



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. G02B 5/30 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년06월04일 10-0723561 2007년05월23일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2002-7008159	(65) 공개번호	10-2002-0077370
(22) 출원일자	2002년06월22일	(43) 공개일자	2002년10월11일
심사청구일자	2005년09월13일		
번역문 제출일자	2002년06월22일		
(86) 국제출원번호	PCT/US2000/034645	(87) 국제공개번호	WO 2001/50161
국제출원일자	2000년12월21일	국제공개일자	2001년07월12일

(81) 지정국

국내특허 : 아랍에미리트, 안티구와바부다, 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 벨리제, 캐나다, 스위스, 중국, 콜롬비아, 코스타리카, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 도미니카, 알제리, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그라나다, 그루지야, 가나, 감비아, 크로아티아, 헝가리, 인도네시아, 이스라엘, 인도, 아이슬랜드, 일본, 케냐, 키르기즈스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 모로코, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 모잠비크, 노르웨이, 뉴질랜드, 폴란드, 포르투갈, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 슬로베니아, 슬로바키아, 시에라리온, 타지키스탄, 투르크멘, 터키, 트리니다드토바고, 탄자니아, 우크라이나, 우간다, 우즈베키스탄, 베트남, 세르비아 앤 몬테네그로, 남아프리카, 짐바브웨,

AP ARIPO특허 : 가나, 감비아, 케냐, 레소토, 말라위, 모잠비크, 수단, 시에라리온, 스와질랜드, 탄자니아, 우간다, 짐바브웨,

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르기즈스탄, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크멘,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 사이프러스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀란드, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투갈, 스웨덴, 터키,

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베닌, 중앙아프리카, 콩고, 코트디부아르, 카메룬, 가봉, 기니, 기니 비사우, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고,

(30) 우선권주장      09/471,484      1999년12월23일      미국(US)

(73) 특허권자      에이에스엠엘 유에스, 인크.  
미국 85284 아리조나주 템페 사우스 리버 파크웨이 8555

(72) 발명자      마틴진재이  
미국06512코네티컷주뉴해븐맨션스트리트18

(74) 대리인      안국찬  
주성민

(56) 선행기술조사문헌

JP09248488A

KR1019980030509A

심사관 : 정성용

전체 청구항 수 : 총 15 항

## (54) 칼슘 플루오라이드 응력판 및 그 제조 방법

### (57) 요약

칼슘 플루오라이드( $\text{CaF}_2$ ) 응력판은 소정량의 광학 지연을 제공한다.  $\text{CaF}_2$  응력판은  $\text{CaF}_2$  입방면에 놓이는 표면을 갖고, 투과축을 따라 일 세트의 입방면에 입사되는 광학 파동 전면을 지연시킨다. 소정의 지연을 수행하기 위해서,  $\text{CaF}_2$  응력판은 광학 파동 전면의 제1 영역 구성 부품에 의해 보여지는 제1 굴절률과, 광학 파동 전면의 제2 영역 구성 부품에 의해 보여지는 제2 굴절률을 갖는다. 응력판의 광학 지연은 두 개의 굴절률 사이의 차이에 비례한다. 본 발명의 실시예는  $\text{CaF}_2$  재료 샘플로  $\text{CaF}_2$  응력판을 제조하는 방법을 포함한다.

### 대표도

도 3

### 특허청구의 범위

#### 청구항 1.

투과축을 따라 응력판으로 입사하는 광학 파동 전면에 대한 특정 지연을 갖는  $\text{CaF}_2$  응력판을 제조하는 방법이며,

- (1) 대응하는  $\text{CaF}_2$  입방면 내에 정렬된 표면들을 갖는  $\text{CaF}_2$  판을 수용하는 단계와,
  - (2) 상기 표면들의 제1 쌍에 대해 수직하며 투과축에 수직한 압축력 또는 인장력을 가하는 단계를 포함하고,
- 상기 힘은 투과축을 따라서 이동하는 광학 파동 전면에 대한 특정 지연을 발생시키는 방법.

#### 청구항 2.

제1항에 있어서,

- (3) 단계(1) 이전에 미배열된  $\text{CaF}_2$  샘플의 입방 배열을 결정하는 단계와,
- (4)  $\text{CaF}_2$  입방면 내에 정렬된 표면들을 갖는 상기  $\text{CaF}_2$  판을 생성하도록 상기 입방 배열에 기초하여 상기  $\text{CaF}_2$  샘플을 처리하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

#### 청구항 3.

제2항에 있어서, 단계(4)는,

- (a) 상기 샘플의 상기 입방 배열에 따라서 상기 샘플로부터 상기  $\text{CaF}_2$  판을 절단하는 단계와,
- (b) 상기  $\text{CaF}_2$  판의 표면들을 상업적인 연마를 달성하도록 연마하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 4.

제1항에 있어서, 단계(2)는 입사 광학 파동 전면의 1/4 파장의 지연을 일으키도록 상기 힘을 가하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

#### 청구항 5.

제4항에 있어서, 단계(2)는 대략 2068 kPa(300 psi) 내지 3447 kPa(500 psi)의 양으로 상기 힘을 가하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

#### 청구항 6.

제1항에 있어서,

- (3) 상기 표면들의 제2 쌍에 수직하고 상기 투과축에 수직한 제2 압축력 또는 인장력을 가하는 단계를 추가로 포함하고,
- 단계(2)의 상기 힘이 인장력이면 상기 제2 힘은 압축력이고, 단계(2)의 상기 힘이 압축력이면 상기 제2 힘은 인장력인 방법.

#### 청구항 7.

제1항에 있어서,

- (3) 상기  $\text{CaF}_2$  판에 대한 광학 지연을 측정하여 상기 측정된 광학 지연이 상기 특정 지연에 충분히 가까운 지를 결정하는 단계와,
- (4) 상기 측정된 지연이 상기 특정 지연에 충분히 가까울 때까지 단계(2)에서 가해지는 상기 힘을 증가시키는 단계를 추가로 포함하는 방법.

#### 청구항 8.

광학 파동 전면이 투과축을 따라 응력판으로 입사할 때 특정 지연을 가능케 하는  $\text{CaF}_2$  응력판을 제조하는 방법이며,

- (1)  $\text{CaF}_2$  샘플을 수용하는 단계와,
- (2) 상기  $\text{CaF}_2$  샘플의 입방 배열을 결정하는 단계와,
- (3)  $\text{CaF}_2$  입방면 내에 정렬된 표면들을 갖는  $\text{CaF}_2$  판을 형성하도록 상기  $\text{CaF}_2$  샘플을 처리하는 단계를 포함하고,

단계(3)은 (a) 상기 샘플의 상기 입방 배열에 따라 상기 샘플로부터 상기  $\text{CaF}_2$  판을 절단하는 단계와, (b) 상기  $\text{CaF}_2$  판의 상기 표면들을 상업적인 연마를 달성하도록 연마하는 단계를 포함하고,

상기  $\text{CaF}_2$  판은 광학 파동 전면에 대한 특정 지연을 제공하기 위하여 응력을 받을 수 있는 방법.

## 청구항 9.

제8항에 있어서,

(4) 상기 표면들 중 하나의 쌍에 수직하고 투과축에 수직한 압축력 또는 인장력을 가하는 단계와,

(5) 상기  $\text{CaF}_2$  판에 대한 광학 지연을 측정하여 상기 측정된 광학 지연이 상기 특정 지연에 충분히 가까운지를 결정하는 단계와,

(6) 상기 측정된 지연이 상기 특정 지연에 충분히 가까울 때까지 단계(4)에 가해지는 상기 힘을 증가시키는 단계를 포함하고,

상기 힘은 투과축을 따라서 상기 특정 지연을 일으키기에 충분한 양인 방법.

## 청구항 10.

제9항에 있어서, 상기 단계(4)는 입사 광학 파동 전면의 1/4 파장의 지연을 일으키기에 충분한 양으로 상기 힘을 가하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

## 청구항 11.

제9항에 있어서,

(7) 상기 표면들의 제2 쌍에 수직하고 투과축에 수직하는 제2 압축력 또는 인장력을 가하는 단계를 추가로 포함하고,

단계(4)의 상기 힘이 인장력이면 상기 제2 힘은 압축력이고, 단계(4)의 상기 힘이 압축력이면 상기 제2 힘은 인장력인 방법.

## 청구항 12.

투과축을 따라 응력판으로 입사하는 광학 파동 전면에 대한 특정 지연을 갖는  $\text{CaF}_2$  응력판을 제조하는 방법이며,

(1) 제1 세트의  $\text{CaF}_2$  입방면에 대하여 대략  $45^\circ$  회전된 제1 세트의 기계적인 표면들과, 제2 세트의  $\text{CaF}_2$  입방면에 놓여서 투과축을 형성하는 제2 세트의 기계적인 표면들을 갖는  $\text{CaF}_2$  판을 수용하는 단계와,

(2)  $\text{CaF}_2$  판의 상기 제1 세트의 기계적인 표면들에 전단력을 가하는 단계를 포함하고,

상기 전단력은 투과축을 따라서 이동하는 광학 파동 전면에 대한 특정 지연을 일으키는 방법.

## 청구항 13.

제12항에 있어서,

(3) 단계(1) 이전에 미배열된  $\text{CaF}_2$  샘플의 입방 배열을 결정하는 단계와,

(4) 제1 세트의  $\text{CaF}_2$  입방면에 대하여  $45^\circ$ 회전된 제1 세트의 기계적인 표면들과, 제2 세트의  $\text{CaF}_2$  입방면에 놓인 제2 세트의 기계적인 표면들을 갖는 상기  $\text{CaF}_2$  판을 생성하도록 상기 입방 배열에 기초하여 상기  $\text{CaF}_2$  샘플을 처리하는 단계를 추가로 포함하는 방법.

#### 청구항 14.

제13항에 있어서, 단계(4)는

(a) 상기 샘플의 입방 배열에 따라 상기 샘플로부터 상기  $\text{CaF}_2$  판을 절단하는 단계와,

(b) 상기  $\text{CaF}_2$  판의 표면들을 상업적인 연마를 달성하도록 연마하는 단계를 포함하는 방법.

#### 청구항 15.

삭제

#### 청구항 16.

삭제

#### 청구항 17.

삭제

#### 청구항 18.

삭제

#### 청구항 19.

삭제

#### 청구항 20.

삭제

#### 청구항 21.

$\text{CaF}_2$  판과 연관된 제1 세트의 입방면에 수직한 제1 굴절률 벡터와,  $\text{CaF}_2$  판과 연관된 제2 세트의 입방면에 수직한 제2 굴절률 벡터를 갖는  $\text{CaF}_2$  판을 포함하고,

상기 제1 및 제2 굴절률 벡터는 상기  $\text{CaF}_2$  판과 연관된 투과축에 수직하고, 이에 의해 상기  $\text{CaF}_2$  판을 통해 상기 투과축을 따라 이동하는 광학 파동 전면은 상기 제1 굴절률 벡터와 상기 제2 굴절률 벡터 사이의 차이에 비례하는 양만큼 지연되는 광학 지연 장치.

명세서

기술분야

본 발명은 일반적으로 광학 파동 전면을 지연시키는 데 사용되는 광학 응력판 및 그를 제조하는 방법에 관한 것이다.

## 배경기술

많은 반도체 제조 시스템은 반도체 웨이퍼 제조에 사진 석판술 기법을 사용한다. 제조 중에, 적어도 하나의 회로 패턴층이 반도체 웨이퍼 상에 놓인다. 이는 소정의 회로 패턴을 포함하는 레티클에 빛을 조사함으로써 달성된다. 생성된 레티클 화상은 그 후에 반도체 웨이퍼를 둘러싼 감광성 레지스트 상에 투영된다. 일련의 노출 및 수반되는 공정 후에, 소정의 회로 패턴을 포함하는 반도체 웨이퍼가 제조된다.

반도체 웨이퍼 상에 제조될 수 있는 가장 작은 형상부는 조사 시스템에 사용되는 빛의 광학 파장으로 한정된다는 것이 공지되어 있다. 회로 클락 속도의 상한은 반도체 형상부의 크기와 반비례하여 변한다는 것 또한 공지되어 있다. 따라서, 더 빠른 클락 속도를 위해서는 반도체가 더 작은 회로 형상부를 갖는 것이 필요하다. 0.25  $\mu\text{m}$ (마이크로미터)의 회로 형상부는 193 nm(나노미터)의 빛의 파장을 사용하는 사진 석판술 시스템으로 달성되었다. 0.25  $\mu\text{m}$  이하의 기하학적 형상을 달성하기 위해서는 더욱 짧은 파장(예컨대, 157 nm)이 사용되어야 한다.

사진 석판술에 사용되는 조사 시스템은 반도체 웨이퍼 상에 레티클 화상을 투영하도록 빛을 조종하는 다양한 광학 구성 부품을 포함한다. 조사 시스템에서 일반적인 하나의 구성 부품은 광학 지연판(응력판)이다. 응력판은 빛의 파동 전면을 특정 양만큼 지연시키거나 저지시키는데 사용될 수 있다. 응력판은 하나의 편광으로부터 다른 편광으로 빛의 편광을 변화시키는데 사용될 수 있다. 예컨대, 입사광에 45도 회전된 1/4 파 응력판은 선형으로 편광된 빛을 원형으로 편광된 빛으로 변화시키며, 그 반대로도 변화시킨다. 다른 실시예에서, 수평으로 편광된 빛은 1/4 파 응력판 및 거울을 사용함으로써 수직으로 편광된 빛으로 변화된다. 이는 수평으로 편광된 빛이 원형으로 편광된 빛(CP)을 생성하는 1/4 파 응력판을 통하여 투과됨으로써 이루어진다. CP 광은 그 후에 CP 편광을 반전시키는 거울과 이격되게 반사된다. 결국, 반사된 CP 광은 수직으로 편광된 빛을 생성하는 1/4 파 응력판을 통하여 되돌려진다.

응력판이 소정의 기능을 하기 위해서는, 관련된 파장의 빛을 충분히 투과시키는 재료로 제조되어야 한다. 종래의 응력판은 용융된 실리카 또는 인조 석영으로 제조된다. 이러한 종래의 재료는 193 nm 이하 파장의 빛을 충분히 투과시키지 못한다. 위에서 언급한 바와 같이, 반도체 웨이퍼 상에 제조될 수 있는 가장 작은 형상부는 시스템에 사용된 광학 파장으로 한정된다. 이에 따라, 종래의 응력판을 사용하는 사진 석판술 시스템은 약 0.25  $\mu\text{m}$  보다 작은 형상부를 제조할 수 없다. 따라서, 0.25  $\mu\text{m}$  보다 작은 회로 형상부를 갖는 반도체 웨이퍼를 제조하도록 193 nm이하의 광학 파장에서 기능하는 응력판이 요구된다.

## 발명의 상세한 설명

본 발명은 칼슘 플루오라이드( $\text{CaF}_2$ ) 광학 응력판 및 그를 제조하는 방법에 관한 것이다.  $\text{CaF}_2$  응력판은  $\text{CaF}_2$  입방면에 있는 표면을 갖고, 투과축을 따르는 일 세트의 입방면에 입사하는 광학 파동 전면을 지연시킨다. 소정의 지연을 수행하기 위해,  $\text{CaF}_2$  응력판은 광학 파동 전면의 제1 영역 구성 부품에 의해 보여지는 제1 굴절률과 광학 파동 전면의 제2 영역 구성 부품에 의해 보여지는 제2 굴절률을 갖는다. 응력판의 광학 지연은 두 개의 굴절률 사이의 차이에 비례한다. 일 실시예에서, 제1 굴절률은  $\text{CaF}_2$  재료를 위한 특성 굴절률이고, 제2 굴절률은 특성 굴절률보다 크거나 작다. 다른 실시예에서, 제1 굴절률은 특성 굴절률보다 크고 제2 굴절률은 특성 굴절률보다 작다.

$\text{CaF}_2$ 로 광학 지연을 생성하는 것은 용융된 실리카 또는 인조 석영과 같은 통상의 광학 재료와 비교할 때  $\text{CaF}_2$ 가 비교적 적게 감쇄되면서 (157 nm 파장을 포함하는) 193 nm 이하의 파장을 갖는 빛을 투과시킬 수 있다는 점에서 이롭다. 따라서,  $\text{CaF}_2$  응력판은 157 nm 이하의 빛의 파장을 사용하여 0.25  $\mu\text{m}$  이하의 회로 형상부를 생성하는 반도체 제조 시스템을 가능케 한다.

본 발명은 또한  $\text{CaF}_2$ 의 샘플로부터 특정 광학 지연을 갖는  $\text{CaF}_2$  응력판 제조 방법을 포함한다. 이러한 방법은 샘플이 통상적으로 분할면을 따라 배열될 때,  $\text{CaF}_2$  샘플을 위한 입방면의 방향을 결정하는 단계를 포함한다. 다음에, 샘플은 표면이  $\text{CaF}_2$  입방면으로 배열된  $\text{CaF}_2$  판을 생성하도록 처리된다. 이는  $\text{CaF}_2$  샘플로부터 동일한 입방면을 따라  $\text{CaF}_2$  판을 절단하고, 그 후에 샘플을 상용 마무리 공정으로 연마함으로써 이루어질 수 있다. 다음에, 압축력 또는 인장력이 적어도 한 쌍의 입방면 표면에 수직하고 입사된 광학 파동 전면의 투과축에 수직하게 가해진다. 압축력 또는 인장력은 힘 벡터의 방향을

따라 배열된 전자기장을 위한 특성 굴절률을 변경시키는 효과를 갖는다. 그 후에,  $\text{CaF}_2$  응력판은 효과적으로는 두 개의 굴절률을 가지며, 광학 지연의 양은 굴절률 사이의 차이에 비례한다. 다음에, 광학 지연의 양은 측정된 지연이 특정 지연에 충분히 근접한 경우에 결정되도록 측정된다. 그렇지 않은 경우, 그 후에 소정의 지연이 달성될 때까지 더 많은 압축력 또는 응력이 인가될 수 있다. 본 발명의 실시예에서, 300 psi 내지 500 psi로 인가된 힘은 입사된 광학 파동 전면에서 90도의 광학 지연을 야기한다.

다른 실시예에서, 압축력 또는 인장력 대신에 전단력이  $\text{CaF}_2$  판에 인가된다. 전단력은  $\text{CaF}_2$  판의 입방면에 45도 회전된 역학적 표면들을 따라 인가된다. 압축력 또는 인장력과 같이, 전단력은 합성력 벡터의 방향으로  $\text{CaF}_2$  판의 굴절률을 변화시키는 작용을 한다. 본 발명의 다양한 실시예의 구조 및 작동은 물론, 본 발명의 다른 특징 및 장점이 첨부된 도면을 참조하여 이하에 상세히 설명된다. 요소가 우선 도시되는 도면은 통상적으로 대응하는 도면 부호가 가장 왼쪽의 글자 및/또는 숫자에 의해 표시된다. 본 발명은 참조된 도면을 참조하여 설명될 것이다.

## 실시예

### 1. 예시적 환경

본 발명을 상세하게 설명하기 전에, 본 발명의 예시적 환경을 설명하는 것이 유용하다. 이 예시적 환경의 설명은 단지 편리함을 제공할 뿐, 어떠한 면에서도 본 발명을 제한하기 위한 것이 아니다. 사실, 본 발명의 설명을 읽고 나면, 본 명세서에 설명된 것과 다른 환경에서 본 발명을 실시하는 방법은 본 분야의 숙련자에게 자명하게 될 것이다.

도1은 웨이퍼(127) 상에 집광을 위한 조사 장치(100)를 포함하는 예시적 환경을 도시한다. 조사 시스템(100)은 웨이퍼(127) 상에 양호한 회로 패턴을 제조하기 위한 사진 석판술 시스템의 일부분일 수도 있다. 조사 시스템(100)은 광원(103), 거울(106), 응력판(109), 섹션(112, 118) 및 코팅(115)을 갖는 비임 스플리터 입방체(121) 및 포커스 모듈(124)을 포함한다.

조사 시스템(100)은 다음과 같이 작동한다. 광원(103)은 비임 스플리터 입방체(121) 상에 입사되는 특정 파장 및 편광을 갖는 광 파동 전면(104)을 제공한다. 광 파동 전면(104)은 다른 편광이 사용될 수도 있지만, 설명을 위해 수직으로 편광되었다.

광 파동 전면(104)은 입방체(121)의 섹션(112)을 통과하고 코팅(115) 상에 입사된다. 코팅(115)은 입사광의 편광에 따른 광 투과 성질을 갖는다. 입사광이 수직으로 편광될 때, 코팅(115)은 반사적이다. 입사광이 수평으로 편광될 때, 코팅(115)은 투과적이다. 파동 전면(104)은 수직으로 편광 되기 때문에, 코팅(115)에 의해 상방으로 응력판(109)에 반사된다.

응력판(109)은 관련 파장에서 대략 1/4 파 응력판이며 입사 파동 전면에 대해  $zx$  평면으로 45도 회전된다. 그 결과, 응력판(109)은 수직 편광을 거울(106)에 입사하는 원형 편광(107, CP 광)으로 변환시킨다.

거울(106)은 CP 광(107)을 반사하여 역 CP 광(108)을 발생하도록 원형 편광을 반전시킨다. CP 광(108)은 응력판(109)을 통해 다시 전파되어 입방체(121) 상에 입사되는 수평 편광(110)으로 변환된다. 따라서, 거울을 이용하여 선형 편광을 1/4 파 응력판에 두 번 통과시켜, 편광은 90도 회전되지만, 선형 편광은 유지된다.

입방체(121)는 수평 편광(110)을 실질적인 변화 없이 포커스 모듈(124)에 통과시킨다. 이것은 위에서 설명한 바와 같이, 코팅(115)이 수평 편광에 대해 투과적이기 때문에 발생한다.

포커스 모듈(124)은 양호한 회로 패턴을 갖는 레티클을 포함한다. 포커스 모듈(124)은 입사광을 웨이퍼(127) 상에 초점이 맞춰진 레티클 화상(126)을 발생시키는 레티클에 통과시킨다.

### 2. 칼슘 플루오라이드( $\text{CaF}_2$ ) 응력판

도2a는 본 발명의 실시예에 따른 광 파동 전면을 지연시키기 위한 응력판(200)을 도시한다. 응력판(200)은 화학 기호  $\text{CaF}_2$ 를 갖는 칼슘 플루오라이드 재료로 구성된다.  $\text{CaF}_2$ 는 면 중심 입방체인 결정 구조로 잘 알려져 있다. 도2b는  $\text{CaF}_2$ 에 대한 면 중심 입방체 구조를 도시하며, 입방체의 여섯면 각각의 중심에 추가적인 Ca 이온을 갖는 8 칼슘(Ca) 이온을 포함

한다. (불소 이온은 도시의 용이함을 위해 도시되지 않았다.) 입방체의 외표면들은 입방면들이며, 분할면은 점선에 의해 한정된다. Ca 이온인 Ca1, Ca2, 및 Ca3에 의해 형성된 분할면의 부분은 해칭되어(cross-hatched) 있다. 결정질 재료를 가장 용이하게 절단 또는 파단하는 평면은 입방면이 아닌 분할면을 따른다.

CaF<sub>2</sub>로부터 광학적 지연을 만드는 것은 용융된 실리카 또는 인조 석영과 같은 전통적인 광학 재료와 비교할 때 CaF<sub>2</sub>가 비교적 적게 감쇠되면서 (157nm의 파장을 포함하는) 193nm 이하의 파장을 갖는 전자기파를 투과시킬 수 있다는 점에서 이롭다. 따라서, CaF<sub>2</sub> 응력판은 반도체를 0.25 $\mu$ m 이하의 회로 형상부로 조립하는 제조 공정을 가능케 한다.

응력판(200)은 자기(EM)장 방향에 따르는 EM 장에 의해 보여지는 두 개의 상이한 굴절률을 갖는다. 제1 굴절률은 n1이며, 벡터(203)로 배열된 EM 장에 의해 보여진다. 이해되는 바와 같이, 재료의 굴절률은 자유 공간에서의 위상 속도에 대해 재료를 통해 이동하는 전자기파의 위상 속도를 형성한다.

본 발명의 실시예에서, n1은 교란되지 않은 CaF<sub>2</sub>를 위한 특정 굴절률이며, n2는 벡터(206)와 정렬되는 압축력 또는 인장력에 의해 유발되는 보다 크거나 또는 보다 작은 굴절률이다. 압축력 및/또는 인장력을 사용하는 CaF<sub>2</sub>에 대한 특정 굴절률의 변화는 이하의 섹션에서 추가로 설명된다. 다르게는, n1과 n2 모두는 교란되지 않은 CaF<sub>2</sub>에 대한 굴절률과 다르다. 하나(n1 또는 n2)가 교란되지 않은 CaF<sub>2</sub> 보다 굴절률이 크고 다른 하나는 교란되지 않은 CaF<sub>2</sub> 보다 굴절률이 작다. (이하, 벡터(203)는 벡터(203)의 굴절률로 지칭되며 그와 연관된 굴절률(n1)을 포함하도록 가정된다. 유사하게, 벡터(206)는 굴절률 벡터(203)로 지칭되며 그와 관련된 굴절률(n2)을 포함하도록 가정된다.)

도2a에 도시된 바와 같이, 굴절률 벡터(203, 206)는 CaF<sub>2</sub> 입방면의 관련 세트에 수직이며, 따라서, 서로에 대해 수직이다. 또한, 벡터(203, 206)는 응력판(200)과 연관된 투과축(209)에 대해 수직이다. 투과축(209)은 광 파동 전면이 바람직한 지연을 얻도록 응력판(200)을 통해 투과되기 위해 요구되는 배열을 형성한다. 응력판(200)에 대해, 도2a에 대해 좌표 시스템에 의해 형성되는 바와 같이, 제1 굴절률 벡터(203)는 z축을 따라 정렬되고, 제2 굴절률 벡터(206)는 x축에 정렬된다. 투과축(209)은 y축을 따라 판(200)을 통과한다. 바람직한 광 지연은 y축을 따라 응력판(200)의 한쪽 측면을 통해 파동 전면(212)을 투과시켜 얻어질 수 있다.

광학 파동 전면(212)이 투과축(209)을 따라 응력판을 통과할 때, 광학 파동 전면은 굴절률 벡터들 사이의 차이에 비례하는 양만큼 저지되거나 지연된다. 광학 파동 전면(212)이 제1 굴절률 벡터(203)로 배열되는 전자기 영역 구성 부품과 제2 굴절률 벡터(206)로 지향되는 전자기 영역 구성 부품을 갖기 때문에 지연이 발생된다. 그 결과, 굴절 벡터(203)로 배열되는 영역 구성 부품은 응력판(200)을 통과하는 동안 굴절 벡터(206)에 배열된 영역 구성 부품과는 다른 위상 속도를 가져서, 이에 의해 지연이 이행된다.

### 3. CaF<sub>2</sub> 응력판의 제조 방법

전술된 바와 같이, CaF<sub>2</sub> 응력판은 광학 파동 전면의 상이한 영역 구성 부품에 의해 보여진 2개의 상이한 굴절률을 가짐으로써 광학 파동 전면을 지연시키도록 작동한다. 본 섹션은 CaF<sub>2</sub> 응력판의 입방면 표면에 인가된 압축력, 인장력 및 전단력을 사용하여 CaF<sub>2</sub> 응력판을 제조하는 방법을 설명한다.

### 4. 압축력 및/또는 인장력

도3은 본 발명의 실시예에 따른 CaF<sub>2</sub> 재료의 샘플로부터 CaF<sub>2</sub> 응력판을 생산하는 방법을 설명하는 작동 플로우차트(300)를 도시한다.

단계(302)에서, CaF<sub>2</sub> 재료의 샘플이 수용된다. 도4는 분할면(404)과 입방면(406)을 갖는 CaF<sub>2</sub> 샘플(402)을 도시한다. 처리되지 않은 샘플은 분할면이 새로이 자란 CaF<sub>2</sub> 주피로부터 샘플을 절삭하기에 가장 편리한 면이기 때문에 통상적으로 분할면에 배열된다.



단계(304)에서,  $\text{CaF}_2$  샘플에 대한 입방면의 배열이 결정된다. 샘플에 대한 입방면 배열의 결정은 공지된 X선 기법 또는 다른 표준 기법을 사용하여 행해질 수 있다. 입방면 배열은 도4의 입방면(406)에 의해 한정된  $\text{CaF}_2$  판(408)에 의해 도시된 바와 같이 입방면을 따라 배열된 표면을 갖는  $\text{CaF}_2$  판이  $\text{CaF}_2$  샘플로부터 절단될 수 있도록 결정된다.

단계(306)에서,  $\text{CaF}_2$  샘플은  $\text{CaF}_2$  입방면 내에 있는 모두 여섯 개의 표면을 갖는  $\text{CaF}_2$  판을 생성하도록 처리된다. 도5에 도시되는 플로우차트(500)에 의해 추가 설명되며, 이하와 같이 설명된다. 단계(502)에서,  $\text{CaF}_2$  입방면에 배열된  $\text{CaF}_2$  판은 도4에 도시된  $\text{CaF}_2$  판에 의해 설명된 바와 같이  $\text{CaF}_2$  샘플로부터 절단된다. 절단 또는 연삭 결정질 재료에 대한 다양한 기법은 당해 기술 분야의 숙련자에 의해 공지되어 있다. 단계(504)에서,  $\text{CaF}_2$  판은 표면이 광학 투과를 위해 충분히 평평하고 평행하도록 상업적인 마무리 공정으로 연마된다. 도6a는 샘플(402)로부터 절단된 후의  $\text{CaF}_2$  판(408)을 도시하며, 판의 모든 여섯 개의 표면(406a 내지 406f)이  $\text{CaF}_2$  입방면에 있다.

단계(308)에서, 압축력 또는 인장력은 적어도 하나의 세트의 입방면 표면에 수직하게 그리고 입사 광학 파동 전면의 투과축에 수직하게 인가된다. 압축력 또는 장력은 힘의 방향으로 판에 응력을 가하며, 응력의 배열을 따라 배열되는 전자기 영역에 대한 굴절률을 변경시킨다. 한편, 응력이 가해진  $\text{CaF}_2$  판은 2개의 굴절률을 유효하게 갖는다. 하나의 굴절률은 응력 방향으로 배열된 전자기 영역에 의해 확인된다. 다른 굴절률은 응력이 가해지지 않는 방향으로 배열된 전자기 영역에 의해 확인된다. 이는 투과축을 따라 이동하는 광학 파동 전면에 대한 소정의 지연을 발생시키는 영역 배열에 따른 상이한 굴절률이다.

도6a 내지 도6g는 단계(308)에서의 압축력 및/또는 인장력을  $\text{CaF}_2$  판(408)으로 인가하는 것에 대한 다양한 실시예를 도시한다. 이 도면들은 인가된 힘 벡터에 대해 투과축을 한정하도록 y축을 따라 표면(406b) 상으로 입사하는 광학 파동 전면(602)을 포함한다. (표면(406b)은 간단하게 저부 표면으로 도시된다.) 최적의 지연 결과에 대해서는, 광학 파동 전면(602)은 표면(406b)에 수직하게 입사되어야 하며, (따라서 힘 벡터에 수직하게 입사되어야 한다.) 광학 파동 전면이 상부 표면(406a) 상에 입사된다면 동일한 지연은 달성된다. 당해 기술 분야의 숙련자에 의해 이해될 것과 같이, 광학 파동 전면(602)이 횡전자기(TEM) 파동이라면, 파동 전면(602)은 x방향으로 전자기 영역 구성 부품을, 그리고 z방향으로 전자기 영역 구성 부품을 가질 것이다. 이제, 도6b 내지 도6d가 더욱 상세하게 설명된다.

도6b에서, 압축력(604a, 604b)은 x방향을 따라 그리고  $\text{CaF}_2$  판(408)의 표면(406c, 406d)에 수직으로 인가된다. 본 발명의 양호한 실시예에서, 압축력은 표면(406c, 406d)에 인접되는 하나 이상의 나사를 사용하여 인가될 수 있다. 최선의 결과에 대해서는, 압축력은 다중 나사를 사용하여 표면(406c, 406d)을 따라 균일하게 인가되어야 한다. 압축력은 x방향으로 지향되는 전자기 영역에 의해 확인되는  $\text{CaF}_2$  판에 대한 굴절률을 변경시키는 내부 응력을 발생시킬 것이다. z방향으로 지향되는 전자기 영역의 굴절률은 변경되지 않은 채로 있다. 따라서, 광학 파동 전면(602)은 x방향으로 지향된 전자기 영역이 z방향으로 지향된 전자기 영역과 비교하여 지연되기 때문에 판(408)을 통해 이동함으로써 지연될 것이다. 실험에 의한 결과는 90도의 지연이 300 내지 500 psi의 힘을 인가함으로써 157 nm의 파장에서 달성될 수 있음을 보여준다.

도6c는 인장력(또는 당김력)(606a, 606b)은 표면(406a, 406b)에 수직으로 인가된다. 양호한 실시예에서, 장력은 각 표면(406a, 406b)에 바아를 에폭싱하고 바아 상에서 외측으로 당김으로써 인가될 수 있다. 전술한 바와 같이 인가된 힘은 힘의 방향으로 배열된 전자기 영역에 대한 굴절률을 변경시킴으로써, 이에 의해 소정의 지연을 발생시킨다.

도6d에서, 압축력(608a, 608b)은 표면(406e, 406f)에 인가된다. 인가된 힘(608)은 x방향이 아니라 z방향으로 지향되는 전자기 영역의 굴절률을 변경함으로써, 이에 의해 소정의 지연을 발생시킨다.

도6e에서, 소정의 지연을 실행하기 위해 표면(406e, 406f)에 수직으로 인장력(또는 당김력, 610a, 610b)이 인가된다.

도6f에서, 표면(406c, 406d)에 수직으로 압축력(612a, 612b)이 인가되고, 표면(406e, 406f)에 수직으로 인장력(614a, 614b)이 인가된다. 본 실시예에서, z방향을 지향하는 EM 영역에 대한 굴절률뿐만 아니라, x방향을 지향하는 EM 영역에 대한 굴절률도 변한다. 그러나, 하나의 힘이 압축력이고 다른 힘이 인장력이기 때문에 하나의 굴절률이 증가하면 다른 굴절률은 감소한다.

도6g에서, 표면(406c, 406d)에 대해 수직으로 인장력(614a, 614b)이 인가되고, 표면(406e, 406f)에 수직으로 압축력(616a, 616b)이 인가된다. 도6f에서 설명된 것과 같이, x방향과 z방향 모두를 지향하는 EM 파동에 대한 굴절률은 변하지만 반대 부호를 갖는다.

압축력 및/또는 인장력이 입사하는 광학 파형을 수용하는 평면 세트가 아닌 입방면에 인가되는 것이 도6b 내지 도6g에 나타나 있다. 대신에 압축력 또는 인장력이 하나 이상의 다른 두 세트의 입방면에 인가된다. 다른 입방면 세트는 406c, 406d 및 406e, 406f이다.

플로우차트(300)로 돌아와서, 단계(310)에서, 소정의 지연량인지의 여부를 결정하기 위해, 관련 파장에서 광학 지연이 측정된다. 편광계를 포함한, 광학 지연 측정을 위한 다양한 장치가 당해 기술 분야의 숙련자에게 공지되어 있다.

도7은 응력판(408)의 광학 지연이 입사 광학 파동 전면(602)에 대해 소정의 90도 각도인지의 여부를 결정하기 위한 측정 시스템(700)을 도시하고 있다. 이러한 목적을 위해, 광학 파동 전면(602)은 수직으로 편광된다. 도7은 편광기(703), 응력판(408), 거울(706), 및 검출기(709)를 포함하고 아래와 같이 작동한다.

편광기(703)는 수직 편광 파동 전면(602)에 정합되므로, 사실상 파동 전면(602)을 응력판(408)으로 통과시킨다. 응력판(408)은  $zx$ 평면에서 45도 회전함으로써 파동 전면(602)을 회로 편광 파동 전면(707)으로 변화시킨다. 거울(706)은 CP 파동 전면(707)을 반사시키고 CP 파동 전면(708)을 발생시키도록 CP 편광을 반전시킨다. CP 파동 전면(708)은 응력판(408)을 통해 후방으로 통과하고 응력판 지연이 대체로 90도라면 대체로 수평으로 편광된 빛(704)으로 변환한다. 수직 편광기(703)는 빛(704)을 수용하고, 수평하게 편광되고 빛(702)으로서 수직 콘텐츠를 통과하는 임의의 콘텐츠를 받아들이지 않는다. 검출기(709)는 편광기(703)를 통과한 빛(702)의 신호 세기를 측정한다. 응력판(408)의 지연이 90도에 가까울수록, 더욱 많은 빛(704)이 받아들여지지 않고 빛(702)에 대해 더 작은 신호 세기가 측정된다. 응력판 지연이 90도로부터 변함에 따라, 검출기(709)는 편광기(703)를 통해 통과하는 빛의 더 큰 신호 세기를 검출할 것이다.

단계(312)에서, 응력판의 지연이 소정의 양에 충분히 가까운지의 여부를 결정된다. 측정 시스템(700)이 사용된다면, 빛(702)의 측정된 신호 세기에 기초하여 결정된다. 즉, 신호 세기가 시발점에 있다면, 지연은 소정의 90도에 충분히 가깝지 않다. 지연이 충분하다면, 공정과 응력판(408)의 단부는 완료되고 사용을 위해 대기된다. 지연이 충분하지 않다면, 압축력 및/또는 인장력이 단계(314)에서 증가되고, 측정 공정은 소정의 지연에 도달할 때까지 반복될 수 있다.

## B. 전단력

플로우차트(300)는  $\text{CaF}_2$  판의 역학적 표면/입방면에 수직으로 인가되는 압축력 및/또는 인장력을 사용하여  $\text{CaF}_2$  응력판을 만드는 방법을 설명하고 있다. 다르게는,  $\text{CaF}_2$  응력판은 판에 인가된 전단력을 사용하여 제조될 수 있다. 도8은 하나 이상의 전단력을 사용하여  $\text{CaF}_2$  응력판을 만드는 방법을 설명하는 플로우차트(800)를 나타내고 있다. 플로우차트(800) 내의 단계(302, 304, 310-314)는 플로우차트(300)에 설명된 것과 동일하며, 독자에게 더욱 상세히 설명된다. 새로운 단계(802, 804)가 이하에 설명된다.

단계(802)에서,  $\text{CaF}_2$  샘플은 투과축 주위에  $\text{CaF}_2$  입방면에 대해 45도 회전된 역학적 표면을 갖는  $\text{CaF}_2$  판을 생성하도록 가공된다. 단계(802)는 도9에 도시된 플로우차트(900)에 의해 설명되며 이하와 같다. 단계(902)에서,  $\text{CaF}_2$  판은  $\text{CaF}_2$  샘플로부터 절단되어, 4개의 역학적 표면이 단계(304)에서 얻어진  $\text{CaF}_2$  입방면에 대해 (투과축에 한정되지 않고) 45도 회전된다. 크리스탈 재료를 절단 또는 연마하기 위한 다양한 기법이 당업자에게 공지되어 있다. 다른 2개의 역학적 표면은  $\text{CaF}_2$  입방면 상태로 되도록 절단되고, 광학 파동 전면을 위한 투과축을 한정한다. 단계(904)에서,  $\text{CaF}_2$  판은 상업적인 다듬질 공정으로 연마되어, 표면들은 광학적 투과를 위해 요구되는 만큼 충분히 편평하고 평행이다.

도10a는 단계(902, 904)에 따라 가공된 후의  $\text{CaF}_2$  판(1002)을 설명한다. 설명된 바와 같이,  $\text{CaF}_2$  판(1002)은 입방면(1006a-d)에 대해 투과축(1008)을 중심으로 45도 회전된 역학적 표면(1004a-d)을 갖는다. 이처럼, 입방면(1006a-d)은 도10a에 도시된 바와 같이 판(1002) 내부에 "다이아몬드" 형상을 형성한다. 역학적 표면(1004e, 1004f)은 각각 판(1002)의 "상부" 및 "저부" 표면이고,  $\text{CaF}_2$  입방면 상태에 있다. 이와 같이, 역학적 표면(1004e, 1004f)은 (광학 투과축을 한정하고) 광학 투과축(1008)에 수직이다.

단계(804)에서, 전단력이 역학적 표면을 따라 그리고 투과된 광 파동 전면의 투과축에 수직으로 가해진다. 전단력은  $\text{CaF}_2$  판이 회전하는 것을 방해하는 방식으로  $\text{CaF}_2$  판의 대향 코너로 향한다. 압축/인장력 방법에서와 같이, 전단력은 원하는 광 지연을 실행시키기 위해서 합력 벡터의 방향으로  $\text{CaF}_2$  판의 굴절률을 변화시킨다.

도10b 및 도10c는  $\text{CaF}_2$  판의 굴절률을 변화시키는 전단력을 가하기 위한 다양한 실시예 중 몇 가지를 도시한다. 도10b 및 도10c는 이하에서 논의된다.

도10b에서, 전단력(1010a, 1010b)은 각각 표면(1004b, 1004c)을 따라 코너(1012)로 가해진다. 또한, 전단력(1016a, 1016b)은 각각 표면(1004a, 1004d)을 따라 코너(1014)로 가해진다. 전단력은 바아를 각 표면(1004)에 에폭싱(epoxying)하고 방아 상에서 적당한 방향으로 밀거나 당김으로써 실행될 수 있다. 합력은 코너(1012, 1014)를 서로로부터 인장시키도록 작용하는 인장력(1018a, 1018b)을 포함한다. 또한, 압축력(1019a, 1019b)은 코너(1003, 1005)를 서로를 향해 압축시키도록 작용한다. 인장력(1018a, 1018b) 및 압축력(1019a, 1019b)은 그 각각의 축 방향을 따라 굴절율을 변화시켜, 원하는 광 지연을 실행시킨다. 힘(1018a, 1018b)은 코너(1012, 1014)에 의해 형성된 대각선을 따라 향한다는 것을 주목해야 한다. 그래서, 힘(1018a, 1018b)은 입방면(1006b, 1006d)에 수직하나, 역학적 표면(1004a 내지 1004d)에 대해 zx 평면에서 45도 회전된다. 마찬가지로, 힘(1019a, 1019b)은 입방면(1006a, 1006c)에 수직하나, 역학적 표면(1004a 내지 1004d)에 대해 zx 평면에서 45도 회전된다. 이것은 응력판(408)의 역학적 표면에 모두 직각인 도6a 내지 도6g의 압축력 및 인장력과 대조된다. 이러한 차이의 결과로서 전단력을 이용하여 제작된 90도 응력판은 직선 편광으로부터 원 편광으로 또는 반대로 입사 광 파동 전면의 편광을 이동시키기 위해 zx 평면에서 45도 회전될 필요가 없다. 이것은 합력 벡터(1018, 1019)가 zx 평면에서 이미 45도 회전되었기 때문이다.

도10c에서, 전단력(1020a, 1020b)은 각각 표면(1004b, 1004c)을 따라 코너(1012)로 가해진다. 또한, 전단력(1022a, 1022b)은 각각 표면(1004a, 1004d)을 따라 코너(1014)로 가해진다. 그 결과는 코너(1012, 1014)에 의해 형성된 대각선을 따라 작용하고 대각선을 따라 굴절률을 변화시키는 압축력(1024a, 1024b)이다. 또한, 인장력(1026a, 1026b)이 코너(1003, 1005)의 대각선을 따라 작용하고 대각선을 따라 굴절률을 변화시킨다. 도10b에서와 같이, 합성 압축력(1024a, 1024b)은 입방면(1006b, 1006d)에 수직이나, 역학적 표면(1004a 내지 1004d)에 대해 45도 회전된다. 마찬가지로, 인장력(1026a, 1026b)은 입방면(1006a, 1006c)에 수직이나, 역학적 표면(1004a 내지 1004d)에 대해 45도 회전된다. 그래서, 직선 편광으로부터 원 편광으로 또는 반대로 입사 광 파동 전면의 편광을 변화시키기 위해 응력판을 회전시킬 필요가 없다.

본 발명의 방법 및 부품의 실시예는 본 명세서에서 설명되었다. 알 수 있는 바와 같이, 이러한 실시예는 제한적이 아닌 예시적 목적으로 설명되었다. 다른 실시예들도 가능하며 본 발명에 의해 커버된다. 이러한 다른 실시예들은 본 명세서에 포함된 교시를 기초로 할 때 당업자에게 명확해질 것이다. 그래서, 본 발명의 범위 및 범주는 위에서 설명된 임의의 양호한 실시예에 의해 한정되어서는 안 되며, 오직 첨부된 청구범위 및 그에 상응하는 것에 따라 한정되어야 한다.

### 도면의 간단한 설명

도1은 본 발명의 예시적인 실시예인 조사 시스템의 다이어그램이다.

도2a는 본 발명의 실시예에 따른  $\text{CaF}_2$  응력판을 도시하는 도면이다.

도2b는  $\text{CaF}_2$ 를 위한 면 중심 입방 결정 구조를 도시하는 도면이다.

도3은 본 발명의 실시예에 따른 압축력 및/또는 인장력을 이용한  $\text{CaF}_2$  응력판을 만들기 위한 플로우차트(300)를 도시한다.

도4는 본 발명의 실시예에 따른 입방면을 따라 배열된  $\text{CaF}_2$  판을 포함하는 분할면을 따라 배열된 처리되지 않은  $\text{CaF}_2$ 의 샘플을 도시하는 도면이다.

도5는 본 발명의 실시예에 따른 입방면을 따라 배열된  $\text{CaF}_2$  판을 생성하는  $\text{CaF}_2$  판을 처리하기 위한 플로우차트(500)를 도시한다.

도6a는 본 발명의 실시예에 따른 입방면을 따라 배열된  $\text{CaF}_2$  판을 도시하는 도면이다.

도6b 내지 도6g는 본 발명의 실시예에 따른 소정의 광학 지연을 수행하도록  $\text{CaF}_2$  입방면에 수직하는 압축력 및/또는 인장력을 인가하는 다양한 조합을 도시한 도면이다.

도7은 본 발명의 실시예에 따른 전단력을 사용하는  $\text{CaF}_2$ 를 만들기 위한 플로우차트(700)를 도시한다.

도8은 본 발명의 실시예에 따른 전단력을 사용하는  $\text{CaF}_2$ 를 만들기 위한 플로우차트(800)를 도시한다.

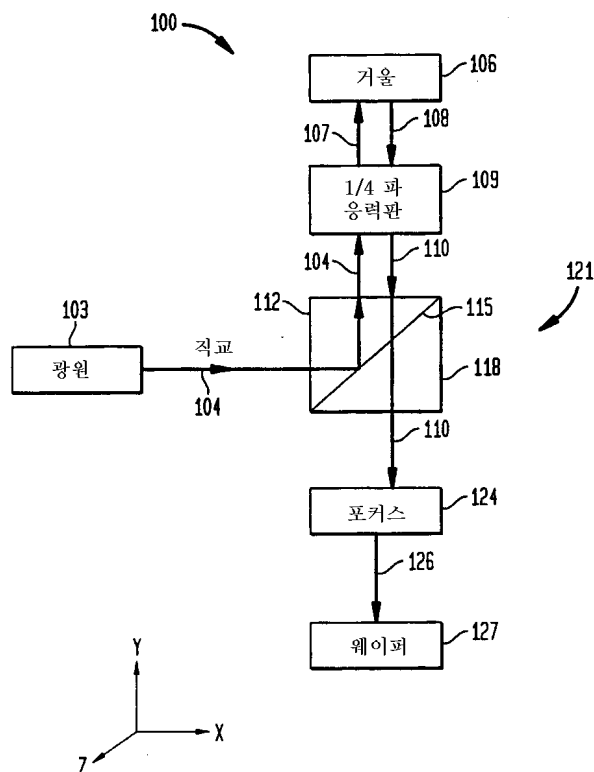
도9는 본 발명의 실시예에 따른  $\text{CaF}_2$  입방면에 대해 투과축을 중심으로 45도 회전된 역학적 표면들을 갖는  $\text{CaF}_2$  판을 생성하도록  $\text{CaF}_2$ 의 샘플을 처리하기 위한 플로우차트(900)를 도시한다.

도10a는  $\text{CaF}_2$  입방면에 대해 45도 회전된 역학적 표면들을 갖는  $\text{CaF}_2$  관을 도시한 도면이다.

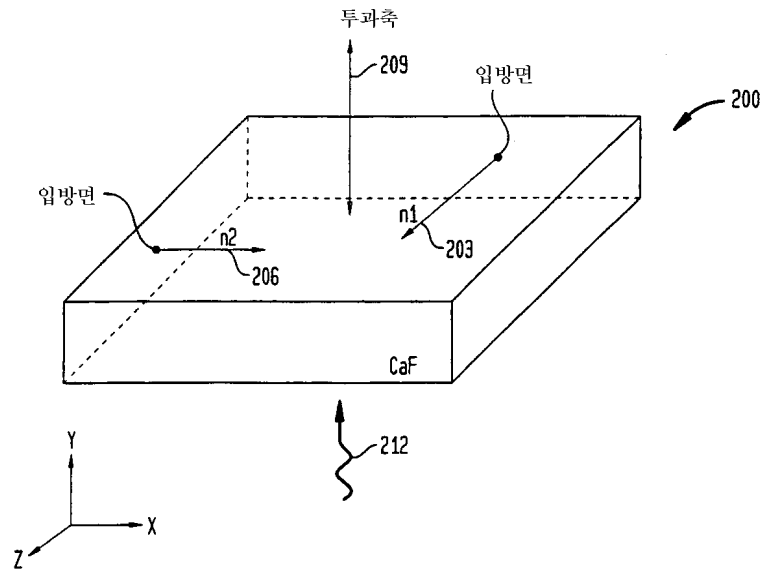
도10b 내지 도10c는 본 발명의 실시예에 따른 광학 지연을 수행하도록  $\text{CaF}_2$  입방면을 따라 (또는 인접하여) 전단력을 인가하기 위한 다양한 실시예들을 도시한 도면이다.

도면

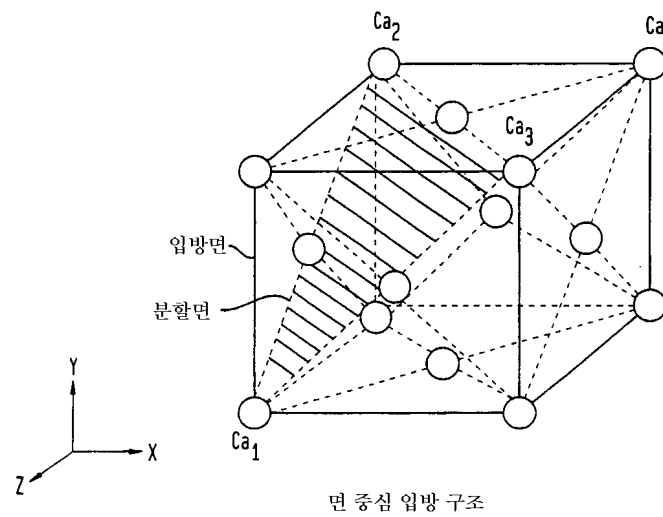
도면1



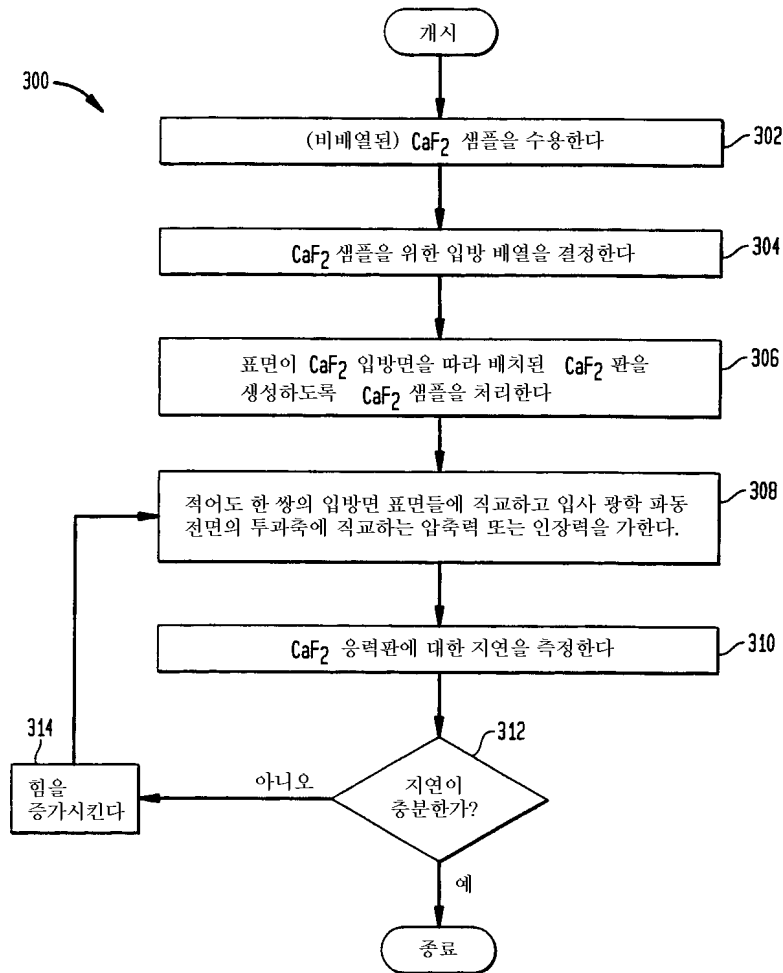
도면2a



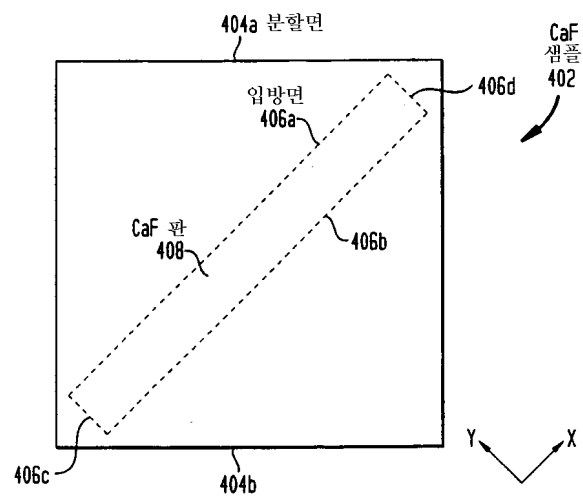
도면2b



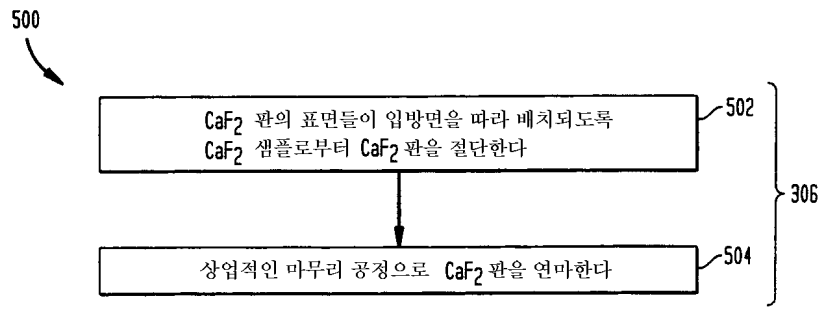
도면3



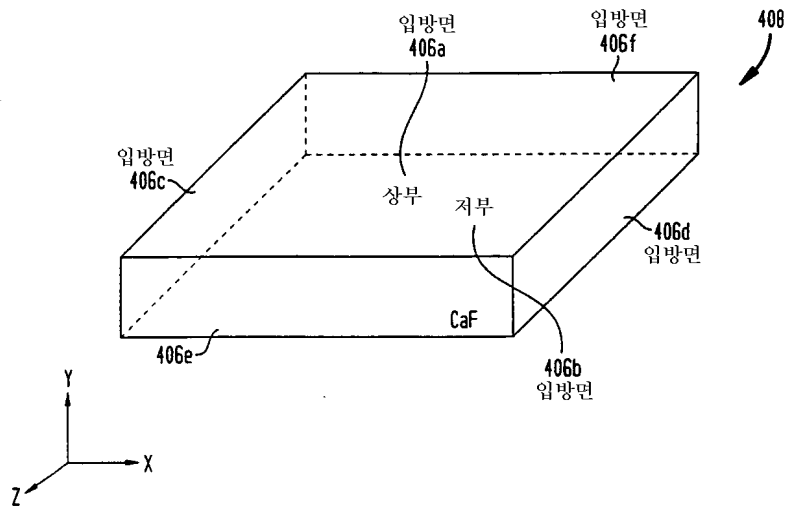
도면4



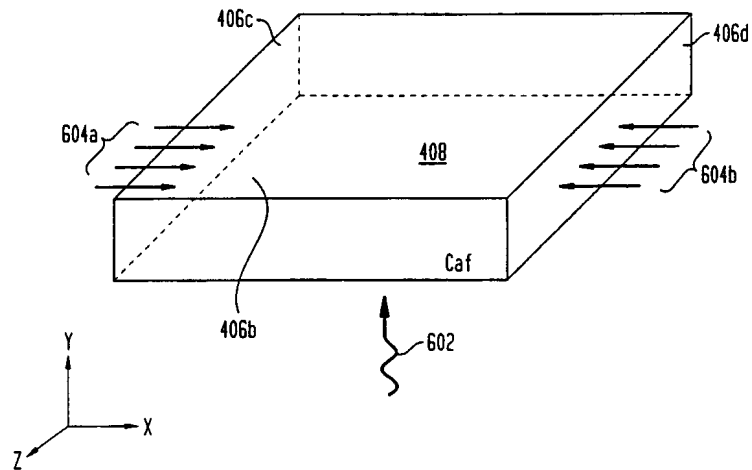
도면5



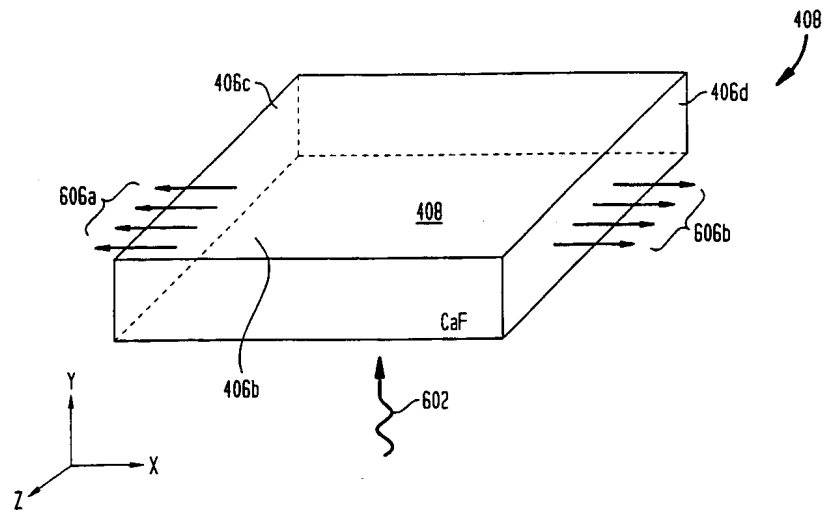
도면6a



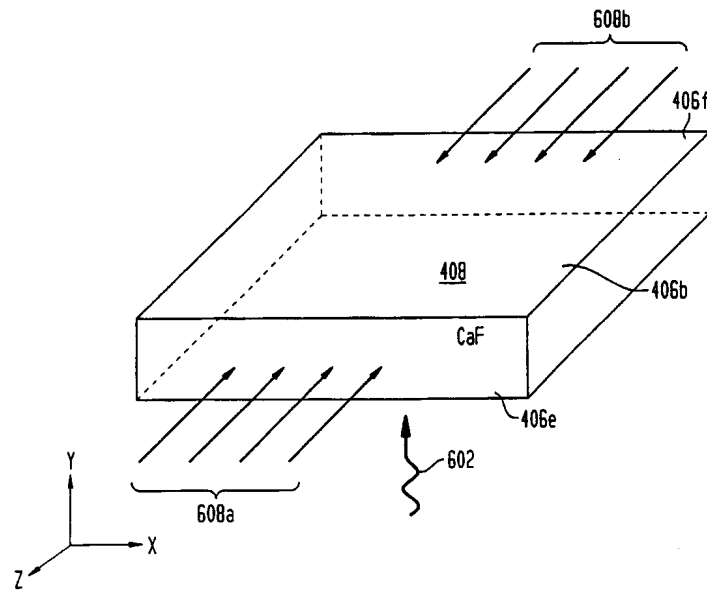
도면6b



도면6c

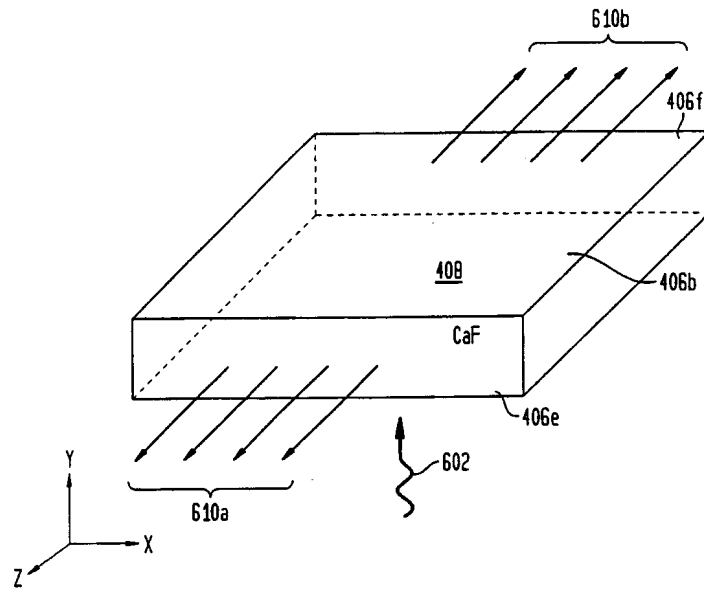


도면6d

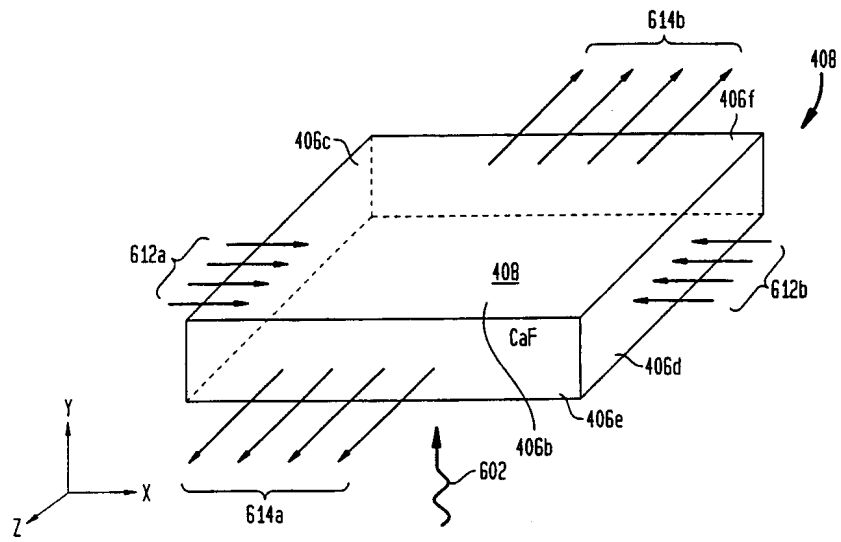




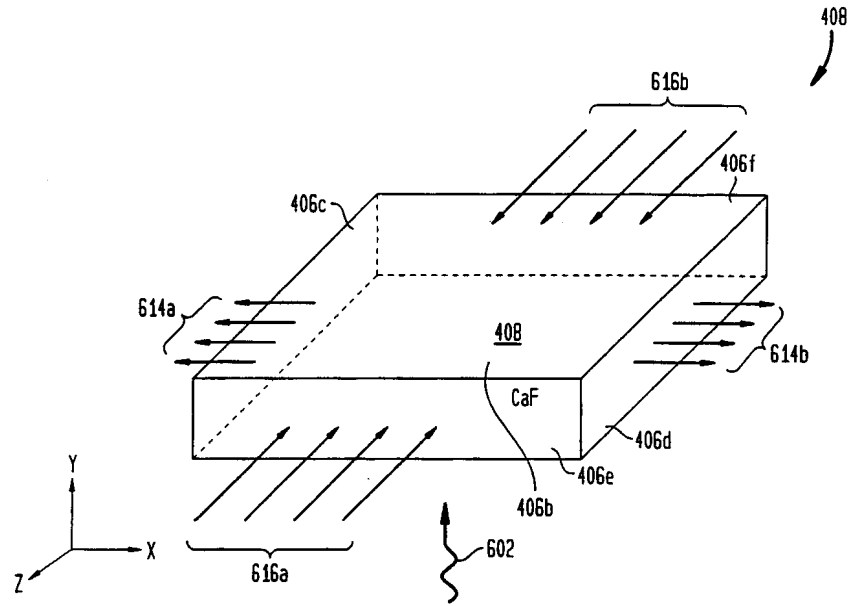
도면6e



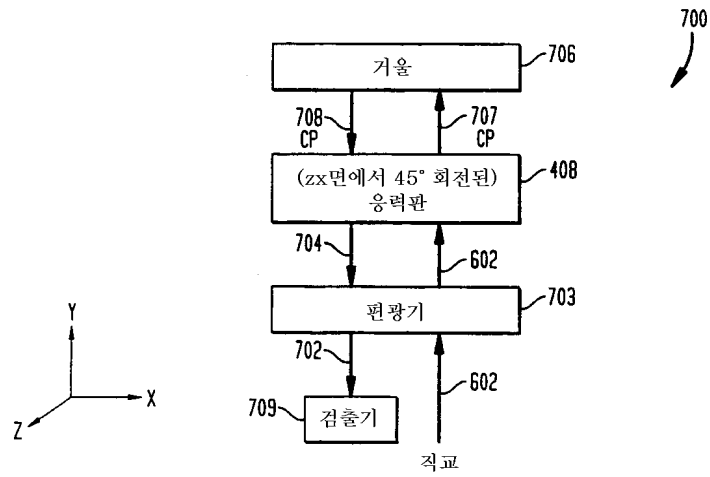
도면6f



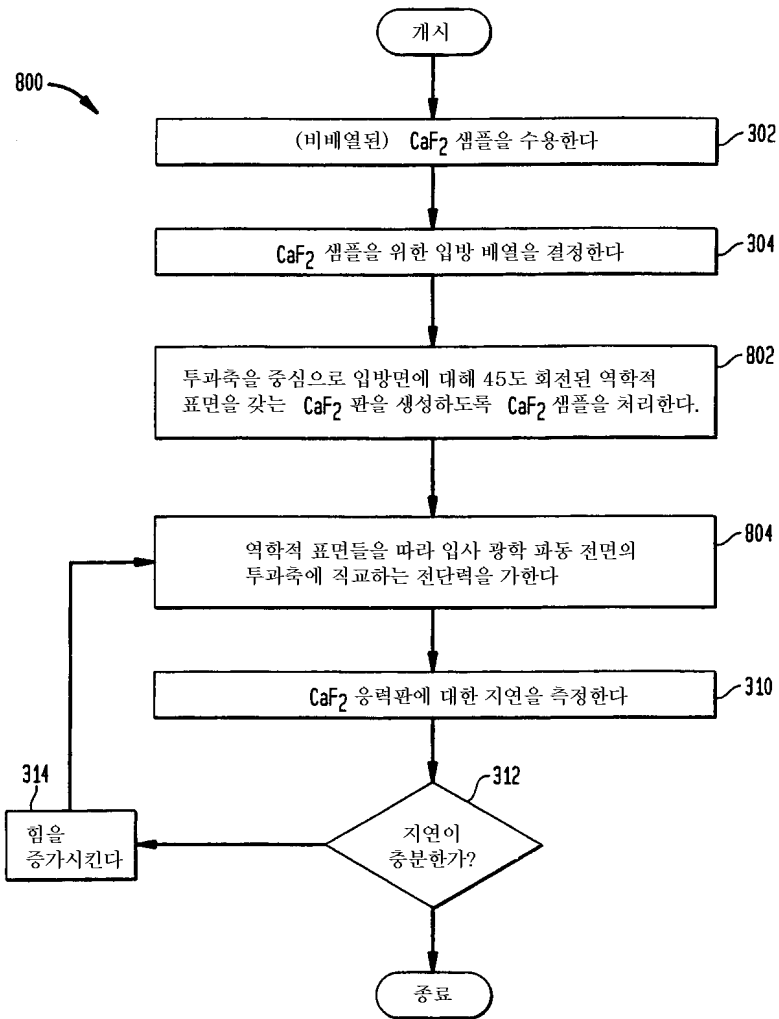
도면6g



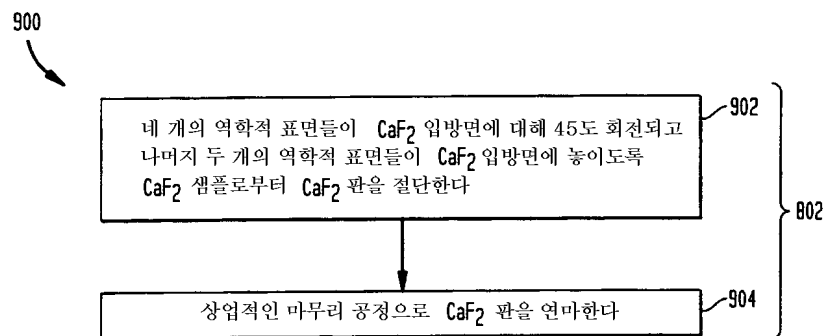
도면7



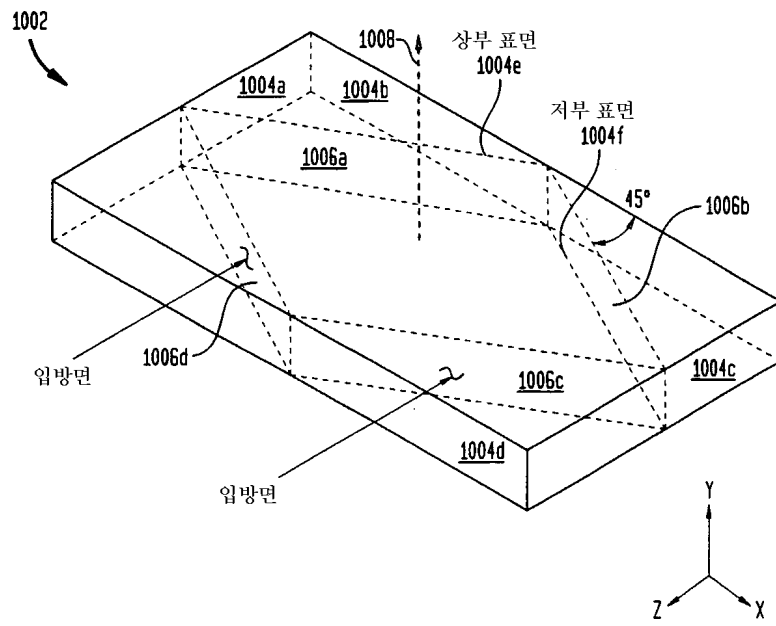
도면8



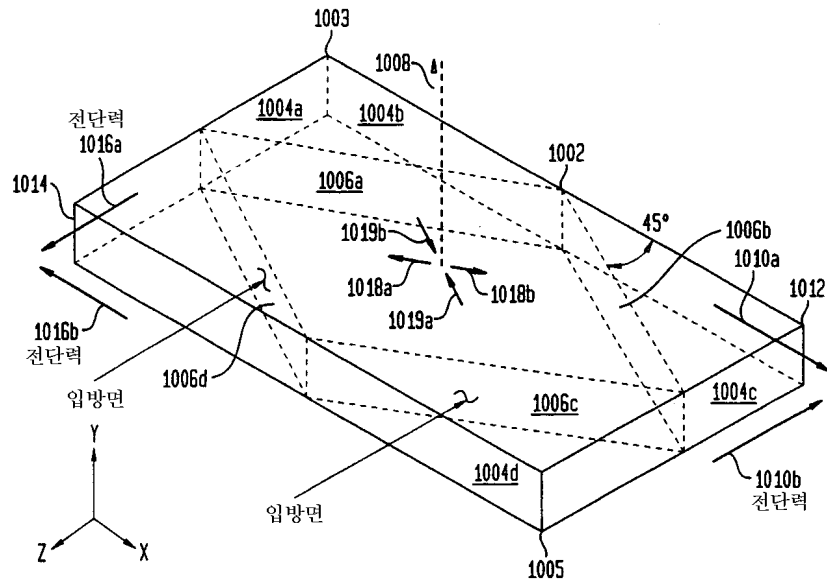
도면9



도면10a



도면10b



도면10c

