



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년06월18일

(11) 등록번호 10-1868378

(24) 등록일자 2018년06월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 21/324 (2017.01) H01L 21/67 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01L 21/324 (2013.01)

H01L 21/67115 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-7033214(분할)

(22) 출원일자(국제) 2009년09월03일

심사청구일자 2017년11월16일

(85) 번역문제출일자 2017년11월16일

(65) 공개번호 10-2017-0130616

(43) 공개일자 2017년11월28일

(62) 원출원 특허 10-2011-7008790

원출원일자(국제) 2009년09월03일

심사청구일자 2014년09월03일

(86) 국제출원번호 PCT/US2009/055838

(87) 국제공개번호 WO 2010/033389

국제공개일자 2010년03월25일

(30) 우선권주장

12/212,157 2008년09월17일 미국(US)

12/212,214 2008년09월17일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP2004128421 A

(뒷면에 계속)

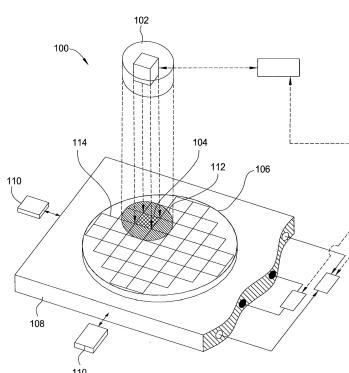
전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 김종희

(54) 발명의 명칭 기판의 어닐링시 열량 관리

**(57) 요약**

기판을 처리하기 위한 방법 및 장치가 제공된다. 기판은 열 프로세싱 챔버 내의 지지부 상에 위치된다. 전자기 방사선은 기판의 일 부분을 어닐링하도록 기판을 향하여 지향된다. 다른 전자기 방사선은 기판의 일 부분을 예열하도록 기판을 향하여 지향된다. 예열은 예열 구역과 어닐링 구역 사이의 경계부에서의 열 응력을 감소시킨다. 특정 실시예들에서 요구되는 대로, 형상들 및 온도 프로파일들이 변화하는, 임의의 개수의 어닐링 및 예열 구역들이 고려된다. 레이저들, 열 램프들, 백색 등 램프들, 또는 플래쉬 램프들과 같은 전자기 방사선의 어떠한 대류 소스도 이용될 수 있다.

**대 표 도 - 도1a**

(52) CPC특허분류

*H01L 21/67248* (2013.01)

(72) 발명자

**라마무리티, 선다**

미국 94539 캘리포니아 프레몬트 스포칸 로드  
48575

**라니쉬, 조셉**

미국 95117 캘리포니아 샌어제이 우드리프 코트  
375

**현터, 아론**

미국 95060 캘리포니아 산타 크루즈 에밀린 애브뉴  
430

(56) 선행기술조사문헌

KR1020050076768 A

JP2006501636 A

EP0091806 A2

JP58176929 A

US20050103998 A1

JP4843225 B2

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기판을 열 처리하기 위한 장치로서,

이동 가능한 기판 지지부;

기판 지지부의 표면의 제 1 부분을 향하여 제 1 형상으로 어닐링 에너지를 지향시키기 위한 제 1 에너지 소스 - 상기 어닐링 에너지는 제 1 부분을 용융시키기 위해 요구되는 것보다 작음 - ;

제 1 부분을 둘러싸는 기판 지지부의 표면의 제 2 부분을 향하여 제 2 형상으로 예열 에너지를 지향시키기 위한 제 2 에너지 소스 - 상기 제 2 형상은 제 1 형상과 상이하며 테이퍼된 형상임 - ; 및

제 1 에너지 소스 및 제 2 에너지 소스를 수용하는 광학 조립체;를 포함하는,

기판을 열 처리하기 위한 장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 에너지 소스는 레이저이고 상기 제 2 에너지 소스는 레이저인,

기판을 열 처리하는 장치.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 에너지 소스는 레이저이고, 상기 제 2 에너지 소스는 복수의 램프인,

기판을 열 처리하는 장치.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 어닐링 에너지는 적어도  $1 \text{ W/cm}^2$ 의 전력 밀도를 가지며, 상기 예열 에너지는 적어도  $0.1 \text{ W/cm}^2$ 의 전력 밀도를 갖는,

기판을 열 처리하는 장치.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 광학 조립체는 상기 어닐링 에너지를 성형하기(shape) 위한 제 1 광학 튜너 및 상기 예열 에너지를 성형하기 위한 제 2 광학 튜너를 더 포함하는,

기판을 열 처리하는 장치.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서,  
상기 기판 지지부에 결합되는 제어기를 더 포함하고,  
상기 제어기는 예열 에너지, 어닐링 에너지, 또는 예열 에너지와 어닐링 에너지 모두를 펼성하는  
기판을 열 처리하는 장치.

### 청구항 7

제 1 항에 있어서,  
상기 제 2 에너지 소스는 상기 제 1 에너지 소스 주위에 배치된 복수의 광원들을 포함하는,  
기판을 열 처리하는 장치.

### 청구항 8

제 1 항에 있어서,  
상기 광학 조립체를 회전시키기 위한 액추에이터를 더 포함하는,  
기판을 열 처리하는 장치.

### 청구항 9

제 1 항에 있어서,  
상기 제 1 형상은 직사각형 형상인,  
기판을 열 처리하는 장치.

### 청구항 10

반도체 기판을 어닐링하기 위한 프로세스 챔버로서,  
상기 챔버 내에 배치되며 프로세싱 구역을 형성하는 기판 지지부;  
상기 프로세싱 구역의 제 1 구역을 향하여 제 1 성형 에너지를 지향시키기 위한 제 1 에너지 소스;  
상기 제 1 구역을 둘러싸는 프로세싱 구역의 제 2 구역을 향하여 제 2 에너지를 지향시키기 위한 제 2 에너지 소스를 포함하고,  
상기 제 1 구역 및 제 2 구역은 상이한 형상들을 갖고 각각 프로세싱 구역보다 작으며, 상기 제 2 구역은 테이퍼된 형상을 갖고, 상기 제 1 에너지는 상기 제 2 에너지와 상이하며, 상기 제 1 에너지 및 상기 제 2 에너지는 각각 상기 제 1 구역 또는 상기 제 2 구역에 인접한 기판의 일부를 용융시키기 위해 요구되는 것보다 더 작은,  
반도체 기판을 어닐링하기 위한 챔버.

### 청구항 11

제 10 항에 있어서,  
상기 제 1 에너지 소스는 레이저를 포함하고 상기 제 2 에너지 소스는 레이저를 포함하는,

반도체 기판을 어닐링하기 위한 챔버.

### 청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 에너지 소스는 레이저를 포함하고, 상기 제 2 에너지 소스는 램프를 포함하는,

반도체 기판을 어닐링하기 위한 챔버.

### 청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 제 2 에너지 소스는 상기 제 1 에너지 소스 주위에 배치된 복수의 광원들을 포함하는,

반도체 기판을 어닐링하기 위한 챔버.

### 청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 에너지는 어닐링 에너지이고, 상기 제 2 에너지는 예열 에너지이며, 상기 제 2 에너지는 상기 제 1 에너지를 둘러싸는,

반도체 기판을 어닐링하기 위한 챔버.

### 청구항 15

제 10 항에 있어서,

상기 제 1 에너지 소스에 결합되며 상기 제 1 에너지를 성형하는 제 1 광학 튜너, 및 상기 제 2 에너지 소스에 결합되며 상기 제 2 에너지를 성형하는 제 2 광학 튜너를 더 포함하는,

반도체 기판을 어닐링하기 위한 챔버.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예들은 반도체 소자(device)를 제조하는 방법에 관한 것이다. 더욱 상세하게는, 본 발명의 실시예들은 기판을 열 프로세싱하는 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 집적 회로(IC) 시장은 더 큰 메모리 용량, 보다 빠른 스위칭 속도들, 및 보다 작은 피처(feature) 크기들을 계속적으로 요구한다. 이러한 요구들을 해결하기 위해 취해지는 산업의 주요 단계들 중 하나는, 대형 노(furnace)들 내의 실리콘 웨이퍼들을 배치 프로세싱으로부터 소형 챔버 내에서의 단일 웨이퍼 프로세싱으로 변경하는 것이다.

[0003] 이와 같은 단일 웨이퍼 프로세싱 동안, 웨이퍼는 통상적으로 고온으로 가열됨으로써 다양한 화학적 및 물리적 반응들이 웨이퍼 내에 형성된 다중 IC 소자들 내에서 발생할 수 있다. 특별한 관심 중, IC 소자들의 선호하는 전기적 성능은 주입된 구역들이 어닐링되는 것을 요구한다. 어닐링은 이전에 비정질(amorphous)로 제조되었던 웨이퍼의 구역들로부터 더 많은 결정질 구조물을 재형성하고, 기판 또는 웨이퍼의 결정 격자 내로 도편트들의 원자들을 결합함으로써 도편트들을 활성화한다. 어닐링과 같은 열 프로세스들은 단시간 내에 웨이퍼로 비교적

많은 양의 열 에너지를 제공하고, 그 후에 열 프로세스를 종료하도록 웨이퍼를 급속 냉각하는 것을 요구한다. 현재 이용되는 열 프로세스들의 예들은 급속 열 프로세싱 (RTP) 및 임펄스(스파이크) 어닐링을 포함한다. 이와 같은 프로세스들이 널리 이용되지만, 현 기술은 긴 시간 주기 동안 상승된 온도에 노출되는 경향이 있는 대형 기판들에 대해서는 이상적이지 않다. 이러한 문제점들은 스위칭 속도들을 증가시키고 및/또는 피쳐 크기들을 감소시킴으로써 더욱 심각해 진다.

[0004] 일반적으로, 이러한 열 프로세스들은 미리결정된 열 처방(recipe)에 따라 제어된 상태를 하에서 기판들을 가열 한다. 이러한 열 처방들은 기본적으로 반도체 기판이 온도 변화율, 즉 온도 경사-증가 속도(ramp-up rate) 및 경사-감소 속도(ramp-down rate)로 가열되어야 하는 온도, 및 열 프로세싱 시스템이 특별한 온도로 유지되는 시간으로 이루어진다. 예를 들면, 일부 열 처방들은 기판 상에 형성된 소자의 열량(thermal budget)을 초과하는 프로세싱 시간들 동안 전체 기판이 상온으로부터 400°C 또는 그 초과의 온도로 가열되는 것을 요구할 수 있다.

[0005] 더욱이, 반도체 기판의 상이한 구역들 사이의 재료들의 상호 확산(inter-diffusion)을 최소화하는 것과 같은 소정의 목적들을 충족하도록, 각각의 반도체 기판이 고온들로 처리되는 시간의 양이 제한되어야 한다. 이를 달성하도록, 온도 경사 속도들의 증가 및 감소 둘다 높은 것이 바람직하다. 즉, 가능한 짧은 시간 내에 저온으로부터 고온으로, 또는 이와 반대로 기판의 온도를 조정할 수 있는 것이 바람직하다.

[0006] 높은 온도 경사 속도들에 대한 요구는 급속 열 프로세싱(RTP)의 전개를 초래하며, 통상적인 온도 경사-증가 속도들은 종래의 노들의 5 내지 15°C/분과 비교하면, 200 내지 400°C/s 범위 내에 있다. 통상적인 경사-감소 속도들은 80 내지 150 °C/s의 범위 내에 있다. RTP의 단점은 IC 소자들이 단지 실리콘 웨이퍼의 상부 몇 미크론 내에 있을지라도 RTP가 전체 웨이퍼를 가열한다는 것이다. 이는 웨이퍼를 얼마나 빨리 가열 및 냉각할 수 있는지를 제한한다. 더욱이, 전체 웨이퍼가 상승된 온도에 있다면, 열은 단지 주변 공간 또는 구조물들 내로 소산될 수 있다. 결과적으로, 오늘날의 기술 상태에서 RTP 시스템들은 400 °C/s 경사-증가 속도 및 150 °C/s 경사-감소 속도를 달성하기 위해 고생하고 있다.

[0007] 기판들 상의 소자 크기들이 앞으로 더 작아질 것임에 따라, 더 작은 소자들이 재료들의 상호 확산에 의해 더욱 용이하게 저하될 수 있기 때문에, 열량들도 마찬가지로 감소되어야 한다. 온도 경사-증가 및 경사-감소 속도는, 어닐링 시간들을 예를 들면, 일 초 아래로 단축하기 위해 증가되어야 한다.

[0008] 종래의 RTP 탑입 프로세스들에서 제기된 문제점들 중 일부를 해결하기 위하여, 다양한 스캐닝 레이저 어닐링 기술들이 기판의 표면(들)을 어닐링하기 위해 이용되고 있다. 대체로, 이러한 기술들은 기판의 표면상의 작은 구역으로 일정한 에너지 플럭스(flux)를 전달하면서, 작은 구역으로 전달된 에너지에 대해 기판을 병진 이동(translate)하거나 스캐닝한다. 다른 레이저 스캐닝 프로세스들은 여전히 기판을 홀딩하고 상기 기판 표면을 가로질러 레이저를 이동한다. 엄격한 균일도 요구들 및 기판 표면을 가로질러 스캐닝된 구역들의 중복을 최소화하는 것이 복잡하기 때문에, 이러한 탑입의 프로세스들은 기판의 표면 상에 형성된 열 프로세싱 접촉 수준 소자들에 대해 효과적이지 않다. 또한, 극단적인 국부적인 가열과 관련된 높은 열적 구배들에 의해 기판에 발생된 열 응력들은 기판에 대한 손상을 초래할 수 있다.

[0009] 상술된 관점에서, 높은 경사-증가 속도 및 경사-감소 속도로 반도체 기판을 어닐링하기 위한 신규한 장치들 및 방법들에 대한 요구가 있었다. 이는 더 작은 소자들의 제조에 대해 더 큰 제어를 제공하여 증가된 성능을 초래한다.

### 발명의 내용

[0010] 본 발명의 실시예들은 일반적으로 기판을 처리하는 방법들을 제공한다. 본 발명의 일 양태는 기판을 처리하는 방법을 제공하며, 이 방법은 이동가능한 기판 지지부 상에 기판을 위치시키는 단계, 기판의 일 부분 아래의 제 1 고정 위치를 향하여 제 1 양의 가열 에너지를 지향시키는 단계, 기판의 일 부분 아래의 제 2 고정 위치를 향하여 제 2 양의 가열 에너지를 지향시키는 단계, 제 1 고정 위치 및 이어서 제 2 고정 위치 위에 각각의 선택된 구역을 순차적으로 위치시킴으로써 기판의 선택된 구역을 처리하도록 기판 지지부를 이동시키는 단계, 및 기판의 일 부분을 500 °C 미만의 온도로 유지하는 단계를 포함한다.

[0011] 다른 실시예들은 기판을 처리하는 방법을 제공하며, 이 방법은 고정된 기판 지지부 상에 기판을 위치시키는 단계, 기판 표면 상에 하나 이상의 고온 존(zone) 및 하나 이상의 어닐링 존을 형성하도록 기판을 향하여 가열 에너지를 지향시키는 단계, 및 각각의 선택된 구역 위의 고온 존 및 이어서 어닐링 존을 순차적으로 위치시킴으로써 기판의 선택된 구역들을 처리하도록 가열 에너지를 이동시키는 단계를 포함한다.

- [0012] 다른 실시예들은 기판을 열 처리하기 위한 장치를 제공하며, 이 장치는 이동가능한 기판 지지부, 기판 지지부의 표면의 제 1 부분을 향하여 어닐링 에너지를 지향시키는 제 1 에너지 소스, 및 기판 지지부의 표면의 제 2 부분을 향하여 예열 에너지를 지향시키도록 배향된 제 2 에너지 소스, 및 제 1 에너지 소스 및 제 2 에너지 소스를 수용하는 광학 조립체를 포함한다.
- [0013] 다른 실시예들은 기판을 열 처리하기 위한 장치를 제공하며, 이 장치는 고정 기판 지지부, 기판 지지부의 표면의 제 1 부분을 향하여 어닐링 에너지 및 기판 지지부의 표면의 제 2 부분을 향하여 예열 에너지를 지향시키도록 배향된 하나 또는 둘 이상의 에너지 소스들, 하나 또는 둘 이상의 에너지 소스들을 수용하는 광학 조립체, 및 고정된 기판 지지부에 대해 어닐링 에너지 및 예열 에너지를 이동시키기 위한 액츄에이터를 포함한다.
- [0014] 본 발명의 상술된 특징들이 상세하게 이해될 수 있도록, 위에서 간단히 요약된 본 발명의 더욱 특별한 상세한 설명이 첨부된 도면들에서 일부가 도시된 실시예들을 참조할 수 있다. 그러나, 첨부된 도면들은 본 발명의 단지 통상적인 실시예들을 도시하며, 따라서 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 고려되지 않고, 본 발명에 대해 다른 균등하게 유효한 실시예들을 인정할 수 있다는 것이 주목되어야 한다.

### 도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 장치의 개략적인 등각도이며,
- 도 1b는 도 1a의 에너지 소스의 일 실시예의 개략적인 저면도이며,
- 도 2는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 장치의 개략적인 등각도이며,
- 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 프로세스를 겪는 기판 상의 온도 대 위치의 그래프이며,
- 도 3b 내지 도 3c는 본 발명의 두 개의 실시예들에 따른 프로세스들을 겸는 기판의 개략적인 평면도들이며,
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 장치의 개략적인 측면도이며,
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 프로세싱 챔버를 도시하는 개략적인 단면도이며,
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 프로세스를 겸는 기판의 개략적인 평면도이며,
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 프로세싱 챔버를 도시하는 개략적인 단면도이며,
- 도 8a 내지 도 8b는 본 발명의 실시예들에 따른 프로세스들을 겸는 기판들 상의 온도 대 시간의 그래프들이며,
- 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 방법을 요약하는 흐름도이며,
- 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 방법을 요약하는 흐름도이며,
- 도 11은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 방법을 요약하는 흐름도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이해를 촉진하도록, 가능하게는 도면들에 공통하는 동일한 요소들을 표시하도록 동일한 도면 부호들이 이용된다. 일 실시예에서 공개된 요소들은 특별한 인용 없이 다른 실시예들에 유익하게 이용될 수 있는 것이 고려된다.
- [0017] 기판들 상의 소자 치수들이 더 작아질수록, 그리고 기판들이 자체적으로 더 커질수록, 전체 기판들에서 한번에 열 처리를 수행하는 것은 매우 비현실적이 되고 있다. 전체 표면을 통전하기 위해 요구되는 전력이 과중하게 되고, 비-균일 처리에 대한 기회도 그렇다. 따라서, RTP 챔버들과 같은 열 처리 툴들은 때때로 기판 표면의 부분들을 차례로(by turns) 처리하도록 구성된다. 미국 캘리포니아의 산타 클라라의 어플라이드 머티어리얼스 인코포레이티드로부터 입수 가능한 DSA(등록상표) 챔버와 같은 예시적인 열 프로세싱 장치는 표면을 어닐링하도록 레이저 광으로 기판 표면의 작은 부분을 조사하기 위해 이용될 수 있다. 레이저 비임의 예지에서, 기판 표면은 극한 비율로 가열될 수 있고, 조사된 부분과 비처리 부분 사이의 온도 구배는 기판 내에서 열 응력에 의한 손상을 유발할 수 있다. 이러한 이유 때문에, 기판은 일반적으로 어닐링 온도로 가열하는 응력을 감소시키도록 상승된 주위 온도로 전체 기판을 유지하는 가열된 척(chuck) 상에 배치된다. 그러나, 빈번하게 상승된 온도로 기판을 유지하는 요구는 열 처리의 이익을 감소시킨다. 본 발명의 실시예들은 일반적으로 기판을 열 처리하는 개선된 방식을 고려한다.

- [0018] 일반적으로 본 명세서에서 이용되는 용어 "기판들"은 소정의 자연의 전기 전도 능력을 가지는 임의의 재료 또는 전기를 전도하기 위한 능력을 제공하도록 변형될 수 있는 재료로 형성된 제품들을 지칭할 수 있다. 통상적인 기판 재료들은 실리콘(Si) 및 게르마늄(Ge)과 같은 반도체들 뿐만 아니라 반도체 특성들을 나타내는 다른 화합물들을 포함하지만, 이에 제한되는 것은 아니다. 이와 같은 반도체 화합물들은 일반적으로 III-V족 및 II-VI족 화합물들을 포함한다. 대표적인 III-V족 반도체 화합물들은 비소화갈륨(GaAs), 인화갈륨(GaP), 및 질화갈륨(GaN)을 포함하지만, 이에 제한되는 것은 아니다. 일반적으로, 용어 "반도체 기판들"은 벌크 반도체 기판들 뿐만 아니라 그 위에 배치된 증착 층들을 가지는 기판들을 포함한다. 이를 위해, 본 발명의 방법들에 의해 프로세싱된 일부 반도체 기판들 내의 증착 층들은 동종(homo) 에피택셜(예를 들면, 실리콘 온(on) 실리콘) 또는 이종(hetero) 에피택셜(예를 들면, GaAs 온 실리콘) 성장중 어느 하나에 의해 형성된다. 예를 들면, 본 발명의 방법들에는 이종 에피택셜 방법들에 의해 형성된 비소화갈륨 및 질화갈륨 기판들이 이용될 수 있다. 유사하게, 발명된 방법들은 또한 절연 기판들(예를 들면, 실리콘-온-인슐레이터[SOI] 기판들) 상에 형성된 비교적 얇은 결정 실리콘 층들 상에 박막 트랜지스터(TFT)들과 같은 집적 소자들을 형성하도록 적용될 수 있다.
- [0019] 본 발명의 소정의 실시예들은 기판을 열 처리하는 방법들을 제공한다. 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 장치(100)의 개략적인 등각도이다. 도 1a는 작업면(108) 상에 배치된 기판(106)의 형성된 구역, 또는 어닐링 구역(104) 상에 일정량의 에너지를 투사하도록 적용된 에너지 소스(102)를 특징으로 한다. 어닐링 구역(104) 상에 투사되는 에너지의 양은 기판(106)의 표면의 어닐링을 일으키도록 선택된다. 일부 실시예들에서, 에너지 소스에 의해 전달된 에너지는 기판(106)의 일 부분을 용융하기 위해 요구되는 것보다 작다. 다른 실시예들에서, 전달된 에너지는 기판(106)의 일 부분의 우선 용융을 일으키도록 선택된다.
- [0020] 소정의 실시예들에서, 에너지 소스(102)는 도 1b에 개략적으로 도시된 바와 같이, 복수의 이미터들을 포함하며, 이미터(102A 내지 102E)들은 에너지 소스(102)에 매립된 것으로 도시된다. 이미터(102A 내지 102E)들은 일반적으로 기판(106) 상으로 지향되는 방사선을 방출한다. 소정의 실시예들에서, 이미터(102A 내지 102E)들 중 각각은 동일한 양의 에너지를 방출한다. 다른 실시예들에서, 이미터(102A 내지 102E)들은 상이한 양의 에너지를 방출할 수 있다. 예시적인 일 실시예에서, 이미터(102A)는 기판(106)의 어닐링 구역(104)을 어닐링하도록 선택된 양의 에너지를 방출할 수 있는 반면, 이미터(102B 내지 102E)들은 어닐링 구역(104) 근처, 어닐링 구역에 인접, 또는 어닐링 구역에 중복되는 기판(106)의 하나 또는 둘 이상의 부분들을 예열하기 위해 선택된 일정량의 에너지를 방출한다.
- [0021] 일 예에서, 도 1a에 도시된 바와 같이, 어닐링 구역(104)과 같은, 기판의 단지 하나의 형성된 구역은 임의의 부여된 시간에 있어서 에너지 소스(102)로부터 방사선에 노출된다. 본 발명의 일 양태에서, 기판의 소망하는 구역들의 우선 용융을 일으키도록, 기판(106)의 다중 영역들이 에너지 소스(102)로부터 전달된 소망하는 양의 에너지에 순차적으로 노출된다. 또 다른 양태에서, 기판(106)의 다중 영역들이 기판의 소망하는 구역들을 용융 없이 어닐링하도록 선택된 에너지 소스(102)로부터의 일정량의 에너지에 순차적으로 노출된다.
- [0022] 대체로, 기판의 표면 상의 영역들은 전자기 방사선 소스(예를 들면, 종래의 X/Y 스테이지, 정밀 스테이지들)의 출력에 대해 기판을 병진이동 및/또는 기판에 대해 방사선 소스의 출력을 병진이동시킴으로써 순차적으로 노출될 수 있다. 통상적으로, 기판(106)의 운동 및 위치를 제어하기 위해, 개별 정밀 스테이지(도시안됨)의 일부일 수 있는, 하나 또는 둘 이상의 종래의 전기 액츄에이터(110)(예를 들면, 선형 DC 서보 모터, 리드(lead) 스크류 및 서보 모터)들이 이용된다. 기판(106)을 지지 및 위치시키기 위해 이용될 수 있는 종래의 정밀 스테이지들은 미국 캘리포니아 로너트 파크의 파커 하니핀 코포레이션으로부터 입수 가능하다.
- [0023] 다른 실시예들에서, 전자기 방사선의 소스가 기판에 대해 병진이동될 수 있다. 도 1a의 실시예에서, 예를 들면, 에너지 소스(102)는 기판(106)의 소망하는 구역 위에 에너지 소스(102)를 위치시키도록 구성된, 카티션 프레임(Cartesian frame)과 같은, 위치설정 장치들(도시안됨)에 결합될 수 있다. 위치설정 장치들은 부가적으로 기판(106) 위에 에너지 소스의 상승을 조정하도록 구성될 수 있다.
- [0024] 도 1a를 다시 참조하면, 예열 구역(112)은 기판(106)의 표면 상에 형성된다. 소정의 실시예들에서, 예열 구역(112)은 어닐링 구역(104)을 둘러싼다. 다른 실시예들에서, 예열 구역은 어닐링 구역(104)에 인접할 수 있거나, 어닐링 구역(104)에 중복될 수 있다. 여전히 다른 실시예들에서, 예열 구역(112)은 예열 구역(112)과 어닐링 구역(104) 사이에 캡 또는 공간을 가지고, 어닐링 구역(104) 근처에 있을 수 있다. 소정의 실시예들에서, 예열 구역은 어닐링 구역으로부터 이격될 수 있다. 따라서, 예열 구역은 도 1a의 실시예에서 도시된 원형 예열 구역(112)과 같은, 소정의 편리한 형상을 가질 수 있다.
- [0025] 도 2는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 장치(200)의 개략적인 등각도이다. 에너지 소스(202)는 작업면(206)

상에 배치된 기판(204)을 향하여 에너지를 지향시키도록 구성된다. 소정의 실시예들에서, 에너지 소스(202)는 기판(204)의 표면을 열 처리하도록 선택된 성질의 전자기 에너지를 방출하는 복수의 이미터(202A)들을 포함한다. 이미터(202A)들 중 하나 이상은 기판(204)의 어닐링 부분(208)을 어닐링하도록 구성될 수 있는 반면, 이미터(202A)들 중 하나 이상은 기판(204)의 예열 부분(210)을 예열하기 위해 구성된다. 도 2의 실시예에서, 예열 부분(210)은 어닐링 부분(208)에 인접하게 도시된다. 다른 실시예들은 예열 부분(210)이 어닐링 부분(208)에 중복되거나, 어닐링 부분(208)으로부터 이격되는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0026] 도 3a는 본 발명의 일 실시예를 실시하는 기판 상의 영향을 보여주는 일반화된 그래프이다. 도 3a에 도시된 바와 같이, 기판의 부분들은 상이한 존들에서 상이한 온도들로 유지된다. 도 3a의 그래프는 어닐링 프로세스를 겪는 기판의 표면 상의 온도의 지점들을 개략적으로 나타내며, 이 지점들은 처리 존을 통하여 도시된 라인 상에 배치된다. 제 1 존(302)은 기판 표면을 어닐링하도록 선택된 고온으로 유지될 수 있다. 이러한 존은 도 1a의 어닐링 구역(104), 도 2의 어닐링 구역(204), 또는 고온으로 가열될 기판의 어떠한 구역에도 대응될 수 있다.

[0027] 도 3a의 실시예는 제 2 존(304)이 도 3a의 예에서 보다 낮은 상이한 온도로 일반적으로 유지되는 것을 특징으로 한다. 소정의 실시예들에서, 제 2 존(304)은 제 1 존(302)을 둘러쌀 수 있다. 다른 실시예들에서, 제 2 존(304)은 제 1 존(302)에 인접할 수 있고, 제 1 존(302)에 중복될 수 있고, 또는 제 1 존(302)으로부터 이격될 수 있다. 제 2 존(304)의 온도는 일반적으로 제 1 존(302)의 온도보다 더 낮다. 제 2 존(304)의 온도는 기판의 부분들을 예열하도록 선택될 수 있어, 매우 급작스런 온도 변화들에 기인한 기판 상의 열 응력을 감소시킨다.

[0028] 또한, 제 3 존(306)이 일반적으로 기판 상에 형성된다. 대부분의 실시예들에서, 제 3 존(306)은 주위 온도가 우세한 존일 것이다. 따라서, 제 3 존(306)은 다수의 실시예들에서 주위 존일 수 있다. 그러나, 소정의 실시예들에서, 제 3 존(306)은 또한, 예를 들면 가열된 지지부에 의한 주의의 가열에 의해 또는 전자기 에너지의 추가 이용 중 어느 하나에 의해, 인가된 열 에너지를 수용할 수 있다. 제 1 존(302)에 더 근접하여 점진적으로 예열한다는 개념에 따라, 제 3 존(306)의 온도는 일반적으로 제 2 존(304)의 온도보다 낮을 것이다. 제 3 존(306)은 소정의 실시예들에서 제 2 존(304)을 둘러쌀 수 있거나, 다른 실시예들에서 제 2 존에 인접할 수 있다. 소정의 실시예들에서, 제 3 존의 온도는 약 500 °C 미만으로 유지될 것이다.

[0029] 제 2 존(304)은 제 1 존(302) 및 제 3 존(306)의 온도들 사이의 온도를 가질 수 있다. 소망하는 예열을 달성하기 위해, 제 2 존(304)의 온도는 제 3 존(306)의 온도로부터 제 1 존(302)의 온도에의 전체 온도 상승의 약 30% 내지 약 70%의 온도 상승을 초래할 수 있다. 소정의 실시예들에서, 제 3 존(306)에 대한 제 2 존(304)의 온도 상승은 제 3 존(306)에 대한 제 1 존(302)의 온도 상승의 약 50%이다.

[0030] 소정의 실시예들에서, 제 1 존(302)의 온도는 약 1,250°C 내지 약 1,350°C와 같은, 약 1,100°C 내지 약 1,400°C 일 수 있다. 소정의 실시예들에서, 제 1 존(302)과 주위 온도 사이의 온도 차이는 기판의 용융점과 주위 온도 사이의 온도 차이의 약 95%와 같은 약 90% 내지 약 99%일 것이다. 소정의 실시예들에서, 제 2 존(304)의 온도는 약 300°C 내지 약 800°C일 수 있다. 제 2 존(304)의 온도는 일반적으로 제 1 존(302) 내지 제 2 존(304) 사이 경계에서 열 응력을 감소시키도록 선택되지만, 또한 일반적으로 기판의 부분들이 비정질화되는(amorphize) 수준 아래이다. 제 2 존(304)의 온도는 일반적으로 어닐링될 기판의 부분들을 예열하면서 어닐링 된 부분들을 냉각하도록 선택될 것이다. 제 2 존(304)의 온도는 일반적으로 결정 격자로부터 원자들을 제거하기 위해 요구된 온도 아래이다. 실리콘 함유 기판을 특징화하는 예시적인 일 실시예에서, 제 1 존(302)의 온도는 약 1,350 °C일 수 있고, 제 2 존(304)의 온도는 약 650°C이고, 제 3 존(306)의 온도는 약 20°C일 수 있거나 또 다른 주위 온도일 수 있다.

[0031] 도 3b 및 도 3c는 각각 그 위에 형성된 복수의 처리 존들을 가지는, 기판들의 개략도들이다. 처리 존들은 전자기 방사선에 의해 가열되는 기판의 영역들을 나타낸다. 도 3b의 실시예는 제 2 존(304B) 및 제 3 존(306B)에 의해 둘러싸이는 제 1 존(302)을 가진다. 이러한 존들이 유사하거나 상이한 형상들을 가질 수 있다는 것에 주의하여야 한다. 도 3b의 실시예는 원형의 제 2 및 제 3 존(304B, 306B)들과 함께 직사각형의 제 1 존(302B)을 특징으로 한다. 대체 실시예들은 모든 3개의 존들에 대해 원형 형상들을 가질 수 있다. 도 3c의 실시예는 주위 존인 제 3 존(306C)에 의해 모두 둘러싸이는, 어느 일 축부 상에서 제 1 존(302C)에 인접한 직사각형 또는 정사각형의 제 2 존(304C)과 함께, 직사각형의 제 1 존(302C)을 특징으로 한다. 또한, 제 2 존이 전체에 걸쳐 단일 온도로 유지될 수 있거나 제 2 존의 부분들이 상이한 온도들로 유지될 수 있음에 주의하여야 한다. 예를 들면, 도 3b의 실시예의 제 2 존(304B)은 전체에 걸쳐 단일 온도일 수 있는 반면에, 도 3c의 실시예의 제 2 존(304C)은 상이한 온도들의 부분들을 가질 수 있다. 제 2 존(304C)의 일 부분이 예열 존으로서 의도되고 그리고

또 다른 부분이 냉각 존으로서 의도되는 경우, 예열 부분은 냉각 부분보다 더 높은 온도로 유지될 수 있다. 원형, 직사각형, 또는 임의의 다른 평면 형상과 같은 임의의 타당한 형상의 기판이 본 명세서에서 설명된 본 발명의 실시예들로부터 이익을 얻을 수 있음에 주의하여야 한다.

[0032] 소정의 실시예들에서, 주위 존과 어닐링 존 사이의 상승된 온도의 다중 존들이 있을 수 있다. 소정의 실시예들은, 단일 어닐링 존을 구비한 복수의 예열 존들을 특징으로 할 수 있다. 소정의 실시예들은 제 1의 복수의 예열 존들 및 제 2의 복수의 냉각 존들을 특징으로 할 수 있다. 소정의 실시예들에서, 하나의 존은 다음의 더 높은 온도의 존을 둘러쌀 수 있으므로, 각각의 존이 다른 존을 둘러싸고, 또 다른 존에 의해 둘러싸인다. 이와 같은 실시예들은 형상이 동심 원들, 또는 상이한 지점들에 중심을 가지는 포개지는 원들(즉, 비-동심원들)에 가까운(approximate) 존들을 가질 수 있다. 다양한 상이한 다각형 형상들, 예를 들면, 삼각형, 직사각형, 정사각형, 사다리꼴, 6각형, 등과 같은, 다수의 상이한 형상들의 존들이 소정의 실시예들에서 유용할 수 있다. 당연히, 상이한 형상들은 상이한 존들에 사용될 수 있다. 다른 실시예들에서, 존은, 일측에서는, 다음의 더 높은 온도의 존에 인접하고, 타측에서는, 다음의 더 낮은 온도의 존에 인접할 수 있다. 또 다른 실시예들에서, 소정의 존들은 다른 존들에 인접할 수 있고, 소정의 존들은 다른 존들을 둘러쌀 수 있다. 예를 들면, 제 1 존은 어닐링 존으로서 규정될 수 있고, 인접한 제 2 존은 제 1 존의 제 1 측부 상의 예열 및 제 1 존의 제 2 측부 상의 냉각을 위한 것이고, 제 1 및 제 2 존들 모두는 제 3 존에 의해 둘러싸이며, 제 3 존은 주위 온도를 상회하는 온도로 유지되고, 제 4 존은 주위 온도로 유지되는 다른 존들 모두를 둘러싼다.

[0033] 예시적인 일 실시예에서, 직사각형 어닐링 존은 대향측들 상에 삼각형들을 구비한 직사각형과 같이 형성된 하나 또는 둘 이상의 예열 존들에 의해 둘러싸일 수 있다. 이 같이 테이퍼진 형상은 원하는 방식으로 기판 표면의 가열 및 냉각을 용이하게 할 수 있다. 또 다른 예시적인 실시예에서, 직사각형 또는 원형일 수 있는 어닐링 존은 눈물방울(teardrop) 형상을 가지는 하나 또는 둘 이상의 예열 존들에 의해 둘러싸일 수 있다. 눈물방울 형상의 둥근 부분은 예열 존일 수 있는 반면, 눈물방울의 "꼬리"는 냉각 존일 수 있다.

[0034] 소정의 실시예들에서, 예열 또는 냉각 존들 중 하나 또는 둘 이상은 어닐링 존으로부터 이격될 수 있고, 어닐링 존과 예열 및/또는 냉각 존들 사이에 갭을 갖는다. 예를 들면, 주위 존, 예열 존, 어닐링 존, 및 냉각 존과 같은 4개의 존들이 어닐링될 기판 표면 상에 형성될 수 있다. 어닐링 존은 11 mm로 측정된 두 개의 장변(long side)들 및 100  $\mu\text{m}$ 로 측정된 두 개의 단변(short side)들을 가지는 직사각형일 수 있다. 예열 존은 13 mm로 측정된 베이스 및 5 mm의 높이를 가지는 2등변 삼각형일 수 있으며, 베이스가 어닐링 존의 장변에 평행하고 어닐링 존의 장변으로부터 약 1 mm 이격되며, 이등변 삼각형을 이등분하는 선이 또한 길이가 5.5 mm이고 폭이 100  $\mu\text{m}$ 인 두 개의 직사각형들로 어닐링 존을 이등분하도록 어닐링 존에 대해 중심이 조정된다(centered). 냉각 존은 또한 예열 존과 유사한 이등변 삼각형일 수 있다. 어닐링 존 온도가 1,200°C인 경우, 예열 존의 온도는 약 600°C 내지 약 700°C일 수 있어, 기판이 예열 존과 어닐링 존 사이의 갭을 통과함에 따라 기판 표면의 온도가 약간 떨어진다. 예를 들면, 기판 표면의 온도는 어닐링 존 내로 통과하기 이전에 약 500°C로 떨어질 수 있다. 이와 같은 예열 프로파일은 표면을 예열하는 동안 기판의 벌크 내에서 깊은 원자들의 섭동을 최소화하는데 유용할 수 있다. 예열 존을 형성하는 이등변 삼각형의 베이스의 길이를 연장함으로써 기판 상의 열 응력에 의한 손상을 방지하도록 어닐링 존의 단변에 인접한 기판 표면의 영역들에 대한 가열을 제공할 수 있다. 예열 존으로부터 어닐링 존의 마주하는 긴 측부에 인접하게 위치되는 유사한 냉각 존은 열 응력에 의한 손상을 회피하면서 냉각을 가속하기에 유용할 수 있다.

[0035] 소정의 실시예들은 복수의 어닐링 존들 및 상이한 중간 온도들을 가지는 복수의 존들을 특징으로 할 수 있다. 각각의 어닐링 존은 개별 실시예들의 요구들에 따라 동일한 온도 또는 상이한 온도들로 유지될 수 있다. 이러한 종류의 실시예들에서, 예열 존들은 어닐링 존들 사이, 어닐링 존들 중에서, 어닐링 존들 주위, 어닐링 존들에 인접하게 형성될 수 있거나, 어닐링 존들을 둘러싸거나, 어닐링 존들로부터 이격될 수 있다. 예를 들면, 일 실시예에서, 기판은 각각의 부분에서 복수의 처리 존들을 형성하는 장치에 의해 4개의 부분들에서 프로세싱될 수 있다. 따라서, 각각의 부분은 예열 존에 의해, 그리고 추가로 주위 존에 의해 둘러싸이는 어닐링 존을 가질 수 있으며, 상기 존들은 기판을 동시에 프로세싱하도록 각각의 부분을 가로질러 병진이동한다. 이와 같은 일 실시예에서, 존들은 본 명세서에서 설명된 방식들 중 어떤 것으로도 성형 및 구성될 수 있으며, 각각의 부분 내의 가열되는 존들의 위치는 기판의 전체적인 열량을 관리하도록 다른 부분들 내에 가열되는 존들로부터 미리-선택된 거리로 유지될 수 있다.

[0036] 소정의 실시예들에서, 예열 존들, 또는 예열 및 냉각 존들은 편리한 방식으로 성형될 수 있다. 도 3c의 실시예에서 설명된 바와 같이 예열 및 냉각 존들이 직사각형이고 어닐링 존의 두 개의 측부를 상에 배치되는, 실시예들이 설명되었다. 다른 실시예들에서, 예열 및 냉각 존들의 형상은 어닐링 존으로부터 떨어져 테이퍼질 수 있

다. 예열 및 냉각 존들이 어닐링 존을 둘러싸지 않는 실시예들에서, 예열 및 냉각 존들은 일반적으로 어닐링 존의 하나 이상의 크기와 동일한 공간에 결칠 수 있을 것이다. 소정의 실시예들에서, 예열 및 냉각 존들은 어닐링 존으로부터 거리를 두고 좁아질 수 있다. 소정의 실시예들에서, 예열 및 냉각 존들은 삼각형, 사다리꼴, 포물선, 타원형, 계란형, 또는 불규칙적인 형상들을 가질 수 있다. 다른 실시예들에서, 예열 및 냉각 존들은 반원으로 결합되는 직사각형 형상을 가질 수 있다. 이러한 형상들은 하나의 형상을 가지는 예열 존 및 또 다른 형상을 가지는 냉각 존이 혼합될 수 있다. 단일의 중간-온도 존을 형성하도록 예열 및 냉각 존들이 어닐링 존을 둘러싸는 실시예들에서, 단일의 중간-온도 존이 또한 형성될 수 있다. 소정의 실시예들에서, 어닐링 존을 둘러싸는 중간-온도 존은 타원형, 계란형, 또는 다이아몬드 형상일 수 있다. 다른 실시예들에서, 직사각형 존이 어닐링 존을 둘러쌀 수 있다. 또 다른 실시예들에서, 중간-온도 존은 불규칙적, 또는 한 쌍의 접하는 사다리꼴들과 같은 복잡한-규칙적인 형상을 가질 수 있다.

[0037] 일 실시예에서, 중간-온도 존은 일반적으로 타원형 형상을 가질 수 있으며 어닐링 존에 대해 불규칙적으로 배치될 수 있다. 이와 같은 실시예에서, 어닐링 존의 중심(centroid)은 중간-온도 존의 중심으로부터 멀리 변위될 것이다. 따라서, 중간-온도 존의 에지 상의 시작 지점들로부터 어닐링 존의 에지 상의 종료 지점들까지 형성되는 복수의 선분(line segment)들은 최대값으로부터 최소값에 이르는 길이들을 가질 것이며, 각각의 선분은 별개의 시작 지점에 수직이다. 어닐링 경로의 방향에서 어닐링 존의 에지와 중간-온도 존의 에지 사이에 더 많은 거리를 유지하므로, 어닐링 에너지가 기판의 표면을 가로질러 이동함에 따라, 기판에 대한 손상을 방지하기에 충분한 예열 에너지가 인가되고, 어닐링이 끝난 후 손상 없이 급속한 냉각을 용이하게 하는데 충분한 에너지가 냉각 존으로 인가되는 것이 유리할 수 있다. 이와 같은 일 실시예에서, 기판 표면 상의 특별한 지점에 대한 온도 대 시간의 플로트(plot)가 눈물방울의 절반의 형상을 가질 수 있다.

[0038] 도 4는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 장치(400)의 개략적인 측면도이다. 제 1 에너지 소스(402) 및 제 2 에너지 소스(404)는 기판(410)의 제 1 표면(406) 및 제 2 표면(408) 각각을 향하여 에너지를 지향시키도록 배치된다. 제 1 에너지 소스(402)는 기판(410)의 제 1 존(412)을 향하여 에너지를 지향시킨다. 제 2 에너지 소스(404)는 기판(410)의 제 2 존(414)을 향하여 에너지를 지향시킨다. 대부분의 실시예들에서, 제 1 존(412)은 제 2 존(414)보다 작으며, 제 2 존(414)의 경계들은 모든 측부들 상의 제 1 존(412)의 경계들을 넘어 연장한다. 대부분의 실시예들에서, 제 1 에너지 소스(402)는 기판(410)을 향하여 전자기 에너지를 지향하고, 제 1 존(412)을 어닐링 온도로 가열하도록 선택된 에너지로 제 1 존(412)을 조사하는 반면, 제 2 에너지 소스(404)는 제 2 존(414)을 중간 온도로 가열하도록 선택된 에너지로 제 2 존(414)을 조사한다. 중간 온도로의 제 2 존(414)의 가열은 제 1 존(412)의 에지에서의 급격한 온도 변화들에 기인한 극도의 열 응력들을 회피하도록 어닐링될 기판의 부분들을 예열하도록 작용한다. 대체로, 기판을 어닐링하도록 설계된 에너지 소스는 적어도  $1 \text{ W/cm}^2$ 의 전력 밀도를 기판 표면으로 전달할 것이며, 단지 기판을 가열하도록 설계된 에너지 소스는 적어도  $0.1 \text{ W/cm}^2$ , 그렇지만 어닐링하기 위해 요구되는 전력 밀도보다 적은 전력 밀도를 전달할 것이다.

[0039] 일 양태에서, 어닐링 구역은 기판의 표면 상에 형성된 개별 다이(예를 들면, 40개의 "다이들" 이 도 1a에 도시된다) 또는 반도체 소자(예를 들면, 메모리 칩)와 일치하는 크기를 가진다. 도 1a를 다시 참조하면, 일 양태에서, 어닐링 구역(104)의 경계는 각각의 다이의 경계를 형성하는 "절단(kerf)" 또는 "스크라이브(scribe)" 라인(114)들 내에 끼워장착되도록 정렬 및 치수 설정된다. 일 양태에서, 어닐링 구역(104)이 다이에 적절히 정렬될 수 있도록, 어닐링 프로세스를 수행하기 전에 기판의 표면 상에서 통상적으로 발견되는 정렬 마크(alignment mark)들 및 다른 종래의 기술들을 이용하여 기판이 에너지 소스(102)의 출력에 정렬된다. 어닐링 구역이 스크라이브 또는 절단 라인(114)들과 같은, 다이들 사이의 자연적으로 발생되는 미사용 공간/경계들 내에서 단지 중복되도록 어닐링 구역(104)들의 순차적인 배치는 기판 상에 소자들이 형성되는 영역들 내에서의 에너지를 중복 시킬 필요를 감소시키고 이에 따라 중복하는 어닐링 구역들 사이의 프로세스 결과들의 변동을 감소시킨다. 이 기술은, 다이들 사이의 미사용 공간에 대한 중복의 형성으로 인해 기판의 소망하는 구역들에 걸쳐 균일한 어닐링을 보장하도록 인접하게 스캔된 구역들 사이의 중복을 타이트하게 제어하기 위한 요구가 문제가 되는 것이 아니기 때문에, 기판의 표면을 가로질러 레이저 에너지를 스위핑하는(sweeping) 종래의 프로세스들에 비해 장점을 가진다. 다이들 사이의 미사용 공간/경계에 대한 중복을 한정하는 것은 기판의 영역들 모두를 획단하는 인접하여 중복되는 영역들을 이용하는 종래의 스캐닝 어닐링 타입 방법들에 대한 프로세스 균일도 결과들을 또한 개선한다. 따라서, 기판의 임계적 구역들을 프로세싱하도록 에너지 소스(102)로부터 전달되는 에너지에 대한 노출의 변동량에 의해, 프로세스 변동량이 최소화되며, 이는 순차적으로 배치되는 어닐링 구역(104)들 사이로 전달된 에너지의 어떠한 중복도 최소화될 수 있기 때문이다.

- [0040] 도 1a를 참조하면, 일 예에서, 순차적으로 배치되는 어닐링 구역(104)들 각각은 크기가 약 22 mm x 약 33 mm인 직사각형 구역이다(예를 들면, 726 제곱 밀리미터( $\text{mm}^2$ 의 면적)). 일 양태에서, 기판의 표면 상에 형성된 순차적으로 배치되는 어닐링 구역(104)들의 각각의 면적은 약 4  $\text{mm}^2$ (예를 들면, 2 mm x 2 mm) 내지 약 1000  $\text{mm}^2$ (예를 들면, 25 mm x 40 mm)이다. 원형 예열 구역(112)은 어닐링 구역(104)을 둘러쌀 수 있고, 어닐링 구역(104)의 에지를 넘어 약 100 mm 까지 연장할 수 있다. 도 1a에 도시된 것과 같은 일 실시예에서, 예열 구역(112)은 바람직하게는 어닐링 구역(104)의 에지를 넘어 약 50 mm 이상 연장하는 것이 바람직할 것이다. 예열 구역 또는 중간-온도 구역이 어닐링 구역을 넘는 크기는 일반적으로 기판의 크기 및 이용가능한 에너지 전달 리소스들을 따를 것이다. 대부분의 실시예들에서, 실시예를 위해 요구되는 열량 관리를 제공하는 동안 전력 요구들이 최소화되도록 다양한 중간-온도 구역들의 크기를 만드는 것이 바람직할 것이다. 소정의 실시예들에서, 중간-온도 구역은 하나 이상의 방향으로 어닐링 구역을 넘어 50 mm 미만, 예를 들면 약 30 mm와 같은, 100 mm 미만으로 연장한다.
- [0041] 지금부터 도 2를 참조하면, 또 다른 예에서, 각각의 어닐링 부분(208)은 도 1a의 어닐링 구역(104)들의 치수들과 유사한 치수들을 가질 수 있다. 예열 구역(210)들은 양쪽(either side) 상에서 어닐링 부분(208)에 인접하게 도시되며, 어닐링 부분(208)의 하나의 치수와 동일한 공간에 걸친다. 예열 구역(210)들은 소정의 실시예들에서, 어닐링 부분(208)의 에지를 넘어 약 50 mm 내지 약 100 mm로 연장할 수 있다.
- [0042] 예열 존 또는 구역의 크기는 일반적으로 예열 존 내의 충분한 예열을 허용하도록 선택될 것이다. 소정의 실시예들에서, 각각의 예열 존은 충분한 예열을 허용하도록 어닐링 존보다 더 클 수 있다. 연속하는 어닐링 구역들의 순차적인 노출을 특징으로 하는 일 실시예에서, 예열 존을 소망하는 온도로 예열하기 위해 요구되는 시간은 어닐링 존을 어닐링하기 위해 요구되는 시간보다 더 길 수 있다. 따라서, 기판 상의 개별 위치는 두 개 또는 세 개 이상의 예열 프로세스들로 처리될 수 있다.
- [0043] 대부분의 실시예들에서, 에너지 소스는 일반적으로 기판 표면의 소정의 소망하는 구역들을 어닐링하기 위해 전자기 에너지를 전달하도록 구성된다. 전자기 에너지의 통상적인 소스들은 광학 방사 소스들(예를 들면, 레이저들), 전자 비임 소스들, 이온 비임 소스들, 마이크로파 에너지 소스들, 가시 광선 소스들, 및 적외선 소스들을 포함하지만, 이에 제한되는 것은 아니다. 일 양태에서, 기판은 원하는 시간 주기동안 하나 또는 그 초과의 적절한 파장들로 방사선을 방출하는 레이저로부터 에너지의 펄스에 노출될 수 있다. 또 다른 양태에서, 플래쉬 램프들은 기판 상으로 펼성하기 위해 가시 광선 에너지를 발생하도록 이용될 수 있다. 일 양태에서, 어닐링 구역으로 전달되는 에너지의 양 및/또는 펄스의 주기에 걸쳐 전달되는 에너지의 양이 소망하는 영역들의 타겟 어닐링을 수행하기 위해 최적화되도록, 에너지 소스로부터 에너지의 펄스가 테일러링된다(tailored). 일 양태에서, 방사선의 상당 부분이 기판 상에 배치되는 실리콘 층에 의해 흡수되도록, 레이저의 파장이 동조된다(tuned). 실리콘 함유 기판 상에서 수행된 레이저 어닐링 프로세스들에 대해, 방사선의 파장은 통상적으로 약 800 nm 미만이고, 심(deep) 자외선(UV), 적외선(IR) 또는 다른 바람직한 파장들로 전달될 수 있다. 일 실시예에서, 에너지 소스는 약 500 nm 내지 약 11 마이크로미터의 파장으로 방사선을 전달하도록 구성된 레이저와 같은, 강한 광원일 수 있다. 대부분의 실시예들에서, 어닐링 프로세스는 일반적으로 약 1초 또는 그 미만의 정도와 같은, 비교적 짧은 시간 동안 기판의 주어진 구역 상에서 발생한다.
- [0044] 소정의 실시예들에서, 에너지 소스는 복수의 이미터들을 포함하며 복수의 이미터들 중 하나 이상은, 상술된 바와 같이 어닐링 에너지를 방출하고, 복수의 이미터들 중 하나 이상은 예열 에너지를 방출한다. 예열 에너지는 연속과 에너지일 수 있거나 펄스들로 전달될 수 있다. 예열 에너지는 간섭성 또는 비간섭성, 단색성 또는 다색성, 극성 또는 비극성, 또는 이들의 소정의 조합 또는 정도일 수 있다. 예열 에너지는 강한 백색 광으로서, 적외선 광으로서, 또는 레이저 광으로서 전달될 수 있다. 강한 백색 광은 제논 램프들을 이용하여 전달될 수 있다. 적외선 광은 열 램프들을 이용하여 전달될 수 있다. 소정의 실시예들에서, 예열 에너지는 어닐링 에너지가 펄스들로 전달되는 상태로 연속 과정 방사선으로서 전달될 수 있다. 예열 에너지는 일반적으로 어닐링 또는 용융을 위해 요구되는 양의 일부분이 기판의 온도를 상승시키도록 선택된다. 일 실시예에서, 레이저는 작업면 위에 배치될 수 있고, 이 레이저를 4개의 열 램프들이 둘러싸고 어닐링 존 둘레의 영역을 예열한다. 또 다른 실시예에서, 4개의 제논 램프들이 열 램프들 대신 강한 백색 광을 전달하기 위해 이용될 수 있다.
- [0045] 도 5는 본 발명의 실시예들을 실시하기에 유용한 프로세싱 챔버(500)를 도시하는 개략적인 획단면도이다. 프로세싱 챔버(500)는 챔버 바디(504) 상에 형성된 광학적으로 투명한 윈도우(506)를 포함한다. 챔버 바디(504)는 프로세싱 용적(502)을 형성한다. 일 실시예에서, 프로세싱 용적(502)은 프로세싱 용적(502)에 연결되는 진공 펌프(510) 및 불활성 가스 소스(512)에 의해 유지된 불활성 환경을 가질 수 있다.

[0046] 기판 지지부(508)는 프로세싱 용적(502) 내에 배치된다. 기판 지지부(508)는 상부면(516) 상에 배치되는 기판(514)을 지지 및 이동시키도록 구성된다. 에너지 소스(518)는 챔버 바디(504)의 외부에 위치되고 그리고 광학적으로 투명한 윈도우(506)를 통하여 에너지를 투사하도록 구성된다. 에너지 소스는 어닐링 에너지(520) 및 예열 에너지(522)를 본 명세서에서 설명된 방식들 중 하나로 투사하도록 구성될 수 있다. 기판 지지부(508)는 기판 지지부(508) 상에 배치된 기판(514)에 대한 냉각 및 가열 능력들을 가지는 온도 제어 유닛(524)에 연결될 수 있다. 기판 지지부(508)는 프로세싱 동안 기판(514)과 에너지 소스(518) 사이의 정밀한 정렬 및 상대 운동을 허용하는 하나 또는 둘 이상의 고 정밀 스테이지(526)들에 연결될 수 있다.

[0047] 일 실시예에서, 광학 센서(528)는 에너지 소스(518)와 기판(514)의 정렬을 보조하기 위해 이용될 수 있다. 광학 센서(528)는 광학적으로 투명한 윈도우(506) 근처에 위치될 수 있고 고 정밀 스테이지(526)에 추가로 연결되는 제어 유닛(530)에 연결될 수 있다. 정렬 중, 광학 센서(528)는 기판(514) 상의 가시적 표시(marker)들, 예를 들면 다이 둘레의 노치 및 스크라이브 라인을 위치시키도록 광학적으로 투명한 윈도우(506)를 통하여 "관측(look)" 할 수 있다. 제어 유닛(530)은 광학 센서(528)로부터 신호들을 프로세싱하고 정렬 조정을 위한 고 정밀 스테이지(526)로의 제어 신호들을 발생한다.

[0048] 상술된 바와 같이, 전력 요구들에 의해, 기판은 일반적으로 한 번에 한 부분에서 어닐링된다. 각각의 개별 어닐링 후, 전자기 에너지는 다음 어닐링 부분을 조사하도록 기판에 대해 병진운동되어야 한다. 도 6은 아래에 내에 배열된 40 개의 직사각형 다이(602)들을 포함하는 기판(600)의 개략적인 평면도이다. 각각의 다이(602)는 또한 다이들 사이의 미사용 영역(606)을 형성하는 스크라이브 라인(604)들에 의해 제한된다. 단일 다이(602)를 향하여 제 1 양의 에너지를 투사하기 위해 제 1 에너지 투사 구역(608)이 제공된다. 일반적으로, 제 1 에너지 투사 구역(608)은 각각의 다이(602)의 영역과 동일하거나 이 영역보다 큰 영역을 덮을 수 있지만, 각각의 다이(602)의 영역에 스크라이브 라인(604)들을 둘러싸는 미사용 영역(606)을 더한 것 보다 작은 영역을 덮을 수 있어, 에너지 투사 구역(608)에 전달된 에너지가 다이(602)를 완전히 덮지만, 이웃하는 다이(602)들과 중복되지 않는다. 기판(600)에 제 2 에너지 양을 전달하도록 제 1 에너지 투사 구역(608)을 둘러싸는 제 2 에너지 투사 구역(610)이 제공된다. 제 1 에너지 양은 제 2 에너지 양과 일반적으로 상이할 것이다. 소정의 실시예들에서, 제 1 에너지 양은 제 1 에너지 투사 구역(608) 내부의 기판 표면의 부분을 어닐링하도록 선택될 수 있다. 다른 실시예들에서, 제 1 에너지 양은 제 1 에너지 투사 구역(608) 내부의 기판 표면의 부분들을 우선적으로 용융하도록 선택될 수 있다. 제 2 에너지 양은 제 2 에너지 투사 구역(610) 내의 기판 표면의 부분들을 예열하도록 선택될 수 있다. 제 2 에너지 투사 구역(610)의 예열 온도의 상승은 약 30% 내지 약 70%, 또는 바람직하게는 약 50%와 같이 제 1 에너지 투사 구역(608) 내에 도달된 온도의 분율(fraction)일 수 있다. 따라서, 제 2 에너지 투사 구역(610)은 그 구역 내의 기판 표면의 온도를 제 1 에너지 투사 구역(608) 내에 도달된 온도 미만으로 유지하므로, 제 1 에너지 투사 구역과 제 2 에너지 투사 구역 사이의 경계면에서의 온도 구배는 기판을 손상시키기 위해 요구되는 열 응력보다 작은 기판 내의 열 응력을 발생시킨다.

[0049] 기판 표면을 가로질러 퍼지는 다중 다이(602)들 상에 어닐링 프로세스를 수행하도록, 기판 및/또는 에너지 소스의 출력이 각각의 다이(602)에 대해 위치 결정 및 정렬된다. 일 실시예에서, 곡선(612)은 기판(600)의 표면 상의 각각의 다이(602) 상에서 수행된 어닐링 시퀀스 동안 기판(600)의 다이(602)들과 에너지 투사 구역(608 및 610)들 사이의 상대 운동을 예시한다. 일 실시예에서, 상대적인 운동은 기판이 곡선(612)을 따르도록 x 및 y 방향으로 기판을 병진이동시킴으로써 달성될 수 있다. 다른 실시예에서, 상대 운동은 정지된 기판(600)에 대해 에너지 투사 구역(608 및 610)들을 이동시킴으로써 달성될 수 있다. 에너지 투사 구역(608 및 610)들은 기판(600)에 대해 에너지 소스를 이동시킴으로써, 또는 에너지 자체의 조작에 의해 이동될 수 있다. 전자기 에너지를 이용하는 일 실시예에서, 에너지는 기판 또는 에너지 소스 중 어느 하나를 이동시키지 않고 광학계(optics)를 이용하여 조작될 수 있다. 예를 들면, 하나 또는 둘 이상의 거울들 또는 렌즈들이 연속적인 다이(602)들을 향하여 투사된 에너지를 지향시킬 수 있고, 이에 따라 에너지 투사 구역(608 및 610)들을 이동시킨다.

[0050] 또한, 곡선(612)에 의해 표시된 것과 상이한 경로가 다이(602)들의 특별한 배치에 따라 작업 처리량 및 프로세스 품질을 최적화하기 위해 이용될 수 있다. 예를 들면, 선택적인 어닐링 경로는 실질적으로 나선형 패턴을 따를 수 있으며 이는 기판(600)의 중심 근처의 다이(602)들로부터 시작하여 확장되는 원형 패턴으로 진행되거나, 기판의 하나의 에지에서 다이(602)들로부터 시작하여 수축하는 원형 패턴으로 진행된다. 일 실시예에서, 대각선들을 따르는 어닐링 경로를 추구하고, 이는 다이(602)들의 대각선들을 통하여 나오는 경로를 따라 진행되는 것이 유리할 수 있다. 이와 같은 경로는 연속적인 다이(602)들 상에서 어닐링 구역들이 중복될 가능성을 최소화할 수 있다.

- [0051] 에너지 소스가 어닐링 경로를 따라 진행됨에 따라, 에너지 투사 구역들은 기판의 표면을 따라 이동한다. 도 6의 제 2 에너지 투사 구역(610)은 모든 방향들에서 제 1 에너지 투사 구역(608)을 선행한다. 따라서, 제 2 에너지 투사 구역(610)은 제 1 에너지 투사 구역(608)에서 어닐링될 기판의 예열 부분들을 이용할 수 있다. 예열은 기판 상의 열 응력들의 충격을 감소시켜, 어닐링 구역의 에지에서의 기판에 대한 손상을 방지한다.
- [0052] 선택적인 일 실시예에서, 제 2 에너지 투사 구역은 제 1 에너지 투사 구역에 인접할 수 있다. 예를 들면, 제 2 에너지 투사 구역은 제 1 에너지 투사 구역의 양 측 상에서 어닐링 경로의 방향에 외측으로 연장할 수 있다. 따라서, 제 2 에너지 투사 구역의 일 부분, 투사된 에너지가 어닐링 경로를 따라 이동함에 따라, 제 1 에너지 투사 구역의 전방으로 이동하는 부분은, 어닐링될 기판의 부분들을 예열할 수 있는 한편, 다른 부분은 어닐링 구역 뒤에서 기판의 냉각을 적정하게 한다(moderate). 이러한 종류의 어닐링 프로세스를 수행하도록 적용된 장치는 유용하게는 기판의 말단이 도달할 때 에너지 소스들을 회전시키기 위한 성능을 가질 수 있어서, 에너지 소스들이 상이한 방향으로 이동할 수 있고 제 2 에너지 투사 구역이 계속해서 제 1 에너지 투사 구역보다 앞선다.
- [0053] 일 실시예에서, 어닐링 프로세스 동안, 기판(600)은 도 6의 곡선(612)에 의해 도시된 바와 같이, 에너지 투사 구역(608 및 610)들에 대해 이동한다. 특별한 다이(602)가 제 1 에너지 투사 구역(608) 내에 위치되어 정렬될 때, 다이(602)가 특별한 어닐링 프로세스 쳐방에 따라 규정된 지속 기간에 걸쳐 소정 양의 에너지에 노출되도록, 에너지 소스가 기판(600)을 향하여 에너지의 펄스를 투사한다. 펄스식 에너지의 지속 기간은 통상적으로 충분히 짧아서 기판(600)과 제 1 에너지 투사 구역(608) 사이의 상대적인 운동이 각각의 다이(602)를 가로질러 어떠한 "흐림(blur)"도, 즉 불균일 에너지 분포도 일으키지 않도록 하고 기판에 대한 손상도 일으키지 않을 것이다. 따라서, 에너지 투사 구역(608 및 610)들은 기판(600)에 대해 연속적으로 이동할 수 있는 반면, 어닐링 에너지의 짧은 버스트(burst)들은 제 1 에너지 투사 구역 내의 다양한 다이(602)들과 충돌한다. 제 2 에너지 투사 구역(610)과 충돌하는 에너지는 또한 펄스형 또는 연속형일 수 있다. 펄스형인 경우, 제 2 에너지 투사 구역을 향하여 투사되는 에너지는 일반적으로, 기판의 열량을 관리하기 위해 제 1 에너지 투사 구역의 노출 시간에 대한 제 1 에너지 투사 구역으로 전달되는 온도 상승의 약 30% 내지 약 70%, 또는 더욱 바람직하게는 약 50%와 같은 상당한 분율로 제 2 에너지 투사 구역 내의 기판 표면의 온도를 상승시키기 위해 선택되는 성질의 것이다.
- [0054] 예를 들면, 제 1 에너지 투사 구역이 10 나노초의 레이저 버스트들과 같은, 기판의 온도를 20°C로부터 1,300°C 까지 증가시키는 입사 에너지의 제 1 펄스를 경험하는 경우, 제 2 에너지 투사 구역으로 전달되는 입사 에너지의 제 2 펄스는 제 1 버스트 동안 상기 구역 내의 기판의 온도를 적어도 약 600°C로 상승시켜야 한다. 필요한 경우, 제 2 펄스는 제 2 에너지 투사 구역 시간으로 가열하도록 제 1 펄스보다 더 길 수 있다. 소정의 실시예들에서, 제 2 에너지 투사 구역이 제 1 펄스 전에 시작하여 제 1 펄스 후에 끝나는, 제 1 에너지 투사 구역을 둘러싸므로, 제 1 펄스를 둘러싸는 간격에 걸쳐 전달되는 제 2 펄스가 기판의 인접한 영역들을 따라 제 1 펄스로 처리되어야 하는 영역을 예열하는 것이 유리할 수 있다.
- [0055] 다른 실시예들에서, 제 2 에너지 투사 구역으로 전달되는 에너지는 연속형일 수 있는 반면, 제 1 에너지 투사 구역으로 전달되는 에너지는 펄스형이다. 소정의 실시예들에서, 제 1 에너지 투사 구역으로 에너지의 다중 펄스들이 전달될 수 있는 한편, 제 2 에너지 투사 구역으로 연속형 에너지가 전달된다.
- [0056] 도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 장치(700)의 개략적인 단면도이다. 장치(700)는 기판(704)을 프로세싱하기 위한 챔버(702)를 포함한다. 기판은 챔버(702) 내부의 기판 지지부(706) 상에 위치된다. 도 7의 실시예에서, 도 7의 실시예가 전방 측 및 후방 측으로부터 기판(704)을 조사하기 때문에 기판 지지부(706)는 렁으로서 나타난다. 선택적인 실시예들에서, 기판(704)은 단지 하나의 측부로부터 조사될 수 있고, 도 5의 예시적인 기판 지지부(508)와 같은 기판 지지부 상에 배치될 수 있다. 액츄에이터(758)들에 의해, 리프트 핀(756)들은 챔버(702)로부터 기판들의 삽입 및 제거를 위해 기판 지지부(706)를 상승 및 하강한다. 챔버(702)는 하부 부분(708) 및 상부 부분(710)을 가지며, 이들은 함께 프로세싱 용적(712)을 형성한다. 상부 부분은 일반적으로 기판(704) 위의 상부 프로세싱 용적(712A)을 형성하는 상부 벽(726)을 가진다. 상부 부분(710)은 기판들을 중착(depositing) 및 제거(retrieving)하기 위한 개구(714), 및 프로세스 가스 소스(718)로부터 프로세스 가스들을 제공하기 위한 가스 유입구(716)를 가질 수 있다. 상부 부분(710)은 그의 광 투과 및 흡수 특성들을 위해 선택된 재료로 제조되는 제 1 윈도우(720)를 지지한다. 제 1 에너지 소스(722)는 제 1 에너지(724)를 제 1 윈도우(720)를 향하여 지향시키도록 챔버(702)의 외부에 위치된다. 제 1 윈도우는 바람직하게는 제 1 에너지(724)의 일부 또는 모두를 챔버(702) 내로 유입한다.
- [0057] 챔버(702)의 하부 부분(708)은 하부 프로세싱 용적(712B)을 형성하는 하부 챔버 벽(728)을 포함한다. 하부 부

분(708)은 챔버(702)로부터 프로세스 가스들을 제거하기 위한 펌프(732)에 결합되는 가스 유출구(730)를 가질 수 있다. 챔버(702)의 하부 부분(708)은 제 2 에너지 소스(734)를 수용한다. 제 2 에너지 소스(734)는 제 2 에너지(738)를 생성하고 제 2 에너지(738)를 기판(704)을 향하여 지향시키기 위한 복수의 광원(736)들을 포함한다. 제 2 원도우(740)는 복수의 광원(736)들을 덮는다. 에너지를 광원(736)으로부터 기판(704)을 향하여 지향시키도록 반사될 수 있는 각각의 광원이 튜브(746) 내에 수용된다. 광원(736)들은 일반적으로 전원(742)에 의해 전력 공급된다. 도 7의 실시예에서, 전원(742)으로부터의 전력은 전원(742)으로부터 광원들(736) 중 하나 또는 둘 이상의 광원으로 루팅하는 스위칭 박스(744)를 통하여 루팅된다. 스위칭 박스(744)의 작동을 제어함으로써, 광원(736)들은 선택적으로 통전될 수 있다.

[0058] 다수의 실시예들에서, 광원(736)들은 열 램프들과 같은 적외선 광 발생기들일 것이지만, 광원들은 또한 광역-스펙트럼 광, 자외선 광, 또는 자외선으로부터 적외선 까지의 광역 스펙트럼에 걸친 광장들의 조합들을 발생하도록 구성될 수 있다. 소정의 실시예들에서, 광원(736)들은 할로겐 램프들과 같은 백색 광 램프들 또는 플래쉬 램프들일 수 있다. 광원(736)들에 의해 발생된 제 2 에너지(738)는 기판(704)의 일 부분을 기판을 어닐링하기에 충분하지 않은 상승된 온도로 가열한다. 따라서, 광원(736)들은 예열 에너지 소스들로서 기능한다. 따라서, 제 2 에너지(738)에 의해 처리되는 기판(704)의 부분은 예열 존(746)이다.

[0059] 다수의 실시예들에서, 제 1 에너지 소스(722)는 기판(704)에 의해 용이하게 흡수되는 광장들의 광을 발생시킬 수 있는 레이저일 수 있다. 다른 실시예들에서, 제 1 에너지 소스(722)는 플래쉬 램프 또는 백색 광 소스일 수 있다. 제 1 에너지 소스(722)에 의해 발생된 제 1 에너지(724)는 기판(704)의 일 부분을 어닐링하기에 충분한 상승된 온도까지 기판(704)의 일 부분을 가열한다. 따라서, 제 1 에너지 소스(722)는 어닐링 에너지 소스로서 기능한다. 따라서, 제 1 에너지(724)에 의해 처리된 기판(704)의 부분은 어닐링 존(748)이다.

[0060] 상술된 바와 같이, 기판(704)은 바람직하게는 부분들로 처리된다. 어닐링 구역(748) 위에 제 1 에너지 소스(722)를 위치시키기 위해 액츄에이터(750)가 제공된다. 제어기(752)는 액츄에이터(750)를 어닐링 존(748) 위에 제 1 에너지 소스(722)를 위치시키기 위해 액츄에이터(750)를 작동시키고, 예열 존(746)을 향하여 예열 에너지를 지향시키도록 하나 또는 둘 이상의 광원(736)들에 전력을 전환하기 위해 스위칭 박스(744)를 작동한다. 이러한 방식으로, 기판의 일 부분은 어닐링 이전에 예열된다. 제어기(752)는 어닐링되는 기판(704)의 임의의 부분이 우선 예열되도록 예열 존(746) 및 어닐링 존(748)을 함께 이동시키도록 작동하지만, 주위 존(754)을 형성하는 기판(704)의 대부분은 주위 온도로 유지된다.

[0061] 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 두 개의 실시예들에 대한 온도-시간 프로파일들을 보여주는 그래프들이다. 각각의 그래프는 본 발명의 실시예들에 따른 열 프로세싱을 겪는 기판의 표면 상의 하나의 지점의 온도를 보여준다. 상술된 바와 같이, 기판은 기판 표면을 향하여 에너지를 지향시키는 에너지 소스들에 대해 이동한다. 도 8a에서, 기판 표면 상의 예시적인 지점이 주위 존으로부터 제 1 예열 존으로 이동함에 따라, 상기 지점의 온도가 주위 온도 간격(800) 내의 주위 온도로부터 제 1 예열 간격(802) 내의 제 1 예열 온도로 이동한다. 본 명세서의 다른 곳에 설명된 바와 같이, 제 1 예열 온도는 일반적으로 기판 표면을 어닐링하는데 필요한 온도보다 낮다. 예시적인 지점이 제 1 예열 존으로부터 제 2 예열 존으로 이동할 때, 상기 지점의 온도는 제 1 예열 간격(802) 내의 제 1 예열 온도로부터 제 2 예열 간격(804) 내의 제 2 예열 온도로 이동한다. 도 8a의 실시예는 기판 표면에 형성된, 주위 존, 두 개의 예열 존, 및 어닐링 존의 4개의 존을 예시한다. 기판 표면 상의 예시적인 지점이 제 2 예열 존으로부터 어닐링 존으로 이동함에 따라, 상기 지점의 온도가 제 2 예열 간격(804) 내의 제 2 예열 온도로부터 어닐링 간격(806) 내의 어닐링 온도로 이동한다. 예시적인 지점이 어닐링 존으로부터 다시 낮은 온도 존들 내로 이동함에 따라, 제 1 냉각 간격(808) 내의 제 2 예열 간격(804)의 상태들로, 제 2 냉각 간격(810) 내의 제 1 예열 간격(802)의 상태들로, 그리고 마지막으로 제 2 주위 간격(812) 내의 주위 상태들로의 냉각을 경험한다. 선택적인 실시예들은, 예열 간격(802 및 804)들 내의 온도들이 냉각 간격(808 및 810)들 동안의 온도들과 다른 것을 특징으로 할 수 있다는 것에 주목해야 한다. 따라서, 냉각 간격(808) 내의 온도는 예열 간격(802) 내의 온도보다 높거나 낮을 수 있으며, 냉각 간격(810) 내의 온도는 예열 간격(804) 내의 온도보다 높거나 낮을 수 있다. 유사한 실시예들이 단지 하나의 예열 간격 또는 두 개 초과의 예열 간격들을 특징으로 할 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 또한, 소정의 실시예들은 단지 하나의 냉각 간격 또는 두 개 초과의 냉각 간격들을 특징으로 할 수 있다.

[0062] 도 8b의 그래프는 본 발명의 다른 실시예에 따른 열 프로세싱을 겪는 기판 표면 상의 하나의 지점의 온도-시간 프로파일을 설명한다. 도 8b의 실시예에서, 기판 표면 상의 예시적인 지점은 도 8a의 실시예와 유사하게 주위 간격(850)으로부터 제 1 예열 간격(852)으로 이동한다. 이어서, 예시적인 지점은 변동하는 온도-시간 프로파일을 특징으로 하는 제 2 예열 간격(854) 내로 이동한다. 이러한 실시예에서, 예시적인 지점이 제 2 예열 간격

(854)을 통하여 이동함에 따라, 상기 지점에서의 온도는 제 1 예열 온도로부터 제 2 예열 온도로 상승한다. 이러한 상승은 간격(854)에서 도시된 바와 같이 선형적일 수 있거나, 소정의 다른 프로파일을 가질 수 있으며, 심지어 제 2 예열 간격(854)의 일반적으로 상승된 온도-시간 프로파일 내에 온도가 감소하는 짧은 간격들을 포함한다. 예시적인 지점은 어닐링 간격(856) 내로 이동하고, 이어서 또한 제 2 예열 간격(854)의 변동하는 온도-시간 프로파일과 많이 유사한, 변동하는 온도-시간 프로파일을 가지는, 제 1 냉각 간격(858) 내로 이동한다. 이어서 예시적인 지점은 제 2 냉각 간격(860) 내로 이동하고, 이에 이어 제 2 주위 간격(862) 내로 이동한다.

[0063] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 방법(900)을 보여주는 흐름도이다. 910에서, 기판은 열 프로세싱 챔버로 제공된다. 920에서, 복수의 존들이 기판의 표면 상에 형성된다. 각각의 존은 상이한 수준들의 전력을 구비한 전자기 에너지를 이용하여 처리된다. 대부분의 실시예들에서, 3개 이상의 존들이 있지만, 본 발명의 실시예들은 두 개의 존들 또는 3개 초과의 존들을 특징으로 하는 것이 고려된다. 대부분의 실시예들에서, 하나 이상의 존은 기판의 표면을 어닐링하도록 선택된 전자기 에너지로 처리되는, 어닐링 존일 것이다. 소정의 실시예들에서, 하나 이상의 어닐링 존 내에서 기판 표면을 용융하는 것이 바람직할 수 있다. 대부분의 실시예들에서, 하나 이상의 존은 예열 존일 것이다. 소정의 실시예들에서, 하나 또는 둘 이상의 존들은 예열 및 냉각 존들을 조합할 수 있는 반면, 다른 실시예들에서 하나 또는 둘 이상의 존들은 단지 예열 또는 냉각 존들일 수 있다.

[0064] 일 양태에서, 기판은 기판 지지부 상에 배치되고, 기판의 제 1 부분을 향하여 제 1 양의 전자기 에너지가 지향된다. 또한, 기판의 제 2 부분을 향하여 제 2 양의 전자기 에너지가 지향되며, 기판의 제 1 부분은 기판의 제 2 부분을 둘러싸며, 제 1 양의 전자기 에너지는 기판의 제 1 부분을 예열하고, 제 2 양의 전자기 에너지는 기판의 제 2 부분을 어닐링한다. 제 1 양 및 제 2 양은 기판을 가로질러 이동되어 에너지의 두 개의 양자(quantity)들 사이의 일정한 공간 관계를 유지하므로, 에너지가 이동함에 따라 제 1 및 제 2 부분들 내의 기판의 영역이 이동한다.

[0065] 또 다른 양태에서, 두 개의 양자 내로 전달되는 전자기 에너지는 소정의 소망하는 성질의 것일 수 있다. 각각의 양(quantity)의 에너지는 소정의 정도로 간섭성 또는 비간섭성, 단색성 또는 다색성, 극성 또는 비극성, 및 연속성일 수 있거나 또는 펄스형일 수 있다. 각각의 양의 에너지는 하나 또는 둘 이상의 레이저들, 강한 백색 광 램프들, 플래쉬 램프들, 열 램프들 또는 이들의 조합들에 의해 전달될 수 있다. 에너지의 두 개의 양자는 단지 세기가 상이한 전자기 에너지에 의해 전달될 수 있거나, 두 개의 양자는 소정의 상술된 특성에서 소정의 소망하는 정도 만큼 상이할 수 있다. 일 예에서, 제 1 양은 하나 또는 둘 이상의 레이저들에 의해 전달될 수 있고, 이 레이저는 각각 약 850 nm 미만의 파장에서 적어도  $100 \text{ W/cm}^2$ 의 전력을 전달한다. 레이저들은 펄스형 또는 연속파 에너지 소스들일 수 있다. 펄스형 실시예들에서, 펄싱(pulsing)은 레이저들에 대한 주기적인 전력에 의해 또는 광학 조립체로부터 나오는 레이저 광을 단속적으로 차단하는 광학 스위칭에 의해 실현될 수 있다. 또 다른 예에서, 제 2 양은 약  $25 \text{ W/cm}^2$  와 같은,  $50 \text{ W/cm}^2$  미만의 전력 수준에서 제 2 부분으로 비간섭성 빛을 전달하는 하나 또는 둘 이상의 램프들에 의해 전달될 수 있다.

[0066] 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 방법(1000)을 요약하는 흐름도이다. 1010에서, 기판은 열 프로세싱 챔버 내의 기판 지지부 상에 위치된다. 1020에서, 전자기 에너지의 제 1 소스는 기판의 제 1 부분을 향하여 지향된다. 1030에서, 전자기 에너지의 제 2 소스는 동시에 기판의 제 2 부분을 향하여 지향된다. 본 명세서의 다른 곳에서 설명된 바와 같이, 소스들 중 하나의 소스는 어닐링 에너지를 전달하도록 구성될 수 있고 다른 소스는 예열 에너지를 전달하도록 구성된다. 1040에서, 기판은 제 1 및 제 2 에너지 소스들에 대해 병진이동된다. 기판 병진이동은 전달된 에너지를 부분들에서 전체 표면을 어닐링하도록 기판 표면을 가로질러 병진이동하도록 한다. 도 10의 실시예에서, 기판이 이동하는 것에 반해 에너지 소스들은 실질적으로 정지하고 있지만, 소정의 실시예들은 기판의 이동에 부가하여, 에너지 소스들, 또는 에너지도 이동하는 것을 특징으로 할 수 있다. 기판의 병진이동은 일반적으로 장치 내의 정밀한 위치에 기판을 위치시킬 수 있는 정밀 스테이지와 같은, 이동가능한 기판 지지부를 이용함으로써 수행된다.

[0067] 대부분의 실시예들에서, 이러한 존들은 상이한 온도들로 유지된다. 소정의 실시예들에서, 이러한 존들은 기판 표면을 향하여 다양한 타입들 및 세기들의 전자기 에너지를 지향시킴으로써 가열된다. 도 9의 실시예에서, 각각의 존은 930에서 상이한 전력 수준의 전자기 에너지를 이용하여 조사된다. 다른 실시예들에서, 기판의 후방 측면과 접촉하는 가열된 기판 지지부의 이용에 의해 부가 열이 기판에 부과될 수 있다. 또 다른 실시예들에서, 기판의 부분들은 기판의 후방 측면과 접촉하는 냉각된 기판 지지부에 의해 선택적으로 냉각될 수 있다. 이러한 존들 중 하나 이상의 존 내의 온도는 기판의 표면을 예열하도록 선택될 것이며, 기판 표면을 어닐링하기 위해 요구되는 온도보다 낮

을 것이다. 어닐링 존일 수 있는 하나의 존이 최대 전력 수준을 수용할 것이다. 다른 존들은 더 작은 전력 수준들을 수용할 것이다. 예열 존들일 수 있는, 하나 또는 둘 이상의 존들은 최대 수준의 전력 수준 아래의 상승된 전력 수준을 수용할 것이다. 또 다른 존들은 무시가능한 전력을 수용할 수 있거나 냉각될 수 있다. 소정의 존들은 주위 존들일 수 있으며, 여기에서 기판의 온도는 주위 온도로 유지된다.

[0068] 소정의 실시예들에서, 상이한 존들이 상이한 전자기 에너지 소스들을 이용하여 조사될 수 있다. 하나 또는 둘 이상의 레이저들은 전자기 에너지를 제공할 수 있다. 제 1 레이저는 하나의 존 내의 기판의 일 부분을 어닐링 하도록 에너지를 발생할 수 있으며, 제 2 레이저는 다른 존 내의 기판의 일 부분을 예열하도록 에너지를 발생할 수 있다. 선택적인 실시예에서, 복수의 레이저들은 기판의 부분들을 예열할 수 있다. 다른 실시예에서, 예를 들면, 도 7의 실시예에서, 하나 또는 둘 이상의 열 램프들은 기판의 부분들을 예열할 수 있다.

[0069] 복수의 존들이 어닐링 존을 포함하는 실시예들에서, 예열 또는 냉각 기능들을 제공하는 존들은 예열 또는 냉각을 용이하게 하도록 성형될 수 있다. 일 측부 상에 예열 존 및 마주하는 측부 상에 냉각 존을 가지는 어닐링 존을 구비한 예시적인 실시예에서, 예열 존 및 냉각 존은 테이퍼진 형상을 가질 수 있으며, 제 1 에지는 어닐링 존의 에지와 접하고 어닐링 존의 에지와 동일한 공간에 걸치며, 제 2 에지는 제 1 에지와 마주하고 제 1 에지보다 짧아서 사다리꼴 형상을 형성한다. 선택적인 실시예에서, 예열 및 냉각 존들은 형상이 삼각형일 수 있고, 각각의 에지는 각각 어닐링 존의 에지와 동일한 공간에 걸친다. 다른 선택적인 실시예들에서, 예열 및 냉각 존들의 테이퍼진 말단은 만곡될 수 있고 일부 실시예들에서 포물선 형상 또는 반원 형상일 수 있다.

[0070] 상이한 온도들 및 형상들을 가지는 복수의 존들은 일반적으로 통과되는 경우, 기판이 손상될 수 있는 한계치 수준 아래로 열 응력들을 유지하면서, 기판 격자 내의 원자들의 운동을 일으키도록 설계된 전자기 에너지에 기판 표면의 부분들을 노출함으로써 기판의 급속 어닐링을 허용한다. 예열 및 냉각 존들은 상승된 온도로부터 어닐링 처리의 시작을 허용하며, 어닐링 동안 최고 온도 경사-증가 및 냉각을 가속한다. 예열 및 냉각 존들의 테이퍼진 형상은 어닐링되지 않는 기판의 부분들의 열 노출을 최소화하도록 할 수 있고, 어닐링 프로세스에 의해 재위치될 수 있는 원자들, 또는 어닐링 프로세스 이전에 원하는 위치들에 있을 수 있는 원자들의 원하지 않는 운동을 최소화한다. 일반적으로, 예열 및 냉각 존들의 개수 및 형상은 소망하는 어닐링 프로세스를 용이하게 하도록 선택될 수 있다.

[0071] 상술된 실시예들은 일반적으로, 실질적으로 일정한 온도를 가지는 존들을 특징으로 한다. 제 1 존은 제 1 온도로 유지되고 제 2 존은 제 2 온도로 유지되고, 나머지도 이와 같다(and so forth). 다른 실시예에서, 하나 또는 둘 이상의 존들은 어닐링 존 근처를 가열 또는 냉각을 용이하게 하기 위한 온도 구배를 가질 수 있다. 예를 들면, 3개 존의 실시예에서, 예열 존일 수 있는 제 1 존은 어닐링 존일 수 있는 제 2 존을 향하여 증가하는 온도 구배를 가질 수 있다. 또한, 냉각 존일 수 있는 제 3 존은 제 2 존을 향하여 증가하는 온도 구배를 가질 수 있다. 온도 구배는 상술된 테이퍼진 존 형상과 동일한 일반 기능을 제공한다. 광학계(optics)를 이용함으로써 소망하는 온도 프로파일을 달성하도록 전달된 에너지를 조정하기 위해 주어진 존 내에서 온도 구배가 설정될 수 있다.

[0072] 하나의 예시적인 실시예에서, 기판을 어닐링하기 위한 충분한 전력의 단일 에너지 소스는 기판을 향하여 전자기 에너지를 지향시키도록 배향될 수 있다. 디포커싱(defocus) 특성을 가지는 렌즈가 에너지 소스와 기판 사이에 배치될 수 있다. 이 렌즈는 전자기 에너지의 대응하는 제 1 부분을 디포커싱하는 제 1 부분, 및 추가의 전자기 에너지의 제 2 부분을 포커싱하거나 이를 변화시키지 않는 제 2 부분을 가질 수 있다. 예를 들면, 레이저가 전자기 에너지의 소스로서 이용되고, 성형 광학계(shaping optics)가 직경이 2mm인 원형의 어닐링 에너지 비임을 형성하기 위해 이용된다면, 기판과 성형 광학계 사이에, 반경 1.5 mm의 동심 고리형의 외부 부분에 의해 둘러싸이는 반경 0.5 mm의 원형 중심 부분을 가지는 렌즈가 배치될 수 있다. 원형 중심 부분은, 원하는 경우, 중립 광학계(neutral optics)를 가질 수 있거나, 상기 부분 상으로 입사되는 어닐링 에너지 비임의 부분을 포커싱할 수 있다. 렌즈의 동심 고리형의 외부 부분은 어닐링 에너지 비임의 외부 부분의 세기를 감소시키도록 성형될 수 있다. 감소된 세기의 에너지는 이어서 기판의 표면을 어닐링하지 않고 표면의 예열 부분을 예열하기에 충분한 전력으로 기판의 표면과 충돌하게 되는 반면, 변화되지 않거나 포커싱되는 부분은 예열 부분 내에서 어닐링 부분을 어닐링한다.

[0073] 도 11은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 방법(1100)을 요약하는 흐름도이다. 1102에서, 기판이 열 프로세싱 챔버 내의 기판 지지부 상에 위치된다. 1104에서, 복수의 존들이 기판 지지부 상에 형성된다. 1106에서, 존들의 제 1 부분이 주위 온도로 유지된다. 주위 온도는 소정의 실시예들에서 상온일 수 있거나, 다른 실시예들에서 상승된 온도일 수 있다. 대부분의 실시예들에서, 주위 온도는 약 200 °C 미만일 것이지만, 소정의 실시예들

은 주위 온도가 350 °C 만큼 높은 것을 특징으로 할 수 있다. 주위 온도는 가열된 기판 지지부의 이용에 의해, 또는 소망하는 가열에 적당한 전자기 에너지로 기판을 조사함으로써 유지될 수 있다.

[0074] 1108에서, 주위 온도보다 더 높은 하나 또는 둘 이상의 중간 온도들로 형성된 존들의 제 2 부분을 가열하도록, 예열 에너지가 형성된 존의 제 2 부분에 제공된다. 각각의 존은 동일한 중간 온도, 또는 상이한 중간 온도로 가열될 수 있다. 어닐링될 영역에 더 근접한 존들은 일반적으로 어닐링될 영역으로부터 보다 먼 존들의 온도와 동일하거나 이 온도보다 높은 온도로 유지될 것이다. 제 2 부분이 하나 초과의 존을 포함하는 실시예들에서, 중간 온도들은 주위 온도로부터 어닐링 온도로 단계적인 방식으로 상승될 수 있다. 중간 온도와 주위 온도 사이의 온도 차이는 일반적으로 어닐링 온도와 주위 온도 사이의 온도 차이의 약 30% 내지 약 70%, 예를 들면 약 50%와 같은, 약 10% 내지 약 90% 일 것이다. 제 2 부분이 두 개의 존들을 포함하는 예시적인 실시예에서, 제 1 중간 온도 존과 주위 존 사이의 온도 차이는 어닐링 온도와 주위 온도 사이의 온도 차이의 약 40%일 수 있는 반면, 제 2 중간 온도 존과 주위 존 사이의 차이는 어닐링 온도와 주위 온도 사이의 차이의 약 60%이다.

[0075] 1110에서, 형성된 존들의 제 3 부분을 주위 및 중간 온도들보다 높은 하나 또는 둘 이상의 어닐링 온도들로 가열하도록, 어닐링 에너지가 형성된 존들의 제 3 부분에 제공되고, 기판 표면을 어닐링하도록 선택된다. 형성된 존들의 제 3 부분을 포함하는, 이러한 어닐링 존들은 본 명세서에서 설명된 어떠한 공간 관계들도 가질 수 있다. 또한, 원하는 경우, 상이한 어닐링 온도들이 상이한 어닐링 존들로 인가될 수 있다.

[0076] 1112에서, 존들 사이의 열 구배들을 한계치 수준 아래로 유지하도록 예열 에너지, 어닐링 에너지, 또는 둘다의 전달을 제어하기 위해, 전술된 온도들 중 하나 또는 둘 이상의 온도가 감지될 수 있고 이용될 수 있다. 소정의 실시예들에서, 하나 또는 둘 이상의 열 영상화 소자들은 다양한 존들의 온도를 감지하기 위해 이용될 수 있다. 하나의 존의 온도는 존들 사이의 열 구배들이 과도한지를 결정하도록 또 다른 존의 온도와 비교될 수 있다. 감지된 존들의 하나 또는 둘 이상의 존으로 전달되는 에너지는, 감지된 온도들을 기초로 하여 이러한 두 개의 존들 사이의 열 구배를 증가 또는 감소시키도록 조정될 수 있다. 에너지 소스들을 이동시킴으로써 기판이 어닐링된다면, 감지기는 기판 주위의 어닐링 및 예열 존들을 따르도록 에너지 소스들과 같이 위치(co-located)될 수 있다. 단지 에너지를 이동시킴으로써(예를 들면, 거울들을 이용하여) 기판이 어닐링된다면, 유사한 광학계는 제어기의 지시 하에서 처리되는 기판의 부분 상에 감지기를 포커싱하기 위해 이용될 수 있거나, 전체 기판이 샘플링될 수 있고 컴퓨터가 해당 열 구배를 결정하도록 이용될 수 있다.

#### 예

[0077] 예시적인 일 실시예에서, 기판은 열 프로세싱 장치의 지지부 상에 위치될 수 있다. 기판은 정전 또는 진공 수단을 포함하여, 당 기술 분야에 공지된 임의의 수단에 의해서도 지지부 상에서 제 위치에 유지될 수 있다. 레이저가 기판의 평면에 대해 실질적으로 수직한 방향으로 기판과 충돌하는 광 범을 생성하도록, 레이저가 기판 위에 배치되어 배향된다. 레이저는 3 차원으로 레이저를 위치하도록 적용된 광학 조립체로 결합될 수 있다. 레이저는 22 mm x 33 mm로 측정된 기판의 어닐링 구역에 대해  $10 \text{ kW/cm}^2$  까지 레이저 에너지를 전달하도록 적용될 수 있다. 레이저는 실리콘 기판에 대해 800 nm 미만과 같은, 기판에 의해 용이하게 흡수된 파장으로 동조되는 것이 바람직하다.

[0078] 작동 중, 레이저는 전원에 결합되는 전기 스위치 또는 레이저 또는 광학 조립체에 결합되는 광학 스위치를 이용하여 바꿀 수 있다. 이러한 스위치들은 1 마이크로초( $\mu\text{sec}$ ) 미만에서 레이저의 온(on) 또는 오프(off)를 바꾸도록 구성될 수 있으므로, 레이저가 약 1  $\mu\text{sec}$ 로부터 약 10 밀리초(msc) 까지 지속되는 에너지의 펄스들을 전달할 수 있다.

[0079] 이러한 예에 대해, 예열 광 소스는 광학 조립체 내의 레이저와 같이 위치된다. 예열 광원은 다른 레이저, 제논 램프, 또는 가열 램프일 수 있으며, 어닐링 영역을 둘러싸고 동심이고 직경이 약 2 cm로 측정되는 실질적인 원형 영역으로 최고 500 W의 전자기 에너지를 전달하도록 적용될 수 있다. 예열 광원은 예열 광원의 에너지 모두를 포착하여 지향시키도록 적절한 렌즈들 및 거울들을 이용하여 포커싱될 수 있다. 예열 광원은 레이저 소스에 근접하게 위치된 하우징 내에 위치될 수 있으므로, 예열 광원으로부터의 광이 어닐링될 영역을 둘러싸는 기판의 영역을 조사한다. 예열 광원은 어닐링 영역 주위의 예열 영역을 센터링하도록 약간 기울어질 수 있다. 선택적으로, 예열 광원은 기판의 평면에 대해 실질적으로 수직하게 기판 상에 에너지를 투사할 수 있고, 광학계는 어닐링 구역을 둘러싸는 예열 구역에 걸쳐 광을 뿌리기 위해 이용된다. 예열 광원은 이어서 레이저에 대해 예열 영역이 어닐링 경로의 방향으로 어닐링 영역으로부터 추가로 연장되도록 위치되는 것이 유리할 수 있다. 광학 조립체는 어닐링 경로가 방향을 바꿈에 따라, 예열 광원이 레이저에 대해 유리한 위치를 유지하도록 부가적으로

회전하게 구성될 수 있다.

[0081] 프로세싱 장치는 바람직하게는 당 기술분야에 공지된 타입의 이동가능한 스테이지의 이용에 의해 광학 조립체에 대해 기판을 병진이동하도록 구성된다. 작동 중, 기판의 타겟 영역이 광학 조립체에 노출되도록 스테이지가 광학 조립체 아래에 기판을 위치시킨다. 예열 광원은 연속적으로 빛날 수 있으며, 어닐링 에너지가 존재하지 않을 때 기판을 예열 에너지로 조사한다. 연속 예열 에너지는 어닐링 타겟 영역을 둘러싸는 영역 내의 기판의 표면을 600°C 이상으로 가열한다. 레이저는 타겟 어닐링 영역에서 하나 또는 둘 이상의 펄스들을 발사한다. 펄스는 충분히 짧아서(brevity) 스테이지가 레이저 펄스들을 흐리게(blurring) 하지 않고 어닐링 경로를 따라, 연속적으로 이동할 수 있도록 한다. 예열 구역은 스테이지가 이동함에 따라, 기판의 표면을 따라 이동하고, 기판의 부분들이 타겟 어닐링 영역에 접근함에 따라 기판의 부분들을 타겟 예열 온도로 가열한다. 따라서, 타겟 어닐링 영역에 바로 인접한 기판의 부분들이 타겟 어닐링 영역의 에지에서 높은 열 구배에 기인한 열 응력에 의해 손상되지 않는다.

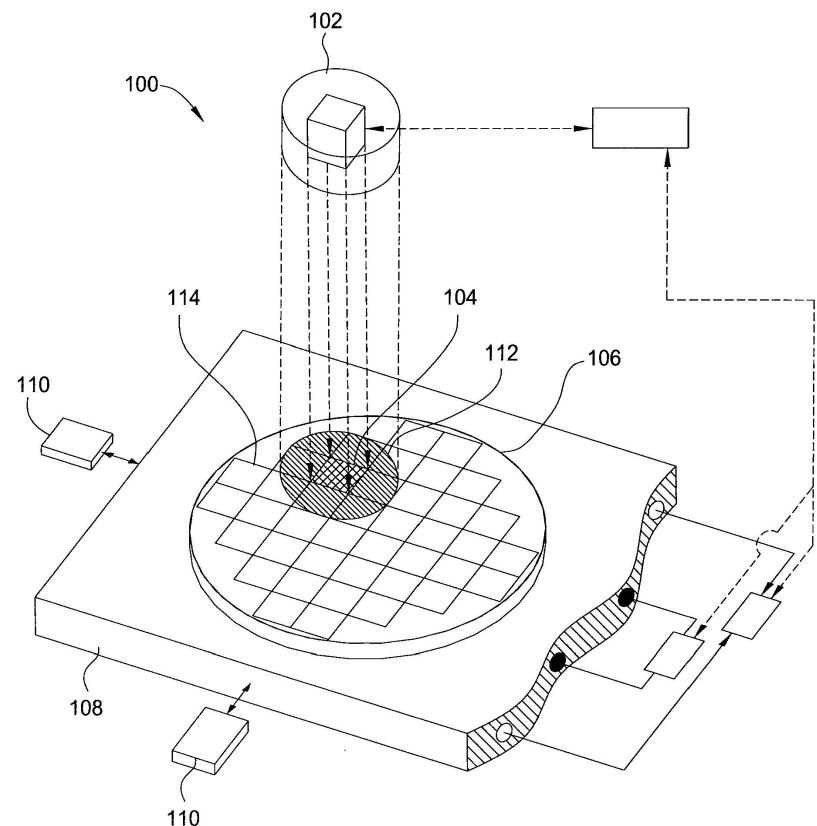
[0082] 선택적이고 예시적인 일 실시예에서, 레이저는 광학 조립체 내의 레이저 주위에 이격된 2개 내지 4개의 예열 에너지 소스들에 의해 둘러싸일 수 있다. 다중 예열 소스들의 이용은 기판의 전체 예열 영역에 걸쳐 균일한 예열을 허용한다. 선택적으로, 레이저에는 기판의 상이한 영역들을 조사하도록 적용된 두 개의 상이한 예열 에너지 소스들이 동반될 수 있다. 하나의 예열 에너지 소스는 예를 들면, 약 3cm 직경의 원형 영역을 조사하도록 적용될 수 있으며 또 다른 예열 에너지 소스가 또한 어닐링 영역과 동심인, 약 1.5 cm 직경의 동심 원형 영역을 조사한다. 따라서, 두 개의 예열 영역들이 형성된다. 두 개의 예열 소스들은 유사한 양들의 에너지를 전달할 수 있으므로, 더 넓은 영역을 조사하는 소스가 더 많은 포커싱 소스보다 더 작은 온도 상승을 생성하도록 한다. 일 실시예에서, 넓은 영역을 조사하는 예열 소스는 300 °C 또는 그 초과의 온도로 영역을 가열할 수 있는 반면, 넓은 예열 영역 내의 더 작은 영역을 조사하는 예열 소스는 더 작은 영역을 충분 에너지에 의해 700 °C 또는 그 초과의 온도로 가열할 수 있다. 어닐링 펄스는 이어서 기판 재료를 용융시키지 않고 어닐링 영역의 온도를 1,200 °C 또는 그 초과로 상승시키는데 충분한 에너지를 전달함으로써 기판을 어닐링할 수 있다.

[0083] 또 다른 예시적인 실시예에서, 단일 에너지 소스가 이용될 수 있다. 예를 들면, 예열 에너지 및 어닐링 에너지 모두를 위해 이용될 수 있는 단일 컬럼의 광을 생성하도록 레이저가 적용될 수 있다. 일반적으로 원하는 극성 또는 간섭성을 가지도록 레이저 광을 동조하기 위해, 거울들, 렌즈들, 필터들, 및 비임-스플리터들을 포함하는 광학계가 이용된다. 이와 같은 광학계는 또한 레이저 광의 일 부분을 디포커싱하는 렌즈를 포함한다. 레이저 광의 디포커싱 부분은 이어서 어닐링 영역을 둘러싸는 영역으로 지향될 수 있다. 예를 들면, 적절한 광학계가 끼워장착된 레이저는 약 1 mm 직경의 원통형 비임의 간섭성 광을 생산할 수 있다. 비임은 약 0.8 mm 직경의 원형의 비 굴절성의 중심 부분, 및 0.8 mm의 내경 및 1 mm 초과의 외경을 가지는 고리형 디포커싱 외부 부분을 가지는 렌즈를 통하여 지향될 수 있다. 렌즈의 비 굴절성 부분을 통과하는 레이저 비임의 부분은 기판에 계속적으로 도달하여, 기판의 노출된 부분을 어닐링하지만, 렌즈의 디포커싱 부분을 통과하는 레이저 비임의 부분은 세기가 감소되어 넓은 영역에 걸쳐 퍼지고, 그 영역을 보다 낮은 온도로 가열한다.

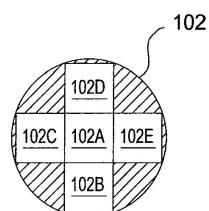
[0084] 전술된 것은 본 발명의 실시예들에 관한 것이지만, 본 발명의 다른 및 추가의 실시예들이 본 발명의 기본 범위로부터 벗어나지 않고 발명될 수 있다.

도면

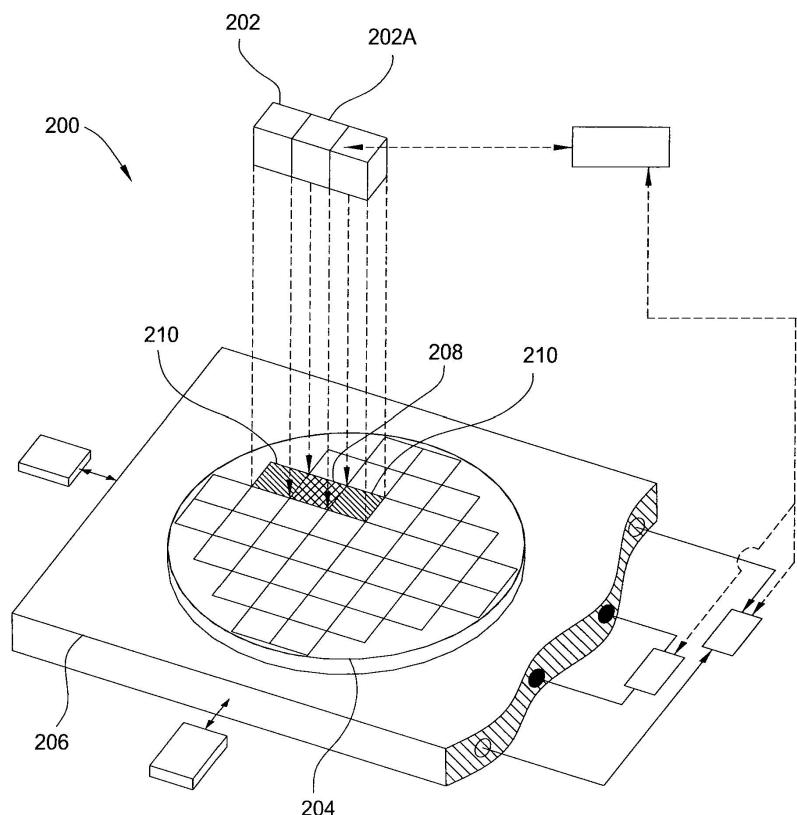
도면 1a



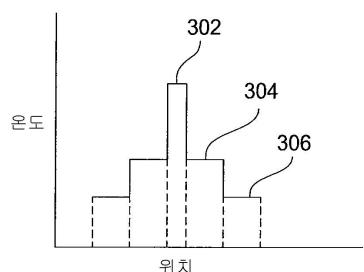
도면 1b



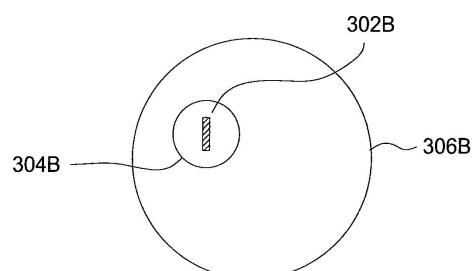
## 도면2



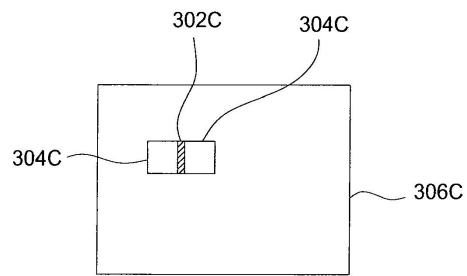
## 도면3a



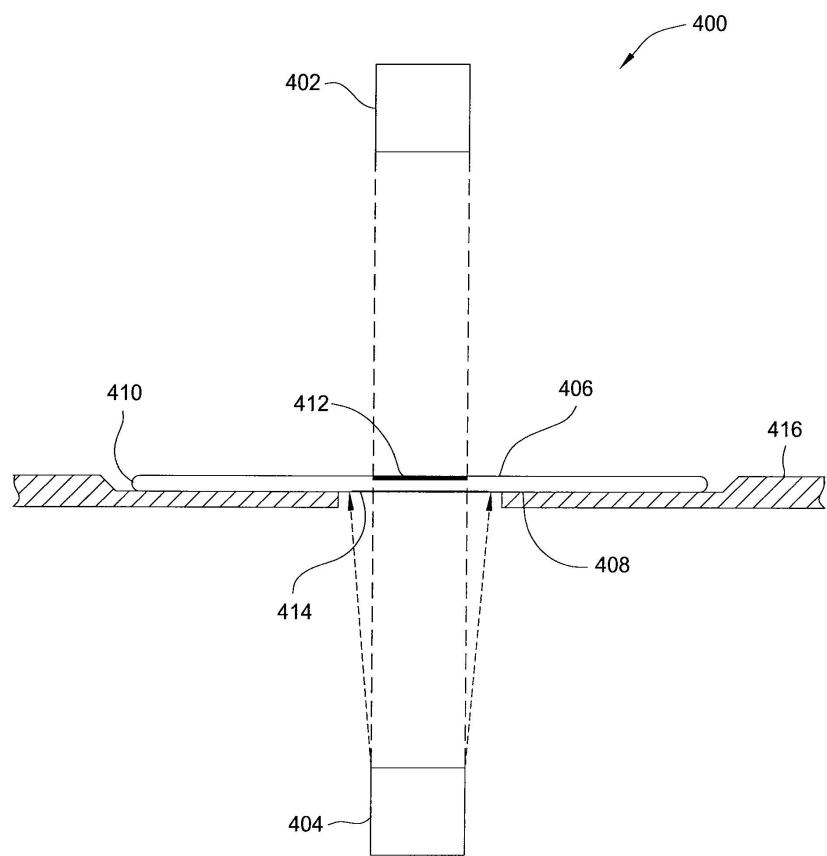
## 도면3b



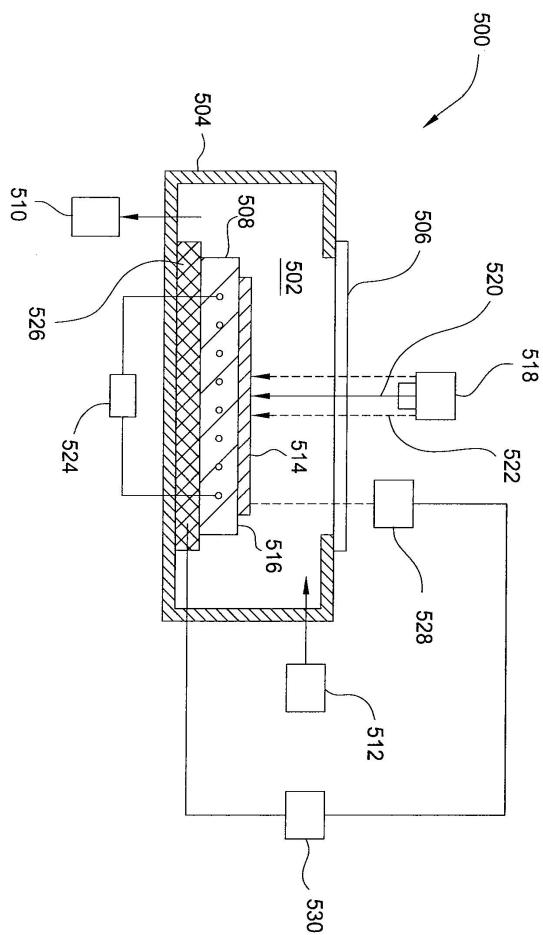
도면3c



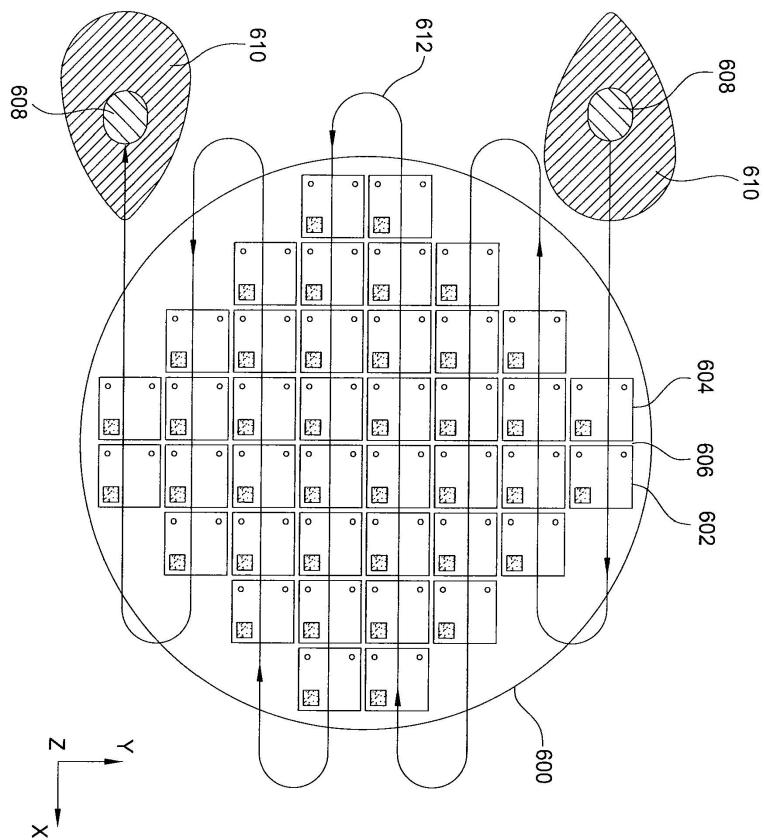
도면4



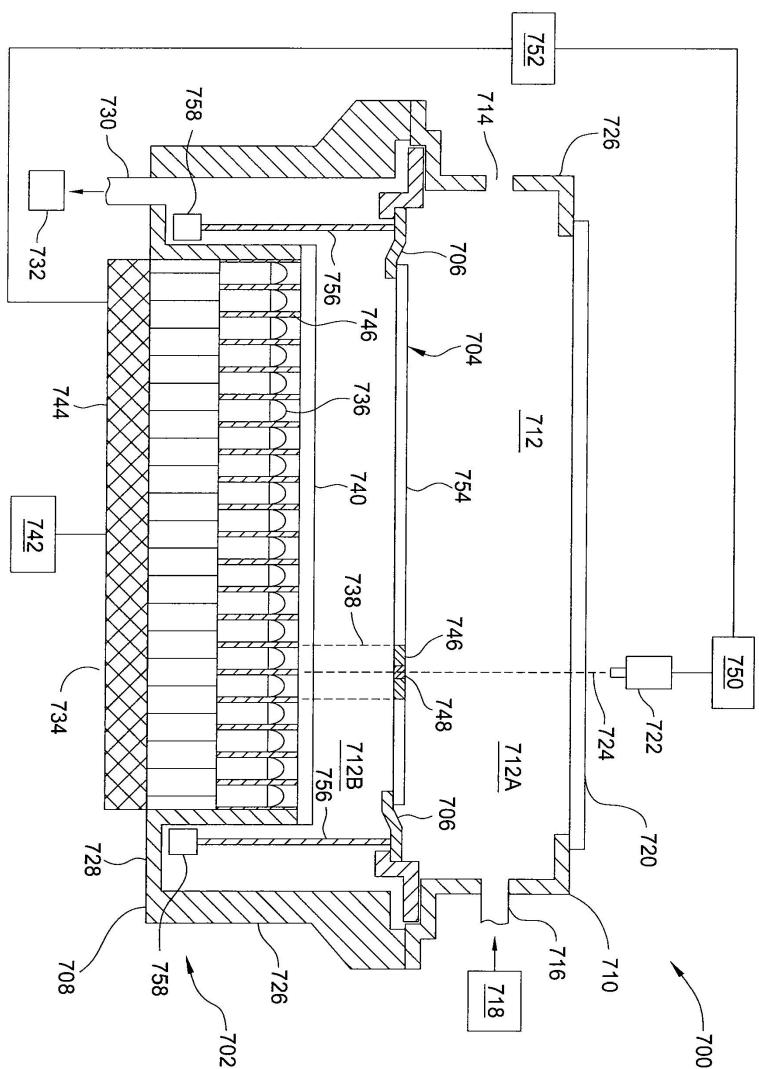
도면5



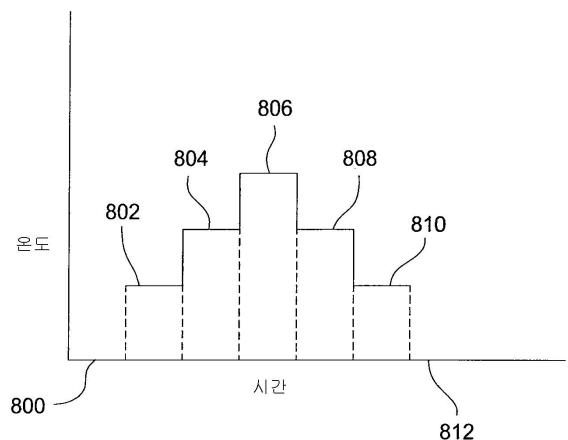
도면 9



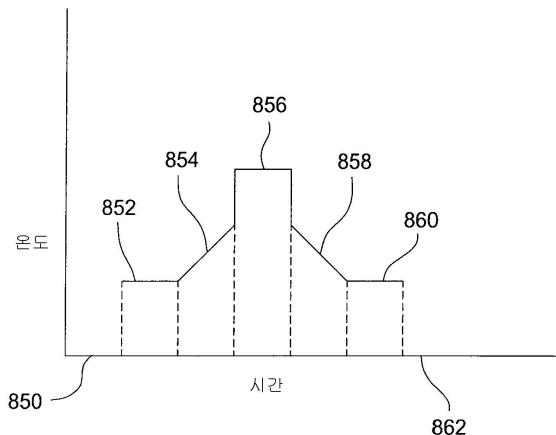
도면7



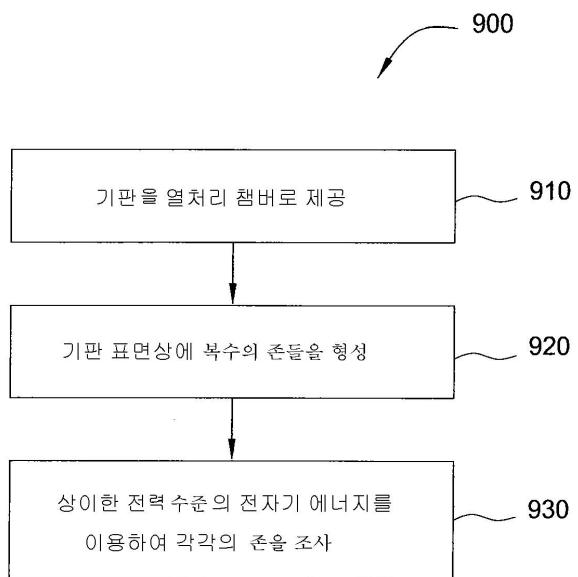
도면8a



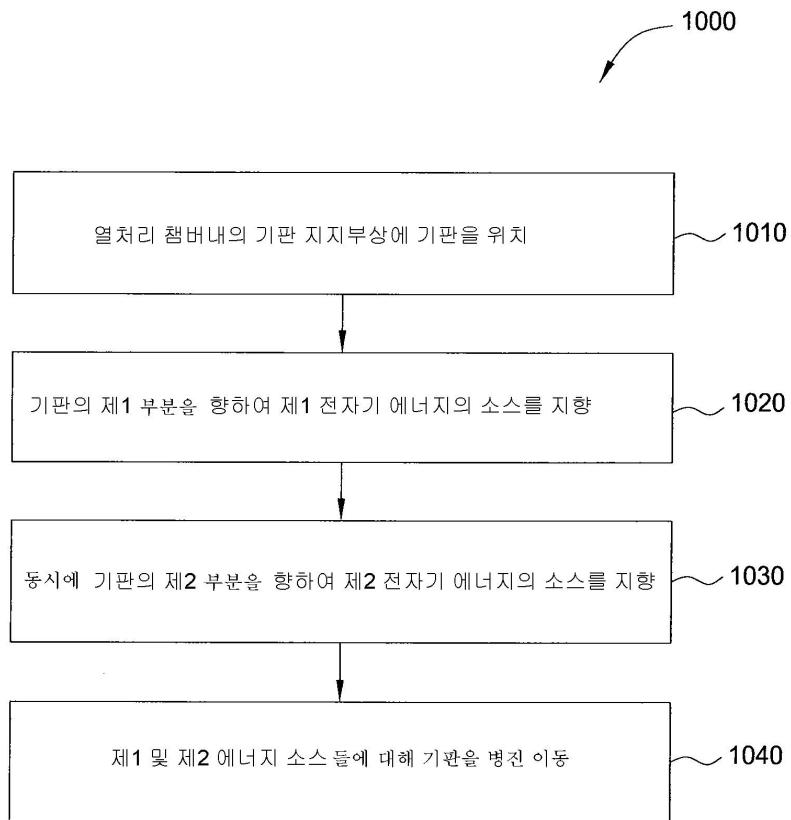
도면8b



도면9



도면10



## 도면11

