



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년08월06일
(11) 등록번호 10-2007315
(24) 등록일자 2019년07월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/762 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7036692
(22) 출원일자(국제) 2013년06월14일
심사청구일자 2018년04월10일
(85) 번역문제출일자 2014년12월29일
(65) 공개번호 10-2015-0023514
(43) 공개일자 2015년03월05일
(86) 국제출원번호 PCT/IB2013/001252
(87) 국제공개번호 WO 2014/001869
국제공개일자 2014년01월03일
(30) 우선권주장
1201802 2012년06월26일 프랑스(FR)
(56) 선행기술조사문헌
US6486008 B1
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
소이텍
프랑스, 에프-38190 베른느, 슈망 데 프랑크, 뺑
떼끄놀로지끄 데 풍텐느
(72) 발명자
브뤼엘 미셸
프랑스 에프-38113 뵈레 보루아즈 프레스베르 넘
버 9
(74) 대리인
정홍식

전체 청구항 수 : 총 13 항

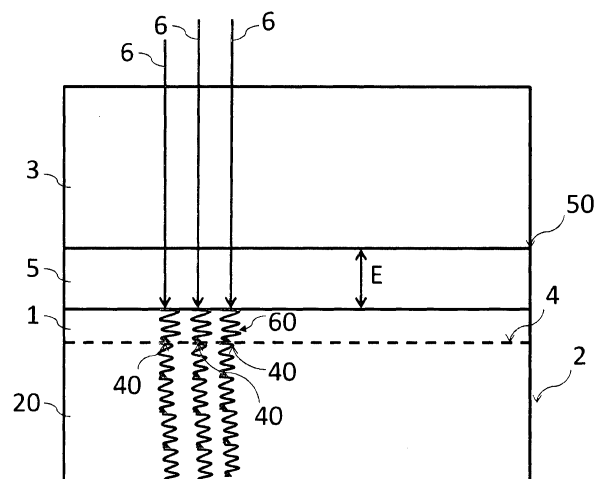
심사관 : 김정진

(54) 발명의 명칭 층을 전사하기 위한 프로세스

(57) 요약

이러한 전사 프로세스는, (a) 도너 기판(2) 및 지지 기판(3)을 제공하는 단계; (b) 도너 기판(2)에 취화 영역(4)을 형성하는 단계; (c) 도너 기판(2)의 제 1 부분(1)과 지지 기판(3) 사이에 접합층(5)으로 붙이는 것을 형성하는 단계; 및 (b) 지지 기판(3)에 도너 기판(2)을 조립하는 단계를 포함하고, 이 전사 프로세스는 (e) 주어진 파워 밀도로 노출 시간 동안 전자기 조사들(6)에 취화 영역(4)의 부분들(40)을 연속해서 노출시키는 단계를 포함하고, 노출 시간은 지지 기판(3)이 도너 기판(2)의 제 1 부분(1)으로부터 열적으로 분리되도록 접합층의 두께(E)에 의존하여 선택되고, 노출 시간은 취화 영역(4)을 약화시키는 키네틱스를 활성화시키기 위해 파워 밀도에 의존하여 선택된다는 점에 주목할 만하다.

대 표 도 - 도1



(56) 선행기술조사문헌
US20050048738 A1
US20020146893 A1
JP2011138932 A
W02010055857 A1

명세서

청구범위

청구항 1

층(1)을 전사하기(transferring) 위한 프로세스로서,

(a) 제 1 열팽창 계수를 가지는 재료로 만들어지는 도너 기관(2) 및 상기 제 1 열팽창 계수와 다른 제 2 열팽창 계수를 가지는 재료로 만들어지는 지지 기관(3)을 제공하는 단계;

(b) 취화 영역(embrittlement region; 4)의 양측 상에서 상기 도너 기관(2)에 제 1 부분(1) 및 제 2 부분(20)을 한정하도록 상기 도너 기관(2)에 상기 취화 영역(4)을 형성하는 단계로서, 상기 제 1 부분(1)은 상기 지지 기관에 전사될 상기 층(1)을 형성하는, 상기 취화 영역을 형성하는 단계;

(c) 상기 도너 기관(2)의 상기 제 1 부분(1)과 상기 지지 기관(3) 사이에 접합층(5)을 형성하는 단계로서, 상기 접합층(5)은 미리 설정된 두께를 가지는, 상기 접합층(5)을 형성하는 단계; 및

(d) 상기 도너 기관(2)을 상기 지지 기관(3)에 조립하는 단계;를 포함하며,

상기 프로세스는,

(e) 주어진 파워 밀도로 노출 시간 동안 전자기 조사들(6)에 상기 취화 영역(4)의 부분들(40)을 연속해서 노출시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하고,

상기 전자기 조사들(6)은 특정 스펙트럼 영역에 속하고,

상기 특정 스펙트럼 영역은, 상기 특정 스펙트럼 영역에서 상기 지지 기관(3)이 투명하고, 상기 접합층(5)이 투명하고 상기 도너 기관(2)이 흡광성이 있도록 선택되고,

상기 노출 시간은 상기 지지 기관(3)의 온도가 상기 노출 시간 동안 임계치(T0)보다 아래로 유지되도록 상기 접합층(5)의 두께(E)에 의존하여 선택되고, 상기 임계치(T0)보다 위에서 결함들이 상기 지지 기관(3), 상기 접합층(5) 및 상기 도너 기관(2)을 포함하는 구조에 나타나기 쉽고, 상기 노출 시간은 상기 취화 영역(4)을 약화시키는 키네틱스(kinetics)를 활성화시키기 위해 상기 파워 밀도에 의존하여 선택되는 것을 특징으로 하는, 프로세스.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 노출 시간은 상기 접합층(5)에서의 열 확산 거리가 상기 접합층(5)의 두께(E)보다 작거나 같도록 상기 접합층(5)의 두께(E)에 의존하여 선택되는 것을 특징으로 하는, 프로세스.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 전자기 조사들(6)은 전자기 펄스들이고, 각각의 전자기 펄스의 길이는 다음의 관계식: $e \geq \sqrt{2D\tau}$ 을 고려하고; 여기서 D는 상기 접합층의 열 확산 계수이고, τ 는 하나의 전자기 펄스의 길이이고, e는 상기 접합층의 두께이고, τ 는 0 ns와 10 μ s 사이에 있고, e는 10 μ m보다 낮은 것을 특징으로 하는, 프로세스.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

단계(e)는 상기 전자기 조사들을 방출하는 적어도 하나의 레이저를 이용하여 실행되고, 상기 레이저는 상기 취화 영역(4)의 상기 부분들(40)을 연속해서 노출시키기 위해 이동되는 것을 특징으로 하는, 프로세스.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 도너 기관(2)은 열전도율을 가지며, 상기 접합층(5)은 상기 도너 기관(2)의 열전도율보다 낮은 열전도율을 가지며, 상기 접합층(5)의 상기 열전도율은 다음의 관계식: $\sigma_{CL} \leq \frac{1}{10} \sigma_{SD}$ 을 고려하며; 여기서 σ_{CL} 은 상기 접합층(5)의 상기 열전도율이고 σ_{SD} 는 상기 도너 기관(2)의 상기 열전도율인 것을 특징으로 하는, 프로세스.

청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

단계(d)는 임계치보다 아래의 온도에서 실행되고 상기 임계치보다 위에서 결함들은 상기 지지 기관(3), 상기 접합층(5) 및 상기 도너 기관(2)을 포함하는 상기 구조에 나타나기 쉽고, 상기 온도는 300℃보다 아래에 있는 것을 특징으로 하는, 프로세스.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

단계(d)가 실행되는 상기 온도는 250℃보다 아래에 있는 것을 특징으로 하는, 프로세스.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

- 단계(e) 후 상기 접합층(5)으로부터 상기 지지 기관(3)을 분리하는 단계;
- 최종 지지 기관을 제공하는 단계;
- 상기 접합층(5)에 의해 상기 최종 지지 기관에 상기 도너 기관(2)을 조립하는 단계; 및
- 상기 취화 영역(4)에서 상기 도너 기관(2)을 분쇄하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 프로세스.

청구항 9

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 노출 시간은 상기 취화 영역(4)에서 상기 도너 기관(2)을 분쇄하기 위해 상기 파워 밀도에 의존하여 선택되는 것을 특징으로 하는, 프로세스.

청구항 10

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 도너 기관(2)이 만들어지는 상기 재료는 실리콘, 게르마늄, 실리콘-게르마늄, 및 질화 갈륨, 비화 갈륨(gallium arsenide) 및 인화 인듐과 같은 III-V 재료들을 포함하는 그룹으로부터 선택되는 반도체인 것을 특징으로 하는, 프로세스.

청구항 11

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 지지 기관(3)이 만들어지는 상기 재료는 실리콘, 석영, 실리카, 사파이어, 다이아몬드, 및 글라스를 포함하는 그룹으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는, 프로세스.

청구항 12

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 접합층(5)은 이산화 실리콘 또는 질화물로 만들어지는 유전체층인 것을 특징으로 하는, 프로세스.

청구항 13

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 취화 영역(4)은 수소 및 헬륨 중 적어도 하나에서 선택되는 종들(species)을 주입하여 단계(b)에서 형성되는 것을 특징으로 하는, 프로세스.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 층을 전사하기 위한 프로세스에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] SmartCut™ 프로세스로 불리는, 층을 전사하기 위한 알려진 종래 기술의 프로세스는 다음의 단계들:

[0003] (a) 제 1 및 제 2 열팽창 계수를 각각 가지는 재료들로 만들어지는 도너 기판 및 지지 기판을 제공하는 단계;

[0004] (b) 취화 영역의 양측 상에서 도너 기판에 제 1 부분 및 제 2 부분을 한정하기 위해 도너 기판에 취화 영역을 형성하는 단계 - 제 1 부분은 지지 기판에 전사될 층을 형성하도록 의도됨 -;

[0005] (c) 도너 기판의 제 1 부분과 지지 기판 사이에 접합층으로 불리는 것을 형성하는 단계 - 접합층은 미리 설정된 두께를 가짐 -; 및 (d) 도너 기판을 지지 기판에 조립하는 단계를 포함한다.

[0006] 도너 기판 및 지지 기판은 통상적으로 단계(d)에서 온도 증가의 영향을 받는다. 도너 기판 및 지지 기판은 또한:

[0007] - 열 처리를 이용하여 취화 영역에서 도너 기판을 분쇄하는 단계; 및

[0008] - 어닐(anneal)로 계면(interfaces)들을 강화하는(strengthening) 단계

[0009] 로 구성되는 후속 단계들에서 온도 증가의 영향을 받는다.

[0010] 이들 온도 증가들은 상이한 열팽창 계수들을 가지는 도너 기판 및 지지 기판에 의해 야기되는 차동 열적 거동(differential thermal behaviour)을 통해 도너 기판, 접합층 및 지지 기판을 포함하는 구조에 응력들을 발생시킨다. 이들 응력들은 결함들이 구조(벌크(bulk) 결함들 및 계면 결함들)에 나타나게 하고 심지어 이들의 크기에 의존하여 기판에 박리가 생기게 할 수 있다.

[0011] 온도 증가들은 특히 도너 기판을 분쇄하는 단계에서 및 계면들을 강화하기 위한 어닐링 단계에서 크고, 단계들은 섭씨 수백도의 온도들에서 실행되고, 따라서, 구조에 매우 높은 크기들의 응력들을 발생시킨다. 그러므로, 도너 기판을 분쇄하는 단계 및 계면들을 강화하기 위한 어닐링 단계는 구조에서의 결함들의 출현 및 심지어 기판의 박리를 조장하는 단계들이다.

[0012] [과제의 해결 수단]

[0013] 본 발명은 위에서 언급한 문제점들의 전부 또는 일부를 극복하는 것을 목적으로 하며, 다음의 단계들:

[0014] (a) 제 1 및 제 2 열팽창 계수를 각각 가지는 재료들로 만들어지는 도너 기판 및 지지 기판을 제공하는 단계;

[0015] (b) 취화 영역(embrittlement region)의 양측 상에서 도너 기판에 제 1 부분 및 제 2 부분을 한정하도록 도너 기판에 취화 영역을 형성하는 단계로서, 제 1 부분은 지지 기판에 전사될 층을 형성하도록 의도되는, 상기 취화 영역을 형성하는 단계;

[0016] (c) 도너 기판의 제 1 부분과 지지 기판 사이에 접합층으로 불리는 것을 형성하는 단계로서, 접합층은 미리 설정된 두께를 가지는, 상기 접합층으로 불리는 것을 형성하는 단계; 및

[0017] (d) 도너 기판을 지지 기판에 조립하는 단계를 포함하는 층의 전사 프로세스에 관한 것이고, 전사 프로세스는 다음의 단계:

[0018] (e) 주어진 파워 밀도로 노출 시간 동안 전자기 조사들에 취화 영역의 부분들을 연속해서 노출시키는 단계를 포함하고, 전자기 조사들은 지지 기판, 접합층 및 도너 기판이 상기 스펙트럼 영역에서 각각 투명하고, 투명 및 흡광성이 있도록 선택된 스펙트럼 영역에 속하고, 노출 시간은 지지 기판의 온도가 노출 시간 동안 임계치보다 아래로 유지되도록 접합층의 두께에 의존하여 선택되고, 임계치보다 위에서 결함들이 지지 기판, 접합층 및 도

너 기판을 포함하는 구조에 나타나기 쉽고, 노출 시간은 취화 영역을 약화시키는 키네틱스(kinetics)를 활성화시키기 위해 파워 밀도에 의존하여 선택되는 점에서 주목할만하다.

- [0019] 따라서, 본 발명에 따른 이와 같은 전사 프로세스는 국부적 열 처리가 전자기 조사들에 취화 영역의 부분들을 연속해서 노출시켜 적용되게 한다. 그러므로, 전자기 조사들은 지지 기판 및 접합층에서, 취화 영역의 일부의 노출된 섹션에 대응하는 작은 섹션을 통해 전파한다. 지지 기판, 접합층 및 도너 기판의 노출된 섹션은 지지 기판 및 도너 기판의 전체 섹션이 단지 극소의 온도 증가만을 받도록 충분히 작다. 따라서, 이러한 국부적 열 처리는 나타나는 결함들, 또는 심지어 제 1 및 제 2 열팽창 계수들이 상당히 다를 때의 박리의 위험이 회피되게 한다. 그러므로, 이러한 국부적 열 처리는 도너 기판, 지지 기판 및 접합층을 포함하는 전체 구조의 종래 기술의 전체적인 열 처리와 다르다.
- [0020] 더욱이, 접합층의 존재는 필수인데, 그 이유는 전자기 조사들을 흡수하는 지지 기판이 도너 기판의 제 1 부분으로부터 열적으로 분리되게 허용하기 때문이다. 특히, 흡수 후 발생한 열은 접합층을 통해 지지 기판을 향해 확산하기 쉽다. 지지 기판을 향한 이러한 열의 확산은 바람직하지 않은데 그 이유는 위에서 설명한 것과 같이, 지지 기판이 도너 기판 및 지지 기판의 차동 열적 거동을 통해 응력들의 발생으로 이어질 수 있는 온도 증가에 영향을 받는 것을 방지하는 것이 바람직하기 때문이다. 이것은 노출 시간이 이러한 열적 분리를 획득하기 위해 접합층의 두께에 의존하여 선택되기 때문이며, 분리는 노출 시간 동안 지지 기판의 온도가 임계치보다 아래로 유지되게 허용하며, 임계치보다 위에서는 결함들이 지지 기판, 접합층 및 도너 기판을 포함하는 구조에 나타나기 쉽다. 용어 "결함들"은 지지 기판 및 도너 기판에서의 대부분의 결함들, 및 도너 기판과 접합층 사이의 계면에서의 결함들, 및 지지 기판과 접합층 사이의 계면에서의 결함들을 의미하는 것으로 이해된다.
- [0021] 취화 영역에서 도너 기판을 분쇄하는 단계는, 만약 노출 시간 및 파워 밀도가 적절히 선택되면 단계(e)와 함께 부수적으로 실행될 수 있다. 취화 영역에서 도너 기판을 분쇄하는 단계는 또한 단계(e) 후 실행될 수 있다. 단계(e)는, 간단한 후속 기계적 작용 또는 후속 저온 열처리가 도너 기판을 분쇄하기에 충분한 지점에서 취화 영역을 약화시키는 키네틱스가 활성화되게 허용한다. 물론, 후속 열 처리는, 단계(e)에서 약화 키네틱스의 활성화에 의해 있을 수 있게 되는 결함들이 나타나기 쉬운 온도보다 훨씬 아래의 온도에서 실행될 것이다.
- [0022] 선택적 강화 어닐들(strengthening anneal)은 가능하게는 도너 기판이 분쇄된 후 행해질 것이다. 이들 강화 어닐들에서 이용된 온도 증가는 결함들 또는 박리를 일으킬 수 있을 만큼 충분히 높은 응력들을 발생시키지 않는 데, 그 이유는 전사된 층, 즉 도너 기판의 제 1 부분이 도너 기판의 초기 두께에 비해 충분히 얇은 두께를 가지기 때문이다. 이러한 얇은 두께는 차동 열적 거동이 결함들 또는 박리의 출현을 영향들로서 가지는 지지 기판에 의해 유도될 수 있게 허용하지 않는다.
- [0023] 일 실시예에 따르면, 노출 시간은 접합층에서의 열 확산 거리가 접합층의 두께보다 얇거나 같도록 접합층의 두께에 의존하여 선택된다.
- [0024] 따라서, 지지 기판의 온도는 노출 시간 동안 임계치보다 아래로 유지될 수 있고, 임계치보다 위에서는 결함들이 지지 기판, 접합층 및 도너 기판을 포함하는 구조에 나타나기 쉽다.
- [0025] 일 실시예에 따르면, 전자기 조사들은 전자기 펄스들이고, 각각의 전자기 펄스의 길이는 다음의 관계식:
$$e \geq \sqrt{2D\tau}$$
 을 고려하고; 여기서 D는 접합층의 열 확산 계수이고, τ 는 하나의 전자기 펄스의 길이이고, e는 접합층의 두께이고, τ 는 바람직하게는 10 ns와 10 μ s 사이에 있고, e는 바람직하게는 10 μ m보다 낮다.
- [0026] 따라서, 이와 같은 전자기 펄스들은 흡수 후 접합층을 통해, 지지 기판으로의 열의 확산을 충분히 감소시키도록 조정되어, 지지 기판의 온도가 노출 시간 동안 임계치보다 아래로 유지되고, 임계치보다 위에서는 결함들이 지지 기판, 접합층 및 도너 기판을 포함하는 구조에 나타나기 쉽다. 각각의 전자기 펄스의 길이는 접합층에서의 열 확산 거리가 접합층의 두께보다 작도록 조정된다. 그러므로, 각각의 전자기 펄스에 의해 전달된 에너지는 다음 전자기 펄스의 도착 전에 도너 기판의 제 1 부분으로부터 진공배기될 수 있다. 열 확산 거리가 접합층의 두께에 비해 작으면 작을수록, 지지 기판과 도너 기판의 제 1 부분 사이의 열적 분리가 더 양호해 질 것이다. 듀티 사이클 및 펄스 주기들의 수는 취화 영역을 약화시키는 키네틱스를 활성화시키도록 조정된다.
- [0027] 일 실시예에 따르면, 단계(e)는 전자기 조사들을 방출하는 적어도 하나의 레이저를 이용하여 실행되고, 상기 레이저는 취화 영역 부분들을 연속해서 노출시키도록 이동된다.
- [0028] 따라서, 레이저가 연속과 전자기 조사들을 방출할 때, 레이저가 이동되는 속도는 취화 영역의 각 부분에 대해 원하는 노출 시간을 획득하도록 조정된다. 레이저가 전자기 펄스들을 방출할 때, 취화 영역의 부분에 대한 노출

시간은 상기 부분 위로 방출된 전자기 펄스들의 길이들의 합에 대응한다.

[0029] 유리하게는, 도너 기판은 열전도율을 가지며, 접합층은 도너 기판의 열전도율보다 낮은 열전도율을 가지며, 접합층의 열전도율은 바람직하게는 다음의 관계식: $\sigma_{CL} \leq \frac{1}{10} \sigma_{SD}$ 을 고려하고; 여기서 σ_{CL} 는 접합층의 열전도율이고 σ_{SD} 는 도너 기판의 열전도율이다.

[0030] 따라서, 이와 같은 접합층은 지지 기판과 도너 기판의 제 1 부분 사이의 열적 분리가 고유 열 절연(intrinsic thermal insulation)에 의해 개선될 수 있게 한다.

[0031] 일 실시예에 따르면, 단계(d)는 임계치보다 아래의 온도에서 실행되고, 임계치보다 위에서는 결합들이 지지 기판, 접합층 및 도너 기판을 포함하는 구조에 나타나기 쉽고, 상기 온도는 바람직하게는 300℃보다 아래에, 훨씬 더 바람직하게는 200℃보다 아래에 있다.

[0032] 유리하게는, 단계(d)가 실행되는 온도는 지지 기판 및 접합층이 역으로 조립되도록 이들이 결합 에너지를 가지는 계면을 나타내도록 선택되고, 상기 온도는 바람직하게는 250℃보다 아래에, 훨씬 더 바람직하게는 150℃보다 아래에 있다.

[0033] 결합 에너지는 바람직하게는 0.1 J/m²와 0.4 J/m² 사이에 있고 바람직하게는 실질적으로 0.2 J/m²과 같다.

[0034] 일 실시예에 따르면, 전사 프로세스는 다음의 단계들:

- [0035] - 단계(e) 후 접합층으로부터 지지 기판을 분리하는 단계;
 - [0036] - 최종 지지 기판으로 불리는 것을 제공하는 단계;
 - [0037] - 접합층에 의해 최종 지지 기판에 도너 기판을 조립하는 단계; 및
 - [0038] - 취화 영역에서 도너 기판을 분쇄하는 단계
- [0039] 를 포함한다.

[0040] 따라서, 지지 기판은 접합층으로부터 분리될 수 있는데 그 이유는 단계(e)의 국부 열 처리가 지지 기판과 접합층 사이의 계면을 강화하지 않기 때문이며, 지지 기판은 도너 기판의 제 1 부분으로부터 열적으로 분리된다. 최종 지지 기판으로의 층의 전사는 최종 지지 기판이 생각했던 적용에 원했던 특성들을 가질 때 유용하다는 것을 입증할 수 있지만, 단계(e)의 실행 동안 필요한 광학적 특성들과 호환 가능하지 않다. 더욱이, 단계(e)에서 약화 키네틱스의 활성화는 도너 기판의 블리스터링(blistering)을 방지하기 위해 기계적 스티프너(mechanical stiffener)로서 작용하는 지지 기판이 존재하는데서 행해질 수 있다.

[0041] 일 실시예에 따르면, 노출 시간은 취화 영역에서 도너 기판을 분쇄하기 위해 파워 밀도에 의존하여 선택된다.

[0042] 따라서, 만약 지지 기판이 이미 생각했던 적용에 원했던 특성들을 가지면 직접 도너 기판을 분쇄하는 것이 가능하다. 조사들은 도너 기판이 만들어지는 재료의 융점 아래의 온도까지 취화 영역의 각 부분을 상승시킨다.

[0043] 일 실시예에 따르면, 도너 기판이 만들어지는 재료는 바람직하게는 실리콘, 게르마늄, 실리콘-게르마늄, 및 질화 갈륨, 비화 갈륨 및 인화 인듐과 같은 III-V 재료들을 포함하는 그룹으로부터 선택되는 반도체이다.

[0044] 일 실시예에 따르면, 지지 기판이 만들어지는 재료는 실리콘, 석영, 실리카, 사파이어, 다이아몬드, 및 글라스를 포함하는 그룹으로부터 선택된다.

[0045] 일 실시예에 따르면, 접합층은 바람직하게는 이산화 실리콘 또는 질화물로 만들어지는 유전체층이다.

[0046] 일 실시예에 따르면, 취화 영역은 수소 및/또는 헬륨과 같은 종들을 주입하여 단계(b) 동안 형성된다.

[0047] 다른 특징들 및 이점들은 첨부 도면들을 참조하여, 주어진 비제한적인 예로서 주어진, 본 발명에 따른 전사 프로세스의 일 실시예의 다음의 설명으로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0048] 도 1은 본 발명에 따른 일 실시예를 도시하는 구조의 개략도이고;

도 2는 x-축 상에, 깊이(z)의 함수로서 도 1에 도시된 구조의, y-축 상에 온도(T)를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0049] 도 1에 도시된 전자 프로세스는 다음의 단계들을 포함하는, 층(1)을 전사하기 위한 프로세스이다:
- [0050] (a) 제 1 및 제 2 열팽창 계수(이하에 CTE로 나타냄)를 각각 가지는 재료들로 만들어지는 도너 기판(2) 및 지지 기판(3)을 제공하는 단계. 도너 기판(2)이 만들어지는 재료는 바람직하게는 실리콘, 게르마늄, 실리콘-게르마늄, 및 질화 갈륨, 비화 갈륨 및 인화 인듐과 같은 III-V 재료들을 포함하는 그룹으로부터 선택되는 반도체이다. 지지 기판(3)이 만들어지는 재료는 바람직하게는 실리콘, 석영, 실리카, 사파이어, 다이아몬드 및 글라스를 포함하는 그룹으로부터 선택된다. 비제한적인 예로서, 실리콘의 CTE는 대략 $3.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 이다. 사파이어의 CTE는 대략 $5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 이다. 석영의 CTE는 대략 $6 \times 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ 이다. 응력들(stresses)은, 만약 도너 기판(2) 및 지지 기판(3)의 각각 CTE들이 실온에서, 또는 심지어 후속 온도가 증가하는 동안 10% 이상만큼 상이하면, 도너 기판(2) 및/또는 지지 기판(3)에서 발생된다. 이들 응력들은 결함들의 출현으로 또는 심지어 이들의 크기에 의존하여 기판(2, 3)의 박리(delamination)로 이어질 수 있다.
- [0051] 도 1에 도시된 전자 프로세스는 다음의 단계를 포함한다:
- [0052] (b) 취화 영역(4)의 양측 상에서 도너 기판(2)에 제 1 부분(1) 및 제 2 부분(20)을 한정하기 위해 도너 기판(2)에 취화 영역(4)을 형성하는 단계 - 제 1 부분(1)은 지지 기판(3)에 전사될 층(10)을 형성하도록 의도됨 -.
- [0053] 취화 영역(4)은 수소 및/또는 헬륨과 같은 종들을 주입하여 단계(b)에서 형성된다. 수소와 같은 단일 종만을 주입하지만, 또한 수소 및 헬륨과 같은 다수의 종들을 순차로 주입하는 것이 가능하다. 주입 파라미터들, 필수적으로 도즈(dose) 및 에너지는 도너 기판(2)의 종들의 성질에 의존하여 설정된다.
- [0054] 도 1에 도시된 전자 프로세스는 다음 단계를 포함한다:
- [0055] (c) 도너 기판(2)의 제 1 부분(1)과 지지 기판(3) 사이에 접합층(5)으로 불리는 것을 형성하는 단계 - 접합층(5)은 미리 설정된 두께(E)를 가짐 -. 접합층(5)은 바람직하게는 이산화 실리콘 또는 질화물로 만들어지는 유전체층일 수 있다. 접합층은 도너 기판(2)의 제 1 부분(1) 및/또는 지지 기판(3) 상에, 예를 들어 열산화에 의해 또는 침착에 의해 형성될 수 있다. 도너 기판(2)이 실리콘으로 만들어지는 경우에, 접합층(5)은 바람직하게는 이산화 실리콘이다. 그러므로, 접합층(5)이 지지 기판(3) 상에 제조될 수 있어, 도너 기판(2) 상에 형성된 접합층(5)을 대체 또는 보완할 수 있다.
- [0056] 단계들(b) 및 (c)의 실행 순서는 역전될 수 있다. 접합층(5)이 열산화에 의해 단계(c)에서 형성될 때, 단계(b)는 단계(c) 후 실행된다. 이것은 이러한 식으로 접합층(5)을 형성하는데 필요한 열 예산(thermal budget)이 높고 취화 영역(4)에서 도너 기판(2)의 시기 적절하지 않은 분해로 이어질 수 있기 때문이다. 열산화에 의해 접합층(5)을 형성하는 것은 우수한 계면 품질이 획득될 수 있게 한다는 점이 주목될 것이다.
- [0057] 그에 반해, 접합층(5)이 침착(deposition)에 의해, 예를 들어 저온(약 250°C) 화학적 기상 침착(CVD)에 의해 단계(c)에서 형성될 때, 이 때 열 예산은 취화 영역(4)에서 분해되지 않을 도너 기판(2)에 대해 충분히 낮고, 단계(b)는 단계(c) 전에 실행될 수 있다.
- [0058] 도 1에 도시된 전자 프로세스는 다음 단계를 포함한다:
- [0059] (d) 도너 기판(2)을 지지 기판(3)에 조립하는 단계. 단계(d)는 분자 접합(molecular bonding)에 의해 실행될 수 있다.
- [0060] 도 1에 도시된 전자 프로세스는 다음 단계를 포함한다:
- [0061] (e) 주어진 파워 밀도로 노출 시간 동안 전자기 조사들(6)(실선 화살표들로 표현됨)에 취화 영역(4)의 부분들(40)을 연속해서 노출시키는 단계. 전자기 조사들(6)은 지지 기판(3), 접합층(5) 및 도너 기판(2)이 상기 스펙트럼 영역에서, 투명하고, 투명 및 흡광성이 각각 있도록 선택된 스펙트럼 영역에 속한다. 도너 기판(2)에 흡수된 전자기 조사들(6)은 파형요소들(wavelets; 60)로 표현된다.
- [0062] 비제한적인 예로서, 만약,
- [0063] - 도너 기판(2)이 실리콘으로 만들어지고;
- [0064] - 접합층(5)이 이산화 실리콘으로 만들어지고;

- [0065] - 지지 기판(3)이 사파이어로 만들어지는
- [0066] 구조가 고려되면, 이때 제 1의 적합한 스펙트럼 영역은 다음의 파장 범위: $0.3 \mu\text{m} - 0.5 \mu\text{m}$ 를 커버한다. 제 2의 적합한 스펙트럼 영역은, 도너 기판(2)이 만들어지는 실리콘이 고도로 도핑되면, 다음의 파장 범위: $1.5 \mu\text{m} - 2.5 \mu\text{m}$ 를 커버한다. 실리콘은 예를 들어 5×10^{-18} 원자들/ cm^3 보다 높은 붕소 농도로 고도로 p-도핑될 수 있다. 실리콘은 예를 들어 5×10^{-18} 원자들/ cm^3 보다 높은 비소 또는 인 농도로 고도로 n-도핑될 수 있다. 이들 제 1 및 제 2 스펙트럼 영역들은 또한 지지 기판(3)이 석영으로 만들어질 때 사용될 수 있다.
- [0067] 취화 영역(4)의 부분들(40)이 전자기 조사들(6)에 노출되는 시간 길이는, 지지 기판(3)의 온도가 노출 시간 동안 임계치보다 아래로 유지되도록 접합층(5)의 두께(E)에 의존하여 선택되고, 임계치보다 위에서 결합들은 지지 기판(3), 접합층(5) 및 도너 기판(2)을 포함하는 구조에 나타나기 쉽다. 더욱이, 노출 시간은 취화 영역(4)을 약화시키는 키네틱스(kinetics)를 활성화시키기 위해 파워 밀도에 의존하여 선택된다. 예를 들어, 전자기 조사들(6)은 전자기 펄스들일 수 있고, 각각의 전자기 펄스의 길이는 다음의 관계식: $e \geq \sqrt{2D\tau}$ 을 고려하고; 여기서 D는 접합층(5)의 열 확산 계수이고, τ 는 하나의 전자기 펄스의 길이이고, e는 접합층(5)의 두께이고, τ 는 바람직하게는 10 ns와 10 μs 사이에 있고, e는 바람직하게는 10 μm 보다 낮다. 전자기 펄스들의 듀티 사이클 및 주기들의 수는 취화 영역(4)을 약화시키는 키네틱스를 활성화시키기 위해 선택된다. 비제한적인 예로서, 만약,
- [0068] - 도너 기판(2)이 실리콘으로 만들어지고;
- [0069] - 접합층(5)이 이산화 실리콘으로 만들어지고 실질적으로 $2 \mu\text{m}$ 와 같은 두께(E)를 가지며,
- [0070] - 지지 기판(3)이 사파이어로 만들어지는,
- [0071] 구조가 고려되면:
- [0072] - 전자기 펄스들은 $1.8 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$, $\tau = 1 \mu\text{s}$ 의 에너지를 갖는 레이저에 의해 전달되며, 흡수 계수는 10000 cm^{-1} 이다.
- [0073] 이산화 실리콘 접합층(5)의 열전도율은 약 $1.4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 이고 실리콘 도너 기판(2)의 열전도율은 약 $148 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 이다.
- [0074] 그러므로, 다음의 관계식이 충족된다:
- [0075] $\sigma_{CL} \approx \frac{1}{100} \sigma_{SD}$; 여기서 σ_{CL} 는 접합층(5)의 열전도율이고 σ_{SD} 는 도너 기판(2)의 열전도율이다.
- [0076] 단계(e)는 상기 조건들 하에서 실행되고, 도 2에 도시된 온도 프로파일이 상기 구조에서 획득된다. 전사될 층(1)에 의한 전자기 조사들(6)의 흡수에 의해 생성된 열은:
- [0077] - $z > z_3$ 에 있어서는, 즉 도너 기판(2)의 제 2 부분(20)으로; 및
- [0078] - $z_1 < z < z_2$ 에 있어서는, 즉 접합층(5)으로
- [0079] 확산된다
- [0080] $z < z_1$ 에 있어서, 즉 지지 기판(3)에서 획득된 온도는 임계치(도 2에 T_0 로 나타냄)보다 아래에 있고, 상기 임계치보다 위에서는 결합들이 지지 기판(3), 접합층(5) 및 도너 기판(2)을 포함하는 구조에 나타나기 쉽다. 그러므로, 지지 기판(3)은 도너 기판(2)의 제 1 부분(1)으로부터 충분히 열적으로 분리된다.
- [0081] 노출 시간은 또한 취화 영역(4)에서 도너 기판(2)을 분쇄하기 위해 파워 밀도에 의존하여 선택될 수 있다. 전자기 조사들(6)은 도너 기판(2)이 만들어지는 재료의 융점(melting point) 아래의 온도까지 취화 영역(4)의 각 부분(40)을 상승시킨다. 비제한적인 예로서, 도너 기판(2)이 실리콘으로 만들어질 때, 전자기 조사들(6)은 도 2에서 파라미터 T_{max} 에 대응하는 온도, 바람직하게는 800°C 와 1400°C 사이의 온도까지 취화 영역(4)의 각 부분(40)을 상승시키고, 실리콘의 융점은 실질적으로 1415°C 와 같다.
- [0082] 단계(e)는 전자기 조사들(6)을 방출하기 위해 적어도 하나의 레이저를 이용하여 실행될 수 있고, 상기 레이저는 취화 영역(4)의 부분들(40)을 연속해서 노출시키기 위해 조립 동안 계속 스캐닝된다. 예로서, 레이저는 펄스 레

이저, 예를 들어 1.06 μm 로 조정되고 주파수 2배증 또는 3배증 시스템이 갖추어진 YAG 레이저일 수 있다. 레이저는 또한 1.5 μm 로 방출하는 에르븀 파이버 레이저(erbium fibre laser)일 수 있다. 레이저는 파장이 선택되게 허용하는 연속파 레이저, 예를 들어 색소 레이저일 수 있다. 연속파 레이저의 경우에, 레이저 비임은 취화 영역(4)의 부분들(40)을 노출시키도록 스캐닝된다.

[0083] 단계(d)는 임계치보다 아래의 온도에서 실행되고, 상기 임계치보다 위에서는 결합들이 지지 기판(3) 및 도너 기판(2)에 나타나기 쉽고, 상기 온도는 바람직하게는 300℃보다 아래, 훨씬 더 바람직하게는 200℃보다 아래에 있다.

[0084] 더욱이, 단계(d)가 실행되는 온도는 지지 기판(3) 및 접합층(5)이 역으로 조립되도록 이들이 결합 에너지를 가지는 계면(50)을 나타내도록 선택되고, 상기 온도는 바람직하게는 250℃보다 아래에, 훨씬 더 바람직하게는 150℃보다 아래에 있다.

[0085] 일 실시예(도시되지 않음)에 따르면, 전사 프로세스는 다음의 단계들을 포함한다:

[0086] - 단계(e) 후 접합층(5)으로부터 지지 기판(3)을 분리하는 단계;

[0087] - 최종 지지 기판으로 불리는 것을 제공하는 단계;

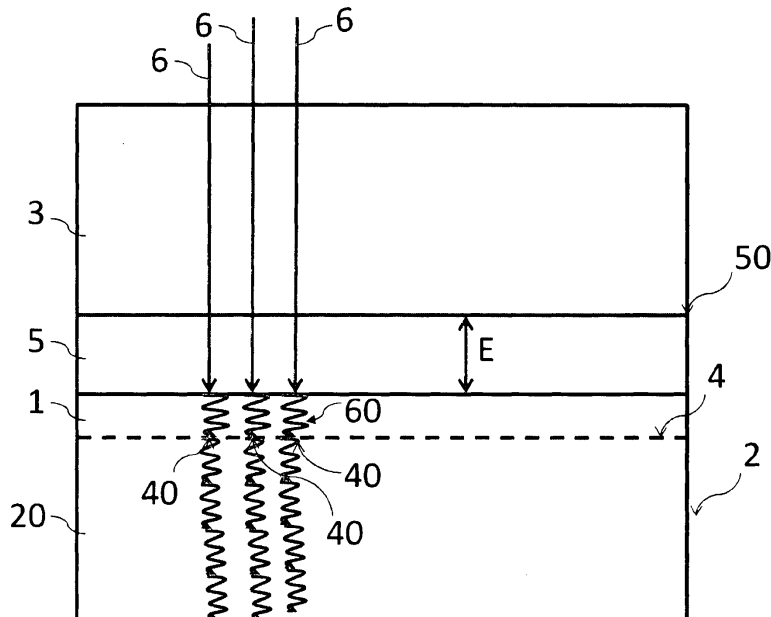
[0088] - 접합층(5)에 의해 최종 지지 기판에 도너 기판(2)을 조립하는 단계; 및

[0089] - 취화 영역(4)에서 도너 기판(2)을 분쇄하는 단계.

[0090] 물론, 위에 기재한 실시예는 결코 본 발명의 범위를 제한하지 않는다. 그러나, 추가의 특징들 및 개선점들은 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 다른 변형예들에서 거기에 부가될 수 있다.

도면

도면1



도면2

