(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.^{7}
G02B 6/42

(45) 공고일자 2004년07월05일
(11) 등록번호 10-0439088
(24) 등록일자 2004년06월25일

(21) 출원번호	10-2001-0056683	(65) 공개번호	10-2003-0023929
(22) 출원일자	2001년09월14일	(43) 공개일자	2003년03월26일

(73) 특허권자 한국과학기술원
대전 유성구 구성동 373-1

(72) 발명자 김번중
대전광역시유성구어은동한빛아파트132-802

권영세
대전광역시유성구어은동한빛아파트101-1202

(74) 대리인 전영일

심사관 : 서진원

(54) 상호 자기 정렬된 다수의 식각 홈을 가지는 광결합 모듈및 그 제작방법

요약

본 발명은 광섬유와 광도파로를 광결합하는 장치 및 그 제작방법에 관한 것이다. 광통신 및 평면 광회로(PLC)를 광결합하는 장치에 있어서 광섬유 거치용 홈과 광도파로가 실장되는 식각홈을 패턴이 정렬된 동일 마스크 패턴으로 노광하고 동시에 이방성 식각을 행하여 가공한다. 이렇게 함으로써 두 홈을 2회 이상의 노광 공정에서 정렬하는 것보다 한 번에 간단히 정밀한 정렬을 하여 저가의 수동 정렬에서 광결합 효율을 높여주는 구조가 된다.
또한, 광도파로에 입구가 몸체보다 큰 테이퍼 구조를 적용함으로써 광섬유의 수동 정렬시의 수직, 수평 방향 정렬 허용한계(tolerance)를 높여서 결과적으로 광결합 효율을 개선시키고, 수동 정렬을 쉽게 해준다. 아울러 기판 위의 두꺼운 절연막이나 도파로 자체의 두꺼운 절연막을 보드로 활용함으로써, 고주파 전기-광회로부의 조립과 응용이 가능한 구조이다.

대표도

도 4

색인어

이방성 식각, 광도파로, 광섬유, 광통신, 광결합 모듈, 자기정렬

명세서

도면의 간단한 설명

도 1과 도 2는 종래 기술에 따른 광결합 모듈의 구조도로서, 도 1은 사시도, 도 2a는 평면도, 도 2b는 측면도, 도 2c는 마스크 패턴 정렬도이고,

도 3은 본 발명에 적용되는 이방성 식각의 모식도로서, 도 3a는 식각 마스크의 패턴도, 도 3b는 이방성 식각과정을 도시한 측단면도이고,
도 4와 도 5는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 광결합 모듈의 구조도로서, 도 4는 사시도, 도 5a는 평면도, 도 5b는 측면도, 도 5c는 마스크 패턴 정렬도이고,
도 6a 내지 도 6h는 도 4와 도 5에 도시된 본 발명의 제 1 실시예에 따른 광결합 모듈의 제작공정을 도시한 도면,
도 7은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 광결합 모듈의 구조도이고,
도 8과 도 9는 본 발명의 제 3 실시예에 따른 광결합 모듈의 구조도로서, 도 8은 사시도, 도 9a는 평면도, 도 9b는 측면도, 도 9c는 마스크 패턴 정렬도이고,
도 10a 내지 도 10h는 도 8과 도 9에 도시된 본 발명의 제 3 실시예에 따른 광결합 모듈의 제작공정을 도시한 도면,
도 11과 도 12는 본 발명의 제 4 실시예에 따른 광결합 모듈의 구조도로서, 도 11은 사시도, 도 12a는 평면도, 도 12b는 측면도, 도 12c는 마스크 패턴 정렬도이고,
도 13은 본 발명의 실시예에 따른 광도파로의 단면을 도시한 도면,
도 14a는 제 1 실시예 내지 제 4 실시예에서 이방성 식각에 사용하는 두 개의 직각 패턴을 가지는 마스크 패턴을 도시한 도면,
도 14b는 도 14a에 도시된 바와 같은 두 직각 패턴을 가지는 마스크를 이용한 이방성 식각의 문제점을 도시한 도면,
도 15a는 본 발명에 따른 보상패턴을 가지는 마스크 패턴을 도시한 도면,
도 15b는 도 15a의 보상패턴을 가지는 마스크 패턴을 이용한 식각 진행상태를 도시한 도면,
도 16은 도 15a에 도시된 바와 같은 보상패턴이 형성된 마스크를 이용하여 식각하는 과정을 도시한 도면이다

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 광섬유와 광도파로를 광결합하는 광결합 모듈 및 그의 제작방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게 설명하면 기판 위에 폭이 다르고 상호 자기 정렬된 두 홈을 이방성 식각하여 한 쪽 홈에는 광섬유를 거치하고 다른 쪽 홈에는 광도파 로를 제작하여 광섬유와 광도파로가 상호 자기 정렬되도록 한 광결합 모듈 및 그 제작방법에 관한 것이다.
최근의 인터넷 등을 통한 정보 전송량의 급증과 PC 등에서의 각 보드 사이에서의 데이터 전송량의 증대를 해결하기 위해서 구리선 통신 대신에 광대역 통신이 가능한 광통신에 대한 요구가 늘어나고 있다. 이러한 광통신 시스템에 있어서 신호의 효율적인 전달을 위해서는 광섬유 대 광섬유, 발광소자 대 광섬유, 광섬유 대 수광회로부, 혹은 발광소자 대 수광회로부 등의 광결합부분에서의 광신호 결합 효율이 통신품질의 중요한 변수가 된다. 특히, 단일모드 광섬유를 매개로 하는 광결합 회로나 일반적인 광회로는 허용되는 정렬오차가 1-2 um 이내이기 때문에 간단하면서도 정밀한 조립 기술이 필요하다.
종래의 광결합 방식으로는 능동정렬(Active alignment)방식과 수동정렬방식(Passive Alignment)이 주로 사용되어 왔다. 능동정렬방식은 발광소자를 구동하거나 광섬유에 일정 광신호를 인가한 상태에서, 발광소자나 다른 광회로 요소(광섬유, 광도파로, 수광회로), 광섬유를 각각 수직 또는 수평방향으로 움직이면서 그 광결합 효율이 최대가 되는 위치점을 파악하여 그 상대적 위치를 접착제 등으로 고정시키는 방법이다. 이 능동정렬방식은 일정한 결합효율을 얻을 수는 있으나, 조립 중에도 소자를 구동시켜야 하며, 최적의 광결합 효율을 얻기 위한 정렬 시간이 많이 걸리는 등의 단점으로 인하여 저가화가 어려운 단점이 있다.
수동정렬방식은 정밀하게 가공된 치구 위에 광섬유와 다른 광회로 요소들을 기계적으로 위치시킴으로써 원하는 조립 정밀도를 얻는 방식인데, 아직은 가공 오 차의 크기나 그 분포가 충분히 줄어들지 않아서 실제로는 그 수율이 좋지 않은 단점이 있으나, 광결합 모듈의 가격을 저가화하기 위해 필요한 방식이라는 인식이 널리 퍼지고 있으며, 현재는 155Mbps 급 정도의 모듈에 적용되기 시작하고 있다.
상술하였던 종래의 수동정렬방식들의 광결합 모듈은 광섬유와 광회로와의 정렬에 있어서, 광섬유 자체의 치수 오차뿐만 아니라 광섬유가 거치되는 식각홈의 표면 거칠기, 치수의 정밀도, 식각홈과 광회로 패턴 사이의 상호 정렬 정확도 등에 의해서 그 결합 효율이 좌우된다.
도 1과 도 2는 종래 기술에 따른 광결합 모듈의 구조도로서, 도 1은 사시도, 도 2a는 평면도, 도 2b는 측면도, 도 2c는 마스크 패턴 정렬도이다. 이 광결합 모듈은 광통신 모듈의 광섬유와 폴리머 광회로를 광결합하는데, 광섬유가 놓이는 실리콘기판(1) 위에는 V자형이나 U자형의 식각홈(2)을 형성하고, 광섬유 코어(4)에 대향되는 위치에 광결합되는 광도파로의 코어층(6)이 정렬되도록 폴리머 광회로(5)를 제작한다. 필요에 따라 결합 효율을 높이기 위해 광도파로의 광도입부를 가공하기도 하는데, 도 1에 제시된 종래 기술에서는 Saw-cut 방법으로 홈(7)을 가공한다.
이러한 광벤치가 완성되면 재킷을 벗긴 광섬유의 클래딩(3)을 식각홈(2)에 접착제로 고정시킨다.
광결합 효율을 높이기 위해서는 도 2a와 도 2b에 도시된 바와 같이 실리콘 기판(1)에 형성된 식각홈(2)에 고정된 광섬유의 코어(4)와 폴리머 광회로의 광도파로 코어층(6)이 일직선상에 정렬되어야 한다. 도 2c는 실리콘 기판(1)의 식각홈(2)을 제작하기 위한 마스크 패턴(2B)과 광도파로 코어층(6)의 패턴(6B)의 정렬도이다. 이 광결합 모듈에서 광결합 효율을 높이기 위해서는 광섬유와 광도파로의 광축이 일치해야 하며, 각 회로에서의 광폭이나 모양은 서로 같을수

록 광결합 효율이 증대한다. V자형 식각홈(2)에 광섬유(3)가 놓이면, 광섬유의 코어(4)의 수직, 수평 위치는 식각홈(2)의 폭과 크기에 좌우되는데, 이 식각홈의 폭과 크기 및 위치는 마스크 패턴(2B)에 의해 결정된다.

종래의 광결합 모듈은 실리콘 기판에 식각홈(2)을 형성한 후 광도파로 코어용 패턴(6B)을 정렬하거나 혹은 그 역순으로 정렬하기 때문에 최소한 2번의 정렬 노광이 필요하여 제작공정이 복잡하고, 광섬유 거치용 식각홈과 광도파로 코어층을 별도 제작하기 때문에 수평방향과 방향각의 정렬 오차, 식각홈의 단차에 따른 노광 공정오차 등이 발생하게 되는 문제점이 있다. 또한, 제조 공정시의 온도 편차에 의한 오차도 발생한다. 즉, 접촉식 정렬 노광(Contact Alignment)에서는 보통 10cm 떨어진 패턴의 경우 쿼츠 마스크의 열팽창을 고려할 때에 약 0.93 um/°C 정도 오차가 추가된다. 또한, 스테퍼 방식의 경우는 식각홈의 단차에 따른 감광제의 평탄도 문제와 초점 심도 문제가 심각해서 공정이 어려워진다. 이로 인해, 광섬유의 코어와 광도파로의 코어층 사이에는 1-2 um 정도의 마스크 층간 정렬오차가 발생할 수밖에 없는 문제점이 발생한다. 상기한 문제점들은 실리콘 기판 상에 광도파로를 제작한 후 V자홈을 형성하더라도 해소되지 않는다.

즉, 종래에는 광섬유를 정렬하기 위한 V자홈을 형성하는 공정과 광도파로를 정렬하여 제작하는 공정이 별도로 이루어졌기 때문에 광섬유의 코어와 광도파로의 코어층 사이에 정렬오차가 발생할 수밖에 없는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은, 광섬유 거치용 홈과 광도파로가 형성될 위치의 식각홈을 패턴 정렬된 동일 마스크 패턴을 이용하여 동시에 이방성 식각함으로써, 마스크 정렬에 따른 오차를 줄일 수 있는 광결합 모듈 및 그 제작방법을 제공하는 데 있다.

발명의 구성 및 작용

상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 상호 자기 정렬된 다수의 식각홈을 가지는 광결합 모듈은, 기판 위의 한 쪽 부분에는 광섬유가 거치되고 상기 기판 위의 다른 쪽 부분에는 상기 광섬유와 정렬되게 광도파로가 실장되어, 상기 광섬유와 광도파로를 광결합하는 광결합 모듈에 있어서,

상기 기판은, 상기 한 쪽 부분에 상기 광섬유가 거치되도록 형성된 제 1 이방성 식각홈과, 상기 다른 쪽 부분에 상기 제 1 이방성 식각홈과 연통되고 동일한 축을 가지며 상기 광도파로의 코어층의 실장 위치를 가이드하도록 형성된 제 2 이방성 식각홈을 포함한 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명에 따른 상호 자기 정렬된 다수의 식각홈을 가지는 광결합 모듈의 제작방법은, 기판 위의 한 쪽 부분에는 광섬유가 거치되고 상기 기판 위의 다 른 쪽 부분에는 상기 광섬유와 정렬되게 광도파로가 실장되어, 상기 광섬유와 광도파로를 광결합하는 광결합 모듈을 제작하는 방법에 있어서,

상기 기판 위에 이방성 식각 마스크를 형성하는 제 1 단계와;

상기 이방성 식각 마스크에 상호 동일축을 가지도록 자기 정렬되고 폭이 서로 다른 두 개의 마스크 패턴을 형성하는 제 2 단계;

상기 두 개의 마스크 패턴을 이용하여 상호 연통되고 상기 광섬유가 거치되는 제 1 이방성 식각홈과 광도파로가 실장되는 제 2 이방성 식각홈을 형성하는 제 3 단계; 및

상기 제 2 이방성 식각홈 상에 광도파로를 실장하는 제 4 단계를 포함한 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명에 따른 기판 위에 상호 동일축을 가지도록 자기 정렬되고 폭이 서로 다른 두 개의 마스크 패턴을 가지는 식각 마스크를 이용하여, 상호 연통된 폭 넓은 제 1 이방성 식각홈과 폭 좁은 제 2 이방성 식각홈을 형성하는 방법은,

상기 기판 위에, 상기 제 2 이방성 식각홈을 형성하기 위한 마스크 패턴이 상기 제 1 이방성 식각홈을 형성하기 위한 마스크 패턴 쪽으로 소정의 길이만큼 연장된 부분을 소정의 두께로 감싸는 보상 패턴을 포함한 식각 마스크를 형성하는 단계와; 상기 이방성 식각 마스크를 이용하여 상기 기판을 이방성 식각하는 단계를 포함한 것을 특징으로 한다.

이하, 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명의 한 실시예에 따른 '상호 자기 정렬된 다수의 식각홈을 가지는 광결합 모듈 및 그 제작방법'을 보다 상세하게 설명하기로 한다.

도 3은 본 발명에 적용되는 이방성 식각방법의 모식도로서, 도 3a는 식각 마스크의 패턴도이고, 도 3b는 이방성 식각 과정을 도시한 측단면도이다.

이방성 식각은 실리콘 기판의 결정면에 따라 식각율이 차이가 나는 원리를 이용한 식각 방식이다. 본 발명에서는 표면이 (001) 결정면인 실리콘 기판(1)을 2개의 패턴(31, 32)을 가지는 식각 마스크(30)를 이용하여 이방성 식각하는데, 도 3a에 도시된 바와 같이 식각 마스크에 형성된 패턴(31, 32)이 결정방향 <110>에 수직 및 수평 방향의 변을 가지도록 한다. 도 3b는 도 3a에 도시된 식각 마스크를 이용하여 기판(1)을 식각하는 과정을 도시한 측단면도이다. 즉, 식각시간이 t1, t2, t3으로 경과할 때, 마스크 패턴의 폭에 따라 식각홈(33, 34)이 변화되는 과정을 도시한다.

식각 마스크에 상호 정렬된 두 패턴을 형성하되, 그 두 패턴의 폭을 달리하면 상호 정렬되면서도 깊이가 다른 2개의 V자형 식각홈을 동시에 만들 수 있다. 기판(1)은 실리콘 반도체나 인화인듐(InP), 혹은 비소화갈륨(GaAs) 등과 같은 화합물 반도체를 사용한다. 이러한 반도체들은 이방성 식각용액에 따라 각 결정면의 식각 속도가 상이하다. 예를 들면, 실리콘 결정의 (001)면은 (111)면에 비해 수산화칼륨(KOH) 용액에서 약 100배정도 빨리 식각된다. 즉, 일반적으로 KOH 30w/o, 82°C 용액에서는 (001)면은 약 1.2 um/분의 속도로 식각되고, (111)면은 0.01 um/ 분의 속도로 식각된다.

따라서, (001)면 위에 <110> 방향들에 평행 또는 수직한 변들을 가진 마스크 패턴(31, 32)을 만들고 식각하면, 초기에는 (001)면이 빨리 식각되면서 식각 속도가 느린 (111)면이 노출되는데, 식각이 진행될수록 (111)면이 더 많이 노출되면서 (001)면의 폭은 줄어든다. 급기야는 (111)면만 남아서 수직 식각속도가 약 1/100 정도로 줄어들고, 거의 식각이 중지되어 V자형 홈 구조로 고정된다. 이 V자형 홈은 (111)면들로 이루어지므로 각 면들은 (001)면과 54.7 ° 의 각도를 이룬다.

이때, 도 3a에 도시된 바와 같은 서로 폭이 다른 두 개의 마스크 패턴(31, 32)으로 식각하면, 도 3b에 도시된 바와 같이 식각이 진행함에 따라 U자형 홈에서 V자형 홈으로 바뀌고, 식각 속도는 감소한다. 시간 0 ~ t1 구간에서 d1 깊이만큼 식각이 이루어지면, 좁은 마스크패턴(31)에 의해 식각된 홈(33)은 이미 V자형을 이루고 그 이후의 식각과정에서는 깊이 방향으로의 식각이 거의 일어나지 않는다. 즉, 식각이 시각 t2, t3으로 진행되어서 넓은 마스크패턴(32)에 의해 식각된 홈(34)이 d2 깊이의 V자형으로 식각되더라도 좁은 마스크패턴(31)에 의해 식각된 홈(33)의 형체는 거의 변하지 않는다. 식각시의 언더컷(undercut; u)은 마스크패턴의 폭에 상관없이 동일하다. 두 마스크패턴의 축을 일치시키고 그 식각폭을 달리하면, 크기가 서로 다른 V자형 홈을 일축 상에 마스크 정렬 오차 없이 동시에 만들 수 있다.

이러한 이방성 식각에 사용되는 기판이 실리콘의 경우는 식각 용액으로 수산화칼륨(KOH) 수용액이나, EDP(EthyleneDiamine Pyrocatechol and Water) 용액 등을 사용하며, 홈의 모양을 규정하기 위한 식각 마스크로는 이산화규소(SiO_2) 박막이나 질화 실리콘(SiN_x, x=1-1.3) 박막을 사용한다. 또한, 식각 마스크에 패턴을 형성하는 방법으로는 사진 전사 기술(Photolithography)과, 건식 혹은 습식 식각방법을 이용한다.

기판이 인화인듐(InP)인 경우에는 식각 용액으로 염산 용액이나 염산-과산화수소수 용액 등을 이용하고, 기판이 비소화갈륨(GaAs)의 경우는 황산-과산화수소수-물, 혹은 브롬-메타놀 등의 용액을 이용하여 이방성 식각한다.

도 4와 도 5는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 광결합모듈의 구성도로서, 도 4는 사시도, 도 5a는 평면도, 도 5b는 측면도, 도 5c는 마스크 패턴도이다.

이 광결합 모듈은 기판(1) 위에 광섬유가 장착되는 광섬유 거치용 식각홈(41)과 광도파로의 제작 위치를 표시하는 광도파로용 식각홈(42)이 동일축(A-B 축)으로 자기 정렬되어 형성된다. 이 광섬유 거치용 식각홈(41)과 광도파로용 식각홈(42)은 상호 연통된다. 이러한 광결합 모듈을 만들기 위한 식각 마스크(43)에는 도 5c에 도시된 바와 같이 기판(1)의 광섬유 거치용 식각홈(41)을 형성하기 위한 마스크패턴(41a)과 광도파로용 식각홈(42)을 형성하기 위한 마스크 패턴(42a)이 동일축(A-B 축) 상에서 서로 다른 폭으로 형성된다. 광도파로(5)는 보통 실리카 광도파로나 BCB(Benzocyclobutene)나 폴리이미드와 같은 고분자 광도파로로 만드는데, 광도파로(5)의 코어층은 기판(1)의 광도파로용 식각홈(42) 위에 형성된다.

광섬유 거치용 식각홈(41)의 폭은 아래와 같이 결정된다.

광섬유의 클레딩(3)은 제조사에 따라 다르나 통상 지름이 125 um 이고, 광섬유 코어(4)의 지름(MFD, Mode Field Diameter)은 단일 모드의 경우 약 10 um 이다. 광도파로 코어층의 깊이(h)가 기판(1)의 표면과 동일한 위치레벨이고, 광섬유 거치용 식각홈(41)이 기판(1) 표면과 이루는 각도 θ가 54.7 ° 이면, 광섬유 거치용 식각홈(41)의 폭은 아래의 수학식 1을 이용하여 구할 수 있으며, 이는 153 um 이다.

수학식 1

$$W=2*(\frac{r}{\sin\theta}-\frac{h}{\tan\theta})$$

여기서, r = 거치하고자 하는 광섬유 클래딩(3)의 반지름이다.

한편, 광도파로용 식각홈(42)은 단일 모드의 경우 약 5-15 um 의 폭을 가지면 되며, 다중 모드의 경우는 공정 이외의 별도의 제약은 없다.

도 6a 내지 도 6h는 도 4와 도 5에 도시된 광결합 모듈의 제작 공정도이다.

도 6a 내지 도 6h에서 첫 번째 열의 도면은 도 5a 에 도시된 평면도에서의 a-a 선 단면도이고, 두 번째 열의 도면은 b-b 선 단면도이고, 세 번째 열의 도면은 c-c 선 단면도이다.

도 6a와 같이 기판(1) 위에 식각 마스크(43)를 증착한다. 기판(1)은 (001)면을 가지는 실리콘 웨이퍼를 사용하고, 이방성 식각 마스크(43)로는 이산화규소나 질화 실리콘막을 사용하되, 기판(1) 위에 식각 마스크(43)를 감압이나 플라즈마 기 상 증착법, 혹은 스퍼터링 방법으로 형성한다.

다음, 도 6b와 같이 노광법에 의하여 감광제(51)를 도포하고 식각 패턴을 뜬다. 이때, 감광제(51)를 현상하기 위해 사용하는 마스크로는 도 5c에 도시된 바와 같은 상호 자기 정렬된 마스크 패턴이 전자선 마스터에 의해 그려진 것을 사용한다. 보다 정밀한 식각을 위해서는 마스크 패턴의 방향을 기판의 <110> 방향이나 이에 수직인 방향에 정확하게 일치하도록 정렬한다. 이를 위해서 방향이 정확한 기판의 OF(orientation flat)을 사용하거나 사전 식별 식각법을 이용한다. 감광제(51)로는 AZ4330 혹은 AZ9260 같은 일반적인 감광제를 사용한다.

다음, 도6c와 같이 노출된 창을 통하여 식각 마스크(43)를 식각한다. 식각 마스크(43)가 질화실리콘 또는 이산화규소 박막이면, CF_4와 산소의 혼합가스 플라즈마 상태의 반응성이온식각(RIE, Reactive Ion Etching) 등의 방법이나 완충불산(Buffered Oxide Etchant) 용액 등으로 식각 마스크를 식각한다. 그리고 나서, 감광제를 아세톤 분사와 같은 통상의 방법으로 제거한다.

위와 같이 마스크 패턴이 정의되면, 도 6d와 같이 KOH 용액이나 EDP 용액 등 기판의 이방성 식각용액 속에서 식각을 수행한다. 광도파로용 식각홈(42)의 식각폭이 10 um 라면 이 광도파로용 식각홈(42)이 V자형이 될 때의 깊이는 7.1 um (= 10 um/2 * tan(54.7 °))인데, 상기의 식각 조건에서 (001)면의 식각 속도가 1.2 um/분이라면 약 5.9 분이 소요된다. 반면에 광섬유 거치용 식각홈(42)은 깊이가 108 um일 때 V자형이 되며 이를 위해 약 83 분이 추가 소요된

다. 이 시간 동안에 광도파로용 식각홈(42)은 약 0.8 um 더 깊이 식각되어 총 8 um 깊이가 된다. 그러나, 광섬유 클래딩의 반지름이 62.5 um 이므로, 광섬유 거치용 식각홈을 깊이가 70 um 정도인 U자형으로 제작하여도 본 발명을 실현하는 데에는 전혀 문제가 없으며, 오히려 공정시간을 약 30분 정도 단축시킬 수 있고, 광섬유 거치용 식각홈과 광도파로용 식각홈 사이의 단차가 작기 때문에 후속 공정이 간단해지는 장점이 있다. 즉, 도 6d 내지 도 6h에 도시된 광섬유 거치용 식각홈(41)이 도시된 바와 같은 V자형이 아니라 U자형으로 제작하여도 상관없다.

다음, 광도파로용 식각홈(42)에 정렬된 광도파로를 형성하는데, 먼저 도 6e는 음성 감광성 고분자 물질을 사용하는 경우의 노광도이다. 도파로의 각 층으로 양성 감광성 고분자를 사용하는 경우에는 마스크의 패턴이 반전된 것을 사용한다. 두 식각홈이 형성된 기판(1) 위에 하부 클래드층(53)을 형성하기 위해 음성 감광성 고분자를 약 3-5 um 두께로 도포한 후에 광섬유가 거치될 부분은 크롬 마스크(52)로 가리고 광도파로가 형성될 부분만을 자외선 노광한다. 본 실시예에서는 감광성 고분자로 굴절률이 1.52인 BCB를 사용한다.

다음, 도 6f와 같이 감광성 고분자를 현상용액으로 현상하여 잔류하는 고분자로 광도파로의 하부 클래드층(53)을 형성토록 한다. 상기 고분자층은 적정온도로 경화시키는데, BCB의 경우 250℃ 온도에서 1시간 정도 경화시킨다. 이 현상과정에서 BCB가 음성감광제로 작용하므로 광섬유가 거치되는 깊은 홈 부분에 도포되는 BCB는 그 깊이나 광량에 상관없이 용이하게 제거될 수 있다. 클래드층으로 양성 감광성 고분자를 사용하는 경우에는 마스크패턴이 반전된 것을 사용한다.

다음, 도 6g와 같이 상기의 하부 클래드층 위에 굴절률이 높은 고분자, 예를 들어 굴절률이 1.7인 폴리아미드를 도포하고 상기 도 6e 및 도 6f와 같은 방법으로 도포하여 광도파로 코어층(54)을 형성한다.

다음, 도 6h와 같이 코어층(54) 위에 상부 클래드층(55)을 형성하는데, 별도 제작없이 공기(굴절률=1)를 상부 클래드층으로 사용할 수도 있고, 코어층(54)보다 굴절율이 작은 고분자, 예를 들면 BCB를 도포하고 경화시킴으로써, 상부 클래드층(55)을 형성할 수도 있다.

이때, 광도파로의 단면을 살펴보면, 도 6e의 단계에서 도포되는 고분자 원액의 점도가 낮으면 도파로 부분의 홈 위에서 약간 함몰되는 구조가 되어 코어층(54)이 식각홈 안쪽으로 역시 약간 함몰되는 초승달 모양이 된다. 이로써 전형적인 굴절률 도파로인 초승달 도파로(crescent waveguide) 구조가 얻어진다.

반면에 점도가 높은 경우에는 도파로 부분의 윗면이 평탄하게 되고, 따라서 역삼각형 구조의 도파로(도 13의 (c))가 된다.

상기의 제작 공정 이외에, 도 6d에서 광섬유 거치용 식각홈과 광도파로용 식각홈을 제작한 다음, 이 광도파로용 식각홈의 길이 방향의 경사면(56)을 소우컷(saw-cut)이나 건식 식각방법으로 잘라내면, 이 끝 부분에서의 난반사를 방지할 수 있고 수평 방향으로 빛을 보낼 수 있게 된다. 또한, 도 6d에서 광섬유 거치용 식각홈과 광도파로용 식각홈을 제작한 다음, 광도파로용 식각홈의 길이 방향의 경사면(56)에 금, 알루미늄, 은, 니켈 등과 같은 반사율이 좋은 금속 박막을 통상의 리프트오프(lift-off) 방법으로 증착하면, 광도파로를 통해 도파되는 광신호를 상부로 향하게 하는 반사경을 제작할 수 있다.

이렇게 제작된 광결합 모듈에 클리빙한 광섬유 클래딩을 광섬유 거치용 식각홈(41)에 위치시키면 수동 정렬에 의한 광 모듈이 조립된다.

도 7은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 광결합 모듈의 사시도이다. 도 4와 도 5와 같은 구조를 가지고 도 6과 같은 공정을 통해 제작된 광결합 모듈은 광섬유의 단부와 맞닿는 광섬유 거치용 식각홈의 길이 방향의 측면이 경사져 있고 이 광섬유는 일정 크기의 직경을 가지고 있어서, 이 경사면과 광섬유의 단면에 의해 광섬유와 광도파로 사이가 근접하지 못하고 이격되기 때문에 광결합 효율이 좋지 않다.

도 7에 도시된 광결합 모듈의 구조는 이러한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 광섬유 거치용 식각홈의 길이 방향의 경사면을 도 6의 공정 이후에 소우-컷(saw-cut)하여 U자홈(71)을 만든다. 이렇게 경사면을 없애면 광섬유(3)를 광도파로(5)에 근접시켜 광결합 효율을 향상시킬 수 있다.

도 8은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 광결합 모듈의 사시도이고, 도 9a, 도 9b, 및 도 9c는 도 8에 도시된 광결합 모듈의 평면도, 측면도, 및 마스크 패턴도이다.

앞서 설명한 바와 같은 폭이 다르고 상호 자기 정렬된 2개의 식각홈(81, 82)을 가지는 기판(1)의 표면에 절연막(83)을 형성하고, 이 절연막 위에 광섬유를 거치시키거나 광도파로를 제작한다. 기판(1)에 두 개의 식각홈을 제작하기 위한 마스크 패턴이 도 9c에 도시되어 있는데, 이 두 마스크 패턴(84)은 기판(1)의 광섬유(3) 거치용 식각홈(81)을 형성하기 위한 마스크패턴(84a)과 광도파로가 제작되는 광도파로용 식각홈(82)을 형성하기 위한 마스크패턴(84b)이 동일축 상에서 서로 다른 폭으로 형성된다.

이렇게 기판(1)의 표면 일부 혹은 전면에 절연막(83)을 형성하면, 이 절연막(83)을 하부 클래드로 사용하고 코어층(85)으로는 고분자막을 이용한다. 따라서, 광도파로에 사용되는 고분자막의 수를 줄일 수 있으며, 상기 절연막 위에 수광소자나 수광신호 증폭기 등의 반도체 칩을 집적함으로써 회로의 기생 성분을 줄여서 고속 신호 처리가 가능해진다.

도 10a 내지 도 10h는 도 8과 도 9에 도시된 광결합 모듈의 제작 공정도이다. 도 10a 내지 도 10h에서 첫 번째 열의 도면은 도 9a에 도시된 평면도의 a-a 선 단면도이고, 두 번째 열의 도면은 b-b 선 단면도이며, 세 번째 열의 도면은 c-c 선 단면도이다.

본 실시예는 도 6과 일부 공정을 공유한다. 즉, 도 10a 내지 도 10d는 도 6a 내지 도 6d와 같은 공정으로 진행한다.

이렇게 식각 홈을 형선한 다음에 도 10e와 같이 식각홈을 가진 기판(1)에서 식각 마스크를 제거한다. 이때 식각 마스크가 질화실리콘막이나 이산화규소막이면 묽은 불산 수용액 등의 식각액을 사용한다. 다음, 도 10f와 같이 두 개의 홈이 형성된 기판 위에 전면적으로 절연막(83)을 형성한다.

절연막을 형성하는 방법으로, 기판이 실리콘인 경우는 일반적으로 습식 또는 건식 산화방법, 플라즈마 화학증착법(PECVD), 도포법(Spin Coating), 스퍼터링 등 과 같은 방법을 사용하고, 다른 기판, 예를 들면 GaAs나 InP의 경우에는

화학증착법, 도포법, 스퍼터링 등과 같은 방법을 사용한다. 이렇게 하여 보통 2-10 um 두께의 산화막을 기른다. 실리콘 위에 절연막을 형성하는 다른 방법으로는 다공성 산화막(OPS, Oxidized Porous Silicon)을 이용하는 방법이 있는데, 두 식각 홈이 형성된 기판을 불산 용액 속에서 양극반응으로 다공성 실리콘층을 기른 후 이를 900-1100 ℃ 의 산화로에서 습식이나 건식 산화법으로 산화시킨다. 이때, 10 40 um 두께의 산화막이 스트레인이 없이 용이하게 길러진다. 이러한 양극반응과 다공성 산화막의 제작방법은 공지의 기술로 자료에 자세히 나와 있다.

이렇게 형성되는 절연막들은 식각홈의 V자 또는 U자 모양을 그대로 따라가므로 V자나 U자 구조를 유지할 수 있고, 또한 그 굴절율이 1.3 1.45 의 범위에 있으므로 하부 클래드로의 사용이 가능하다.

다음, 도 6e 와 도 6f에서 설명한 바와 같은 감광성 고분자(103) 도포방식으로 도 10g와 도 10h에 도시된 바와 같이 광도파로 코어층(85)을 설정한다. 즉, BCB를 예로 들면, BCB 감광성 고분자(103)를 두께 3-10 um의 두께로 전면적으로 도포한 다음에 노광 및 현상 후 도파로 부분을 남기고 온도 경화시키면 코어층(85)이 얻어진다. 이때, BCB의 두께를 홈의 깊이나 폭에 비해 상대적으로 얇게 도포하면 광도파로의 코어층이 홈 쪽으로 옴폭 패인 모양의 오목 구조를 가진 코어층이 얻어진다. 여기에서 BCB보다 굴절률이 작은 이산화실리콘막 등으로 상부 클래드 층을 만들거나 그냥 추가 도포없이 공기에 노출시키면 초승달 구조의 광도파로가 얻어진다. 반면에 도 10g와 도 10h 에서 점도가 높은 BCB나 고분자 원액을 사용하 면 오목 구조 대신에 역삼각 구조의 도파로가 형성된다. 상부클래드층으로서의 실리콘 이산화막은 일반적으로 기존의 화학이나 플라즈마 증착을 하여 형성하면 되고, 도파로 영역이나 실리콘이산화막의 영역 설정은 앞에서 언급한 방식대로 사진전사방식을 통하여 포토레지스트를 도포한 후에 마스크로 하여 불산 완충용액(Buffered Oxide Etchant)을 이용하여 습식 식각을 하거나 RIE 등의 건식 식각을 하여 만든다.

아울러, 도파로 이외의 영역에 있는 두꺼운 절연막 및 고분자 층을 사용하면 기생용량이 적어서 고주파 회로용 기판으로서도 적용이 가능하다.

특히, 다공성 산화막을 이용하는 경우에는 일반 실리콘 기판 위에도 수십 um두께의 산화막 형성이 가능하므로 굳이 고저항 기판이나 반절연 기판을 사용하지 않고서도 자체 기판 저항이 크고 누설 전류와 기생 용량이 작으므로 수십 GHz까지의 전기 회로 동작이 가능한 광회로의 구성이 가능하다.

도 11은 본 발명의 제 4 실시예에 따른 광결합 모듈의 사시도이고, 도 12a, 도 12b, 및 도 12c는 도 11에 도시된 광결합 모듈의 평면도, 측면도, 및 마스크 패턴도이다.

본 제 4 실시예에서는, 광섬유와 연통되는 쪽의 상기 광도파로 실장용 식각홈의 일부 구간(A)이 광섬유 거치용 홈 쪽으로 그 폭이 넓어지는 테이퍼 구조를 가진다. 광도파로 실장용 식각홈을 이렇게 형성하기 위하여 마스크 패턴도 상기 일부 구간(A)이 광섬유 쪽으로 갈수록 넓어지도록 설계한다.

도 3에 도시된 이방성 식각의 모식도에서 알 수 있듯이 이방성 식각 V자홈의 식각 깊이는 마스크 패턴의 폭에 비례한다. 따라서, 광도파로 실장용 식각홈을 형성하기 위한 마스크 패턴을 광섬유 쪽으로 넓어지도록 테이퍼 구조를 형성하고 이 테이퍼 구조의 마스크 패턴으로 이방성 식각하면, 그 폭의 너비에 따라 깊이도 깊어지는 3차원 테이퍼 구조의 식각홈을 얻을 수 있다.

이렇게 광도파로 실장용 식각홈을 테이퍼 구조로 만드는 이유는 다음과 같다. 실제 광섬유 클래딩과 코어는 보통 그 지름 오차가 ±1 um이고, 중심축 불일치 규격은 ±0.6 um 정도가 된다. 따라서, 최악의 경우 ±1.6 um 정도 축이 편향될 수 있으며, 이럴 경우 수동 정렬시 광결합 효율 저하를 야기한다. 본 실시예는 이러한 문제를 해결하기 위한 것으로, 테이퍼 구조의 식각홈에 광도파로의 코어층을 실장하면, 광섬유 코어의 종횡 위치가 광도파로 코어층 중심에서 수 um 정도 벗어나더라도 광을 효과적으로 결합 가이드할 수 있으며, 따라서 결합 효율을 높일 수 있다. 이때, 테이퍼의 기울기는 모드의 손실을 줄이기 위해서 2/10 내지 2/1000 정도의 경사를 가지도록 형성한다.

도 11과 도 12의 실시예에 따른 광도파로 실장용 식각홈 구조가 절연막이 형성된 광결합 모듈에 적용된 것으로 도시되어 있으나, 도 4 및 도 5와 같이 절연막이나 saw-cut같은 단면이 형성되지 않은 광결합 모듈에도 동일하게 적용할 수 있다.

또한, 상기의 실시예에 있어서 광섬유 거치용 홈에 광섬유 클래딩(3)대신에 광섬유 재킷을 그대로 놓는 경우도 가능하다. 대신에 거치용 홈에 적용되는 패턴 의 크기는 상기 수학식 1에서 r 값을 재킷의 반지름으로 대치하면 된다.

도 13은 본 발명의 실시예에 따른 광도파로의 단면 구조를 도시한 도면이다.

도 13a는 기판(1)에 형성된 광도파로 실장용 식각홈에 하부 클래드(131), 코어층(132), 상부 클래드(133)를 순차적으로 형성하여 초승달 구조로 형성된 굴절률 도파로의 구조이다.

도 13b 내지 도 13d는 기판(1)에 광도파로 실장용 식각홈을 형성한 후 절연막(134)을 형성하여 이 절연막(134)을 하부 클래드로 이용하는 구조들이다. 도 13b는 절연막(134) 위에 BCB와 같은 감광성 고분자를 이용하여 코어층(132)을 형성하고 공기(n=1)를 상부 클래드층으로 대신하는 구조이다. 물론, 효율을 좋게 하기 위해서는 코어층 위에 굴절률이 BCB보다 작은 물질을 도포하여 상부 클래드층을 더 형성하기도 한다. 도 13c는 절연막(134)의 광도파로 실장용 식각홈 내부를 코어(132)로 채우고 그 위에 상부 클래드층(133)을 형성한 구조이다. 도 13d는 코어(132)를 광도파로 실장용 식각홈 부분만 남기고 부분적으로 식각한 리브(rib)-V자형의 복합 구조의 도파로이다.

도 13e와 도 13f는 기판(1)에 광도파로 실장용 식각홈을 형성하고 절연막(134)을 증착한 후 그 위에 광도파로가 형성된 구조이다. 도 13e는 기판(1)에 광도파로 실장용 식각홈을 형성하고 절연막(134)을 증착한 후 그 위에 하부 클래드(131), 코어층(132), 상부 클래드(133)를 순차적으로 형성하여 초승달 구조로 형성된 굴절률 도파로의 구조이다. 도 13f는 기판(1)에 광도파로 실장용 식각홈을 형성하고 절연막(134)을 증착한 후 그 위에 하부 클래드(131)와 코어층(132)을 형 성하고, 공기(n=1)를 상부 클래드층으로 대신하는 구조이다.

상술한 제 1 실시예 내지 제 4 실시예에서는 두 개의 직각 패턴을 가지는 마스크를 이용하여 이방성 식각을 한다. 즉, 도 14a에 도시된 바와 같이 광섬유 거치용 식각홈을 형성하기 위한 직각 패턴과 광도파로용 식각홈을 형성하기 위한 직각 패턴이 형성된 마스크를 이용하는데, 이 경우에는 광섬유 거치용 식각홈의 컨벡스 코너(convex corner)에서의

언더컷에 의해 광섬유 거치용 식각홈과 광도파로용 식각홈이 정확하게 직각으로 형성되지 않고, 도 14b에 도시된 바와 같이 광섬유 거치용 식각홈의 모서리 부분이 광섬유 거치용 식각홈의 식각 깊이에 비례하여 광도파로 쪽으로 후퇴하게 되는 문제점이 있다.

본 발명에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 마스크의 패턴을 도 15a에 도시된 바와 같이 변형한다. 즉, 광도파로용 식각홈을 형성하기 위한 직각 패턴(151)의 시작 부분에서 광섬유 거치용 식각홈을 형성하기 위한 직각 패턴(152) 쪽으로 ㄷ자 모양의 빔을 소정의 폭(B)으로 소정의 길이(Lo)만큼 연장하여 보상패턴을 설정한다. 도 15a에 도시된 바와 같은 보상패턴이 형성된 마스크를 이용하여 실리콘 기판을 식각하면, 도 15b에 도시된 바와 같이 돌출 모서리부터 언더컷에 의해, 1, 2, 3, ... 순으로 식각이 진행하여 8 까지 식각되면 광섬유 거치용 식각홈과 광도파로용 식각홈이 만나는 모서리가 직각을 이루게 된다.

이때, 보상패턴의 빔 폭(B)은 상기 광섬유 거치용 식각홈을 식각하는 동안에 상기 식각홈에서 생기는 언더넷의 2 배보다는 커야 하고, 보상패턴의 길이(Lo)는 식각 깊이(H)에 관계되는데 깊이 방향 식각 속도에 대한 보상패턴의 바깥쪽 변의 감소 속도의 비가 k 라고 할 때(이때, k는 용액과 식각 조건에 따라 2 내지 5의 값), 이때 보상패턴의 길이(Lo)는 아래의 수학식 2를 이용하여 구할 수 있다.

수학식 2

$$L_O = k*H - B\sqrt{3}$$

도 16은 도 15a에 도시된 바와 같은 보상패턴이 형성된 마스크를 이용하여 식각하는 과정을 도시한 도면이다. Ⅱ부분은 Ⅰ부분의 경우보다 광도파로 실장용 식각홈에 있어서 그 폭이 큰 경우이다. 도 16의 (a)는 본 발명에 따른 보상패턴이 형성된 마스크 패턴의 사진이다. (b)는 식각 5분이 경과된 상태의 사진이다. 사진에서 하얀 부분은 언더컷에 의해 실리콘 기판이 식각되고 마스크만 남아있는 부분이다. 즉, 보상패턴의 빔이 사다리꼴 모양이 되었고, 이로부터 돌출 모서리 부분부터 식각이 진행되었음을 알 수 있다. (c)는 식각 40분이 경과된 상태의 사진이고 (d)는 식각 45분이 경과된 상태의 사진이다. 보상패턴의 실리콘 기판이 점차 식각되어 최종적으로 광섬유 거치용 식각홈과 광도파로용 식각홈이 만나는 부분이 직각 모서리를 이룬다.

위에서 양호한 실시예에 근거하여 이 발명을 설명하였지만, 이러한 실시예는 이 발명을 제한하려는 것이 아니라 예시하려는 것이다. 이 발명이 속하는 분야의 숙련자에게는 이 발명의 기술사상을 벗어남이 없이 위 실시예에 대한 다양한 변화 나 변경 또는 조절이 가능함이 자명할 것이다. 그러므로, 이 발명의 보호범위는 첨부된 청구범위에 의해서만 한정될 것이며, 위와 같은 변화예나 변경예 또는 조절예를 모두 포함하는 것으로 해석되어야 할 것이다.

발명의 효과

이상과 같이 본 발명에 의하면, 광섬유와 결합하는 광모듈에 있어서 광섬유 거치용 식각홈과 광도파로 실장용 식각홈을 한 번의 정렬 노광과 식각 공정을 이용하여 형성함으로써, 정렬 오차를 줄이고 결합 효율을 높일 수 있다. 또한, 광도파로 실장용 식각홈을 테이퍼 구조의 홈으로 형성함으로써, 입사광의 위치가 광결합축에서 벗어나더라도 쉽게 가이드할 수 있다. 또한, 광도파로를 이용하여 빔의 폭을 일정하게 유지할 수 있기 때문에 고속 수광소자와의 광결합을 용이하게 할 수 있다. 또한, 스트레인이 적은 두꺼운 산화막과 도파로의 요소인 절연막을 사용함으로써 광벤치에 고주파 동작이 가능한 전기 회로소자를 용이하게 집적할 수 있는 장점이 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

기판 위의 한 쪽 부분에는 광섬유가 거치되고 상기 기판 위의 다른 쪽 부분에는 상기 광섬유와 정렬되게 광도파로가 실장되어, 상기 광섬유와 광도파로를 광결합하는 광결합 모듈에 있어서,

상기 기판은, 상기 한 쪽 부분에 상기 광섬유가 거치되도록 형성된 제 1 이방성 식각홈과, 상기 다른 쪽 부분에 상기 제 1 이방성 식각홈과 연통되고 동일한 축을 가지며 상기 광도파로의 코어층의 실장 위치를 가이드하도록 형성된 제 2 이방성 식각홈을 포함한 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 이방성 식각홈의 폭은 아래의 수식에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

[수식]

$$W = 2 * \left(\frac{r}{\sin\theta} - \frac{h}{\tan\theta}\right)$$

여기서, W는 제 1 이방성 식각홈의 폭, θ는 제 1 이방성 식각홈과 기판 표면과 이루는 각도, r은 광섬유의 거치하고자 하는 부분의 반지름, h는 광섬유의 코어의 기판으로부터의 높이이다.

청구항 3.

제 2 항에 있어서, 상기 제 1 이방성 식각홈의 깊이는 적어도 상기 광섬유의 반지름과 같거나 상기 광섬유 반지름보다 큰 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 4.

제 1 항에 있어서, 상기 기판은 실리콘, GaAs, InP 중 어느 하나로 구성되며 결정학 구조가 (001)인 웨이퍼인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 5.

제 1 항에 있어서, 상기 제 2 이방성 식각홈의 폭은 상기 광도파로의 코어층의 폭으로 결정되는 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 6.

제 1 항에 있어서, 상기 제 2 이방성 식각홈 위에 하부 클래드층과 코어층으로 이루어진 광도파로가 형성된 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 7.

제 6 항에 있어서, 상기 광도파로는 상기 코어층 위에 상부 클래드층이 더 형성된 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 8.

제 6 항 또는 제 7 항에 있어서, 상기 광도파로는 상기 코어층이 상기 제 2 이방성 식각홈의 깊이 방향으로 오목한 초승달 도파로 구조의 굴절률 도파로인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 9.

제 6 항 또는 제 7 항에 있어서, 상기 하부 클래드층은 BCB 감광성 고분자층인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 10.

제 6 항 또는 제 7 항에 있어서, 상기 코어층은 상기 하부 클래드층보다 굴절률이 높은 폴리이미드 고분자층인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 11.

상기 제 7 항에 있어서, 상기 상부 클래드층은 BCB 감광성 고분자층인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 12.

제 1 항에 있어서, 상기 제 2 이방성 식각홈은 길이 방향의 끝 경사부분이 소우-컷된 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 13.

제 1 항에 있어서, 상기 제 2 이방성 식각홈은 길이 방향의 끝 경사면에 반사율이 좋은 금속박막이 증착된 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 14.

제 13 항에 있어서, 상기 금속박막은 금, 알루미늄, 은, 니켈 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 15.

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 이방성 식각홈은 상기 제 2 이방성 식각홈과의 연통부인 경사면이 소우-컷되어 상기 광도파로의 광도입부를 수직 가공한 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 16.

제 1 항에 있어서, 상기 기판의 표면 위에 절연막이 형성된 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 17.

제 16 항에 있어서, 상기 제 2 이방성 식각홈의 절연막 위에 코어층으로 이루어진 광도파로가 형성된 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 18.

제 17 항에 있어서, 상기 광도파로는 상기 코어층 위에 상부 클래드층이 더 형성된 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 19.

제 17 항 또는 제 18 항에 있어서, 상기 광도파로는 상기 코어층이 상기 제 2 이방성 식각홈의 깊이 방향으로 오목한 초승달 도파로 구조의 굴절률 도파로인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 20.

제 17 항 또는 제 18 항에 있어서, 상기 코어층은 BCB 감광성 고분자층인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 21.

제 18 항에 있어서, 상기 상부 클래드층은 상기 코어층보다 굴절률이 낮은 실리콘이산화막인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 22.

제 16 항에 있어서, 상기 절연막은 상기 제 2 이방성 식각홈의 깊이만큼의 두께로 형성된 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 23.

제 16 항에 있어서, 상기 절연막은 이산화규소, 질화실리콘, 다공성 이산화규소 중 어느 하나로 이루어진 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 24.

제 1 항 또는 제 16 항에 있어서, 상기 제 2 이방성 식각홈은 상기 제 1 이방성 식각홈과의 연통부분으로부터의 일부 구간이 상기 연통부 쪽으로 넓어지도록 테이퍼된 구조인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 25.

제 24 항에 있어서, 상기 테이퍼된 부분의 기울기는 2/10 2/1000 인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈.

청구항 26.

기판 위의 한 쪽 부분에는 광섬유가 거치되고 상기 기판 위의 다른 쪽 부분에는 상기 광섬유와 정렬되게 광도파로가 실장되어, 상기 광섬유와 광도파로를 광결합하는 광결합 모듈을 제작하는 방법에 있어서,

상기 기판 위에 이방성 식각 마스크를 형성하는 제 1 단계와;

상기 이방성 식각 마스크에 상호 동일축을 가지도록 자기 정렬되고 폭이 서로 다른 두 개의 마스크 패턴을 형성하는 제 2 단계;

상기 두 개의 마스크 패턴을 이용하여 상호 연통되고 상기 광섬유가 거치되는 제 1 이방성 식각홈과 광도파로가 실장되는 제 2 이방성 식각홈을 형성하는 제 3 단계; 및

상기 제 2 이방성 식각홈 상에 광도파로를 실장하는 제 4 단계를 포함한 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 27.

제 26 항에 있어서, 상기 기판은 실리콘, GaAs, InP 중 어느 하나로 구성되며, 결정학 구조가 (001) 결정면인 웨이퍼인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 28.

제 26 항에 있어서, 상기 이방성 식각 마스크는 상기 기판 위에 이산화규소 또는 질화실리콘막을 감압법, 플라즈마 기상 증착법 또는 스퍼터링 방법 중 어느 하나의 방법으로 증착하여 형성한 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 29.

제 26 항에 있어서, 상기 이방성 식각 마스크는 상기 제 2 이방성 식각홈을 형성하기 위한 마스크 패턴의 시작 부분에서 상기 제 1 이방성 식각홈을 형성하기 위한 마스크 패턴 쪽으로 ㄷ자 모양의 빔이 아래의 수식에 의해 결정된 길이만큼 연장된 보상 패턴을 포함한 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

[수식]

$$L_O = k*H - B\sqrt{3}$$

여기서, Lo는 보상 패턴의 길이, k는 식각 속도에 대한 보상패턴의 바깥쪽 변의 감소 속도 비, B는 ㄷ자 모양 보상패턴의 빔 폭이다.

청구항 30.

삭제

청구항 31.

제 29 항에 있어서, 상기 ㄷ자 모양 보상패턴의 빔 폭의 최소치는 상기 제 1이방성 식각홈을 식각하는 동안에 생기는 언더컷의 2 배인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 32.

제 27 항에 있어서, 상기 마스크 패턴은 한 변이 상기 기판의 <110> 결정방향과 수평 또는 수직을 이루도록 정렬된 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 33.

제 26 항에 있어서, 제 2 단계는, 상기 이방성 식각 마스크 전면에 감광제를 도포하고 식각 패턴을 뜨는 단계, 상기 감광제의 노출된 창을 통해 상기 이방성 식각 마스크를 식각하는 단계, 및 상기 감광제를 제거하는 단계를 포함한 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 34.

제 33 항에 있어서, 상기 감광제는 AZ4330, AZ9260, 또는 점도가 상기 두 감광제보다 큰 감광제 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 35.

제 33 항에 있어서, 상기 감광제는 아세톤 분사방법으로 제거하는 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 36.

제 33 항에 있어서, 상기 이방성 식각 마스크는, CF4와 산소의 혼합가스 플라즈마를 이용한 반응성 이온 식각방법이나 완충 불산용액을 이용한 식각방법으로 식각하는 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 37.

제 26 항에 있어서, 상기 제 1 이방성 식각홈을 형성하기 위한 마스크 패턴의 폭은 아래의 수식에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

[수식]

$$W = 2 * \left(\frac{r}{\sin\theta} - \frac{h}{\tan\theta}\right)$$

여기서, W는 제 1 이방성 식각홈의 폭, θ는 제 1 이방성 식각홈과 기판 표면과 이루는 각도, r은 광섬유의 식각홈 거치 부분의 반지름, h는 광섬유의 코어의 기판 표면으로부터의 높이이다.

청구항 38.

제 26 항에 있어서, 상기 제 2 이방성 식각홈을 형성하기 위한 마스크 패턴의 폭은 상기 광도파로의 코어층의 폭으로 결정되는 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 39.

제 26 항에 있어서, 상기 제 3 단계는, KOH 용액 또는 EDP 용액 속에서 이방성 식각하는 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 40.

제 26 항에 있어서, 상기 제 3 단계는, 상기 제 1 이방성 식각홈의 깊이가 적어도 상기 광섬유의 반지름보다 커질 때까지 이방성 식각하는 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 41.

제 26 항에 있어서, 상기 제4단계의 광도파로 실장단계는, 상기 제 2 이방성 식각홈 위에 감광성 고분자층의 하부 클래드층과 상기 하부 클래드층보다 굴절률이 높은 감광성 고분자층의 코어층을 순차적으로 형성하는 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 42.

제 41 항에 있어서, 상기 하부 클래드층 형성단계와 코어층 형성단계는,

각각 상기 두 이방성 식각홈이 형성된 기판 위에 감광성 고분자를 도포하는 단계와, 상기 제 2 이방성 식각홈 위의 광도파로가 형성될 부분의 감광성 고분자를 자외선 노광하는 단계와, 상기 감광성 고분자를 현상 용액으로 현상하고 경화시키는 단계를 포함한 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 43.

제 41 항에 있어서, 상기 하부 클래드층은 BCB 감광성 고분자를 이용하여 형성하고, 상기 코어층은 폴리이미드 감광성 고분자를 이용하여 형성한 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 44.

제 41 항에 있어서, 상기 광도파로 실장단계는, 상기 코어층 위에 상기 코어층보다 굴절률이 낮은 감광성 고분자를 이용하여 상부 클래드층을 더 형성한 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 45.

제 26 항에 있어서, 상기 두 이방성 식각홈을 형성한 후, 상기 제 2 이방성 식각홈의 길이 방향의 끝 경사부분을 소우-컷한 후 상기 제 4 단계로 진행하는 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 46.

제 26 항에 있어서, 상기 두 이방성 식각홈을 형성한 후, 상기 제 2 이방성 식각홈의 길이 방향의 끝 경사면에 반사율이 좋은 금속박막을 증착한 후 상기 제 4 단계로 진행하는 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 47.

제 46 항에 있어서, 상기 금속박막은 금, 알루미늄, 은, 니켈 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 48.

제 26 항에 있어서, 상기 두 이방성 식각홈을 형성한 후, 상기 제 2 이방성 식각홈과 연통되는 부분인 상기 제 1 이방성 식각홈의 경사면을 소우-컷하여 상기 광도파로의 광도입부를 수직 가공한 후 상기 제 4 단계로 진행하는 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 49.

제 26 항에 있어서, 상기 제 2 이방성 식각홈을 형성하기 위한 마스크 패턴은, 상기 제 1 이방성 식각홈과의 연통부로부터의 일부 구간이 상기 연통부 쪽으로 넓어지도록 테이퍼된 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 50.

제 49 항에 있어서, 상기 테이퍼된 부분의 기울기는 2/10 2/1000 인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 51.

제 26 항에 있어서, 상기 두 이방성 식각홈을 형성한 후, 상기 이방성 식각 마스크를 제거한 후 상기 제 4 단계로 진행하는 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 52.

제 51 항에 있어서, 상기 이방성 식각 마스크는 묽은 불산 수용액을 이용하여 제거하는 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 53.

제 51 항에 있어서, 상기 제 4 단계의 광도파로 실장단계는,

상기 두 이방성 식각홈이 형성된 기판 위에 전면적으로 절연막을 형성하는 단계와, 상기 제 2 이방성 식각홈의 상기 절연막 위에 감광성 고분자층의 코어층을 형성하는 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 54.

제 53 항에 있어서, 상기 절연막은 이산화규소, 질화실리콘, 다공성 이산화 규소 중 하나인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 55.

제 54 항에 있어서, 상기 절연막 형성단계는, 기판 위에 습식이나 건식 산화방법, 플라즈마 화학 증착법, 도포법, 또는 스퍼터링법을 사용하여 산화막을 형성하는 단계인 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 56.

제 54 항에 있어서, 상기 절연막 형성단계는, 기판 위에 불산용액 속에서 양극반응으로 다공성 실리콘층을 기르고, 산화로에서 습식 또는 건식 산화법으로 산화시켜 산화막을 형성하는 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 57.

제 54 항에 있어서, 상기 코어층 형성단계는,

상기 두 이방성 식각홈이 형성된 기판 위에 감광성 고분자를 도포하는 단계와, 상기 제 2 이방성 식각홈 위의 광도파로가 형성될 부분의 감광성 고분자를 자외선 노광하는 단계와, 상기 감광성 고분자를 현상 용액으로 현상하고 경화시키는 단계를 포함한 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 58.

제 57 항에 있어서, 상기 코어층은 BCB 감광성 고분자를 이용하여 형성한 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 59.

제 53 항에 있어서, 상기 광도파로 실장단계는 상기 코어층 위에 상기 코어 층보다 굴절률이 낮은 감광성 고분자를 이용하여 상부 클래드층을 더 형성한 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 60.

제 59 항에 있어서, 상기 상부 클래드층은 실리콘이산화막을 화학 또는 플라즈마 증착법으로 형성하는 것을 특징으로 하는 광결합 모듈 제작방법.

청구항 61.

기판 위에 상호 동일축을 가지도록 자기 정렬되고 폭이 서로 다른 두 개의 마스크 패턴을 가지는 식각 마스크를 이용하여, 상호 연통된 폭 넓은 제 1 이방성 식각홈과 폭 좁은 제 2 이방성 식각홈을 형성하는 방법에 있어서,

상기 기판 위에, 상기 제 2 이방성 식각홈을 형성하기 위한 마스크 패턴의 시작 부분에서 상기 제 1 이방성 식각홈을 형성하기 위한 마스크 패턴 쪽으로 ㄷ자 모양의 빔이 아래의 수식에 의해 결정된 길이만큼 연장된 보상 패턴을 포함한 식각 마스크를 형성하는 단계와;

상기 이방성 식각 마스크를 이용하여 상기 기판을 이방성 식각하는 단계를 포함한 것을 특징으로 하는 이방성 식각홈 형성방법.

[수식]

$$L_O = k*H - B\sqrt{3}$$

여기서, Lo는 보상 패턴의 길이, k는 식각 속도에 대한 보상패턴의 바깥쪽 변의 감소 속도 비, B는 ㄷ자 모양 보상패턴의 빔 폭이다.

청구항 62.

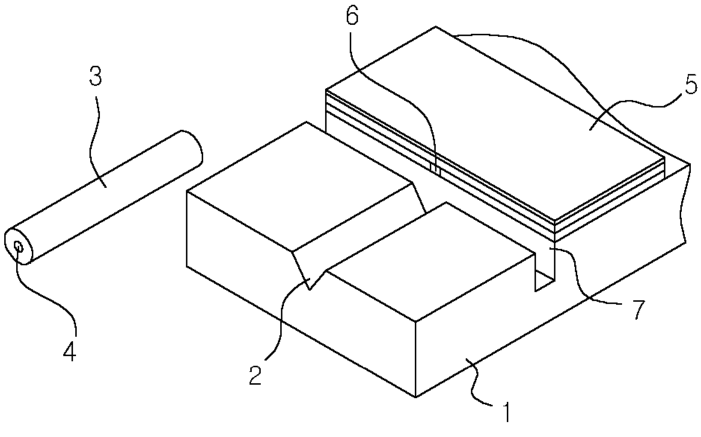
삭제

청구항 63.

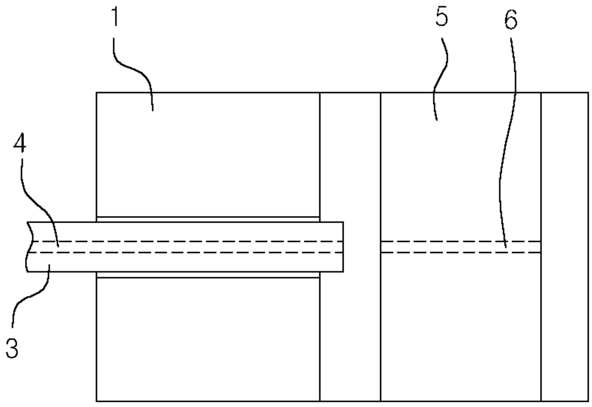
제 61 항에 있어서, 상기 ㄷ자 모양 보상패턴의 빔 폭의 최소치는 상기 제 1 이방성 식각홈을 식각하는 동안에 생기는 언더컷의 2 배인 것을 특징으로 하는 이방성 식각홈 형성방법.

도면

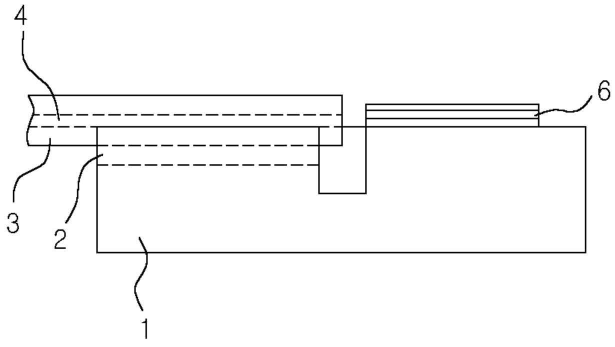
도면1



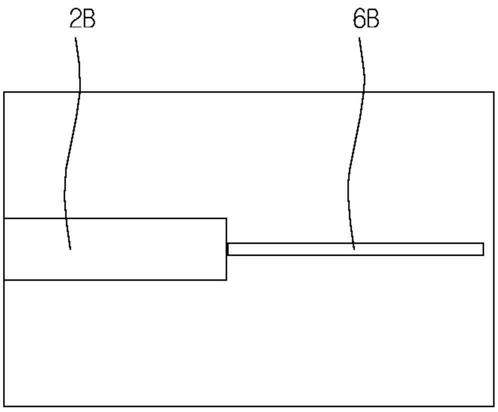
도면2a



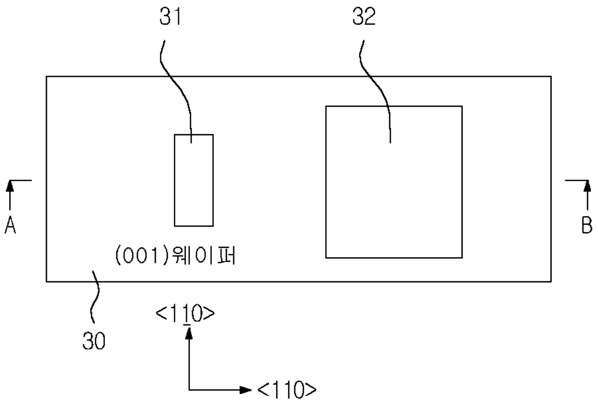
도면2b



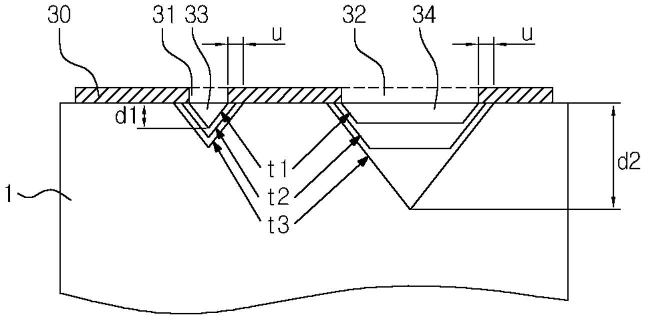
도면2c



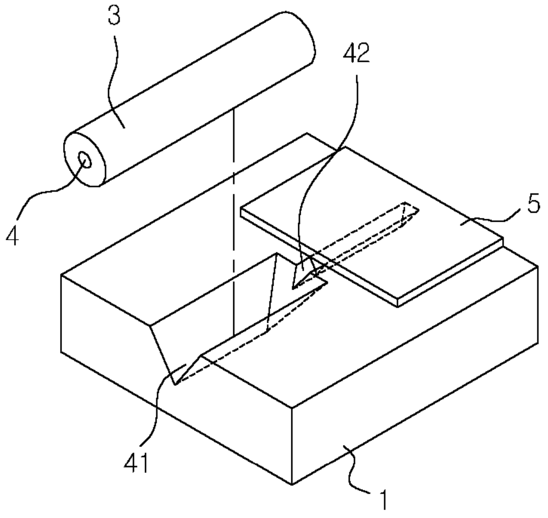
도면3a



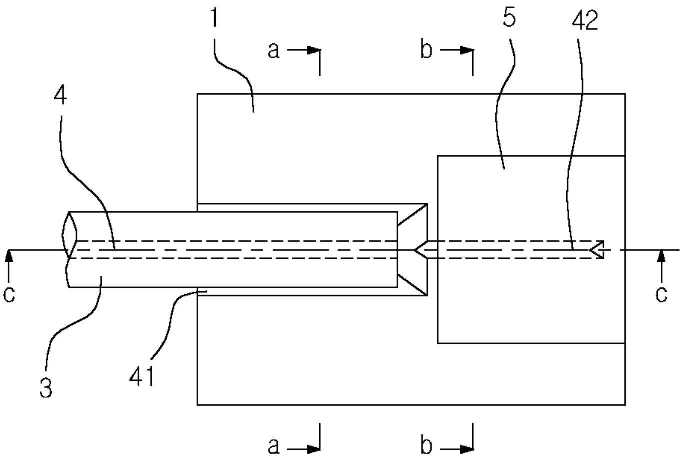
도면3b



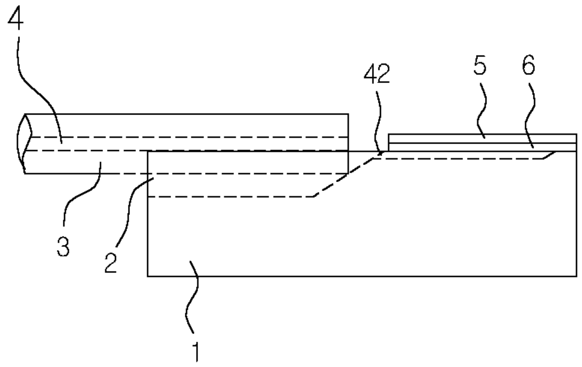
도면4



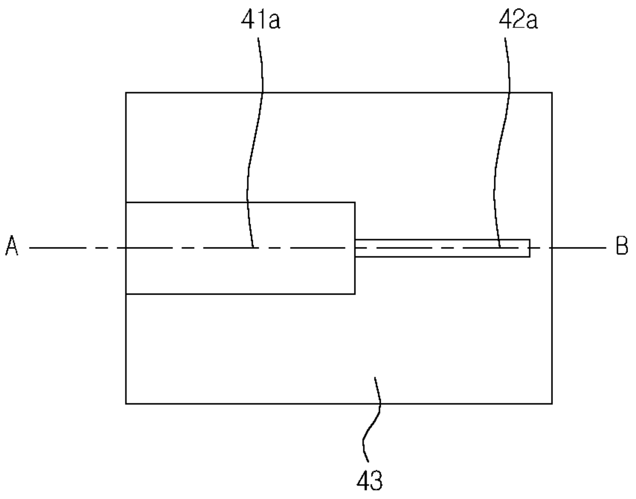
도면5a



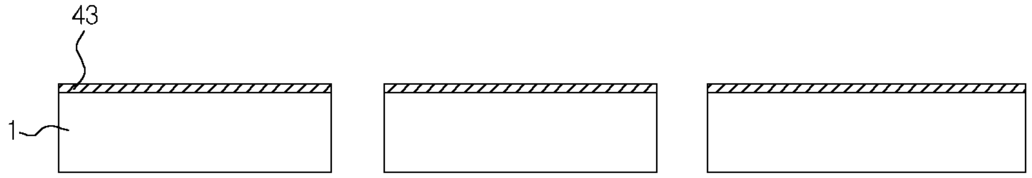
도면5b



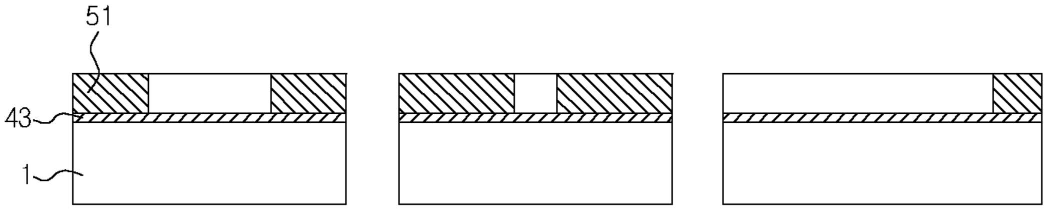
도면5c



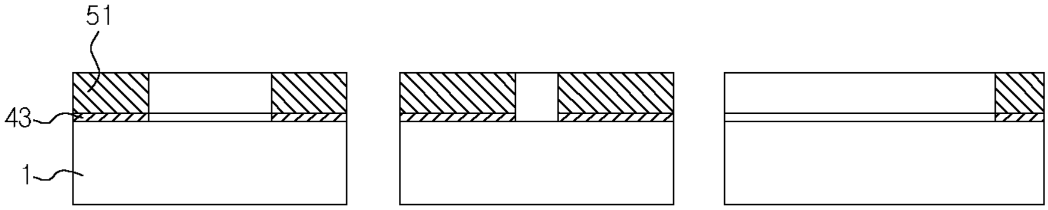
도면6a



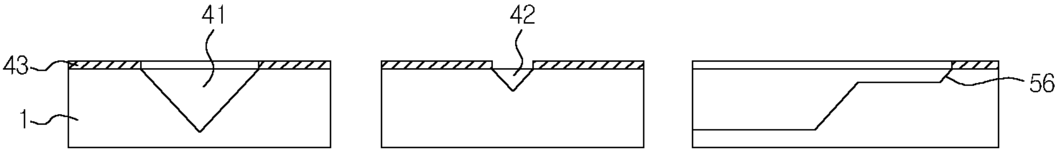
도면6b



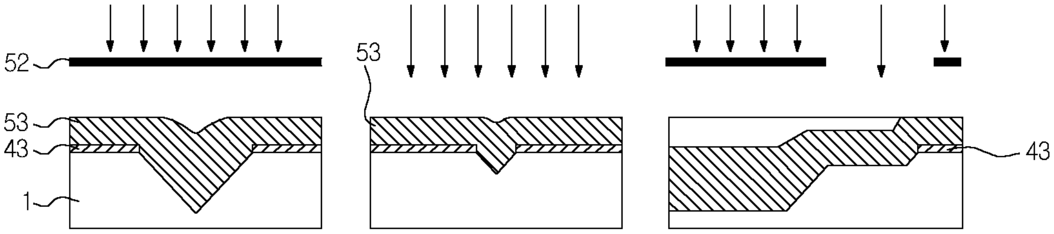
도면6c



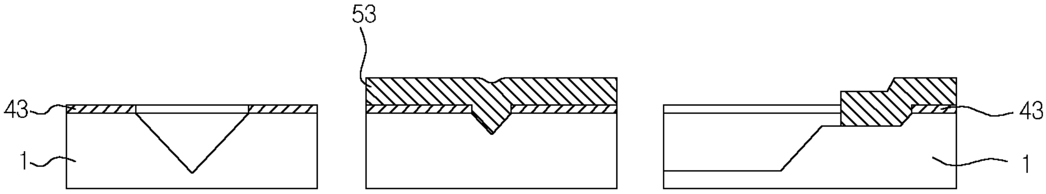
도면6d



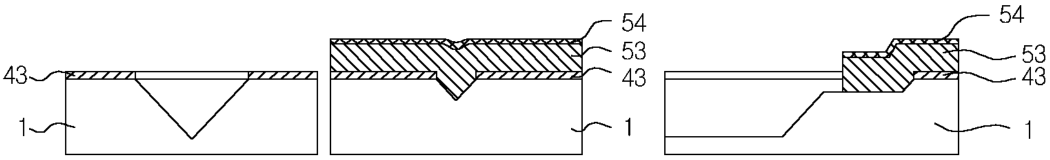
도면6e



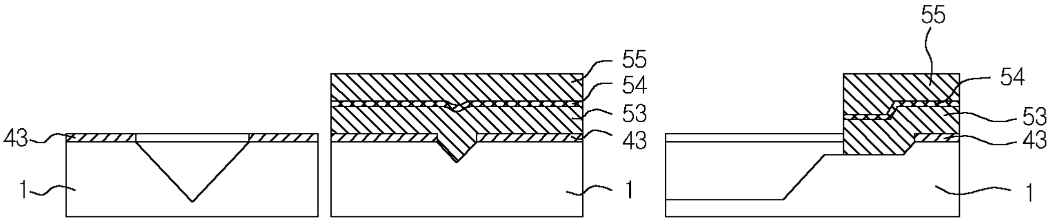
도면6f



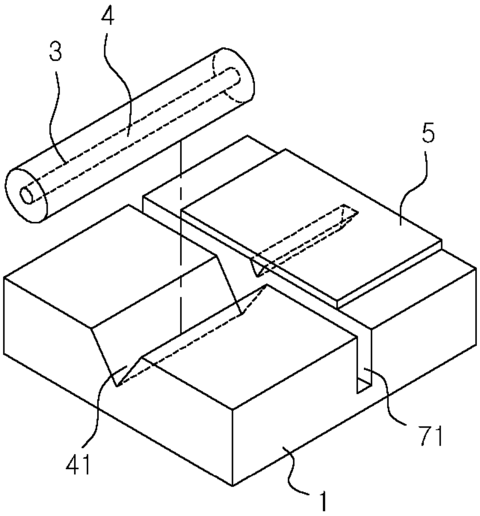
도면6g



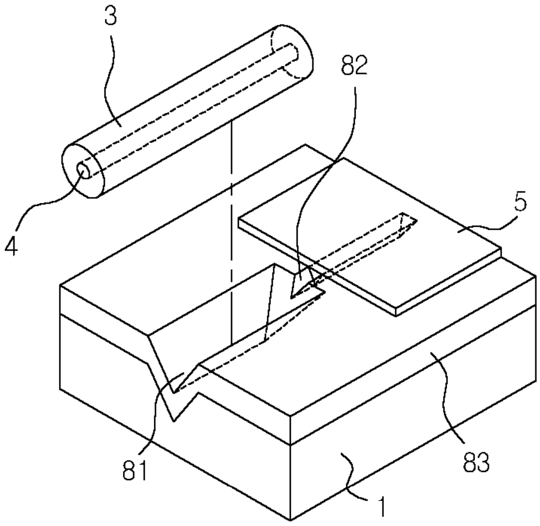
도면6h



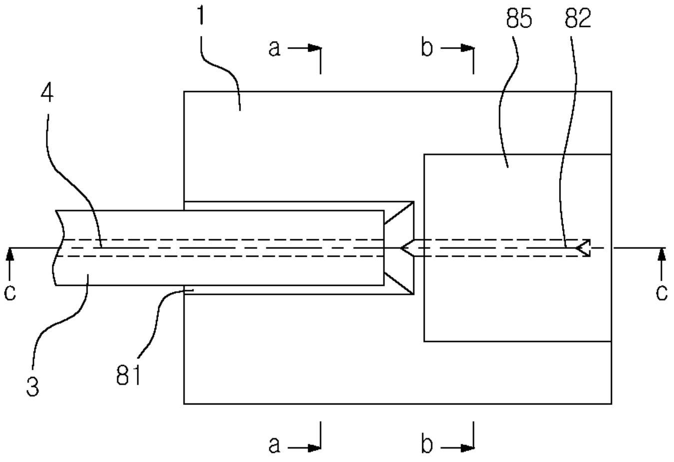
도면7



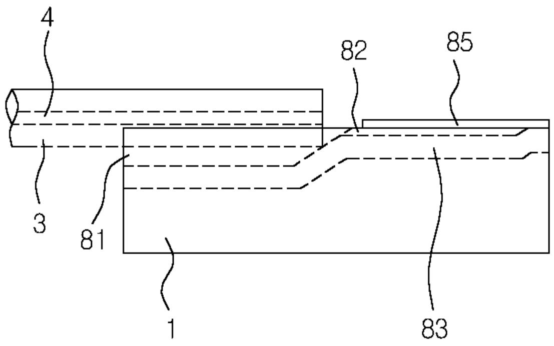
도면8



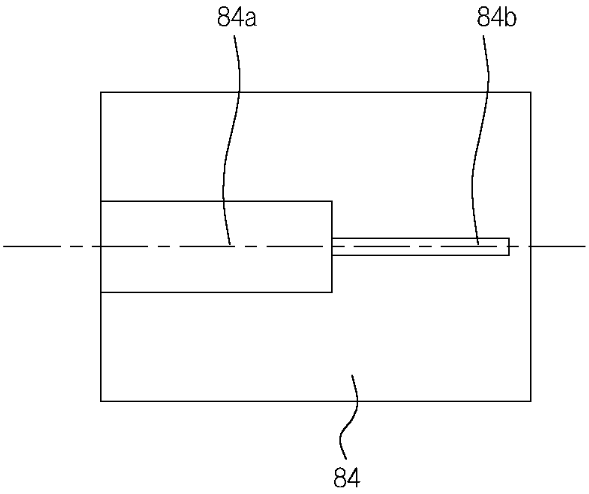
도면9a



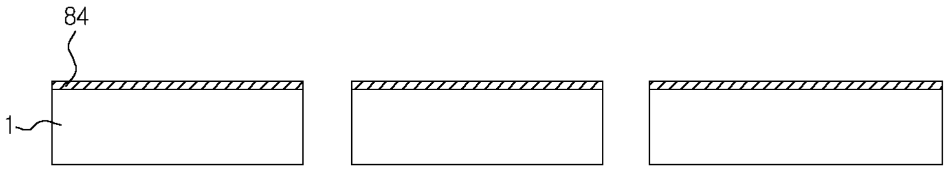
도면9b



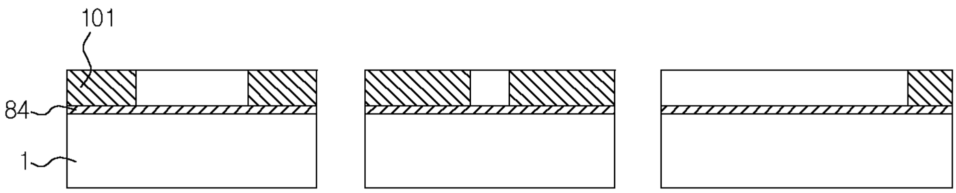
도면9c



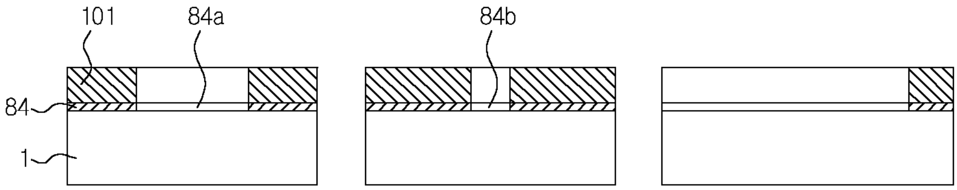
도면10a



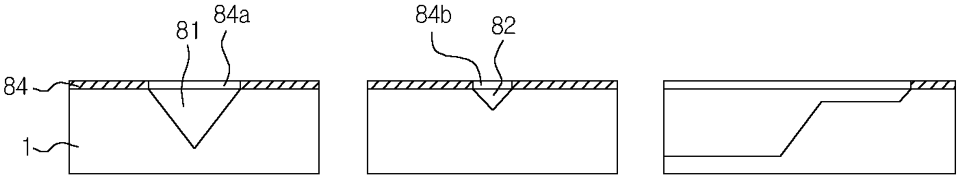
도면10b



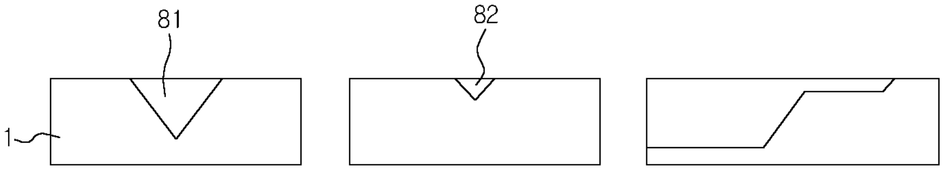
도면10c



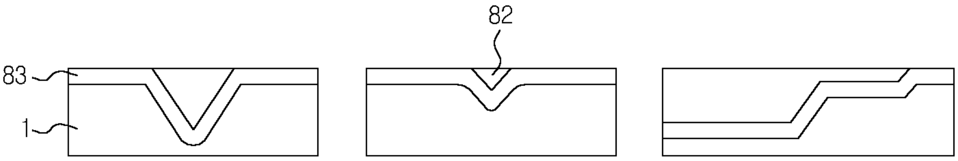
도면10d



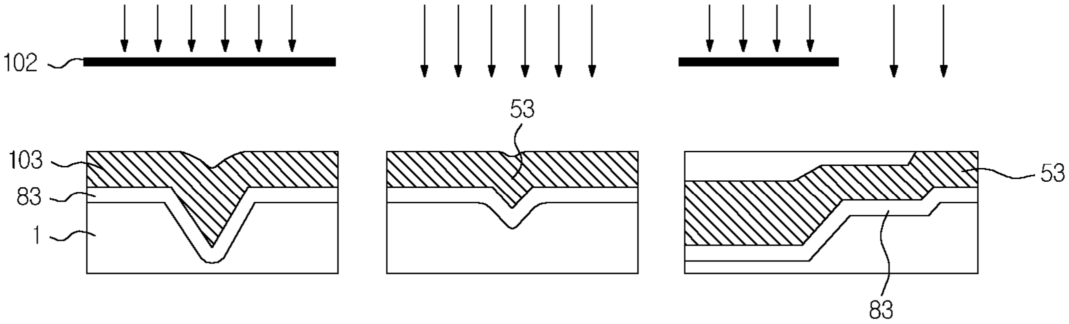
도면10e



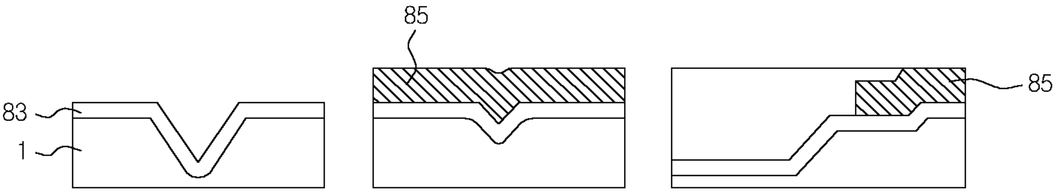
도면10f



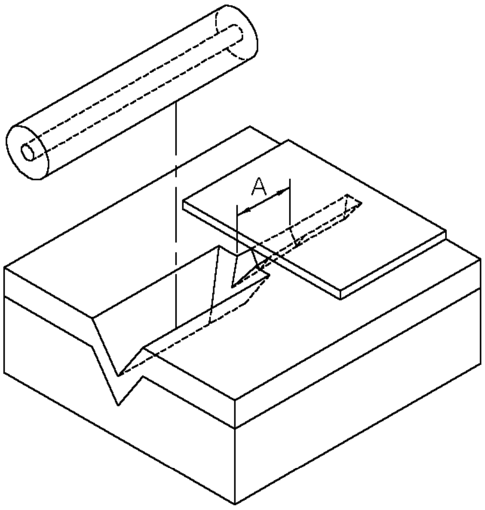
도면10g



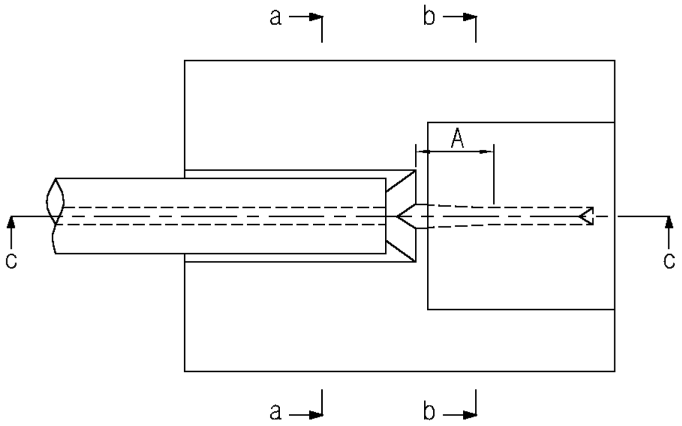
도면10h



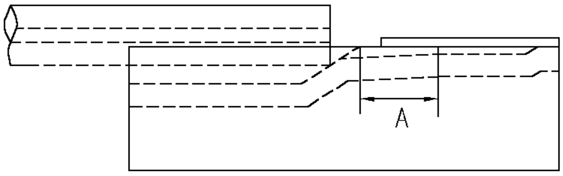
도면11



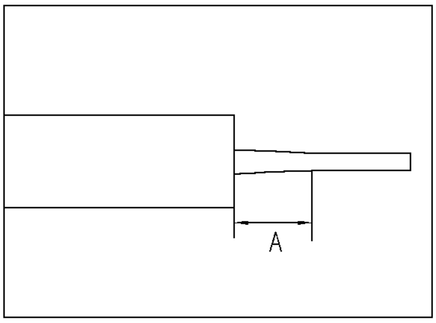
도면12a



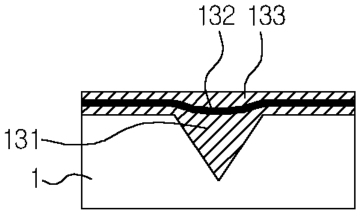
도면12b



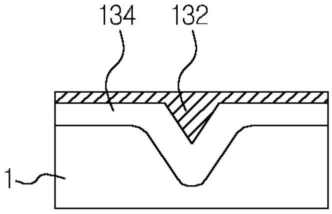
도면12c



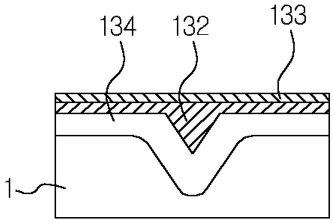
도면13a



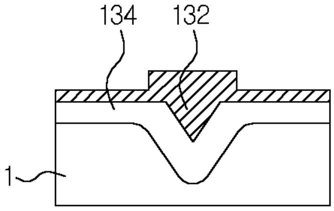
도면13b



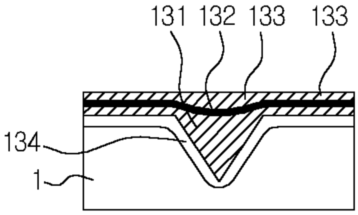
도면13c



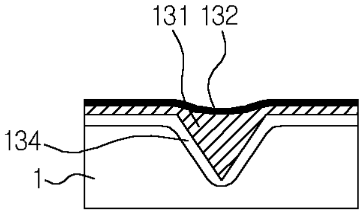
도면13d



도면13e

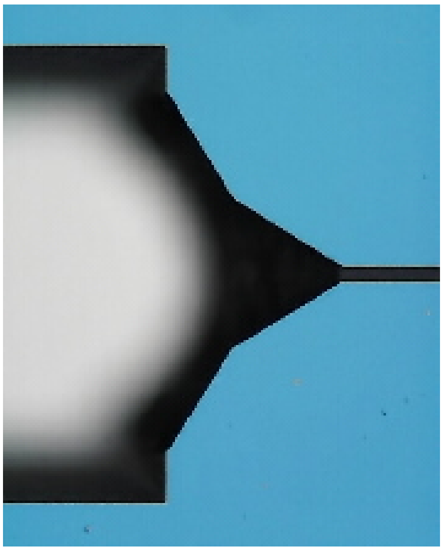


도면13f

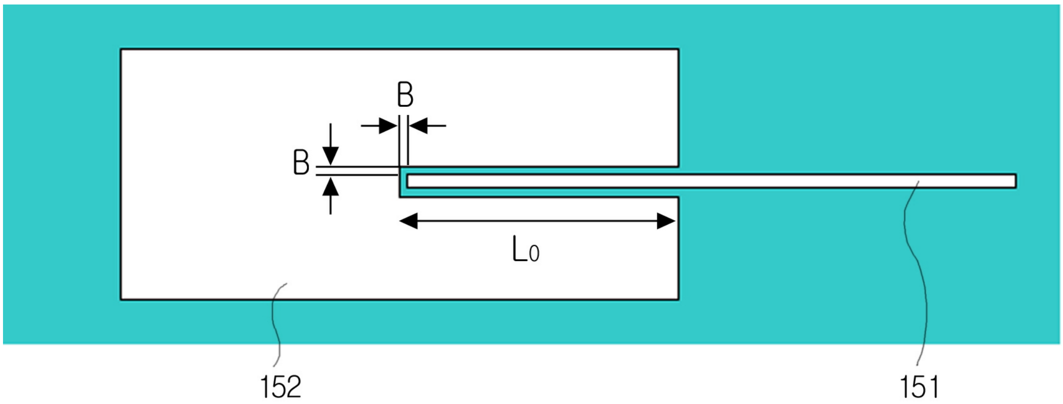


도면14a

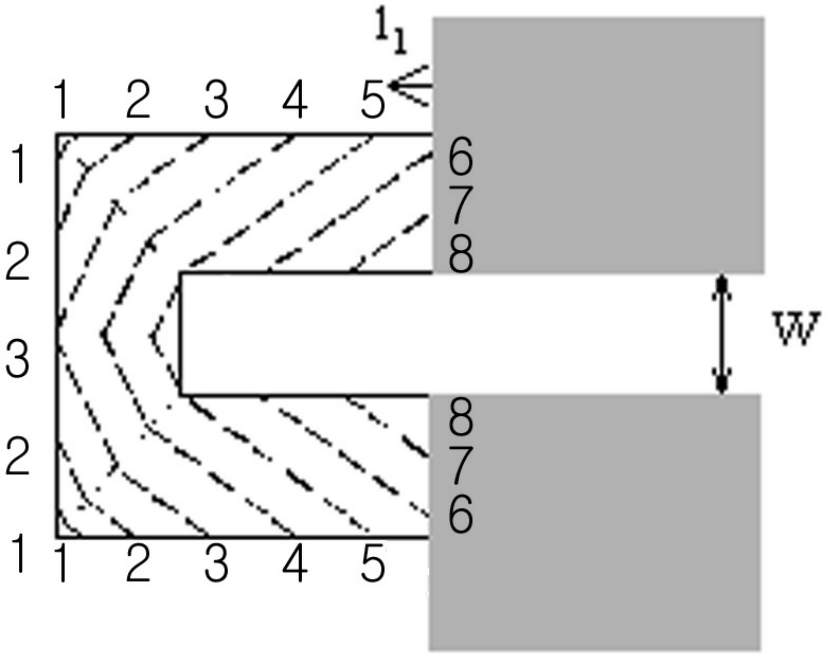
도면14b



도면15a



도면15b



도면16