



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2007년10월26일
 (11) 등록번호 10-0770852
 (24) 등록일자 2007년10월22일

(51) Int. Cl.
H01L 21/304(2006.01)
 (21) 출원번호 10-2002-7016049
 (22) 출원일자 2002년11월26일
 심사청구일자 2006년05월24일
 번역문제출일자 2002년11월26일
 (65) 공개번호 10-2003-0005405
 공개일자 2003년01월17일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2001/016870
 국제출원일자 2001년05월24일
 (87) 국제공개번호 WO 2001/91972
 국제공개일자 2001년12월06일
 (30) 우선권주장
 60/207,938 2000년05월27일 미국(US)
 60/222,099 2000년07월28일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 US6017265A
 US4569982A

(73) 특허권자
 롬 앤드 하스 일렉트로닉 머티리얼스 씨앰퍼 홀딩스
 인코포레이티드
 미합중국 19899 델라웨어 윌밍톤 노쓰 마켓 스트리트 1105 슈트 1300
 (72) 발명자
 제임스데이빗비.
 미국델라웨어주19711뉴아크애러니밍크드라이브221
 비쉬와네이션애런
 미국델라웨어주19810윌밍톤, 로밀리로드3203
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 김영, 장수길

전체 청구항 수 : 총 11 항

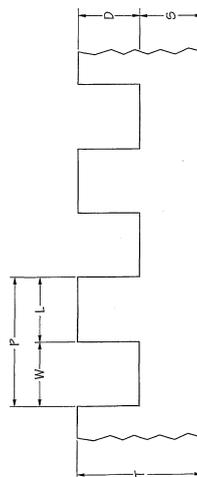
심사관 : 이창희

(54) 화학 기계적 평탄화용 그루브형 연마 패드

(57) 요약

본 발명은 반도체 웨이퍼 위의 금속 상감 구조 연마용 패드 및 연마방법에 관한 것으로, 당해 패드는 탄성 회복률이 낮고 높은 패드 강성과 결합되어 에너지 감쇄가 높으며, 패드는 그루브 깊이(D)가 약 75 내지 약 2540 μm 이고, 그루브 폭(W)이 약 125 내지 약 1270 μm 이며, 그루브 피치(P)가 약 500 내지 3600 μm 인 그루브를 포함하는 매크로 조직을 갖는다. 그루브 패턴은 강성 계수(GSQ) 약 0.03 내지 약 1.0 및 그루브 유동 계수(GFQ) 약 0.03 내지 약 0.9를 제공한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

클리멜턴

미국펜실베이니아주19310스틸빌브라이슨로드20

버크피터에이.

미국워싱턴주98661밴쿠버노쓰이스트72에브뉴5000
알116

쉬드너데이빗

미국델라웨어주19711뉴아크타이슨스포드로드39

소조셉케이.

미국델라웨어주19711뉴아크나이팅게일씨클20

로버츠존브이.에이치.

미국델라웨어주19702뉴아크웨스트컨트리레인17

(81) 지정국

국내특허 : 일본, 대한민국

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 사이
프러스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀란드, 프랑스,
영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크,
모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 터어키

특허청구의 범위

청구항 1

반도체 장치 또는 이의 전구체 표면의 평탄화용 수안정성(hydrolytic stable) 연마 패드에 있어서, 상기 패드가

$KEL = \tan \delta * 10^{12} / [E' * (1 + (\tan \delta)^2)]$ (여기서, E'은 파스칼 단위이고, $\tan \delta = E''/E'$ 이며, E' 및 E''는 각각 저장 탄성률과 손실 탄성률을 나타낸다)를 이용하여 10라디언/sec의 진동수에서 동적 기계적 분석방법을 사용하여 측정 한 경우, 1 내지 4.6의 30℃ 및 90℃에서의 저장 탄성률(E') 비, 100 내지 1000(1/Pa, 40℃)의 에너지 손실률 (KEL), 및 2000 MPa 이하의 40℃에서의 저장 탄성률 E'를 갖는 표면 평탄화용 연마층, 및

하나 이상의 그루브(groove)를 갖는 그루브 패턴을 포함하는 매크로-조직(macro-texture)을 포함하며, 그루브 패턴에서 그루브 깊이가 75 내지 2,540 μ m, 그루브 폭이 125 내지 1,270 μ m, 그루브 피치가 500 내지 3,600 μ m이며, 그루브 패턴이 동심형, 나선형, 크로스-해지형, X-Y 격자, 6각형, 3각형, 분차원형 또는 이들의 조합인 연마 패드.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 연마층이, 10라디언/sec의 진동수에서 동적 기계적 분석방법을 사용하여 측정 한 경우, 1 내지 4.0의 30℃ 및 90℃에서의 저장 탄성률(E') 비, 125 내지 850(1/Pa, 40℃) 범위의 에너지 손실률(KEL), 및 150-1500 MPa의 40℃에서의 저장 탄성률 E'를 갖는 것인 연마 패드.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 연마층이, 10라디언/sec의 진동수의 동적 기계적 분석방법을 사용하여 측정 한 경우, 1 내지 3.5의 30℃ 및 90℃에서의 저장 탄성률(E') 비, 150 내지 400(1/Pa, 40℃) 범위의 에너지 손실률(KEL), 및 200-800 MPa의 40℃에서의 저장 탄성률 E'를 갖는 것인 연마 패드.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 그루브 패턴이 그루브 강성 계수(GSQ) 0.03 내지 1.0 및 그루브 유동 계수(GFQ) 0.03 내지 0.9를 제공하는 연마 패드.

단, $GSQ = \text{그루브 깊이}(D) / \text{상부 패드 두께}(T)$ 이고, $GFQ = \text{그루브 횡단면적}(Ga) / \text{피치 횡단면적}(Pa)$ 이며, 여기서 $Ga = D \times W$, $Pa = D \times P$, $P = L + W$ 이다 (D는 그루브 깊이, W는 그루브 폭, L은 랜드 영역의 폭, P는 피치임).

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 충전제를 함유하는 연마 패드.

청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 폴리우레탄을 함유하는 연마 패드.

청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 충전되지 않은 연마 패드.

청구항 8

제7항에 있어서, 폴리우레탄을 함유하는 연마 패드.

청구항 9

제1항에 있어서, 경도가 40 내지 70 Shore D인 연마 패드.

청구항 10

제2항에 있어서, 경도가 45 내지 65 Shore D인 연마 패드.

청구항 11

제3항에 있어서, 경도가 55 내지 63 Shore D인 연마 패드.

명세서

- <1> 본 발명은 일반적으로 반도체 장치의 제조 동안 기관, 특히 금속 또는 금속 함유 기관을 연마 및/또는 평탄화하는 데 사용되는 연마 패드에 관한 것이다.
- <2> 화학-기계적 평탄화("CMP")는 집적 회로 장치 위의 평평한 표면의 제조를 위하여 반도체 산업에서 현재 실시되는 방법이다. 당해 방법은 문헌[참조: "*Chemical Mechanical Planarization of Microelectronic Materials*", J. M. Steigerwald, S. P. Murarka, R. J. Gutman, Wiley, 1997]에 논의되어 있으며, 당해 문헌은 본원에서 모든 유용한 목적으로 전체적으로 참조로 인용된다. 간략하게 말하자면, CMP는 연마 슬러리 또는 유체를 집적 회로 장치 전구체와 연마 패드 사이에 유동시키거나 위치시키고, 패드와 장치를 서로에 대하여 이동시키는 한편 장치와 패드를 함께 바이어싱(biasing)시키는 공정을 수반한다. 이러한 연마는 산화규소 등의 절연층(i) 및/또는 텅스텐, 알루미늄 또는 구리 등의 금속 층(ii)을 평탄화시키는 데 종종 사용된다.
- <3> 반도체 장치가 점차 복잡해짐에 따라(더 미세한 특징적 형태 및 더 많은 금속 층을 필요로 함), CMP는 일반적으로 더 엄격한 성능 기준을 충족시켜야 한다. 비교적 최근의 CMP 공정은 금속 상감(damascene) 가공에 의한 금속 접속 가공이었다[참조: S. P. Murarka, J. Steigerwald, and R. J. Gutmann, "*Inlaid Copper Multilevel Interconnections Using Planarization by Chemical Mechanical Polishing*", *MRS Bulletin*, pp. 46-51, June 1993, 당해 문헌은 본원에서 모든 유용한 목적으로 전체적으로 참조로 인용된다].
- <4> 상감형 연마로 인하여, 연마 기계는 일반적으로 균질한 층이라기 보다는 복합체이고, 일반적으로 다음의 기본적인 단계들을 포함한다: 일련의 금속 전도체 영역(플러그와 선)을 절연체 표면 위에서 사진식판술로 정하는 단계(i), 이어서, 절연체 표면을 목적하는 깊이로 에칭(etching)시키는 단계(ii), 포토레지스트를 제거한 후, 접촉 층과 확산 차단층을 도포시키는 단계(iii), 그 후, 두꺼운 전도성 금속 층을 부착시켜, 플러그와 선의 절연체 물질의 표면 위로 확장시키는 단계(iv) 및 이어서, 금속 표면을 하부의 절연체 표면 아래로 연마하여 절연 물질에 의해 분리된 개별적인 전도성 플러그와 선을 제조하는 단계(v).
- <5> 연마 후의 이상적인 경우, 전도성 플러그와 선은 완벽하게 평면상이고 모든 경우 횡단면 두께가 동일하다. 실질적으로, 금속 구조물의 폭에 걸친 두께의 현저한 차이가 발생할 수 있으며, 형태 중심은 종종 가장자리보다 두께가 작다. 일반적으로 "디싱(dishing)"이라고 언급하는 이러한 효과는 전도성 구조의 횡단면 변화가 전기저항의 변화를 유도하기 때문에, 일반적으로 바람직하지 않다. 디싱은 더 경질인 절연층(더 유연한 금속 전도체 형태를 둘러쌈)이 금속 형태보다 더 느린 속도로 연마되기 때문에 발생한다. 따라서, 절연 영역이 평평하게 연마됨에 따라, 연마 패드는 금속 형태의 중심으로부터 우세하게 전도체 물질을 부식시키는 경향이 있어서, 차례로 최종 반도체 장치의 성능을 손상시킬 수 있다.
- <6> 그루브(groove)는 몇가지 이유에서 CMP에 사용되는 연마 패드에 통상적으로 추가시킨다.
- <7> 1. 연마 패드의 표면에 걸쳐 연마되는 웨이퍼의 하이드로플레이닝(hydroplaning)을 방지하기 위하여. 패드가 그루브화되지 않았거나 천공되지 않은 경우, 연마 유체의 연속층은 웨이퍼와 패드 사이에 존재하여 균일한 밀착 접촉을 방지하고 제거 속도를 현저하게 감소시킬 수 있다.
- <8> 2. 슬러리가 패드 표면에 걸쳐 균일하게 분포되고 충분한 슬러리가 웨이퍼의 중심에 이르도록 보장하기 위하여. 이는 연마의 화학 성분이 기계적 성분만큼 중요한, 구리 등의 반응성 금속을 연마하는 경우 특히 중요하다. 웨이퍼에 걸친 균일한 슬러리 분포는 웨이퍼의 중심 및 가장자리에서 동일한 연마 속도를 달성하는 데 필요하다. 그러나, 슬러리 층의 두께는 너무 크지 않아서 직접적인 패드-웨이퍼 접촉을 방지하여야 한다.
- <9> 3. 연마 패드의 전체적이고 국소적인 강성을 조절하기 위하여. 이는 웨이퍼 표면에 걸친 연마 균일성 및 또한 높이가 상이한 형태를 평평하게 하여 매우 평평한 표면을 제공할 수 있도록 하는 패드의 능력을 조절한다.
- <10> 4. 패드 표면으로부터 연마 부스러기를 제거하기 위한 채널로서 기능하기 위하여. 부스러기의 축적은 스크래치 및 기타의 결함이 생길 가능성을 증가시킨다.
- <11> 본 발명은 탄성 회복이 낮고 그루브가 적은 연마 패드에 관한 것이다. 본 발명의 양태는 이제 다음의 상세한 설명을 참조로 하여 예를 들어 설명할 것이다.

- <12> "그루브 강성 계수"("GSQ")는 패드 강성에 대한 그루브 형성의 효과를 평가하는 것으로써 그루브 깊이(D)/상부 패드 두께(T)로서 정의된다. 따라서, 어떠한 그루브도 존재하지 않는 경우 GSQ는 0이고, 다른 극단에서는(그루브가 패드 전체에 걸쳐 있는 경우) GSQ가 1이다. "그루브 유동 계수"("GFQ")는 (패드 계면) 유체 유동상 그루브 효과를 평가하는 것으로, 이에 그루브 횡단면적(G_a)/피치 횡단면적(P_a)으로서 정의된다(여기서, $G_a = D \times W$, $P_a = D \times P$, $P = L + W$ 로, D는 그루브 깊이이고, W는 그루브 폭이고, L은 랜드 영역의 폭이고, P는 피치이다). D는 특정한 그루브 디자인에 대한 상수이기 때문에, GFQ는 또한 피치 그루브 폭(W)/그루브 피치(P)에 대한 그루브 폭의 비로서 나타낼 수도 있다.
- <13> 본 발명은 연마 동안의 탄성 회복률이 낮은 한편, 또한 다수의 공지된 연마 패드와 관련된 현저한 비탄성 특성을 나타내고, 그루브 깊이와 전체 패드 두께 및 그루브 면적과 랜드 영역 사이에 특정한 관계가 성립하는 정의된 그루브 패턴을 갖는, CMP용 연마 패드에 관한 것이다. 어떠한 양태에서는, 본 발명의 패드는 추가로, (i) 평균 표면 조도가 약 1 내지 약 $9\mu m$, (ii) 경도가 약 40 내지 약 70Shore D이고, (iii) 인장 저장 탄성률 E'이 40°C에서 약 2000MPa 이하인 것으로 정의된다. 하나의 양태에서, 본 발명의 연마 패드는 30°C 및 90°C에서의 저장 탄성률(E') 비가 5 이하, 보다 적합하게는 약 4.6 미만, 보다 적합하게는 약 3.6 미만인 것으로 정의된다. 본 발명의 다른 양태에서, 연마 패드는 30°C 및 90°C에서의 E' 비가 약 1.0 내지 약 5.0이고 에너지 손실률(KEL)이 약 100 내지 약 1000(1/Pa)(40°C)인 것으로 정의된다. 다른 양태에서, 연마 패드는 평균 표면 조도가 약 2 내지 약 $7\mu m$, 경도가 약 45 내지 약 65Shore D, 40°C에서의 저장 탄성률(E')이 약 150 내지 약 1500MPa, KEL이 약 125 내지 약 850(1/Pa, 40°C), 30°C 및 90°C에서 E' 비가 약 1.0 내지 약 4.0이다. 다른 양태에서, 본 발명의 연마 패드는 평균 표면 조도가 약 3 내지 약 $5\mu m$, 경도가 약 55 내지 약 63Shore D, 40°C에서의 저장 탄성률(E')이 200 내지 800MPa, KEL이 150 내지 400(1/Pa, 40°C), 30°C 및 90°C에서의 E' 비가 1.0 내지 3.6이다.
- <14> 또 다른 양태에서, 본 발명은 그루브 깊이가 약 75 내지 약 $2,540\mu m$ (보다 적합하게는 약 375 내지 약 $1,270\mu m$, 가장 적합하게는 약 635 내지 약 $890\mu m$)의 범위이고, 그루브 폭이 약 125 내지 약 $1,270\mu m$ (보다 적합하게는 약 250 내지 약 $760\mu m$, 가장 적합하게는 약 375 내지 약 $635\mu m$)의 범위이며, 그루브 피치가 약 500 내지 약 $3,600\mu m$ (보다 적합하게는 약 760 내지 약 $2,280\mu m$, 가장 적합하게는 약 2,000 내지 약 $2,260\mu m$)의 범위인 그루브 패턴을 갖는 연마 패드에 관한 것이다. 이러한 그루브 형상을 갖는 패턴은 그루브 강성 계수("GSQ") 범위 약 0.03(보다 적합하게는 약 0.1, 가장 적합하게는 약 0.2) 내지 약 1.0(보다 적합하게는 약 0.7, 가장 적합하게는 약 0.4) 및 그루브 유동 계수("GFQ") 범위 약 0.03(보다 적합하게는 약 0.1, 가장 적합하게는 약 0.2) 내지 약 0.9(보다 적합하게는 약 0.4, 가장 적합하게는 약 0.3)를 추가로 제공한다.
- <15> 또 다른 양태에서, 본 발명의 패드는 충전되거나 충전되지 않고 다공성이거나 비다공성일 수 있다. 적합한 충전제는 이들로 제한하려는 것은 아니지만, 마이크로-원소(예: 마이크로-벌룬), 연마 입자, 기체, 유체 및 중합체 화학에서 일반적으로 사용되는 임의의 충전제를 포함하며, 단 이들은 연마 성능을 과도하게 부정적으로 간섭하지 않는다. 적합한 연마 입자는 이들로 제한하려는 것은 아니지만, 알루미늄, 세리아, 실리카, 티타니아, 게르마니아, 다이아몬드, 탄화규소 또는 이들의 혼합물을 단독으로 또는 패드 물질의 연속 상으로부터 분리된 취쇄성 매트릭스에 산재한 상태로 포함한다.
- <16> 본 발명의 패드는 연마 유체와 함께, 반도체 장치(또는 이의 전구체), 규소 웨이퍼, 유리(또는 니켈) 메모리 디스크 등의 다수의 기관 중의 어느 하나에 CMP를 수행하는 데 사용될 수 있다. 보다 상세한 내용은 미국 특허 제5,578,362호(Reinhardt et al.)에서 찾을 수 있다. 패드 배합물은 개질시켜서 패드 특성을 특정한 연마 유형에 대해 최적화시킬 수 있다. 예를 들면, 알루미늄 또는 구리 등의 더 유연한 금속의 경우, 더 유연한 패드가 스크래치 및 연마 동안의 기타의 결함을 방지하는 데 때때로 필요하다. 그러나, 패드가 너무 유연한 경우, 패드는 형태의 디싱을 평탄화하거나 최소화시키는 능력이 감소될 수 있다. 옥사이드 및 텅스텐 등의 더욱 경질인 금속을 연마하기 위하여, 더욱 경질인 패드가 허용되는 제거 속도를 달성하는 데 일반적으로 필요하다.
- <17> 또 다른 양태에서, 본 발명은 (i) 임의로 서브마이크론 입자를 함유하는 수성계 액체와 함께 패드의 표면에 대하여 웨이퍼를 가압하고, (ii) 가압하에 웨이퍼와 연마 패드의 상대적 이동에 대해 기계적 또는 유사형 이동을 제공하여 이동 가압 접촉으로 인해 웨이퍼의 표면이 평면상으로 제거되도록 함으로써, 반도체 웨이퍼 위의 금속 상감 구조물을 연마하는 방법에 관한 것이다.
- <18> 본 발명의 적합한 패드는 특히 압축 동안 고 패드 강성과 결합하여 에너지 산일이 크다. 패드는 용이하고 일관되게 재생산될 수 있는 안정한 형태를 나타낸다. 추가로, 패드 표면은 매크로 조직(macro-texture)을 갖는다. 이러한 매크로 조직은 패드 두께를 통과한 천공 또는 표면 그루브 디자인일 수 있다. 이러한 표면 그루브 디자

인은 이들로 제한하려는 것은 아니지만, 동심상 또는 나선형 그루브일 수 있는 원형 그루브, 패드 표면에 걸쳐 X-Y 격자로서의 크로스-해치(cross-hatch)형 패턴, 6각형, 3각형 및 타이어트레드형(tire-tread type) 패턴 등의 기타 규칙적인 패턴, 또는 분차원 패턴 등의 불규칙적인 패턴 또는 이들 패턴의 조합을 포함한다. 그루브 프로파일은 직선 측벽을 갖는 직사각형일 수 있거나 그루브 횡단면은 "V"형, "U"형, 3각형, 톱니형 등일 수 있다. 추가로, 원형 디자인의 기하 중심은 패드의 기하 중심과 일치할 수 있거나 상쇄될 수 있다. 또한, 그루브 디자인은 패드 표면에 걸쳐 변화할 수 있다. 디자인의 선택은 상이한 연마기가 상이한 크기 및 형태의 패드를 사용하기 때문에(즉 원형 연마기의 경우 벨트형 패드), 연마되는 물질 및 연마기 유형에 좌우된다. 그루브 디자인은 특정한 용도로 가공시킬 수 있다. 통상적으로, 이러한 그루브 디자인은 하나 이상의 그루브를 포함한다. 추가로, 특정한 디자인의 그루브 치수는 패드 표면에 걸쳐 변화되어 슬러리 유동 또는 패드 강성 또는 둘 다를 강화시키는 상이한 그루브 밀도의 영역을 생성할 수 있다. 최적의 매크로 조직 디자인은 연마되는 물질(즉, 옥사이드 또는 금속, 구리 또는 텅스텐) 및 연마기의 유형(예: IPEC 676, AMAT Mirra, Westech 472 또는 기타 시판중인 연마 도구)에 좌우된다.

- <19> 다음 도면이 제공된다:
- <20> 도 1은 패드 및 그루브 치수를 나타낸다.
- <21> 도 2는 일정한 패드 두께에서의 그루브 깊이에 대한 GSQ를 나타낸다.
- <22> 도 3은 일정한 그루브 깊이에서의 패드 두께에 대한 GSQ를 나타낸다.
- <23> 도 4는 일정한 그루브 피치에서의 그루브 폭에 대한 GFQ를 나타낸다.
- <24> 도 5는 일정한 그루브 폭에서의 그루브 피치에 대한 GFQ를 나타낸다.
- <25> CMP용으로 사용되는 시판중인 패드는 통상적으로 두께가 약 1,300 μm 이다. 패드 두께는 패드의 강성에 기여할 수 있으며, 이는 차례로, 패드가 반도체 장치를 평탄화시키는 능력을 결정할 수 있다. 패드 강성은 패드 탄성률 \times (두께)³에 비례하며, 이는 문헌[참조: Machinery's Handbook, 23rd edition]에 논의되어 있고, 당해 문헌은 모든 유용한 목적으로 전체적으로 참조로 인용된다(특히 297면을 참조). 따라서, 패드 두께를 2배로 하면 이론적으로 강성은 8배 증가할 수 있다. 평탄화를 달성하기 위하여, 250 μm 를 초과하는 패드 두께가 통상적으로 필요하다. 자세대장치에 대해서는, 1,300 μm 를 초과하는 패드 두께가 필요할 수 있다. 적합한 패드 두께는 약 250 내지 5,100 μm 의 범위이다. 5,100 μm 를 초과하는 패드 두께에서는, 패드를 구형 웨이퍼 평면도의 변형에 일치시키는 능력이 없기 때문에 연마 균일도가 손상될 수 있다.
- <26> 주어진 패드 두께에 대하여, 패드 탄성률이 증가하면 패드 강성 및 패드의 평탄화 능력이 증가한다. 따라서, 충전되지 않은 패드는 충전된 패드보다 보다 효과적으로 평탄화된다. 그러나, 강성이 탄성률은 1승에만 비례함에 반해, 두께는 3승에 비례하므로, 패드 두께를 변화시키는 것이 패드 탄성률을 변화시키는 것보다 현저한 영향을 발휘할 수 있음을 인지하는 것이 중요하다.
- <27> 패드를 그루브화시키면 이의 유효 강성이 감소되지만, 슬러리 분포가 이동 균일성이어서, 연마되는 웨이퍼 표면의 평면도가 높아진다. 일반적으로, 패드 두께에 대하여 그루브가 깊어지면, 패드는 더욱 가요성이 된다. 도 1은 그루브화 패드의 주요 치수를 정의하며, 다음과 같이, 패드 두께에 대한 그루브 깊이에 관한 GSQ를 나타낸다:
- <28> $GSQ = \text{그루브 깊이}(D) / \text{패드 두께}(T)$
- <29> 어떠한 그루브도 존재하지 않는 경우, GSQ는 0이고, 다른 극단에서는, 그루브가 패드 전체에 걸쳐 있는 경우, GSQ는 1이다.
- <30> 제2 파라미터는 디자인의 랜드 영역에 대한 그루브 면적에 관하여 사용될 수 있다. 이 또한 도 1에 나타낸다. 이러한 파라미터를 나타내는 편리한 방법은 GFQ가 다음과 같이 정의되도록, 그루브 반복 영역(즉, 피치 횡단면적)의 총 단면적에 대한 그루브 단면적의 비를 계산하는 것이다:
- <31> $GFQ = \text{그루브 단면적}(G_a) / \text{피치 단면적}(P_a)$
- <32> (여기서, $G_a = D \times W$, $P_a = D \times P$, $P = L + W$ 이고, D는 그루브 깊이이고, W는 그루브 폭이고, L은 랜드 영역의 폭이며, P는 피치이다) D는 특정한 그루브 디자인에 대한 상수이므로, GFQ는 피치에 대한 그루브 폭의 비로서 나타낼 수 있다.

- <33> $GFQ = \text{그루브 폭}(W) / \text{그루브 피치}(P)$
- <34> GSQ 값은 일반적으로 패드 강성, 웨이퍼에 걸친 슬러리 분포, 연마 페부스러기의 제거 및 패드에 걸친 웨이퍼의 하이드로플레이닝에 영향을 미친다. 높은 GSQ 값에서는 최대의 영향은 일반적으로 패드 강성에 대한 것이다. 극단의 경우, 그루브 깊이가 패드 두께와 동일한 경우, 패드는 인접한 아일랜드와 독립적으로 굽힐 수 있는 개별적인 아일랜드를 포함한다. 두번째로, 특정한 그루브 깊이를 넘어서면, 그루브의 채널 용적은 일반적으로 이의 깊이에 따라 슬러리를 분포시키고 폐물을 제거하기에 충분히 크다. 반대로, 낮은 GSQ 값에서는 슬러리 및 폐물 운송이 통상적으로 주요한 문제가 된다. 낮은 GSQ 값에서 또는 어떠한 그루브도 없는 극도의 경우에서도, 얇은 액체 막이 패드 및 웨이퍼가 밀착 접촉하는 것을 방지하여 하이드로플레이닝 및 무효 연마를 발생시킬 수 있다.
- <35> 웨이퍼가 패드 표면 위로 하이드로플레이닝하는 것을 피하기 위하여, 그루브는 일반적으로 중요한 최소 값보다 더 깊어야 한다. 이 값은 패드 표면의 마이크로 조직에 좌우된다. 통상적으로, 마이크로 조직은 평균 돌출 길이가 0.5 μm 미만인 복수의 돌출부를 포함한다. 어떠한 시판중인 패드에서는, 중합체성 미소구체가 패드에 다공도를 첨가시키고 표면 조도를 증가시켜, 하이드로플레이닝 경향 및 공격적 패드 컨디셔닝 요구를 감소시킨다. 충전된 패드에 대해, 하이드로플레이닝을 방지하는 최소 그루브 깊이는 약 75 μm 이고 충전되지 않은 패드에 대해서는 약 125 μm 이다. 따라서, 합당한 패드 두께를 2,540 μm 로 가정하면, 충전되거나 충전되지 않은 패드의 GSQ 최소값은 각각 0.03 내지 0.05이다.
- <36> 그루브화 패드의 패드 수명을 결정하는 한가지 인자는 그루브의 깊이인데, 이는 그루브가 슬러리를 분포시키고, 폐물을 제거하고, 하이드로플레이닝을 방지하는 데 충분한 깊이인 지점까지 패드가 마모될 때까지만 허용되는 연마를 수행할 수 있기 때문이다. 허용되는 패드 강성 및 장기간의 패드 수명의 조합을 달성하기 위하여, 깊은 그루브 뿐만 아니라 강성을 제공하기에 충분한 잔여 패드를 가질 필요가 있다. 그루브 밀도 및 크기가 증가함에 따라, 패드 강성은 그루브 깊이에만 좌우된다고 보다는, 패드의 그루브화되지 않은 잔여 층의 두께(도 1의 S)에 보다 좌우되게 된다.
- <37> 또한 패드가 마모됨에 따라, 전체 패드 두께와 상응하는 강성이 감소된다. 따라서, 연마 시간과 관련된 강성 변화는 더 두꺼운 패드에 대해서는 비교적 덜하기 때문에, 초기 패드 두께가 두꺼운 것이 유리할 수 있다. 그루브가 더 깊은 그루브화 패드에 대해서, 하부 비그루브화 층 및 전체 패드에 대한 두께는 두꺼운 것이 적합한데, 이는 강성이 이러한 경우 그루브 깊이에 덜 좌우될 수 있기 때문이다.
- <38> 패드 강성은 웨이퍼에 걸친 제거 속도의 균일성, 다이 수평면도 및 적계는 다이 내부의 형태의 디싱 및 부식을 포함한 몇가지 중요한 연마 파라미터를 조절하기 때문에, 중요하다. 균일한 연마에 이상적이게도, 제거 속도는 웨이퍼 표면 위의 모든 점에서 동일하여야 한다. 이는 패드가 패드와 웨이퍼 사이의 모든 지점에서 동일한 접촉 압력 및 상대 속도로 전체 웨이퍼 표면과 접촉될 필요가 있음을 제안한다. 불행하게도, 웨이퍼는 완전히 평평하지 않고 통상적으로 제조 응력 및 다양한 부착 산화물 및 금속 층의 상이한 열 팽창 계수로 인하여 어느 정도의 만곡이 있다. 이로 인해 연마 패드가 웨이퍼 규모의 평면도 변이성과 일치하기에 충분한 가요성을 가질 필요가 있다. 이러한 문제에 대한 하나의 해결책은 통상적으로 보다 압축성인, 발포형 중합체성 물질인 가요성 하부 베이스 패드에 강성 연마 패드를 적층시키는 것이다. 이는 연마 상부 패드의 강성을 과도하게 절충시키지 않고 웨이퍼에 걸친 연마 균일성을 개선시킨다.
- <39> 가장자리 효과 또한 연마 동안 발생할 수 있다. 이러한 현상은 웨이퍼 표면에 걸친 제거 불균일성으로서 나타나서, 웨이퍼 가장자리 근처의 물질이 덜 제거된다. 당해 문제는 상부 패드의 강성이 증가하고 베이스 패드의 압축률이 증가함에 따라 악화된다. 이러한 현상은 문헌[참조: A. R. Baker, "The Origin of the Edge Effect in CMP", Electrochemical Society Proceedings, Volume 96-22, 228, (1996)]에 논의되어 있으며, 당해 문헌은 모든 유용한 목적에 대하여 전체적으로 참조로 인용된다. 상부 패드를 그루브화시킴으로써, 이의 강성을 감소시키고 따라서 가장자리 효과를 감소시킬 수 있다. 상부 패드 강성은 패드가 다이 평면 형태를 평탄화시키는 능력을 조절하기 때문에 중요하다. 이는 화학 기계적 평탄화에 대한 패드의 중요한 특성이고, CMP 공정이 사용되는 바로 그 이유이다. 이는 문헌[참조: "Chemical Mechanical Planarization of Microelectronic Materials", J. M. Steigerwald, S. P. Murarka, R. J. Gutman, Wiley, (1997)]에 기재되어 있으며, 당해 문헌은 모든 유용한 목적에 대하여 전체적으로 참조로 인용된다.
- <40> 통상적인 집적 회로 다이는 층 사이에 상이한 크기 및 패턴 밀도를 갖는 도관 선 및 바이어스 등의 형태를 함유한다. 이상적으로, 연마가 진행됨에 따라, 이들 형태는 형태 크기 및 패턴 밀도에 좌우되는 평면도에 이를 필요가 있다. 이로 인해 우선 높은 스포트를 제거하고 다이 표면에 완전히 평평해질 때까지 계속해서 높은 스포

트를 우선적으로 제거하는 강성 패드를 필요로 한다.

<41> 평탄화 면에서, 이상적인 패드는 잘 평탄화하기 위하여 낮은 GSQ 값(높은 강성에 상응함)을 갖는다. 마이크로 별론으로 충전된 패드는 상응하는 충전되지 않은 패드보다 탄성률이 낮아서 강성이 낮으므로, 충전된 패드는 충전되지 않은 패드보다 낮은 GSQ 값을 가져서 동일한 강성을 달성해야 한다. 이는 위에서 논의된 하이드로플레 이닝 면으로부터의 GSQ 경향성과 부합한다. 다른 중요한 비는 피치에 대한 그루브 폭에 관한 GFQ이다. 이러한 파라미터는 웨이퍼와 접촉한 패드의 표면적, 패드에 걸친 슬러리 유동 특성과 패드-웨이퍼 계면의 슬러리 유동 특성 및 작게는 패드 강성을 결정한다.

<42> 위에서 논의한 바와 같이, 패드 강성은 GSQ에 의해 합당하게 설명될 수 있는 그루브 깊이에 좌우된다. 이는 다른 그루브 치수를 포함하는 GFQ에 다소 좌우된다. 이러한 종속 상태는 그루브 폭 보다는 그루브 피치로 인한 것이다. 날카롭고 얇은 그루브는 거의 넓은 그루브와 다름 없이 강성을 감소시키고 그루브가 패드에 더 많을수록(더 낮은 피치) 강성은 더 낮아진다. 따라서, 강성은 GFQ가 증가함에 따라 감소한다.

<43> 아래의 표는 얇은 패드와 두꺼운 패드(제조원: Rodel Inc.)(다른 부분은 실질적으로 동일함)의 원형 그루브에 대해 평행으로 및 직각으로 측정된 저장 탄성률 E' 데이터를 나타낸다. 그루브 치수는 위의 이전에 표에 미리 나타내었다. 패드 두께, 계산된 GSQ 및 GFQ 파라미터 및 얇은 패드에 표준화시킨 강성 값 또한 나타낸다.

패드	T(μm)	GSQ	GFQ	저장 탄성률 E' (MPa) 직각방향	저장 탄성률 E' (MPa) 평행방향	강성 직각방향	강성 평행방향
얇음	1,270	0.300	0.167	337	455	4.2E13	5.7E13
두꺼움	2,030	0.375	0.167	199	418	1.0E14	2.1E14

<45> 몇가지 흥미로운 관찰이 위의 표에 있는 데이터로부터 명백하다. 우선, 패드 특성이 측정 방향에 좌우된다는 점이다. 저장 탄성률 E'와 강성 값 모두 이방성이고 그루브 방향에 대해 평행으로 측정되었는지 또는 직각으로 측정되었는지의 여부에 좌우된다. 그루브 방향이 만족의 방향에 직각인 경우 패드는 보다 가요성이다. 이는 패드가 낮은 반지름 드라이브 실린더 주위로 반복적이고 신속하게 이동해야 하는, 벨트 또는 롤형 연마기용으로 패드를 디자인하는 경우 중요한 고려사항이다. 이방성은 얇은 패드에 비하여 두꺼운 패드에 대해 더 중요하다.

<46> 두번째로, 두꺼운 패드의 강성은 얇은 패드의 강성보다 높다는 것이 명백하다. 더 높은 값을 유도하는 인자는 두꺼운 패드의 더 큰 두께이다. 따라서, 얇은 패드의 저장 탄성률 E'은 두꺼운 패드의 저장 탄성률 E'보다 크고 GSQ 비와 부합하며, 이러한 경우, 상대적으로 낮은 GSQ 및 GFQ 값에 대하여, 두께는 강성을 결정하는 데 있어서 GSQ 또는 GFQ보다 더 중요하다. 그루브 깊이가 패드 두께에 근접한 높은 GSQ 값에서는, 패드 두께보다는 GSQ가 강성을 결정한다.

<47> 최적의 그루브 디자인 및 이에 따른 GSQ 및 GFQ 파라미터는 다수의 인자에 좌우된다. 이는 패드 크기, 연마 공구 및 연마되는 물질을 포함한다. 대부분의 연마기는 원형 패드를 사용하고 패드 및 웨이퍼의 행성 운동을 기본으로 하지만, 차세대 연마기는 선형 패드를 기본으로 하여 나타나고 있다. 이러한 연마기의 유형에 대하여, 패드는 연속 벨트 형태이거나 웨이퍼 하에서 점진적으로 이동하는 롤 형태일 수 있다. 아래의 표에 나타낸 바와 같이 상이한 연마기는 상이한 크기 및 형태의 패드를 사용한다.

공구 공급원	공구명	패드 유형	패드 치수
Westech	372,472	원형	직경 57.2cm
AMAT	Mirra	원형	직경 50.8cm
Strasbaugh	Symphony	원형	직경 71.1 내지 76.2 cm
IPEC	676	원형	직경 25.4cm
Speedfam		원형	직경 91.4cm
LAM	Teres	벨트형	30.5cm×238.8cm
Obsidian		롤형	48.3cm×762cm
Ebara		원형	직경 57.2cm

<49> 원형 패드에 대하여, 슬러리는 통상적으로 패드 중앙에 도입되어 원심상으로 패드 가장자리로 운송된다. 따라

서, 큰 패드의 경우, 슬러리 운송은 보다 힘들게 되고 패드 표면을 그루브화하여 강화시킬 수 있다. 동심적인 그루브는 패드 표면 위에 슬러리를 포획하고 방사상 그루브 또는 크로스-해치 디자인은 패드 표면에 걸쳐 유동성을 촉진시킬 수 있다. 따라서, 더 큰 패드에 대해서는 더 조밀한 그루브 디자인 또는 달리 표현하자면, 더 높은 GFQ 비를 갖는 것이 유리하다. IPEC 676 연마기는 작은 패드를 사용하지만, 슬러리는 패드를 통하여 웨이퍼 표면으로 도입된다. 따라서, X-Y 그루브의 격자는 패드 표면에 걸쳐 공급 홀로부터 슬러리를 운송하는 데 필요하다. 선형 연마기에 대하여, 그루브는 슬러리 유동을 촉진시킬 뿐만 아니라, 패드를 보다 가요성이 되도록 하여 드라이브 메카니즘 주위로 반복적으로 구부릴 수 있도록 할 필요가 있다. 따라서, 선형 연마기용 패드는 깊은 그루브 및 높은 GSQ 비를 갖는, 매우 얇은 경향이 있다. 또한, 그루브는 적합하게는 패드의 길이에 평행하기보다는 직각으로 절단된다.

<50> 명칭이 제안하듯, CMP 연마는 기계적인 동시에 화학적인 성분을 포함하는 공정이다. 이들 각각의 상대적인 중요성은 연마되는 물질에 좌우된다. 예를 들면, 옥사이드 유전체 및 텅스텐 등의 경질 물질은 패드의 기계적 특성에 의해 제거가 우세하게 결정되므로, 매우 경질인 패드를 요한다. 구리 및 알루미늄 등의 보다 반응성인 물질에 대하여, 더 연질인 패드가 적합하고, 화학 성분이 보다 중요하게 된다. 따라서, 옥사이드 또는 텅스텐 등의 물질에 대해서, 더 높은 저장 탄성률 E', 강성 패드가 더 낮은 GSQ 및 GFQ 비에 적합하다. 반대로, 구리 및 알루미늄 등의 물질에 대해서는, 패드 표면에 걸친 슬러리 운송이 결정적이며, 이는 더 높은 GSQ 및 GFQ 값의 경우 유리하다. 후자의 예로서, 구리 연마 속도는 슬러리 결핍 때문에 웨이퍼의 중심에서 종종 낮다. 이는 X-Y 그루브를 통상적인 원형 환 디자인에 가하여 웨이퍼의 중심에 슬러리 유동을 증가시킴으로써 개조시킬 수 있다.

<51> 제1 접근으로서, 연마 제거 속도는 제거 속도가 웨이퍼와 패드 간의 연마 다운-포스(down-force)와 상대 속도의 곱에 비례한다고 기술되어 있는 문헌[참조: F.W. Preston, J. Soc. Glass Tech., XI, 214, (1927)]에 기재된 프레스턴(Preston)의 식에 의해 결정하며, 당해 문헌은 모든 유용한 목적으로 전체적으로 참조로 인용된다. 웨이퍼와 패드의 동시성 회전에 대하여, 웨이퍼 표면 위의 모든 점은 동일한 상대 속도를 거친다. 그러나, 실제로는, 동시성 회전은 거의 사용되지 않고 웨이퍼와 패드 회전 속도는 상이하다. 이는 중심의 느린 연마 또는 중심의 빠른 연마를 생성하는 웨이퍼 표면에 걸친 제거 속도에서의 불균일성을 발생시킬 수 있다.

<52> 당해 문제는 패드 표면에 걸쳐 그루브 밀도를 변화시켜, 즉 중심에서 패드의 가장자리로 그루브 폭, 피치 또는 깊이를 변화시켜 개정할 수 있다. 그루브 깊이(즉, GSQ) 또는 그루브 형태(원형 대 X-Y 대 둘 모두 등)를 변화시킴으로써, 패드의 국소 강성을 조절할 수 있으며, 랜드 영역에 대한 그루브(즉, GFQ)를 변화시킴으로써, 웨이퍼와 접촉한 패드의 슬러리 분포 및 면적을 조작할 수 있다.

<53> 이러한 조절이 유용한 예는 반도체 웨이퍼의 불균일 금속화의 경우이다. 웨이퍼 위에 부착된 전기도금된 구리의 두께는 평탄화 공정의 불량한 조절 때문에 웨이퍼에 걸쳐 종종 불균일하다. 연마 후에 평면 구리 두께를 달성하기 위하여, 더 두꺼운 영역에서 구리를 더 신속하게 우선적으로 제거할 수 있는 패드를 갖는 것이 바람직하다. 이는 패드를 더욱 강성이 되게 하거나(즉, GSQ를 증가시키거나) 이러한 영역으로 슬러리 유동을 증가시킴으로써(즉, GFQ를 증가시킴으로써) 달성될 수 있다.

<54> 본 발명의 패드는 다수의 상이한 방법 중의 어느 하나로 제조할 수 있다. 게다가, 정확한 조성은 패드가 연마 동안 낮은 탄성 회복률을 나타내는 한 일반적으로 중요하지 않다. 우레탄이 적합한 패드 물질이지만, 본 발명은 폴리우레탄으로 한정되지 않고 본원에 기재된 낮은 탄성 회복률을 제공할 수 있는 어떠한 화학물질도 실질적으로 포함할 수 있다. 패드는 제한하려는 것은 아니지만, 열가소성 물질 또는 열경화성 수지일 수 있으며, 충전되거나 충전되지 않을 수 있다. 본 발명의 패드는 제한하려는 것은 아니지만, 주조, 압축, 사출 성형(반응 사출 성형 포함), 압출, 웹-코팅, 광중합, 압출, 프린팅(잉크-젯 및 스크린 프린팅), 소결 등의 다수의 중합체 가공법 중의 어느 하나에 의해 제조할 수 있다. 예시적인 양태에서, 본 발명의 패드는 다음 특성 중의 하나 이상을 갖는다.

<55> 1. 덜 공격적인 컨디셔닝을 요하는 패드 표면 글레이징의 감소로 인한 낮은 패드 마모성 및 장기간의 패드 수명,

<56> 2. 도관 및 플러그 등의 전도성 형태의 최소 디싱,

<57> 3. 웨이퍼 표면에 걸쳐 달성된 다이 수평면도, 및/또는

<58> 4. 스크래치 및 광점 결함(light-point-defect) 등의 최소 결함으로 연마된 반도체 장치의 개선된 전기적 성능 유도.

- <59> 위의 특성은 연마 패드의 물리적 특성을 통해 영향받을 수 있고 때로는 조절될 수 있지만, 패드 성능은 또한 연마 공정 및 패드, 슬러리, 연마 공구 및 연마 조건 등 사이의 인력의 모든 측면에 좌우된다.
- <60> 하나의 양태에서, 본 발명의 패드는 평활한 연마 표면을 정의하는 반면, 연마를 촉진하는 슬러리 유동 및 나노의 거칠음(asperity)에 대한 마이크로-채널을 여전히 유지한다. 패드 조도를 최소화하는 한가지 방법은 충전제 입자가 패드 조도를 증가시키는 경향이 있기 때문에, 충전되지 않은 패드를 제작하는 것이다.
- <61> 패드 컨디셔닝 또한 중요하다. 충분한 컨디셔닝은 패드 표면의 마이크로-채널을 생성하고 패드 표면의 친수성을 증가시키는 데 일반적으로 필요하지만, 오버-컨디셔닝은 표면을 과도하게 거칠게 할 수 있고, 이는 차례로 불필요한 디싱을 증가시킬 수 있다.
- <62> 본 발명의 패드는 적합하게는 낮은 탄성 리바운드를 갖는다. 이러한 리바운드는 종종 몇가지 미터법 중의 어느 하나에 의해 정량화할 수 있다. 아마도 가장 간단한 이러한 미터법은 정지 압축 하중 및 압축률(%) 및 탄성 회복률(%)의 측정의 적용을 포함한다. 압축률(%)은 패드의 원래의 두께의 비율(%)로서 나타내는, 주어진 하중에서의 물질의 압축 변형으로서 정의된다. 탄성 회복률(%)은 하중을 패드 표면으로부터 제거하는 경우 회복되는 압축 변형의 분획으로서 정의된다.
- <63> 그러나, 탄성 리바운드에 대한 위의 시험은 본원에 기재된 연마 패드에 적용하기에 결점이 있는데, 이는 연마가 동적인 공정이어서 정지 파라미터를 사용하여 부적합하게 정의되기 때문이다. 또한, 연마 패드는 점탄성 거동을 나타내는 중첩체성인 경향이 있으므로, 아마도 더 나은 방법은 동적 기계적 분석의 기술을 사용하는 것일 것이다(참조: J. D. Ferry, "*Viscoelastic Properties of Polymers*", New York, Wiley, 1961).
- <64> 점탄성 물질은 적용된 변형에 대하여 점성과 탄성 거동을 모두 나타낸다. 수득한 응력 신호는 두 성분으로 분리될 수 있다: 변형을 갖는 상에 존재하는 탄성 응력 및 변형을 갖는 상에서 90° 벗어난 변형 속도를 갖는 상에 존재하는 점성 응력. 탄성 응력은 물질이 탄성 고체로서 거동하는 정도의 척도이고, 점성 응력은 물질이 이상적인 유체로서 거동하는 정도의 척도이다. 탄성 및 점성 응력은 변형에 대한 응력 비(당해 비는 탄성물질로서 정의될 수 있다)를 통한 물질 특성에 관한 것이다. 따라서, 변형에 대한 탄성 응력의 비는 저장(또는 탄성) 탄성률이고, 변형에 대한 점성 응력의 비는 손실(또는 점성) 탄성률이다. 인장 또는 압축 상태에서 시험하는 경우, E' 및 E''은 각각 저장 및 손실 탄성률을 나타낸다.
- <65> 저장 탄성률에 대한 손실 탄성률의 비는 응력과 변형 사이의 상 각 이동(δ)의 탄젠트이다. 따라서, E''/E' = Tan δ 이고, 물질의 댐핑(damping) 능력의 척도이다.
- <66> 연마는 연마 패드와 웨이퍼 둘 다의 환형 운동을 수반하는 동적 공정이다. 에너지는 일반적으로 연마 주기 동안 패드에 전달된다. 이러한 에너지의 일부는 열로서 패드 내부에서 소산되고, 이러한 에너지의 잔여 부분은 패드에 저장되어 후속적으로 연마 주기 동안 탄성 에너지로서 방출된다. 후자는 디싱의 현상에 기인한다.
- <67> 낮은 리바운드를 갖고 환형 변형 동안 상대적으로 높은 에너지량을 흡수하는 패드가 연마 동안 상대적으로 소량의 디싱을 일으키는 경향이 있다는 것이 밝혀졌다. 이러한 효과를 정량적으로 설명하는 데 사용될 수 있는 몇 가지 파라미터가 존재한다. 가장 간단한 것은 위에서 정의한 Tan δ 이다. 그러나, 아마도 연마 성능을 예상하기 위한 더 나은 파라미터는 "에너지 손실률"로서 공지되어 있다. 문헌[ASTM D4092-90 ("*Standard Terminology Relating to Dynamic Mechanical Measurements of Plastics*")]에는 각각의 변형 주기에서 단위 용적 손실당 에너지로서의 이러한 파라미터가 정의되어 있다. 즉, 이는 응력-변형 히스테레시스 루프(loop) 내의 영역의 척도이다.
- <68> 에너지 손실률(KEL)은 Tan δ 와 저장 탄성률(E')과의 함수이고 다음 식에 의해 정의될 수 있다:
- <69>
$$KEL = \tan \delta * 10^{12} / [E' * (1 + (\tan \delta)^2)]$$
- <70> (여기서, E'은 파스칼 단위이다)
- <71> 패드에 대한 KEL 값이 높을수록 일반적으로 탄성 리바운드는 낮아지고 관찰된 디싱은 낮아진다.
- <72> 패드에 대한 KEL 값을 증가시키는 방법은 패드를 보다 유연하게 만드는 것이다. 그러나, 당해 방법은 패드의 KEL을 증가시키면서, 또한 패드의 강성을 감소시키는 경향이 있다. 이는 일반적으로 불필요한 패드의 평면 효율성을 감소시킬 수 있다.
- <73> 패드의 KEL 값을 증가시키는 방법은 KEL이 강성을 감소시키지 않고 증가되는 방식으로 이의 물리적 조성을 변경

시키는 것이다. 이는 패드의 경질 세그먼트(또는 상) 및 연결 세그먼트(또는 상)의 조성 및/또는 패드의 연결 세그먼트(또는 상)에 대한 경질 세그먼트의 비를 변경시켜 달성될 수 있다. 이로부터 허용되는 높은 강성과 함께 적합하게 높은 경도를 가져서 탁월한 평탄화 효율을 전달하는 패드가 수득된다.

- <74> 중합체 블렌드의 형태는 이의 최종적인 특성을 정할 수 있고 따라서 상이한 용도의 중합체의 최종 성능에 영향을 미칠 수 있다. 중합체 형태는 제조 공정 및 중합체를 제조하는 데 사용되는 성분의 특성에 의해 영향받을 수 있다. 연마 패드를 제조하는 데 사용되는 중합체의 성분은 적합하게 선택되어 수득한 패드 형태가 안정적이고 쉽게 재생 가능하도록 해야 한다.
- <75> 본 발명의 또 다른 양태에서, 연마 패드를 제조하는 데 사용되는 중합체의 유리전이 온도는 패드의 강성에 상당한 영향을 미치지 않고 연마 패드의 온도가 주위 온도 이하로 변화되도록 하는 데 사용된다. 패드의 유리전이 온도(Tg)를 강하시키면 패드의 KEL이 증가되고, 20 내지 100℃의 통상적인 연마 온도에서 강성이 거의 변화되지 않는 패드를 제조할 수 있도록 한다. 따라서, 연마 온도의 변화는 패드의 물리적 특성, 특히 강성에 최소의 영향을 미친다. 이는 보다 예상 가능하고 일관된 성능을 발생시킬 수 있다.
- <76> 본 발명의 양태의 특성은 유리전이 온도를 실온 미만으로 변화시키고 승온으로 일정한 Tg 초과에서 연마 평면도를 달성하는 데 충분히 높은 값인 저장 탄성률 E'을 발생시키는 배합물을 디자인하는 능력이다. 저장 탄성률 E' 조도는 "경질"의, 더 높은 연화 온도 상의 가교결합 상 분리를 통해 또는 무기 충전제(알루미나, 실리카, 세리아, 탄산칼슘 등)의 첨가에 의해 종종 개선시킬 수 있다. 중합체의 Tg(유리전이 온도)를 주위 온도 이하로 변화시키는 또 다른 이점은, 본 발명의 어떠한 양태에서는, 수득한 패드 표면이 글레이징에 보다 내성일 수 있다는 것이다.
- <77> 반도체 기관의 고성능 연마를 위하여, 일정한 그루브 성능은 패드 그루브들 사이의 연마 표면이 지지되지 않거나 부직 섬유계 물질에 의해 강화된 친수성 다공성 또는 비다공성 물질일 것을 요구한다.
- <78> 본 발명의 패드는 이들로 제한하려는 것은 아니지만, 구조, 압축, 사출 성형(반응 사출 성형 포함), 압출, 웹-코팅, 광중합, 압출, 인쇄(잉크-젯 및 스크린 인쇄 포함), 소결 등의, 다수의 중합체 가공법 중의 어느 하나에 의해 제조할 수 있다. 패드는 또한 충전시키지 않거나 중합체성 마이크로별론, 기체, 유체 또는 무기 충전제(예: 실리카, 알루미나 및 탄산칼슘) 등의 물질로 임의로 충전시킬 수 있다. 적합한 연마 입자는 이들로 제한하려는 것은 아니지만, 알루미나, 세리아, 실리카, 티타니아, 게르마늄, 다이아몬드, 탄화규소 또는 이들의 혼합물을 포함한다. 본 발명의 패드는 통상적인 회전식과 차세대 선형 연마기(롤 또는 벨트 패드)에 유용하도록 디자인할 수 있다.
- <79> 추가로, 본 발명의 패드는 슬러리를 함유하는 통상적인 연마제로 연마하는 데 사용되도록 디자인할 수 있거나, 다른 방법으로, 연마제를 패드 및 무입자 반응성 액체와 사용되는 패드로 혼입시키거나, 또 다른 양태에서는, 어떠한 연마제도 가지 않은 본 발명의 패드는 무입자 반응성 액체(당해 배합물은 구리 등의 연마 물질에 특히 유용하다)와 사용할 수 있다. 적합한 연마 입자는 이들로 제한하려는 것은 아니지만, 알루미나, 세리아, 실리카, 티타니아, 게르마니아, 다이아몬드, 탄화규소 또는 이들의 혼합물을 포함한다. 반응성 액체는 또한 산화제, 금속 용해도를 강화시키는 화학물질(킬레이트화제 또는 착화제) 및 계면활성제를 또한 함유할 수 있다. 연마제를 함유하는 슬러리는 또한 연마 입자를 현탁액 속에서 유지시키는 유기 중합체 등의 첨가제를 포함한다. 무연마제 슬러리에 사용되는 착화제는 통상적으로 극성 잔기를 두 개 이상 포함하고 평균 분자량이 1000을 초과한다.
- <80> 본 발명의 패드는 또한 파장이 약 190 내지 약 3,500nm인 전자기 방사선에 투과성인 중합체로 제작된 작은 부분을 갖는다. 이 부분은 웨이퍼가 연마되면서 웨이퍼 표면 상태를 광학 검출할 수 있도록 한다. 모든 유용한 목적으로 전체적으로 본원에서 인용된 미국 특허 제5,605,760호에서 더 자세한 사항을 찾을 수 있다.
- <81> 본 발명의 패드의 특성은 다음을 포함한다:
- <82> 1. 높은 패드 강성 및 패드 표면 경도.
- <83> 2. 높은 에너지 감쇄(높은 KEL),
- <84> 3. 용이하고 일관되게 재생할 수 있어서, 연마 동안 현저히 또는 불리하게 변화하지 않는 안정한 형태,
- <85> 4. 글레이징을 감소시킴으로써 덜 빈번하고 덜 공격적인 컨디셔닝을 요하게 되어, 연마 동안의 낮은 패드 마모성 및 장기간 패드 수명을 발생시키는 패드 표면,

- <86> 5. 기공 및 표면 공극이 없어서 사용된 슬러리를 포획하고 패드 조도를 증가시키는 포켓(pocket)을 감소시켜서 웨이퍼 결함의 주요 근원을 제거하는 특성,
- <87> 6. 연마되는 웨이퍼의 하이드로플레이닝을 방지하여 웨이퍼 표면 위의 최소 결함을 유도하는, 개선된 슬러리 분포 및 폐물 제거 및/또는
- <88> 7. 패드 화학성분이 용이하게 변경되어 광범위한 웨이퍼를 연마하기에 적합하도록 되는 특성.
- <89> 위의 특성 중의 하나 이상은 다음 연마 혜택으로 종종 이어질 수 있다:
- <90> 1. 높은 패드 강성으로 평면도가 우수한 웨이퍼를 수득함,
- <91> 2. 패드의 상부 층은 낮은 글레이징으로 보다 용이하고 보다 균일하게 조절되고, 이는 다른 패드와 비교하는 경우, 연마된 IC 웨이퍼 위의 스크래치 및 LPD 결함을 감소시킴,
- <92> 3. 연장된 과연마 시간에서도 패턴 웨이퍼에서 더 낮은 최종 디성이 보여짐. 이는 높은 KEL 및 높은 저장 탄성률 E'의 바람직한 조합으로 인한 것임,
- <93> 4. 표준 패드와 비교하는 경우 패턴 웨이퍼 위의 더 큰 연마 윈도우,
- <94> 5. 패턴 웨이퍼 위에서 관찰되는 특징적인 특정 디성이 없음, 및/또는
- <95> 6. 패드 강성이 20 내지 100℃의 통상적인 연마 온도 범위에서 거의 변하지 않아서 매우 안정하고 균일한 연마를 유도함.
- <96> 요약하면,
- <97> 1. 금속 CMP용 패드는 일반적으로 강성(저장 탄성률 E' 및 두께), 그루브 디자인(그루브 폭, 그루브 깊이 및 그루브 피치에 영향을 미침), 그루브 강성 비율, 그루브 유동 비율, 에너지 손실률(KEL), 저장 탄성률 E'-온도 비, 경도 및 표면 조도 중의 하나 이상의 최적화된 조합을 갖고,
- <98> 2. 탄성 회복성이 있는 패드는 일반적으로 금속 CMP 연마 동안의 형태의 낮은 디성을 생성하고,
- <99> 3. 낮은 탄성 회복률은 "에너지 손실률"(KEL) 면에서 정의될 수 있으며,
- <100> 4. 이들 파라미터의 범위는 아래에 나타난 바와 같다.

<101>

파라미터	범위	바람직한 범위	가장 바람직한 범위
두께(μm)	250 내지 5,100	1,270 내지 5,100	2,000 내지 3,600
표면 조도, Ra(μ)	1 내지 9	2 내지 7	3 내지 5
경도(Shore D)	40 내지 70	45 내지 65	55 내지 63
그루브 깊이(μm)	75 내지 2,540	375 내지 1,270	635 내지 890
그루브 폭(μm)	125 내지 1.270	250 내지 760	375 내지 635
그루브 피치(μm)	500 내지 3,600	760 내지 2,280	2,000 내지 2,260
GSQ	0.03 내지 1.00	0.1 내지 0.7	0.2 내지 0.4
GFQ	0.03 내지 0.9	0.1 내지 0.4	0.2 내지 0.3
저장탄성률, E'(MPa)(40℃)	150 내지 2000	150 내지 1500	200 내지 800
KEL(1/Pa)(40℃)	100 내지 1000	125 내지 850	150 내지 400
30℃ 및 90℃에서의 E'의 비	1.0 내지 4.6	1.0 내지 4.0	1.0 내지 3.5

- <102> 저장 탄성률, (E') 및 에너지 손실률(KEL)은 40℃의 온도에서 10라디언/sec의 진동수의 동적 기계적 분석방법을 사용하여 측정한다. KEL은 앞서 정의된 식을 사용하여 계산한다.
- <103> 마지막 열은 30℃ 및 90℃에서 측정된 저장 탄성률 E'의 비를 정의한다. 이는 연마에 대한 유용한 온도 범위를 나타낸다. 이상적으로, 저장 탄성률 E'은 온도 증가에 따라 가능한 한 거의 변화하지 않고 선형의 경향성으로 변화한다(즉, 비가 1에 근접함). 표면 조도 값은 컨디셔닝 후의 값이다.
- <104> 위의 표로부터, 본 발명의 패드는 일반적으로 평평한 저장 탄성률 E' - 온도 반응, 높은 저장 탄성률 E' 값과 결합한 높은 KEL 값, 컨디셔닝 후의 낮은 표면 조도 및 특정한 연마 적용에 대해 선택된 그루브 디자인에 상응

하는 최적화된 GSQ 및 GFQ 값을 갖는다.

<105> 실시예

<106> 다음의 비제한적 실시예는 본 발명의 이점을 설명한다. 실시예 1 및 2는 비교용 패드를 나타낸다.

<107> 비교 실시예 1

<108> 당해 실시예는 미국 특허 제5,578,362호 및 제5,900,164호에 기재된 패드를 나타낸다. 중합체성 매트릭스는 약 65℃에서 폴리에테르계 액상 우레탄(Uniroyal ADIPRENE® L325) 2997g을 4,4-메틸렌-비스-클로로아닐린(MBCA) 768g과 혼합하여 제조한다. 이 온도에서 우레탄/다관능가 아민 혼합물은 포트 라이프가 약 2.5분이고, 이 동안, 중공 탄성 중합체성 미소구체(EXPANCEL® 551DE) 약 69g을 고전단 혼합기를 사용하여 3450rpm에서 블렌딩하여 혼합물 중의 미소구체를 균일하게 분포시킨다. 최종 혼합물을 금형에 옹기고 약 15분 동안 겔이 되도록 방치한다.

<109> 이어서, 금형을 경화 오븐에 넣고, 약 93℃에서 약 5시간 동안 경화시킨다. 이어서, 혼합물을 금형 온도가 약 21℃가 될때까지 약 4 내지 6시간 동안 냉각시킨다. 이어서, 성형품을 얇은 시트로 "베어내고(skiving)", 매크로-채널을 기계적으로 표면으로 기계가공한다("패드 1A").

<110> 유사하게, ADIPRENE® L325를 ADIPRENE® L100의 화학량적 동량으로 대체시킴을 제외하고는 유사한 방법으로, 또 다른 충전된 패드("패드 1C")를 제조한다.

<111> 폴리에틸렌을 충전시키지 않음을 제외하고는, 위에서 기재한 것과 동일한 제조방법을 사용하여 제3 패드("패드 1B")를 제조한다.

<112> 비교 실시예 2

<113> 이 실시예는 미국 특허 제6,022,268호에 기재된 성형법에 의해 제조한 패드("패드 2A")를 나타낸다.

<114> 연마 패드를 형성시키기 위하여, 두 개의 액상 스트림을 함께 혼합하고 필요한 패드 형상의 밀폐 금형으로 사출한다. 금형의 표면을 통상적으로 그루브화하여 수득한 성형 패드가 그루브화 매크로 조직을 가져서 슬러리 운송을 용이하게 한다. 제1 스트림은 아민 촉매와 함께, 중합체성 디올과 중합체성 디아민의 혼합물로 이루어진다. 제2 스트림은 디페닐메탄디이소시아네이트(MDI)로 이루어진다. 사용되는 디이소시아네이트의 양은 디올과 디아민 그룹과의 완전한 반응 후에 약간 과량을 수득하도록 하는 양이다.

<115> 혼합된 스트림은 약 70℃에서 가열된 금형으로 사출시켜 상 분리된 폴리우레탄-우레아 중합체성 물질을 형성한다. 필요한 중합 시간이 경과한 후, 순형상의 패드 형태인 이제 고형인 부분을 후속적으로 이형시킨다.

<116> 도 1은 실시예 1 및 2에 기재된 패드에 대한 주요 물리적 특성을 나타낸다.

표 1

<117> 패드 1A, 패드 1B, 패드 1C 및 패드 2A의 물리적 특성

파라미터	패드 1A	패드 1B	패드 1C	패드 2A
실시예 #	1A	1B	1C	2
표면 조도, Ra(μ)	10 내지 14	2 내지 5	유사 IC1000	1 내지 4
경도(Shore D)	50 내지 55	73	29	60 내지 65
저장 탄성률 E'(MPa)(40℃)	370	926	26	1580
KEL(1/Pa)(40℃)	243	108	766	33
30℃ 및 90℃에서의 E'의 비	5.2	6.4	7.5	11.8

<118> 실시예 3

<119> 실시예 3은 실시예 1에 기재된 것과 유사한 제조방법을 사용하여 본 발명에 따라 충전된 패드와 충전되지 않은

패드를 제조하는 공정을 나타낸다.

<120> 충전되지 않은 캐스팅(실시에 3A, B 및 C)을 MBCA 경화제의 이론적인 양의 95%로 경화시킨, 표 2에 나타낸 이소시아네이트 ADIPRENE를 사용하여 제조한다. ADIPRENE과 MBCA 경화제를 함께 완전히 혼합하고, 초기 혼합물을 원형 금형으로 투입하여 구조물을 형성하는 공정으로 이루어진다. 금형 온도는 100℃이고 캐스팅은 100℃에서 16시간 동안 후속적으로 후경화시킨다. 후경화 후, 원형 캐스팅을 50mil 두께의 얇은 시트로 "베어내고", 매크로-패널을 표면으로 기계적으로 가공한다. 채널은 통상적으로 깊이 15mil, 폭 10mil, 피치 30mil이다. 구조물의 특성은 표 2에 나타나 있고 CMP 공정에서 금속 층의 연마에 필요한 주요 물리적 특성의 바람직한 조합을 설명한다.

<121> 실시예 3D는 EXPANCEL[®] 551DE를 2중량% 함유하고 실시예 1에 기재된 바와 같이 제조한다.

표 2

<122> 캐스트 패드의 특성

실시에 #	3A	3B	3C	3D
유형	충전되지 않음	충전되지 않음	충전되지 않음	충전됨
ADIPRENE [®]	LF1950A	LF950A	LF700D	LF751D
EXPANCEL [®] 551DE	0	0	0	2중량%
경도(Shore D)	40	50	70	59
저장 탄성률 E'(MPa)(40℃)	120	122	533	452
KEL(1/Pa)(40℃)	714	666	285	121
30℃ 및 90℃에서의 E'의 비	1.3	1.1	2.5	2.7
주 1: ADIPRENE [®] LF는 톨루엔 디이소시아네이트계 프리폴리머(제조원: Uniroyal Chemical Company Inc.)이다				

<123> 실시예 4

<124> 실시예 4는 실시예 2에 기재된 것과 유사한 성형공정을 사용하여 본 발명의 패드를 제조하는 공정을 나타낸다. 표 3은 성형 공정에 의해 제조된 통상적인 패드의 조성 및 주요 물리적 특성을 나타낸다. 성형 조건은 실시예 2에 기재한 바와 같다.

표 3

<125> 성형 패드의 조성 및 특성

조성	실시에			
	4A	4B	4C	4D
폴리아민(Eq. Wt. 425)	24.71	18.42	18.43	34.84
폴리아민(Eq. Wt. 220)	24.71	30.05	30.56	24.39
폴리프로필렌 글리콜(Eq. Wt. 1000)	21.18	20.77		
폴리프로필렌 글리콜(Eq. Wt. 2100)			21.12	10.45
MDI(Eq. Wt. 144.5)	29.39	30.77	29.59	30.33
경도(Shore D)	52	51	57	60
저장 탄성률 E'(Mpa)(40℃)	196	214	657	690
KEL(1/Pa)(40℃)	517	418	208	199
30℃ 및 90℃에서의 E' 비	4.6	4.1	4.2	3.4
표준화된 구리 제거 속도	0.713	0.648	0.616	0.919
(숫자는 각 성분의 중량%를 나타낸다)				

<126> 미세한 구리 형태의 디싱 정도를 측정하기 위하여 표 3으로부터의 통상적인 패드 배합물을 사용하여 구리 패턴

화 웨이퍼를 연마한다. 연마 성능을 실시예 1에서 제조한 패드와 비교한다.

<127> 평탄화 속도 141rpm, 캐리어 속도 139rpm, 다운-포스 4psi를 사용하는 적용된 물질의 MIRRA 연마기를 사용하여 두 패드를 연마한다. 패드는 ABT 컨디셔너를 사용하여 사용 전에 예비컨디셔닝한다. 후 컨디셔닝은 웨이퍼 사이에서 사용한다. 상이한 치수의 구리 형태를 함유하는 세마테크(Secatech) 패턴 웨이퍼 931 테스트 마스크를 실험용 구리 슬러리(CUS3116)(제조원: Rodel)와 결합한 패드를 사용하여 연마한다.

<128> 연마 후, 구리 형태를 원자력 현미경을 사용하여 디싱에 대하여 측정한다. 웨이퍼 검사 시스템(Orbot Instrument Ltd.)을 사용하여 결함을 측정한다. 표 4는 연마된 패드에 대한 디싱 및 결함 데이터를 요약한다.

표 4

<129> 성형 패드에 대한 패턴화 웨이퍼 연마 데이터

패드 유형	형태 크기 및 유형에 대한 디싱(A)				결함 수
	10 μ 라인	25 μ 라인	100 μ 라인	본드 패드	
조절	1037	1589	2197	2009	14760
성형 패드	455	589	775	392	265

<130> 성형 패드의 경우 디싱 및 결함률이 현저히 감소됨이 데이터로부터 명백하다.

실시예 5

<132> 실시예 5는 압출 공정을 사용하여 열가소성 중합체로부터 본 발명의 패드를 제조하는 것을 나타낸다. 폴리에테르형 열가소성 폴리우레탄을 하케 혼합기(Haake mixer)를 사용하여 4 μ 또는 10 μ 탄산칼슘 충전제 20중량%와 블렌딩한다. 수득한 블렌드를 충전되지 않은 중합체와 함께 이축 스크류 압출기(제조원: American Leistritz)를 사용하여 50mil 시트로 압출시킨다. 추가의 배합물을 위의 폴리에테르계 TPU와 함께 더 연질인 폴리에테르계 TPU와 블렌딩하여 제조한다. 이를 다시 탄산칼슘으로 충전시킨다. 시트의 주요 물리적 특성을 측정하고 이를 표 5에 나타낸다.

표 5

<133> 압출 패드의 조성 및 특성

조성	실시예					
	5A	5B	5C	5D	5E	5F
폴리에테르계 TPU(명칭상 경도 65D)(중량%)	100	80	80	75	60	60
폴리에스테르계 TPU(명칭상 경도 45D)(중량%)	-			25	20	20
4 μ 탄산칼슘(중량%)	-	20			20	
10 μ 탄산칼슘(중량%)	-		20			20
저장 탄성률 E'(MPa)(40℃)	204	567	299	416	309	452
KEL(1/Pa)(40℃)	547	167	394	168	269	170
30℃ 및 90℃에서의 E' 비	2.4	1.7	2.2	1.6	1.8	1.6

<134> 열가소성 폴리우레탄(TPU)의 예가 본 발명을 설명하는 데 사용되었지만, 본 발명은 TPU로 제한되지는 않는다. 주요 특성 기준이 달성되는 한, 나일론, 폴리에스테르, 폴리카보네이트, 폴리메타크릴레이트 등의 기타의 열가소성 또는 열경화성 중합체 또한 적용 가능하다. 특성은 충전되지 않은 열가소성 중합체에 의해 달성되지 않더라도, 유기 또는 무기 충전제 또는 보강재로 충전시켜 베이스 중합체 특성을 변경시키거나, 다른 중합체와 블렌딩시키거나, 공중합시키거나, 가소화시키거나, 중합체 배합분야의 숙련자에게 공지된 기타의 배합 기술에 의해 실현될 수 있다.

<135> 표 5로부터의 통상적인 패드 배합물을 미세한 구리 형태의 디싱을 측정하기 위하여 연마 패턴화 웨이퍼를 연마

하는 데 사용한다. 연마 성능을 실시예 1에서 제조한 패드와 비교한다.

<136> 평탄화 속도 141rpm, 캐리어 속도 139rpm, 다운-포스 4psi를 사용하는 적용된 물질의 MIRRA 연마기를 사용하여 두 패드를 연마한다. 패드는 ABT 컨디셔너를 사용하여 사용 전에 예비컨디셔닝한다. 후 컨디셔닝은 웨이퍼 사이에서 사용한다. 상이한 치수의 구리 형태를 함유하는 세마테크 패턴 웨이퍼 931 테스트 마스크를 슬러리와 결합한 패드를 사용하여 연마한다.

<137> 연마 후, 구리 형태를 원자력 현미경을 사용하여 디싱에 대하여 측정한다. 웨이퍼 검사 시스템(Orbot Instrument Ltd.)을 사용하여 결함을 측정한다. 표 6은 연마된 패드에 대한 디싱 및 결함 데이터를 요약한다.

표 6

<138> 압출 패드에 대한 패턴화 웨이퍼 연마 데이터

	형태 크기 및 유형에 대한 디싱(A)			
패드 유형	10 μ 라인	25 μ 라인	100 μ 라인	본드 패드
조절	1037	1589	2197	2009
압출 패드	750	923	1338	641

<139> 압출 패드가 디싱을 현저히 감소시킴이 데이터로부터 명백하다.

실시예 6

<141> 도 2 내지 5는 GSQ와 GFQ 사이의 관계 및 본 발명의 패드에 대한 그루브 치수를 그래프로 나타낸다. 도 2 및 3은 그루브 두께 및 패드 두께 범위를 각각 나타낸다. 그루브 두께 및 패드 두께의 이들 값으로부터, GSQ에 대한 적합한 범위를 계산하는 것이 가능하다. 게다가, 도 4 및 5는 그루브 폭 및 그루브 피치 범위를 각각 나타낸다. 그루브 폭 및 그루브 피치의 이들 값으로부터, GFQ의 적합한 범위를 계산하는 것이 가능하다. 아래의 표는 "최적화" 패드에 대한 그루브 치수 및 특정한 값의 범위를 요약하고 있다.

파라미터	범위	바람직한 범위	가장 바람직한 범위	최적값
두께(μm)	250 내지 5,100	1,270 내지 5,100	2,000 내지 3,600	2,300
그루브 깊이(μm)	75 내지 2,540	375 내지 1,270	635 내지 890	760
그루브 폭(μm)	125 내지 1,270	250 내지 760	375 내지 635	500
그루브 피치(μm)	500 내지 3,600	760 내지 2,280	2,000 내지 2,260	2,150
GSQ	0.03 내지 1.00	0.1 내지 0.7	0.2 내지 0.4	0.333
GFQ	0.03 내지 0.9	0.1 내지 0.4	0.2 내지 0.3	0.235

<143> 추가로 연마 패드의 그루브 디자인을 최적화시켜 최적 연마 결과를 달성할 수 있다. 이러한 최적화는 패드 표면에 걸쳐 그루브 디자인을 변화시켜 CMP 연마 동안 패드-웨이퍼 계면에 걸쳐 슬러리 유동을 조정한다.

<144> 예를 들면, 웨이퍼의 중앙에서 더 높은 제거 속도를 필요로 하는 경우, 두 개의 상이한 기술이 이러한 목적을 달성하는 데 사용 가능하다. 패드 위의 웨이퍼 트랙의 중심에서 그루브의 수는 감소되는 한편, 패드의 다른 곳의 그루브의 수는 증가하거나 유지될 수 있다. 이는 웨이퍼의 중심과 접촉한 패드 면적을 증가시키고 웨이퍼의 중심에서의 제거 속도를 증가시키는 데 도움을 준다.

<145> 웨이퍼 중심에서의 제거 속도를 증가시키는 또 다른 기술은 패드 위의 웨이퍼 트랙의 중심에서의 그루브 깊이를 감소시키는 것이다. 이는 슬러리를 함유하는 연마제를 사용한 연마 구리 기관의 경우, 특히 유효하다. 이러한 얇은 그루브는 웨이퍼 표면과 패드 사이에 포획된 연마제량을 증가시켜 웨이퍼 중심에서의 제거 속도를 증가시킨다.

<146> 그루브 디자인은 웨이퍼 표면에 걸친 슬러리의 체류 시간을 변화시키는 데 사용될 수도 있다. 예를 들면, 패드

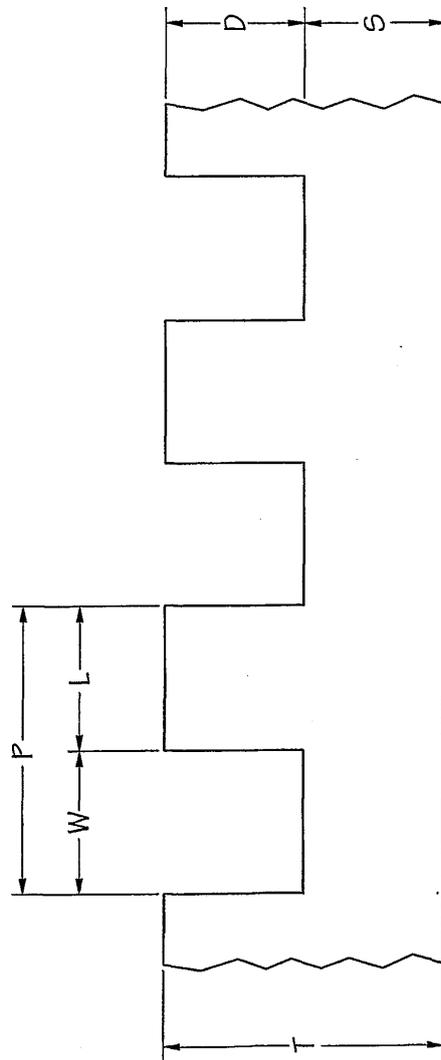
-웨이퍼 계면에서의 슬러리의 체류 시간은 패드에 걸쳐 균일하게 그루브 깊이를 증가시켜 증가시킬 수 있다.

<147>

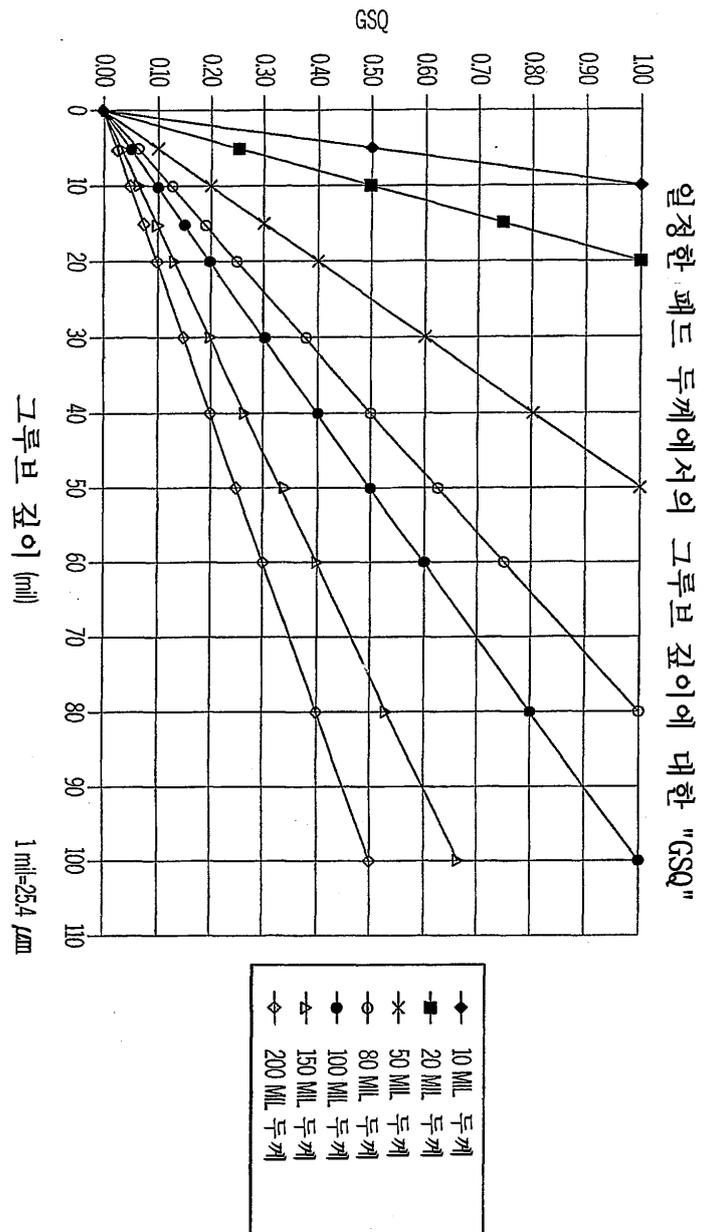
유사하게, 패드-웨이퍼 계면에서의 슬러리의 체류 시간은 패드 위의 그루브 패턴을 변화시켜 감소시킬 수 있다. X-Y 패턴은 웨이퍼 표면에 걸쳐 환형 패턴의 상부 위에서 신속하게 슬러리 채널로 포겔 수 있다. 추가로 환형 그루브 또는 X-Y 그루브의 피치를 변경시켜 패드에 걸쳐 슬러리 유동을 미세 조정할 수 있다.

도면

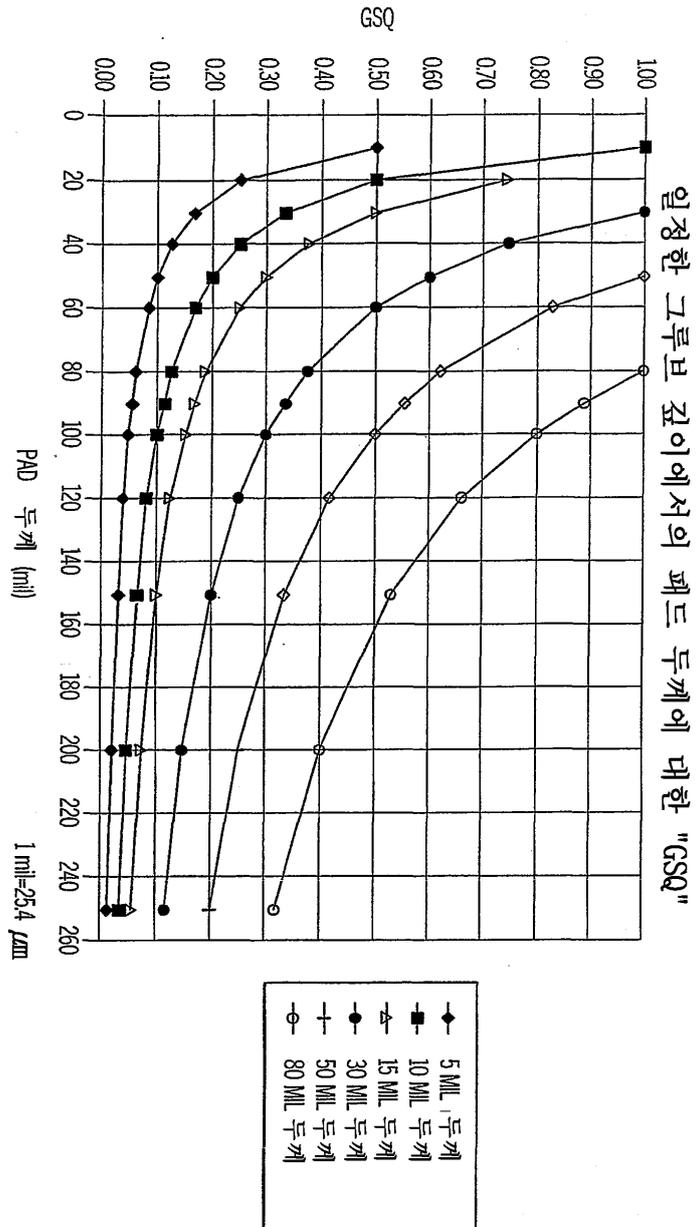
도면1



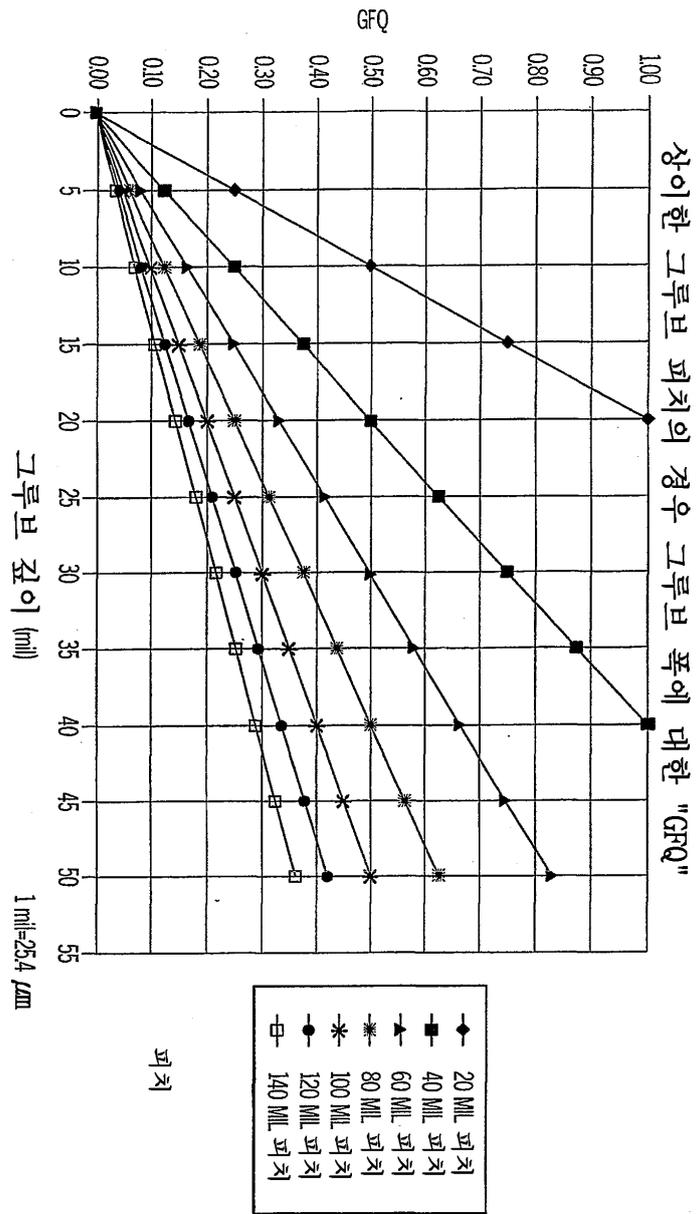
도면2



도면3



도면4



도면5

