



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년03월25일
(11) 등록번호 10-1243049
(24) 등록일자 2013년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/08 (2006.01) G01M 5/00 (2006.01)

G01M 11/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-7017803

(22) 출원일자(국제) 2005년12월15일
심사청구일자 2010년11월18일

(85) 번역문제출일자 2007년08월01일

(65) 공개번호 10-2007-0105319

(43) 공개일자 2007년10월30일

(86) 국제출원번호 PCT/AU2005/001899

(87) 국제공개번호 WO 2006/074502

국제공개일자 2006년07월20일

(30) 우선권주장

2005900109 2005년01월11일 오스트레일리아(AU)

(56) 선행기술조사문현

US6621947 A

US6778717 A

US4877543 A

전체 청구항 수 : 총 10 항

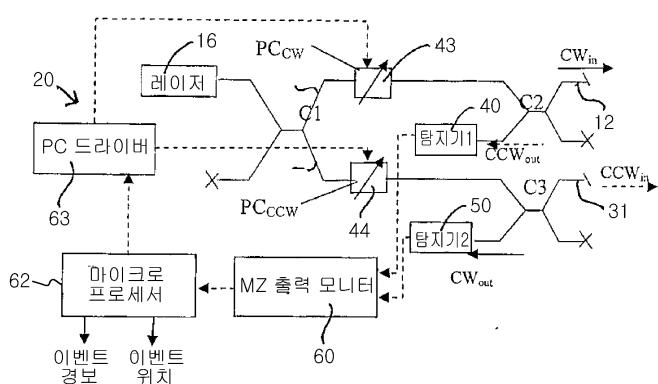
심사관 : 김성훈

(54) 발명의 명칭 역전파 신호법을 사용하여 이벤트의 위치를 파악하는 장치및 방법

(57) 요 약

역전파 신호법을 사용하여 이벤트의 위치를 파악하는 장치 및 방법을 개시한다. 그러한 장치 및 방법은 역전파 신호를 발진할 수 있는 마하젠더 간섭계를 사용한다. 마하젠더 간섭계의 감지 구역이 교란되면, 변형 역전파 신호가 생성되고, 그 신호의 수신 사이의 시간 차를 사용하여 이벤트의 위치를 결정한다. 편광 제어기(43, 44)는 피드백 신호를 수신하여 역전파 신호의 편광 상태를 제어함으로써 신호의 진폭 및/또는 위상을 정합시킨다. 변형 신호의 탐지를 위한 탐지기가 마련된다.

대 표 도 - 도15



특허청구의 범위

청구항 1

이벤트의 위치를 파악하는 장치로서,

광원;

상기 광원으로부터 빛을 받는 도파로로써, 상기 빛이 상기 도파로를 따라서 양 방향으로 전파되게 함으로써 역전파 광 신호들이 상기 도파로 내에 제공되도록 하고, 상기 도파로를 따라서 계속 전파되는 변형 역전파 광 신호들을 제공하기 위하여 상기 이벤트에 의하여 변형된 역전파 광 신호들을 가질 수 있으며, 역전파 신호들을 수신하는 제1 암과 역전파 신호들을 수신하는 제2 암을 포함하며, 상기 제1 및 제2 암은 마하젠더 간섭계를 형성하는 상기 도파로; 및

상기 변형 역전파 광 신호들을 탐지하고, 상기 이벤트의 위치를 파악하기 위해 변형 역전파 광 신호들의 수신 사이의 시간 차를 결정하는 탐지 수단;을 포함하며,

상기 역전파 광 신호들의 편광 상태를 제어하여 신호들이 진폭 및 위상 정합되게 하는 제어기가 존재하는 것을 특징으로 하며, 상기 마하젠더 간섭계의 상기 제1 암은 상기 제2 암과 길이가 상이하여 상기 제1 및 제2 암이 경로 길이 불일치를 가지며, 상기 제어기는 디터 신호 생성 소자를 포함하고, 상기 디터 신호 생성 소자는 인위적 간섭 무늬를 생성하기 위하여 상기 광원으로부터의 상기 빛을 상기 마하 젠더 간섭계 암들 사이의 위상 차의 디더링이 360° 이상이 되는 만큼 과장 디더링함으로써 마하젠더 간섭계 역전파의 출력들이 동작 점이 드리프팅 하더라도 항상 상기 출력의 본연의 간섭 무늬 선명도를 내며, 상기 제어기는 위상 정합 및 간섭 무늬 선명도를 유지하도록 동작하는 것을 특징으로 하는 이벤트의 위치를 파악하는 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제어기는 상기 마하젠더 간섭계의 출력에서 최대 출력 간섭 무늬를 유지하도록 동작하는 것을 특징으로 하는 이벤트의 위치를 파악하는 장치.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제어기는 상기 역전파 광 신호들 각각에 대한 편광 제어기를 포함하는 것을 특징으로 하는 이벤트의 위치를 파악하는 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제어기는 편광 제어 구동기에 연결된 프로세서를 포함하는 것을 특징으로 하며, 상기 편광 제어 구동기는 상기 편광 제어기에 연결되어 상기 편광 제어기를 제어함으로써 상기 광원으로부터 상기 마하 젠더 간섭계의 제1 및 제2 암에 공급되는 신호들의 편광을 설정하고, 역전파 신호들의 편광을 차례대로 설정하는 것을 특징으로 하는 이벤트의 위치를 파악하는 장치.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 광원은 브래그 격자들을 가지는 레이저 광원 및, 상기 브래그 격자들 및 상기 광원의 레이저 공동 중 적어도 하나를 제어함으로써 상기 레이저 광원으로부터 역전파 신호들을 생성하기 위하여 출력되는 레이저 신호의 과장을 변경하게 하는 조절기를 포함하는 것을 특징으로 하는 이벤트의 위치를 파악하는 장치.

청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 탐지 수단들은 마하젠더 출력 모니터에 연결되며, 상기 마하젠더 출력 모니터는 상기 탐지 수단들에 의하

여 탐지된 상기 역전파 신호들을 모니터링함으로써, 변조 역전파 신호들이 상기 탐지수단들에 의하여 탐지된 경우 상기 마하젠더 출력 모니터가 상기 이벤트의 위치를 결정하도록 신호들을 프로세서에 제공하도록 하는 것을 특징으로 하는 이벤트의 위치를 파악하는 장치.

청구항 7

이벤트의 위치를 파악하는 방법에 있어서,

마하젠더 간섭계를 형성하는 제1 암 및 제2 암을 포함하는 도파로를 형성하는 단계;

상기 도파로에 빛을 발진함으로써, 상기 빛이 역전파 광 신호들로서 상기 마하젠더 간섭계의 상기 제1 암 및 상기 제2 암을 통과하여 양 방향으로 전파되도록하는 단계로, 상기 도파로는 상기 도파로를 따라서 계속 전파되는 변형 역전파 광 신호들을 제공하기 위하여 상기 이벤트에 의하여 변형된 역전파 광 신호들을 가질 수 있으며,

연속적으로 동시에 변조 역전파 광 신호들을 모니터링함으로써, 이벤트 발생 시 외부 파라미터에 의해 영향을 받은 2개의 변형 역전파 신호를 탐지하는 단계; 및

상기 이벤트의 위치를 결정하기 위해 변형 역전파 광 신호들의 탐지 사이의 시간 차이를 결정하는 단계;를 포함하며,

상기 마하젠더 간섭계의 상기 제1 암 및 제2 암이 경로 길이 불일치를 가짐을 특징으로 하며,

상기 도파로부터의 역전파 신호들의 진폭 및 위상 정합을 제공하기 위하여 상기 도파로부터 입력되는 상기 역전파 광 신호들의 편광 상태를 제어하는 단계 및, 인위적 간섭 무늬를 생성하기 위하여 상기 마하젠더 간섭계 암들 사이의 위상차의 디더링이 360° 이상이 될 만큼 상기 발진된 빛의 파장을 디더링함으로써 상기 마하젠더 간섭계 역전파 출력들이 동작 점이 드리프팅하더라도 본연의 간섭 무늬 선명도를 내는 단계 및, 마하젠더 출력들의 위상 정합 및 간섭 무늬 선명도를 유지하도록 상기 편광 상태들의 제어를 계속하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이벤트의 위치를 파악하는 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

역전파 신호들의 편광 상태들은, 최대 출력 간섭 무늬들을 얻는 상기 도파로부터의 진폭 및 위상 정합된 역전파 신호들을 제공하는 것을 특징으로 하는 이벤트의 위치를 파악하는 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 편광 상태들을 제어하는 단계는, 역전파 신호들의 세기가 0인 상태 또는 최대 상태를 검출하기 위하여 상기 마하젠더 간섭계로부터 출력된 상기 역전파 광 신호들을 모니터링하는 동안 상기 역전파 신호들의 입력 편광 상태를 랜덤(random)하게 변경하는 단계 및 0이거나 또는 최대 세기를 제공하는 입력 편광들을 선택하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이벤트의 위치를 파악하는 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 편광 상태들을 제어하는 단계는, 역전파 출력 신호들의 위상 정합을 위하여 광원으로부터 상기 마하젠더 간섭계의 각각의 입력 인입 선으로 공급되는 신호들의 입력 편광 상태를 설정하기 위한 적어도 하나의 편광 제어기를 제어하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이벤트의 위치를 파악하는 방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

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

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

삭제

청구항 57

삭제

청구항 58

삭제

청구항 59

삭제

청구항 60

삭제

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

청구항 67

삭제

청구항 68

삭제

청구항 69

삭제

청구항 70

삭제

청구항 71

삭제

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 보안 건물 구내에의 침입 또는 건물과 관련된 고장이나 사고와 같은 이벤트의 위치를 파악하여 그 이벤트의 위치를 결정할 수 있도록 하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

이벤트의 위치를 파악하기 위한 장치 및 방법이 미국 특허 제6621947호 및 제6778717호에 개시되어 있다. 본 2개의 특허의 내용은 본 명세서에 참조차 포함된다.

[0003]

위에서 밝힌 미국 특허에 사용된 시스템은 역전파 신호(counter-propagating signal)가 제공되는 마하젠더(Mach Zehnder)(MZ) 간섭계를 이용하고 있다. 이벤트에 기인한 교란 신호들의 시간 차를 측정함으로써, 마하젠더 간섭계로 형성된 감지 장치를 따른 이벤트의 위치가 결정될 수 있다.

[0004]

따라서, 이벤트가 시스템의 MZ 센서부를 교란할 경우, 역전파 신호가 탐지기에 도달하는 시간의 차를 이용하여 MZ 센서 상에서의 교란의 정확한 위치를 산출할 수 있게 된다. 그러한 타입의 센서는 전형적으로 50 km를 넘는

감지 길이로 주변 보안 애플리케이션 또는 기간 시설 보안 애플리케이션에 적용될 수 있다.

발명의 상세한 설명

[0005] 본 발명의 목적은 이벤트의 더욱 정확한 위치를 제공할 수 있도록 위에서 밝힌 특허에 개시된 시스템 및 방법을 개선하는 것이다.

본 발명은 이벤트의 위치를 파악하는 장치로서,

광원;

상기 광으로부터 빛을 받는 도파로로써, 상기 빛이 상기 도파로를 따라서 양 방향으로 전파되게 함으로써 역전파 광 신호들이 상기 광 도파로 내에 제공되도록 하고, 상기 도파로를 따라서 계속 전파되는 변형 역전파 광 신호들을 제공하기 위하여 상기 이벤트에 의하여 변형된 역전파 광 신호들을 가질 수 있으며, 역전파 신호들을 수신하는 제1 암과 역전파 신호들을 수신하는 제2 암을 포함하며, 상기 제1 및 제2 암은 마하젠더 간섭계를 형성하는 상기 도파로; 및

상기 변형 역전파 광 신호들을 탐지하고, 상기 이벤트의 위치를 파악하기 위해 변형 역전파 광 신호들의 수신 사이의 시간 차를 결정하는 탐지 수단;을 포함하며,

상기 역전파 광 신호들의 편광 상태를 제어하여 신호들이 진폭 및 위상 정합되게 하는 제어기가 존재하는 것을 특징으로 하며, 상기 마하젠더 간섭계의 상기 제1 암은 상기 제2 암과 길이가 상이하여 상기 제1 및 제2 암이 경로 길이 불일치를 가지며, 상기 제어기는 디더 신호 생성 소자를 포함하고, 상기 디더 신호 생성 소자는 인위적 간섭 무늬를 생성하기 위하여 상기 광원으로부터의 상기 빛을 상기 마하 젠더 간섭계 암들 사이의 위상 차이의 디더링이 360° 이상이 되는 만큼 파장 디더링함으로써 마하젠더 간섭계 역전파의 출력들이 동작 점이 드리프팅하더라도 항상 상기 출력의 본연의 간섭 무늬 선명도를 내며, 상기 제어기는 위상 정합 및 간섭 무늬를 유지하도록 동작하는 것을 특징으로 하는 장치를 제공한다.

역전파 신호들의 진폭 및 위상을 정합함에 따라서, 탐지기에서의 출력 간섭 무늬가 생성되며, 출력 간섭 무늬는 용이하게 탐지되고 이에 따라 두 개의 변조 역전파 탐지기들의 수신 사이의 시간 차이가 정확하게 기록될 수 있으며, 이벤트의 위치를 정확하게 결정할 수 있다. 이는 또한 시스템 및 방법의 민감도를 향상시킨다.

본 발명의 바람직한 실시 예에서, 역전파 신호들의 입력 편광 상태들은 최대 출력 간섭 무늬를 얻을 수 있도록 제어된다. 하지만, 다른 실시 예들에서는, 진폭 및 위상 정합된 출력을 야기하지만 서브 최대(sub maximum) 간섭 무늬 선명도를 가지는 편광 상태들 또한 유용될 수 있다.

상기 제어기는 편광 제어 구동기에 연결된 프로세서를 포함하는 것을 특징으로 하며, 상기 편광 제어 구동기는 상기 편광 제어기에 연결되어 상기 편광 제어기를 제어함으로써 상기 광원으로부터 상기 마한젠더 갑섭계의 제1 및 제2 암에 공급되는 신호들의 편광을 설정하고, 역전파 신호들의 편광들을 차례대로 설정할 수 있다.

탐지 수단들은 역전파 신호들 중 하나에 대한 제1 탐지기 및 역전파 신호들 중 다른 것에 대한 제2 탐지기를 포함할 수 있다.

광원은 브래그 격자들을 가지는 레이저 광원 및, 상기 브래그 격자들 및 상기 광원의 레이저 공동 중 적어도 하나를 제어함으로써 상기 레이저 광원으로부터 역전파 신호들을 생성하기 위하여 출력되는 레이저 신호의 파장을 변경하게 하는 조절기를 포함할 수 있다.

본 발명은 또한 이벤트의 위치를 파악하는 방법으로서, 마하젠더 간섭계를 형성하는 제1 암 및 제2 암을 포함하는 도파로를 형성하는 단계;

상기 도파로에 빛을 발진함으로써, 상기 빛이 역전파 광 신호들로서 상기 마하젠더 간섭계의 상기 제1 암 및 상기 제2 암을 통과하여 양 방향으로 전파되도록하는 단계로, 상기 도파로는 상기 도파로를 따라서 계속 전파되는 변형 역전파 광 신호들을 제공하기 위하여 상기 이벤트에 의하여 변형된 역전파 광 신호들을 가질 수 있으며,

연속적으로 동시에 상기 변조 역전파 광 신호들을 모니터링함으로써, 이벤트 발생 시 외부 파라미터에 의해 영향을 받은 2개의 변형 역전파 신호를 탐지하는 단계; 및

상기 이벤트의 위치를 결정하기 위해 변형 역전파 광 신호들의 탐지 사이의 시간 차이를 결정하는 단계;를 포함하며,

상기 마하젠더 간섭계의 상기 제1 암 및 제2 암이 경로 길이 불일치를 가짐을 특징으로 하며,

상기 도파로부터의 역전파 신호들의 진폭 및 위상 정합을 제공하기 위하여 상기 도파로부터 입력되는 상기 역전파 광 신호들의 편광 상태를 제어하는 단계 및, 인위적 간섭 무늬를 생성하기 위하여 상기 마하젠더 간섭계 암들 사이의 위상차의 디더링이 360° 이상이 될 만큼 상기 발진된 빛의 파장을 디더링함으로써 상기 마하젠더 간섭계 역전파 출력들이 동작 점이 드리프팅하더라도 본연의 간섭 무늬 선명도를 내는 단계 및, 마하젠더 출력들의 위상 정합 및 간섭 무늬 선명도를 유지하도록 상기 편광 상태들의 제어를 계속하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법을 제공한다.

역전파 신호들의 편광 상태들은, 최대 출력 간섭 무늬를 얻을 수 있는 도파로부터의 진폭 및 위상 정합된 역전파 신호들을 제공할 수 있다. 하지만, 다른 실시 예들에서는, 편광 상태들의 제어는 위상 정합된 서브 최대 (sub maximum) 간섭 무늬들이 제공되도록 할 수도 있다.

바람직하게 편광 상태들을 제어하는 단계는, 역전파 신호들의 세기가 0인 상태 또는 최대 상태를 검출하기 위하여 상기 마하젠더 간섭계로부터 출력된 상기 역전파 광 신호들을 모니터링하는 동안 상기 역전파 신호들의 입력 편광 상태를 임의적으로 변경하는 단계 및 0이거나 또는 최대 세기를 제공하는 입력 편광들을 선택하는 단계를 포함할 수 있다.

위상 상태를 제어하는 단계의 하나의 실시 예는, 역전파 출력 신호들의 위상 정합을 위하여 광원으로부터 상기 마하젠더 간섭계의 각각의 입력 인입 선으로 공급되는 신호들의 입력 편광 상태를 설정하기 위한 적어도 하나의 편광 제어기를 제어하는 단계를 포함할 수 있다.

[0006]

삭제

[0007]

삭제

[0008]

삭제

[0009]

삭제

[0010]

삭제

[0011]

삭제

[0012]

삭제

[0013]

삭제

[0014]

삭제

[0015]

삭제

[0016]

삭제

[0017] 삭제

[0018] 삭제

[0019] 삭제

[0020] 삭제

[0021] 삭제

[0022] 삭제

[0023] 삭제

[0024] 삭제

[0025] 삭제

[0026] 삭제

[0027] 삭제

[0028] 삭제

[0029] 삭제

[0030] 삭제

[0031] 삭제

[0032] 삭제

[0033] 삭제

[0034] 삭제

[0035] 삭제

[0036] 삭제

[0037] 삭제

[0038] 삭제

[0039] 삭제

[0040] 삭제

[0041] 삭제

[0042] 삭제

[0043] 삭제

[0044] 삭제

[0045] 삭제

[0046] 삭제

[0047] 삭제

[0048] 삭제

[0049] 삭제

[0050] 삭제

[0051] 삭제

[0052] 삭제

실시 예

- [0072] 도 1을 참조하면, 종래의 MZ의 서로 상보적인 2개의 출력(도 3에 도시된)은 환경적 영향 및 기타의 영향으로 인해 시간에 따라 대략 사인 곡선 형식으로 드리프팅하여 변하게 된다. 2개의 MZ 출력의 세기의 최대 가능 진폭 또는 간섭 무늬 선명도는 MZ 간섭계 암에서의 간섭 신호의 편광 상태의 정렬과 관련될 수 있다. 입력 광섬유 인입 선에서 광 신호의 편광을 제어함으로써, 간섭 신호의 편광 상태의 정렬 및 그에 따른 MZ의 간섭 무늬 선명도를 제어하는 것이 가능하다. 실제로, 광섬유 MZ의 입력 인입 선에서는 단방향 MZ의 출력의 간섭 무늬 선명도가 1에 가까운 최대치를 갖는 2개의 가능한 편광 상태가 있게 된다. 도 2에는, 단방향 MZ에 대해 푸앵카레 구면 좌표를 사용하여 최대 간섭 무늬 입력 편광 상태를 나타낸 도면이 도시되어 있다.
- [0073] 도 2에 도시된 바와 같이, MZ(10)의 입력에서는 종래의 단방향 MZ의 어느 한쪽 출력이 최대의 간섭 무늬 선명도를 갖게 되는 2개의 특이 편광 상태가 존재한다. 푸앵카레 구면 좌표계 상에 기입할 경우, 그들 2개의 편광 상태는 대각선상으로 대향된다.
- [0074] 도 4를 참조하면, 본 발명자들은 양 방향 MZ(10)가 각각의 전파 방향에 대해 하나씩인 2개의 단방향 MZ로 나눠질 수 있음을 실험적으로 입증하였다. 하지만, 그들 2개의 역전파 MZ는 완전히 독립적인 것은 아니고, 주요한 편광 관련 거동을 공유한다.
- [0075] 양 방향 MZ의 역전파 출력도 역시 마찬가지로 드리프팅하여 변하게 된다. 각각의 방향에 대해, MZ 출력이 최대 출력 간섭 무늬를 구현하는 2개의 입력 편광 상태가 있는 것도 마찬가지이다. 종래의 MZ에 있어서는 그 2개의 입력 상태 중의 어느 한쪽을 선택함으로써 최대 출력 간섭 무늬 및 그에 따른 최대 감도를 얻게 되지만, 양 방향 MZ를 이벤트의 위치를 파악하는데 사용할 경우에는, 각각의 방향에 대해 입력 편광 상태를 선택하는 것이 중요한 의미를 지니게 된다. 그에 관해 논하기 위해, 각각의 방향에 대해 하나의 MZ 출력만을 사용하는 것을 가정하기로 한다(CW_{out} 및 CCW_{out}).
- [0076] 각각의 방향에 대해 최대 간섭 무늬 선명도를 구현하는 2개의 가능한 입력 편광 상태가 있다고 하면, 양 방향에 대해 동시에 최대 출력 간섭 무늬 선명도를 구현하게 되는 역전파 입력 편광 상태의 짹지움이 4개 가능하다.
- [0077] 도 4에 도시된 양 방향 MZ(10)는 광섬유 인입 선 길이(12)를 MZ 센서(L_{lead2})로 통합하는 커플러(C4)를 포함한다. 그것은 광전 소자 및 관련 광학 소자를 하나의 제어 유닛에 인캡슐레이션하는 것을 고려할 때에 시스템을 수립하는 한 가지 실용적인 방도이다. 또한, CW(시계 방향) 및 CCW(반시계 방향)의 양 방향에 대해 각각 MZ(10)에의 입력 편광 상태를 제어하는데 사용될 수 있는 2개의 편광 제어기(PC_{CW} , 43; PC_{CCW} , 44)도 포함된다. MZ의 광섬유 인입 선에서의 입력 편광 상태를 제어함으로써, 최대 출력 간섭 무늬를 얻을 수 있다. 그것은 양 방향에 대해 동시에 최대 출력 간섭 무늬를 얻도록 양 방향 MZ(10) 상의 양 방향에 별개로 적용될 수 있다. 다양한 다중 플레이트형 전압 제어식 편광 제어기가 입력 편광 상태를 제어하는데 사용될 수 있고, 그러한 편광 제어기는 액정 기반 편광 제어기 또는 압전 기반 편광 제어기를 망라한다.
- [0078] CW 전파 방향에 있어서는, 최대 출력 간섭 무늬를 제공하는 2개의 가능한 입력 편광 상태(SOP_{1a} , SOP_{1b})가 있다. 마찬가지로, CCW 전파 방향에 있어서도, 최대 출력 간섭 무늬를 제공하는 2개의 가능한 입력 편광 상태(SOP_{2a} , SOP_{2b})가 있다. 그러한 편광 상태는 도 5에 도시된 바와 같이 푸앵카레 구면 좌표계에 표시될 수 있다.
- [0079] 양 방향 MZ(SOP_{1a} 및 SOP_{2a} , SOP_{1a} 및 SOP_{2b} , SOP_{1b} 및 SOP_{2a} , SOP_{1b} 및 SOP_{2b})의 역전파 출력(CW_{out} , CCW_{out})에서 동시에 최대 간섭 무늬를 이끌어낼 4개의 가능한 짹지움이 있기는 하지만, 그들 짹지움 중에서 2개만이 양쪽의 최대 간섭 무늬 선명도를 갖고 정확히 위상 정합된 출력을 이끌어내게 된다.
- [0080] 도 4에 도시된 예의 경우, 위상 정합된 최대 간섭 무늬 역전파 입력 편광 상태는 (SOP_{1a} 및 SOP_{2a}), 그리고 (SOP_{1b} 및 SOP_{2b})이다. 그것은 도 6A 및 도 6B에 도시되어 있다.
- [0081] 도 6A 및 도 6B는 완전 중첩된 2개의 파동, 즉 도 6A에서의 SOP_{1a} 및 SOP_{2a} 와, 도 6B에서의 SOP_{1b} 및 SOP_{2b} 를 나타내고 있다.
- [0082] 그러한 진폭 및 위상 정합 조건은 위치 파악 시스템에서 매우 중요한 것인데, 왜냐하면 그것이 감지 케이블 상에서 결정되어야 할 가장 정확한 이벤트의 위치를 감안하고 있기 때문이다. 그것은 MZ 센서가 휴지 상태(교란이 없는 상태)에 있을 때에 역전파 드리프팅 MZ 출력 신호 사이에 시간 차가 없는 것이 필수적이라는 것을 의미

한다. 역전파 출력이 위상 정합되지 않으면, 그것은 시간 차 산출 및 그에 따른 위치 산출에 있어 오류가 끼어들게 되는 결과를 낳게 된다.

[0083] 도 7A 및 도 7B는 위상 정합되지 않은 최대 간섭 무늬 역전파 입력 편광 상태, 즉 도 7A에서의 SOP_{1a} 및 SOP_{2b}와, 도 7B에서의 SOP_{1b} 및 SOP_{2a}를 나타내고 있다.

[0084] 위상 정합된 최대 역전파 간섭 무늬 출력의 구현은 시스템에 관련된 2개의 중요한 결과를 이끌어낸다. 그것은 곧 이벤트의 정확한 위치 파악 및 양 방향 MZ의 감도를 감안한다는 것이다.

[0085] 하지만, 진폭 및 위상 정합된 역전파 출력을 이끌어내는 편광 상태는 최대 출력 간섭 무늬를 얻는 입력 편광 상태에만 한정되는 것은 아니다. 역시 진폭 및 위상 정합된 출력을 내지만 최대 미만의 간섭 무늬 선명도를 갖는 다수의 다른 입력 편광 상태 짹이 있다. 예컨대, 2개의 출력의 간섭 무늬 선명도가 100%의 이론적 최대치 미만으로 동일하지만 위상 정합되도록 2개의 편광 제어기(43, 44)를 조정하는 것이 가능하다. 간섭 무늬 선명도의 감소가 양 방향 MZ(10)의 감도의 감소를 초래하기는 하지만, 간섭 무늬 선명도가 상대적으로 높은 한에는(예컨대, > 75%), 시스템이 허용 가능한 수준의 감도를 유지하면서 정확한 위치를 산출하는 것이 여전히 가능하다.

[0086] 양 방향 MZ에서의 각각의 방향에 대한 MZ 출력의 간섭 무늬 선명도의 변화를 푸앵카레 구면 좌표계 상에 기입하여 입력 편광 상태와 MZ 출력 간섭 무늬 선명도 사이의 관계를 나타낼 수 있다. 그 전형적인 응답이 도 8 및 도 9에 도시되어 있다.

[0087] 최대 간섭 무늬 선명도를 이끌어내는 2개의 특이 입력 편광 상태는 구면 좌표계에서 2개의 대향된 "극"(SOP_{CW1} 및 SOP_{CW2})을 이루고 있다(도 8을 참조). 간섭 무늬 선명도가 최대가 아닌 경우에는, 동일한 간섭 무늬 선명도의 편광 상태가 위도 지대(latitudinal belt)를 이루고 있는데, 적도 지대(E)는 최소 간섭 무늬 선명도의 편광 상태를 나타낸다. 극으로부터 떨어져 적도 지대를 향해, 즉 2개의 극 사이의 중도에 있는 B1 및 B2로 이동하면, 간섭 무늬 선명도가 감소하여 적도 지대(E)에서 최소로 된다. 2개의 "반구"는 근본적으로 서로의 면대칭 상이다.

[0088] 대향된 최대 간섭 무늬 선명도 극과 그에 따른 위도 지대 및 적도 지대의 위치는 CW 방향에 있어 양 방향 MZ 시스템, 즉 입력 인입 선(12)과 MZ 암(14, 15)의 복굴절에 따라 변하게 된다. 그것은 간섭 무늬 선명도 극과 위도 지대가 구의 둘레로 회전하는 것으로 생각해 볼 수 있다. 최소 간섭 무늬 선명도는 이상적인 MZ(10)에서 기대되는 것처럼 항상 반드시 0인 것은 아니고, 0이 아닐 수도 있다. 최소 간섭 무늬 선명도의 실제의 값도 역시 그 방향에 있어 시스템(10)의 복굴절에 따라 변하게 된다. 따라서, 요컨대 CW 방향에 있어 입력 인입 선(12) 및/또는 MZ 센서 암(14, 15)에서의 복굴절의 변화를 망라할 수 있는 MZ 시스템(10)에서의 복굴절의 변화는 간섭 무늬 선명도 극 및 위도 지대를 각각의 방향에 있어 회전하게 할 수 있을 뿐만 아니라, 간섭 무늬 선명도의 가능 범위를 변하게 할 수도 있다. 그럼에도, 중요한 것은 최대 간섭 무늬 선명도가 MZ 시스템의 복굴절과는 상관이 없이 항상 1에 가깝다는 것이다.

[0089] 양 방향 MZ(10)에서의 CCW 전파 방향(도 9에 도시됨)에 대해 살펴보면, MZ 출력(1, 2)의 간섭 무늬 선명도와 입력 편광 상태 사이의 유사한 관계를 알 수 있다. 대향된 최대 간섭 무늬 선명도와 그에 따른 위도 지대 및 적도 지대의 위치는 입력 인입 선(L_{lead1}) 및/또는 MZ 암(14, 15)을 비롯한 MZ 시스템(10)에서의 복굴절에 따라 변하게 된다. 실제로, 최소 간섭 무늬 선명도 값 및 최대 간섭 무늬 선명도 값은 주어진 임의의 시간에 있어 CW 방향에 대한 것과 동일하고, 다만 CW 방향과 비교할 때에 최대 간섭 무늬 선명도 상태의 절대 위치, 즉 SOP_{CCW1} 및 SOP_{CCW2}만이 다르게 된다.

[0090] 바람직한 실시예의 장치를 구성하는 광섬유 케이블은 실제로 바람, 강우, 기계적 진동, 응력, 및 변형과 같은 변동하는 임의적 조건에 처해지는 다양한 환경에 설치된다. 앞서 언급된 바와 같이, 그들의 영향은 케이블 내의 광섬유의 복굴절을 변하게 하고, 다시 그것이 편광 유도 간섭 무늬 폐이딩(Polarization Induced Fringe Fading; PIFF) 효과를 통해 2개의 위치 파악 MZ 출력의 간섭 무늬 선명도를 변하게 할 수 있다. 따라서, 환경 요인으로 인해 위치 파악 시스템의 광섬유를 따른 임의적 복굴절 변화가 발생하게 되는 현실의 설비에서는, 각각의 MZ 출력 세기의 간섭 무늬 선명도가 시간에 따라 임의로 변할 수 있다.

[0091] 바람직한 실시예의 장치에서는, 양 방향 MZ(10)의 CW 및 CCW 방향에 대해 동일한 간섭 무늬 선명도를 갖고 위상 정합된 2개의 MZ 출력에 상응하는 입력 편광 상태를 탐색하여 찾아내는 것이 필요하다. 그것을 이를 수 있는 한 가지 방도는 편광 제어기를 스크램블링하면서 2개의 위치 파악 MZ를 모니터하는 것에 의한 것이다. 상대적

으로 짧은 시간 내에 가능한 입력 편광 상태를 대부분 커버하는 한, 다수의 스크램블링 알고리즘이 사용될 수 있다.

[0092] 그러한 입력 편광 상태를 찾아내고 나면, 그 입력 상태를 진폭 및 위상 정합된 MZ 출력 세기를 얻도록 설정하는 것이 필요하다. MZ 출력을 진폭 및 위상 정합된 조건으로 유지하기 위해서는, 입력 편광 상태를 계속 조정하여 정합되지 않은 역전파 간섭 무늬 선명도 및 그에 따른 위상 정합되지 않은 MZ 출력을 초래할 수 있는 어떠한 PIFF도 보상하는 것이 또한 필요하다. 그렇게 하려면, 양 방향 MZ의 역전파 출력의 실제 간섭 무늬 선명도를 알고 있을 필요가 있다.

[0093] CW 레이저를 그 광원으로서 사용하고 있는 장치에서는, 특히 교란이 없는 상태에서 2개의 MZ 출력의 간섭 무늬 선명도를 연속적으로 모니터하는 것이 불가능하다. 그 이유는 MZ 출력 세기가 완전 간섭 무늬 진폭 편위를 겪는데 걸리는 소요 시간이 시간에 따라 변하고, MZ(10)의 2개의 암(14, 15)에서의 임의적 위상 변동은 물론 양 방향 MZ 시스템의 길이를 따른 광섬유의 임의적 복굴절 변화에 기인한 PIFF의 함수로 되기 때문이다.

[0094] 하지만, MZ 출력 세기가 0 또는 최대 강도 레벨을 통과하거나 그에 가깝다면 MZ 출력 세기 중의 어느 한쪽에 대해 최대 간섭 무늬 상태가 존재한다는 것을 판정하는 것이 가능하다. 그 이유는 0 또는 최대 레벨 세기가 최대 간섭 무늬 선명도에 특이한 것이 때문이다. 따라서, 도 4에 도시된 바와 같이 양 방향 MZ의 입력에 편광 제어 기를 구비한 양 방향 MZ 시스템에 있어서는, 위상 정합된 최대 MZ 출력 간섭 무늬 선명도와 관련된 필요한 입력 편광 상태를 판정하는 한 가지 방법은 편광 스크램블링 기법을 사용하여 입력 편광 상태를 임의로 변하게 하면서 그와 동시에 MZ 출력을 모니터하는 것이다. MZ 출력 세기가 0(또는 0에 가까운 값)이나 최대 레벨에 도달할 경우, 해당 편광을 사용하여 MZ 출력 세기를 최대 간섭 무늬 선명도로 설정할 수 있다.

[0095] 양 방향 MZ에서의 각각의 방향에 대해 동시에 최대 간섭 무늬 선명도를 제공하는 2개의 입력 편광 상태가 있고, 역전파 입력 편광 상태의 4개의 가능한 짹지움 중에서 오직 2개만이 위상 정합된 MZ 출력을 제공한다고 하면, 선택된 2개의 편광 상태가 위상 정합된 MZ 출력을 내는지를 확인할 필요가 있다. 그것은 단순히 미리 정해진 시간 동안 MZ 출력을 모니터하는 것에 의해 이뤄질 수 있다. MZ 출력들이 동상이 아니면, 2개의 입력 편광 상태 및 그에 상응하는 최대 간섭 무늬 출력을 찾는데 편광 스크램бл링을 사용하여 위상 정합을 계속 탐색할 수 있다.

[0096] 위상 정합된 최대 간섭 무늬 상태를 찾아내어 설정하고 나면, 트래킹 알고리즘을 사용하여 2개의 편광 제어기의 개별 플레이트로의 전압 구동을 상응하게 조정함으로써 MZ 출력을 계속 위상 정합된 조건으로 유지시킬 수 있다.

[0097] 그러한 기법을 도 14 및 도 15를 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 그 기법을 사용함에 있어서의 한 가지 단점은 연속적으로 MZ 출력을 모니터한다 할지라도 MZ 출력의 출력 간섭 무늬 선명도를 연속적으로 모니터하는 것은 아니라는 것이다. 최대 간섭 무늬를 탐지하기 위해서는, MZ 출력 세기가 0 또는 최대 세기 레벨로 가거나 그에 가까워질 때까지 기다릴 필요가 있다. MZ 출력은 속도 및 진폭에 있어 임의로 변하기 때문에, MZ 출력 중의 어느 한 쪽에 대해 최대 출력 간섭 무늬를 탐지하는데 걸리는 시간이 변하게 된다. 또 다른 단점은 MZ 출력이 최대 간섭 무늬 상태에 있음에도 0 또는 최대 세기 레벨에 있지 않을 경우에는 본 기법만을 사용하여 그러한 상황을 탐지하는 것이 불가능하다는 것이다.

[0098] 보다 직접적인 기법은 MZ 출력의 간섭 무늬 선명도를 연속적으로 모니터하는 것이다. 그렇게 하려면, 시스템에서 간섭 무늬를 인위적으로 생성하는 것이 필요하다.

[0099] 감지 암 중의 하나에 변환기를 사용하여 광섬유를 통해 전파되는 빛의 위상을 변조함으로써, MZ(10)에서 간섭 무늬를 인위적으로 생성할 수 있다. 하지만, 감지 케이블이 전적인 수동 소자인 것이 바람직한 이벤트 위치 파악 시스템에서는, 그것이 실용적인 방안이 되지는 못한다.

[0100] 광섬유 MZ에서 간섭 무늬를 유도하는 다른 기법은 레이저 광원(16)의 파장을 변조하거나 디더링하는 것이다. MZ 암(14, 15) 사이의 경로 길이 불일치가 있는 경우, 광 파장(광 주파수로도 표현될 수 있음)의 변조는 간섭 무늬의 생성을 이끌어내게 된다. 그것은 경로 길이 불일치로 유발되는 MZ 암 사이의 파장 종속 위상 차에 기인하여 일어나는 것이다. ΔL 의 경로 길이 불일치를 갖는 마하젠더 간섭계(10)에서는, 암 사이의 위상 차 $\Delta \phi$ 가 다음의 수학식 1로 표현될 수 있다:

수학식 1

$$\Delta\phi = \frac{2\pi \cdot n_{co} \cdot \Delta L \cdot \Delta v}{c}$$

[0101]

[0102]

여기서, n_{co} 는 광섬유 코어의 굴절률이고, c 는 진공 중에서의 광속이며, Δv 는 레이저의 광 주파수 변화이다. 도 4에서 설명된 바와 같은 양 방향 MZ의 경우, MZ의 암 사이의 위상 차 $\Delta\phi$ 는 각각의 전파 방향에 있어 동일하다. 여기서 지칭되는 위상 차란 MZ 센서 상의 교란 이벤트에 의해 유도되는 암 사이의 위상 차에 부가되는 것임을 유의해야 할 것이다.

[0103]

그 동작 점의 위상 차가 90° 인 MZ에 있어서는, 소정의 경로 길이 불일치에 대해 $\Delta\phi = \pi^\circ$ 를 낳은 양만큼 레이저 광원의 주파수/파장을 변조함으로써 완전 간섭 무늬 편위를 얻을 수 있다. 전형적인 광섬유 코어의 굴절률 $n_{co} = 1.46$ 에 대해, 경로 길이 불일치 $\Delta L = 1m$ 와, 완전 간섭 무늬 $\Delta\phi = \pi^\circ$ 는 다음의 수학식 2와 같은 광주파수 디더를 부여하게 된다:

수학식 2

$$\Delta v = \frac{c \cdot \Delta\phi}{2\pi \cdot n_{co} \cdot \Delta L} = \frac{3 \times 10^8 \cdot \pi}{2\pi \cdot 1.46 \cdot 1} = 102.75 MHz$$

[0104]

[0105]

표준 레이저 다이오드의 파장을 변조하는 가장 간단한 방법 중의 하나는 레이저로의 구동 전류를 변조하는 것이다. 하지만, 그러한 탑입의 레이저는 통상적으로 여기서 논의되는 적용에 적합할 정도로 충분히 높은 가간섭성 (coherence)을 갖지 못한다.

[0107]

펌프 광섬유 레이저 광원(16)은 파장 변조를 구현하기 위해 광섬유 레이저의 공동(cavity) 또는 광섬유 브래그 격자를 기계적으로 변조하는 것을 필요로 한다. 그것은 온도 튜닝법 또는 압전 변환기(piezo transducer; PZT)를 이용한 기계적 압전 튜닝법을 사용하여 구현될 수 있다. 온도 튜닝은 매우 느리기 때문에, 파장 디더링 또는 변조를 구현하기 위해서는 압전 튜닝법이 그러한 레이저에 더 적합하다.

[0108]

레이저 파장의 디더링을 사용하여 MZ의 간섭 무늬 선명도를 연속적으로 모니터하기 위해서는, PZT 변조의 사이클당 2개 이상의 인위적 완전 간섭 무늬를 생성하는 것이 필요하다. 그러한 요건은 앞서 언급된 바대로 MZ의 동작 점이 시간에 따라 90° 위상 차 내외로 드리프팅하고, 단 하나의 완전 간섭 무늬의 생성, 즉 $\Delta\phi = 180^\circ$ 만으로는 본연의 간섭 무늬 선명도를 연속적으로 나타내기에 충분치 못하다는 사실에 의해 결정된 것이다. 그것이 도 11에 도시되어 있다.

[0109]

도 10은 정적 MZ 출력 동작 점의 위상 차가 정확히 90° 인 경우에 180° 의 편위를 갖는 사인 곡선 위상($\Delta\phi$) 변조를 적용함으로써 위상 변조의 사이클당 하나의 완전 간섭 무늬를 이끌어내는 것을 나타낸 것이다. 환언하면, 간섭 무늬 선명도를 연속적으로 모니터할 수 있다. MZ의 전달 함수가 상승 코사인이고 90° 위상 차 지점에서 사인 곡선 신호로 변조되기 때문에, 결과적으로 유도된 간섭 무늬가 기본 변조 주파수의 고조파를 부가적으로 포함하고 있음을 주목해야 할 것이다.

[0110]

하지만, 현실의 MZ(10)에서는, MZ의 출력 동작 점이 90° 위상 차 내외로 드리프팅한다. 그것이 도 11에 도시되어 있다.

[0111]

그렇지만, 디더링을 사용하여 항상 360° 이상의 위상 변조를 구현한다면, MZ 출력 동작 점의 드리프트와는 상관이 없이 유도된 간섭 무늬 본연의 간섭 무늬 선명도를 연속적으로 모니터할 수 있다. 이것은 도 12에 도시되어 있다.

[0112]

360° 위상 변조(또는 그 이상의 위상 변조)를 사용한다면, 즉 변조 사이클당 2개의 간섭 무늬를 유도한다면, 그것은 MZ 출력의 드리프트와는 상관이 없이 항상 본연의 간섭 무늬 선명도가 측정될 수 있음을 보장하게 된다.

그것은 유도된 간섭 무늬에서 필연적으로 더 높은 고조파를 생성하게 된다. MZ 출력 동작 점이 90° 위상 차의 좌우로 드리프팅함에 따라, 유도된 간섭 무늬에는 기본 디더 주파수와 함께 디더 주파수(제2, 제3, 제4 등)의 더 높은 고조파가 존재하게 된다.

- [0113] 유도된 간섭 무늬가 장치에 의해 감지할 이벤트에 의해 유발되는 간섭 무늬와 간섭하지 않게 하는 것을 확실히 위해, 유도된 간섭 무늬의 주파수가 장치에 의해 탐지된 이벤트 신호의 주파수 밖에 있는 주파수 범위에 잘 들어가는 것이 중요하다. 예컨대, 관심사의 주파수 범위가 0 ~ 20kHz일 수 있는 전형적인 설비에서는, 유도된 간섭 무늬의 기본 주파수가 예컨대 50kHz와 같이 그보다 더 높아야 한다.
- [0114] 도 11은 그 도면에 도시된 드리프팅 MZ 출력 동작 점(21) 및 위상 디더(22)에 의해서는 드리프팅으로 인해 완전한 범위의 간섭 무늬(23)가 유도되지 않음을 보이고 있다. 도 12는 완전 1주기 360° 디더(25)를 사용함으로써, 드리프팅 동작 점(21)과는 상관이 없이 유도된 간섭 무늬에 항상 본연의 간섭 무늬 선명도(26)가 존재하는 것을 보이고 있다. 그 경우에 있어서는, 360° 위상 변조를 위한 주파수 배가도 있게 된다. 도 10에서는, 90° 위상 차로 있는 정적 동작 점(15)과 위상 디더(25)가 도 10에 도시된 완전 간섭 무늬(26)를 항상 유도한다. 도 10 내지 도 12에서는, 위상 디더가 약 40kHz의 주파수로 있다. 도 10에서의 간섭 무늬(26)의 주파수는 40kHz이다. 도 11에서도 간섭 무늬(23)에서 주파수 배가의 징후를 볼 수 있기는 하지만, 그 반면에 도 12의 출력 간섭 무늬는 기본 디더 주파수를 배제하지 않은 기본 주파수의 훌수 고조파를 포함하게 된다. 일반적으로 말해서, 그 출력 간섭 무늬는 기본 디더 주파수의 훌수 및 짹수 고조파의 한 부분을 포함하게 된다. 주어진 임의의 시간에서의 훌수 및 짹수 고조파의 진폭은 정확히 드리프팅 MZ 출력 동작 점이 주어진 임의의 시간에 어디에 있는지에 의존하여 다르게 된다.
- [0115] 도 13은 여러 실시예의 감지 시스템을 이루는 마하젠더 간섭계로부터 제어기(20)가 분리된 본 발명의 제1 실시예를 블록도로 나타낸 것이다. 도 14는 양 방향 MZ(10)를 나타내 것으로, 전술된 바와 같은 광섬유 인입 선(12)을 포함하고 있다. 그러한 광섬유 인입 선은 제1 신호가 마하젠더 간섭계(10)의 하나의 암(14)으로 발진되고 제2 신호가 마하젠더 간섭계(10)의 다른 하나의 암(15)으로 발진되도록 커플러(C4)에 연결된다. 마하젠더 간섭계(10)는 전형적으로 수 킬로미터 이상일 수 있는 L_s 의 감지 길이를 갖는다. 암(14, 15)은 또 다른 커플러(C5)에 연결되고, 그에 따라 암(14, 15)으로 발진되어 커플러(C5)에서 재결합된 신호가 출력 신호(CW_{out})로서 광섬유(31)에 수신되게 된다. 그와 동시에, 역전파 신호가 광섬유(31)에 수신되고, 다시 그 역전파 신호는 커플러(C5)로 이동한 후에 암(14, 15)으로 발진되며, 그에 따라 2개의 신호가 커플러(C4)에서 재결합되고 커플러(C4)를 나와 인입 선(12)에 수신된다. 따라서, 2개의 암(14, 15)에서 역전파 신호가 수신되게 된다. 광섬유(12)에 수신된 출력 전파 신호는 커플러(C2)를 통과하여 제1 탐지기(40)에 수신되고, 다른 역전파 신호는 광섬유(31) 및 커플러(C3)를 통과하여 제2 탐지기(50)에 수신된다. 따라서, 도 14에 도시된 바와 같이 마하젠더 간섭계(10)의 감지 길이(L_s)의 부분에서 교란이 있으면, 변형 역전파 신호가 계속해서 감지 암(14, 15)을 통과하여 각각의 탐지기(40, 50)에 다시 수신되게 된다. 변형 역전파 신호의 수신 사이의 시간 차가 탐지기(40, 50)로부터 출력 모니터(60)에 제공되고, 이어서 바람직한 실시예의 탐지 유닛을 이루는 프로세서(62)에 제공되고, 그에 따라 이벤트가 인지되고, 탐지기(40, 50)에 의해 탐지된 변형 역전파 신호의 수신 사이의 시간 차에 의해 이벤트 위치가 결정될 수 있게 된다.
- [0116] 도 15에 도시된 바와 같이, 제어기(20)는 커플러(C1)에 의해 둘로 분리되는 광 출력 신호를 생성하는 완전 간섭성 레이저(16)를 포함한다. 이어서, 분리된 신호는 광섬유(37, 38)를 경유하여 편광 제어기(PC_{CW}, PC_{CCW})로 보내진다. 편광 제어기는 커플러(C2, C3)에 각각 연결되어 역전파 신호가 전술된 바와 같이 마하젠더 간섭계(10)로 발진되게 된다. 편광 제어기는 암(14, 15)에 입력되는 신호의 입력 편광 상태를 제어한다.
- [0117] 탐지기(40, 50)에서 정합된 출력을 생성하는 입력 편광 상태를 찾아내기 위해, 편광 제어기(43, 44)는 가능한 한 짧은 시간 내에 최대한으로 많은 상이한 상태를 커버하도록 스크램블링되어 입력 편광 상태를 임의로 바꿀 수 있다. 탐지기(40, 50)에서 연속적으로 출력을 모니터함으로써, 0 또는 0에 가까운 레벨이나 최대 레벨을 통과하는 출력에 상응하는 편광 상태가 마이크로프로세서(62)에 저장된다. 출력이 0 또는 최대 레벨에 도달할 경우, 해당 입력 편광 상태는 그 출력에 대해 최대 간섭 무늬 선명도를 구현하는 것으로 간주된다. 적정 다수의 입력 편광 상태가 저장될 때에, 스크램블링이 정지된다. 이어서, 암(14, 15)으로부터 출력되어 탐지기(40, 50)에 의해 탐지된 출력을 입력 편광 상태의 조합을 위해 비교하여 역전파 출력 사이의 위상 정합도를 결정한다. 위상 정합도가 미리 정해진 허용 가능한 수준 이상일 경우, 위상 정합도가 허용될 수 있었던 해당 입력 편광 상태를 탐지기(40, 50)에 의해 탐지되는 위상 정합된 출력을 유지하도록 설정한다. 허용 가능한 위상 정합도에 도달하지 않으면, 허용 가능한 위상 정합도가 얻어질 때까지 전술된 스크램블링 및 비교 절차를 반복한다.
- [0118] 편광 제어기(43, 44)는 광섬유(37, 38)에서 연속적으로 신호의 편광 상태를 바꾸어 암(14, 15)으로의 역전파 입력으로서 커플러(C2, C3)에 제공하도록 PC 드라이버(60)에 의해 구동된다.

- [0119] 탐지기(40, 50)에 의해 탐지되는 출력에서 위상 정합된 최대 간섭 무늬 선명도를 구현하는 필요한 입력 편광 상태를 찾아낸 경우, 그 필요한 입력 편광 상태를 설정하고, 탐지기(40, 50)에 의해 탐지되는 출력을 연속적으로 모니터하며, 마이크로프로세서(62)는 그 위상 정합 조건을 유지하도록 PC 드라이버(63)를 경유하여 편광 제어기를 조정한다.
- [0120] 출력 모니터(60)는 탐지기(40, 50)에 의해 탐지된 신호를 예컨대 1kHz 내지 20kHz(장치로 탐지될 것이 요구되는 실제 이벤트 또는 교란의 예상 주파수임)의 대역 폭을 갖는 대역 통과 필터를 통해 통과시킴으로써 이벤트를 결정한다. 그 대역 폭 내의 변형 역전파 신호의 도달 및 역전파 신호의 수신 사이의 시간 차에 의해, 이벤트를 인지할 수 있고, 그 이벤트의 위치도 결정할 수 있게 된다.
- [0121] 따라서, 대역 통과 필터링된 신호를 모니터(60)로부터 프로세서(62)에 제공하여 이벤트의 위치를 결정한다.
- [0122] 편광 상태를 설정하기 위해, 2개의 역전파 신호에 대해 탐지기(40, 50)로부터의 완전한 출력 신호를 모니터(60)에서 수신한다. 그것은 본질적으로 2개의 탐지기(40, 50)로부터의 미처리 신호로서, 그 신호를 저역 통과 필터링하여 편광 스크램블링 동안 0 또는 최대 세기 레벨의 탐지에 의해 최대 간섭 무늬를 탐색하는데 사용한다. 최대 간섭 무늬를 알아낸 경우, 프로세서(62)는 위상 정렬에 대해서도 확인한다. 원하는 편광 상태를 제어할 경우, 그 편광 상태를 연속적으로 PC 드라이버에 공급하고, 다시 PC 드라이버는 시스템의 사용 중에 그 편광 상태를 유지하도록 편광 제어기(43, 44)를 구동한다. 필요한 편광 상태가 유지되는 것을 보장하도록 연속적으로 또는 간헐적으로 모니터하는 것을 행할 수 있다.
- [0123] 도 16은 본 발명의 제2 실시예를 나타내고 있다. 본 실시예는 마하젠더 간섭계(10)가 암(14, 15) 사이에 ΔL 의 경로 길이 불일치를 가져 하나의 암(14)이 $L_s - \Delta L$ 의 길이를, 그리고 다른 하나의 암(15)이 L_s 의 길이를 갖는다는 점을 제외하고는, 도 14에 도시된 실시예와 유사하다. 그러한 경로 불일치는 레이저 광원(16)의 파장을 디더링 함으로써 인위적 간섭 무늬를 얻는데 필요하다. 커플러(C4)의 하나의 입력은 마하젠더 간섭계(10)로의 시계 방향 입력으로서 사용되지만, 커플러(C4)의 다른 하나의 입력은 전술된 실시예에서처럼 사용되지는 않는다. 마찬가지로, 커플러(C5)의 입력 중의 하나는 광섬유(13)에 연결되어 역전파 신호에 대한 입력을 제공하지만, 커플러(C5)의 다른 하나의 암은 사용되지 않는다.
- [0124] 도 17은 본 발명의 그러한 실시예에 따른 제어기(20)를 나타낸 것으로, 본 도면에서 동일 도면 부호는 도 15를 참조하여 설명된 것과 동일한 구성 요소를 지시하고 있다.
- [0125] 본 실시예에서의 레이저(16)는 다이오드 펌프 브래그 격자 베이스가 도핑된 광섬유 레이저이다. 레이저(16)의 파장을 디더링하기 위해, 예컨대 광섬유의 내부 브래그 격자 상에 압전 변환기(도시를 생략함)를 사용하여 레이저(16)의 출력 파장을 변조한다.
- [0126] 인위적 간섭 무늬를 생성하기 위해, 마하젠더 간섭계(10)에 제공되어 그 마하젠더 간섭계(10)에 의해 감지될 것으로 예상되는 교란의 이벤트 주파수 위의 주파수를 갖는 디더 신호를 디더 신호원(70)으로부터 레이저(16)로 인가한다. 그에 의해, 레이저의 파장이 디더링되어 그 주파수가 디더 주파수 및 그 디더 주파수의 고조파로 이뤄진 간섭 무늬가 생성되게 된다(도 10 내지 도 12를 참조하여 상세히 전술된 바와 같이).
- [0127] 전술된 적절한 경로 길이 불일치 ΔL 을 사용하고 디더링의 진폭을 조정함으로써, 마하젠더 간섭계(10)에서 연속적인 간섭 무늬가 생성되고, 그 간섭 무늬는 탐지기(40, 50)에 공급된다. 탐지기(40, 50)에 의해 수신된 출력은 디더 주파수는 물론 그 디더 주파수의 고조파로 이뤄지게 된다. 탐지기(40, 50)에는 간섭 무늬 선명도 모니터(80)가 연결되어 각각의 방향에 대해 인위적 간섭 무늬를 탐지하고 간섭 무늬 선명도를 결정한다. 인위적 간섭 무늬의 주파수 범위는 교란에 의해 유발되는 이벤트 주파수 범위 위에 있다. 마이크로프로세서(62)는 시뮬레이티드 어닐링(simulated annealing) 제어 알고리즘과 같은 적절한 제어 알고리즘을 사용하여 유도된 인위적 간섭 무늬가 최대 선명도에 있도록 드라이버(60)에 의해 입력 편광 제어기(PC_{CW} , PC_{CCW})를 탐색 및 조정한다. 유도된 간섭 무늬 사이의 위상 정합도 역시 마이크로프로세서(62)에 의해 탐지되고, 다시 각각의 제어기로부터 적합한 입력 편광이 얻어지고 나면, 그 입력 상태를 설정하게 된다. 제어 알고리즘을 사용하여 어떠한 PIFF도 저지하도록 입력 편광 제어기(PC_{CW} , PC_{CCW})를 조정하고, 그에 따라 위상 정합된 최대 간섭 무늬 선명도 조건이 유지되게 된다.
- [0128] 도 18은 본 발명의 또 다른 실시예를 나타내고 있다. 역시, 동일 도면 부호는 전술된 것과 동일한 부분을 지시하고 있다. 도 18의 실시예는 전술된 도 17의 실시예의 변형례이다. 역시, 레이저(16)의 출력 파장을 전술된 대로 디더링한다. 또한 역시, 광섬유(12, 31)에 공급되는 역전파 신호의 입력 편광 상태를 편광 제어기(43,

44)에 의해 각각 제어한다. 편광 제어기(43, 44)는 그 편광 제어기(43, 44)로부터의 출력의 편광 상태를 각각 측정하는 편광계(46, 47)에 연결된다. 이어서, 측정된 편광 상태를 갖는 입력 광 신호를 전술된 바와 동일하게 커플러(C2, C3)를 경유하여 광섬유(12, 31)에 공급한다. 편광계(46, 47)는 제어기(43, 44)로부터의 출력의 간섭 무늬 설명도를 그 각각의 입력 편광 상태와 관련지을 수 있게 한다. 또한, 편광계(46, 47)는 원한다면 2개의 전파 방향 모두에 대해 결정론적 방식으로 하나의 편광 상태로부터 다른 하나의 편광 상태로 옮길 수 있게 하는 것을 감안하고 있다. 그것은 구면 좌표계에서 각각의 전파 방향에 있어 현재의 입력 편광 상태가 2개의 최대 간섭 무늬 설명도(SOP)에 대해 어디에 있는지, 아울러 첨부 도면에 "CW_{out}" 및 "CCW_{out}"으로 표시된 마하젠더 간섭계(10)로부터의 위상 정합된 양 방향 출력을 생성하는 입력 편광 상태(SOP_{CW}, SOP_{CCW})를 찾아내어 유지하는 것이 가능하도록 편광 제어기를 어떻게 변경할 것인지를 신속하게 확인할 수 있는 편광 제어 전략의 구현을 근본적으로 가능케 한다.

[0129] 본 발명의 사상 및 범위 내에서의 변형들이 당업자에 의해 용이하게 이뤄질 수 있을 것이므로, 본 발명은 위에서 예시적으로 설명된 특정 실시예에 한정되는 것이 아님을 알아야 할 것이다.

[0130] 뒤따를 청구의 범위 및 본 발명의 앞선 설명에서, 표현 언어 또는 필요한 언외의 의미로 인해 문맥상 달리 요구되는 경우를 제외하고는, "포함하다"라는 단어 또는 "포함한다" 내지 "포함하는"과 같은 그 어미 변화형은 본 발명의 다양한 실시예에서 언급된 특징의 존재를 특정하되 또 다른 특징의 존재 또는 부가를 배제하지 않는 포괄적 의미로 사용되고 있다.

도면의 간단한 설명

[0053] 바람직한 실시예들을 첨부 도면들을 참조하여 예시적으로 설명하기로 한다. 첨부 도면들 중에서,

[0054] 도 1은 종래의 단방향 MZ 시스템의 기본 레이아웃을 나타낸 도면이고;

[0055] 도 2는 종래의 단방향 MZ에 대해 최대 간섭 무늬 설명도를 구현하는 편광 상태를 나타낸 푸앵카레(Poincare) 구면 좌표계이며;

[0056] 도 3은 MZ 암 사이의 위상 차에 의해 생기는 도 1에서의 출력을 나타낸 도면이고;

[0057] 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 시스템을 나타낸 도면이며;

[0058] 도 5는 도 4의 실시예에 대한 푸앵카레 구면 좌표계이고;

[0059] 도 6A 및 도 6B는 도 4의 실시예에 따른 최대 간섭 무늬 설명도 출력을 각각 나타낸 그래프이며;

[0060] 도 7A 및 도 7B는 위상 정합되지 않은 최대 간섭 무늬 출력을 예시적으로 각각 나타낸 도면이고;

[0061] 도 8은 본 발명에 따른 여러 간섭 무늬 설명도를 제공하는 하나의 역전파 신호의 다양한 편광 상태를 나타낸 푸앵카레 구면 좌표계이며;

[0062] 도 9는 다른 역전파 신호에 대한 도 8과 유사한 도면이고;

[0063] 도 10은 광원의 파장 디터가 본 발명의 실시예에 사용되는 MZ의 출력에 미치는 영향을 나타낸 그래프이며;

[0064] 도 11은 90° 위상 차 내외로 드리프팅하는 MZ 출력에서의 드리프팅 동작점이 마하젠더 간섭계에 의해 생성되는 유도 간섭 무늬에 미치는 영향을 나타낸 그래프이고;

[0065] 도 12는 도 11과 유사하지만, 드리프팅 MZ 출력에 대해 MZ 암 사이의 위상 차를 360° 디터링하는 것을 나타낸 도면이며;

[0066] 도 13은 본 발명의 제1 실시예의 블록도이고;

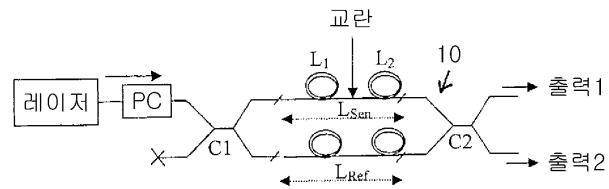
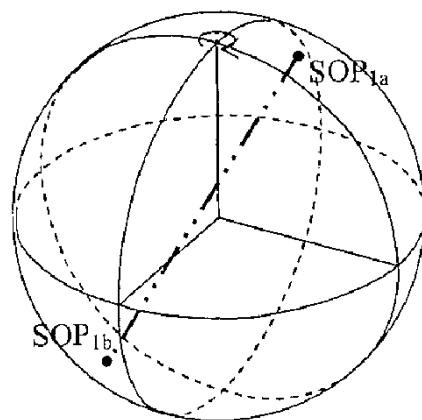
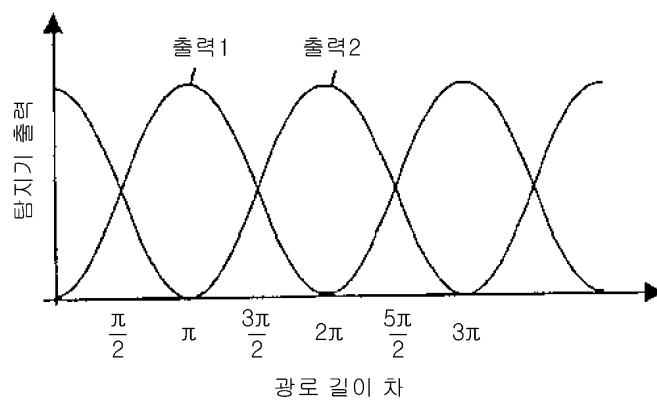
[0067] 도 14는 바람직한 실시예에 사용되는 전형적인 마하젠더 간섭계를 나타낸 도면이며;

[0068] 도 15는 도 13의 실시예의 제어기를 나타낸 도면이고;

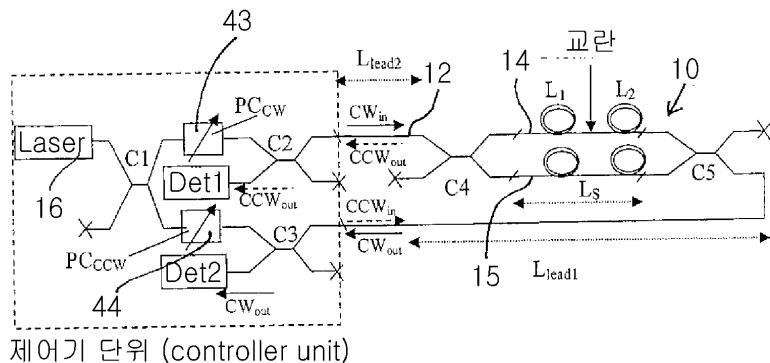
[0069] 도 16은 본 발명의 제2 실시예를 개략적으로 나타낸 도면이며;

[0070] 도 17은 도 16의 실시예의 제어기를 나타낸 블록도이고;

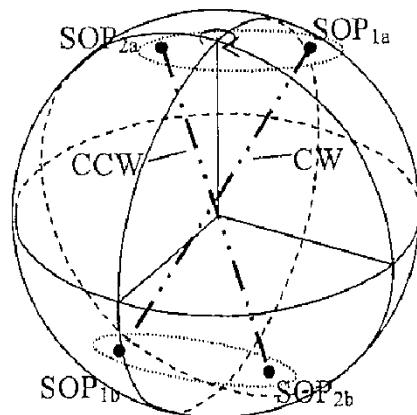
[0071] 도 18은 본 발명의 제3 실시예의 블록도이다.

도면**도면1****도면2****도면3**

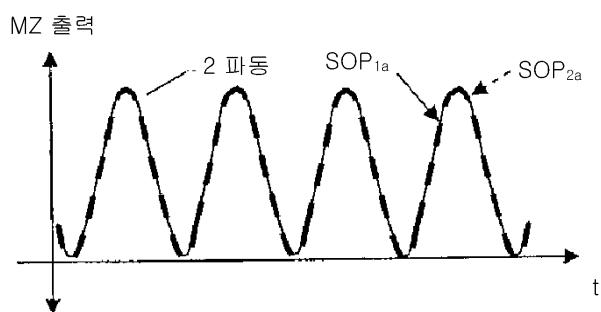
도면4



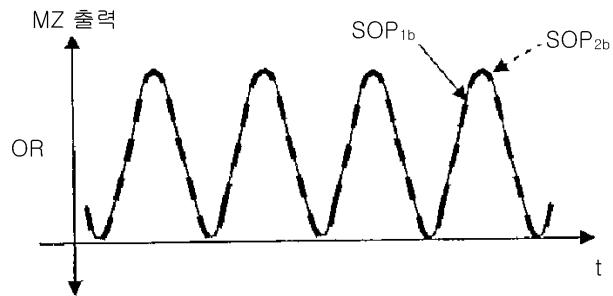
도면5



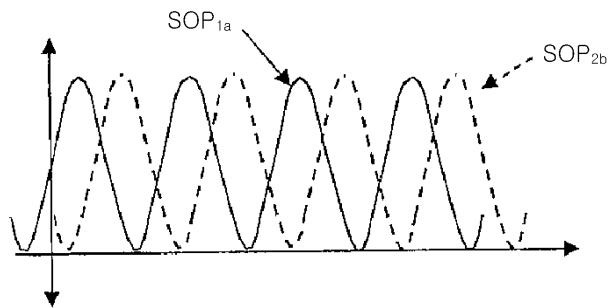
도면6A



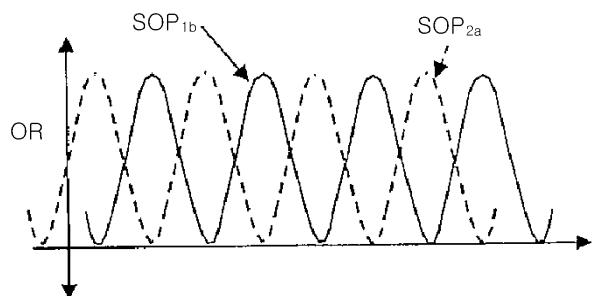
도면6B



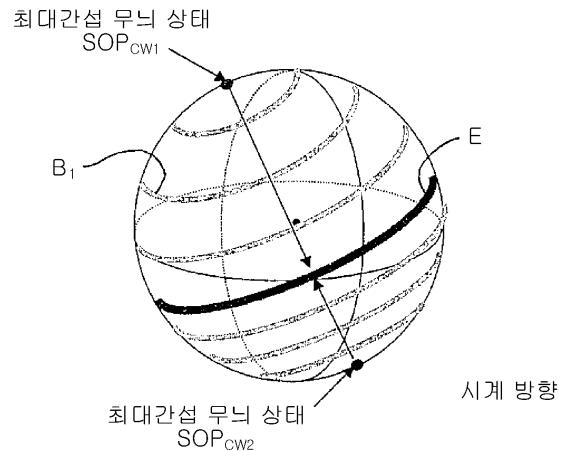
도면7A



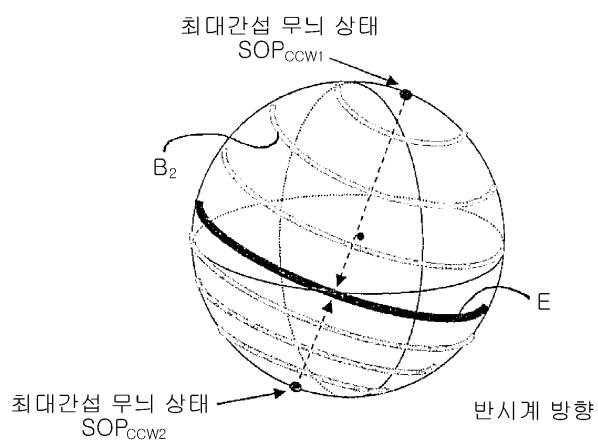
도면7B



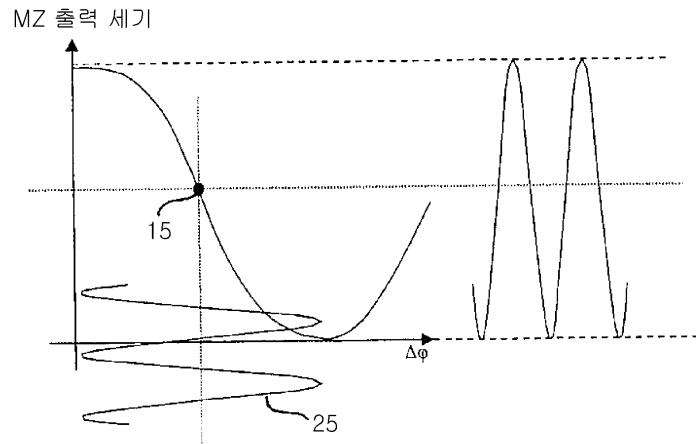
도면8



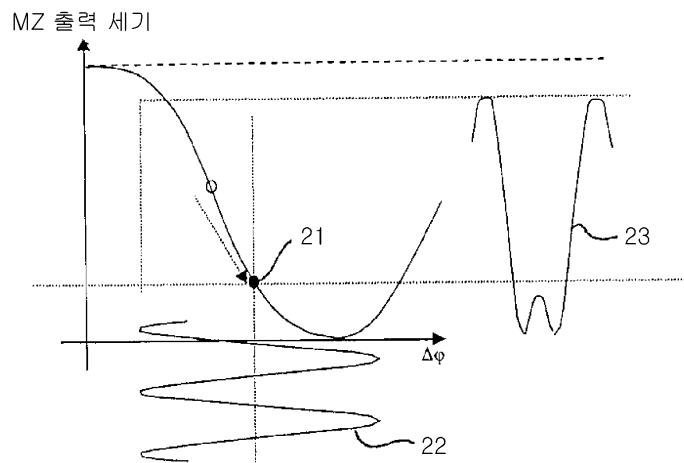
도면9



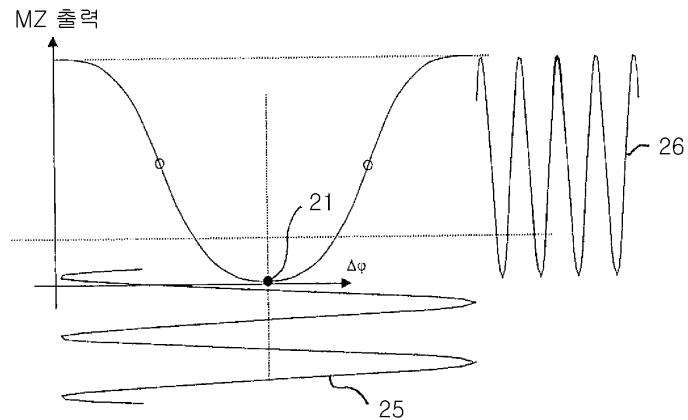
도면10



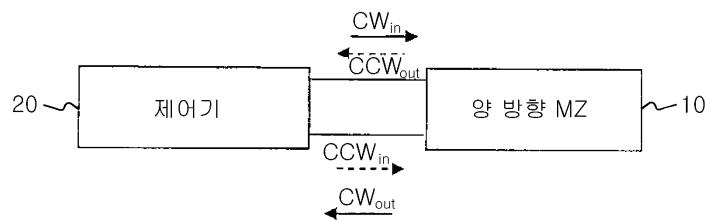
도면11



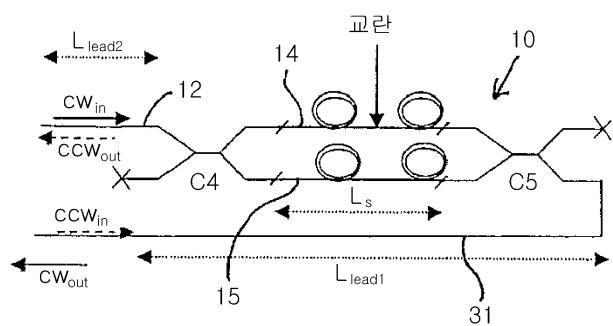
도면12



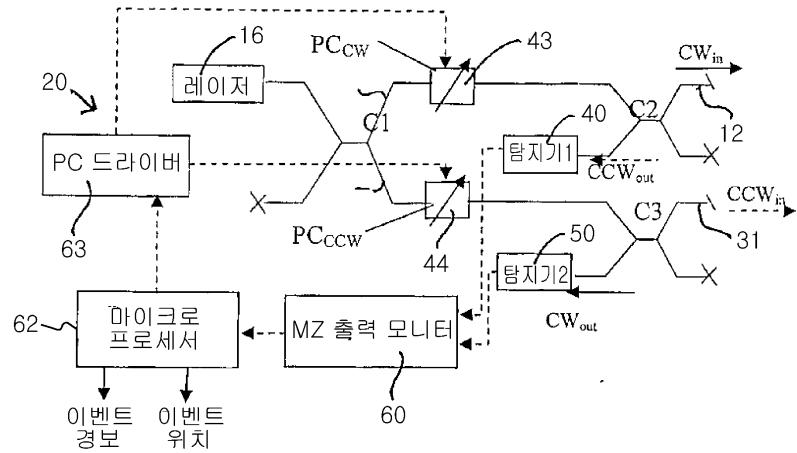
도면13



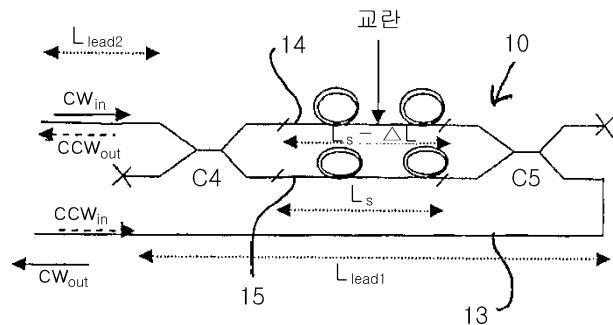
도면14



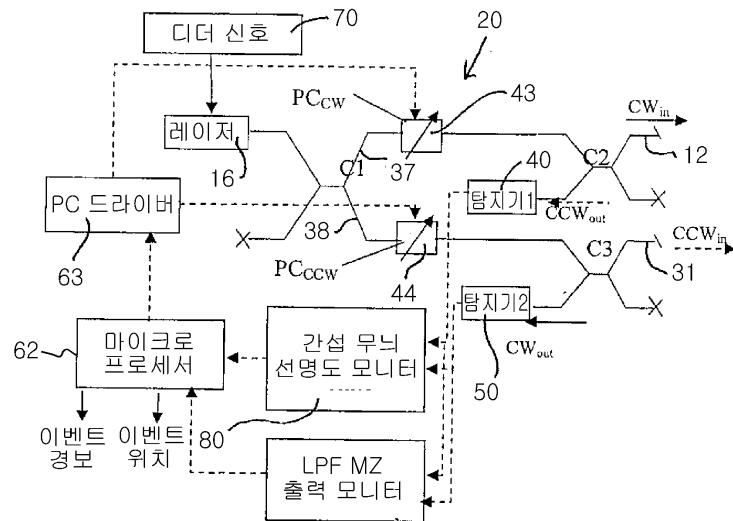
도면15



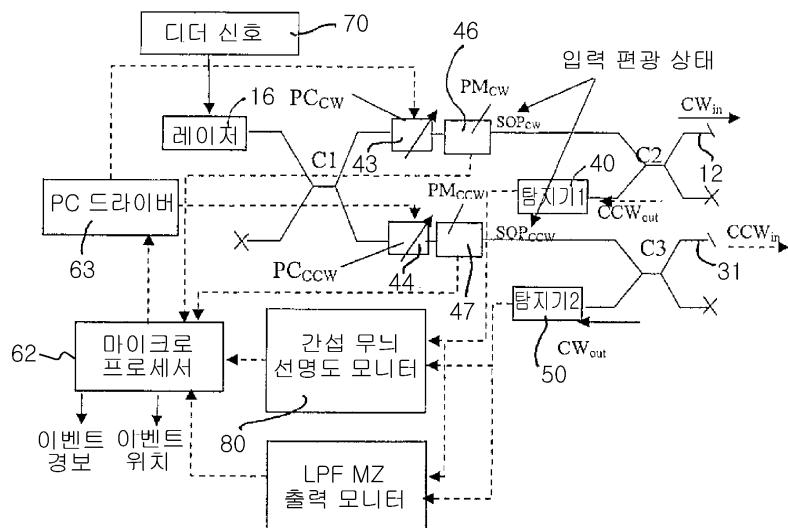
도면16



도면17



도면18



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 제4항

【변경전】

상기 마한젠더 간섭계의

【변경후】

상기 마하 젠더 간섭계의