



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2008년08월22일  
(11) 등록번호 10-0853827  
(24) 등록일자 2008년08월18일

- (51) Int. Cl.  
*H01L 21/301* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2003-7010083
- (22) 출원일자 2003년07월30일  
심사청구일자 2006년12월22일  
번역문제출일자 2003년07월30일
- (65) 공개번호 10-2003-0077598
- (43) 공개일자 2003년10월01일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2002/000867  
국제출원일자 2002년01월10일
- (87) 국제공개번호 WO 2002/60636  
국제공개일자 2002년08월08일
- (30) 우선권주장  
60/265,556 2001년01월31일 미국(US)  
09/803,382 2001년03월09일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
US 5843363  
JP06039572 A  
US 5751585  
US 5841099

- (73) 특허권자  
**일렉트로 싸이언티픽 인더스트리이즈 인코포레이티드**  
미국, 오리건 97229, 포트랜드, 노스웨스트 싸이언스 파크 드라이브13900
- (72) 발명자  
**베어드, 브라이언, 더블류.**  
미국, 오레곤주97045,  
오레곤시, 싸우쓰클락레인18250  
**울프, 마이클, 제이.**  
미국, 오레곤주97225, 포트랜드, 싸우쓰웨스트반스로드샵2237400  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
**문경진**

전체 청구항 수 : 총 47 항

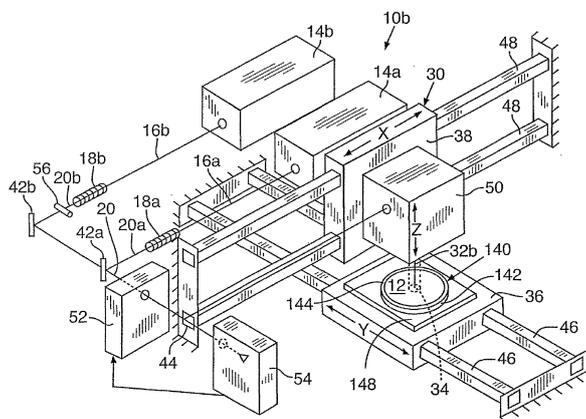
심사관 : 이창용

**(54) 반도체의 마이크로구조에 대한 자외선 레이저 절제 패턴링**

**(57) 요약**

50미크론보다 작은 특징부 크기를 갖는 패턴이 자외선 레이저 절제를 이용하여 특히 실리콘과 같은 반도체에 직접 신속히 형성된다. 이러한 패턴은 집적 회로 연결을 위한 매우 높은 에스펙트 비율의 원통형 관통 홀 개구, 반도체 웨이퍼 상에 포함된 처리된 다이의 싱귤레이션(singulation), 모체 반도체 웨이퍼로부터의 마이크로회로 작업물을 분리하는 마이크로탭 절단부를 포함한다. 다이오드-펌핑, Q-스위칭 주파수-3배가된 Nd:YAG, Nd:YVO4 또는 Nd:YLF로부터의 레이저 출력 펄스(32)가 복합 빔 위치기를 사용하여 고속의 정밀도로 작업물(12)로 유도된다. 광학 시스템은 약 10미크론의 가우시안 스팟 크기 또는 탐 핫 빔 프로파일을 생성한다. 이러한 집중된 스팟 크기를 사용하여 실리콘의 고속 절제 처리를 하기 위해 사용되는 펄스 에너지는 5kHz보다 큰, 그리고 바람직하게는 15kHz 이상의 PRF에서 펄스당 200 μJ보다 더 크다. 전체 폭의 최대의 절반 포인트에서 측정된 레이저 펄스폭은 바람직하게는 80ns보다 더 작다.

**대표도**



(72) 발명자

**해리스, 리차드, 에스.**

미국, 오레곤주97229, 포틀랜드, 노쓰웨스트캐터우드  
웨이16155

**퍼헤이, 케빈, 피.**

미국, 오레곤주97225, 포틀랜드, 싸우쓰웨스트부차레  
스트씨티2715

**조우, 리안-첵**

미국, 오레곤주97221, 포틀랜드, 싸우쓰웨스트세리단  
씨티5801

**맥네일, 토마스, 알.**

미국, 오레곤주97006, 비버튼, 노쓰웨스트이스트부룩  
씨티.1630

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

실리콘, GaAs, 인화인듐(indium phosphide), 탄화실리콘(silicon carbide), 질화실리콘(silicon nitride), Ge:Si, 또는 단결정 사파이어(sapphire) 중 하나 이상을 포함하는 기판을 레이저 처리하는 방법으로서,

5kHz 보다 큰 펄스 반복 주파수에서 100  $\mu$ J보다 큰 출력 펄스 에너지를 갖는 400nm보다 짧은 파장의 제 1 레이저 시스템 출력을 생성하는 단계와,

기판 물질의 표면을 가로질러 25 $\mu$ m보다 작은 제 1 스팟 영역으로 목표 위치에서 기판 물질을 절제(ablate)하기 위하여 상기 기판의 목표 위치에 상기 제 1 레이저 시스템 출력을 유도(directing)하는 단계와,

5kHz 보다 큰 펄스 반복 주파수에서 100  $\mu$ J보다 큰 출력 펄스 에너지를 갖는 제 2 레이저 시스템 출력을 생성하는 단계와,

제 2 스팟 영역이 적어도 부분적으로 상기 제 1 스팟 영역과 중복되도록(overlap) 상기 기판 물질의 표면을 가로질러 25 $\mu$ m보다 작은 상기 제 2 스팟 영역으로 제 2 목표 위치에 입사하도록 상기 제 2 레이저 시스템 출력을 유도하는 단계

를 포함하는,

기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 2**

제 1항에 있어서, 상기 기판 물질은, 상기 기판 물질 내 절단부(cut)를 통해 진행되는 상기 제 1 또는 제 2 레이저 시스템 출력의 하나 이상의 출력을 반사하지 않는 표면 물질을 갖는 척(chuck)에 의해 지지되는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 3**

제 2항에 있어서, 상기 기판 물질은 뒷면 표면(back surface)을 갖고, 상기 척의 표면 물질은 상기 기판 물질 내 절단부를 통해 진행되는 레이저 시스템 출력으로부터 상기 기판 물질의 뒷면 표면에 대한 레이저 손상을 방지하는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 4**

제 2항에 있어서, 상기 척의 표면 물질은 상기 기판 물질 내 절단부를 통해 진행되는 상기 제 1 또는 제 2 레이저 시스템 출력의 하나 이상의 출력에 투명한(transparent), 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 5**

제 2항에 있어서, 상기 척의 표면 물질은 상기 기판 물질 내 절단부를 통해 진행되는 제 1 레이저 시스템 출력 또는 제 2 레이저 시스템 출력 또는 제 1 및 제 2 레이저 시스템 출력의 파장을 흡수하는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 6**

제 1항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 레이저 시스템 출력은 서로 다른 레이저에 의해 생성되는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 7**

제 6항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 레이저 시스템 출력은 서로 다른 파장을 포함하는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 8**

제 1항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 레이저 시스템 출력은 동일한 레이저에 의해 생성되는, 기판을 레이저 처

리하는 방법.

**청구항 9**

제 2항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 레이저 시스템 출력은 서로 다른 레이저에 의해 생성되는, 기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 10**

제 9항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 레이저 시스템 출력은 서로 다른 파장을 포함하는, 기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 11**

제 1항에 있어서, 상기 기관 물질은 100 $\mu$ m보다 작은 기관 물질 깊이를 갖고 상기 제 1 또는 제 2 레이저 시스템 출력 중 하나 이상의 출력은 1-25 $\mu$ m의 스팟 영역과 100-1500  $\mu$ J의 펄스당 에너지를 갖는, 기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 12**

제 1항에 있어서, 상기 기관 물질은 100 $\mu$ m보다 더 큰 기관 물질 깊이를 갖고 상기 제 1 또는 제 2 레이저 시스템 출력 중 하나 이상의 출력은 1-25 $\mu$ m의 스팟 영역과 100-1500  $\mu$ J의 펄스당 에너지를 갖는, 기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 13**

제 12항에 있어서, 상기 기관 물질은 300 $\mu$ m보다 더 큰 기관 물질 깊이를 갖는, 기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 14**

제 13항에 있어서, 상기 제 1 또는 제 2 레이저 시스템 출력의 하나 이상의 출력은 360  $\mu$ J보다 더 큰 출력 펄스 에너지를 갖는, 기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 15**

제 13항에 있어서, 상기 제 1 또는 제 2 레이저 시스템 출력의 하나 이상의 출력은 10kHz보다 더 큰 펄스 반복 주파수에서 생성되는, 기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 16**

제 1항 내지 제 15항 중 어느 한 항에 있어서,

위치 설정 신호 처리기로부터의 저속 및 고속 이동 제어 신호를 제공하는 단계와,

상기 저속 이동 제어 신호에 응답하여 저속 위치기 구동기(slow positioner driver)로 병진 스테이지의 넓은 범위의 상대 이동을 제어하는 단계와,

상기 기관 물질의 표면에 절단 프로파일을 형성하기 위해 상기 고속 이동 제어 신호에 응답하여 고속 위치기 구동기(fast positioner driver)로 고속 위치기의 좁은 범위의 상대 이동을 제어하는 단계

를 더 포함하는,

기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 17**

제 1항 내지 제 15항 중 어느 한 항에 있어서,

50 $\mu$ m를 초과하는 두께의 기관 물질을 통해 20:1보다 더 큰 에스펙트 비(aspect ratio)를 갖는 관통 홀을 형성하는 단계를 더 포함하는,

기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 18**

제 17항에 있어서, 상기 제 1 또는 제 2 레이저 시스템 출력의 하나 이상의 출력은 5개 이상의 레이저 시스템 출력 펄스를 포함하는, 기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 19**

제 17항에 있어서, 상기 제 1 또는 제 2 레이저 시스템 출력은 상기 기관 물질의 앞면 표면(front surface)에 입사되고 상기 관통 홀은 상기 기관 물질의 뒷면 표면(back surface)을 관통하며, 상기 방법은,

상기 기관 물질의 뒷면 표면에 대한 처리를 수행하도록 디바이스를 정렬하기 위해 상기 뒷면 표면 상의 관통 홀을 사용하는 단계를 더 포함하는, 기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 20**

제 17항에 있어서, 2개 이상의 관통 홀이 형성되고, 상기 2개 이상의 관통 홀은 추가 처리를 위해 상기 기관 물질의 뒷면 표면을 정렬하기 위해 사용되는, 기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 21**

제 17항에 있어서, 상기 제 1 또는 제 2 레이저 시스템 출력은 상기 기관 물질의 앞면 표면에 입사되고, 상기 관통 홀은 상기 기관 물질의 뒷면 표면을 관통하며, 상기 기관은 관통 홀 처리를 위한 목표 위치의 아래에 공동(cavity)을 갖는 표면 물질을 갖는 척(chuck)에 의해 지지되는, 기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 22**

제 1항 내지 제 15항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 스팟 영역 또는 제 2 스팟 영역보다 더 큰 세로방향의 치수(lengthwise dimension)를 갖는 절삭부(kerf)를 형성하는 단계를 더 포함하는, 기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 23**

제 22항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 레이저 시스템 출력의 특징은 용융 립(melt lip)의 형성을 방지하는, 기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 24**

제 22항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 레이저 시스템 출력의 특징은 슬래그(slag)의 형성을 방지하는, 기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 25**

제 22항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 레이저 시스템 출력의 특징은 상기 절삭부의 단부(edge)의 벗겨짐(peel back)을 방지하는, 기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 26**

제 22항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 레이저 시스템 출력의 특징은 상기 절삭부의 단부를 따라서 손상을 방지하는, 기관을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 27**

제 22항에 있어서,

5kHz 보다 큰 펄스 반복 주파수에서 100  $\mu$ J보다 큰 출력 펄스 에너지를 갖는 400nm보다 짧은 파장의 연속적인 레이저 시스템 출력을 생성하는 단계와,

상기 절삭부(kerf)를 형성하기 위하여 연속적인 스팟 영역이 적어도 부분적으로 각 선행하는 스팟 영역(preceding spot areas)과 중복되도록 상기 기관 물질의 표면을 가로질러 25 $\mu$ m보다 작은 스팟 영역으로 연속적인 목표 위치에 입사하도록 상기 연속적인 레이저 시스템 출력을 유도(directing)하는 단계

를 더 포함하는,  
기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 28**

제 22항에 있어서, 상기 절삭부는 곡선 프로파일을 포함하는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 29**

제 22항에 있어서,

상기 기판 물질은 바닥(bottoms)을 갖는 깊은 절삭부(deep kerf)를 갖고, 상기 깊은 절삭부는, 마이크로회로 디바이스(microcircuit devices)를 분리하지만 이 마이크로회로 디바이스를 연결하도록 상기 깊은 절삭부의 바닥에서 상기 기판 물질을 충분한 두께로 유지하고, 상기 방법은,

상기 마이크로회로 디바이스를 분리하기 위해 상기 제 1 및 제 2 레이저 시스템 출력을 사용하는 단계를 더 포함하는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 30**

제 22항에 있어서, 상기 기판 물질은 척(chuck)에 의해 지지되며, 상기 기판 물질은 기판 깊이를 갖고, 상기 절삭부는 상기 기판 깊이를 통해 확장하며, 상기 척은 절삭부를 통해 처리가 발생하는 개구를 갖는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 31**

제 1항 내지 제 15항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기판을 포함하는 작업물의 제 1 표면상의 제 1 특징부(feature)를 식별하는 단계와,

제 1 목표 위치가 상기 제 1 표면 위에 상기 작업물을 관통하게 될 절단부에 근접하게 있도록 상기 제 1 표면상의 상기 제 1 특징부에 대해 레이저 시스템의 제 1 목표 위치를 정렬하는 단계와,

물질 깊이보다 깊이 얇은 절삭부 깊이로 제 1 절삭부를 형성하기 위해 상기 제 1 목표 위치에서 그것과 선형적으로 상기 제 1 표면에 입사하도록 제 1 및 제 2 레이저 시스템 출력의 하나 이상의 제 1 펄스를 유도하는 단계와,

제 2 목표 위치가 제 2 표면 위에 상기 작업물을 관통하게 될 절단부에 근접하게 상기 제 1 목표 위치와 동일 평면 상에 있도록 상기 제 1 표면 또는 상기 제 2 표면 상의 제 2 특징부에 대해 상기 레이저 시스템의 제 2 목표 위치를 정렬하는 단계와,

상기 작업물을 관통하는 절단부를 형성하도록 상기 제 1 절삭부와 동일한 평면에 제 2 절삭부를 형성하기 위하여 상기 제 2 목표 위치에서 그것과 선형적으로 상기 제 2 표면에 입사하도록 제 1 및 제 2 레이저 시스템 출력의 하나 이상의 제 2 펄스를 유도하는 단계

를 더 포함하는,  
기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 32**

제 31항에 있어서, 제 1 및 제 2 특징부는, 상기 물질 깊이를 통해 레이저 드릴링되고 상기 제 1 및 제 2 표면 상에 투명한 각각의 관통 홀을 포함하는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 33**

실리콘, GaAs, 인화인듐, 탄화실리콘, 질화실리콘, Ge:Si, 또는 단결정 사파이어 중 하나 이상을 포함하는 작업물 기판을 처리하기 위해 제 16항의 방법을 사용하는 레이저 시스템.

**청구항 34**

제 3항 내지 제 8항 또는 제 11항 내지 제 15항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 기판 물질은, 상기 기판 물질 내

절단부를 통해 진행하는 상기 제 1 또는 제 2 레이저 시스템 출력의 하나 이상의 출력을 반사하지 않는 표면 물질을 갖는 척에 의해 지지되는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 35**

제 34항에 있어서,  
 위치 설정 신호 처리기로부터의 저속 및 고속 이동 제어 신호를 제공하는 단계와,  
 상기 저속 이동 제어 신호에 응답하여 저속 위치기 구동기로 병진 스테이지의 넓은 범위의 상대 이동을 제어하는 단계와,  
 상기 기판 물질의 표면에 절단 프로파일을 형성하기 위해 상기 고속 이동 제어 신호에 응답하여 고속 위치기 구동기로 고속 위치기의 좁은 범위의 상대 이동을 제어하는 단계를 더 포함하는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 36**

제 34항에 있어서, 50 $\mu$ m를 초과하는 두께의 기판 물질을 통해 20:1보다 더 큰 에스펙트 비(aspect ratio)를 갖는 관통 홀을 형성하는 단계를 더 포함하는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 37**

제 36항에 있어서, 상기 제 1 또는 제 2 레이저 시스템 출력의 하나 이상의 출력은 5개 이상의 레이저 시스템 출력 펄스를 포함하는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 38**

제 36항에 있어서, 상기 제 1 또는 제 2 레이저 시스템 출력은 기판 물질의 앞면 표면에 입사되고, 상기 관통 홀은 기판 표면의 뒷면 표면을 관통하며, 상기 방법은,  
 상기 기판 물질의 뒷면 표면에 대한 처리를 수행하도록 디바이스를 정렬하기 위해 상기 뒷면 표면 상의 관통 홀을 사용하는 단계를 더 포함하는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 39**

제 36항에 있어서, 2개 이상의 관통 홀이 형성되고, 상기 2개 이상의 관통 홀은 추가 처리를 위해 상기 기판 물질의 뒷면 표면을 정렬하기 위해 사용되는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 40**

제 36항에 있어서, 상기 제 1 또는 제 2 레이저 시스템 출력은 기판 물질의 앞면 표면에 입사되고, 상기 관통 홀은 기판 표면의 뒷면 표면을 관통하며, 상기 기판은 관통 홀 처리를 위한 목표 위치의 아래에 공동을 가지는 표면 물질을 가지는 척에 의해 지지되는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 41**

제 1항 내지 제 15항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 레이저 시스템 출력은 0.1 내지 10 $\mu$ m의 바이트 크기(bite size)를 제공하는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 42**

제 1항 내지 제 15항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 레이저 시스템 출력은 1500 $\mu$ J보다 더 작은 출력 펄스 에너지를 갖는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 43**

제 2항에 있어서, 상기 척은 MgF<sub>2</sub> 또는 CaF<sub>2</sub>를 포함하는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 44**

제 17항에 있어서, 상기 기판은 500 $\mu\text{m}$ 보다 더 큰 깊이를 갖는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 45**

제 34항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 레이저 시스템 출력은 0.1 내지 10 $\mu\text{m}$ 의 바이트 크기(bite size)를 제공하는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 46**

제 16항에 있어서, 상기 제 1 또는 제 2 레이저 시스템 출력의 하나 이상의 출력은 3-20 $\mu\text{m}$ 의 스팟 영역과 200-1000 $\mu\text{J}$ 의 펄스당 에너지를 갖는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**청구항 47**

제 16항에 있어서, 상기 제 1 또는 제 2 레이저 시스템 출력의 하나 이상의 출력은 8-15 $\mu\text{m}$ 의 스팟 영역과 300-800 $\mu\text{J}$ 의 펄스당 에너지를 갖는, 기판을 레이저 처리하는 방법.

**명세서**

**기술분야**

- <1> 본 특허 출원은 2001년 1월 31일 제출된 가출원 번호 60/265,556과 2001년 3월 9일 제출된 특허 출원 번호 09/803,382로 부터의 우선권을 주장한다.
- <2> 본 발명은 자외선(UV) 레이저의 펄스 출력을 이용하여 반도체, 특히 실리콘의 절제(ablation)에 의해 마이크론-스케일의 특징부를 고속으로 형성하기 위한 방법 및/또는 장치에 관한 것이다.

**배경기술**

- <3> 반도체 산업은 디바이스가 제조되는 반도체 웨이퍼로부터 다이(die)로 종종 칭해지는 별개의 전자 디바이스를 분리하기 위해 다양한 기술을 이용한다. 그러한 분리를 위한 일반적인 방법은 다이아몬드 톱(diamond saw)을 이용하는 것이다. 유용한 다이를 위해 웨이퍼의 더 많은 영역의 사용을 가능하게 하여 웨이퍼 당 다이의 수율을 증가시키기 위해 톱 스트리트(saw street)에 할당되는데 필요한 반도체 웨이퍼상의 영역을 감소시키기 위한 방법이 절실히 요구된다. 레이저 기술이 반도체 웨이퍼의 다이싱(dicing)을 위한 스트리트 치수를 감소시키는 그러한 기회를 제공한다.
- <4> 실리콘의 레이저 처리를 위해 Q-switched 1064 nm Nd:YAG 레이저와 같은 적외선 레이저를 사용하는 것은 당업자에게 잘 알려져 있다. 그러나, 실리콘은 1064nm를 약하게 흡수하기 때문에, 이러한 파장 또는 이러한 파장 근처에서 작동하는 레이저 다이싱 방법은 심각한 문제에 직면하게 된다. 웨이퍼 표면과 절단부의 벽을 따라서 실리콘이 재증착되기 때문에 절단 품질의 훼손이 일반적으로 관찰된다.
- <5> Carlson 등의 미국 특허(NO. 4,541,035)와 Anthony의 미국 특허(NO. 4,589,190)는 ESI 모델 25 레이저 스크라이빙 시스템(ESI Model 25 Laser Scribing System)에 통합되는 어코스토-옵틱 Q-스위칭(acousto-optic Q-switched), 적외선(IR) Nd:YAG 레이저로부터의 1064nm 펄스 출력을 이용하여 실리콘 디바이스에서의 특징부의 제조에 관해 설명한다. {또한 "Diodes Formed by Laser Drilling and Diffusion" (T. R. Anthony, Journal of Applied Physics, Vol. 53, Dec. 1982, pp. 9154-9164)을 참조하라.} Alcorn 등의 미국 특허(NO. 4,618,380)는 또한 레이저로 실리콘 디바이스를 처리하여 이미징 분광계(imaging spectrometer)를 제조하는 방법을 설명한다.
- <6> 미국 특허(NO. 5,543,365)에서 Wills 등은 4ns를 초과하는 펄스폭을 갖는 Nd:YAG 레이저로부터의 1064nm 펄스 출력을 이용하여 실리콘 웨이퍼에서의 폴리실리콘 줄(polysilicon streak)을 형성하는 레이저 스크라이빙 장치를 설명한다. 대안적으로 그들은 532nm의 주파수-배가된 파장을 이용할 수 있다고 설명한다.
- <7> "Excimer VS Nd:YAG Laser Creation of Silicon Vias for 3D Interconnections"(1992 IEEE/CHMT Int'l Electronics Manufacturing Technology Symposium)에서 Lee 등(Lee)은 멀티칩 모듈의 제조를 가능하게 할 목적으로 실리콘 웨이퍼의 표면을 통해 바이어(via)를 생성하기 위해 1064nm와 532nm의 Nd:YAG 레이저 파장의 사용을 보고한다. Lee는 레이저가 1064nm에서 실리콘 웨이퍼에 홀을 뚫을 때, 상당한 깊이에 도달하면 녹은 물질이 종종 구멍의 벽에 응결된다는 것을 보고한다. 이러한 분명한 실리콘의 재증착에 의해 추가적인 처리를 하는데 홀이 적절하지 않게 된다. Lee는 홀 품질을 향상시키기 위해 1064nm에서의 이중 드릴링 과정의 이용을

보고한다. Lee는 실리콘에서 4mil{대략 100 마이크로미터( $\mu\text{m}$ )} 직경 홀을 절단하기 위해 입사 레이저에 관해 오프셋된 회전 렌즈를 상용하는 절개 공정(trepanning process)에서 램프-펌핑, Q-스위칭 Nd:YAG로부터의 532nm 주파수-배가된 펄스 레이저 출력을 사용하는 것을 설명한다. 그는 70ns의 펄스폭을 갖는 3kHz의 펄스 반복 주파수에서 펄스당 833  $\mu\text{J}$ 로서 사용되는 공정 파라미터를 보고한다. 주위를 따라서 그리고 레이저가 드릴링한 바이어의 벽을 따라 실리콘이 재증착되는 것이 관찰되었고 화학적 에칭 공정이 홀을 청결하게 하기 위해 사용되었다.

- <8> Lee는 실리콘에 홀을 드릴링하기 위해 248nm의 파장에서 엑시머 레이저의 사용을 추가적으로 보고한다. 사용된 매우 높은 펄스 에너지 때문에 매우 매끄러운 측벽을 갖는 홀이 보고되었다. 그는 30초 동안 실리콘 웨이퍼에 홀을 드릴링하기 위해 5mil(대략 125  $\mu\text{m}$ )의 집중된 스팟 크기와 250Hz의 펄스 반복 주파수에서 290mJ의 펄스당 에너지의 사용을 보고한다. 그는 532nm의 Nd:YAG 절개 기술을 이용하여 홀을 드릴링하는데 요구되는 3초를 드릴링 시간으로 비유했다. Lee는 투사 기술의 사용을 통해 248nm의 엑시머 레이저에 의해 실리콘 홀에 필요한 드릴링 시간을 감소시키는 방법을 제안한다. 당업자가 인식할 수 있는 것과 같이 그러한 기술은 그러한 기술을 이용하여 형성되는 홀의 각 패턴에 대한 적당한 개구 마스크에 의존한다.
- <9> 미국 특허(NO. 5,870,421)에서 Dahm은 실리콘 웨이퍼를 다이싱하기 위해 적외선 근방 레이저의 사용의 문제를 논의한다. 그는 적외선 근방 레이저를 사용할 때 재증착으로부터 유래하는 불량한 절단 품질의 주된 원인이 약 1ns를 초과하는 레이저 펄스폭의 사용이라고 설명한다. Dahm은 짧은 펄스폭이 고흡수 층으로 작용하는 표면 플라즈마를 생성한다고 언급하며, 실리콘에서 적외선 근방 파장의 깊은 흡수 두께를 해결하기 위해 약 1ns보다 작은 짧은 펄스폭을 갖는 적외선 근방 레이저의 사용에 대해 설명한다. Dahm은 또한 UV 레이저는 고속으로 실리콘을 처리할 정도의 충분한 전력을 발생시키지 못한다고 주장하며, 1064nm Nd:YAG 레이저와 같은 적외선 근방 레이저는 UV 레이저보다 더 큰 전력을 생성하는 능력 때문에 고속 응용에 이용된다고 언급한다.
- <10> 미국 특허(NO. 5,593,606)에서 Owen 등은 다중층 디바이스의 적어도 2개의 층을 통해 바이어를 형성하기 위해 바람직한 파라미터 내에서 레이저 출력 펄스를 생성하기 위한 UV 레이저 시스템의 이용 장점을 설명한다. 이러한 파라미터는 일반적으로 100ns보다 짧은 순간 펄스 폭, 100 $\mu\text{m}$ 보다 작은 스팟 직경을 갖는 스팟 영역과 200Hz보다 더 큰 반복률에서 스팟 영역에 걸쳐 100mW보다 더 큰 평균 강도 또는 복사조도(irradiance)를 갖는 비엑시머 출력 펄스를 포함한다.
- <11> 미국 특허(NO. 5,841,099)에서, Owen 등은 상이한 물질을 가공하는(machining) 동안 다른 전력 밀도를 갖도록 위에서 언급한 것과 유사한 파라미터 내에서 UV 레이저 출력을 변화시킨다. 그들은 작업물에 입사하는 레이저 스팟의 에너지 밀도를 변화시키기 위해 레이저의 반복률을 변화시킴으로써 강도를 변화시키고/변화시키거나, 스팟 크기를 변화시킨다.
- <12> 미국 특허(NO. 5,751,585)에서 Cutler 등은 작업물 위의 목표에 대해 레이저 빔과 같은 매우 다양한 도구를 정확하고 신속하게 위치시키기 위한 고속, 고 정밀도의 다중-스테이지 위치설정 시스템을 설명한다. 그들은 작업물 목표 위치 설정 명령을 처리하고 위치기를 가속하고 감속하는 명령으로 상기 명령을 변환하는 다중-물 위치기 시스템을 사용한다. 그러한 위치기는 위치설정 데이터의 스트림에 응답하여 반드시 멈출 필요 없이 이동한다. 한 실시예에서, 이러한 기술은 대형 작업물을 가로질러 작은 특징부의 패턴의 레이저 미세가공을 가능하게 하여, 레이저에 의한 미세가공 부품의 산출을 증가시키게 한다.

**발명의 상세한 설명**

- <13> 본 발명의 목적은 GaAs(gallium arsenide), SiC(silicon carbide), silicon nitride(SiN), 및/또는 Ge:Si를 포함하고/포함하거나, 반도체 웨이퍼를 포함하는 반도체 기판에 유용한 전자 및 광전자 회로를 생성하기 위해 추가 층을 포함하도록 당업자에게 잘 알려진 포토리소그래피 및 에칭(이에 한정되지 않음)을 포함하는 반도체 공정에서 후속적으로 처리되는 그러한 반도체를 또한 포함하는 반도체에서 마이크로특징부를 생성하기 위해 레이저를 사용하는 개선된 방법을 제공하는 것이다.
- <14> 본 발명의 다른 목적은 높은 펄스 반복 주파수에서 높은 펄스 에너지 출력으로 동작할 수 있는 높은 신뢰성을 갖는 비엑시머 UV 레이저(nonexcimer UV laser)를 이용하는 방법을 제공하는 것이다.
- <15> 본 발명은 자외선 레이저 절제를 사용하여 반도체 작업물에 50 $\mu\text{m}$ 보다 작은 특징부 크기를 갖는 패턴을 신속하고 직접적으로 형성하는 방법을 제공한다. 복합 빔 위치기가 높은 펄스 반복 주파수에서 펄스 출력당 높은 에너지를 방출할 수 있는 비엑시머 UV 레이저의 집중된 출력을 작업물에 신속하게 위치시키는데 사용된다. 이러한 패턴은 집적 회로의 연결을 위한 관통 홀 또는 블라인드 바이어(blind via)와 같은 초고-에스펙트 원통형 개구(very high-aspect cylindrical opening)의 형성, 실리콘 웨이퍼 상에 포함된 처리된 다이의 곡선 또는 직선

싱귤레이션(singulation)의 형성, 모체 웨이퍼로부터 반도체 작업물에 형성된 마이크로회로를 분리하기 위해 절단되는 마이크로탭(microtab)의 형성, 어레이를 이루는 도파관 격자(AWG) 또는 마이크로 머신 시스템(MENS)과 같은 광 도파관에 곡선 또는 직선의 특징부의 형성, 웨이퍼 표면에 스크라이빙 정렬부, 식별부 또는 다른 특징부의 형성을 포함한다.

- <16> 본 발명은 미국 특허(NO. 4,541,035, 4,589,190, 5,543,365)에서 사용된 1064nm의 파장에서 보다 실리콘의 광 흡수계수가 1000배나 더 큰 390nm보다 더 짧은 레이저 파장을 사용한다. Q-스위칭 주파수-3배가된 Nd:YAG, Nd:YVO<sub>4</sub> 또는 Nd:YLF 다이오드-펌핑 레이저는 절제 자외선 출력의 바람직한 소스를 제공한다. 레이저의 광 시스템은 약 10 $\mu$ m의 가우시안 스팟 크기를 생성한다. 대안적으로 탑 햇 빔 프로파일(top hat beam profile)을 생성하는 광 시스템이 이용될 수 있다. 이러한 집중된 스팟 크기를 사용하는 실리콘의 고속 절제 공정에 대한 예시적인 펄스 에너지는 5kHz보다 더 큰 펄스 반복 주파수에서, 그리고 바람직하게는 15kHz 이상의 펄스 반복 주파수에서 펄스당 200  $\mu$ J보다 더 크다. 전체 폭의 최대의 절반 포인트에서 측정된 레이저 펄스폭은 바람직하게는 80ns보다 작다.
- <17> UV 파장을 사용하는 장점은 더 긴 파장의 소스에 의해 성취할 수 있는 것보다 상당히 더 작은 스팟 크기를 생성할 수 있는 성능이다. 이러한 작은 스팟 크기 성능은 실리콘에 미크론 스케일의 특징부의 형성을 가능하게 한다. 또한 종래의 가우시안(Gaussian) 초점 기술로 성취할 수 있는 고정된 스팟 크기에 있어서, 더 짧은 파장은 자외선 파장에서 주어지는 더 깊은 초점 깊이에 의해 개선된 에스펙트 비를 갖는 특징부의 형성을 가능하게 한다.
- <18> 본 발명은 또한 실질적으로 비반사 물질 및 작업물을 지지하는 구조의 신규한 제조 기술을 사용하여 웨이퍼 척(waper chuck)과 같은 작업물 지지 구조로부터의 자외선 처리 빔의 스트레이(stray) 반사로부터 초래되는 처리된 반도체 작업물의 손상이나 훼손을 감소시키는 방법을 제공한다.
- <19> 본 발명의 추가적인 목적이나 장점은 첨부된 도면을 참조하여 이루어질 바람직한 실시예의 후속하는 상세한 설명으로부터 명백하게 될 것이다.

**실시예**

- <33> 도 1은 파장의 함수로서 실리콘의 광흡수계수(optical absorption coefficient)를 나타낸다. 도 1을 참조하면, 실리콘은 자외선 파장에서 광흡수의 급격한 상승을 나타낸다. 본 발명은 유리하게도 390nm보다 짧은 레이저 파장을 사용하고, 효율적으로 실리콘을 절제하기 위해 자외선 영역에서의 실리콘의 증가된 흡수율을 이용하여 실리콘에 다양한 유용한 패턴 또는 특징부를 형성한다. 흡수 특성은 종래 기술에 설명된 것처럼 532nm나 또는 1064nm중 어느 하나를 사용하여 형성된 특징부와 비교하여 열적으로 영향을 받는 영역을 상당히 감소시키는 자외선 영역에서 실리콘의 절제 제거를 매우 촉진한다.
- <34> 도 2는 파장의 함수로서 GaAs의 광흡수계수를 나타낸다. 도 2를 참조하면, GaAs는 자외선의 파장에서 광흡수율이 매우 급격히 상승함을 나타낸다. GaAs와 실리콘의 355nm에서의 흡수계수는 매우 근접한다. GaAs는 다이오드 레이저와 검출기와 같은 광전자 디바이스에서 핵심 물질이다.
- <35> 도 3 및 도 4는 본 발명에 따른 반도체 작업물(12)에서 마이크로구조를 자외선 레이저 절제 패터닝하는데 사용될 수 있는 웨이퍼 척 조립체(140)가 장착되는 복합 빔 위치설정 시스템(30)을 이용하는 각각의 레이저 처리 시스템{10a 및 10b (일반적으로 10)}의 대안적인 바람직한 실시예를 예시한다. 도 3과 도 4를 참조하면, 레이저 시스템(10)의 바람직한 실시예는 바람직하게는 Nd:YAG, Nd:YLF, 또는 Nd:YVO<sub>4</sub>와 같은 고체-상태 라스트(lasant)를 포함하는 Q-스위칭, 다이오드-펌핑(DP), 고체-상태(SS) UV 레이저(14)를 포함한다. 레이저(14)는 주로 TEM<sub>00</sub> 공간 모드 프로파일을 갖는 355nm(주파수가 3배가된 Nd:YAG), 266nm(주파수가 4배가된 Nd:YAG), 또는 213nm(주파수가 5배가된 Nd:YAG)와 같은 파장에서 조화적으로 생성된 하나 이상의 레이저 펄스의 UV 레이저 출력(16)을 제공하는 것이 바람직하다.
- <36> 가우시안(Gaussian)이 레이저 출력(16)의 복사조도 프로파일을 설명하는데 사용될 수 있을 지라도, 당업자는 대부분의 레이저(14)가 M<sup>2</sup>=1의 값을 갖는 완벽한 가우시안 출력(16)을 방출하지 않는다는 것을 이해할 것이다. 1.3 또는 1.2보다 작은 M<sup>2</sup>값이 바람직하기는 하지만, 편리하게 하기 위해서 본 명세서에서 가우시안은 M<sup>2</sup>이 대략 1.5보다 작거나 동일한 프로파일을 포함하는 것으로 사용된다.
- <37> 바람직한 실시예에서 레이저(14)는 약 355nm에서 동작하고 Lightwave Electronics에서 상업적으로 얻을 수 있는

모델 210-V06 Q-스위칭 주파수-3배가된 Nd:YAG 레이저를 포함한다. 이러한 레이저는 Oregon Portland의 Electro Scientific Industries, Inc.로부터 얻을 수 있는 ESI 모델 2700 마이크로바이어 드릴링 시스템에 이용되어 왔다. 대안적인 실시예에서 약 355nm에서 동작하는 Lightwave 모델 210-V09 Q-스위칭, 주파수-3배가된 Nd:YAG 레이저는 고펄스 반복 주파수(pulse repetition frequency;PRF)에서 펄스당 고에너지를 이용하는데 사용될 수 있다. 당업자는 다른 레이저가 사용될 수 있고 다른 파장이 다른 리스팅된 라슨트로부터 이용가능함을 이해할 것이다. 레이저 공동 배열, 고조파 생성(harmonic generation) 및 Q-스위치 동작, 그리고 위치설정 시스템이 당업자에 알려져 있지만, 일부 이러한 구성요소의 특정 세목은 바람직한 실시예 내에서 제공될 것이다.

- <38> UV 레이저 출력(16)은 잘 알려진 확장 및/또는 시준 광학장치(18)를 선택적으로 통과하여 광학적 경로(20)를 따라서 전파하고, 작업물(12) 상의 원하는 레이저 목표 위치(34)에 레이저 시스템 출력 펄스(들)(32)가 입사하도록 빔 위치 설정 시스템(30)에 의해 유도된다. 빔 위치 설정 시스템(30)은 예를 들면 X, Y 및/또는 Z 위치 설정 거울(42, 44)을 지지하고 동일하거나 또는 상이한 작업물(12) 상의 목표 지점(34) 사이에서 신속한 이동을 가능하게 하는 적어도 2개의 횡단 스테이지(36, 38)를 바람직하게 이용하는 병진(translation) 스테이지 위치기를 포함하는 것이 바람직하다.
- <39> 바람직한 실시예에서, 병진 스테이지 위치기는 레일(46)을 따라 선형 모터에 의해 일반적으로 이동되는 Y 스테이지(36)가 작업물(12)을 지지하고 이동시키며, 레일(48)을 따라 선형 모터에 의해 일반적으로 이동되는 X 스테이지(38)가 고속 위치기(50) 및 관련 초점 렌즈(들)를 지지하고 이동시키는 분산-축(spilt-axis) 시스템이다. X 스테이지(38)와 Y 스테이지(36) 사이의 Z 값이 또한 조정 가능하다. 위치 설정 거울(42, 44)은 광학적 경로(20)를 따라 위치되는 고속 위치기(50)와 레이저(14) 사이의 임의의 턴(turn)을 통해 광학적 경로(20)를 정렬한다. 고속 위치기(50)는 예를 들면 고해상도 선형 모터나 제공된 테스트 또는 디자인 데이터에 기초하여 유일하거나 반복적인 처리 동작에 영향을 줄 수 있는 한 쌍의 검류계 거울을 사용할 수 있다. 스테이지(36, 38)와 위치기(50)는 사전결정된(panelized) 또는 그렇지 않은 데이터에 응답하여 제어되거나 독립적으로 이동하거나 또는 함께 이동될 수 있다.
- <40> 고속 위치기(50)는 또한 작업물(12)의 표면에 있는 하나 이상의 표준점(fiducial)과 정렬될 수 있는 비전(vision) 시스템을 포함하는 것이 바람직하다. 빔 위치 설정 시스템(30)은 대물 렌즈(36) 또는 별도의 카메라를 갖는 오프 축을 통해 작업하고 당업자에게 잘 알려진 정렬 시스템을 조작하기 위해 종래의 비전 또는 빔을 이용할 수 있다. 하나의 실시예에서 Electro Scientific Industry, Inc.에 의해 판매되는 위치설정 시스템(30)에 Freedom Library 소프트웨어를 사용하는 HRVX 비전 박스는 작업물(12) 상의 목표 위치(34)와 레이저 시스템(10) 사이의 정렬을 수행하기 위해 사용된다. 다른 적당한 정렬 시스템이 상업적으로 이용 가능하다. 그러한 정렬 시스템은 특히 래핑되거나(lapped) 또는 매끄러운(polished) 웨이퍼와 같은 작업물을 거울처럼 반사시키기 위해 브라이트-필드, 축상 조명(bright-field, on-axis illumination)을 이용하는 것이 바람직하다.
- <41> 게다가 빔 위치 설정 시스템(30)은 또한 선형 스케일 인코더 또는 레이저 간섭기와 같은 축상 위치 지시기에 의해 지시되지 않는 스테이지(36, 38)의 피치(pitch), 요잉(yaw), 또는 롤링(roll)에 의한 에베(Abbe) 오류를 결정하기 위해 비접촉, 소변위 센서를 사용하는 것이 바람직하다. 에베 오류 정정 시스템은 정밀한 기준 표준에 시준될 수 있으므로 정정은 선세의 관독에서의 작은 변화를 감지하는 것에만 의존하며, 센서 관독의 절대적인 정밀도에 의존하지 않는다. 그러한 에베 오류 정정 시스템은 2001년 7월 19일 공개된 국제 출원(NO. WO 01/52004 A1)과 2001년 10월 18일 공개된 미국 출원(NO. 2001-0029674 A1)에 상세하게 설명되어 있다. Cutler의 해당하는 미국 특허 출원(NO. 09/755,950)의 관련된 개시 부분은 참조로서 본 명세서에 병합된다.
- <42> 위치 설정 시스템(30)의 많은 변형이 당업자에게 잘 알려져 있으며, 위치 설정 시스템(30)의 일부 실시예는 Cutler 등의 미국 특허(NO. 5,751,585)에 상세히 설명되어 있다. Oregon, Portland의 Electro Scientific Industries, Inc.로부터 이용 가능한 ESI 모델 5320 마이크로바이어 드릴링 시스템은 위치 설정 시스템(30)의 바람직한 구현이며 전자 산업을 위한 레진 코팅 구리 패키지의 레이저 드릴링을 위해 사용되어 왔다. Oregon, Portland의 Electro Scientific Industries, Inc.에 의해 제조된 모델 일련 번호 27xx, 43xx, 44xx, 또는 53xx 와 같은 다른 바람직한 위치 설정 시스템이 또한 사용될 수 있다. 작업물(12)을 이동시키기 위해 X-Y 선형 모터를 사용하고 스캔 렌즈를 이동시키기 위해 X-Y 스테이지를 사용하는 일부 이러한 시스템은 긴 직선 절단부를 만들기 위한 비용 효율적인 위치 설정 시스템이다. 당업자는 또한 빔 위치 설정을 위한 고정 빔 위치 및/또는 정지 검류계로 작업물의 위치 설정을 하는 단일 X-Y 스테이지를 갖는 시스템이 대안적으로 이용될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 당업자는 그러한 시스템이 주기적이거나 또는 비주기적일 수 있는 매우 다양한 유용한 패턴을 생성하기 위해 집중된 UV 레이저 시스템 출력 펄스(32)를 고속으로 동적으로 위치 설정하는 툴패스 파일(toolpath file)을 사용하도록 프로그래밍될 수 있다는 것을 인식할 것이다. 당업자는 또한 이러한 성능이 투자

이미징 장치의 사용을 통해 실리콘에 바이어를 생성하기 위해 Lee가 제안한 것에 비해 많은 장점을 갖는다는 것을 인식할 것이다.

- <43> 반파 플레이트 편광기(half wave plate polarizer)와 같은 선택적인 레이저 전력 제어기(52)가 광학적 경로(20)를 따라 위치될 수 있다. 게다가, 포토다이오드와 같은 하나 이상의 빔 검출 디바이스(54)가 레이저 출력(16)의 파장을 부분적으로 투과시키도록 적용된 위치 설정 거울(44)과 정렬되는 것처럼 레이저 전력 제어기(52)의 하류에 위치할 수 있다. 빔 검출 디바이스(54)는 레이저 전력 제어기(52)의 효과를 변경시키기 위해 신호를 전송하는 빔 진단 전자장치와 통신하는 것이 바람직하다.
- <44> 도 4를 참조하면, 레이저 시스템(10b)은 횡방향에서 선형으로 편광된 각각의 레이저 출력(16a, 16b)을 방출하고 각각의 반사 디바이스(42a, 42b)를 향해 각각의 광학 경로(20a, 20b)를 따라 전파하는 적어도 2개의 레이저(14a, 14b)를 이용하는 것이 바람직하다. 선택적인 웨이브플레이트(56)는 광학적 경로(20b)를 따라 위치될 수 있다. 반사 디바이스(42a)는 편광에 민감한 빔 결합기인 것이 바람직하며, 공통 광학적 경로(20)를 따라 전파하는 레이저 출력(16a, 16b)을 결합하기 위해 두 광학적 경로(20a, 20b)를 따라 위치된다.
- <45> 레이저(14a, 14b)는 동일하거나 상이한 유형의 레이저일 수 있으며, 동일하거나 상이한 파장을 갖는 레이저 출력(16a, 16b)을 생성할 수 있다. 예를 들면, 레이저 출력(16a)은 약 266nm의 파장을 가지며, 레이저 출력(16b)은 약 355nm의 파장을 가질 수 있다. 당업자는 레이저(14a, 14b)가 나란히 또는 하나가 다른 하나의 상부에 장착될 수 있고, 모두는 병진 스테이지(36 또는 38)의 어느 하나에 부착됨을 이해할 수 있을 것이다. 레이저 시스템(10b)은 매우 고에너지 레이저 출력 펄스(32b)를 생성할 수 있다. 도 4에 도시된 장치의 특정 장점은 종래의 단일 레이저 헤드로부터는 생성하기 곤란한 펄스당 증가된 에너지를 갖고 작업 표면에 입사하는 결합된 레이저 출력(32)을 생성한다는 것이다. 이렇게 펄스당 증가된 에너지는 두꺼운 실리콘 웨이퍼에 깊은 트랜치나 깊은 원통형 개구를 절제하는데 특히 유리하다.
- <46> 레이저 시스템 출력 펄스(32)의 실질적으로 둥근 프로파일에도 불구하고, 개선된 빔 모양 품질이 선택적인 이미징 광학 모듈(62)에 의해 달성될 수 있으며, 이에 의해 잔류 비점수차나 타원형 또는 다른 모양의 특성과 같은 바람직하지 않은 빔 아티팩트는 공간적으로 필터링된다. 도 5를 참조하면, 이미지 광학 모듈(62)은 광학 요소(64), 렌즈(66) 및 정밀하게 성형된 스팟 프로파일이 후속적으로 작업 표면으로 이미징되게 임의의 바람직하지 않은 측면 로브와 주변 부분을 차단하기 위한 광학 요소(64)에 의해 생성된 빔 웨이스트(beam waist)나 그 근방에 위치하는 개구 마스크(68)를 포함하는 것이 바람직하다. 바람직한 실시예에서 광학 요소(64)는 초점 렌즈이고, 렌즈(66)는 레이저 시스템(10)의 배치에 유연성을 부여하는 시준 렌즈이다.
- <47> 개구의 크기를 변화시킴으로써 정렬 정밀도를 증진시키는 더 작고 더 날카로운 단부의 강도 프로파일을 생성하도록 스팟 프로파일의 단부 경사도(sharpness)를 제어할 수 있다. 게다가 이러한 장치로 개구의 모양은 정확히 원형일 수 있거나 또한 절단 방향에 평행하거나 또는 수직으로 정렬될 수 있는 직사각형, 타원형, 또는 다른 비원형 모양으로 변경될 수 있다. 마스크(68)의 개구는 선택적으로 광 출구 측면에서 바깥쪽으로 플레어링될(flared) 수 있다. 이미징 광학 모듈(62)에서 마스크(68)는 UV 반사 또는 UV 흡수 물질을 포함할 수 있지만, 다중층 고 UV 반사 코팅 또는 다른 UV 저항 코팅으로 코팅된 UV 등급 퓨즈된 실리카(UV grade fused silica) 또는 사파이어와 같은 유전 물질로 제조되는 것이 바람직하다. 당업자는 개구 마스크(68)가 광학 요소(64, 66) 없이 사용될 수 있음을 이해할 것이다.
- <48> 대안적인 바람직한 실시예에서 광학 요소(64)는 광학 요소(64)의 하류의 개구 마스크(68)의 근방에 원시(raw) 가우시안 복사조도 프로파일을 갖는 레이저 펄스를 준-균일 "탑 햇" 프로파일(near-uniform "top hat" profile), 또는 특정 슈퍼-가우시안 복사조도 프로파일을 갖는 성형된 (그리고 집중된) 펄스로 변환하는 하나 이상의 빔 성형 구성요소를 포함한다. 그러한 빔 성형 구성요소는 비구면 광학장치(aspheric optics) 또는 회절 광학장치를 포함할 수 있다. 바람직한 실시예에서 렌즈(66)는 빔 크기와 발산을 제어하는데 유용한 이미징 광학 장치를 포함한다. 당업자는 단일 이미징 렌즈 구성요소 또는 다중 렌즈 구성요소가 이용될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 당업자는 또한 성형된 레이저 출력이 개구 마스크(68)를 사용하지 않고 이용될 수 있다는 것을 이해할 것이다.
- <49> 바람직한 실시예에서 빔 성형 구성요소는 고효율과 정밀도로 복합 빔 성형을 수행할 수 있는 회절 광학 요소(DOE)를 포함한다. 빔 성형 구성요소는 가우시안 복사조도 프로파일을 준-균일 복사조도 프로파일로 변환시킬 뿐 아니라 성형된 출력을 결정할 수 있거나 또는 규정된 스팟 크기로 집중시킬 수 있다. 단일 요소 DOE가 바람직하지만, 당업자는 DOE가 빔 성형을 위해 DOE를 디자인하기 위한 기술을 또한 개시하고 있는 Dickey 등의 미국 특허(NO. 5,864,430)에 개시된 위상 플레이트 및 변환 요소와 같은 다중 개별 요소를 포함할 수 있음을 이해할

것이다. 위에서 논의된 성형 및 이미징 기술은 2000년 12월 7일 공개된 국제 출원(NO. WO 00/73013)에 상세히 개시되어 있다. 2000년 5월 26일 출원된 Dunsky 등의 해당 미국 특허 출원(NO. 09/580,396)의 관련된 개시 부분은 참조로서 본 명세서에 병합된다.

- <50> 펄스당 에너지의 동적 범위에 증가된 유연성을 제공하기 위하여 어코스토-옵틱 변조기나 전자-광학 변조기와 같은 고속 응답 진폭 제어 메커니즘이 연속적인 펄스의 펄스 에너지를 변조하기 위해 이용될 수 있다. 대안적으로, 또는 고속 응답 진폭 제어 메커니즘과 결합하여 연속적인 펄스의 펄스 에너지를 변화시키기 위해 펄스 반복 주파수가 증가되거나 감소될 수 있다. 도 6은 본 발명의 실시 동안 이용된 레이저(14)의 펄스 반복 주파수(PRF)와 펄스 에너지 사이의 특징적인 관계를 나타낸다. 도 6이 나타내는 것처럼 200  $\mu\text{J}$ 보다 더 큰 펄스 에너지가 모델 210-V06으로부터 얻을 수 있다. 게다가 대안적인 레이저 Lightwave 210-V09L과 Lightwave 210-V09H에 대한 펄스 에너지와 PRF 사이의 특징적인 관계가 또한 도시되어 있다. 당업자는 도 6이 설명한 원리를 예시하는 것이어서 레이저 시스템(10)의 대안적인 실시예가 펄스 에너지와 펄스 반복 주파수 사이의 다른 특징적인 관계를 생성할 수 있다는 것을 이해할 것이다.
- <51> 위에서 설명한 UV 레이저 시스템(10)의 특징적인 성능은 반도체 그리고 특히 실리콘의 절체에 의해 마이크로-스케일의 특징부를 고속으로 형성하는데 사용될 수 있다. 그러한 특징부는 실리콘 웨이퍼 또는 다른 실리콘 작업물(12)을 통한 또는 부분적으로 통한 매우 정밀한 모양의 원통형 개구(100)의 형성, 실리콘 웨이퍼 또는 실리콘 작업물(12) 상에 처리된 다이의 싱글레이션(singulation)을 위해 복잡 모양(complex geometry)의 관통 또는 부분적인 관통 트랜치의 형성, 모체 웨이퍼로부터 실리콘에 형성된 마이크로회로를 분리하기 위한 마이크로탭(microtab) 특징부의 형성, AWG의 싱글레이션 상에 특징부의 형성, 및 MEMS에 특징부의 형성을 포함할 수 있지만 이에 한정되지는 않는다. 게다가 본 발명은 상당한 용해 립(melt lip) 형성, 상당한 슬래그(slag) 형성 및 상당한 특징부 단부의 필 백(peel back) 없이 특징부의 형성을 용이하게 한다.
- <52> 도 7은 0.5 $\mu\text{m}$  두께의 SiO<sub>2</sub> 패시베이션 층(passivation layer)(미도시)으로 덮인 500 $\mu\text{m}$  두께의 고유 실리콘 기판(70)을 갖는 웨이퍼와 같은 실리콘 작업물(12)에 자외선 절제 패터닝에 의해 형성된 원통형 개구(100)의 대표적인 예시도이다. 당업자는 실리콘 작업물의 두께와 패시베이션 층의 두께가 변할 수 있다는 것을 인식할 것이다.
- <53> 원통형 개구(100)는 레이저 시스템(10)의 초점 평면에 실리콘 작업물(12)의 목표 위치(34)를 위치 설정하고 일련의 레이저 시스템 출력 펄스(32)를 실리콘 작업물(12) 위의 목표 위치(34)로 향하게 함으로써 패터닝되는 것이 바람직하다. 이 실시예에서 레이저 시스템(10)은 원통형 개구(100)의 원하는 지점의 컴퓨터에 의해 프로그래밍된 중심(centroid) 목표 위치(34)로 X 및 Y 축으로 실리콘 작업물(12)을 이동시키도록 유도된다. 순차적인 레이저 시스템 출력 펄스(32)는 각각 프로그래밍된 중심 목표 위치(34)에 입사한다.
- <54> 실리콘 작업물의 원통형 개구(100)의 본 명세서에서는 펀칭(punching)이라고 칭해지는 순차적인 중첩 펄스에 의한 절제 패터닝에 관해 말하자면, 펄스당 에너지, 펄스 반복 주파수(PRF) 및 집중된 스팟 크기를 포함하는 결합된 처리 파라미터의 바람직한 범위는 유용한 원통형 개구(100)의 신속한 펀칭에 특히 유리하다.
- <55> 펀칭 공정에서, 순차적인 레이저 시스템 출력 펄스(32)는 각각 작업물(12)이 X 및 Y 축 위치에서 고정되어 있는 동안 프로그래밍된 중심 목표 위치(34)에 입사한다. 실리콘 공정의 이러한 예시적인 절제 패터닝에 대해, 펄스당 바람직한 에너지 범위는 약 100  $\mu\text{J}$  내지 1500  $\mu\text{J}$ 이고, 더 바람직하게는 펄스당 에너지 약 200  $\mu\text{J}$  내지 1000  $\mu\text{J}$ 이며, 조금 더 바람직하게는 약 300  $\mu\text{J}$  내지 800  $\mu\text{J}$ 이며, 가장 바람직하게는 약 360  $\mu\text{J}$ 이다. 바람직한 PRF 범위는 약 5kHz 내지 100kHz이고 더 바람직하게는 PRF 범위가 7kHz 내지 50kHz이며, 가장 바람직하게는 PRF 범위가 10kHz 내지 30kHz이다. 바람직한 집중 스팟 크기 범위는 약 1 $\mu\text{m}$  내지 25 $\mu\text{m}$ 이며, 더 바람직하게는 집중된 스팟 크기 범위가 3 $\mu\text{m}$  내지 20 $\mu\text{m}$ 이며, 가장 바람직하게는 집중된 스팟 크기가 8 $\mu\text{m}$  내지 15 $\mu\text{m}$ 이다. 당업자는 도 6에 도시된 것과 같은 레이저 성능이 위에서 기술한 가장 바람직한 범위 내의 PRF에서 펄스 출력당 에너지를 달성할 수 있다는 것을 인식할 것이다. 실제로 들어가면, 가장 바람직한 공정 파라미터로 동작하도록 ESI 모델 2700을 프로그래밍한 결과 750 $\mu\text{m}$  두께의 실리콘 웨이퍼 작업물(12)을 통해 펀칭되는 35 $\mu\text{m}$  직경을 갖는 원통형 개구를 초당 100개를 형성할 수 있었다.
- <56> 다른 실시예에서 레이저 초점 위치의 Z-높이는 각각의 연속적인 레이저 시스템 출력 펄스(32)와 일치하게 동시에 이동되어 레이저 초점을 순차적으로 실리콘 작업물(12)이 더 깊은 위치로 위치시키며, 그에 의해 집중된 스팟을 남은 실리콘 표면과 좀 더 일치하는 위치로 유지시킨다.
- <57> 바람직한 실시예에서 약 100개의 순차적인 레이저 시스템 출력 펄스(32)를 사용하여 300  $\mu\text{J}$ 보다 더 큰 레이저(14)로부터의 출력 펄스 에너지 사용하여 작업물(12)의 전체 두께(102)를 완전히 관통하여 원통형 개구(100)가

형성된다. 레이저 시스템 출력 펄스(32)는 약  $12\mu\text{m}$ 의 집중된 스팟 크기( $1/e^2$ ) 직경을 갖는 작업 표면에 입사한다. 이 실시예에서 형성되는 원통형 개구(100)는 일반적으로 약  $20\mu\text{m}$ 의 상부 표면 개구 직경( $d_t$ )(104)과 약  $13\mu\text{m}$ 의 출구 직경( $d_b$ )(106)을 가지므로 약 30:1의 관통 홀 원통형 개구의 에스펙트 비(aspect ratio)와 0.4도의 개구 테이퍼 각을 생성한다.

- <58> 당업자는 실리콘을 통해 양호한 품질의 원통형 개구(100)를 효율적으로 형성시키는데 필요한 펄스당 에너지의 정확한 값, 집중된 스팟 크기 및 펄스의 수가 실리콘 작업물(12)의 두께(102), SiO<sub>2</sub>가 단 하나의 예인 상부층의 조성 및 상대적인 두께 및 사용된 정확한 자외선 파장에 따라 변할 수 있음을 더 이해할 수 있을 것이다. 예를 들면, 실리콘 다이에 패터닝된 집적 회로를 프린트 회로에 집적 전도 연결을 하기 위해 사이트(site)로 사용하기 위한 실리콘의 관통 홀 원통형 개구(100)의 형성을 위해서는, 예컨대 실리콘은 단지  $50\mu\text{m}$ 이면 된다. 이 예에서 약 10개 정도의 펄스가 원하는 관통 홀 원통형 개구(100)를 형성하는데 이용될 수 있다. 당업자는 실리콘의 전체 두께(102)를 완전히 관통하지 않는 원통형 개구{블라인드 바이어(blind via)}가 기술한 파라미터를 정확히 선택하여 형성될 수 있음을 인식할 것이다.
- <59> 당업자는 높은 에스펙트 비와 매우 낮은 테이퍼 각을 갖는 실리콘을 통한 그러한 원통형 개구(100)가 전자 패키징 및 상호 연결 응용에 매우 유리하다는 것을 이해할 것이다. 게다가 이러한 작은 관통 홀 원통형 개구(100)의 하나 이상의 그룹은 작업물(12) 회로 또는 다이의 주변 근처의 상부 측면 위, 또는 스크라이빙(scribing), 슬라이싱(slicing), 또는 다이싱 스트리트나 그 교차부 내에 위치될 수 있어서, 작업물(12)의 뒤 또는 아래 측면이 상부 측면 상의 특징부에 대해 정확히 정렬될 수 있다. 그러한 정렬은 처리 속도나 품질을 증진시키도록 레이저 스크라이빙이나 쏘잉(sawing)과 같은 뒷면 처리를 용이하게 한다. 앞면 및/또는 뒷면 웨이퍼 슬라이싱 또는 다이싱을 위한 기술은 "UV Laser Cutting or Shape Modification of Brittle, High Melting Temperature Target Materials such as Ceramics or Glasses"라는 제목의 2001년 3월 9일 출원된 미국 특허 출원(NO. 09/803,382)과 "Multistep Laser Processing for the Cutting or Drilling of Wafers with Surface Device Layers"라는 제목의 2001년 6월 28일 출원된 미국 가출원(NO. 60/301,701)에 더 상세히 논의되어 있다.
- <60> 도 8은 실리콘 작업물(12) 상의 트랜치(110)에 대한 자외선 절제 패터닝을 나타내는 대표적인 예시도이다. 트랜치(110)는 레이저 시스템(10)의 초점 평면에 실리콘 작업물(12)을 위치시키고 레이저 위치 설정 시스템(30)이 작업물(12)의 X 및/또는 Y 축을 따라 작업물(12)을 이동시킬 때 연속적인 중첩 레이저 시스템 출력 펄스(32)의 스트링을 실리콘 작업물(12)로 향하게 함으로써 패터닝되는 것이 바람직하다.
- <61> 실리콘에 트랜치를 형성하는 절제 패터닝 공정에 대해, 바람직한 펄스당 에너지 범위는 약  $100\ \mu\text{J}$  내지  $1500\ \mu\text{J}$ 이며, 더 바람직하게는 펄스당 에너지 범위가 약  $200\ \mu\text{J}$  내지  $1000\ \mu\text{J}$ 이며, 좀 더 바람직하게는 약  $300\ \mu\text{J}$  내지  $800\ \mu\text{J}$ 이며, 가장 바람직하게는 대략 약  $360\ \mu\text{J}$ 이다. 바람직한 PRF 범위는 약  $5\text{kHz}$  내지  $100\text{kHz}$ 이고, 더 바람직하게는 PRF 범위가 약  $7\text{kHz}$  내지  $50\text{kHz}$ 이며, 가장 바람직하게는 PRF 범위가 약  $10\text{kHz}$  내지  $30\text{kHz}$ 이다. 바람직한 집중된 스팟 크기 범위는 약  $1\mu\text{m}$  내지  $25\mu\text{m}$ 이며, 더 바람직하게는 집중된 스팟 크기 범위가 약  $3\mu\text{m}$  내지  $20\mu\text{m}$ 이며, 가장 바람직하게는 집중된 스팟 크기가  $8\mu\text{m}$  내지  $15\mu\text{m}$ 이다. 바람직한 바이트 크기 범위는 약  $0.1\mu\text{m}$  내지  $10\mu\text{m}$ 이며, 더 바람직하게는 바이트 크기 범위가 약  $0.3\mu\text{m}$  내지  $5\mu\text{m}$ 이며, 가장 바람직하게는 바이트 크기가  $0.5\mu\text{m}$  내지  $3\mu\text{m}$ 이다. 바이트 크기는 레이저 빔 위치 설정 시스템의 스테이지 중 하나 또는 두 개 모두의 속도를 제어하고 이동 속도(들)를 반복물로 조정하고 레이저를 발사하여 조정될 수 있다.
- <62> 바람직한 실시예에서 선형 트랜치(110)는 작업물(12) 상의 180 패스(pass)에서  $10\text{mm/s}$ 의 스테이지 속도일 때 약  $360\ \mu\text{J}$ 의 레이저(14)로부터의 출력 펄스 에너지와  $1\mu\text{m}$ 의 바이트 크기를 사용하여  $2.0\mu\text{m}$ 의 SiO<sub>2</sub> 패시베이션 층으로 덮인  $750\mu\text{m}$  두께의 고유 실리콘을 통해 완전히 절단된다. 이러한 레이저 펄스는  $12\mu\text{m}$ 의 집중된 스팟 크기( $1/e^2$ ) 직경으로 작업 표면에 입사한다. 당업자는 정사각형, 직사각형, 타원형, 나선형 및/또는 그들의 결합을 포함하지만 이에 한정되지 않는 변화하는 기하학적 모양의 다양한 패턴이 레이저 시스템(10)에 의해 사용되는 톱 패스 파일과 처리하는 동안에 X 및 Y축을 따라서 실리콘 작업물(12)을 위치시키는 위치 설정 시스템(30)을 프로그래밍하여 형성될 수 있다는 것을 인식할 것이다. 레이저 절단에 대해서는 빔 위치 설정 시스템(30)이 웨이퍼 표면 상의 종래의 전형적인 톱 절단 또는 다른 표준점(fiducial) 또는 패턴에 정렬되는 것이 바람직하다. 웨이퍼가 이미 기계적으로 노칭되었다면(notched), 절단 단부의 정렬은 쏘 공차(saw tolerance) 및 정렬 오류를 극복하는 것이 바람직하다.
- <63> 레이저 절단(자국의 폭이  $50\mu\text{m}$ 보다 작으며 바람직하게는  $25\mu\text{m}$ 보다 작음)은 기계적인 절단(슬라이싱 레인이 약  $300\mu\text{m}$ 이고 다이싱 패스는 약  $150\mu\text{m}$ 임)보다 물질을 상당히 덜 손상시키므로 웨이퍼 상의 디바이스는 서로 매우

근접하게 제조될 수 있어 각 웨이퍼에 더 많은 디바이스가 형성될 수 있다. 따라서, 레이저 절단 공정은 로 (row) 사이의 피치와 디바이스 사이의 피치를 최소화한다.

<64> 기계적인 절단의 제거로 인해 또한 작업물(12)에 디바이스의 제조를 단순화할 수 있다. 특히 기계적인 절단은 디바이스가 캐리어(carrier)에서 떨어지도록(come off) 디바이스에 상당한 기계적인 스트레스를 준다. 로를 놓치지 않기 위해, 디바이스 제조자는 로와 캐리어 사이에 강한 접착제 또는 에폭시를 사용한다. 모든 레이저 공정이 캐리어에 로를 고정시키는데 사용되는 접착제의 기계적인 강도의 요구조건을 상당히 감소시킨다. 그러므로, 레이저 절단은 캐리어에 로를 고정시키는데 사용되는 강한 접착제나 에폭시 및 그것들을 제거하는 필요한 거친(harsh) 화학물의 제거를 가능하게 한다. 대신에 접착제가 제거 시간의 감소와 잠재적인 부식성의 화학물에의 짧은 노출과 같은 제거(debonding)의 용이함과 디바이스의 손상의 가능성을 상당히 감소시켜 수율을 증진시키는 UV 레이저 처리의 수월함(amenability)을 위해 선택될 수 있다.

<65> 레이저 로 슬라이싱은 기계적인 슬라이싱만큼 큰 기계적인 스트레스를 미치지 않기 때문에 로 휨(row bow)을 감소시킨다. 그러나, 로 휨이나 다른 로 결함이 명백하기 때문에, 기계적인 다이싱에 대한 로 사이에 필요한 임계적인 디바이스와 디바이스의 정렬에 관계없이 그러한 결함을 보상하기 위해 로는 레이저 다이싱(그리고 재 슬라이싱)될 수 있다. 편리를 위해 용어 (관통)절단은 일반적으로 {종종 웨이퍼 로(row) 분리와 관련된} 슬라이싱 또는 {종종 웨이퍼 로(row)로부터 부분 싱글레이션과 관련된} 다이싱을 포함하도록 사용될 수 있으며, 슬라이싱과 다이싱은 본 발명의 문맥에 따라서 상호 교환하여 사용될 수 있다.

<66> 위치설정 시스템(30)은 관통 홀(100) 또는 표준점과 정렬될 수 있기 때문에 레이저 시스템(10)은 독립적으로 각각의 로 및/또는 각각의 디바이스를 처리할 수 있다. 경사진 로에 관하여, 레이저 스팟은 원하는 직사각형의 또는 곡선의 웨이브 패턴을 형성하기 위해 각 절단 사이의 스테이지 및/또는 빔 병진(translation)으로 디바이스의 외부 단부에 관해 적절한 위치에서 경사진 로를 가로질러 횡 절단을 수행할 수 있다. 따라서, 레이저 다이싱은 로 고정 결함을 보상할 수 있으며, 기계적인 다이싱에 의하여 발생할 수도 있는 디바이스의 모든 로의 파괴를 방지할 수 있다.

<67> 실리콘 및 유사 물질을 통한 UV 레이저 절단 처리량은 긴 절단 경로를 짧은 세그먼트로 나눔으로써 개선될 수 있다. 예를 들어 두꺼운 실리콘의 관통 절단 및 트렌치 절단에 대해서 이러한 세그먼트는 바람직하게는 약 10 $\mu$ m 내지 1mm, 더 바람직하게는 약 100 $\mu$ m 내지 1000 $\mu$ m, 가장 바람직하게는 약 200 $\mu$ m 내지 500 $\mu$ m이다. 레이저 빔은 미리 결정된 수의 패스(pass)동안의 제 2 쇼트(short)로 이동하여 스캔되기 전에 미리 결정된 수의 패스 동안의 제 1 쇼트 세그먼트 내에서 스캔된다. 바이트 크기, 세그먼트 크기 및 세그먼트 겹침은 트렌치 백필(backfill)의 양과 형태를 최소화하도록 조정될 수 있다.

<68> 도 9는 예시적으로 세그먼트화된 절단 프로파일(112a)의 단순화된 표현이다. 도 9를 참조하면, 절단 프로파일(112a)은 간편하게 하기 위해 좌측에서 우측으로의 경로 절단 방향을 갖고 우측에서 좌측으로 형성된 별개의 절단 세그먼트(116k<sub>1</sub> - 116r<sub>3</sub>){일반적으로 절단 세그먼트(116)}를 갖도록 도시되었다. 절단 세그먼트(116k<sub>1</sub>-116r<sub>3</sub>)가 간편하게 하기 위해서 도 9에서 평행하도록 도시되었지만, 절단 세그먼트(116k<sub>1</sub> - 116r<sub>3</sub>)는 사실상 동일 직선 상에 있다. 도 9는 각각이 바람직하게는 알파벳 순서에 따라 처리되는 초기 세그먼트(116) 및 다중의 점진적으로 길어지는 중첩 세그먼트(116m - 116r)를 포함하는 다중 세그먼트 세트(114a)를 도시한다. 바람직하게는 각각의 세트(114a)는 다음의 세트가 처리되기 전에 선택된 중간 깊이 또는 완전한 관통 절단이 되도록 처리된다. 단지 5개의 중첩 세그먼트가 각각의 세트(114a)에 대해 도시되었지만, 당업자는 실질적으로 더 많은 수의 중첩 세그먼트(116)가 이용되어 특히 목표 물질의 두께를 수용하기 위해 필요한 만큼 더 작은 증분 길이가 추가될 수 있음을 이해할 것이다. 당업자는 또한 절단 프로파일(112a)에 이용된 세그먼트(116)의 모두 또는 임의의 것이 도 9에 도시된 것처럼 단일 방향 대신 양방향으로 처리될 수 있음을 이해할 것이다.

<69> 도 10은 프로파일(112a)과 다소 유사한 예시적인 세그먼트화된 절단 프로파일(112b)의 단순화된 표현이다. 도 10을 참조하면, 프로파일(112b)은 프로파일(112a)이 시작하는 동일한 세그먼트 세트(114a)와 함께 시작한다. 그러나, 세그먼트 세트(114b)는 세그먼트(116k)를 생략하며, 이전에 처리된 세그먼트 세트를 60%만큼 증가적으로 덮는다. 본 실시예의 하나의 예시에서 세그먼트(116k<sub>1</sub>)는 30 패스(pass)로 절단되고 200 $\mu$ m의 길이를 갖는다. 그리고 나서 세그먼트(116m<sub>1</sub>)는 6 패스(30패스의 1/5)로 절단되고 240 $\mu$ m의 길이를 갖는다{200 $\mu$ m와 세그먼트(116k<sub>1</sub>)의 길이의 1/5의 합}. 그리고 나서, 세그먼트(116n<sub>1</sub>)는 6 패스로 절단되고 280 $\mu$ m의 길이를 갖는다{200 $\mu$ m와 세그먼트(116k<sub>1</sub>)의 길이의 2/5의 합}. 이러한 시퀀스는 주어진 세그먼트 세트(114b)가 완료될 때까지 계속된

다. 이 예는 8.5mm/분과 더 크거나 동일한 다이싱 속도를 나타낼 수 있다.

- <70> 절단이 이미 완료된 절단 경로의 재스캔 부분을 감소시키기 위해 실시간 모니터링이 또한 이용될 수 있다. 게다가 레이저 빔의 편광 방향이 처리량을 더 증진시키기 위해 절단 방향과 상호관련될 수 있다. 이러한 세그먼트화된 절단 기술은 "Laser Segmented Slicing or Dicing"이라는 제목의 2001년 6월 8일 출원된 미국 가특허 출원 (NO. 60/297,218)에 상세히 논의되어 있다.
- <71> 본 발명의 자외선 절제 패터닝 방법의 다른 응용은 MEMS(microelectronic machine system) 디바이스(120)를 제조하는 것이다. 도 11은 MEMS 디바이스(120)의 자외선 절제 패터닝의 대표적인 예시도이다. 하나의 바람직한 실시예에서 MEMS 디바이스(120)는 실리콘에 트랜치(122a, 122b, 122c, 122d, 및 122e){일반적으로 트랜치(122)}를 형성하기 위해 위에서 기술한 방법을 이용하여 패터닝된다. 당업자는 레이저 위치설정 시스템(30)의 X 및/또는 Y 축의 컴퓨터 제어를 통해 유도된 레이저 시스템 출력 펄스(32)가 중첩된 펄스가 임의의 복잡한 곡선 기하학적 모양을 나타내는 패턴을 형성하도록 작업 표면으로 유도될 수 있음을 이해할 것이다. 자외선 절제 패터닝 방법과 결합된 이러한 성능은 다양한 MEMS 디바이스(120)의 효율적인 제조에 유용한 실리콘에서의 복잡한 곡선 기하학적 패턴을 생성하는데 사용될 수 있다.
- <72> 본 발명의 자외선 절제 패터닝 방법의 다른 응용은 반도체 웨이퍼 작업물(12) 상에 제조되는 어레이를 이루는 도파관 격자(arrayed waveguide gratings:AWG) 디바이스(130)와 같은 광집적 회로를 제조하는 것이다. 도 12는 AWG 디바이스(130)의 자외선 절제 패터닝의 대표적인 예시도이다. 하나의 바람직한 실시예에서 AWG(130)는 예를 들면 부분(132a, 132b, 132c, 132d, 및 132e)을 갖는 실리콘에서의 곡선 트랜치(132)를 형성하기 위해 위에서 기술한 방법을 사용하여 패터닝된다. 트랜치(132)가 대칭적으로 도시되었지만, 당업자는 레이저 위치 설정 시스템(30)의 X 및/또는 Y축의 컴퓨터 제어를 통해 유도되는 레이저 시스템 출력 펄스(32)가, 중첩된 펄스(32)가 임의의 복잡한 곡선 프로파일 또는 기하학적 모양을 나타내는 패턴을 형성하도록, 작업 표면으로 유도될 수 있음을 이해할 것이다. 자외선 절제 패터닝 방법과 결합된 이러한 성능은 다양한 AWG 디바이스(130)의 효율적인 제조에 유용한 실리콘에서의 복잡한 곡선 기하학적 패턴을 생성하는데 사용될 수 있다.
- <73> 알루미늄으로 제조되는 것과 같은 종래의 금속 척의 이용은 실리콘 작업물(12)을 관통 처리에 유리하지 않은데, 그 이유는 자외선 영역에서 이러한 전통적인 금속 물질의 높은 반사율이 실리콘 작업물의 뒷면에 손상을 가할 수 있기 때문이다. 실험은 관통처리가 완료된 후에 금속 척 상부로부터 나오는 반사 에너지에 의한 원통형 관통 홀 개구(100) 또는 관통 트랜치(110) 주변의 뒷면 손상의 분명한 증거를 나타내었다. 그러나, 척 상부에서 툴링 홀(tooling hole) 위로 우연히(serendipitously) 드릴링된 관통 트랜치(110) 또는 원통형 관통 홀 개구(100)의 근처에서는 어떠한 뒷면 손상이 발견되지 않았다.
- <74> 도 13은 자외선 절제 패터닝 방법을 사용하는 관통 처리 동안에 실리콘 작업물(12)이 바람직하게 위치되는 척 조립체(140)의 대표적인 예시도이다. 척 조립체(140)는 진공 척 베이스(142), 척 상부(144) 및 선택적인 유지 캐리어(146)를 포함하는 것이 바람직하다. 베이스(142)는 전통적인 금속 물질로 제조되는 것이 바람직하며, 추가 플레이트(148)에 볼트로 조여지는 것이 바람직하다. 플레이트(148)는 스테이지(36 또는 38) 중 적어도 하나에 쉽게 연결되거나 분리되도록 적응된다. 체결(engagement) 메커니즘은 기계적인 것이 바람직하며, 대향 그로브(groove) 및 리지(ridge)를 포함할 수 있으며, 로킹 메커니즘을 포함할 수 있다. 당업자는 수많은 정확한 정렬 및 로크 및 키 메커니즘이 가능함을 이해할 것이다. 당업자는 또한 베이스(142)가 대안적으로 스테이지(36 또는 38)에 직접 고정되도록 적응될 수 있음을 이해할 것이다.
- <75> 척 상부(144)는 특정 패터닝 응용에 대해 선택되는 자외선 파장에서 낮은 반사율을 갖는 유전 물질로 제조되는 것이 바람직하다. 주파수-3배가된, Q-스위칭 다이오드-펌핑 Nd:YAG 레이저로부터의 355nm 출력이 사용되는 하나의 바람직한 실시예에서, UV 투명 척 상부(144)는 자외선-등급(grade) 또는 액시머 등급 퓨징된(fused) 실리카, MgF<sub>2</sub> 또는 CaF<sub>2</sub>로 제조된다. 다른 실시예에서 UV 투명 척 상부(144)는 대안적으로 또는 추가적으로 실리콘 작업물(12)의 온도 안정성을 유지하는데 조력하도록 액체-냉각될(liquid-cooled) 수 있다. 당업자는 퓨징된 실리카가 비정질 SiO<sub>2</sub>로 이루어진 자외선에 대해 투명한 물질이며 실리콘과 산소의 화학적 결합에 의해 형성될 수 있음을 인식할 것이다.
- <76> 도 13을 다시 참조하면, 실리콘 작업물(12)을 지지하고 자외선 절제 패터닝 이후에 유지하기 위해서 유지 캐리어(146)가 척 상부(144) 위에 위치될 수 있다. 유지 캐리어(146)는 또한 뒷면 반사에 의해 관통 처리되는 작업물(12)을 손상시키는 것을 방지하기 위해 자외선 투명한 물질로 제조되는 것이 바람직하다. 유지 캐리어(146)는 처리된 실리콘 작업물(12)이 관통 처리 동작 후에 안착하는 낮은 공동을 포함하도록 제조되는 것이 바람직하다.

- <77> 대안적인 실시예에서 척 상부(144) 또는 유지 캐리어(146)는, 해당하는 패턴을 척 상부(144) 또는 유지 캐리어(146)의 물질에 새기도록 레이저 시스템(10)이 작업물(12)로 드릴링되는 낮은 공동의 패턴의 톨 패스 파일을 이용할 수 있도록 Al 또는 Cu와 같은 자외선 흡수 물질로 제조될 수 있다. 예를 들어 공동은 의도된 드릴 홀 또는 단부 패턴에 해당하며, 관통 절단 동작 동안에 작업물(12)의 뒷면 손상을 방지한다. 게다가 공정 동안에 생기는 임의의 파편(debris)은 작업물(12)의 뒷면으로부터 떨어진 공동으로 들어갈 수 있다. 하나의 바람직한 실시예에서, 낮은 공동의 패턴은 처리 후의 해당 작업물(12)보다 조금 더 큰 치수를 갖도록 처리되어 처리된 작업물(12)이 유지 캐리어(146)의 공동에 안착하는 것을 가능하게 한다. 대안적인 실시예에서, 유지 캐리어(146)는 광학적 제조 또는 에칭과 같은 대안적인 수단에 의해 자외선 투명한 물질로 제조되며, 후속적으로 척 상부(144)에 정렬되고 고정된다. 척 조립체(140)의 이러한 실시예는 또한 폴리아미드(polyamide)와 같은 다른 물질의 UV 바이어 드릴링에 유용한 응용을 갖는다.
- <78> 당업자는 질소, 아르곤, 헬륨 및 건조 공기와 같은 퍼지 가스(purge gas)가 작업물(12)로부터 발생하는 부산 증기(waste fume)의 제거에 유용하게 사용된다는 것을 인식할 것이다. 그러한 퍼지 가스는 레이저 시스템(10)에 부착된 전달 노즐(delivery nozzle)을 사용하여 작업물의 근처에 공급될 수 있다.
- <79> 자외선 절제 패터닝 방법을 사용하여 처리되는 실리콘 작업물(12)의 표면 품질을 개선하기 위하여, 물, 아세톤, 메탄올 및 에탄올(이에 한정되지 아니함)을 포함하는 액체가 있는 초음파 세척기(ultrasonic bath)를 사용하여 청정하게 될 수 있다. 당업자는 플루오르화수소산(hydrofluoric acid)에서 처리된 실리콘 작업물(12)을 세척하는 것이 원하지 않는 산화물 층을 제거하는데 유리할 수 있다는 것을 인식할 것이다.
- <80> 위에 제공된 설명이 주로 실리콘 및 GaAs의 처리에 관한 것이었지만, 설명된 방법은 또한 SiC, SiN, 또는 인화인듐(indium phosphide)과 같은 작업물(12)의 기관(70)으로서 사용될 수 있는 다른 반도체에 일반적으로 응용 가능하다.
- <81> 본 발명의 원리로부터 벗어나지 않고 본 발명의 위에서 설명한 실시예의 세목에 대한 많은 변형이 이루어질 수 있음이 당업자에게는 분명할 것이다. 그러므로 본 발명의 범위는 후속하는 청구항에 의해 결정되어야만 한다.

**산업상 이용 가능성**

- <82> 본 발명은 자외선 레이저의 펄스 출력을 이용하여 반도체, 특히 실리콘의 절제에 의해 마이크로-스케일의 특징부를 고속으로 형성하기 위한 방법 및/또는 장치 등에 이용 가능하다.

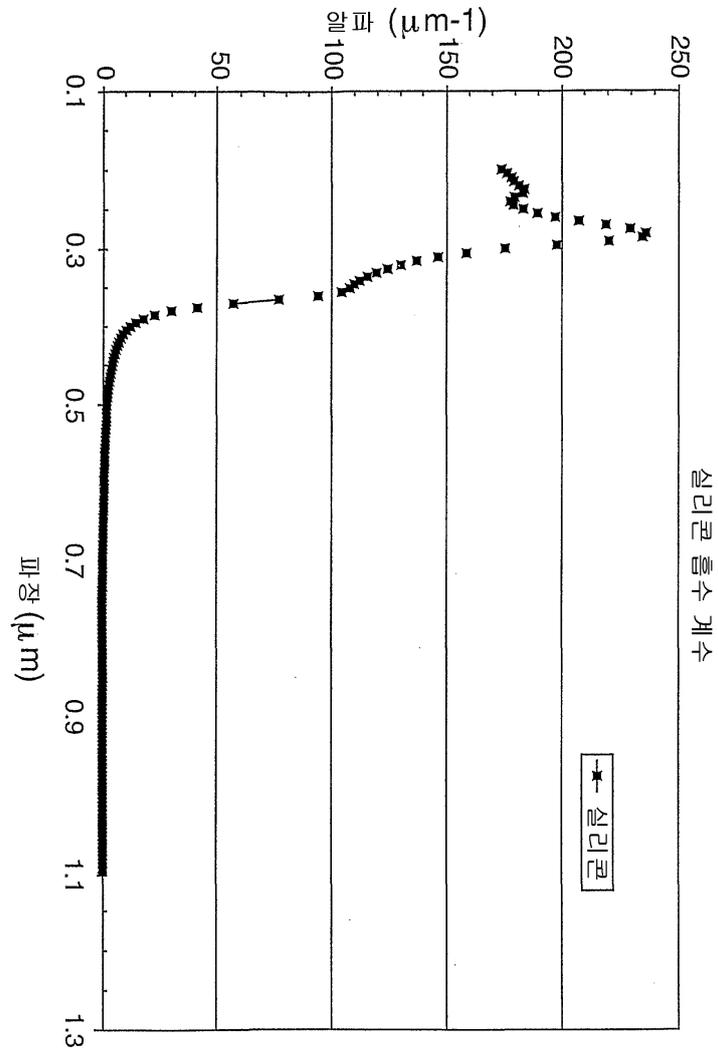
**도면의 간단한 설명**

- <20> 도 1은 과장의 함수로서 실리콘의 광흡수계수를 나타내는 그래프.
- <21> 도 2는 과장의 함수로서 갈륨비소(GaAs)의 광흡수계수를 나타내는 그래프.
- <22> 도 3은 본 발명에 따른 반도체의 마이크로구조 자외선 레이저 절제 패터닝하기 위한 바람직한 레이저 시스템의 단순화된 도면.
- <23> 도 4는 반도체의 마이크로구조 자외선 레이저 절제 패터닝하기 위한 대안적인 바람직한 레이저 시스템의 단순화된 도면.
- <24> 도 5는 반도체의 마이크로구조 자외선 레이저 절제 패터닝하기 위한 레이저 시스템에서 사용될 수 있는 선택적인 이미징 광모듈의 단순화된 도면.
- <25> 도 6은 본 발명의 실시 동안에 사용된 레이저의 펄스 에너지와 펄스 반복 주파수 사이의 특징적인 관계를 나타내는 그래프.
- <26> 도 7은 실리콘의 원통형 개구의 자외선 절제 패터닝에 대한 대표적인 예시도.
- <27> 도 8은 실리콘의 트랜치 패턴의 자외선 절제 패터닝에 대한 대표적인 예시도.
- <28> 도 9는 반도체 물질에 긴 절단부를 만들기 위한 예시적인 세크먼트화된 절단 프로파일의 단순화된 표현.
- <29> 도 10은 반도체 물질에 긴 절단부를 만들기 위한 대안적인 세크먼트화된 절단 프로파일의 단순화된 표현.
- <30> 도 11은 반도체 웨이퍼 상의 MEMS 디바이스의 자외선 절제 패터닝의 대표적인 예시도.
- <31> 도 12는 반도체 웨이퍼 상에 제조된 AWG 디바이스의 자외선 절제 패터닝의 대표적인 예시도

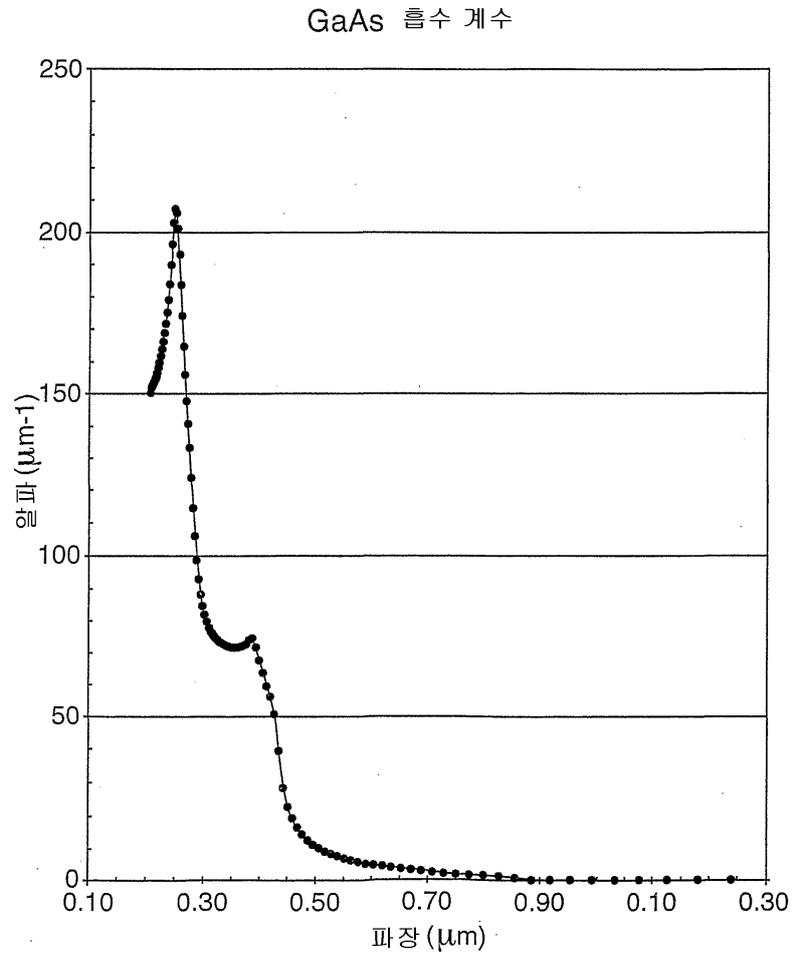
<32> 도 13은 자외선 절제 패터닝 방법을 사용한 전체 공정 동안 반도체 작업물이 위치하는 자외선 투명 척(chuck)의 대표적인 예시도.

도면

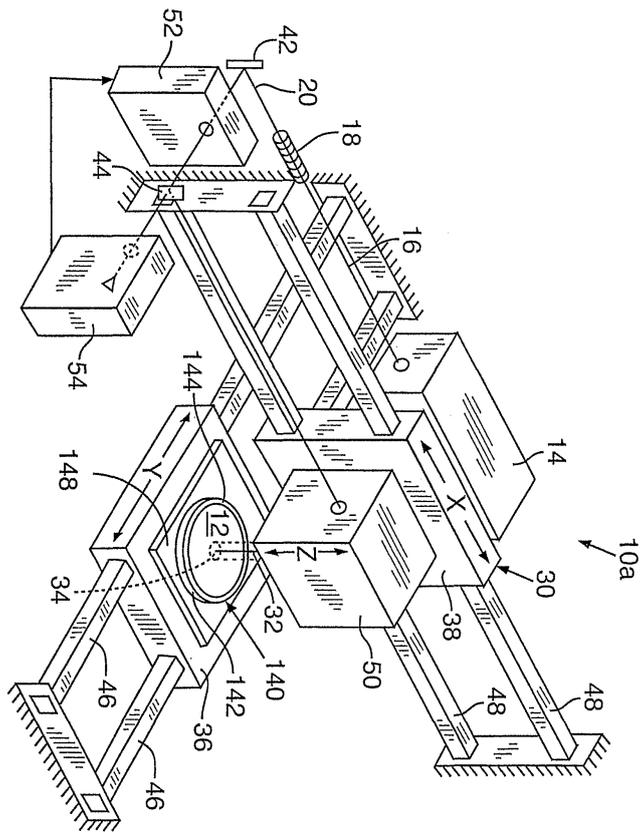
도면1



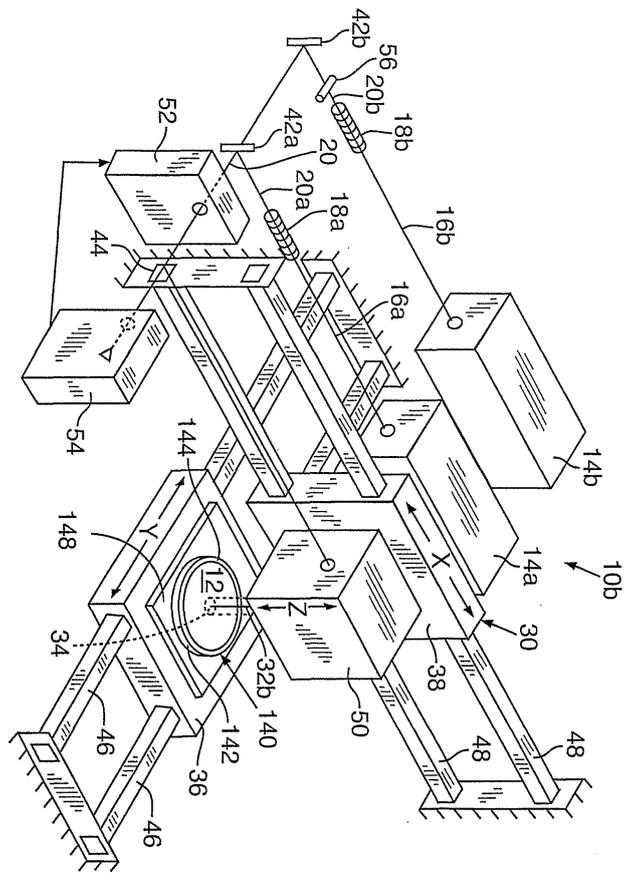
도면2



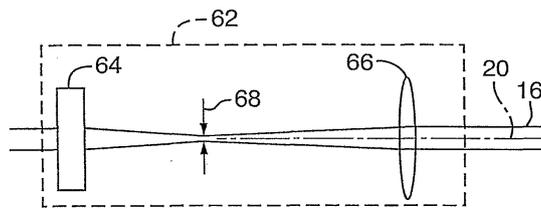
도면3



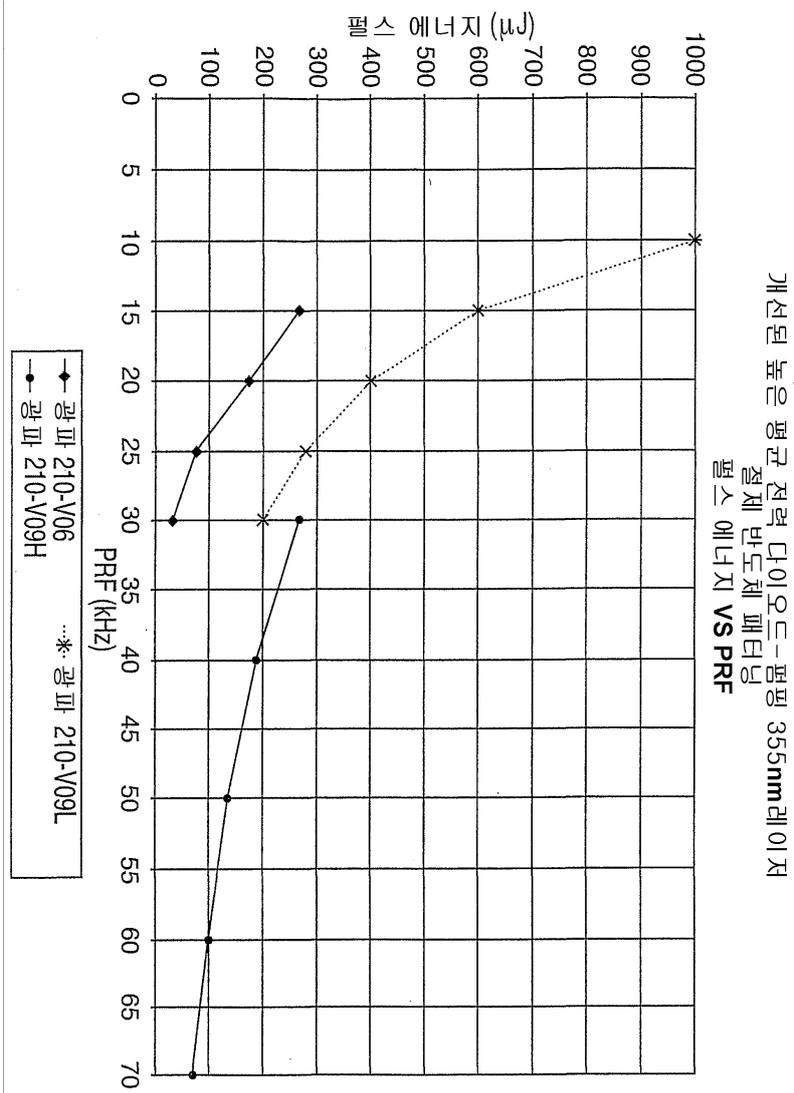
도면4



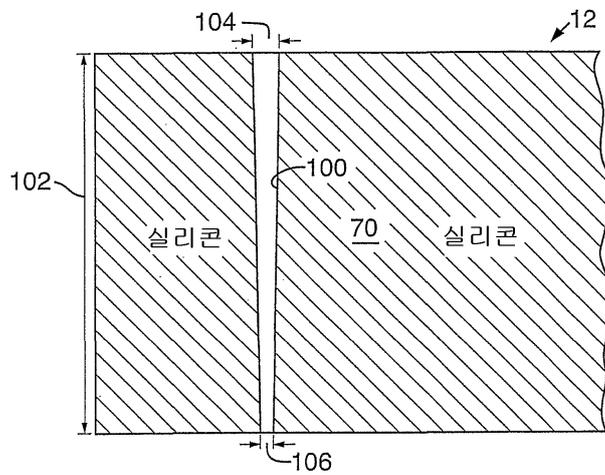
도면5



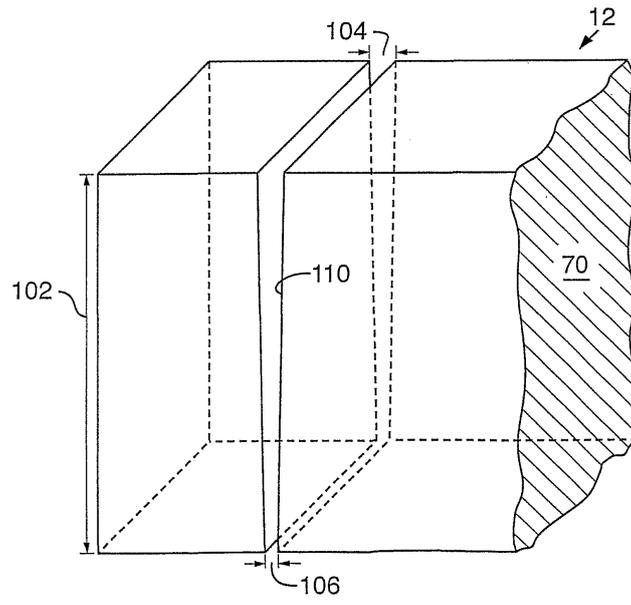
도면6



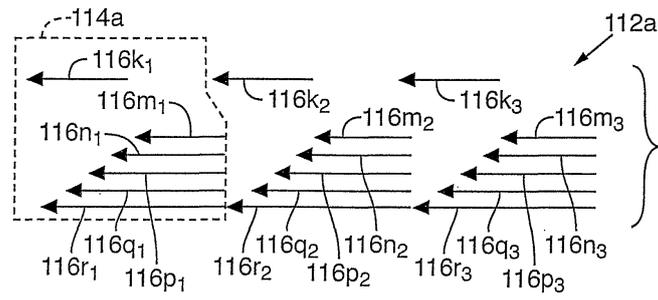
도면7



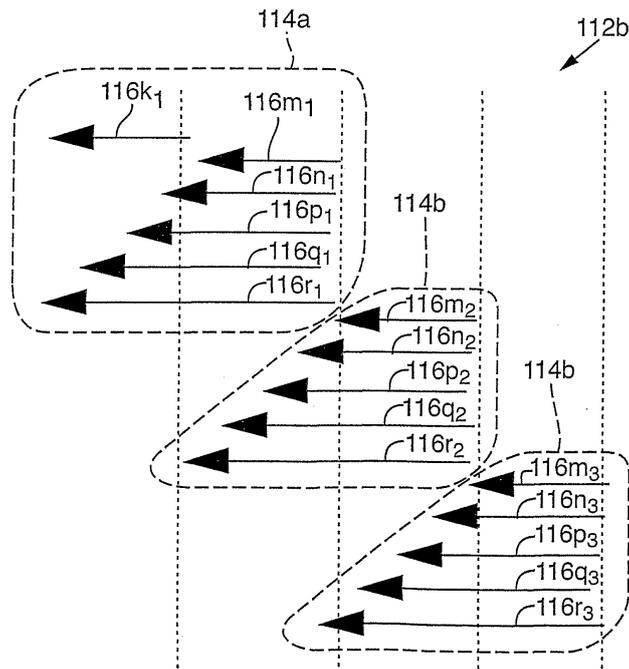
도면8



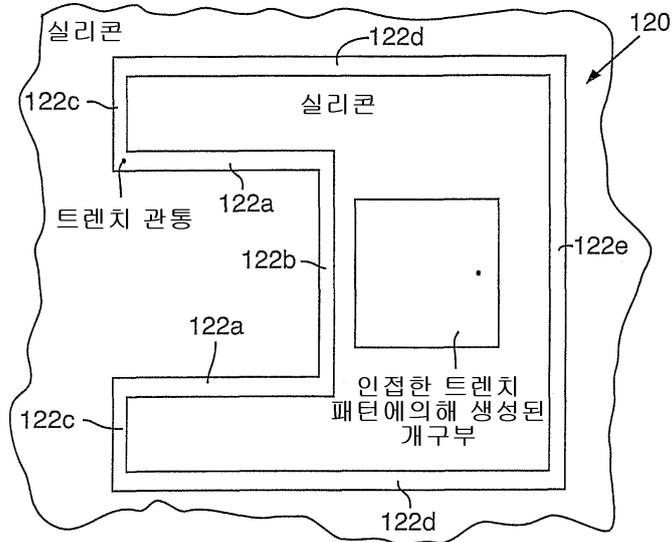
도면9



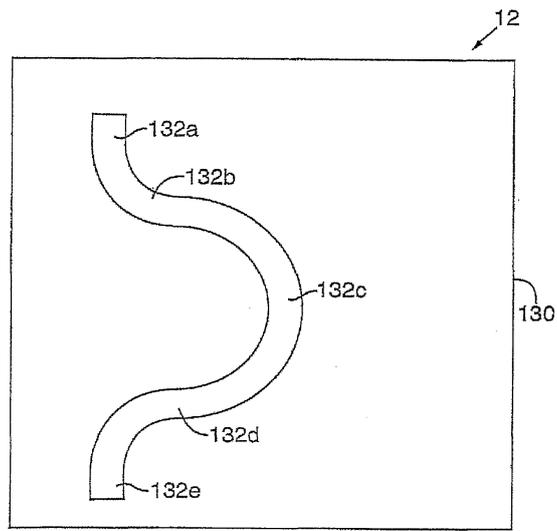
도면10



도면11



도면12



도면13

