



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0099749
(43) 공개일자 2019년08월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 6/27 (2006.01) G02B 27/28 (2006.01)
G02B 5/30 (2006.01) G02B 6/024 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02B 6/2713 (2013.01)
G02B 27/286 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0019590
(22) 출원일자 2018년02월19일
심사청구일자 2018년02월19일

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)
(72) 발명자
이용욱
부산광역시 남구 분포로 113, 220동 2502호 (용호
동, 엘지메트로시티)
(74) 대리인
유성원, 전소정, 배경용

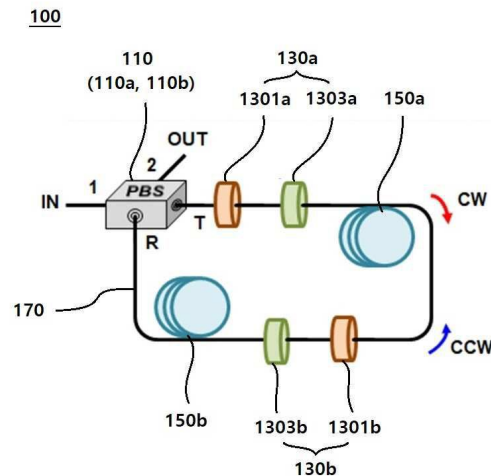
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 고차 광섬유 다파장 필터 및 이를 이용한 연속 파장 조정 방법

(57) 요약

본 발명은 고차 광섬유 다파장 필터 및 이를 이용한 연속 파장 조정 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 광대역 광원으로부터 입력된 빛을 두 편광 성분으로 분해하고, 순환되어 입력되는 두 편광 성분의 빛을 합성 후 출력하여 편광 상이 고리를 형성하는 편광 빔 분배기; 적어도 하나 이상의 파장판의 결합으로 구성되며, 입력되는 빛의 편광 상태를 변경하는 한 쌍의 편광 조절기; 및 복굴절을 통해 위상차를 부여하여 간섭 스펙트럼을 형성할 수 있는 한 쌍의 편광 유지 광섬유를 포함하며, 상기 한 쌍의 편광 조절기는 제1 편광 조절기 및 제2 편광 조절기로 구성되고, 상기 한 쌍의 편광 유지 광섬유는 제1 편광 유지 광섬유 및 제2 편광 유지 광섬유로 구성된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G02B 5/3083 (2013.01)

G02B 6/024 (2013.01)

G02B 6/2773 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1525006555

부처명 해양수산부

연구관리전문기관 해양수산과학기술진흥원

연구사업명 해양수산생명공학기술개발

연구과제명 (핵심과제1)해양 융복합 바이오닉스 진단기기 개발

기 여 율 1/1

주관기관 부경대학교산학협력단

연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

고차 광섬유 다파장 필터에 있어서,

광대역 광원으로부터 입력된 빛을 두 편광 성분으로 분해하고, 순환되어 입력되는 두 편광 성분의 빛을 합성 후 출력하여 편광 상이 고리를 형성하는 편광 빔 분배기;

적어도 하나 이상의 파장판의 결합으로 구성되며, 입력되는 빛의 편광 상태를 변경하는 한 쌍의 편광 조절기; 및

복굴절을 통해 위상차를 부여하여 간섭 스펙트럼을 형성할 수 있는 한 쌍의 편광 유지 광섬유를 포함하며,

상기 한 쌍의 편광 조절기는 제1 편광 조절기 및 제2 편광 조절기로 구성되고, 상기 한 쌍의 편광 유지 광섬유는 제1 편광 유지 광섬유 및 제2 편광 유지 광섬유로 구성되는 것을 특징으로 하는 고차 광섬유 다파장 필터.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 편광 조절기 및 제2 편광 조절기 각각은,

두 개의 1/4 파장판을 포함하여 구성되며,

상기 두 개의 1/4 파장판의 방위각을 조절하여 편광 상태를 변경하는 것을 특징으로 하는 고차 광섬유 다파장 필터.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 편광 조절기 및 제2 편광 조절기 각각은,

1/2 파장판 및 1/4 파장판을 포함하여 구성되며,

상기 1/2 파장판 및 1/4 파장판의 방위각을 조절하여 편광 상태를 변경하는 것을 특징으로 하는 고차 광섬유 다파장 필터.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제2 편광 유지 광섬유의 방위각은,

각각 -22.5° 또는 22.5° 인 것을 특징으로 하는 고차 광섬유 다파장 필터.

청구항 5

제1항에 있어서,

편광 빔 분배기 및 제2 편광 유지 광섬유 사이에 제3의 1/2 파장판을 추가할 경우, 제2 편광 유지 광섬유의 방위각은 반드시 -22.5° 또는 22.5° 가 아니어도 되는 것을 특징으로 하는 고차 광섬유 다파장 필터.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 편광 유지 광섬유의 유효 복굴절은 상기 제1 편광 조절기에서 편광 상태를 변경함에 의해 설정되며,

상기 제2 편광 유지 광섬유의 유효 복굴절은 상기 제2 편광 조절기에서 편광 상태를 변경함에 의해 설정되는 것을 특징으로 하는 고차 광섬유 다파장 필터.

청구항 7

광섬유 다파장 필터를 이용한 연속 파장 조정 방법에 있어서,

편광 빔 분배기에서 상기 광대역 광원으로부터 입사된 빛을 두 편광 성분으로 분해하는 과정;

한 쌍의 편광 조절기에서 상기 두 편광 성분으로 분해된 빛 각각의 편광 상태를 변경하는 과정;

한 쌍의 편광 유지 광섬유에서 상기 편광 상태가 변경된 두 빛 각각에 위상차를 부여하는 과정; 및

상기 편광 빔 분배기에서 상기 편광 상태가 변화되고 상기 위상차가 부여된 빛을 합성하여 출력하는 과정을 포함하며,

상기 두 편광 성분으로 분해된 빛은 서로 상이한 방향으로 순환하는 것을 특징으로 하는 고차 광섬유 다파장 필터를 이용한 연속 파장 조정 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 한 쌍의 편광 유지 광섬유 중 편광 빔 분배기와 직접 연결되는 편광 유지 광섬유는,

각각 -22.5° 또는 22.5° 의 방위각을 갖는 것을 특징으로 하는 고차 광섬유 다파장 필터를 이용한 연속 파장 조정 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

편광 빔 분배기 및 이와 직접 연결되는 편광 유지 광섬유 사이에 제3의 1/2 파장판을 추가할 경우, 상기 편광 빔 분배기와 직접 연결되는 편광 유지 광섬유의 방위각은 반드시 -22.5° 또는 22.5° 가 아니어도 되는 것을 특징으로 하는 고차 광섬유 다파장 필터를 이용한 연속 파장 조정 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 한 쌍의 편광 유지 광섬유의 유효 복굴절은 상기 한 쌍의 편광 조절기에서 편광 상태를 변경함에 의해 설정되는 것을 특징으로 하는 고차 광섬유 다파장 필터를 이용한 연속 파장 조정 방법.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 고차 광섬유 다파장 필터 및 이를 이용한 연속 파장 조정 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 두 개 이상의 복굴절 요소를 갖는 고차 광섬유 다파장 필터에서 파장판의 방위각을 제어함으로써 필터의 투과 스펙

[0001]

트럼 파장을 연속적으로 조정하기 위한 고차 광섬유 다파장 필터 및 이를 이용한 연속 파장 조정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 광섬유 다파장 필터(optical fiber multiwavelengthfilter)는 간단한 구조, 사용 용이성, 우수한 광섬유 호환성으로 광 신호를 처리하거나 광 네트워크(optical network)에서 누화(crosstalk)를 야기하는 불필요한 신호를 차단하는 데 사용할 수 있는 유용한 파장 선택 요소로 고려되어왔다.
- [0004] 이러한 광섬유 다파장 필터는 다파장 광섬유 레이저(fiber laser), 마이크로파 광 필터(microwave photonic filter), 광 펄스 열(pulse train) 발생 등에 적용이 가능하다. 광섬유 다파장 필터의 파장 가변 기능은 원하는 파장 성분을 선택하거나 다파장 광원에서 파장 성분 간 간섭을 방지하는데 유용하게 적용될 수 있다. 파장 가변성을 갖는 다파장 필터를 구현하기 위해 Sagnac 복굴절 고리(Sagnac birefringence loop: 이하 SBL), 마하젠더 간섭계(Mach-Zehnder interferometer: 이하 MZI), Lyot형 복굴절 필터 및 편광 상이 고리 구조(polarization-diversity loop configuration: 이하 PDLC) 등을 이용한 많은 연구가 진행되어왔다.
- [0005] 이 중 편광 빔 분배기(polarization beam splitter: 이하 PBS)를 사용하여 구성되는 PDLC 기반 다파장 필터는 통과 대역(pass band)의 파장 스위칭 및 조정 효율성 측면에서 SBL 기반 다파장 필터에 비해 큰 이점을 가진다. 특히, PDLC 기반 다파장 필터는 MZI 기반 필터에 비해 온도 및 진동과 같은 외란에 강하다. 또한, Lyot형 복굴절 필터와는 달리 입력 편광에 의존하지 않는 투과 스펙트럼(transmission spectrum)을 갖는다.
- [0006] 하나의 편광 유지 광섬유(polarization-maintaining fiber: 이하 PMF)를 복굴절 요소(birefringent element: 이하 BE)로 사용한 PDLC 기반 0차 다파장 필터의 경우, 투과 스펙트럼의 파장 조정은 1/2 파장판(half-wave plate) 및 1/4 파장판(quarter-wave plate)의 다양한 파장판(waveplate) 조합들을 이용하여 구현할 수 있다.
- [0007] 또한, 동일한 길이를 갖는 두 PMF를 주축(principal axis) 간 45° 의 각도차로 접합한 Solc형 및 한 PMF가 다른 PMF보다 2배 더 긴 두 PMF 묶음을 주축 간 60° 의 각도차로 접합한 Lyot형의 PDLC 기반 1차 다파장 필터들을 통해 평탄 대역(flat-top band) 또는 협대역(narrowband) 스펙트럼과 같은 투과 특성을 구현할 수 있다. 이러한 PDLC 기반 1차 다파장 필터에서 평탄 대역 및 협대역 투과 스펙트럼의 인터리빙(interleaving) 동작, 즉 다파장 스펙트럼의 반주기(half-period) 스위칭은 HWP로 두 PMF의 주축 간 각도차를 조절함으로써 구현될 수 있다.
- [0008] 일반적으로 광 네트워크 시스템에서 효율적인 광 신호 처리를 위해 두 개 이상의 BE를 갖는 고차(high-order) 광섬유 다파장 필터가 유용하게 사용될 수 있으나, 두 개 이상의 BE를 갖는 고차 광섬유 다파장 필터의 경우에는 연속 파장 조정 기능을 구현하기 어려운 문제가 있어 왔다.
- [0009] 이는 파장판과 BE(즉, PMF)의 적절한 조합을 찾는 것이 쉽지 않고, 개별 광학 소자들의 방위각을 결정하는 것이 매우 복잡하기 때문이다.
- [0010] 따라서, 파장판의 종류, 개수, 그리고 BE들과의 상대적 위치 등을 적절하게 선정하여 두 개 이상의 BE를 갖는 고차 광섬유 다파장 필터를 구현하고, 상기 고차 광섬유 다파장 필터에서 스펙트럼의 연속 파장 조정을 구현할 수 있는 파장 조정 기법을 도출하는 것은 고차 광섬유 다파장 필터의 광학적 응용 범위 및 적용 효율성을 크게 증대시킬 수 있을 것으로 예상된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 따라서, 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 두 개 이상의 복굴절 요소를 갖는 고차 광섬유 다파장 필터에서 파장판의 방위각을 제어함으로써 투과 스펙트럼 파장을 연속적으로 조정할 수 있도록 하는 고차 광섬유 다파장 필터 및 이를 이용한 연속 파장 조정 방법을 제공함에 있다.
- [0013] 또한, 본 발명은 고가의 복굴절 변조기(birefringence modulator) 없이 두 PMF 묶음과 파장판을 사용하여 스펙트럼 파장을 연속적으로 조정할 수 있도록 함으로써, 비용을 절감할 수 있도록 하는 고차 광섬유 다파장 필터 및 이를 이용한 연속 파장 조정 방법을 제공함에 있다.

- [0014] 또한, 본 발명은 고차 광섬유 다파장 필터의 스펙트럼 파장을 연속적으로 조정함으로써, 마이크로파 및 광 신호 처리, 다파장 레이저 발진 및 광센서 복조와 같은 다양한 분야에 유용하게 활용될 수 있도록 하는 고차 광섬유 다파장 필터 및 이를 이용한 연속 파장 조정 방법을 제공함에 있다.
- [0015] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 것으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자에게 명확히 이해될 수 있을 것이다.

파장의 해결 수단

- [0017] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 고차 광섬유 다파장 필터는, 광대역 광원으로부터 입력된 빛을 두 편광 성분으로 분해하고, 순환되어 입력되는 두 편광 성분의 빛을 합성 후 출력하여 편광 상이 고리를 형성하는 편광 빔 분배기; 적어도 하나 이상의 파장판의 결합으로 구성되며, 입력되는 빛의 편광 상태를 변경하는 한 쌍의 편광 조절기; 및 복굴절을 통해 위상차를 부여하여 간섭 스펙트럼을 형성하는 한 쌍의 편광 유지 광섬유를 포함하며, 상기 한 쌍의 편광 조절기는 제1 편광 조절기 및 제2 편광 조절기로 구성되고, 상기 한 쌍의 편광 유지 광섬유는 제1 편광 유지 광섬유 및 제2 편광 유지 광섬유로 구성된다.
- [0018] 또한, 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 고차 광섬유 다파장 필터를 이용한 연속 파장 조정 방법은, 편광 빔 분배기에서 상기 광대역 광원으로부터 입사된 빛을 두 편광 성분으로 분해하는 과정; 한 쌍의 편광 조절기에서 상기 두 편광 성분으로 분해된 빛 각각의 편광 상태를 변경하는 과정; 한 쌍의 편광 유지 광섬유에서 상기 편광 상태가 변경된 두 빛 각각에 추가 위상차를 동시에 부여하여 유효 복굴절을 변화시키는 과정; 및 상기 편광 빔 분배기에서 상기 편광 상태가 변화되고 상기 위상차가 부여된 빛을 합성하여 출력하는 과정을 포함하며, 상기 두 편광 성분으로 분해된 빛은 서로 상이한 방향으로 순환한다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명에 의하면, 두 개 이상의 복굴절 요소를 갖는 고차 광섬유 다파장 필터에서 파장판의 방위각을 제어함으로써 스펙트럼 파장을 연속적으로 조정할 수 있다.
- [0021] 또한, 본 발명에 의하면, 고가의 복굴절 변조기(birefringence modulator) 없이 두 편광 유지 광섬유 묶음과 파장판을 사용하여 스펙트럼 파장을 연속적으로 조정할 수 있도록 함으로써, 비용을 절감할 수 있다.
- [0022] 또한, 본 발명에 의하면, 고차 광섬유 다파장 필터의 스펙트럼 파장을 연속적으로 조정함으로써, 마이크로파 및 광 신호 처리, 다파장 레이저 발진 및 광센서 복조와 같은 다양한 분야에 유용하게 활용될 수 있다.
- [0023] 본 발명의 효과는 이상에서 언급한 것으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자에게 명확히 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 고차 광섬유 다파장 필터의 구조를 개략적으로 나타내는 도면,
 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 고차 광섬유 다파장 필터에서 광의 순환 경로를 나타내는 도면,
 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 고차 광섬유 다파장 필터에서 부여할 수 있는 파장판들의 방위각의 각도를 나타내는 도면,
 도 4a는 본 발명의 실시예에 따른 고차 광섬유 다파장 필터의 이론적인 평탄형 투과 스펙트럼을 나타내는 도면,
 도 4b는 본 발명의 실시예에 따른 고차 광섬유 다파장 필터에서 측정된 평탄형 투과 스펙트럼을 나타내는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 본 발명의 목적 및 효과, 그리고 그것들을 달성하기 위한 기술적 구성들은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기준을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다.

- [0027] 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있다. 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0028] 한편, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 부재를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 구비할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0029] 본 발명은 두 개 이상의 복굴절 요소(birefringence element: 이하 BE)를 갖는 편광 상이 고리 구조(polarization-diversity loop configuration: 이하 PDLC) 기반의 고차 광섬유 다파장 필터에서 스펙트럼 파장을 연속적으로 조정하기 위해서, PDLC를 구현하기 위한 편광 빔 분배기(Polarization Beam Splitter: 이하 PBS), 빛의 편광 상태(State Of Polarization)를 조절하기 위한 한 쌍의 파장판 세트와 한 쌍의 PMF를 BEFH 이 용한다. 이때, 한 쌍의 파장판 세트는 각각 1/4 파장판(quarter-wave plate)만을 포함하여 구성될 수도 있고, 1/2 파장판(half-wave plate) 및 1/4 파장판을 포함하여 구성될 수도 있다.
- [0030] 즉, 본 발명에서는 파장판 및 PMF를 적절하게 조합하여 두 개 이상의 BE를 갖는 PDLC 기반의 고차 광섬유 다파장 필터에서 스펙트럼 파장을 연속적으로 조정하도록 한다.
- [0031] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 고차 광섬유 다파장 필터 및 이를 이용한 투과 스펙트럼의 연속 파장 조정 방법에 대하여 첨부된 도면을 참고하여 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0032] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 고차 광섬유 다파장 필터의 구조를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0033] 도 1에 도시된 바와 같이, 고차 광섬유 다파장 필터(100)는 PDLC를 기반으로 하고, PBS(110), 한 쌍의 PMF(130a, 130b), 한 쌍의 편광 유지 광섬유(150a, 150b)를 포함하며, 이들은 광섬유(170)를 통해 상호 연결될 수 있다.
- [0034] 먼저, PBS(110)는 광대역 광원(미도시)으로부터 입사된 광을 두 개의 편광 빔(beam)으로 분해하도록 제1 편광기(110a) 및 제2 편광기(110b)를 포함하며, 제1 편광기(110a) 및 제2 편광기(110b)는 입력 광원을 서로 직교하는 선형 수평 편광(linear horizontal polarization: 이하 LHP) 및 선형 수직 편광(linear vertical polarization: 이하 LVP) 성분의 빛으로 각각 나눈다. 이때, 편의상 PBS(110)의 수평 및 수직 축을 각각 x축과 y축으로 가정하여 설명한다.
- [0035] 여기서, 제1 편광기(110a)는 제1 단자에서 제T 단자로 진행하거나 제R 단자에서 제2 단자로 진행할 경우 적용되고, 제2 편광기(110b)는 제1 단자에서 제R 단자로 진행하거나 제T 단자에서 제2 단자로 진행할 경우 적용된다. 구체적으로, 제1 단자는 광대역 광원과 연결되어 광섬유 다파장 필터(100)의 입력으로 사용되는 단자이고, 제R 단자는 제1 단자로 입력되는 광의 LVP 성분이 출력되는 단자이다. 한편, 제T 단자는 제1 단자로 입력되는 광의 LHP 성분이 출력되는 단자이고, 제2 단자는 고차 광섬유 다파장 필터(100)의 출력으로 사용되는 단자이다.
- [0036] 즉, LHP 성분 및 LVP 성분은 각각 PBS(110)의 제T 단자 및 제R 단자로 출력되어 시계 방향(CW)의 제1 경로와 반시계 방향(CCW)의 제2 경로로 순환한다. 이러한 PBS(110)를 통해 PDLC를 구현할 수 있다.
- [0037] 한 쌍의 편광 조절기(130a, 130b)는 각 경로에 구비되며, 제1 편광 조절기(130a)는 제1 1/2 파장판(1301a) 및 제1 1/4 파장판(1303a)의 결합으로 구성되고, 제2 편광 조절기(130b)는 제2 1/2 파장판(1301b) 및 제2 1/4 파장판(1303b)의 결합으로 구성된다. 그러나, 이는 일 실시 예일 뿐, 각 편광 조절기를 구성하는 1/2 파장판 및 1/4 파장판의 배치 순서는 변경 가능하며, 또한 1/2 파장판 없이 두 개의 1/4 파장판만으로도 편광 조절기를 구성할 수 있다.
- [0038] 이 한 쌍의 편광 조절기(130a, 130b)는 각 파장판의 방위각을 조절함으로써 광대역 광원으로부터 입사된 광의 편광 상태를 변경한다.
- [0039] 한편, 한 쌍의 PMF(150a, 150b) 또한 각 경로에 구비되는 것으로, 제1 PMF(150a)와 제2 PMF(150b)로 구비되는 한 쌍의 PMF(150a, 150b)는 각 경로를 진행하는 빛에 동일한 위상차(phase difference)를 부여한다.

- [0040] 일반적으로 편광 간섭(polarization interference) 기반의 광섬유 다파장 필터에서 나타나는 간섭 무늬는 PMF의 두 직교 편광 모드(orthogonal polarization mode) 간 위상차에 의해 생성된다. 이 위상차는 하기 <수학식 1>와 같다.
- [0041] <수학식 1>
- [0042]
$$\Gamma = 2\pi BL/\lambda$$
- [0043] 여기서, Γ 는 위상차, B는 PMF 복굴절, L은 PMF 길이, λ 는 빛의 파장을 나타낸다.
- [0044] 이 위상차에 0에서 2π 사이의 추가 위상차를 부여할 경우, 즉, 파장판을 이용하여 PMF의 유효 복굴절(effective birefringence)을 변화시키면 간섭 스펙트럼의 파장 간격(free spectral range: 이하 FSR) 및 파장 위치를 변화시킬 수 있다.
- [0045] 추가적으로, 제2 PMF(150b)와 PBS(110)의 제R 단자 사이에 제3 1/2 파장판(미도시)이 더 구비될 수도 있다. 제3 1/2 파장판을 더 구비하지 않는 경우에는 제2 PMF(150b)의 방위각을 미리 결정해주어야 하지만, 제3 1/2 파장판을 더 구비하는 경우에는 제2 PMF(150b)의 방위각이 임의의 값을 갖더라도 연속 파장 이동이 가능한 편광 조절기(130a, 103b) 내 각 파장판들(1301a, 1303a, 1301b, 1303b)의 방위각을 도출할 수 있다.
- [0046] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 고차 광섬유 다파장 필터에서 광의 순환 경로를 나타내는 도면이다.
- [0047] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 고차 광섬유 다파장 필터에서 광의 순환 경로를 나타내는 도면으로, 도 1에 도시된 고차 광섬유 다파장 필터(100)의 구조에서 입사된 광이 순환하는 경로를 나타낸 것이다.
- [0048] 도 2를 참조하여 광대역 광원으로부터 입사된 광이 순환하는 경로를 구체적으로 살펴보면, 광대역 광원으로부터 PBS(110)의 제1 단자를 통해 입사된 광이 제T단자 및 제R단자로 출력되어 각각 시계 방향의 제1 경로(CW path)와 반시계 방향의 제2 경로(CCW path)로 순환한다.
- [0049] 먼저, LHP 성분은 제1 경로를 따라 제1 단자에서 제T 단자로 진행하며 제1 편광기(110a)를 통과한 광이 제1 1/2 파장판(1301a)(x축에 대한 저속축(slow axis) 방위각: Θ_{h1}), 제1 1/4 파장판(1303a)(방위각: Θ_{q1}), 제1 PMF(150a)(방위각: Θ_{p1}), 제2 1/2 파장판(1301b)(방위각: Θ_{h2}) 및 제2 1/4 파장판(1303b)(방위각: Θ_{q2}), 제2 PMF(150b)(방위각: $\Theta_{p2} = 22.5^\circ$)를 순서대로 통과한 후, 다시 제R 단자에서 제2 단자로 진행하며 제1 편광기(110a)를 통과한다.
- [0050] 한편, LVP 성분은 제2 경로를 따라 제1 단자에서 제R 단자로 진행하며 제2 편광기(110b)를 통과한 광이 제2 PMF(150b)(방위각: $-\Theta_{p2} = -22.5^\circ$), 제2 1/4 파장판(1303b)(방위각: $-\Theta_{q2}$), 제2 1/2 파장판(1301b)(방위각: $-\Theta_{h2}$), 제1 PMF(150a)(방위각: $-\Theta_{p1}$), 제1 1/4 파장판(1303a)(방위각: $-\Theta_{q1}$), 제1 1/2 파장판(1301a)(방위각: $-\Theta_{h1}$)을 순서대로 통과한 후, 다시 제T 단자에서 제2 단자로 진행하며 제2 편광기(110b)를 통과한다.
- [0051] 이렇게 제1 경로 및 제2 경로로 순환한 두 빛은 PBS(110)에서 다시 결합되어 제2 단자로 출력된다.
- [0052] 도 2에서 F와 S는 파장판 및 PMF와 같은 BE들의 고속축(fast axis) 및 저속축을 각각 나타낸다. 제1 경로 및 제2 경로 모두에서 편광 간섭으로 인해 동일한 FSR을 갖는 간섭 스펙트럼이 생성되지만, 각 간섭 스펙트럼의 삽입 손실(insertion loss)은 입력 편광에 의해 결정된다. 이 두 경로를 진행하는 두 빛의 편광이 서로 직교하기 때문에, 고차 광섬유 다파장 필터의 출력 스펙트럼은 이러한 두 간섭 스펙트럼의 대수적 합에 의해 얻어진다.
- [0053] 특히, 임의의 입력 편광은 LHP 성분 및 LVP 성분의 선형 중첩(linear superposition)으로 표현 가능하므로 고차 광섬유 다파장 필터의 출력 스펙트럼은 입력 편광에 무관하다.
- [0054] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 고차 광섬유 다파장 필터에서 투과 스펙트럼의 연속 파장 조절을 구현하기 위해 부여할 수 있는 파장판들의 방위각 각도를 나타내는 도면이다.
- [0055] 도 3은 한 쌍의 PMF 중 제1 PMF(150a)의 방위각인 Θ_{p1} 은 0° (적색선) 또는 30° (청색선)일 경우에 대해서 투과 스펙트럼에 부여되는 추가 위상차 ϕ 가 0° 에서 360° 까지 변하기 위해 필요한 Θ_{h1} , Θ_{q1} , Θ_{h2} , Θ_{q2} 의 값을 나타낸다.
- [0056] 한편, 제2 PMF(150b)의 방위각인 Θ_{p2} 는 22.5° 로 고정된 상태이다.

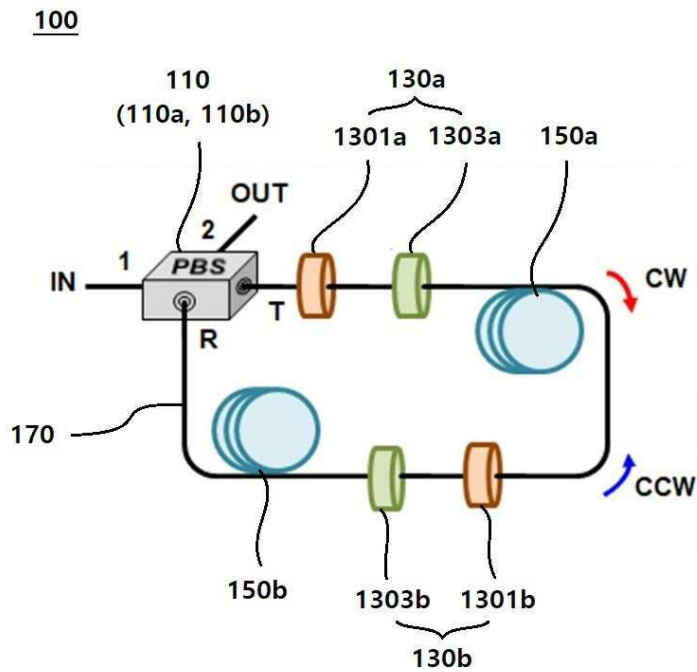
- [0057] 도 3을 참조하면, 0° 에서 360° 사이의 임의의 추가 위상차 ϕ 에 대해서도 네 파장판들의 방위각(θ_{h1} , θ_{q1} , θ_{h2} , θ_{q2})이 존재함을 알 수 있고, 이러한 파장판 방위각 조합을 이용하여 투과 스펙트럼의 파장을 임의의 위치로 이동시킬 수 있음을 알 수 있다.
- [0058] 본 발명에 따른 고차 광섬유 다파장 필터는 원래 위상차 Γ 에 추가 위상차 ϕ 를 부여함으로써 고차 투과 스펙트럼의 파장을 이동시킬 수 있다. 즉, 투과 스펙트럼의 파장 조절을 위해 각 PMF의 위상차 Γ 에 추가 위상차 ϕ 가 추가되어야 한다. 예를 들어, 평탄형 투과 스펙트럼의 파장을 조정하기 위해서는 각 PMF의 유효 위상차는 $\Gamma + \phi$ 가 되어야 한다. 평탄형 투과 스펙트럼을 얻기 위한 제1 PMF 및 제2 PMF의 유효 방위각은 각각 -22.5° 와 22.5° 이다. 상기와 같은 제1 PMF 및 제2 PMF의 유효 위상차 및 유효 방위각은 입력되는 빛의 편광 상태를 바꿔 설정할 수 있다. 이 입력되는 빛의 편광 상태는 편광 조절기를 이용하여 구현 가능하며, 추가 위상차 ϕ 를 0에서 2π 까지, 즉 0° 에서 360° 까지 변화시키면 평탄 대역 다파장 투과 스펙트럼은 파장 영역에서 한 FSR만큼 이동한다. 즉, 상기 투과 스펙트럼을 한 채널 간격(channel spacing) 만큼 완전히 이동시킬 수 있는 것이다.
- [0059] 도 4a는 본 발명의 실시예에 따른 고차 광섬유 다파장 필터의 이론적인 평탄형 투과 스펙트럼을 나타내는 도면이고, 도 4b는 본 발명의 실시예에 따른 고차 광섬유 다파장 필터에서 측정된 평탄형 투과 스펙트럼을 나타내는 도면이다. 도 4a 및 도 4b는 도 3에서 얻은 파장판 방위각 조합 중 ϕ 가 $0(\text{Set I})$, $45^\circ(\text{Set II})$, $90^\circ(\text{Set III})$, $135^\circ(\text{Set IV})$, $180^\circ(\text{Set V})$, $225^\circ(\text{Set VI})$, $270^\circ(\text{Set VII})$, $315^\circ(\text{Set VIII})$ 인 경우에 대한 이론적 및 실험적 평탄형 투과 스펙트럼을 각각 도시한 것이다.
- [0060] 도 4a를 통해 즉, 이론적 평탄형 투과 스펙트럼 분석을 통해 평탄형 투과 스펙트럼이 연속적으로 파장 조절될 수 있는 것을 확인할 수 있으며, 도 4b를 통해 즉, 실제로 제작된 고차 광섬유 다파장 필터에서 측정된 결과를 통해 제시된 파장 조절 방법을 이용하여 스펙트럼의 파장을 연속적으로 이동시킬 수 있는 것을 확인할 수 있다.
- [0061] 따라서, 본 발명에 따른 고차 광섬유 다파장 필터는 두 PMF(150a, 150b)가 부여하는 위상차에 각각 더해지는 추가 위상차 ϕ 의 값이 동일하도록 파장판을 조절함으로써 출력 스펙트럼의 파장을 연속적으로 조정할 수 있도록 한다.
- [0062] 본 명세서와 도면에는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 개시하였으며, 비록 특정 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명의 기술 내용을 쉽게 설명하고 발명의 이해를 돕기 위한 일반적인 의미에서 사용된 것이지, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시예 외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형예들이 실시 가능하다는 것은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

부호의 설명

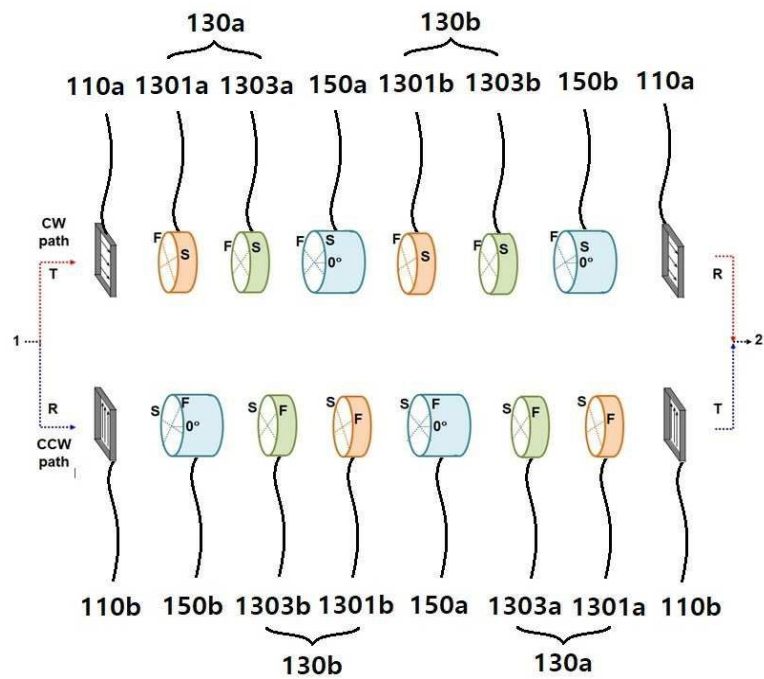
- | | | |
|--------|-------------------------|-------------------------|
| [0064] | 100: 고차 광섬유 다파장 필터 | 110: 편광 빔 분배기(PBS) |
| | 130a: 제1 편광 조절기 | 130b: 제2 편광 조절기 |
| | 150a: 제1 편광 유지 광섬유(PMF) | 150b: 제2 편광 유지 광섬유(PMF) |
| | 170: 광섬유 | 1301a: 제1 1/2 파장판 |
| | 1303a: 제1 1/4 파장판 | 1301b: 제2 1/2 파장판 |
| | 1303b: 제2 1/4 파장판 | |

도면

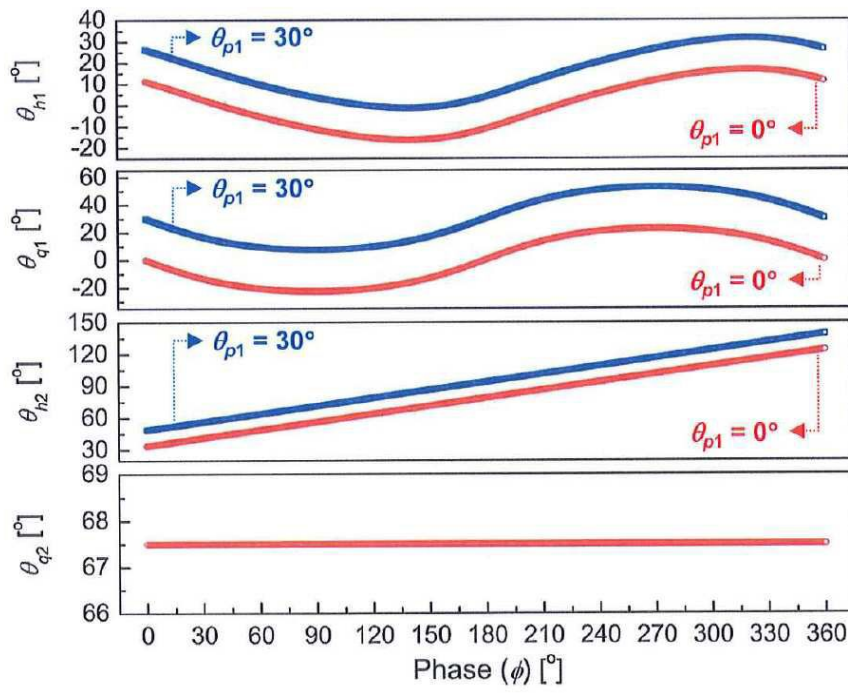
도면1



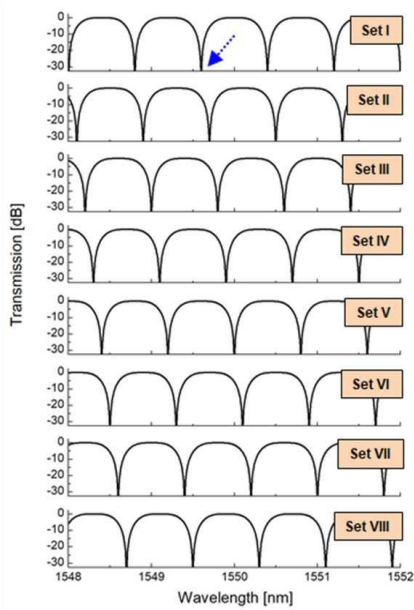
도면2



도면3



도면4a



도면4b

