



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년09월28일
 (11) 등록번호 10-1067901
 (24) 등록일자 2011년09월20일

(51) Int. Cl.
 G01J 5/10 (2006.01) G01J 5/00 (2006.01)
 H01L 21/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2004-7010182
 (22) 출원일자(국제출원일자) 2002년12월23일
 심사청구일자 2007년12월11일
 (85) 번역문제출일자 2004년06월25일
 (65) 공개번호 10-2004-0066930
 (43) 공개일자 2004년07월27일
 (86) 국제출원번호 PCT/CA2002/001987
 (87) 국제공개번호 WO 2003/060447
 국제공개일자 2003년07월24일
 (30) 우선권주장
 60/342,115 2001년12월26일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 EP00942268 A1
 US0530816 A
 US0572701 A
 KR1020010023324 A
 전체 청구항 수 : 총 75 항

(73) 특허권자
맷슨 테크놀러지 캐나다 인코퍼레이티드
 캐나다 브리티시 컬럼비아 브이6퍼 6티7 밴쿠버
 웨스트 켄트 애비뉴 3-605
 (72) 발명자
캠데이비드말콤
 캐나다 브리티시 컬럼비아 브이5알 2더블유8 밴쿠
 버 웨스트 14 애비뉴 3775
커빈쇼나
 캐나다 브리티시 컬럼비아 브이6에이치 1제이9 밴
 쿠버 #303 10 애비뉴 1432
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
박장원

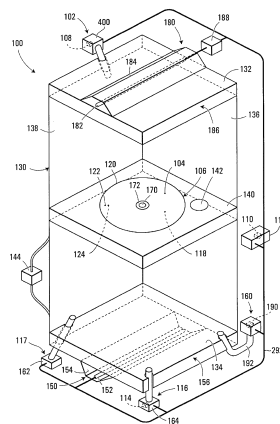
심사관 : 송병준

(54) 온도 측정 및 열처리 방법과 시스템

(57) 요약

본 발명은 온도 측정 및 열처리 방법과 시스템에 관한 것이다. 하나의 방법은, 피가공물의 제1면으로부터 열적으로 방출되는 복사의 현재 강도를 측정하는 단계와, 제1면의 적어도 하나의 이전 열특성치와 현재 강도에 응하여 제1면의 현재 온도를 확인하는 단계를 포함한다. 바람직하게는, 피가공물은 반도체 웨이퍼를 포함하고, 제1면과 제2면은 각각 그 반도체 웨이퍼의 장치측과 기판측을 포함한다. 장치측의 현재 온도는 바람직하게는 웨이퍼의 열전도 시간보다 지속시간이 짧은 조사 플래시에 의해 장치측이 조사되는 동안 확인된다. 장치측 온도는 장치측의 이전 온도와 웨이퍼의 온도 이력에 응하여 확인될 수 있고, 그 장치측의 이전 온도는 그 장치측의 이전 온도와 동일하지 않은 기판측의 이전 온도에 응하여 확인될 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

르프랑소와마르셀에드몬드

캐나다 비2엑스 3엔8 노바 스코티아 다투마우스 카
피스트라노 드라이브 49

스튜어트그렉

캐나다 브리티쉬 컬럼비아 브이5에이치 4이4 버너
비 #905 윌링던 애비뉴 6455

특허청구의 범위

청구항 1

온도 측정 방법에 있어서,

- a) 피가공물의 제1면으로부터 열적으로 방출되는 복사의 현재 강도를 측정하는 단계와,
- b) 상기 현재 강도와, 각 이전 시간의 제1면의 이전 온도와, 이전 시간에 제1면으로부터 열적으로 방출된 복사의 이전 강도에 응하여, 제1면의 현재 온도를 확인하는 단계와,
- c) 이전 시간에 제1면의 이전 온도를 확인하는 단계를 포함하며,

피가공물은 반도체 웨이퍼를 포함하고, 제1면은 웨이퍼의 장치측을 포함하며,

상기 제1면의 현재 온도를 확인하는 단계는, 장치측이 웨이퍼의 열전도 시간보다 짧은 지속시간을 갖는 조사 플래시에 노출되는 동안 장치측의 현재 온도를 확인하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

조사 플래시는 10밀리초 미만의 지속시간을 갖는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

이전 시간에 제1면의 상기 이전 온도 및 제1면으로부터 열적으로 방출된 복사의 상기 이전 강도를 확인하는 단계를 추가로 포함하고, 상기 이전 온도는 조사 플래시 개시 직전의 웨이퍼 장치측의 이전 온도를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

이전 강도는, 조사 플래시 개시 직전에 장치측으로부터 열적으로 방출된 복사의 이전 강도를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

제1항에 있어서,

제1면의 이전 온도를 확인하는 단계는, 제1면의 이전 온도와 동일하지 않은 피가공물 제2면의 이전 온도에 응하

여 이전 온도를 확인하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

제1면의 이전 온도를 확인하는 단계는, 제2면의 이전 온도와 피가공물의 온도 이력에 응하여 제1면의 이전 온도를 확인하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

제2면은 웨이퍼의 기관축을 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

제1면의 이전 온도를 확인하는 단계는 제2면의 이전 온도와 온도 이력을 이용하여 록업 테이블 기록을 어드레스 지정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 14

제11항에 있어서,

이전 시간의 제2면의 이전 온도를 확인하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

제2면의 이전 온도를 확인하는 단계는 제2면의 반구형 반사율에 응하여 제2면의 이전 온도를 확인하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

반구형 반사율을 측정하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

반구형 반사율을 측정하는 단계는, 피가공물이 위치한 시스템의 다른 장치의 시야를 제2면이 차단하지 않도록 제2면으로부터 충분히 멀리 떨어져서 위치한 검출기에서 제2면에 의해 반사된 복사를 받는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 18

제16항에 있어서,

반구형 반사율을 측정하는 단계는, 제2면의 중심으로부터 간격을 두고 위치한 검출기에서 제2면에 의해 반사된 복사를 받는 단계를 포함하고, 상기 간격은 피가공물 최대 크기의 적어도 절반인 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 19

제16항에 있어서,

반구형 반사율을 측정하는 단계는 제2면의 방향성 반사율을 측정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 20

제19항에 있어서,

반구형 반사율을 측정하는 단계는, 방향성 반사율에 산란 보정치를 적용하여 반구형 반사율을 얻는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 21

제16항에 있어서,

제2면의 이전 온도를 확인하는 단계는 제2면의 반구형 반사율과 제2면으로부터 열적으로 방출된 복사에 응하여 제2면의 이전 온도를 확인하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 22

제20항에 있어서,

산란 보정치를 산출하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 23

제14항에 있어서,

연속하는 각 시점에서 제2면의 이전 온도의 연속하는 수치를 반복하여 확인하고 저장하여서 피가공물의 온도 이력을 산출하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 24

제1항에 있어서,

제1면에 의해 열적으로 방출되는 복사의 현재 강도의 연속하는 각 수치에 응하여 제1면의 현재 온도의 연속하는 수치를 반복하여 확인하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 25

제24항에 있어서,

상기 반복하여 확인하는 단계는, 제1면이 조사되는 동안 제1면의 현재 온도의 연속하는 수치를 반복하여 확인하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 26

제24항에 있어서,

상기 반복하여 확인하는 단계는, 제1면이 조사 플래시에 노출되는 동안 제1면의 현재 온도의 연속하는 수치를 반복하여 확인하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 27

제1항에 있어서,

상기 측정하는 단계는, 제1면에 입사하는 조사 스펙트럼이 무시할만한 강도를 갖는 파장 대역에서 현재 강도를 측정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 28

제27항에 있어서,

제1면에 입사하는 상기 조사 스펙트럼으로부터 상기 파장 대역을 제거하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 29

제19항에 있어서,

상기 방향성 반사율을 측정하는 단계는, 제2면에 입사하는 가열 조사 스펙트럼이 무시할만한 강도를 갖는 조명 파장 대역에서 반사 강도를 측정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 30

제29항에 있어서,

상기 가열 조사 스펙트럼으로부터 상기 조명 파장 대역을 제거하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 방법.

청구항 31

온도 측정 및 열처리 방법에 있어서,

- a) 피가공물의 제1면으로부터 열적으로 방출되는 복사의 현재 강도를 측정하는 단계와,
- b) 상기 현재 강도와, 각 이전 시간의 제1면의 이전 온도와, 이전 시간에 제1면으로부터 열적으로 방출된 복사의 이전 강도에 응하여, 제1면의 현재 온도를 확인하는 단계와,
- c) 제1면의 현재 온도에 응하여 피가공물의 제1면에 입사하는 조사 플래시의 출력을 제어하는 단계를 포함하며, 상기 제어하는 단계는 적어도 하나의 조사원에 공급된 전력을 제어하여 조사 플래시를 발생시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 및 열처리 방법.

청구항 32

삭제

청구항 33

제31항에 있어서,

상기 제어하는 단계는 제1면의 현재 온도가 소정의 임계치보다 낮을 때에만 다수의 조사원 중 하나를 작동시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 및 열처리 방법.

청구항 34

제31항 또는 제33항에 있어서,

피가공물에는 반도체 웨이퍼가 포함되고, 제1면에는 웨이퍼의 장치측이 포함되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 및 열처리 방법.

청구항 35

온도 측정 시스템에 있어서,

- a) 피가공물의 제1면으로부터 열적으로 방출되는 복사의 현재 강도를 측정하도록 구성된 측정 장치와,
 - b) 측정 장치와 소통되고, 상기 현재 강도와, 각 이전 시간의 제1면의 이전 온도와, 이전 시간에 제1면으로부터 열적으로 방출된 복사의 이전 강도에 응하여, 제1면의 현재 온도를 확인하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서 회로와,
 - c) 제1면을 조사하도록 작동가능한 조사 시스템을 포함하며,
- 피가공물은 반도체 웨이퍼를 포함하고 제1면은 웨이퍼의 장치측을 포함하며,

측정 장치와 적어도 하나의 프로세서 회로는 장치측이 조사 시스템에 의해 조사되는 동안 장치측의 현재 온도를 확인하고 현재 강도를 측정하도록 구성되고, 조사 시스템은 장치측을 웨이퍼의 열전도 시간보다 짧은 지속시간을 갖는 조사 플래시에 노출시키도록 작동가능하고, 측정 장치와 적어도 하나의 프로세서 회로는 조사 플래시 중에 현재 온도를 확인하고 현재 강도를 측정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

제35항에 있어서,

조사 시스템은 10밀리초 이하 정도의 지속시간을 갖는 조사 플래시를 발생시키도록 작동가능한 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 40

제35항에 있어서,

조사 시스템은 1밀리초 정도의 지속시간을 갖는 조사 플래시를 발생시키도록 작동가능한 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 41

제35항에 있어서,

적어도 하나의 프로세서 회로는 이전 시간에 제1면의 이전 온도 및 제1면으로부터 열적으로 방출된 복사의 이전 강도를 확인하도록 구성되고,

이전 온도는 조사 플래시 개시 직전의 장치측의 이전 온도를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 42

제41항에 있어서,

이전 강도는 조사 플래시 개시 직전에 장치측으로부터 열적으로 방출된 복사의 이전 강도를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 43

삭제

청구항 44

제35항에 있어서,

적어도 하나의 프로세서 회로는 이전 시간의 제1면의 이전 온도를 확인하도록 구성된 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 45

제44항에 있어서,

적어도 하나의 프로세서 회로는 제1면의 이전 온도와 동일하지 않은 피가공물 제2면의 이전 온도에 응하여 제1면의 이전 온도를 확인하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 46

제45항에 있어서,

적어도 하나의 프로세서 회로는 제2면의 이전 온도와 피가공물의 온도 이력에 응하여 제1면의 이전 온도를 확인하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 47

제46항에 있어서,

제2면은 웨이퍼의 기관측을 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 48

제46항에 있어서,

적어도 하나의 프로세서 회로는 제2면의 이전 온도와 온도 이력을 이용하여 특업 테이블 기록을 어드레스 지정하여서 제1면의 이전 온도를 확인하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 49

제46항에 있어서,

적어도 하나의 프로세서 회로는 이전 시간의 제2면의 이전 온도를 확인하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 50

제49항에 있어서,

적어도 하나의 프로세서 회로는 제2면의 반구형 반사율에 응하여 제2면의 이전 온도를 확인하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 51

제50항에 있어서,

적어도 하나의 프로세서 회로와 소통되는 제2 측정 장치를 추가로 포함하고, 적어도 하나의 프로세서 회로는 제2 측정 장치와 협력하여 제2면의 반구형 반사율을 측정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 52

제51항에 있어서,

제2 측정 장치는 제2면에 의해 반사된 복사를 받도록 구성된 복사 검출기를 포함하고, 상기 검출기는 제2면이 시스템의 다른 장치의 시야를 차단하지 않도록 제2면으로부터 충분히 멀리 떨어져서 위치되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 53

제51항에 있어서,

제2 측정 장치는 제2면에 의해 반사된 복사를 받도록 구성된 복사 검출기를 포함하고, 상기 검출기는 제2면의 중심으로부터 적어도 피가공물 최대 크기의 절반인 간격을 두고 위치되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 54

제51항에 있어서,

제2 측정 장치는 제2면의 방향성 반사율을 측정하도록 구성된 검출기를 포함하는 것을 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 55

제54항에 있어서,

적어도 하나의 프로세서 회로는 방향성 반사율에 산란 보정치를 적용하여 반구형 반사율을 얻도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 56

제51항에 있어서,

적어도 하나의 프로세서 회로는 제2면의 반구형 반사율과 제2면에 의해 열적으로 방출된 복사에 의하여 제2면의 이전 온도를 확인하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 57

제55항에 있어서,

적어도 하나의 프로세서 회로는 산란 보정치를 산출하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 58

제49항에 있어서,

적어도 하나의 프로세서 회로는 연속하는 각 시점에서 제2면의 이전 온도의 연속하는 수치를 반복하여 확인하고 저장하여서 피가공물의 온도 이력을 산출하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 59

제35항에 있어서,

적어도 하나의 프로세서 회로는 제1면에 의해 열적으로 방출되는 복사의 현재 강도의 연속하는 각 수치에 의하여 제1면의 현재 온도의 연속하는 수치를 반복하여 확인하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 60

제59항에 있어서,

적어도 하나의 프로세서 회로는 제1면이 조사되는 동안 제1면의 현재 온도의 연속하는 수치를 반복하여 확인하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 61

제59항에 있어서,

적어도 하나의 프로세서 회로는 제1면이 조사 플래시에 노출되는 동안 제1면의 현재 온도의 연속하는 수치를 반복하여 확인하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 62

제35항에 있어서,

측정 장치는 제1면에 입사하는 조사 스펙트럼이 무시할만한 강도를 갖는 파장 대역에서 현재 강도를 측정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 63

제62항에 있어서,

제1면에 입사하는 상기 조사 스펙트럼으로부터 상기 파장 대역을 제거하도록 구성되는 필터링 장치를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 64

제63항에 있어서,

필터링 장치는 제1면과 조사 스펙트럼의 공급원 사이에 삽입된 수냉식 윈도우를 포함하는 것을 특징으로 하는

온도 측정 시스템.

청구항 65

제54항에 있어서,

제2 측정 장치는 제2면에 입사하는 가열 조사 스펙트럼이 무시할만한 강도를 갖는 조명 파장 대역에서 방향성 반사율을 측정하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 66

제65항에 있어서,

상기 가열 조사 스펙트럼으로부터 상기 조명 파장 대역을 제거하도록 구성된 필터링 장치를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 67

제66항에 있어서,

필터링 장치는 제2면과 가열 조사 스펙트럼의 공급원 사이에 삽입된 수냉식 윈도우를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 68

온도 측정 및 열처리 시스템에 있어서,

- a) 피가공물의 제1면으로부터 열적으로 방출되는 복사의 현재 강도를 측정하도록 구성된 측정 장치와,
- b) 측정 장치와 소통되고, 상기 현재 강도와, 각 이전 시간의 제1면의 이전 온도와, 이전 시간에 제1면으로부터 열적으로 방출된 복사의 이전 강도에 응하여, 제1면의 현재 온도를 확인하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서 회로와,
- c) 피가공물의 제1면을 상기 제1면에 입사하는 조사 플래시에 노출시키도록 작동가능한 조사 시스템을 포함하며,

적어도 하나의 프로세서 회로는 제1면의 현재 온도에 응하여 조사 플래시의 출력을 제어하도록 구성되고,

적어도 하나의 프로세서 회로는 조사 시스템에 공급된 전력을 제어하여 조사 플래시의 출력을 제어하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 및 열처리 시스템.

청구항 69

삭제

청구항 70

제68항에 있어서,

조사 시스템은 다수의 조사원을 포함하고, 적어도 하나의 프로세서 회로는 제1면의 현재 온도가 소정의 임계치보다 낮을 때에만 다수의 조사원 중 하나를 작동시키도록 구성되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 및 열처리 시스템.

청구항 71

제68항 또는 제70항에 있어서,

피가공물에는 반도체 웨이퍼가 포함되고, 제1면에는 웨이퍼의 장치측이 포함되는 것을 특징으로 하는 온도 측정 및 열처리 시스템.

청구항 72

제35항, 제39항 내지 제42항 또는 제44항 내지 제67항 중 어느 한 항에 있어서,

측정 장치는 복사계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 73

제72항에 있어서,

복사계는 고속 인듐갈륨비소 포토다이오드를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 74

제51항 내지 제57항 또는 제65항 내지 제67항 중 어느 한 항에 있어서,

제2 측정 장치는 영상 장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 75

제74항에 있어서,

영상 장치는 인듐갈륨비소 포토다이오드 배열을 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 76

온도 측정 시스템에 있어서,

- a) 피가공물의 제1면으로부터 열적으로 방출되는 복사의 현재 강도를 측정하기 위한 수단과,
- b) 상기 현재 강도와, 각 이전 시간의 제1면의 이전 온도와, 이전 시간의 제1면으로부터 열적으로 방출된 복사의 이전 강도에 응하여, 제1면의 현재 온도를 확인하기 위한 수단과,
- c) 이전 시간에 제1면의 이전 온도 및 제1면으로부터 열적으로 방출된 복사의 이전 강도를 확인하기 위한 수단을 포함하며,

피가공물은 반도체 웨이퍼를 포함하고, 제1면은 웨이퍼의 장치측을 포함하고,

상기 제1면의 현재 온도를 확인하기 위한 수단은, 장치측이 웨이퍼의 열전도 시간보다 짧은 지속시간을 갖는 조사 플래시에 노출되는 동안 장치측의 현재 온도를 확인하기 위한 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 77

삭제

청구항 78

제76항에 있어서,

이전 온도를 확인하기 위한 수단은 제1면의 이전 온도와 동일하지 않은 피가공물 제2면의 이전 온도에 응하여 제1면의 이전 온도를 확인하기 위한 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 79

제78항에 있어서,

제1면의 이전 온도를 확인하기 위한 수단은 제2면의 이전 온도와 피가공물의 온도 이력에 응하여 제1면의 이전 온도를 확인하기 위한 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 80

제79항에 있어서,

이전 시간의 제2면의 이전 온도를 확인하기 위한 수단을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 81

제80항에 있어서,

제2면의 이전 온도를 확인하기 위한 수단은 제2면의 반구형 반사율에 의하여 제2면의 이전 온도를 확인하기 위한 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 82

제81항에 있어서,

반구형 반사율을 측정하기 위한 수단을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 시스템.

청구항 83

삭제

청구항 84

온도 측정 및 열처리 시스템에 있어서,

- a) 피가공물의 제1면으로부터 열적으로 방출되는 복사의 현재 강도를 측정하기 위한 수단과,
- b) 상기 현재 강도와, 각 이전 시간의 제1면의 이전 온도와, 이전 시간의 제1면으로부터 열적으로 방출된 복사의 이전 강도에 의하여, 제1면의 현재 온도를 확인하기 위한 수단과,
- c) 제1면의 현재 온도에 의하여 피가공물의 제1면에 입사하는 조사 플래시의 출력을 제어하기 위한 수단을 포함하며,

피가공물은 반도체 웨이퍼를 포함하고, 제1면은 웨이퍼의 장치측을 포함하고,

상기 확인하기 위한 수단은, 장치측이 웨이퍼의 열전도 시간보다 짧은 지속시간을 갖는 조사 플래시에 노출되는 동안, 장치측의 현재 온도를 확인하기 위한 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 및 열처리 시스템.

청구항 85

제34항에 있어서,

상기 확인하는 단계는, 장치측이 웨이퍼의 열전도 시간보다 짧은 지속시간을 갖는 조사 플래시에 노출되는 동안 장치측의 현재 온도를 확인하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 및 열처리 방법.

청구항 86

제71항에 있어서,

측정 장치와 적어도 하나의 프로세서 회로는, 장치측이 웨이퍼의 열전도 시간보다 짧은 지속시간을 갖는 조사 플래시에 노출되는 동안, 장치측의 현재 온도를 확인하고 현재 강도를 측정하도록 구성된 것을 특징으로 하는 온도 측정 및 열처리 시스템.

청구항 87

삭제

청구항 88

제68항 또는 제70항에 있어서,

측정 장치는 복사계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 및 열처리 시스템.

청구항 89

제71항에 있어서,

측정 장치는 복사계를 포함하는 것을 특징으로 하는 온도 측정 및 열처리 시스템.

명세서

기술분야

- [0001] <관련 출원의 상호 참조>
- [0002] 본 출원은 2001년 12월 26일자로 출원된 미국 특허 출원 제60/342,115호의 우선권을 주장하는 출원으로서, 상기 미국 특허 출원의 내용은 본 명세서에 참고로 포함된다.
- [0003] 본 발명의 태양들은 온도 측정을 위한 방법 및 시스템에 관한 것이다. 본 발명의 또 다른 태양들은 피가공물의 열처리를 위한 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경기술

- [0004] 일부 응용분야에서는, 직접 온도를 측정하기가 곤란한 피가공물의 온도를 결정하는 것이 필요하다. 예를 들어, 피가공물이 반도체 웨이퍼인 경우에, 웨이퍼 기판측(substrate side)의 온도를 종종 직접 측정하기는 하지만, 장치측(device side)에서 장치의 비균일한 패턴으로 인하여 장치측을 가로지르는 위치 사이에서 산란 및 방사율이 모두 현저히 변화됨으로써 심각한 온도 측정 오차를 초래하기 때문에, 웨이퍼 장치측의 온도를 정확하게 직접 측정하는 것은 불가능하다.
- [0005] 과거에는, 많은 급속 열처리 사이클이 웨이퍼를 통한 열전도 시간(대체로 10-15 밀리초)에 비해 느린 가열률 또는 온도변화율(ramp rate)로 웨이퍼의 기판측을 가열함으로써, 장치측의 주어진 위치에서의 온도는 기판측의 대응하는 대향 위치의 온도와 동일한 것으로 추정할 수 있게 되었고, 이러한 추정으로부터 유발된 오차는 그 시간에 적용가능한 성능 요건을 달성하는 데 있어 중대한 영향을 미치지 않았기 때문에, 심각한 문제점을 유발하지는 않았다.
- [0006] 하지만, 이러한 종래의 기술로는 현재와 미래의 산업 요건에 충분히 대응할 수 없다. 이 문제를 처리하기 위한 새로운 기술이 출원 중인 국제 공개 특허 공보 제W0 02/47143호와 제W0 02/47123호(이 문헌들은 본 명세서에 참고로 포함된다)에 개시되어 있으며, 이 문헌들에 따르면, 웨이퍼를 통한 열전도율보다 느린 온도변화율로 기판측을 조사(irradiance)하여 전체 웨이퍼를 중간 온도까지 예열시키고, 이어서 장치측을 조사하여 열전도율보다 훨씬 더 빠른 비율로 웨이퍼의 장치측을 가열시킨다. 임의의 예로서, 전체 웨이퍼가 예를 들어 400℃/초의 속도로 가열될 수 있도록 아크 램프로 기판측을 조사함으로써 웨이퍼가 예를 들어 800℃의 중간 온도까지 예열된다. 이어서, 장치측이 1밀리초 플래시와 같은 플래시 램프로부터의 고출력 플래시에 노출되어, 장치측만이 예를 들어 1300℃의 어닐링(annealing) 온도까지 가열된다. 플래시 중에 장치측의 급속한 가열률로 인해서(10⁵℃/s 정도), 대부분의 웨이퍼는 중간 온도로 유지되게 되고 히트 싱크로서 작용하여 플래시 후에 장치측을 냉각시키게 된다.
- [0007] 웨이퍼 간의 성능 변화를 최소화시키기 위해서는, 가능한 한 웨이퍼 간의 공정이 동일하도록, 각 웨이퍼를 일관되게 재현가능한 열공정에서 처리하는 것이 중요하다. 이를 위해서, 플래시 중에 웨이퍼 장치측의 온도를 정확하게 측정하여 그 온도 측정치를 플래시 강도(intensity)의 피드백 제어에 이용하는 것이 바람직하다. 하지만, 위에서 언급된 바와 같이, 종래의 방법은 이를 위해 장치측의 온도를 정확하게 측정하는 데 적합하지 않다.
- [0008] 따라서, 피가공물의 온도를 측정하는 개선된 방식과 피가공물을 열처리하는 개선된 방식이 필요하게 된다.

발명의 상세한 설명

- [0009] 본 발명의 제1 태양에 따르면, 피가공물의 제1면으로부터 열적으로 방출되는 복사의 현재 강도를 측정하는 단계를 포함하는 온도 측정 방법이 제공된다. 이 방법은 또한 각 이전(以前) 시간의 제1면의 적어도 하나의 이전(以前) 열특성치와 현재(現在) 강도에 응하여 제1면의 현재(現在) 온도를 확인하는 단계를 포함한다.
- [0010] 피가공물은 반도체 웨이퍼를 포함할 수 있다. 만일 그렇다면, 제1면은 웨이퍼의 장치측을 포함할 수 있고, 제2면은 웨이퍼의 기판측을 포함할 수 있다. 이러한 실시예에서, 확인 단계에는 장치측이 조사되는 동안, 또는 특히 장치측이 웨이퍼의 열전도 시간보다 더 짧은 지속시간을 갖는 조사 플래시(irradiance flash)에 노출되는 동안 장치측의 현재 온도를 확인하는 단계가 포함될 수 있다. 조사 플래시는 예를 들어 1밀리초 정도와 같이 10밀리초 미만의 지속시간을 가질 수 있다.
- [0011] 이 방법은 이전 시간의 제1면의 적어도 하나의 이전 열특성치를 확인하는 단계를 포함할 수 있다. 적어도 하나의 이전 열특성치는 예를 들어 조사 플래시 개시 직전의 웨이퍼 장치측의 이전 온도와 같은 제1면의 이전 온도를 포함할 수 있다. 적어도 하나의 이전 열특성치는 또한 조사 플래시 개시 직전의 장치측으로부터 열적으로 방

출된 복사의 이전 강도를 포함할 수 있다.

- [0012] 따라서, 확인 단계에는, 현재 강도에 따른 제1면의 현재 온도와, 제1면의 이전 온도와, 이전 시간에서 제1면으로부터 열적으로 방출된 복사의 이전 강도를 확인하는 단계가 포함될 수 있다.
- [0013] 제1면의 이전 온도는 제1면의 이전 온도와 동일하지 않은 제2면의 이전 온도에 의하여 확인될 수 있다. 만약 그렇다면, 제1면 온도는 제2면의 이전 온도와 피가공물의 온도 이력에 의하여 확인될 수 있다. 예를 들어, 제2면의 이전 온도와 온도 이력은 룩업 테이블(look-up table) 기록을 어드레스 지정하는 데 사용될 수 있다.
- [0014] 이 방법은 또한 이전 시간에서 제2면의 이전 온도를 확인하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 제2면의 이전 온도는 제2면의 반구형 반사율에 의하여 확인될 수 있다.
- [0015] 이 방법은 또한 반구형 반사율을 측정하는 단계를 포함할 수 있다. 이는, 피가공물이 위치한 시스템의 다른 장치의 시야를 제2면이 차단하지 않도록 제2면으로부터 충분히 멀리 떨어져서 위치한 검출기에서 제2면에 의해 반사된 복사를 받는 단계를 포함할 수 있다. 유사하게, 이는, 제2면의 중심으로부터 간격을 두고 위치한 검출기에서 제2면에 의해 반사된 복사를 받는 단계를 포함할 수 있고, 상기 간격은 적어도 피가공물 최대 크기의 절반이다.
- [0016] 제2면의 반구형 반사율을 측정하는 단계는, 제2면의 방향성 반사율을 측정하는 단계를 포함할 수 있고, 이어서 방향성 반사율에 산란 보정치를 적용하여 반구형 반사율을 얻는 단계를 포함할 수 있다. 이 방법은 또한 산란 보정치를 산출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0017] 제2면의 이전 온도는 제2면의 반구형 반사율과 제2면에 의해 열적으로 방출된 복사에 의하여 확인될 수 있다.
- [0018] 이 방법은 연속하는 각 시점에서 제2면의 이전 온도의 연속하는 수치를 반복하여 확인하고 저장함으로써 피가공물의 온도 이력을 산출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0019] 이 방법은 또한 제1면에 의해 열적으로 방출되는 복사의 현재 강도의 연속하는 각 수치에 의하여 제1면의 현재 온도의 연속하는 수치를 반복하여 확인하는 단계를 포함할 수 있다. 이러한 수치는 제1면이 조사되는 동안, 또는 특히 제1면이 피가공물의 열전도 시간보다 더 지속시간이 짧은 조사 플래시에 노출되는 동안 반복하여 확인될 수 있다.
- [0020] 제1면으로부터 열적으로 방출되는 복사의 현재 강도를 측정하는 단계는, 제1면에 입사하는 조사 스펙트럼(irradiance spectrum)이 무시할만한 강도를 갖는 파장 대역에서 측정하는 단계를 포함할 수 있다. 이 방법은 상기 제1면에 입사하는 조사 스펙트럼으로부터 상기 파장 대역을 제거하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0021] 유사하게, 제2면의 방향성 반사율을 측정하는 단계는, 제2면에 입사하는 가열 조사 스펙트럼이 무시할만한 강도를 갖는 조명 파장 대역에서 반사 강도를 측정하는 단계를 포함할 수 있다. 이 방법은 또한 상기 가열 조사 스펙트럼으로부터 상기 조명 파장 대역을 제거하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 다른 태양에 따르면, 예를 들어 본 발명의 이전 태양과 함께 개시된 온도 측정 방법을 포함하는 피가공물을 열처리하는 방법이 제공된다. 이 방법은 또한 제1면의 현재 온도에 의하여 피가공물의 제1면에 입사하는 조사 플래시의 출력을 제어하는 단계를 포함한다. 이는 조사 플래시를 발생시키도록 작동가능한 적어도 하나의 조사원(irradiance source)에 공급된 전력을 제어하는 단계를 포함한다. 출력 제어 단계는 제1면의 현재 온도가 소정의 임계치보다 낮은 경우에만 다수의 조사원 중 하나를 작동시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, 피가공물의 제1면으로부터 열적으로 방출되는 복사의 현재 강도를 측정하도록 구성된 측정 장치를 포함하는 온도 측정 시스템이 제공된다. 이 시스템은 또한 측정 장치와 소통되는 적어도 하나의 프로세서 회로를 포함하는데, 이 적어도 하나의 프로세서 회로는 제1면의 적어도 하나의 이전 열특성치와 현재 강도에 의하여 제1면의 현재 온도를 확인하도록 구성된다.
- [0024] 이 시스템은 여기에 상세히 개시되는 바와 같이 예를 들어 영상 장치 및 복사계와 같은 다양한 측정 장치를 포함할 수 있다. 이러한 장치는 예를 들어서 고속의 인듐갈륨비소(InGaAs) 포토다이오드들(photodiodes) 및/또는 포토다이오드 배열들(photodiode arrays)을 포함할 수 있다. 적어도 하나의 프로세서 회로는 여기에 개시된 방법을 수행하기 위해서 시스템의 다양한 장치와 협력하도록 구성될 수 있다.
- [0025] 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, 위에 개시된 온도 측정 시스템을 포함하고 피가공물의 제1면을 그 위에 입사하는 조사 플래시에 노출시키도록 작동가능한 조사 시스템(irradiance system)도 포함하는 피가공물을 열처리하기 위한 시스템이 제공된다. 적어도 하나의 프로세서 회로는 제1면의 현재 온도에 의하여 조사 플래시의 출력을

제어하도록 구성된다.

- [0026] 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, 피가공물의 제1면으로부터 열적으로 방출되는 복사의 현재 강도를 측정하기 위한 수단을 포함하는 온도 측정 시스템이 제공된다. 이 시스템은 또한 각 이전 시간의 제1면의 적어도 하나의 이전 열특성치와 현재 강도에 응하여 제1면의 현재 온도를 확인하기 위한 수단을 포함한다.
- [0027] 이 시스템은 또한 여기에 개시된 다양한 각 기능을 수행하기 위한 수단을 포함할 수 있다.
- [0028] 본 발명의 또 다른 태양에 따르면, 위에 개시된 수단을 포함하고 제1면의 현재 온도에 응하여 피가공물의 제1면에 입사하는 조사 플래시의 출력을 제어하기 위한 수단도 포함하는 피가공물을 열처리하기 위한 시스템이 제공된다.
- [0029] 본 발명의 특정 실시예들로부터 플래시 중에 웨이퍼 장치측의 정확한 온도 측정치를 얻는 방법이 제시될 수 있다. 필요한 경우, 이러한 정확한 온도 측정치는 이어서 플래시의 출력을 피드백 제어하는 데 사용하여서 플래시와 웨이퍼 간의 어닐링 공정의 일관성을 확실하게 보장할 수 있다. 선택적으로는, 이러한 온도 측정치가 피드백 제어에 사용되지 않더라도, 상기 온도 측정치는 동일하다고 가정되는 여러 열공정들이 연속하여 수행될 때 그들 사이에 형성되는 불일치 또는 시스템 "드리프트(drift)"를 확인하는 데 유용하다. 이러한 불일치를 초기 단계에 확인하게 되면 그 불일치가 발달할 때 시스템의 사용자가 이를 보정할 수 있게 되지만, 그렇지 않고 다수의 웨이퍼를 처리하게 되면 열처리 사이클의 재현성 제어가 불량하여 바람직하지 않은 웨이퍼 간의 성능 차이가 초래됨을 발견하게 된다.
- [0030] 본 발명의 다른 태양 및 특징은 첨부 도면과 함께 아래에 설명된 본 발명의 특정 실시예들로부터 본 기술분야의 당업자라면 명확하게 파악할 수 있을 것이다.

실시예

- [0045] 도 1에 따르면, 본 발명의 제1 실시예에 따른 온도 측정 시스템이 도면 부호 100으로 도시되어 있다. 이 실시예에서, 시스템(100)은 피가공물(106)의 제1면(104)으로부터 열적으로 방출되는 현재의 복사 강도를 측정하도록 구성된 측정 장치(102)를 포함한다. 시스템(100)은 또한 측정 장치(102)와 소통되는 적어도 하나의 프로세서 회로를 포함한다. 상기 적어도 하나의 프로세서 회로는, 각 이전 시간의 제1면의 적어도 하나의 이전 열특성치와 현재 강도에 응하여 제1면(104)의 현재 온도를 확인한다.
- [0046] 이 실시예에서, 적어도 하나의 프로세서 회로는 프로세서 회로(108)를 포함한다. 본 실시예에서는 프로세서 회로(108)가 측정 장치(102)의 하우징 내에 위치되지만, 선택적으로는 필요에 따라 프로세서 회로가 측정 장치로부터 멀리 떨어져서 위치될 수도 있다. 이 실시예에서, 상기 적어도 하나의 프로세서 회로는 또한, 급속 열처리 시스템 컴퓨터(RSC: rapid thermal processing system computer)(112) 내에 위치된 프로세서 회로(110)와, 추가 측정 장치(116)의 하우징 내에 위치된 프로세서 회로(114)를 포함한다. 선택적으로는, 여기에 개시된 여러 가지 기능들이 필요에 따라 단일 프로세서 회로에 의해서 수행될 수 있거나, 국소 프로세서 회로 및/또는 원격 프로세서 회로의 여러 조합에 의해서 수행될 수 있다.
- [0047] 여기에서 상세히 설명되는 바와 같이, 본 실시예에서 적어도 하나의 프로세서 회로는 이전 시간에서 제1면(104)의 적어도 하나의 이전 열특성치를 확인하도록 구성된다. 특히, 이 실시예에서 적어도 하나의 이전 열특성치는 제1면의 이전 온도를 포함한다. 이를 달성하기 위해서, 본 실시예의 적어도 하나의 프로세서 회로는 제1면(104)의 이전 온도와 동일하지 않은 피가공물(106)의 제2면(118)의 이전 온도에 응하여 제1면(104)의 이전 온도를 확인하도록 구성된다(하지만 선택적으로는 다른 실시예에서는 예를 들어 피가공물이 더 느린 속도로 예열된다면 제2면의 이전 온도는 제1면의 온도와 거의 동일하다). 특히, 이 실시예에서 적어도 하나의 프로세서 회로는 제2면(118)의 이전 온도와 피가공물(106)의 온도 이력에 응하여 제1면(104)의 이전 온도를 확인하도록 구성된다. 본 실시예에서, 적어도 하나의 프로세서 회로는 또한 제2면의 반구형 반사율에 응하여 이전 시간의 제2면(118)의 이전 온도를 확인하도록 구성된다.

[0048] 급속 열처리 챔버

- [0049] 본 실시예에서, 시스템(100)은 또한 피가공물(106)의 열처리에 이용된다. 이 실시예에서, 피가공물(106)은 반도체 웨이퍼(120)를 포함한다. 특히, 이 실시예에서 웨이퍼(120)는 예를 들어 마이크로프로세서와 같은 반도체 칩의 제조시에 사용할 수 있는 직경이 300mm인 실리콘 반도체 웨이퍼이다. 본 실시예에서, 피가공물(106)의 제1면(104)은 웨이퍼(120)의 상부측 또는 장치측(122)을 포함한다. 유사하게, 이 실시예에서 피가공물의 제2면(118)은 웨이퍼(120)의 후측(back side) 또는 기판측(124)을 포함한다.

- [0050] 이 실시예에서, 웨이퍼(120)를 열처리하기 위하여, 웨이퍼는 선택 흡수 챔버로서 작용하는 급속 열처리 챔버(130) 내에 지지된다. 이 실시예에서, 챔버(130)는 본 출원인 소유의 특허인 미국 특허 제6,303,411호(이 문헌은 본 명세서에 참고로 포함된다)에 개시된 챔버와 다소 유사하지만, 흡수 영역 및 반사 영역의 조합보다는 피가공물의 상하에서 복사 흡수 영역을 포함한다. 선택 복사 흡수 챔버(130)는 측벽들과 함께 상부 선택 복사 흡수 벽과 바닥 선택 복사 흡수 벽(132, 134)을 포함하고, 그 측벽들 중에서 2개는 도면 부호 136과 138로 나타내고 있으며, 다른 2개는 설명을 위해서 생략되어 있다. 이 실시예에서, (도시되지 않은 다른 측벽들과 함께) 측벽(136, 138)은 정반사성 다이아몬드상 알루미늄 면(specularly reflective diamond-turned aluminum surface)을 포함하지만, 선택된 파장에서 복사 흡수 영역으로서 효과적으로 작용할 수 있도록, 상기 측벽들은 선택 흡수 수냉식 윈도우(아래에서 더 상세히 설명함)를 포함하는 상부벽 및 바닥벽(132, 134)과 함께 협력한다.
- [0051] 이 실시예에서, 챔버(130)는 또한 피가공물(106)과 기준품(142)이 지지되는 각각의 공동에 갖는 내벽(140)을 포함한다. 이 실시예에서, 피가공물은 다수의 석영 핀(미도시)에 의해서 그 공동에 지지된다. 필요한 경우, 발명자가 캄(Camm), 셴피어(Sempere), 칼루저치치(Kaludjeric), 스투어트(Stuart), 붐볼로비치(Bumbulovic) 및 루돌프(Rudolph)이고 발명의 명칭이 "피가공물을 지지하고 피가공물을 열처리하기 위한 방법 및 시스템"인 출원으로서 본 출원과 거의 동시에 출원된 본 출원인 소유의 미국 특허 가출원에 개시된 방식으로 피가공물을 지지하기 위해서, 석영 핀이 지지 시스템(미도시, 본 발명의 일부를 형성하지 않음)과 함께 구비될 수 있다.
- [0052] 내벽(140)은 특정 응용분야에 따라 복사를 흡수하거나 반사할 수 있으며, 반사면이 더 에너지 효율적이지만, 복사 흡수면은 가열이 더 균일하게 이루어지게 한다. 선택적으로는, 이러한 극단적인 경우 사이에서 절충안이 제시될 수 있는데, 예를 들면 산화 피막 처리된 알루미늄과 같이 일부는 반사성이고 일부는 흡수성인 면이 제공될 수 있다. 유사하게, 필요한 경우, 챔버(130)의 여러 반사면이 복사 흡수면으로 완전히 또는 부분적으로 대체될 수 있다. 바람직하게는 챔버의 모든 표면은 이 실시예에서 순환식 수냉 시스템을 포함하는 냉각 시스템(144)을 통해서 냉각된다.
- [0053] 이 실시예에서, 기준품(142)은 작은 다이아몬드상 정반사성 알루미늄 거울(diamond turned specularly reflective aluminum mirror)이다. 선택적으로는, 기준품이 웨이퍼(120)의 재료와 유사한 실리콘 반도체 재료로 제조될 수 있지만, 그러한 경우에는 기준품(142)이 비교적 균질하게 되어서 장치측을 포함하지 않게 된다. 선택적으로는, 다른 형태의 기준품으로 대체될 수도 있다.
- [0054] 이 실시예에서, 시스템(100)은 또한 웨이퍼(120)를 예열하기 위한 예열 장치(150)를 포함한다. 이 실시예에서 예열 장치(150)는 챔버(130)의 바닥벽(134) 아래에 배치된 고출력 아크 램프(152) 및 반사기 시스템(154)을 포함한다. 이 실시예에서, 바닥벽(134)은 필터를 포함하는데, 예열 장치(150)의 아크 램프(152) 및 반사기 시스템(154)은 상기 필터를 통해서 웨이퍼(120)를 가열하기 위한 전자기 복사를 방출하도록 작동될 수 있다. 특히, 이 실시예에서 바닥벽(134)은 수냉식 윈도우(156)를 포함한다. 특히, 이 실시예에서 수냉식 윈도우(156)는 냉각 채널이 사이에 형성되는 2개의 이격된 평행한 석영 페인(pane)을 포함하고, 상기 냉각 채널을 통해 물이 냉각 시스템(144)에 의하여 양수된다.
- [0055] 물은 1450nm에서 적외선 복사를 흡수하는 경향이 있고, 석영도 또한 더 긴 파장의 적외선을 흡수하는 경향이 있기 때문에, 수냉식 윈도우(156)는 2가지 주요 목적으로 사용된다. 첫째, 상기 수냉식 윈도우는 예열 장치에 의해 발생된 복사 스펙트럼으로부터 이 실시예에서는 1450nm인 분석 파장(diagnostic wavelength)에서 모든 복사를 제거하는 필터로서 작용한다. 다시 말하면, 수냉식 윈도우는 예열 장치에 의해 발생된 복사 스펙트럼(또는 피가공물에 의한 그 복사 스펙트럼의 임의의 반사)을 분석 파장에서 복사를 검출하는 시스템(100)의 모든 측정 장치에서 볼 수 없도록 한다. 둘째, 상기 수냉식 윈도우는 웨이퍼(120)가 가열될 때 그로부터 방출되는 적외선 복사를 흡수하여, 그 복사가 웨이퍼(120)로 재반사되는 것을 방지하고, 예를 들어 냉각 중일 때와 같이 부적절한 시기에 그 웨이퍼가 바람직하지 않게(또한 비균일적으로) 가열되는 것을 방지하게 된다. (실제로, 1450nm의 분석 파장에서 웨이퍼에 의해 열적으로 방출되는 소량의(예를 들어 3%) 복사가 상단 페인을 통과하여 석영 페인 사이에 형성된 수냉 채널에 흡수되기보다는, 오히려 윈도우의 상단 석영 페인에 의해서 우발적으로 웨이퍼로 재반사될 수 있는 것으로 판명되었다. 이러한 효과를 챔버 귀환(chamber return)으로 명명하는데, 필요한 경우 시스템(100)에 사용되는 여러 가지 측정 장치의 보정시에 고려될 수 있다.)
- [0056] 본 실시예에서, 시스템(100)은 또한 분석 조명원(illumination source)(160)을 포함한 다수의 추가 측정 장치와 복사 검출기를 포함한다. 특히, 이 실시예에서 복사 검출기는 이 실시예에서 고속 복사계(164)를 포함하는 제2 측정 장치(116)를 포함한다. 유사하게, 복사 검출기는 또한 이 실시예에서 영상 장치(162)를 포함하는 다른 측정 장치(117)를 포함한다. 일반적으로, 이 실시예에서 분석 조명원(160)과 영상 장치(162)는 피가공물(106)의

제2면(118)과 기준품(142)의 영상을 포착하여 피가공물의 반구형 반사율을 결정하는 데 사용되고, 고속 복사계(164)는 피가공물로부터의 열방출을 측정하는 데 사용된다. 열방출 측정치와 반구형 반사율 측정치가 조합되어서 이하에서 상세히 설명되는 바와 같이 피가공물의 제2면(118) 온도를 산출하게 된다.

[0057] 이 실시예에서, 기준품(142)은 피가공물(106)의 평면에 대해서 약간 경사지고, 분석 조명원(160)과 영상 장치(162)는 기준품과 피가공물이 분석 조명원으로부터 입사하는 복사를 최대의 반사 강도 각도로 영상 장치(162) 쪽으로 반사시키도록 경사진다. 필요한 경우, 분석 조명원(160), 영상 장치(162) 및 복사계(164)는 웨이퍼(120)의 중앙 영역(170)에 대해 동일한 각도로 배치될 수 있다. 이러한 구성으로 인해 본 실시예와 같은 실시예에서 오차를 줄일 수 있게 되고, 여기서 피가공물(106)의 제2면(118)은 균등 확산면(램버티안(Lambertian))이 아니다. 하지만, 선택적으로는, 피가공물이 그 중심에서 피가공물의 법선에 대하여 반경방향 대칭이 아닌 임의의 실시예에서, 측정 오차가 증가되더라도 장치(160, 162, 164)를 각기 다른 각도로 배치할 수도 있다. 본 실시예에서, 장치(160, 162, 164)는 모두 수냉식 윈도우(156)를 우회하도록 위치됨으로써, 수냉식 윈도우(156)가 분석 조명원(160)에 의해 발생된 조명 복사를 여과시키지 않게 되고, 영상 장치(162) 또는 고속 복사계(164)에 의해 수용된 복사도 여과시키지 않게 된다.

[0058] 본 실시예에서, 시스템(100)은 또한 피가공물(106)의 제1면(104)을 그 위에 입사하는 조사 플래시에 노출시키도록 작동될 수 있는 조사 시스템(180)을 포함한다. 특히, 이 실시예에서 조사 시스템(180)은 챔버(130)의 상부벽(132) 바로 위에 위치된 플래시 램프(182) 및 반사기 시스템(184)을 포함한다. 선택적으로는, 필요에 따라 다수의 플래시 램프가 사용될 수 있거나, 또는 다른 적절한 형태의 조사 장치가 플래시 램프를 대체하여 사용될 수 있다. 이 실시예에서, 상부벽(132)은 위에서 설명된 수냉식 윈도우(156)와 유사한 수냉식 윈도우(186)를 포함하는데, 이 수냉식 윈도우(186)는, 플래시 램프(182)에 의해 발생된 조사 스펙트럼으로부터 1450nm의 분석 파장에서 복사를 제거하고 이 파장에서 웨이퍼로부터 열방출을 흡수하기 위한 필터로서 작용한다. 이 실시예에서, 조사 시스템(180)은 또한 플래시 램프(182)에 전력을 공급하여 조사 플래시를 발생시키기 위한 전력 제어 시스템(188)을 포함한다.

[0059] 이 실시예에서, 웨이퍼(120)를 챔버(130) 내에 삽입하기 전에, 웨이퍼(120)의 장치측(122)에는 불순물 원자 또는 도펀트(dopant)를 웨이퍼 장치측의 표면 영역으로 유입시키는 이온 주입 공정이 수행된다. 이온 주입 공정은 웨이퍼 표면 영역의 크리스탈 격자 구조를 손상시키고, 주입된 도펀트 원자들을 그들이 전기적으로 비활성 상태인 격자간 지점에 놓아두게 된다. 도펀트 원자를 전기적으로 활성화시키도록 그 도펀트 원자를 대체 지점으로 이동시키고 이온 이식 중에 일어나는 크리스탈 격자 구조에 대한 손상을 보수하기 위해서, 웨이퍼 장치측의 표면 영역을 고온으로 가열함으로써 그 표면 영역을 어닐링(annealing)하는 것이 필요하다.

[0060] 본 실시예에서, 이와 같은 어닐링은 위에서 언급된 본 출원인 소유의 국제 공개 특허 공보 제WO 02/47143호와 제WO 02/47123호에 개시된 방법에 따라 수행된다. 예를 들어, 어닐링 방법의 제1 단계는, 웨이퍼를 통한 열전도 시간보다 느린 속도로 웨이퍼를 중간 온도까지 예열시켜서 전체 웨이퍼가 비교적 균일하게 중간 온도까지 가열되게 하는 단계를 포함할 수 있다. 이 실시예에서, 이러한 예열 단계는, 웨이퍼를 초당 100℃ 내지 초당 400℃의 온도변화율로 예를 들어 500℃ 내지 1100℃의 중간 온도까지 가열시키도록, 웨이퍼의 후측 또는 기관측(124)에 아크 램프(152)를 조사함으로써 달성된다. 예열 단계 후에, 웨이퍼의 상부측 또는 장치측(122)은 웨이퍼를 통한 열전도 시간보다 더 빠른 속도로 더 높은 어닐링 온도까지 급속하게 가열되어서, 웨이퍼의 상부측 표면 영역만이 최종 어닐링 온도까지 가열되고, 대부분의 웨이퍼는 비교적 저온의 중간 온도에 가깝게 유지되게 된다. 이 실시예에서, 이 두번째 단계는 상부 표면을 조사 시스템(180)의 고출력 플래시에 예를 들어 1밀리초 정도의 비교적 짧은 시간동안 노출시킴으로써 달성된다. 저온인 대부분의 웨이퍼는 쉽게 상부측 표면을 냉각시킬 수 있는 히트 싱크(heat sink)로서 작용한다.

[0061] 이러한 웨이퍼를 적합하게 열처리하고 또한 챔버(130)에서 연속으로 처리되는 유사한 웨이퍼를 일관되게 열처리하기 위해서, 여기에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, 두번째 단계 동안, 즉 급속 복사 플래시 중에 장치측 온도를 실시간으로 모니터링하는 것이 바람직하다. 일부 경우에, 단일 조사 시스템(180)의 물리적 변수가 시간에 따라 변하는 경향이 있다면, 조사 플래시가 발생하는 동안 그 조사 플래시의 출력을 제어할 수 있도록 실시간 장치측 온도치를 이용하여 열처리의 일관성이 향상될 수 있다. 따라서, 본 실시예에서, 이하에 더 상세히 설명되는 바와 같이, 적어도 하나의 프로세서 회로는 피가공물(106) 제1면(104)의 현재 온도에 응하여 복사 플래시의 출력을 제어하도록 구성된다.

[0062] 기관측 예열 장치

[0063] 본 실시예에서, 아크 램프(152)는 캐나다, 브리티쉬 컬럼비아, 밴쿠버의 볼텍 인더스트리즈 리미티드(Vortek

Industries Ltd.)로부터 입수가능한 500kW의 이중 수벽 아르곤 플라즈마 아크 램프(double water wall argon plasma arc lamp)이다. 이러한 아크 램프의 일례가 본 명세서에 참고로 포함되는 본 출원인 소유의 국제 공개 특허 공보 제WO 01/54166호에 개시되어 있다. 이러한 아크 램프는 위에 언급된 국제 공개 특허 공보에서 설명된 바와 같이 텅스텐 필라멘트 램프원(lamp source)에 비해서 반도체 어닐링에 대해 여러 가지 이점을 제공한다. 온도를 더 크게 증가시키기 위해서 단일 아크 램프(152)를 다수의 아크 램프로 대체할 수 있다. 하지만, 선택적으로는, 예를 들어 플래시 램프와 텅스텐 필라멘트 램프원 또는 그 램프원의 배열을 포함하는 다른 형태의 예열 장치로 대체될 수도 있다.

[0064] 분석 조명원

[0065] 이 실시예에서, 분석 조명원(160)은 웨이퍼(120) 및 기준품(142)을 조명하기 위해서 1450nm의 분석 파장에서 분석 플래시를 발생시키도록 작동가능하다. 이를 달성하기 위해서, 분석 조명원(160)은, 아크 램프(190)가 플래시 램프로서 기능하게 하기 위한 펄스형 충전 전원 공급 유닛(미도시)을 갖는 단거리 아크 크세논 아크 램프(190)와, 챔버(130) 하부벽(134)의 수냉식 윈도우(156)를 우회시키는 엇걸성 광섬유 다발(incoherent optical fiber bundle)(192)을 포함한다. 아크 램프(190)로부터의 복사는 필터 수냉식 윈도우(156)를 우회하는 엇걸성 광섬유 다발(192)을 통해 전달되어서, 측정을 위해 요구될 때마다 분석 파장에서의 분석 플래시를 이용하여 분석 파장에서의 복사가 웨이퍼(120)의 기관측(124)과 기준품(142)을 조명하게 한다. 하지만, 선택적으로는, 이러한 분석 플래시를 발생시키는 다른 적절한 구성으로 대체될 수도 있다. 예를 들어서, 일례로 하나 이상의 텅스텐 필라멘트 램프와 같은 연속 조명원이 웨이퍼와 기준품을 조명하기 위해 신속하게 개폐작동되는 기계식 셔터(미도시)와 함께 사용될 수 있다. 만일 그렇다면, 셔터는 바람직하게는 복사를 흡수하고 냉각된다. 또 다른 예로서, 1450nm의 분석 파장을 방출하는 하나 이상의 포토다이오드 또는 레이저 다이오드가 아크 램프(190)를 대체할 수도 있다.

[0066] 영상 장치

[0067] 일반적으로, 이 실시예에서, 측정 장치(117) 또는 특히 영상 장치(162)는, 상기 영상 장치와 협력하여 피가공물(106) 제2면(118)의 반구형 반사율을 측정하도록 구성된 적어도 하나의 프로세서 회로와 소통된다. 특히, 이 실시예에서, 영상 장치(162)는 제2면(118)에 의해 반사된 복사를 수용하도록 구성된 복사 검출기로서 작용하고, 이 검출기는 예를 들어 고속 복사계(164)와 분석 조명원(160)과 같은 시스템의 다른 장치의 시야를 제2면이 차단하지 못하도록 그 제2면으로부터 충분히 멀리 떨어져서 위치된다. 이를 달성하기 위해서, 본 실시예에서 영상 장치는 적어도 피가공물(106) 최대 치수의 절반만큼 제2면(118)의 중심으로부터 간격을 두고 위치된다. 영상 장치는 제2면의 방향성 반사율을 측정하도록 구성되고, 적어도 하나의 프로세서 유닛은 이하에서 더 상세히 설명되는 바와 같이 방향성 반사율에 산란 보정치를 적용하여 반구형 반사율을 얻도록 구성된다. 따라서, 영상 장치(162)는, 예를 들어 일체형 반구와 같은 측정 물체에 일반적으로 매우 가깝게 위치되어야 하는 종래의 반구형 반사율 측정 장치에 비해서 이점을 갖는다.

[0068] 이 실시예에서, 영상 장치(162)는 피가공물(106)과 기준품(142) 모두의 영상을 형성하도록 구성된 적외선 카메라를 포함하고, 상기 피가공물과 기준품 모두는 영상 장치(162)의 시야 내에 있다. 본 실시예에서, 적외선 카메라는 다이오드 배열, 또는 특히 포토다이오드 초점면 배열을 포함한다. 특히, 이 실시예에서 적외선 카메라는 12비트 감도를 갖는 320x256 픽셀의 인듐갈륨비소(InGaAs) 포토다이오드 배열을 포함한다. 카메라는 또한 초점 광학장치(미도시)를 포함하고, 또한 1450nm의 중심에 있는 협대역 필터를 포함함으로써, 상기 카메라는 1450nm의 분석 파장과 그 중심에 있는 협대역폭(예를 들어 $\pm 15\text{nm}$)에 대해서만 감도를 갖는다. 따라서, 이 실시예에서 영상 장치(162)는 제2면에 입사하는 가열 조사 스펙트럼의 강도가 무시할만한 수준인 조명 파장 대역에서 피가공물 제2면(118)의 방향성 반사율을 측정하도록 구성된다. (특히, 이 실시예에서 필터 장치는 제2면(118)과 가열 조사 스펙트럼 공급원, 즉 아크 램프(152) 사이에 삽입된 수냉식 윈도우(156)를 포함하는데, 이는 수냉식 윈도우가 영상 장치가 감도를 갖는 1450 \pm 15nm의 전체 분석 파장 대역을 차단하기 때문이다.). 선택적으로는, 예를 들어 2차원 다이오드 배열이나 1차원 다이오드 배열 또는 전하 결합 소자(CCD)와 같은 다른 영상 장치로 대체될 수도 있다.

[0069] 도 1과 도 2에 따르면, 이 실시예에서 영상 장치(162)는 피가공물(106)과 기준품(142)의 영상을 나타내는 디지털 데이터를 RSC(112)의 프로세서 회로(110)로 전달하기 위해서 RTP 시스템 컴퓨터(RSC)(112)의 디지털 프레임 그래버 카드(digital frame grabber card)(200)와 소통된다. 선택적으로는, 필요한 경우, 영상 장치는, RSC(112)로부터 떨어져 있고 그 RSC와 소통되는 별도의 프로세서 회로와 소통되어 배치될 수 있다.

[0070] 필요한 경우, 피가공물의 온도를 측정하기 위해서 그 피가공물(106)의 반구형 반사율을 결정하도록 디지털 영상

데이터를 사용하는 것 이외에도, 상기 영상 데이터는 피가공물(106) 제2면(118)의 실시간 2차원 온도 맵(map)을 형성하는 데 사용될 수도 있다. 이러한 온도 맵은 전체 열공정 중에 피가공물의 가열 균일도를 결정하는 데 유용하다. 공간적으로 결정된 온도 맵은 예를 들어 위에 언급된 본 출원인 소유의 특허인 미국 특허 제6,303,411에 상세히 설명되어 있다.

[0071] 이 실시예에서, 영상 장치(162)와 분석 조명원(160)은 동기화 모듈(202)과도 소통된다.

[0072] 동기화 모듈

[0073] 도 1과 도 2에 따르면, 이 실시예에서, 동기화 모듈(202)은 영상 장치(162)와 분석 조명원(160)을 동기화시켜서 분석 플래시에 의해 조명될 때(또한 필요한 경우 분석 플래시 전에 그리고/또는 후에) 영상 장치(162)가 피가공물(106)과 기준품(142)의 영상을 형성할 수 있게 하는 데 사용된다.

[0074] 이를 달성하기 위해서, 원하는 시간에 분석 조명원(160)을 작동시킬 수 있도록, 동기화 모듈(202)은 영상 장치가 조절가능한 지연 시간을 가지고서 펄스 신호를 발생시키는 것에 응하여 상기 영상 장치(162)로부터의 비디오 프레임 동기 신호를 수신한다. 필요한 경우, 예를 들어 복합 아날로그 비디오, 표준 TTL 비디오 및 LVDS 차동 디지털 비디오와 같은 다른 형태의 비디오 프레임 동기 신호가 선택될 수 있다.

[0075] 영상 장치(162)로부터의 비디오 프레임 동기 신호에 응하여 분석 조명원(160)을 작동시키기 위한 조절가능하게 지연된 펄스 신호를 발생시키기 위해서, 동기화 모듈(202)은 이 실시예에서 48MHz 클락(clock)인 내부 클락(204)을 포함하고, 1마이크로초의 분해능을 갖는 0 내지 99,999마이크로초의 범위인 조절가능한 지연 시간과 40나노초보다 우수한 지연 정확도를 구비한 "온" 및 "오프" 지연 신호를 발생시킬 수 있다. 이 실시예에서, 동기화 모듈(202)은 영상 장치(162)의 통합 주기 개시 직전에 분석 조명원(160)을 작동시키도록 "온" 펄스 신호를 발생시켜서, 분석 조명원이 그 피크 출력으로 피가공물과 기준품을 조명할 때 영상 장치(162)가 피가공물과 기준품으로부터 반사된 복사를 포착하게 되고, 형성된 디지털 반사 영상의 신호대잡음 비율을 최대화하게 된다.

[0076] RTP 시스템 컴퓨터(RSC)

[0077] 도 1과 도 2에 따르면, RTP 시스템 컴퓨터(RSC)가 도 2의 도면 부호 112에 더 상세히 도시되어 있다. 이 실시예에서, RSC는 본 실시예에서 마이크로프로세서(210)인 프로세서 회로(110)를 포함한다. 특히, 본 명세서에서 용어 "프로세서 회로"는, 예를 들어 다른 형태의 마이크로프로세서, 마이크로컨트롤러, 다른 집적 회로, 다른 형태의 회로나 그 회로의 조합, 로직 게이트나 로직 배열, 또는 프로그램가능한 입의 종류의 장치가 예를 들어 독립적으로 구성되거나 동일 위치 또는 서로로부터 멀리 떨어진 위치에 위치된 상기 장치들과 조합되어 구성된 것을 포함하여, 여기에 설명된 기능을 수행할 수 있는 입의 형태의 장치나 그 장치들의 조합을 광범위하게(제한없이) 포함한다. 또 다른 형태의 프로세서 회로는 본 명세서로부터 본 기술 분야의 당업자라면 명확하게 파악할 수 있을 것이며, 상기 입의 형태의 프로세서 회로로 대체하더라도 첨부된 청구범위에 의해서 한정되는 본 발명의 범위를 벗어나는 것으로 간주되지 않는다.

[0078] 본 실시예에서, 마이크로프로세서(210)는 이 실시예에서 하드 디스크 드라이브를 포함하는 저장 장치(220)와 소통된다. 저장 장치(220)는, 표준물 비율 루틴(222)과, 반구형 반사율 루틴(224)과, 온도 모니터링 및 제어 루틴(226)과, 네트워크 동기화 알고리즘(228)을 포함하여, 여기에 개시된 여러 가지 기능을 수행할 수 있도록 마이크로프로세서(210)를 구성하거나 프로그램하는 다수의 루틴을 저장하는 데 사용된다. 일반적으로, 네트워크 동기화 알고리즘(228)은 RSC(112)와 시스템(100)의 여러 다른 장치 사이의 네트워크 통신을 조절하여 비결정 지연 시간을 50 μ s보다 작게 하도록 프로세서 회로(110)에 의해 이용된다. 나머지 루틴은 이하에서 더 상세히 설명된다.

[0079] 이 실시예에서, 저장 장치(220)는 마이크로프로세서(210)에 의해 수신되거나 사용되는 여러 형태의 데이터를 저장하는 데에도 사용된다. 특히, 본 실시예의 저장 장치(220)는, 영상 장치(162)로부터 수신된 피가공물(106)과 기준품(142)의 영상을 나타내는 디지털 데이터를 저장하기 위한 영상 프레임 저장소(242)와, 고속 복사계(164)로부터 수신된 피가공물 온도치를 저장하기 위한 온도 이력 저장소(244)와, 제1면의 온도와 동일하지 않은 제2면(118)의 온도와 피가공물의 온도 이력에 응하여 피가공물(106) 제1면(104)의 온도를 확인하기 위해서 마이크로프로세서(210)에 의해 사용되는 룩업 테이블을 저장하기 위한 룩업 테이블 저장소(246)를 포함한다.

[0080] 본 실시예에서, 마이크로프로세서(210)는 이 실시예에서 랜덤 액세스 메모리(RAM)를 포함하는 메모리 장치(260)와도 소통된다. 메모리 장치(260)는 저장 장치(220)에 저장된 여러 루틴의 실행시에 마이크로프로세서에 의해 확인되거나 사용되는 여러 물리적 특성을 나타내는 수치를 저장하기 위해서 마이크로프로세서(210)에 의해 사용된다. 특히, 이 실시예에서 상기 루틴들은, 이하에서 상세히 설명되는 바와 같이, 표준물 반사율 레지스터

(264), 표준물 비율 레지스터(266), 피가공물 비율 레지스터(270), 방향성 반사율 레지스터(272), 산란 수치 레지스터(274), 산란 보정치 레지스터(276), 반구형 반사율 레지스터(278), 기관 온도 레지스터(280), 온도변화율 레지스터(282) 및 장치측 온도 레지스터(284)를 포함하는 다수의 레지스터를 RAM에 지정하도록 마이크로프로세서(210)에게 지시한다.

[0081] 이 실시예에서, 마이크로프로세서(210)는 영상 장치(162)에 의해 형성된 피가공물(106)과 기준품(142)의 적외선 영상을 나타내는 디지털 데이터를 수신하기 위해서 디지털 프레임 그래버 카드(200)와 소통된다.

[0082] 본 실시예의 마이크로프로세서(210)는, 고속 복사계(164)와, 측정 장치(102)와, 조사 시스템(108)과, 예열 장치(150)와, 일레로 키보드 및/또는 마우스와 같은 사용자 입력 장치(미도시)와, 분석 조명원(160) 및 영상 장치(162)의 제어를 위한 동기화 모듈(202)을 포함하는 도 1에 도시된 시스템(100)의 여러 장치들과 소통하기 위해서 입력/출력(I/O) 인터페이스(290)와 소통된다. 이 실시예에서, I/O 인터페이스(290)는 광섬유 네트워크(292)를 통해 적어도 일부의 상기 장치(예를 들어 고속 복사계(164) 및 측정 장치(102)와 같은)들과 소통하기 위해서 광전 변환기(optical-electrical converter)를 포함한다. 이와 관련하여, 예열 장치(150) 및 조사 시스템(180)에 의해 요구되는 큰 전류와 급작스런 충전으로부터 기인하는 전자기 간섭과 전기 노이즈로 인한 문제점이 상기 광통신에는 부여되지 않는다.

[0083] 고속 복사계

[0084] 도 1과 도 3에 따르면, 측정 장치(116) 또는 특히 고속 복사계는 도 3에 도면 부호 164로 도시되어 있다. 일반적으로, 이 실시예에서, 고속 복사계(164)는 1450nm의 분석 파장에서 피가공물(106)의 제2면(118)에 의해 열적으로 방출되는 전자기 복사를 수용하고, 피가공물 제2면의 온도를 나타내는 상응하는 방출을 보상 온도치를 형성한다.

[0085] 이를 달성하기 위해서, 본 실시예에서 고속 복사계(164)는 분석 파장과는 다른 파장을 차단하기 위해서 1450nm의 분석 파장에 중심이 있는 협대역 필터(302)를 포함한다. 고속 복사계는 또한, 이 실시예에서 고속 저소음의 인듐갈륨비소 PIN 포토다이오드를 포함하는 포토다이오드(306)의 활성 요소에 피가공물 제2면(118)의 중앙 영역(170)으로부터 방출되는 전자기 복사를 집중시키기 위해서 광스택(optical stack)(304)을 포함한다. 이 실시예에서, 중앙 영역(170)은 웨이퍼(120) 기관측(124)의 중앙에 직경이 대략 2cm인 면적을 포함한다.

[0086] 포토다이오드(306)는, 이 실시예에서 차동 트랜스임피던스 증폭기(differential transimpedance amplifier)를 포함하고 대략 2.5kHz의 전기 대역폭을 갖는 증폭기(308)와 소통된다. 증폭기(308)는 포토다이오드로부터의 신호를 조절하고 증폭하며, 증폭된 신호를 아날로그-디지털(A/D) 변환기(310)로 전달한다. 본 실시예에서, A/D 변환기는 25kHz의 오버샘플링율(over-sampling rate)에서 증폭 포토다이오드 신호의 20비트 샘플을 추출한다.

[0087] A/D 변환기(310)는 고속 복사계(164)의 프로세서 회로(114)와 소통된다. 프로세서 회로(114)는 이 실시예에서 프로그램 메모리(314) 및 작업 메모리(316)를 포함하는 제1 저장 장치 및 제2 저장 장치와 소통된다. 프로그램 메모리는, 이하에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, 웨이퍼(120) 기관측(124)의 온도를 확인하도록 프로세서 회로(114)에게 지시하는 기관 온도 루틴(318)을 포함하여, 프로세서 회로(114)가 여러 가지 기능을 수행하게 하는 지시 코드 또는 루틴을 저장한다. 기관 온도 루틴(318)은 반구형 반사율 레지스터(320)와 기관 온도 레지스터(322)를 포함하는 다수의 레지스터를 작업 메모리(316)에 지정하도록 프로세서 회로(114)에게 지시한다. 프로그램 메모리(314)는 임의의 적절한 형태의 메모리 장치를 포함할 수 있지만, 바람직하게는 예를 들어 ROM, EPROM, EEPROM 또는 FLASH 메모리와 같은 비휘발성 메모리이다. 유사하게, 작업 메모리(316)는 예를 들어 RAM과 같은 임의의 적절한 형태의 메모리 장치를 포함할 수 있다.

[0088] 프로세서 회로(114)는 도 1에 도시된 RSC(112)의 프로세서 회로(110)와 소통하기 위해서 입력/출력(I/O) 인터페이스(330)와 소통된다. 이 실시예에서, I/O 인터페이스(330)는 광섬유 네트워크(292)를 통해 RSC와 소통하기 위해서 광전 변환기를 포함한다. 이하에서 설명되는 바와 같이, 이 실시예의 고속 복사계(164)는 매 밀리초마다 웨이퍼(120) 기관측(124)의 온도를 측정하고, 갱신된 기관 온도치를 1kHz의 속도로 RSC에 전달한다. 고속 복사계(164)는 또한 갱신된 반구형 반사율 수치를 주기적으로 수신하고, 기관측 열방출 강도 수치와 조합하여 기관 온도 수치를 산출한다.

[0089] 장치측 조사 시스템

[0090] 도 1에 따르면, 일반적으로 조사 시스템(180)은 웨이퍼(120)의 장치측(122)을 조사하도록 작동된다. 측정 장치(102)와 적어도 하나의 프로세서 회로는, 장치측이 조사 시스템(180)에 의해 조사되는 동안에 현재 강도를 측정

하고 장치측(122)의 현재 온도를 확인하도록 구성된다.

- [0091] 이 실시예에서, 조사 시스템(180)은 플래시 램프(182)(또는 필요한 경우 다수의 상기 플래시 램프)와 도 1에 도시된 반사기 시스템(184)을 포함한다. 특히, 이 실시예에서 플래시 램프(182)는 위에 언급된 본 출원인 소유의 국제 공개 특허 공보 제W0 01/54166호에 개시된 바와 유사한 고휘력 아크 램프를 포함한다.
- [0092] 본 실시예에서, 조사 시스템(180)은 장치측(122)이 웨이퍼(120)의 열전도 시간보다 짧은 지속시간을 갖는 조사 플래시에 노출되도록 작동된다. 본 실시예에서, 웨이퍼의 열전도 시간은 10ms 내지 15ms 정도이다. 따라서, 본 실시예에서, 조사 시스템(180)은 10밀리초 이하 정도의 지속시간을 갖는 조사 플래시를 발생시키도록 작동된다. 특히, 이 실시예에서 조사 시스템은 1밀리초 정도의 지속시간을 갖는 조사 플래시를 발생시키도록 작동된다.
- [0093] 이를 달성하기 위해서, 본 실시예에서 조사 시스템(180)은 또한 도 1에 도시된 전력 제어 시스템(188)을 포함한다. 특히, 이 실시예에서 전력 제어 시스템(188)은 전력 공급 시스템으로서 작용하고, 미리 충전된 다음에 급작스럽게 방전되어 플래시 램프(182)로 "급격히 상승된(spike)" 입력 전력을 공급하여서 원하는 조사 플래시를 발생시키는 펄스형 방전 유닛을 포함한다. 특히, 본 실시예의 펄스형 방전 장치는, 독일 함부르크의 래프 옵토일렉트로닉에서 제조되는 전력 공급 모델 번호 VT-20 펄스형 방전 유닛을 포함하고, 이 유닛은 예를 들어 1밀리초의 방전 시간과 같이 대략 0.5ms 내지 5ms 사이의 범위인 방전 시간 내에서 60kJ에 이르는 펄스를 발생시키도록 작동된다. 이러한 방전에 의하여, 플래시 램프(182)는, 0.5ms 내지 5ms 사이의 지속시간에서 전력 출력이 4MW 내지 6MW인 전자기 복사의 가열 플래시를 발생시키도록 작동된다. 선택적으로는, 예를 들어 300kJ을 방전시키도록 작동되는 더 큰 전력 공급장치로 대체될 수도 있다. 좀 더 일반적으로는, 필요한 경우, 다른 가열 장치가 조사 시스템을 대체할 수도 있다.
- [0094] 이 실시예에서, 이하에서 설명되는 바와 같이, 전력 제어 시스템(188)은 펄스형 방전의 피드백 제어를 위해서 펄스형 방전 유닛과 플래시 램프(182) 사이에 삽입된 전력 제어 회로를 포함한다.
- [0095] 초고속 복사계
- [0096] 도 1과 도 4에 따르면, 측정 장치는 도 4에 도면 부호 102로 도시되어 있다. 이 실시예에서, 측정 장치(102)는 초고속 복사계(400)를 포함한다. 일반적으로, 초고속 복사계는 피가공물(106)의 제1면(104)으로부터 열적으로 방출되는 현재 복사 강도를 측정하도록 구성된 측정 장치로서 작용한다. 초고속 복사계는 또한, 여기에 상세히 설명되는 바와 같이, 현재 강도와 제1면(104)의 적어도 하나의 이전 열특성치에 의하여, 제1면(104)의 현재 온도를 측정하도록 구성된 측정 장치와 소통되는 하나의 프로세서 회로를 포함한다. 특히, 이 실시예에서 초고속 복사계(400)는 조사 시스템(180)에 의해 발생하는 급속한 조사 플래시 중에 웨이퍼(120) 장치측(122)의 온도를 확인하기 위해서 적어도 하나의 프로세서 회로와 협력하도록 구성된다. 이러한 플래시는 예를 들어 1밀리초 정도의 지속시간을 갖고, 장치측 온도를 예를 들어 섭씨 수백도까지 상승시킬 수 있다. 따라서, 초고속 복사계(400)는 폭넓은 동적 범위와 초고속 시간 응답을 갖도록 설계된다.
- [0097] 도 1, 도 3 및 도 4에 따르면, 이 실시예에서, 초고속 복사계(400)의 일부는(전부는 아님) 도 3에 도시된 고속 복사계(164)와 유사하다. 따라서, 초고속 복사계(400)는 이 실시예에서 고속 복사계의 대응 부품(302, 304, 306)과 유사한 1450nm의 협대역 필터(402), 광스택(404) 및 고속 인듐갈륨비소 PIN 포토다이오드(406)를 포함한다. 하지만, 이 실시예에서, 포토다이오드(406)는 포토 다이오드(406)의 온도를 20밀리켈빈(milliKelvin) 내로 제어하기 위한 일체형 열전 냉각기(408)를 포함한다.
- [0098] 포토다이오드(406)로부터의 출력 신호는 증폭기(410)에 전달된다. 이 실시예에서, 증폭기(410)는 500kHz의 3dB 전기 대역폭을 갖는 초저소음의 고속 차동 트랜스임피던스 증폭기를 포함한다. 증폭기(410)는 포토다이오드 출력 신호를 조절하고 증폭하며, 증폭된 신호를 아날로그-디지털(A/D) 변환기(412)로 전달한다. A/D 변환기(412)는 1MHz의 샘플링률에서 증폭 포토다이오드 신호의 16비트 샘플을 추출한다.
- [0099] A/D 변환기(412)는 초고속 복사계(400)의 프로세서 회로(108)와 소통된다. 프로세서 회로(108)는 이 실시예에서 프로그램 메모리(416) 및 메모리 장치(418)를 포함하는 제1 저장 장치 및 제2 저장 장치와 소통된다. 프로그램 메모리(416)는, 실시간 장치측 온도 루틴(420)과 동적 보정 루틴(422)을 포함하여, 프로세서 회로(108)가 여러 가지 기능을 수행할 수 있게 구성된 루틴을 저장한다. 실시간 장치측 온도 루틴(420)은, 장치측 열방출 강도 저장소(430)와, 초기 장치측 온도 레지스터(432)와, 초기 장치측 열강도 레지스터(434)와, 장치측 온도 레지스터(436)와, 장치측 온도치 저장소(438)를 포함하는 다수의 레지스터 및/또는 저장소를 메모리 장치(418)에 지정하도록 프로세서 회로(108)에게 지시한다.
- [0100] 이 실시예에서, 프로세서 회로(108)는 내부 기준 장치(450)와 소통된다. 이 실시예에서, 내부 기준 장치는 온도

식으로 제어되어 매우 안정되고, 보정 신호 및 기준 신호를 발생시키는 데 사용된다. 동적 보정 루틴(422)은, 초고속 복사계의 여러 전기 부품에서 일어날 수 있는 예기치 못한 임의의 드리프트(drift)를 동적으로 보상하기 위해서, 내부 기준 장치(450)로부터 수신된 보정 신호 및 기준 신호에 응하여 A/D 변환기(412)로부터 수신된 16 비트 샘플을 조절하도록 프로세서 회로(108)에게 지시한다.

[0101] 본 실시예에서, 프로세서 회로(108)는 또한 RSC(112)의 프로세서 회로(11) 및 도 1에 도시된 시스템(100)의 다른 부품과 소통하기 위해서 입력/출력(I/O) 인터페이스(460)와 소통된다. 특히, 이 실시예에서 프로세서 회로(108)는, 플래시 중에 프로세서 회로(108)에 의해 습득되는 실시간 장치측 온도치에 응하여, 프로세서 회로(108)가 조사 시스템에 의해 발생하는 조사 플래시의 출력을 제어할 수 있도록, 전력 제어 시스템(188)과 직접 소통된다. 이 실시예에서, I/O 인터페이스(460)는, 상기 통신 신호가 광섬유 네트워크(292)에 전달되어 수신되게 하여서 일시적으로 플래시 부근에서 아주 클 수 있는 전자기 간섭과 전기 노이즈의 악영향을 피할 수 있게 되도록, 광전 변환기를 포함한다.

[0102] 이 실시예에서, 초고속 복사계(400)는 초고속 복사계의 여러 내부 부품에 가하여지는 상기 간섭 영향을 감소시키도록 차폐물(470)을 또한 포함한다.

[0103] 도 1에 따르면, 이 실시예에서, 측정 장치(102) 또는 특히 초고속 복사계(400)는 제1면에 입사하는 조사 스펙트럼의 강도가 무시할만한 수준인 파장 대역에서 피가공물(106) 제1면(104)으로부터의 현재 열방출 강도를 측정하도록 구성된다. 이를 달성하기 위해서, 이 실시예에서, 시스템(100)은 상기 제1면에 입사하는 조사 스펙트럼으로부터 상기 파장 대역을 제거하도록 구성된 필터링 장치를 포함한다. 특히, 이 실시예에서 필터링 장치는 제1면(104)과 이 실시예에서 조사 시스템(180)인 조사 스펙트럼 공급원 사이에 삽입된 수냉식 윈도우(186)를 포함한다. 이와 관련하여, 수냉식 윈도우(186)는 플래시 램프(182)에 의해 발생된 대부분의 복사를 웨이퍼(120)의 장치측(122)에 전달하여서 그 장치측을 가열하는 동시에, 1450nm의 분석 파장에서는 복사를 흡수한다. 역으로, 1450nm 협대역 필터(402)로 인해서, 초고속 복사계는 1450nm 바로 근처의 복사에 대해서만 반응한다. 따라서, 초고속 복사계는 장치측(122)으로부터의 열방출만 검출하고, 조사 시스템에 의해 발생되고 장치측에 의해 반사된 어떠한 복사도 검출하지 않는다. 수냉식 윈도우(186)는 장치측(122)에 의해 방출된 파장(통상적으로 1400nm 이상)에서 대부분의 복사를 흡수함으로써, 냉각을 필요로 할 때 부적절한 시기에 바람직하지 않은 장치측의 비균일한 가열을 초래하는 경향이 있는 상기 파장의 웨이퍼로의 재반사를 방지하게 된다. (하지만, 초고속 복사계는 소량의 "챔버 귀환"을 검출할 수 있고, 즉 분석 파장에서 장치측에 의해 열적으로 방출된 작은 비율의 복사가 윈도우(186)의 하부 석영 폐인에 의해 다시 장치측으로 반사될 수 있으며, 이 장치측은 상기 반사된 열방출을 다시 복사계로 반사시킬 수 있다. 챔버 귀환은 필요한 경우 동적 보정 루틴(422)의 실행 중에 고려될 수 있다.).

[0104] 작동

[0105] 표준물 비율 루틴

[0106] 도 1, 도 2 및 도 5에 따르면, 표준물 비율 루틴이 도 5에 도면 부호 222로 도시되어 있다. 일반적으로, 표준물 비율 루틴(222)은 RSC(112)의 프로세서 회로(110)가 수치 $RATIO_{\text{표준물}}$ 을 계산하도록 구성하고, 이 수치는 이어서 웨이퍼(120) 기관측(124)의 반구형 반사율을 확인하도록 반구형 반사율 루틴(224) 중에 프로세서 회로(110)에 의해 사용된다.

[0107] 표준물 비율 루틴의 실행 이전에, 웨이퍼(120)는 챔버(130)로부터 제거되고, 알려진 반사율 $R_{\text{표준물}}$ 을 갖는 표준물로 대체된다. 따라서, 이 초기 측정에 대하여, 피가공물(106)은 반도체 웨이퍼보다는 오히려 표준물을 포함한다. 이 실시예에서, 표준물은 알루미늄 웨이퍼이지만, 알려진 반사율을 갖는 어떠한 적절한 표준물로도 대체될 수 있다. 표준물이 챔버(130)에 위치되고 나면, 표준물 비율 루틴이 실행될 수 있다.

[0108] 표준물 비율 루틴(222)은 프로세서 회로(110)가 원하는 수치 $RATIO_{\text{표준물}}$ 을 확인하여 저장하게 구성하는 여러 지시 코드 블록을 포함한다. 표준물 비율 루틴(222)은 코드의 제1 블록(500)으로 시작되는데, 이 블록은 표준물과 기준품(142)의 조명된 영상을 효과적으로 얻도록 프로세서 회로(110)에게 지시한다. 이를 달성하기 위해서, 블록(500)은, 위에 설명된 바와 같이, 동기화 모듈이 영상 장치(162)로부터 비디오 동기 신호를 수신하는 것에 응하여 도 2에 도시된 동기화 모듈(202)에 신호를 전달하도록 프로세서 회로(110)에게 지시한다. 동기화 모듈은 영상 장치(162)의 통합 주기 개시 직전에 분석 조명원(160)을 작동시키도록 전기 펄스 신호를 발생시켜서, 피가공물과 기준품이 분석 조명 플래시에 의해 최대의 강도를 가지고서 조명되는 동안 영상 장치가 상기 피가공물(106)(이 경우 표준물)과 기준품(142)의 영상을 포착하게 된다. 영상 장치(142)는 표준물과 기준품의 포착된 영

상을 나타내는 신호를 디지털 프레임 그래버 카드(200)로 전달한다. 프로세서 회로(110)는 포착된 영상을 나타내는 프레임 그래버 카드로부터 데이터를 수신하고, 그 수신된 데이터를 저장 장치(220)의 영상 프레임 저장소(242)에 저장한다.

[0109] 이어서 블록(510)이 프로세서 회로(110)에게 수치 $RATIO_{표준물}$ 을 계산하도록 지시한다. 이와 관련하여, 기준품에 입사하는 분석 플래시의 강도가 I_0 라면, 피가공물(106)에 입사하는 분석 플래시의 강도는 αI_0 가 되고, 여기서 α 는 시스템(100)의 기하학적 형상에 의해 결정되는 상수이다. 따라서, 기준품(142)은 강도 $I_0 R_{기준품}$ 을 가지고서 분석 플래시를 반사하게 되고, 여기서 $R_{기준품}$ 은 기준품의 반사율이며, 유사하게 이 경우 표준물인 피가공물(106)은 강도 $\alpha I_0 R_{표준물}$ 을 가지고서 분석 플래시를 반사하게 된다.

[0110] 영상 장치(162)에 의해 형성되거나, 특히 피가공물(106)의 중앙 영역(170)에 상응하는 인듐갈륨비소 포토다이오드 배열의 개별 포토다이오드와 기준품(142)에 상응하는 포토다이오드에 의해 형성되고(또는 선택적으로 CCD가 포토다이오드 배열을 대체하는 경우 상응하는 픽셀에 의해 형성되고), 위의 블록(500)에서 영상 프레임 저장소(242)에 저장되었던 데이터 수치는, 기준품에 의해 반사된 강도에 대한 피가공물(이 경우 표준물)에 의해 반사된 강도의 비율, 즉 $RATIO_{표준물} = \alpha I_0 R_{표준물} / I_0 R_{기준품} = \alpha R_{표준물} / R_{기준품}$ 을 계산하여 저장하는 데 사용된다. 이어서 블록(510)이 프로세서 회로(110)에게 메모리 장치(260)의 표준물 비율 레지스터(266)의 결과 수치 $RATIO_{표준물}$ 을 저장하도록 지시한다. 그 다음에, 표준물 비율 루틴이 종료된다.

[0111] 앞에서의 $RATIO_{표준물}$ 의 계산은 한 번 실행되고, 시스템(100)의 물리적 변수가 변하지 않는 한(예를 들어 조명원의 오염물), 유사한 웨이퍼에 적용되는 주어진 세트의 열사이클 동안에는 다시 계산될 필요가 없다. $RATIO_{표준물}$ 의 재계산 여부를 결정하기 위해서, "보정 웨이퍼" 또는 "분석 웨이퍼"(예를 들어, 장치가 없고 도펀트 농도가 균일한 반도체 웨이퍼)가 시스템(100)에서 주기적으로 열순환될 수 있고, 결과로 형성된 도펀트 작용이(예를 들어 웨이퍼의 시트 저항(sheet resistance)을 측정함으로써) 측정된다. 선택적으로는, 예를 들어 웨이퍼 영상의 이동이나 이전 사이클에 비해 한 사이클의 온도 측정치 변화가 급격하게 변화되는 경우와 같이 다른 요인으로 인해서 $RATIO_{표준물}$ 을 재연산할 수도 있다.

[0112] 온도 모니터링 및 제어 루틴

[0113] 나머지 루틴은 웨이퍼 반사율 측정으로부터 직접 또는 간접적으로 도출된 적어도 일부의 정보를 이용한다. 약 700°C 이하의 온도에서 1450nm의 분석 파장에 대한 웨이퍼(120)의 비투과성이 충분하지 못하기 때문에, 이러한 반사율 측정이 많은 목적에 신뢰성있고 정확하게 되도록 하기 위해서, 나머지 루틴들은 웨이퍼가 임계 온도에 도달하거나 그를 초과한 진행 중인 열사이클 범주에서만 개시되며, 상기 임계 온도에서 웨이퍼는 그 측정이 분석 파장에서 정확하게 이루어지기에 충분히 비투과성이다. 선택적으로는, 필요한 경우, 웨이퍼 반사율 수치는 더 짧은 파장에서 얻을 수 있거나, 필요한 경우 저온 수치에 대해서 예측될 수 있다.

[0114] 도 1, 도 2 및 도 6에 따르면, 온도 모니터링 및 제어 루틴은 도 6에 도면부호 226으로 도시되어 있다. 일반적으로, 온도 모니터링 및 제어 루틴(226)은, 예열 장치(150)를 제어하여 웨이퍼(120)의 기관측(124)을 조사함으로써 웨이퍼를 웨이퍼의 열전도 시간보다 느린 온도변화율로 원하는 중간 온도까지 예열하도록 RSC(112)의 프로세서 회로(110)를 구성한다(임의의 예로서, 상기 온도변화 사이클은 웨이퍼를 250°C/초의 온도변화율로 실온으로부터 800°C의 중간 온도까지 가열할 수 있다.). 중간 온도에 도달하게 되면, 온도 모니터링 및 제어 루틴은, 조사 시스템(180)을 제어하여 플래시 사이클을 개시함으로써 웨이퍼(120)의 장치측(122)을 웨이퍼의 열전도 시간보다 더 빠른 속도로 원하는 어닐링 온도까지 가열하도록 프로세서 회로에게 지시한다(또 다른 임의의 예로서, 장치측은 그 장치측을 1300°C의 온도까지 가열하도록 1밀리초 플래시에 노출될 수 있지만, 대부분의 웨이퍼는 중간 온도 부근에서 유지된다.). 플래시 사이클이 개시되면, 플래시 사이클의 나머지는 실시간 장치측 온도 루틴(420)의 지시에 따라 초고속 복사계(400)에 의해 직접 제어된다.

[0115] 온도 모니터링 및 제어 루틴(226)은 코드의 제1 블록(600)에서 시작되고, 이 블록은 프로세서 회로(110)에게 예열 장치(150) 또는 특히 아크 램프(152)를 제어하여 원하는 온도변화율로 피가공물(106)의 예열을 시작하도록 지시한다. 대체로, 실리콘 반도체 웨이퍼에 대하여, 원하는 온도변화율의 범위는 100°C/초 내지 400°C/초이지만, 필요한 경우 이 범위 밖의 다른 온도변화율로 대체될 수도 있다. 이 실시예에서, 실리콘이 약 700°C 이하인 경우에는 1450nm 복사에 대해서 비투과성이 아니기 때문에, 예열 사이클은 아크 램프(152)에 공급된 소정량의 에너지로부터 예측되는 웨이퍼 온도에 기초하여 초기에 개루프 온도 사이클로서 개시된다.

- [0116] 이어서 블록(602)이 피가공물(106)의 예측된 온도가 소정의 임계 온도에 도달하였는지를 확인하도록 프로세서 회로(110)에게 지시한다. 피가공물이 반도체 웨이퍼(120)인 이 실시예에서, 소정의 온도는 대략 600℃이고, 이 소정의 온도 위에서 웨이퍼가 아직 완전히 1450nm 분석 파장에 대해서 비투과성이지는 않지만 온도 측정 및 제어 루틴에서 사용하기 위한 적합한 신호를 제공할 수 있도록 하기에는 충분히 비투과성이다(웨이퍼 온도가 700℃를 넘어 증가하게 되면, 상기 웨이퍼는 분석 파장에 대해 완전히 비투과성이 되어서 시스템의 정확도를 향상 시키게 된다.).
- [0117] 블록(602)에서 임계 온도에 도달되었음이 예측된다면, 블록(604)은 프로세서 회로(110)에게 반구형 반사율 루틴(224)(도 7과 함께 이하에서 상세히 설명됨)을 개시하여 웨이퍼의 반구형 반사율을 주기적으로 확인하도록 지시하고, 그 웨이퍼의 반구형 반사율은 웨이퍼의 방출율 보상 온도치를 산출하도록 고속 복사계(164)에 사용될 수 있다.
- [0118] 이어서 블록(606)이, 연속하는 각 시점에서 피가공물(106) 제2면(118)(이 실시예에서 웨이퍼(120)의 기관측(124))의 연속하는 온도치를 나타내는 고속 복사계(164)로부터의 온도치를 연속으로 수신하여 저장하는 단계를 개시하도록 프로세서 회로(110)에게 지시한다. 이러한 각 온도치는, 도 8과 함께 이하에 상세히 설명되는 바와 같이, 고속 복사계(164)의 프로세서 회로(114)에 의해 산출된다. 블록(606)은 프로세서 회로(110)에게 현재 시간에 따라 상기 각 수신된 기관 온도치를 데이터 쌍($T_{\text{기관}}$, t)으로서 온도 이력 저장소(244)에 저장하여 웨이퍼의 온도 이력 기록을 산출하도록 지시한다. 쉽게 설명하기 위해서 블록(606)이 지시 코드의 단일 블록으로서 도시되었지만, 이 실시예에서 블록(606)은 예열 사이클, 후속 플래시 사이클 및 후속 복사 냉각 단계 내내 프로세서 회로에게 연속하여 상기 기관 온도치를 수신하고 저장하도록 지시한다.
- [0119] 이어서 블록(608)이 프로세서 회로(110)에게 페루프 예열 사이클로 전환하도록 지시한다. 특히, 블록(608)은, 열사이클의 각 대응하는 시점에서 예측된 또는 원하는 기관 온도와 고속 복사계로부터 수신된 기관 온도치를 비교하여서, 원하는 또는 예측된 온도와 실제(측정된) 기관 온도 사이의 임의의 편차를 최소화시키거나 제거시키기 위해 아크 램프(152)로 공급되는 전력을 증감시키도록, 프로세서 회로(110)에게 지시한다. 필요한 경우, 페루프 예열 사이클이 예를 들어 위에 언급된 본 출원인 소유의 특허인 미국 특허 제6,303,411호에 개시된 임의의 방법과 같은 공간 분해 조사 제어법을 포함할 수 있다.
- [0120] 블록(606, 608)이 연속으로 실행되는 동안에, 블록(610)은 프로세서 회로(110)에게 가장 최근에 수신된 기관 온도치를 플래시 사이클이 개시될 소정의 중간 온도와 비교하도록 지시한다.
- [0121] 만일 블록(610)에서 중간 온도에 도달되었다면, 블록(612)은 프로세서 회로(110)에게 가장 최근에 수신된 기관 온도치 $T_{\text{기관}}(t_0)$ 를 기관 온도 레지스터(280)에 저장하도록 지시한다(필요한 경우, 해당 시간치 t_0 도 저장될 수 있다). 이어서 블록(612)이 프로세서 회로(110)에게 피가공물(106) 제1면(104)의 열특성치, 특히 조사 플래시 개시 직전의 웨이퍼(120) 장치측(122)의 온도를 확인하도록 지시한다. 이 실시예에서, 제1면(104)의 온도는 제1면(104)의 온도와 동일하지 않은 피가공물(106) 제2면(118)의 온도에 응하여 확인된다. 특히, 제1면(104)의 온도는 제2면(118)의 온도와 피가공물(106)의 온도 이력에 응하여 확인된다. 특히, 블록(612)은 프로세서 회로(110)에게 제2면(118)의 온도와 온도 이력을 사용하여 룩업 테이블 기록을 룩업 테이블 저장소(246)에 어드레스 지정하여서 제1면(104)의 온도를 확인하도록 지시한다.
- [0122] 이 실시예에서, 룩업 테이블 저장소(246)에 저장된 룩업 테이블은 이 실시예에서 미국, 매사추세츠, 하바드의 하바드 씨말 인코포레이티드(Harvard Thermal, Inc.)로부터 입수가 가능한 TAS 열분석 시스템 소프트웨어를 포함하는 열모델링 루틴(미도시)을 사용하여 이전에 미리 계산되어 저장되었다. 룩업 테이블을 형성하기 위해서, 이 실시예에서 피가공물(106)의 열특성치(예를 들어 열전도율, 열용량, 방출율)와 물리적 특성치(예를 들어 두께)를 포함하는 입력 데이터가 TAS 루틴에 제공되고, 또한 예시적인 일단의 온도 이력치 $T_{\text{이력}}$ 이 제공되며, 이 온도 이력치는 위에 설명된 바와 같이 일단의 온도 및 시간 데이터포인트(datapoint) [$T_{\text{기관}}(t)$, t]로서 제공된다. 이 실시예에서, 초기에 TAS 루틴에 제공된 방출율 수치는, 피가공물을 가열하여 냉각시키고 피가공물이 냉각될 때 그 온도를 측정함으로써 우선 실험적으로 얻어진다. 냉각율이 TAS 루틴으로 분석되고 파라메트릭 피트(parametric fit)(변수로서 방출율을 사용)가 온도의 함수로서 복사 에너지 손실을 결정하도록 수행되어서, 이로부터 피가공물의 방출율이 얻어진다. 선택적으로는, 피가공물의 방출율이 다른 방식으로 얻어지거나 예측될 수 있으며, 또는 미리 알려져 있을 수 있다. 피가공물의 방출율이 얻어지면, 이어서 방출율이 다른 입력치들(피가공물의 열특성치 및 두께와 위에 언급된 예시적인 온도 이력치)과 함께 TAS 루틴으로 전달된다.
- [0123] 상기 입력치들에 응하여, TAS 루틴이 실행되면 최종 기관측 온도 데이터포인트와 동일한 시점에서 최종 순간 장

치측 온도 $T_{\text{장치}}$ 를 나타내는 수치가 산출되게 된다. 동시에 형성된 장치측 온도인 $T_{\text{장치}}$ 로부터 대응하는 순간 기관측 온도인 $T_{\text{기관}}$ 을 감하여 온도 보정치 ΔT 를 결정하는데, 이 온도 보정치는 대체로 음수이며 대체로 섭씨 몇 분의 일도 내지 수도 정도이다(예를 들어, 웨이퍼의 기관측만을 조사함으로써 통상적인 웨이퍼가 150℃/초의 온도 변화율로 800℃의 중간 온도까지 가열된다면, ΔT 값은 대략 -4.7° 가 될 것이며, 이것이 의미하는 바는 기관측이 중간 온도에 도달되었을 때 장치측의 온도가 기관측의 온도보다 약 5° 더 낮음을 의미한다.).

[0124] 이어서, 이 공정은, 각기 다른 각 모델 열사이클에 대응하는 상당히 많은 수의 각기 다른 순열을 가진 예시적인 온도 이력 입력 데이터가 각기 다른 각 ΔT 값을 산출하도록 반복된다. 예를 들어, 본 실시예에서, 50℃/초 내지 400℃/초의 온도변화율(저장된 온도 이력치의 증가율 $T_{\text{기관}}(t)$ 에 대응하는)과, 600℃ 내지 1450℃의 최종 순간 기관 온도 $T_{\text{기관}}$ 과, 0.5mm 내지 1.0mm의 웨이퍼 두께를 갖는 입력 데이터의 순열이 록업 테이블을 형성하도록 사용되어서, 대응하는 온도 보정치 ΔT 가 상기 범위의 값을 갖는 임의의 순열에 대해서 신속하게 얻어질 수 있게 된다. 선택적으로는, 다른 범위의 입력 데이터로 대체될 수도 있다.

[0125] 따라서, 본 실시예에서 록업 테이블 저장소(246)에 저장된 록업 테이블은 4개의 열(column)(미도시), 즉 평균 온도변화율에 대한 제1열과, 가열 플래시 직전의 최종 순간 기관측 온도 $T_{\text{기관}}(t_0)$ 에 대한 제2열과, 피가공물 두께에 대한 제3열과, 최종 순간 기관측 온도 $T_{\text{기관}}(t_0)$ 에 더해져서 대응하는 동시 장치측 온도 $T_{\text{장치}}(t_0)$ 를 산출하게 되는 장치측 온도 보정치 ΔT 에 대한 제4열을 갖는다. (선택적으로는, 필요한 경우, 기관측 온도에 더해져서 장치측 온도를 산출하게 되는 온도 보정치보다는 대응하는 동시 장치측 온도 자체에 대한 열이 구비될 수 있다.).

[0126] 따라서, 작업시에 미리 계산된 록업 테이블을 이용하기 위해서, 블록(612)은, 온도 이력 저장소(244)에 저장된 기관 온도 및 시간 수치 쌍[$T_{\text{기관}}(t)$, t]을 분석하여, 웨이퍼의 기관측(124)이 중간 온도까지 상승되는 평균율을 나타내는 평균 온도변화율을 계산하도록(예를 들어, 각각 y축 및 x축에서의 t 에 대한 $T_{\text{기관}}(t)$ 의 선형 최적 맞춤 곡선 그래프의 경사와 동일하게 평균 온도변화율을 설정함으로써), 프로세서 회로(110)에게 지시한다. 블록(612)은 프로세서 회로에게 평균 온도변화율을 온도변화율 레지스터(282)에 일시적으로 저장하도록 지시한다. 이어서 블록(612)은, 온도변화율 레지스터(282)에 저장된 평균 온도변화율과, 기관 온도 레지스터(280)에 저장된 기관 온도치 $T_{\text{기관}}(t_0)$ 와, 피가공물의 두께를 이용하여, 록업 테이블을 어드레스 지정하여서, 대응 수치를 갖는 상응하는 엔트리 또는 기록을 첫번째 3개의 열에 위치시키도록 프로세서 회로에게 지시한다. (피가공물의 두께는 온도 모니터링 및 제어 루틴(226)의 지정 변수일 수 있거나, 또는 선택적으로는 필요한 경우 시스템(100)의 사용자에게 의해 지정되어 메모리 장치(260)의 별도의 레지스터(미도시)에 저장될 수 있다.). 그러한 대응 기록을 위치시키게 되면, 블록(612)은 프로세서 회로(110)에게 위치한 기록의 제4열로부터 해당 온도 보정치 ΔT 를 읽도록 지시한다. 블록(612)은 프로세서 회로(110)에게 위치한 ΔT 수치를 기관 온도 레지스터(280)에 저장된 최종 기관측 온도 $T_{\text{기관}}(t_0)$ 에 더하여 대응하는 동시 순간 장치측 온도 $T_{\text{장치}}(t_0)$ 를 산출하도록 지시한다. 프로세서 회로는 이 수치를 장치측 온도 레지스터(284)에 저장하도록 지시를 받는다.

[0127] 이어서 블록(614)이 프로세서 회로(110)에게 순간 장치측 온도 $T_{\text{장치}}(t_0)$ 를 초고속 복사계(400)에 전달하도록 지시한다. 블록(614)은 또한 프로세서 회로(110)에게 아크 램프(152)를 정지시켜 예열 사이클을 종료하도록 지시하고, 동시에 조사 시스템(180)에 신호를 전달하여 조사 플래시를 발생시켜서 웨이퍼(120)의 장치측(122)을 원하는 어닐링 온도까지 신속하게 가열하도록 지시한다.

[0128] (선택적으로는, 필요한 경우, 프로세서 회로는 조사 시스템(180)을 조절하여 플래시 램프(182)에 낮은 전류를 공급하여서 중간 온도에 도달되기 몇 분의 일초 전에 플래시용 플래시 램프가 준비되도록 지시받을 수 있다. 하지만, 이러한 방식은 단일면 조사 예열에 비해서 록업 테이블에 저장된 ΔT 수치의 크기를 감소시키는 경향이 있어, 록업 테이블 수치는 이 선택적인 방식을 수용할 수 있도록 조절되어야 한다.).

[0129] 이어서 온도 모니터링 및 제어 루틴(226)이 종료되고, 후속하는 장치측 온도 모니터링 및 플래시 강도는 이하에 설명되는 바와 같이 실시간 장치측 온도 루틴(420)의 지시에 따라 초고속 복사계(400)에 의해 제어된다. 하지만, 이 실시예에서, 블록(606)의 지시에 따라 프로세서 회로(110)에 의해 후속 온도치를 연속하여 수신하고 저장하는 단계는 이후 소정의 시간 동안 지속되어서, 웨이퍼가 냉각될 때 플래시 사이클 중에 그리고 그 후에 연속 기관측 온도치를 산출하고 저장하게 된다.

[0130] 반구형 반사율 루틴

- [0131] 도 1, 도 2 및 도 7에 따르면, 반구형 반사율 루틴은 도 7에 도면 부호 224로 도시되어 있다. 일반적으로, 반구형 반사율 루틴(224)은 RSC(112)의 프로세서 회로(110)가 측정 장치(117) 또는 특히 분석 조명원(160)과 협력하여 피가공물(106) 제2면(118)의 반구형 반사율을 측정하도록 구성된다. 이어서, 이러한 반구형 반사율 수치는 고속 복사계(164)로 전달되는데, 이 고속 복사계는 이 수치를 이용하여 웨이퍼(120) 장치측(124)의 방출을 보상 온도 측정치를 산출하게 된다.
- [0132] 반구형 반사율 루틴의 초기 단계들은 도 5에 도시된 표준물 비율 루틴과 함께 설명된 바와 다소 유사하다. 하지만, 반구형 반사율 루틴을 실행하기 전에, 표준물 비율 루틴과 함께 위에 설명된 표준물이 챔버(130)로부터 제거되고, 반도체 웨이퍼(120)로 대체된다. 웨이퍼가 적소에 위치되면, 도 6에 도시된 온도 모니터링 및 제어 루틴(226)이 실행되어, 웨이퍼가 1450nm 분석 파장에서 복사에 비투과성인 충분한 고온에 도달되었을 때 블록(604)에서 반구형 반사율 루틴이 실행된다.
- [0133] 이 실시예에서, 반구형 반사율 루틴(224)은 코드의 제1 블록(700)에서 시작되고, 이 블록은 프로세서 회로(110)에게 표준물 비율 루틴의 블록(500)과 함께 위에 설명된 방식과 유사한 방식으로 웨이퍼 및 기준품이 분석 조명원(160)으로 조명되는 동안 피가공물(120)의 기관측(124)과 기준품(142)의 영상을 얻도록 지시한다. 하지만, 현재 웨이퍼가 약 700℃를 초과하는 고온이기 때문에, 분석 조명 플래시 중에 영상 장치(162)에 의해 포착된 영상은 분석 조명원에 의해 형성된 반사된 복사 뿐만 아니라 웨이퍼와 기준품에 의해 열적으로 방출되는 복사도 포함하게 된다. 따라서, 피가공물의 반구형 반사율을 측정하기 위해서는, 그러한 열방출 효과를 무시하는 것이 바람직하다. 이는 여러 가지 방법으로 달성될 수 있다. 예를 들어서, 분석 조명원은 피가공물로부터의 열방출이 반사 플래시에 비해 무시할만한 수준인 충분히 강력한 분석 플래시를 발생시킬 수 있다. 본 실시예에서, 블록(700)은 프로세서 회로에게 동기화 모듈(202)에 신호를 전달하여 피가공물과 기준품의 일단의 세가지 영상을 얻도록 지시한다. 제1 영상은 분석 조명 플래시가 개시되기 직전에 포착되고, 제2 영상은 분석 조명 플래시가 최대 강도를 가지고서 웨이퍼(120)와 기준품(142)을 조명하는 동안 포착되며, 제3 영상은 분석 조명이 종료된 직후에 포착된다. 따라서, 제1 영상과 제3 영상은 열방출 강도 영상이고, 제2 영상은 반사된 분석 조명 플래시의 강도를 열방출 강도에 더한 것을 나타낸다. 일단의 세가지 상기 영상이 디지털 프레임 그라버 카드(200)를 통해 프로세서 회로(110)에 의해 수신되면, 영상 장치의 포토다이오드 배열의 각 포토다이오드에 대해서, 프로세서 회로는 분석 조명원이 정지된 동안 포착된 제1 영상 및 제3 영상의 상기 포토다이오드에 대한 평균 데이터 값을 계산하도록 지시를 받는다. 이 평균치는 제2 영상이 포착된 시간에 열적으로 방출되는 웨이퍼(또는 경우에 따라 기준품)의 대응하는 위치에서의 대략적인 열복사 강도를 나타낸다. 따라서, 제2 영상의 포토다이오드에 대한 강도치로부터 이 평균치를 감하여 열방출 성분없이 분석 조명 플래시의 반사된 강도만을 나타내는 웨이퍼(120)와 기준품(142)의 보정된 반사율 영상을 산출하게 된다. 이어서 보정된 반사율 영상은 영상 프레임 저장소(242)에 저장된다.
- [0134] 이어서 블록(710)이 프로세서 회로(110)에게 표준물 비율 루틴의 블록(510)과 함께 설명된 방식과 유사한 방식으로 비율을 계산하도록 지시한다. 이와 관련하여, 기준품에 입사하는 분석 플래시의 강도가 I_0 라면, 피가공물(106)에 입사하는 분석 플래시의 강도는 αI_0 가 되고, 여기서 α 는 블록(510)과 관련하여 명명되었던 동일한 상수이며, 시스템(100)의 기하학적 형상에 의해 결정된다. 따라서, 기준품(142)은 강도 $I_0 R_{\text{기준품}}$ 을 가지고서 분석 플래시를 반사하게 되고, 여기서 $R_{\text{기준품}}$ 은 기준품의 반사율이며, 유사하게 이 경우 웨이퍼(120)인 피가공물(106)은 강도 $\alpha I_0 R_{\text{웨이퍼}}$ 를 가지고서 분석 플래시를 반사하게 된다. 영상 장치(162)에 의해 형성되거나, 특히 피가공물(106)의 중앙 영역(170)에 대응하는 인접갈륨비소 포토다이오드 배열의 개별 포토다이오드와 기준품(142)에 대응하는 포토다이오드에 의해 형성된 보정된 반사율 영상의 데이터 수치는, 기준품에 의해 반사된 강도에 대한 피가공물(이 경우 웨이퍼)에 의해 반사된 강도의 비율, 즉 $\text{RATIO}_{\text{웨이퍼}} = \alpha I_0 R_{\text{웨이퍼}} / I_0 R_{\text{기준품}} = \alpha R_{\text{웨이퍼}} / R_{\text{기준품}}$ 을 계산하여 저장하는 데 사용된다. 이어서 형성된 비율 수치가 피가공물 비율 저장소(270)에 저장된다.
- [0135] 이어서 블록(710)이 프로세서 회로에게 웨이퍼(120)의 방향성 반사율 $R_{\text{웨이퍼}}$ 를 확인하도록 지시한다. 이와 관련하여, $\text{RATIO}_{\text{웨이퍼}} / \text{RATIO}_{\text{표준물}} = R_{\text{웨이퍼}} / R_{\text{표준물}}$ 이기 때문에, 웨이퍼의 방향성 반사율 $R_{\text{웨이퍼}}$ 은 저장된 비율(즉, 각각 표준물 비율 레지스터(266)와 피가공물 비율 레지스터(270)의 내용 $\text{RATIO}_{\text{표준물}}$ 과 $\text{RATIO}_{\text{웨이퍼}}$)과 표준물의 알려진 반사율(즉, 표준물 반사율 저장소(264)의 내용), 즉 $R_{\text{웨이퍼}} = \text{RATIO}_{\text{웨이퍼}} R_{\text{표준물}} / \text{RATIO}_{\text{표준물}}$ 로부터 계산된다. 블록(710)은 프로세서 회로(110)에게 피가공물의 방향성 반사율 $R_{\text{웨이퍼}}$ 를 방향성 반사율 레지스터(272)에 저장하도록 지시한다.

[0136] 이어서 블록(720)이 프로세서 회로(110)에게 산란 보정치를 산출하고 그 산란 보정치를 방향성 반사율 $R_{\text{웨이퍼}}$ 에 적용하여서 웨이퍼(120) 기관측(124)의 반구형 반사율을 얻도록 지시한다.

[0137] 이와 관련하여, 산란 보정치는 시스템(100)의 기하학적 형상과 웨이퍼(120) 기관측(124)의 특징으로부터 결정되거나 미리 결정된다. 기관측(124)은 대체로 완전한 정반사성 반사기가 아니기 때문에, 각도 θ 로 기관측에 입사하는 복사는 완전하게 각도 θ 로 반사되지 않고 각도 $\theta \pm \Delta\theta$ 로 반사되며, 여기서 $\Delta\theta$ 는 정반사와 실제 반사 사이의 차이이다.

[0138] 이 실시예에서, 기관측(124)의 주요 관심 영역은 중앙 영역(170)이며, 이 중앙 영역은 영상 장치(162)의 다이오드의 세트 Γ 로 매핑된다. 하지만, 산란으로 인해서, 중앙 영역(170)으로부터 반사된 분석 플래시는, 웨이퍼(120)의 더 큰 포워 중앙 영역(172)에 대응하는 다이오드의 다소 큰 세트 Π 로 매핑된다. 이 더 큰 포워 중앙 영역(172)에 대응하는 각 다이오드 Π 에 대해서, 분석 조명원(160)과 영상 장치(162)의 상대 각도를 포함하는 시스템(100)의 알려진 기하학적 형상으로부터 유일한 $\Delta\theta$ 가 계산된다. 각 상기 다이오드에 대한 이러한 $\Delta\theta$ 값은 표준 산란 이론을 적용하여 얻어질 수 있다.

[0139] 예를 들어서, 웨이퍼(120) 기관측(124)의 조명된 영상이 분석 조명원(160)과 영상 장치(162)를 이용하여 얻어진 경우에(예를 들어 블록(700)과 함께 개시된 보정된 반사율 영상과 같은), 다이오드 Π 의 i 번째 다이오드에 대한 $\Delta\theta$ 값은 다음과 같이 계산된다.

$$\Delta\theta_i = \arctan\left(\frac{d_i}{r}\right)$$

[0140]

[0141] 여기서, d_i 는 "웨이퍼 단위"(즉, 실제 웨이퍼(120)의 치수)로 측정된 가장 밝은 다이오드로부터 i 번째 다이오드 까지의 거리이고, r 은 웨이퍼로부터 영상 장치(162)의 유효 중심까지의 거리이다. d_i 를 정확하게 계산하기 위해서, 영상 크기는 영상 면적의 정확한 x 및 y 크기에 대해 보정되어야 한다. 따라서, 이러한 $\Delta\theta$ 값은 필요한 경우 미리 계산되어 저장될 수도 있고, 또는 선택적으로는 반구형 반사율 루틴의 블록(720) 지시에 따라 프로세서 회로(110)에 의해 산출될 수 있다. 어느 경우든, 이 실시예에서 $\Delta\theta$ 값은 산란 수치 레지스터(274)에 일시적으로 저장된다.

[0142] 블록(720)은 프로세서 회로(110)에게 $\Delta\theta$ 값과 블록(700)에서 얻어진 보정된 반사율 영상에 응하여 산란 보정치를 산출하도록 지시한다. 특히, i 번째 다이오드에 상응하는 보정된 반사 강도 데이터 수치가 I_i 라면, 블록(720)은 프로세서 회로(110)에게 다음과 같이 산란 보정치 S 를 계산하도록 지시한다.

$$S = \frac{\sum_{i \in \Pi} \left(\frac{I_i}{\cos^3 \Delta\theta_i} \right)}{\sum_{i \in \Pi} I_i}, S \geq 1$$

[0143]

[0144] 위의 산란 보정은 약한 산포에 대한 실험 관계식이다. 선택적으로는, 다른 형태의 산란 보정으로 대체될 수 있다. 이러한 선택적인 산란 보정은 웨이퍼(120)가 다른 형태의 웨이퍼나 피가공물로 대체되는 경우에 특히 바람직하다.

[0145] 이어서 산란 보정치 S 는 산란 보정치 레지스터(276)에 저장된다. 블록(720)은 또한 프로세서 회로(110)에게 방향성 반사율 $R_{\text{웨이퍼}}$ 에 산란 보정치를 적용하여 $R_H = SR_{\text{웨이퍼}}$ 로서 피가공물(120) 기관측(124)의 반구형 반사율 R_H 를 얻도록 지시한다. 블록(720)은 프로세서 회로(110)에게 반구형 반사율 레지스터(278)에 반구형 반사율 R_H 를 저장하도록 지시한다.

[0146] 이어서 블록(730)이, 기관 온도 루틴(318)과 함께 이하에 설명되는 바와 같이, 웨이퍼(120) 기관측(124)의 반사율 보상 온도 측정치를 산출하는 데 사용하기 위해서, 프로세서 회로(110)에게 반구형 반사율 수치 R_H 를 고속 복사계(164)에 전달하도록 지시한다. 하지만, 매 밀리초마다 새로운 기관 온도를 산출하는 고속 복사계(164)의 비교적 빠른 샘플링률에도 불구하고, 반구형 반사율 루틴(224)은 프로세서 회로(110)가 그렇게 고속으로 반구형 반사율 수치를 갱신하게 할 필요는 없다. 이와 관련하여, 방출율(따라서 반사율)은 온도에 따라 다소 약하게 변

한다. 따라서, 특정 응용분야에서 필요로 하는 정확도에 따라, 연속하는 반구형 반사율 수치 사이의 간격이 고속 복사계에 의해 산출된 연속하는 온도치 사이의 간격을 충분히 초과한다면 충분하다. 따라서, 일부 응용분야의 경우에는, 10Hz 또는 1Hz의 속도로 반구형 반사율 수치를 갱신하는 것으로도 충분하다.

[0147] 이에 따라, 블록(730)의 실행에 이어서 블록(740)이 프로세서 회로(110)에게 열사이클이 종료되었는지를 확인하도록 지시하고, 그렇지 않을 경우 프로세서 회로는 예를 들어 100ms 또는 1s와 같은 수용가능한 재갱신 간격동안 대기하도록 지시를 받으며, 이어서 위에 개시된 바와 같이 새로운 반구형 반사율 수치를 산출하도록 다시 블록(700 내지 730)의 지시를 받는다. 이 공정은, 열사이클이 종료되고 웨이퍼가 임계 온도(이 실시예에서 대략 700°C) 이하로 다시 냉각되어 1450nm 분석 파장에 대해 비투과성인 상태가 종료될 때까지 지속된다.

[0148] 기관 온도 루틴

[0149] 도 1, 도 3 및 도 8에 따르면, 기관 온도 루틴은 도 8에 도면 부호 318로 도시되어 있다. 일반적으로, 기관 온도 루틴(318)은 고속 복사계(164)의 프로세서 회로(114)가 피가공물(106) 제2면(118)의 온도를 확인하도록 구성된다. 특히, 프로세서 회로(114)는 제2면의 반구형 반사율과 제2면에 의해 열적으로 방출된 복사에 의하여 제2면(118)의 온도를 확인하도록 구성된다.

[0150] 기관 온도 루틴은 코드의 제1 블록(800)으로부터 개시되고, 이 블록은 반구형 반사율 루틴과 함께 위에서 설명된 바와 같이 프로세서 회로(114)에게 프로세서 회로(110)로부터의 초기 반구형 반사율 수치 R_H 의 수신을 대기하도록 지시한다.

[0151] 이 초기 반구형 반사율 수치의 수신 후에, 블록(802)은 프로세서 회로(114)에게 수신된 R_H 값을 반구형 반사율 레지스터(320)에 저장하도록 지시한다.

[0152] 이어서 블록(804)이 프로세서 회로(114)에게 웨이퍼(120)의 기관측(124)에 의해 열적으로 방출되는 복사 강도를 측정하도록 지시한다. 특히, 블록(804)은 프로세서 회로(114)에게 1450nm 분석 파장에서 기관측(124)의 중앙 영역(170)에 의해 열적으로 방출된 복사 강도 $I_{\text{열방출}}(t)$ 를 측정하도록 지시한다. 산란을 위해 형성된 영상과는 달리, 이 측정은 기관측(124)이 분석 플래시에 의해 조명되지 않는 시간에 수행될 수 있도록 동기화되어, 복사계(164)로 검출가능한 복사는 단지 고온의 웨이퍼(120)에 의해 열적으로 방출되는 복사이다. (수냉식 윈도우(156)의 작동으로 인해서, 예열 장치(150)에 의해 형성된 조사는 분석 파장에서 파장을 포함하지 않아, 예열 장치(150)가 웨이퍼(120)를 조사하더라도 그 조사의 어떠한 반사도 복사계(164)에 의해 검출되지 않는다.). 이를 달성하기 위해서, 네트워크(292)로부터 수신된 동기화 신호가 분석 조명원(160)이 현재 플래시 발생 중임을 나타내지 않는다면, 프로세서 회로(114)가 포토다이오드(306)의 증폭된 출력의 20비트 샘플을 나타내는 A/D 변환기(310)로부터 수신된 신호를 모니터하도록 지시를 받게 되고, 만약 네트워크(292)로부터 수신된 동기화 신호가 분석 조명원(160)이 현재 플래시 발생 중임을 나타내는 경우에는, 그러한 열적으로 방출된 복사의 측정은 분석 조명원이 꺼질 때까지 지연된다.

[0153] 이어서 블록(806)이 프로세서 회로(114)에게 블록(804)에서 측정된 열방출 강도 수치와 프로세서 회로(110)로부터 수신된 반구형 반사율 수치에 의하여 웨이퍼(120) 기관측(124)의 온도를 확인하도록 지시한다. 특히, 측정된 열방출 강도 수치 $I_{\text{열방출}}(t)$ 는 다음과 같이 웨이퍼(120) 기관측(124) 중앙 영역(170)의 순간 온도를 계산하는 데 사용된다.

$$T_{\text{기관}}(t) = \frac{hc}{\lambda k \ln\left(1 + \frac{2\pi c^2 h \Delta\lambda \epsilon_H}{I_{\text{열방출}} \lambda^5}\right)}$$

[0154]

[0155] 여기서,

[0156] $T_{\text{기관}}(t)$ =시간 t에서 기관측(124)의 중앙 영역(170)에서의 순간 온도.

[0157] $I_{\text{열방출}}(t)$ =시간 t에서 기관측(124)의 중앙 영역(170)에서 측정된 열적으로 방출된 복사 강도.

[0158] ϵ_H =분석 파장 방향으로 기관측(124)의 방출율이고 $\kappa(1-R_H)$ 와 동일하다. 여기서, R_H 는 위에 설명된 바와 같이 기관측의 반구형 반사율이고(웨이퍼는 이 루틴이 실행되는 모든 온도에서 분석 파장에 대해 비투과성이어서, 투과율은 0이고 반구형 반사율 수치로부터 방출율을 얻는 데 있어 무시할 수 있다.), κ 는 고속 복사계와 영상 장

치 사이의 챔버 귀환을 나타내는 시스템 상수이다. 이상적인 시스템에 대해서는 $\kappa=1$ 이지만, 피가공물이 300mm 직경의 연마된 실리콘 웨이퍼를 포함하고 측정 장치가 여기에 개시된 측정 장치인 본 실시예에서는 $\kappa \approx 0.9$ 이다.

[0159] $\lambda = I_{\text{열방출}}(t)$ 가 측정된 분석 파장(이 실시예에서 $\lambda = 1450\text{nm}$).

[0160] Δ_{λ} =고속 복사계(164)의 밴드패스(bandpass)(이 실시예에서 $\pm 15\text{nm}$).

[0161] c, h, k, e=각각 광속, 플랑크 상수, 볼츠만 상수, 오일러의 수.

[0162] 이어서 블록(806)이, 이전에 설명된 바와 같이 온도 이력 저장소(244)에 저장하기 위해서, 기관측 온도치 $T_{\text{기관}}(t)$ 를 RSC(112)의 프로세서 회로(110)에 전달하도록 프로세서 회로(114)에게 지시한다.

[0163] 이어서 블록(808)이 프로세서 회로(114)에게 새로운 반구형 반사율 수치가 네트워크(292)를 통해 프로세서 회로(110)로부터 수신되었는지를 확인하도록 지시하고, 그럴 경우 프로세서 회로는 다시 블록(802)으로 돌아가서 새로운 반사율 수치를 반구형 반사율 레지스터(320)에 저장하고 계속해서 새롭게 수신된 반사율 수치를 이용하여 기관 온도 수치를 얻게 된다. 만일 새로운 반사율 수치가 수신되지 않았다면, 블록(810)은 프로세서 회로(114)에게 열사이클이 종료되었는지를 확인하도록 지시하고, 그렇지 않을 경우 프로세서 회로는 다시 블록(804)으로 돌아가서 계속해서 이전에 수신되어 저장된 반구형 반사율 수치를 이용하여 기관 온도를 얻게 된다. 새로운 반구형 반사율 수치가 블록(808)에 수신되었는지의 여부와는 무관하게, 이 실시예에서 블록(806)은 매 밀리초마다 한번씩 프로세서 회로(114)에 의해 재실행되어 새로운 기관 온도치를 얻어 전달하게 된다. 따라서, 프로세서 회로(114)는, 연속하는 각 시점에서 피가공물(106) 제2면(118) 온도의 연속하는 수치를 반복하여 확인하고 그 수치를 저장하여 피가공물의 온도 이력을 산출하는 프로세서 회로(110)로 상기 수치를 전달하도록 구성된다. 이러한 기관 온도 측정은, 열처리 사이클(예열 사이클, 플래시 사이클 및 후속 냉각 사이클을 포함하는)이 종료된 후에 웨이퍼가 1450nm 분석 파장에 대해 더 이상 비투과성이 아닌 충분히 냉각된 온도로 냉각될 때까지 계속된다.

[0164] 실시간 장치측 온도 모니터링 및 제어 루틴

[0165] 도 1, 도 4 및 도 9에 따르면, 실시간 장치측 온도 루틴은 도 9에 도면 부호 420으로 도시되어 있다. 일반적으로, 이 루틴은 초고속 복사계(400)의 프로세서 회로(108)가 제1면(104)으로부터 열적으로 방출된 복사의 현재 강도와 각 이전 시간에서의 적어도 하나의 이전 열특성치에 응하여 피가공물(106) 제1면(104)의 현재 온도(이 실시예에서 $T_{\text{장치}}(t)$)를 확인하도록 구성된다. 특히, 이 실시예에서, 적어도 하나의 열특성치에는, 제1면(104)의 이전 온도와, 제1면이 이전 온도에 있었던 시간에서 제1면으로부터 열적으로 방출된 복사의 이전 강도가 포함된다. 특히, 본 실시예에서, 적어도 하나의 이전 열특성치에는, 조사 플래시 개시 직전의 웨이퍼(120) 장치측(122)의 이전 온도 $T_{\text{장치}}(t_0)$ 와, 조사 플래시 개시 직전에 장치측으로부터 방출된 열방출의 대응하는 이전 강도 $I_{\text{장치}}(t_0)$ 가 포함된다.

[0166] 본 실시예에서, 프로세서 회로(108)는 플래시의 지속시간에 비해 빠른 속도로 조사 플래시 중에 상기 현재 온도 수치 $T_{\text{장치}}(t)$ 를 확인하도록 지시를 받는다. 따라서, 본 실시예에서, A/D 변환기(412)가 1MHz의 속도로 포토다이오드(406)로부터 증폭 신호를 샘플 추출하기 때문에, 예를 들어 1000개에 이르는 연속하는 온도 수치가 1밀리초 플래시 동안 산출될 수 있고, 각 연속하는 온도 수치는 플래시 중에 다음의 연속하는 1마이크로초 간격에서 장치측의 온도를 나타낸다. 이러한 실시간 온도 수치는 필요한 경우 플래시 자체의 피드백 제어를 위해 사용될 수 있다. 선택적으로는, 이러한 실시간 온도 수치가 플래시의 피드백 제어에 사용되지 않더라도, 플래시가 완료된 후에 분석을 위해 이용될 수 있어, 시스템의 사용자가 웨이퍼 처리에 있어 임의의 심각한 불일치를 검출할 수 있게 된다.

[0167] 실시간 장치측 온도 루틴(420)은 코드의 제1 블록(900)으로부터 개시되고, 이 블록은 프로세서 회로(108)에게 시간의 각 연속하는 순간에서 웨이퍼(12) 장치측(122)의 중앙 영역(170)에 의해 열적으로 방출되는 복사 강도를 나타내는 열강도 수치 $I_{\text{장치}}(t)$ 를 연속으로 측정하여 저장하도록 지시한다. 다시, 본 실시예에서, A/D 변환기가 1MHz로 포토다이오드(406)로부터 증폭 신호를 샘플 추출하기 때문에, 필요한 경우 매초마다 1백만개에 이르는 상기 샘플이 저장될 수 있다. 프로세서 회로(108)는 상기 열강도 수치와 그 대응하는 시간을 장치측 열방출 강도 저장소(430)에 저장하도록 지시를 받는다.

[0168] 블록(910)은 프로세서 회로(108)에게 RSC(112)의 프로세서 회로(110)로부터 초기 장치측 온도 수치 $T_{장치}(t_0)$ 를 수신하여 그 수신된 수치를 초기 장치측 온도 레지스터(432)에 저장하도록 지시한다. 도 6에 따르면, 이 수치 $T_{장치}(t_0)$ 는 조사 시스템에 의해 발생하는 가열 플래시의 개시 직전의 장치측 온도를 나타내고, 플래시 사이클의 개시와 거의 동시에 프로세서 회로(108)로 전달된다. 초기 장치측 온도 수치 $T_{장치}(t_0)$ 를 수신하여 저장하고 나서, 블록(910)은 또한 프로세서 회로(108)에게 대응하는 동시 장치측 열방출 강도 수치 $I_{장치}(t_0)$ 를 초기 장치측 열강도 레지스터(434)에 저장하도록 지시한다.

[0169] 따라서, 프로세서 회로(108)에 의한 이 초기 온도 및 강도 수치의 저장과 거의 동시에, 조사 시스템은 플래시 사이클을 개시하여 웨이퍼(120)의 장치측(122)을 1밀리초 정도의 지속시간을 갖는 고에너지 플래시에 노출시켜서 웨이퍼의 열전도 속도보다 훨씬 빠른 속도로 웨이퍼의 장치측(122)을 신속하게 가열함으로써, 장치측(122) 부근의 얇은 층만이 최종 어닐링 온도로 가열되게 되고, 대부분의 웨이퍼(120)는 중간 온도에 가깝게 유지되게 된다.

[0170] 이어서 블록(920, 930)이 프로세서 회로(108)에게 플래시 사이클 동안 다음의 연속하는 순간(이 실시예에서 다음의 연속하는 1마이크로초 간격)에서 장치측(124)의 온도를 측정하도록 지시한다.

[0171] 이를 달성하기 위해서, 블록(920)은 프로세서 회로(108)에게 웨이퍼(120) 장치측(122)의 중앙 영역(170)에 의해 열적으로 방출되는 복사 강도를 나타내는 실시간 강도 수치 $I_{장치}(t)$ 를 측정하여 저장하도록 지시한다. 이를 달성하기 위해서, 프로세서 회로(108)는 A/D 변환기(412)로부터 포토다이오드(406)의 증폭된 신호의 16비트 샘플을 수신하고, 그 샘플을 위에서 개시된 바와 같이 장치측 열방출 강도 저장소(430)에 저장한다. (적용가능하다면, 현재 운용되는 동적 보정 루틴(422)이 프로세서 회로(108)에게 내부 기준품(450)으로부터 수신된 신호에 기초하여 저장 이전에 수신된 샘플 수치를 조절하도록 지시할 수 있다.).

[0172] 이어서 블록(930)이 프로세서 회로(108)에게 장치측의 이전 열특성치에 응하여 장치측(122) 중앙 영역(170)의 현재 실시간 온도를 확인하도록 지시한다. 특히, 블록(930)은 프로세서 회로(108)에게 다음과 같이 현재 실시간 장치측 온도를 계산하도록 지시한다.

$$T_{장치}(t) = \frac{hc}{\lambda k \ln \left[\frac{I_{장치}(t_0)}{I_{장치}(t)} \left(e^{hc / \lambda k T_{장치}(t_0)} - 1 \right) \right]}$$

[0173]

[0174] 여기서,

[0175] $T_{장치}(t)$ =피가공물의 중앙 영역(170)에서 장치측(122)의 실시간 온도.

[0176] $I_{장치}(t)$ =피가공물의 중앙 영역(170)에서 초고속 복사계(400)에 의해 산출된 장치측(122)으로부터의 열방출 강도의 실시간 측정치.

[0177] $T_{장치}(t_0)$ =조사 시스템(180)에 의해 발생된 가열 플래시의 개시 직전에 중앙 영역(170)에서 장치측(122)의 순간 온도.

[0178] $I_{장치}(t_0)$ =가열 플래시의 개시 직전에 중앙 영역(170)에서 장치측(122)으로부터의 열방출의 순간 강도.

[0179] 나머지 변수 및 상수는 이미 앞에서 정의된 바와 같다.

[0180] 블록(930)에서의 전술한 계산에 있어서, 장치측(122)의 방출율은 플래시 사이클 중에 일정하게 유지되는 것으로 가정한다. 이 가정이 전체적으로 정확하지는 않지만, 유사한 웨이퍼의 방출율은 유사한 열사이클에 노출될 때 유사하게 변화된다. 따라서, 일정한 방출율로 가정하여서 장치측 온도 측정치에 그 피크 어닐링 온도 부근에서 다소 측정 오차가 있다 하더라도, 그 오차는 유사 사이클의 유사 웨이퍼에 대해 일관되게 재현될 것이다. 따라서, 그러한 임의의 오차는 결과적인 열사이클의 재현성에 영향을 미치지 않게 된다.

[0181] 이 실시예에서, 블록(920, 930)의 실행은 조사 시스템(180)에 의해 발생하는 조사 플래시 동안 상당히 많은 회수로 반복된다. 특히, 이 실시예에서, 조사 플래시는 1밀리초 정도의 지속시간을 갖고 블록(920, 930)은 매 마이크로초마다 반복되어서, 1밀리초 플래시 사이클 동안 1000개의 연속하는 실시간 장치측 온도 수치를 산출하게 된다. 따라서, 본 실시예에서, 실시간 장치측 온도 루틴은, 제1면이 조사되는 동안 또는 특히 제1면이 피가공물

의 열전도 시간보다 지속시간이 짧은 조사 플래시에 노출되는 동안 프로세서 회로가 제1면에 의해 열적으로 방출된 복사의 현재 강도의 연속하는 각 수치에 응하여 제1면(104)의 현재 온도의 연속하는 수치를 반복하여 확인하도록 구성된다.

[0182] 필요한 경우, 실시간 장치측 온도 루틴(420)은, 초고속 복사계(400)의 프로세서 회로(108)에게 실시간 온도 수치에 응하여 조사 시스템에 의해 발생하는 조사 플래시의 출력을 제어하도록 지시하기 위한 지시 코드를 포함할 수 있다.

[0183] 예를 들어, 본 실시예에서, 실시간 장치측 온도 루틴(420)은 코드의 또 다른 블록(940)을 포함하고, 이 블록은 프로세서 회로(108)에게 조사 시스템(180)으로 공급된 전력을 제어하여 조사 플래시의 출력을 제어하도록 지시한다. 특히, 이 실시예에서, 블록(940)은 프로세서 회로(108)에게 적어도 하나의 소정의 조건이 만족되었는지를 확인하도록 지시한다. 특히, 블록(940)은 프로세서 회로(108)에게 가장 최근에 습득된 실시간 장치측 온도 수치 $T_{장치}(t)$ 가 플래시 중에 장치측(122)의 소정의 원하는 최대 온도보다 크거나 그와 동일한지를 확인하도록 지시한다. 만일 그렇다면, 블록(940)은 프로세서 회로(108)에게 조사 시스템(180)의 전력 제어 시스템(188)에 신호를 전달하여 전력 제어 시스템으로부터 플래시 램프(182)까지 전력의 나머지 펄스형 방전을 즉시 중단시키도록 지시한다.

[0184] 예를 들어, 도 10에 따르면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 제어 시스템(188)의 전력 제어 회로가 도면 부호 960으로 도시되어 있다. 플래시 램프(182)로 공급되어 조사 플래시를 발생시키게 되는 저장된 전하가 큰 커패시터 뱅크(capacitor bank)에 저장되어 있고, 도 10에서는 쉽게 설명을 하기 위해서 하나의 커패시터(962)로 도시되어 있다. 스위치(964)와 인덕터(inductor)(966)가 커패시터의 한 플레이트와 플래시 램프(182)의 한 전극 사이에 직렬로 삽입되고, 플래시 램프의 다른 한 전극은 커패시터의 다른 한 플레이트에 연결된다. 플래시의 피드백 제어를 필요로 하지 않는 실시예에서는, 스위치(964)는 전도 상태에서 개방 상태 또는 비전도 상태로 쉽게 복귀될 필요가 없다. 따라서, 이러한 실시예에서, 플래시 동안 예측된 방전 전류보다 적은 유지 전류를 갖는 실리콘 제어 정류기가 스위치(964)로서 사용될 수 있다. 하지만, 선택적으로는, 그 회로에 피드백 제어가 요구된다면, 예측된 큰 방전 전류를 커패시터(962)로부터 전도하는 공정 중에 전도 상태에서 비전도 상태로 쉽게 복귀할 수 있는 스위치 형태가 스위치(964)에 포함되는 것이 바람직하다. 이러한 실시예에서, 만일 블록(940)에서 프로세서 회로(108)가 장치측 온도 $T_{장치}(t)$ 가 소정의 원하는 최대 온도보다 크거나 그와 동일한 것을 확인한다면, 프로세서 회로(108)는 스위치(964)를 열어 커패시터(962)로부터의 전기 방전을 중단시키도록 지시를 받는다.

[0185] 유사하게, 필요한 경우, 블록(940)은 프로세서 회로(108)에게 실시간 장치측 온도 수치 $T_{장치}(t)$ 를 플래시 사이클 중에 동일한 시간 t 에서 예측된 장치측 온도와 주기적으로 비교하도록 지시할 수 있고, 전력 제어 시스템(188)에 의해 공급되는 전력을 증감시켜 실제 장치측 온도와 예측 장치측 온도 사이의 차이를 최소화시키게 된다.

[0186] 예를 들어, 도 11에 따르면, 본 발명의 제2 실시예에 따른 전력 제어 시스템(188)의 전력 제어 회로가 도면 부호 970으로 도시되어 있다. 방전되어 조사 플래시를 발생시키게 되는 커패시터 뱅크는 쉽게 설명을 하기 위해서 여기에서도 단일 커패시터(962)로 도시되어 있다. 커패시터(962)의 한 플레이트를 플래시 램프의 한 전극에 연결하는 제1 전기 경로(972)를 따라서, 스위치(974)와 인덕터(976)가 직렬로 삽입된다. 제2 전기 경로(978)는 커패시터의 다른 한 플레이트를 플래시 램프의 다른 한 전극에 연결시킨다. 저항기(980)와 제2 스위치(982)가 제1 전기 경로(972)와 제2 전기 경로(978) 사이에서 직렬로 연결되는데, 저항기는 제1 스위치(974)와 인덕터(976) 사이의 지점(984)에서 제1 전기 경로(972)에 연결되고, 제2 스위치(982)는 지점(986)에서 제2 전기 경로(978)에 연결된다. 제2 스위치(982)는 예를 들어 실리콘 제어 정류기와 같은 게이트 제어 스위치를 포함할 수 있다. 특히, 임의의 적절한 스위치 형태가 스위치(974, 982)로서 사용될 수 있다. 제1 스위치(974)가 플래시를 촉발시키도록 RSC(112)의 프로세서 회로(110)에 의해 초기에 단혀질 때, 제2 스위치(982)는 열려져 있게 된다. 만일 블록(940)에서 초고속 복사계(400)의 프로세서 회로(108)가 플래시 중에 주어진 시점에서 장치측 온도 $T_{장치}(t)$ 가 원하는 온도보다 높은 것을 확인하게 되면, 블록(940)은 프로세서 회로(108)에게 제2 스위치(982)의 게이트에 게이트 신호를 인가하여 제2 스위치를 닫고 커패시터(962)에 의해 방전된 일부 전류가 저항기(980)를 통해 흐르도록 지시함으로써, 커패시터(962)에 의해 플래시 램프(182)에 공급되는 전류를 감소시키게 된다.

[0187] 유사하게, 도 12에 따르면, 본 발명의 제3 실시예에 따른 전력 제어 시스템(188)의 전력 제어 회로가 도면 부호 990으로 도시되어 있다. 방전되어 조사 플래시를 발생시키게 되는 커패시터 뱅크는 쉽게 설명을 하기 위해서 여

기서도 다시 단일 커패시터(962)로 도시되어 있다. 커패시터(962)의 제1 플레이트를 플래시 램프(182)의 제1 전극에 연결하는 제1 전기 경로(991)를 따라서, 제1 스위치(992)와, 제1 인덕터(993)와, 제2 스위치(995)에 병렬인 제2 인덕터(994)가 직렬로 삽입된다. 이와 관련하여, 제2 스위치(995)는 제1 전기 경로(991)의 전기 부경로(sub-pathway)(996)를 따라 삽입된다. 전기 부경로(996)의 일단부는 제1 인덕터(993)와 제2 인덕터(994) 사이에 삽입된 지점(997)에 연결된다. 전기 부경로(996)의 타단부는 제2 인덕터(994)와 플래시 램프(182)의 제1 플레이트 사이에 삽입된 지점(998)에 연결된다. 제2 스위치(995)는 예를 들어 실리콘 제어 정류기와 같은 게이트 제어 스위치를 포함할 수 있다. 특히, 임의의 적절한 스위치 형태가 스위치(992, 995)로서 사용될 수 있다. 제2 전기 경로(999)는 커패시터(962)의 제2 플레이트를 플래시 램프(182)의 제2 전극에 연결시킨다. 제1 스위치(992)가 플래시를 촉발시키도록 RSC(112)의 프로세서 회로(110)에 의해 초기에 닫혀질 때, 제2 스위치(995)는 열려져 있게 된다. 만일 블록(940)에서 초고속 복사계(400)의 프로세서 회로(108)가 플래시 중에 주어진 시점에서 장치측 온도 $T_{장치}(t)$ 가 원하는 온도보다 낮은 것을 확인하게 되면, 블록(940)은 프로세서 회로(108)에게 제2 스위치(982)의 게이트에 게이트 신호를 인가하여 제2 스위치를 닫도록 지시하여, 커패시터(962)에 의해 플래시 램프(182)에 공급되는 전류를 증가시키게 된다.

[0188] 이 실시예에서, 피드백 제어 블록(940)의 구비 여부와는 무관하게, 블록(950)은 프로세서 회로에게 열처리 사이클(예열 사이클, 플래시 사이클 및 후속 냉각 사이클을 포함하는)이 종료되고 웨이퍼가 1450nm 분석 파장에 대해 더 이상 비투과성이 아닌 충분히 냉각된 온도로 냉각되었는지를 확인하도록 지시한다. 만약 열사이클이 종료되지 않았다면, 프로세서 회로는 다시 블록(920, 930)으로 돌아가서 프로세서 회로(108)에 의해 반복하여 재실행되어, 조사 플래시 동안에 그리고 그 후속 냉각 단계 동안에 1 μ s의 간격으로 실시간 장치측 온도를 계속 반복하여 확인하게 된다.

[0189] 추가 실시예

[0190] 도 1, 도 4, 도 6, 도 9 및 도 13에 따르면, 본 발명의 제4 실시예에 따른 온도 측정 및 피가공물 열처리를 위한 시스템이 도 13에 도면 부호 1000으로 도시되어 있다. 상기 시스템(1000)은 도 1에 도시된 시스템(100)과 대체로 유사하지만, 조사 시스템(180)이 다른 조사 시스템(1010)으로 대체되었다.

[0191] 이 실시예에서, 조사 시스템(1010)은 도면 부호 1020으로 도시된 다수의 조사원을 포함하거나, 특히 도 1에 도시된 플래시 램프(182)와 유사한 다수의 아크 램프를 포함한다. 적어도 하나의 프로세서 회로(또는 특히 초고속 복사계(400)의 프로세서 회로(108))는 제1면의 현재 온도가 소정의 임계치보다 낮은 경우에만 다수의 조사원 중 하나를 작동시키도록 구성된다.

[0192] 특히, 이 실시예에서, 조사 시스템(1010)은 적어도 2개의 독립 전력 제어 시스템(1030, 1040)을 포함하고, 각각은 도 1에 도시된 전력 제어 시스템(188)의 펄스형 방전 전력 공급 유닛과 유사하다. 제1 전력 제어 시스템(1030)은 제1 아크 램프, 제2 아크 램프 및 제3 아크 램프(1032, 1034, 1036)에 전력을 공급하는 반면에, 제2 전력 제어 시스템(1040)은 제4 아크 램프(1042)에 전력을 공급한다. 이 실시예에서, 제1 전력 제어 시스템(1030)은, 도 6에 도시된 온도 모니터링 및 제어 루틴(226)의 블록(616)과 함께 위에서 설명된 바와 같이, RSC(112)의 프로세서 회로(110)의 지시를 따라 작동된다.

[0193] 하지만, 본 실시예에서, 제2 전력 제어 시스템(1040)은 RSC(112)에 의해 제어되지 않는다. 대신에, 이 실시예에서는, 제2 전력 제어 시스템(1040)이 도 9에 도시된 실시간 장치측 온도 루틴(420)의 블록(940)의 지시에 따라 초고속 복사계(400)의 프로세서 회로(108)에 의해 작동된다. 특히, 이 실시예에서, 블록(940)은 프로세서 회로(108)에게 플래시 사이클의 개시에 이어서 소정의 간격이 지난 후에 현재 장치측 온도 $T_{장치}(t)$ 가 소정의 원하는 온도보다 낮은 경우에만 제2 전력 제어 시스템(1040)을 작동시키도록 지시한다. 따라서, 이 실시예에서, 제4 아크 램프로 방전된 에너지는 웨이퍼의 장치측(122)이 원하는 온도에 도달하도록 조절되게 된다.

[0194] 선택적으로는, 필요한 경우, 프로세서 회로(108)의 제어하에 있는 플래시 램프 또는 다른 적절한 조사원의 수는 변경할 수 있다.

[0195] 좀 더 일반적으로는, 본 발명의 특정 실시예들이 설명되고 도시되었지만, 이 실시예들은 본 발명을 단지 예시하고자 하는 것이며, 첨부 청구범위들에 따라 해석되는 바와 같이 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다.

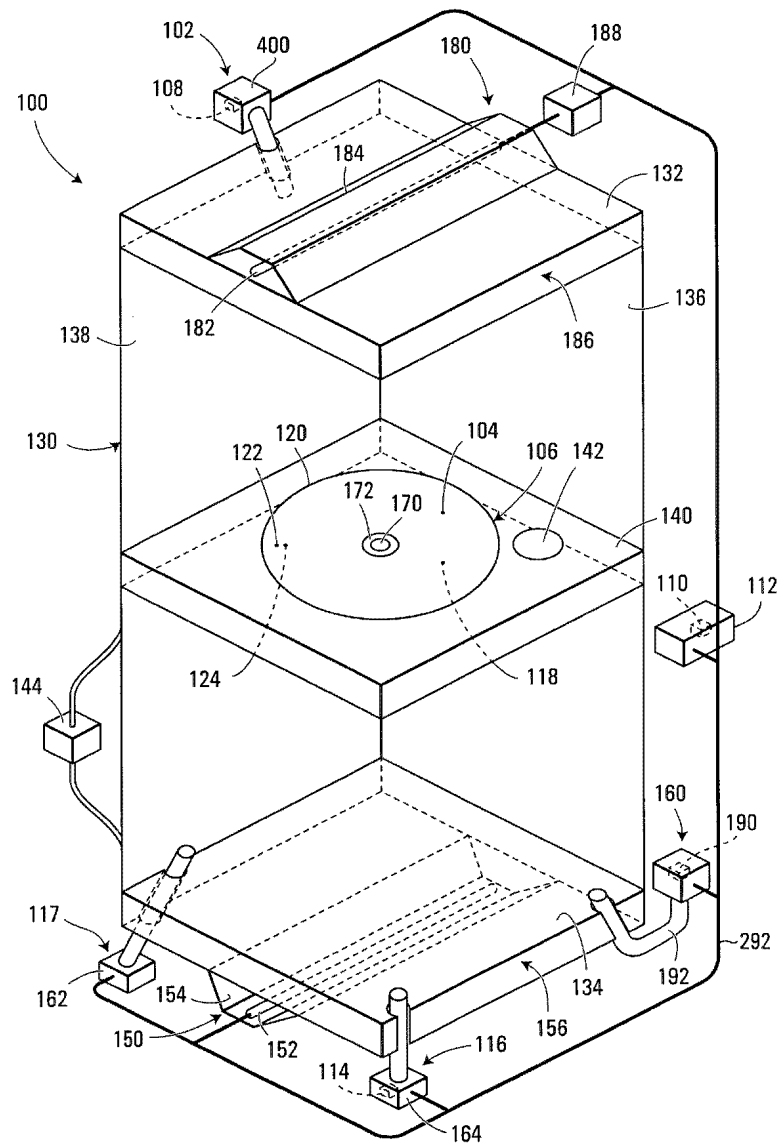
도면의 간단한 설명

[0031] 본 발명의 실시예들이 도면에 도시되어 있다.

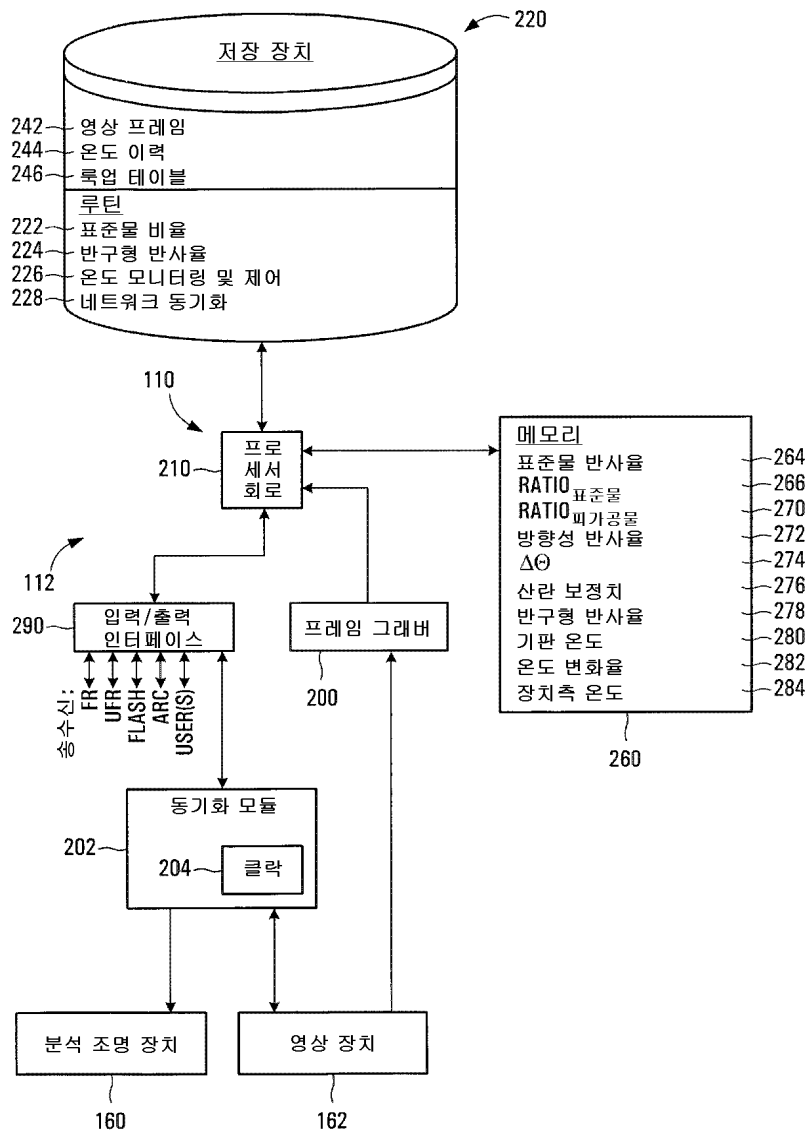
- [0032] 도 1은 2개의 수직 전면 벽이 제거되어 있는 본 발명의 제1 실시예에 따른 온도 측정 및 피가공물 열처리를 위한 시스템의 사시도.
- [0033] 도 2는 도 1에 도시된 시스템의 급속 열처리 시스템 컴퓨터(RSC), 분석 조명원, 영상 장치 및 동기화 모듈의 블록 다이어그램.
- [0034] 도 3은 도 1에 도시된 시스템의 고속 복사계의 블록 다이어그램.
- [0035] 도 4는 도 1에 도시된 시스템의 초고속 복사계의 블록 다이어그램.
- [0036] 도 5는 도 2에 도시된 RSC의 프로세서 회로에 의해 실행되는 표준물 비율 루틴의 순서도.
- [0037] 도 6은 도 2에 도시된 RSC의 프로세서 회로에 의해 실행되는 온도 모니터링 및 제어 루틴의 순서도.
- [0038] 도 7은 도 2에 도시된 프로세서 회로에 의해 실행되는 반구형 반사율 루틴의 순서도.
- [0039] 도 8은 도 3에 도시된 고속 복사계의 프로세서 회로에 의해 실행되는 기관 온도 루틴의 순서도.
- [0040] 도 9는 도 4에 도시된 초고속 복사계의 프로세서 회로에 의해 실행되는 실시간 장치측 온도 루틴의 순서도.
- [0041] 도 10은 도 4에 도시된 프로세서 회로에 의해 제어되는 플래시 램프 전력 제어 회로의 회로도.
- [0042] 도 11은 본 발명의 제2 실시예에 따르는 도 4에 도시된 프로세서 회로에 의해 제어되는 플래시 램프 전력 제어 회로의 회로도.
- [0043] 도 12는 본 발명의 제3 실시예에 따르는 도 4에 도시된 프로세서 회로에 의해 제어되는 플래시 램프 전력 제어 회로의 회로도.
- [0044] 도 13은 2개의 수직 전면 벽이 제거되어 있는 본 발명의 제4 실시예에 따른 온도 측정 및 피가공물 열처리를 위한 시스템의 사시도.

도면

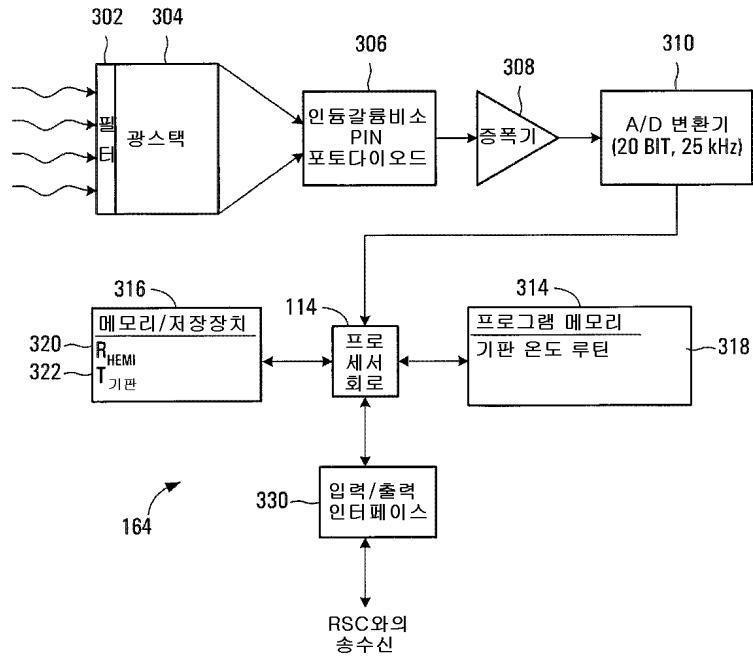
도면1



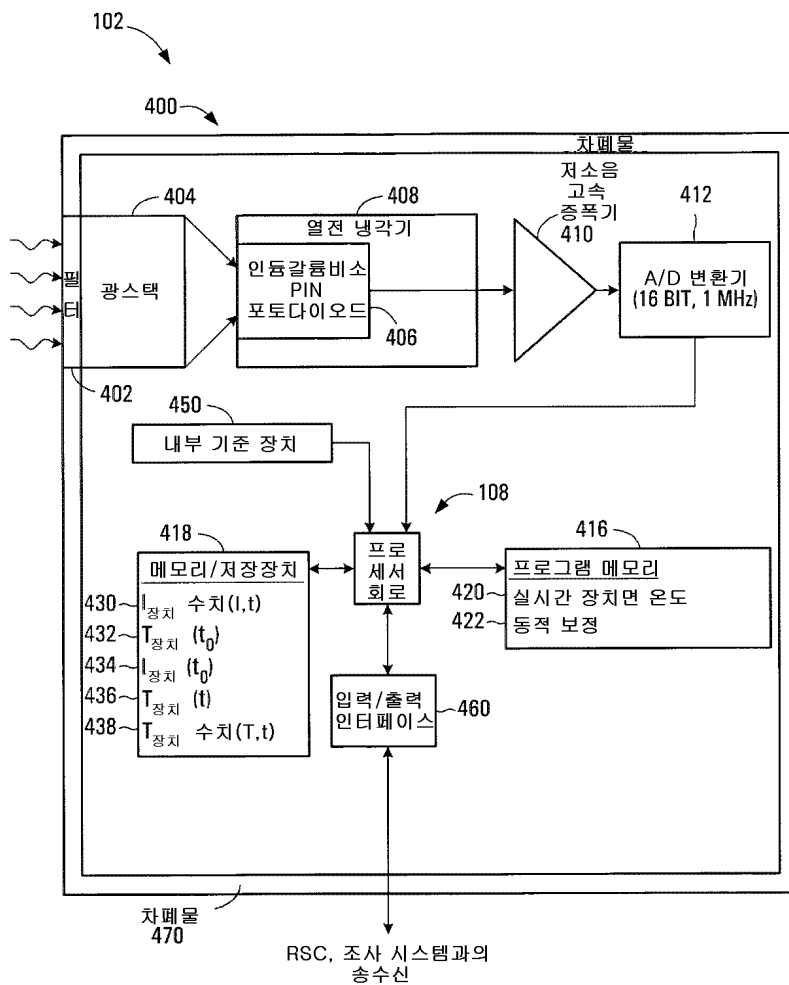
도면2



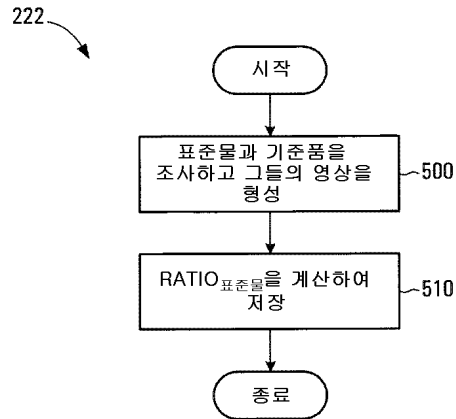
도면3



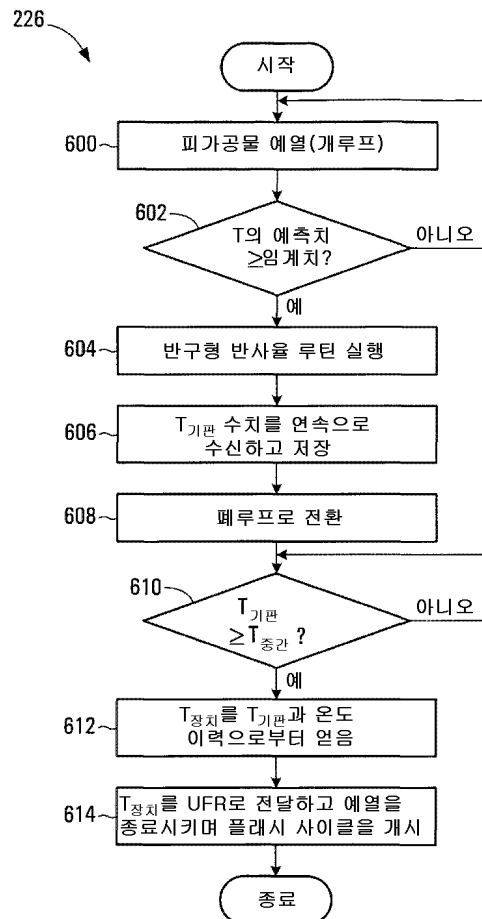
도면4



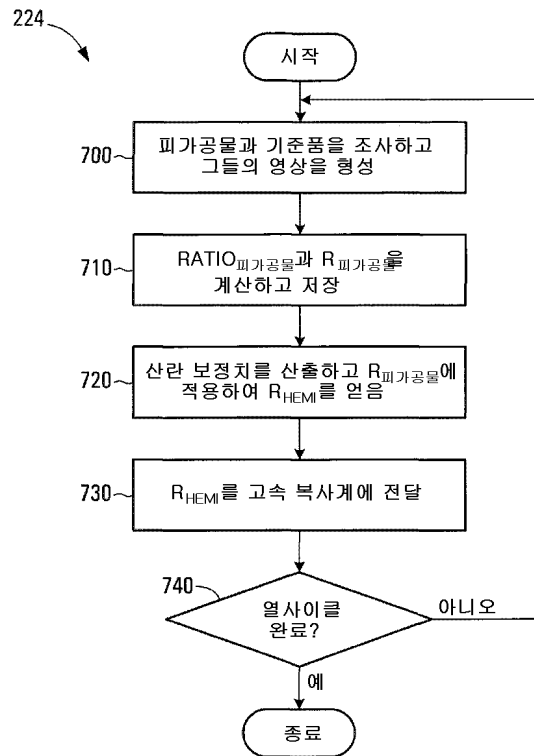
도면5



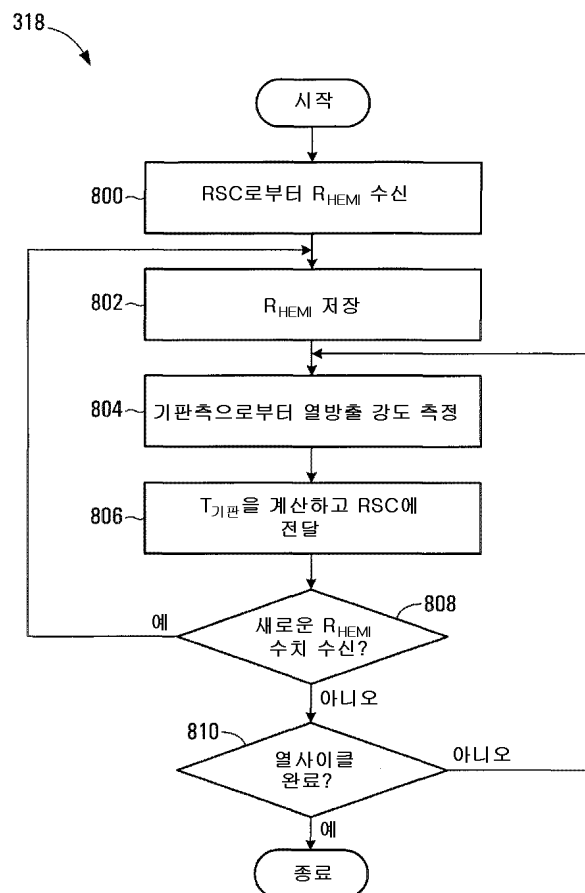
도면6



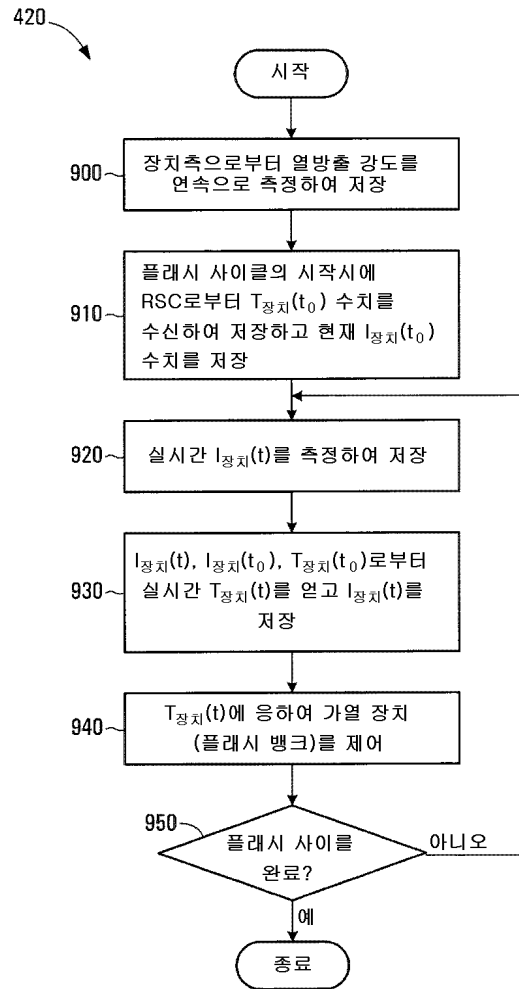
도면7



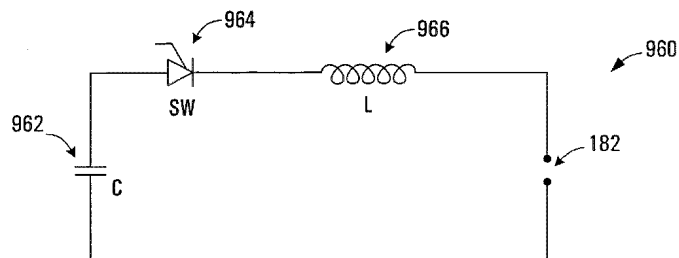
도면8



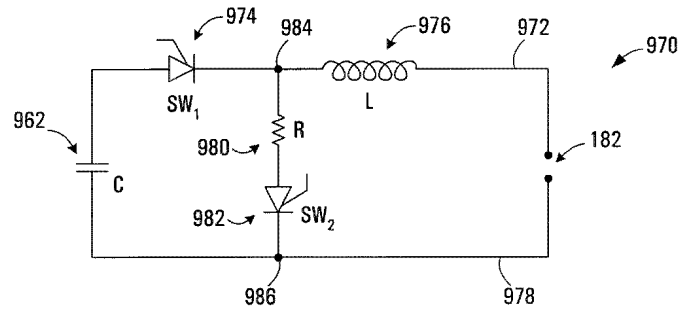
도면9



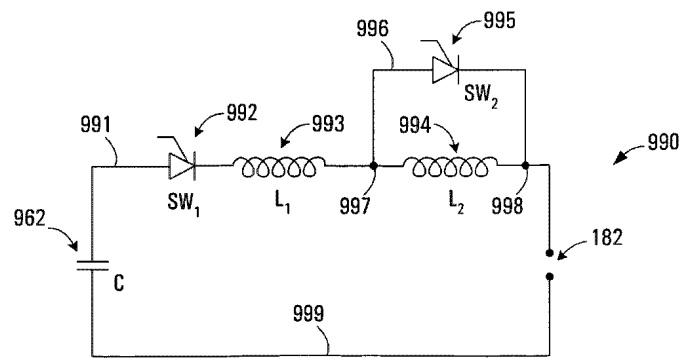
도면10



도면11



도면12



도면13

