

CMP공정에서 연마결과에 영향을 미치는 패드 물성치에 관한 연구

김형재*, 김호윤*, 정해도**

Study on Pad Properties as Polishing Result Affecting Factors in Chemical Mechanical Polishing

H.J.Kim*, H.Y.Kim*, H.D.Jeong**

ABSTRACT

Properties of pad are investigated to find the relationship between the chemical mechanical polishing(CMP) results, such as material removal rate and within wafer non-uniformity(WIWN), and its properties. Polishing pressure is considered as important factors to affect the results, so behavior of ordinary polymer is studied to define the polishing result affecting properties of pad. Experimental setup is devised to identify the behavior of pad and several different pads are used in chemical mechanical polishing experiments to verify the correlations between pad properties and polishing results. The results indicate that the viscoelastic properties of pad had relationships with the polishing results, and shows correlation between suggested properties of pad and polishing result.

Key Words : Chemical Mechanical Polishing(화학기계적연마), Pad(패드), Viscoelasticity (점탄성), Material Removal Rate(연마속도), Uniformity(연마균일도)

1. 서론

반도체 생산공정 중에 사용되는 평탄화 공정기술은 소자의 집적도를 향상시키고 칩의 구조적, 전기적 신뢰를 도모하여 다층화와 고집적화를 실현하기 위한 중요한 기술이 되고 있다. 그러나 소자의 집적도가 높아지고 최소선폭이 줄어들면서 종래의 평탄화 기술들로는 극복하지 못할 한계에 도달하였으며 보다 고정도의 평탄화 기술이 필요하게 되었다. 이러한 평탄화 기술들 중 차세대 반도체

공정에 적용가능한 가장 유망한 공정이 화학기계적평탄화(CMPP)기술이다.¹⁾

이러한 화학기계적 연마는 STI(Shallow Trench Isolation)공정에 적용되어 인접한 소자들간의 전기 절연성을 높여 이에 의한 집적도의 향상을 가능하게 하였고²⁾, 배선공정에서 절연막의 평탄화를 통해 로광광의 초점심도여유를 확보하면서 다층배선을 가능하게 하였다. 또한 전기저항이 낮고 일렉트로마이그레이션(Electromigration)에 대해 내성이 강한

* 부산대학교 대학원 정밀기계공학과

** 부산대학교 기계공학부

구리를 배선에 채택하여 다마신(Damascene)이라는 새로운 배선기술을 적용할 수 있게 되었다.³⁾

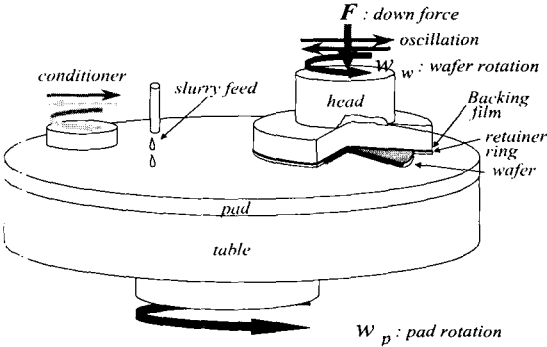


Fig. 1 Concept of conventional CMP

이러한 CMP 기술은 Fig. 1과 같은 연마기구를 가지며 여기에서 가공공구로서 사용되는 패드는 연마입자가 분산되어 있는 슬러리를 가공지점까지 운반하는 가공액 전달체의 역할을 한다. 또한 연마패드는 압력 전사체의 역할로서 가공대상물의 압착에서 기인한 가공압력을 지지^{4),5)}해주며 가공물에 대하여 유체에 의한 전달력을 전달⁸⁾하는 역할을 하게 된다. 가공 후 제거된 가공잔류물들을 가공지점으로부터 배출시켜 새로운 연마작용이 일어날 수 있도록 해주는 기능을 가진다. 동시에 미시적인 관점에서 연마입자를 가공대상물에 대하여 수직으로 가압하고 수평방향으로 구름 또는 미끄러움을 일으키도록 하여 활발한 연마작용이 일어날 수 있도록 한다.²⁾

이러한 기능을 가지는 패드는 응력-변형특성에서 고분자 고유의 성질인 점탄성적인 거동^{6),7)}과 관성적인 거동을 동시에 보이게 되며, 연마가 일어나는 동안 웨이퍼와의 접촉관계에 의하여 패드의 거동특성이 웨이퍼의 연마결과에 영향을 미치게 된다. 이러한 영향 때문에 웨이퍼내 연마균일도(WIWNU)와 평탄도 특성은 패드의 물성치가 변함에 따라 지배적인 영향을 받게 된다. 일반적으로 연질의 패드는 전체적인 연마균일도가 양호한 반면 평탄도는 나쁜 특성을 나타내며, 경질의 패드인 경우 이는 그 반대의 결과를 보이게 된다고 알려져 있다. 그러나, 현재 제시되어 있는 패드의 물성치만으로는 정확하게 어떤 인자가 WIWNU나 평탄도 등의 연마결과와 상관관계를 가지는지 명확히 하기는 힘들다.⁷⁾ 따라서 본 논문에서는 패드의 점탄성적인

특성을 평가하고 연마결과와의 상관관계를 조사한다.

2. 패드의 점탄성거동

2.1 패드-웨이퍼 접촉모델

화학기계적 연마기구의 모델은 웨이퍼와 패드가 슬러리 막에 의하여 분리된 고체-유체-고체 접촉모델^{8),9)}과 패드와 웨이퍼가 고체-고체 접촉상태에서 연마가 일어난다는 모델^{10),4)}로 크게 분류된다. 전자의 경우는 슬러리의 유동이나 분포 등을 설명하는데 유리하나 실제 공정에서는 패드의 물성치에 따라 연마결과가 크게 변하므로 패드와의 직접 접촉에 의하여 연마가 일어날 확률이 보다 높다. 따라서 고체-고체 접촉모델이 보다 적합하다. 즉, 웨이퍼내 연마균일도(WIWNU)와 칩 내에서의 평탄도(Planarity)특성은 패드의 경도, 탄성회복율, 점탄성적인 특성 등에 의하여 크게 영향을 받으며, 일반적으로 연질의 패드는 WIWNU결과가 양호한 반면 평탄도 특성은 좋지 않은 결과를 보이고 경질 패드는 이와 반대의 특성을 나타낸다. 따라서 이 논문에서는 패드와 웨이퍼의 접촉조건을 Fig. 2와 같이 고체-고체 모델로 가정하며 슬러리의 영향을 무시한다.

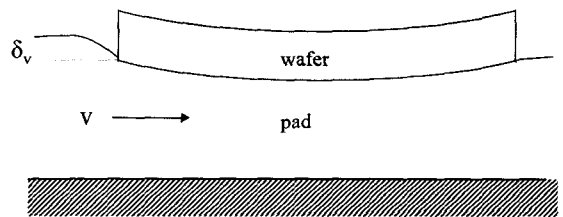


Fig. 2 Schematic of pad-wafer contact

여기서 v 는 웨이퍼와 패드의 상대속도이며 δ_v 는 패드의 수직변위이다. 따라서 웨이퍼는 연마중 패드와의 직접접촉에 의하여 패드의 기계적 물성치에 영향을 받게 된다.

2.2 패드의 물성치 측정방법

상용으로 사용되고 있는 대부분의 패드재질은 폴리우레탄 계열의 고분자 재질이다. 이러한 고분자물질은 응력-변형 특성에서 고유의 점탄성적인

성질을 보이며, 연마용 패드의 경우 폴리우레탄을 펠트에 함침 시키거나, 발포시킨 재질로 이루어져 있다. 이러한 패드의 성질을 확인하기 위하여 패드에 대하여 하중에 대한 변형-시간특성을 검사하고 이를 통하여 패드의 점탄성적인 거동의 특성과 물성치를 결정한다. 패드의 변형거동을 측정하기 위하여 Fig. 3과 같은 실험장치를 제작하여 실험을 수행하였다.

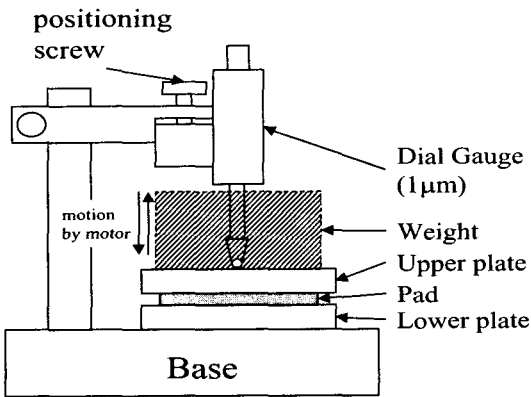


Fig. 3 Experimental setup for measuring the behavior of pad creep and creep recovery

측정방식은 패드에 주기적으로 모터의 상하 움직임에 의하여 하중을 부가·제거하면서 패드의 시간에 따른 압축(creep)·회복(creep recovery)거동을 측정하였다. 패드의 거동을 측정하기 위하여 분해능 1µm의 다이얼 인디케이터를 사용하였고, 판독오차를 줄이기 위하여 인디케이터의 움직임을 디지털 카메라를 이용하여 시간에 따른 변화를 기록하였다. 또한 측정된 패드의 물성치와 기존의 정도측정과의 상관관계를 확인하기 위하여 JIS-K6301방식

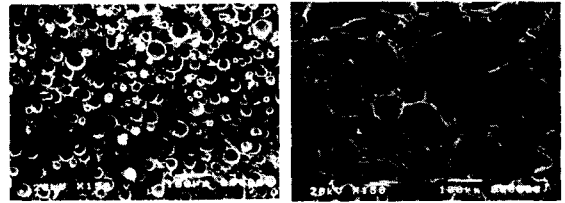
Table 1 Pad specimen and Experimental condition

Experimental condition		
Pad types	Hardness(JIS-K6301)	Thickness
SUBA400	57.5	1342µ m
SUBA600	75.2	1334µ m
SUBA800	79.3	1308µ m
IC1400	92.3 / 43*	2618µ m
IC1000	95.2	1284µ m
Creep/Relaxation time	120sec/120sec	
Weight	70g/cm ²	

* hardness of underneath pad of IC1400

으로 패드의 경도를 측정하였다.

측정에 사용된 패드의 종류와 실험조건을 Table 1에 표시하였다. 패드의 종류는 크게 SUBA 계열의 연속발포체와 IC 계열의 독립발포체로 나뉘어지며 이 두 종류의 재질과 구조는 Fig. 4에서 볼 수 있는 바와 같이 서로 다른 특성을 보이므로 분리하여 고려한다.



(a)IC1000 (b)SUBA400
Fig. 4 SEM image of IC1000(a) and SUBA400(b) pad structures. 150X

2.3. 패드의 거동특성 및 물리적 모델

측정된 패드의 변형특성을 Fig. 5에 표시하였다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 패드는 하중이 가해지거나 제거되는 시점에서 순간적인 변형 ϵ_1 을 보이며, 또한 시간지연 변형 ϵ_2 와 영구변형 ϵ_3 가 발생한다.

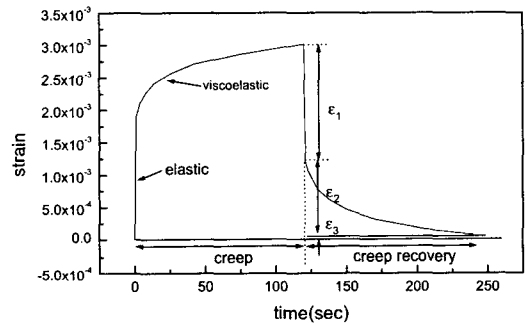


Fig. 5 Creep and creep recovery behavior of polishing pad(SUBA600)

즉, 패드는 하중이 가해지는 순간 일정크기의 탄성 변형을 보이며 또한 시간이 지남에 따라 변형이 점점 증가하거나 변형을 회복하는, 시간지연 변형-점탄성거동을 동시에 보이는 특성을 가지고 있다. 또한 시간이 지나도 회복되지 않는 영구변형성분이 생기게 된다.

이러한 거동특성 중 연마에 영향을 미치는 인자로서, 탄성변형은 연마가 일어나는 순간에 웨이퍼

의 표면 요철, 혹은 전면의 굴곡의 추종성과 관련이 있을 것으로 예상된다. 또한 점탄성변형 거동은 연마공정이 패드의 회전 에 의해 주기적으로 하중을 받기 때문에 주기적으로 패드에 누적된 변형과 회복되지 못한 변형이 연마에 영향을 미칠 것으로 생각 할 수 있다.

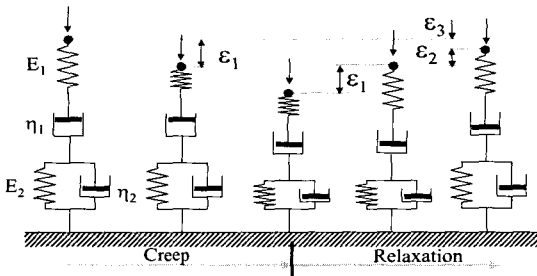


Fig. 6 Behavior of polishing pad and its four elements model.

가해진 응력에 대하여 이러한 거동을 보이는 패드는 Fig. 6에 보여지는 것과 같이 순간적인 변형을 대표하는 스프링요소와 시간지연 변형에 대응하는 프크트(Voigt)요소, 영구변형을 보이는 대쉬풋(dash-pot) 요소로 모델링되는 4요소 모델(four elements model)로 그 거동을 표시할 수 있다.^{13),14),15)}

패드의 경우에 있어 각각의 요소를 살펴보면 병렬로 연결된 스프링 E₂(2nd modulus)와 대쉬풋 η₂ 요소는 시간경과에 의한 크립(creep) 및 회복(creep recovery)에 영향을 미치는 인자이며, 직렬로 연결된 스프링요소 E₁(1st modulus)은 순간적인 변형과 회복의 특성에 영향을 미친다. 또한 직렬연결된 대쉬풋 η₁은 장시간에 걸쳐 하중을 받는 경우에 있어 패드의 영구변형을 유발하는 인자이다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 패드물성치 측정

제작된 실험장치를 이용하여 각 패드의 거동특성을 측정하였으며 그 결과를 Fig. 7에 표시하였다. Fig. 7에서 볼 수 있는 바와 같이 SUBA400은 매우 큰 탄성변형과 큰 점탄성 변형거동을 보임을 알 수 있다. 또한 SUBA600이 SUBA계열의 패드 중 가장 작은 탄성·점탄성 변형을 보임을 알 수 있다. 그러나 IC 계열의 패드SUBA계열에 비해 매우 작은

변형특성을 보이며, 보다 딱딱하다는 것을 알 수 있다.

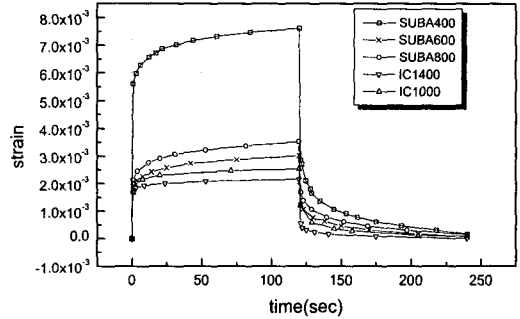


Fig. 7 Viscoelastic behavior of each pad.

이러한 모델의 전체변형ε 은 (1)식과 같으며 이에 의해 각각의 값을 아래와 같은 방법으로 구한다.

$$\epsilon = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 \quad (1)$$

여기서 각각의 값은 Fig. 6에서 볼 수 있는 바와 같이 ε₁은 E₁에 의한 변형, ε₂는 E₂와 η₂에 의한 변형 그리고 ε₃는 η₁에 의한 변형으로 대표된다. 그러나 ε₃는 측정결과 매우 작은 값이므로 변별력이 낮아 여기서는 무시한다.

E₁과 E₂를 구하기 위해서는 순간탄성회복을 나타내는 범위 내에 있어서의 초기의 신도 ε₁ 과 지연변형 ε₂를 측정하고 식(2)의 관계에 의하여 그 값을 구한다.

$$E_1 = \frac{\sigma_0}{\epsilon_1}, E_2 = \frac{\sigma_0}{\epsilon_2} \quad (2)$$

여기서 σ₀는 일정응력을 나타낸다. 다음으로 η₂를 구하기 위하여 ε₂의 63%에 대응하는 시간 λ를 구하고 이것을 식(3)에 의하여 얻는다.¹³⁾

$$\eta_2 = \lambda \cdot E_2 \quad (3)$$

구해진 결과를 아래의 Table 2에 표시하였다.

Table 2 Pad properties

	E ₁ (kPa)	E ₂ (kPa)	η ₂ (MPa · s)
SUBA400	1438	2557	46.8
SUBA600	3813	6021	123.7
SUBA800	3738	4486	127.4
IC1000	5181	6116	118.1
IC1400	4276	12828	216.8

3.2 패드의 물성치와 연마결과의 상관관계 고찰

제시된 물성치와 경도 및 연마결과사이의 상관관계를 확인하기 위하여 연마실험을 수행하였다.

경도의 영향 - 먼저 패드의 1차 탄성율(E1;1st modulus)과 경도와 의 관계를 조사하였으며, SUBA 계열과 IC 계열의 발포구조가 다르기 때문에 그래프 상에 따로 표시하여 그 특성을 비교하였다.

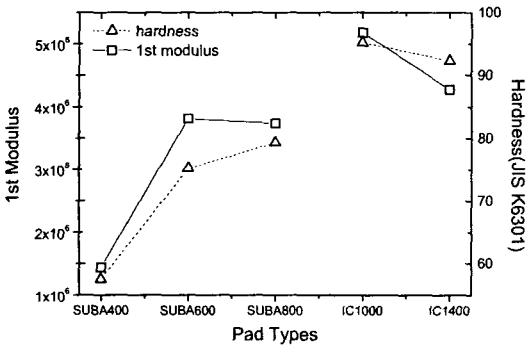


Fig. 8 Correlations between hardness(JIS K6301) and 1st modulus of pad.

Fig. 8에서 볼 수 있는 바와 같이 패드의 1차 탄성율이 증가할 수록 경도도 증가하는 유사한 경향을 가진다. 이러한 경향을 보이는 이유는 패드의 탄성계수를 측정하는 방식이 경도측정방식과 유사한 하중-변형 관계를 이용하기 때문으로 사료된다. 따라서, 경도측정 결과와 패드 탄성계수의 측정결과와의 상관관계를 통하여 패드의 경도를 추정할 수 있으며 결과에서 볼 수 있는 것처럼 높은 경도를 가지는 경질의 패드는 그 탄성계수가 높으며, 반대로 연질의 패드는 낮은 탄성계수를 가짐을 알 수 있다. 즉, 패드의 연·경질 특성을 탄성율의 크고 작음으로 결정할 수 있을 것으로 생각된다.

연마속도에 대한 영향 - 패드의 물성치와 연마결과와의 상관관계를 확인하기 위하여 5개의 각기 다른 패드를 사용하여 6인치 웨이퍼를 연마하였으

Table 3 Polishing conditions and Measuring method

Polishing conditions and Measuring method			
Wafer	6", film thickness 10000Å, PETEOS		
Pad	SUBA400, 600, 800, IC1000, 1400		
Polisher	LGP381 - Lapmaster		
Measurement	Elipsometer, AUTOEL III		
Method	52point cartesian map, EE3mm, 1σ		
Exper. condition	slurry	velocity	pressure
	ILD1300	30/30rpm	300g/cm ²

며, 실험에 사용된 연마조건과 박막의 측정방식을 Table 3에 표시하였다.

먼저 웨이퍼의 연마속도에 영향을 미치는 패드의 물성치에 대하여 상관관계를 조사하였다. 연마속도는 상대속도와 압력에 지배적으로 영향을 받는다. 그러나 동일한 속도와 압력 조건인 경우에는 접촉하고 있는 상대물체의 경도에 따라 연마속도가 결정된다. 따라서 경도가 다른 경우에는 연마지점에서의 연마압력이 차이를 보이게 되어,¹²⁾ 결과적으로 연마속도의 차이를 보이게 된다. 따라서 웨이퍼와 접촉하고 있는 패드의 경도가 연마에 영향을 미칠 것으로 예상된다. 경도와 패드의 탄성거동은 서로 상관관계를 보이므로 Fig. 9와 같이 패드의 1차 탄성율과 연마속도와 의 관계를 확인하였다.

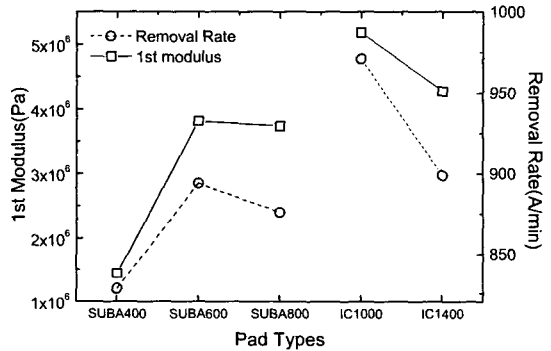


Fig. 9 Correlations between Removal Rate and 1st Modulus of pad

Fig. 9에서 볼 수 있는 바와 같이 1차 탄성율이 높은 패드일수록 연마속도가 높은 경향을 보인다. 이러한 특성은 연마시에 웨이퍼에 직접적으로 압력을 미치는 인자가 패드의 1차 탄성율과 연관이 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 연마가 일어나는 순간 연마지점에서 패드와 웨이퍼의 접촉시간은 매우 짧으므로 시간지연 변형특성을 보이는 2차 탄성율의 영향은 상대적으로 작으며 순간적인 변형에 영향을 미치는 탄성변형의 영향이 연마에 지배적인 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

또한 패드의 탄성율이 높을수록 연마속도가 높은 것은 경질의 패드일 수록 연마지점에서의 진실 접촉면적이 작아 연마압력이 커지게 되어 연마속도가 높아지게 되며, 보다 연질의 패드인 경우에는 진실접촉면적이 넓어져 연마압력이 낮아지게 된다. 이로 인해 연마속도가 낮아지는 것으로 생각된다.

연마균일도에 대한 영향 - 패드의 물성치가 연마균일도에 미치는 영향에 대하여 분석을 수행하였다. 일반적으로 연마균일도는 연질의 패드에서 양호한 특성을 나타낸다. 이러한 특성은 연질패드 가 웨이퍼표면의 굴곡에 대하여 추종성이 양호하며, 또한 연마공정 중이나 패드의 제조 시에 발생하게 되는 패드의 두께차이가 있다 하더라도 웨이퍼와의 접촉점에서 압력편차가 경질의 경우보다 작기 때문이다. 이러한 특성을 확인하기 위하여 Fig. 10에 실험연마균일도와 패드의 탄성을 사이의 관계를 도시하였다. Fig. 10에서 볼 수 있는 바와 같이 연질의 패드인 SUBA 계열의 패드가 경질인 IC 계열보다는 전체적으로 양호한 연마균일도를 가진다는 것을 알 수 있다. 그러나 IC1400패드는 1차 탄성율이 높음에도 불구하고 연마균일도가 양호한 결과를 보이는데 이러한 이유는 IC1400패드가 경질의 패드를 상층으로하고 연질의 패드를 하층에 접착시켜 웨이퍼에 대한 표면추종성을 향상시킨 결과로 생각된다

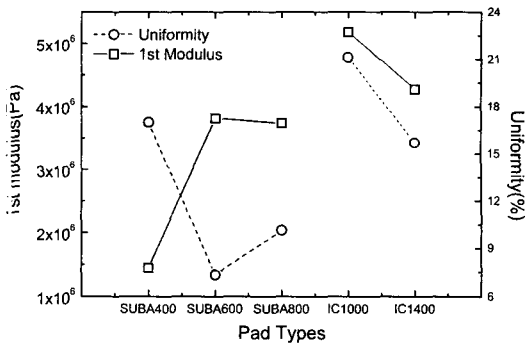


Fig. 10 Correlations between 1st modulus and uniformity

Fig. 10에서처럼 패드의 1차탄성율과 연마균일도 사이에서 그 경향이 다소 다르게 나타난다. 특히 SUBA400의 경우에는 매우 연질패드임에도 불구하고 연마균일도가 좋지 않은 결과를 나타낸다. 따라서 웨이퍼의 연마균일도가 단지 패드 연·경질 특성에만 영향을 받는 것이 아니며, 다른 인자가 연마균일도에 영향을 미친다는 것을 보여준다.

이러한 경향은 연마공정이 주기적으로 패드를 압축·회복 시키는 회전공정이기 때문에 발생하는 것으로 생각된다. 즉, 패드의 회전과 웨이퍼에서 가해지는 압력에 의해 패드는 주기적으로 하중을 받

기 때문에 주기적으로 패드에 누적된 변형과 회복되지 못한 변형이 연마에 영향을 미칠 것으로 예상된다. 따라서 패드의 변형과 압축거동을 설명하기 위하여 Fig. 11에 패드의 운동궤적과 압축·회복 영역을 도시하였다.

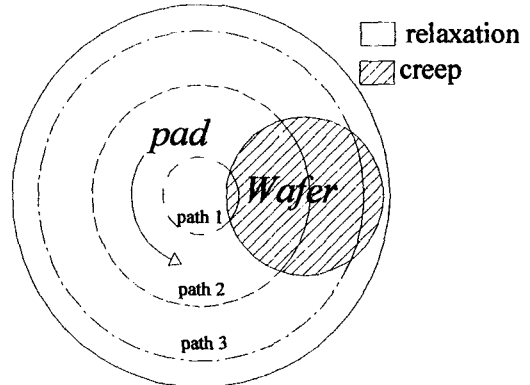


Fig. 11 Creep and relaxation regions of pad along the polishing path

Fig. 11에서처럼 패드는 웨이퍼와 접촉을 하는 부분에서 연마압력에 의하여 탄성변형과 점탄성변형을 하게 되며 웨이퍼와의 접촉이 끝나는 순간에 탄성변형은 완전히 회복되거나 점탄성 변형성분은 완전히 회복하지 못하고 다시 웨이퍼와의 접촉을 하게 된다. 이러한 과정이 반복되면서 패드의 변형이 누적된다. 패드에 누적되는 변형은 웨이퍼와의 접촉시간에 비례하여 증가하므로, 연마경로(path1, 2,3)에 따라 다르게 된다. 따라서 패드가 웨이퍼와 접촉하는 시간을 패드의 반경에 따른 함수로 표시하면 간단한 계산에 의하여 식(4)와 같이 되며 그 결과를 Fig. 12에 나타내었다.¹⁶⁾

$$T(x) = \frac{2}{\omega} \cos^{-1} \left(\frac{R^2 + x^2 - r^2}{2Rx} \right) \quad (4)$$

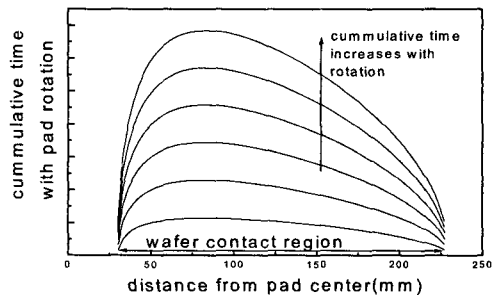


Fig. 12 Contact time of pad with wafer

식(4)에서 T는 패드 반경에 따른 접촉시간이고 R은 패드와 웨이퍼 중심사이의 거리, r은 웨이퍼 반경, x는 패드중심으로부터 패드 위 임의지점까지의 거리이며 ω 는 패드의 회전수로 정의된다. Fig. 12에서 볼 수 있는 것처럼 패드의 중심에서 가까운 부분과 패드의 외주에 가까운 부분에서의 접촉시간이 짧으며, 웨이퍼가 닿고 있는 영역의 중심부근에서 접촉시간이 가장 길게 된다. 접촉시간이 가장 긴 부분은 웨이퍼 중심으로부터 패드의 중심 쪽으로 보다 가까운 위치에 있으며 패드와 웨이퍼 중심사이의 거리가 가까울수록 이러한 경향은 커진다.

접촉시간에 따라 패드의 두께가 변화하는 현상을 확인하기 위하여 Fig. 3의 실험장치를 이용하여 주기적으로 하중을 가하면서 패드의 변형특성을 조사하였고 그 결과를 Fig. 13에 표시하였다.

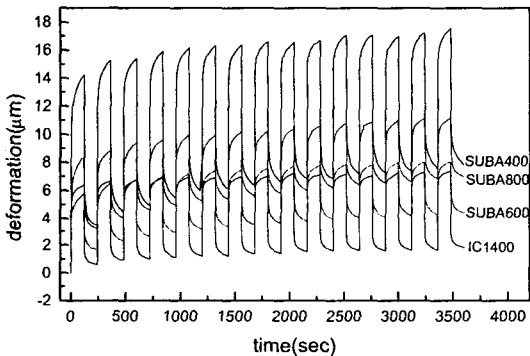


Fig. 13 Deformation behavior of pad under cyclic loading · unloading

패드의 변형량이 하중의 주기적 반복에 따라 점차 증가하고, 2차탄성율이 작은 패드일수록 누적되는 변형량이 커짐을 Fig. 13에서 알 수 있으며 이러한 현상 때문에 패드의 불균일한 변형이 발생한다. 또한 Fig. 12의 결과에 의하여 패드의 두께는 반경에 따라 변형량이 달라지게 되며¹⁶⁾ 변형량이 클수록 연마균일도를 나쁘게 하는 원인이 될 것으로 생각할 수 있다. 즉, 연마균일도는 점탄성거동에 의하여 누적되는 변형의 크기에 비례하며 점탄성 변형의 크기는 식(2)와 (5)에서처럼 훅의 법칙(Hook's law)에 의하여 탄성계수의 역수에 비례하게 된다.

$$\epsilon = \sigma_0 \times \frac{1}{E} \quad (5)$$

따라서 연마균일도와 2차탄성율과의 관계를

Fig. 14에 보이고 그 결과를 검토하였다.

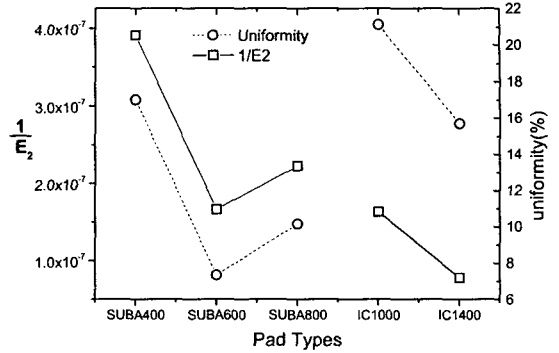


Fig. 14 Correlations between reciprocal of 2nd modulus and removal rate uniformity

연마균일도와 패드의 2차 탄성율과의 비교를 통하여 Fig. 14에서 볼 수 있는 바와 같이 매우 높은 상관관계를 가지며 연마균일도는 패드의 2차탄성율의 역수에 비례함을 알 수 있다. 연질의 패드인 경우에 가장 작은 점탄성 변형을 보이는 SUBA600의 경우가 가장 양호한 연마균일도 특성을 보인다. 또한 이 패드와 1차탄성율이 거의 비슷한 SUBA 800과 비교 했을때 2차탄성율이 보다 작은 SUBA800의 경우가 좋지 않은 균일도를 보인다. 또한 SUBA400은 매우 연질임에도 불구하고 연마균일도특성이 나쁜 것을 알 수 있으며 이것은 점탄성 변형량이 크기 때문으로 생각된다. IC계열의 패드인 경우에도 역시 점탄성변형량이 매우 작은 IC1400이 IC1000에 비하여 양호한 연마균일도를 보인다.

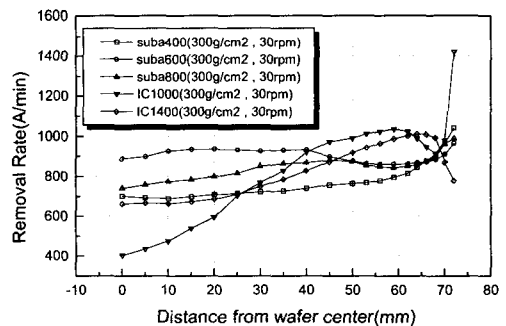


Fig. 15 Removal rate profile across the wafer radial direction

Fig. 15는 가공된 웨이퍼의 연마속도를 반경방

향으로 측정된 결과로서 점탄성 변형량이 큰 패드일수록 반경방향에 따른 연마속도의 편차가 크며, 점탄성 변형량이 클수록 SUBA와 IC에 대하여 중심부분의 연마속도가 낮게 나타났다. 이러한 현상은 패드의 변형에 의하여 웨이퍼 중심근처의 압력이 낮기 때문에 중심부분의 연마속도가 낮은 것으로 생각된다. 또한 경질의 패드일수록 연마속도 곡선의 파형이 거칠게 변하며, 반대로 연질의 패드일수록 웨이퍼 전면에서의 연마속도 곡선의 파형이 부드럽게 변하고 있어 탄성변형이 큰 패드일수록 웨이퍼 표면추종성이 좋은 것을 알 수 있다.

4. 결론

이 논문에서는 화학기계적연마에서 연마속도와 연마균일도에 영향을 미치는 패드의 물성치에 관하여 연구하였다. 적절한 패드와 웨이퍼의 접촉모형을 설정하고 연마결과에 영향을 미치는 패드의 물성치를 얻기 위하여 실험장치를 제작하였다. 패드의 거동특성을 분석하고 또한 연마실험을 통하여 패드의 물성치와 연마결과사이의 상관관계를 조사하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1)연마용 패드는 탄성거동, 점탄성 거동, 점성 거동의 특성을 보이며 이러한 인자들이 연마에 영향을 미친다.

(2)연마속도는 패드의 1차 탄성율에 비례하며, 탄성율이 높을수록 연마속도가 높다.

(3)탄성변형이 큰 패드일수록 연마균일도가 양호한 결과를 보인다. 그러나 연마균일도는 패드의 연·경질 특성에만 영향을 받는 것은 아니다.

(4)연마균일도는 2차탄성율의 역수에 비례하며, 이것은 패드에 가해지는 주기적인 하중에 의한 패드두께의 불균일한 변화때문이다.

따라서 양호한 연마균일도를 얻기 위해서는 탄성변형량이 크고 점탄성변형과 점성변형이 매우 작은 패드를 연마에 적용하는 것이 바람직하다.

후 기

본 연구는 한국 학술진흥재단의 지원에 의해 연구되었음

참고문헌

1. 정해도, 차세대 반도체 제조를 위한 초정밀 가공기술, 대한기계학회지, Vol. 36 No. 3, p. 221, 1996.
2. D.Pramanik, M.Weling X.W. Lin, "CMP Applications for Sub 0.25 μ m Process Technologies," ECS. Proceedings, PV98-7, pp. 1-8, 1998.
3. P.Singer, "The Future Interconnects," Semiconductor International, Vol. 6, pp. 90-98, 1998.
4. D.Wang,"Von Mises Stress in Chemical-Mechanical Polishing Process," J. Electrochem. Soc., Vol. 144, No. 3, p. 1121, March, 1997.
5. 小川正裕, CMP機におけるウェハ上面圧分布の計算, 精密工学会 春季大会論文集, p. 135, 1999.
6. 久保直人ら, "研磨布の経時変化と研磨特性の相関について," 精密工学会誌, p. 219, Vol. 65, No. 2, 1995.
7. J.M.Steigwald, "Chemical Mechanical Planarization of Microelectronic Materials," John Wiley & Sons, New York, pp. 66-84, 1997.
8. S.R.Runnels, L.M.Eyman, "Tribology Analysis of Chemical Mechanical Polishing," J. Electrochem. Soc., Vol. 141, No. 6, pp. 1698-1701, June, 1994.
9. S.Sundararajan, et. al, "Two-Dimensional Wafer-Scale Chemical Mechanical Planarization Models Based on Lubrication Theory and Mass Transport," J. Electrochem. Soc., Vol. 146, No. 2, pp. 761-766, 1999.
- 10.M.Tomozawa, "Oxide CMP mechanisms," Solid State Technology, p. 171, July, 1997.
- 11.A.R.Baker, "The Origin of the Edge Effect in CMP," ECS Proceedings Vol. 96-22, pp.228-238, 1996.
- 12.C.W.Liu et. al, "Modeling of the Wear Mechanism during Chemical-Mechanical Polishing" J. Electrochem. Soc. Vol. 143, No. 2, pp. 716-721. 1996.
- 13.맹기석 외, 현대 고분자화학, pp. 257-263, 형설출판사, 1986.
- 14.Wilhelm Flügge, "Viscoelasticity-chap1 Viscoelastic Models," pp.4-32, Springer-Verlag, Berlin, 1975.
- 15.Peter Powell, "Engineering with Polymers," pp. 89-95, Champman and Hall, New York, 1983.
- 16.이성훈, 김형재, 정해도, 화학기계적연마(CMP) 컨디션닝에 관한 연구, 한국정밀공학회지 제16권 5호, pp. 40-47, 1999.