 이는 챔버 내부의 웨이퍼 표면온도를 챔버 내부와 같은 온도로 상승시켜 90~100도 정도의 포화 수증기가 웨이퍼 표면에 얇은 수막을 형성함으로써 웨이퍼 표면과 얇은 수 경계 막 사이의 온도 차에 의한 오존가스의 확산이 잘 이루어지게 하기 위함이다.

포화수증기 발생장치는 전기 가열방식으로 물 소비량 최대 30ml/분의 용량을 갖으며, 고압 분사방식으로 챔버 내부로 공급된다. 공급되는 스팀의 온도는 압력을 조절함으로써 가변 할 수 있다.

나. 초 고농도 오존생성 시스템

오존 가스는 기본적으로 열에 취약하여 고온 분위기로 갈수록 생성된 오존가스의 분해가 활발히 이루어지므로 본 경계 막 제어방식 공정에 사용하기 위한 오존 가스는 고온공정에서의 오존 분해를 고려하여야 한다. 따라서 본 경계 막 공정에 있어서의 오존 가스 농도는 기존의 오존 수 공정이나 기상상태의 오존을 이용하는 다른 반도체 공정과 비교할 때 초 고농도의 오존 생성 농도 및 충분한 오존 발생량 성능을 확보해야만 본 공정이 갖는 고온의 경계 막에 충분한 산화력을 제공할 수 있으므로, 초 고농도의 오존생성을 위한 요소기술의 개발이 본 공정의 국내 실용화 개발에 있어 매우 중요한 핵심 기술이다.

본 연구에서는 외국의 경계 막 제어방식 오존처리 공정설비에 사용되는 오존 발생 성능인 공정 적용 오존농도 16wt% 와 대등한 오존생성 특성을 갖는 고농도 오

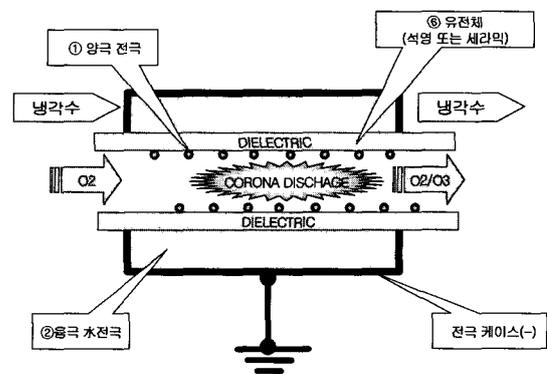


그림 4. 제안한 연면방전형 오존방전관 구조  
 Fig. 4. The structure of the proposed surface discharge type ozone generator.

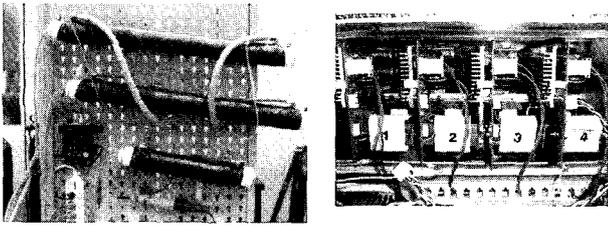


그림 5. 성능시험을 위해 제작한 오존발생시스템  
Fig. 5 The produced ozone generator for the ozone production performance test.

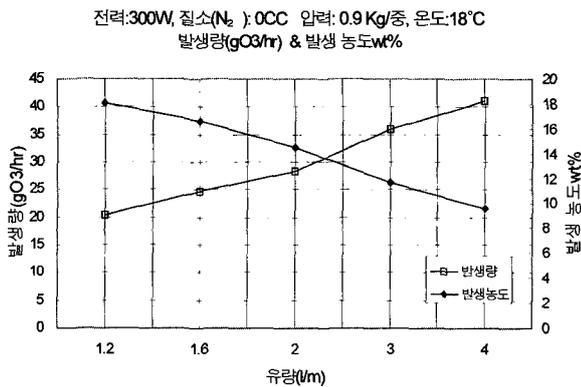


그림 6. 산소유량 변화에 따른 오존발생특성  
Fig. 6. Ozone production characteristics according to the oxygen flow variation.

존발생시스템을 구현하기 위한 요소기술 연구를 수행하였다. 이의 일환으로 그림 4와 같이 연면방전(surface discharge)형 수 냉각 구조의 오존방전관을 제안하고 본 구조의 방전관형태에 적합한 전용의 고효율 전원공급장치를 개발하여 초 고농도의 오존발생 성능을 확인함으로써, 경계 막 제어방식 오존처리공정 적용을 위한 고농도 오존생성관련 핵심 요소기술을 확보하였다.

본 공정시험을 위해 제작한 오존발생장치 및 전원공급장치는 그림 5와 같으며, 다양한 오존생성특성을 실험하기 위하여 산소공급은 mass flow controller를 이용하여 정밀하게 공급하며 질소 불순물 첨가, 냉각수 온도 등의 영향 등을 고려하였다. 제작한 오존방전관 1개(4개의 세라믹 셀로 구성)에 대한 오존발생 성능시험 결과를 그림 6에 보였으며, 일본 오키토닉스사의 기상오존모니터(최대 측정범위 20wt%)를 이용하여 오존농도 측정결과, 방전관 공급 산소유량 1.2[liter/분]에서 최대 17wt%이상의 초 고농도 특성을 얻음으로써 경계막 제어공정 적용을 위해 제안한 오존방전관 및 전원공급장치의 효율성을 입증하였다.

### III. PR 제거시험 및 결과 고찰

#### 1. PR 제거시험

본 경계 막 제어방식 오존처리공정 연구로 수행한 요소기술 및 공정설비가 반도체 제조공정의 PR 제거공정으로서 타당성 및 효율성이 있는 지 여부를 검토하기 위해 PR 제거 성능시험을 실시하였다. 성능시험은 미리 정의한 공정 조건에 의해 6"실리콘 웨이퍼를 낱장 칩 챔버 내에서 반응공정을 수행 후 미 반응되어 웨이퍼 표면에 잔류된 PR 두께를 측정하는 방법을 사용하여 단위 시간 당 PR 제거율을 계산하는 방법으로 하였으며, 이를 통하여 가장 PR 제거율이 높은 공정조건을 도출하고자 하였다. 반도체 제조공정에 사용되는 PR의 종류는 무수히 많으며 또한 제조공정 별로 사용하는 방법이 매우 다양하나, 본 연구에서는 보편적으로 가장 많이 사용하는 positive PR 중 하나인 AZ1518을 제거 대상으로 하였으며, 실리콘 bare wafer에 PR을 1.6um(uniformity 3% 이내) 로 도포한 후 soft baking 처리한 시편을 사용하였다.

그림 7과 같이 PR 제거시험을 위해 오존발생량 60g/hr급의 초 고농도 오존발생시스템을 제작하여 사용하였으며, 오존공급유량이 6-12[liter/분]으로 공정 챔버에 공급될 수 있도록 하였으며, 이때의 오존 농도는 14-16wt%를 유지하도록 방전전력을 조절하였다.

기본적인 PR 제거 공정 순서는 반응대상인 웨이퍼 Loading --> 공정 챔버 가열 --> 오존 가스 주입 --> PR 제거 반응 --> 물 세정 --> 웨이퍼 unloading으로 수행하였다. 본 경계 막 제어방식 오존처리공정에 있어 PR 제거성능에 영향을 주는 공정 파라미터로는 공정반응시간(공정 반복 회수 또는 총 반응시간 등), 공정온도(수증기 온도, 챔버 내부온도, 온수 온도 등), 오존가스 조건(가스유량 및 농도) 등 다양하나, 본 연구에서는 주

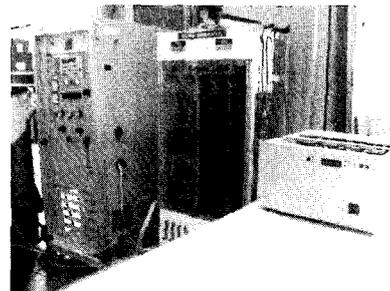


그림 7. 개발한 60g/hr급 초 고농도 오존발생시스템  
Fig. 7. The produced Ultra high concentration ozone generator (60g/hr).

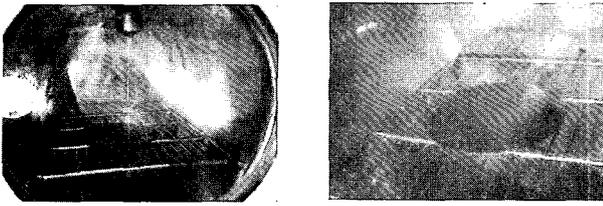


그림 8. 6" 웨이퍼 PR 제거성능시험 모습  
Fig. 8. The PR strip performance test of the 6" silicon wafer.

로 공정시간 및 공정온도와 관련된 공정조건을 변화하면서 PR 제거율을 측정하였으며 이를 위해 설정한 공정 조건 및 시험 종류는 다음과 같이 정하였다.

(1) 공정 반복 횟수(시간)에 따른 제거율 변화 시험  
아래의 공정조건을 유지하면서 수증기 공급 및 정지 횟수를 변화하면서 시험.

- 오존공급유량 8[liter/분], 오존농도 16wt%
- 수증기 공급온도 100도
- 챔버 내부온도 80도
- 온수 온도 70도.

(2) 수증기 공급시간 변화에 따른 제거율 변화 시험  
(1)의 공정조건을 유지하면서, 수증기 공급시간을 10초 - 30초 사이에서 변화하여 시험.

(3) 물 세정시간 변화에 따른 제거율 변화시험  
(1)의 공정조건을 유지하면서, 공정 수행 중 물 세정 세정 시간 변화하면서 시험.

2. 결과 고찰

시험 결과의 측정은 상기 시험 조건에 따라 PR 제거 시험을 수행한 각 시편 끝단에서 10mm 떨어진 부분의 상, 하, 좌, 우 및 중앙 5곳의 잔류 PR 두께를 측정하여 평균값을 취 하였다. 측정에 사용한 박막 두께 측정시스템은 Mikropack 사의 Nanocal 2000으로서, 측정신뢰도는 약 2% 이다.

상기 (1)-(3)의 공정조건에 의한 PR 제거율을 측정결과로서, 수행한 모든 시험 조건에서 2분이 지난 후 미 반응된 PR 두께가 평균 600Å 이하로 측정됨으로써 2분 동안의 평균 PR 제거율 약 7,000Å(700nm)을 보였으며, 4분이 경과한 후(시편번호 3,6) 도포된 PR이 거의 모두 제거됨으로써 평균 PR 제거율 약 4,000Å(400nm)의 결과를 보였다. 반응 공정 중간에 물 세정을 하는 것

o 공정 반복 횟수(시간) 및 공정 중 물 세정 여부에 따른 제거율 변화시험  
단위 : Å

번호	공정조건 (스팀 공급/정지/ 반복시간)	상	중앙	하	우	좌	평균	비고
1	10초/20초/2분	517	507	500	507	493	504	공정 종료 후 물세정 (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, 1 분마다 세 정(15초)
5	10초/20초/3분	178	36	0	134	441	157	
6	10초/20초/4분	0	0	0	0	0	0	

o 수증기 공급 및 물 세정 시간 변화에 따른 제거율 변화 시험  
단위 : Å

번호	공정조건 (스팀 공급/정지/ 반복시간)	상	중앙	하	우	좌	평균	비고
7	10초/20초/2분	451	598	759	520	396	544	공정 중, 1 분마다 세 정(10초)
8	15초/15초/2분	487	459	469	420	450	449	
9	20초/10초/2분	440	503	490	467	491	487	
10	30초/30초/2분	0	41	80	56	423	60	공정 중, 1 분마다 세 정(15초)
11	10초/20초/2분	528	513	461	491	549	508	
12	15초/15초/2분	529	501	539	509	520	519	
13	20초/10초/2분	529	537	533	466	512	515	
14	30초/30초/2분	229	17	0	0	459	141	



그림 9. 반응시간에 따른 PR 제거 과정  
Fig. 9. The PR strip process according to the reaction time variation.

이 더 제거효율이 좋은 것으로 관찰되었으며, 스팀 공급시간은 스팀 30초 공급, 30초 정지의 경우(시편번호 10, 14)에서 가장 좋은 PR 제거효과를 보였다. 1차 PR 제거시험 결과로 볼 때, 16wt%이상의 고농도 오존가스 생성기술을 기반으로 한 본 경계 막 제어방식에 의한 PR 제거 공정이 기존의 오존가스를 물에 용해한 오존수에 웨이퍼를 침적하여 PR을 제거하는 오존수에 의한 침적식 PR 제거방법<sup>[10]</sup>에 비해 3배 이상 빠른 PR 제거율을 기록함으로써, 외국의 연구 결과와 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

그러나 PR 제거반응 속도가 초기 2분 동안은 급격히 진행되고 그 이후에는 매우 천천히 반응이 진행되는 경향을 보였는데, 이는 공정이 진행되면서 100도 온도의 스팀이 반복하여 공급되면서 챔버 내부온도가 증가하고 이로 인하여 웨이퍼 표면 온도가 상승하여 웨이퍼 표면과 경계 막 사이의 온도차가 적게 되어 오존 가스

산화력의 확산이 느리게 진행된 것과 초 고농도의 산화력으로 인하여 PR이 빠른 제거율을 갖고 산화되고 남은 유기성 잔사(residue)가 느리게 반응되는 것의 두 가지 원인으로 판단된다. 따라서 1차 PR 제거시험에서 발생한 챔버 내 수증기 및 물 분사 노즐의 위치와 경로에 따른 물 자국 등 설비 구성의 개선과 함께 공정 진행과정 중에 웨이퍼 표면온도 유지와 반응 후의 잔사를 효과적으로 세정하기 방안 등을 보완하면 본 공정에 의한 PR 제거효율을 더욱 높일 수 있을 것으로 기대된다.

#### IV. 결 론

SPM 습식세정용액에 의해 수행되어 온 반도체 노광 공정 후의 포토레지스트 제거공정이 가지고 있는 고비용, 고 에너지 소비 및 비 환경친화적 문제를 해결하기 위한 방법으로서, 초 고농도 오존생성기술을 기반으로 한 경계막 제어방식 오존처리에 의한 PR 제거공정 및 설비를 개발하여 PR 제거 성능시험을 통하여 본 공정에 의한 PR 제거 효율성과 개발한 공정 설비의 타당성을 확인하였다.

수 냉각 구조의 세라믹 연면방전식 방전관 구조를 제안하여 설계목표인 셀 당 산소유량 0.5[liter/분]에서 14wt% 이상의 초 고농도 오존 생성기술을 확보하였다. 경계 막 제어방식 오존처리공정을 구현하기 위하여 수증기 발생장치, 반응챔버 및 주변설비를 제작, 개발한 초 고농도 오존생성시스템과의 연계를 통하여 6" 반도체 웨이퍼를 대상으로 한 PR 제거 성능시험을 수행하였다.

PR 제거시험결과 평균 약 400nm/분대의 높은 PR 제거율을 얻음으로써 기존의 침적식 오존 수에 의한 제거공정에 비해 약 3배의 높은 제거효율을 달성하였다.

경계 막 제어방식 오존처리공정에 의한 PR 제거공정과 관련한 핵심요소기술을 확보하여 그 성능을 확인함으로써 반도체 및 FPD의 PR 제거공정에 효과적으로 적용할 수 있을 것으로 기대하며, 이를 위한 실용화 후속 연구가 진행 중이다.

#### 참 고 문 헌

[1] S, Nelson, "Ozonated Water for Wafer Cleaning and Photoresist Removal", Solid State Technology, July, 1999, pp.107-112  
 [2] J. Cheng, D. Nemeth, "The Study of Temperature Effect in Photoresist Stripping with DIO3 Process", Technical Report, Aktron, Allentown, PA, April 12, 1999.

[3] Bruno Langlais David A, "Ozone in water treatment: application and engineering", American Water Works Association Research Foundation, 1991.  
 [4] 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)  
 [5] J. Wei and S. Verhaverbeke, in Cleaning Technology in Semiconductor Device manufacturing V, The Electrochemical Society, Inc., Pennington, NJ, 1998, pp.496-504.  
 [6] 손영수, 함상용, 문세호, "반도체 웨이퍼의 오존 수 세정을 위한 고농도 오존발생장치 특성연구", 대한전기학회 논문지 Vol. 52C, No.12, pp.579-586, 2003.  
 [7] 채상훈, 손영수, "오존수를 이용한 감광막 제거공정에 관한 연구", 한국전기전자재료학회 논문지 Vol.17, No.11, p.1143-1148, November 2004.  
 [8] S. De Gendt, J. Wauters and M. Heyns, A novel photoresist and Post-Etch Residue Removal Process Using Ozonated Chemistry, Solid State Technology, December, 1998, pp.57-60  
 [9] Toshikazu Abe, Senji Ojima, et al, "Photoresist Stripping Using Alkaline Accelerator Containing Wet-Vapor", Solid State Phenomena Vols. 76-77, pp.231-234, 2001.  
 [10] 손영수, 채상훈, "PR제거공정 적용을 위한 오존 수 생성기술 연구", 대한전자공학회 논문지 Vol.41, SD No.12, p.1107-1114, December 2004.

#### 저 자 소 개



손 영 수(정회원)  
 1982년 동국대학교  
 전자공학과 학사 졸업.  
 1984년 동국대학교  
 전자공학과 석사 졸업.  
 1996년 동국대학교  
 전자공학과 박사 졸업.

1989년~현재 한국기계연구원 책임연구원  
 <주관심분야 : 반도체/FPD 공정장비 및 자동화 시스템>