



(19) 대한민국특허청(KR)  
 (12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년09월06일  
 (11) 등록번호 10-1654274  
 (24) 등록일자 2016년08월30일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01L 21/324* (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2011-7027743  
 (22) 출원일자(국제) 2010년04월19일  
 심사청구일자 2015년04월17일  
 (85) 번역문제출일자 2011년11월21일  
 (65) 공개번호 10-2011-0138415  
 (43) 공개일자 2011년12월27일  
 (86) 국제출원번호 PCT/US2010/031632  
 (87) 국제공개번호 WO 2010/123829  
 국제공개일자 2010년10월28일  
 (30) 우선권주장  
 61/171,011 2009년04월20일 미국(US)

## (56) 선행기술조사문헌

KR1020070026248 A\*

US07519252 B2

US20070212859 A1

KR1020070096958 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

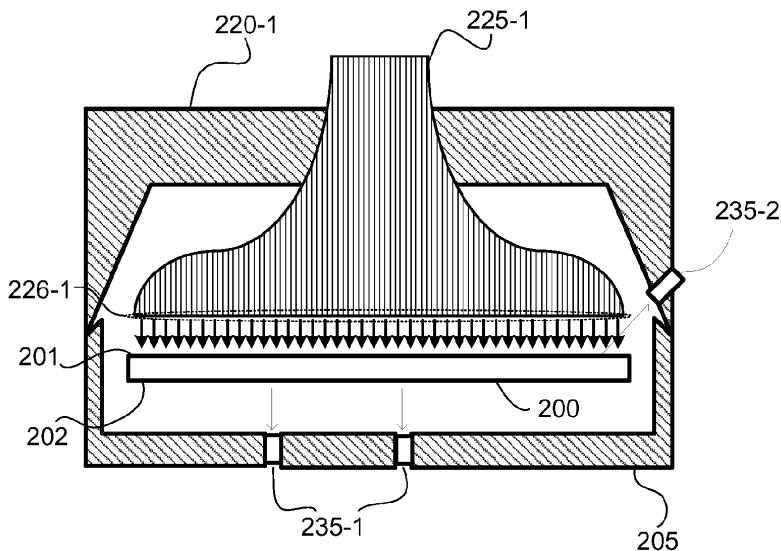
전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 김종희

## (54) 발명의 명칭 광섬유 기판 처리

**(57) 요 약**

본 발명의 실시예들은 광 펄스 지속기간, 형상, 및 반복률의 독립적인 제어를 제공하는 광원들을 통합하는 방법들 및 기판 처리 장비에 관련된다. 실시예들은 조명의 강도의 신속한 증가들 및 감소들을 추가로 제공한다.

**대 표 도** - 도2a

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기판 처리 시스템으로서,

복수의 광섬유 레이저들을 포함하는 광섬유 번들 레이저(fiber bundle laser) – 상기 광섬유 레이저들 각각은 반도체 기판의 표면의 일부를 적어도 200 °C로 가열하기 위하여 광학적 펄스들을 생성하도록 구성되며, 상기 복수의 광섬유 레이저들 각각은 상기 광학적 펄스들을 생성하기 위한 도핑된 코어를 가지는 광학 섬유와 상기 도핑된 코어로부터 상기 반도체 기판의 표면까지 상기 광학적 펄스들을 전송하기 위한 비도핑된 광학 섬유를 포함하는 레이저 캐비티(laser cavity)를 가짐 – 를 포함하며,

상기 광학적 펄스들은 독립적으로 선택 가능한 펄스 지속 시간, 형태, 및 반복률을 가지는 빛의 하나 또는 그 초파의 파장들을 포함하며, 그리고

상기 표면의 상기 일부는 10 제곱 밀리미터보다 큰 면적을 갖는,

기판 처리 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광학적 펄스들은 상기 반도체 기판의 표면상에 막의 형성을 초래하는 프로세스 가스들과 상기 반도체 기판 간의 화학적 반응들을 촉진하는,

기판 처리 시스템.

#### 청구항 3

청구항 3은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제1항에 있어서,

상기 광학적 펄스들은 상기 반도체 기판 내의 도펀트들(dopants)을 활성화시키는,

기판 처리 시스템.

#### 청구항 4

청구항 4은(는) 설정등록료 납부시 포기되었습니다.

제1항에 있어서,

상기 광학적 펄스들은 상기 반도체 기판을 어닐링(anneal)하는,

기판 처리 시스템.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 펄스 지속 시간은 100 ns 내지 100 μs인,

기판 처리 시스템.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 광학적 펄스들은 상기 반도체 기판을 가열함으로써 상기 반도체 기판을 변형시키는,

기판 처리 시스템.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 광학적 펄스들은 상기 반도체 기판에서 원자들을 확산시킴으로써 상기 반도체 기판을 변형시키는,

기판 처리 시스템.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 반복률은 1MHz보다 작은,

기판 처리 시스템.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 표면의 상기 일부는 100 제곱 밀리미터보다 큰,

기판 처리 시스템.

#### 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 하나 또는 그 초과의 광섬유 레이저들의 상기 하나 또는 그 초과의 파장들과 상이한 파장 근처에서 상기 표면의 상기 일부로부터의 복사선(radiation)을 모니터링하는 광학적 고온측정(optical pyrometry) 어셈블리를 더 포함하는,

기판 처리 시스템.

#### 청구항 11

기판 처리 시스템으로서,

처리 챔버 내에 배치되는 반도체 기판을 지지하는 기판 지지 어셈블리; 및

복수의 광섬유 레이저들을 포함하는 광섬유 번들 레이저(fiber bundle laser) – 상기 광섬유 레이저들 각각은 상기 반도체 기판의 표면의 일부를 적어도 200 °C로 가열하기 위하여 하나 또는 그 초과의 파장들의 광학적 펄스들을 생성하도록 구성되며, 상기 복수의 광섬유 레이저들 각각은 상기 광학적 펄스들을 생성하기 위한 도핑된 코어를 가지는 광학 섬유와 상기 도핑된 코어로부터 상기 반도체 기판의 표면까지 상기 광학적 펄스들을 전송하기 위한 비도핑된 광학 섬유를 포함하는 레이저 캐비티(laser cavity)를 가짐 – 를 포함하는 광학 어셈블리를 포함하며,

상기 광학적 펄스들은 독립적으로 선택 가능한 펄스 지속 시간, 형태, 및 반복률을 가지는 빛의 하나 또는 그 초과의 파장들을 포함하여, 상기 표면의 상기 일부는 10 제곱 밀리미터보다 큰 면적을 갖는,

기판 처리 시스템.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 광학 어셈블리는 한번에 상기 반도체 기판의 한 부분을 노출시키는,

기판 처리 시스템.

#### 청구항 13

제11항에 있어서,

상기 기판 지지 어셈블리는 상기 하나 또는 그 초과의 광섬유 레이저들에 대해 이동가능한, 기판 처리 시스템.

#### 청구항 14

제11항에 있어서,

상기 하나 또는 그 초과의 광섬유 레이저들은 상기 기판 지지 어셈블리에 대해 이동가능한, 기판 처리 시스템.

#### 청구항 15

반도체 기판을 처리하는 방법으로서,

표면 프로세스를 촉진하는 빛의 적어도 하나의 광학적 펄스의 펄스 지속 시간, 형태 및 반복률을 독립적으로 선택하는 단계; 및

상기 표면 프로세스를 촉진하는 빛의 적어도 하나의 광학적 펄스로 반도체 기판의 표면의 제1 부분을 적어도 200 °C로 가열하는 단계를 포함하며,

상기 빛의 적어도 하나의 광학적 펄스는 광섬유 레이저 어셈블리의 출력으로부터 방출되는 하나 또는 그 초과의 광섬유 레이저 파장들을 포함하고, 상기 광섬유 레이저 어셈블리는 복수의 광섬유 레이저들을 포함하는 광섬유 번들 레이저(fiber bundle laser) – 상기 복수의 광섬유 레이저들 각각은 상기 빛의 적어도 하나의 광학적 펄스들을 생성하기 위한 도핑된 코어를 가지는 광학 섬유와 상기 도핑된 코어로부터 상기 반도체 기판의 표면까지 상기 빛의 적어도 하나의 광학적 펄스들을 전송하기 위한 비도핑된 광학 섬유를 포함하는 레이저 캐비티(laser cavity)를 가짐 – 를 포함하며, 그리고

상기 표면의 제1 부분은 10 제곱 밀리미터보다 큰 면적을 갖는,

반도체 기판을 처리하는 방법.

#### 청구항 16

제15항에 있어서,

상기 제 1 부분을 가열하는 단계 이후에, 상기 반도체 기판을 움직이는 단계; 및

상기 반도체 기판을 움직이는 단계 이후에, 상기 반도체 기판의 표면의 제2 부분을 조명하는 단계를 더 포함하는,

반도체 기판을 처리하는 방법.

#### 청구항 17

제15항에 있어서,

상기 제 1 부분을 가열하는 단계 이후에, 상기 반도체 기판의 표면의 상기 제1 부분으로부터 방출된 빛을 수용하는 단계; 및

상기 방출된 빛을 수용하는 단계 이후에, 프로세스 모니터링 파장 근처에서 상기 방출된 빛의 강도를 결정하는 단계를 더 포함하며,

상기 프로세스 모니터링 파장은 상기 하나 또는 그 초과의 광섬유 레이저 파장들과 상이한,

반도체 기판을 처리하는 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 출원은 2009년 4월 20일자로 출원된 미국 출원 번호 제61/171,011호의 이익을 청구하며, 그 모든 내용은 모든 목적으로 본 명세서에 참조로서 통합된다.

## 배경 기술

[0002]

반도체 산업에서 사용되는 몇몇 프로세스들에서, 기판을 처리하는데 드는 시간을 감소시키기 위하여 기판을 신속하게 가열하는 것이 바람직하다. 통상적으로, 급속 열 처리 시스템들은 때때로 진공 조건들 하에서 처리 챔버 내에서 보유되는 기판을 급속하게 가열하기 위하여 고강도 광원(high intensity light source)을 이용한다. 고강도 램프들의 어레이로 구성될 수 있는 고강도 광원은 챔버 내부에 또는 챔버 외부에, 그리고 투명 윈도우에 인접하도록 위치되며, 투명 윈도우를 통해 광이 챔버로 들어간다. 챔버 내부에서 기판은 기판 온도가 유입 광에 신속하게 응답할 수 있도록 (일반적으로 예지 주변에) 매우 적은 물리적 콘택으로 지지된다. 웨이퍼의 전면은 노출되고, 고강도 램프들로부터 광을 수용한다. 램프들은 본질적으로 흑체 방열기(black-body radiator)들이며, 작동 온도로 가능한 한 빠르게(통상적으로 300 내지 500 ms) 가열된다. 다수의 기판들에 대하여, 집적 회로들의 제작에서 공통적으로 사용되는 실리콘 기판들처럼, 광학적 흡수성은 웨이퍼가 실온에 더 가까워질 때, 특히 가열 사이클의 시작부에서 파장들이 짧을수록 더 크다. 신속한 실리콘 기판 가열은 램프들이 높은 온도들(약, 3000°C)에 도달한 이후 시작되며, 이 때 램프들은 단파장 광의 상당 부분을 방출하기 시작한다.

[0003]

도 1은 챔버(105) 내에 배치되는 웨이퍼(100)가 챔버 리드(lid)(120)상에 장착되는 램프들(125)로부터의 복사선(radiation)에 의하여 가열되는 플러드 타입 급속 가열 장치(flood type rapid thermal heating apparatus)의 개략적인 단면도를 도시한다. 램프들(125)은 통상적으로 텅스텐-할로겐 램프들이며, 기판을 고르게 가열하기 위하여 상이한 온도들이 될 수 있다. 고온측정법(pyrometry) 측정들은 챔버(105) 내의 윈도우들(135)를 통해 광을 모니터링함으로써 이루어질 수 있다. 램프들(125)이 턴 온(turn on)되고 턴 오프(turn off)될 수 있는 속도(rate)는 통상적인 적외선 램프(heat lamp)들로 인해 제한되어, 얼마나 빨리 기판이 가열될 수 있는지에 대한 제한들을 초래한다.

[0004]

이러한 제한들 중 일부를 극복하기 위하여, 그리고 단 펄스 지속기간들이 처리 시간 목표치들 내에 유지되게 제공하기 위하여 대안적인 광원들이 사용되었다. 그러나, 이러한 새로운 대안적인 광원들은 50 nsec 내지 100 μs로 감소된 웨이퍼들을 처리하기 위한 시간 요건들을 포함하는 새로운 처리 요건들을 충족시키기에 최적이 아니다. 따라서, 약 100 ns 미만(below)의 가열 펄스들을 사용하여 웨이퍼들을 신뢰성 있고 신속하게 처리하기 위한 시스템 및 방법이 필요하다. 조명의 고강도 펄스들의 반복률 및 지속기간 뿐 아니라 개시 및 종료의 부가적인 제어가 다양한 기판 프로세스들을 위해 요구된다.

## 발명의 내용

[0005]

본 발명의 실시예들은 광 펄스 지속기간, 형상(shape), 및 반복률의 독립적인 제어를 제공하는 광원들을 통합한 기판 처리 장비 및 방법들과 관련된다. 실시예들은 조명의 강도의 신속한 증가들 및 감소들을 추가적으로 제공한다.

[0006]

기판 처리 시스템은 반도체 기판을 변형시키기 위하여 반도체 기판의 표면의 일부를 조명하기 위한 광학적 펄스들을 생성하는 하나 이상의 광섬유 레이저들(fiber lasers)을 포함한다. 광학적 펄스들은 광의 하나 이상의 파장들 및 선택가능한 펄스 지속기간을 포함한다. 표면의 일부는 10 제곱 밀리미터보다 큰 영역을 갖는다. 광학적 펄스들은 반도체 기판의 표면상에 막의 형성을 초래하는 화학적 반응들을 촉진할 수 있다. 대안적으로, 광학적 펄스들은 반도체 기판의 도편트들을 활성화시킬 수 있다. 대안적으로, 광학적 펄스들은 반도체 기판을 어닐링할 수 있다. 하나 이상의 광섬유 레이저들은 적어도 하나의 광섬유 다발 레이저를 포함할 수 있다. 펄스 지속기간은 약 100 ns 내지 약 100 μs일 수 있다. 광학적 펄스들은 반도체 기판에서 원자들을 확산시키거나 반도체 기판을 가열함으로써 반도체 기판을 변형하는데 사용될 수 있다. 광학적 펄스들의 반복률은 선택가능할 수 있으며, 약 1 MHz 미만일 수 있다. 기판 처리 시스템은 하나 이상의 광섬유 레이저들의 하나 이상의 파장들과 상이한 파장 근처에서 표면의 일부로부터의 복사선을 모니터링하기 위하여 광학적 고온측정 어셈블리(optical pyrometry assembly)를 더 포함한다.

[0007]

기판 처리 시스템은 광학 어셈블리 및 처리 챔버 내에 배치되는 기판을 지지하기 위한 기판 지지 어셈블리를 포함한다. 기판 처리 시스템의 기판 지지 어셈블리는 하나 이상의 광섬유 레이저들에 대해 이동가능할 수 있다. 기판 처리 시스템의 하나 이상의 광섬유 레이저들은 기판 지지 어셈블리에 대해 이동가능할 수 있다.

[0008]

기판을 처리하는 방법은 표면 프로세스를 촉진하는 적어도 하나의 광학적 펄스의 펄스 지속기간을 선택하는 단계, 및 광의 상기 적어도 하나의 광학적 펄스를 이용하여 기판의 표면의 제1 부분을 조명하는 단계를 포함한다. 광의 하나의 광학적 펄스는 광섬유 레이저 어셈블리의 출력으로부터 방사되는 하나 이상의 광섬유 레이저 파장들을 포함하고, 표면의 부분은 10 제곱 밀리미터보다 큰 면적을 갖는다. 방법은 기판을 이동시키는 단계, 및

기판의 표면의 제2 부분을 조명하는 단계를 포함할 수 있다. 방법은 기판의 표면의 제1 부분으로부터 방사된 광을 수용하는 단계, 및 프로세스 모니터링 과정 부근에서 방사된 광의 강도를 결정하는 단계를 포함할 수 있다. 프로세스 모니터링 과정은 하나 이상의 광섬유 레이저 과정들과 상이할 수 있다.

[0009] 본 개시물의 적용가능성의 추가적 영역들은 이하에서 제공되는 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다. 다양한 실시예들을 표시하면서, 상세한 설명 및 특정 실시예들은 단지 예시를 목적으로 의도되며, 개시물의 범위를 반드시 제한하도록 의도되지는 않는다.

[0010] 발명의 성질 및 장점들의 추가적인 이해는 하기에 제시되는 도면들 및 명세서의 나머지 부분들을 참고하여 실현될 수 있다. 도면들은 본 발명의 상세한 설명부로 통합된다.

### 도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 종래의 기판 처리 시스템의 가열 및 모니터링 시스템의 개략적 단면도이다.

도 2a-2c는 발명의 실시예들에 따른, 기판 처리 시스템의 가열 및 모니터링 시스템들의 개략적 단면도들이다.

도 3a-3b는 개시된 실시예들에 따라 기판의 표면을 처리하는데 사용될 수 있는 예시적인 방법들을 보여주는 흐름도들이다.

도 4는 발명의 실시예들로부터 혜택을 받는 예시적인 기판 처리 시스템의 단면도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 첨부 도면들에서, 유사한 컴포넌트들 및/또는 퍼처들은 동일한 참조 라벨을 가질 수 있다. 추가로, 동일한 타입의 다양한 컴포넌트들이 점선에 의한 후속하는 참조 라벨 및 유사한 컴포넌트들 간을 구분하는 제2 라벨에 의하여 구분될 수 있다. 단지 제1 참조 라벨만이 명세서에서 사용된다면, 설명은 제2 참조 라벨과 무관하게 동일한 제1 참조 라벨을 갖는 유사한 컴포넌트들 중 임의의 것에 적용가능하다.

[0013] 본 발명의 실시예들은 광 펄스 지속기간, 형상, 및 반복률의 독립적인 제어를 제공하는, 광원들을 통합하는 기판 처리 장비 및 방법들에 관련된다. 실시예들은 조명의 강도의 신속한 증가들 및 감소들을 추가로 제공한다.

[0014] 개시되는 실시예에서, 광섬유 레이저들은 기판의 가까운 표면 영역(near surface region)을 처리하기 위하여 기판의 표면을 조명하고 가열하는데 사용된다. 프로세스들은 막들을 형성하는 단계, 도편트들을 처리하는 단계, 및 기판 자체를 재정렬하는 단계를 포함한다. 광섬유 레이저들은 작은 틀 풋프린트(tool footprint)를 유지하기 위하여 코일링(coil)될 수 있는 긴 레이징 캐비티(lasing cavity)들에 의하여 이용 가능해지는(enabled) 매우 강렬한 광학적 펄스들을 생성하는데 사용될 수 있다. 추가로 높은 광학적 강도 출력을 가능하게 하는 광섬유 레이저들의 길고 좁은 레이징 캐비티들은 매우 효율적으로 냉각될 수 있다. 현재 이용 가능한 광섬유 레이저들로부터의 연속 출력(continuous power)은 1 kWatt를 초과하며, 상기 연속 출력은 반복률, 펄스들의 개수, 펄스 형상, 및 지속기간에 따라 매우 높은 피크 전력들로 변환된다. 광섬유 레이저들이 펄스형(pulsed) Nd: Yag 레이저 대신에 마스터 광섬유 오실레이터(master fiber oscillator)에 의하여 펌핑될 때, 광섬유 레이저들은 이러한 파라미터들에 대한 더 큰 범위를 제공하며, 또한 파라미터들이 서로 더욱 독립적으로 선택되는 것을 가능하게 한다. 다수의 광섬유 레이저들은 광섬유 다발 레이저들로서 공지된 부류(class)의 레이저들을 형성하기 위하여 결합될 수 있다.

[0015] 기판의 표면은 본질적으로 연속적으로 조정가능한, 약 2 ns 내지 약 100  $\mu$ s의 펄스 지속기간들을 갖는 광학적 펄스들로 처리될 수 있다. 펄스 트레인(pulse train)들은 선택가능한 개수의 펄스들 및 1 MHz에 달하는 펄스 반복률들로 기판의 표면을 처리하는데 사용될 수 있다. 광학적 펄스의 형상은 예를 들어, 초기에 프로세스-지원 온도로 표면을 가열하기 위하여 더 많은 조명을 제공하도록 조절될 수 있고, 그 후 프로세스 반응을 유지하기에 충분하게 더 낮은 강도로 감소될 수 있다. 긴 펄스들(100  $\mu$ s를 초과)에 대하여, 펄스 형상은 기판의 상부(top)와 바닥부(bottom) 사이의 확장부에서의 차를 제한하기 위하여 강도를 램프ing하도록(ramp) 선택될 수 있다. 임의적 전기 과정 생성기들과 유사하게 펄스 형상에서의 가요성(flexibility)을 제공할 수 있는 광섬유 레이저들의 사용에 의하여 펄스 형상 엔지니어링 또는 "펄스 세이핑(pulse shaping)"이 가능해진다. 광학적 펄스 형상들은 특정 막의 성장에 수반되는 화학적 반응들을 촉진하기 위하여 선택될 수 있다.

[0016] 수반되는 케미스트리들(chemistries)에 따라, 가스 전구체(precursor)들의 존재 하에서 표면을 조명하는 것은 열적 수단 이외에 다른 것에 의하여 화학 반응들의 속도를 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 광은 표면상의 화학 반응을 촉진하기 위하여 가스 상(phase) 분자들, 흡수된 분자들을 여기시키거나(excite), 또는 심지어 기판을

전자적으로 여기시킬 수 있다. 적절한 광-유도(photo-induced) 프로세스들은 광 촉매 작용(photo-catalysis) 및 광-지원 원자층 증착(PA-ALD: photo-assisted atomic layer deposition)을 포함하며, 이 동안에 펄스 트레인들이 기판상에 펄스당 하나의 막의 층을 성장시키는데 사용될 수 있다. 광섬유 레이저의 파장은 예를 들어, 반응 속도를 향상시키는 분자 전자 전이와 공진하는(resonant with) 파장을 선택함으로써, 원하는 막 프로세스들을 촉진시키도록 선택될 수 있다. 파장은 기판에 의한 복사선의 흡수를 향상시키도록 선택될 수 있어, 기판을 보다 효율적으로 가열할 수 있다.

[0017] 펄스형 광섬유 레이저들은 광섬유의 코어를 도핑함으로써 만들어지며, 이는 그 후 레이저 캐비티(laser cavity)로서 사용된다. 레이저 캐비티 코어는 레이저로 광학적으로 펌핑될 수 있고, 레이저의 광은 레이저 캐비티 코어를 통해, 그리고 이와 같은 고강도 애플리케이션들에 대해서는 레이저 캐비티 코어에 접경하거나(bordering) 또는 둘러싸는 2차 비도핑된 코어를 통해 지향된다. 레이저 캐비티 코어는 유도 방출(stimulated emission)이 촉진되도록 회토류 엘리먼트들로 도핑될 수 있으나, 다른 광학적 효과들이 또한 광학적 이득을 위한 메커니즘들을 제공한다. 이러한 고강도 레이저들의 설계의 개선들은 소재품들(workpieces)로부터의 물질의 제거(예를 들어, 스크라이빙(scribing), 절단, 및 삽마(ablating))와 같은 새로운 애플리케이션들을 가능하게 하였다. 이러한 애플리케이션들은 물질을 제거하기에 충분한 열을 달성하기 위하여 빔이 작은 스팟 크기(spot size)로 포커싱되도록 요구한다. 본 발명의 실시예들에서, 광섬유 레이저들은, 출력 조명이 기판의 상당 부분을 커버할 수 있도록 빔을 광학적으로 넓힘으로써 부분적으로, 기판들을 처리하기 위하여 기판 처리 장비에 통합된다. 기판 처리 애플리케이션들은 용융(melting) 또는 삽마보다 낮은 전력 밀도를 요구하여, 약 10 Watts보다 높은 현재의 전력 레벨들이 다수의 프로세스들에 대하여 충분해질 수 있다. 다수의 레이저들이 기판 전체가 한번에 노출되도록 허용하게 기판보다 훨씬 더 큰 부분 또는 스캐닝 이동으로 또는 개별 단계들에서 노출될 더 작은 영역들을 커버하기 위하여 결합될 수 있다. 기판과 광섬유 레이저의 출력 사이의 상대적 이동은 기판의 이동, 광섬유 레이저의 출력의 운동, 또는 이들의 조합에 의하여 제공될 수 있다.

[0018] 발명을 더 잘 이해하고 인지하기 위하여, 도 2a-2c에 대한 참조가 이루어지며, 도 2a-2c는 발명의 실시예들에 따라 기판 처리 시스템의 가열 및 모니터링 시스템들의 개략적 단면도들이다. 도 2a는 광이 광섬유 케이블링(cabling)(225-1)을 통해 챔버로 통과되고, 기판(200)과 광섬유 레이저 어셈블리(226-1)의 출력 사이의 상대적인 이동 없이 표면을 처리하기 위하여 기판(200)에 걸쳐 확산되는 처리 시스템을 도시한다.

[0019] 지속기간에서의 약 20 밀리초 미만의 펄스들에 대하여, 기판은 펄스가 종료된 이후까지 상부 표면(201) 및 바닥부 표면(202)에서 동일한 온도가 아닐 수 있다. 따라서, 조명에 대한 열적 응답의 광학적 측정들은 바람직하게는 직접 조명되고 가열되는 상부 표면(201)에서 수행될 수 있다. 상부 표면(201)의 모니터링은 바닥부 표면(202)에 겨냥된 투과성 광학적 개구들(235-1)을 통하여 보다는 기판(200)의 표면에 겨냥된 투과성 광학적 개구(235-2)를 통해 수행될 수 있다. 도시되는 처리 시스템은 광섬유 케이블링(225-1)을 또한 지원하는 리드(220-1)의 일부로서 투과성 광학적 개구(235-2)와 함께 구성된다. 기판(200)의 상부 표면(201)의 열적 응답은 온도 결정의 정확성을 향상시키기 위하여 광섬유 레이저(들)로부터 방사되는 광의 파장(들)과 상이한 파장에서 고온 측정법에 의해 모니터링될 수 있다. 상이한 파장의 검출은 광섬유 레이저로부터 반사되거나 산란되는 조명이 기판(200)의 상부 표면으로부터 열적으로 생성되는 것으로 잘못 해석될 가능성을 감소시킬 수 있다.

[0020] 광섬유 레이저로부터의 펄스들이 2 나노초만큼 짧을 수 있기 때문에, 고온계(pyrometer)에 의하여 검출되는 광은 표면의 평형 온도(equilibrium temperature)를 표시하지 않을 수 있다. 노출 동안에 또는 노출 이후에, 표면의 실제 온도를 결정하기 위하여 추가적인 처리가 요구될 수 있다. 대안적으로, 광학적 원시(raw) 신호가 사용되고, 결과적인 막, 도편트, 또는 다른 표면 특징들의 최적의 특성들과 상관될 수 있다.

[0021] 도 2a에서, 광섬유 레이저 어셈블리(226-1)는 처리 챔버 내부에 광을 출력한다. 대안적인 실시예에서, 광섬유 레이저 출력(226-1)은 처리 챔버 외부에 위치될 수 있고, 광은 투과성 윈도우를 통해 챔버 안으로 통과된다. 다른 대안적 실시예에서, 광섬유 레이저 출력(226-1)은 여전히 프로세스 조건들로부터 보호되는 챔버의 개별 부분을 점유할 수 있다. 광섬유 레이저(226-1)의 출력을 처리 영역으로부터 분리시키는 것은 기판(200)의 표면으로의 광학적 복사선의 투과의 효율에 악영향을 미치는 증착, 예칭, 또는 다른 반응들을 방지하는 부가적인 장점을 갖는다.

[0022] 광섬유 레이저는 가열 파장들을 모니터링 파장들로부터 분리하기 위하여 더 높은 파장(약 0.5  $\mu\text{m}$  내지 1.2  $\mu\text{m}$  또는 0.75  $\mu\text{m}$  내지 1.2  $\mu\text{m}$ )에서 고온측정법 측정들을 수행하면서 짧은 파장(실시예들에서 <0.75  $\mu\text{m}$  또는 <0.5  $\mu\text{m}$ )의 광을 생성할 수 있다. 실리콘 기판들의 방사율은 대부분의 도편트 농도들에 대하여 1.2  $\mu\text{m}$ 를 초과하는(above) 파장들에 대해 낮아, 고온측정법 측정들을 보다 어렵게 만든다. 실리콘 이외의 기판들에

대하여, 광장들의 범위들은 상이할 수 있으나, 가열을 위해 상이한 광장들의 광을 사용하고 고온측정법 측정들을 수행하는 것에 대한 장점들은 여전히 남아있다.

[0023] 도 2b는 가요성 광섬유 케이블링(225-2)을 통해 기판(200)의 상부 표면(201)을 광학적으로 가열하기 위한 스캐닝 또는 스텝 앤드 스캔(step and scan) 방식을 이용하는 처리 시스템의 다른 실시예를 도시한다. 상부 표면(201)의 일부는 광섬유 레이저 어셈블리(226-2)의 출력으로부터 방사되는 복사선에 노출되고, 상부 표면(201)의 조명된 부분의 위치는 처리 동안에 갑자기 또는 평활하게(smoothly) 변한다. 광섬유 케이블링의 이동은 기판(200)의 상부 표면(201) 전체의 노출을 허용하는 2개의 직교 방향들에서 이루어질 수 있다.

[0024] 상부 표면(201)의 조명된 부분의 온도의 표시자들은, 광섬유 고온측정 수신기(235-3) 및 광섬유 케이블링(225-2)이 함께 이동하도록, 광섬유 케이블링(225-2)에 부착될 수 있는 가요성 광 파이프 또는 광섬유 고온측정 수신기(235-3)에 의하여 수신될 수 있다. 상부 표면(201)의 더 차가운 부분보다는 조명된(가열된) 부분이 모니터링 되는 것을 보장하는 것이 바람직할 수 있다. 대안적으로, 챔버(205) 및 리드(220-2)에 대해 고정된 광학적 수신기(235-2)는 주로 상부 표면(201)의 노출된 부분을 모니터링하기 위하여 사용되며 기계적으로 또는 전자적으로 제어될 수 있다.

[0025] 도 2c는 기판(200)의 상부 표면(201)의 조명되고 가열되는 부분이 옮겨지도록 기판(200)이 이동되는 처리 시스템의 또 다른 실시예를 도시한다. 광섬유 레이저 어셈블리의 출력(226-3)은 챔버(205) 및 리드(220-2)에 대해 고정되게 유지될 수 있기 때문에, 광섬유 케이블링(225-2) 및 고온측정 수신기(235-3)는 가요성일 필요가 없다. 기판은 상대적으로 별개의 단계들에서 노출들 사이에 이동될 수 있거나, 또는 기판은 일정한(consistent) 노출 동안에 순조롭게 이동될 수 있다. 기판은 화살표들의 방향으로, 그리고 도 2c의 평면 내로 그리고 밖으로의 직교 방향으로 이동되거나 옮겨질 수 있다. 대안적으로 기판은 화살표들의 방향으로 이동될 수 있으며, 그 중심부를 중심으로 회전될 수 있다.

[0026] 광섬유 케이블링에 관한 기판의 이동은 기판의 이동과 광섬유 레이저 어셈블리의 출력의 이동의 조합에 의하여 제공될 수 있다. 일 실시예에서, 광섬유 어셈블리가 기판의 반경 방향(radius)을 따라 선형적으로 옮겨지는 동안 기판은 회전될 수 있다.

[0027] 도 2a-2c에 도시되는 광섬유 케이블링(225)은 도핑된 레이저 캐비티(laser cavity)의 일부일 수도 있고 또는 아닐 수도 있으나, 레이저 캐비티로부터 챔버 속으로 광을 전달하는데 사용되는 비-도핑된 광섬유일 수 있다.

[0028] 도 3a-3b는 개시되는 실시예들에 따라 기판의 표면을 처리하는데 사용될 수 있는 예시적인 방법들을 보여주는 흐름도들이다. 도 3a는 광섬유 레이저를 사용하는 스텝 앤드 스캔 방식에 수반되는 프로세스를 나타낸다. 광섬유 레이저 어셈블리의 출력은 기판의 표면 근처에 위치되고, 광의 펄스는 기판의 일부를 조명하는 광섬유 레이저를 이용하여 생성된다(동작(305)). 기판이 이동되어, 후속하는 펄스가 기판의 상이한 부분에 영향을 미칠 것이다(동작(310)). 광의 제2 펄스는 기판의 제2 부분을 조명하는 광섬유 레이저로 생성된다(동작(315)). 도 3b는 조명되고 가열되는 부분으로부터의 광학적 신호가 광섬유 레이저로부터의 광의 펄스의 강도를 조정하는데 사용되는 프로세스를 도시한다. 동작(365)에서, 기판의 일부는 단색성 광섬유 레이저로부터의 광의 펄스로 조명되고 가열된다. 기판의 부분의 조명 동안에 또는 그 직후에, 상기 일부으로부터 방사되는 광의 강도는 검출기를 이용하여 결정되고, 기판의 표면에 대한 광의 펄스의 영향을 모니터링하는데 사용된다(동작(370)). 검출되는 광의 광장은 광섬유 레이저에 의하여 생성되는 광장과 상이하다. 후속하는 펄스들의 강도는 동작(370)에서 검출되는 광의 강도에 기반하여 조정된다(동작(375)).

#### 예시적인 기판 처리 시스템

[0030] 도 4는 12-인치(300 밀리미터(mm)) 직경 실리콘(Si) 웨이퍼들일 수 있는 디스크형 기판들(405)을 처리하기 위한 처리 챔버(400)를 도시한다.

[0031] 처리 동안에, 발명의 일 실시예에 따라, 기판(405)은 챔버(400) 내부에서 기판 지지 어셈블리(408)상에서 지지되고, 기판(405) 바로 위에 위치되는 조명 엘리먼트(402)에 의하여 가열된다. 조명 엘리먼트(402)는 수냉식 석영 윈도우 어셈블리(403)를 통해 처리 챔버(400)에 진입할 수 있는 복사선(412)을 생성한다. 윈도우 어셈블리(403)와 기판(405) 사이의 갭은 조정가능할 수 있으며, 실시예들에서 약 10 내지 50 밀리미터(mm)이다. 기판(405) 아래에는 일반적으로 원통형 베이스를 갖는 중앙 어셈블리(421)상에 장착되는 반사기(420)가 위치된다. 반사기(420)는 반사성이 높은 표면 코팅을 가질 수 있다. 기판(405)의 밑면 및 반사기(420)의 상부는 기판(405)의 유효 방사율을 항상시키기 위한 반사 캐비티(reflecting cavity)에 접한다. 기판(405)과 반사기(420) 사이의 간격은 또한 조정될 수 있다. 300 mm 기판 처리 시스템들에서, 갭은 약 3mm 내지 20mm이거나, 또는 상

이한 실시예들에서 약 5mm 내지 8mm일 수 있다.

[0032] 다수의 온도 프로브들(도 4에 3개로 도시됨)은 광 파이프들(423)을 통해 광을 수집하고 광학 센서들(425) 및 보조 전자 장치들을 이용하여 검출된 광의 강도를 측정함으로써, 밀면으로부터 기판(405)의 상이한 영역들에서 온도를 모니터링하기 위하여 고온측정 방법들을 이용할 수 있다. 각각의 온도 프로브는 중앙 어셈블리(421)의 후면측으로부터 반사기(420)의 상부를 통과하는 도관 속으로 삽입된 광 파이프(423)를 포함할 수 있다. 광 파이프들(423)은 0.080 인치의 직경일 수 있으며, 도관들은 도관들 안으로의 광 파이프들(423)의 삽입을 용이하게 하기 위하여 약간 더 클 수 있다. 광 파이프들(423)은 광섬유들(424)을 통해 광학 센서들(425)에 광학적으로 연결될 수 있다. 온도 프로브들은 기판의 영역들 근처에서 측정된 온도를 표시하는 신호들을 생성하며, 신호들은 시스템 제어기(462)일 수 있다.

[0033] 처리 영역(413)은 기판(405) 위에 위치된다. 기판을 재정렬하고/재정렬하거나 기판(405) 및 프로세스 가스들을 수반하는 화학 반응들을 도울 수 있게 조명 엘리먼트(402)로부터의 광(412)을 기판(405) 쪽으로 비춤으로써 기판이 변형된다. 예를 들어, 기판(405) 내의 도편트들은 활성화되거나 분산될 수 있으며, 기판(405)의 규칙도(degree of order)는 증가될 수 있거나 또는 막(실리사이드, 질화물, 또는 산화물과 같은)은 기판(405)상에 성장될 수 있다. 유입구 매니폴드(473)는 챔버(400)의 측벽에 위치되고, 가스가 가스 또는 가스들의 소스, 이를테면 탱크들(441)로부터 챔버(400)로 진입되도록 구성된다. 탱크들(441)로부터의 가스들의 흐름은 바람직하게는 수동 밸브들 및 컴퓨터 제어된 흐름 제어기들(442)을 이용하여 독립적으로 제어된다. 배기판(exhaust cap)(473)은 유입구 매니폴드(472)와 정반대쪽의(diametrically opposite) 챔버(400)의 측면(side)에 위치되고, 중착 챔버(400)로부터 펌핑 시스템(미도시) 안으로 프로세스 폐기물(effluent)들을 배기시키도록 구성된다.

[0034] 중앙 어셈블리(421)는 냉각수 유입구(coolant inlet)들에 결합되는 내부 챔버들(422)을 포함하는 순환 회로를 포함하며, 중앙 어셈블리(421)를 냉각시키기 위하여 순환 회로를 통해 냉각 유체가 순환된다. 일 실시예에서, 실온수(room temperature water)는 가열된 기판(405)의 온도보다 훨씬 아래 온도로 중앙 어셈블리(421)를 유지시키는데 사용된다. 중앙 어셈블리(421)의 온도는 실시예들에서 150°C 미만으로 유지된다.

[0035] 작은 반사성 캐비티들(419)은 반사기(420)의 상부에 형성될 수 있으며, 여기서 광 파이프들(423)은 반사기(420)의 상부를 통과한다. 광 파이프들(423)은 광 파이프들의 최상위의 단부들이 각각의 마이크로캐비티(419)에 대한 입구와 동일 평면상에 또는 그보다 약간 아래에 있도록 위치된다.

[0036] 광 파이프들(423)은 사파이어와 같은 높은 광학 인덱스 물질(optical index material)로 만들어질 수 있다. 일 반적으로 사파이어 광 파이프들은 상대적으로 작은 광 분산 계수들을 갖는 것이 바람직하며, 사파이어 광 파이프들은 가로방향(transverse) 광에 대해 더 크게 거부하는 경향이 있다. 그 결과 광 파이프들은 더 큰 측정 국지화(localization)를 제공하는데, 이는 광 파이프들이 측정에 대한 더 작은 입체각(solid angle) 및 이에 따른 더 작은 영역으로부터의 유입 광선들을 수용하기 때문이다. 광 파이프들은 임의의 적절한 내열성 및 내식성 물질, 예를 들어, 석영으로 만들어질 수 있으며, 석영은 샘플링된 복사선을 가능한 중간에 있는(intervening) 광섬유 케이블들(424)을 통해 고온계로 전송할 수 있다. 대안적으로, 복사 샘플링 시스템은 반사기(420)에 장착되는 작은-반경 대물 렌즈 및 각각의 렌즈에 의하여 수집되는 복사선을 각각의 고온계로 전달하는 렌즈들 및 거울들의 시스템을 포함하는 광학 시스템일 수 있다. 적절한 규격품(off-the-shelf) 광학 엘리먼트들이 이용 가능하다면 그러한 설계는 사파이어 광 파이프들보다 훨씬 덜 비쌀 수 있다. 대안적으로, 광 파이프들은 연마된 반사성이 높은 내부 표면을 갖는 튜브로 만들어질 수 있다.

[0037] 앞서 표시되는 바와 같이, 단 3개의 온도 프로브들만이 도 4에 도시되나, 실제 시스템은 상이한 반경 방향(radial) 및 방위각(azimuthal) 위치들에서 온도를 측정하도록 반사기(420) 위에 분포되는 7개의 또는 8개의 측정 프로브들을 사용할 수 있다. 열 처리 동안에, 기판 지지 어셈블리(408)는 종종 기판(405)의 열 분포를 고르게 하기 위하여 회전된다. 회전율들은 약 20 내지 200의 분당 회전수(RPM)일 수 있다. 기판(405)이 회전되는 경우들에서, 각각의 프로브는 기판에 대해 대응하는 고리형 링 영역의 온도 프로파일을 실제로 샘플링한다. 기판 지지 어셈블리(408)는 자기-부상된(magnetically-levitated) 회전 프레임일 수 있다. 기판 지지 어셈블리(408)는 에지로부터 기판(405)을 지지하면서 회전자 웰(well)(409)로 연장될 수 있다. 이러한 방식으로, 기판(405)은 기판(405) 온도 균일성을 측정시키기 위하여 조명 엘리먼트(402) 아래에서 회전된다.

[0038] 에지 링(411)은 내부 직경을 따라 기판(405)이 접촉하도록 쉘프(shelf) 또는 웨지(wedge)형일 수 있다. 에지 링(411)은 기판(405)의 외측 둘레 부근에서 기판(405)에 접촉하여, 기판(405)의 밀면의 최소 부분을 차단한다(obscure). 에지 링(411)은 대략 0.75 인치의 반경 방향 폭을 갖는다. 에지 링(411)의 부분들은 기판(405)에

근접하며, 막을 형성하거나 기판(405)을 다른 방식으로 변형하기 위하여 선택되는 프로세스 가스들에 의하여 부식 또는 오염되게 처리될 수 있다. 에지 링(411)에 대하여 사용되는 물질은 실리콘 탄화물과 같은 화학 공격(chemical attack)에 대하여 저항성일 수 있다.

[0039] 에지 링(411)은 실린더(410)와 차광성(light tight) 밀봉부를 생성하도록 설계된다. 에지 링(411)의 바닥부 표면으로부터 연장하는 실린더형 립(lip) 또는 덮개(skirt)가 제공되며, 상기 실린더 형상 립 또는 덮개는 실린더(410)의 외부 직경보다 약간 더 크거나 약간 더 작은 외부 직경을 가져, 광이 실린더(410) 외부 영역과 실린더(410) 내부 영역 사이에서 직접 이동하는 것을 방지한다. 에지 링(411)은 실린더(410) 너머로 연장되도록 실린더(410)의 반경보다 더 큰 외측 반경을 갖는다. 실린더(410) 너머로의 에지 링(411)의 이러한 고리 형상의 연장부는 표유광(stray light)이 반사 캐비티(419)에 진입하고 기판 온도를 표시하는 것으로 오역되는 것을 방지하는 배플(baffle)로서 기능한다. 표유광이 반사 캐비티(419)로 진입할 가능성을 추가로 감소시키기 위하여, 에지 링(411)은 조명 엘리먼트(402)에 의하여 생성되는 복사선을 흡수하는 물질(예를 들어, 실리콘 탄화물과 같은 흑색 또는 회색 물질)로 코팅될 수 있다. 반사 캐비티(419)로 진입하는 표유광의 양을 추가로 감소시키기 위하여, 공동-회전 에지 링 연장부(413)가 사용될 수 있다. 실린더(410)는 석영으로 만들어질 수 있으며, 반사 캐비티(419)로의 광의 침투를 추가로 제한하기 위하여 Si로 코팅될 수 있다.

[0040] 처리 장치(400)는 조명 엘리먼트(402) 강도들, 가스 흐름들, 기판 온도, 및 챔버 압력을 제어하는 것과 같은, 장치(400)의 다양한 동작들을 제어하는 시스템 제어기(462)를 포함한다. 본 발명의 실시예에서, 시스템 제어기(462)는 하드 디스크 드라이브(메모리(464)) 및 프로세서(966)를 포함한다. 프로세서는 기계적 인터페이스 보드들 뿐 아니라 단일 보드 컴퓨터(SBC), 아날로그 및 디지털 입력/출력 보드들(468)을 포함한다.

[0041] 시스템 제어기(462)는 장치(400)의 동작들을 제어한다. 시스템 제어기는 시스템 제어 소프트웨어를 실행하며, 시스템 제어 소프트웨어는 메모리(464)와 같은 컴퓨터-관독가능 매체에 저장되는 컴퓨터 프로그램이다. 메모리(464)는 하드 디스크 드라이브일 수 있으나, 메모리(464)는 또한 DRAM, 플래시 및 다른 종류의 메모리를 포함할 수 있다. 메모리(964)는 또한 하나 이상의 타입들의 메모리의 조합일 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 타이밍, 가스들의 혼합물, 챔버 압력, 챔버 온도, 램프 전력 레벨들, 기판 지지 어셈블리 위치, 및 특정 프로세스의 다른 파라미터들을 지시하는 명령들의 세트들을 포함한다. 물론, 예를 들어, 플로피 디스크 또는 다른 적절한 드라이브를 포함하는 다른 메모리 디바이스상에 저장된 것과 같은 다른 컴퓨터 프로그램들이 또한 시스템 제어기(462)를 작동시키는데 사용될 수 있다. 장비와의 인터페이싱 이외에, 입력/출력(I/O) 디바이스들(468)은 LCD 모니터, 키보드, 및 포인팅 디바이스와 같은 휴먼 인터페이스 디바이스들을 포함할 수 있다. 시스템 제어기(462)는 시스템 기능들의 원격 제어 또는 모니터링을 허용하기 위하여 네트워크에 연결될 수 있다. 제어는 또한 제어 책임들을 분배하기 위하여 네트워크를 통해 통신하는 다수의 시스템 제어기들(462) 사이에 분배될 수 있다.

[0042] 본 명세서에서 사용될 때, "기판"은 상부에 형성된 층들을 갖는 또는 갖지 않는 지지 기판일 수 있다. 지지 기판은 다양한 도핑 농도들 및 프로파일들의 반도체 또는 절연체일 수 있으며, 예를 들어, 집적 회로들의 제작에 사용되는 타입의 반도체 기판일 수 있다. "광", "광학적" 및 "광학"이라는 용어들의 사용은 수반되는 전자기 복사선이 스펙트럼의 가시 부분으로부터 산출되어야 한다는 임의의 암시를 수반하지 않는다. 광은 임의의 광장을 가질 수 있다.

[0043] 일 실시예에서, 기판 처리 시스템은 반도체 기판의 표면의 일부를 적어도 200 °C로 가열하기 위하여 광학적 펄스들을 생성하는 하나 이상의 광섬유 레이저들을 포함한다. 광학적 펄스들은 광의 하나 이상의 광장을 및 선택 가능한 펄스 지속기간을 포함하며, 표면의 일부는 10 제곱 밀리미터보다 큰 면적을 갖는다.

[0044] 기판 처리 시스템의 다른 실시예에서, 광학적 펄스들은 반도체 기판의 표면상에 막의 형성을 초래하는 화학 반응들을 촉진한다.

[0045] 기판 처리 시스템의 또 다른 실시예에서, 광학적 펄스들은 반도체 기판의 도편트들을 활성화시킨다.

[0046] 기판 처리 시스템의 또 다른 실시예에서, 광학적 펄스들은 반도체 기판을 어닐링한다.

[0047] 기판 처리 시스템의 또 다른 실시예에서, 하나 이상의 광섬유 레이저들은 적어도 하나의 광섬유 다발 레이저를 포함한다.

[0048] 기판 처리 시스템의 또 다른 실시예에서, 펄스 지속기간은 약 100 ns 내지 약 100 μs이다.

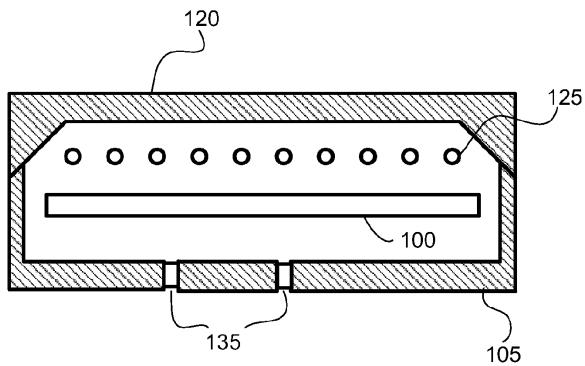
[0049] 기판 처리 시스템의 또 다른 실시예에서, 광학적 펄스들은 반도체 기판을 가열함으로써 반도체 기판을

변경한다.

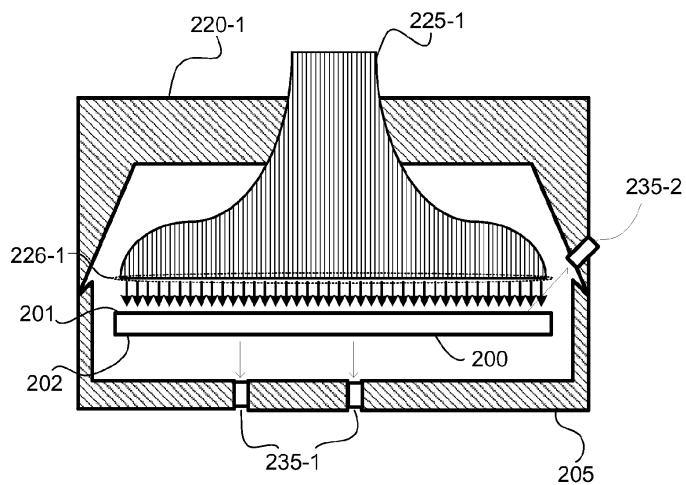
- [0050] 기판 처리 시스템의 또 다른 실시예에서, 광학적 펄스들은 반도체 기판 내에서 원자들을 확산시킴으로써 반도체 기판을 변경한다.
- [0051] 기판 처리 시스템의 또 다른 실시예에서, 광학적 펄스들의 반복률은 선택가능하다. 반복률은 약 1 MHz 미만일 수 있다.
- [0052] 기판 처리 시스템의 또 다른 실시예에서, 광학적 펄스들의 펄스 형상은 선택가능하다.
- [0053] 기판 처리 시스템의 또 다른 실시예에서, 표면의 일부는 100 제곱 밀리미터보다 크다.
- [0054] 기판 처리 시스템의 또 다른 실시예에서, 시스템은 하나 이상의 광섬유 레이저들의 하나 이상의 파장들과 상이한 파장 근처에서 표면의 일부로부터 복사선을 모니터링하기 위한 광학적 고온측정 어셈블리를 추가로 포함한다.
- [0055] 다른 실시예에서, 기판 처리 시스템은 처리 챔버 내에 배치되는 반도체 기판을 지지하는 기판 지지 어셈블리 및 반도체 기판의 표면의 일부를 적어도 200 °C로 가열하기 위하여 하나 이상의 파장들의 광학적 펄스들을 생성하는 하나 이상의 광섬유 레이저들을 포함하는 광학 어셈블리를 포함한다. 광학적 펄스들의 펄스 지속기간은 선택가능하며, 표면의 일부는 10 제곱 밀리미터보다 큰 면적을 갖는다.
- [0056] 기판 처리 시스템의 또 다른 실시예에서, 광학 어셈블리는 한번에 반도체 기판의 한 부분을 노출시킨다.
- [0057] 기판 처리 시스템의 또 다른 실시예에서, 기판 지지 어셈블리는 하나 이상의 광섬유 레이저들에 대해 이동가능하다.
- [0058] 기판 처리 시스템의 또 다른 실시예에서, 하나 이상의 광섬유 레이저들은 기판 지지 어셈블리에 대해 이동가능하다.
- [0059] 다른 실시예에서, 반도체 기판을 처리하는 방법은, 표면 프로세스를 촉진하는 적어도 하나의 광학적 펄스의 펄스 지속기간을 선택하는 단계, 및 광의 적어도 하나의 광학적 펄스를 이용하여 반도체 기판의 표면의 제1 부분을 적어도 200 °C로 가열하는 단계를 포함한다. 광의 하나의 광학적 펄스는 광섬유 레이저 어셈블리의 출력으로부터 방사되는 하나 이상의 광섬유 레이저 파장들을 포함하고, 표면의 일부는 10 제곱 밀리미터보다 큰 면적을 갖는다.
- [0060] 또 다른 실시예에서, 반도체 기판을 처리하는 방법은, 반도체 기판을 이동시키는 단계, 및 반도체 기판의 표면의 제2 부분을 조명하는 단계를 더 포함한다.
- [0061] 또 다른 실시예에서, 반도체 기판을 처리하는 방법은, 반도체 기판의 표면의 제1 부분으로부터 방사된 광을 수용하는 단계, 및 프로세스 모니터링 파장 근처에 방사된 광의 강도를 결정하는 단계를 더 포함한다. 프로세스 모니터링 파장은 하나 이상의 광섬유 파장들과 상이하다.
- [0062] 또한, 본 발명이 바람직한 실시예들의 관점에서 상기에 설명되었으나, 발명이 이에 제한되지 않는다는 것이 본 기술분야의 당업자들에 의하여 인지될 것이다. 상기 개시되는 발명의 다양한 특징들 및 양상들은 개별적으로 또는 함께 사용될 수 있다. 추가로, 발명이 특정 환경에서의 그리고 특정 애플리케이션에 대한 발명의 구현의 문맥에서 설명되었으나, 본 기술분야의 당업자들은 발명의 유용성이 이에 제한되지 않으며, 본 발명이 임의의 개수의 환경들 및 구현들에서 이용될 수 있다는 것을 인지할 것이다.

## 도면

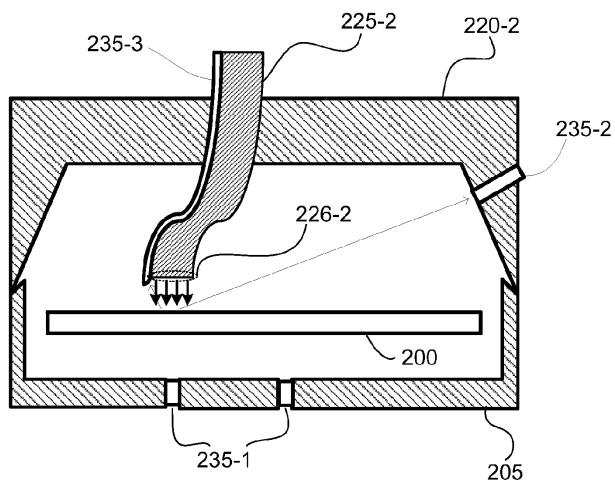
## 도면1



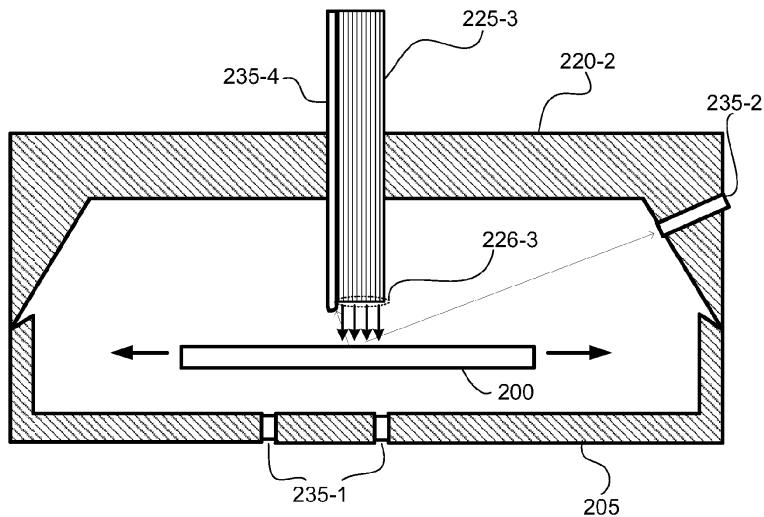
## 도면2a



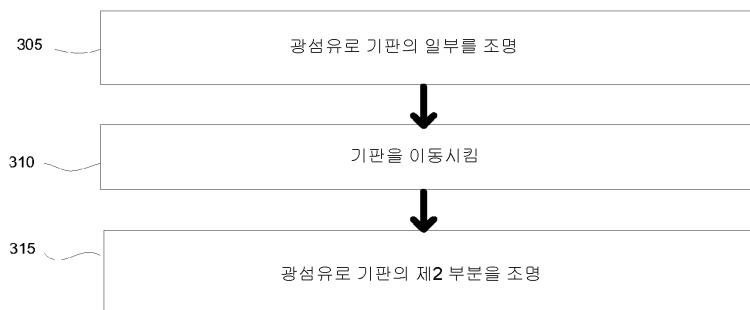
## 도면2b



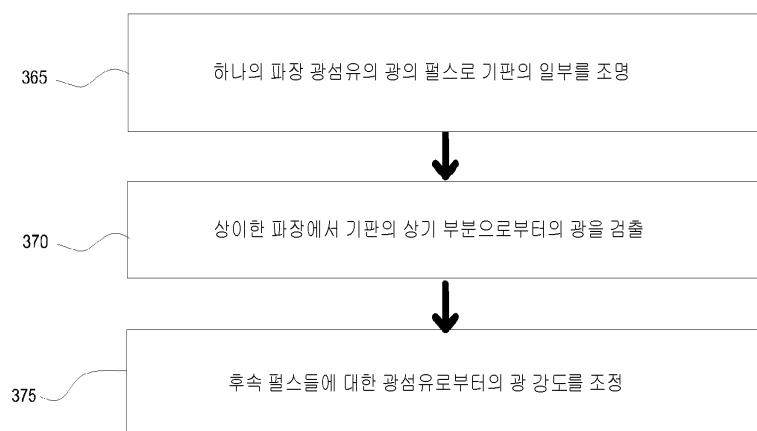
## 도면2c



## 도면3a



## 도면3b



## 도면4

