



등록특허 10-2108939



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년05월12일
(11) 등록번호 10-2108939
(24) 등록일자 2020년05월04일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/324 (2017.01) *H01L 21/027* (2006.01)
H01L 21/263 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2014-7030256
- (22) 출원일자(국제) 2013년03월22일
심사청구일자 2018년03월22일
- (85) 번역문제출일자 2014년10월28일
- (65) 공개번호 10-2015-0003769
- (43) 공개일자 2015년01월09일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2013/033441
- (87) 국제공개번호 WO 2013/158335
국제공개일자 2013년10월24일
- (30) 우선권주장
61/635,136 2012년04월18일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현

JP2002025907 A

(뒷면에 계속)

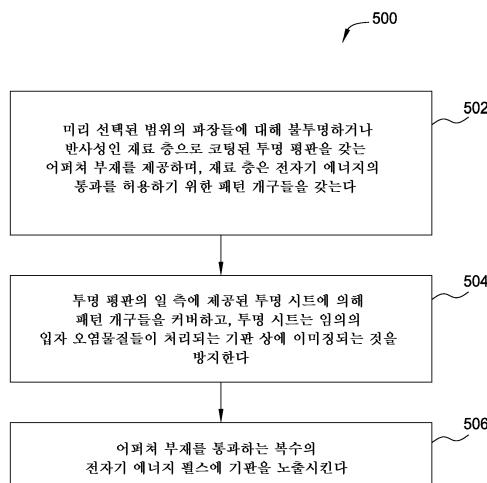
전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 김종희

(54) 발명의 명칭 발전된 어널링 프로세스에서 입자를 감소시키기 위한 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명의 실시예들은 일반적으로 어퍼쳐 부재의 오염을 제거하기 위해 펠리클을 이용하여 반도체 기판을 열 처리하는 장치 및 방법에 관한 것이다. 어퍼쳐 부재는 에너지 소스와 처리될 기판 사이에 배치된다. 펠리클은 원하는 기간 동안 하나 이상의 적절한 파장에서 방사를 방출하는 레이저로부터의 전자기 에너지 펄스들과 같은, 선택된 형태의 에너지에 대해 실질적으로 투명한 얇은 맴브레인 단편일 수 있다. 일 실시예에서, 펠리클은 어퍼쳐 부재로부터 미리 정해진 거리에 탑재되고, 어퍼쳐 부재에 내려앉을 수 있는 임의의 입자 오염물질들이 펠리클에 내려앉도록, 어퍼쳐 부재 상에 형성된 패턴 개구들(즉, 어퍼쳐들)을 커버한다. 펠리클은 입자 오염물질들을 최종 에너지 필드의 중심에서 벗어나게 유지하고, 그에 의해 입자 오염물질들이 처리되는 기판 상에 이미징되는 것을 방지한다.

대 표 도 - 도5

(56) 선행기술조사문현
JP소화54080082 A*
JP평성04174846 A
JP평성04044309 A
KR1020010109470 A*
JP62050758 A*
KR1020090048376 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문현

명세서

청구범위

청구항 1

기판을 처리하기 위한 방법으로서,

상기 기판의 표면의 복수의 어닐링 영역을 투명 평판을 통과하는 복수의 레이저 에너지 펄스에 노출시키는 단계를 포함하고,

상기 투명 평판은 에너지 차단 층으로 코팅되고,

상기 복수의 레이저 에너지 펄스 각각은 복수의 세그먼트를 가지며, 상기 세그먼트들 각각의 형상들은, 크기, 용융 깊이 및 상기 어닐링 영역들 내에 포함되는 재료가 변화함에 따라 변화하고,

상기 투명 평판은 입자 오염물질들이 상기 투명 평판에 내려앉는 것을 방지하기 위해, 상기 투명 평판의 제1 표면으로부터 제1 거리를 두고서 상기 투명 평판에 평행하게 배치된 유리, 석영 및 용융 실리카(fused silica)로 이루어진 그룹으로부터 선택된 제1 투명 시트에 결합되는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 에너지 차단 층은 200nm 내지 2000nm의 미리 선택된 범위의 파장들에 대하여 불투명하거나 반사성인, 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 에너지 차단 층은 상기 복수의 레이저 에너지 펄스가 통과하는 것을 허용하기 위한 패턴 개구들(pattern openings)을 갖는, 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 제1 투명 시트는 상기 투명 평판의 상기 제1 표면 상에 탑재된 프레임에 의해 지지되고, 상기 제1 투명 시트는 상기 패턴 개구들을 완전히 커버하는, 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 투명 평판의 제2 표면으로부터 거리를 두고서 유리, 석영 및 용융 실리카로 이루어진 상기 그룹으로부터 선택된 제2 투명 시트를 제공하는 단계

를 더 포함하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 각각의 레이저 에너지 펄스는 490nm 내지 1100nm의 파장을 갖는, 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 각각의 펄스는 100mJ/cm^2 내지 50J/cm^2 의 동일한 에너지를 가지며, 1nsec 내지 500nsec의 지속 기간(duration)을 갖고서 전달되는, 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

기판을 처리하기 위한 시스템으로서,

상기 기판의 표면의 복수의 어닐링 영역을 복수의 레이저 에너지 펄스에 노출시키도록 동작가능한 레이저 에너지의 소스;

상기 레이저 에너지 펄스들의 공간 에너지 분포를 조절하도록 구성되는 균질화기(homogenizer);

상기 레이저 에너지 펄스들의 시간 프로파일(temporal profile)을 조절하도록 구성되는 펄스 성형 모듈 - 상기 복수의 레이저 에너지 펄스 각각은 복수의 세그먼트를 가지며, 상기 세그먼트들 각각의 형상들은, 크기, 용융 깊이 및 상기 어닐링 영역들 내에 포함되는 재료가 변화함에 따라 변화함 -;

투명 평판; 및

제2 투명 시트

를 포함하고,

상기 투명 평판은 상기 투명 평판의 제1 표면으로부터 제1 거리를 두고서 상기 투명 평판에 평행하게 배치된 유리, 석영 및 용융 실리카로 이루어진 그룹으로부터 선택된 제1 투명 시트에 결합되고, 상기 투명 평판은 상기 레이저 에너지 펄스들이 통과하는 것을 허용하기 위한 패턴 개구들을 갖는 에너지 차단 층으로 코팅되고, 상기 제1 투명 시트는 상기 에너지 차단 층과 물리적 접촉하지 않고, 상기 제1 투명 시트는 상기 투명 평판의 상기 제1 표면 상에 탑재된 제1 프레임에 의해 지지되고,

상기 제2 투명 시트는 상기 투명 평판의 제2 표면으로부터 제2 거리를 두고서 배치된 유리, 석영 및 용융 실리카로 이루어진 상기 그룹으로부터 선택되고, 상기 제2 투명 시트는 상기 투명 평판의 상기 제2 표면 상에 탑재된 제2 프레임에 의해 지지되는, 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 에너지 차단 층은 200nm 내지 2000nm의 미리 선택된 범위의 파장들에 대하여 불투명하거나 반사성인, 시스템.

청구항 14

제12항에 있어서, 상기 제1 거리는 2mm 내지 20mm인, 시스템.

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

작제

청구항 20

제12항에 있어서,

각각의 레이저 에너지 펄스는 상기 기판의 표면 상에 퇴적된 층의 일부를 용융시키거나 거의 용융시키는 데에 요구되는 에너지보다 낮은 에너지를 갖는, 시스템.

청구항 21

제12항에 있어서,

각각의 펄스는 100mJ/cm^2 내지 10J/cm^2 의 에너지를 갖고, 각각의 펄스는 1nsec 내지 100nsec의 지속기간을 갖고서 전달되는, 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

여기에 기술된 실시예들은 열 처리의 장치 및 방법에 관한 것이다. 더 구체적으로, 여기에 설명된 방법들은 어퍼쳐 부재(aperture member)의 오염을 감소시키기 위해 펠리클(pellicle)을 이용하는 반도체 기판의 레이저 열 처리에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

반도체 산업에서는 열 처리가 흔하게 실시된다. 반도체 기판은 게이트 소스, 드레인 및 채널 구조물의 도핑, 활성화 및 어닐링, 실리사이드화(siliciding), 결정화, 산화 및 그와 유사한 것을 포함하는 다수의 변환(transformation)의 맥락에서 열 처리를 거친다. 수년간, 열 처리의 기법은 단순한 노 베이킹(furnace baking)으로부터, RTP, 스파이크 어닐링(spike annealing) 및 레이저 어닐링과 같은 점점 더 급속화되는 열 처리의 다양한 형태들로까지 발전해왔다.

[0003]

종래의 레이저 어닐링 프로세스는 레이저 빔을 원하는 형상으로 다양하게 이미징하거나 포커싱하거나 디포커싱하는 광학계를 갖는 반도체 또는 고체 상태 레이저일 수 있는 레이저 방출기(laser emitter)를 이용한다. 통상의 접근방식은 레이저 빔을 선 또는 얇은 직사각형 이미지로 이미징하는 것이다. 레이저 빔은 기판의 표면 전체가 처리될 때까지 기판의 하나의 필드를 한 번에 처리하기 위해 어퍼쳐 부재를 통과하고 기판을 가로질러 주사하도록(또는 기판이 레이저 빔 아래에서 이동되도록) 구성된다. 어퍼쳐 부재는 전형적으로, 레이저 빔이 어퍼쳐 부재를 통과하는 것을 차단하는 미리 정해진 피쳐 기하형상들(feature geometries)로 패터닝된 유리 평판이다. 레이저 빔은 기판 상에 이미징되고, 어퍼쳐 부재의 차단되지 않은 영역에 대응하는 영역만이 처리된다.

[0004]

이러한 접근방식에서의 문제점은 프로세스 동안 어퍼쳐 부재에 내려앉을 수 있는 입자 오염물질들에 어퍼쳐 부재가 매우 민감하여, 입자들이 기판에 이미징되는 것을 야기할 수 있다는 것이다. 레이저 빔의 일부는 이러한 입자 오염물질들에 의해 반사되어 기판까지 투과되지 않을 수 있다.

[0005]

따라서, 프로세스 동안 어퍼쳐 부재에 내려앉을 수 있는 원하지 않는 입자들에 의해 영향을 받지 않고서 높은 이미지 정밀도로 반도체 기판을 열 처리하기 위한 개선된 장치 및 방법이 필요하다.

발명의 내용

[0006]

본 발명의 실시예들은 일반적으로 어퍼쳐 부재의 오염을 제거하기 위해 펠리클을 이용하는 반도체 기판의 레이저 열 처리에 관한 것이다. 어퍼쳐 부재는 복수의 레이저와 같은 에너지 소스와 처리될 기판 사이에 배치된다. 펠리클은 선택된 과장을 갖는 광 또는 레이저 방사와 같은, 선택된 형태의 에너지에 대해 실질적으로 투명한 얇은 단편(thin piece)의 재료 또는 멤브레인일 수 있다. 다양한 실시예들에서, 펠리클은 어퍼쳐 부재로부터 미리 정해진 거리에 탑재되고, 어퍼쳐 부재에 내려앉을 수 있는 임의의 입자 오염물질들이 펠리클에 내려앉도록, 어퍼쳐 부재 상에 형성된 패턴 개구들(즉, 어퍼쳐들)을 커버한다. 펠리클은 입자 오염물질들을 최종 에너지 필드(final energy field)의 중심에서 벗어나게(out of focus) 유지하고, 그에 의해 입자 오염물질들이 처리되는 기판 상에 이미징되는 것을 방지한다.

[0007]

일 실시예에서, 기판을 처리하기 위한 방법이 제공된다. 방법은 일반적으로, 에너지 차단 층으로 코팅된 투명 평판을 제공하는 단계 - 투명 평판은 투명 평판의 정면으로부터 미리 정해진 거리에 배치되는 투명 시트를 가짐 - ; 및 기판의 표면을 투명 평판 및 투명 시트를 통과하는 복수의 전자기 에너지 펄스에 노출시키는 단계를 포함한다. 투명 시트는 패턴 개구들을 완전히 덮고, 입자 오염물질들이 기판의 표면 상에 이미징되는 것을 방지하도록 구성된다.

[0008]

다른 실시예에서, 기판을 처리하기 위한 시스템이 제공된다. 시스템은 일반적으로, 전자기 에너지 펄스들을 생성하도록 동작가능한 전자기 에너지의 소스, 전자기 에너지 펄스들의 공간 에너지 분포를 조절하기 위한 균질화기(homogenizer), 어퍼쳐 부재 - 어퍼쳐 부재는 어퍼쳐 부재의 정면으로부터 미리 정해진 거리에 배치된 투명 시트를 갖고, 어퍼쳐 부재는 전자기 에너지 펄스들이 통과하는 것을 허용하기 위한 패턴 개구들을 갖는 에너지 차단 층으로 코팅됨 - ; 및 균일한 양의 전자기 에너지를 수취하여 기판의 표면의 원하는 영역에 투영하기 위한 이미징 모듈을 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0009]

위에서 언급된 본 발명의 특징들이 상세하게 이해될 수 있도록, 위에 간략하게 요약된 본 발명의 더 구체적인 설명은 실시예들을 참조할 수 있으며, 그들 중 일부는 첨부 도면들에 도시되어 있다. 그러나, 본 발명은 동등한 효과의 다른 실시예들을 허용할 수 있으므로, 첨부 도면들은 본 발명의 전형적인 실시예들을 도시할 뿐이며, 따라서 그것의 범위를 제한하는 것으로 간주되어서는 안 된다는 점에 주목해야 한다.

도 1은 본 발명의 실시에 이용될 수 있는 본 발명의 일 실시예의 등각도를 도시한다.

도 2는 기판들의 레이저 처리를 위한 시스템(200)의 개념도를 도시한다.

도 3a-3c는 개선된 열 대비 및 어닐링 프로세스 결과(improved thermal contrast and anneal process results)를 달성하기 위해, 에너지 소스로부터 어닐링 영역으로 전달되는 에너지 펄스의 다양한 속성들이 시간의 함수로서 조절되는 다양한 예들을 도시한다.

도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 어퍼쳐 부재의 개략적인 측면도를 도시한다.

도 4b는 본 발명의 다른 실시예에 따른 어퍼쳐 부재의 개략적인 측면도를 도시한다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 기판의 레이저 처리를 위한 프로세스를 도시하는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010]

도 1은 본 발명의 실시에 이용될 수 있는 본 발명의 일 실시예의 등각도를 도시한다. 에너지 소스(20)는 어닐링 영역(12) 내의 소정의 원하는 영역들을 우선적으로 어닐링하기 위해 기판(10)의 정의된 영역 또는 어닐링 영역(12)에 소정 양의 에너지를 투영하도록 적응된다. 도 1에 도시된 실시예에서, 어닐링 영역(12)과 같은 기판의 하나 이상의 정의된 영역만이 임의의 주어진 시간에서 에너지 소스(20)로부터의 방사에 노출된다. 본 발명의 일 양태에서, 기판(10)의 단일 영역이 에너지 소스(20)로부터 전달된 원하는 양의 에너지에 순차적으로 노출되어, 기판의 원하는 영역들의 우선적인 어닐링을 야기한다. 일례에서, 기판을 전자기 방사 소스(예를 들어, 종래의 X-Y 스테이지, 정밀 스테이지(precision stages))의 출력에 대하여 이동시키고/거나 방사 소스의 출력을 기판에 대해 병진(translating)시킴으로써, 기판의 표면 상의 한 영역이 다른 영역 다음에 노출된다. 전형적으로, 기판(10)의 이동 및 위치를 제어하기 위해, 별도의 정밀 스테이지(도시되지 않음)의 일부일 수 있는 하나 이상의 종래의 전기 액추에이터(17)(예를 들어, 선형 모터, 리드 스크류(lead screw), 및 서보 모터)가 이용된다. 다른 예에서, 기판(10)의 완전한 표면이 한 번에 전부 순차적으로 노출된다(예를 들어, 어닐링 영역들(12) 전부가 순차적으로 노출된다).

[0011]

도 1에 도시된 실시예에서, 어닐링 영역(12) 및 거기에 전달되는 방사는 기판의 표면 상에 형성된 다이(13)(예를 들어, 40개의 "다이"가 도 1에 도시되어 있음) 또는 반도체 디바이스들(예를 들어, 메모리 칩)의 크기에 일치하도록 크기가 정해진다. 일례에서, 어닐링 영역(12)의 경계는 각각의 다이(13)의 경계를 정의하는 "커프(keff)" 또는 "스크라이브(scribe)" 라인들(10A) 내에 맞도록 정렬되고 크기가 정해진다. 어닐링 프로세스를 수행하기 전에, 어닐링 영역(12)이 다이(13)에 적절하게 정렬될 수 있도록, 기판은 기판의 표면 상에서 전형적으로 발견되는 정렬 마크들 및 다른 종래의 기법들을 이용하여 에너지 소스(20)의 출력에 정렬된다. 어닐링 영역들(12)을 그들이 스크라이브 또는 커프 라인들과 같은 다이(13) 사이의 자연적으로 발생하는 미사용 공간/경계 내에서만 중첩하도록 순차적으로 위치시키면, 기판 상에 디바이스들이 형성되는 영역들 내에서 에너지를 중

첨시킬 필요성이 감소되고, 따라서 중첩하는 어닐링 영역들 사이의 프로세스 결과들의 변화가 감소된다. 그러므로, 순차적으로 위치되는 어닐링 영역들(12) 간에서의 전달되는 에너지의 임의의 중첩이 최소화될 수 있으므로, 기판의 임계 영역들(critical regions)을 처리하기 위해 에너지 소스(20)로부터 전달되는 에너지에의 노출의 양이 변화하는 것에 기인하는 프로세스 변화의 양이 최소화된다. 일례에서, 순차적으로 위치된 어닐링 영역들(12) 각각은 약 22mm x 약 33mm 크기(예를 들어, 726 제곱 밀리미터(mm^2)의 면적)인 직사각형 영역이다. 기판의 표면 상에 형성된 순차적으로 위치된 어닐링 영역들(12) 각각의 면적은 약 4mm²(예를 들어, 2mm x 2mm) 내지 약 1000mm²(예를 들어, 25mm x 40mm)일 수 있다. 어닐링 영역(12)의 크기는 처리 방식들의 요구사항에 맞춰 조절가능하다는 것이 예상된다.

[0012] 에너지 소스(20)는 일반적으로 기판 표면의 소정의 원하는 영역들을 우선적으로 어닐링하기 위해 전자기 에너지를 전달하도록 적응된다. 전형적인 전자기 에너지의 소스들은 광학 방사 소스(예를 들어, 레이저 또는 플래시 램프), 전자 빔 소스, 이온 빔 소스, 및/또는 마이크로웨이브 에너지 소스를 포함하지만, 그에 한정되지는 않는다. 기판(10)은 원하는 기간 동안 하나 이상의 적절한 파장에서 방사를 방출하는 레이저로부터의 복수의 에너지 펄스에 노출될 수 있다. 에너지 소스(20)로부터의 복수의 에너지 펄스는, 어닐링 영역(12)에 걸쳐 전달되는 에너지의 양, 및/또는 펄스 주기 동안 전달되는 에너지의 양이 영역들, 또는 기판 표면 상에 퇴적된 특정 층을 용융 또는 거의 용융시키지 않게 최적화되도록 조정된다. 이러한 방식으로, 각각의 펄스는 예를 들어 불규칙적인(disordered) 어닐링 영역의 바닥 부근에서 규칙적인 결정(ordered crystal)의 몇몇 격자 평면들의 에피택셜 성장을 야기하는 마이크로 어닐링 사이클(micro-anneal cycle)을 완료한다. 대안적으로, 복수의 에너지 펄스는 영역들, 또는 기판 표면 상에 퇴적된 특정 층을 용융시키도록 구성될 수 있다.

[0013] 에너지 소스(20)의 파장은 방사의 상당 부분이 기판(10) 상에 배치된 층에 의해 흡수되도록 튜닝될 수 있다. 예를 들어, 실리콘 함유 층 상에서 수행되는 어닐링 프로세스에 대하여, 방사의 파장은 약 800nm보다 작을 수 있고, 원자외선(deep UV), 적외선(IR), 또는 다른 바람직한 파장들에서 전달될 수 있다. 일 실시예에서, 에너지 소스(20)는 약 500nm 내지 약 11 마이크로미터의 파장에서 방사를 전달하도록 적응된, 레이저와 같은 강력한 광원이다. 다른 실시예에서, 에너지 소스(20)는 제논, 아르곤, 또는 크립톤 방전 램프와 같은 복수의 방사 방출 램프를 특징으로 하는 플래시 램프, 또는 텅스텐 할로겐 램프일 수 있다. 그러한 경우에서, 펄스들을 관리하기 위해 셔터(shutter)가 이용될 수 있다. 모든 경우들에서, 이하에 상세하게 논의될 바와 같이, 어닐링 프로세스에서 이용되는 에너지 펄스는 일반적으로 비교적 짧은 시간, 예컨대 약 1nsec 내지 약 10msec 정도에 걸쳐 발생한다.

[0014] 소정 실시예들에서는, 기판(10)의 표면을 열 교환 장치(15)의 기판 지지 표면(16)과 열 접촉하도록 위치시킴으로써, 열 처리 동안의 기판의 온도를 제어하는 것이 바람직할 수 있다. 열 교환 장치(15)는 일반적으로 어닐링 프로세스 이전에 또는 어닐링 프로세스 동안에 기판을 가열 및/또는 냉각하도록 적응된다. 일례에서, 열 교환 장치(15)는 기판 지지 표면(16) 상에 배치된 기판을 가열하도록 적응된 저항성 가열 소자(15A) 및 온도 제어기(15C)(제어기(21)와 통신함)를 포함한다. 열 교환 장치(15)는 또한 기판 지지 표면(16) 상에 배치된 기판을 냉각하도록 적응된 하나 이상의 유체 채널(15B) 및 극저온 냉각기(cryogenic chiller)(15D)를 포함할 수 있다. 일 양태에서, 제어기(21)와 통신하는 종래의 극저온 냉각기(15D)는 하나 이상의 유체 채널(15B)을 통해 냉각 유체를 전달하도록 적응된다.

[0015] 제어기(21)는 일반적으로 여기에 설명된 열 처리 기법들의 제어 및 자동화를 용이하게 하도록 설계되며, 전형적으로는 중앙 처리 유닛(CPU)(도시되지 않음), 메모리(도시되지 않음), 및 지원 회로들(또는 I/O)(도시되지 않음)을 포함할 수 있다. CPU는 다양한 프로세스들 및 하드웨어(예를 들어, 종래의 전자기 방사 검출기, 모터, 레이저 하드웨어)를 제어하고, 프로세스들(예를 들어, 기판 온도, 기판 지지체 온도, 펄스화된 레이저로부터의 에너지의 양, 검출기 신호)을 모니터링하기 위해 산업 세팅(industrial settings)에서 이용되는 임의의 형태의 컴퓨터 프로세서들 중 하나일 수 있다. 메모리(도시되지 않음)는 CPU에 접속되고, 랜덤 액세스 메모리(RAM), 판독 전용 메모리(ROM), 플로피 디스크, 하드 디스크, 또는 임의의 다른 형태의 로컬 또는 원격 디지털 저장소와 같은 쉽게 이용가능한 메모리 중 하나 이상일 수 있다. 소프트웨어 명령어들 및 데이터는 CPU에 명령을 내리기 위해 메모리 내에 코딩되고 저장될 수 있다. 또한, 지원 회로들(도시되지 않음)은 종래의 방식으로 프로세서를 지원하기 위해 CPU에 접속된다. 지원 회로들은 종래의 캐시, 전력 공급부, 클럭 회로, 입력/출력 회로망, 서브시스템 및 그와 유사한 것을 포함할 수 있다. 제어기에 의해 판독가능한 프로그램(또는 컴퓨터 명령어들)은 기판 상에서 어느 작업이 수행가능한지를 판정한다. 바람직하게는, 프로그램은 제어기에 의해 판독가능한 소프트웨어이며, 기판 위치, 각각의 전자기 펄스 내에서 전달되는 에너지의 양, 하나 이상의 전자기 펄스의

타이밍, 각각의 펄스에 대한 시간의 함수로서의 강도 및 파장, 기판의 다양한 영역들의 온도, 및 그들의 임의의 조합을 모니터링하고 제어하기 위한 코드를 포함한다.

[0016] 도 2는 기판들의 레이저 처리를 위한 시스템(200)의 개념도이다. 시스템(200)은 복수의 펄스화된 레이저 펄스를 생성하기 위한 하나 이상의 에너지 소스(예를 들어, 도 1에 관련하여 위에서 설명된 에너지 소스(20))를 갖는 에너지 모듈(202), 개별적인 펄스화된 레이저 펄스들을 결합 펄스화된 레이저 펄스들(combination pulsed laser pulses)로 결합하고 결합 펄스화된 레이저 펄스들의 강도, 주파수 특성 및 극성 특성을 제어하는 펄스 제어 모듈(204), 결합된 펄스화된 레이저 펄스들 중의 펄스들의 시간 프로파일을 조절하는 펄스 성형 모듈(206), 펄스들의 공간 에너지 분포를 조절하여 결합 펄스화된 레이저 펄스들을 단일의 균일한 에너지 필드 내로 중첩시키는 균질기(homogenizer)(208), 잔류하는 에지 불균일(edge non-uniformity)을 에너지 필드로부터 제거하는 어퍼쳐 부재(216), 및 어퍼쳐 부재(216)로부터 성형, 평활화 및 절형된(truncated) 에너지 필드를 수취하고, 레이저 에너지 필드를 기판 지지체(210) 상에 배치된 기판(230)에 정밀하게 정렬하여 투영하는 이미징 모듈(218)을 일반적으로 포함한다. 도 1과 관련하여 위에서 설명된 제어기(21)와 같은 제어기(212)는 레이저 펄스들을 생성을 제어하기 위해 에너지 모듈(202)에, 펄스 특성들을 제어하기 위해 펄스 제어 모듈(204)에, 그리고 에너지 필드에 대한 기판의 이동을 제어하기 위해 기판 지지체(210)에 연결된다. 인클로저(214)는 전형적으로 시스템(200)의 동작 컴포넌트들을 둘러싼다.

[0017] 시스템(200)은 도 1에 도시된 어닐링 영역(12)에 균일한 에너지 컬럼(uniform column of energy)을 전달하는 것을 목적으로, 에너지 소스(20)에 의해 생성되는 에너지를 포커싱하고, 편광시키고, 편광소멸시키고(de-polarize), 필터링하거나, 그것의 간섭성을 조절하도록 구성된 기타 광학 어셈블리들, 예컨대 렌즈들, 필터들, 거울들 및 그와 유사한 것을 포함할 수 있음이 예상된다. 시스템(200)의 예는 2011년 7월 29일자로 출원되고 명칭이 "NOVEL THERMAL PROCESSING APPARATUS"인 미국 특허 출원 제13/194,552호에 더 상세하게 개시되어 있으며, 그것의 전체 내용은 참조에 의해 여기에 포함된다. 시스템(200)과 함께 이용될 수 있는 적절한 광학 어셈블리의 예는 2007년 7월 31일자로 출원되고 명칭이 "APPARATUS AND METHOD OF IMPROVING BEAM SHAPING AND BEAM HOMOGENIZATION"인 미국 특허 출원 제11/888,433호에 더 상세하게 개시되어 있으며, 그것의 전체 내용은 참조에 의해 여기에 포함된다.

[0018] 레이저는 고전력 레이저 방사의 짧은 펄스들, 예를 들어 약 500nsec 미만의 지속기간을 갖는 펄스들을 형성할 수 있는, 위에서 논의된 임의의 유형의 레이저일 수 있다. 레이저들은 단일 파장에서, 또는 2개의 파장에서 동시에 광을 방출하도록 구성가능할 수 있거나, 파장 튜닝가능한 출력(wavelength-tunable output)을 제공하도록 구성될 수 있다. 전형적으로, 약 30보다 큰 M^2 와 500개가 넘는 공간 모드(spatial modes)를 갖는 하이 모달리티 레이저들(high modality lasers)이 이용된다. Nd:YAG, Nd:글래스, 티타늄-사파이어(titanium-sapphire), 또는 다른 희토류 도핑된 결정 레이저와 같은 고체 상태 레이저가 빈번하게 이용되지만, 응용에 따라, 액시머 레이저, 예를 들어 $XeCl_2$, ArF, 또는 KrF 레이저와 같은 가스 레이저들이 이용될 수 있다. 펄스화된 레이저들을 실현하기 위해, 레이저들은 예를 들어 q 스위칭(수동 또는 능동), 게인 스위칭(gain switching) 또는 모드 잠금(mode locking)에 의해 스위칭될 수 있다. 일례에서, 펄스화된 레이저들을 제공하기 위해, 스위치(도시되지 않음)가 이용된다. 스위치는 1 μ sec 이하 내에 개방 또는 폐쇄될 수 있는 고속 셔터(fast shutter)일 수 있거나, 임계 강도의 광이 거기에 충돌할 때 1 μ sec 미만 내에 투명하게 되는 불투명 결정과 같은 광학 스위치일 수 있다. 일부 실시예들에서, 광학 스위치는 1 nsec 미만에서 상태를 변경하도록 구성될 수 있다. 광학 스위치는 기판을 향해 지향되는 전자기 에너지의 연속적인 빔을 차단함으로써 펄스들을 생성한다. 원한다면, 레이저에 의해 방출되는 빔을 차단함으로써 펄스들을 형성하기 위해, 레이저의 출력 부근에서 포켈스 셀(Pockels cell)이 또한 이용될 수 있다.

[0019] 일반적으로, 펄스화된 레이저 처리를 위해 이용가능한 레이저들은 약 1 nsec 내지 약 500 nsec, 예컨대 약 5 nsec 내지 약 50 nsec, 예컨대 약 10 nsec의 지속시간을 갖고서, 약 100 mJ/cm^2 내지 약 50 J/cm^2 , 예컨대 약 1 J/cm^2 내지 약 15 J/cm^2 , 예컨대 약 10 J/cm^2 의 에너지 함량을 갖는 레이저 방사의 펄스들을 생성할 수 있다. 열 에너지가 후속 펄스의 도달 전에 기판을 통해 완전히 소산되는 것을 허용하기 위해, 복수의 그러한 펄스가 약 500nsec 내지 약 1msec, 예를 들어 약 1 μ sec 내지 약 500 μ sec, 예를 들어 약 100 μ sec의 지속시간을 갖고서 기판의 각각의 부분에 인가될 수 있다. 에너지 필드는 전형적으로 약 0.1 cm^2 내지 약 10.0 cm^2 , 예를 들어 약 6 cm^2 의 면적을 커버하여, 각각의 펄스로 약 0.2MW 내지 약 10GW의 전력 전달을 야기한다. 대부분의 응용에서, 각각의 펄스로 전달되는 전력은 약 10MW 내지 약 500MW일 것이다. 전달되는 전력 밀도는 전형적으로 약

$2\text{MW}/\text{cm}^2$ 내지 약 $1\text{GW}/\text{cm}^2$, 예를 들어 약 $5\text{MW}/\text{cm}^2$ 내지 약 $100\text{MW}/\text{cm}^2$, 예를 들어 약 $10\text{MW}/\text{cm}^2$ 이다. 각각의 펄스 내에서 인가되는 에너지 펄드는 평균 강도의 약 4% 이하, 예를 들어 약 3.5% 미만, 예를 들어 약 3.0% 미만의 강도의 공간 표준 편차를 갖는다.

[0020] 레이저들은 약 200nm 내지 약 2000nm, 예를 들어 약 490nm 내지 약 1100nm, 예를 들어 약 532nm의 파장을 가질 수 있다. 기관들의 어닐링을 위해 대부분 요구되는 고전력의 균일한 에너지 펄드의 전달은, 어닐링될 기관에 의해 쉽게 흡수되는 복수의 레이저 방출 방사를 갖는 에너지 소스(20)를 이용하여 달성될 수 있다. 일 실시예에서, 레이저들은 q 스위칭된 주파수 배가형 Nd:YAG 레이저(q-switched frequency-doubled Nd:YAG lasers)이다. 레이저들은 모두 동일 파장에서 동작할 수 있고, 다르게는 레이저들 중 하나 이상이 에너지 모듈(202) 내의 다른 레이저들과는 다른 파장들에서 동작할 수 있다. 일 양태에서, 복수의 주파수 배가형 Nd:YAG 레이저에 기초하는, 약 532nm의 파장을 갖는 레이저 방사가 이용된다. 레이저들은 원하는 전력 레벨들을 전개하기 위해 증폭될 수 있다. 어닐링 프로세스에서 이용되는 원하는 파장 및 펄스 프로파일은 기관의 재료 특성을 고려하여, 레이저 어닐링 프로세스의 광학적 및 열적 모델링에 기초하여 결정될 수 있다는 것이 예상된다.

[0021] 도 3a-3c는 개선된 열 대비 및 어닐링 프로세스 결과를 달성하기 위해, 에너지 소스(20)로부터 어닐링 영역(12)(도 1)으로 전달되는 에너지의 펄스의 다양한 속성들이 시간의 함수로서 조절되는 다양한 실시예들을 도시한다. 일 실시예에서는, 용융되도록 의도되는 기관의 영역들 내로의 열 입력을 증대하고, 다른 영역들 내로의 열 입력을 최소화하기 위해, 레이저 펄스의 형상을 시간의 함수로서 변화시키고/거나 전달되는 에너지의 파장을 변화시키는 것이 바람직하다. 일 양태에서는, 기관에 전달되는 에너지를 변화시키는 것이 바람직할 수 있다.

[0022] 도 3a는 사다리꼴 형상인 전자기 방사의 펄스(예를 들어, 펄스(301))를 그래프로 도시한다. 이 경우, 펄스(301)의 2개의 상이한 세그먼트(예를 들어, 302 및 304)에서, 전달되는 에너지는 시간의 함수로서 변화된다. 도 3a는 시간에 대한 에너지(energy versus time)가 선형의 방식으로 변화하는 펄스(301) 프로파일 또는 형상을 도시하고 있지만, 이것은 본 발명의 범위에 관한 제한으로 의도되지 않는데, 왜냐하면 펄스 내에 전달되는 에너지의 시간 변화(time variation)는 예를 들어 2차, 3차 또는 4차 형상 곡선을 가질 수 있기 때문이다. 다른 양태에서, 시간의 함수로서 펄스 내에 전달되는 에너지의 프로파일 또는 형상이 2차, 3차 또는 지수함수 형상의 곡선일 수 있다. 다른 실시예에서는, 원하는 어닐링 결과들을 달성하기 위해, 처리 동안 상이한 형상들을 갖는 펄스(예를 들어, 직사각형 및 삼각형 변조 펄스, 사인파 및 직사각형 변조 펄스, 직사각형, 삼각형 및 사인파 변조 펄스 등)를 이용하는 것이 유리할 수 있다.

[0023] 도 3a에 도시된 일 실시예에서, 어닐링 프로세스를 제어하기 위해, 세그먼트(302)의 기울기, 펄스(301)의 형상, 세그먼트(303)의 형상, 한 전력 레벨에서의 시간(예를 들어, 에너지 레벨 E_1 에서의 세그먼트(303)), 세그먼트(304)의 기울기, 및/또는 세그먼트(304)의 형상이 조절된다. 일반적으로는, 입자 및 프로세스 결과 변동성에 관련된 염려로 인해, 어닐링되는 영역들 내의 재료가 처리 동안 기화하게 하는 것은 바람직하지 않다는 점에 유의해야 한다. 그러므로, 어닐링되는 영역을 과열시키지 않고, 또한 재료의 기화를 유발하지 않고서, 어닐링되는 영역의 온도가 신속하게 목표 온도에 이르게 하기 위해 에너지 펄스의 형상을 조절하는 것이 바람직하다. 일 실시예에서, 도 3c에 도시된 바와 같이, 펄스(301)의 형상은 어닐링 영역 내의 재료의 기화를 방지하면서, 어닐링 영역이 신속하게 목표 온도에 이르게 한 다음, 원하는 기간(예를 들어, t_1) 동안 재료를 그 온도로 유지하기 위해 이용되는 복수의 세그먼트(즉, 세그먼트들(302, 303A, 303B, 303C, 및 304))를 갖도록 조절될 수 있다. 크기, 용융 깊이, 및 어닐링 영역들 내에 포함되는 재료가 변화됨에 따라, 시간 길이, 세그먼트들의 형상 및 펄스 세그먼트들 각각의 지속기간이 변화할 수 있다.

[0024] 일 실시예에서, 둘 이상의 전자기 방사 펄스가 상이한 시간들에서 기관의 영역에 전달되어, 기관 표면 상의 영역들의 온도가 쉽게 제어될 수 있다. 도 3b는 기관의 표면 상의 소정 영역들을 선택적으로 가열하기 위해, 다양한 시간 거리, 또는 주기(t)만큼 떨어져서 전달되는 2개의 펄스(301A 및 301B)의 플롯을 그래프로 도시한다. 이러한 구성에서, 뒤이은 펄스들 간의 주기(t)를 조절함으로써, 기관 표면 상의 영역들이 도달하는 피크 온도가 쉽게 제어될 수 있다. 예를 들어, 펄스들 간의 주기(t) 또는 빈도를 감소시킴으로써, 제1 펄스(301A) 내에서 전달되는 열이 제2 펄스(301B)의 전달 전에 소산될 시간이 적어지고, 이는 펄스들 간의 주기가 증가된 때에 비해, 기관 내에서 달성되는 피크 온도가 더 높아지게 할 것이다. 이러한 방식으로 주기를 조절함으로써, 에너지 및 온도가 쉽게 제어될 수 있다. 일 양태에서는, 각각의 펄스 단독으로는 기관이 목표 온도에 도달하게 하는 데에 충분한 에너지를 포함하지 않고, 어닐링된 영역들(12)(도 1)이 펄스들의 조합에 의해 목표 온도에 도달하게 할 것을 보장하는 것이 바람직할 수 있다. 둘 이상의 펄스와 같은 복수의 펄스를 전달하는 이러한 프로세스는, 단일의 에너지 펄스를 전달하는 것에 비하여, 기관 재료가 경험하는 열 충격을 감소시키는 경향이 있을 것

이다.

[0025] 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 어퍼쳐 부재(400)의 개략적인 측면도이다. 어퍼쳐 부재(400)는 도 2의 어퍼쳐 부재(216)를 대신하여 이용될 수 있다. 어퍼쳐 부재(400)는 에너지 차단 층(404)으로 코팅된 투명 평판(402)을 일반적으로 포함한다. 에너지 차단 층은 금속, 백색 페인트, 또는 유전체 거울(dielectric mirror)과 같은 불투명한 광 반사성 재료일 수 있다. 대안적으로, 에너지 차단 층은 고반사성 코팅일 수 있다. 적절한 투명 평판(402)은 유리, 봉규산염 유리, 및 용융 실리카(fused silica)를 포함할 수 있지만, 그에 한정되지는 않는다. 투명 평판(402)은 선택된 파장을 갖는 광 또는 레이저 방사와 같은, 선택된 형태의 에너지에 대해 실질적으로 투명하다. 에너지 차단 층(404)은 평판(402)의 정면(403) 상에 광 흡수 층 또는 광 반사 층을 퇴적함으로써 형성될 수 있다. 광 흡수 또는 광 반사 층은 광 흡수 또는 광 반사 층의 일부분들을 제거하여 패턴 개구들(406)(어퍼쳐들이라고도 함)을 생성하기 위해, 본 기술분야에 알려진 예치 방법들을 이용하여 후속하여 에칭된다. 프로세스 동안, 방사 소스(도시되지 않음. 예컨대, 도 1에 도시된 에너지 소스(20))로부터의 전자기 방사(408)는 균질화기(도시되지 않음. 예컨대, 도 2에 도시된 균질화기(208))를 통과하고, 여기에서 에너지는 기판의 표면 상의 어닐링될 영역에 거의 맞는, 도 1에 도시된 것과 같은 직사각형 또는 정사각형 형상 등의 패턴으로 배열된다. 다음으로, 전자기 방사(408)는 광 흡수 또는 광 반사 층이 제거된 패턴 개구들(406)을 통과하고, 도 1과 관련하여 위에서 설명된 이미징 모듈(218)과 같은 이미징 모듈에 충돌한다. 이미징 모듈은 어퍼쳐 부재(400)로부터 성형, 평활화 및 절형된 에너지 필드를 수취하고, 그것을 어닐링될 기판(도시되지 않음)의 표면 상에 투영한다.

[0026] 어퍼쳐 부재(400)는 크기가 달라질 수 있음이 예상된다. 또한, 패턴 개구들(406)은 바이너리 패턴, 즉 기판 상에 집적 회로들 또는 다른 원하는 디바이스 회로들을 만들기 위해 이용되는 패턴을 가질 수 있다. 패턴 개구들(406)은 응용에 따라 가변 어퍼쳐 크기를 제공하도록 구성될 수 있다. 도시되지는 않았지만, 상이한 크기들을 갖는 영역들을 어닐링하기 위해 에너지 필드의 크기를 변화시키는 것을 허용하기 위해, 상이한 어퍼쳐 크기들을 갖는 다수의 어퍼쳐 부재가 제공될 수 있다.

[0027] 본 발명의 일 실시예에서, 투명 평판(402)의 정면(403) 상에 형성된 패턴 개구들(406)은 펠리클(410)이라고 지칭되는 보호 재료에 의해 커버된다. 펠리클은 전형적으로, 니트로셀룰로오스(nitrocellulose), 셀룰로오스 아세테이트(cellulose acetate), 또는 플루오르카본계 폴리머(fluorocarbon-based polymers)와 같은 유기 재료로 만들어진 평평한 투명 멤브레인 또는 시트이다. 펠리클(410)의 재료는 적어도 약 200nm 내지 약 2000nm, 예를 들어 약 400nm 내지 약 1000nm, 예를 들어 약 532nm으로 확장되는 광 범위 내의 입사 전자기 에너지와 함께 이용되도록 선택될 수 있다. 예를 들어, 펠리클(410)은 전자기 에너지, 기체상 프리커서(gaseous precursors), 또는 대기로부터의 수분의 악영향에 대한 우수한 저항성을 제공하기 위해, 유리, 석영 또는 용융 실리카로 형성될 수 있다. 펠리클(410)은 투명 평판(402)의 정면(403) 상에 탑재되는 프레임(412)에 걸쳐 신장된다(stretched). 펠리클(410)은 접착제 또는 테이프(도시되지 않음)를 통해 프레임(412)에 단단하게 고정될 수 있다. 프레임(412)은 금속, 금속 합금 또는 플라스틱의 단일 벽 프레임(single-walled frame)일 수 있다. 펠리클(410)은 투명 평판(402)의 정면(403)으로부터 고정된 거리에 배치된다. 일례에서, 펠리클(410)과 투명 평판(402) 사이의 거리 D1은 약 2mm 내지 약 20mm, 예를 들어 약 6mm이다. 펠리클(410)은 약 5μm 내지 약 500μm 범위의 두께를 가질 수 있다. 펠리클(410)의 얇음(thinness)은 반사방지 코팅을 불필요하게 하며, 펠리클(410)이 패턴 개구들(406) 전체를 커버하도록 프레임(412)에 걸쳐 평평하게 위치되는 것을 허용한다. 패턴 개구들(406)을 펠리클(410)로 커버하고, 어퍼쳐 부재(400)의 에지들을 프레임(412)으로 둘러싸는 것은, 입자 및/또는 다른 오염물질들이 들어와서 투명 평판(402)의 정면(403) 상에 떨어지지 않을 것을 보장한다. 이것은 입자들의 그림자로 인한 최종 에너지 필드의 강도 변화가 감소되도록, 임의의 입자 오염물질들을 최종 에너지 필드(즉, 기판 표면) 내의 중심에서 벗어나게 유지하는 역할을 한다. 그러므로, 펠리클(410)은 입자 오염물질들이 기판 상에 이미징되는 것을 방지한다. 그러면, 이러한 입자 오염물질들은 투명 평판(402)의 표면의 세정을 요구하지 않고서 제거될 수 있다.

[0028] 도 4b는 본 발명의 다른 실시예에 따른 어퍼쳐 부재(430)의 개략적인 측면도이다. 추가 펠리클(432) 및 추가 프레임(434)이 투명 평판(402) 중 방사 소스(도시되지 않음)를 향하는 후면(413)에, 즉 투명 평판(402) 중 펠리클(410)을 향하는 정면(403)의 반대에 탑재된다는 점을 제외하면, 어퍼쳐 부재(430)는 어퍼쳐 부재(400)와 유사하다. 펠리클(432)은 펠리클(410)과 동일한 재료 및 크기일 수 있다. 어퍼쳐 부재(430)의 에지들은 미립자들이 투명 평판(402)의 후면(413) 상에 떨어지지 않을 것을 보장하는 프레임(434)에 의해 둘러싸인다. 펠리클(410)과 펠리클(432)의 조합은 어퍼쳐 부재(430)의 방진 보호(dust-proof protection)를 제공한다.

[0029] 어퍼쳐 부재들(400 및 430)은 어퍼쳐를 통과하는 광의 이미지를 임의의 원하는 방식으로 확대하거나 축소할 수

있다. 어퍼쳐 부재들은 본질적으로 확대가 아닌 1:1의 배율 상수(magnification factor)를 가질 수 있고, 다른 계는 약 1.1:1 내지 약 5:1, 예를 들어 약 2:1 또는 약 4:1의 비율로 이미지의 크기를 축소할 수 있다. 일부 실시예들에서는 크기 축소가 유용할 수 있는데, 왜냐하면 사이즈 축소에 의해, 이미징되는 에너지 필드의 에지들이 선명해질 수 있기 때문이다. 일부 실시예들에서는, 이미징되는 에너지 필드의 커버리지 면적을 증가시킴으로써 효율 및 스루풋을 개선하기 위해, 약 1:1.1 내지 약 1:5, 예를 들어 약 1:2 비율의 확대가 유용할 수 있다.

[0030] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 기판의 레이저 처리를 위한 프로세스를 도시하는 흐름도(500)이다. 여기에서 설명되는 흐름도(500)는 도 1, 2, 3a-3c, 및 4a-4b와 관련하여 위에서 논의된 다양한 실시예들과 함께 수행될 수 있다. 도 5에 도시된 단계들의 수 및 순서는 여기에 설명되는 본 발명의 범위에 관한 제한으로 의도되지 않는데, 왜냐하면 본 발명의 기본 범위를 벗어나지 않고서 하나 이상의 단계가 추가, 삭제 및/또는 재배열될 수 있기 때문이다.

[0031] 흐름도(500)는 박스(502)에서 시작하는데, 여기에서 미리 선택된 범위의 괴장들에 대해 불투명하거나 반사성인 에너지 차단 층으로 코팅된 투명 평판을 갖는 어퍼쳐 부재가 제공된다. 투명 평판 및 에너지 차단 층은 위에서 논의된 바와 같은 투명 평판(402) 및 에너지 차단 층(404)일 수 있다. 에너지 차단 층은 전자기 에너지가 통과하는 것을 허용하기 위한 패턴 개구들(즉, 어퍼쳐들)을 갖고서 형성될 수 있다. 패턴 개구들은 기판 상에 집적 회로들 또는 다른 원하는 디바이스 피쳐들을 만들기 위해 이용되는 패턴을 가질 수 있다. 패턴 개구들은 응용에 따라 가변 어퍼쳐 크기를 제공하도록 구성될 수 있다.

[0032] 박스(504)에서, 투명 멤브레인 또는 시트는 투명 평판의 정면 상에 탑재되는 프레임에 걸쳐 신장된다. 투명 멤브레인 또는 시트는 투명 평판의 정면으로부터 수 밀리미터 상승되어 패턴 개구들을 커버한다. 전자기 에너지, 기체상 프리커서, 또는 대기로부터의 수분의 악영향에 대해 필요한 지속성(sustainability) 및 저항성을 제공하기 위해, 투명 멤브레인 또는 시트는 도 4a 및 4b와 관련하여 위에서 논의된 것과 같은 펠리를(410)일 수 있다. 투명 멤브레인 또는 시트는 패턴 개구들 상에 내려앉을 수 있는 입자들 및/또는 다른 오염물질들이 투명 멤브레인 또는 시트 상에 내려앉을 것을 보장하도록 구성되며, 이는 입자 오염물질들을 최종 에너지 필드의 중심에서 벗어나게 유지하며, 그에 의해 입자 오염물질들이 기판 상에 이미징되는 것을 방지한다.

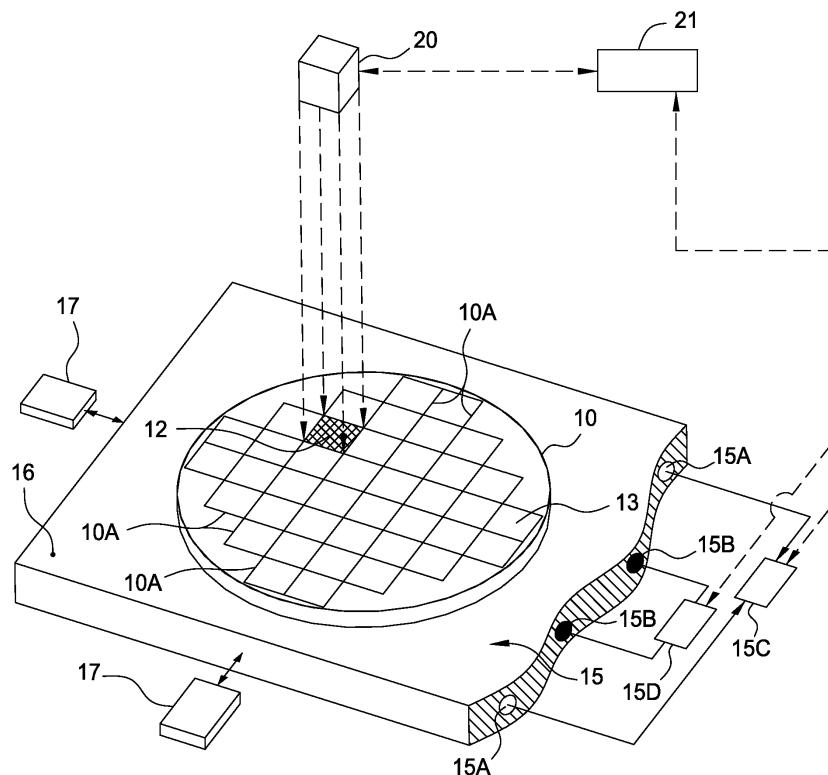
[0033] 박스(506)에서, 기판은 투명 평판, 패턴 개구들, 및 투명 멤브레인 또는 시트를 통과하는 에너지 필스에 노출된다. 전자기 에너지 필스는 어퍼쳐 부재의 업스트림 또는 다운스트림에 배치된 필스 제어 또는 성형(shaping) 모듈들, 및 다양한 광학 컴포넌트들을 또한 통과할 수 있다는 것이 예상된다. 기판은 하나 이상의 적절한 괴장에서 방사를 방출하는 복수의 전자기 에너지 필스에 노출될 수 있고, 방출된 방사는 위에서 논의된 바와 같이 원하는 에너지 밀도 및/또는 필스 지속시간을 갖는다. 전자기 에너지의 소스들은 광학 방사 소스, 전자 빔 소스, 이온 빔 소스, 및/또는 마이크로웨이브 에너지 소스를 포함할 수 있지만, 그에 한정되지는 않는다. 도 1 및 2와 관련하여 위에서 논의된 바와 같이, 복수의 전자기 에너지 필스는 기판을 어닐링하기 위해 기판의 일부분을 향해 지향된다.

[0034] 본 발명의 이점 중 하나는 어퍼쳐 부재의 투명 평판 상에 형성된 패턴 개구들(즉, 어퍼쳐들)이 투명 평판의 정면으로부터 수 밀리미터 떨어져서 배치된 투명 멤브레인 또는 시트에 의해 완전하게 보호된다는 것이다. 투명 멤브레인 또는 시트는 입자 오염물질들을 최종 에너지 필드의 중심에서 벗어나게 유지하고, 그에 의해 입자 오염물질들이 기판 상에 이미징되는 것을 방지한다. 투명 멤브레인 또는 시트는 기판에 전사될 패턴 개구들의 이미지 평면 내에 입자 오염물질들이 모이는 것을 방지하므로, 투명 멤브레인 또는 시트 상에 내려앉는 임의의 입자들 또는 오염물질들이 처리되는 기판에 미치는 효과는 무시할 수 있는 정도일 것이다.

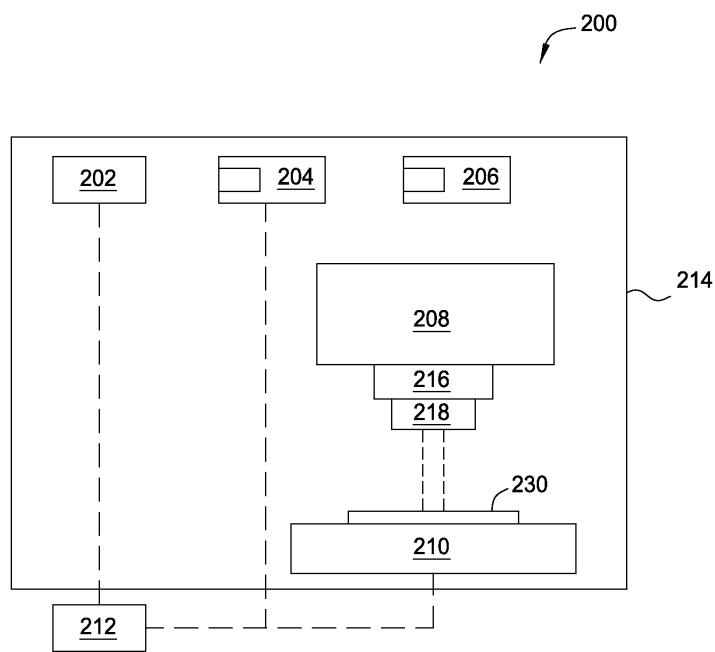
[0035] 상술한 것은 본 발명의 실시예들에 관한 것이지만, 본 발명의 다른 실시예들 및 추가의 실시예들은 그것의 기본 범위로부터 벗어나지 않고서 안출될 수 있으며, 그것의 범위는 이하의 청구항들에 의해 결정된다.

도면

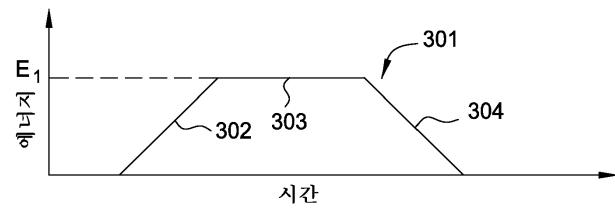
도면1



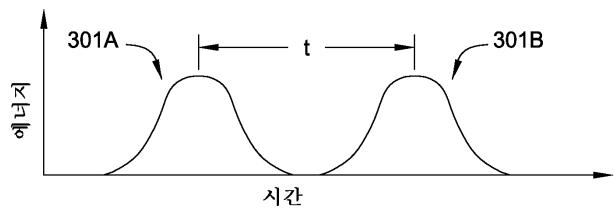
도면2



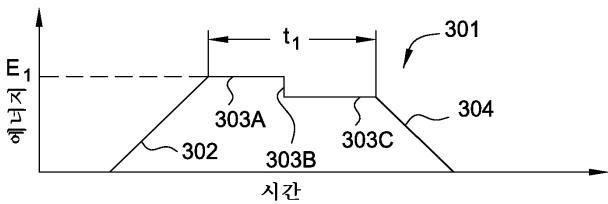
도면3a



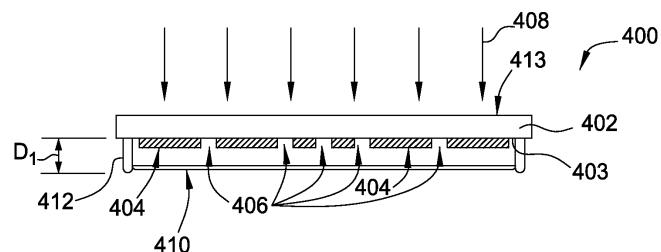
도면3b



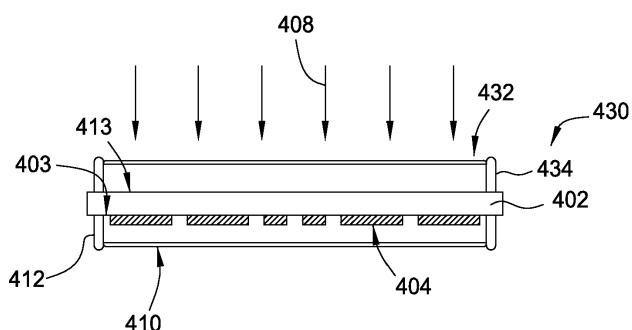
도면3c



도면4a



도면4b



도면5

