(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.
G02B 6/02 (2006.01)
G02B 6/12 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2006-0081490
(43) 공개일자 2006년07월13일

(21) 출원번호 10-2005-0001828
(22) 출원일자 2005년01월07일

(71) 출원인 인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교

(72) 발명자 오범환
인천광역시 연수구 옥련동 우성아파트 103동 1705호
김남국
인천 남구 용현4동 83-23번지 103호

(74) 대리인 이원희

심사청구 : 있음

(54) 쿼지 상태를 이용한 다중모드 간섭 기반의 파장분리기

요약

본 발명은 입출력 도파로 간의 중심 간격과 다중모드 간섭기 영역의 폭을 최적화하여 출력 특성을 향상시키고 넓은 대역폭 확보가 가능토록 하는 쿼지 상태(Quasi-State)를 이용한 다중모드 간섭 기반의 파장분리기를 제공하는 것으로, 기존의 다중모드 간섭을 이용한 파장분리기에 비해 1550nm 윈도우에서 대역폭을 넓히고 넓은 대역폭에서도 균일한 광세기를 지니도록 함으로써 WDM-PON 기반의 FTTH 종단 송수신 모듈로 이용 가능케 됨은 물론, 코어와 클래딩간의 굴절률 차이가 상당히 작은 폴리머 물질을 기반으로 설계하였으므로 엠보싱을 통한 대량생산과 저가격화가 가능하므로 고분자 기반의 고밀도로 집적화된 광회로의 구현과 광통신 시스템에 적합하다.

대표도

도 2

색인어

광도파로, 파장 분리기, 다중모드, 쿼지 상태

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 쿼지 상태 다중모드 간섭을 이용한 광분리기의 구성도.

도 2는 본 발명에 따른 쿼지 상태를 이용한 다중모드 간섭 기반의 파장분리기의 구성도.

도 3은 본 발명에 따른 다중모드 간섭 기반의 파장 분리기의 두 분리 파장의 다중모드 영역 내 광세기 곡선을 나타낸 도.

도 4a 및 도 4b는 본 발명에 따른 다중모드 간섭 기반의 파장 분리기의 두 분리 파장의 광 파워 전송 전산 모사 결과를 나타낸 도.

도 5a 및 도 5b는 본 발명에 따른 다중모드 간섭 기반의 파장 분리기의 두 분리 파장의 대역폭 전산 모사 결과를 나타낸 도.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

11,12 : 입력 도파로 13 : 다중모드 간섭기 영역

14,15 : 출력 도파로

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 다중모드 간섭 기반의 파장분리기에 관한 것으로, 특히 입출력 도파로 간의 중심 간격과 다중모드 간섭기 영역의 폭을 최적화하여 출력 특성을 향상시키고 넓은 대역폭 확보가 가능토록 하는 쿼지 상태(Quasi-State)를 이용한 다중모드 간섭 기반의 파장분리기에 관한 것이다.

다중모드간섭(Multimode Interference) 기반의 소자는 전파방향을 따라 주기적인 간격으로 단일상 또는 다중상을 맺는 성질인 자아결상원리(Self-Imaging)를 이용한 소자를 말한다.

다중모드 간섭 기반의 소자는 결상되는 상의 개수를 이용하여 1x2, 1x4, 1x8 등의 광 파워 분배기로 많이 사용되어 왔지만 편광모드가 다른 두 빛을 분리하는 편광모드 분리기나 파장이 다른 빛들을 분리하는 파장분리기는 그 연구가 미진하였다.

특히 파장이 다른 두 빛을 분리하는 광 파장분리기의 경우 광통신 시스템에서 다른 정보를 운반하는 파장들을 합치고 분리시키는 필수적인 요소이며, FTTH(Fiber To The Home)의 종단 모듈의 핵심 부품으로서 그 쓰임이 많다. 지금까지 1.3과 1.5μm 윈도우의 두 파장을 분리하기 위해 방향성 결합기, 비대칭형 Y-분기 소자, 비대칭형 마흐젠더 간섭기 등이 사용되어 왔다.

대한민국 특허 제281736호는 Y-분기형 광도파로 편광 분리기에 대한 것으로, 광학적 복굴절성을 가지는 폴리머를 Y-분기(Y-Branch)형 광도파로의 일부분에 집적하여 제작 가능하며, 모드 진화(Mode Evolution) 원리를 이용한 새로운 형태의 폴리머 광도파로 편광 분리기의 구조를 제안하고 있다. 그러나 Y-분기형이나 마흐젠더 간섭기형의 경우 광학적 비대칭 도파구조를 만들기 위한 부가적 공정들이 필연적으로 수반되어야 하며, 광소자의 길이 또한 매우 길어지게 된다.

반면에 다중모드 간섭기를 이용하면 이러한 광학적 비대칭 구조가 필요하지 않으므로 보다 공정이 간단한 장점을 가진다. 그러나 다중모드 간섭기를 이용하는 경우에도 다소 광소자의 길이가 길어 광집적화에 어려움이 있으며, 간섭기의 길이에 비례하여 모드간 위상오차가 증가하므로 광분리 특성이 저하되는 단점이 있어 왔다.

다중모드 간섭기를 이용한 광분리기로 대한민국 특허출원 제2002-78459호를 들 수 있다.

이는 자아결상원리에 의한 일반적인 단일상 외에 특정 조건을 만족할 때 발생하는 불완전한 단일상인 쿼지 상태를 이용한 다중모드 간섭 기반의 광분리기로서, 도 1에 도시한 바와 같이, 입력도파로(1), 다중모드 간섭기(2), 2개의 출력 도파로(3),(4)를 구비한 일반적인 다중모드 간섭기형 광분리기에서 상기 다중모드 간섭기(2)를 결상 길이가 짧은 쿼지상태의 다중모드상태를 이용하여 광분리 길이를 1/5로 줄이며, 이로부터 고집적화에 기여하고 종래 기술에 비하여 공정오차에 덜 민감하여 보다 안정적인 소자를 구현하며, 부가적인 공정이 수반되지 않으면서도 고집적화가 가능하므로 단가를 낮추고 대량생산을 가능하게 하였으나,

단일 파장에 대해서는 그동안 광분배기 등을 통해 입출력도파로의 중심 간격이나 다중모드영역의 폭 등에 대한 상세 연구가 이루어진 반면 여러 개의 분리파장을 사용할 경우 각각의 분리파장 모두에서 높은 성능을 지닐 수 있도록 입출력도파로의 중심 간격이나 다중모드영역의 폭에 의한 성능변화에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명은 입출력 도파로 간의 중심 간격과 다중모드 간섭 영역의 폭을 최적화함으로써 출력 특성을 향상시키고 넓은 대역폭 확보가 가능토록 한 쿼지 상태를 이용한 다중모드 간섭 기반의 파장분리기를 제공함에 그 목적이 있다.

즉, 본 발명은 상기의 기존 파장분리기들이 가지고 있는 긴 소자 길이 및 좁은 대역폭을 해결하기 위해 불완전 단일상을 활용한 다중모드 간섭 기반의 파장 분리기로, 코어와 클래딩의 굴절률 차이가 극히 작을 경우, 특정 조건하에서 발생하는 불완전 단일상을 활용하여 소자의 길이를 기존보다 1/5정도 줄일 뿐만 아니라 넓은 대역폭을 가지게 할 수 있으며 폴리머를 기반으로 설계하여 식각에 의한 공정 외에 Hot-엠보싱, UV-엠보싱, soft-엠보싱 등의 복제를 통한 제작 방법에 쉽게 적용되므로 저가격화와 대량생산을 가능케 하며, 1550nm 윈도우에서 대역폭을 넓히고 넓은 대역폭에서도 균일한 광세기를 지니도록 함으로써 WDM-PON 기반의 FTTH 종단 송수신 모듈로 이용 가능케 한다.

발명의 구성 및 작용

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 쿼지 상태를 이용한 다중모드 간섭 기반의 파장분리기는, 2개의 단일모드의 입력 도파로, 다중모드 간섭기 영역 및 2개의 단일모드의 출력 도파로를 구비하며, 상기 다중모드 간섭기 영역은 결상 길이가 짧은 쿼지 상태의 다중모드 간섭상태를 이용하는 다중모드 간섭 기반의 파장분리기에 있어서, 상기 단일모드의 입출력 도파로의 상하 폭은 3.3μm이고, 다중모드 간섭기 영역의 상하 폭은 14.4μm이며, 상기 다중모드 간섭기 영역의 상하 폭의 중심에서 상기 각 입출력 도파로의 상하 폭의 중심까지의 거리가 5.3μm인 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명은 상기 다중모드 간섭기 영역은 4~5개의 모드 수를 만족하도록 하고, 상기 모드들의 여기계수들은 대칭성을 지니도록 첫 번째 모드의 여기계수와 네 번째 모드의 여기계수, 두 번째 여기계수와 세 번째 여기계수의 값이 비슷하도록 상기 입력 도파로의 위치를 조정하도록 되며, 상기 다중모드 간섭기 영역의 상하 폭을 14.4μm로 하여, 1310nm 파장에 대해서는 5개, 1550nm 파장에 대해서는 4개의 모드를 지니도록 한 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명은 파장분리에 있어 넓은 대역폭을 필요로 하는 파장에 대해서 불완전한 단일상을 이용하도록 하되, 1550nm 대역에서는 불완전한 단일상을, 1310nm 대역에서는 자아결상에 의한 단일상을 이용하도록 되며, 코어와 클래딩의 굴절률 차이를 적게 하여 불완전한 단일상의 크기를 자아결상에 의한 단일상의 크기만큼 크게 하여 효율을 극대화 하도록 된 것을 특징으로 한다.

이하, 본 발명을 첨부된 도면을 참조로 하여 보다 상세하게 설명한다. 단, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

다중모드 간섭기는 일반적으로 반도체 화합물, 졸겔(Sol-gel), Glass, 폴리머, 실리콘 계열의 재료로서 제작되어 질 수 있는데, 특히 폴리머기반의 재료는 저렴하며 가공이 용이한 장점으로 인해 그 쓰임이 많다. 한편 작은 크기의 소자 제작을 위해서는 굴절률 차이가 큰 폴리머를 사용하는 것이 좋으나 굴절률 차이가 큰 경우 다른 화학적 성질을 가지고 있어 이종간의 폴리머 접합시 어려움이 있으며 유리전이온도도 차이가 나므로 소자 제작시 어려움이 많다.

따라서 이런 문제를 해결하기 위해 비슷한 화학적 성질과 유리전이온도가 비슷한 폴리머를 사용해야 하는데 이 경우 굴절률 차이가 극히 작은 특징이 있다.

일반적으로 저 굴절률비를 지닌 구조의 경우, 소자의 길이는 길어지지만 저 굴절률비에서 발생하는 불완전한 단일상을 활용할 경우 소자의 길이를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 효율을 높여주는 좋은 효과도 기대할 수 있다.

본 발명은 이와 같이 코어와 클래딩 사이의 굴절률 차이가 극히 작은 경우에 한해서 설계를 하였으며, 본 발명에 따른 다중모드 간섭 기반의 파장 분리기의 기본구조는 도 2에 도시한 바와 같다.

도 2에 도시한 바와 같이, 단일모드를 가지는 2개의 입력 도파로(11),(12), 다중모드 간섭기 영역(13), 그리고 단일모드를 가지는 2개의 출력 도파로(14),(15)로 구성되어 있다.

상기 입출력 도파로(11),(12),(14),(15)의 상하 폭(Wa)과 다중모드 간섭기 영역(13)의 상하 폭(Wm)은 각각 3.3μm, 14.4μm이고, 이 때 1310, 1550nm의 파장에 대한 맥동길이는 각각 324μm, 386μm 로서 일반적인 분리 길이는 1.2cm로 주어질 수 있다.

1310nm와 1550nm의 파장을 가지는 두 빛이 상기 입력 도파로(11),(12) 중 하나에 입사하게 되면 최종적으로 두 개의 출력 도파로(14),(15)로 나뉘어져 출력된다.

불완전한 단일상의 도입을 위해 1310nm, 1550nm의 파장에 대하여 진행거리에 따른 바(bar)와 크로스(cross)로의 출력 광 세기를 도 3에 나타내었다.

도 3에서 양쪽 파장 모두에서 결상길이는 조금 다르지만 같은 경향을 가지는 것을 확인할 수 있다. 여기서 화살표로 표시된 곳(도 3의 ①,②,④)은 자아결상원리에 의해 설명되어지는 단일상을 의미하며, 그 앞뒤로 불완전한 상(도 3의 ③,⑤,⑥)들이 형성되는 것을 볼 수 있는데, 일반적인 단일상은 형성주기가 3임에 반하여 불완전한 상들은 일반적인 단일상의 앞뒤로 3/5 의 길이만큼 떨어져 형성되며 이때 불완전한 단일상의 출력 위치는 그에 인접한 일반적인 단일상과 반대이다.

이러한 점을 이용하면 일반적인 분리 길이보다 훨씬 짧은 거리에서 분리가 가능하다. 즉 1310nm 파장 대역은 일반적인 단일상을 가지고 1550nm 파장 대역은 불완전한 단일상을 갖도록 하면, 분리 길이를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$11\times 3L_{\pi}^{1310}/5 = 10\times 3L_{\pi}^{1550}/5 = 2620\,\mu m$$

이로부터 분리 길이는 일반적인 경우인 12000μm 보다 1/5정도 짧은 2620μm로 결정된다.

결과적으로 2620㎛의 분리 길이에서 1310nm 파장 대역의 일반적인 단일상(도 3의 ②)은 바 도파로로 출력되며 1550nm 파장 대역의 불완전한 단일상(도3의 ⑥)은 크로스 도파로로 출력되어 효과적으로 두 파장을 분리할 수 있다.

그러나 모든 경우에 이러한 불완전한 단일상을 이용한 분리가 가능한 것은 아니며 다중모드영역에서 가지는 모드수와 입력도파로의 위치가 특정 조건을 만족해야 한다.

즉, 우선 다중모드영역에서 가지는 모드 수는 4~5개 일 때 효과적인 불완전한 단일상을 나타낼 수 있는데 본 발명에서는 1310nm 파장에 대해서는 5개, 1550nm 파장에 대해서는 4개의 모드를 지니고 있도록 상기 다중모드 간섭기 영역(13)의 폭은 14.4μm로 결정하였다.

다른 조건은 여기되는 모드들의 여기계수가 대칭성을 지녀야 하는 것이다. 다시 말해서 첫 번째 모드의 여기계수와 네 번째 여기계수, 두 번째 모드의 여기계수와 세 번째 모드의 여기계수가 비슷한 값을 지녀야 불완전한 단일상은 크기면에서 효율적일 수 있다.

이러한 여기계수의 값들은 입력도파로의 위치에 따라 결정되며, 본 발명에서는 다중모드 간섭기 영역(13)의 중심에서부터 5.3μm 떨어져 있을 때 최적의 값을 지니도록 설계하였다. 즉, 상기 다중모드 간섭기 영역(13)의 상하 폭(Wm)의 중심에서 각 입출력 도파로(11),(12),(14),(15)의 상하 폭(Wa)의 중심까지의 거리(s)가 5.3μm일 때 최적의 값을 지니도록 된다.

한편, 불완전한 단일상들은 모드간의 위상오차에 의해 생기는 현상으로 코어와 클래딩의 굴절률비가 작을수록 그 크기가 커지는데, 본 발명의 저 굴절률비 구조의 경우 그 효과를 극대화할 수 있다.

도 4a 및 도 4b에서 이러한 조건들을 최적화시켰을 때의 출력광세기를 도시하였다. 2620μm의 분리 길이에서 각각의 파장 대역 모두 25dB 이상의 높은 소멸비를 지니며, 반대쪽 도파로로의 손실도 1dB 이하로 상당히 작음을 알 수 있다.

도 5a 및 도 5b에서는 중심 파장이 1310nm와 1550nm일 때의 파장대역폭의 변화를 살펴보았다. 도 5에서 중앙 파장이 1550nm인 그래프는 넓은 파장 대역에 대해서 비교적 균일한 광세기를 지니고 있으면서 20dB 이상의 소멸비를 가진다.

이러한 결과는 WDM(Wavelength Division Multiplxing) 시스템의 종단 송수신 모듈에서 하향 1550nm 파장 윈도우 대역에서 효율적인 수신이 가능하도록 한다.

한편, 중앙 파장이 1310nm인 경우 단일 파장을 업로드 파장으로 쓰기 때문에 넓은 대역폭을 가지지 않아도 된다. 따라서 본 발명은 WDM-PON 기반의 FTTH 종단 송수신 모듈에 최적의 성능을 지니고 있다.

상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위내에서 본 발명을 다양하게 수정 또는 변경하여 실시할 수 있다.

발명의 효과

이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명에 따른 쿼지 상태를 이용한 다중모드 간섭 기반의 파장분리기는, 기존의 다중모드간섭을 이용한 파장분리기에 비해 1550nm 윈도우에서 대역폭을 넓히고 넓은 대역폭에서도 균일한 광세기를 지니도록 함으로써 WDM-PON 기반의 FTTH 종단 송수신 모듈로 이용 가능케 됨은 물론, 코어와 클래딩간의 굴절률 차이가 상당히 작은 폴리머 물질을 기반으로 설계하였으므로 엠보싱을 통한 대량생산과 저가격화가 가능하므로 고분자 기반의 고밀도로 집적화된 광회로의 구현과 광통신 시스템에 적합하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

2개의 단일모드의 입력 도파로(11),(12), 다중모드 간섭기 영역(13) 및 2개의 단일모드의 출력 도파로(14),(15)를 구비하며, 상기 다중모드 간섭기 영역(13)은 결상 길이가 짧은 쿼지 상태(Quasi-State)의 다중모드 간섭상태를 이용하는 다중모드 간섭 기반의 파장분리기에 있어서,

상기 단일모드의 입출력 도파로(11),(12),(14),(15)의 상하 폭(Wa)은 주어진 굴절률비에서 단일모드를 만족하는 폭(Wa : 3.3μm)이고, 다중모드 간섭기 영역(13)의 상하 폭(Wm)은 1310nm 파장에 대해 5개의 모드, 1550nm 파장에 대해서는 4개의 모드를 가지는 폭(Wm : 14.4μm)이며, 상기 다중모드 간섭기 영역(13)의 상하 폭(Wm)의 중심에서 각 입출력 도파로(11),(12),(14),(15)의 상하 폭(Wa)의 중심까지의 거리(s)는 여기계수의 대칭성을 만족하되 두 분리파장 모두에서 20dB이상의 성능을 만족하는 중심 간격(5.3μm)인 것을 특징으로 하는 쿼지 상태를 이용한 다중모드 간섭 기반의 파장분리기.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 분리파장에서 상기 다중모드 간섭기 영역(13)이 4~5개의 모드 수를 만족하도록 하고, 상기 각 파장 모드들의 여기계수들은 대칭성을 지니도록 첫 번째 모드의 여기계수와 네 번째 모드의 여기계수, 두 번째 여기계수와 세 번째 여기계수의 값이 비슷하도록 상기 입력 도파로의 위치를 조정하도록 된 것을 특징으로 하는 쿼지 상태를 이용한 다중모드 간섭 기반의 파장분리기.

청구항 3.

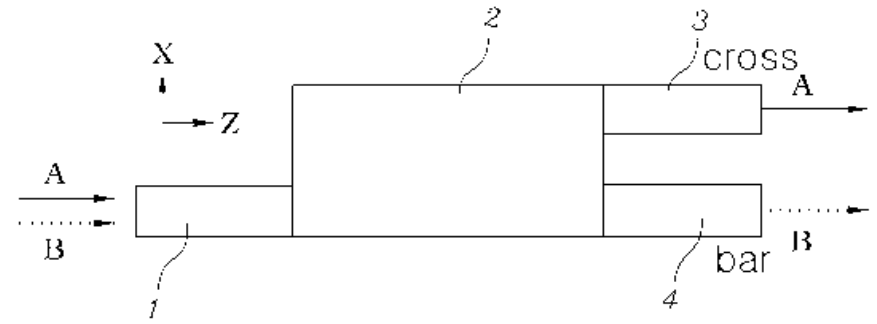
제 1 항에 있어서, 파장분리에 있어 넓은 대역폭을 필요로 하는 파장에 대해서 불완전한 단일상을 이용하도록 하되, 1550nm 대역에서는 불완전한 단일상을, 1310nm 대역에서는 자아결상에 의한 단일상을 이용하도록 된 것을 특징으로 하는 쿼지 상태를 이용한 다중모드 간섭 기반의 파장분리기.

청구항 4.

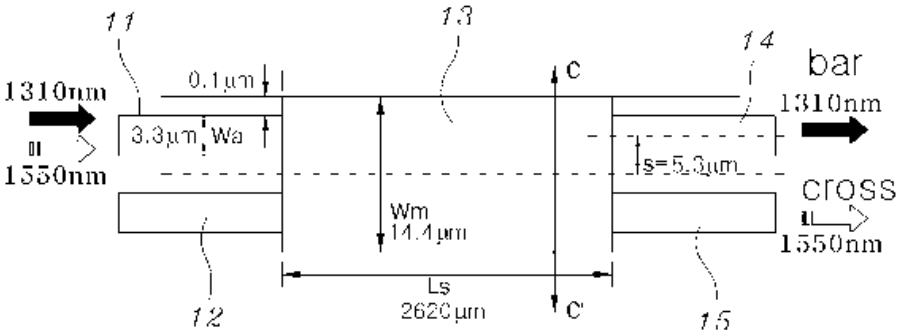
제 3 항에 있어서, 코어와 클래딩의 굴절률 차이를 적게 하여 불완전한 단일상의 크기를 자아결상에 의한 단일상의 크기만큼 크게 하여 효율을 극대화 하도록 된 것을 특징으로 하는 쿼지 상태를 이용한 다중모드 간섭 기반의 파장분리기.

도면

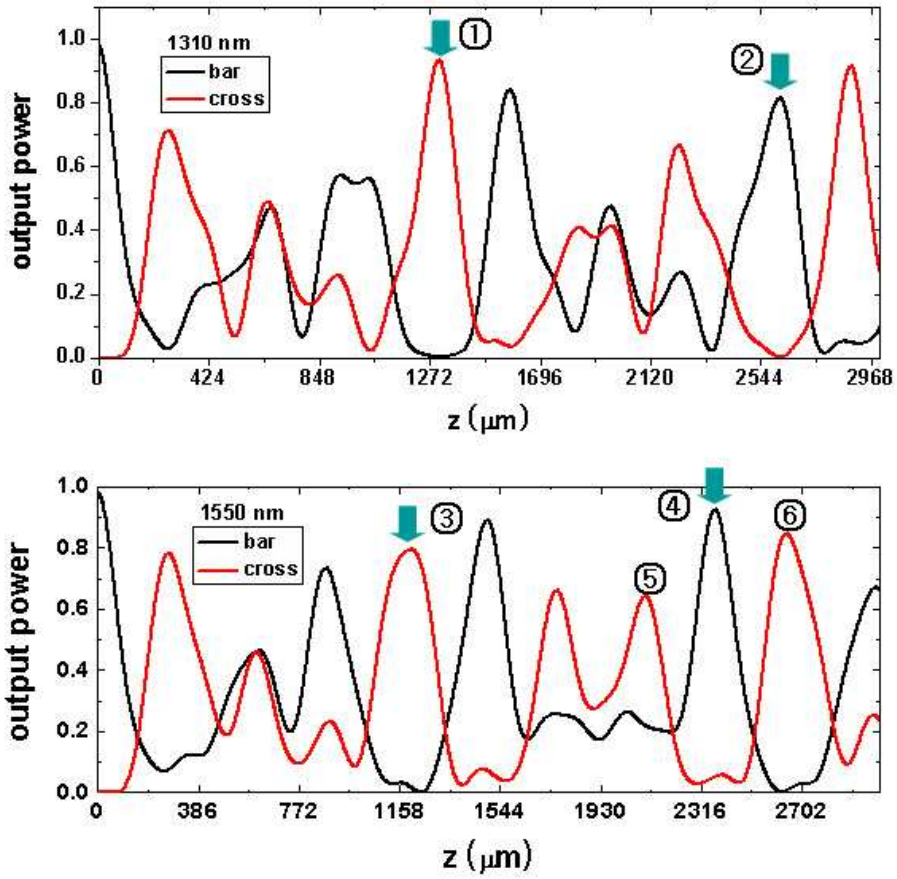
도면1



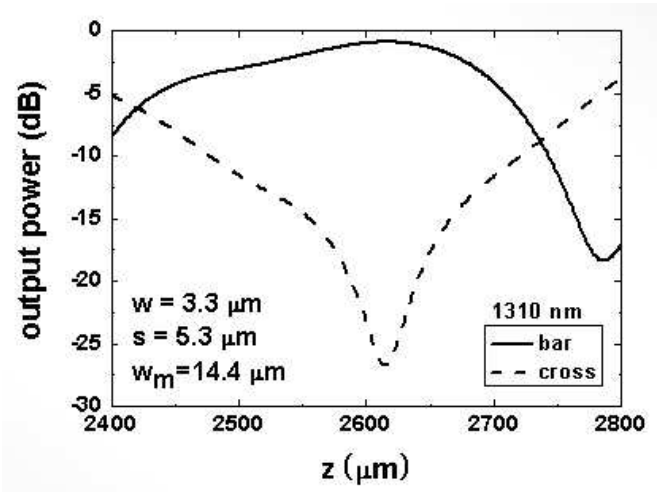
도면2



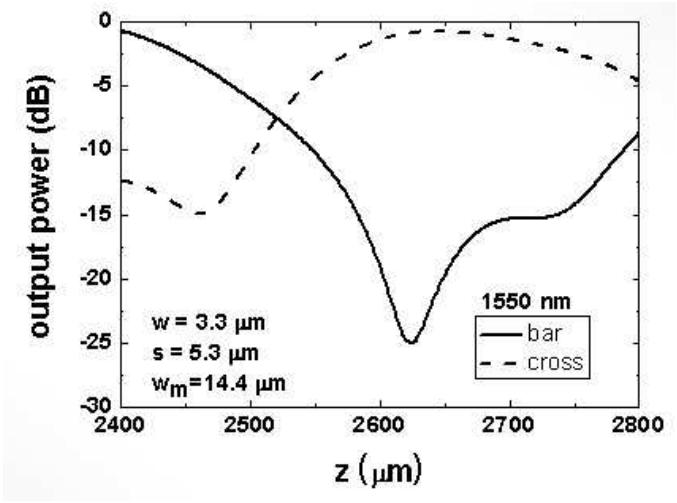
도면3


1310 nm
bar
cross
①
②
output power
z (μm)
1550 nm
bar
cross
③
④
⑤
⑥
output power
z (μm)

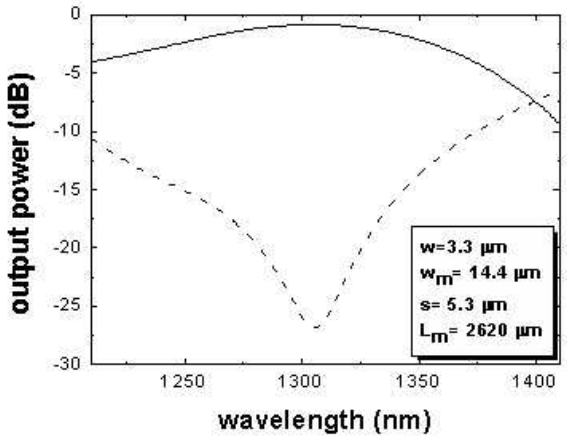
도면4a


output power (dB)
w = 3.3 μm
s = 5.3 μm
w_m=14.4 μm
1310 nm
bar
cross
z (μm)

도면4b



도면5a



도면5b

