

## 폴리싱 공정의 자동화를 위한 실리콘웨이퍼의 형상 추정 및 분류에 관한 연구

송 은 지

남서울대학교 컴퓨터학과

### 요 약

반도체와 관련한 실리콘웨이퍼의 평탄도는 양질의 웨이퍼를 보증하는 가장 중요한 요소이다.

따라서 평탄도(flatness)를 측정하고 제어하는 Polishing이라는 공정은 웨이퍼 생산의 여러 라인중 특별히 중요시 되는 과정이며 현재 이 공정에서는 담당 엔지니어가 웨이퍼의 모형을 모니터에서 육안으로 관찰하여 판단하고 평탄도를 높이기 위한 제어를 하고 있다. 그러나 사람에 의한 것이므로 많은 경험이 필요하고 일일이 체크해야하는 번거로움이 있다. 본 연구는 이러한 비효율적인 작업의 효율화를 위해 이루어 졌으며 Polishing 공정에 있어 평탄도를 사람이 아닌 시스템에 의해 자동으로 측정하여 제어하는 알고리즘을 제안한다. 여기서 제안한 시스템은 보간 다항식을 이용하여 웨이퍼 전역의 두께를 추정하고 Polishing공정에서 평탄도를 높이기 위해 제어 가능한 모형별로 분류할 수 있도록 하였다.

## A Study on Estimating Shape and Sorting of Silicon Wafers for Auto System of Polishing Process

Eun Jee Song

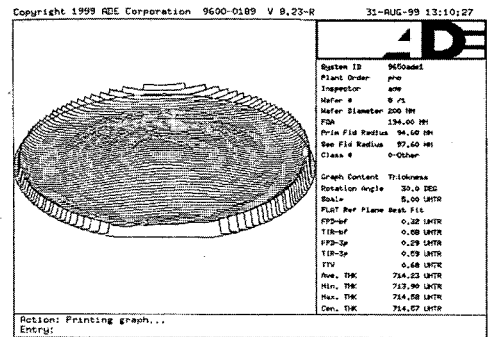
### ABSTRACT

The flatness of a silicon wafer concerned with ULSI chip is one of the most critical parameters ensuring high yield of wafers. The polishing process that measures and controls the flatness of a silicon wafer is one of the important process in various processes for production silicon wafer, which are still being done today by manual. But engineers in polishing process are requested to have many experiences and to check silicon wafers one by one. In this paper, we propose an algorithm used interpolation that estimates wafer's shape and sorts wafers automatically, then we can control the flatness of wafers in polishing process by automatic system.

## 1. 서론

21세기에 대표적인 산업인 반도체 제조공정을 살펴보면 웨이퍼 위에 화학적인 방법에 의해 여러 개의 층을 만들어 집적회로를 만든다[1]. 따라서 우수한 반도체 생산을 위해서는 양질의 웨이퍼 생산이 중요하다. 대부분의 웨이퍼는 실리콘으로 만드는데 양질의 실리콘웨이퍼 생산을 위한 연구가 다방면으로 이루어지고 있다[2,3,4]. 실리콘웨이퍼 공정 과정에는 실리콘을 성장시키는 Crystal Growing 과정에서부터 웨이퍼표면의 결함 및 먼지를 검사하는 Inspection 과정까지 10여 단계의 공정과정이 있다. 이 과정들 중 웨이퍼의 평탄도(flatness)를 측정하고 제어하는 Polishing 공정은 평탄한 정도에 의하여 제품의 합격 여부가 결정되는 측면에서 매우 중요한 과정이다. 현재 이 Polishing 공정에서는 담당 기술자가 웨이퍼 측정장비를 이용하여 방금 처리한 웨이퍼의 평탄도와 관련이 있는 데이터와 웨이퍼의 이미지를 그림1에서와 같이 컴퓨터 모니터에서 관찰하여, 그 형상을 판단하고 다음에 들어오는 웨이퍼의 평탄도를 높이기 위한 제어를 하고 있다. 따라서 이 공정의 엔지니어는 많은 경험이 필요하며 웨이퍼를 일일이 체크해야하는 번거로움이 있다는 문제점이 있다. 본 연구의 목적은 Polishing 공정에 있어 평탄도를 사람이 아닌 시스템에 의해 자동으로 측정하여 제어하고자 하는데 있다. 본 연구에서는 ADE9500 장비를 사요하고 있는데 이장비는 웨이퍼 형상 측정 장비를 생산하는 회사로 세계적으로 유명한 미국 ADE(www.ade.com)회사의 제품인으로 우리 나라에 약200여대가 들어와 있다. 이것은 전류의 양으로 웨이퍼의 두께를 측정하며 측정 데이터는 양이 많으므로 일단 형상을 그려주

고 몇 개의 중요한 데이터를 제외하고 모두 버려지고 있다. 본 논문에서는 이 측정장비에서 제공하는 정량화된 데이터들의 관계를 분석하여 역으로 이미지를 추정하는 알고리즘을 제안하였다. 또한 추정 알고리즘에 의해 추정된 웨이퍼의 모형을 Polishing 공정과정에서 제어 가능한 모형별로 분류하는 시스템을 개발하여 Polishing공정 자동화의 가능성을 보였다.



(그림1) 모니터에 비춰진 웨이퍼 모형

## II. 웨이퍼 형상 추정

먼저 측정장비(ADE9500)에서 제공하는 항목 중에서 위치와 두께를 알 수 있는 항목을 살펴보고 그 데이터를 이용하여 웨이퍼의 단면도의 형상을 추정하도록 한다.

### 2.1 측정장비에서 측정 가능한 항목

실리콘웨이퍼는 거울처럼 투명한 원형판으로 크기는 지름이 20cm이고 두께는 대부분 1mm이하이다. 본 연구에서 사용한 측정장비인 ADE9500에서 제공하는 항목들을 다음과 같은 변수로 나타내도록 한다. 이외의 항목들도 있으나 본 연구에

직접 이용한 항목만 설명하기로 한다. 다음의 9개 항목은 위치와 두께를 알 수 있는 항목이다. 먼저 위치는 다음과 같다.

T1 : 기준면 중앙에서 중심 쪽으로 6.35mm 들어간 위치

T2 : 기준면에서 180도 방향에 있는, 웨이퍼 끝에서 중심쪽으로 6.35mm 들어간 위치

T3 : T2에서 시계 방향으로 90도 방향에 있는 위치

T4 : T2에서 시계 반대방향으로 90도 방향에 있는 위치

Cen : 웨이퍼의 중심

Pt#2 : 웨이퍼의 중심에서 기준면 쪽으로 반경이 50mm인 위치

Pt#3 : Pt#2에서 시계 반대방향으로 90도 회전한 위치

Pt#4 : Pt#3에서 시계 반대방향으로 90도 회전한 위치

Pt#5 : Pt#4에서 시계 반대방향으로 90도 회전한 위치

다음은 위의 9개의 점에 대한 두께에 대한 정보를 알아보기로 한다. 측정장비에서 두께의 정보를 알 수 있는 데이터로서 다음에 설명하는 Taper와 Rolloff 가 있다. Taper는 그림2의 기준면을 양분하는 웨이퍼 직경 위에 있는 두 점 T1과 T2의 두께의 차이이며 '+'값은 기준면 쪽의 두께가 더 크며, '-'값은 반대 방향의 두께가 더 크다는 것을 나타낸다. Rolloff는 실제 웨이퍼의 중앙점의 두께와 Taper에서의 두 점을 직선으로 연결하였을 때, 웨이퍼의 중앙점에서 이 직선 상의 값의 차이를 나타낸다. Rolloff가 양수인 경우는 웨이퍼의 중앙점의 두께가 더 크며, Rolloff가 음수인 경우는 웨이퍼의 중앙점의 두께가 더 작다는 의미이다. 이하, 변수 A.thk 는 A점에서의 두께를 나타내기로 하자.

측정장비에서 제공하는 항목 중 Taper와 Rolloff를 이용하여 다음과 같이 두 점의 위치와 두께의 추정이 가능하다.

$$T2.thk = Cen.thk - Taper/2 - Rolloff$$

$$T1.thk = T2.thk + Taper$$

다음으로 Taper 방향에서 90도 되는 방향으로 제2의 Taper를 생각해 볼 수 있다. ADE9500 장비에서는 이 값을 측정하지 않으므로 Taper 방향으로 두 점 Pt#2의 두께와 Pt#4의 두께의 차이와 그의 90도 되는 방향으로 Pt#3의 두께와 Pt#5의 두께의 차이를 계산한다. 그리고 Taper 값과 Rolloff 값을 이용하여 제 2의 Taper와 이에 대응하는 제 2의 Rolloff를 다음과 같이 계산한다.

$$Ratio = (Pt\#3.thk - Pt\#5.thk) / (Pt\#2.thk - Pt\#4.thk)$$

$$\text{제 2의 Taper } Taper2 = Ratio * Taper$$

$$\text{제 2의 Rolloff } Rolloff2 = Ratio * Rolloff$$

만약  $Rolloff * Rolloff2 < 0$  일 경우는 -Rolloff2 를 Rolloff2 로 대입하여 계산한다.

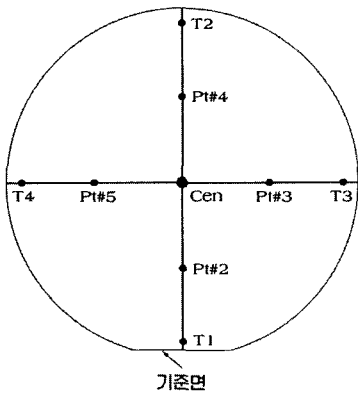
이 계산은 Ratio의 값에 비례하여 Taper2와 Rolloff2 가 결정되며, Rolloff와 Rolloff2는 항상 그 부호가 같을 것이라는 착상에서 계산하였다. 웨이퍼가 중앙점을 중심으로 웨이퍼의 모양이 비교적 대칭이라고 볼 때 Rolloff2의 부호는 Rolloff의 부호와 같다고 할 수 있다. Taper2와 Rolloff2를 계산한 후, T3와 T4는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$T4.thk = Cen.thk - Taper2/2 - Rolloff2$$

$$T3.thk = T4.thk + Taper2$$

따라서 웨이퍼 측정장비 ADE 9500에서 측정할 수 있는 항목들 중 위치와 두께를 알 수 있는

항목은 (위치, 두께)라고 하면 그림2와 같이 (Cen, Cen.thk), (Pt#2, Pt#2.thk), (Pt#3, Pt#3.thk), (Pt#4, Pt#4.thk), (Pt#5, Pt#5.thk), (T1, T1.thk), (T2, T2.thk), (T3, T3.thk), (T4, T4.thk) 등 9개이다 (그림2 참조).



(그림2) 웨이퍼 위에 위치와 두께를 알 수 있는 점

### 2.2 웨이퍼 단면도 추정 알고리즘

위에서 살펴본 위치와 두께를 알 수 있는 9개의 점을 이용하여 보간 다항식을 사용한다. 여기서는 Lagrange 보간 다항식을 사용하였다 [5].

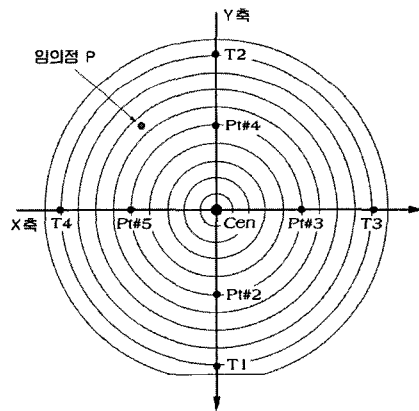
9개의 점을 보간에 이용하는데 그림3에서와 같이 XY직교 좌표 상에 나타내어 다음과 같은 알고리즘순서대로 임의의 점에 대한 두께를 계산한다.

#### <알고리즘 순서>

1. X축의 5개점 (Cen, Cen.thk), (Pt#3, Pt#3.thk), (Pt#5, Pt#5.thk), (T3, T3.thk), (T4, T4.thk)을 사용하여 보간 다항식을 이용하여 X축의 임의의 점에 대한 두께를 계산한다.

2. Y축의 5개점 (Cen, Cen.thk), (Pt#2, Pt#2.thk), (Pt#4, Pt#4.thk), (T1, T1.thk), (T2, T2.thk) 을 사용하여 보간 다항식을 이용하여 Y축의 임의의 점에 대한 두께를 계산한다.
3. 중심에서 같은 반경에 있는 점들의 두께는 1, 2에서 구한 X축과 Y축 상의 4개점을 사용하여 보간 다항식을 이용하여 계산한다.

즉, 임의의 점 p의 두께는 1,2번을 이용하여 X, Y축 상의 점들의 두께를 계산 후 3번을 이용하여 p와 같은 반경에 있는 X, Y축 상의 4점을 사용하여 보간하여 구한다(그림3참조).



(그림3) 웨이퍼 XY축상의 위치

### III. 웨이퍼 형상분류 시스템

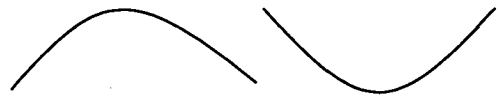
위에서 제안한 웨이퍼의 형상 추정 알고리즘을 이용하여 추정된 웨이퍼의 형상을 Polishing공정에서 평탄도를 높이기 위해 제어 가능한 형상별로 분류하는 시스템을 구현하는 방법에 대하여 살펴

보기로 한다. 시스템의 대략적인 순서는 다음과 같다.

- (1) 웨이퍼의 기울기를 나타내는 Taper를 무시하는 계산 : 본 시스템에서 모형을 분류하는 방법은 위에서 제안한 추정 알고리즘에 의한 두께 증감의 변화의 정보를 이용한 것인데 Taper에 대한 정보가 처음부터 들어가면 증감의 정보로 웨이퍼의 표면의 모형을 구분할 수 없으므로 Taper의 값으로 두께를 조정한다.
- (2) 웨이퍼의 두께의 증감에 대한 정보를 추정 : 처음 웨이퍼의 두께에 대한 정보에서 시작하여 그 다음 두께의 변화가 +, 혹은 - 인가를 체크하여 부호가 바뀐 부분을 체크한다.
- (3) 미세한 증감에 대한 정보를 무시하는 계산: (2)과정에서 체크가 된 부분중에 웨이퍼 평탄도의 품질보증의 허용치에 대한 증감에 대해서는 증감으로 체크되지 않도록 하는 부분이다.
- (4) 증감의 개수를 이용하여 모형 분류 : (2)과 (3)의 과정을 거쳐 다듬어진 증감의 개수를 파악하는 작업이 이루어진다. 증감의 개수란 첫 번 두께에 대한 정보서부터 그 다음 두께의 값을 비교하여 '+'에서 '-'로 변화된 수를 말한다. 대부분 다음의 3가지 타입으로 나타난다.

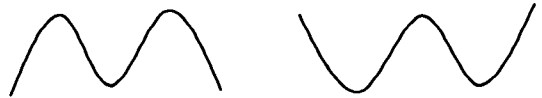
1번 타입 : 부호가 변하지 않던가 계속 같은 부호가 나타나는 경우이다. 즉, 계속 증가하던가 계속 감소하는 경우이다. 웨이퍼의 단면도는 다음과 같은 타입이다.

2번 타입 : 한번의 부호 변경이 나타난 경우이다. 즉, 계속 증가하다가 계속 감소하는 하던가 계속 감소하다가 계속 증가하는 경우이다. 웨이퍼의 단면도는 다음과 같은 타입이다.



(그림 4(b)) 2번 타입의 웨이퍼 단면도

4번 타입 : 세 번의 부호 변경이 나타나는 경우이다. 즉, 증가, 감소, 증가, 감소하거나 감소, 증가, 감소, 증가하는 경우이다.

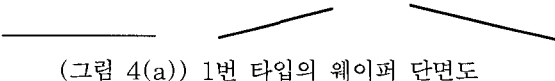


(그림 4(c)) 4번 타입의 웨이퍼 단면도

대부분의 실리콘웨이퍼는 공정의 특징상 단면도의 모형이 대칭으로 나타나므로 위의 그림 4(a)(b)(c) 타입 외의 데이터가 나올 경우는 예외로 처리한다.

- (5) 제어 가능한 웨이퍼의 모형별로 분류: 이 작업에서는 평탄도를 높이기 위한 제어를 하는 Polishing이라는 공정과정에서 주로 제어 가능한 모형별로 분류하는데 그 모형은 다음 표1의 9가지이며 이모형은 (4)과정에서 분류된 타입에서 다시 분류할 수 있다.

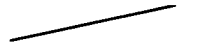


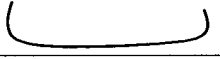



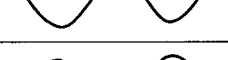

위의(1)-(5)의 과정을 통하여 웨이퍼의 단면도의 모형을 9가지로 분류함과 동시에 시스템에서는 결과에 평탄도를 높이는 작업에서 표2와 같은



(그림 4(a)) 1번 타입의 웨이퍼 단면도

몇 가지 정보를 함께 보여주도록 되어있다. 표2의 구체적인 표시설명에 대해서는 Taper의 정도와 최대, 최소두께 차이의 정도에 따라 표3와 같이 분류하여 표시하였고 2번 타입에서의 최소두께 또는 최대두께의 위치에 대한 정보는 표4와 같이 분류하였다.

〈표 1〉 제어 가능한 모형별로 분류

증감에 의한 타입	모형분류번호	제어 가능한 모형
1번타입	#1	
2번 타입	#2	
	#3	
	#4	
	#5	
	#8	
4번 타입	#9	
	#6	
	#7	

〈표 2〉 모형분류 결과 항목

웨이퍼의 모형분류 번호	Taper의 정도	최대두께와 최소두께 차이의 정도	2번 타입에서의 최소두께 또는 최대두께의 위치에 대한 정보

〈표 3〉 Taper의 정도와 최대두께와 최소두께의 차이

분류	#1	#-1	#2	#-2	#3	#-3	#4	#-4
Taper의 정도 ( $\mu\text{m}$ )	[0,0.28]	[-0.28,0]	[0.28,1.0]	[-1.0,-0.28]	[1.0,2.0]	[-2.0,-1.0]	2.0 이상	-2.0 미만
분류	#1		#2		#3		#4	
최대두께와 최소두께 차이값 ( $\mu\text{m}$ )	0.28미만		0.28이상-1.0미만		1.0이상-2.0미만		2.0 이상	

〈표 4〉 2번 타입에서의 최소두께 또는 최대두께의 위치에 대한 정보

분류	# R	# L
2번 타입에서 최소, 최대 두께 위치에 대한 정보	최소또는 최대 두께의 위치가 중간에서 오른쪽에 위치	최소또는 최대 두께의 위치가 중간에서 왼쪽에 위치

〈표 5〉 모형분류 시스템의 결과의 예

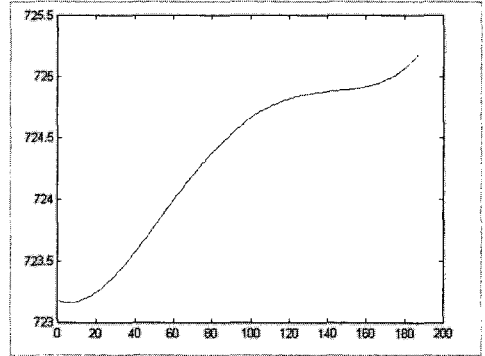
웨이퍼의 모형분류 번호	Taper의 정도	최대 두께와 최소두께 차이의 정도	2번 타입에서의 최소 두께 또는 최대두께의 위치에 대한 정보
#2	#-3	#2	#L

위의 표5로 결과가 나타난 경우는 9개의 모형 중에서 2번째 모형이며 Taper의 정도가 #-3이므로 값이 -2.0이상에서 -1.0미만이며 최대두께와 최소두께 차이의 정도가 #2이므로 0.28이상-1.0미만이고 최소두께의 위치가 중간에서 왼쪽에 위치한다는 것을 말해준다.

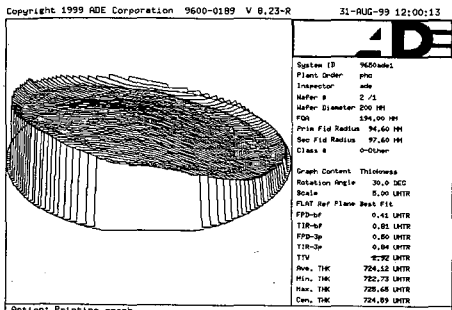
## M. 연구고찰 및 결과

지금까지 개발한 시스템의 정확도를 검증하기

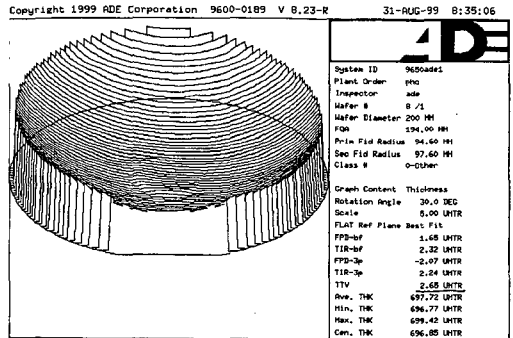
위해 먼저 약 20여 개의 웨이퍼를 대상으로 ADE 9500 측정 장비가 실제 웨이퍼의 두께를 측정하여 그린 단면도와 본 연구에서 개발한 시스템에 의해 추정한 단면도를 비교하여 보았다. 그림 5(a)는 웨이퍼 측정장비가 그린 웨이퍼의 3차원 이미지이며 그림 5(b)는 기준면을 중심으로 그 웨이퍼의 90도 방향으로 자른 단면도의 실제 모양이다. 그림 5(c)는 본 연구에서 개발한 추정 알고리즘에 의해 측정된 단면도 모양이다. 그림에서와 같이 측정장비가 직접 그린 단면도와 추정 알고리즘에 의해 그린 단면도 모양이 매우 흡사함을 알 수 있다. 마찬가지로 측정장비가 직접 측정된 웨이퍼 그림 6(a)에 대해 실제의 단면도 그림 6(b)와 추정 알고리즘에 의해 그린 단면도 그림 6(c)의 모양이 매우 흡사함을 알 수 있어 본 연구에서 개발한 추정 알고리즘의 유효성을 보였다.



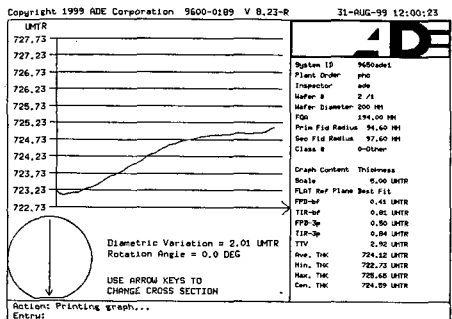
(그림 5(c)) 그림 5(a) 웨이퍼에 대한 추정 알고리즘에 의해 그린 단면도



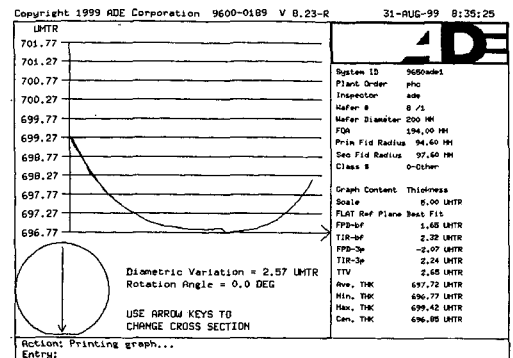
(그림 5(a)) 측정장비에 의한 웨이퍼 모형



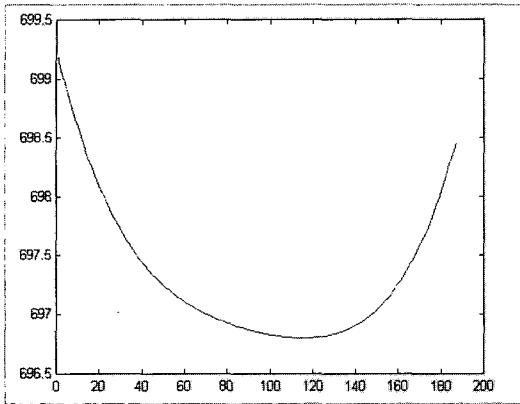
(그림 6(a)) 측정장비에 의한 웨이퍼 모형



(그림5(b)) 그림 5(a) 웨이퍼의 실제 단면도 모양



(그림 6(b)) 그림 6(a) 웨이퍼의 실제 단면도 모양



(그림 6(c)) 그림 6(a) 웨이퍼에 대한 추정알고리즘에 의해 그린 단면도

다음으로는 측정장비의 측정치와 추정알고리즘의 측정치를 수치적으로 비교하여 보았다. 즉, 평균에 대한 오차, 최소 두께에 대한 오차, 최대 두께에 대한 오차를 표6에 나타냈으며 각 변수의 의미는 다음과 같다.

- Ave.thk: 장비에서 제공하는 평균두께
- Cave.thk: 추정알고리즘에 의한 평균두께
- Min.thk: 장비에서 제공하는 최소두께
- Cmin.thk: 추정알고리즘에 의한 최소두께
- Max.thk: 장비에서 제공하는 최대두께
- Cmax.thk: 추정알고리즘에 의한 최대두께
- Ave\_err = |Ave.thk - Cave.thk|
- Min\_err = |Max.thk - Cmax.thk|
- Max\_err = |Min.thk - Cmin.thk|

표 6에서와 같이 Ave\_err의 최대값은 0.08  $\mu m$ 로 매우 작음을 알 수 있다. Min\_err의 값이 0.1  $\mu m$ 을 초과하는 웨이퍼들은 20 개의 웨이퍼 중 4개이며 실험웨이퍼의 80% 정도는 그 오차가 0.1  $\mu m$ 미만이다. 그리고 Max\_err의 값이

0.1  $\mu m$ 을 초과하는 웨이퍼들은 10 개이며 실험 웨이퍼의 50% 정도는 그 오류가 0.1  $\mu m$  미만이다. 따라서 수치적인 비교에서도 본 연구에서 개발한 추정알고리즘이 유효함을 알 수 있었다. 또한 웨이퍼의 단면도를 0도, 45도, 90도 그리고 180도의 방향으로 그려 실제의 단면도들과 비교하여 본 결과 어느 방향으로도 실제 측정장비가 그린 단면도와 흡사함을 알 수 있었다.

<표 6> 보간 알고리즘에 의한 오차

웨이퍼 ID	Ave_err	Min_err	Max_err
1	0.018	0.003	0.03
2	0.003	0.013	0.200
3	0.045	0.002	0.187
4	0.021	0.056	0.096
5	0.026	0.244	0.199
6	0.011	0.034	0.059
7	0.036	0.139	0.017
8	0.045	0.079	0.209
9	0.032	0.018	0.185
10	0.054	0.020	0.049
11	0.015	0.092	0.068
12	0.047	0.031	0.053
13	0.021	0.178	0.007
14	0.018	0.090	0.206
15	0.02	0.081	0.141
16	0.080	0.206	0.204
17	0.031	0.096	0.106
18	0.050	0.027	0.062
19	0.015	0.059	0.071
20	0.027	0.082	0.244

그리고 표1에서 제시한 제어 가능한 9개의 모형별로 분류하는 시스템의 정확성을 검증하기 위하여 수십 개의 웨이퍼의 데이터를 입력한 결과 약50%의 정확성을 보였다. 표1의 제어 가능한



모형분류의 9개의 모형 중에서 분류가 제대로 되지 않는 모형은 #4,5,8,9이다. 그 원인으로는 먼저 추정 알고리즘에서 보간에 사용한 점의 개수가 부족하며 보간점의 위치가 웨이퍼 끝 부분에서 다소 떨어진 점이기에 때문인 것으로 사료된다.

## V. 결 론

반도체와 관련한 실리콘웨이퍼에 있어 생명이라 할 수 있는 평탄도를 측정하고 평탄도를 높이기 위한 제어를 하는 공정은 Polishing 이라 하는 과정이다. 현재 이 공정과정은 웨이퍼 측정장비를 통해 그려진 웨이퍼의 모형을 엔지니어가 관찰하고 평탄도를 높이기 위한 제어를 하고 있다.

본 연구에서는 이과정의 자동화를 모색하기 위해 측정장비를 통한 웨이퍼의 이미지를 사람이 보지 않고도 데이터에 의해 그 모형을 추정하여 분류하는 시스템을 개발하였다.

추정 알고리즘은 웨이퍼의 임의의 위치의 두께를 계산하기 위해 ADE 9500 측정 장비에서 제공하는 정량인 데이터를 이용하여 위치와 두께를 알 수 있는 9개의 점을 추정하여 보간법을 이용하였다.

이 알고리즘을 검증하기 위해 추정 알고리즘에 의해 웨이퍼의 단면도를 0도, 45도, 90도등 여러 방향으로 그려 측정장비에 의한 실제의 단면도들과 비교한 결과 대부분의 웨이퍼에서 각 단면도들이 매우 유사하여 본 연구에서 개발한 알고리즘이 유효함을 알 수 있었다. 또한 다양한 웨이퍼들을 대상으로 평균에 대한 오차, 최소 두께에 대한 오차, 최대 두께에 대한 오차들을 계산하였으며, 이들 값들이 대부분의 웨이퍼에서 상당히 작음을 관찰할 수 있었다.

그러나 굴곡이 많은 웨이퍼들의 경우 본 시스템에서는 두께들의 변화를 다 계산하지 못하여 굴곡들의 일부만 단면도에 나타내는 것을 관찰할 수 있었다. 이것은 지름이 20cm인 웨이퍼의 각 점의 두께를 계산하기 위해 9 개의 데이터를 이용하여 보간 하였으므로 웨이퍼의 지역적인 모든 두께 변화를 다 파악하기는 매우 어렵기 때문에 사료된다.

두께를 추정하고 난 후의 단계로 추정된 웨이퍼의 형상을 토대로 Polishing 공정에서 제어 가능한 9개의 유형별로 웨이퍼를 분류하였다.

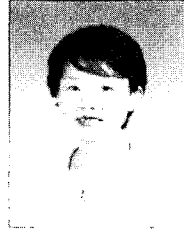
본 시스템이 현장에 실용되기 위해서는 웨이퍼의 평탄도를 높이기 위한 제어조건을 좀 더 과학적이고 정확하게 선택할 수 있도록 하는 보다 심도 있는 연구가 필요하겠다.

현재 국내에 2개의 실리콘웨이퍼업체가 있는데 폴리싱 공정의 자동화에 대한 시도는 아직 이루어지고 있지 않는 실정으로 볼 때 본 연구의 성과로 인해 실리콘웨이퍼의 품질보증의 중요한 요소인 웨이퍼의 평탄도를 측정하고 제어하는 Polishing공정의 자동화 가능성을 보였다는 점에서 그 의의가 크다고 사료된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 복진광, 이승권, 문성득, 박선원, "반도체 제조공정을 위한 새로운 생산일정 알고리즘", 제어.자동화.시스템공학 논문지 Vol. 4 No. 6 1998.
- [2] 변기량, 황호정, "유한 요소법을 이용한 실리콘 기판에서의 공핍영역 해석", 대한 전자공학회 논문지, Vol. 39-SD No. 1, pp1-11, 2002.

- [3] 정해도, 김호윤, “디바이스 웨이퍼 평탄화와 중점 전후의 평탄화 특성에 관한연구”, 전자공학회 논문지 Vol.34-D No.12, pp.76-82, 1997.
- [4] 김재성, “적외선 레이저의 간섭현상을 이용한 실리콘웨이퍼의 온도 측정”, 전자공학회 논문지 Vol.31-A, pp81-87, 1994.
- [5] 박재년, 수치해석, 정익사, 1996.
- [6] 송은지, “웨이퍼 모형 추정 및 분류 시스템에 관한 연구”, 춘천 멀티미디어 학술회의, 2001.
- [7] 송은지, “보간법에 의한 실리콘웨이퍼 단면도 추정”, 한국정보처리학회 춘계학술발표대회, 2001.
- [8] 김수희, 송은지, “실리콘웨이퍼 형상 추정에 관한 연구”, 한국정보처리학회 추계학술발표대회, 1999.
- [9] 김숙자역, Andre LAMothe 저, 3D 게임프로그래밍, 성안당, 1996.
- [10] 이상엽, Visual C++ Programming Bible, Ver6.X, 영진출판사, 1998.
- [11] Stephen Prata, C++ Primer Plus, Second Edition, Waite Group Press, 1995.



### 송 은 지

1984년 숙명여자대학교 수학과 (이학사)

1988년 일본나고야(名古屋)국립대학 정보공학과 (공학석사)

1991년 일본나고야(名古屋)국립대학 정보공학과 (공학박사)

1991년 - 1992년 일본 나고야(名古屋)국립대학 정보공학과 객원연구원

1996년 - 현재 남서울대학교 컴퓨터학과 부교수  
멀티미디어기사

관심분야 : 수치해석, 컴퓨터 그래픽스