



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0046981

(43) 공개일자 2015년05월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01B 11/14 (2006.01) G01B 9/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0126657

(22) 출원일자 2013년10월23일

심사청구일자 2013년10월23일

기술이전 희망 : 기술양도, 실시권허여, 기술지도

(71) 출원인

조선대학교산학협력단

광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)

(72) 발명자

주기남

광주광역시 광산구 산월로 81, 1104동 1202호 (산월동, 부영이그린타운아파트)

강민구

대전광역시 유성구 어은로 57, 135동 101호(어은동, 한빛아파트)

(74) 대리인

특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 잭 센서 장치 및 광학 잭 센서를 이용한 다축 측정 광학 잭 센싱 방법**

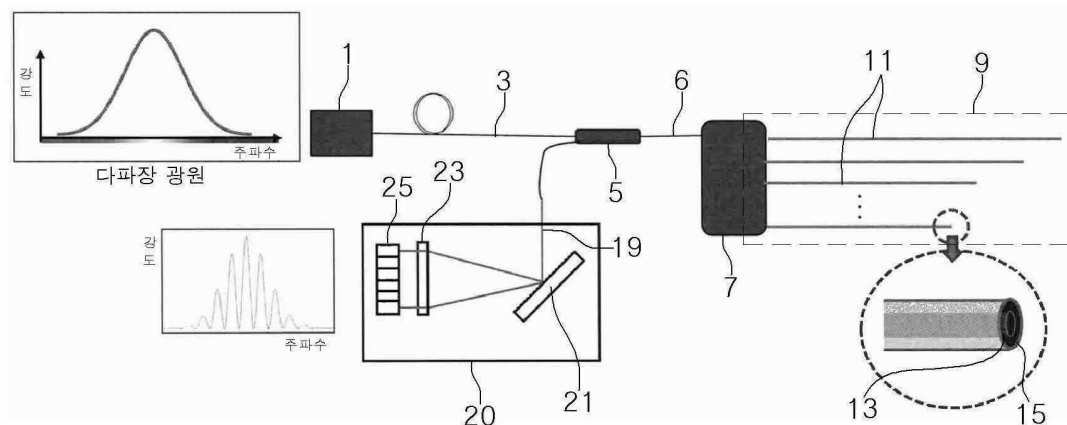
(57) 요약

본 발명은 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용하여 여러 채널의 측정 신호를 하나의 검출장치에서 수신하여 동시에 신호 처리할 수 있도록 구성된 광학 잭 센서 장치 및 광학 잭 센서를 이용한 다축 측정 광학 잭 센싱 방법에 관한 것으로,

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1

100



상기 갭 센서 장치는 다파장광원과, 분산형 간섭계 분광기와, 말단에 반사코팅층이 형성된 N개의 채널프로브 광섬유로 이루어지는 N채널프로브와, 2x1광커플러와, 1xN 광커플러를 포함하여, 상기 다파장광원에서 생성된 광원이 상기 2x1 광커플러와 상기 1xN 광커플러를 통해 상기 N채널프로브의 각각의 채널프로브 광섬유로 입사되고, 상기 각각의 채널프로브 광섬유의 말단 반사코팅층에서 반사된 기준광과 측정대상에서 반사된 측정광을 포함하는 갭측정광신호가 상기 Nx1 광커플러와 상기 2x1 광커플러를 통해 상기 분산형 간섭계 분광기로 입사되어 채널별 갭측정광신호의 간섭무늬로부터 갭을 연산하도록 구성되어,

하나의 분광기를 이용하여 다수 채널의 갭 측정신호를 연산처리할 수 있도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2012R1A1A1001842
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	조선대학교
연구사업명	일반연구자지원사업-신진연구
연구과제명	넓은 주파수 간격 광빔 광원 기반 정밀 측정 시스템 연구
기 여 율	1/1
주관기관	조선대학교 산학협력단
연구기간	2012.05.01 ~ 2015.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

다파장광원과, 분산형 간섭계 분광기와, 말단에 반사코팅층이 형성된 N개의 채널프로브 광섬유로 이루어지는 N 채널프로브와, 2x1광커플러와, 1xN 광커플러를 포함하여,

상기 다파장광원에서 생성된 광원이 상기 2x1 광커플러와 상기 1xN 광커플러를 통해 상기 N채널프로브의 각각의 채널프로브 광섬유로 입사되고,

상기 각각의 채널프로브 광섬유의 말단 반사코팅층에서 반사된 기준광과 측정대상에서 반사된 측정광을 포함하는 겹측정광신호가 상기 Nx1 광커플러와 상기 2x1 광커플러를 통해 상기 분산형 간섭계 분광기로 입사되어,

채널별 겹측정광신호의 간섭무늬로부터 겹을 연산하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 겹 센서 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 각각의 채널프로브 광섬유의 말단에는 서로 다른 두께를 가지는 분산판이 구성되는 것을 특징으로 하는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 겹 센서 장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 각각의 채널프로브 광섬유의 말단은 측정 대상체의 표면과의 이격 거리가 서로 다른 간격을 가지도록 배열 구성되는 것을 특징으로 하는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 겹 센서 장치.

청구항 4

다파장광원과, 분산형 간섭계 분광기와, 말단에 반사코팅층이 형성된 N개의 채널프로브 광섬유로 이루어지는 N 채널프로브와, 2x1광커플러와, 1xN 광커플러를 포함하는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 겹 센싱 방법에 있어서,

상기 다파장광원에서 생성된 광원을 상기 2x1 광커플러와 상기 1xN 광커플러를 통해 상기 N채널프로브의 각각의 채널프로브 광섬유로 입사시키는 제 1 다파장광원 N채널 분할 과정;과,

상기 반사코팅층에서 반사된 기준광과 상기 측정대상에서 반사된 측정광을 포함하는 겹측정광신호를 상기 Nx1 광커플러와 상기 2x1 광커플러를 통해 상기 분산형 간섭계 분광기로 입사시키는 겹측정광신호 수신과정;과,

상기 분산형 간섭계 분광기에서 분산에 의해 간섭무늬를 형성하는 것에 의해 채널별 겹측정광신호에 대한 간섭무늬를 형성하여 겹을 연산하는 제 1 채널별 겹 연산과정;을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 겹 센싱 방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 제 1 다파장광원 N채널 분할 과정의 수행 전에, 상기 각각의 채널프로브 광섬유의 말단이 측정 대상면으로

부터 서로 다른 거리를 가지도록 배열 배치되는 것에 의해 채널프로브별 측정영역이 분할되는 측정영역분할과정;을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 갭 센싱 방법.

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 채널프로브 광섬유의 말단의 반사코팅층 다음의 위치에 분산판이 형성되어, 측정광이 상기 분산판을 경유하면서 채널프로브 광섬유 식별을 위해 위상이 변화되는 채널프로브별 위상변화과정;을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 갭 센싱 방법.

청구항 7

다파장광원과, 분산형 간섭계 분광기와, 말단에 반사코팅층이 형성된 N개의 채널프로브 광섬유와, 1xN 광커플러와, 2x1 광커플러를 포함하여,

상기 다파장광원에서 생성된 광원이 상기 1xN 광커플러에 의해 상기 각각의 채널프로브 광섬유로 입사되고,

상기 각각의 채널프로브 광섬유의 말단 반사코팅층에서 반사된 기준광과 측정대상에서 반사된 측정광을 포함하는 겹측정광신호들이 상기 각각의 채널프로브 광섬유의 2x1 광커플러에 접속된 다수의 분광기광섬유들에 의해 서로 독립적으로 상기 분산형 간섭계 분광기로 입사되며,

상기 분산형 간섭계 분광기에는 상기 채널프로브 광섬유별 겹측정광신호의 간섭무늬가 분리되어 형성되어 채널별 갭을 연산하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 갭 센서 장치.

청구항 8

청구항 7에 있어서, 상기 분광기광섬유들은,

각각의 채널별 겹측정광신호의 전체 간섭무늬가 상기 분산형 간섭계 분광기에 구비되는 광영상장치에서 일정 간격을 가지고 순차적으로 형성되도록 배열되는 것을 특징으로 하는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 갭 센서 장치.

청구항 9

청구항 8에 있어서, 상기 채널별 간섭무늬는,

상기 광영상장치의 픽셀 라인에 대응하도록 분할 형성되는 것을 특징으로 하는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 갭 센서 장치.

청구항 10

다파장광원과, 분산형 간섭계 분광기와, 말단에 반사코팅층이 형성된 N개의 채널프로브 광섬유와, 1xN 광커플러와, 2x1 광커플러를 포함하는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 갭 센싱 방법에 있어서,

상기 다파장광원에서 생성된 광원을 상기 1xN 광커플러를 통해 상기 N채널프로브의 각각의 채널프로브 광섬유로 입사시키는 제 2 다파장광원 N채널 분할 과정;과,

상기 반사코팅층에서 반사된 기준광과 상기 측정대상에서 반사된 측정광을 포함하는 겹측정광신호를 상기 채널프로브 광섬유 각각의 2x1 광커플러에 접속된 각각의 분광기광섬유들을 통해 각각 독립적으로 상기 분산형 간섭

계 분광기로 입사시키는 개별 껍측정광신호 독립 수신과정;과,

상기 분산형 간섭계 분광기에서 분산에 의해 간섭무늬를 형성하는 것에 의해 서로 위치 구별되는 채널별 껍측정광신호에 대한 간섭 무늬를 형성하여 채널별 껍을 연산하는 제 2 채널별 껍 연산과정;을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 껍 센싱 방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서, 상기 제 2 채널별 껍 연산 과정의 상기 채널별 간섭무늬는,

상기 분산형 간섭계 분광기에 구비되는 광영상장치에서 일정 간격을 가지고 순차적으로 형성되는 것을 특징으로 하는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 껍 센싱 방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서, 상기 각각의 채널별 간섭무늬는,

상기 광영상장치의 픽셀 라인에 대응하는 간격을 가지고 순차적으로 형성되는 것을 특징으로 하는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 껍 센싱 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 산업계의 정밀 가공기 및 정밀 측정기의 위치 결정 및 제어를 위한 광학 껍 센서에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용하여 여러 채널의 측정 신호를 하나의 검출장치에서 수신하여 동시에 신호 처리할 수 있도록 구성된 광학 껍 센서 장치 및 광학 껍 센서를 이용한 다축 측정 광학 껍 센싱 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

일반적으로 산업계에서 정밀 가공기 및 정밀 측정기의 위치 결정 및 제어를 수행하기 위해서 2차원 3차원 측정 도구로서 백색광(다파장광원, 저간섭성광원)을 이용한 광학 껍 센서가 사용된다.

[0003]

빠르게 성장하고 있는 광통신과 TFT-LCD 등의 디스플레이, 반도체 IC칩, 태양광 소자, LED 등의 반도체 산업 전반에 걸쳐 2차원 또는 3차원 측정 도구로서 널리 사용되고 있다. 특히, 디스플레이 장치의 경우에는 셀갭(cell gap)을 일정하게 유지시켜주는 컬럼스페이서(column spacer) 또는 포토스페이서(photo-spacer)의 삼차원 측정에 널리 이용되고 있다.

[0004]

현재 산업계에서 널리 사용되는 껍 센서는 전기 용량을 측정하는 전기 용량 센서(electric capacitive sensor)이다. 상기 전기 용량 센서는 소형의 프로브와 여러 채널의 사용, 높은 분해능 등의 장점으로 초정밀 기계의 위치 제어에 매우 적합하다.

[0005]

그러나 이러한 전기 용량 센서는, 측정 대상물이 전도성을 가져야 하는 한계를 가지고 있기 때문에, 피 대상물이 부도체일 경우 측정이 어렵고 정확한 측정을 수행하지 못하는 문제점을 가진다.

[0006]

이러한 이유로 광학 센서는 피 대상물의 종류와 상관 없이 측정이 가능하다는 장점이 있어 많은 연구가 진행되고 있다. 대표적으로, 대한민국 특허출원 제10-1997-008150호, 대한민국 등록특허 10-1218077호 등에 개시된 바와 같이, 패브리 페롯 간섭계(Fabry-Perot interferometer)의 원리를 적용한 광섬유 센서의 경우, 측정 영역에서 높은 분해능을 보유하고 있다.

[0007]

그러나 이러한 패브리 페롯 간섭계를 다축 측정에 응용하기 위해서는 각각의 채널에서 측정되는 간섭신호를 측정하기 위한 광검출기가 측정 채널의 수만큼 필요하며, 또한 각각의 신호를 처리하기 위한 여러 채널의 데이터 처리장치가 필요한 문제점을 가진다.

[0008] 한편, Zygo,사에서 개발한 헤테로다인 간섭계 원리의 다축 측정 광학 겹 센서의 경우, 긴 측정영역에서 높은 분해능을 가지는 장점은 있으나, 이 경우 역시 다축 측정에 필요한 헤테로다인 간섭 신호 처리를 수행하는 위상 측정기가 각 축마다 필요한 문제점을 가진다. 이로 인해 측정기의 가격 상승이 불가피해지는 문제점 또한 발생한다.

[0009] 또한, 대한민국 특허출원 제10-1997-0048050호와 같이 광섬유 센서 중에 변위 측정을 위해 널리 사용되고 있는 브래그(Bragg) 반사 격자를 이용한 광섬유 센서는, 비교적 간단한 구조로 인해 산업계에 널리 사용되고 있으나, 반사되어 돌아오는 광의 선폭에 의해 측정 분해능이 결정되므로 높은 분해능을 기대할 수 없는 문제점을 가진다.

[0010]

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 따라서 본 발명은 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 적용하여 하나의 광검출기를 통해 다수의 채널에서 측정되는 광 신호를 동시에 신호처리할 수 있도록 하는 다축 측정 광학 겹 센서 장치 및 광학 겹 센서를 이용한 다축 측정 광학 겹 센싱 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0012] 또한, 본 발명은 하나의 광검출기에서 다수의 채널에서 측정되는 광신호를 측정하여 신호처리를 수행하면서도, 높은 분해능을 가지는 다축 측정 광학 겹 센서 장치 및 광학 겹 센서를 이용한 다축 측정 광학 겹 센싱 방법을 제공하는 것을 다른 목적으로 한다.

[0013] 또한, 본 발명은 프로브인 광섬유를 통한 광신호의 측정 시 발생하는 광섬유에 의한 외란이 간섭신호에서 제거되도록 하여, 높은 신호대 잡음비(SNR)를 가지는 다축 측정 광학 겹 센서 장치 및 광학 겹 센서를 이용한 다축 측정 광학 겹 센싱 방법을 제공하는 것을 또 다른 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0014] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 겹 센서 장치는, 다파장광원과, 분산형 간섭계 분광기와, 말단에 반사코팅층이 형성된 N개의 채널프로브 광섬유로 이루어지는 N채널프로브와, 2x1광커플러와, 1xN 광커플러를 포함하여, 상기 다파장광원에서 생성된 광원이 상기 2x1 광커플러와 상기 1xN 광커플러를 통해 상기 N채널프로브의 각각의 채널프로브 광섬유로 입사되고, 상기 각각의 채널프로브 광섬유의 말단 반사코팅층에서 반사된 기준광과 측정대상에서 반사된 측정광을 포함하는 겹측정광신호가 상기 Nx1 광커플러와 상기 2x1 광커플러를 통해 상기 분산형 간섭계 분광기로 입사되어, 채널별 겹측정광신호의 간섭무늬로부터 겹을 연산하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0015] 상기 각각의 채널프로브 광섬유의 말단에는, 각각의 채널 식별을 위하여 서로 다른 두께를 가지는 분산판이 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 상기 각각의 채널프로브 광섬유의 말단은 측정 대상체의 표면과의 이격 거리가 서로 다른 간격을 가지도록 배열 구성되어, 서로 다른 채널프로브 광섬유의 겹측정광신호의 간섭 무늬에 의해 측정된 겹이 서로 동일하지 않게 되도록 하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 겹 센싱 방법은, 다파장광원과, 분산형 간섭계 분광기와, 말단에 반사코팅층이 형성된 N개의 채널프로브 광섬유로 이루어지는 N채널프로브와, 2x1광커플러와, 1xN 광커플러를 포함하는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 겹 센싱 방법에 있어서, 상기 다파장광원에서 생성된 광원을 상기 2x1 광커플러와 상기 1xN 광커플러를 통해 상기 N채널프로브의 각각의 채널프로브 광섬유로 입사시키는 제 1 다파장광원 N채널 분할 과정;과, 상기 반사코팅층에서 반사된 기준광과 상기 측정대상에서 반사된 측정광을 포함하는 겹측정광신호를 상기 Nx1 광커플

러와 상기 2x1 광커플러를 통해 상기 분산형 간섭계 분광기로 입사시키는 겹측정광신호 수신과정;과, 상기 분산형 간섭계 분광기에서 분산에 의해 간섭무늬를 형성하는 것에 의해 채널별 겹측정광신호에 대한 간섭 무늬를 형성하여 겹을 연산하는 제 1 채널별 겹 연산과정;을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0018] 상술한 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 겹 센싱 방법은 또한, 상기 제 1 다파장광원 N 채널 분할 과정의 수행 전에 상기 채널프로브 광섬유별 간섭무늬에 의해 검출된 겹이 동일한 값을 가지는 것을 방지하기 위하여, 상기 각각의 채널프로브 광섬유의 말단이 측정 대상면으로부터 서로 다른 거리를 가지도록 배열 배치되는 것에 의해 채널프로브별 측정영역이 분할되는 측정영역분할과정;을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0019] 상술한 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 겹 센싱 방법은 또한, 상기 채널프로브 광섬유의 말단의 반사코팅층 다음의 위치에 분산판이 형성되어, 상기 제 1 다파장광원 N채널 분할 과정 이후, 상기 반사코팅층을 투과한 광원이 상기 분산판을 경유하면서 채널프로브 광섬유 식별을 위해 위상이 변화되는 채널프로브별 위상변화과정;을 더 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0020] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 구성의 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 겹 센서 장치는, 다파장광원과, 분산형 간섭계 분광기와, 말단에 반사코팅층이 형성된 N개의 채널프로브 광섬유와, 1xN 광커플러와, 2x1 광커플러를 포함하여, 상기 다파장광원에서 생성된 광원이 상기 1xN 광커플러에 의해 상기 각각의 채널프로브 광섬유로 입사되고, 상기 각각의 채널프로브 광섬유의 말단 반사코팅층에서 반사된 기준광과 측정대상에서 반사된 측정광을 포함하는 겹측정광신호들이 상기 각각의 채널프로브 광섬유의 2x1 광커플러에 접속된 다수의 분광기광섬유들에 의해 서로 독립적으로 상기 분산형 간섭계 분광기로 입사되며, 상기 분산형 간섭계 분광기에는 상기 채널프로브 광섬유별 겹측정광신호의 간섭무늬가 분리되어 형성되어 채널별 겹을 연산하도록 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0021] 상기 분광기광섬유들은 각각의 채널별 겹측정광신호의 전체 간섭무늬가 상기 분산형 간섭계 분광기에 구비되는 광영상장치에서 일정 간격을 가지고 순차적으로 형성되도록 배열되는 것을 특징으로 한다.

[0022] 상기 채널별 간섭무늬는 상기 광영상장치의 픽셀 라인에 대응하도록 분할 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0023]

[0024] 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 구성의 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 겹 센싱 방법은, 다파장광원과, 분산형 간섭계 분광기와, 말단에 반사코팅층이 형성된 N개의 채널프로브 광섬유와, 1xN 광커플러와, 2x1 광커플러를 포함하는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계를 이용한 다축 측정 광학 겹 센싱 방법에 있어서, 상기 다파장광원에서 생성된 광원을 상기 1xN 광커플러를 통해 상기 N채널프로브의 각각의 채널프로브 광섬유로 입사시키는 제 2 다파장광원 N채널 분할 과정;과, 상기 반사코팅층에서 반사된 기준광과 상기 측정대상에서 반사된 측정광을 포함하는 겹측정광신호를 상기 채널프로브 광섬유 각각의 2x1 광커플러에 접속된 각각의 분광기광섬유들을 통해 각각 독립적으로 상기 분산형 간섭계 분광기로 입사시키는 개별 겹측정광신호 독립 수신과정;과, 상기 분산형 간섭계 분광기에서 분산에 의해 간섭무늬를 형성하는 것에 의해 서로 위치 구별되는 채널별 겹측정광신호에 대한 간섭 무늬를 형성하여 채널별 겹을 연산하는 제 2 채널별 겹 연산과정;을 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0025] 상기 제 2 채널별 겹 연산 과정의 상기 채널별 간섭무늬는, 상기 분산형 간섭계 분광기에 구비되는 광영상장치에서 일정 간격을 가지고 순차적으로 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0026] 상기 각각의 채널별 간섭무늬는 상기 광영상장치의 픽셀 라인에 대응하는 간격을 가지고 순차적으로 형성되는

것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0027] 상술한 구성을 가지는 본 발명은, 저간섭성 광원과, 분산형 간섭계 분광기를 적용하는 것에 의해, 반사형 파장 검출용 FBG 등에 비해 분해능이 현저히 향상되어, 갭 측정 값의 정밀도를 현저히 향상시키는 효과를 제공한다.
- [0028] 또한, 종래기술의 페브리 페롯 간섭계를 적용하여 여러 개의 측정 채널로 확장하는 경우, 측정 채널별로 분광기를 필요로 하는 것과는 달리, 본 발명은 하나의 분광기에서 다수의 채널의 갭 측정 신호를 측정 분석할 수 있도록 함으로써, 갭 센서 장치의 제작을 용이하게 하고, 제작비용을 현저히 절감시킬 수 있도록 하는 효과를 제공한다.
- [0029] 또한, 본 발명은 분산판 또는 채널별 측정영역분할에 의해 채널을 식별하거나, 채널 별로 측정된 갭측정광신호를 서로 분할된 광섬유를 통해 서로 분리하여 분산형 간섭계 분광기로 입사시키는 것에 의해, 채널별 간섭무늬의 식별을 용이하게 함으로써, 갭 측정의 용이성을 향상시키는 물론, 갭 측정의 정확성을 현저히 향상시키는 효과를 제공한다.
- [0030] 또한, 본 발명은 채널프로브 광섬유의 끝단에서 반사하는 기준광과 측정 대상물에서 반사하는 측정광의 스펙트럼 간섭 신호를 획득하고, 이를 분석하여 채널프로브에서 측정대상물 간의 거리를 측정하기 때문에 광섬유에 의한 외란은 간섭 신호에서 원천적으로 제거되어 높은 신호대잡음비(SNR)를 가지는 효과를 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따르는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계 분광기를 이용한 다축 측정 광 갭 센서 장치(100)의 개략적인 구성도,
- 도 2는 도 1의 분산형 간섭계 분광기(20)에서 측정된 주파수 도메인의 간섭무늬 검출 신호와 이를 FFT 변환한 파장 도메인 간섭무늬 검출 신호의 스펙트럼을 나타내는 도면,
- 도 3은 분산판(15)에 의한 다파장광원의 채널별 비선형적 위상 변화를 나타내는 그래프,
- 도 4는 채널별 식별을 위한 채널프로브 광섬유의 측정 대상면으로부터의 서로 다른 이격 거리 배치를 나타내는 측정영역분할의 개념도,
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따르는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계 분광기를 이용한 다축 측정 갭 센싱 방법의 처리과정을 나타내는 순서도,
- 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따르는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계 분광기를 이용한 다축 측정 갭 센서 장치의 개략적인 구성도,
- 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따르는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계 분광기를 이용한 다축 측정 갭 센싱 방법의 처리과정을 나타내는 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 이하, 본 발명의 실시예를 나타내는 첨부 도면을 참조하여 본 발명을 더욱 상세히 설명한다.
- [0033] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따르는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계 분광기를 이용한 다축 측정 광 갭 센서 장치(이하, 광 갭 센서 장치(100)라 함)의 개략적인 구성도이다.
- [0034] 도 1과 같이, 상기 광 갭 센서 장치(100)는 다파장광원(1)과 2x1광커플러(5)와 1xN 광커플러(7)와 다수의 채널 프로브 광섬유(11)로 이루어지는 N채널프로브(9)와 분산형 간섭계 분광기(20)로 구성된다.
- [0035] 상기 구성에서 상기 다파장광원(1)은 입력광섬유(3)에 의해 2x1광커플러(5)에 접속되고, 분산형 간섭계 분광기(20)는 분광기 광섬유(19)에 의해 2x1광커플러(5)에 접속된다. 그리고 상기 2x1 광커플러(5)와 1xN 광커플러(7)는 하나의 결합광섬유(6)에 의해 서로 접속된다.
- [0036] 상기 구성에서 상기 채널프로브 광섬유(11) 각각은 확대도에 도시된 바와 같이, 말단에 반사코팅층(13)이 형성

되어, 다파장광의 일부는 기준광으로 반사시키고, 일부는 측정광으로 투과시키도록 구성된다. 또한, 상기 채널프로브 광섬유(11) 각각의 말단 반사코팅층(13)의 다음에는 측정광이 경유하면서 비선형적으로 위상이 변화되도록 하는 분산판(15)이 구비된다.

[0037] 상기 분산형 간섭계 분광기(20)는 분광기광섬유(19)를 통해 합성되어 입사되는 겹측정광신호를 분산시키는 분산 소자로서의 회절격자(21)와 회절격자(21)에서 분산된 회절광을 간섭무늬 형성을 위해 집광하는 집광렌즈(23)와 집광렌즈(23)에 의해 집광되어 형성된 간섭무늬를 촬영하는 광영상장치(25)로 구성된다. 여기서 상기 회절격자(21)는 프리즘 등으로 다양하게 변형 실시될 수 있다. 또한, 상기 광영상장치(25)는 1D 촬영장치(라인 촬영 장치) 또는 2D 촬영장치 등으로 구성될 수 있다.

[0038] 상술한 구성을 가지는 겹 센서 장치(100)는, 도 1과 같이, 넓은 스펙트럼 분포를 가지는 다파장광을 적용하여 측정대상물을 조사한다. 다파장광원으로는 램프, LED, 펄소초레이저 등이 사용될 수 있으며, 광원 종류는 사용하는 광 스펙트럼 영역에 따라 선택된다.

[0039] 상술한 다파장 광원으로부터 방출된 다파장광은 입력광섬유(3)를 통해 2x1 광커플러(5)와 결합광섬유(6)에 의해 1xN 광커플러(7)로 입사된다. 1xN 광커플러(7)로 입사된 다파장광은 1xN 광커플러(7)에 의해 분할되어 N 개의 채널프로브 광섬유(11)로 전달된다. 채널프로브 광섬유(11)는 측정 또는 제어를 위한 정밀 기계의 측정 위치에 놓이게 되고, 이를 통해 얻은 간섭 신호들은 다시 1xN 광커플러(7)와 2x1 광커플러(5)를 경유하여 분산형 간섭계 분광기(20)로 입사된다. 분산형 간섭계 분광기(20)로 입사된 겹측정광신호는 각각의 채널프로브 광섬유(11)들의 개별적인 겹측정광신호들이 서로 겹쳐져, 광영상장치(25)에는 N채널 간섭무늬가 중첩된 매우 복잡한 간섭무늬 신호로 검출된다. 이 후, 광영상장치(25)에서 측정된 복잡한 간섭무늬 신호들을 동기샘플링방법 또는 FFT(fast fourier transform) 등의 푸리에변환을 적용하여 파장 도메인 간섭무늬 신호로 변환한 후, 각각의 채널별 간섭무늬 신호의 스펙트럼 피크들을 이용하여 각각의 채널프로브 광섬유(11) 말단에서 측정 대상물의 표면까지의 거리를 겹으로 검출한다.

[0040] 도 2는, 도 1의 분산형 간섭계 분광기에서 측정된 주파수 도메인의 간섭무늬 검출 신호와 이를 FFT 변환한 파장 도메인에서의 간섭무늬 검출 신호의 스펙트럼을 나타내는 도면이다.

[0041] 즉, 도 2와 같이, 광영상장치(25)에서 획득한 분할된 각각의 개별 채널의 간섭신호는 각 주기에 따라 서로 다른 첨두(peak)를 나타낸다. 따라서 각각의 주기를 가지는 간섭무늬를 동기샘플링방법 또는 FFT 등을 적용하여 분할하면 각각의 간섭무늬로부터 해당 채널의 채널프로브 광섬유(11)의 말단으로부터 측정대상물까지의 거리인 겹을 연산하여 얻을 수 있다.

[0042] 이때 적용되는 분산형 간섭계의 측정원리는 다음과 같다.

[0043] 반사코팅층(광분할기)(13)에서 측정대상물의 표면까지의 거리를 L1, 측정 거울까지의 거리를 L2라고 하면, 분광기에서 측정되는 거리 차이 $L(=L2-L1)$ 에 의한 간섭 신호는 [수학식 1]로 표현된다.

수학식 1

[0044]
$$i(v)=a(v)+b(v)\cos(2kL)=a(v)+b(v)\cos[(4nL/c_0)]=a(v)+b(v)\cos\phi(v)$$

[0045] 여기서, k는 파수(wave number), c_0 는 진공 중의 광속, n은 매질의 위상굴절율(phase refractive index), ν 는 광주파수(optical frequency), $a(v)$ 는 광주파수 영역에서 측정된 신호의 평균 광강도(mean intensity), $b(v)$ 는 간섭 신호의 변조 크기(modulation amplitude)를 나타내며, 이들은 광원의 주파수 분포 $s(v)$ 와 [수학식 2]의 관계를 갖는다.

수학식 2

[0046]

$$a(v) = (1/2)s(v)[r_r^2(v) + r_m^2(v)]m, \quad b(v) = s(v)r_r(v)r_m(v)$$

[0047]

여기서, $r_r(v)$ 과 $r_m(v)$ 은 측정면의 주파수에 따른 반사계수로서, 느리게 변화하는 특성으로, 1로 가정할 수 있다. 이에 따라 측정광과 측정광에 의해 생성되는 간섭신호는 [수학식 3]으로 정리된다.

수학식 3

[0048]

$$i(v) = s(v)[1 + \cos\phi(v)]$$

[0049]

채널별 간섭 신호는 [수학식 3]에서와 같이, 광원의 주파수 특성을 보이는 광강도 분포를 보이는 동시에, 간섭 신호의 위상 $\phi(v)$ 에 의해 변화된 신호를 나타낸다. 따라서 측정하기 위한 거리 L 은 간섭 신호의 위상 $\phi(v)$ 에 포함되어 있으며, 주파수에 따른 $\phi(v)$ 는 [수학식 4]로 표시된다.

수학식 4

[0050]

$$\phi(v) = 4\pi L/c_0 = 2\pi, \quad \alpha = 2\pi L/c_0$$

[0051]

여기서, $\phi(v)$ 를 추출하는 방법들로는 동기 샘플링(synchronous sampling)을 이용하는 방법, 푸리에변환(Fourier transform)을 수행하여 첨두를 검출하는 방법 등이 있으며, 본 발명의 실시예의 설명에서는 푸리에변환을 적용하여 설명한다.

[0052]

푸리에변환을 적용하기 위하여 [수학식 3]을 복소수 형태로 표현하면, [수학식 5]와 같이 된다.

수학식 5

[0053]

$$i(v) = s(v)[1 + (1/2)\exp[i\phi(v)] + (1/2)\exp[-i\phi(v)]]$$

[0054]

다음으로 [수학식 5]를 푸리에변환하면 [수학식 6]과 같이 된다.

수학식 6

[0055]

$$I(\tau) = \text{FT}[i(v)] = S(\tau) \otimes [1 + (1/2)\delta(\tau - \alpha) + (1/2)\delta(\tau + \alpha)]$$

[0056]

여기서, $S(\tau)$ 는 $s(v)$ 의 푸리에변환 함수, $\delta(\tau)$ 는 디랙-델타 함수(Dirac-delta function), α 는 [수학식 4]와 같이 $2\pi L/c_0$ 의 치환 변수를 나타낸다. 이 첨두(피크)들의 위치로부터 α 를 바로 측정할 수 있어, [수학식 4]를 이용하여 거리 L 을 측정할 수 있다.

- [0057] 이 과정에서 채널프로브 광섬유(11) 각각에 의해 입사된 갭측정광에 의해 생성된 간섭무늬들의 식별은 도 1의 확대도와 같이, 채널프로브 광섬유(11)의 말단에 채널별로 각각 서로 다른 두께의 분산판(15)을 삽입하여, 측정광에 위상 변화를 주는 것에 의해 달성된다.
- [0058] 도 3은 채널별 측정광이 분산판(15)에 의한 비선형적 위상 변화를 나타내는 그래프이다.
- [0059] 도 1의 확대도와 같이, 채널프로브 광섬유(11)의 말단에 분산판(15)을 삽입하면, 측정되는 간섭신호에 이러한 분산이 포함되어 광주파수와 위상 간의 관계가 비 선형성을 가지게 된다. 따라서 채널 별로 삽입되는 분산판(15)의 두께가 달라지면, 채널별로 획득된 갭측정광신호에 의한 간섭신호에서 획득되는 위상의 비선형성이 변하기 때문에 이러한 비선형성의 변화에 의해 각각의 채널별 간섭신호를 식별할 수 있다.
- [0060] 도 4는, 채널별 식별을 위한 채널프로브 광섬유의 측정대상면으로부터의 서로 다른 이격거리 배치를 나타내는 측정영역분할의 개념도이다.
- [0061] 각 채널프로브 광섬유(11) 별로 서로 다른 두께의 분산판(15)을 적용하여 간섭신호의 위상에 비선형성의 변화가 발생한 경우에도, 각 채널별로 형성된 간섭무늬에 의해 검출된 채널프로브 광섬유(11) 말단과 측정대상물 사이의 거리가 같게 되는 경우에는 채널이 식별되지 않게 된다. 이 경우에는, 도 4와 같이, 채널프로브 광섬유(11)들의 말단과 측정대상면과의 거리(갭)의 각 채널에서의 측정 범위를 도 4의 측정영역분할된 거리의 차이를 가지도록 배치한다. 이에 따라, 간섭무늬가 측정영역분할 사각형의 각 분할된 가로 길이에 대응하는 이격거리에 의해 분리 형성된다. 상기 이격 거리는 서로 다른 채널에서 측정된 갭의 크기가 서로 겹치지 않도록 하기 위하여, 기준 값을 중심으로 한 개의 채널의 갭 측정 범위 이상의 값을 가지도록 설정된다. 이에 의해, 서로 다른 채널에서 측정된 갭의 크기가 같아지는 것이 방지된다.
- [0062] 도 5는, 본 발명의 일 실시예에 따르는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계 분광기를 이용한 다축 측정 갭 센싱 방법(이하, 갭 센싱 방법이라 함)의 처리과정을 나타내는 순서도로서, 이하, 도 1 내지 도 4를 참조하여 도 5의 다축 측정 갭 센싱 방법의 처리과정을 설명한다.
- [0063] 도 5와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따르는 다과장광원과, 분산형 간섭계 분광기와, 말단에 반사코팅층과 서로 다른 두께의 분산판이 형성된 N개의 채널프로브 광섬유로 이루어지는 N채널프로브와, 2x1광커플러와, 1xN 광커플러를 포함하는 도 1 내지 도 4의 구성을 가지는 갭 센서 장치(100)를 이용한 다축 측정 갭 센싱 방법은,
- [0064] 측정영역분할과정(S10), 제 1 다과장광원 N채널분할과정(S20), 채널프로브별(채널 별) 위상변화과정(S30), 갭측정광신호 수신과정(S40), 제 1 채널별 갭 연산과정(S50)을 포함하여 이루어진다.
- [0065] 도 1 내지 도 4의 설명에서와 같이, 다축 측정 갭 센싱 처리과정을 수행하기 위해 먼저, 서로 다른 채널에서 검출된 갭의 거리가 동일한 경우, 각각의 채널을 식별하기 위하여 일정하게 배열되는 채널프로브 광섬유(11)의 말단에서 측정대상물까지의 이격 거리를 도 4의 측정영역분할 도면과 같이, 분할된 영역의 길이에 따른 균등한 길이 차이를 가지도록 채널프로브 광섬유(11)들을 배치하는 측정영역분할과정(S10)을 수행한다. 이때, 상기 분할되는 측정영역의 크기는 각각의 채널프로브 광섬유(11)에서 형성된 간섭무늬에서 검출되는 최대 이격 거리(단일 채널의 측정 갭 범위: 예, 200 등) 이상의 값을 가지는 것에 의해 간섭무늬에 의해 검출된 갭이 채널프로브 광섬유(11)별로 겹치는 것을 방지한다. 이러한 측정영역분할과정(S10)은 상술한 바와 같이, 다수의 채널프로브 광섬유(11)에서 검출된 간섭무늬에 의한 갭의 거리가 동일한 경우에만 선택적으로 수행되는 과정이다.
- [0066] 상기 측정영역분할과정(S10)이 불필요한 경우 또는 필요에 의해 수행된 후에는, 도 1의 다과장광원(1)에서 생성된 광원을 상기 2x1 광커플러(5)와 상기 1xN 광커플러(7)를 통해 상기 N채널프로브(9)의 각각의 채널프로브 광섬유(11)로 입사시키는 제 1 다과장광원 N채널분할과정(S20)이 수행된다.
- [0067] 제 1 다과장광원 N채널분할과정(S20)에 의해 N 채널 각각의 채널프로브 광섬유(11)에 입사된 광원은, 각각의 채널프로브 광섬유(11)의 말단의 반사코팅층에서 기준광으로서 일부 반사되고, 나머지는 반사코팅층(13) 및 분산판(15)을 투과하여 측정대상면에서 반사되어 다시 각각의 채널프로브 광섬유(11) 내부로 측정광으로 입사된다. 이때, 측정광이 분산판을 경유하며 분산판(15)의 두께에 따라 위상이 비선형적으로 변화되어 위상 변화를 통해 간섭무늬에 대응하는 채널프로브 광섬유(11)를 식별할 수 있도록 하는 채널프로브별 위상변화과정(S30)이 수행된다.

- [0068] 채널프로브별 위상변화과정(S30) 이 후, 각각의 채널프로브 광섬유(11) 내부의 기준광과 측정광은 상기 Nx1 광 커플러(7)에 의해 혼합된 후 상기 2x1 광커플러(5)에 의해 상기 분산형 간섭계 분광기(20)로 입사되는 겹측정광 신호 수신과정(S40)이 수행된다.
- [0069] 상기 겹측정광신호 수신과정(S40)을 통해 혼합되어 분광기로 입사된 겹측정광 신호들은 분광기 내의 분산형 간섭계에 의해 간섭무늬를 형성하며 광영상장치(25)에 의해 검출된다. 검출된 N채널의 겹측정광신호들이 혼합된 광주파수 영역의 간섭무늬 신호는 동기샘플링 또는 FFT 등의 푸리에변환에 의해 시간 또는 파장(거리) 영역으로 변환된 후 각각의 채널별 겹측정광 신호에 대한 간섭무늬 신호로 분리된다. 이때, 각각의 채널별 간섭무늬는 분산판(15)에 의한 측정광의 서로 다른 비선형적 위상 변화에 의해 구별된다. 그리고 측정광의 위상 변화를 반영하여 각각의 채널별 간섭무늬로부터 각 채널프로브 광섬유(11) 말단과 측정대상면 사이의 거리 인 겹을 검출하는 연산을 수행하며, 이상의 처리과정이 도 5의 제 1 채널별 겹 연산과정(S50)이다.
- [0070] 이 과정에서, 서로 다른 채널에서 측정된 겹이 서로 동일한 경우에는 상술한 측정영역 분할과정(S10)을 포함하여 처리과정을 수행하는 것에 의해, 각각의 채널별 간섭무늬의 검출 겹의 값이 서로 다른 겹측정범위를 가지도록 하는 것에 의해 서로 다른 측정범위를 이용하여 채널별 간섭무늬 및 겹을 구분할 수 있게 된다.
- [0071] 본 발명의 다른 실시예의 다축 측정 광학 겹 센서 장치 및 광학 겹 센싱 방법은, 도 1 내지 도 5과 달리, 분산판(15)을 구비하지 않으며, 겹 센싱 방법은 측정영역분할과정(S10)과 채널프로브별 위상변화과정(S30)을 수행함이 없이, N채널프로브 각각의 채널프로브 광섬유(11)에서 검출된 간섭무늬를 식별하여 겹을 용이하게 측정할 수 있도록 구성된다.
- [0072] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따르는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계 분광기를 이용한 다축 측정 광학 겹 센서 장치(이하, 겹 센서 장치(200)라 함)의 개략적인 구성도이고, 도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따르는 저간섭성 광원과 분산형 간섭계 분광기를 이용한 다축 측정 겹 센싱 방법의 처리과정을 나타내는 순서도이다.
- [0073] 도 6 및 도 7에서 도 1 내지 도 5의 각 구성과 동일한 구성에 대하여는 동일한 도면 부호를 부여하여 설명한다.
- [0074] 도 6과 같이, 상기 겹 센서 장치(200)는 다파장광원(1)과, 제 2 분산형 간섭계 분광기(220), N채널프로브(39)를 포함하고, 상기 다파장광원(1)은 1xN 광커플러(7)에 의해 N채널프로브(39)에 다파장광을 제공하며, 상기 N채널프로브(39)의 각각의 채널프로브 광섬유(11)에는 채널프로브 광섬유(11)의 기준광과 측정광을 제 2 분산형 간섭계 분광기(220)로 입사하도록 제 2 2x1 광커플러(35)가 접속되어 채널수와 같은 수의 제 2 분광기광섬유(211)들에 의해 제 2 분산형 간섭계 분광기(220)와 접속되도록 구성된다.
- [0075] 또한, 상기 제 2 분광기광섬유(211)는 제 2 분광기광섬유(211)들에서 입사되는 각 채널별 겹측정광신호를 집속시키는 제 2 집광렌즈(230)와 제 2 집광렌즈(230)에서 집속된 겹측정광신호들을 회절에 의해 분산시키는 광분산소자로서의 회절격자(21)에 의해 회절된 각각의 겹측정광신호들이 일정 간격으로 분할된 간섭무늬가 형성되는 2D광영상장치(40)를 포함하여 구성된다.
- [0076] 이때, 상기 2D 광영상장치(40)에 형성되는 간섭무늬의 간격은, 제한은 없으나, 2D 광영상장치(40)의 픽셀라인별로 간섭무늬가 형성되도록 구성되는 것이 바람직하다. 이를 위해, 제 2 분산형 간섭계 분광기(220) 내에서 상기 제 2 분광기광섬유(211)들의 말단은 상기 2D 광영상장치(40)에 형성되는 간섭무늬가 일정한 간격을 가질 수 있도록 일정한 간격을 가지도록 배열로 배치 구성된다.
- [0077] 따라서 도 6의 겹 센서 장치(200)는 도 1 내지 도 5의 겹 센서 장치(100)와 달리, 분산판(15)이나 측정영역분할과정(S10) 또는 채널프로브별 위상변화과정(S30)을 수행하지 않고도, N채널프로브(39)의 각각의 채널프로브 광섬유(11)에 의한 간섭무늬를 용이하게 식별할 수 있도록 한다.
- [0078] 다음으로, 도 6을 참조하여 도 7의 겹 센서 장치(200)를 이용한 본 발명의 다른 실시예의 다축 측정 광학 겹 센싱 방법의 처리과정을 설명한다.
- [0079] 도 6의 겹 센서 장치(200)를 이용하여 겹을 측정하기 위해서는, 도 7과 같이, 도 6의 다파장광원(1)에서 생성된 광원을 상기 1xN 광커플러(7)를 통해 상기 제 2 N채널프로브(39)의 각각의 채널프로브 광섬유(11)로 입사시키는 제 2 다파장광원 N채널분할과정(S110)이 수행된다.
- [0080] 제 2 다파장광원 N채널분할과정(S110)에 의해 N 채널 각각의 채널프로브 광섬유(11)에 입사된 광원은, 각각의

채널프로브 광섬유(11)의 말단의 반사코팅층에서 기준광으로서 일부 반사되고, 나머지 광은 반사코팅층(13)을 투과하여 측정대상면에서 반사되어 다시 각각의 채널프로브 광섬유(11) 내부로 측정광으로 입사된다. 각각의 채널프로브 광섬유(11) 내부의 기준광과 측정광은 상기 제 2 2x1 광커플러(35)에 접속된 각각의 제 2 분광기광섬유(211)들을 통해 서로 독립적으로 상기 제 2 분산형 간섭계 분광기(220)로 입사되는 겹측정광신호 독립 수신과정(S120)이 수행된다.

[0081]

상기 겹측정광신호 독립 수신과정(S120)을 통해 분광기로 입사된 채널별 개별적인 겹측정광 신호들은 제 2 집광렌즈(230)에 의해 집속되어, 회절소자로서의 회절격자(21)에 의해 회절되어, 2D 광영상장치(40)에 채널별로 이격 거리를 가지는 간섭무늬를 형성하는 채널별 간섭무늬 획득과정(S130)이 수행된다. 이때 간섭무늬의 채널별 이격 거리는 2D 광영상장치(40)의 픽셀 라인에 대응하는 간격을 가지는 것이 바람직하다.

[0082]

이격 형성된 각각의 간섭무늬들은 2D 광영상장치(40)에서 진동수 영역의 간섭무늬신호로 검출된 후, 동기샘플링 또는 FFT 등의 푸리에변환에 의해, 파장(거리) 영역의 간섭무늬 신호로 변환되어, 각각의 채널별 겹이 검출된다. 이때, 검출된 각각의 겹에 대응하는 채널은 제 1 분광기광섬유(211)들의 배치 위치에 따라 식별된다.

부호의 설명

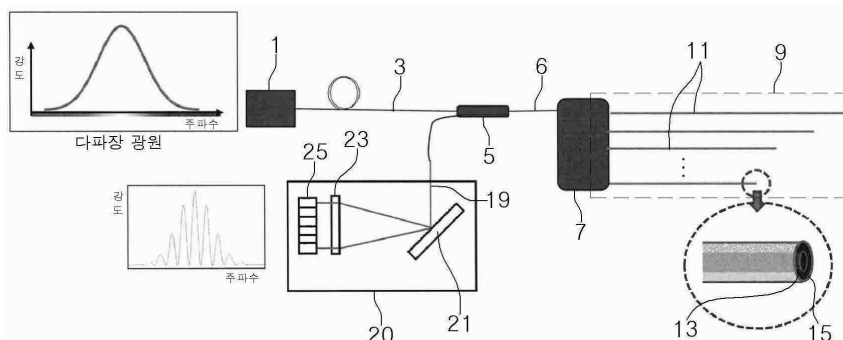
[0083]

100: 겹 센서 장치 1: 다파장광원
3: 입력광섬유 5: 2x1 광커플러
6: 결합광섬유 7: 1xN 광커플러
9: N채널프로브 11: 채널프로브 광섬유
13: 반사코팅층 15: 분산판
20: 분산형 간섭계 분광기 21: 회절격자
23: 집광렌즈 25: 광영상장치
200: 제 2 겹 센서 장치 211: 제 2 분광기광섬유
220: 제 2 분산형 간섭계 분광기 35: 제 2 2x1 광커플러
39: 제 2 N채널프로브 40: 2D 광영상장치
230: 제 2 집광렌즈

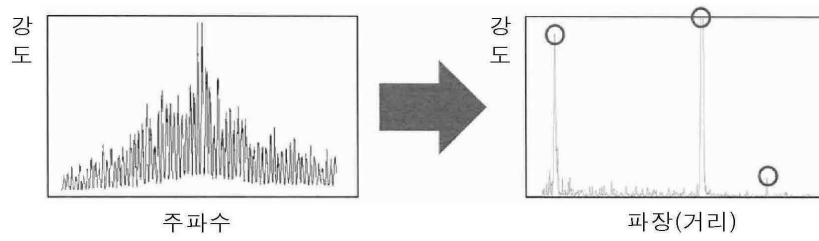
도면

도면1

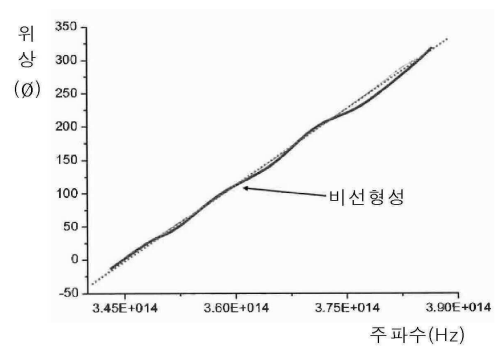
100



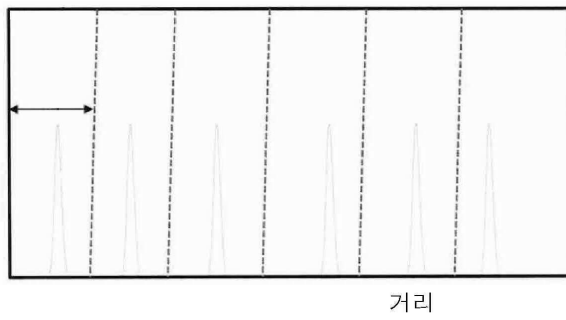
도면2



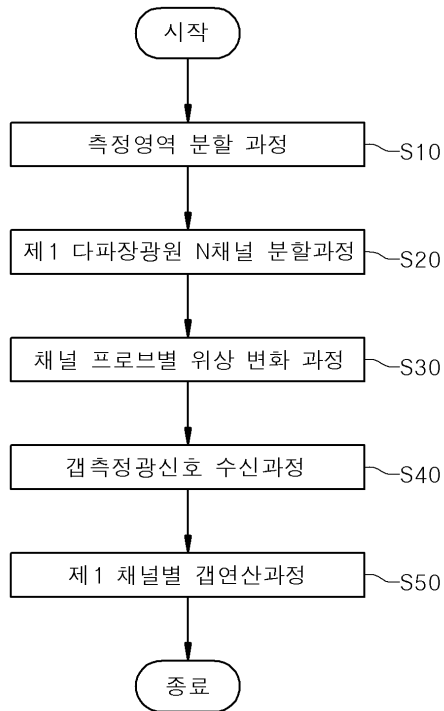
도면3



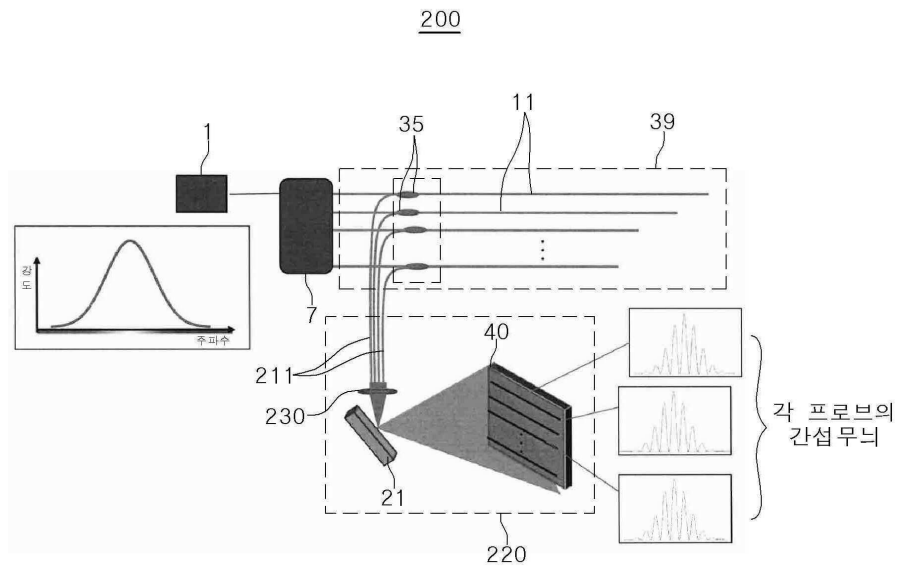
도면4



도면5



도면6



도면7

