



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0032556
 (43) 공개일자 2012년04월05일

- | | |
|--|--|
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B24B 37/04 (2006.01) B24B 53/017 (2012.01)
B24B 37/11 (2012.01) H01L 21/304 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7003194(분할)
(22) 출원일자(국제) 2007년12월21일
심사청구일자 없음
(62) 원출원 특허 10-2009-7013036
원출원일자(국제) 2007년12월21일
심사청구일자 2009년06월24일
(85) 번역문제출일자 2012년02월06일
(86) 국제출원번호 PCT/US2007/088548
(87) 국제공개번호 WO 2008/083071
국제공개일자 2008년07월10일
(30) 우선권주장
60/882,351 2006년12월28일 미국(US) | (71) 출원인
생-고뱅 세라믹스 앤드 플라스틱스, 인코포레이티드
미국 매사추세츠 01615-0138, 우스터 피.오.박스 15138 뉴 본드 스트리트 1
(72) 발명자
타니켈라, 브라하마난담, 브이.
미국 매사추세츠 01532, 노쓰보로, 메디슨 로드 117
친나카루판, 팔라니아판
미국 오하이오 45066, 스프링보로, 제니 레인 225
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
장훈 |
|--|--|

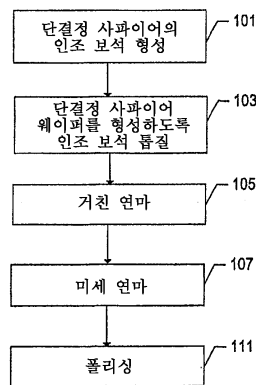
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 발명의 명칭 사파이어 기관 연마 방법

(57) 요약

사파이어 기관을 가공하는 방법은 제 1 고정 연마재를 사용하여 사파이어 기관의 제 1 표면을 연마하는 단계, 및 제 2 고정 연마재를 사용하여 사파이어 기관의 상기 제 1 표면을 연마하는 단계를 포함하며, 상기 제 2 고정 연마재는 상기 제 1 고정 연마재보다 작은 평균 그레인 크기를 가지며, 상기 제 2 고정 연마재는 자체 드레싱한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

리주토, 로버트, 에이.

미국 매사추세츠 01606, 우스터, 더블유. 보일스톤
스트리트 1093

쉐리안, 이삭, 케이

미국 매사추세츠 01545, 슈르즈베리, 트로우브리지
레인 49

베단탐, 라마누잠

미국 매사추세츠 01606, 우스터, 아로우식 스트리트
15

특허청구의 범위

청구항 1

제 1 고정 연마재를 사용하여 사파이어 기관의 제 1 표면을 연마하고, 상기 제 1 표면의 반대편의 상기 사파이어 기관의 제 2 표면을 연마하는 단계; 및

상기 제 1 고정 연마재와 다른 제 2 고정 연마재를 사용하여 상기 사파이어 기관의 상기 제 1 표면을 연마하는 단계를 포함하며;

상기 제 2 고정 연마재는 상기 제 1 고정 연마재보다 작은 평균 그레인 크기를 가지며, 상기 제 2 고정 연마재는 자체 드레싱하고,

상기 제 1 고정 연마재를 사용하여 사파이어 기관의 제 1 표면을 연마하는 단계는 제 1 표면에 피크 수직 항력을 적용하는 단계를 포함하며, 상기 피크 수직 항력은 50N/mm 폭 이하이며,

상기 사파이어 기관은 0.037 $\mu\text{m}/\text{cm}^2$ 이하의 표준화된 전체 두께 변화(nTTV) 및 0.100 $\mu\text{m}/\text{cm}^2$ 이하의 표준화 곡선(nBow)의 조합을 가지는 사파이어 기관 연마 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 사파이어 기관의 제 1 표면은 능동 전자 디바이스의 제조를 지지하기 위하여 구성되는 사파이어 기관 연마 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 고정 연마재는 다이아몬드를 포함하는 사파이어 기관 연마 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 사파이어 기관 및 이러한 기관을 다듬질하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 그룹 III 및 그룹 V 원소들의 단결정 질화 물질에 기반하는 반도체 성분들은 발광 다이오드(LED), 레이저 다이오드(LD), 디스플레이, 트랜지스터 및 검출기와 같은 디바이스에 대해 이상적이다. 특히, 그룹 III 및 그룹 V 질화물 화합물을 이용하는 반도체 소자들은 UV 및 청/녹 파장 영역에서의 발광 디바이스에 유용하다. 예를 들어, 갈륨 질화물(GaN)과, AlGaN, InGaN 및 그 조합과 같은 관련 물질은 많은 수요에서 질화물 반도체 물질의 가장 일반적인 예이다.

[0003] 그러나, 이러한 질화물 반도체 물질의 인조 보석(boule) 및 기관의 제조는 많은 이유 때문에 어려운 것으로 판명되었다. 따라서, 이질적 기관 물질(foreign substrate material)에서의 질화물 반도체 물질의 에피택셜 성장(epitaxial growth)은 실용적인 대안으로 고려된다. SiC(탄화 실리콘), Al₂O₃(사파이어 또는 강옥), 및 MgAl₂O₄(첨정석)를 포함하는 기관은 일반적인 이질적 기관 물질이다.

[0004] 이러한 이질적 기관은 질화물 반도체 물질, 특히 GaN과 상이한 결정 격자(lattice) 구조를 가지며, 그러므로 격자 불일치를 가진다. 이러한 불일치와, 중첩하는 반도체 물질에서의 응력 및 결함과 같은 부수적인 문제들에도 불구하고, 큰 표면적, 고품질 기관, 특히 사파이어 기관이 산업적으로 요구된다. 그러나, 보다 큰 크기에서의 고품질 기관의 제조에 대한 요구는 여전히 있다.

도면의 간단한 설명

[0005] 도 1은 한 실시예에 따른 기관을 형성하는 방법을 형성하는 흐름도.

도 2는 한 실시예에 따른 연마 장치를 예시한 도면.

도 3a 및 도 3b는 전형적인 연마 공구에 대한 비교로서 본 발명에 따른 연마 공구의 사용을 비교한 그래프.

도 4는 한 실시예에 따른 폴리싱 장치를 도시한 도면.

도 5는 c-평면 배향 사파이어 기관의 오배향 각도를 예시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0006] a-평면, r-평면, m-평면 및 c-평면 배향으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 결정학상 배향을 가지며 약 0.037 $\mu\text{m}/\text{cm}^2$ 이하의 nTTV를 가지는 사파이어 기관에 대한 하나의 실시예가 도출되었으며, nTTV는 대체로 평면인 표면의 표면적을 위한 표준화된 전체 두께 변화이며, 상기 기관은 적어도 약 9.0cm의 지름을 가진다.
- [0007] a-평면, r-평면, m-평면 및 c-평면 배향으로 이루어진 그룹으로서 선택된 결정학상 배향을 가지며 약 3.0 μm 이하의 TTV를 가지는 사파이어 기관에 대한 또 다른 실시예가 도출되었으며, TTV는 대체로 평면인 표면의 전체 두께 변화이다. 기관은 적어도 약 6.5cm의 지름과 약 525 μm 이하의 두께를 가진다.
- [0008] 제 1 고정 연마재를 사용하여 사파이어 기관의 제 1 표면을 연마하는 단계, 및 제 2 고정 연마재를 사용하여 사파이어 기관의 제 1 표면을 연마하는 단계를 포함하는 사파이어 기관을 가공하는 방법에 대한 또 다른 실시예가 도출된다. 제 2 고정 연마재는 제 1 고정 연마재보다 작은 평균 그레인 크기를 가지며, 제 2 고정 연마재는 자체 드레싱(self-derssing)한다.
- [0009] 제 1 표면이 c-평면 배향을 가지도록 연마재를 사용하여 각각의 사파이어 기관의 제 1 표면을 연마하는 단계를 포함하는, 사파이어 기관들을 포함하는 사파이어 기관 로트(lot)를 제공하는 방법이 도시되며, 사파이어 기관 로트는 적어도 20개의 사파이어 기관들을 포함한다. 각각의 사파이어 기관은 (i) c-평면 배향, (ii) 결정학상의 m-평면 오배향(misorientation) 각도(θ_m), 및 (iii) 결정학상의 a-평면 오배향 각도(θ_a)를 가지는 제 1 표면을 가지며, (a) 적어도 하나의 오배향 각도(θ_m)의 표준 편차(σ_m)는 약 0.0130 이하이며, (b) 오배향 각도(θ_a)의 표준 편차(σ_a)는 약 0.0325 이하이다.
- [0010] 적어도 20개의 사파이어 기관들을 포함하는 사파이어 기관 로트에 대한 또 다른 실시예가 도출된다. 각각의 사파이어 기관은 (i) c-평면 배향, (ii) 결정학상의 m-평면 오배향 각도(θ_m), 및 (iii) 결정학상의 a-평면 오배향 각도(θ_a)를 가지는 제 1 표면을 가지며, (a) 적어도 하나의 오배향 각도(θ_m)의 표준 편차(σ_m)는 약 0.0130 이하이며, (b) 오배향 각도(θ_a)의 표준 편차(σ_a)는 약 0.0325 이하이다.
- [0011] 본 발명은 첨부된 도면을 참조하는 것에 의해 보다 더 잘 이해될 수 있으며, 특징 및 이점은 당업자에게 자명하게 된다.
- [0012] [실시예]
- [0013] 상이한 도면에서의 동일한 도면 부호의 사용은 유사 또는 동일한 부품을 지시한다.
- [0014] 한 양태에 따라서, 제 1 고정 연마재를 사용하여 사파이어 기관의 제 1 표면을 연마하는 단계와, 제 2 고정 연마재를 사용하여 사파이어 기관의 제 1 표면을 연마하는 단계를 포함하는 방법이 제공된다. 상기 방법은 제 2 고정 연마재가 제 1 고정 연마재보다 작은 평균 그레인 크기를 가지도록, 제 2 고정 연마재가 제 1 고정 연마재보다 미세하며, 제 2 고정 연마재는 자체 드레싱(self-dressing) 연마재 표면인 방법을 추가로 제공한다.
- [0015] 명료한 방식에 의해, 연마재들은 대체로 자유 연마재와 고정 연마재로 분류될 수 있다. 자유 연마재들은 대체로 현탁액을 형성하는 액체 매체에서 분말 형태 또는 입자 형태를 하는 연마재 그레인 또는 그릿(grit)으로 구성된다. 고정 연마재들은 대체로, 고정 연마재들이 서로에 대한 연마재 그릿의 위치를 고정하는 물질의 매트릭스 내에 있는 연마재 그릿을 이용하는 것에서 자유 연마재와 다르다. 고정 연마재들은 대체로 결합된 연마재들과 코팅된 연마재들을 포함한다. 코팅된 연마재들의 예는 샌드페이퍼이며; 코팅된 연마재들은 전형적으로 평면 시트(또는 벨트, 플랩 등을 형성하도록 평면 시트의 평면 도형 처리)이며, 평면 시트는 그릿 및 다양한 크기 및 코팅 제조제(make coat)가 침착되는 가요성 기관에 의지한다. 대조적으로, 결합된 연마재들은 이러한 기관에 의지하지 않으며, 연마재 그릿들은 그릿이 분포되는 매트릭스 본드 물질의 사용에 의해 서로에 대해 적소에서 고정된다. 이러한 결합된 연마재 성분들은 대체로 본드 매트릭스를 연화하여 유동시켜 그릿을 적시고 냉각되는 본드 매트릭스의 경화 온도(전형적으로 750 $^{\circ}\text{C}$ 이상)에서 형상화 또는 몰딩되고 열처리된다. 고리, 원뿔, 원통, 꼭지

잘린 원뿔, 다양한 다각형과 같은 다양한 3차원 형태가 이용될 수 있으며, 연마 휠, 연마 블록, 연마 비트(bit) 등으로서 형성될 수 있다. 본원에 기술된 특정 실시예들은 결합된 연마재들의 형태로 하는 고정 연마재 성분을 이용한다.

- [0016] 도 1을 참조하여, 한 실시예에 따른 기관을 형성하는 방법이 흐름도로 도시되어 있다. 상기 방법은 단계 101에서 단결정 사파이어의 인조 보석을 형성하는 것에 의해 개시된다. 예측할 수 있는 바와 같이, 사파이어는 반도체 디바이스, 특히 LED/LD 적용을 위한 기관으로서 사용하는데 적절한 임의의 크기 및 형상을 가지는 블랭크 또는 인조 보석으로 형성될 수 있다. 그러므로, 일반적인 형상은 실질적으로 원통형 외형을 가지는 인조 보석이다. 단결정 사파이어의 형성은 초크랄스키 방법(Czochralski Method), 에지 한정 막 공급 성장법(Edge-Defined Film Fed Growth, EFG), 또는 키로폴로스 방법(Kyropoulos Method), 또는 필요한 크기 및 형상의 인조 보석, 및 결정의 배향에 의존하는 다른 기술과 같은 기술을 사용하여 달성될 수 있다.
- [0017] 단계 101에서 단결정 사파이어를 형성한 후에, 인조 보석 또는 블랭크의 톱질이 단계 103에서 사파이어를 구획하여 웨이퍼들을 형성하도록 착수된다. 특정 실시예에 따라서, 사파이어를 톱질하는 것은 실질적으로 원통 형상을 가지는 사파이어 인조 보석의 와이어 톱질(wire sawing)을 포함한다. 사파이어 인조 보석의 와이어 톱질은 다수의 다듬질되지 않은 사파이어 웨이퍼를 제공한다. 대체로, 와이어 톱질 공정의 기간은 약 2.0시간과 같은 약 수시간으로부터 약 30시간까지 변할 수 있다. 다듬질되지 않은 사파이어 웨이퍼의 필요한 두께는 약 8.0mm 미만의 두께, 또는 약 5.0mm 미만의 두께와 같이 약 10mm 미만일 수 있다. 한 실시예에 따라서, 단계 103에서 와이어 톱질 후에 사파이어 웨이퍼의 두께는 약 1.0mm 미만의 두께와 같이 약 3.0mm 미만의 두께이다.
- [0018] 한 실시예에 따라서, 와이어 톱질은 연마재 그레이인이 도금 또는 코팅된 와이어의 어레이와 같은 고정 연마재 와이어 요소 또는 요소들을 사용하는 것에 의해 수행된다. 하나의 실행에 있어서, 입방 붕소 질화물(cubic boron nitride, CBN) 또는 다이아몬드와 같은 초연마재(superabrasive)와, 사파이어 인조 보석은 고속(예를 들어, 5000rpm까지)으로 회전되고, 와이어 그리드로 가압되며, 이에 의해, 단일 단계로 전체 인조 보석을 슬라이스화한다. 이러한 기술의 하나의 예는 미국, 메사추세츠, 샬렘에 소재하는 Crystal Systems Inc.에 의해 제공되는 FAST(고정 연마재 슬라이스화 기술)와 같은 비스풀형(non-spooling type) 와이어톱질이다. 또 다른 예는 스푼간(spool-to-spool) 와이어 톱질 시스템이다.
- [0019] 전형적으로 리본 또는 시트의 형상을 하는, EFG 공정에 의해 만들어진 단결정 미가공 스톡(raw stock)의 경우에, 와이어 톱질 공정은 필요하지 않으며, 코어 빼기(cored-out, 형상화된) 웨이퍼들은 연마 단계로 직접 진행할 수 있다.
- [0020] 명료성을 위하여, 용어 "웨이퍼"와 "기관"은 광전자 디바이스를 형성하는 것과 같이, 그 위에서 반도체 층들의 에피택셜 성장을 위한 기관으로서 사용되도록 형성되거나 또는 처리되는 구획화된 사파이어 물질을 지칭하기 위해 본원에서 동의어로 사용된다. 때때로, 웨이퍼로서 다듬질되지 않은 사파이어 조각을, 그리고 기관으로서 다듬질된 사파이어 조각을 지칭하는 것이 통상적이지만, 본원에서 사용되는 바와 같이, 이러한 용어가 반드시 이러한 구별을 부과하는 것은 아니다.
- [0021] 도 1에 도시된 실시예에 따라서, 단계 103에서 톱질을 통해 다수의 사파이어 웨이퍼들을 형성한 후에, 다듬질되지 않은 사파이어 웨이퍼의 표면들이 처리될 수 있다. 전형적으로, 다듬질되지 않은 사파이어 웨이퍼들의 한쪽 또는 양쪽의 주요 표면들은 표면들의 마무리를 개선하도록 연마될 수 있다. 한 실시예에 따라서, 다듬질되지 않은 사파이어 웨이퍼들은 단계 105에서 거친 연마 공정을 거친다. 거친 연마 단계는 다듬질되지 않은 사파이어 기관의 양쪽 주요 표면들을 연마하는 단계를 포함할 수 있다. 일반적으로, 거친 연마 공정은 상당히 높은 물질 제거율로 와이어 톱질에 의해 유발된 주요 표면 불규칙성을 제거하도록 충분한 양의 물질을 제거한다. 이리하여, 거친 연마 공정은 다듬질되지 않은 사파이어 기관의 주요 표면으로부터 적어도 약 40미크론, 또는 적어도 약 50미크론과 같이, 다듬질되지 않은 사파이어 기관의 주요 표면으로부터 적어도 약 30미크론의 물질을 제거할 수 있다.
- [0022] 일반적으로, 거친 연마 공정은 본드 물질 매트릭스에 있는 거친 연마재 그레이인을 포함하는 거친 고정 연마재들을 이용할 수 있다. 거친 연마재 그레이인은 알루미늄, 실리카, 이산화규소, 지르코니아-알루미늄 등을 포함하는 결정질 물질 또는 세라믹 물질과 같은 종래의 연마재 그레이인을 포함할 수 있다. 부가하여 또는 대안적으로, 거친 연마재 그레이인은 다이아몬드, 및 입방 붕소 질화물, 또는 그 혼합물을 포함하는 초연마재 그레이인을 포함할 수 있다. 특정 실시예들은 초연마재 그레이인의 이점을 취한다. 초연마재 그레이인을 이용하는 이러한 실시예들은 충전 물질로서 상기된 바와 같은 비-초연마(non-superabrasive) 세라믹 물질을 이용할 수 있다.

- [0023] 또한 거친 연마에 관하여, 거친 연마재 그레이는 약 200미크론 이하, 또는 심지어 약 100미크론 이하와 같이 약 300미크론 이하의 평균 입자 크기를 가질 수 있다. 특정 실시예에 따라서, 거친 연마재 그레이의 평균 입자 크기는 약 10미크론 내지 약 200미크론 사이의 범위 이내, 특히 약 10미크론 내지 약 100미크론 사이의 범위 이내와 같이 약 2.0미크론 내지 약 300미크론 사이의 범위 이내이다. 전형적인 거친 그레이는 약 25미크론 내지 75미크론의 범위 이내의 평균 입자 크기를 가진다.
- [0024] 상기된 바와 같이, 거친 연마재는 본드 물질 매트릭스를 포함한다. 일반적으로, 본드 물질 매트릭스는 금속 또는 금속 합금을 포함할 수 있다. 적절한 금속은 철, 알루미늄, 티타늄, 황동, 니켈, 은, 지르코늄, 그 합금 등을 포함한다. 한 실시예에서, 거친 연마재는 약 85vol% 이하의 본드 물질과 같이 약 90vol% 이하의 본드 물질을 포함한다. 전형적으로, 거친 연마재들은 적어도 약 30vol%의 본드 물질, 또는 심지어 적어도 약 40vol%의 본드 물질을 포함한다. 특정 실시예에서, 거친 연마재는 약 40vol% 내지 90vol% 사이의 범위 내의 일정량의 본드 물질을 포함한다. 특별한 연마 휠의 예들은 참조에 의해 본원에 통합되는 US 6,102,789; US 6,093,092; 및 US 6,019,668에 개시된 것들을 포함한다.
- [0025] 일반적으로, 거친 연마 공정은 홀더 상에 다듬질되지 않은 사파이어 웨이퍼를 제공하는 단계와, 거친 연마 표면에 대해 사파이어 웨이퍼를 상대 회전시키는 단계를 포함한다. 도 2를 간략히 참조하여, 전형적인 연마 장치(200)가 부분적으로 개략적으로 절단된 형태로 도시되어 있다. 연마 장치(200)는, 웨이퍼(203)가 적어도 부분적으로 홀더(201) 내로 오목하게 되도록, 홀더(201) 상에 제공된 다듬질되지 않은 웨이퍼(203)를 포함할 수 있다. 홀더(201)는 회전될 수 있으며, 그러므로 다듬질되지 않은 웨이퍼(203)를 회전시킨다. 연마 림(207)을 가지는 연마 휠(205, 절단 형태로 도시됨)은 다듬질되지 않은 웨이퍼(203)에 대해 상대 회전될 수 있으며, 그러므로 다듬질되지 않은 웨이퍼의 표면을 연마하며; 연마가 편심 회전축으로 인하여 실행되는 동안, 웨이퍼(203)와 연마 휠(205)은 대략 동일한 방향(예를 들어, 시계 또는 반시계 방향 양쪽으로)으로 회전될 수 있다. 도시된 바와 같이, 연마 휠(205)을 회전시키는 것에 부가하여, 하향력(209)이 연마 휠(203)에 적용될 수 있다.
- [0026] 예시된 바와 같이, 거친 연마재는 내부 휠의 주변 주위에 실질적으로 원형인 연마 림(207)을 가지는 연마 휠일 수 있다. 한 실시예에 따라서, 미세 연마 공정은 3000rpm 내지 6000rpm의 범위 이내와 같이, 약 3000rpm 이내와 같이, 약 2000rpm 보다 큰 속도로 연마 휠을 회전시키는 단계를 포함한다. 전형적으로, 수용 및 유기 냉각제를 포함하는 액상 냉각제가 사용된다.
- [0027] 특정 실시예에서, 자체 드레싱 거친 연마재 표면이 이용된다. 종래의 많은 고정 연마재들과 달리, 자체 드레싱 연마재는 대체로 사용동안 드레싱 또는 추가의 조정을 요구하지 않으며, 특히 정밀하고 일관된 연마에 적합하다. 자체 드레싱과 관련하여, 본드 물질 매트릭스는, 연마재 그레이가 마모 평탄부를 전개함으로써, 본드 물질 매트릭스의 필요한 파열(fracture)을 달성하도록 그레이에 대한 특별한 조성, 다공도, 및 농도를 가질 수 있다. 여기에서, 본드 물질 매트릭스는 마모 평탄부가 매트릭스의 부하력에서의 증가로 인하여 전개됨으로써 파열한다. 파열은 마모 그레이의 손실을 유발하고, 이와 관련된 새로운 그레이 및 새로운 커팅 에지를 노출시킨다. 특히, 자체 드레싱 거친 연마재의 본드 물질 매트릭스는 약 $5.0\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 미만 또는 특히 $1.0\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 내지 $3.0\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 의 범위 이내와 같이, 약 $6.0\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 미만의 파열 거칠기를 가질 수 있다.
- [0028] 일반적으로, 자체 드레싱 거친 연마재는 본드 물질을 기공, 전형적으로 상호 연결된 다공도로 부분적으로 교체한다. 따라서, 본드 물질의 실제 함유량은 상기된 값 이상 감소된다. 하나의 특정 실시예에서, 거친 연마재는 약 30vol% 내지 약 80vol% 및 약 30vol% 내지 약 70vol%와 같이, 약 30vol% 내지 약 80vol%의 전형적인 범위와 함께, 적어도 약 30vol%와 같이, 적어도 약 20vol%의 다공도를 가진다. 한 실시예에 따라서, 거친 연마재는 약 50vol% 내지 약 70vol%의 다공도를 포함한다. 구멍(porosity)은 개방 또는 폐쇄될 수 있으며, 보다 큰 백분율의 다공도를 가지는 거친 연마재에서 대체로 구멍은 개방되고 상호 연결된 기공인 것을 예측할 수 있다. 기공의 크기는 대체로 약 150미크론 내지 약 500미크론 사이와 같이, 약 25미크론 내지 약 500미크론 사이의 크기 범위 내에 있을 수 있다. 이질적 기공 관련 값들과 상기된 것은 다양한 성분의 사전 가공 또는 사전 연마와 관련하여 만들어진다.
- [0029] 한 실시예에 따라서, 거친 연마재 그레이 함유량은 자체 드레싱 용량을 더욱 개선하기 위하여 한정된다. 예를 들어, 거친 연마재는 약 20vol% 이하, 또는 심지어 약 10vol% 이하의 거친 연마재 그레이와 같이, 약 50vol% 이하, 40vol% 이하, 30vol% 이하를 함유한다. 하나의 특정 실시예에서, 거친 연마재는 약 1.0vol% 내지 약 15vol%의 거친 연마재 그레이의 범위 이내, 또는 특히 약 2.0vol% 내지 약 10vol%의 거친 연마재 그레이들의 범위 이내와 같이, 적어도 0.5vol% 및 약 25vol% 이하의 거친 연마재 그레이를 포함한다.

- [0030] 도 3을 간략하게 참조하여, 자체 드레싱 연마 표면과 전형적인 연마 표면 사이의 연마 시간의 함수로서 연마 휠에 적용되는 수직 항력(normal force)을 비교하는 2개의 그래프가 도시된다. 도시된 바와 같이, 자체 드레싱 연마재는 각각의 3개의 예시된 연마 작업(301, 302, 및 303) 동안 실질적으로 일정한 피크 수직 항력을 가진다. 부가하여, 피크 수직 항력은 각각의 연마 작업(301-303) 사이에서 실질적으로 다르지 않다. 대조적으로, 전형적인 연마 표면은 개별적인 연마 작업(304, 305, 306 및 307) 사이 뿐만 아니라 각각의 개별적인 연마 작업(304-307) 동안 표면을 효과적으로 연마하는데 필요한 힘에서의 증가를 예시한다. 연마 동안 이러한 수직 항력 증가는 심지어 빈번한 드레싱 작업과 함께 현저한 표면 및 표면 밀 결함(높은 결함 밀도) 및 일정하지 않은 연마를 유발하기 쉽다.
- [0031] 한 실시예에 따라서, 자체 드레싱 거친 연마재를 사용하는 연마 동안의 피크 수직 항력은 연마 작업의 기간 동안 약 200N/mm 폭(width, 기관과 연마 휠 사이의 접촉 면적을 따라서 측정된 바와 같이) 이하의 항력을 기관 표면에 적용하는 단계를 포함한다. 또 다른 실시예에서, 적용된 피크 수직 항력은 연마 작업의 기간 동안 약 100N/mm 폭 이하, 또는 심지어 약 50N/mm 폭 이하와 같이, 약 150N/mm 폭 이하이다.
- [0032] 거친 연마 후에, 웨이퍼들은 전형적으로 약 1미크론 미만의 평균 표면 거칠기(Ra)를 가진다. 전형적으로, 미세 연마는 그런 다음 평탄도, 곡선(bow), 뒤틀림, 전체 두께 변화, 및 표면 거칠기를 포함하는 기관의 거시적인 특징을 개선할 뿐만 아니라, 특히 결정질 전위(crystalline dislocation)의 감소 또는 제거를 포함하는 손상된 결정체와 같은 표면 밀 손상에서의 감소와 같은 보다 미세한 스케일의 결함을 개선하도록 수행된다.
- [0033] 일부 상황에서, 제 1 거친 연마 단계는 생략되거나 또는 전형적으로 슬러리의 형태를 하는 자유 연마재를 이용하는 랩핑에 의해 대체될 수 있다. 이러한 경우에, 제 2 연마 작업은 상기된 자체 드레싱 고정 연마재를 이용한다.
- [0034] 다시 도 1에 도시된 실시예를 참조하여, 단계 105에서 거친 연마의 완료로, 사파이어 웨이퍼는 단계 107에서 미세 연마 공정으로 처리될 수 있다. 미세 연마 공정은 일반적으로 거친 연마 공정(105)에 의해 유발된 결함을 실질적으로 제거하도록 물질을 제거한다. 그리하여, 한 실시예에 따라서, 미세 연마 공정은 사파이어 웨이퍼의 주요 표면으로부터 물질의 적어도 8.0미크론, 또는 적어도 10미크론과 같이, 사파이어 기관의 주요 표면으로부터 적어도 약 5.0미크론의 물질을 제거한다. 또 다른 실시예에서, 적어도 약 12미크론의 물질, 또는 심지어 적어도 15미크론의 물질이 사파이어 기관의 표면으로부터 제거되도록, 보다 많은 물질이 제거된다. 전형적으로, 다듬질되지 않은 사파이어 웨이퍼의 양쪽 주요 표면을 연마하는 단계를 포함할 수 있는 단계 105에서의 거친 연마 공정에 대비되는 것으로서, 단계 107에서 미세 연마는 한쪽 표면에서 착수된다.
- [0035] 미세 연마재는 본드 물질 매트릭스에 있는 미세 연마재 그래인을 포함하는 고정 미세 연마재를 이용할 수 있다. 미세 연마재 그래인은 알루미늄, 실리카, 이산화규소, 지르코니아-알루미늄 또는 다이아몬드 및 입방 붕소 질화물과 같은 초연마재 그래인, 또는 그 혼합물을 포함하는 결정질 물질 또는 세라믹 물질들과 같은 종래의 연마재 그래인을 포함할 수 있다. 특정 실시예들은 초연마재 그래인들의 이점을 취한다. 초연마재 그래인을 이용하는 이러한 실시예들은 충전 물질로서 상기된 바와 같은 비-초연마 세라믹 물질을 이용할 수 있다.
- [0036] 한 실시예에 따라서, 미세 연마재는 약 20vol% 이하, 또는 심지어 약 10vol% 이하와 같이, 50vol% 이하, 40vol% 이하, 30vol% 이하의 미세 연마재 그래인을 포함한다. 하나의 특정 실시예에서, 미세 연마재는 약 1.0vol% 내지 약 15vol%의 범위 내의 미세 연마재 그래인, 또는 심지어 약 2.0vol% 내지 10vol% 이내의 미세 연마재 그래인과 같이, 적어도 0.5vol% 와 약 25vol% 이하의 미세 연마재 그래인을 포함한다.
- [0037] 또한 미세 연마재에 관하여, 미세 연마재 그래인은 약 75미크론 이하, 또는 심지어 약 50미크론 이하와 같이, 약 100미크론 이하의 평균 입자 크기를 가질 수 있다. 특정 실시예에 따라서, 미세 연마재 그래인의 평균 입자 크기는 약 5미크론 내지 약 35미크론의 범위 이내와 같이, 약 2.0미크론 내지 약 50미크론의 범위에 내에 있다. 일반적으로, 거친 연마재와 미세 고정 연마재 사이의 평균 입자 크기에서의 차이는 적어도 10미크론, 전형적으로 적어도 20미크론이다.
- [0038] 거친 연마재처럼, 미세 연마재는 금속 또는 금속 합금과 같은 물질을 포함할 수 있는 본드 물질 매트릭스를 포함한다. 적절한 금속은 철, 알루미늄, 티타늄, 황동, 니켈, 은, 지르코늄, 및 그 합금을 포함할 수 있다. 한 실시예에서, 미세 연마재는 약 60vol% 이하의 본드 물질, 또는 여전히 약 50vol% 이하의 본드 물질과 같이, 약 70vol% 이하의 본드 물질을 포함한다. 또 다른 실시예에 따라서, 미세 연마재는 약 40vol% 이하의 본드 물질을 포함한다. 일반적으로, 미세 연마재는 적어도 약 10vol%, 전형적으로 적어도 15vol%, 또는 적어도 20vol%의 본드 물질의 양을 포함한다.

- [0039] 또한, 미세 고정 연마재는 일정한 등급의 다공도를 포함할 수 있으며, 하나의 특정 실시예에서, 미세 연마재는 약 50vol% 내지 약 80vol% 또는 약 30vol% 내지 약 70vol%와 같이, 적어도 약 30vol% 내지 약 80vol%의 전형적인 범위와 함께, 적어도 약 30vol%와 같이, 적어도 약 20vol%의 다공도를 가진다. 한 실시예에 따라서, 미세 연마재는 약 50vol% 내지 70vol%의 다공도를 포함한다. 구멍이 개방 또는 폐쇄될 수 있으며, 보다 큰 백분율의 다공도를 가지는 미세 연마재에서, 구멍은 일반적으로 개방되고 상호 연결된 기공인 것을 예측할 수 있다. 기공의 크기는 일반적으로 약 150미크론 내지 약 500미크론과 같이, 약 25미크론 내지 약 500미크론의 크기 범위에 내에 있을 수 있다.
- [0040] 단계 107에서의 미세 연마 공정에 관하여, 이전에 기술된 바와 같이, 미세 연마재는 자체 드레싱한다. 자체 드레싱 거친 연마재와 유사하게, 자체 드레싱 미세 연마재는 전형적으로 특정의 파열 거칠기를 가지는 금속을 포함하는 본드 물질 매트릭스를 포함한다. 한 실시예에 따라서, 본드 물질 매트릭스는 약 $5.0\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 미만, 특히 약 $1.0\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 내지 약 $3.0\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 의 범위 이내와 같이, 약 $6.0\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ 미만의 파열 거칠기를 가질 수 있다. 자체 드레싱 미세 연마재 성분들은 그 전체에 있어서 참조에 의해 본원에 통합되는 US 6,755,729 및 US 6,685,755에 개시되어 있다.
- [0041] 일반적으로, 미세 연마 공정(107)은 거친 연마 공정(107)과 관련하여 상기된 공정과 유사한 장치 및 공정을 포함한다. 즉, 일반적으로, 홀더 상에 다듬질되지 않은 사파이어 웨이퍼를 제공하는 단계와, 미세 연마 표면, 전형적으로 내부 휠의 주변 주위에 실질적으로 원형인 림을 가지는 연마 휠에 대해 사파이어 웨이퍼를 상대 회전시키는 단계를 포함한다. 한 실시예에 따라서, 미세 연마 공정은 3000rpm 내지 6000rpm의 범위 이내와 같이, 약 3000rpm 이상과 같이, 약 2000rpm보다 큰 속도로 연마 휠을 회전시키는 단계를 포함한다. 전형적으로, 수용성 및 유기 냉각제를 포함하는 액상의 냉각제가 사용된다.
- [0042] 상기된 바와 같이, 미세 연마재는 자체 드레싱할 수 있으며, 그리하여 일반적으로 자체 드레싱 거친 연마재에 따른 상기된 특징을 가진다. 그러나, 한 실시예에 따라서, 미세 연마 동안의 피크 수직 항력은 연마 작업의 기간 동안 약 100N/mm 폭 이하의 힘을 적용하는 단계를 포함한다. 또 다른 실시예에서, 피크 수직 항력은 연마 작업의 기간 동안 약 50N/mm 폭 이하, 또는 심지어 약 40N/mm 폭 이하와 같이, 약 75N/mm 폭 이하이다.
- [0043] 상기에서 거친 연마재와 미세 연마재의 기술은 실제의 연마 공구의 고정 연마재 성분을 지칭한다. 명확하게 될 수 있는 바와 같이, 성분들은 공구의 전체 몸체를 형성하지 않지만, 가공물(기판)을 접촉하도록 설계된 공구 부분을 형성하며, 고정 연마재 성분은 세그먼트의 형태를 할 수 있다.
- [0044] 다듬질되지 않은 사파이어 웨이퍼의 미세 연마 후에, 웨이퍼들은 전형적으로 약 0.05미크론과 같이, 약 0.10미크론 미만의 평균 표면 거칠기(Ra)를 가진다.
- [0045] 사파이어 웨이퍼를 미세 연마한(107) 후에, 웨이퍼들은 EP 0 221 454 B1에 개시된 바와 같은 응력 완화 공정이 처리될 수 있다. 기술된 바와 같이, 응력 완화는 에칭 또는 어닐링 공정에 의해 수행될 수 있다. 어닐링은 수 시간 동안 1000°C 이상의 온도에서 수행될 수 있다.
- [0046] 도 1의 실시예를 다시 참조하여, 단계 107에서 미세 연마 후에, 연마 사파이어 웨이퍼는 단계 111에서 폴리싱될 수 있다. 일반적으로, 폴리싱은 웨이퍼의 표면과 기계 공구 사이에 제공되는 슬러리를 이용하고, 웨이퍼와 기계 공구는 폴리싱 작업을 수행하도록 서로에 대해 상대 이동될 수 있다. 슬러리를 사용한 폴리싱은 일반적으로 화학 기계적 폴리싱(CMP)의 카테고리 내에 놓이고, 슬러리는 웨이퍼로부터 정밀한 양의 물질의 제거를 용이하게 하도록 액체 매체에서 현탁되는 유리 입자(loose abrasive) 물질을 포함한다. 그리하여, 한 실시예에 따라서, 폴리싱 공정(111)은 물질 제거를 개선 또는 조정하도록 기능할 수 있는 연마재 및 첨가 화합물을 함유하는 슬러리를 사용하는 단계를 포함할 수 있다. 화학 성분은 예를 들어 인(phosphorus) 화합물일 수 있다. 실제로, 연마재는 기계적인 성분을 제공하고, 첨가제는 화학적으로 활성인 성분을 제공한다.
- [0047] 유리 입자는 대체로 나노사이즈이며, 1미크론 미만, 전형적으로 200나노미터 미만의 평균 입자 지름을 가진다. 전형적으로, 중간 입자(median particle) 크기는 약 10nm 내지 150nm의 범위 이내와 같이, 약간 좁은 범위 내에 있다. 기술적 용어의 명료성을 위하여, 대체로 약 1미크론 이하의 중간 입자 크기는 이후에 요지에 대응하는 폴리싱 공정을 인용하며, 미세 표면 다듬질은 낮은 물질 제거율로 가공 작업을 수행하는 것에 의하여 제공된다. 약 2.0미크론 내지 약 5.0미크론에 속하는 것과 같이, 약 1.0미크론 이상의 중간 입자 크기로, 전형적으로, 가공 작업은 랩핑 작업으로서 특징된다. 특히 유용한 유리 입자는 다결정 또는 단결정 감마 알루미나의 형태를 하는 알루미나이다.

- [0048] 상기된 바와 같이, 인 첨가제는 슬러리에서 존재할 수 있다. 전형적으로, 인 첨가제는 약 0.10wt% 내지 약 3.0wt%의 범위 이내와 같이, 약 0.05wt% 내지 5.0wt%의 범위 내의 농도로 존재한다. 특정 실시예는 약 0.10wt% 내지 약 2.0wt%에 속하는 것과 같이, 약간 좁은 범위 내의 농도를 이용한다. 한 실시예에 따라서, 인 화합물은 산소를 포함하고, 산소는 인 원소에 결합된다. 이러한 분류의 물질은 산소-인(oxophosphorus) 물질로서 공지되어 있다. 특히, 산소-인 화합물은 1, 3 또는 5의 원자가 상태(valency state)로 있는 인을 함유하며, 특정 실시예에서, 효과적인 가공은 인이 5의 원자가 상태로 있는 산소-인 화합물을 이용하는 것에 의해 수행되었다.
- [0049] 다른 실시예에서, 인은 산소에 부가하여 탄소에 결합될 수 있고, 이러한 것은 대체로 인산염(phosphate)으로서 공지된 유기 인 화합물을 인용한다. 다른 인 화합물은 인산염, 피로인산염(pyrophosphate), 차인산염(hypophosphate), 서브인산염(subphosphate), 아인산염, 피로아인산염(pyrophosphite), 차아인산염 및 포스포늄 화합물을 포함한다. 인 화합물의 특정 종들은 포타슘 인산염, 육메타인산 나트륨(sodium hexametaphosphate), 히드록시 포스포노 사초산(phosphono acetic acid)(Belcor 575) 및 아미노트리-메틸렌포닉산(methylenephosphonic acid) (Mayoquest 1320)를 포함한다.
- [0050] 대체로, 연마재 성분을 함유하는 슬러리와 인 화합물을 함유하는 첨가제는 수용성, 즉, 물 기반이다. 실제로, 슬러리는 대체로 pH가 약 8.5 이상과 같이, 약 8.0보다 크도록 기본적인 pH를 가진다. pH는 약 12의 값까지의 범위에 놓일 수 있다.
- [0051] 연마된 사파이어 웨이퍼를 폴리싱하기 위한 장치에 대해 간략하게 기술하면, 도 4는 한 실시예에 따른 폴리싱 장치의 기본적인 구조의 개략도를 도시한다. 장치(401)는 이 경우에 폴리싱 패드(410)에 의해 형성될 수 있는 기계 공구와, 폴리싱 패드를 지지하는 압반(platen)을 포함한다. 압반과 폴리싱 패드(410)는 본질적으로 동일한 지름의 것이다. 압반은 화살표에 의해 지시된 바와 같은 회전 방향을 따라서 중앙축을 중심으로 회전 가능하다. 템플릿(412)은 각각 기관(414)을 수용하는 다수의 원형 만입부들을 가지며, 기관(414)들은 폴리싱 패드(410)와 템플릿(412) 사이에 샌드위치된다. 기관(414)을 지지하는 템플릿(412)은 그 중앙축을 중심으로 회전하고, 여기에서 r_p 는 폴리싱 패드의 회전 중심으로부터 템플릿(412)의 중심까지의 반경을 나타내는데 반하여, r_t 는 개개의 기관으로부터 템플릿의 회전 중심까지의 반경을 나타낸다. 장치(401)의 구성은 비록 상이한 구성이 이용될지라도 폴리싱 작업을 위해 통상 채택되는 구성이다.
- [0052] 슬러리에 대한 인 화합물의 첨가는 대체로 인 기반 첨가제를 가지지 않는 슬러리와 비교하여 물질 제거율(MRR)을 개선한다. 이에 관하여, 개선은 한 실시예에 따라서, 적어도 약 1.2인 비율 MRR_{add}/MRR_{com} 에 의해 지시될 수 있다. 호칭 MRR_{add} 는 연마재와 인 화합물을 함유하는 첨가제를 포함하는 슬러리의 물질 제거율인데 반하여, MRR_{com} 은 제어 슬러리와 일치하는 공정 조건 하에서의 물질 제거율이며, 제어 슬러리는 본질적으로 상기된 슬러리와 동일하지만, 인 화합물을 함유하는 첨가제가 없다. 다른 실시예에 따라서, 상기 비율은 적어도 약 1.5, 또는 심지어 적어도 약 1.8과 같이 컷으며, 일부 특정예에서, 단지 알루미늄이나 연마재만을 함유하고 인 화합물 첨가제를 함유하지 않는 슬러리에 비해 2배의 제거율이었다.
- [0053] 이전에는 알루미늄이나 기반 폴리싱 슬러리에 근거한 실시예들을 포함하는 다양한 실시예에서 초점을 맞추었지만, 실리카, 지르코니아, 탄화 규소, 탄화 붕소, 다이아몬드 등을 포함하는 다른 연마재 물질이 마찬가지로 우수한 결과로서 사용될 수 있다. 참으로, 인 기반 화합물을 함유하는 지르코니아 기반 슬러리는 특히 양호한 폴리싱 특징, 즉 알루미늄이나 기관 상의 단지 실리카만 있는 것에 비해 30-50% 개선된 물질 제거율을 입증하였다.
- [0054] 특정 양태에 따라서, a-평면 배향, r-평면 배향, m-평면 배향, 또는 c-평면 배향을 가지는 대체로 평면인 표면을 포함하고 제어된 치수성(dimensionality)을 가지는 큰 표면적의 사파이어 기관이 제공된다. 본원에서 사용되는 바와 같은, "x-평면 배향"은 전형적으로 최종 소비자에 의해 명령되는 바와 같은 특징의 기관 명세에 따라서 x-평면으로부터 약간의 오배향으로, 결정학상의 x-평면을 따라서 대체로 연장하는 주요 표면들을 가지는 기관들을 인용한다. 특정 배향은 r-평면 및 c-평면 배향들을 포함하고, 특정 실시예들은 c-평면 배향을 이용한다.
- [0055] 상기된 바와 같이, 기관은 바람직하게 제어된 치수성을 가질 수 있다. 제어된 치수성의 하나의 측정치는 적어도 하나의 TTV(전체 두께 변화) 및 nTTV(표준화된 전체 두께 변화)를 포함하는 전체 두께 변화이다.
- [0056] 예를 들어, 한 실시예에 따라서, TTV는 약 $2.85\mu\text{m}$ 이하, 또는 심지어 약 $2.75\mu\text{m}$ 이하와 같이, 대체로 약 $3.00\mu\text{m}$ 이하이다. 이전의 TTV 파라미터들은 큰 크기의 웨이퍼, 특히 제어된 두께를 가지는 큰 크기의 웨이퍼들과 관련된다. 예를 들어, 실시예들은 적어도 약 6.5cm의 지름과, 약 $490\mu\text{m}$ 이하의 두께를 가질 수 있다. 특정 실시예에 따라서, 이전의 TTV 파라미터들은 적어도 7.5cm, 적어도 9.0cm, 적어도 9.5cm, 또는 적어도 10.0cm의 지름을 가

지는 것들을 포함하는 현저하게 큰 크기의 웨이퍼들과 관련된다. 웨이퍼 크기는 또한 표면적에 의해 특정될 수 있으며, 이전의 TTV 값들은 적어도 약 40cm², 적어도 약 70cm², 적어도 약 80cm², 또는 심지어 적어도 약 115cm²의 표면적을 가지는 기관들과 관련될 수 있다. 부가하여, 웨이퍼들의 두께는 약 490 μ m 이하와 같이, 약 500 μ m 이하와 같은 값들로 추가로 제어될 수 있다.

[0057] 웨이퍼, 기관, 인조 보석 크기와 관련하여 사용되는 바와 같은 용어 '지름'은 웨이퍼, 기관, 또는 인조 보석이 끼워지는 가장 작은 원을 지칭하는 것을 유념하여야 한다. 따라서, 이러한 부품들이 평탄부 또는 다수의 평탄부를 가지는 정도로, 이러한 평탄부들은 부품의 지름에 악영향을 주지 않는다.

[0058] 다양한 실시예들은 약 0.037 μ m/cm² 이하와 같이 잘 제어된 nTTV를 가진다. 특정 실시예들은 0.035 μ m/cm² 이하, 심지어 0.032 μ m/cm² 이하와 같이 더욱 우수한 nTTV를 가진다. 이러한 nTTV는 특히 적어도 약 9.0cm, 또는 심지어 적어도 약 10.0cm의 지름을 가지는 것들과 같이, 큰 기관들에 의해 달성되었다. 웨이퍼 크기는 또한 표면적에 의해서 특정될 수 있으며, 이전의 nTTV 값들은 적어도 약 90cm², 적어도 약 100cm², 적어도 약 115cm²의 표면적을 가지는 기관들과 관련될 수 있다.

[0059] 사파이어 기관의 전체 두께 변화값들을 참조하여, TTV는 사파이어 기관(웨이퍼 에지로부터 웨이퍼의 원주 주위로 연장하는 3.0mm 링을 전형적으로 포함하는 에지 배제 구역을 생략한)의 가장 큰 두께와 가장 작은 두께 사이의 절대 차이이며, nTTV는 사파이어 기관의 표면적에 대해 표준화된 값(TTV)이다. 전체 두께 변화를 측정하기 위한 방법은 STM standard F1530-02에서 주어진다.

[0060] 일반적으로, nTTV 값뿐만 아니라 본원에 개시된 다른 표준화된 특징들은 기관의 배향을 확인하기 위한 평탄부를 가질 수 있는 대체로 평면의 표면과 실질적으로 원형의 주변을 가지는 사파이어 기관을 위해 표준화된다. 한 실시예에 따라서, 사파이어 기관은 적어도 약 30cm², 적어도 약 35cm², 또는 심지어 적어도 약 40cm²와 같이, 적어도 약 25cm²의 표면적을 가진다. 여전히, 대체로 평면의 표면이 적어도 약 50cm², 또는 여전히 적어도 약 60cm², 또는 적어도 약 70cm²의 표면적을 가지도록, 기관은 보다 큰 표면적을 가질 수 있다. 사파이어 기관은 적어도 약 6.0cm (2.5인치)와 같이, 약 5.0cm(2.0인치)보다 큰 지름을 가질 수 있다. 그러나, 대체로, 사파이어 기관은 7.5cm (3.0인치) 이상의 지름을 가지며, 특히 10cm(4.0인치) 웨이퍼를 포함한다.

[0061] 사파이어 기관의 특징들을 더욱 참조하여, 한 실시예에 따라서, 대체로 사파이어 기관의 평면의 표면은 약 75.0 Å 이하, 또는 약 50.0Å, 또는 심지어 약 30.0Å 이하와 같이, 약 100.0Å 이하의 표면 거칠기(Ra)를 가진다. 약 10.0Å 이하, 또는 약 5.0Å 이하와 같이, 약 20.0Å 이하와 같은 더욱 우수한 표면 거칠기가 달성될 수 있다.

[0062] 상기된 방법에 따라서 처리된 사파이어 기관의 대체로 평면인 표면은 마찬가지로 우수한 평탄도를 가질 수 있다. 표면의 평탄도는 전형적으로 가장 잘 끼워진 기준 평면(best-fit reference plane)으로부터 표면의 최대 편차인 것으로 이해된다(ASTM F 1530-02 참조). 이에 관하여, 표준화된 평탄도는 대체로 평면인 표면 상의 표면적에 의해 표준화된 표면의 평탄도의 측정치이다. 한 실시예에 따라서, 대체로 평면인 표면의 표준화된 평탄도(nFlatness)는 약 0.080 μ m/cm² 이하, 또는 심지어 약 0.070 μ m/cm² 이하와 같이, 약 0.100 μ m/cm² 이하이다. 여전히, 대체로 평면인 표면의 표준화된 평탄도는 약 0.060 μ m/cm² 이하, 또는 약 0.050 μ m/cm² 이하와 같이 작을 수 있다.

[0063] 본원에 제공된 방법에 따라서 처리된 사파이어 기관은 이후에 nWarp으로 지칭되는 표준화된 뒤틀림에 의해 특징되는 바와 같은 감소된 뒤틀림을 보일 수 있다. 기관의 뒤틀림은 대체로 가장 잘 끼워진 기준 평면으로부터 기관의 중앙 표면의 편차인 것으로 이해된다(ASTM F 697-92(99) 참조). nWarp 측정에 관하여, 뒤틀림은 사파이어 기관의 표면적을 고려하여 표준화된다. 한 실시예에 따라서, nWarp은 약 0.170 μ m/cm² 이하, 또는 심지어 약 0.150 μ m/cm² 이하와 같이, 약 0.190 μ m/cm² 이하이다.

[0064] 대체로 평면인 표면은 또한 감소된 곡선을 보일 수 있다. 전형적으로 이해될 수 있는 바와 같이, 표면의 곡선은 존재하는 임의의 두께 변화에 관계없이 기관의 중앙선으로부터 측정되는 것으로서, 표면 또는 표면의 일부분의 오목한 상태 또는 변형의 절대 측정값이다. 본원에 제공된 방법에 따라서 처리된 기관의 대체로 평면인 표면은 대체로 평면인 표면의 표면적을 고려하여 표준화된 곡선 측정치인 감소된 표준화 곡선(nBow)을 보인다. 이리하여, 한 실시예에서, 대체로 평면인 표면의 nBow은 약 0.080 μ m/cm² 이하, 또는 심지어 약 0.070 μ m/cm² 이하와 같이, 약 0.100 μ m/cm² 이하이다. 또 다른 실시예에 따라서, 기관의 nBow은 약 0.030 μ m/cm² 내지 약 0.100 μ m/cm²의 범위 내에, 특히 약 0.040 μ m/cm² 내지 약 0.090 μ m/cm²의 범위 내에 있다.

[0065] 상기된 바와 같은 사파이어 기관의 배향에 관하여, 대체로 평면인 표면은 c-평면 배향을 가진다. c-평면 배향은

다양한 방향으로 c-평면으로부터 대체로 평면인 표면의 제조 또는 계획적인 틸팅 각도를 포함할 수 있다. 이에 관하여, 한 실시예에 따라서, 사파이어 기관의 대체로 평면인 표면은 약 1.0° 이하와 같이 약 2.0° 이하의 틸팅 각도를 가질 수 있다. 전형적으로, 틸팅 각도는 적어도 0.10°, 또는 적어도 0.15°이다. 틸팅 각도는 기관의 평면에 대한 법선과 c-평면 사이의 각도이다.

[0066] 본원에서의 실시예들에 따라서, 사파이어 웨이퍼의 처리는 바람직하게 잘 제어된 웨이퍼 대 웨이퍼(wafer-to-wafer) 정밀도가 따른다. 특히, c-평면 배향된 웨이퍼들에 대하여, 사파이어 결정의 c-평면에 대한 웨이퍼 표면의 정밀한 배향은 특히 웨이퍼 대 웨이퍼 결정학상의 가변 조건수(variance)에 의해 정량화되는 것으로서 정밀하게 고정된다. 도 5를 참조하여, Z는 사파이어의 폴리싱된 표면에 대한 법선인 단위이고, θ_A , θ_M 및 θ_c 는 각각 a-평면, m-평면 및 c-평면에 대한 법선인 직교 벡터들이다. A와 M은 사파이어 표면($A = \theta_A - Z(\theta_A \cdot Z)$, $M = \theta_M - Z(\theta_M \cdot Z)$)에 의해 정의되는 평면에서 각각 θ_A , θ_M 의 투영(projection)이다. a-방향으로의 오배향 각도는 θ_A 와, A와 M을 포함하는 평면에서의 그 투영 사이의 각도이며, m-방향으로의 오배향 각도는 θ_M 과, A와 M을 포함하는 평면에서의 그 투영 사이의 각도이다. 오배향 각도 표준 편차(σ)는 전형적으로 적어도 20개의 웨이퍼들인 웨이퍼 로트를 교차하는 오배향 각도의 표준 편차이다.

[0067] 실시예들에 따라서, 특히 상기에서 상세하게 기술된 연마 처리를 통합하는 처리는 본원에 기술된 바와 같이 수행되고, 정밀한 결정학상의 배향을 가지는 다수의 사파이어 웨이퍼들이 제공된다. 적절한 로트들은 통상 적어도 20개의 웨이퍼, 때때로 30개 이상의 웨이퍼들을 가지며, 각각의 로트는 상이한 사파이어 코어 또는 인조 보석으로 만들어진 웨이퍼들을 가질 수 있다. 로트는 별도의 용기에 포장된 다수의 서브-로트일 수 있다는 것을 유념하여야 한다. 웨이퍼 로트는 0.0110° 이하 또는 0.0080° 이하와 같이, 약 0.0130° 이하의 웨이퍼 로트를 교차하는 θ_M 의 표준 편차(σ_M)를 가질 수 있다. 웨이퍼 로트들은 0.0310° 이하 또는 0.0280° 이하와 같이, 약 0.0325° 이하의 θ_A 의 표준 편차(σ_A)를 가질 수 있다.

[0068] LED/LD 기관을 위한 웨이퍼/기관을 제조하는 종래의 방법과 비교하여, 본 실시예는 현저한 이점들을 제공한다. 예를 들어, 다수의 실시예들에 따라서, 자체 드레싱 미세 연마 연마재와 관련한 거친 연마 연마재(때때로, 자체 드레싱 거친 고정 연마재)의 이용 뿐만 아니라, 특정한 CMP 폴리싱 기술 및 화학적 성질은 보다 우수한 평면 도형 품질(즉, nTTV, nWarp, nBow, 및 nFlatness)을 가지는 정밀 다듬질된 사파이어 웨이퍼의 제조를 용이하게 한다. 평면 도형 품질의 제어에 부가하여, 정밀 와이어 튕질과 관련하여 상기에서 제공된 공정은 기관들을 교차하는 틸팅 각도 변화의 보다 우수한 제어를 가지는 정밀 배향된 결정의 웨이퍼들을 촉진한다. 이에 대하여, 개선된 평면 도형 품질과 기관으로부터 기관으로의 표면 배향의 정밀 제어는 보다 균일한 발광 품질을 가지는 일관된 LED/LD 디바이스의 제조를 촉진한다.

[0069] 본원에 기술된 다양한 처리 단계들에 연속하여, 대체로 처리되는 사파이어 기관의 표면은 LED/LD 디바이스에서 사용하기 위하여 적절한 결정 구조를 가진다. 예를 들어, 실시예들은 X-레이 지형도 분석에 의해 측정되는 바와 같이 1E6/cm² 미만의 전위 밀도를 가진다.

[0070] 치수 및/또는 결정학상의 배향 제어가 보다 큰 크기의 기관과 제어된 두께를 가지는 기관과 관련하여 본 발명의 실시예에 의해 달성되는 것은 특히 주목할만 하다. 이에 대하여, 종래 기술의 상태에 따라서, 치수와 결정학상의 제어는 주어진 두께에 대해 웨이퍼 크기(표면적)에서의 증가와 함께 급속하게 저하한다. 따라서, 종래의 처리의 상태는 전형적으로 치수와 결정학상의 제어를 적어도 부분적으로 유지하는 시도에 있어서 증가하는 두께에 의지한다. 대조적으로, 본원에 개시된 실시예들은 두께에 크게 관계없이 그리고 웨이퍼 또는 기관 크기에 덜 의존하여 이러한 제어를 제공할 수 있다.

[0071] 예

[0072] 다음의 예들은 다수의 실시예들에 따라서 웨이퍼들을 처리하기 위한 방법을 제공하고, 특히 개선된 치수 품질 및 배향을 가지는 높은 표면적의 웨이퍼의 제조를 위한 처리 파라미터를 기술한다. 다음의 예에서, 2인치, 3인치, 및 4인치의 지름을 가지는 c-평면 사파이어 웨이퍼들은 본원에 제공된 실시예들에 따라서 처리되어 형성된다.

[0073] 처리는 상기된 바와 같이 인조 보석이 구획화 또는 슬라이스화되는 것으로 개시한다. 인조 보석은 와이어 튕질 기술을 사용하여 구획화되고, 인조 보석은 다이아몬드 입자들과 같은 커팅 요소가 코팅된 와이어 위에 배치되어

회전된다. 인조 보석은 약 2000rpm 내지 5000rpm의 범위 내에서 고속으로 회전된다. 인조 보석이 회전하는 동안, 인조 보석은 슬라이스화를 촉진하도록 전형적으로 인조 보석의 표면에 대해 접선 방향으로 고속으로 왕복하는 와이어 톱의 다수의 길이 구간들과 접촉한다. 와이어 톱의 길이 구간들은 약 100사이클/분의 속도로 왕복된다. 슬러리와 같은 다른 액체들이 슬라이스화를 촉진하도록 통합될 수 있고, 이 예에서, 와이어 톱질 공정은 약 4 내지 8시간 사이의 범위 내에서 다소의 시간 동안 지속한다. 와이어 톱질 공정의 기간은 적어도 부분적으로 구획된 인조 보석의 지름에 의존하며, 그러므로 8시간 이상 지속할 수 있다.

[0074] 와이어 톱질 후에, 웨이퍼들은 약 1.0mm 이하의 평균 두께를 가진다. 대체로, 웨이퍼들은 적어도 약 1.0미크론의 평균 표면 거칠기(Ra), 약 30미크론의 평균 전체 두께 변화, 및 약 30미크론의 평균 곡선을 가진다.

[0075] 웨이퍼를 제조하도록 인조 보석을 와이어 톱질한 후에, 웨이퍼들은 연마 처리된다. 연마 공정은 적어도 제 1 거친 연마 공정과 제 2 미세 연마 공정을 포함한다. 거친 연마 공정에 관하여, Saint-Gobain Abrasives, Inc.에 의해 제조되고 약 60 내지 80미크론의 범위 내에 놓인 평균 그릿 크기를 가지는 다이아몬드 그릿을 통합하는 PICO형 휠의 거친 #3-17-XL040와 같은 자체 드레싱 연마 휠이 사용된다. 이러한 예에 대해, 웨이퍼의 거친 연마는 Strasbaugh 7AF 초정밀 그라인더를 사용하여 완성된다. 거친 연마 공정의 사이클과 파라미터는 아래의 표 1에 제공된다.

[0076] 아래의 표 1 및 표 2에서, 물질은 일련의 반복적인 연마 단계들을 통해 연속적으로 제거된다. 단계 1-3들은 지시된 휠, 척(chuck) 속도 및 이송 속도에서의 능동적인 연마 단계들을 나타낸다. 휴지(dwelling)는 바이어스(bias)없이, 즉 0의 이송 속도로 수행된다. 또한, 리프팅은 반대 방향으로의 이송 속도로 수행되고, 휠은 지시된 이송 속도로 기관의 표면으로부터 리프팅된다.

표 1

휠속도=2223rpm	단계 1	단계 2	단계 3	휴지	리프팅
제거된 물질(μm)	40	5	5	25회전	10
이송 속도(μm/s)	3	1	1		1
척 속도(rpm)	105	105	105	105	105

[0077]

[0078] 거친 연마 공정 후에, 웨이퍼들은 미세 연마 처리된다. 미세 연마 공정은 또한 Saint-Gobain Abrasives, Inc.에 의해 제조된 IRIS형 휠 미세 #4-24-XL073와 같은 자체 드레싱 휠을 이용하며, 이러한 것은 약 10 내지 25미크론의 범위 내의 평균 그릿 크기를 가지는 다이아몬드 연마제 그릿을 이용한다. 다시, 이 예의 목적을 위하여, 웨이퍼의 미세 연마는 Strasbaugh 7AF 초정밀 그라인더를 이용하여 완성된다. 거친 연마 공정과 같이, 미세 연마 공정은 아래의 표 2에 제공된 특정 처리 사이클 및 파라미터로 웨이퍼를 처리한다.

표 2

휠속도=2633rpm	단계 1	단계 2	단계 3	휴지	리프팅
제거된 물질(μm)	10	3	2	55회전	5
이송 속도(μm/s)	1	0.1	0.1		0.5
척 속도(rpm)	55	55	55	55	55

[0079]

[0080] 거친 연마 공정과 미세 연마 공정 후에, 사파이어 웨이퍼들은 상기된 바와 같이 응력 완화 처리된다.

[0081] 응력 완화 후에, 사파이어 웨이퍼들은 최종 폴리싱된다. 다수의 폴리싱 슬러리들이 pH 및 인산염의 역할 뿐만 아니라 알칼리 및 칼슘의 역할을 연구하도록 준비되었다. 아래에 보고된 표 3은 기준선(baselind) 슬러리, 슬러리 1에 대한 개선을 도시한다. 폴리싱은 Buehler ECO1VIET 4 폴리셔(polisher) 상에서 폴리싱된, 2인치 지름의 C-평면 사파이어 펙(puck)을 이용하여 수행되었다. 폴리싱은 3.8psi의 하향력에서, 400rpm의 압반 속도, 200rpm의 캐리어 속도로 40ml/min의 슬러리 이송 속도로 H2 패드(미국, 펜실베니아, 필라델피아의 Rohm and Haas Company에 의해 시판되는) 상에서 행해졌다.

표 3

슬러리 번호	pH	MRR(A/min)	개시 Ra(A)	60분-중심에서의 Ra(A)	60분-중간에서의 Ra(A)	60분-에지에서의 Ra(A)
1	9	842	7826	443	100	26
2	10	800	7686	481	27	35
3	11	1600	7572	150	10	7
4	12	1692	7598	27	6	8
5	11	1558	6845	26	32	18
6	11	1742	8179	9	13	9
7	11	1700	5127	10	9	10
8	11	1600	7572	150	10	7
9	11	1267	7598	43	51	148
10	11	1442				
11	11	158	7572	904	1206	475

[0082]

표 4

슬러리 번호	화학적 성질
1	NaOH와 10% 고체의 알루미늄 슬러리
2	NaOH와 10% 고체의 알루미늄 슬러리
3	NaOH와 10% 고체의 알루미늄 슬러리
4	NaOH와 10% 고체의 알루미늄 슬러리
5	1% 피로인산염 나트륨이 더해진 NaOH와 10% 고체의 알루미늄 슬러리
6	1% 데퀘스트(Dequest) 2066이 더해진 NaOH와 10% 고체의 알루미늄 슬러리
7	1% 데퀘스트(Dequest) 2054가 더해진 NaOH와 10% 고체의 알루미늄 슬러리
8	NaOH와 10% 고체의 알루미늄 슬러리
9	KOH와 10% 고체의 알루미늄 슬러리
10	수산화암모늄과 10% 고체의 알루미늄 슬러리
11	NaOH 및 1% 염화칼슘과 10% 고체의 알루미늄 슬러리

[0083]

[0084]

폴리싱 데이터에 대하여, 표 3 및 표 4에서 상기된 바와 같이, 폴리싱에서의 현저한 개선은 슬러리 3 및 4에 의해 지시된 바와 같이 9 내지 12의 pH를 바꾸는 것을 알았다. 부가하여, 보다 좋은 표면 다듬질은 보다 좋은 생산성을 나타내는 것을 알았다. 유기 포스포산(Organic phosphonic acids, 슬러리 6 및 7) 및 무기 인산염(슬러리 5)은 표면 다듬질과 물질 제거율에 대해 추가의 개선을 보인다.

[0085]

보다 높은 알칼리 pH는 제거율과 다듬질을 개선하고, 수산화나트륨은 수산화포타슘(슬러리 9) 및 수산화 암모늄(슬러리 10)과 비교하여 증가된 pH(슬러리 8)에 대해 적절한 루트(route)를 보인다. 슬러리 11은 연마 유리 입자 성분내 대해 알루미늄의 사용과 조합에서 물질 제거의 경감에 현저한 영향을 보인다.

[0086]

사파이어 웨이퍼가 상기된 절차로 처리된 후에, 웨이퍼들의 치수적 평면 도형의 특징이 실행되었다. 비교 데이터는 본원에 제공된 절차들에 따라서 처리된 사파이어 웨이퍼와 연마와 다른 자유 연마 슬러리에 의한 랩핑에 의존하는 종래의 방법을 사용하여 처리된 웨이퍼의 치수적 평면 도형을 비교하는 것에 의해 발생되었다. 비교 데이터는 아래의 표 5에 제공되며, TTV 및 Warp에 대한 단위는 마이크론인 한편, nTTV와 nWarp에 대한 단위는 마이크론/cm²이고, 지름(d)과 두께(t)는 각각 인치와 마이크론으로 제공된다.

표 5

	비교예			예		
	d=2", t=430 μ m	3", 550 μ m	4", 650 μ m	2"	3", 470 μ m	4", 470 μ m
TTV	1.77	1.452	3.125	0.95	1.7	1.25
nTTV	0.087	0.032	0.039	0.05	0.04	0.015
Warp	4.2	8.0	n/a	3.58	5.00	8.70
nWARP	0.207	0.175		0.18	0.11	0.11

[0087]

[0088]

모든 웨이퍼 지름에 대해, 연마 표면에 대한 법선은 웨이퍼의 c-축으로부터 1° 미만이었다.

[0089]

또한, 웨이퍼 로트 중 웨이퍼의 오배향 각도(θ_M 및 θ_A)는 표준 편차(σ_M 및 σ_A)에 의해 정량화된 웨이퍼 변화에 대한 웨이퍼의 각도율(degree)을 검출하도록 측정되었다. 결과는 아래의 표 6에 보인다.

표 6

오배향 각도 표준 편차(σ)

종래의 공정	새로운 공정	% 개선
σ_M 0.018	σ_M 0.0069	61%
σ_A 0.0347	σ_A 0.0232	33%

[0090]

[0091]

예들에 따라서 처리된 웨이퍼들은 개선된 치수적 평면 도형, 특히 개선된 TTV, nTTV, Warp, 및 nWarp, 오배향 각도 표준 편차에 의해 결정학상의 정확성을 보인다. 표 5에서의 각각의 값들은 적어도 8개의 데이터의 평균이다. 표 6에서 상기된 표준 편차값(σ)은 이전의 공정 흐름에 따라서 만들어진 것들로부터의 다양한 웨이퍼 로트들과 전체 연마 공정 동안 랩핑을 이용하는 종래의 처리로부터의 웨이퍼 로트들에 걸쳐 측정되었다. 현저하게, 예들은 전형적으로 종래의 공정에 의해 채택된 것들보다 적은 웨이퍼 두께로 달성되는 TTV 및 Warp값들에 의해 정량화되는 바와 같은 개선된 치수적 평면 도형을 가진다. 실시예들은 또한 각각의 웨이퍼에 걸쳐서 치수적 평면 도형의 개선된 제어 및 일관성, 및 웨이퍼 로트들 이상의 결정학상의 제어를 제공한다. 또한, 예들은 웨이퍼의 지름이 증가함으로써 개선된 치수적 평면 도형에 의해 명시되는 개선된 확장성을 제공한다.

[0092]

고정 연마재 연마가 대체로 다듬질 적용의 배경으로 이용되는 동안, 본 발명자들은 치밀한 치수적 제어에 의해 처리된 사파이어 웨이퍼가 특정의 공정 특징들에 의해 지지된다는 것을 알았다. 종래의 처리 방법은 낮은 이송 속도와 개선된 치수적 평면 도형을 위해 높은 척 속도에 의존한다. 그러나, 이러한 낮은 이송 속도(예를 들어, 0.5미크론/s)와 높은 척 속도(예를 들어, 590rpm)가 과잉의 nBow, nWarp, 및/또는 nTTV를 가지는 웨이퍼를 만든다는 것을 알았다. 본원에서 이용되는 신규의 공정 조건들의 성공 이유는 완전하게 이해되지 않지만, 사파이어 기관, 특히 보다 큰 기관, 예를 들어 3인치 및 4인치 사파이어 기관의 가공에 관련되는 것으로 보인다.

[0093]

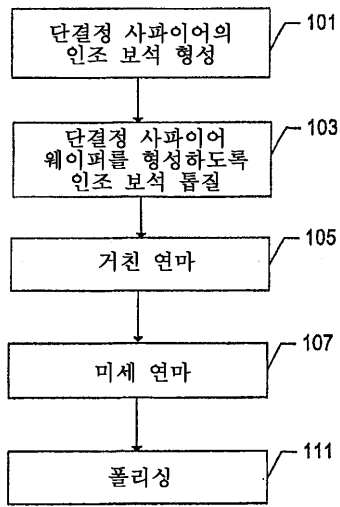
본원의 실시예에 따라서, 현저하게 높은 수율 및 생산성으로 처리된 능동 디바이스를 지지하는 높은 표면적, 고품질 기관이 제조된다. 본원에서 제공되는 처리 절차는 현저하고 치수적으로 고정밀도의 평면 도형 결정학상 파라미터를 웨이퍼에 제공한다. 또한, 본원의 실시예들은 극적으로 개선된 치수적 평면 도형 및 결정학상의 정확성을 가지는 웨이퍼를 제공하도록 종래의 기술 상태로부터의 편차를 보이는 처리 기술, 파라미터, 화학적 성질, 및 장치들의 독특한 조합을 제공한다.

[0094]

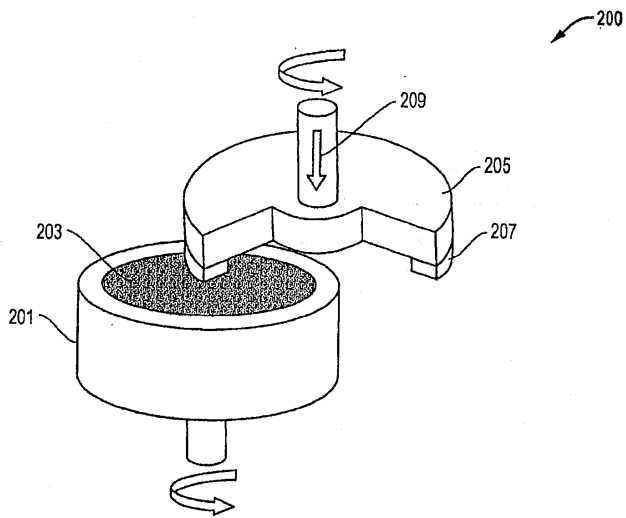
상기된 요지는 예시적이고 비제한적인 것으로 고려되고, 첨부된 특허청구범위는 본 발명의 범위 내에 놓이는 이러한 변경, 개선 및 다른 실시예들을 모두 커버하도록 의도된다. 그러므로, 법에 의해 허용되는 최대 범위까지, 본 발명의 범위는 다음의 특허청구범위와 그 등가물의 가장 넓은 허용 가능한 해석에 의해 결정되며, 이전의 상세한 설명에 의해 제한 또는 한정되지 않는다.

도면

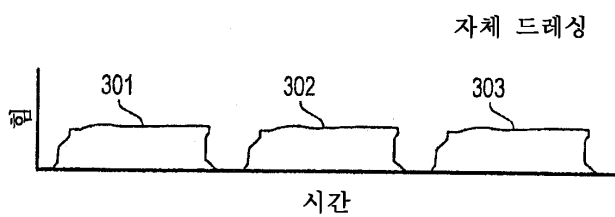
도면1



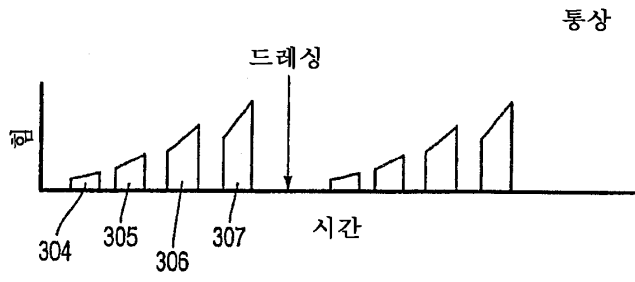
도면2



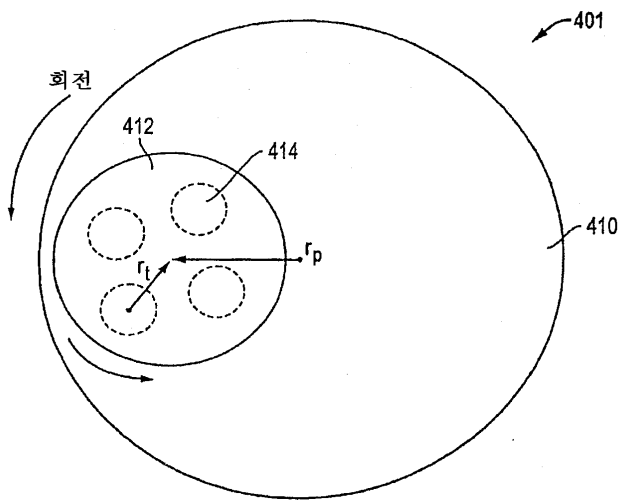
도면3a



도면3b



도면4



도면5

