

웨이퍼 장착을 이용한 다이싱 척의 평탄도 평가 방법에 관한 연구

육인수*, 이호철⁺

(논문접수일 2007. 11. 16, 심사완료일 2008. 3. 3)

A Study on the Flatness Evaluation Method of the Dicing Chuck using Chucked-wafer

Insoo Yook*, Hocheol Lee⁺

Abstract

This study was conducted to evaluate the flatness of the porous type of dicing chuck. Two measurement systems for a vacuum chuck with a porous type of ceramic plate were prepared using a digital indicator and a laser interferometer. 6 inch of silicon and glass wafer were also used. Vacuum pressure from 100mmHg to 700mmHg by 100mmHg was increased. From experiments, chucked-wafer flatness was converged to the dicing chuck flatness itself even though the repeatability of contact method using indicator was unstable. Finally, the chuck flatness was estimated below $2\mu\text{m}$ with peak-to valley value.

Key Words : Dicing chuck(다이싱 척), Wafer(웨이퍼), Flatness(평탄도), Chucked-wafer flatness(웨이퍼 장착 평탄도)

1. 서론

첨단기술의 비약적인 발전은 관련 장치 및 부품에 대한 고도의 정밀화를 요구하고 있으며 부품 하나하나의 정밀도에 바탕이 되어야 한다.

반도체나 디스플레이 산업에서 사용되고 있는 웨이퍼(wafer)의 제조과정에서는 각 공정마다 웨이퍼를 견고하게 고정해

야 한다. 웨이퍼는 대체로 1mm 이하로 얇고, 평탄한 상태를 요구하기 때문에 사용되는 척(chuck) 또한 높은 평탄도를 요구하고 결과적으로는 장착된 웨이퍼의 평탄도가 더욱 중요하다. 한편, 척의 정밀도는 웨이퍼의 크기 및 정밀도와 함께 다루어져야 하며, 최근 웨이퍼 크기의 추세는 300mm 이상으로 대형화 되고 있고, 더욱 집적된 제품군을 생산하기 위해서 더욱 정밀화되어야 한다⁽¹⁾. 현재 사용되는 웨이퍼는 8

* 한밭대학교 기계공학과 대학원
+ 교신저자, 한밭대학교 기계공학부 (hlee@hanbat.ac.kr)
주소: 305-719 대전시 유성구 덕명동 산16-1

인치의 경우 최초 약 1.2mm의 두께로 슬라이싱(slicing) 된 후에 모따기, 평탄가공, 경면가공 등이 이루어진다. 또한 집적 회로를 생성하기 위한 다양한 제조공정에서 정밀 척이 필요하다. 웨이퍼를 장착하는 척은 그 사용 용도에 따라서 다양한 형태의 척으로 분류되며, 웨이퍼와 UV 필름을 부착해 주는 마운트척(mount chuck), 웨이퍼 회전이나 세척에서 사용하는 스피너척(spinner chuck), 웨이퍼를 절단할 때 고정해 주는 다이싱척(dicing chuck), 웨이퍼 연마에 사용하는 백그라인딩척(back grinding chuck)과 리소그래피척(lithography chuck) 등이 있다. 척의 평탄도 관점에서 보면 마운트척이나 스피너척은 10 μ m 정도의 웨이퍼 장착 평탄도(chucked-wafer-flatness)를 요구하며, 다이싱척은 크기에 따라 2~5 μ m 웨이퍼 장착 평탄도가 필요하고, 백그라인딩 척과 리소그래피 척은 2 μ m 이하의 매우 높은 척 평탄도를 요구하는 것으로 알려져 있다⁽²⁻⁴⁾.

한편, 고정밀급의 리소그래피척의 평탄도에 대해서 관련 기업에서는 척에 대한 웨이퍼 장착 평탄도 특성에 대한 자료를 공개하거나 제공하고 있다. 그러나 본 연구에서는 다루고 있는 대부분 국내기업의 다이싱의 경우 다공질 세라믹의 원판에 대해서만 접촉식의 인디게이터를 이용한 측정방법으로 평탄도를 평가하여 관련 자료를 제시하고 있는 실정이다. 그러나 진공척의 평가는 결국 웨이퍼 실제 사용 환경인 진공 척에 진공압을 작용시켜 웨이퍼를 고정한 상태에서 이루어져야 하며 웨이퍼 장착 평탄도가 다이싱 공정에 필요하다. 다이싱 공정에서는 특정 진공압력에 의해 자유 상태의 웨이퍼가 변형되어 척에 밀착되어 있는 상태이고, 이때의 평탄도가 가공 품질에 영향을 미칠 수 있고, 실제 가공된 웨이퍼 형상은 주로 척과 웨이퍼의 여러 가지 셋업 파라미터에 의해 결정되고 있으며, 진공척의 평탄도가 웨이퍼의 품질과 후속공정에 직접적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다^(5,6).

따라서, 본 연구에서는 웨이퍼 장착 평탄도에 대한 다이싱척의 영향을 평가하기 위해서 6인치의 실리콘(silicon) 웨이퍼와 유리(glass) 웨이퍼 두 종류를 이용하여 진공압을 변경시키면서 각각의 장착 상태를 접촉식 방법으로 측정하여 평탄도를 확인하고, 두 종류의 웨이퍼를 레이저간섭계(laser interferometer)로도 비교 측정하여 웨이퍼 장착 평탄도 특성을 분석하였다.

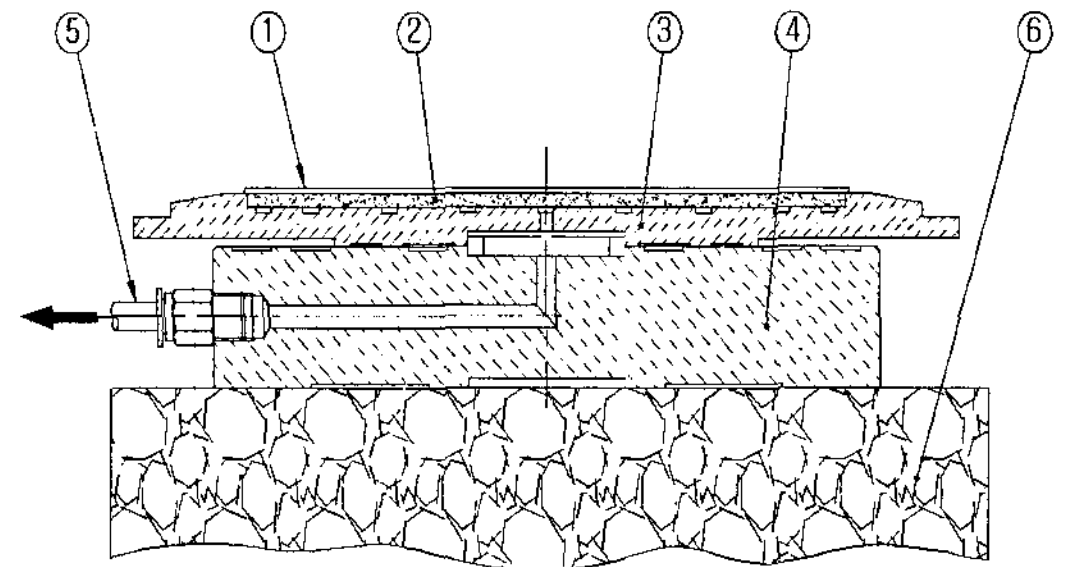
압력이 증가함에 따라서 웨이퍼의 형상이 어떠한 형태로든 변형될 것으로 예측할 수 있으며, 실제 진공 압력에 대한 웨이퍼의 형상 변화량을 측정하여 평탄도의 변화에 대해서 확인하고, 반도체 다이싱 공정 현장에서 사용하고 있는 500mmHg

의 다이싱 진공 압력이 적정한가를 판단하여 웨이퍼 다이싱 가공공정에 있어서의 진공 압력 설정 기준을 함께 검토하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치의 구성

진공척의 특성을 평가하기 위해서 시판중인 다공질 세라믹 타입의 6인치형 다이싱척을 사용하였으며, 하부의 진공 펌프, 척베이스(chuck base)를 사용하여 진공의 측정 시스템을 제작하였다. Fig. 1은 진공척의 구조도이고 Fig. 2는 구성된 실험 장치이다. 다이싱 척의 세라믹 판은 다공질로 구성되어 있어 진공을 가하면 웨이퍼를 당겨서 장착한다. Table 1에 사용된 실험장치의 각 파트(Part)에 대한 규격을 표시하였다.



1: wafer, 2: ceramic plate, 3: steel plate, 4: chuck base, 5: vacuum line, 6: stone plate

Fig. 1 Porous type of ceramic chuck for dicing

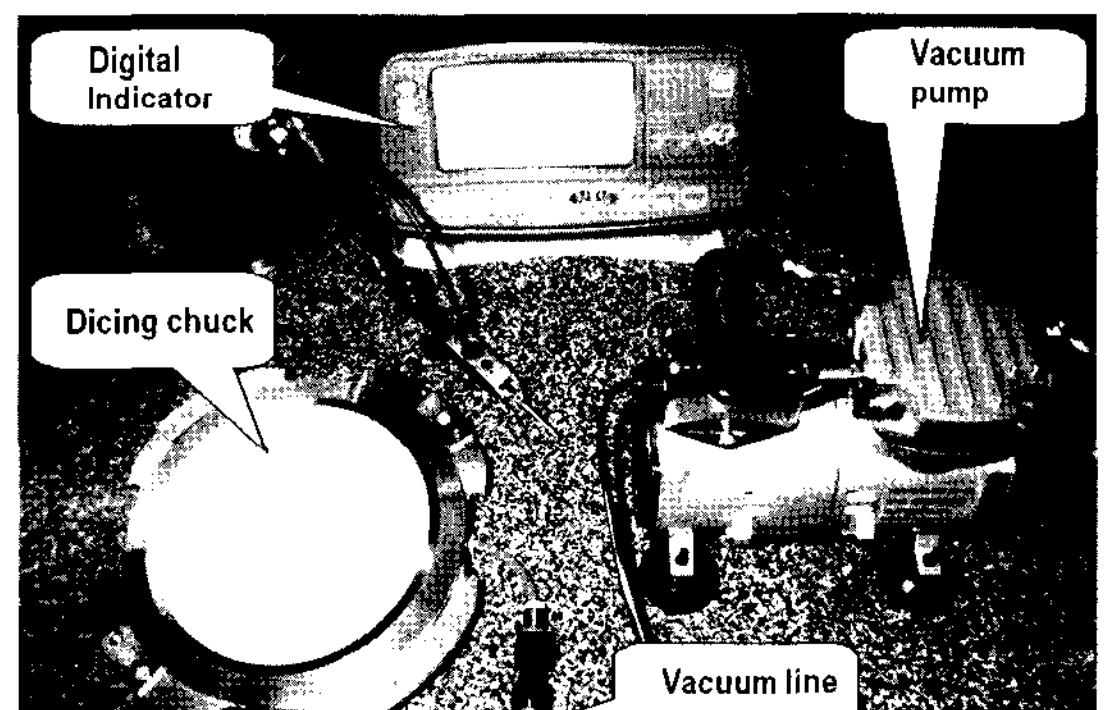


Fig. 2 Experimental system using indicator for chucked-wafer-flatness

Table 1 Specification of experimental system

	Maker	Model	Specification
Digital indicator	Tesatronic	TT60	Resolution 0.1 μ m
Vacuum pump	Gaeseong Scientific	Rocker300	760mmHg
Ceramic plate	RPS	RPCT 3206-S19	Flatness(PV) : 3 μ m below
Chuck base	RPS	-	-
Stone plate	Koreco precision	1500 \times 1000	Level: 0 (Flatness 1 μ m)
Silicon wafer	Wafer Korea	6inch (150mm)	Thickness: 625 \pm 15 μ m SSP
Glass wafer	Wafer Korea	6inch (150mm)	Thickness: 700 \pm 15 μ m DSP

2.2 웨이퍼 장착 평탄도 평가 방법

2.2.1 접촉식 측정법

척 위에 웨이퍼를 올려놓고 진공 압력을 100mmHg부터 700mmHg까지 100mmHg 간격으로 증가시켜서 웨이퍼 위

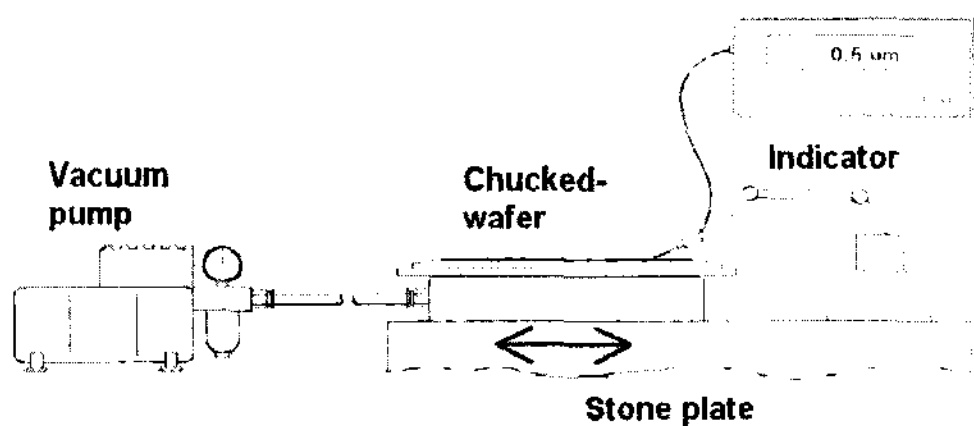


Fig. 3 Contact method by digital indicator

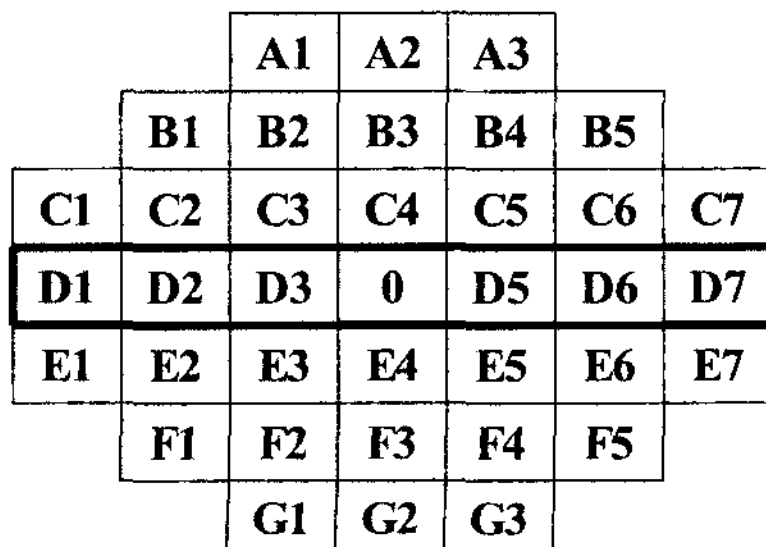


Fig. 4 Measurement positions on the wafer

치별 평탄도 변화 특성을 디지털 인디케이터(indicator)로 Fig. 3과 같이 측정하였다.

측정 포인트는 중심을 영점으로 하고 20mm간격으로 37 포인트(points)를 Fig. 4에서와 같이 측정하였다. 측정 순서는 척 베이스 위에 진공척을 올려놓고 진공척의 평탄도를 먼저 측정하였다. 그 후에 진공척 위에 웨이퍼를 올려놓고 진공압력을 증가해가며 웨이퍼의 변화량을 측정하였다.

2.2.2 레이저간섭계 측정법

비접촉식의 레이저간섭계를 이용하여 실리콘웨이퍼와 유리웨이퍼의 평탄도를 각각 측정하였다. 레이저간섭계로 진공척 위에 장착된 웨이퍼의 진공압력에 따른 형상 변화량을 측정하여 접촉식 인디케이터의 측정결과와 비교하였다. Fig. 5는 측정에 사용된 레이저간섭계이다. 레이저간섭계에서는 난반사로 진공척 자체만은 측정은 불가능하였다. 일정 진공압력 이상에서만 웨이퍼 측정이 가능하였다.

3. 실험 결과 분석

3.1 접촉식 측정 결과

먼저 실리콘웨이퍼에 대하여 전체 37포인트의 높이 변화를 진공압력에 따라 측정하였고, 4개의 실리콘 웨이퍼를 사용하였다. 측정된 값을 이용하여 최대최소편차값(peak-to-valley, PV)의 평탄도를 계산하였고, 평탄도 변화 과정을 Table 2와 Fig. 6에 나타내었다. 4개의 실리콘웨이퍼에서 공통적으로 진공압력이 증가할수록 평탄도가 향상되는 경향을 보였다. 그러나 웨이퍼 없이 진공척 만의 평탄도 측정에 있어서도 37개 측정점의 평탄도가 최대 2.1 μ m의 편차를 보이고 있었다. 다만 척만의 초기 평탄도가 편차를 보여도 장착된 웨이퍼는 결과적으로는 척의 평탄도에 수렴하는 경향을 보였다.

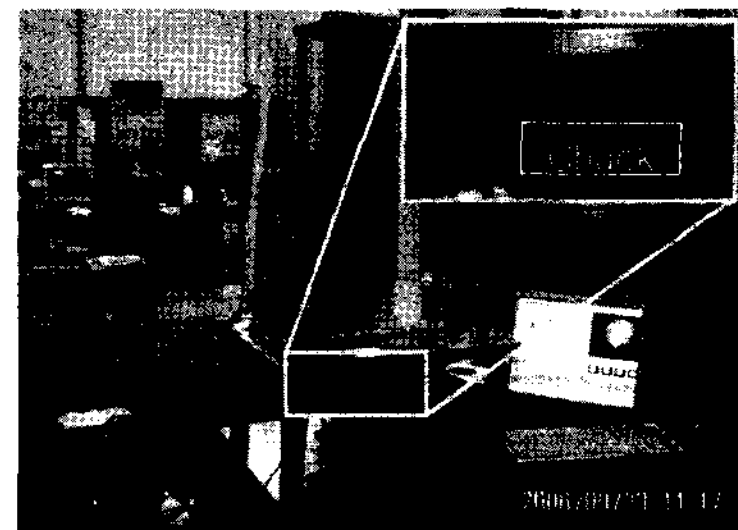


Fig. 5 Laser interferometer measurement of chucked-wafer flatness

Table 2 Chucked-wafer flatness of silicon wafer by contact method(unit: μm)

No.	Chuck	Chucked-wafer						
		100	200	300	400	500	600	700
1	1.1	1.3	1.2	1.2	1.1	0.9	1.0	0.9
2	2.1	2.6	2.5	2.7	2.5	2.3	2.3	2.3
3	3.2	3.1	3.1	2.8	2.7	2.7	2.6	2.9
4	1.1	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.1	1.0

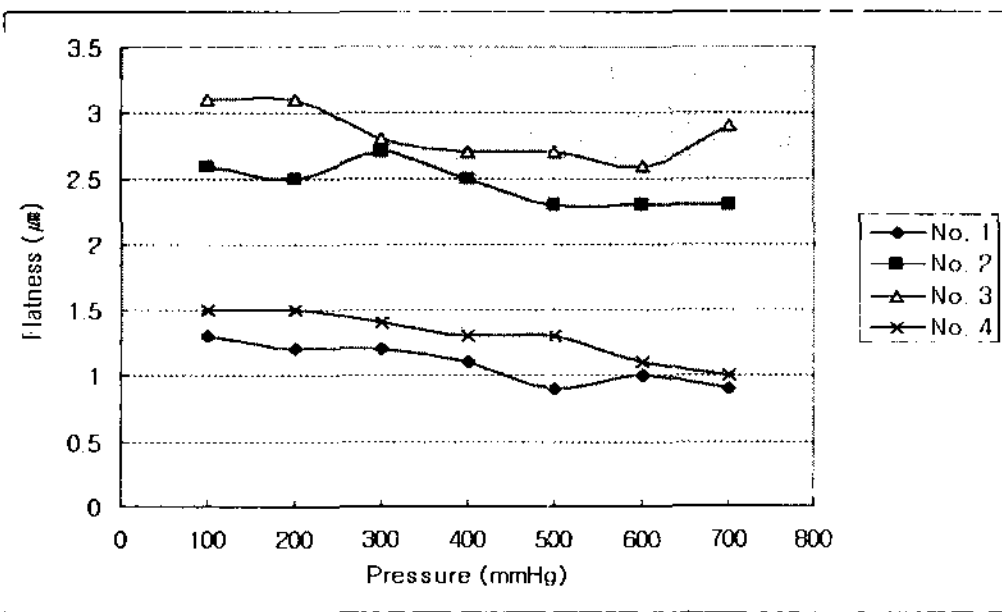


Fig. 6 Chucked-wafer flatness changes of silicon wafer with suction pressure by contact method

Table 3 Chucked-wafer flatness of glass wafer by contact method(unit: μm)

No.	Chuck	Chucked-wafer						
		100	200	300	400	500	600	700
1	4.0	3.9	3.4	3.2	2.9	2.9	3.1	3.1
2	3.6	3.0	2.7	2.4	2.4	2.3	2.3	2.4
3	3.0	3.3	3.1	3.0	2.8	2.7	2.7	2.6
4	2.9	3.6	3.6	3.2	3.2	3.0	3.0	3.0

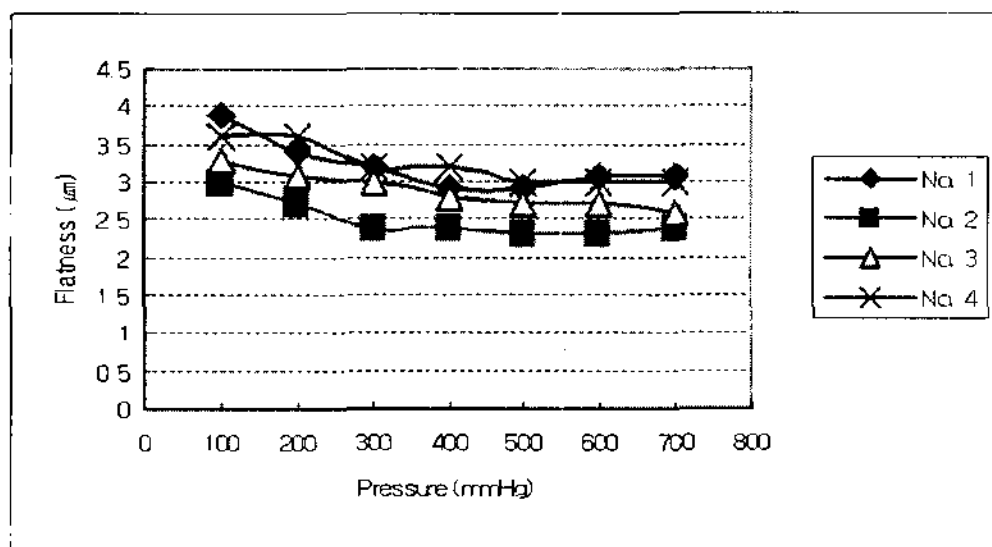


Fig. 7 Chucked-wafer flatness changes of glass wafer with suction pressure by contact method

4개의 유리웨이퍼에 대하여 실리콘 웨이퍼와 동일한 방식으로 측정하여 Table 3과 Fig. 7에 나타내었다. 4개의 유리웨이퍼의 측정 결과는 실리콘웨이퍼의 결과와 유사하여 진공압력증가에 따라 결과적인 웨이퍼 평탄도가 척의 평탄도에 수렴하는 경향을 보였다. 그러나 실리콘웨이퍼의 경우와 동일하게 진공압력이 작용되지 않은 척의 초기 평탄도가 편차를 보이고 있고 그 측정 결과에 의존함을 볼 수가 있었다.

따라서 실리콘 및 유리 웨이퍼에 대하여 인디게이터에 의한 접촉식 평탄도 평가 방법은 수작업 평가 방식의 불안정성으로 진공이 없는 척만의 평탄도의 평가 변동치가 크다. 그러나 진공압력이 가해질 때의 장착된 웨이퍼의 평탄도는 척의 평탄도에는 수렴함을 알 수가 있다.

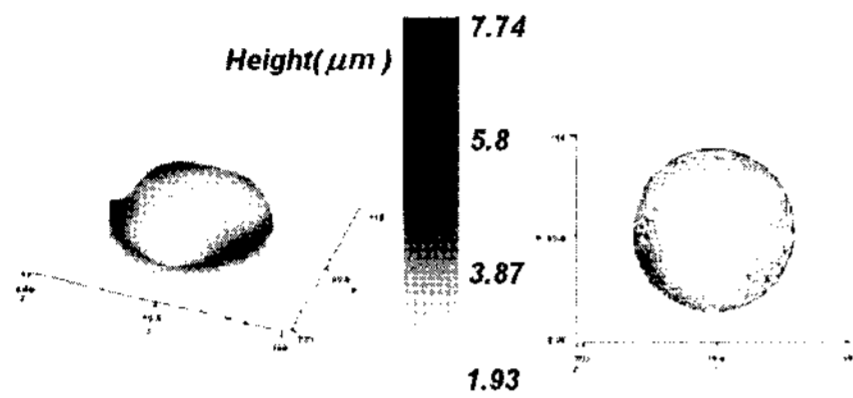
3.2 레이저간섭계 측정결과

레이저간섭계를 이용한 측정은 진공척에 웨이퍼를 올려놓고 진공이 없을 때부터 진공압을 100mmHg에서 700mmHg까지 압력 조건을 변경하면서 측정하였다. 척의 난반사로 척만의 평탄도는 구하기 어렵다. 수직형 간섭계에서 초기에 척 위에 놓여진 웨이퍼에 대하여 진공이 없을 때는 간섭무늬는 진동없이 안정적으로 보이면서 웨이퍼의 평탄도를 평가할 수 있었다. 웨이퍼 장착 후 100mmHg부터 300mmHg까지는 간섭무늬가 계속 변하는 현상이 발생하였고, 이는 진공압력의 불충분으로 웨이퍼가 척 위에서 진동하고 있다. 따라서 간섭무늬에 의한 형상 계산이 불가능하였다. 400mmHg부터 700mmHg까지는 간섭무늬의 진동 없이 안정적으로 보이고 평탄도 측정이 가능하였다. 먼저 실리콘웨이퍼에 대하여 Table 4와 같이 평탄도가 평가되어졌고 최대최소편차(PV)와 자승제곱근평균편차(RMS)로 나타내었다. Fig. 8은 레이저간섭계 방식으로 측정된 유리웨이퍼 장착 평탄도 결과의 한 예로 진공압력이 증가하면서 웨이퍼가 척에 밀착하면서 웨이퍼의 변형에 따라 간섭무늬가 복잡하게 나타난다.

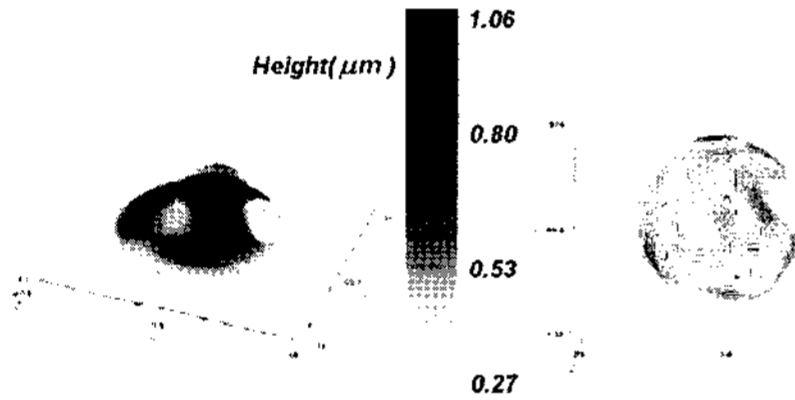
실리콘 웨이퍼 제품번호 2의 경우를 보면, 진공압력이 없는 상태에서 최대최소오차값이 $7.74\mu\text{m}$ 로 크게 나타나는데 이것은 일반적으로 슬라이싱된 웨이퍼가 휘어져 있는 것을 의미한다. 미세진동이 없이 장착된 상태인 400mmHg에서부터 평탄도는 $1.74\mu\text{m}$ 로 크게 좋아지고 700mmHg까지는 $1.06\mu\text{m}$ 으로 안정되고 있었다. 한편 레이저간섭계 방식의 평탄도 측정 재현성이 서브마이크로미터(sub micrometer) 이하라는 점에서, 접촉식 방법의 정확도를 비교 분석 가능하다. 접촉식 방법에서 제품번호 2의 척의 평탄도는 $2.1\mu\text{m}$ 였고, 진공압력이 가해지면 100mmHg에서 $2.6\mu\text{m}$ 으로 700mmHg의 $2.3\mu\text{m}$ 에 거의 수렴하고 있었다. 진공압력에 의해 미세 진동

Table 4 Chucked-wafer flatness of silicon wafer by laser interferometer method(Product No. 2)

Pressure (mmHg)	0	100	200	300	400	500	600	700
PV(μm)	7.74	NA	NA	NA	1.74	1.53	1.20	1.06
RMS(μm)	1.56	NA	NA	NA	0.25	0.23	0.21	0.21



(a) Pressure: 0mmHg



(b) Pressure: 700mmHg

Fig. 8 Chucked-wafer flatness example of silicon wafer by laser interferometer method

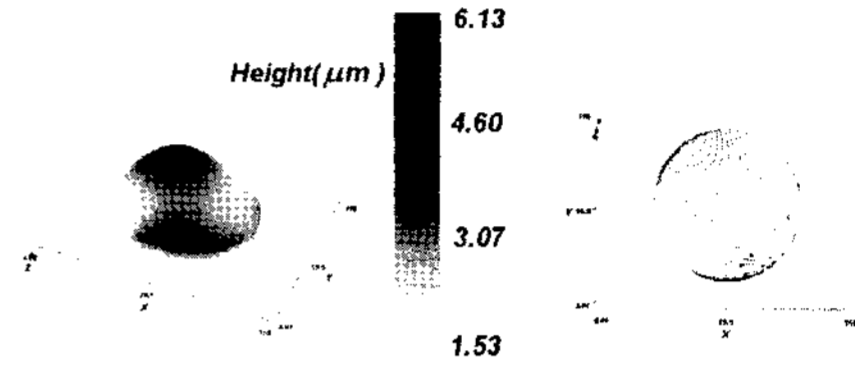
이 있더라도 장착 평탄도는 조기에 수렴하고 최종적으로는 척의 평탄도에 수렴함은 분명한 것으로 보인다. 따라서 척만의 평탄도는 레이저간섭계 방식에서 나타난 $1.06\mu\text{m}$ 의 수준을 갖고 있는 것으로 보인다.

한편 유리웨이퍼의 경우 제품번호 1번에 대해서 진공압력이 없는 상태에서 $6.33\mu\text{m}$ 의 평탄도를 갖고 있고, 진공압력에 따른 평탄도 변화도 실리콘웨이퍼와 유사하게 Table 5와 같이 수렴하고 있다. 결과적으로 진공압력 700mmHg에서는 $1.82\mu\text{m}$ 의 장착 평탄도를 보였다. Fig. 9는 유리웨이퍼 장착 평탄도 결과의 측정 예이다.

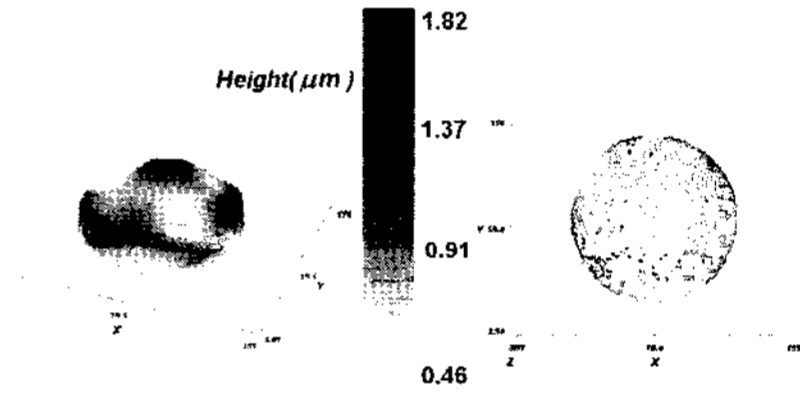
결과적으로 실리콘과 유리웨이퍼의 웨이퍼 장착 평탄도는 700mmHg에서 레이저 간섭계로 $1\sim 2\mu\text{m}$ 수준의 범위를 가지고 있다. 일반적으로 웨이퍼가 일정부분의 두께 오차 분포를 가지고 있다 하더라도 척의 평탄도도 웨이퍼 장착 평탄도와 유사한 범위 내에 있을 것으로 판단되고 척의 평탄도도 $2\mu\text{m}$ 이하인 것으로 기대된다.

Table 5 Chucked-wafer flatness of glass wafer by laser interferometer method(Product No. 1)

Pressure (mmHg)	0	100	200	300	400	500	600	700
PV(μm)	6.33	NA	NA	NA	2.68	2.27	1.60	1.82
RMS(μm)	1.45	NA	NA	NA	0.31	0.28	0.24	0.25



(a) Pressure: 0mmHg



(b) Pressure: 700mmHg

Fig. 9 Chucked-wafer flatness example of glass wafer by laser interferometer method

4. 결론

6인치용 다공질 진공 다이싱척의 평탄도 평가를 위해 진공이 없는 상태의 척의 형상과 진공압력을 작용한 상태에서의 실리콘웨이퍼와 유리웨이퍼의 형상을 측정하였다. 진공압력은 100mmHg부터 700mmHg까지 변화를 주면서 접촉 방식의 측정과 비 접촉방식인 레이저간섭계를 이용한 측정을 통해서 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 웨이퍼 없이 척만의 접촉식 평탄도 측정 결과는 재현성 측면에서 평탄도가 $1.1\mu\text{m}$ 에서 최대 $4.0\mu\text{m}$ 까지 변동하여 측정결과가 매우 불안정하였다. 그러나 실리콘웨이퍼와 유리웨이퍼 모두 진공압력이 높아지면 웨이퍼 장착 평탄도가 척만의 평탄도로 수렴하는 경향을 보였고, 미세하게 개선되기도 하여 $3\mu\text{m}$ 이하로 나타났다.
- (2) 측정재현성 및 정밀도가 우수한 비접촉식 측정방법인 레이저간섭계의 측정결과 실리콘웨이퍼와 유리웨이퍼

모두 진공압력이 없는 상태에서 $6\mu\text{m}$ 이상으로 휘어져 있었다. 진공압력 작용에 의해 미세한 진동이 300mmHg 까지 발생하여 장착상태가 불안정하였지만, 400mmHg 에서부터 $3\mu\text{m}$ 이하 평탄도로 되었다. 진공압력으로 더욱 척에 밀착되면서, 웨이퍼 장착 평탄도가 700mmHg 에서 $1\sim 2\mu\text{m}$ 수준으로 평탄도가 확보되었다. 따라서 다이싱 공정에서 사용되고 있는 500mmHg 의 진공압력 설정은 평탄도 및 장착 상태 평가 면에서 적정한 것으로 판단된다.

- (3) 접촉식과 비접촉식 측정 실험결과, 장착된 웨이퍼가 진공압력이 높아지면서 웨이퍼 없을 때의 척의 평면 상태로 그 형상이 수렴되는 것으로 보인다. 실험 분석 결과, 다이싱 척의 평탄도는 700mmHg 진공압력에서 비접촉식 레이저 간섭계로 측정한 웨이퍼 장착 평탄도 값인 $2\mu\text{m}$ 이하로 판단된다.

후 기

본 논문은 산업자원부 “중기거점기술개발사업”의 과제명 “대형광학계(반사경) 초정밀 연마 측정 장비 개발”의 지원에 의하여 수행되었습니다(과제번호 10028206-2007-22).

참 고 문 헌

- (1) Une, A., Kunyoo, P., Mochida, M., Yoshitomi, K., and Matsui, S., 2003, “Characteristics of a vacuum pin chuck for ArF laser lithography,” *Microelectronic Engineering*, Vol. 67/68, pp. 47~55.
- (2) Kalkowski, G., Risse, S., Harnisch, G., Peschel, T., and Guyenot, V., 2001, “Precision chucks for future lithography,” *Fraunhofer IOF Annual Report*, pp. 23~24.
- (3) Une, A., Yoshitomi, K., and Mochida, M., 2004, “Design of a new porous pin chuck with super high flatness,” *Microelectronic Engineering*, Vol. 73/74, pp. 933~940.
- (4) Matsui, S., Ohira, F., Ishikawa, Y., Une, A., and Shimizu, A., 1997, “Development of Pin-type Vacuum Chuck for High Precision Machining-Study on Precision Chucking with Pins,” *Journal of Japan Society for Precision Engineering*, Vol. 63, No. 12, pp. 1705~1709.
- (5) Yokoyama, K., and Yamada, K., 1998, “Flatness Change of Vacuum Chuck for Ultra-precision Machining Due to Thermal Deformation (1st Report) - Thermal Behavior of Vacuum Chuck,” *Journal of Japan Society for Precision Engineering*, Vol. 64, No. 8, pp. 1201~1205.
- (6) Gao, H. Y., Tian, B. Z., Jia, Y., and Kang, R. K., 2005, “Investigation on the Dressing Shape of Vacuum Chuck in Wafer Rotation Grinding,” *Key Engineering Materials Advances in Abrasive Technology VIII*, Vol. 291/292, pp. 171~176.
- (1) Une, A., Kunyoo, P., Mochida, M., Yoshitomi, K., and Matsui, S., 2003, “Characteristics of a vacuum pin chuck for ArF laser lithography,” *Microelectronic*