

반도체장비용 오링의 종합 신뢰성 평가기술에 관한 연구

김동수(한국기계연구원 산업기술연구부), 김광영(한국기계연구원 산업기술연구부)
 최병오(한국기계연구원 산업기술연구부), 박화영(한국기계연구원 자동화연구부)

A Study on the Reliability Evaluation System for O-ring of Semiconductor Equipments

D. S. Kim(Industrial Eng. Dept., KIMM), K. Y. Kim(Industrial Eng. Dept., KIMM)
 B. O. Choi(Industrial Eng. Dept., KIMM), H. Y. Park(Automatic Eng. Dept., KIMM)

ABSTRACT

The test items like as endurance, air leakage and oil endurance test is requested for reliability evaluation about O-ring which is a kind of core machinery accessories of semi-conduct manufacturing equipment. For verification of these, we designed and manufactured a test system for endurance, air leakage and oil endurance of O-ring for semi-conduct manufacturing equipment, and also performed the test for two kinds of O-ring, as it were Viton and Kalretz.

The characteristics of this test equipment consist in realization of the test conditions of semi-conduct manufacturing equipment and satisfying the test methods. The test conditions are cut gas, vacuum grade, temperature and revolution numbers in the endurance test system, vacuum grade and temperature in the air leakage test system, temperature and time in the oil endurance test system. The separating test results for wearing which is an oil endurance test item, the wearing index of domestic produced Viton O-ring is higher than foreign product by 2%. Wearing rate of Kalretz O-ring better than Viton O-ring by 17%, and particles existed in various places.

The test result of air leakage which is measured through the RGA sensor used Helium, the vacuum grade was 10^{-3} Torr · ℓ/sec. And the test result of oil endurance, the volume change rate was 7~15%. Hereafter, we intend to analysis the reliability test evaluation and to utilize for domestic manufacturing companies by establishing data base and developing reliability softwares.

Key Words : O-ring(오링), Semi-conductor manufacturing equipment(반도체장비), Endurance test(내구성시험), Leakage test(기밀성시험), Oil endurance test(내유성시험), Reliability(신뢰성)

1. 서론

본 연구에서는 반도체장비인 CVD (Chemical Vapour Deposition, 화학증착법), PVD (Physical Vapour Deposition, 물리증착법), Etcher Processor Chamber Top 용인 오링에 대하여 종합 신뢰성 시험 시스템을 설계 제작하고 실험을 통하여 특성을 규명함으로써 제품의 경쟁력 향상, 품질보증, 품질개선 및 시험기준 정립 등을 이루고자한다.

종합 신뢰성 평가인자는 크게 마모지수 및 Particle 측정, 내구성시험, 기밀성시험 및 내유성시

험으로 구분하였으며, 시험한 오링은 Viton Rubber 와 Kalretz O-Ring으로 나누어 시험을 수행하였다. 실제적으로 사용되는 환경을 재현하기 위하여 내구성 시험기는 온도 및 진공도를 형성시킨 후 알곤가스를 주입한 후 내구성 시험인 마모량 및 Particle 을 측정하는 구조로 설계하였으며 기밀성 시험기는 온도 및 진공도를 형성한 후 헬륨가스를 주입하여 누설량을 측정하도록 하였다. 그리고 내유성 시험기는 4개의 시험관을 이용하여 온도와 시간을 자동 제어 하도록 하여 체적변화율을 측정할 수 있는 구조로 설계 제작하였으며 시험결과에 대하여는 내유

성 시험항목인 마모지수는 Viton 오링일 경우 국산이 외산에 비해 마모율이 2% 많았고 Kalretz 오링이 Viton 오링에 비해 마모율이 17%정도 우수하게 나타났으며, Particle은 다양하게 존재하였다. 기밀성 시험 결과 Helium을 사용하여 RGA센서로 측정하였는데 10^{-3} Torr·ℓ/sec이었고 내유성 시험결과 체적 변화율은 7~15%로 나타났다. 그리고 시험기특징 및 사양, 시험결과에 대하여는 다음장에서 상세히 설명하기로 하겠다

2. 본론

2.1 O-ring 내구성/기밀성/내유성 시험시스템 설계·제작

2.1.1 내구성시험기 구성 및 사양, 특징

본 장치는 660×775×505, SUS304를 Main Chamber의 O-Ring 내구성 Tester이다. 내구성 시험장비는 전기모터와 벨트에 의한 구동축 및 피동축, 세라믹베어링, 리니어 가이드, Feedthrough, 사각형 챔버, 저진공 및 고진공을 위한 로타리 펌프와 오일디퓨전 펌프, 다종의 밸브로 구성된 진공형성 라인(그림1참조) 그리고 온도조절을 위한 Halogen Heater, 속도조절을 위한 AC변속모터, 유체가스(Ar 등) 주입을 위한 MFC(Mass Flow Controller), Particle측정을 위한 RGA(Residual Gas Analyser) Sensor, 전기-전자제어반, 제어 및 데이터 계측을 위한 컴퓨터등 전자동 제어 및 개측시스템(Fully Automatic System)으로 구성되어 있다.

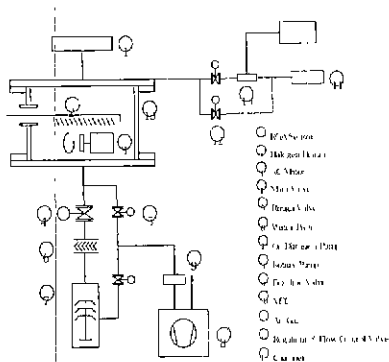


Fig 1 Schematic of Endurance Test System

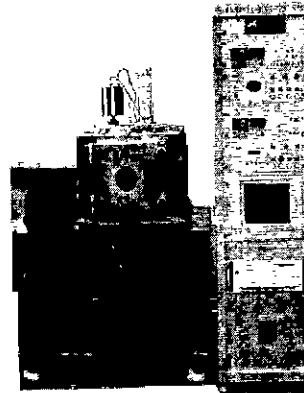


Fig 2 Endurance Test System

2.1.2 기밀성시험기구성능 및 사양, 특징

본 장치는 SUS304를 Main Chamber의 O-Ring 기밀성 Tester이다. 기밀성 시험장비는 챔버 하부는 용접에 의한 완전한 기밀유지, 챔버 상부는 시험할 대상의 오링을 장착할 수 있도록 그루브를 형성한 원형 챔버, 저진공 및 고진공을 위한 로타리 펌프와 터보분자 펌프 다종의 밸브로 구성된 진공형성라인(그림3참조) 그리고 온도조절을 위한 Band Heater, Helium가스 주입을 위한 밸브, 누설량측정을 위한 RGA(Residual Gas Analyser)Sensor, 전기-전자 제어반, 제어 및 데이터 계측을 위한 컴퓨터 등 전자동 제어, 개측시스템으로 구성되어 있다

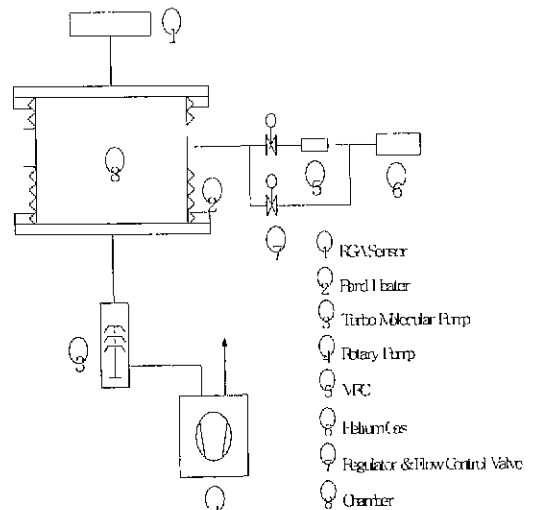


Fig 3 Schematic of Leakage Test System

2.2 오링 신뢰성 평가 기술

2.2.1 오링 신뢰성시험평가, 해석기술

가 시험조건

- (1) 내구성 시험조건은 내마모지수 측정을 위한 조건인 회전속도 1800rpm, 24시간 정상작동과 Particle측정을 위한 온도 50℃, 진공압력 10^{-6} Torr로 구분되며, 신뢰성평가 데이터는 마모지수, 경도, 인장강도, 연신율 및 오염도이다.
- (2) 기밀성 시험조건은 누설량 측정을 위한 조건인 온도 50℃, 진공압력 10^{-6} Torr이며, 신뢰성평가 데이터는 누설량, 경도, 인장강도, 연신율 이다
- (3) 시험조건은 시험오일 130℃, 70시간이며, 신뢰성 데이터는 체적변화율, 경도, 인장강도, 연신율 이다

나. 내구성및 내유성 시험 방법

- (1) 제품과 같은 조건으로 제조된 표1의 a 또는 b의 새로운 시험용 O링 3개를 그림6에 표시한 바와 같은 피로시험기의 흡에 부착하고, 구동축을 매분 1700~1800 회전으로 24시간 구동시킨 다음 O링의 상태를 조사한다 또한, 이 때에 회전은 연속적이 아니더라도 회전 시간의 합계가 소정시간이 되면 좋으며, 또 회전이 중지된 동안은 O-Ring을 긴장시켜 두지 않아도 좋다

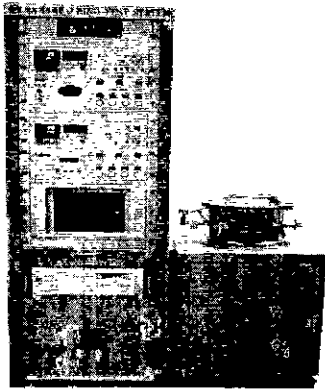


Fig 4 Leakage Test System

2.1.3 내유성시험기 구성 및 사양, 특징

내유성 시험장비에 관한 것으로 구성요소는 오링을 기름에 담그는 오일탱크, 전기히터 가열방식에 의한 P.I.D온도제어, 기름온도 분포를 균일하게 하기 위한 AC 감속모터 구동의 교반기(Agitator), 동시에 4개의 오링을 시험할 수 있도록 시험관으로 구성되어 규정한 온도, 시간이 되면 자동적으로 리니어 모터에 의해 Ejecting되도록 하였으며, 단열장치를 삽입하여 온도를 차단하였다.

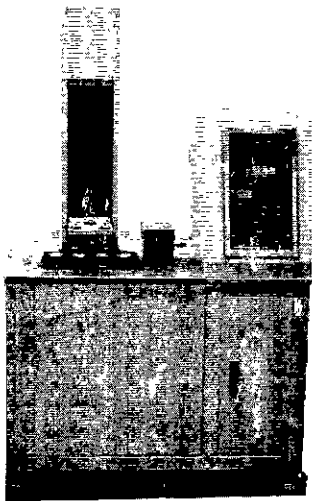


Fig 5 Schematic of Oil Endurance Test System

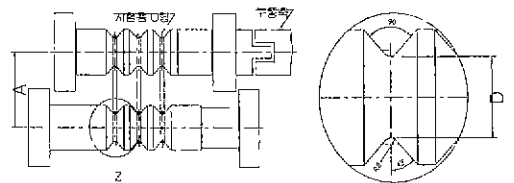


Fig 6 Endurance Test Part

Table 1 Test O-ring Data unit : mm

종류	시험용 O 링		축의간격	흡의골지름
	굵기(W)	안지름(d)		
a		24.7	35	6 ± 0.12
b		37.7	60	

다. 침자시험(내유성시험)

(1) 적용범위 ,

이 시험은 가황 고무의 각종 액체에 대한 침지 전후의 치수, 무게체적 및 기계적성질의 변화 측정에 대하여 규정한다.

(2) 시험편 ,

(가) 시험편의 채취 제작

시험편은 원칙으로 가황고무판에서 채취하고, 만일 제품에서 채취할 때는 연타기 등으로 두께를 균일하게 한후 시험편을 제작한다

(나) 시험편의 모양, 치수

- ① 무게, 부피 변화 시험용 및 겉모양 시험용 으로서는 나비 20mm, 길이 50mm, 두께 $2.00 \pm 0.15\text{mm}$ 의 시험편을 쓴다.
- ② 인장강도 및 신장을 변화 시험용에는 3호형 시험편을 쓴다.
- ③ 경도변화 시험편은 두께 $2.00 \pm 0.15\text{mm}$ 로서 체적이 1cm^3 이상, 3cm^3 이하의 직사각형 판상 시험편을 쓴다. 다만, 긴 변이 50mm를 넘어서는 안된다.

라. 기밀성 시험

RGA는 진공상태의 오염 및 누설을 측정하는 계측장비로 구성요소는 아래그림과 같이 Ion Source, Mass Filter, Detector로 이루어진 Analyzer, ECU, S/W이며, 작동원리는 아래 그림과 같다.

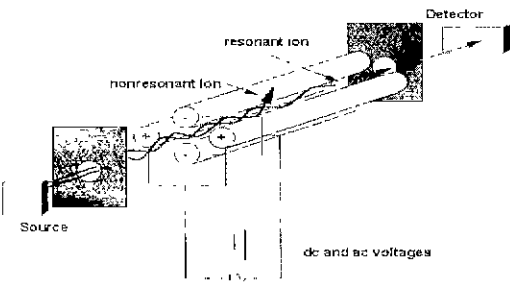


Fig 7 Schematic of RGA Sensor

2.3 시험 및 결과고찰

2.3.1 시험기별 시험항목

NO	시험 장비명	시험 항목	비고
1	내구성 시험기	Particle 측정시험	RGA
		마모지수 측정시험	정밀전자저울
2	기밀성 시험기	누설계수 측정시험	RGA
3	내유성 시험기	체적변화율 측정시험	정밀전자저울
4	공통 시험기	경도시험	경도계
		인장강도시험	인장시험기
		연신율시험	인장시험기

2.3.2 시험결과 고찰

앞절의 오링 신뢰성 시험 항목인 내구성, 기밀성, 내유성시험에 대하여 설계 제작된 시험 시스템을 이용, 실험한 결과 내구성 시험은 Viton 오링 국내·외산과 Kalretz 오링 외산에 대하여 시험을 수행하였으며, 시험조건 10^{-6}Torr , 50°C 에서 24시간 동안 1800rpm 회전속도로 마모지수를 측정한 결과 그림 8과 같으며, Viton 오링의 경우 국산이 외산에 비해 마모지수가 2% 많았고 Kalretz가 Viton오링에 비해 마모지수가 17% 좋은 결과를 나타냈다 이때 사용된 Out Gas 는 Ar이며 MFC를 통해 주입하여 기준치로 정했다.

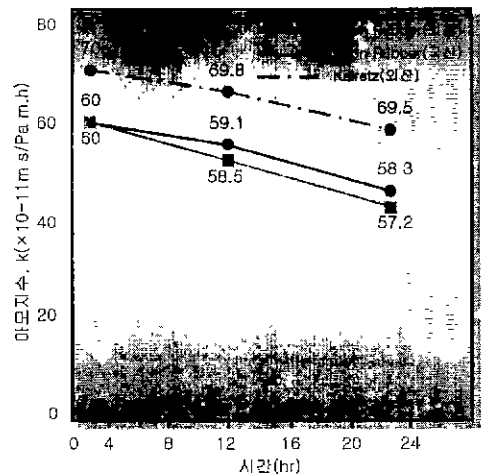


Fig 8 Wear Coefficient Test Results

3. 결론

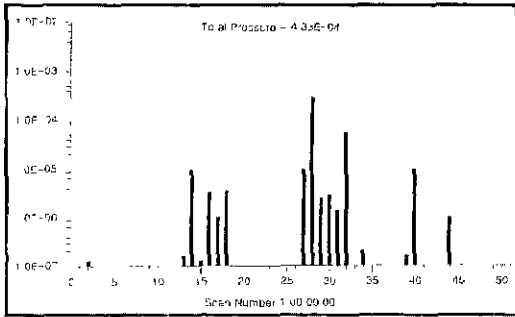


Fig 9 Particle Test Results

그림9는 Particle 측정결과로 다양하게 존재하였고 시험조건은 상기와 동일하며 측정센서 RGA를 사용하였다. 그림10은 기밀성 시험 결과로써 헬륨가스를 주입하여 In-Out 측정방법을 사용하여 RGA센서로 계측하였으며 시험조건은 10^{-7} Torr, 50°C 이었다. 내유성 시험결과 그림 11과 같고 시험오일 120°C 에서 70시간 후에 체적변화율을 측정한 결과 7-15%의 변화율을 나타냈으며 측정은 정밀전자저울사용하였다.

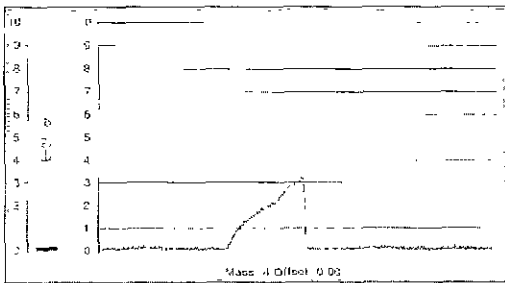


Fig 10 Leakage Test Results

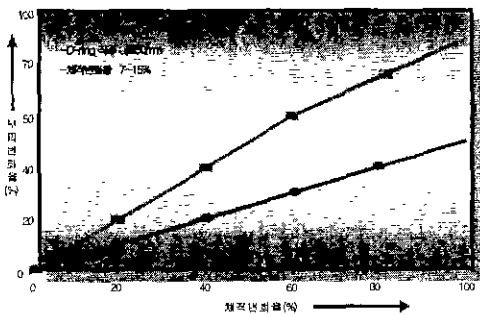


Fig 11 Volume Change Test Results

지금까지 반도체장비용 오링 종합 신뢰성 시험 시스템에 대한 연구결과 목표대비 100% 달성하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다

1. 오링의 내구성, 기밀성 및 내유성 시험장비를 설계 제작하였다
2. 오링의 내구성, 기밀성 및 내유성 시험평가 기술에 대한 시험조건 및 시험방법 그리고 시험항목을 정립하였다
3. 오링의 내구성 시험항목인 마모지수는 Viton Rubber의 경우 국산이 외산에 비해 2% 정도 마모율이 많았으며, Kalrez 오링의 경우 마모지수는 Viton Rubber에 비해 17%정도 우수하였다.
4. 오링의 내구성 시험항목인 Particle 측정결과 고진공(10^{-6} Torr)에서 그림 9와 같은 다양한 Particle이 존재함을 알 수 있었다.
5. 이 외에도 오링의 기밀성시험 및 체적변화율 측정결과 그림 10, 11과 같았으며 계속하여 신뢰성 평가 분석 S/W를 개발할 예정이며, 반도체장비용 오링 생산업체에 적극 활용할 계획이다.

참고문헌

1. F.A. Flecken, 1963, Gaede's Influence on the Development of Mechanical Vacuum Pump, PP583-588
2. M. Dunkel, 1979, Memories of Wolfgang Gaede on the Occasion of the 100th anniversary of his birth, PP3-8
3. 김동수 외2명, 2000, 반도체장비용 오링 내구성 시험기, 특허출원
4. 김동수 외2명, 2000, 반도체장비용 오링 기밀성 시험기, 특허출원
5. Alcatel Vacuum Technology, 1999
6. Leybold Vacuum Components, 1999/2000
7. Edwards Vacuum Products, 1999/2000
8. Varian Vacuum Products, 1999
9. Parker Actuator Products, 1999
10. 진공의 기초, (주)전자자료사
11. Product and Vacuum Technology Reference Book, 1987
12. 월간 전자장비, 1991, 1993, 1997
13. Training RGA Theory, Spectra