

실험계획법을 적용한 웨이퍼 폴리싱의 최적 조건 선정에 관한 연구

원종구*, 이정훈*, 이정택*, 이은상⁺

(논문접수일 2007. 4. 26, 심사완료일 2007. 11. 7)

The Selection on the Optimal Condition of Si-wafer final Polishing by Combined Taguchi Method and Respond Surface Method

Jong-Koo Won*, Jung-Hun, Lee*, Jung-Taik, Lee*, Eun-Sang Lee⁺

Abstract

The final polishing process is based on slurry, pad, conditioner, equipment. Therefore, the concept of wafer final polishing is also necessary for repeatability of results between polished wafers. In this study, the machining conditions have a pressure, table speed, machining time and slurry ratio. This research investigated the surface characteristics that apply variable machining conditions and response surface methodology was used to obtain more flexible and optimimal condition base on Taguchi method. On the base of estimated response surface curvature from the equation and results of Taguchi method, combined design of experiment was considered to lead to optimimal condition. Finally, polished wafer was obtained mirror like surface.

Key Words : Si-Wafer(실리콘 웨이퍼), Wafer Polishing(웨이퍼 폴리싱), Surface Roughness(표면거칠기), Machining Condition(가공조건), Taguchi Method(다구찌 계획법), Respond Surface Method(반응표면계획법)

1. 서론

요즘의 대부분의 IC 칩은 200mm(8") 웨이퍼(Wafer)나 150mm(6") 웨이퍼로 만들어 진다. 만약 200mm에서 300mm(12")로 완전히 전환될 경우 비용에 있어서 30%~40%

가량 줄일 수 있다. 고객의 요구를 만족시키기 위해서 300mm 웨이퍼는 매우 높은 수준의 품질이 요구된다.

웨이퍼 폴리싱(Wafer polishing)은 웨이퍼가 디바이스 과정에 들어가기에 앞서 최종적으로 평탄도와 표면 정도를 만드는 과정이기 때문에 매우 중요한 과정이다.

* 인하대학교 기계공학과 대학원
+ 교신저자, 인하대 기계공학과 (leees@inha.ac.kr)
주소 : 402-705 인천시 남구 용현동 253

이러한 중요성 때문에 많은 연구가 이루어 지고 있다. 그러나 이러한 연구는 300mm 이하의 웨이퍼에서 대부분이 이루어지고 있다. 300mm 웨이퍼의 특수성 때문에 대부분의 총체적인 연구가 행해지기 어렵기 때문에 300mm 웨이퍼에 대한 final polishing에 대하여 아직까지 완벽하게 연구되어 지지 않았다⁽¹⁾.

본 연구에서는 300mm 웨이퍼의 polishing에 대하여 실험계획법을 적용하여 실험하였다. 다구찌 계획법(Taguchi method)과 반응표면 계획법(Respond surface method)을 이용하였으며 인자와 인자수준은 3인자 3수준을 택하였다. 본 논문의 가장 중요한 목적중의 하나는 예비실험에 의하여 선정된 인자가 웨이퍼의 표면 거칠기에 미치는 영향을 통한 최적 조건의 선정에 있다.

그리고 최종적으로 최적의 가공조건을 찾아내는데 목적이 있다. 300mm 웨이퍼 폴리싱(Wafer polishing) 실험에 앞서 예비 실험을 통해 가공에 영향을 미치는 인자를 확인하였다. 300mm 웨이퍼 폴리싱 실험은 예비 실험을 통해 확인된 인자인 가공압력, 회전 속도 그리고 표면을 연화시키는 정도에 영향을 미치는 슬러리(Slurry)와 초순수(DI water)의 혼합비율을 인자로 선택하여 실험하였다. 다구찌 실험계획법을 이용하여 직교 배열표를 만들고 SN비를 계산하여 Ra값과 Rmax값에 영향을 미치는 인자의 기여도를 산출하였다. 또한 SN비를 이용하여 최적 조건을 도출하고 추정치를 계산하여 비교하였다. 반응표면 계획법을 이용하여 다구찌 실험계획법에서 도출한 최적 조건과 비교 분석하였다.

2. 300mm 웨이퍼 폴리싱

웨이퍼의 폴리싱은 화학적인 요소와 기계적인 요소가 복합된 공정으로써, 기계적인 요소는 슬러리에 포함된 연마입자에 의한 제거가공이며 화학적인 요소는 웨이퍼 표면에서의 화학적인 반응 현상이다. 기계적인 요소는 폴리싱 패드(Polishing pad), 연마입자, 웨이퍼 표면과의 상호 물리적인 작용과 관계가 있다. 화학적인 요소는 주로 슬러리의 점성과 pH값, 웨이퍼의 상대속도, 연마입자의 크기와 경도, 패드의 성질, 웨이퍼 곡률 등에 좌우되는 윤활 특성에 의해 결정된다. 연마 가공의 경우 화학적 작용과 기계적 작용은 잘 알려져 있지 않다.

래핑의 경우 재료의 제거는 주로 연마 입자에 의한 긁힘, 압입, 스크래치 등의 기계적인 현상에 좌우되고, 슬러리의 화학적 효과는 표면을 연화 시킨다거나 재료 제거율을 높여 준다는 것으로 알려져 있다⁽²⁾.

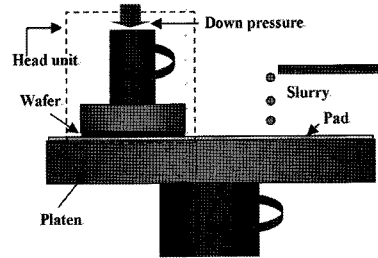


Fig. 1 Principle of wafer polishing

Fig. 1은 웨이퍼 폴리싱 가공의 기본적인 방법을 대략적으로 도시한 것이다. 웨이퍼를 헤드 유닛의 척 부분에 고정시킨 후 테이블과 헤드가 회전함에 따라 상대속도를 만들고 슬러리와 웨이퍼 표면이 패드위에서 상호 작용 함으로써 가공이 수행된다⁽³⁾.

3. 실험 장치 및 조건

3.1 실험 장치

웨이퍼 폴리싱의 가공 특성을 분석하기 위하여 사용한 실험 장치를 Fig. 2에 나타내었다.

웨이퍼 폴리싱 시스템은 공압 실린더로 헤드 유닛의 상하 이동을 하며, 로드셀이 실린더 아래에 위치해 있어 가공 시 신호를 측정한다. 헤드 척의 가압은 웨이퍼의 연마 시 직접적인 영향을 주는 부분이다. 가공 시 압력 구배가 일정하게 유지 되어야 하므로 히스테리시스(Hysteresis)를 최대한 보상하도록 설계되었다. 웨이퍼의 척킹(Chucking) 방식은 템

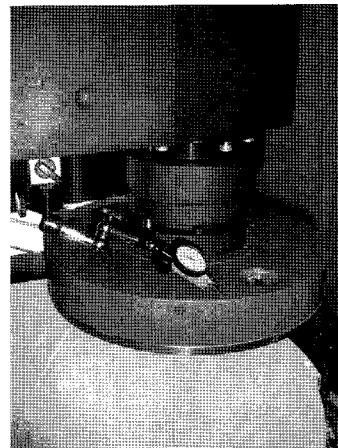


Fig. 2 Wafer final polishing system

플릿을 사용하였다. 템플릿 방식은 다공질 재질의 진공현상을 이용하여 만들어진 방식으로 표면이 정밀한 웨이퍼를 캐리어 하기에는 적당한 방식이다. 헤드축의 구동은 플레텐(Platen)부와 비슷한 벨트구동방식을 이용하여 제작 하였다. 헤드축의 구동 모터는 헤드축 뿐만 아니라 컨디셔너(Conditioner)가 장착되어있는 컨디션축과도 연결되어 있다. 앞부분에 위치한 콘트롤러를 이용하여 가압력(Pressure), 테이블 속도(table speed), 가공 시간(Machining time)을 정한다.

3.2 실험 조건

300mm 웨이퍼 폴리싱 가공에 따른 많은 가공 변수들은 표면 품위, 평탄도, 각종 결함 생성에 영향을 미친다^[6]. 실제로 이러한 가공변수들이 복합적인 작용에 의해서 최종 제품의 품질에 영향을 미치고 이러한 각 요소 인자에 대한 분석과 이를 통한 데이터(Data)에 의해서 최적의 가공 조건을 도출해야 한다. 하지만 웨이퍼가 한정되어 있기 때문에 모든 가공인자에 대하여 충분한 실험을 하기는 불가능하다. Table 1은 실험 조건을 나타내고 있다.

중요인자인 가압력, 헤드와 테이블의 동일한 회전속도로 실험을 한 가공속도, 가공시간을 실험 인자로 정하였다. 선정된 인자와 인자수준은 Table 2와 같다. 직교배열표는 Table 3과 같고 2회 반복 실험을 행하였다⁽⁴⁾.

웨이퍼의 표면 거칠기 측정을 위하여 Fig. 3은 폴리싱된 웨이퍼의 측정 장치를 보여준다. 대구경 웨이퍼에서 가장 중요한 균일 가압 측정을 위하여 아래와 같이 5지점의 표면

Table 1 The parameters of wafer final polishing system

Item	Contents
Size	1131(W) x 1522(D) x 2375(H)
Weight	2000kg
Diameter	760mm
Thickness	40mm
Wheel speed	0 - 70 rpm
Environmental temperature	21.5°C
Humidity	43%
Machining time	25min
Slurry	Nalco(RHEM)
Pad	Suba
Template assembly	ID=300mm, OD=380mm T=600 μ m

Table 2 Polishing parameters and their levels

Sign	Factor	Unit	Level		
			0	1	2
A	Applied pressure	Mpa	0.1	0.2	0.3
B	Polishing speed	rpm	20	25	30
C	Slurry-mixed ratio	slurry : water	1:15	1:10	1:5

Table 3 Orthogonal array table

No.	Factor		
	A	B	C
1	0	0	0
2	0	1	1
3	0	2	2
4	1	0	1
5	1	1	0
6	1	2	2
7	2	0	2
8	2	1	1
9	2	2	0

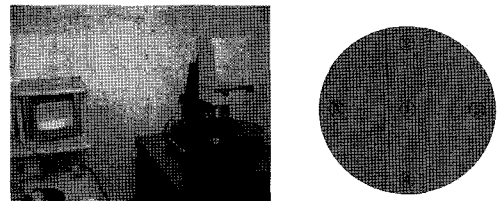


Fig. 3 Non-contact surface profiler measure point of polished wafer

거칠기를 각각 5회씩 측정하여 평균값을 표면 거칠기로 정하였다. 표면 거칠기는 Ra로 측정하였다⁽⁵⁾.

3.3 실험 결과

Table 4는 표면 거칠기에 따른 Ra값과 Rmax값의 표면 거칠기 값을 보여준다. 직교배열표에서 2번인 조건, 가압력(Applied pressure) 0.1Mpa, 가공속도(Polishing speed) 25rpm, 슬러리 혼합율(Slurry-mixed ratio) 1:10 일 때 표면 거칠기 값이 최저 1.56nm까지 측정 되었다. 즉 압력이 가장 적고, polishing speed가 가장 빠르지 않은 상태와 슬러리의 배합이 중간 단계일때 나 아니면 가장 적은 상태에서 좋은 품위의 표면 거칠기 값이 나타났다.

Table 4 Observation of surface roughness

Experimental No.		Ra average(nm)	Rmax average(nm)
1	1	1.97	32.42
	2	2.14	32.47
2	1	1.79	24.80
	2	1.56	19.75
3	1	1.87	19.87
	2	1.83	20.14
4	1	1.93	20.00
	2	2.09	22.16
5	1	2.43	30.43
	2	2.74	34.90
6	1	2.22	23.51
	2	2.69	24.91
7	1	2.89	28.73
	2	2.46	24.51
8	1	2.89	34.88
	2	2.54	28.86
9	1	3.20	29.35
	2	3.22	33.23
Average		2.36	26.94

Table 5 Results of S/N ratio

Factor	0		1		2	
	Ra	Rmax	Ra	Rmax	Ra	Rmax
A	-5.36	-27.752	-7.392	-28.158	-9.132	-29.520
B	-6.969	-28.414	-7.152	-29.14	-7.771	-27.877
C	-8.219	-30.149	-6.421	-27.868	-7.253	-27.412

Table 4의 data를 이용하여 Ra, Rmax에 대한 SN Ratio 값을 산출하였다. Table 5는 Ra와 Rmax값의 SN비 합과 평균을 보여준다. 아래의 Table은 특성치의 구분에 상관없이 SN비가 클수록 특성치의 성능이 우수하다.

Fig. 4는 Ra값에 대하여 각 인자에 대한 수준별 SN비를 나타낸다. 각각의 파라미터의 수준별 평균값 가운데서 가장 큰 수치를 가지는 값이 가장 좋은 성능치를 가진다. 따라서 가압력은 0.1MPa, 가공속도는 20rpm, 슬러리와 초순수의 비율은 1:10일 때 좋은경향이 나타나는 것을 알 수 있다.

Fig. 5는 Rmax값에 대하여 각 인자에 대한 수준별 SN비

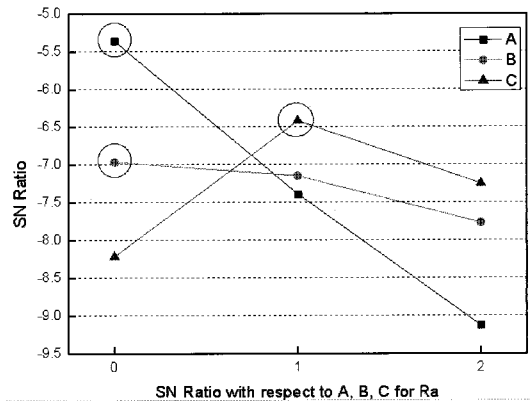


Fig. 4 SN ratio(Ra) variation with respect to each factor

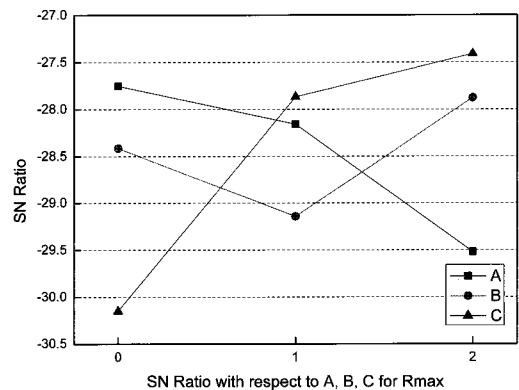


Fig. 5 SN ratio(Rmax) graph with respect to each factor

를 나타낸다. Rmax의 경우 가압력은 0.1MPa, polishing speed는 30rpm, 슬러리와 DI water의 비율은 1:5일 때 잡음에 강건한 것을 알 수 있다.

Table 6은 분산분석 한 결과이다. 분산분석 한 결과를 보면 인자 B(가공속도)가 매우 작은 S(자승합)을 가지므로 유의하지 않은 항목으로 간주하여 오차항으로 풀링(Pooling)하여 분산분석 하였다.

Table 7은 Ra값에 대하여 풀링한 결과이다. 풀링한 결과를 보면 Ra값의 경우 A인자(가압력)의 S(자승합)이 21.282로 가장 컸으며 기여도는 78%정도이다. B인자(가공속도)의 S는 1.059로써 3.894%이므로 영향이 극히 적었다. C인자(슬러리와 초순수의 혼합 비율)의 S는 4.857이며 영향은 17.58%로 나타났다.

Table 6 ANOVA of SN ratio for Ra

Factor	S	Φ	V
A	21.282	2	10.641
B	1.059	2	0.529
C	4.857	2	2.428
SUM	27.199	6	

S:계급합 Φ:자유도 V:평균제곱 $F_0 = V_A / V_E$ ρ:기여도

Table 7 ANOVA with pooling for Ra

Factor	S	Φ	V	F_0	ρ
A	21.282	2	10.641	20.089	78.245
B	1.059	2	0.529	1.0593	3.894
C	4.857	2	2.428	4.585	17.859
SUM	27.199	6	25.598		100

Table 8 ANOVA of SN ratio for Rmax

Factor	S	Φ	V
A	5.14	2	2.57
B	2.41	2	1.20
C	12.90	2	6.45
SUM	22.341	6	

즉 B인자(가공속도)가 이들 3개의 인자중 가장 영향을 적게 주는 것으로 나타났다.

실험에 사용된 웨이퍼가 양면 폴리싱(Double side polishing)을 마친 웨이퍼이므로 가공 조건에 따른 Rmax의 편차는 두드러지게 나타나지 않았다. Table 8에 나타난 S를 참조해보면 C인자가 A와 B인자 보다 큰 기여도를 가진다고 볼 수 있는데 이것은 폴리싱 가공 후의 세정의 차이라고 볼 수 있다. 즉 Rmax에 가장 큰 기여도를 가지는 것은 슬러리라고 할 수 있다.

세정이 완벽하게 이루어 지지 않을 경우 웨이퍼 상에 슬러리 입자가 남아서 Rmax값에 영향을 주기 때문이다. 따라서 Rmax값을 향상시키기 위해서는 가공 후에 웨이퍼 세정이 매우 중요한 것을 알 수 있다. Fig. 6은 웨이퍼 상에 남아 있는 슬러리 입자를 보여준다.

3.4 분산분석 후 추정 및 최적조건 추정

데이터 분석에 있어서 분산분석표를 작성하고 F-검정을

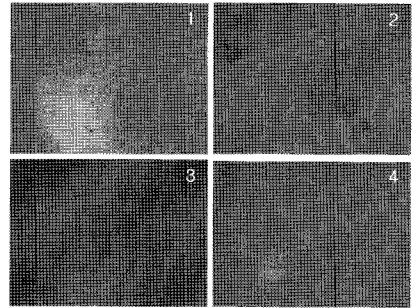


Fig. 6 Slurry particles on the wafer(1, 2, 3) and no particles on the wafer

실시하는 것으로 그치면 충분히 데이터를 활용하였다고 볼 수 없다. 인자의 수준간에 유의차가 있다고 인정되는 경우에는, 각 수준마다 모평균을 추정하거나, 2개의 수준의 모평균의 차를 추정하거나, 또는 특성치를 최적으로 하리라고 예상되는 인자의 수준을 선택하는 최적수준의 발견 등이 중요한 의미를 갖게 된다. 더 나아가 이렇게 하여 얻은 정보를 기술적·경제적으로 평가하여 행동과 결부시키는 일이 검증 및 추정의 최종적인 목적이라고 할 수 있다. 인자 A의 i수준에서의 모평균 μ_i 에 대하여 $100(1-\alpha)\%$ 신뢰구간은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\bar{x}_i \pm t(\Phi_E; \frac{\alpha}{2}) \sqrt{\frac{V_E}{m}} \quad (1)$$

식 (1)에서 \bar{x}_i 는 점 추정치, t는 t분포에 따른 누적확률, Φ 는 자유도, V_E 는 평균제곱, m은 반복 횟수를 각각 의미한다. Table 9는 유의한 인자의 각 수준에서 SN비 모평균의 95% 신뢰구간을 의미한다. 이를 그래프로 그려보면 Fig. 7와 같다.

Table 9 95% confidence interval of Popular mean

Factor	level	Point estimation of SN ratio	95% confidence interval
A	0	-5.369	(-7.177, -3.561)
	1	-7.392	(-9.200, -5.583)
	2	-9.132	(-10.941, -7.324)
C	0	-8.219	(-10.028, -6.411)
	1	-6.421	(-8.229, -4.613)
	2	-7.253	(-9.061, -5.444)

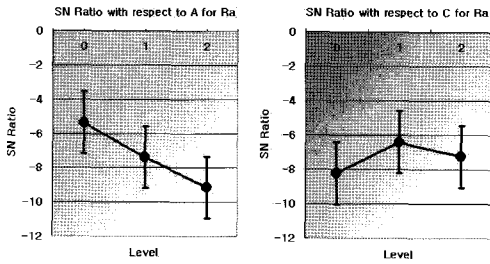


Fig. 7 95% confidence interval of SN ratio

다구찌 실험계획법에서는 SN비를 크게 하는 조건이 최적 조건이므로 Ra값의 경우 A인자는 0수준, B인자는 0수준, C인자는 1수준이 된다. 따라서 SN비 추정치는 다음과 같이 쓸 수 있다. Ra 값의 최적 조건 SN비 추정치는 다음과 같이 계산된다.

$$\mu(A_0B_0C_1)=\mu(A_0)+\mu(B_0)+\mu(C_1)-2\mu=-4.164(\text{dB}) \quad (2)$$

이미 계산된 SN비와 비교해 볼 때 최적 조건 SN비 추정치가 높은 것을 알 수 있다. 마찬가지로 Rmax에 대한 최적 조건 SN비 추정치를 얻을 수 있다. A인자는 0수준, B인자는 2수준, C인자는 2수준에서 가장 높은 SN비를 가지므로 Rmax에 대한 최적 조건 추정치는 다음과 같다.

$$\mu(A_0B_2C_2)=\mu(A_0)+\mu(B_2)+\mu(C_2)-2\mu=-27.256(\text{dB}) \quad (3)$$

Rmax의 경우도 이미 계산된 SN비와 비교해 볼 때 최적 조건 SN비 추정치가 더 높은 것을 알 수 있다. Fig. 8은 다구찌 방법으로 도출한 최적 조건에서 실험한 표면 거칠기 프로파일이다. Ra값이 1.93nm로 평균값(2.36nm)보다 18.2% 향상된 것을 알 수 있다.

3.5 반응표면 계획법을 이용한 최적 조건 도출

본 실험에서는 다구찌 실험계획법을 적용한 실험 데이터에 추가 실험을 더하여 데이터를 분석하였다. 기존 데이터를 그대로 적용하여 실험 횟수를 줄이고 데이터 분석을 용이하게 하기 위하여 반응표면 실험 계획법 중에 하나인 회전중심 합성계획(central composite design)을 적용하였다. 본 논문에서는 회귀분석방법에 의하여 추정되었을 때 이 추정된 반응표면으로부터 독립변수들의 최적반응조건을 결정하는 방법을 통하여 최적 조건을 도출하였다. 독립변수 x_i 들 간의 흥미영역에서 2차 회귀모형(second order regression model)을 사용하였다. 반응표면 계획법 실험에서 사용한 3인자, 3

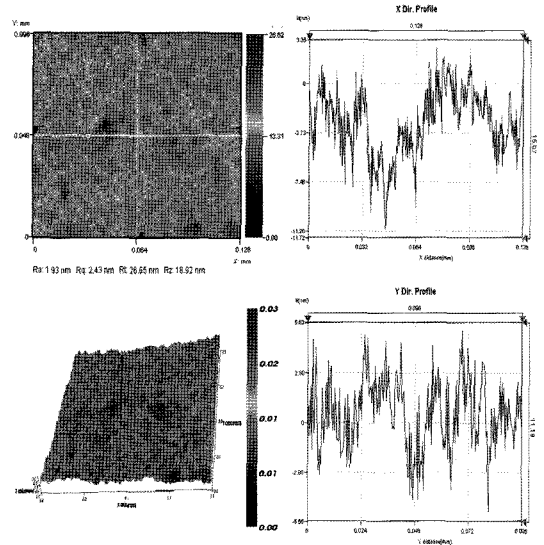


Fig. 8 Surface roughness profiles on the optimal condition of Taguchi method

Table 10 Central composite design matrix for surface roughness(Ra) and their response quantities

	D matrix			Surface roughness(nm)
	x_1	x_2	x_3	y
1	-1	-1	-1	2.055
2	-1	-1	1	2.11
3	-1	1	-1	1.85
4	-1	1	1	1.85
5	1	-1	-1	3.19
6	1	-1	1	2.675
7	1	1	-1	3.21
8	1	1	1	2.76
9	0	0	0	2.10
10	-1	0	0	1.675
11	1	0	0	2.715
12	0	-1	0	2.01
13	0	1	0	1.93
14	0	0	-1	2.585
15	0	0	1	1.78

수준은 다구찌 방법에서 사용한 인자와 수준은 동일하며 직교배열표의 실험내용에 부족한 실험을 추가하였다.

보통 반응 표면의 성질을 분석하기 위해서는 정준 분석(canonical analysis)을 행한다. 식 (4)는 다음과 같이 간단히 쓸 수 있다.

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 + x' b + x' B x \quad (4)$$

$x_0 = -B^{-1}b/2$ 식을 이용하여 정상점은 $x_1 = -1.2204$, $x_2 = 2.8319$, $x_3 = -0.34711$ 로 각각 계산되었다. 각각의 값을 식 (2)에 대입하여 \hat{y} 값을 계산한 결과 $\hat{y} = 1.4718$ 로 실험에서 측정된 값 중에 가장 좋은 표면 거칠기 값(Ra=1.675nm)보다 12.1% 향상된 값을 보였다. Table 11은 각각의 데이터 분석 결과를 나타낸다.

정상점의 위치가 실험계획에서 정한 흥미영역 밖에 위치하므로 정상점의 실제 값을 적용하여 실험할 필요가 있다. 선형 변환된 정상점에서의 값을 실제 값으로 변환하여 가압력은 0.078Mpa, platen speed는 39.15, DI water : slurry 비율은 11.73:1로 하고 실험을 하였다. Fig.9은 정상점에서

Table 11 Data analysis for response surface by using central composite design

Eigenvalues			Stationary point		
λ_1	λ_2	λ_3	x_1	x_2	x_3
0.0099	0.149	0.282	-1.2204	2.8319	-0.3471

Actual values			Predicted values (surface roughness, nm)
x_1 (Mpa)	x_2 (rpm)	x_3 (Mixed slurry ratio)	
0.078	39.15	11.73	1.4718

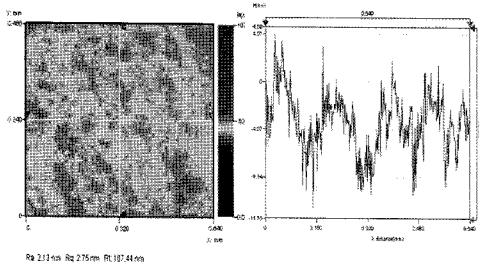


Fig. 9 Surface roughness profiles on the condition of stationary point

의 실험 조건으로 실험을 행했을 때 표면 거칠기 프로파일이 다. Ra 값이 2.13nm로 측정 되었다.

3.6 최적 조건 선정을 위한 다구찌 방법과 반응표면 계획법의 결합

식 (4)로 유도된 반응 표면 추정식과 다구찌 실험계획법에서 얻은 결과를 바탕으로 최적 조건을 추정하였다. Table 7에서 가압력(A factor)의 기여율이 78.24%로 웨이퍼의 표면 거칠기에 가장 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 즉 잡음에 가장 둔감하면서 가장 신뢰성 있는 데이터라고 할 수 있다. 따라서 가압력을 다구찌 방법을 통하여 얻은 최적 조건으로 고정시키고 추정된 반응 표면에 대입하여 최적 조건을 도출하였다. 다구찌 방법의 직교배열표에서 사용한 0수준은 반응표면 계획법의 -1수준을 의미하고 독립변수는 x_1 을 의미한다.

Fig. 10은 $x_1(-1)$ 을 반응 표면 추정식에 대입하고 흥미영역에서 반응 표면을 도식화한 것이다. Fig.12에서 알 수 있듯이 흥미영역 안에서 표면 거칠기 값을 최소로 하는 점은 $X = 0.98$ (독립변수 x_2), $Y = 0.07$ (독립변수 x_3)일 때 $Z = 1.617$ nm(독립변수 \hat{y} , 표면 거칠기, Ra) 값을 가진다. 이 값은 실험에서 얻은 가장 좋은 표면 거칠기 값(1.675nm)보다 3.4% 향상된 값이다. 다구찌 방법과 반응표면 실험계획(중심합성계획)을 결합하여 얻은 추정치가 실제 값에 어느 정도 근접한지를 확인하기 위해 선형 변환된 X, Y값을 실제 값으로 대입하여 실험하였다. 각 인자의 실제 값은 다음과 같다. Applied pressure = 0.1Mpa($x_1 = -1$), Platen speed = 29.99rpm, Mixed slurry ratio = 1:9.65(slurry : water). Fig.11는 추정된 최적 조건에서 실험한 결과이다. 표면 거칠기 값이 1.54nm로 최적 조건에서 추정된 값보다 향상된 값

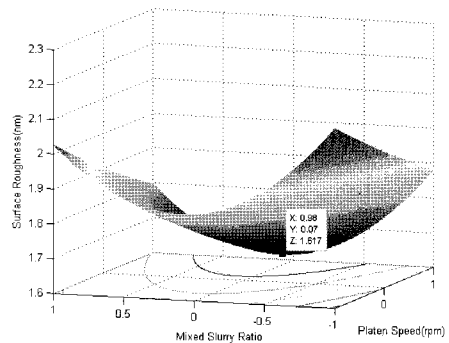


Fig. 10 Second order response surface and contour plot

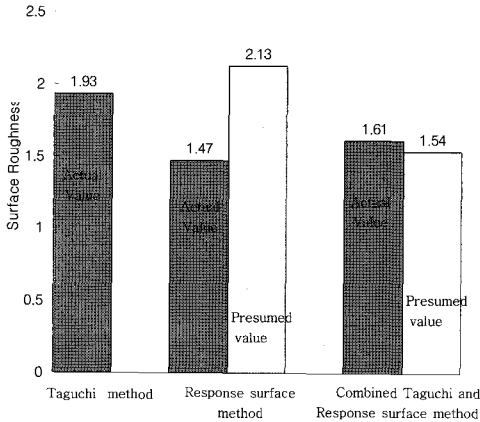


Fig. 11 Comparison with surface roughness according to design of experiments

을 가졌다. Fig.11는 다구찌 방법에 의한 최적조건, 반응 표면 계획법을 이용한 최적 조건, Combined Taguchi and response surface method를 이용하여 얻은 최적 조건에서의 표면 거칠기 값을 비교한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 다구찌 방법과 반응표면 계획법을 결합한 실험 계획에서 추정치와 결과치가 매우 유사한 것을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 다구찌 실험계획법과 반응표면 계획법을 이용하여 최적 가공에 관한 연구를 수행하였다. 본 실험에 앞서 예비 실험을 통하여 표면 거칠기에 주요한 영향을 미치는 인자를 선정하였다. 가공 변수로 패드 테이블의 속도, 가공 시간, 가공 압력을 변수로 하고 이에 따른 표면 거칠기 값의 변화를 관찰 하였다.

다구찌 실험계획법에 의하여 얻어진 SN비를 이용하여 최적 조건을 도출하였다. 도출된 최적 조건에서 실험한 결과 Ra값이 1.93nm로 평균 Ra값보다 18.2% 향상된 값을 가졌다. 본 논문에서는 좀 더 유연성 있는 최적 조건을 도출하기 위해서 다구찌 실험계획법을 통해서 얻은 결과에 반응 표면 계획법의 이론을 적용하였다.

흥미 영역 안에서 최적 조건을 도출하기 위해 다구찌 방법과 반응표면 계획법을 동시에 적용하였다. 이 방법을 통하여 얻은 최적 조건 추정치의 실제 값은 기압력(Applied pressure) = 0.1Mpa($x_1 = -1$), 가공속도(Table speed) = 29.99rpm, 슬

러리 혼합비율(Mixed slurry ratio) = 1:9.65 (slurry : DI water)이고 이 때 표면 거칠기 값은 1.54nm로 측정치 중 가장 좋은 품위의 표면 거칠기 값을 가졌다. 본 연구를 통해서 300mm 웨이퍼 폴리싱에 영향을 미치는 인자를 선정 하여 다구찌 실험 계획법, 반응 표면 계획법, 다구찌 법과 반응 표면 계획법을 결합한 방법을 비교 분석 함으로써 최적 가공 조건을 도출 할 수 있었다.

후기

본 연구는 인하대학교의 지원에 의해 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고 문헌

- (1) Pei, Z. J., 2002, "A study on surface grinding of 300 mm silicon wafers," *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Vol. 42, pp. 385-393.
- (2) Lee, J. T., Won, J. K., and Lee, E.S., 2006, "The study on the performance evaluation of 12 inch wafer polishing system," *Proceedings of the KSME 2006 Spring Annual Meeting*, pp. 281.
- (3) Kwon, D. H., Kim, H. J., and Jeong, H. D., 2002, "A study on the decay of friction force during CMP," *Spring Conference of the Korean Society of Precision Engineering*, pp. 972-975.
- (4) Lim, H. S., Ryu, B. H., So, E. Y., Lee, K. S., and Sa, S. Y., 2002, "Optimization of ceramic grinding by Applying Taguchi Method," *Autumn Conference of the Korean Society of Precision Engineering*, pp. 155-159.
- (5) Won, J. K., Lee, J. T., and Lee, E. S., 2006 "The study on the optimum Machining characteristic of 12 inch wafer polishing," *Proceedings of the KSME 2006 Spring Annual Meeting*, pp. 282.
- (6) Lee, J. H., Baek, S. Y., and Lee, E. S., 2007, "Selection of Optimum Conditions for Improving Surface Roughness of Ferrule in Centerless Grinding," *Autumn conference of KSMTE*, pp. 63-69.