(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년07월17일
(11) 등록번호 10-1420623
(24) 등록일자 2014년07월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 6/12 (2006.01) *G02B 6/42* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7019625
(22) 출원일자(국제) 2008년05월02일
심사청구일자 2012년07월05일
(85) 번역문제출일자 2009년09월21일
(65) 공개번호 10-2010-0014498
(43) 공개일자 2010년02월10일
(86) 국제출원번호 PCT/US2008/062566
(87) 국제공개번호 WO 2008/137792
국제공개일자 2008년11월13일
(30) 우선권주장
60/915,677 2007년05월02일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20040218870 A1*
US20020097962 A1
JP2004077717 A
JP11038240 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
호야 코포레이션 유에스에이
미국 95054 캘리포니아주 산타클라라 스캇 블리바드 3285
(72) 발명자
블로벨트 헨리 에이.
미국 91016 캘리포니아주 몬로비아 이스트 헌팅튼 드라이브 425 호야 코포레이션 유에스에이 디비에이 엑스포넌트내
벤조니 알버트 엠.
미국 91016 캘리포니아주 몬로비아 이스트 헌팅튼 드라이브 425 호야 코포레이션 유에스에이 디비에이 엑스포넌트내
위스 롤프 에이.
미국 91016 캘리포니아주 몬로비아 이스트 헌팅튼 드라이브 425 호야 코포레이션 유에스에이 디비에이 엑스포넌트내
(74) 대리인
유미특허법인

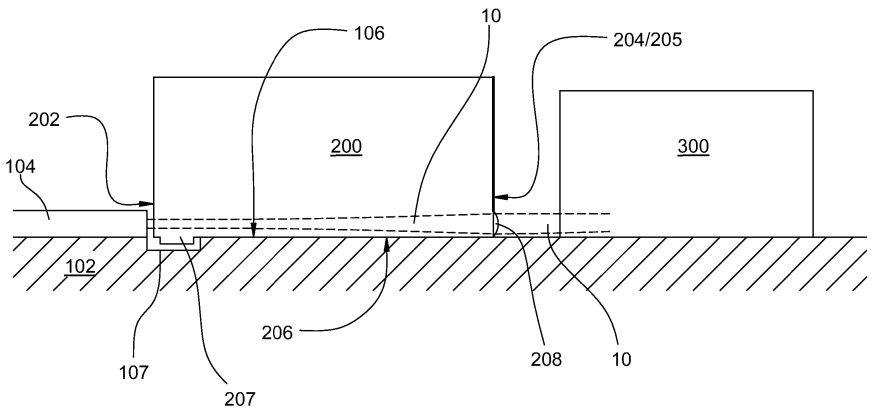
전체 청구항 수 : 총 13 항 심사관 : 송병준

(54) 발명의 명칭 **광 도파로와, 다른 광 도파로, 부품 또는 디바이스 간의 자유 공간 전파를 위한 광학 소자**

(57) 요 약

광학 소자는, 서로 대향하는 제1 투과 면 및 제2 투과 면, 제1 투과 면 및 제2 투과 면 사이에 배치되는 실질적으로 평평한 장착 면, 하나 이상의 정렬 마크, 및 광학 코팅을 갖는 실질적으로 투명한 재료를 포함하여 이루어진다. 광학 소자는, 기판 면의 실질적으로 평평한 대응 부분 상의 실질적으로 평평한 장착 면을 가진 도파로 기판상에 자체 지지되도록 배치된다. 광학 소자의 정렬 마크는 도파로 기판상의 정렬 마크와 실질적으로 정렬되며, 기판상의 도파로는 제1 투과 면으로부터의 반사에 의해 종단 결합될 수 있다. 투과 면 및 장착 면은 투과 면이 기판 면에 대해 상대적인 배향으로 위치하도록 배치되어, 기판 면에 실질적으로 평행하게 통과하고 제1 투면 면을 통해 광학 소자에 진입하는 광 빔이 장차 면 위의 광학 소자를 통해 광 빔으로서 통과하고 제2 투과 면을 통해 광학 소자를 빠져나도록 배치된다. 광학 소자는 렌즈 또는 어퍼처를 더 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

(a)하나 이상의 정렬 마크(alignment mark)를 구비하는 도파로 기판(waveguide substrate);

(b)상기 도파로 기판상에 형성된 제1 광 도파로(optical waveguide);

(c)상기 도파로 기판상에 장착되며, 서로 대향하는 제1 투과 면 및 제2 투과 면, 상기 제1 투과 면 및 상기 제2 투과 면 사이에 배치되는 실질적으로 평평한 장착 면, 하나 이상의 정렬 마크, 및 상기 제1 투과 면상에 형성된 광학 코팅(optical coating)을 갖는 소정 부피의 실질적으로 투명한 재료를 포함하여 이루어지는 광학 소자;

(d)상기 도파로 기판상에 장착되는 광 수용기(photodetector), 또는 상기 도파로 기판상에 형성된 제2 광 도파로

를 포함하며,

상기 광학 소자는 상기 기판 면의 실질적으로 평평한 대응 부분 상의 실질적으로 평평한 장착 면을 가진 상기 도파로 기판상에 장착되고, 상기 장착 면은 상기 광학 소자가 상기 기판 면상에 자체 지지(self-support)되도록 배치되며, 상기 제1 투과 면의 영역 중 상기 광학 소자로 광이 입사되는 일부 영역이, 상기 제1 투과 면 상에 형성되는 돌출 영역, 함몰 영역 및 트랜치(trench)에 의해 둘러싸인 영역 중 하나 이상의 영역에 존재하고,

상기 광학 소자는, 상기 광학 소자의 정렬 마크가 상기 도파로 기판상의 정렬 마크와 실질적으로 정렬되어, 상기 제1 투과 면과 상기 제2 투과 면이 상기 기판 면과 상기 제1 도파로에 대해 각자의 배향(orientation)으로 위치되도록 함으로써, 상기 제1 광 도파로의 단면으로부터 광 빔(optical beam)으로서 방출되는 광학 신호의 일부가 상기 제1 투과 면을 통해 상기 광학 소자로 진입하고, 상기 광 빔과 상기 기판 면 사이에서 상기 장착 면을 가진 상기 광학 소자를 통해 광 빔으로서 전파(propagate)되며, 상기 광학 소자 내에서 내부적으로 반사되지 않으면서, 상기 제2 투과 면을 통해 광 빔으로서 상기 광학 소자를 빠져나가도록 배치 및 위치 설정되며,

상기 광 수용기 또는 상기 제2 광 도파로는, 상기 제2 투과 면을 통해 상기 광학 소자를 빠져나가 광 빔으로서 전파되는 상기 광학 신호의 일부를 직접 수광하도록 배치되는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광학 장치는 상기 도파로 기판상에 형성되는 추가의 광 도파로를 더 포함하며,

상기 광학 소자는, 상기 광학 소자의 정렬 마크가 상기 도파로 기판상의 정렬 마크와 실질적으로 정렬되도록 해서, 상기 제1 투과 면이 상기 기판 면과 상기 제1 광 도파로에 대해 상대적인 배향을 가지도록 하고, 상기 제1 투과 면으로부터 외부 반사에 의해 상기 제1 광 도파로와 상기 추가의 광 도파로를 광학적으로 종단 결합(end-couple)하도록, 상기 제1 광 도파로와 상기 추가의 광 도파로에 대해 상대적인 배향을 갖도록 배치되는, 광학 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 광학 소자는, 상기 제2 투과 면 상에 형성되는 렌즈(lens)를 더 포함하며,

상기 렌즈는, (i)상기 제2 투과 면의 곡선 부분, (ii)상기 제2 투과 면 상에 형성된 프레넬(Fresnel) 렌즈, 또는 (iii)상기 제2 투과 면에 형성된 굴절률 구배(index-gradient) 렌즈를 포함하여 이루어지며, 상기 제2 투과 면을 통해 투과되는 광 빔이 상기 렌즈를 통과하도록 배치되는, 광학 장치.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 광학 소자는, 제2 투과 면상에 형성되는 어퍼처(aperture)를 더 포함하며, 상기 어퍼처는, 상기 제2 투과 면 상의 실질적으로 불투명한(opaque) 코팅에 형성된 구멍을 포함하고, 상기 제2 투과 면을 통해 투과되는 광

빔이 통과할 수 있도록 배치 및 위치 설정되는, 광학 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 실질적으로 불투명한 코팅은 하나 이상의 금속층을 포함하여 이루어진, 광학 장치.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 광학 소자는 상기 제2 투과 면상에 형성된 렌즈를 더 포함하고, 상기 렌즈는 상기 제2 투과 면의 곡선 부분을 포함하며, 상기 제2 투과 면을 통해 투과되는 광 빔이 통과할 수 있도록 배치 및 위치 설정되고,

상기 광학 소자는 상기 제2 투과 면 상에 형성되는 어퍼처를 더 포함하며, 상기 어퍼처는 상기 제2 투과 면 상의 실질적으로 불투명한 코팅에 형성된 구멍을 포함하고, 상기 제2 투과 면을 통해 투과되는 광 빔이 통과할 수 있도록 배치 및 위치 설정되며,

상기 렌즈의 적어도 일부는 상기 어퍼처에 의해 노출되며,

상기 실질적으로 불투명한 코팅은 하나 이상의 금속층을 포함하는, 광학 장치.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 정렬 마크는 상기 광학 소자 상의 금속층의 노출된 에지 또는 상기 광학 소자 상에 형성된 금속 코팅 처리된(metal-coated) 면을 포함하는, 광학 장치.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 광학 코팅은 다이크로익(dichroic) 광학 코팅 또는 분광-선택적(spectrally-selective) 필터 코팅을 포함하여 이루어진, 광학 장치.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 광학 소자는 반도체 재료를 포함하여 이루어진, 광학 장치.

청구항 10

광학 소자를 제조하는 방법으로서,

(i)웨이퍼의 제1 면을 공간-선택적(spatially-selectively)으로 처리해서 다수의 정렬 구조(alignment feature)를 형성하는 단계;

(ii)상기 웨이퍼의 상기 제1 면 및 상기 제1 면에 실질적으로 평행한 제2 면을 공간-선택적으로 처리해서, 상기 제2 면과 일정한 각도를 형성하는 다수의 실질적으로 평평한 장착 면을 형성하는 단계;

(iii)상기 제1 면 또는 상기 제2 면 상에 광학 코팅을 형성하는 단계; 및

(iv)상기 웨이퍼를 개별의 광학 소자로 분리하는 단계

를 포함하며,

상기 광학 소자는, 상기 제1 면의 일부를 포함하는 제1 투과 면, 상기 제2 면의 일부를 포함하는 제2 투과 면, 정렬 마크를 형성하는, 상기 정렬 구조 중 하나 이상의 일부, 상기 제1 투과 면과 상기 제2 투과 면 사이에 배치되는 실질적으로 평평한 장착 면 중 적어도 하나, 및 상기 광학 코팅의 적어도 일부를 구비하며,

상기 장착 면은, 상기 광학 소자가 도파로 기판 면의 실질적으로 평평한 대응 부분상에 자체 지지되도록 배치되

며,

상기 제1 투과 면, 상기 제2 투과 면, 및 상기 장착 면은, 상기 광학 소자의 정렬 마크가 상기 도파로 기판상의 대응하는 정렬 마크와 실질적으로 정렬되고, 상기 제1 투과 면과 상기 제2 투과 면이 상기 기판 면의 대응 부분에 대해 상대적으로 배향되도록 하여, 상기 기판 면에 실질적으로 평행하게 전파되며 상기 제1 투과 면을 통해 상기 광학 소자로 진입하는 광 빔이 상기 광 빔과 상기 기판 면 사이에서 상기 장착 면을 가진 상기 광학 소자를 통해 광 빔으로서 전파되고, 상기 광학 소자 내에서 내부적으로 반사되지 않으면서, 상기 제2 투과 면을 통해 상기 광학 소자를 빠져나가도록 배치되는, 광학 소자의 제조 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1 웨이퍼 면이나 상기 제2 웨이퍼 면 상에 광학 코팅을 형성하기 전에, 상기 제1 웨이퍼 면이나 상기 제2 웨이퍼 면을 공간-선택적으로 처리하여, 상기 웨이퍼 면의 바로 인접한 부분으로부터 수직 방향으로 이동된 다수의 외접(circumscribed) 투과 영역을 형성하는 단계를 더 포함하며,

상기 광학 소자는, 상기 웨이퍼를 분리한 후에, 상기 외접 투과 영역 중의 한 영역을 전체적으로 포함하는, 광학 소자의 제조 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 다수의 외접 다수의 투과 영역은, 상기 웨이퍼 면상에 형성된 다수의 평판 구조(plateau) 또는 상기 웨이퍼 면에 형성된 다수의 리세스 영역(recessed region)을 포함하는, 광학 소자의 제조 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 다수의 외접 투과 영역은, 상기 웨이퍼 면에 형성된 대응 트랜치(trench)에 의해 둘러싸인, 상기 웨이퍼 면의 구분가능한 다수의 영역을 포함하는, 광학 소자의 제조 방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 광학 소자에 관한 것이다. 더 구체적으로 말하면, 본 발명은 광 도파로와 다른 광 도파로, 부품 또는 디바이스 간의 자유 공간 광 전파를 가능하게 하는 광학 소자에 관한 것이다.

[0002] 본 출원은 2007년 5월 2일 출원된 미국 가특허출원 60/915,677호의 우선권을 주장하며, 그 전체 내용을 본 명세

서에 인용에 의해 원용한다.

배 경 기 술

[0003] 전기 통신 등의 분야에 사용하기 위한 다양한 광 디바이스를 구현하기 위해서는 평면형 광 도파로(planar optical waveguide)가 적합하다. 본 명세서에서, "평면형 광 도파로"는 증착 등의 방식으로 실질적으로 평면인 기판상에 형성된 도파로 구조를 일반적으로 포함하는 의미이다. 이러한 평면형의 광 도파로에 의해 정해지는 광 경로는 2차원 또는 3차원으로 정렬될 수 있다. 이러한 평면형의 광 도파로에 추가로, 평면형 광 도파로 기판에는, 기판상에 광 부품이나 디바이스를 위치시키기 위한 정렬 또는 지지 구조; 기판상에 광섬유 및/또는 섬유-광 테이퍼를 위치시키기 위한 V자 홈이나 다른 정렬 또는 지지 구조; 보상기(compensator), 격자, 필터, 또는 그외 다른 광 부품, 소자 또는 디바이스; 기판상의 디바이스를 활성화시키기 위한 전자적 액세스가 가능하도록 하기 위한 전기 콘택트나 트레이스; 그외 적당한 부품들을 포함(조립하거나 배치하거나)한다.

[0004] 광 도파로와 다른 광 도파로, 부품 또는 디바이스 간의 자유 공간 광 전파를 가능하게 하는 하나 이상의 평면 광 도파로와 함께 사용하기 위한, 미러, 빔 스플리터, 빔 컴바이너, 필터, 렌즈 등을 포함하는 반사형 또는 투과형의 광학 소자를 개시하고 있다.

[0005] 본 명세서에 개시된 많은 광 도파로(광 섬유와 평면형 도파로를 포함)는, 하나 또는 몇 개의 최하위의 광학 모드만을 지원하는 차원과 설계 파라미터를 갖는다. 가시광선 파장 및 근적외선 파장(예컨대, 통상적으로 광학적 전기통신에 사용됨)에서, 광학 모드는 통상적으로 횡 범위에서 수 마이크로미터(㎛)부터 대략 10 또는 15 마이크로미터(㎛)까지이다. 도파로의 특성에 따라, 안내되는 광 모드는 실질적으로 원통형의 대칭이 되거나, 실질적으로 직교하는 횡단 길이를 따라 횡 범위가 실질적으로 다를 수 있다. 이들 파장과 사이즈의 모드는 지지용 도파로의 단면으로부터 방출될 때와 광 빔으로서 전파될 때에 통상적으로 회절 특성을 나타내며, 통상적으로(항상 그렇지는 않다) 지지용 도파로의 단면으로부터 매우 멀리까지 실질적으로 분기하게 된다(NA가 대략 0.1을 초과하기도 한다). 따라서, 종단 결합된 도파로와 다른 광 부품이나 디바이스 사이에서 동작가능하게 허용가능한 레벨 이상의 정밀도를 갖는 광 파워를 전달하고, 도파로와 다른 도파로, 부품, 또는 디바이스 사이에서 안내되지 않은 광 경로 길이를 특정의 광 어셈블리에 대해 사용가능할 정도로 작게 유지하며, 도파로 전체에 걸쳐 광 빔의 회절 동작을 완화시키기 위해, 도파로 또는 다른 도파로, 부품, 또는 디바이스의 단부를 조절하거나; 도파로와 다른 부품 또는 디바이스 사이에서의 종단 결합을 보강하기 위한 빔의 공간 특성에 대하여 초점 재조정, 리이머징(re-imaging), 또는 그외의 조작을 위한, 도파로와 다른 도파로, 부품 또는 디바이스 사이에 하나 이상의 추가적인 광학 소자를 삽입하기 위해, 이하의 형태 중 하나 이상이 필요하게 될 수 있다.

[0006] 도파로에 기초한 광학 시스템이나 도파로에 기초한 다부품 광학 디바이스에서는, 광학적 기능이 도파로 내에서 용이하게 구현될 수 없어서, 광학 신호가 광 빔으로서 전파되는 광학 경로 내에 반사 또는 투과[반사성의 광학 소자로부터 반사되거나 투과성의 광학 소자를 통해 투과됨]성의 광학 소자가 삽입되어야 하는 경우가 있다. 동작가능하도록 허용될 수 있는 레벨 이상으로 광학 시스템을 통한 전체적인 투과를 유지하면서, 광학적 기능을 구현하기 위하여, 앞서 설명한 바와 같은 광학 시스템이나 다부품의 광학 디바이스를 채택할 필요가 있다.

[0007] 본 명세서의 설명에서, "광 빔" 또는 "광학적 빔"은, 광 신호의 자유 공간 전파를 의미하며, 전자파의 회절 특성에 의해 정해지고, 도파로 등에서 생기는 어떠한 종류의 굴절률 변화(refractive index variation), 구배(gradient), 또는 구조에 의해서도 제한을 받지 않는다. 이러한 자유 공간 광 전파는, 진공을 통해, 공기나 다른 기체 매질을 통해, 액체 매질을 통해, 또는 고체 매질을 통해 이루어질 수 있다. 이에 대하여, 도파로로서 작용하는 굴절률 변화, 구배, 또는 구조에 의해 하나 이상의 횡단 길이에 구속되거나 안내되는 광 신호의 전파를, "광 모드"(optical mode) 또는 "안내 모드"라 한다.

[0008] 본 발명의 주제는 미국특허 7,031,575; 7,142,772; 7,366,379에 개시되거나 청구된 주제와 관련되어 있으며, 상기 특허를 본 명세서에 인용에 의해 원용한다.

발명의 상세한 설명

[0009] 광학 소자는, 서로 대향하는 제1 투과 면과 제2 투과 면, 제1 및 제2 투과 면 사이의 장착 면, 정렬 마크, 및 제1 또는 제2 투과 면 상의 광학 코팅을 포함하는 일정 부피를 갖는 투명한 재료를 포함하여 이루어진다. 광학 소자는 기판의 대응하는 부분의 장착 면에 자체 지지(self-supporting)되도록 장착될 수 있다. 광학 소자의 정렬 마크(alignment mark)는 기판상의 대응하는 마크와 정렬되고, 기판상의 도파로는 제1 투과 면으로부터의 반사에 의해 종단 결합(end-couple)될 수 있다. 제1 투과 면, 제2 투과 면 및 장착 면은, 기판 면에 대하여 제1

투과 면과 제2 투과 면이 각자의 방향으로 배치되어, 기판 면에 대하여 실질적으로 평행하게 전파하고 제1 투과 면을 통해 광학 소자에 입사하는 광 빔이, 장착 면 위의 광학 소자를 통한 광 빔으로서 전파하며, 제2 투과 면을 통해 광학 소자를 빠져나가도록 정렬된다. 광학 소자는 렌즈 또는 어퍼처(aperture)를 포함할 수 있다.

[0010] 광학 소자와 광 도파로에 대한 목적과 장점에 대해서는, 도면을 참조하여 이하의 상세한 설명에 의해 명백하게 될 것이다.

실 시 예

[0038] 도 1과 도 2a 및 도 2b에 개략적으로 도시된 광학 소자(200)는 하나 이상의 광 도파로를 따라 기판(102) 상에 장착되어 있다. 광학 소자(200)는 서로 대향하는 제1 투과 면(202) 및 제2 투과 면(204)과, 장착 면(206)을 구비하는 일정 부피를 갖는 실질적으로 투명한 재료를 포함하여 이루어진다. 장착 면(206)은, 광학 소자(200)의 하면 상에서, 제1 투과 면(202)과 제2 투과 면(204) 사이에 배치되는데, 기판(102)과 제1 투과 면(202) 상의 도파로에 의해 정해지는 광학 소자(200)를 통하는 광학 경로의 아래에 배치된다. 이러한 구성은, 장착 면이 광학 소자를 통하는 빔 경로로부터 측면에 배치되는 종래의 광학 소자(미국특허 7,031,575; 7,142,772; 7,366,379에 개시된 것)와 전혀 상이하다. 광학 소자(200)는 기판 표면의 대응 부분(106)에 대응하는 장착 면(206)과 자기 지지형(self-supporting)으로 정렬되며, 광학 소자는 원하는 방향으로 제 위치에 유지되기 위해 기판상에 슬롯이나 돌출형의 지지 구조체를 필요로 한다. 광학 소자는 제1 투과 면(202)이나 제2 투과 면(204) 상에 제공되는 광학적 기능(optical functionality)을 갖는다. "제1" 및 "제2"라는 기재는, 설명의 편의를 위한 것으로서, 명시적으로 나타내지 않는 한, 반드시 기능적으로 중요도가 다르다는 것을 의미하는 것은 아니다. 제1 투과 면(202), 제2 투과 면(204) 및 장착 면(206)은, 제1 투과 면(202)과 제2 투과 면(204)이, 기판 표면의 대응 부분(106) 상의 장착 면(206)과 기판(102)의 면에 대하여 각각 원하는 방향으로 위치되도록 정렬된다. 통상적으로, 장착 면(206)과 기판 표면의 대응 부분(106)은 실질적으로 평평하며, 일반적으로 기판(102)에 대해 평행하지만, 이러한 구성에 한정되는 것은 아니다. 즉, 경사지거나, 기울어져 있거나, 곡선형이거나, 단차형이거나, 평면 이외의 다른 형태의 표면을 사용해도 된다. 투과 면(202, 204)이 각각 바람직한 위치로 설정되면, 기판 표면(106)에 실질적으로 평행하게 전파되며, 제1 투과 면(202)을 통해 광학 소자(200)에 입사되는 광 빔(10)은, 광학 소자(200)를 통해 전파되며, 광학 소자(200) 내에서 내부 반사되지 않으면서, 제2 투과 면(204)을 통해 빠져나간다.

[0039] 투과 면(202, 204)에는, 임의의 바람직한 방식으로, (i)투과 면의 한쪽이나 양쪽에 형성되는, 반사성 또는 반사 방지 특성을 갖는 광학 코팅, 분광-선택적 특성(spectrally-selective)의 필터 코팅, 또는 다이크로익(dichroic) 광학 코팅 등의 하나 이상의 광학 코팅; (ii)투과 면의 한쪽이나 양쪽에 형성되는 곡선 표면, 예를 들어 렌즈로서 작용하는 곡선 표면; (iii)투과 면의 한쪽 또는 양쪽에 형성되는 공간-가변 표면 프로파일, 예를 들어 프레넬(Fresnel) 렌즈; (iv)투과 면 중의 적어도 한쪽의 하나 이상의 공간-가변 광학 특성, 예를 들어 굴절률 구배 렌즈(index-gradient lens); (v)투과 면 중 하나 이상의 면의 하나 이상의 이방석 광학 특성, 예컨대 파장 판 또는 편광 로테이터(polarization rotator); 또는 (vi)투과 면 중 하나 이상의 면의 하나 이상의 분광 가변 광학 특성 등의 광학적 기능 구조(optical functionality)가 제공될 수 있다. 본 발명의 범위 내에서, 투과 면(202, 204) 중 하나 이상의 면에 광학적 기능 구조를 제공하기 위한 다른 구성이 사용될 수 있다.

[0040] 광학 소자(200)는 기판(102) 상에 형성된 광 도파로(104)와 함께 기판(102) 상에 장착될 수 있다. 이러한 기판을 도파로 기판(waveguide substrate)이라고도 한다. 광학 소자(200)는 기판 표면의 실질적으로 평평한 부분(106) 상의 장착 면(206)을 가진 도파로 기판(102) 상에 장착된다. 광학 소자(200)는, 광 도파로(104)의 단면으로부터 광 빔(10)으로서 방출되는 광학 신호의 일부가 제1 투과 면(202)을 통해 광학 소자(200)에 입사하고, 광학 소자(200)를 통하는 광 빔으로서 전파하며, 제2 투과 면(204)을 통해 광 빔으로서 광학 소자(200)를 빠져나가도록 위치한다. 광 빔(10)은 장착 면(206)의 바로 위의 광학 소자(200)를 통해 전파된다. 광 수용기(photodetector)(300)는 기판(102) 상에 장착될 수 있으며, 광학 소자(200)에 의해 투과되는 광 빔(10)으로서 전파하는 광학 신호의 일부를 직접 수광할 수 있도록 위치한다(도 1, 도 2a, 도 2b 참조). 기판(102) 상에 장착하기에 적합한 광 수용기라면, 어떤 것이라도 가능하며, PIN 포토다이오드, 애벌런치 포토다이오드(avalanche photodiode: APD), 또는 특허문헌 6,992,276과 7,148,465(본 명세서에서 인용에 의해 원용한다)에 개시된 것과 같은 광 수용기가 이에 속한다. 이와 달리, 투과된 광 빔(10)은 투과 면(204)을 통과해서 기판(102) 상의 도파로(301)로 전파한다(도 2c 및 도 2d 참조).

[0041] 투과 면(204)의 곡선 부분(208)은 렌즈로서 작용하도록 위치 및 배치될 수 있다. 이러한 렌즈는, 렌즈(208)가 없었으면 광 수용기에 의해 수광이 되었을 부분에 대하여, 광학 신호 빔(10)의 대부분이 광 수용기(300)의 활성

영역을 향하도록 작용하거나, 렌즈가 없으면 도파로에 결합되었을 부분에 대하여, 광학 신호 빔(10)의 대부분이 도파로(301)에 결합되도록 작용할 수 있다. 투과 면(204)의 곡선 부분(208) 대신에, 프레넬 렌즈, 굴절률 구배 렌즈, 또는 다른 렌즈 형태의 구성을 포함하는 렌즈가 임의의 다른 적당한 방식으로 구현되거나, 투과 면(204)에서의 변형이 가능하다. 광학 소자(200)의 광학적 성능을 보강하기 위해, 반사 방지 특성을 갖는 광학 코팅이 제2 투과 면(204) 또는 그 일부[렌즈(208)를 포함, 렌즈가 존재하는 경우]에 피복될 수 있다. 바람직하지 않은 광학 신호를 억제할 필요가 있는 경우에는, 어퍼처(aperture)로서 작용하도록, 관통 구멍을 갖는 실질적으로 불투명한 코팅(205)이 제2 투과 면 상에 형성될 수 있다. 이러한 어퍼처(어퍼처를 구비한 경우)는, 렌즈(208)(렌즈를 구비한 경우)의 적어도 일부를 노출시키도록 위치할 수 있다.

[0042] 사용되는 제조 방법에 따라, 광학 소자(200)는 장착 면(206)의 부근 또는 이에 인접하는 돌출 부분(207)을 구비할 수 있다. 이러한 돌출 부분은, 예를 들어 장착 면이 형성된 경우에, 광학 소자가 웨이퍼에 부착되어 있고 웨이퍼로부터 절단이나 클리빙(cleaving)(뒤에 상세하게 설명함)에 의해 나중에 분할될 때에 돌출될 수 있다. 이러한 광학 소자(200)의 돌출 부분(207)이 존재하면, 대응하는 그루브(107)가 기판(102)의 평평한 부분(106)의 부근이나 인접해서 형성됨으로써, 돌출 부분(207)을 수용하고, 기판 표면의 평평한 부분(106)과 장착 면(206) 간의 접촉을 가능하게 한다.

[0043] 도 2a~도 2d에 개략적으로 도시한 바와 같이, 도파로 기판(102) 상에 다른 광 도파로(108)가 형성될 수 있다. 도 2a 및 도 2c에서, 제2 도파로(108)는, 제2 도파로(108)의 단부로부터 방출되는 광학 신호의 일부가 광학 소자(200)의 제1 투과 면(202)으로부터 반사되어, 단부를 통해 제1 광 도파로(104)로 입사되도록 위치한다[즉, 도파로(104, 108)는 제1 투과 면(202)로부터의 반사에 의해 종단 결합된다]. 제2 도파로(108)로부터의 광학 신호를 제1 도파로(104)로 반사하기 위해, 반사성의 광학적 기능 구조가 제1 투과 면(202)에 제공된다. 이러한 반사 구조는 일반적으로 금속성 코팅이나 다층의 절연 코팅 등과 같은 반사성의 광학 코팅에 의해 제공된다. 반사성 코팅은, 다이크로익 광학 코팅인 경우, 즉 제2 파장 범위에서는 반사하고 제1 파장 범위에서는 투과하는 코팅인 경우가 있다. 이러한 구성에서는, 제1 투과 면(202)으로부터의 반사에 의해, 도파로(104)의 단면으로부터 방출되는 광학 신호가 도파로의 종단 결합을 통해 도파로(108)로 향하게 된다(도 2b 및 도 2d 참고).

[0044] 제1 투과 면(202)에 형성된 다이크로익 광학 코팅과, 제2 투과 면(204)에 형성되며, 도 2a 또는 도 2c에 따라 정렬된 렌즈를 구비하는 광학 소자(200)는, 양방향 광학 디바이스, 예를 들어 양방향 트랜시버(bidirectional transceiver)에 사용될 수 있다. 다이크로익 광학 코팅의 투과 파장 범위에서 입력되는 광학 신호(12)는, 도파로(104)를 따라 전파되어, 도파로(104)의 단부로부터 광 빔(10)으로서 방출된다. 입력되는 신호(12)[광 빔(10)으로서 전파됨]는, 다이크로익 광학 코팅에 의해 제1 투과 면(202)을 통해 투과되며, 광학 소자(200)를 통해 전파되어, 제2 투과 면(204) 상의 렌즈(208)를 통해 빠져나간다. 이러한 투과된 광 빔(10)은 투과된 광 빔 중에서 광 수용기 또는 도파로에 의해 수광되는 부분을 증대시킬 수 있다. 예를 들어, 레이저나 다른 광학 소스로부터 다이크로익 광학 코팅의 반사된 파장 범위에서 출력되는 광학 신호(14)는 제2 광 도파로(108)를 따라 전파되고, 도파로(108)의 단부로부터 광 빔으로서 방출된다. 이 출력되는 신호(14)는 다이크로익 광학 코팅에 의해 제1 투과 면(202)으로부터 반사되며, 도파로(104)의 단부로 입사하고, 도파로(104)를 따라 전파된다. 도 2c의 구성에서는, 신호(12, 14)의 방향[입력 및 출력되는 신호로서의 이들 각각의 기능]이 반대로 된다.

[0045] 제1 투과 면(202)에 형성된 다이크로익 광학 코팅과, 제2 투과 면(204)에 형성되며, 도 2b 또는 도 2d에 따라 정렬된 렌즈를 구비하는 광학 소자(200)는 디멀티플렉서(demultiplexer)로서 사용될 수 있다. 파장 분할 다중화 광학 신호 부분(16a, 16b)을 포함하는 다채널의 입력 광 신호(16)는, 도파로(104)를 따라 전파되어, 도파로(104)의 단부로부터 광 빔(10)으로서 방출된다. 제1 광학 신호 부분(16a)(다이크로익 광학 코팅의 투과 파장 범위)은 광 빔(10)으로서 전파되고, 다이크로익 광학 코팅에 의해 제1 투과 면(202)을 통해 투과되어, 광학 소자(200)를 통해 전파되고, 제2 투과 면(204) 상의 렌즈(208)를 통해 빠져나간다. 제1 광학 신호 부분(16a)[광 빔(10)으로서 투과됨]은, 광 수용기(300) 또는 도파로(301)에 의해 직접 수광되며, 렌즈(208)는 투과된 광 빔 중에서, 광 수용기 또는 도파로에 의해 수광되는 부분을 증대시킬 수 있다. 제2 광학 신호 부분(16B)[다이크로익 광학 코팅의 반사 파장 범위]는, 도파로(104)의 단면으로부터 광 빔으로서 방출되고, 다이크로익 광학 코팅에 의해 제1 투과 면(202)으로부터 반사되며, 도파로(108)의 단면으로 입사하여, 도파로(108)를 따라 전파된다. 도 2d의 구성에서는, 신호(16a, 16b)의 방향이 반대로 될 수 있는데, 결국 멀티플렉서로서의 기능을 하는 구성이 된다.

[0046] 투과 면(202, 204) 중 하나 또는 모두 면에는, 광 빔을 투과하기 위한 구멍을 가진 실질적으로 불투명한(opaque) 층이나 코팅이 제공될 수 있다. 이러한 불투명한 코팅의 구멍은, 투과 면을 빠져나가는 스트레이 광(stray light)의 광량을 감소시킴으로써, 어퍼처 또는 순수한 공간 필터로서 기능할 수 있다. 예를 들어, 앞서

설명한 바와 같은 양방향 디바이스에서, 출력되는 광학 신호의 표면(202)으로부터 반사되는 부분은, 반사 코팅을 통해 누설되어 광학 소자(200)로 들어갈 수 있다. 이러한 누설 신호는 입력되는 신호가 검출되는 바람직하지 않은 잡음 신호가 된다. 구멍이나 어퍼처가 적절하게 형성된, 기판(204) 상의 실질적으로 불투명한 코팅(205)은, 기판(204)을 통하는 입력 광학 신호의 투과를 선택적으로 허용할 수 있으며, 누설 신호의 적어도 일부분을 차단할 수 있다. 표면(204) 상에 렌즈(208)를 포함하는 광학 소자(200)에서, 불투명한 코팅(205)의 구멍은, 렌즈(208)의 적어도 일부분이 불투명 코팅을 통해 구멍에 의해 노출되도록 위치한다. 적당한 코팅에는, 다양한 반사성, 산란성 또는 흡수성의 금속이나 절연 코팅 등이 포함되며, 임의의 적절한 코팅 재료나 형태를 사용할 수 있다. 흡수성의 코팅을 사용하는 경우에는, 반사 또는 산란을 억제하도록 구성될 수도 있다. 적절한 흡수성 및 반사 억제 특성을 갖는 코팅의 예는, 미국특허 공개번호 US 2006/0251849 A1에 개시되어 있으며, 이 특허문헌의 내용을 본 명세서에 인용에 의해 원용한다. 이들 예는 통상적으로, 입사하는 광학 신호의 반사와 흡수를 억제하도록 배치된 금속층 및 절연층을 구비한다.

[0047] 광학 소자(200)를 기판(102)상에 적절하게 위치시키기 위하여, 광학 소자에 하나 이상의 정렬 마크(alignment mark)가 제공될 수 있다. 정렬 마크는 통상적으로 광학 소자(200)의 위에 하나 또는 두 개의 투과 면(202 또는 204)에 대해 상대적으로 또는 렌즈(208)나 투과 면들 중 하나의 면 상의 구성에 상대적으로 위치한다. 이러한 정렬 마크는 통상적으로 광학 디바이스를 조립하는 동안 기판(102)상의 대응 마크 또는 구성과 함께 눈으로 볼 수 있게(직접, 또는 기계의 도움으로) 정렬된다. 적당한 정렬 마크의 예는, 광학 소자(200) 상의 금속층의 노출된 에지(210)이다. 이러한 금속층은 광학 소자를 제조하는 과정 중[또는, 더 일반적으로 말하면, 단일의 기판 웨이퍼 상에 다수의 광학 소자(200)를 동시에 제조하는 과정]에 증착될 수 있으며, 이 금속층의 에지는, 예컨대 웨이퍼로부터 개별의 광학 소자를 분리["싱귤레이션"(singulation)이라고도 함]하는 등의 제조 과정 중에 나중에 노출될 수 있다. 통상적인 공간-선택적 재료 처리 과정(예컨대, 에칭 또는 리소그래피)에 의해, 형성된 정렬 마크는 투과 면 및 정렬 면과 유사한 정도의 정확도와 정밀도로 위치가 정해진다.

[0048] 정렬 마크 대신에 또는 정렬 마크에 추가로, 기계적인 정렬 구조체가 광학 소자(200)에 형성될 수 있으며, 기판 표면상의 대응하는 정렬 구조체에 체결되도록 배치될 수 있다. 예를 들어, 정렬 에지, 리지, 표면 또는 다른 구조체가 광학 소자 상에 형성될 수 있으며, 기판(102)상에 형성된 대응하는 정렬 에지, 리지, 표면 또는 다른 구조체에 맞닿도록 위치될 수 있다.

[0049] 광학 소자(200)는 임의의 바람직한 파장 범위에서 충분히 투명한 임의의 재료로 제조될 수 있다. 광학 전기통신 응용기기에서, 가시광선에서 근적외선(최대 대략 1.7㎛) 범위의 파장이 일반적으로 사용된다. 적절한 재료에는, 절연 재료 또는 반도체 재료 등이 포함될 수 있다. 사용되는 재료는 비정질 또는 결정체(crystalline)로 해도 된다. 결정체를 사용하는 경우에, 투과 면(202, 204)이나 장착 면(206)이 결정질 재료의 각각의 결정 평면에 대하여 실질적으로 평행하도록 광학 소자(200)를 제조하는 것이 바람직하다. 일부의 경우에는, 클리빙 또는 이방성 습식 에칭을 사용하여 표면을 형성할 수 있다. 결정 평면을 사용하면, 광학 소자의 투과 면과 장착 면의 상대적인 배향의 정확도 또는 정밀도를 높일 수 있다.

[0050] 광학 소자(200)를 형성하기 위해 임의의 적절한 제조 기술이 사용될 수 있다. 공통의 웨이퍼 상에, 에칭이나 리소그래피 등의 공간 선택적 재료 처리 기술을 사용해서 많은 광학 소자를 동시에 제조하는 것이 바람직할 수 있다.

[0051] 다수의 광학 소자를 형성하기 위한 방법의 예를 도 3 내지 도 10에 개략적으로 나타낸다. 웨이퍼(400)는 통상적으로 결정질의 반도체 재료의 결정 평면에 평행한 제1 및 제2 면(400a, 400b)을 갖는 단결정 반도체 웨이퍼를 포함한다. "제1"과 "제2"라는 기재는, 설명의 편의를 위한 것으로서, 명시적으로 나타내지 않는 한, 반드시 기능적으로 중요도가 다르다는 것을 의미하는 것은 아니다. 본 방법은, (i)다수의 정렬 구조를 형성하기 위해 웨이퍼의 제1 면을 공간-선택적으로 처리하는 과정; (ii)다수의 렌즈와 다수의 장착 면을 형성하기 위해 웨이퍼의 제2 면을 공간-선택적으로 처리하는 과정; (iii)제1 웨이퍼 면 상에 광학 코팅을 형성하는 과정; (iv)웨이퍼를 개별의 광학 소자로 분할(즉, 싱귤레이트)하는 과정을 포함한다(이 순서로 한정되는 것은 아니다). 각 단계의 구체적인 예에 대하여 설명한다. 이러한 제조 과정에서, 광학 코팅과 정렬 마크는 웨이퍼의 제1 측에 형성되고, 렌즈와 장착 면은 웨이퍼의 제2 측에 형성된다. 웨이퍼 면은 최종적으로 형성된 광학 소자의 투과 면에 대응하며, 광학 소자의 길이(각 투과 면 간의 거리)는 웨이퍼 두께(처리 과정에 따라 감소될 수 있음)와 대략 동일한데, 실리콘 웨이퍼의 경우에는, 통상적으로 수백 마이크로미터(㎛)이다. 임의의 적절한 웨이퍼 재료 또는 두께를 필요에 따라 사용할 수 있다.

[0052] 도 3[제1 웨이퍼 면(400a)의 평면도]은 웨이퍼(400)의 제1 면(400a)상에 에칭된 다수의 리세스 영역(414)의 위

치를 개략적으로 나타낸다. 리세스 영역은 통상적으로 마스크 에칭 프로세스에 의해 형성되지만, 임의의 적절한 공간-선택적 재료 처리 기술에 의해 형성될 수도 있다. 에칭된 리세스 영역(414)의 바닥면 또는 측면(즉, 에지)에 의해, 정렬 구조[본 실시예에서는 정렬 마크이지만, 정렬 에지, 표면 또는 다른 구조를 사용해도 된다]의 최종 위치가 정해진다. 웨이퍼(400)의 제1 면(400a)상에는 다수의 트랜치(422)가 에칭에 의해 형성되며, 각 트랜치는 대응하는 광학 소자의 제1 투과 면이 되는 영역을 둘러싼다. 도 4와 도 5[웨이퍼(400)의 평면도와 단면도]는 리세스 영역(414)의 바닥과 에지를 피복하기 위해 웨이퍼 면(400a)상에 공간-선택적으로 증착된 금속 코팅(412)을 개략적으로 나타낸다. 금속층(412)은 웨이퍼 면(400a)상에 증착, 성장 또는 형성된 산화층 또는 절연층(411)이나 반도체 상에 직접 증착될 수 있다. 금속층(412)이나 다른 후속하는 층은, 개재되는 절연층의 유무에 관계없이, 웨이퍼 면(400a) 상에 계속 유지될 것이다. 금속층(412)의 공간-선택적인 증착은, 금속층의 마스크 처리 증착에 의해, 또는 비선택적인 증착(non-selective deposition) 이후의 금속층의 공간-선택적인 제거[예컨대, "리프트-오프"(lift-off) 프로세스를 통해]에 의해 실현될 수 있다. 금속층(412)의 에지는 후속하는 제조 단계에서 노출되며, 노출된 에지는 에칭 처리된 함몰부(414)의 바닥 또는 에지에 의해 정해지는 위치를 갖는 가시(visible)의 정렬 마크를 포함한다.

[0053] 제1 웨이퍼 면(400a)상에는 임의의 적절한 방식으로 광학적 기능이 제공될 수 있으며, 앞서 설명한 것들에 제한되지 않는다. 도 6은 트랜치(422)의 바닥과 에지를 포함하는, 웨이퍼 면(400a)상에 증착된 광학 코팅(424)을 개략적으로 나타낸다. 증착된 광학 코팅은, 필요에 따라, 원하는 대로, 또는 적절한 타입이 될 수 있으며, 반사 방지 코팅, 고반사 또는 부분 반사 특성의 코팅, 다이크로익 광학 코팅, 또는 공간-선택적인 필터 코팅 등이 해당될 수 있으며, 이에 한정되지 않는다. 트랜치(422)의 바닥에 통상적으로 형성되는, 증착 코팅에서의 심(seam)은, 웨이퍼가 개별의 광학 소자로 분할[톱 절단, 클리빙, 그외 다른 적절한 수단에 의해, 이하 다시 설명함]될 때에 통상적으로 생기는 코팅의 균열(fracture)을 방지하는 기능을 한다. 코팅을 통해 전파되는 부분은 통상적으로 트랜치(422) 내의 심에서 종단하는데, 코팅(424)의 대응하는 트랜치(422)에 의해 둘러싸인 부분의 코팅에는 영향을 미치지 않는다.

[0054] 광학 소자를 분할할 때에 광학 코팅에 균열이 생기는 것을 방지하기 위해, 웨이퍼(600)의 표면(600a)의 연속하지 않는 부분이 웨이퍼 면(600a)의 나머지 부분으로부터, 둘러싸인 투과 영역(624)[완성된 광학 소자를 통해 광학 신호를 전달]을 분리하는 임의의 적절한 구조가 사용될 수 있다[도 21의 (a)~(f) 참조]. 도 21의 (a) 및 (b)에서, 트랜치(622)는 광학 신호를 전송하기 위한 영역(624)을 둘러싸며, 웨이퍼 면(600a)의 나머지 부분으로부터 영역(624)을 분리한다[도 3 내지 도 20에 도시된 구조와 유사함]. 도 21의 (c) 및 (d)에서, 영역(624)은 주위의 웨이퍼 영역(600a)으로부터 돌출된 판 구조(plateau)를 포함한다. 도 21의 (e) 및 (f)에서, 영역(624)은 주위의 웨이퍼 영역(600a)에 비해 함몰되어 있다. 상기 실시예들에서, 트랜치 내에 또는 평판 구조나 함몰된 영역의 에지에 보이는 심(seam)은, 광학 소자를 분할할 때에 발상될 수 있는 증착 광학 코팅에서의 크랙이 퍼지는 것을 억제한다. 그러나, 이러한 기능이 없는 광학 소자[즉, 광학 신호를 전달하기 위한 영역은 주위의 웨이퍼 면과 연속되어 있음]도, 본 발명의 범위에 포함될 것이다.

[0055] 도 7[제2 웨이퍼 면(400b)을 나타냄]과 도 8[웨이퍼 단면]은, 웨이퍼(400)의 제2 면(400b)을 처리함으로써, 다수의 장착 면(406)과 다수의 렌즈(408)의 형성하는 것을 개략적으로 나타낸다. 장착 면(406)과 렌즈(408)는 에칭된 트랜치(422)(이것을 포함하는 구성에서)와 에칭된 함몰부(414)(이것을 포함하는 구성에서)에 대해 상대적으로 적절하게 위치된다. 장착 면(406)은 웨이퍼 면(400b)에 트랜치나 함몰부를 형성하기 위한 임의의 적절한 공간-선택적인 재료 처리 기술에 의해 형성될 수 있으며, 통상적으로 이러한 트랜치나 함몰부의 실질적으로 평평한 측벽을 포함한다. 예를 들어, 최종의 장착 면(406)이 웨이퍼(400)의 결정 평면에 대해 평행하도록, 마스크 처리의 이방성 습식 에칭 프로세스가 사용될 수 있다. 다른 예에서는, 기판 면(400b)에 대해 바람직한 각도로 장착 면(406)을 형성하기 위해, 임의의 적절한 타입의 빔 에칭(예컨대, 이온 빔 에칭)이 사용될 수 있다. 장착 면(406)은 기판 면(400b)에 대해 실질적으로 수직 방향을 이루지만[이에 따라, 투과 면이 최종의 광학 소자의 장착 면과 실질적으로 수직을 이룬다], 다른 상대적인 방향이 필요한 경우에는 반드시 수직을 이룰 필요는 없다. 렌즈(408)를 형성하는 제2 웨이퍼 면(404b)의 곡선 부분은, 다음과 같은 임의의 적절한 프로세스에 의해 형성될 수 있다. 이러한 프로세스에는, 제2 웨이퍼 면(400b)에 대한 공간-선택적인 증착 및 후속하는 재료의 리플로우(reflow); 리플로우와 함께 또는 리플로우 없이, 그레이스케일 리소그래픽 프로세스; 리플로우와 함께 또는 리플로우 없이, 다단계 또는 다중 레벨의 리소그래픽 에칭 프로세스; 또는 등방성 에칭 또는 다른 평활화 프로세스에 이은 평판 구조를 형성하기 위한 에칭 단계가 포함되며, 이러한 예에 한정되지 않는다. 일례로서, 렌즈 형태를 형성하기 위해, 증착된 포토 레지스트의 둘러싸인 외접 지점이 리플로우 처리될 수 있다. 웨이퍼의 해당 영역의 후속하는 건식 에칭(dry etching)은, 에칭된 웨이퍼 면에, 리플로우 처리된 포토 레지스트의 표면 프로파일을 전사(transfer)한다. 임의의 다른 적절한 프로세스를 채택해도 된다. 렌즈(408)는 제2 기판 면

(400b)의 플러시(flush) 부분, 함몰 부분 또는 돌출 부분 상에 형성될 수 있다. 웨이퍼 면 상의 함몰부 내에 볼록 렌즈 면을 형성하게 되면(도 15 참고), 웨이퍼 또는 최종 광학 소자의 후속하는 처리 또는 취급을 행하는 동안에 렌즈 면을 보호할 수 있다.

[0056] 금속 코팅이나 다른 실질적으로 불투명한 코팅(430)(상기에 언급했음)은, 제2 기판 면(400b)상에 증착될 수 있다(도 9 참고). 이 불투명한 코팅(430)에는, 렌즈(408)를 적어도 부분적으로 노출시키는 구멍이 형성된다. 이 구멍은, 불투명한 코팅(430)을 증착하기 전에 렌즈를 공간-선택적으로 마스킹하거나, 증착 이후에 렌즈(408)로부터 불투명한 코팅(430)의 일부를 공간-선택적인 제거에 의해 형성될 수 있다. 불투명한 코팅(430)은, 앞서 설명한 바와 같이, 최종의 광학 소자를 통해 투과되는 스트레이 광의 광량을 감소시키는 기능을 실현할 수 있다. 금속성의 불투명한 코팅을 채택하는 경우에는, 예를 들어 금속 부재를 도파로 기판상에 용접하거나 고정시켜, 광학 소자를 도파로 기판상에 용이하게 장착하기 위해, 이러한 코팅을 장착 면(406)까지 연장시킬 수 있다. 일례로서, 불투명한 코팅(430)은 실리콘층을 포함할 수 있는데, 실리콘층은, 흡수 및 반사 억제를 위해 배치된 티타늄 또는 크롬층[앞서 언급한 미국특허 공개번호 US2006/0251849 A1에 개시되어 있음]과, 광학 소자의 도파로 기판에의 용접을 용이하게 하기 위해 그 위에 증착되는 금으로 된 층을 포함한다. 불투명한 코팅은, 표면(400b, 406) 전체적으로 실질적으로 균일할 수 있으며, 이들 표면 중에서 또는 다른 영역에서는 다를 수도 있다. 예를 들어, 실질적으로 동일한 증착 프로세스는 표면(400b, 406)상에 실질적으로 균일한 층을 만들 수 있다. 이에 대하여, 방향성 증착 프로세스에서는, 코팅의 두께나 형태가 표면(400b, 406)에서 상이할 수 있다. 방향성 프로세스를 채택하고 경사진 기판 쪽으로 방향이 설정되면, 웨이퍼의 일부 영역에 차양(shade)이 생겨서 코팅이 이루어지지 않게 된다[예컨대, 표면(406)의 반대쪽 트랜치의 벽]. 불투명한 코팅(430)에서의 이러한 변형 예는 모두 본 발명의 범위에 속하게 될 것이다.

[0057] 제1 및 제2 웨이퍼 면을 처리한 후에, 웨이퍼(400)를 개별의 광학 소자(401)로 분할한다. 이들 각각의 광학 소자는 코팅 처리된 투과 면 영역(424), 장착 면(406), 렌즈(408), 및 정렬 마크(410)를 포함한다[도 11의 (a)~(d) 참고]. 각각의 광학 소자(401)는, 웨이퍼를 클리빙하거나 웨이퍼를 절단(톱, 레이저, 그외 다른 절단 도구를 사용해서)하는 등의 임의의 적절한 방법에 의해 분리(즉, 싱귤레이트)될 수 있다. 함몰 영역(414)은, 하나의 광학 소자를 다른 광학 소자와 분리하는 커트(490)(또는 분열 평면)를 양분해서, 이전에 증착한 금속층(412)의 에지를 노출시키도록 배치된다. 노출된 에지는 도파로 기판이나 다른 기판 면상에 광학 소자를 적절히 배치하기 위한 정렬 마크(410)를 광학 소자(401) 상에 형성한다. 각각의 광학 소자를 분리시키기 위해 어떤 과정을 채택하든 간에, 돌출 부분이나 리지(ridge)(407)가 장착 면(406)에 인접해서 남게 될 것이다. 리지(407)가 있으면, 평평한 장착 면, 예를 들어 도파로 기판상에 광학 소자(401)를 적절하게 배치하는 것에 방해가 될 것이다. 리지(407)를 수용하고, 실질적으로 평평한 기판과 장착 면(406)의 적절한 체결을 허용하기 위해, 평평한 장착 부분에 인접하는 도파로 기판상에, 그루브, 슬롯 또는 포켓을 형성하는 것이 통상적이다.

[0058] 광학 소자(501)의 다른 실시예가 도 12a와 도 12b에 도시되어 있으며, 이러한 다수의 광학 소자를 형성하기 위한 방법의 예가 도 13 내지 도 19에 개략적으로 도시되어 있다. 도 12a와 도 12b의 구성은 도 2a(양방향) 및 도 2b(디멀티플렉서)의 구성과 유사하며, 광 수용기(300)를 포함한다. 추가의 도파로(도시하지 않음)를 포함하는 도 2c 및 도 2d와 유사한 구성을 실현할 수 있다. 웨이퍼(500)는 통상적으로 결정질 반도체 재료의 결정 평면에 평행하고 서로 평행한 제1 및 제2 면(500a, 500b)을 갖는 단결정의 반도체 웨이퍼를 포함한다. "제1"과 "제2"라는 표시는, 설명의 편의를 위한 것으로서, 명시적으로 나타내지 않는 한, 반드시 기능적으로 중요도를 갖는 것을 의미하는 것은 아니다. 본 방법은, (i)다수의 정렬 구조와 다수의 렌즈를 형성하기 위해 웨이퍼의 제1 면을 공간-선택적으로 처리하는 과정; (ii)다수의 장착 면을 형성하기 위해 웨이퍼의 제1 면을 공간-선택적으로 처리하는 과정; (iii)제2 웨이퍼 면 상에 광학 코팅을 형성하는 과정; (iv)웨이퍼를 개별의 광학 소자로 분할하는 과정을 포함한다(다만, 이 순서로 한정되는 것은 아니다). 이러한 제조 과정의 예에서, 렌즈, 정렬 마크, 및 장착 면은, 웨이퍼의 제1 면 상에 형성되며, 웨이퍼의 제2 면 상에는 광학 코팅이 형성된다. 웨이퍼 면은 최종적으로 형성된 광학 소자의 투과 면에 대응하고, 광학 소자의 길이(각 투과 면 간의 거리)는 웨이퍼 두께(처리 과정에 따라 감소될 수 있음)와 대략 동일한데, 실리콘 웨이퍼의 경우에는, 통상적으로 수백 마이크로미터(㎛)이다. 임의의 적절한 웨이퍼 재료 또는 두께를 필요에 따라 사용할 수 있다.

[0059] 도 13[웨이퍼 면(500a)의 평면도]은 웨이퍼(500)의 표면(500a)상에 에칭된 다수의 함몰 영역(514)의 위치와, 웨이퍼(500)의 표면(500a)상에 형성된 다수의 렌즈(508)의 위치를 개략적으로 나타낸다. 함몰 영역(514)은 통상적으로 마스크 에칭 처리에 의해 형성되지만, 임의의 적절한 공간-선택적 재료 처리 기술에 의해 형성될 수도 있다. 에칭 처리된 함몰 영역(514)의 바닥면 또는 측면(즉, 에지)은, 정렬 구조[본 실시예에서에서는 정렬 에지, 이와 달리, 정렬 마크나 표면 또는 다른 구조를 채택해도 된다]의 최종 위치를 이룬다. 렌즈(508)는 앞서 설명

한 프로세스를 포함해서 임의의 적당한 프로세스에 의해 형성될 수 있다.

[0060] 도 14[제2 웨이퍼 면(500b)의 도면]와 도 15[웨이퍼의 단면]는, 트랜치(522)에 의해 둘러싸이고 광학 코팅(524)에 의해 코팅된 다수의 영역의 형성을 개략적으로 나타낸다(임의의 바람직하거나 적당한 타입이 가능). 트랜치(522)는 반대 방향의 웨이퍼 면(500a)상에 형성된 렌즈(508)와 영역(514)에 대해 상대적으로 적절하게 배치된다. 광학 코팅(524)은 웨이퍼 면(500b)상에 바람직한 광학적 기능(예를 들어, 반사 특성, 반사 방지 특성, 분광-선택성, 또는 다이크로익)을 제공하기 위한 임의의 적절한 타입이 될 수 있다. 트랜치(522)는 앞서 설명한 바와 같이, 코팅(524)의 균열을 방지하며, 도 21의 (a)~(f)의 다른 구성을 사용해도 된다. 도 16과 도 17에서, 트랜치는 렌즈(508)와 함몰 영역(514)에 대해 적절하게 배치된, 장착 면(506)을 형성하기 위해 표면(500a)상에 형성[앞서 언급한 바와 같이, 건식 에칭, 습식 에칭 또는 다른 적절한 공간-선택적 재료 처리에 의해]된다. 예를 들어, 최종의 장착 면(506)이 웨이퍼(500)의 결정 평면에 대해 평행하도록, 마스크 처리의 이방성 습식 에칭 프로세스가 사용될 수 있다. 다른 예에서는, 기판 면(500a)에 대해 바람직한 각도로 장착 면(506)을 형성하기 위해, 임의의 적절한 타입의 빔 에칭(예컨대, 이온 빔 에칭)이 사용될 수 있다. 장착 면(506)은 기판 면(500a)에 대해 실질적으로 수직 방향을 이루지만[이에 따라, 투과 면이 최종의 광학 소자의 장착 면과 실질적으로 수직을 이룬다], 다른 상대적인 방향이 필요한 경우에는 반드시 수직을 이룰 필요는 없다.

[0061] 도 18[웨이퍼(500)의 단면]은, 함몰 영역(514)과 장착 면(506)의 바닥과 에지를 피복하는, 웨이퍼 면(500a)상에 공간-선택적으로 증착된 실질적으로 불투명한 코팅(530)을 개략적으로 나타낸다. 이 코팅(530)은 반도체 상에 직접 증착되거나, 웨이퍼 면(500a)상에 증착, 성장 또는 형성된 산화층 또는 절연층 상에 형성될 수 있으며, 앞서 설명한 바와 같은 임의의 적절한 코팅을 포함할 수 있다. 앞서 설명한 바와 같이, 렌즈(508)가 적어도 부분적으로 노출되도록, 코팅(530)에 구멍이 형성된다. 코팅(530)은, 앞서 설명한 바와 같이, 최종의 공학 소자를 통해 투과되는 스트레이 광의 광량을 감소시키는 기능을 할 수 있다.

[0062] 예를 들어, 금속 부재나 코팅을 도파로 기판상에 용접하거나 고정시켜, 광학 소자를 도파로 기판상에 용이하게 장착하기 위해, 이러한 코팅을 장착 면(506)까지 연장시킬 수 있다. 금속층(530)의 에지는, 에칭 처리된 함몰부(514)의 바닥이나 에지에 의해 정해지는 위치를 갖는 가시의 정렬 마크(510)를 포함한다.

[0063] 제1 및 제2 웨이퍼 면을 처리한 후에, 웨이퍼(500)를 개별의 광학 소자(501)로 분할[즉, 싱귤레이트; 예를 들어, 도 19에 나타낸 바와 같이, 톱 절단에 의해]된다. 각각의 광학 소자는 투과 면 영역(524), 장착 면(506), 렌즈(508), 및 정렬 마크(510)를 포함한다[도 20의 (a)~(d) 참고]. 각각의 광학 소자(501)는 웨이퍼의 클리빙 또는 절단(톱, 레이저, 그외 다른 절단 도구를 사용해서) 등을 포함하는 임의의 적절한 방법에 의해 분리될 수 있다. 함몰 영역(514)은 하나의 광학 소자를 다른 광학 소자와 분리하는 커트(590)(또는 분열 평면)를 양분해서, 이전에 증착한 금속층(530)의 에지를 노출시키도록 배치된다. 노출된 에지는 도파로 기판이나 다른 기판 면상에 광학 소자를 적절히 배치하기 위한 정렬 에지(510)를 광학 소자(501) 상에 형성한다. 앞서 언급한 바와 같이, 각각의 광학 소자를 분리시키기 위해 어떤 과정을 채택하든 간에, 돌출 부분이나 리지(507)가 장착 면(506)에 인접해서 남게 될 것이다. 리지(507)가 있으면, 평평한 장착 면, 예를 들어 도파로 기판상에 광학 소자(501)를 적절하게 배치하는 것에 방해가 될 것이다. 리지(507)를 수용하고, 실질적으로 평평한 기판과 장착 면(506)의 적절한 체결을 허용하기 위해, 평평한 장착 부분에 인접하는 도파로 기판상에, 그루브, 슬롯 또는 포켓을 형성하는 것이 통상적이다.

[0064] 도 3 내지 도 10 또는 도 13 내지 도 19의 처리 과정에 의해 형성되는 각각의 실시예는, 코팅 면(424/524) 또는 렌즈(408/508)에 대한 정렬 구조(410 또는 510)의 배치가 상이하다. 정렬 구조(410)는 광학 코팅(424)을 가진 투과 면과 동일한 광학 소자(401)의 면 상에, 그리고 장착 면(406)과 렌즈(408)로부터 광학 소자(410)의 반대 측 상에 위치한다. 정렬 구조(506)는 장착 면(506) 및 렌즈(508)와 동일한 광학 소자(501)의 면 상에, 그리고 광학 코팅(524)을 가진 투과 면으로부터 광학 소자(510)의 반대 측 상에 위치한다. 이들 구성들은, 소정의 상황에서, 제조의 용이성이나 비용, 최종 광학 소자에서의 정렬 구조의 가시성, 코팅 면에 대한 렌즈의 도파로 기판상에의 배치와 관련된 허용 요건 등과 같은 다양한 요인에 의해 정해질 수 있는 것이 바람직하다. 웨이퍼의 동일 면상에 형성된 구조의 상대적인 배치는 명확히 정해지지 않은 웨이퍼의 두께에 의존하지 않는다. 이용가능하거나, 실용적이거나, 충분히 용이하게 또는 경제적으로 제조된다면(다른 요인은 동일함), 도파로에 대한 코팅 면의 배치가 상대적으로 좁은 범위의 허용도를 갖는 경우에는, 광학 소자(410)를 배치하는 것이 바람직할 것이다. 도파로에 대한 렌즈의 배치가 상대적으로 좁은 범위의 허용도를 갖는 경우에는(다른 요인은 동일함), 광학 소자(510)의 배치가 바람직할 것이다.

[0065] 도 3 내지 도 10 또는 도 13 내지 도 19의 처리 과정에서의 구체적인 단계 순서는 변경이 가능하며, 상이한 순

서로 수행되는 이들 단계를 갖는 처리 과정도, 본 발명의 범위에 포함된다.

[0066] 이들 실시예(도 3 내지 도 10 또는 도 13 내지 도 19)는 모두, 단일의 처리 과정 중에, 단일의 웨이퍼 상에 다수의 광학 소자를 동시에 웨이퍼 스케일의 제조가 가능하다. 웨이퍼와 최종의 광학 소자의 상대적인 사이즈에 따라, 수백, 수천, 수만의 광학 소자가 동시에 제조될 수 있다. 다수의 광학 소자의 웨이퍼 스케일의 코팅에 의해, 스케일의 중요한 경제성이 실현될 수 있다. 웨이퍼 스케일 검사 또는 특징이, 웨이퍼의 분리 이전에(예컨대, 도 9와 도 10 사이, 또는 도 18과 도 19 사이), 광학 소자에 대해 이루어질 수 있다.

[0067] 개시한 실시예와 방법의 등가 범위는 모두 본 발명의 범위에 포함된다. 개시한 실시예와 방법 및 그 등가의 범위는 모두 본 발명의 범위 내에서 변형이 가능하다.

[0068] 본 개시 내용 및 첨부된 청구항에서, 다음의 경우가 아닌 한 접속사 "또는(...이나)"은 포괄적으로 해석되어야 한다(예컨대, "개 또는 고양이"는 "개, 또는 고양이, 또는 둘 다"로 해석되고; 예컨대, "개, 고양이, 또는 쥐"는 "개, 또는 고양이, 또는 쥐, 또는 이들 중 둘, 또는 이들 셋 모두"로 해석된다): (i) 예컨대 "... 중 어느 하나(either ... or)", "...중 하나만(only one of...)" 또는 유사한 표현을 사용하여 명시적 기재되어 있지 않은 경우; 또는 (ii) 열거된 대안 중의 둘 이상이 특정한 문맥 내에서 서로 양립할 수 없는 경우, 이 경우에는 서로 양립할 수 없는 대안이 아닌 것(non-mutually-exclusive alternative)들을 포함하는 조합만을 포함할 것이다. 본 개시 내용 및 첨부된 청구항에서, 단어 "포함하는"과 "가지는"은 각각의 문장 뒤에 구 "적어도(at least)"가 부가되어 있는 경우와 동일한 의미를 가지는 개방형 용어(open ended terminology)로서 해석되어야 한다. 개시된 예시적인 실시예의 등가물 및 방법은 본 개시내용 및/또는 첨부된 청구항의 범위 내에 포함된다. 개신시 예시적인 실시예 및 방법, 그리고 그 등가물은 본 개시내용 및/또는 첨부된 청구항의 범위 내에서 변경될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 광 도파로와 광 부품 및 이들 사이에 광학 소자가 배치된 구조를 개략적으로 나타내는 측면도이다.

[0012] 도 2a 및 도 2b는 광 도파로와 광 부품 및 이들 사이에 광학 소자가 배치된 구조를 개략적으로 나타낸 평면도이다.

[0013] 도 2c 및 도 2d는 광 도파로 및 광 도파로들 사이에 광학 소자가 배치된 구조를 개략적으로 나타내는 평면도이다.

[0014] 도 3은 단일의 기판 웨이퍼로부터 다수의 광학 소자를 제조하는 과정을 개략적으로 나타내는 평면도이다.

[0015] 도 4는 기판으로부터 광학 소자의 제조를 개략적으로 나타내는 평면도이다.

[0016] 도 5는 기판으로부터 광학 소자의 제조를 개략적으로 나타내는 단면도이다.

[0017] 도 6은 기판으로부터 광학 소자의 제조를 개략적으로 나타내는 단면도이다.

[0018] 도 7은 기판으로부터 광학 소자의 제조를 개략적으로 나타내는 후방 단면도이다.

[0019] 도 8은 기판으로부터 광학 소자의 제조를 개략적으로 나타내는 단면도이다.

[0020] 도 9는 기판으로부터 광학 소자의 제조를 개략적으로 나타내는 단면도이다.

[0021] 도 10은 단일의 기판 웨이퍼로부터 다수의 광학 소자의 제조를 개략적으로 나타내는 상면도이다.

[0022] 도 11의 (a)~(d)는 각각 광학 소자의 정면, 측면, 후면, 및 저면을 개략적으로 나타낸다.

[0023] 도 12a 및 도 12b는 광 도파로와 광 부품 및 이들 사이에 광학 소자가 배치된 구성을 개략적으로 나타내는 상면도이다.

[0024] 도 13은 단일의 기판 웨이퍼로부터 다수의 광학 소자의 제조를 개략적으로 나타내는 평면도이다.

[0025] 도 14는 기판으로부터 광학 소자의 제조를 개략적으로 나타내는 후면도이다.

[0026] 도 15는 기판으로부터 광학 소자의 제조를 개략적으로 나타내는 단면도이다.

[0027] 도 16은 기판으로부터 광학 소자의 제조를 개략적으로 나타내는 평면도이다.

[0028] 도 17은 기판으로부터 광학 소자의 제조를 개략적으로 나타내는 단면도이다.

[0029] 도 18은 기판으로부터 광학 소자의 제조를 개략적으로 나타내는 단면도이다.

[0030] 도 19는 단일의 기판 웨이퍼로부터 광학 소자의 제조를 개략적으로 나타내는 상면도이다.

[0031] 도 20은 기판으로부터 광학 소자의 제조를 개략적으로 나타내는 단면도이다.

[0032] 도 20의 (a)~(d)는 각각 광학 소자의 정면도, 측면도, 후면도 및 저면도이다.

[0033] 도 21의 (a) 및 (b)는 기판으로부터 광학 소자의 제조를 나타내는 평면도 및 단면도이다.

[0034] 도 21의 (c) 및 (d)는 기판으로부터 광학 소자의 제조를 나타내는 평면도 및 단면도이다.

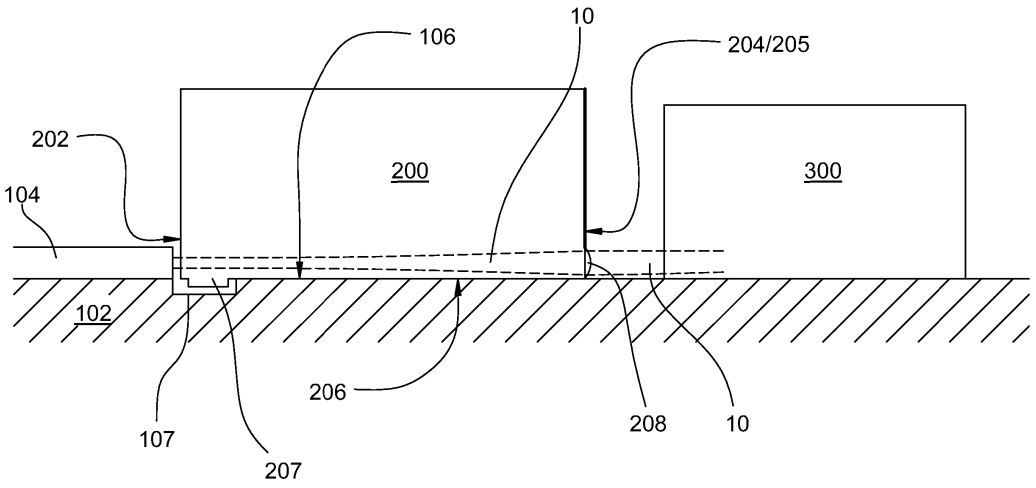
[0035] 도 21의 (e) 및 (f)는 기판으로부터 광학 소자의 제조를 나타내는 평면도 및 단면도이다.

[0036] 도면에 나타낸 다양한 구조의 상대적인 특징은 본 발명을 더 명확하게 나타내기 위해 왜곡되어 있을 수 있다. 다양한 광학 디바이스, 광 도파로, 광 섬유, 광 부품, 광학 모드, 정렬 또는 지지 부재, 그루브 등과 이들의 일부의 상대적인 치수는, 자신들의 상대적인 특성에 따라 왜곡되어 있을 수 있다. 도면에서, 광학 소자의 횡단 치수는 길이 방향의 치수에 대해 명확히 나타내기 위해 확대되어 있을 수 있으며, 길이 방향의 위치를 가진 횡단 치수의 변화가 과장되어 표시되어 있을 수 있다.

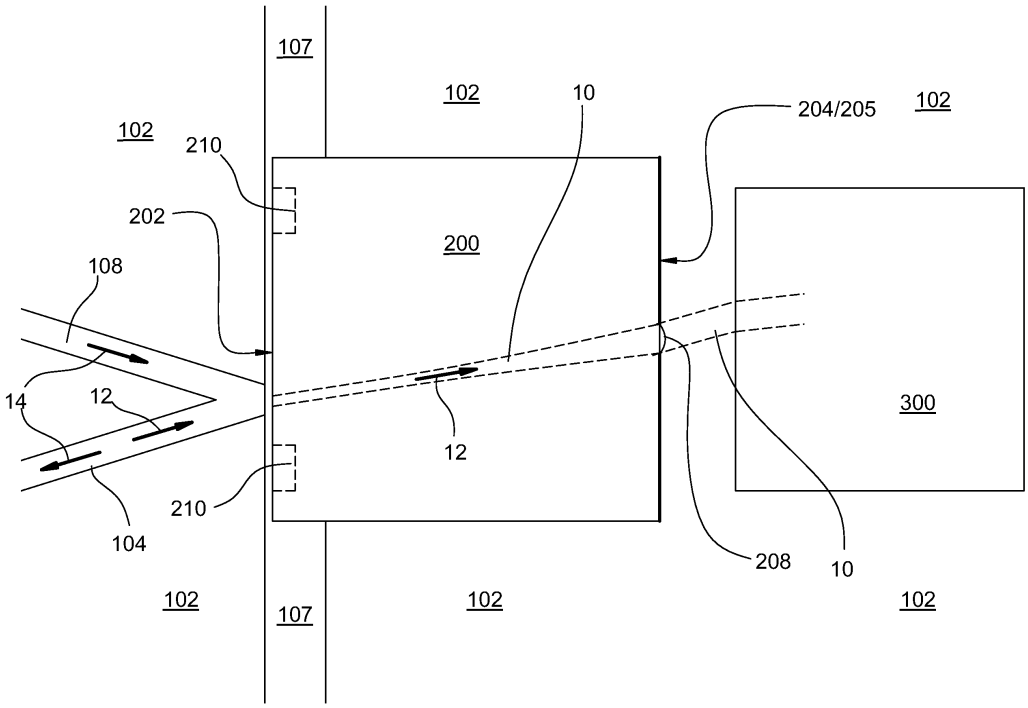
[0037] 도면에 나타낸 실시예들은 일례에 불과하며, 본 명세서와 청구의 범위를 제한하는 것으로 해석되어서는 안 된다.

도면

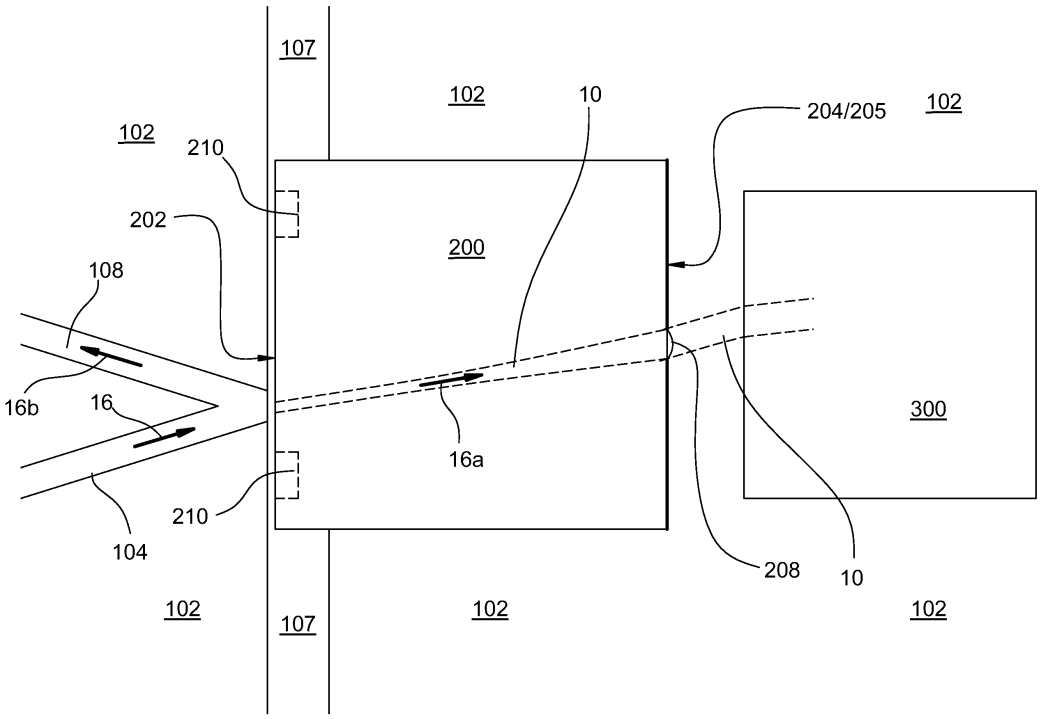
도면1



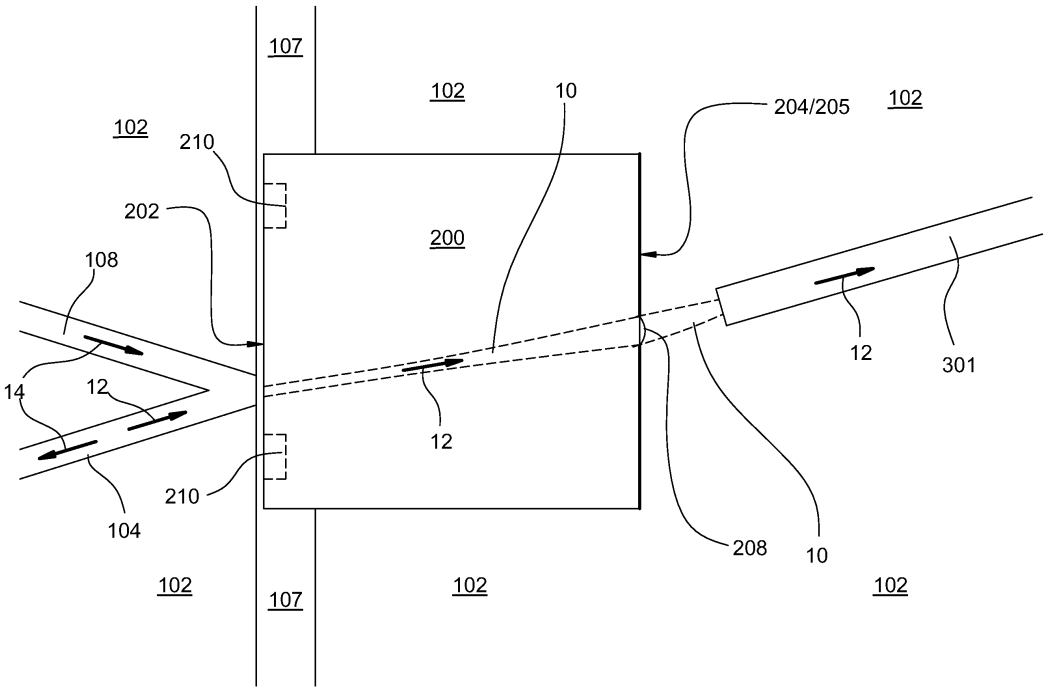
도면2a


107
102
10
204/205
102
102
210
202
200
108
14
12
12
300
210
104
208
10
102
107
102
102

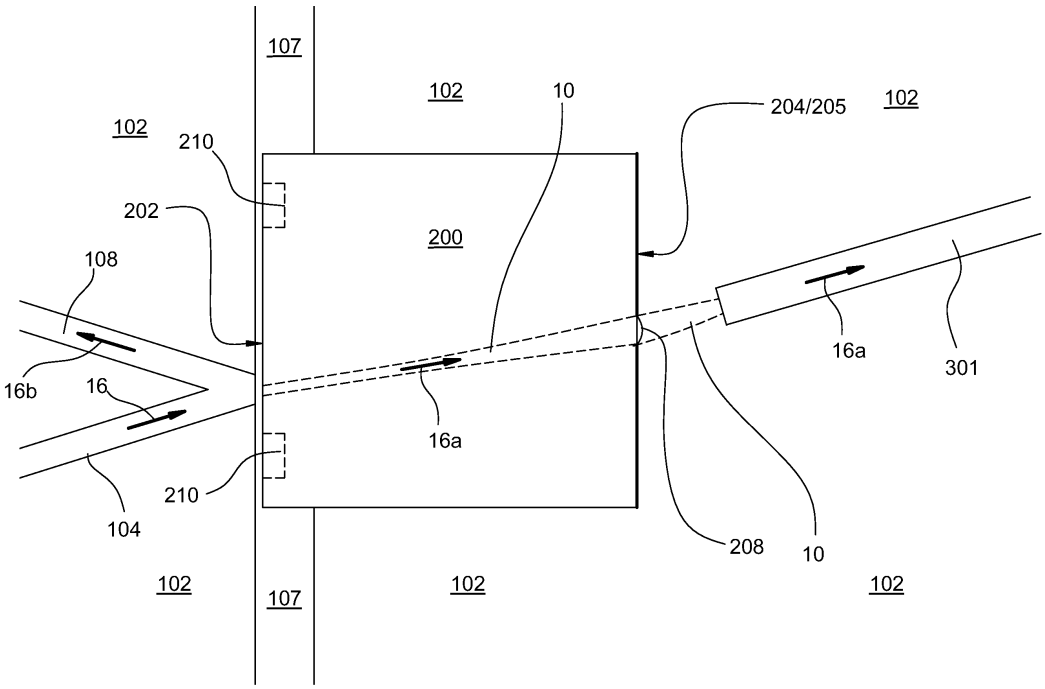
도면2b


107
102
10
204/205
102
102
210
202
200
108
16b
16
16a
300
210
104
208
10
102
107
102
102

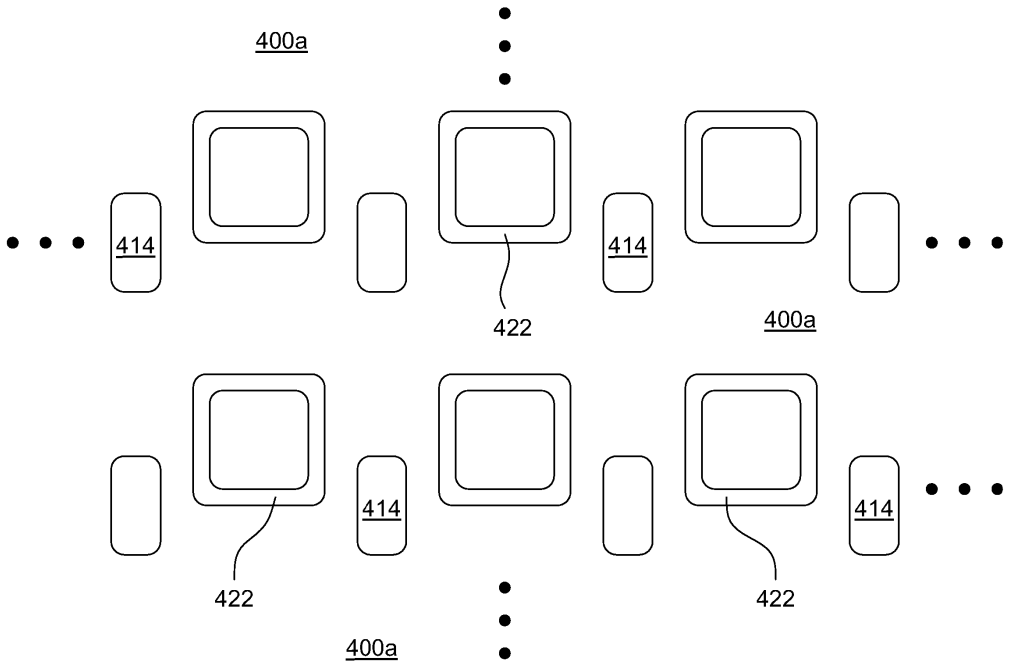
도면2c


107
102
10
204/205
102
102
210
202
200
108
14
12
12
301
210
104
208
10
102
107
102
102

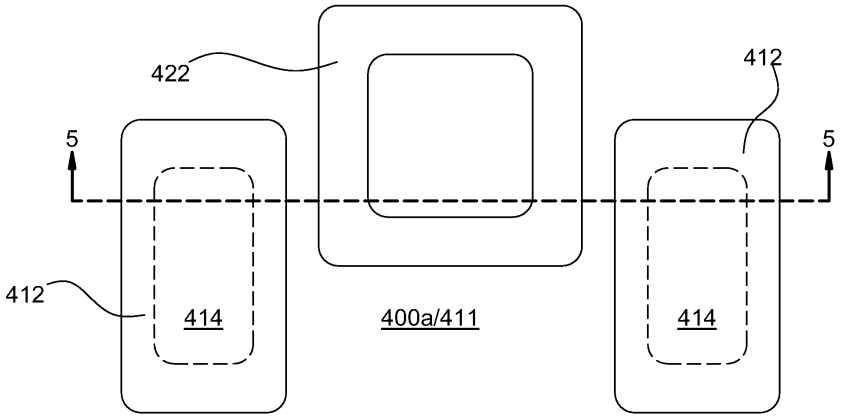
도면2d


107
102
10
204/205
102
102
210
202
200
108
16b
16
16a
16a
301
210
104
208
10
102
107
102
102

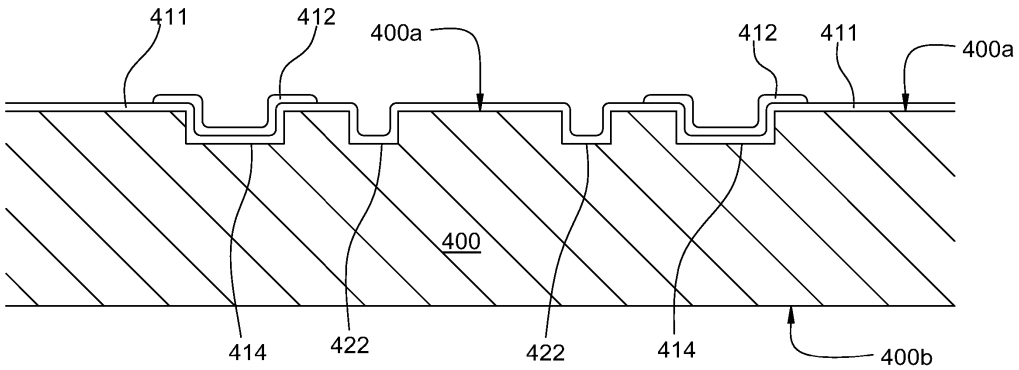
도면3


400a
414
422
400a
414
414
422
422
400a
414

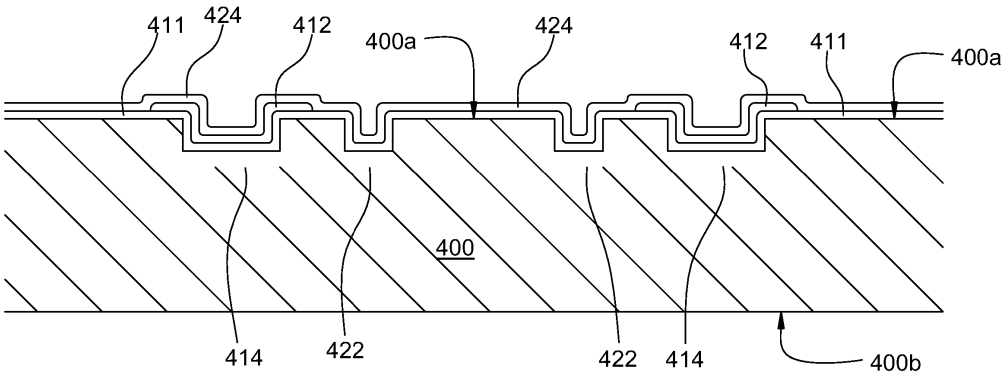
도면4


422
412
5
5
412
414
400a/411
414

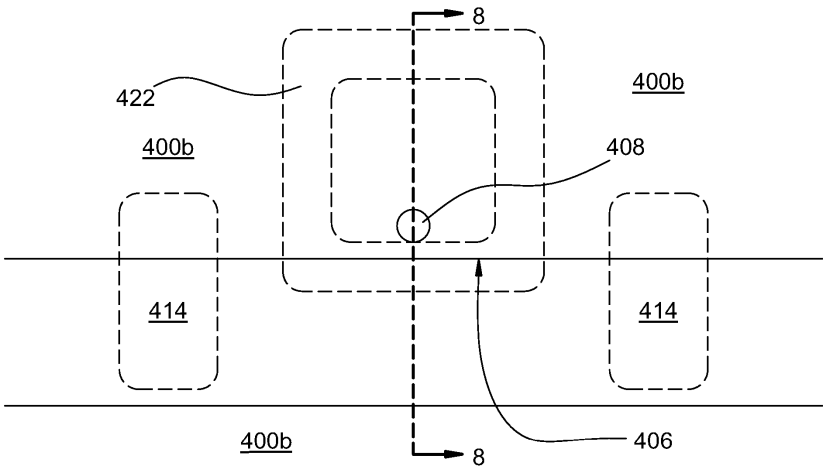
도면5


411
412
400a
412
411
400a
400
414
422
422
414
400b

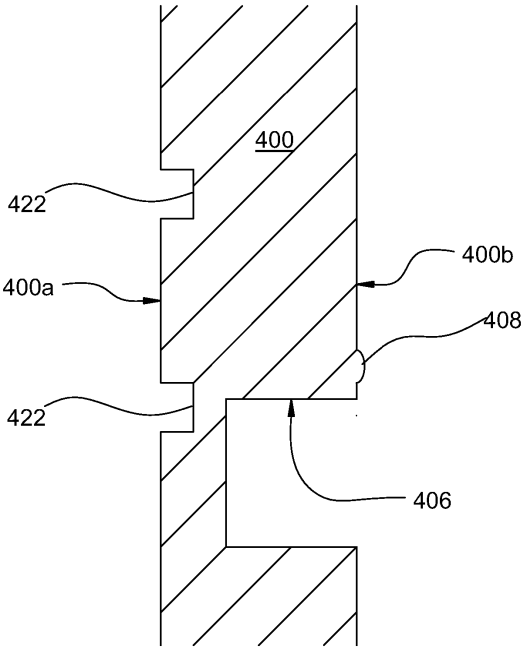
도면6


411
424
412
400a
424
412
411
400a
400
414
422
422
414
400b

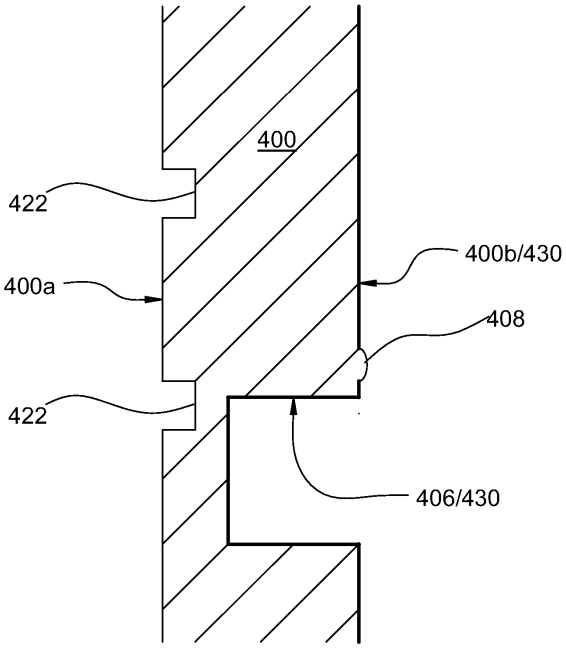
도면7


8
422
400b
400b
408
414
414
400b
406
8

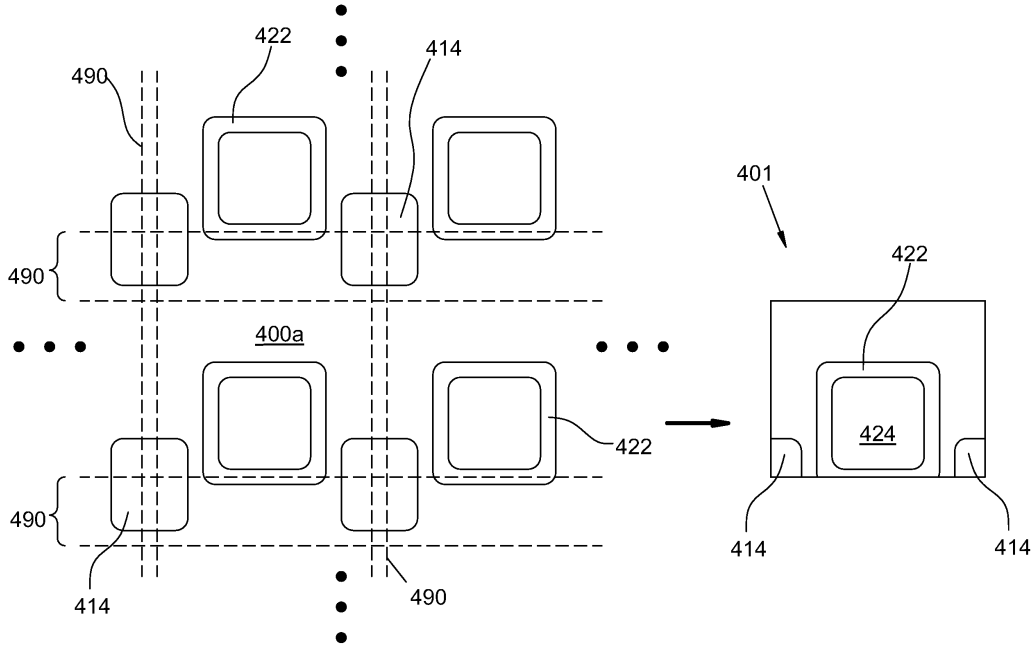
도면8


400
422
400b
400a
408
422
406

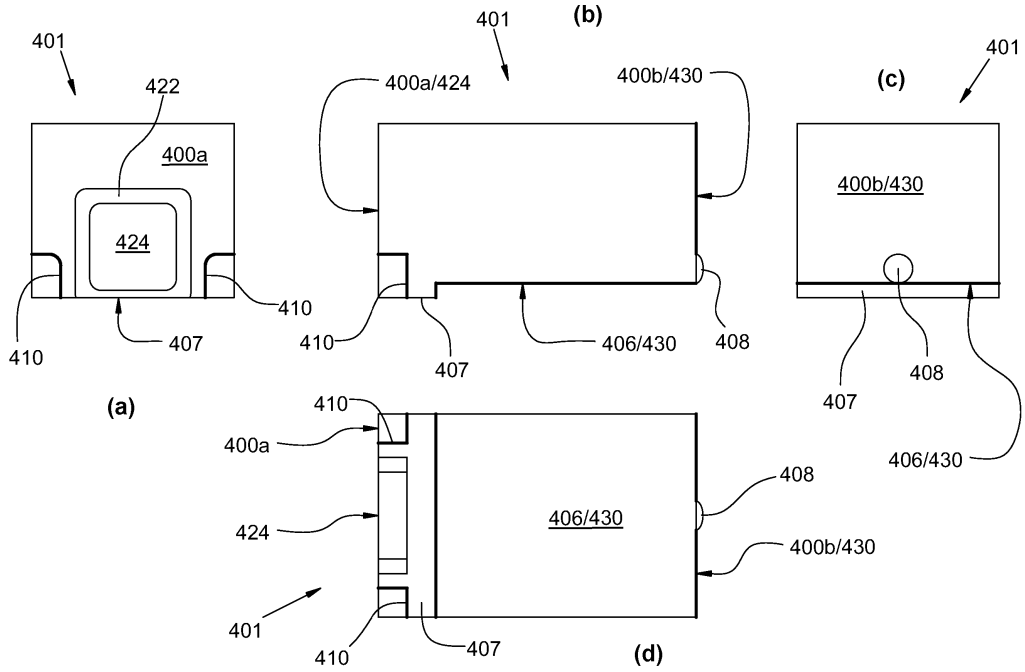
도면9


400
422
400b/430
400a
408
422
406/430

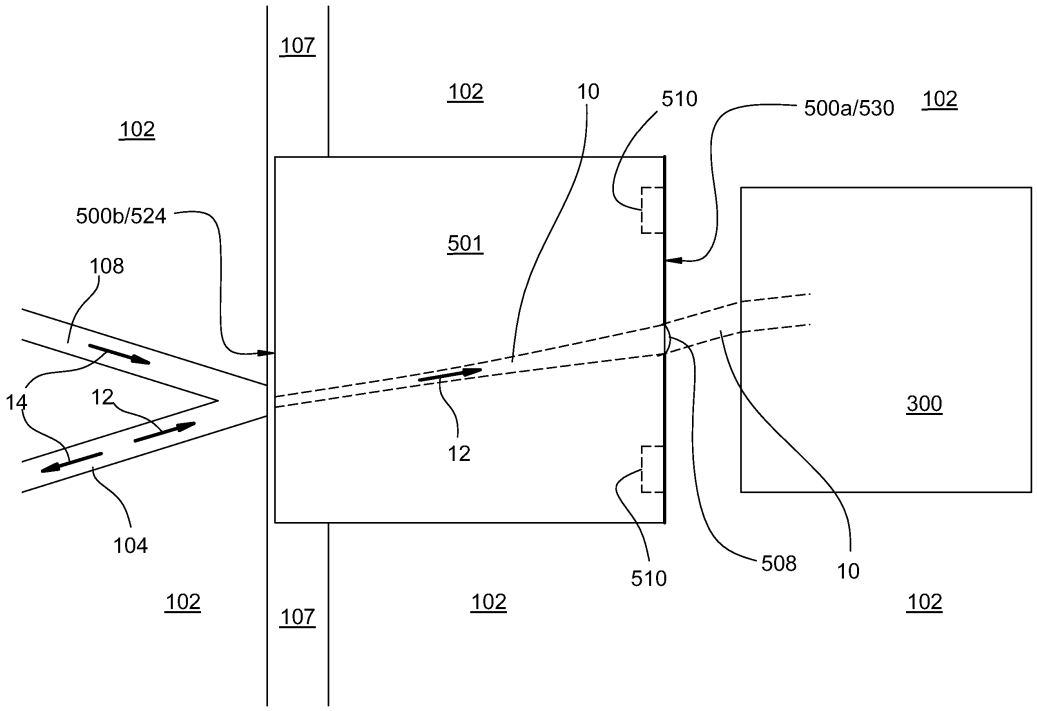
도면10


422
414
490
490
400a
422
490
414
490
401
422
424
414
414

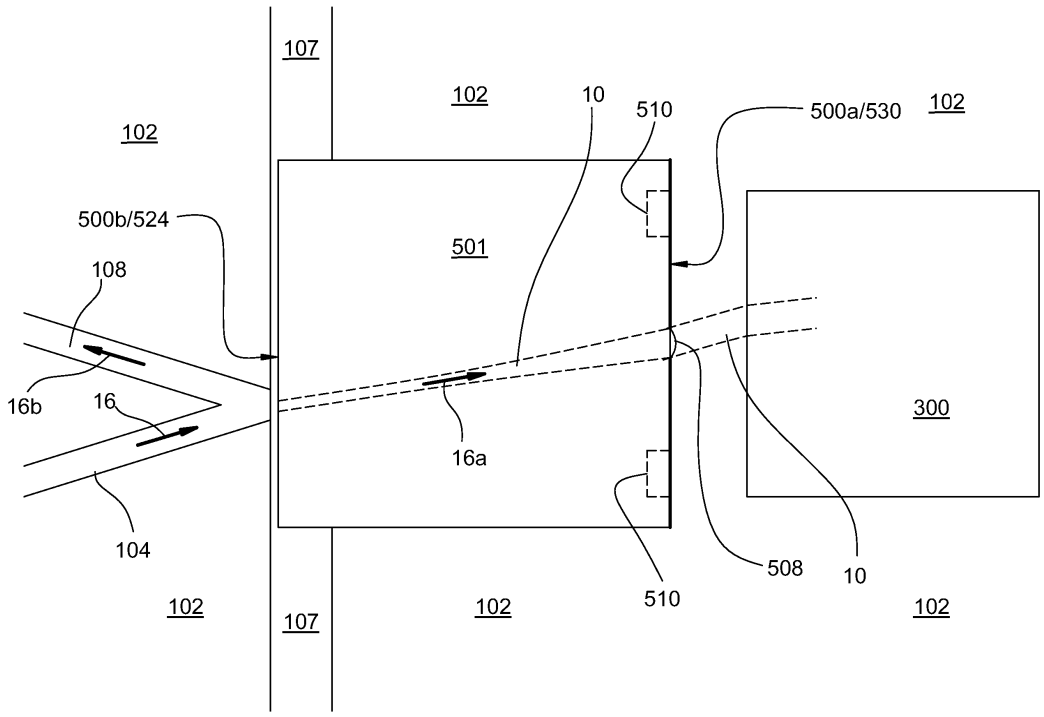
도면11


401
422
400a
424
410
410
407
(a)
401
(b)
400a/424
400b/430
410
407
406/430
408
401
(c)
400b/430
407
408
406/430
410
400a
424
401
410
407
406/430
408
400b/430
(d)

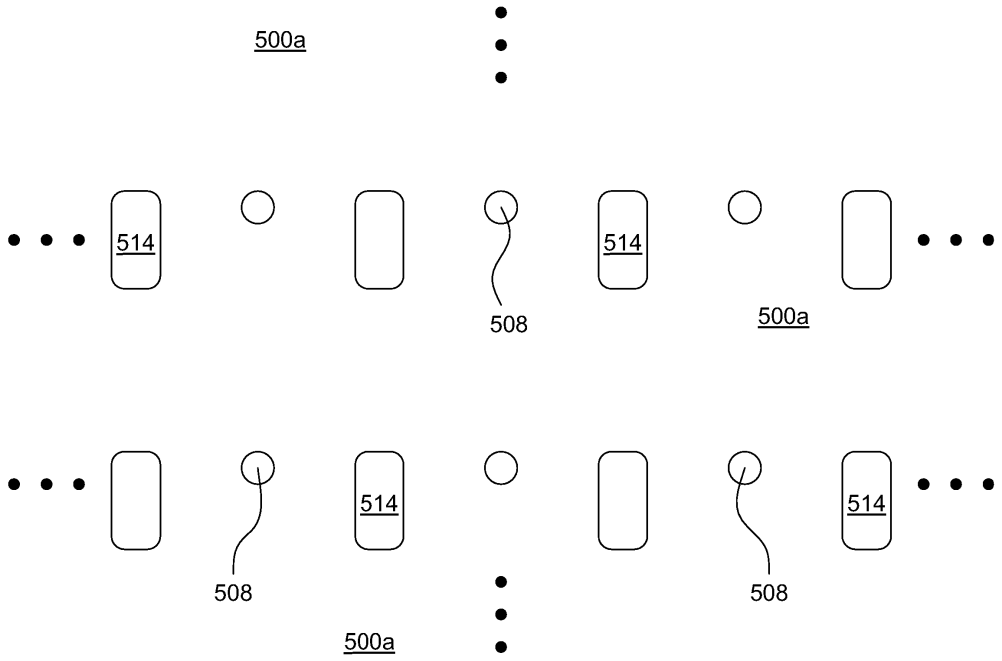
도면12a


107
102
10
510
500a/530
102
102
500b/524
501
108
14
12
12
300
104
510
508
10
102
107
102
102

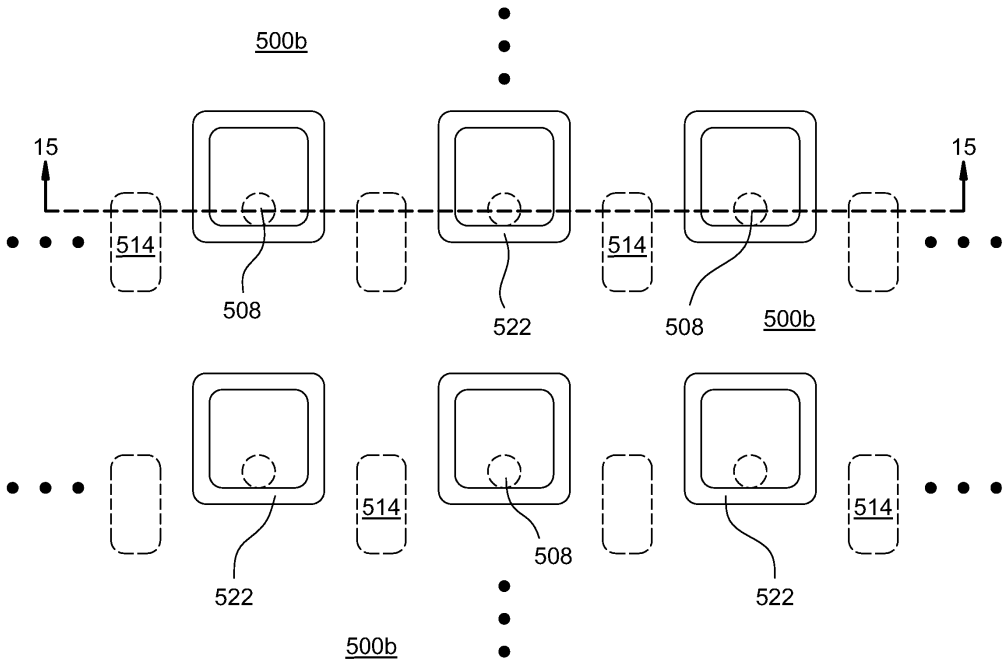
도면12b


107
102
10
510
500a/530
102
102
500b/524
501
108
16b
16
16a
300
104
508
10
510
102
107
102
102

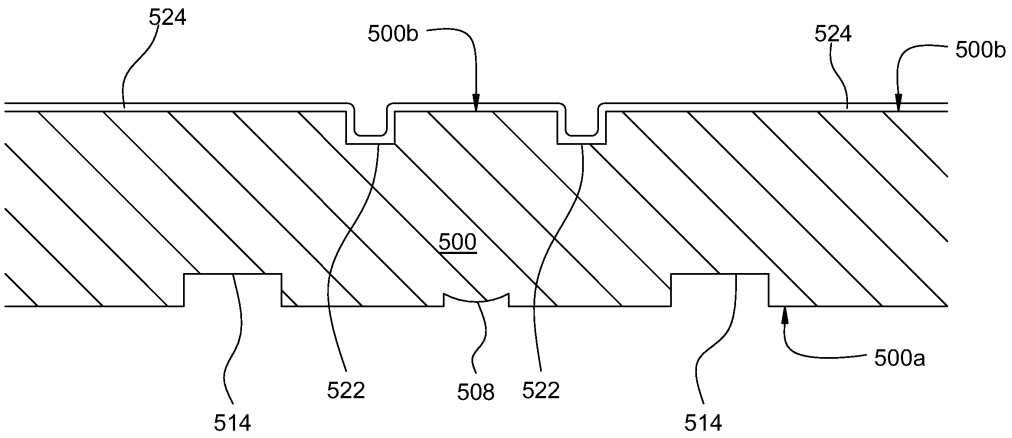
도면13


500a
514
508
514
500a
514
508
508
514
500a

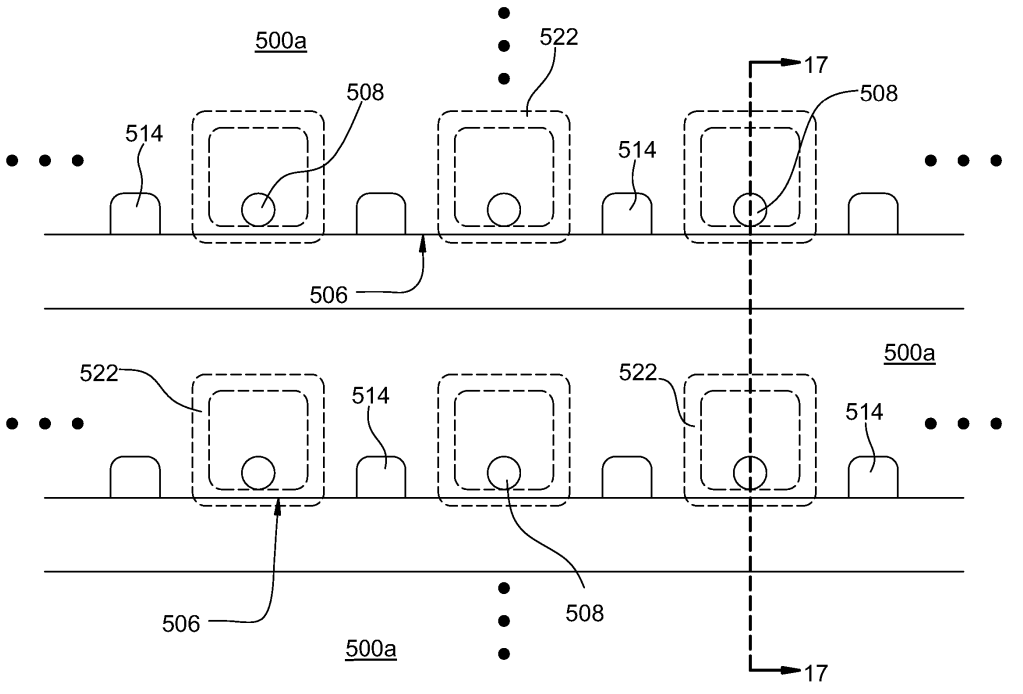
도면14


500b
15
514
508
522
514
508
500b
15
514
522
514
508
522
500b

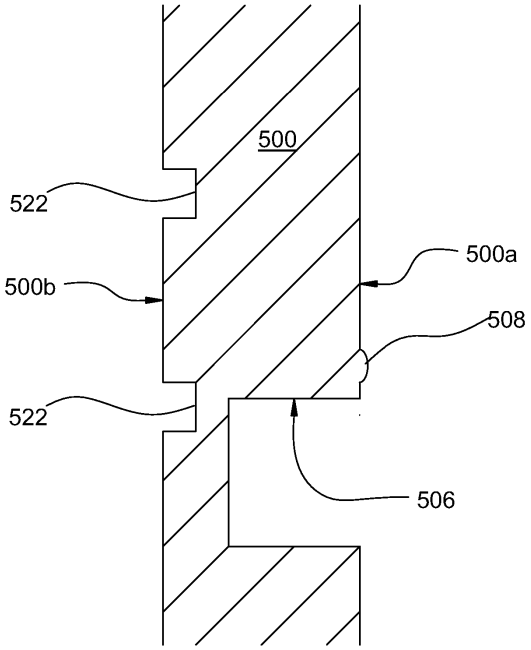
도면15


524
500b
524
500b
500
500a
514
522
508
522
514

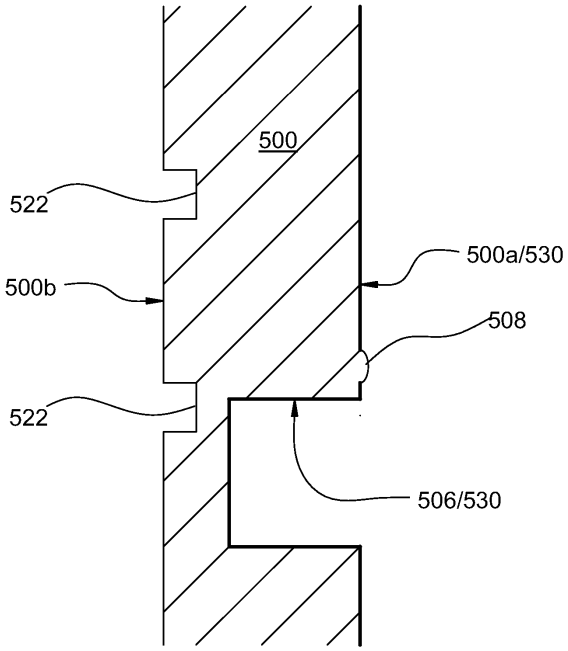
도면16


500a
522
17
508
508
514
514
506
500a
522
522
514
514
506
508
500a
17

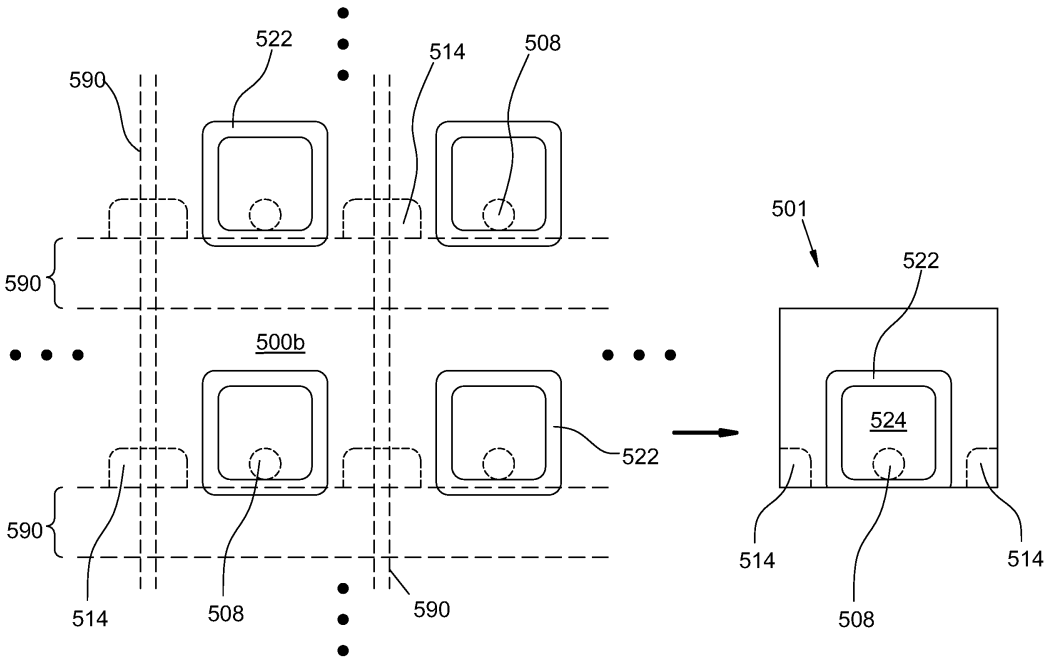
도면17


500
522
500a
500b
508
522
506

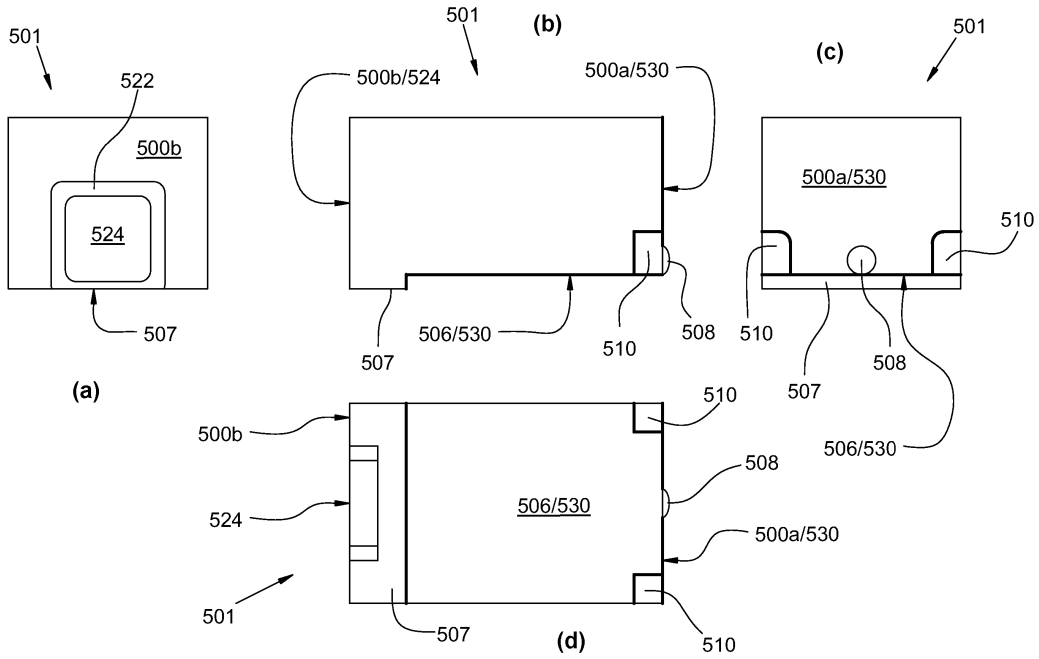
도면18


500
522
500a/530
500b
508
522
506/530

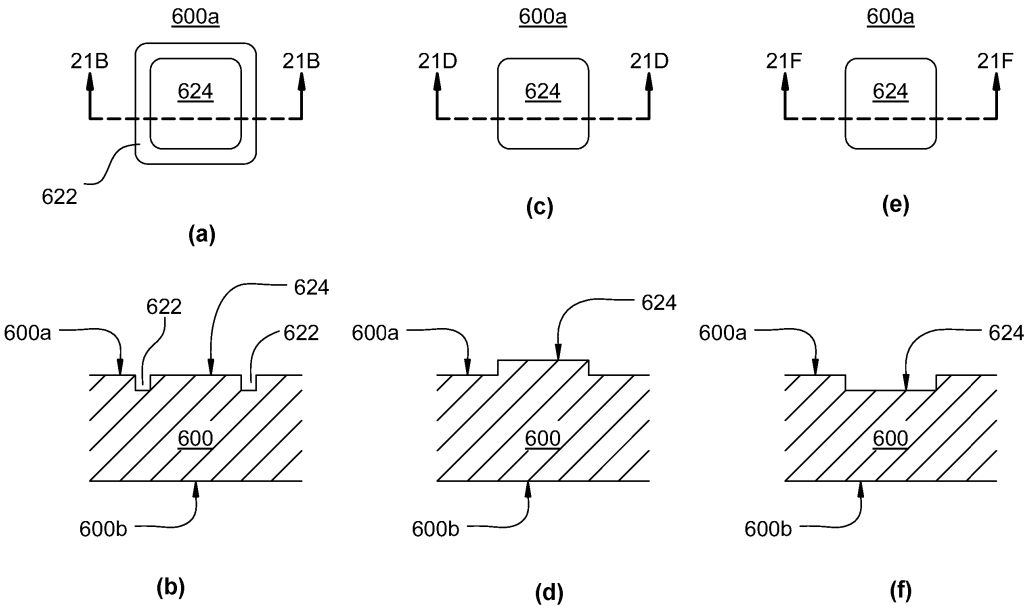
도면19


522
514
508
590
590
500b
522
590
514
508
590
501
522
524
514
514
508

도면20


501
522
500b
524
507
(a)
501
(b)
500b/524
500a/530
507
506/530
510
508
501
(c)
500a/530
510
510
507
508
506/530
510
500b
508
524
506/530
500a/530
501
507
(d)
510

도면21


600a
21B
21B
624
622
(a)
600a
21D
21D
624
(c)
600a
21F
21F
624
(e)
600a
622
624
622
600
600b
(b)
600a
624
600
600b
(d)
600a
624
600
600b
(f)