



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0009468
(43) 공개일자 2012년02월21일

(51) Int. Cl.

H01L 21/304 (2006.01)

- (21) 출원번호 10-2011-7025366
- (22) 출원일자(국제출원일자) 2010년03월19일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2011년10월26일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2010/055484
- (87) 국제공개번호 WO 2010/110463
국제공개일자 2010년09월30일
- (30) 우선권주장
JP-P-2009-078234 2009년03월27일 일본(JP)
JP-P-2009-284492 2009년12월15일 일본(JP)

(71) 출원인

고꾸리쯔 다이가꾸 호우징 오사까 다이가꾸

일본 565-0871 오사까후 스이따시 야마다오까 1방 1고

가부시키가이샤 에바라 세이사꾸쇼

일본국 도쿄도 오타쿠 하네다아사히쵸 11-1

(72) 발명자

사노 야스히사

일본 565-0871 오사까후 스이따시 야마다오까 1방 1고, 고꾸리쯔 다이가꾸 호우징 오사까 다이가꾸 내

야마우치 가즈토

일본 565-0871 오사까후 스이따시 야마다오까 1방 1고, 고꾸리쯔 다이가꾸 호우징 오사까 다이가꾸 내

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인화우

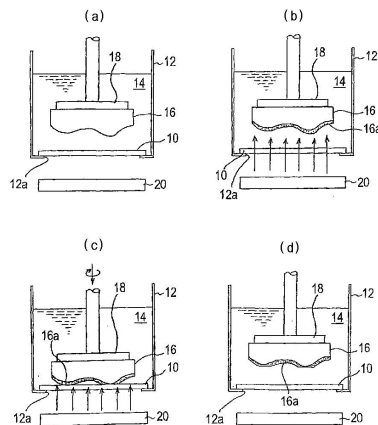
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 폴리싱방법, 폴리싱장치 및 GaN 웨이퍼

(57) 요약

본 폴리싱방법은, Ga 원소-함유 화합물 반도체 기판의 표면을, 실제 처리 시간 내에 그리고 높은 표면 정밀도로 처리 및 평탄화될 수 있다. 상기 폴리싱방법은, Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충 용액을 포함하여 이루어지는 처리액(14)의 존재 하에서 Ga 원소-함유 화합물 반도체 기판(16)을 폴리싱틀(10)과 접촉시키는 단계; 상기 기판의 표면을 광으로 조사하거나 바이어스 전위를 상기 기판에 인가하거나, 또는 상기 기판의 표면을 광으로 조사하면서 상기 기판에 바이어스 전위를 인가하여, 상기 기판의 표면 상에 Ga 산화물(16a)을 형성하는 단계; 및 상기 기판의 표면 상에 형성된 Ga 산화물을 폴리싱 및 제거하기 위하여 상기 기판과 상기 폴리싱틀을 서로에 대하여 동시에 이동시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

무라타 준지

일본 565-0871 오사카후 스이따시 야마다오까 1방
1고, 고크리쯔 다이가꾸 호우징 오사까 다이가꾸
내

사다쿠니 ?

일본 565-0871 오사카후 스이따시 야마다오까 1방
1고, 고크리쯔 다이가꾸 호우징 오사까 다이가꾸
내

야기 게이타

일본국 도쿄도 오타쿠 하네다아사히쵸 11-1, 가부
시키가이샤 에바라세이사꾸쇼 내

특허청구의 범위

청구항 1

폴리싱방법으로서,

Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충 용액을 포함하여 이루어지는 처리액의 존재 하에서 Ga 원소-함유 화합물 반도체 기판을 폴리싱틀과 접촉시키는 단계;

기판의 표면을 광으로 조사하거나 바이어스 전위를 기판에 인가하거나, 또는 기판의 표면을 광으로 조사하면서 기판에 바이어스 전위를 인가하여, 기판의 표면 상에 Ga 산화물을 형성하는 단계; 및

상기 기판의 표면 상에 형성된 Ga 산화물을 폴리싱 및 제거하기 위하여 상기 기판과 상기 폴리싱틀을 서로에 대하여 동시에 이동시키는 단계를 포함하여 이루어지는 폴리싱방법.

청구항 2

폴리싱방법으로서,

Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충 용액을 포함하여 이루어지는 처리액의 존재 하에서 Ga 원소-함유 화합물 반도체 기판을 폴리싱틀과 접촉시키는 단계;

기판의 표면을 광으로 조사하면서 기판에 바이어스 전압을 인가하여, 기판의 표면 상에 Ga 산화물을 형성하고, 상기 Ga 산화물을 폴리싱 및 제거하기 위하여 상기 Ga 산화물과 상기 폴리싱틀을 서로 접촉시킨 상태에서 그들을 서로에 대하여 동시에 이동시키는 단계를 포함하여 이루어지는 제1폴리싱공정을 실시하는 단계; 및

그 후, 상기 기판의 표면을 광으로 조사하면서 상기 바이어스 전압의 인가없이 제2폴리싱공정을 실시하는 단계를 포함하여 이루어지는 폴리싱방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1폴리싱공정에서 상기 제2폴리싱공정으로 천이되는 경우, 인가된 바이어스 전압은 점진적으로 감소되거나, 또는 상기 바이어스 전압으로 펄스 전압이 사용되고, 상기 펄스 전압의 인가 오프 시간(application off time)은 점진적으로 증가되는 폴리싱방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 제2폴리싱공정에 있어서, 조사하는 광의 세기는 점진적으로 감소되는 폴리싱방법.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 폴리싱틀은, 적어도 기판과 접촉하거나 근접하게 되는 표면적에 산성 또는 염기성 고체 촉매를 구비하는 폴리싱방법.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 처리액은, 금속 산화물 입자들, 다이아몬드 입자들, 또는 그 표면들이 산성 또는 염기성 관능기로 수식되는 촉매 입자들, 또는 이들 입자들의 혼합물을 더 함유하는 폴리싱방법.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 처리액은 산화제를 더 함유하는 폴리싱방법.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서,

적어도 기관과 접촉하거나 근접하게 되는 상기 폴리싱틀의 표면적은, 소정의 평탄도 및 적절한 거칠기를 가지도록 컨디셔닝되는 폴리싱방법.

청구항 9

폴리싱장치로서,

Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충 용액을 포함하여 이루어지는 처리액을 홀딩하기 위한 컨테이너;

상기 처리액에 침지되어 상기 컨테이너에 배치되는 폴리싱틀;

Ga 원소-함유 화합물 반도체 기관을 홀딩하고, 기관을 상기 컨테이너 내의 처리액에 침지시켜 상기 기관을 상기 폴리싱틀과 접촉시키기 위한 기관홀더;

상기 기관홀더에 의하여 유지되고 상기 컨테이너 내의 처리액에 침지된 상기 기관의 표면을 향해 발광하기 위한 광원, 및 상기 기관에 바이어스 전위를 인가하기 위한 전원 중 적어도 하나; 및

상기 폴리싱틀과 상기 기관홀더에 의해 유지된 기관을 서로에 대하여 이동시키기 위한 이동기구를 포함하여 이루어지는 폴리싱장치.

청구항 10

폴리싱장치로서,

폴리싱틀;

Ga 원소-함유 화합물 반도체 기관을 홀딩하고 기관을 상기 폴리싱틀과 접촉시키기 위한 기관홀더;

Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충 용액을 포함하여 이루어지는 처리액을 상기 폴리싱틀과 상기 기관 간의 접촉 면적에 공급하기 위한 처리액공급부;

상기 기관홀더에 의하여 유지되고 상기 폴리싱틀과 접촉된 상태를 유지하는 상기 기관의 표면을 향해 발광하기 위한 광원, 및 상기 기관에 바이어스 전위를 인가하기 위한 전원 중 적어도 하나; 및

상기 폴리싱틀과 상기 기관홀더에 의해 유지된 기관을 서로에 대하여 이동시키기 위한 이동기구를 포함하여 이루어지는 폴리싱장치.

청구항 11

제9항 또는 제10항에 있어서,

상기 폴리싱틀은, 적어도 기관과 접촉하거나 근접하게 되는 표면적에 산성 또는 염기성 고체 촉매를 구비하는 폴리싱장치.

청구항 12

제9항 또는 제10항에 있어서,

상기 처리액은, 금속 산화물 입자들, 다이아몬드 입자들, 또는 그 표면들이 산성 또는 염기성 관능기로 수식되는 촉매 입자들, 또는 이들 입자들의 혼합물을 더 함유하는 폴리싱장치.

청구항 13

제9항 또는 제10항에 있어서,

상기 처리액은 산화제를 더 함유하는 폴리싱장치.

청구항 14

제9항 또는 제10항에 있어서,

소정의 평탄도 및 적절한 거칠기를 가지도록, 적어도 기판과 접촉하거나 근접하게 되는 상기 폴리싱틀의 표면적을 컨디셔닝하기 위한 컨디셔닝기구를 더 포함하여 이루어지는 폴리싱장치.

청구항 15

제9항 또는 제10항에 있어서,

상기 기판홀더는 기판의 이면에 전기를 공급하면서 기판을 홀딩하도록 구성되는 폴리싱장치.

청구항 16

표면이 평탄화된 GaN 웨이퍼로서,

Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충 용액을 포함하여 이루어지는 처리액의 존재 하에서 GaN 웨이퍼를 폴리싱틀과 접촉시키는 단계;

상기 GaN 웨이퍼의 표면을 광으로 조사하거나 바이어스 전위를 상기 GaN 웨이퍼에 인가하거나, 또는 상기 GaN 웨이퍼의 표면을 광으로 조사하면서 상기 GaN 웨이퍼에 바이어스 전위를 인가하여, 상기 GaN 웨이퍼의 표면에 Ga 산화물을 형성하는 단계; 및

상기 GaN 웨이퍼의 표면 상에 형성된 Ga 산화물을 폴리싱 및 제거하기 위하여 상기 GaN 웨이퍼와 상기 폴리싱틀을 서로에 대하여 동시에 이동시키는 단계를 포함하여 이루어지는 처리에 의해 평탄화된 표면이 형성된 GaN 웨이퍼.

청구항 17

표면이 평탄화된 GaN 웨이퍼로서,

Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충 용액을 포함하여 이루어지는 처리액의 존재 하에서 GaN 웨이퍼를 폴리싱틀과 접촉시키는 단계;

상기 GaN 웨이퍼의 표면을 광으로 조사하면서 상기 GaN 웨이퍼에 바이어스 전압을 인가하여, 상기 GaN 웨이퍼의 표면 상에 Ga 산화물을 형성하고, 상기 Ga 산화물을 폴리싱 및 제거하기 위하여 상기 Ga 산화물과 상기 폴리싱틀을 서로 접촉시킨 상태에서 그들을 서로에 대하여 동시에 이동시키는 단계를 포함하여 이루어지는 제1폴리싱공정을 실시하는 단계; 및

그 후, 상기 GaN 웨이퍼의 표면을 광으로 조사하면서 상기 바이어스 전압의 인가없이 제2폴리싱공정을 실시하는 단계를 포함하여 이루어지는 처리에 의해 평탄화된 표면이 형성된 GaN 웨이퍼.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 폴리싱방법 및 폴리싱장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 Ga(갈륨) 원소를 함유하는 화합물 반도체의 기본 기판(elemental substrate) 또는 Ga 원소-함유 화합물 반도체의 층을 갖는 집합 기판(에피택셜 기판)과 같은, 기판의 표면(피처리면)을 처리 및 평탄화하기 위한 폴리싱방법 및 폴리싱장치에 관한 것이다.

[0002] 본 발명은 또한 상기 폴리싱방법에 의해 생성되는 GaN 웨이퍼에 관한 것이다.

배경기술

[0003] 기계적 처리를 대신하고 격자 결함(lattice defect)이 생기지 않으면서 기판의 표면을 처리할 수 있는 화학적 처리 방법으로는, 기판의 표면을 자외선으로 조사(irradiating)하거나 또는 전위 바이어스(potential bias)를 기판에 인가하여 산성 또는 염기성 처리액에서 상기 기판의 표면의 에칭을 행하는, 소위 광전기화학 에칭 방법(photoelectrochemical etching method)이 공지되어 있다. 상기 광전기화학 에칭 방법은, 광에너지 및 전기에너지의 도움을 받아, 기판의 표면에 손상을 거의 주지 않으면서 화학작용을 통해서만 기판의 표면의 처리를 가능하게 한다. 하지만, 상기 광전기화학 에칭 방법은 대체로 기판 표면의 처리 및 평탄화에 적합하지 않은데, 그 이유는 상기 방법은 평탄화 기준(flattening reference)이 결여될 뿐만 아니라, 결함 선택성(defect

selectivity) 등을 수반하기 때문이다.

[0004] SiO₂ 또는 Cr₂O₃와 같은 연마제를 함유하는 폴리싱액을 사용하고, 상기 기판의 표면을 변질(denaturing)시키고 상기 변질층을 기계적으로 제거함으로써 기판 표면의 처리를 행하는 화학적 기계적 폴리싱(CMP)도 널리 알려져 있다. CMP는 기계적 작용을 수반하기 때문에, 이러한 변질층이 CMP에 의해 완전히 제거될 수 없다. 또한, 대체로 CMP는 Ga 원소-함유 화합물 반도체 기판의 표면을 충분한 처리 속도로 처리 및 평탄화하는 것이 어렵다.

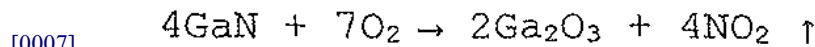
[0005] 본 출원인은 산화처리액에 기판을 배치하고, 산성 또는 염기성 고체 촉매를 상기 기판의 표면(피처리면)에 접촉시키거나 근접시켜 배치시키며, 그리고 상기 산화처리액에서 상기 고체 촉매에 접촉시키거나 또는 근접시켜 상기 피처리면의 표면 원자들을 분해시킴으로써, 상기 피처리면을 처리하는 단계를 포함하여 이루어지는 촉매-지원 화학처리방법(catalyst-referred chemical processing method)을 제안하였다(일본특허공개공보 제2008-121099호 참조). 이러한 촉매-지원 화학처리방법에 있어서는, 피처리면의 산화가 촉진될 수 있고, 상기 처리액에 배치된 기판의 표면(피처리대상)을 광으로, 바람직하게는 자외선으로 조사하거나, 또는 기판과 고체 촉매 사이에 전압을 인가하여 처리 속도가 증가될 수 있다. 이러한 촉매-지원 화학처리방법은 기판의 표면에 손상을 거의 주지 않으면서 화학 작용을 통해서만 기판 표면의 처리를 가능하게 한다. 하지만, 이러한 방법에 있어서는 대체로 Ga 원소-함유 화합물 반도체 기판의 표면을 충분한 처리 속도로 처리 및 평탄화하기는 곤란하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

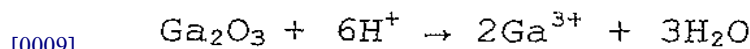
[0006] GaN 기판과 같은 Ga(갈륨) 원소-함유 화합물 반도체 기판의 표면이 광으로, 바람직하게는 자외선으로 조사되거나, 또는 바이어스 전위가 기판에 인가되는 경우에는, GaN은 하기 화학식 1로 표시된 바와 같이 GaN 기판의 표면 상에 Ga 산화물(Ga₂O₃)을 형성하도록 산화된다.

화학식 1



[0008] 상기 GaN 기판의 표면 상에 형성된 Ga 산화물(Ga₂O₃)은 하기 화학식 2에 따라 산성 용액 내의 산(H⁺)과 반응하여 상기 용액에서 고속으로 분해되거나, 또는 하기 화학식 3에 따라 염기성 용액 내의 염기(OH⁻)와 반응하여 상기 용액에서 고속으로 분해된다.

화학식 2



화학식 3



[0011] 중성 처리액이 사용되는 경우에도, 상기 용액 내에 H⁺ 이온들과 OH⁻ 이온들이 소량으로 존재하므로, GaN 기판의 표면 상에 형성된 Ga 산화물이 상기 화학식 2 및 화학식 3의 반응들에 의하여 처리액에서 분해된다.

[0012] 따라서, 종래의 폴리싱방법에 의해 표면 불규칙성(surface irregularity)들을 갖는 GaN 기판과 같은 Ga 원소-함유 화합물 반도체 기판의 표면을 처리 및 평탄화하는 경우, Ga 산화물의 분해가 상기 기판의 표면의 오목부(recessed portion)들에서 뿐만 아니라 볼록부(raised portion)들에서도 일어날 것이다. 이는 상기 기판 표면의 오목부들에서의 제거를 억제하면서 표면 불규칙성들을 갖는 기판 표면의 볼록부들의 상단부들을 선택적으로 제

거하기 어렵게 만들고, 상기 기관 표면을 평탄화하는데 상당히 오랜 시간을 필요로 하게 한다.

[0013] 본 발명은 상기 상황의 관점에서 고안되었다. 그러므로, 본 발명의 목적은 발광기기 또는 전자기기용 재료로서 그 중요성이 나날이 높아지고 있는 GaN, GaAs 또는 GaP와 같은 Ga(갈륨) 원소-함유 화합물 반도체의 기관의 표면을, 실제 처리 시간 내에 그리고 높은 표면 정밀도로 처리 및 평탄화할 수 있는 폴리싱방법 및 폴리싱장치를 제공하는 것이다.

[0014] 본 발명의 또다른 목적은 상기 폴리싱방법에 의해 생성되는 GaN 웨이퍼를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은, Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충 용액을 포함하여 이루어지는 처리액의 존재 하에서 Ga 원소-함유 화합물 반도체 기관을 폴리싱틀과 접촉시키는 단계; 기관의 표면을 광으로 조사하거나 바이어스 전위를 기관에 인가하거나, 또는 기관의 표면을 광으로 조사하면서 기관에 바이어스 전위를 인가하여, 기관의 표면 상에 Ga 산화물을 형성하는 단계; 및 상기 기관의 표면 상에 형성된 Ga 산화물을 폴리싱 및 제거하기 위하여 상기 기관과 상기 폴리싱틀을 서로에 대하여 동시에 이동시키는 단계를 포함하여 이루어지는 폴리싱방법을 제공한다.

[0016] 상기 방법에 따르면, Ga 원소-함유 화합물 반도체 기관의 표면 상에 형성된 Ga 산화물(Ga_2O_3)은, Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충 용액을 포함하여 이루어지는 처리액의 존재 하에서 기관과 폴리싱틀을 접촉된 상태로 유지하면서 그들을 서로에 대하여 이동시킴으로써 폴리싱 및 제거된다. 이는 상기 처리액에서 기관의 표면의 오목부들에 형성된 Ga 산화물의 분해를 억제하면서, 표면 불균칙성들을 갖는 기관의 표면의 볼록부들의 상단부들에 형성된 Ga 산화물을 선택적으로 제거할 수 있게 하고, 상기 기관의 표면을 평탄화하는데 걸리는 시간을 단축시킬 수 있게 한다. 상기 중성 pH 완충 용액의 pH는 예컨대 6.0 내지 8.0 이다. 상기 완충 용액의 Ga 이온 농도는 바람직하게는 10 ppm 이상이다.

[0017] 본 발명은 또한 Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충 용액을 포함하여 이루어지는 처리액의 존재 하에서 Ga 원소-함유 화합물 반도체 기관을 폴리싱틀과 접촉시키는 단계; 기관의 표면을 광으로 조사하면서 기관에 바이어스 전압을 인가하여, 기관의 표면 상에 Ga 산화물을 형성하고, 상기 Ga 산화물을 폴리싱 및 제거하기 위하여 상기 Ga 산화물과 상기 폴리싱틀을 서로 접촉시킨 상태에서 그들을 서로에 대하여 동시에 이동시키는 단계를 포함하여 이루어지는 제1폴리싱공정을 실시하는 단계; 및 그 후, 상기 기관의 표면을 광으로 조사하면서 상기 바이어스 전압의 인가없이 제2폴리싱공정을 실시하는 단계를 포함하여 이루어지는 폴리싱방법을 제공한다.

[0018] 상기 방법에 따르면, 기관의 표면을 광으로 조사하고 또한 상기 기관에 바이어스 전압을 인가하여 기관의 표면 상에 Ga 산화물을 형성하면서, 상기 Ga 산화물이 상기 제1폴리싱공정에서 상기 기관의 표면으로부터 폴리싱 및 제거된다. 상기 제1폴리싱공정은 충분한 폴리싱 속도를 보장할 수 있고, 상기 기관의 표면에 큰 손상부가 있는 경우에도, 상기 손상을 확실하게 제거할 수 있다. 또한, 상기 제2폴리싱공정에서 상기 기관의 표면의 광 조사만을 실시하면서 상기 기관의 표면을 계속 폴리싱함으로써, 상기 기관의 표면 상의 Ga 산화물의 과도한 성장이 방지될 수 있고, 폴리싱 후의 기관의 표면의 평탄도가 증대될 수 있다.

[0019] 본 발명의 바람직한 형태에 있어서, 상기 제1폴리싱공정에서 상기 제2폴리싱공정으로 천이되는 경우, 인가된 바이어스 전압은 점진적으로 감소되거나, 또는 상기 바이어스 전압으로 펄스 전압이 사용되고, 상기 펄스 전압의 인가 오프 시간(application off time)은 점진적으로 증가된다.

[0020] 기관의 표면을 광으로 조사하는 것과 상기 기관에 바이어스 전압을 인가하는 것 중 적어도 하나에 의하여 상기 기관의 표면 상에 Ga 산화물을 형성하면서 기관의 표면을 폴리싱하는 경우, 상기 기관 표면의 산화 속도는 상기 표면의 손상 영역에서 낮아질 것이다. 따라서, 표면 손상의 불균일성(unevenness)이 폴리싱 속도의 면내(in-plane) 불균일성을 초래할 수도 있다. 이러한 문제점에 대처하기 위하여, 기관 표면의 산화 속도를 증가시키기 위하여 기관에 충분히 높은 바이어스 전압을 인가하는 것을 생각할 수 있다. 이러한 방법은 표면 손상에 좌우되지 않으면서 전체 기관 표면을 균일하게 산화시킬 수 있다. 하지만, 이러한 방법은 Ga 산화물이 제거되는 것보다 더 빠르게 성장할 수 있다는 단점을 가지므로, Ga 산화물의 과도한 성장 및 기관 표면의 부수적 거칠기(attendant roughening)를 초래하게 된다. 본 발명에 따르면, 기관에 높은 바이어스 전압을 인가하여 전체 기관 표면에 걸쳐 얇은 Ga 산화막을 형성한 후, 상기 인가된 바이어스 전압이 점진적으로 감소되거나, 또는 상기 바이어스 전압으로 펄스 전압이 사용되고 상기 펄스 전압의 인가 오프 시간이 점진적으로 증가된다. 이는 Ga 산화막의 과도한 성장을 방지하면서 기관 표면의 처리를 행할 수 있게 한다.

- [0021] 본 발명의 바람직한 형태에 있어서, 상기 제2폴리싱공정에서는, 조사하는 광의 세기가 점진적으로 감소된다.
- [0022] 이는 제2폴리싱공정의 완료 후 기관의 표면 상에 Ga 산화물이 남아 있는 것을 방지할 수 있다.
- [0023] 본 발명에 따른 상술된 폴리싱방법들 가운데 여하한의 것에 있어서, 상기 폴리싱틀은, 적어도 기관과 접촉하거나 근접하게 되는 표면적에 산성 또는 염기성 고체 촉매를 구비할 수도 있다.
- [0024] 상기 화학식 2 및 화학식 3으로 표시된 바와 같이, Ga 산화물(Ga_2O_3)은 산 (H^+) 또는 염기 (OH^-)와 반응하여 용액 내에서 고속으로 분해되는 특성을 가진다. 이에 따라, Ga 산화물과 접촉 상태를 유지하면서 Ga 산화물에 대하여 이동시켜 Ga 산화물을 제거하는 폴리싱틀의, 적어도 기관과 접촉하거나 근접하게 되는 표면적에 산성 또는 염기성 고체 촉매를 제공하여, 상기 고체 촉매의 표면에 대량의 수소 이온 (H^+) 또는 수산화이온 (OH^-)을 발생시킴으로써, 상기 기관의 표면의 불록부들의 상단부에서 Ga 산화물 제거 반응을 촉진시킬 수 있게 되어, 상기 기관의 표면을 처리 및 평탄화하는데 걸리는 시간을 더욱 단축시킬 수 있게 된다.
- [0025] 본 발명에 따른 상술된 폴리싱방법들 가운데 여하한의 것에 있어서, 상기 처리액은, 금속 산화물 입자들, 다이아몬드 입자들, 또는 그 표면들이 산성 또는 염기성 관능기로 수식되는(modified) 촉매 입자들, 또는 이들 입자들의 혼합물을 더 함유할 수도 있다.
- [0026] 이러한 입자들의 사용은 Ga 산화물을 더욱 효율적으로 제거할 수 있어, 상기 기관의 표면을 처리 및 평탄화하는데 걸리는 시간을 더욱 단축시킬 수 있게 된다.
- [0027] 본 발명에 따른 상술된 폴리싱방법들 가운데 여하한의 것에 있어서, 상기 처리액은 산화제를 더 함유할 수도 있다.
- [0028] 산화제의 사용은 Ga 산화물 생성 반응을 촉진시킬 수 있어, 상기 기관의 표면을 처리 및 평탄화하는데 걸리는 시간을 더욱 단축시킬 수 있게 된다.
- [0029] 본 발명에 따른 상술된 폴리싱방법들 가운데 여하한의 것에 있어서, 적어도 기관과 접촉하거나 근접하게 되는 상기 폴리싱틀의 표면적은, 소정의 평탄도 및 적절한 거칠기를 가지도록 컨디셔닝되는 것이 바람직하다.
- [0030] 예를 들어, 상기 폴리싱틀의 표면은 그것이 대략 0.1 내지 1 μm 의 PV(peak-to-valley) 평탄도를 가지도록 컨디셔닝(러프닝)되었다. 이는 상기 폴리싱틀의 표면과 상기 기관의 표면 사이에 존재하는 처리액의 순환 작용으로 인하여 기관의 표면이 폴리싱되지 않는 것이 방지될 수 있고, 상기 기관의 표면 상의 스트리크(streak)들의 형성을 방지할 수도 있다.
- [0031] 본 발명은 또한 Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충 용액을 포함하여 이루어지는 처리액을 홀딩하기 위한 컨테이너; 상기 처리액에 침지되어 상기 컨테이너에 배치되는 폴리싱틀; Ga 원소-함유 화합물 반도체 기관을 홀딩하고, 기관을 상기 컨테이너 내의 처리액에 침지시켜 상기 기관을 상기 폴리싱틀과 접촉시키기 위한 기관홀더; 상기 기관홀더에 의하여 유지되고 상기 컨테이너 내의 처리액에 침지된 상기 기관의 표면을 향해 발광하기 위한 광원, 및 상기 기관에 바이어스 전위를 인가하기 위한 전원 중 적어도 하나; 및 상기 폴리싱틀과 상기 기관홀더에 의해 유지된 기관을 서로에 대하여 이동시키기 위한 이동기구를 포함하여 이루어지는 폴리싱장치를 제공한다.
- [0032] 본 발명은 또한 폴리싱틀; Ga 원소-함유 화합물 반도체 기관을 홀딩하고 기관을 상기 폴리싱틀과 접촉시키기 위한 기관홀더; Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충 용액을 포함하여 이루어지는 처리액을 상기 폴리싱틀과 상기 기관 간의 접촉 면적에 공급하기 위한 처리액공급부; 상기 기관홀더에 의하여 유지되고 상기 폴리싱틀과 접촉된 상태를 유지하는 상기 기관의 표면을 향해 발광하기 위한 광원, 및 상기 기관에 바이어스 전위를 인가하기 위한 전원 중 적어도 하나; 및 상기 폴리싱틀과 상기 기관홀더에 의해 유지된 기관을 서로에 대하여 이동시키기 위한 이동기구를 포함하여 이루어지는 폴리싱장치를 제공한다.
- [0033] 본 발명에 따른 상술된 폴리싱장치들 가운데 여하한의 것에 있어서, 상기 폴리싱틀은 적어도 기관과 접촉하거나 근접하게 되는 표면적에 산성 또는 염기성 고체 촉매를 구비할 수도 있다.
- [0034] 본 발명에 따른 상술된 폴리싱장치들 가운데 여하한의 것에 있어서, 상기 처리액은, 금속 산화물 입자들, 다이아몬드 입자들, 또는 그 표면들이 산성 또는 염기성 관능기로 수식되는 촉매 입자들, 또는 이들 입자들의 혼합물을 더 함유할 수도 있다.
- [0035] 본 발명에 따른 상술된 폴리싱장치들 가운데 여하한의 것에 있어서, 상기 처리액은 산화제를 더 함유할 수도 있다.

다.

- [0036] 본 발명에 따른 상술된 폴리싱장치들 가운데 여하한 것에 있어서, 상기 폴리싱장치는, 소정의 평탄도 및 적절한 거칠기를 가지도록, 적어도 기관과 접촉하거나 근접하게 되는 상기 폴리싱틀의 표면적을 컨디셔닝하기 위한 컨디셔닝기구를 더 포함하여 이루어질 수도 있다.
- [0037] 본 발명에 따른 상술된 폴리싱장치들 가운데 여하한 것에 있어서, 상기 기관홀더는 기관의 이면에 전기를 공급하면서 기관을 홀딩하도록 구성될 수도 있다.
- [0038] 본 발명은 또한 표면이 평탄화된 GaN 웨이퍼로서, Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충 용액을 포함하여 이루어지는 처리액의 존재 하에서 GaN 웨이퍼를 폴리싱틀과 접촉시키는 단계; 상기 GaN 웨이퍼의 표면을 광으로 조사하거나 바이어스 전위를 상기 GaN 웨이퍼에 인가하거나, 또는 상기 GaN 웨이퍼의 표면을 광으로 조사하면서 상기 GaN 웨이퍼에 바이어스 전위를 인가하여, 상기 GaN 웨이퍼의 표면 상에 Ga 산화물을 형성하는 단계; 및 상기 GaN 웨이퍼의 표면 상에 형성된 Ga 산화물을 폴리싱 및 제거하기 위하여 상기 GaN 웨이퍼와 상기 폴리싱틀을 서로에 대하여 동시에 이동시키는 단계를 포함하여 이루어지는 처리에 의해 평탄화된 표면이 형성된 GaN 웨이퍼를 제공한다.
- [0039] 본 발명은 또한 표면이 평탄화된 GaN 웨이퍼로서, Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충 용액을 포함하여 이루어지는 처리액의 존재 하에서 GaN 웨이퍼를 폴리싱틀과 접촉시키는 단계; 상기 GaN 웨이퍼의 표면을 광으로 조사하면서 상기 GaN 웨이퍼에 바이어스 전압을 인가하여, 상기 GaN 웨이퍼의 표면 상에 Ga 산화물을 형성하고, 상기 Ga 산화물을 폴리싱 및 제거하기 위하여 상기 Ga 산화물과 상기 폴리싱틀을 서로 접촉시킨 상태에서 그들을 서로에 대하여 동시에 이동시키는 단계를 포함하여 이루어지는 제1폴리싱공정을 실시하는 단계; 및 그 후, 상기 GaN 웨이퍼의 표면을 광으로 조사하면서 상기 바이어스 전압의 인가없이 제2폴리싱공정을 실시하는 단계를 포함하여 이루어지는 처리에 의해 평탄화된 표면이 형성된 GaN 웨이퍼를 제공한다.

발명의 효과

- [0040] 본 발명에 따르면, GaN, GaAs 또는 GaP와 같은 Ga 원소-함유 화합물 반도체 기관의 표면이 충분한 표면 정밀도를 보장하면서 현저하게 단축된 처리 시간 내에 폴리싱 및 평탄화될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0041] 도 1a 내지 도 1d는 일련의 처리 공정들에 있어서, 본 발명에 따라 기관의 표면을 광으로 조사하면서 상기 기관의 표면을 폴리싱 및 평탄화하기 위한 방법을 예시한 도면;
- 도 2는 실증 실험 1의 절차를 예시한 도면;
- 도 3은 실증 실험 1의 결과들을 도시한 그래프;
- 도 4는 실증 실험 2에서 광 조사 이전의 GaN 기관의 표면의 광학 현미경 이미지를 도시한 도면;
- 도 5는 실증 실험 2에서 광 조사 이후의 GaN 기관의 표면의 광학 현미경 이미지를 도시한 도면;
- 도 6은 비교 실험에서 광 조사 이후의 GaN 기관의 표면의 광학 현미경 이미지를 도시한 도면;
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 폴리싱장치를 통합한 평탄화 시스템(flattening system)의 전반적인 구조를 도시한 평면도;
- 도 8은 도 7에 도시된 폴리싱장치를 개략적으로 도시한 도면;
- 도 9는 도 8에 도시된 폴리싱장치의 기관홀더의 확대단면도;
- 도 10은 도 8에 도시된 폴리싱장치의 폴리싱틀의 확대단면도;
- 도 11은 또다른 폴리싱틀을 도시한 확대단면도;
- 도 12는 또다른 폴리싱틀을 도시한 평면도;
- 도 13a는 PV 표면 평탄도가 1 μm 보다 큰 폴리싱틀에 의해 폴리싱된 이후의 기관 표면의 단면 구성을 도시한 도면이고, 도 13b는 상기 기관 표면의 광학 현미경 이미지를 도시한 도면;
- 도 14a는 PV 표면 평탄도가 0.1 μm 보다 작은 폴리싱틀에 의해 폴리싱된 이후의 기관 표면의 단면 구성을 도시

한 도면이고, 도 14b는 상기 기관 표면의 광학 현미경 이미지를 도시한 도면;

도 15a는 PV 표면 평탄도가 0.1 내지 1 μm 인 폴리싱틀에 의해 폴리싱된 이후의 기관 표면의 단면 구성을 도시한 도면이고, 도 15b는 상기 기관 표면의 광학 현미경 이미지를 도시한 도면;

도 16a 및 도 16b는 기관에 인가될 상이한 펄스 전압들을 예시한 도면;

도 17은 실시예 1에서의 처리 이후의 GaN 기관 표면의 광학 현미경 이미지를 도시한 도면;

도 18은 실시예 1에서의 처리 이후의 GaN 기관 표면의 광학 현미경 이미지를 도시한 도면;

도 19는 비교예 1에서의 처리 이후의 GaN 기관 표면의 광학 현미경 이미지를 도시한 도면;

도 20은 비교예 2에서의 처리 이후의 GaN 기관 표면의 광학 현미경 이미지를 도시한 도면;

도 21은 비교예 3에서의 처리 이후의 GaN 기관 표면의 광학 현미경 이미지를 도시한 도면;

도 22는 비교예 4에서의 처리 이후의 GaN 기관 표면의 광학 현미경 이미지를 도시한 도면;

도 23은 비교예 5에서의 처리 이후의 GaN 기관 표면의 광학 현미경 이미지를 도시한 도면;

도 24는 비교예 6에서의 처리 이후의 GaN 기관 표면의 광학 현미경 이미지를 도시한 도면; 및

도 25는 Ga 이온 (Ga^{3+} 이온) 농도와 폴리싱 속도(제거율) 간의 관계를 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0042] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예들을 도면들을 참조하여 설명하기로 한다.

[0043] 도 1a 내지 도 1d는 일련의 처리 공정들에 있어서, 예컨대 본 발명에 따라 GaN 기관의 표면을 광으로 조사하면서 상기 GaN 기관의 표면을 폴리싱 및 평탄화하기 위한 방법을 예시하고 있다. 우선, 도 1a에 도시된 바와 같이, Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충 용액을 포함하여 이루어지는 처리액(14)은, 그 저부에 폴리싱틀(10)이 제공되는 컨테이너(12) 안으로 충전된다. 상기 폴리싱틀(10)은, 예컨대 광 투과율(light permeability)이 우수한 산성 고체 촉매인 퀴츠 글래스(quartz glass)로 이루어진다. 상기 처리액(14)은, 예를 들면 pH가 6.86인 포스페이트 완충 용액에, 상기 처리액(14) 내의 Ga 이온들이 포화 상태에 근접하도록, 질산 갈륨을 첨가하여 특히 10 ppm 이상의 Ga 이온 농도로 하고, 뒤이어 처리액(14)의 pH를 6.0 내지 8.0의 범위로 조정하도록 KOH 용액을 첨가하여 준비되는 용액이 사용된다. 질산 갈륨 대신에, 갈륨 하이드로클로라이드, 갈륨 포스페이트, 갈륨 셀레이트, 또는 갈륨 하이드록사이드와 같은 또다른 갈륨염을 첨가할 수도 있다. 그런 다음, 하향으로 향하고 있는 앞면(피처리면)과 함께 GaN 기관(16)을 홀딩하는 기관홀더(18)가 하강하게 되어, 상기 컨테이너(12) 내의 처리액(14)에 GaN 기관(16)을 침지시키게 된다.

[0044] 다음으로, 도 1b에 도시된 바와 같이, 광, 바람직하게는 자외선이 상기 컨테이너(12) 하부에 배치된 광원(20)으로부터 발광된다. 광은, 상기 컨테이너(12)의 저부판에 형성된 개구(12a) 및 상기 폴리싱틀(10)의 내부를 통과하여, 상기 GaN 기관(16)의 앞면(하부면)에 도달한다. 조사하는 광의 파장은 GaN의 피처리대상의 밴드갭(band gap)에 대응하는 파장보다 크지 않은 것이, 즉 365 nm 보다 크지 않은 것이 바람직하다(GaN의 밴드갭은 3.42 eV 임). 따라서, GaN은 도 1b에 도시된 바와 같이, GaN 기관(16)의 표면(하부면) 상에 Ga 산화물(Ga_2O_3)(16a)을 생성하도록 상기 광조사에 의하여 산화된다.

[0045] 이렇게 상기 표면을 광으로 조사하여 상기 GaN 기관(16)의 표면(하부면) 상에 Ga 산화물(Ga_2O_3)(16a)을 생성하면서, 상기 기관홀더(18)에 의해 유지되는 GaN 기관(16)이 회전 및 하강되어, 도 1c에 도시된 바와 같이 비교적 낮은 압력으로, 예컨대 대략 0.01 내지 1.0 kgf/cm^2 로, 상기 Ga 산화물(16a)의 표면을 상기 폴리싱틀(10)의 표면과 접촉시키게 된다. 이러한 작업에 의하면, 상기 폴리싱틀(10)과 접촉되어 있는 기관 표면의 그 부분들에 형성된, 즉 표면 불규칙성들을 갖는 GaN 기관(16)의 표면에 있어서 볼록부들의 상단부들에 형성된 Ga 산화물(16a)이 선택적으로 처리 및 제거된다. 상술된 바와 같이, 상기 처리액(14)은 Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충 용액을 포함하여 이루어진다. 소량의 Ga 산화물(16a)만이 이러한 용액에서 분해될 수 있다. 그러므로, 표면 불규칙성들을 갖는 GaN 기관(16)의 표면의 오목부들에 형성된 Ga 산화물(16a)이 상기 처리액(14)에서 분해되는 것이 방지될 수 있게 된다.

[0046] 이에 따라, 도 1d에 도시된 바와 같이, 상기 GaN 기관(16)의 표면의 오목부들에 형성된 Ga 산화물(16a)의 상기

처리액(14)에서의 분해를 억제하면서, 상기 GaN 기판(16)의 표면의 블록부들의 상단부들에 형성된 Ga 산화물(16a)만이 선택적으로 제거될 수 있게 된다. 이는 상기 GaN 기판(16)의 표면을 평탄화하는데 걸리는 시간을 단축시킬 수 있다.

- [0047] 특히 산성 고체 촉매인 퀴츠 글래스가 상기 실시예에서와 같이 폴리싱틀(10)에 대하여 사용되는 경우, 상기 폴리싱틀(퀴츠 글래스)(10)의 표면에는 대량의 수소 이온들(H^+)가 생성된다. 상기 폴리싱틀(퀴츠 글래스)(10)와 접촉되어 있는 기판 표면의 그 부분들에 형성된, 즉 표면 불규칙성들을 갖는 GaN 기판(16)의 표면에 있어서 상기 블록부들의 상단부들에 형성된 Ga 산화물(16a)은 상술된 화학식 2에 따라 수소 이온들(H^+)와 반응하고, 상기 처리액(14)에서 고속으로 분해된다. 이는 상기 GaN 기판(16)의 표면에 있어서 상기 블록부들의 상단부들에서 상기 Ga 산화물(16a)의 제거 반응을 촉진시킬 수 있어, 상기 기판 표면을 처리 및 평탄화하는데 걸리는 시간을 더욱 단축시킬 수 있게 된다.
- [0048] 상기 폴리싱틀(10)의 표면에 대한 GaN 기판(16)의 부착을 방지하고, 상기 GaN 기판(16)의 표면에 대하여 상기 처리액(14)을 효율적으로 공급하기 위해서는, 상기 폴리싱틀(10)이 상기 표면에 복수의 동심형, 방사형, 나선형 또는 격자형 홈들을 구비하는 것이 바람직하다.
- [0049] 또한, 예컨대 샌드블래스팅(sandblasting)에 의하여 상기 GaN 기판(16)과 접촉하거나 근접하게 되는 폴리싱틀(10)의 표면적을 러프닝하거나, 또는 예컨대 다이싱(dicing)에 의하여 상기 표면에 미세 패턴을 생성하는 것이 바람직하다. 이는 상기 GaN 기판(16)의 표면과 상기 폴리싱틀(10) 사이의 갭에서, 폴리싱을 억제할 수 있는 상기 처리액(14)의 층(윤활 유체막)의 형성을 방지할 수 있다.
- [0050] 상기 실시예에 있어서는 산성 고체 촉매인 퀴츠 글래스가 상기 폴리싱틀(10)에 대하여 사용되지만, 염기성 고체 촉매를 사용하는 것도 가능하다. 일반적으로는 적어도 기판과 접촉하거나 기판에 근접하게 되는 표면적에 산성 또는 염기성 고체 촉매층을 갖는 폴리싱틀(10)을 사용하는 것이 가능하다.
- [0051] 상기 고체 촉매는 이온 교환 기능을 갖는 부직포, 이온 교환 기능을 갖는 수지, 이온 교환 기능을 갖는 금속, 및 산성 또는 염기성 금속 산화물 중 여하한 것일 수도 있다. 상기 산성 또는 염기성 금속 산화물의 예로는 철 산화물, 니켈 산화물, 코발트 산화물, 텅스텐 산화물, 알루미늄, 지르코니아 및 실리카(실리콘 산화물) 등의 세라믹들, 및 사파이어, 퀴츠 및 지르코니아 등의 글래스들을 들 수 있다.
- [0052] 상기 처리액(14)은 금속 산화물 입자들, 다이아몬드 입자들, 또는 그 표면들이 산성 또는 염기성 관능기로 수식되는 촉매 입자들, 또는 이들 입자들의 혼합물을 함유하는 것이 바람직하다. 이러한 입자들의 사용은 상기 Ga 산화물(16a)을 보다 효율적으로 제거할 수 있어, 기판 표면을 처리 및 평탄화하는데 걸리는 시간을 더욱 단축시킬 수 있다. 상기 금속 산화물의 예로는 실리카(SiO_2), 세리아(CeO_2), 알루미늄(Al_2O_3), 지르코니아(ZrO_2), 텅스텐 산화물(WO_2), 크롬 산화물(Cr_2O_3) 및 이산화망간(MnO_2)을 들 수 있다.
- [0053] 그 표면들이 산성 또는 염기성 관능기로 수식되는 촉매 입자들은, 그 표면들이 술폰기, 카르복실기 또는 아미노기 등의 관능기로 수식되는 스티렌 수지 또는 플루오로수지 입자들을 예로 들 수도 있다.
- [0054] 또한, 상기 처리액(14)은 산화제를 함유하는 것이 바람직하다. 산화제의 사용은 Ga 산화물(16a)-생성 반응을 촉진시킬 수 있어, 기판의 표면을 처리 및 평탄화하는데 걸리는 시간을 더욱 단축시킬 수 있다. 상기 산화제의 구체적인 예로는 과산화수소수, 오존수, 포타슘 과황산염과 암모늄 과황산염 등의 과황산염, 포타슘 과망간산염 등의 과망간산염, 포타슘 과크롬산염 등의 과크롬산염, 암모늄 바나듐산염, 소듐 바나듐산염 및 포타슘 바나듐산염 등의 바나듐산염, 및 소듐 오소과요오드산염과 소듐 메타과요오드산염 등의 요오드산염들을 들 수 있다.
- [0055] 상기 실시예의 폴리싱방법에 따르면, 상기 폴리싱틀(10)과 접촉되어 있는 Ga 산화물(16a)의 그 부분들만이 선택적으로 처리된다. 따라서, 처리 기준면으로서 상기 폴리싱틀(10)의 표면을 이용하여, 상기 GaN 기판(16)의 표면을 처리 및 평탄화하는 것이 가능하게 된다.
- [0056] 본 실시예에 있어서 상기 GaN 기판(16)의 표면 GaN은 상기 광원(20)으로부터 발광되는 광으로, 바람직하게는 자외선으로 상기 기판 표면을 조사하여 산화되지만, 상기 폴리싱틀(10)과 상기 GaN 기판(16) 사이에 전압을 인가하여 상기 GaN 기판(16)의 표면 GaN을 산화시킬 수도 있다. 광 조사 및 전압 인가 양자 모두를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0057] 이하, Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충 용액의 처리액(14)으로서의 사용은 상기 처리액(14)에서 Ga 산화물(Ga_2O_3)의 분해를 억제할 수 있다는 사실을 입증하기 위하여 행하여진 실험(실증 실험)에 대하여 설명하기로 한

다.

[0058] [실증 실험 1]

[0059] 도 2는 상기 실험의 절차를 보여준다. 도 2에 도시된 바와 같이, GaN 기판은 5분 동안 3.5% HCl의 수용액으로 세정되었다. 상기 GaN 기판의 질량(mass 1)이 그 후에 측정되었다. 그런 다음, 상기 GaN 기판이 포스페이트 완충 용액에 배치되었고, 상기 GaN 기판의 표면이 60분 동안 광으로 조사되어 상기 표면 상에 Ga 산화물을 생성하게 되었다. 상기 GaN 기판의 질량(mass 2)은 그 후에 측정되었다. 또한, "광 조사 동안의 에칭 구성요소"는 질량 차이로 결정되었다(mass 2 - mass 1). 다음으로, 상기 GaN 기판은 5분 동안 3.5% HCl의 수용액으로 세정된 후, 상기 GaN 기판의 질량(mass 3)의 측정이 이어졌다. "광 조사 이후의 산화물 구성요소"는 질량 차이로 결정되었다(mass 3 - mass 2).

[0060] 상기 "광 조사 동안의 에칭 구성요소"는 상기 광 조사 동안 포스페이트 완충 용액에서 분해된 Ga 산화물의 질량을 나타내고, 상기 "광 조사 이후의 산화물 구성요소"는 상기 광 조사 이후 HCl 용액을 이용하여 기판을 세정하는 동안 3.5% HCl의 수용액에서 분해된 Ga 산화물의 질량을 나타낸다.

[0061] 상기 테스트는 각종 타입의 포스페이트 완충 용액들을 "포스페이트 완충 용액"으로 사용하여 행하여졌다. "PBS (pH-7)"은 중성 (pH 7) 포스페이트 완충 용액이 사용된 경우를 나타내고; "PBS (pH-1)"은 산성 (pH 1) 포스페이트 완충 용액이 사용된 경우를 나타내며; "PBS/Ga (pH-7)"은 10 ppm의 Ga 이온들을 함유하는 중성 (pH 7) 포스페이트 완충 용액이 사용된 경우를 나타내고; 및 "PBS/Ga (pH-1)"은 10 ppm의 Ga 이온들을 함유하는 산성 (pH 1) 포스페이트 완충 용액이 사용된 경우를 나타내는 결과들이 도 3에 도시되어 있다.

[0062] 도 3의 데이터로부터 알 수 있는 바와 같이, GaN 기판이 10 ppm의 Ga 이온들을 함유하는 중성 (pH 7) 포스페이트 완충 용액에 배치되고("PBS/Ga (pH-7)"), 상기 기판의 표면이 광으로 조사된 경우에는, 상기 광 조사에 의해 생성되는 Ga 산화물이 상기 포스페이트 완충 용액에서 분해되지 않고, 상기 광 조사 이후 상기 기판이 HCl 용액으로 세정된 경우에 3.5% HCl의 수용액에서 분해된다. 기타 3가지 타입의 포스페이트 완충 용액들의 경우에는, 상기 광 조사에 의해 생성되는 Ga 산화물이 상기 포스페이트 완충 용액에 부분적으로 또는 전체로 분해된다. 따라서, 실험 결과들은 Ga 이온들(예컨대, 10 ppm)을 함유하는 중성 (pH 7) 완충 용액의 처리액으로서의 사용이 GaN 기판의 표면 상에 생성된 Ga 산화물의 상기 처리액에서의 분해를 억제할 수 있다는 것을 나타낸다.

[0063] [실증 실험 2]

[0064] GaN 기판은 pH가 6.86이면서 10 ppm의 Ga 이온들을 함유하는 포스페이트 완충 용액에 배치되었고, 상기 GaN 기판의 표면은 3시간 동안 광으로 조사되었다. 상기 GaN 기판 표면은 광 조사 전후에 광학 현미경을 이용하여 관측되었다. 도 4는 광 조사 이전의 GaN 기판 표면의 광학 현미경 이미지를 보여주고, 도 5는 광 조사 이후의 GaN 기판 표면의 광학 현미경 이미지를 보여준다. 도 4 및 도 5로부터 알 수 있는 바와 같이, 광 조사 전후, 표면 거칠기의 악화없이, 상기 GaN 기판의 표면 상태의 변화는 충분하지 않다.

[0065] GaN 기판이 pH가 6.86이면서 Ga 이온들을 함유하지 않은 포스페이트 완충 용액에 배치되었고, 상기 GaN 기판의 표면이 3시간 동안 광으로 조사된 비교 실험이 행하여졌다. 상기 GaN 기판 표면은 광 조사 이후에 광학 현미경을 이용하여 관측되었다. 도 6은 광 조사 이후 상기 GaN 기판 표면의 광학 현미경 이미지를 보여준다. 도 6으로부터 알 수 있는 바와 같이, GaN 기판이 Ga 이온들이 함유되지 않은 포스페이트 완충 용액에 배치되고, 상기 GaN 기판의 표면이 광으로 조사된 경우, 상기 기판 표면 상의 Ga 산화물은 상기 용액에 분해되고, 패싯(facet)이라고 불리는 결정 형태의 6각형 표면 구조들이 형성되었다. 도 4 및 도 6으로부터 이해하는 바와 같이, Ga 이온들을 함유하지 않는 비교 완충 용액이 사용되는 경우에는, GaN 기판의 표면이 광으로 조사될 때 에칭되어, 표면 거칠기의 악화를 초래하게 된다. 따라서, 상기 실험 결과들은 중성 포스페이트 완충 용액 내의 Ga 이온들의 포함이 상기 용액 내의 Ga 산화물의 분해를 억제할 수 있다는 것을 입증한다.

[0066] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 폴리싱장치를 통합한 평탄화 시스템의 전반적인 구성을 도시한 평면도이다. 도 7에 도시된 바와 같이, 상기 평탄화 시스템은 그 내부가 격벽(1a, 1b, 1c)에 의해 로딩/언로딩부(2), 표면제거처리부(3) 및 세정부(4)로 분할되는 실질적으로 직사각형인 하우징(1)을 포함한다. 상기 로딩/언로딩부(2), 표면제거처리부(3) 및 세정부(4)는 독립적으로 제조되어 독립적으로 배기된다.

[0067] 상기 로딩/언로딩부(2)는, 수많은 기판(피폴리싱대상)들을 각각 저장하는 기판 카세트들이 배치되는 적어도 2개의(예컨대, 도시된 것은 3개) 전방 로딩부(200)를 포함한다. 상기 전방 로딩부(200)는 상기 평탄화 시스템의(중방향에 수직인) 폭방향으로 나란히 배치된다. 각각의 전방 로딩부(200)는 그 위에 오픈 카세트, SMIF(standard manufacturing interface) 포트 또는 FOUP(front opening unified pod)를 수용할 수 있다. 상기

SMIF 및 FOUP는 그 안에 기관 카셋트를 하우징할 수 있는 기밀형 컨테이너이고, 격벽으로 커버하여 외부 환경에 독립적인 내부 환경을 유지할 수 있다.

- [0068] 상기 전방 로딩부(200)의 라인을 따라 연장되는 이동기구(21)는 상기 로딩/언로딩부(2)에 제공된다. 상기 이동기구(21) 상에는, 기관 카셋트들이 배치되는 방향을 따라 이동가능한 제1이송기구로서 제1이송로봇(22)이 제공된다. 상기 제1이송로봇(22)은 상기 이동기구(21) 상에서 이동하여 상기 전방 로딩부(200)에 배치된 기관 카셋트들에 도달할 수 있다. 상기 제1이송로봇(22)은 2개의 핸드, 즉 상부 핸드 및 하부 핸드들을 구비하고, 2개의 핸드들을 상이하게, 예컨대 처리된 기관을 기관 카셋트로 돌려보낼 때에는 상부 핸드들을 이용하여 그리고 처리되지 않은 기관을 이송할 때에는 하부 핸드들을 이용하여 상이하게 사용할 수 있다.
- [0069] 상기 로딩/언로딩부(2)는 가장 깨끗한 환경으로 유지될 필요가 있는 영역이다. 이에 따라, 상기 로딩/언로딩부(2)의 내부는 상기 장치의 외부, 표면제거처리부(3) 및 세정부(4) 가운데 어느 곳보다도 높은 압력으로 일정하게 유지된다. 나아가, HEPA 필터 또는 ULPA 필터와 같은 에어 필터를 구비한 필터-팬 유닛(도시되지 않음)은 상기 제1이송로봇(22)용 이동기구(21) 상방에 제공된다. 입자들, 증기 및 가스가 제거된 깨끗한 에어가 상기 필터-팬 유닛을 통해 하향으로 계속해서 송풍된다.
- [0070] 상기 표면제거처리부(3)는 기관의 표면(피처리면)의 제거 처리가 실시되는 영역이다. 상기 실시예에 있어서, 상기 표면제거처리부(3)는, 제1표면제거처리장치로서 랩핑장치(lapping apparatus; 30A), 제2표면제거처리장치로서 CMP장치(30B) 및 제3(최종)표면제거처리장치로서 본 발명의 일 실시예에 따른 2개의 폴리싱장치(30C, 30D)들을 포함한다. 상기 랩핑장치(30A), CMP장치(30B) 및 폴리싱장치(30C, 30D)들은 상기 평탄화 시스템의 종방향을 따라 배치된다.
- [0071] 상기 랩핑장치(30A)는 랩핑면을 갖는 플레이트(platen; 300A), 기관을 탈착가능하게 홀딩하여 상기 기관을 상기 플레이트(300A)에 대하여 가압하기 위한 톱링(301A), 다이아몬드 슬러리나 콜로이드형 실리카 슬러리 등의 랩핑액을 상기 플레이트(300A)에 공급하기 위한 랩핑액공급노즐(302A), 및 상기 플레이트(300A)의 표면에 순수를 공급하기 위한 순수공급노즐(303A)을 포함한다. 상기 랩핑장치(30A)에 의한 랩핑 시, 상기 랩핑액(슬러리)은 상기 랩핑액공급노즐(302A)로부터 상기 플레이트(300A) 상으로 공급되고, 피폴리싱대상으로서 기관은 상기 톱링(301A)에 의해 유지되고 상기 플레이트(300A)에 대하여 가압되어, 상기 기관의 표면의 랩핑을 실시하게 된다.
- [0072] 상기 랩핑장치(30A)는 주로 예컨대 비교적 큰 초기 불규칙성들을 갖는 기관 표면을 소정의 평탄도로 평탄화하는 과정에 있어서 많은 처리량을 획득하면서 기관 표면의 평탄도를 증대시키고자 한다. 그러므로, 상기 랩핑장치(30A)는 피처리기관이 일 표면에 있어서 큰 초기 불규칙성들을 가지지 않는 경우에 생략될 수 있게 된다.
- [0073] 상기 CMP장치(30B)는 폴리싱면을 갖는 폴리싱테이블(300B), 기관을 탈착가능하게 홀딩하고 상기 기관을 상기 폴리싱테이블(300B)에 대하여 가압하여 상기 기관을 폴리싱하기 위한 톱링(301B), 상기 폴리싱테이블(300B)에 폴리싱액이나 드레싱액(예컨대, 물)을 공급하기 위한 폴리싱액공급노즐(302B), 상기 폴리싱테이블(300B)의 폴리싱면의 드레싱을 실시하기 위한 드레서(303B), 및 하나 또는 복수의 노즐로부터 상기 폴리싱테이블(300B)의 폴리싱면 상으로 미스트 형태의 가스(예컨대, 질소 가스) 및 액체(예컨대, 순수)의 혼합유체를 분무하기 위한 분무장치(304B)를 포함한다.
- [0074] 기관 표면을 폴리싱하기 위한 폴리싱면을 구성하고 있는 연마포, 연마 그레인(고착 연마 그레인) 등이 상기 CMP장치(30B)의 폴리싱테이블(300B)의 상부면에 부착된다. 상기 폴리싱장치(30B)에 의한 폴리싱 시, 폴리싱액이 상기 폴리싱액공급노즐(302B)로부터 상기 폴리싱테이블(300B)의 폴리싱면 상으로 공급되고, 피폴리싱대상으로서의 기관은 상기 톱링(301B)에 의해 유지되고 상기 폴리싱면에 대하여 가압되어 상기 기관의 표면의 폴리싱을 실시하게 된다.
- [0075] 상기 CMP장치(30B)는, 많은 처리량을 얻기 위하여 상기 기관을 높은 처리 속도로 처리하면서 기관 표면의 평탄도를 증대시키게 된다. 따라서, 상기 CMP장치(30B)는, 상술된 랩핑장치(30A)와 조합하여 사용되는 경우, 비교적 큰 초기 불규칙성들을 갖는 기관 표면을 소정의 평탄도로 효과적으로 평탄화할 수 있다. 하지만, 피처리기관의 표면 불규칙성들의 정도 등에 따라, 상기 CMP장치(30B)가 생략될 수도 있다.
- [0076] 도 8에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 폴리싱장치(30C, 30D)들은 각각 Ga 이온들을 함유하는 중성 pH 완충용액을 포함하여 이루어지는 처리액(130)을 그 내부에 홀딩하기 위한 컨테이너(132)를 포함한다. 상기 컨테이너(132) 상방에는, 상기 처리액(130)을 상기 컨테이너(132)에 공급하기 위한 처리액공급노즐(처리액공급부)(133)이 배치된다. 상기 처리액(130)으로는, 예컨대 pH가 6.86인 포스페이트 완충 용액에, 상기 처리액(130) 내의 Ga 이온들이 포화 상태에 근접하도록, 예컨대 10 ppm 이상의 양의 Ga 이온들을 첨가하여 준비되는 용액이 사용될

수도 있다. (25℃에서) 중성 pH 완충 용액의 pH는 예컨대 6.0 내지 8.0 이다.

- [0077] 폴리싱틀(134)은 상기 컨테이너(132)의 저부 상에 장착되어, 상기 처리액(130)이 상기 컨테이너(132) 안으로 충전될 때, 상기 폴리싱틀(134)이 상기 처리액(130) 내에 침지되게 된다. 상기 폴리싱틀(134)은, 예컨대 광 투과율이 우수한 산성 고체 촉매인 퀴즈 글래스로 이루어진다. 상술된 바와 같이, 상기 폴리싱틀(134)에 대하여 염기성 고체 촉매를 사용하는 것도 가능하다. 또한, 상기 폴리싱틀(134)의 표면에만 산성 또는 염기성 고체 촉매층을 갖는 것을 사용하는 것도 가능하다.
- [0078] 상기 컨테이너(132)는 회전축(136)의 상단부에 결합된다. 상기 컨테이너(132)의 저부판은 상기 회전축(136) 주위에 형성되어 상기 폴리싱틀(134)에 의해 폐쇄되는 링형상 개구(132a)를 구비한다. 45° 기울어진 반사판(138)이 상기 개구(134a) 바로 밑에 배치된다. 또한, 광을, 바람직하게는 자외선을 발광하기 위한 광원(140)이 상기 반사판(138)에 대하여 횡방향으로 배치된다. 상기 광원(140)으로부터 나오는 광, 바람직하게는 자외선은 상기 반사판(138)에서 반사되어, 상기 컨테이너(132)의 개구(132a)를 통과하고, 상기 폴리싱틀(134)의 내부를 통해 투과되어, 상기 폴리싱틀(134) 상방에 도달한다.
- [0079] 상기 반사판(138) 바로 위에는 기관(142), 예컨대 GaN 기관을 앞면이 하향방향을 향하게 하면서 탈착가능하게 홀딩하기 위한 기관홀더(144)가 배치된다. 상기 기관홀더(144)는 회전가능하면서 상하로 이동가능한 주축(146)의 하단부에 결합된다.
- [0080] 상기 실시예에 있어서, 상기 컨테이너(132)를 회전시키기 위한 회전축(136) 및 상기 기관홀더(144)를 회전시키기 위한 주축(146)은 상기 기관홀더(144)에 의해 유지되는 기관(GaN 기관)(142) 및 상기 폴리싱틀(134)을 서로에 대하여 이동시키기 위한 이동기구를 구성하고 있다. 하지만, 그들 가운데 어느 하나만 제공하는 것도 가능하다.
- [0081] 상기 실시예의 폴리싱장치에는, 상기 기관홀더(144)에 의해 유지되는 기관(142)과 상기 폴리싱틀(134) 사이에 전압을 인가하기 위한 전원(148)이 제공되기도 한다. 상기 전원(148)의 양극으로부터 연장되어 있는 도선(conducting wire; 152a)에 스위치(150)가 개재된다.
- [0082] 상기 실시예에 있어서, 상기 기관(142)의 처리는 침지 방식으로 실시된다: 상기 컨테이너(132)는 상기 처리액(130)으로 충전되고, 상기 폴리싱틀(134)과 상기 기관홀더(144)에 의해 유지된 기관(142)은 처리 시에 상기 처리액(130)에 침지된 상태로 유지된다. 또한, 상기 기관(142)의 처리가 상기 처리액(130)이 존재하는 가운데 실시되도록, 상기 처리액(130)을 상기 처리액공급노즐(133)로부터 상기 폴리싱틀(134)의 표면 상으로 드립핑(dripping)시켜 상기 처리액(130)이 상기 기관(142)과 상기 폴리싱틀(134) 사이에 공급되는 드립핑 방식을 채택하는 것도 가능하다.
- [0083] 도 9에 도시된 바와 같이, 상기 기관홀더(144)는 상기 처리액(130)의 침입을 방지하기 위한 커버(160)를 구비한다. 상기 커버(160) 내부에서는, 유니버설 조인트(164)와 스프링(166)을 포함하는 회전전달부(168)를 통하여, 상기 주축(146)의 하단부에 결합되는 드라이브 플랜지(162)에 금속홀더본체(170)가 결합된다.
- [0084] 리테이너링(172)은 상기 홀더본체(170)의 하부 주위에 상하로 이동가능하게 배치된다. 전도성 러버(conductive rubber; 174)는 상기 홀더본체(170)의 하부면(기관홀딩면)에 탑재되어, 압력 공간(176)이 상기 홀더본체(170)의 하부면과 상기 전도성 러버(174) 사이에 형성될 수 있도록 한다. 공기도입관(178)이 상기 홀더본체(170)에서 연장되는 공기도입로를 통해 상기 압력 공간(176)에 연결된다. 상기 금속홀더본체(170)의 플랜지부에는 상기 전원(148)의 양극으로부터 연장되는 도선(152a)에 연결되는 추출전극(extraction electrode; 180)이 제공된다.
- [0085] 상기 폴리싱틀(134)과 접촉시켜 상기 리테이너링(172)의 표면 재료가 상기 폴리싱틀(134)의 표면에 들러붙게 되는 것을 방지함으로써, 상기 리테이너링(172)의 표면의 마모를 방지하기 위하여, 적어도 상기 폴리싱틀(134)과 접촉하게 되는 상기 리테이너링(172)의 표면부는 퀴즈, 사파이어 또는 지르코니아 등의 글래스 재료, 또는 알루미늄, 지르코니아 또는 실리콘 카바이드 등의 세라믹 재료로 이루어지는 것이 바람직하다. 상기 전도성 러버(174)는, 예컨대 전도성 클로로프렌 러버, 전도성 실리콘 러버 또는 전도성 플루오로러버이다.
- [0086] 상기 기관(142)의 이면이 예컨대 흡착(attraction)에 의해 상기 기관홀더(144)의 홀더본체(170)의 하부면(기관홀딩면) 상에 유지되는 경우, 상기 전도성 러버(174)는 상기 기관(142)의 이면과 접촉하게 되어 상기 이면에 전기를 공급하게 된다. 상기 기관(142)의 이면에 전기 공급을 유지하면서 상기 압력 공간(176) 안으로 공기가 도입되어, 상기 폴리싱틀(134)에 대하여 상기 기관(142)을 가압할 수 있다.
- [0087] 따라서, 상기 기관홀더(144)는 간단한 방식으로 상기 기관(142)에 전기를 낮은 저항으로 공급하면서 상기 기관

(142)을 유지할 수 있게 된다. 상기 기관홀더(144)는, 상기 기관(142)을 상기 기관홀더(144) 상에 유지할 때 상기 기관(142)을 상기 전도성 러버(174)와 접촉시키는 경우, 상기 전도성 러버(174)와 상기 기관(142) 사이에 폴러 전도성 그리스(polar conductive grease)를 충전할 수 있도록 구성되는 것이 바람직하다.

[0088] 도 10에 도시된 바와 같이, 상기 컨테이너(132)의 개구(132a)에 대응하는 영역에 있는 상기 폴리싱틀(134)의 상부면에는 수많은 홈(134a)들이 제공된다. 상기 홈(134a)들의 저부들에는 기상-증착 금속막(vapor-deposited metal film; 154)이 형성된다. 상기 금속막(154)에는 상기 전원(148)의 음극으로부터 연장되는 도선(152b)이 연결된다. 상기 금속막(154)은 내식성이 있는 백금이나 금으로 제조되는 것이 바람직하다. 상기 폴리싱틀(134)의 상부면에 제공되는 홈(134a)들은 동심원들에 배치되는 것이 바람직하지만, 상기 홈들을 나선형, 방사형 또는 격자형 구성으로 배치하는 것도 가능하다.

[0089] 도 11에 도시된 바와 같이, 상기 폴리싱틀(134)의 상부면에 제공된 상기 홈(134)들의 저부들에, 예를 들면 금이나 백금의 금속선(156)을 제공하는 것도 가능하다.

[0090] 도 12에 도시된 바와 같이, 상기 폴리싱틀(134)의 상부면에 제공되는 상기 홈(134a)들을, 예컨대 상기 기관홀더(144)에 의해 유지되고 상기 폴리싱틀(134)과 접촉시키는 상기 기관(142)의 반경방향으로 구역 A 내지 E로 분할하여, 상기 구역 A 내지 E에 인가되는 전압들을 개별적으로 제어하는 것이 바람직하다. 이는 각각의 구역 A 내지 E에 대하여 폴리싱 속도를 개별적으로 제어하는 것도 가능하게 만든다.

[0091] 상기 기관홀더(144)에 내장되어 상기 회전축(146) 안으로 연장되어 있는 히터(158)(도 8 참조)는, 상기 기관홀더(144)에 의해 유지되는 상기 기관(142)의 온도를 제어하기 위한 온도제어기구로서 제공된다. 상기 컨테이너(132) 상방에는, 온도제어기구로서의 열교환기에 의해 소정의 온도로 제어되는 상기 처리액(130)을 상기 컨테이너(132) 안으로 공급하기 위한 처리액공급노즐(133)이 배치된다. 나아가, 상기 폴리싱틀(134)의 온도를 제어하기 위한 온도제어기구로서의 유로(도시되지 않음)가 상기 폴리싱틀(134)의 내부에 제공된다.

[0092] 아레니우스식(Arrhenius equation)으로 공지된 바와 같이, 화학 반응의 반응 온도가 높을 수록, 반응 속도도 빨라진다. 따라서, 반응 온도를 제어하기 위하여 상기 기관(142)의 온도, 상기 처리액(130)의 온도 및 상기 폴리싱틀(134)의 온도 중 적어도 하나를 제어함으로써, 처리 속도가 조정될 수 있고, 상기 처리 속도의 안정성이 증대될 수 있다.

[0093] 도 7에 도시된 바와 같이, 상기 폴리싱장치(30C, 30D)들에는, 소정의 평탄도 및 적절한 거칠기를 구비하도록 상기 폴리싱틀(134)의 표면(상부면)을 컨디셔닝하기 위하여, 예컨대 폴리싱패드로 이루어지는 컨디셔닝기구(컨디셔너)(190)가 각각 제공된다. 상기 폴리싱틀(134)의 표면(상부면)은, 대략 0.1 내지 1 μm 의 PV(peak-to-valley) 평탄도를 갖도록 상기 컨디셔닝기구(컨디셔너)(190)에 의해 컨디셔닝된다. 상기 폴리싱틀(134)의 컨디셔닝 시, 상기 폴리싱틀(134)의 표면에는 필요에 따라 연마제-함유 슬러리가 공급될 수도 있다.

[0094] 도 13a에 도시된 바와 같이, 기관의 표면이 1 μm 보다 큰 PV 표면 평탄도를 갖는 폴리싱틀을 이용하여 폴리싱되면, 상기 기관의 표면이 평탄화될 수 있다(상기 기관의 폴리싱면의 표면 거칠기 RMS는 0.804 μm 임). 하지만, 도 13b에 도시된 바와 같이, 상기 기관의 폴리싱면 상에 스트리크들이 나타날 것이다. 다른 한편으로, 기관의 표면이, 도 14a 및 도 14b에 도시된 바와 같이, 0.1 μm 보다 작은 PV 표면 평탄도를 갖는 폴리싱틀을 이용하여 폴리싱되는 경우에는, 상기 기관의 표면이 상기 폴리싱틀의 표면과 상기 기관의 표면 사이에 존재하는 처리액의 유효 작용으로 인하여 충분히 처리되지 못할 것이다.

[0095] 이와는 대조적으로, 기관의 표면이 0.1 내지 1 μm 의 범위 내의 PV 표면 평탄도를 갖는 폴리싱틀을 이용하여 폴리싱되는 경우에는, 도 15a에 도시된 바와 같이, 상기 기관의 표면이 평탄화될 수 있다(상기 기관의 폴리싱면의 표면 거칠기 RMS가 0.337 μm 임). 또한, 도 15b에 도시된 바와 같이, 상기 기관의 폴리싱면에는 스트리크들이 없을 것이다.

[0096] 상기 폴리싱장치(30C 또는 30D)의 동작 시, 상기 컨테이너(132) 상방에 놓이는 상기 기관홀더(144)에 의해, GaN 기관과 같은 기관(142)은 앞면(피처리면)을 하향으로 향하게 유지되고, 상기 기관홀더(144)가 그 후에 하강되어 상기 컨테이너(132)에 유지되는 처리액(130)에 상기 기관(142)을 침지시키게 된다. 상기 기관(142)과 상기 폴리싱틀(134) 사이에 상기 처리액(130)이 존재하는 경우, 광, 바람직하게는 자외선이 상기 광원(140)으로부터 상기 기관(142)의 앞면(하부면) 상으로 방사된다. 상기 조사광의 파장은 상기 기관(142)의 밴드갭에 대응하는 파장보다 큰 크지 않은 것, 즉 GaN 기관의 경우에는 365 nm 보다 크지 않은 것이 바람직하다(GaN의 밴드갭은 3.42 eV임). 따라서 GaN 기관의 경우에 있어서는, 상기 GaN 기관의 표면 상에 Ga 산화물(Ga_2O_3)을 생성하도록 광조사

에 의해 GaN이 산화되게 된다.

- [0097] 다른 한편으로, 상기 전원(148)의 스위치(150)는, 상기 폴리싱틀(134)이 캐소드로서의 역할을 하도록, 상기 폴리싱틀(134)과 상기 기관홀더(144)에 의해 유지되는 상기 기관(142) 사이에 전압을 인가하도록 턴 온된다. GaN 기관의 경우에는, 전압 인가가 상기 GaN 기관의 표면 상에서의 Ga 산화물(Ga_2O_3)의 생성을 촉진시킬 수 있다.
- [0098] 다음으로, 상기 광원(140)으로부터 광, 바람직하게는 자외선을 방사하고, 상기 폴리싱틀(134)과 상기 기관(142) 사이에 전압을 인가하면서, 상기 회전축(136)이 회전되어 상기 폴리싱틀(134)을 회전시키게 되고, 이와 동시에 상기 기관홀더(144)가 회전되어 상기 기관(142)을 회전시키게 되고, 하강되어 바람직하게는 대략 0.01 내지 1.0 kgf/cm^2 의 압력으로, 상기 기관(142)의 표면을 상기 폴리싱틀(134)의 표면과 접촉시키게 된다. 상기 압력이 0.01 kgf/cm^2 보다 낮다면, 상기 기관(142)의 뒤틀림(warpage)이 보정될 수 없어, 전체 기관(142)이 균일하게 폴리싱될 수 없게 될 가능성이 있다. 상기 압력이 1.0 kgf/cm^2 보다 높다면, 기계적 결합이 상기 기관(142)의 표면 상에 생성될 수 있다. 이러한 동작에 의하면, 상기 폴리싱틀(134)과 접촉되어 있는 상기 기관(GaN 기관)(142)의 표면의 그 부분들에 형성된, 즉 표면 불규칙성들을 갖는 상기 기관(142)의 표면에 있는 볼록부들의 상단부들에 형성된 Ga 산화물이 선택적으로 처리 및 제거되어, 상기 기관(142)의 표면이 평탄화되게 된다.
- [0099] 상기 기관(142)의 표면의 처리의 완료 후, 상기 광원(140)으로부터 광, 바람직하게는 자외선의 방사 및 상기 폴리싱틀(134)과 상기 기관(142) 사이의 전압 인가가 중단되고, 상기 기관홀더(144)가 상승된 다음, 상기 기관(142)의 회전이 중단된다. 그 후, 상기 처리된 기관(142)이 다음 스테이지를 위해 이송된다.
- [0100] 따라서, 상기 기관(142)의 표면 상의 Ga 산화물은, 상기 기관(142)의 표면을 광으로 조사하는 것과 상기 기관(142)에 바이어스 전압을 인가하는 것 양자 모두에 의하여 상기 기관(142)의 표면 상에 Ga 산화막을 형성하면서 폴리싱된다. 이는 충분한 폴리싱 속도를 보장할 수 있고, 상기 기관(142)의 표면에 큰 손상부가 있는 경우에도, 상기 손상부를 확실하게 제거할 수 있다.
- [0101] 하지만, 높은 바이어스 전압이 상기 기관(142)의 표면에 인가되어 산화 속도를 높이게 되면, 상기 산화막이 그것이 제거되는 속도보다 빨리 성장할 수 있어, 상기 산화막의 과도한 성장과 상기 기관(142)의 표면의 부수적 거칠기를 초래하게 된다.
- [0102] 이러한 관점에서, 상술된 방식으로, 즉 상기 기관 표면을 광으로 조사하는 것과 상기 기관(142)에 바이어스 전압을 인가하는 것 양자 모두에 의하여 상기 기관 표면 상에 Ga 산화막을 형성하면서 상기 기관(142)의 표면 상의 Ga 산화물을 폴리싱함으로써, 제1폴리싱공정을 실시하는 것과, 후속해서 상기 기관(142)의 표면을 광으로 조사하면서 상기 바이어스 전압의 인가없이 제2폴리싱공정을 실시하는 것이 가능하다.
- [0103] 상기 2단 폴리싱방법에 따르면, 상기 제1폴리싱공정은 충분한 폴리싱 속도를 보장할 수 있고, 상기 기관(142)의 표면에 큰 손상부가 있는 경우에도, 상기 손상부를 확실하게 제거할 수 있다. 또한, 상기 제2폴리싱단계는 상기 기관(142)의 표면 상에 Ga 산화막이 과도하게 성장되는 것을 방지할 수 있고, 상기 기관(142)의 처리된 표면의 평탄도를 증대시킬 수 있다.
- [0104] 상기 제1폴리싱공정을 상기 제2폴리싱공정으로 천이시키는 경우, 상기 기관(142)에 인가되는 바이어스 전압은 점진적으로 감소될 수도 있다. 대안적으로는, 예컨대 0.1 내지 10초의 간격들로 "on" 과 "off"를 반복하는 펄스 전압이 상기 바이어스 전압으로 사용될 수도 있고, 상기 펄스 전압의 인가 오프 시간이 도 16a에 도시된 바와 같이 점진적으로 증가될 수도 있다.
- [0105] 따라서, 상기 기관(142)의 표면의 처리는, 상기 기관 표면 내의 손상부에 영향을 받지 않고, 상기 기관(142)의 전체 표면을 균일하게 산화시켜 전체 기관 표면 상에 얇은 산화막을 형성하기 위하여, 상기 기관(142)에 충분히 높은 바이어스 전압을 인가하면서 실시될 수 있다. 후속해서 상기 인가된 바이어스 전압을 점진적으로 하강시킴으로써, 또는 상기 바이어스 전압으로서 펄스 전압을 이용하고 상기 펄스 전압의 인가 오프 시간을 점진적으로 증가시킴으로써, 상기 산화막의 과도한 성장을 억제하면서 처리가 계속될 수 있다.
- [0106] 또한, 도 16b에 도시된 바와 같이, 소정의 간격으로 기관(142)에 대한 양전압의 인가와 반대 전압의 인가를 반복하는 바이어스 전압을 사용하는 것도 가능하며, 상기 기관(142)에 대한 양의 바이어스 전압의 인가에 의해 상기 기관(142)의 표면 상에 산화막이 과도하게 형성되는 경우에도, 상기 산화막은 상기 기관(142)에 대한 반대 전압의 인가에 의해 에칭 제거될 수 있게 된다.
- [0107] 상기 실시예에 있어서는 제1폴리싱공정 및 제2폴리싱공정이 동일 장치에서 연속해서 실시되어 스루풋을 높이게

되지만, 상기 제1폴리싱공정 및 제2폴리싱공정을 실시하기 위하여 별도의 장치들을 사용하는 것도 가능하다.

[0108] 도 7로 다시 돌아가면, 상기 랩핑장치(30A) 및 CMP장치(30B)와 세정부(4) 사이에는, 상기 평탄화 시스템의 중방향을 따라 4개의 이송 위치들(상기 로딩/언로딩부(2)로부터의 거리의 순서로 제1이송위치 TP1, 제2이송위치 TP2, 제3이송위치 TP3, 및 제4이송위치 TP4)들 사이에서 기판을 이송하기 위한 제2(이동)이송기구로서 제1선형이송부(5)가 배치된다. 상기 제1이송로봇(22)으로부터 수용되는 기판을 뒤집기 위한 반전기계(31)는 상기 제1선형이송부(5)의 제1이송위치 TP1 상방에 배치되고, 상하로 이동가능한 리프터(32)는 상기 반전기계(31) 하방에 배치된다. 또한, 상하로 이동가능한 푸셔(33)는 상기 제2이송위치 TP2 하방에 배치되고, 상하로 이동가능한 푸셔(34)는 상기 제3이송위치 TP3 하방에 배치되고, 상하로 이동가능한 리프터(35)는 상기 제4이송위치 TP4 하방에 배치된다.

[0109] 상기 폴리싱장치(30C, 30D)들 옆에 그리고 상기 제1선형이송부(5)에 인접하여, 상기 평탄화 시스템의 중방향을 따라 3개의 이송 위치들(상기 로딩/언로딩부(2)로부터의 거리의 순서로 제5이송위치 TP5, 제6이송위치 TP6 및 제7이송위치 TP7)들 사이에서 기판을 이송하기 위한 제2(이동)이송기구로서 제2선형이송부(6)가 배치된다. 상하로 이동가능한 리프터(36)는 상기 제5이송위치 TP5 하방에 배치되고, 푸셔(37)는 상기 제6이송위치 TP6 하방에 배치되며, 푸셔(38)는 상기 제7이송위치 TP7 하방에 배치된다. 또한, 터브(tub)와 순수노즐을 포함하는 순수교체부(192)는 상기 폴리싱장치(30C)와 상기 푸셔(37) 사이에 배치되고, 터브와 순수노즐을 포함하는 순수교체부(194) 또한 상기 폴리싱장치(30D)와 상기 푸셔(38) 사이에 배치된다.

[0110] 표면 제거 처리 시 슬러리 등의 사용으로부터 이해될 수 있는 바와 같이, 상기 표면제거처리부(3)는 가장 더러운 영역이다. 그러므로, 이러한 시스템에서는, 공기의 배출이 플레이트와 같은 제거처리장소 주위에서 행하여져, 상기 표면제거처리부(3) 내의 입자들이 외부로 비산되는 것을 방지하게 된다. 또한, 상기 표면제거처리부(3)의 내부 압력은 상기 시스템의 외부 압력 및 이웃하는 세정부(4) 및 로딩/언로딩부(2)의 내부 압력들보다 낮게 이루어져, 입자들이 비산하는 것을 방지하게 된다. 배기덕트(도시되지 않음) 및 필터(도시되지 않음)는 보통 깨끗해진 공기의 하향류를 생성하기 위하여 플레이트와 같은 제거처리장소 하방과 상방에 각각 제공된다.

[0111] 상기 세정부(4)는 기판을 세정하기 위한 영역이다. 상기 세정부(4)는 제2이송로봇(40), 상기 제2이송로봇(40)으로부터 수용되는 기판을 뒤집기 위한 반전기계(41), 상기 기판을 각각 세정하기 위한 3개의 세정유닛(42~44), 상기 세정된 기판을 순수로 행군 다음 상기 기판을 스핀-건조시키기 위한 건조유닛(45), 및 상기 반전기계(41), 상기 세정유닛(42~44) 및 상기 건조유닛(45) 사이에서 기판을 이송하기 위한 이동가능한 제3이송로봇(46)을 포함한다. 상기 제2이송로봇(40), 상기 반전기계(41), 상기 세정유닛(42~44) 및 상기 건조유닛(45)은 상기 평탄화 시스템의 중방향을 따라 일렬로 배치되고, 상기 제3이송로봇(46)은 상기 제1선형이송부(5) 및 상기 제2이송로봇(40), 상기 반전기계(41), 상기 세정유닛(42~44) 및 상기 건조유닛(45)의 라인 사이에 이동가능하게 배치된다. 에어 필터를 구비한 필터-팬 유닛(도시되지 않음)은 상기 세정유닛(42~44) 및 상기 건조유닛(45) 상방에 제공되고, 상기 필터-팬 유닛에 의해 입자들이 제거된 클린 공기가 계속해서 하향으로 송풍된다. 상기 세정부(4)의 내부는 상기 표면제거처리부(3) 보다 높은 압력으로 일정하게 유지됨으로써, 상기 표면제거처리부(3)로부터의 입자들의 유입을 방지하게 된다.

[0112] 상기 반전기계(31)와 상기 제1이송로봇(22) 사이에 위치한 셔터(50)는 상기 표면제거처리부(3)를 포위하는 격벽(1a)에 제공된다. 상기 셔터(50)는 상기 제1이송로봇(22)과 상기 반전기계(31) 사이에서 기판을 이송할 때에 개방된다. 또한, 상기 CMP장치(30B)를 향하고 있는 위치에 자리잡은 셔터(53) 및 상기 폴리싱장치(30C)를 향하고 있는 위치에 자리잡은 셔터(54)는 각각 상기 표면제거처리부(3)를 포위하는 격벽(1b)에 제공된다.

[0113] 이하, 상기 구성을 갖는 평탄화 시스템에 의하여 기판의 표면을 평탄화하기 위한 처리를 설명하기로 한다.

[0114] 전방 로딩부(20) 중 하나에 장착된 기판 카세트로부터 상기 제1이송로봇(22)에 의하여 하나의 기판이 취해지고, 상기 기판은 상기 반전기계(31)로 이송된다. 상기 반전기계(31)는 상기 기판을 180° 뒤집은 다음, 상기 제1이송위치 TP1에서 상기 기판을 상기 리프터(32) 상에 배치한다. 상기 랩핑장치(30A)의 톱링(301A)은 상기 기판을 상기 리프터(32)로부터 수용하고, 상기 랩핑장치(30A)는 상기 기판의 표면의 랩핑을 실시한다. 특히, 상기 랩핑장치(30A)에서는, 예컨대 다이아몬드 슬러리 또는 콜로이드형 실리카 슬러리 등의 랩핑액을 상기 플레이트(300A)에 공급하면서 수심 $\mu\text{m}/\text{h}$ 보다 빠르지 않은 처리 속도로, 상기 기판 표면을 대략 10 μm 의 두께에 대응하는 양으로 제거하여 상기 기판 표면을 평탄화하는 상기 기판 표면의 랩핑이 실시된다. 처리 이후 상기 기판 표면에서의 손상 깊이는 대략 1 μm 이다. 상기 기판 표면은 필요에 따라 순수에 의해 행워진다.

- [0115] 랩핑 이후의 기판은 상기 제2이송위치 TP2에서 상기 푸셔(33)로 이송되고, 그 후에 상기 제1선형이송부(5)에 의하여 상기 제3이송위치 TP3로 이송된다. 상기 CMP장치(30B)의 톱링(301B)은 상기 제3이송위치 TP3에서 상기 푸셔(34)로부터 상기 기판을 수용하고, 상기 CMP장치(30B)는 상기 기판의 표면의 화학적 기계적 폴리싱을 실시한다. 특히, 상기 CMP장치(30B)에서는, 예컨대 콜로이드형 실리카를 함유하고 있는 폴리싱액을 상기 폴리싱테이블(300B)에 공급하면서 수 $\mu\text{m}/\text{h}$ 보다 빠르지 않은 처리 속도로, 상기 기판 표면을 대략 수 μm 의 두께에 대응하는 양으로 제거하여 상기 기판 표면을 더욱 평탄화하는 상기 기판 표면의 화학적 기계적 폴리싱이 실시된다. 처리 이후 상기 기판 표면에서의 손상 깊이는 대략 10 nm이다. 상기 기판 표면은 필요에 따라 순수에 의해 행워진다.
- [0116] CMP 이후의 기판은 상기 제4이송위치 TP4에서 상기 리프터(35)로 이송된다. 상기 제2이송로봇(40)은 상기 리프터(35)로부터 상기 기판을 수용하고, 상기 제5이송위치 TP5에서 상기 리프터(36) 상에 상기 기판을 배치한다. 상기 제2선형이송부(6)는 상기 제6이송위치 TP6 및 상기 제7이송위치 TP7 중 하나로 상기 리프터(36) 상의 기판을 이송시키도록 수평방향으로 이동한다. 상기 폴리싱장치(30C 또는 30D)의 기판홀더(144)는 상기 기판을 상기 푸셔(37 또는 38)로부터 수용하고, 상기 폴리싱장치(30C 또는 30D)는 상기 기판의 표면의 폴리싱을 실시한다.
- [0117] 상기 폴리싱장치(30C)에서 폴리싱을 행한 기판에 있어서, 폴리싱 이후 상기 기판 표면 상에 남아 있는 처리액은 상기 순수교체부(192)에서 순수로 교체되고, 그 후에 상기 기판이 상기 제6이송위치 TP6으로 되돌아간다. 상기 폴리싱장치(30D)에서 폴리싱을 행한 기판에 있어서는, 폴리싱 이후 상기 기판 표면 상에 남아 있는 처리액이 상기 순수교체부(194)에서 순수로 교체되고, 그 후에 상기 기판이 상기 제7이송위치 TP7로 되돌아간다. 순수 교체 이후의 기판은 상기 제2선형이송부(6)에 의하여 상기 제5이송위치 TP5로 이동된다.
- [0118] 상기 제2이송로봇(40)은 상기 제5이송위치 TP5로부터 기판을 취하여, 상기 기판을 상기 반전기계(41)로 이송한다. 상기 반전기계(41)는 상기 기판을 180° 뒤집은 다음, 그것을 상기 제1세정유닛(42)으로 이송하여, 상기 기판이 세정된다. 상기 제3이송로봇(46)은 상기 기판을 상기 제1세정유닛(42)으로부터 상기 제2세정유닛(43)으로 이송하여, 상기 기판이 세정된다.
- [0119] 상기 제3이송로봇(46)은 세정 이후의 기판을 상기 제3세정유닛(44)으로 이송하여, 상기 기판이 순수로 세정된다. 상기 제3이송로봇(46)은 순수 세정 이후의 기판을 상기 건조유닛(45)으로 이송하여, 상기 기판이 순수로 행워진 다음, 고속으로 회전되어 상기 기판을 스핀-건조시키게 된다. 상기 제1이송로봇(22)은 스핀-건조 이후의 기판을 상기 건조유닛(45)으로부터 수용하고, 상기 전방 로딩부(200)에 장착된 기판 카세트로 상기 기판을 리턴시킨다.
- [0120] [실시에 1]
- [0121] 도 8에 도시된 폴리싱장치를 이용하고, 처리액으로서, pH가 6.86이고 10 ppm의 Ga 이온들을 함유하는 포스페이트 완충 용액을 이용하여, 광원으로부터 방출되는 365 nm의 피크 방출 파장(peak emission wavelength)을 갖는 자외선으로 상기 표면을 조사하면서, 산성 고체 촉매인 쿼츠 글래스로 이루어진 폴리싱틀로 Ga 기판의 표면의 폴리싱이 3시간 동안 실시되었다. 도 17 및 도 18은 처리 이후 GaN 기판 표면의 광학 현미경 이미지들을 보여준다.
- [0122] [비교예 1 ~ 4]
- [0123] GaN 기판 표면의 폴리싱은, 실시예 1에 사용된 처리액과 동일하지만 그 pH가 염산에 의해 1로 변경된 처리액(비교예 1); 및 실시예 1에 사용된 처리액과 동일하지만 그 pH가 수산화칼륨에 의해 13으로 변경된 처리액(비교예 2)을 이용하는 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방식으로 실시되었다. 도 19 및 도 20은 비교예 1 및 비교예 2에서의 처리 이후 GaN 기판 표면들의 광학 현미경 이미지들을 보여준다.
- [0124] GaN 기판 표면의 폴리싱은, 실시예 1에 사용된 처리액과 동일하지만 그 pH가 인산(HPO_3)에 의해 5로 변경된 처리액(비교예 3); 및 실시예 1에 사용된 처리액과 동일하지만 그 pH가 수산화칼륨에 의해 9로 변경된 처리액(비교예 4)을 이용하는 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방식으로 실시되었다. 도 21 및 도 22는 비교예 3 및 비교예 4에서의 처리 이후 GaN 기판 표면들의 광학 현미경 이미지들을 보여준다.
- [0125] 도 17 및 도 19 내지 도 22로부터 알 수 있는 바와 같이, pH가 6 내지 8인, 특히 6.86인 중성 처리액의 사용은 산성 또는 염기성 처리액의 사용에 비해 거칠기가 보다 낮은 처리면을 제공할 수 있다.
- [0126] [비교예 5]
- [0127] 처리액에 Ga 이온들을 포함하는 효과를 확인하기 위하여, GaN 기판 표면의 폴리싱은, 실시예 1에 사용된 처리액

과 동일하지만, Ga 이온들은 함유되지 않은 처리액(비교예 5)을 이용하는 것을 제외하고는, 실시예 1에서와 동일한 방식으로 실시되었다. 도 23은 처리 이후의 GaN 기판 표면의 광학 현미경 이미지를 보여준다.

[0128] 도 18 및 도 23으로부터 알 수 있는 바와 같이, 실시예 1의 처리된 기판의 표면 거칠기(RMS: 0.404 nm)는 비교예 5의 처리된 기판의 표면 거칠기(RMS: 11.662 nm)보다 현저하게 낮다. 이는 중성 완충 용액에 Ga 이온들을 포함하는 것이 처리면의 표면 거칠기를 현저하게 개선시킬 수 있다는 것을 나타낸다.

[0129] [비교예 6]

[0130] 처리액에 Ga 이온들을 포함하여 폴리싱에 필요한 시간의 단축 효과를 확인하기 위하여, GaN 기판 표면의 폴리싱은, 처리 시간을 40시간(비교예 6)으로 변경하는 것을 제외하고는, 비교예 5에서와 동일한 방식으로 실시되었다. 도 24는 처리 이후의 GaN 기판 표면의 광학 현미경 이미지를 보여준다. 도 18 및 도 24로부터 알 수 있는 바와 같이, 상기 처리가 Ga 이온들을 함유하지 않는 처리액을 이용하여 40시간 동안 실시된 비교예 6의 처리된 기판의 표면 거칠기(RMS: 0.636 nm)는, 상기 처리가 Ga 이온들을 함유하는 처리액을 이용하여 3시간 동안 실시된 실시예 1의 것과 거의 같다. 이는 중성 완충 용액에 Ga 이온들을 포함하는 것이 GaN 기판 표면을 폴리싱 및 평탄화하는데 걸리는 시간을 현저하게 단축시킬 수 있다는 것을 나타낸다.

[0131] GaN 기판의 표면의 폴리싱이 가변 농도들에서 pH가 6.86이고 Ga 이온들이 함유되어 있는 포스페이트 완충 용액을 이용하여 실시예 1에서와 동일한 방식으로 실시된 추가적인 실험이 행하여졌다. 테스트된 GaN 기판 샘플들에 있어서는, 폴리싱 속도(제거율)들이 측정되었다. 도 25는 Ga 이온 (Ga^{3+} 이온) 농도와 폴리싱 속도(제거율) 간의 관계를 보여준다. 도 25로부터 알 수 있는 바와 같이, 상기 처리(폴리싱) 속도는 Ga 이온 농도가 증가함에 따라 저감된다. 또한, 5 ppm 보다 작은 Ga 이온 농도에서는, 상기 처리면이 5 nm 보다 작지 않은 높은 표면 거칠기 RMS를 가지는 반면, 상기 처리면의 표면 거칠기 RMS는 10 ppm 보다 작지 않은 Ga 이온 농도에서 1 nm 이하 정도로 낮다는 것이 밝혀졌다. 이는 상기 용액 내에 유효량의 Ga 이온들을 포함하는 것이 상기 기판 표면의 오목부들에서의 표면 산화물의 등방성 에칭(isotropic etching)을 억제하여, 상기 기판 표면의 불록부만이 측매 반응으로 제거된다는 사실에 기인한다고 볼 수 있다.

[0132] 따라서, 처리액의 Ga 이온 농도는 10 ppm 보다 작지 않은 것이 바람직하다. 상기 Ga 이온 농도가 10 ppm 보다 작다면, 처리된 기판의 표면 거칠기는 도 23에 도시된 바와 같이 높거나 불량할 것이다. 다른 한편으로, 처리액의 Ga 이온 농도는 100 ppm 이하인 것이 바람직한데, 그 이유는 상기 Ga 이온 농도가 100 ppm 보다 큰 경우에는 처리액이 젤 상태로 변할 수 있기 때문이다.

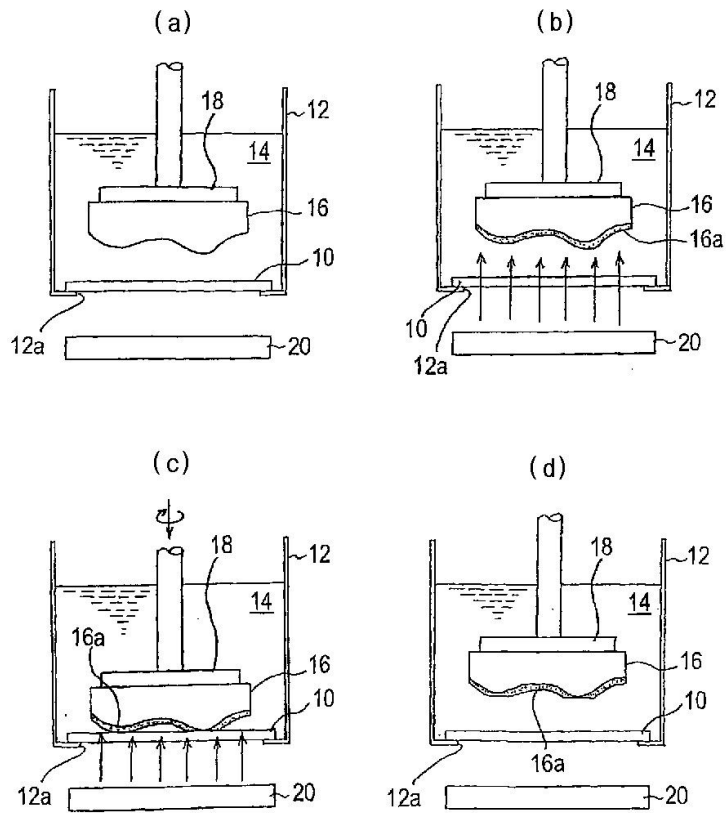
[0133] 지금까지 본 발명을 바람직한 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 본 발명이 상기 실시예들로 제한되는 것은 아니며, 본 명세서에 기재된 일반적인 발명 개념 내에서 각종 변경들이 가능하다는 것은 자명하다.

산업상 이용가능성

[0134] 본 발명은 Ga(갈륨) 원소를 함유하는 화합물 반도체의 기본 기판 또는 Ga 원소-함유 화합물 반도체의 층을 갖는 집합 기판(에피택셜 기판) 등의 기판의 표면(피처리면)을 처리 및 평탄화하기 위한 폴리싱방법 및 폴리싱장치에 적용가능하다.

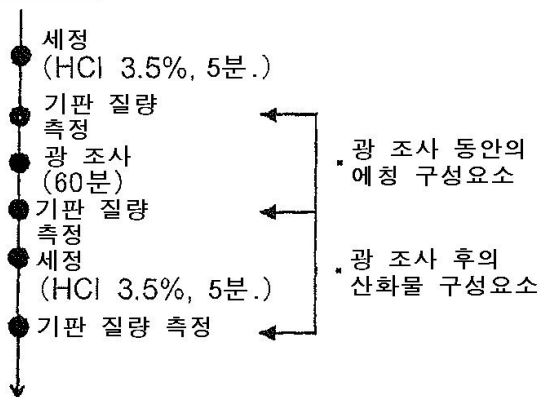
도면

도면1

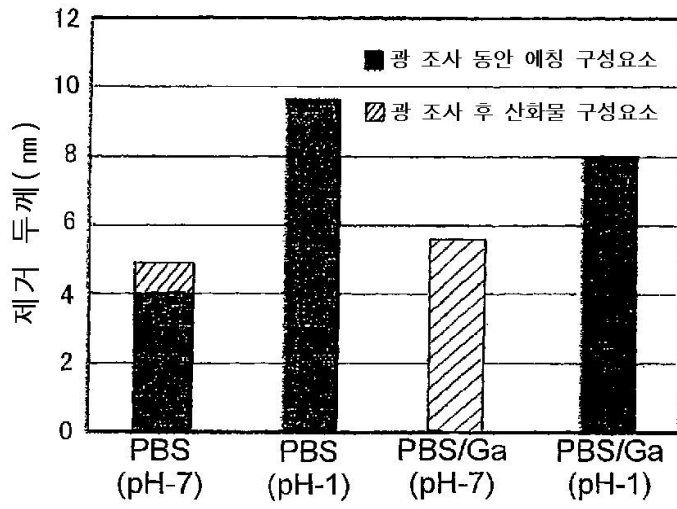


도면2

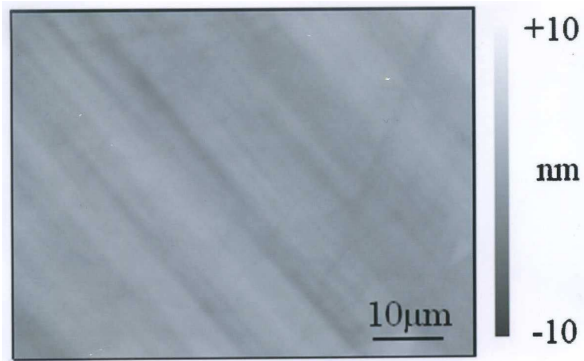
실험 절차



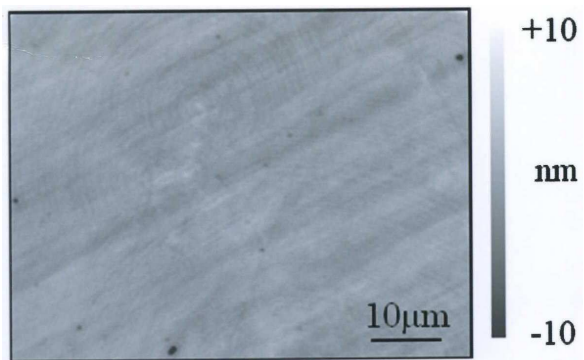
도면3



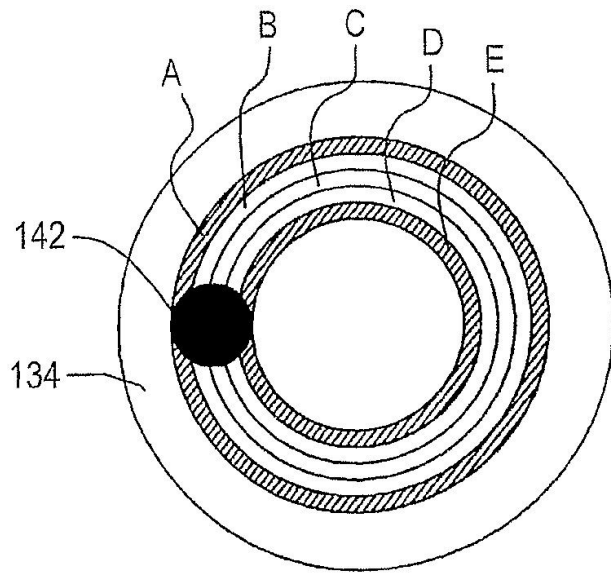
도면4



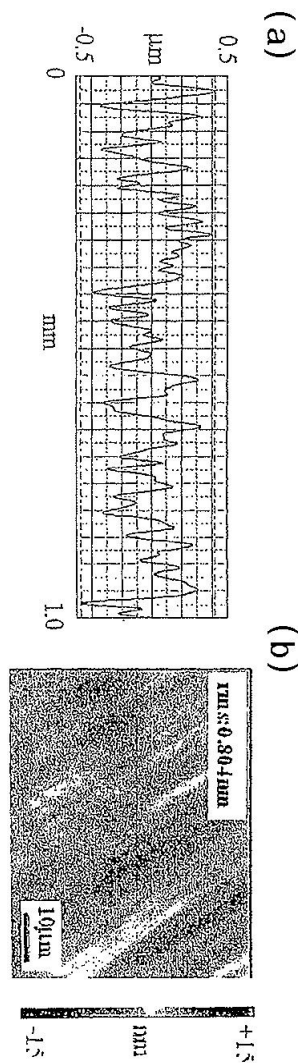
도면5



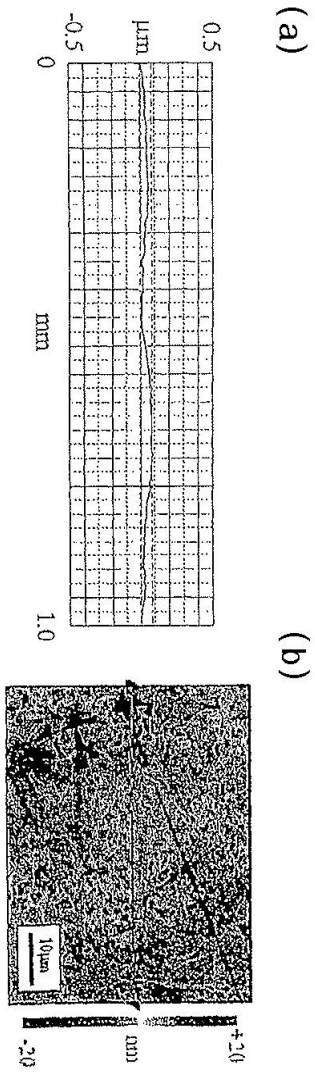
도면12



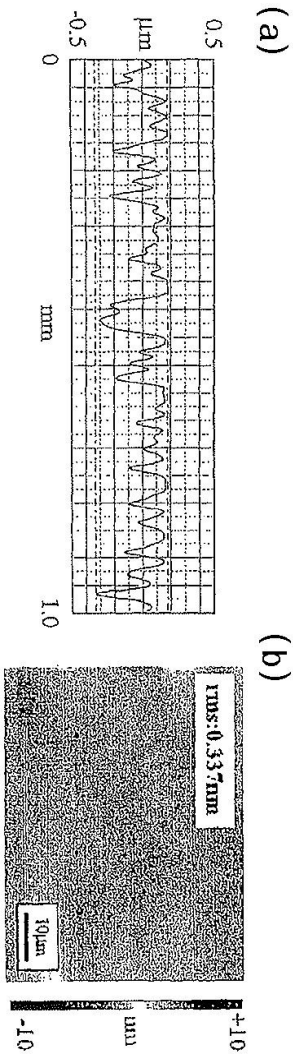
도면13



도면14

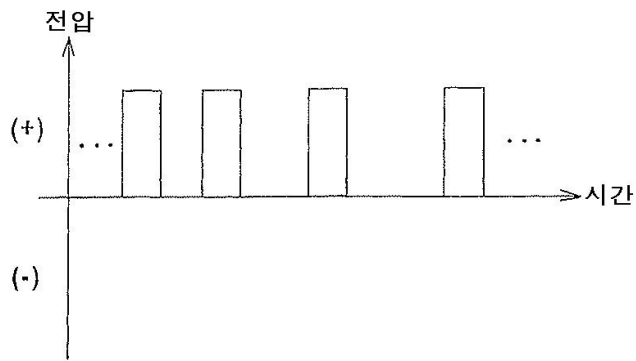


도면15

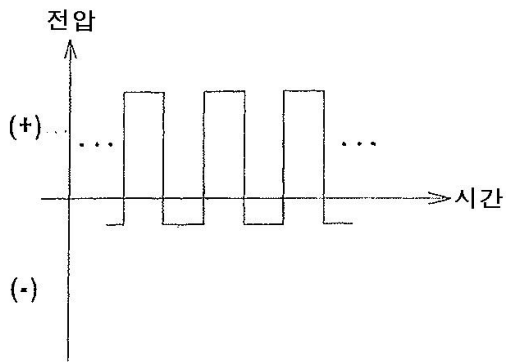


도면16

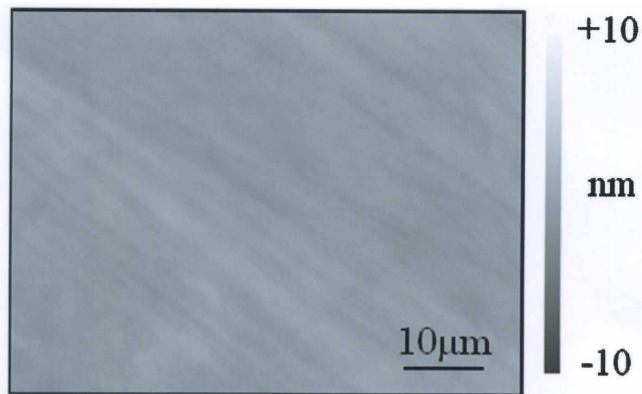
(a)



(b)



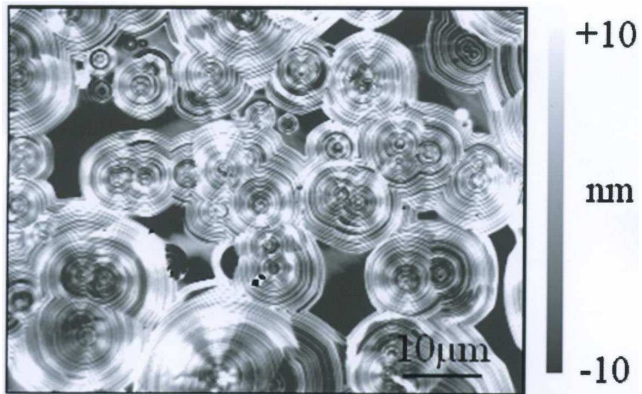
도면17



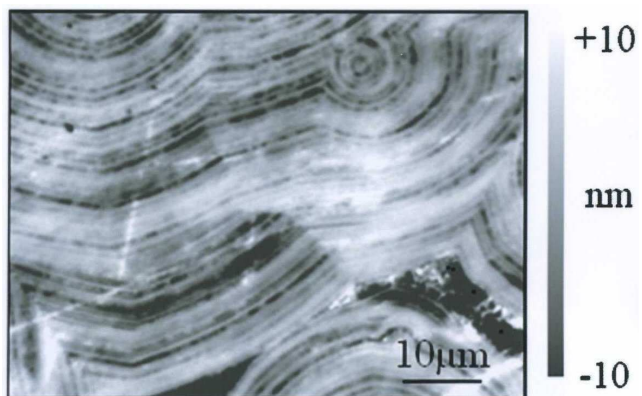
도면18



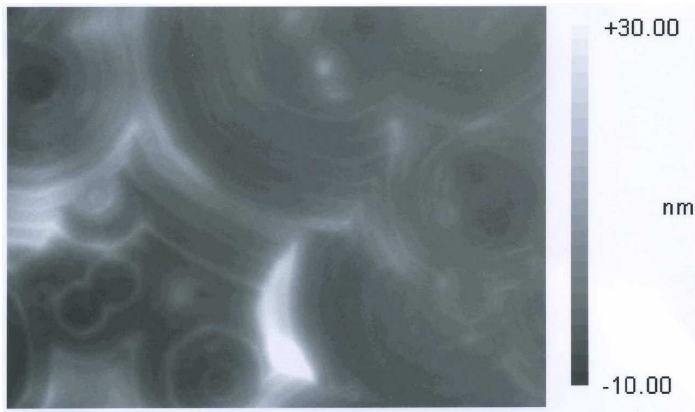
도면19



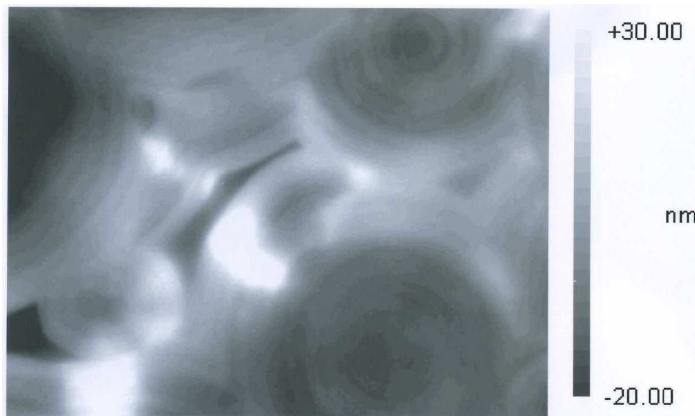
도면20



도면21



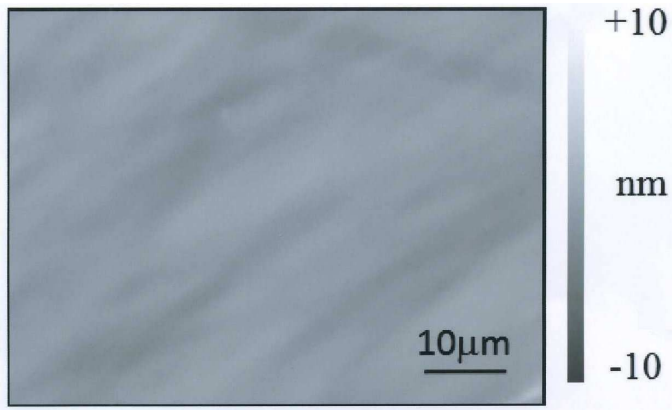
도면22



도면23



도면24



도면25

