



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년05월09일
(11) 등록번호 10-1033031
(24) 등록일자 2011년04월27일

(51) Int. Cl.

G01B 11/16 (2006.01) G01N 3/08 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0095322

(22) 출원일자 2010년09월30일

심사청구일자 2010년09월30일

(56) 선행기술조사문헌

JP62191704 A*

KR1020090010936 A*

US20030164950 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

한국기계연구원

대전 유성구 장동 171번지

(72) 발명자

김재현

대전 유성구 장동 171

장봉균

대전 유성구 장동 171

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

팬코리아특허법인

전체 청구항 수 : 총 24 항

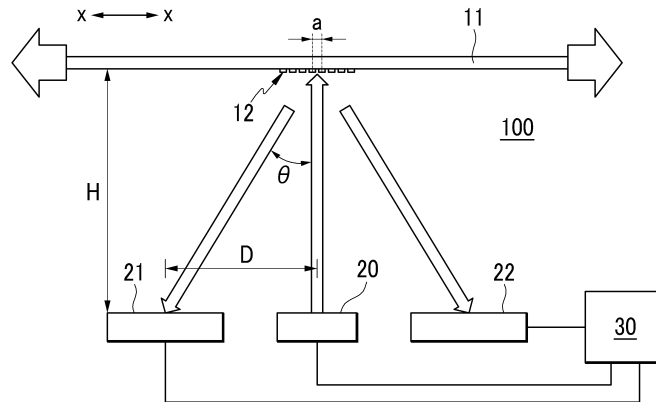
심사관 : 김용안

(54) 변형률 측정 장치

(57) 요약

고속으로 미세 시험편의 변형률을 측정할 수 있는 변형률 측정 장치를 제공한다. 본 발명의 변형률 측정 장치는 회절 격자가 형성된 미세 시험편에 하중을 인가하는 인장 및 피로 시험 설비에 적용되며, 회절 격자와 거리를 두고 미세 시험편의 일측에 위치하고 회절 격자를 향해 레이저광을 방출하는 광원과, 광원의 적어도 일측에 배치되며 회절 격자에 의해 반사된 레이저광을 제공받아 레이저광의 위치를 검출하는 적어도 하나의 광 센서와, 광원 및 광 센서와 연결되어 미세 시험편의 변형률을 연산하는 제어부를 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

황보윤

대전 유성구 장동 171

이학주

대전 유성구 장동 171

최병익

대전 유성구 장동 171

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 M00680, NM6820

부처명 지식경제부, 교육과학부

연구관리전문기관 산업기술연구회, 한국과학재단

연구사업명 국가플랫폼기술개발사업, 21c 프론티어기술개발사업

연구과제명 안전성 향상을 위한 나노 제품 설계 기술, 10nm급 측정 원천기술 개발

기여율 1/1

주관기관 한국기계연구원

연구기간 2009.11.01~2010.10.31

특허청구의 범위

청구항 1

회절 격자가 형성된 미세 시험편에 하중을 인가하는 인장 및 피로 시험 설비용 변형률 측정 장치에 있어서,
상기 회절 격자와 거리를 두고 상기 미세 시험편의 일측에 위치하며 상기 회절 격자를 향해 레이저광을 방출하는 광원;

상기 미세 시험편과 상기 광원 사이 또는 상기 미세 시험편을 기준으로 상기 광원의 반대쪽에 설치되는 오목 거울;

상기 미세 시험편과 상기 오목 거울 사이에 배치되며 상기 회절 격자와 상기 오목 거울에 의해 순차적으로 반사된 레이저광을 제공받아 레이저광의 위치를 검출하는 적어도 하나의 광 센서; 및

상기 광원 및 상기 광 센서와 연결되어 상기 미세 시험편의 변형률을 연산하는 제어부를 포함하는 변형률 측정 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 광원은 400nm 내지 800nm 파장의 레이저광을 방출하는 변형률 측정 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 광 센서는 포토 다이오드로 구성되는 변형률 측정 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 미세 시험편은 제1 방향으로 하중을 인가받으며,

상기 광 센서는 상기 제1 방향을 따라 상기 광원의 일측에 배치된 제1 광 센서와, 상기 광원의 다른 일측에 배치된 제2 광 센서를 포함하는 변형률 측정 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 광 센서와 상기 제2 광 센서는 상기 광원에 대해 같은 거리를 두고 배치되는 변형률 측정 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 오목 거울은 상기 미세 시험편과 상기 광원 사이에 설치되고,

상기 제1 광 센서와 상기 제2 광 센서는 상기 미세 시험편과 상기 오목 거울 사이에 위치하는 변형률 측정 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 오목 거울은 상기 오목 거울의 초점 거리에 상기 미세 시험편이 위치하도록 설치되는 변형률 측정 장치.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 오목 거울은 상기 광원과 마주하는 중앙에 개구부를 형성하여 상기 광원에서 방출된 레이저광을 통과시키는 변형률 측정 장치.

청구항 9

제5항에 있어서,

상기 오목 거울은 상기 미세 시험편을 기준으로 상기 광원의 반대쪽에 설치되고,

상기 미세 시험편은 투명한 물질로 형성되며,

상기 제1 광 센서와 상기 제2 광 센서는 상기 미세 시험편과 상기 오목 거울 사이에 위치하는 변형률 측정 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 오목 거울은 상기 오목 거울의 초점 거리에 상기 미세 시험편이 위치하도록 설치되는 변형률 측정 장치.

청구항 11

제4항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 방향과 직교하는 제2 방향을 따라 상기 광원의 일측에 배치된 제3 광 센서와, 상기 광원의 다른 일측에 배치된 제4 광 센서를 더 포함하는 변형률 측정 장치.

청구항 12

회절 격자가 형성된 미세 시험편에 제1 방향을 따라 하중을 인가하는 인장 및 피로 시험 설비용 변형률 측정 장치에 있어서,

상기 회절 격자와 거리를 두고 상기 미세 시험편의 일측에 위치하며 상기 회절 격자를 향해 레이저광을 방출하는 광원;

상기 제1 방향을 따라 상기 광원의 적어도 일측에 배치되며 상기 회절 격자에 의해 반사된 레이저광을 제공받아 레이저광의 위치를 검출하는 광 센서; 및

상기 광원 및 상기 광 센서와 연결된 제어부를 포함하고,

상기 제어부는 하기 수식 (1)에 의해 상기 제1 방향에 따른 상기 회절 격자의 간격(a)을 산출하며,

$$a = \lambda \sqrt{1 + \left(\frac{H}{D_1}\right)^2} \quad \text{-- (1)}$$

하기 수식 (2)에 의해 상기 제1 방향에 따른 상기 미세 시험편의 변형률(ϵ)을 연산하는 변형률 측정 장치.

$$\epsilon = \frac{a_1 - a_0}{a_0} \quad \text{-- (2)}$$

여기서, λ 는 레이저광의 파장, H는 상기 미세 시험편에 대한 상기 광 센서의 이격 거리, D_1 은 상기 광 센서에 검출된 레이저광의 위치 좌표, a_0 은 제1 시점에서 산출된 상기 회절 격자의 간격, a_1 은 제1 시점 이후 제2 시점에서 산출된 상기 회절 격자의 간격을 나타낸다.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 광 센서는 상기 제1 방향을 따라 상기 광원의 일측에 배치된 제1 광 센서와, 상기 광원의 다른 일측에 배치된 제2 광 센서를 포함하며,

상기 제어부는 상기 제1 광 센서로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표와 상기 제2 광 센서로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표의 평균을 구해서 상기 레이저광의 위치 좌표(D₁)를 산출하는 변형률 측정 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 제1 방향과 직교하는 제2 방향을 따라 상기 광원의 일측에 배치된 제3 광 센서와, 상기 광원의 다른 일측에 배치된 제4 광 센서를 더 포함하며,

상기 제어부는 하기 수식 (3)에 의해 상기 제2 방향에 따른 상기 회절 격자의 간격(b)을 산출하고,

$$b = \lambda \sqrt{1 + \left(\frac{H}{D_2}\right)^2} \quad \text{-- (3)}$$

하기 수식 (4)에 의해 상기 제2 방향에 따른 상기 미세 시험편의 변형률(ϵ')을 연산하는 변형률 측정 장치.

$$\epsilon' = \frac{b_1 - b_0}{b_0} \quad \text{-- (4)}$$

여기서, λ 는 레이저광의 파장, H는 상기 미세 시험편에 대한 상기 제3 광 센서 및 상기 제4 광 센서의 이격 거리, D₂는 상기 제3 광 센서 및 상기 제4 광 센서에서 검출된 레이저광의 위치 좌표, b₀은 제1 시점에서 산출된 상기 회절 격자의 간격, b₁은 제1 시점 이후 제2 시점에서 산출된 상기 회절 격자의 간격을 나타낸다.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 제어부는 상기 제3 광 센서로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표와 상기 제4 광 센서로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표의 평균을 구해서 상기 레이저광의 위치 좌표(D₂)를 산출하는 변형률 측정 장치.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 제어부는 하기 수식 (5)에 의해 상기 미세 시험편의 푸아송 비(ν)를 연산하는 변형률 측정 장치.

$$\nu = -\frac{\epsilon'}{\epsilon} \quad \text{-- (5)}$$

여기서, ϵ 은 상기 제1 방향에 따른 상기 미세 시험편의 변형률이고, ϵ' 은 상기 제2 방향에 따른 상기 미세 시험편의 변형률을 나타낸다.

청구항 17

회절 격자가 형성된 미세 시험편에 제1 방향을 따라 하중을 인가하는 인장 및 피로 시험 설비용 변형률 측정 장치에 있어서,

상기 회절 격자와 거리를 두고 상기 미세 시험편의 일측에 위치하며 상기 회절 격자를 향해 레이저광을 방출하는 광원;

상기 미세 시험편과 상기 광원 사이 또는 상기 미세 시험편을 기준으로 상기 광원의 반대쪽에 설치되며, 자신의 초점 거리에 상기 미세 시험편이 위치하도록 설치된 오목 거울;

상기 미세 시험편과 상기 오목 거울 사이에 배치되며 상기 회절 격자와 상기 오목 거울에 의해 순차적으로 반사된 레이저광을 제공받아 레이저광의 위치를 검출하는 광 센서; 및

상기 광원 및 상기 광 센서와 연결된 제어부를 포함하고,

상기 제어부는 하기 수식 (6)에 의해 상기 제1 방향에 따른 상기 회절 격자의 간격(a)을 산출하며,

$$a = \frac{\lambda \cdot f}{D_1} \quad \text{-- (6)}$$

하기 수식 (7)에 의해 상기 제1 방향에 따른 상기 미세 시험편의 변형률(ϵ)을 연산하는 변형률 측정 장치.

$$\epsilon = \frac{a_1 - a_0}{a_0} \quad \text{-- (7)}$$

여기서, λ 는 레이저광의 파장, f 는 상기 오목 거울의 초점 거리, D_1 은 상기 광 센서에서 검출된 레이저광의 위치 좌표, a_0 은 제1 시점에서 산출된 상기 회절 격자의 간격, a_1 은 제1 시점 이후 제2 시점에서 산출된 상기 회절 격자의 간격을 나타낸다.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 미세 시험편이 불투명할 때 상기 오목 거울은 상기 미세 시험편과 상기 광원 사이에 위치하며,

상기 오목 거울은 상기 광원과 마주하는 중앙에 개구부를 형성하여 상기 광원에서 방출된 레이저광을 통과시키는 변형률 측정 장치.

청구항 19

제17항에 있어서,

상기 미세 시험편이 투명할 때 상기 오목 거울은 상기 미세 시험편을 기준으로 상기 광원의 반대쪽에 설치되는 변형률 측정 장치.

청구항 20

제17항에 있어서,

상기 광 센서는 상기 제1 방향을 따라 상기 광원의 일측에 배치된 제1 광 센서와, 상기 광원의 다른 일측에 배치된 제2 광 센서를 포함하며,

상기 제어부는 상기 제1 광 센서로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표와 상기 제2 광 센서로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표의 평균을 구해서 상기 레이저광의 위치 좌표(D_1)를 산출하는 변형률 측정 장치.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 제1 방향과 직교하는 제2 방향을 따라 상기 광원의 일측에 배치된 제3 광 센서와, 상기 광원의 다른 일측에 배치된 제4 광 센서를 더 포함하며,

상기 제어부는 하기 수식 (8)에 의해 상기 제2 방향에 따른 회절 격자의 간격(b)을 산출하고,

$$b = \frac{\lambda \cdot f}{D_2} \quad \text{-- (8)}$$

하기 수식 (9)에 의해 상기 제2 방향에 따른 상기 미세 시험편의 변형률(ϵ')을 연산하는 변형률 측정 장치.

$$\epsilon' = \frac{b_1 - b_0}{b_0} \quad \text{-- (9)}$$

여기서, λ 는 레이저광의 파장, f 는 상기 오목 거울의 초점 거리, D_2 는 상기 제3 광 센서 및 상기 제4 광 센서에서 검출된 레이저광의 위치 좌표, b_0 은 제1 시점에서 산출된 상기 회절 격자의 간격, b_1 은 제1 시점 이후 제2 시점에서 산출된 상기 회절 격자의 간격을 나타낸다.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 제어부는 상기 제3 광 센서로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표와 상기 제4 광 센서로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표의 평균을 구해서 상기 레이저광의 위치 좌표(D₂)를 산출하는 변형률 측정 장치.

청구항 23

제21항에 있어서,

상기 제어부는 하기 수식 (10)에 의해 상기 미세 시험편의 푸아송 비(ν)를 연산하는 변형률 측정 장치.

$$\nu = - \frac{\epsilon'}{\epsilon} \quad \text{-- (10)}$$

여기서, ϵ 은 상기 제1 방향에 따른 상기 미세 시험편의 변형률이고, ϵ' '는 상기 제2 방향에 따른 상기 미세 시험편의 변형률을 나타낸다.

청구항 24

제12항 내지 제23항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원은 400nm 내지 800nm 파장의 레이저광을 방출하며,

상기 광 센서는 포토 다이오드로 구성되는 변형률 측정 장치.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 변형률 측정 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 미세 시험편의 인장 및 피로 시험 설비에 적용되는 변형률 측정 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 들어 미세 소자 산업과 유연(flexible) 전자 산업이 발전하면서 나노미터 스케일 또는 마이크로미터 스케일을 지닌 미세 시험편의 인장 및 피로 시험 기술이 중요하게 부각되고 있다. 미세 시험편의 물성은 같은 재료로 구성된 거대 구조물(bulk structure)와 다르며, 제조 방법 및 제조 환경 등에 따라서도 다른 물성을 나타내므로, 미세 시험편의 인장 및 피로 시험을 수행함으로써 정확한 물성을 평가할 방법이 요구된다.

[0003] 미세 시험편의 인장 및 피로 시험 중에서 난제 중 하나는 변형률 측정이다. 거대 시험편의 경우 시험편에 스트레인 게이지를 붙여서 변형률을 정확하게 측정할 수 있으나, 미세 시험편에서는 시험편의 크기가 스트레인 게이지보다 작은 경우가 많으므로 스트레인 게이지로는 정확한 변형률 측정이 어렵다. 따라서 비접촉식 측정 방법이 필요하다.

[0004] 현재 개발된 미세 시험편의 변형률 측정 기술로는 레이저 간섭 변형률 게이지(Interferometric Strain/Displacement Gage, ISDG) 기술이 있다. 이 기술은 미세 시험편의 표면에 2개의 마커를 형성하고, 2개의 마커에 레이저광을 조사한다. 2개의 마커에서 회절된 레이저광은 간섭 무늬를 형성하며, 이 간섭 무늬를 해석함으로써 변형률 측정이 가능하다.

[0005] 그러나 이 기술에서는 중앙처리장치(CPU)에서 간섭 무늬 영상을 처리해야 하므로 영상 처리에 상당한 시간이 소요된다. 예를 들어, 펜티엄 4 프로세서의 경우 초당 10회 내지 20회 수준으로 변위를 측정할 수 있다. 이러한 속도는 준정적(quasi-static) 상태에서 이루어지는 인장 시험에는 적용이 가능하지만, 변위 측정 속도가 초당 1,000회 이상이 되어야 하는 변위 제어 피로 시험의 경우 적용이 불가능한 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 나노미터 스케일 또는 마이크로미터 스케일을 지닌 미세 시험편의 변형률 측정 장치에 있어서, 비접촉식으로 변형률을 측정하고, 고속으로 변형률 측정이 가능하며, 낮은 가격으로 제조되어 상용화에 유리한 변형률 측정 장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 변형률 측정 장치는 회절 격자가 형성된 미세 시험편에 하중을 인가하는 인장 및 피로 시험 설비에 적용되며, 회절 격자와 거리를 두고 미세 시험편의 일측에 위치하고 회절 격자를 향해 레이저광을 방출하는 광원과, 광원의 적어도 일측에 배치되며 회절 격자에 의해 반사된 레이저광을 제공받아 레이저광의 위치를 검출하는 적어도 하나의 광 센서와, 광원 및 광 센서와 연결되어 미세 시험편의 변형률을 연산하는 제어부를 포함한다.

[0008] 광원은 400nm 내지 800nm 파장의 레이저광을 방출할 수 있다. 광 센서는 포토 다이오드로 구성될 수 있다.

[0009] 미세 시험편은 제1 방향으로 하중을 인가받을 수 있다. 이 경우 광 센서는 제1 방향을 따라 광원의 일측에 배치된 제1 광 센서와, 광원의 다른 일측에 배치된 제2 광 센서를 포함할 수 있다.

[0010] 제1 광 센서와 제2 광 센서는 미세 시험편에 대해 광원과 같은 측에 위치할 수 있으며, 제1 광 센서와 제2 광 센서는 광원에 대해 같은 거리를 두고 배치될 수 있다.

[0011] 변형률 측정 장치는 미세 시험편과 광원 사이에 설치된 오목 거울을 더 포함할 수 있다. 이 경우 제1 광 센서와 제2 광 센서는 미세 시험편과 오목 거울 사이에 위치할 수 있다.

[0012] 오목 거울은 오목 거울의 초점 거리에 미세 시험편이 위치하도록 설치될 수 있다. 오목 거울은 광원과 마주하는 중앙에 개구부를 형성하여 광원에서 방출된 레이저광을 통과시킬 수 있다.

[0013] 다른 한편으로, 변형률 측정 장치는 미세 시험편을 기준으로 광원의 반대쪽에 설치된 오목 거울을 더 포함할 수 있다. 이 경우 제1 광 센서와 제2 광 센서는 미세 시험편과 오목 거울 사이에 위치할 수 있다. 오목 거울은 오목 거울의 초점 거리에 미세 시험편이 위치하도록 설치될 수 있다.

[0014] 변형률 측정 장치는 제1 방향과 직교하는 제2 방향을 따라 광원의 일측에 배치된 제3 광 센서와, 광원의 다른 일측에 배치된 제4 광 센서를 더 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 변형률 측정 장치는 회절 격자가 형성된 미세 시험편에 제1 방향을 따라 하중을 인가하는 인장 및 피로 시험 설비에 적용되며, 회절 격자와 거리를 두고 미세 시험편의 일측에 위치하고 회절 격자를 향해 레이저광을 방출하는 광원과, 제1 방향을 따라 광원의 적어도 일측에 배치되며 회절 격자에 의해 반사된 레이저광을 제공받아 레이저광의 위치를 검출하는 광 센서와, 광원 및 광 센서와 연결된 제어부를 포함한다. 제어부는 하기 수식 (1)에 의해 제1 방향에 따른 회절 격자의 간격(a)을 산출하며,

$$a = \lambda \sqrt{1 + \left(\frac{H}{D_1}\right)^2} \quad \text{-- (1)}$$

[0017] 하기 수식 (2)에 의해 제1 방향에 따른 미세 시험편의 변형률(ϵ)을 연산한다.

$$\epsilon = \frac{a_1 - a_0}{a_0} \quad \text{-- (2)}$$

[0019] 여기서, λ 는 레이저광의 파장, H는 미세 시험편에 대한 광 센서의 이격 거리, D_1 은 광 센서에서 검출된 레이저광의 위치 좌표, a_0 은 제1 시점에서 산출된 회절 격자의 간격, a_1 은 제1 시점 이후 제2 시점에서 산출된 회절 격자의 간격을 나타낸다.

[0020] 광 센서는 제1 방향을 따라 광원의 일측에 배치된 제1 광 센서와, 광원의 다른 일측에 배치된 제2 광 센서를 포함할 수 있다. 제어부는 제1 광 센서로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표와 제2 광 센서로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표의 평균을 구해서 레이저광의 위치 좌표(D_1)를 산출할 수 있다.

[0021] 변형률 측정 장치는 제1 방향과 직교하는 제2 방향을 따라 광원의 일측에 배치된 제3 광 센서와, 광원의 다른 일측에 배치된 제4 광 센서를 더 포함할 수 있다. 제어부는 하기 수식 (3)에 의해 제2 방향에 따른 회절 격자의

간격(b)을 산출하고,

$$b = \lambda \sqrt{1 + \left(\frac{H}{D_2}\right)^2} \quad \text{-- (3)}$$

하기 수식 (4)에 의해 제2 방향에 따른 미세 시험편의 변형률(ϵ')을 연산할 수 있다.

$$\epsilon' = \frac{b_1 - b_0}{b_0} \quad \text{-- (4)}$$

여기서, λ 는 레이저광의 파장, H는 미세 시험편에 대한 제3 광 센서 및 제4 광 센서의 이격 거리, D_2 는 제3 광 센서 및 제4 광 센서에서 검출된 레이저광의 위치 좌표, b_0 은 제1 시점에서 산출된 회절 격자의 간격, b_1 은 제1 시점 이후 제2 시점에서 산출된 회절 격자의 간격을 나타낸다.

제어부는 제3 광 센서로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표와 제4 광 센서로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표의 평균을 구해서 레이저광의 위치 좌표(D_2)를 산출할 수 있다.

제어부는 하기 수식 (5)에 의해 미세 시험편의 푸아송 비(ν)를 연산할 수 있다.

$$\nu = -\frac{\epsilon'}{\epsilon} \quad \text{-- (5)}$$

여기서, ϵ 은 제1 방향에 따른 미세 시험편의 변형률이고, ϵ' 은 제2 방향에 따른 미세 시험편의 변형률을 나타낸다.

본 발명의 다른 일 실시예에 따른 변형률 측정 장치는 회절 격자가 형성된 미세 시험편에 제1 방향을 따라 하중을 인가하는 인장 및 피로 시험 설비에 적용되며, 회절 격자와 거리를 두고 미세 시험편의 일측에 위치하고 회절 격자를 향해 레이저광을 방출하는 광원과, 미세 시험편과 광원 사이 또는 미세 시험편을 기준으로 광원의 반대쪽에 설치되며 자신의 초점 거리에 미세 시험편이 위치하도록 설치된 오목 거울과, 미세 시험편과 오목 거울 사이에 배치되며 회절 격자와 오목 거울에 의해 순차적으로 반사된 레이저광을 제공받아 레이저광의 위치를 검출하는 광 센서와, 광원 및 광 센서와 연결된 제어부를 포함한다. 제어부는 하기 수식 (6)에 의해 제1 방향에 따른 회절 격자의 간격(a)을 산출하며,

$$a = \frac{\lambda \cdot f}{D_1} \quad \text{-- (6)}$$

하기 수식 (7)에 의해 제1 방향에 따른 미세 시험편의 변형률(ϵ)을 연산한다.

$$\epsilon = \frac{a_1 - a_0}{a_0} \quad \text{-- (7)}$$

여기서, λ 는 레이저광의 파장, f는 오목 거울의 초점 거리, D_1 은 광 센서에서 검출된 레이저광의 위치 좌표, a_0 은 제1 시점에서 산출된 회절 격자의 간격, a_1 은 제1 시점 이후 제2 시점에서 산출된 회절 격자의 간격을 나타낸다.

미세 시험편이 불투명할 때 오목 거울은 미세 시험편과 광원 사이에 위치할 수 있으며, 광원과 마주하는 중앙에 개구부를 형성하여 광원에서 방출된 레이저광을 통과시킬 수 있다. 다른 한편으로, 미세 시험편이 투명할 때 오목 거울은 미세 시험편을 기준으로 광원의 반대쪽에 설치될 수 있다.

광 센서는 제1 방향을 따라 광원의 일측에 배치된 제1 광 센서와, 광원의 다른 일측에 배치된 제2 광 센서를 포함할 수 있다. 제어부는 제1 광 센서로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표와 제2 광 센서로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표의 평균을 구해서 레이저광의 위치 좌표(D_1)를 산출할 수 있다.

변형률 측정 장치는 제1 방향과 직교하는 제2 방향을 따라 광원의 일측에 배치된 제3 광 센서와, 광원의 다른 일측에 배치된 제4 광 센서를 더 포함할 수 있다. 제어부는 하기 수식 (8)에 의해 제2 방향에 따른 회절 격자의 간격(b)을 산출하고,

$$b = \frac{\lambda \cdot f}{D_2} \quad \text{-- (8)}$$

하기 수식 (9)에 의해 제2 방향에 따른 미세 시험편의 변형률(ϵ')을 연산할 수 있다.

$$\epsilon' = \frac{b_1 - b_0}{b_0} \quad \text{-- (9)}$$

여기서, λ 는 레이저광의 파장, f 는 오목 거울의 초점 거리, D_2 는 제3 광 센서 및 제4 광 센서에서 검출된 레이저광의 위치 좌표, b_0 은 제1 시점에서 산출된 회절 격자의 간격, b_1 은 제1 시점 이후 제2 시점에서 산출된 회절 격자의 간격을 나타낸다.

제어부는 제3 광 센서로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표와 제4 광 센서로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표의 평균을 구해서 레이저광의 위치 좌표(D_2)를 산출할 수 있다.

제어부는 하기 수식 (10)에 의해 미세 시험편의 푸아송 비(ν)를 연산할 수 있다.

$$\nu = -\frac{\epsilon'}{\epsilon} \quad \text{-- (10)}$$

여기서, ϵ 은 제1 방향에 따른 미세 시험편의 변형률이고, ϵ' 은 제2 방향에 따른 미세 시험편의 변형률을 나타낸다.

광원은 400nm 내지 800nm 파장의 레이저광을 방출할 수 있고, 광 센서는 포토 다이오드로 구성될 수 있다.

발명의 효과

변형률 측정 장치는 단순한 광학 구성을 가지며, 단순한 수식 계산을 통해 고속으로 변형률을 측정할 수 있다. 그리고 낮은 가격으로 제조가 가능하므로 상용화에 유리하다. 또한, 변형률 측정 장치는 레이저 간섭 변형률 게이지(ISDG)보다 높은 변형률 측정 분해능을 가진다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 변형률 측정 장치의 구성도이다.

도 2는 도 1에 도시한 미세 시험편의 개략적인 사시도이다.

도 3은 본 발명의 제2 실시예에 따른 변형률 측정 장치의 구성도이다.

도 4는 본 발명의 제3 실시예에 따른 변형률 측정 장치의 구성도이다.

도 5는 본 발명의 제4 실시예에 따른 변형률 측정 장치의 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 변형률 측정 장치의 구성도이고, 도 2는 도 1에 도시한 미세 시험편의 개략적인 사시도이다.

도 1과 도 2를 참고하면, 제1 실시예의 변형률 측정 장치(100)는 나노미터 스케일 또는 마이크로미터 스케일을 지닌 미세 시험편(11)의 인장 및 피로 시험 설비에 장착되어 미세 시험편(11)의 변형률을 측정하는데 사용된다. 이때 나노미터 스케일은 1nm 이상 1,000nm 미만의 크기에 속하는 범위를 의미하고, 마이크로미터 스케일은 1 μ m 이상 1,000 μ m 미만의 크기에 속하는 범위를 의미한다.

인장 및 피로 시험 설비는 미세 시험편(11)을 지지하는 한 쌍의 그립과, 미세 시험편(11)에 인장 하중 또는 압축 하중을 인가하는 작동기 등으로 구성될 수 있다. 인장 및 피로 시험 설비의 구성은 특정한 예에 한정되지 않

으며, 도 1에서는 편의상 인장 및 피로 시험 설비의 도시를 생략하였다.

- [0053] 미세 시험편(11)의 일면에는 선 모양의 회절 격자(12)가 형성된다. 회절 격자(12)는 서로간 거리를 두고 나란히 배열된 복수의 선들로 이루어진다. 복수의 선들은 같은 폭과 같은 간격으로 형성되어 선들의 중심간 거리(a)가 모두 같도록 한다. 회절 격자(12)는 금속으로 형성될 수 있으며, 스크린 인쇄법, 나노 임프린트법, 전사법, 또는 식각법 등 다양한 패턴 형성 방법이 적용될 수 있다.
- [0054] 미세 시험편(11)은 어느 한 방향으로 긴 막대 형상일 수 있다. 이 경우 미세 시험편(11)에 장축(도면의 x축)과 단축(도면의 y축)이 설정된다. 인장 하중과 압축 하중은 미세 시험편(11)의 장축 방향으로 가해지거나 단축 방향으로 가해질 수 있다. 도 1에서는 미세 시험편(11)의 장축 방향을 따라 인장 하중이 가해지는 경우를 예로 들어 도시하였다.
- [0055] 회절 격자(12)를 구성하는 복수의 선들은 하중 인가 방향을 따라 서로간 거리를 두고 반복 배열되며, 각각의 선은 하중 인가 방향과 직교한다. 도 1 및 도 2와 같이 장축 방향(x축 방향)에 따른 미세 시험편(11)의 변형률을 측정하고자 하는 경우, 회절 격자(12)의 선들 각각은 단축 방향(y축 방향)과 나란하며, 장축 방향을 따라 서로간 거리를 두고 반복 배열된다.
- [0056] 회절 격자(12)를 구성하는 선들의 중심간 거리(a)(이하, 편의상 '회절 격자의 간격'이라 한다)는 미세 시험편(11)에 가해지는 하중에 따라 변한다. 즉 미세 시험편(11)에 인장 하중이 가해지면 회절 격자(12)의 간격(a)은 커지고, 압축 하중이 가해지면 회절 격자(12)의 간격(a)은 작아진다.
- [0057] 따라서 소정의 시간 차를 두고 회절 격자(12)의 간격(a)을 2번 측정하면, 두 측정값의 변화량을 변형 전의 측정값으로 나누어 미세 시험편(11)의 변형률을 산출할 수 있다.
- [0058] 제1 실시예의 변형률 측정 장치(100)는 회절 격자(12)와 거리를 두고 미세 시험편(11)의 일측에 위치하는 광원(20)과, 광원(20)의 적어도 일측에 배치된 적어도 하나의 광 센서(21, 22)와, 광원(20) 및 광 센서(21, 22)와 연결된 제어부(30)를 포함한다. 광 센서(21, 22)는 광원(20)의 일측에 배치된 제1 광 센서(21)와, 광원(20)의 다른 일측에 배치된 제2 광 센서(22)를 포함할 수 있다.
- [0059] 광원(20)은 회절 격자(12)와 마주하며, 회절 격자(12)를 향해 레이저광을 방출한다. 레이저광은 400nm 내지 800nm 파장의 가시광 또는 적외선 계열일 수 있다. 레이저광의 파장이 400nm보다 작거나 800nm보다 크면 이러한 레이저광을 검출하는 광 센서의 가격이 높아질 뿐만 아니라 광원 자체의 가격도 고가이므로 제작 비용이 상승한다.
- [0060] 제1 및 제2 광 센서(21, 22)는 미세 시험편(11)의 하중 인가 방향(x축 방향)을 따라 광원(20)의 양측에 위치한다. 제1 및 제2 광 센서(21, 22)는 광원(20)에 대해 같은 거리를 두고 배치된다.
- [0061] 제1 및 제2 광 센서(21, 22)는 입사된 빛의 위치를 감지하는 센서로서 포토 다이오드(photo diode)로 구성될 수 있다. 포토 다이오드는 그 표면에 빛이 도달하면 빛의 위치에 따라 일정한 전압 신호를 발생한다.
- [0062] 광원(20)에서 회절 격자(12)를 향해 레이저광을 조사하면, 회절 격자(12)의 간격(a)에 따라 레이저광이 일정한 각도로 반사되어 제1 및 제2 광 센서(21, 22)에 도달한다.
- [0063] 도 1에서 미세 시험편(11)에 대한 제1 및 제2 광 센서(21, 22)의 이격 거리를 H로 표시하였고, 광원(20)을 기준으로 회절 격자(12)에서 반사된 레이저광이 제1 및 제2 광 센서(21, 22)에 도달한 위치(좌표)를 D로 표시하였다. 그리고 회절 격자(12)에서 반사된 레이저광의 반사각을 θ 로 표시하였다.
- [0064] 제1 및 제2 광 센서(21, 22)는 입사된 레이저광의 위치에 따라 전압 신호를 발생하므로 제어부(30)는 이 전압 신호로부터 제1 및 제2 광 센서(21, 22)에 도달한 레이저광의 좌표(D)를 바로 측정할 수 있다. 이때 제어부(30)는 제1 광 센서(21)로부터 측정된 레이저광의 좌표값과 제2 광 센서(22)로부터 측정된 레이저광 좌표값의 평균을 구해서 레이저광의 측정 좌표(D)를 산출할 수 있다.
- [0065] 그리고 제어부(30)는 미리 설정된 레이저광의 파장(λ)과, 미리 설정된 미세 시험편(11)에 대한 제1 및 제2 광 센서(21, 22)의 이격 거리(H)와, 측정된 레이저광의 좌표(D)를 이용하여 하기 수학적 식 1로부터 유도된 수학적 식 2에 의해 회절 격자(12)의 간격(a)을 연산할 수 있다.

수학식 1

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{D}{\sqrt{H^2 + D^2}}$$

[0066]

수학식 2

$$a = \lambda \sqrt{1 + \left(\frac{H}{D}\right)^2}$$

[0067]

[0068] 제1 시점에서 산출된 회절 격자(12)의 간격을 a_0 라 하고, 제1 시점 이후 제2 시점에서 산출된 회절 격자(12)의 간격을 a_1 이라 하면, 하기 수학식 3으로부터 미세 시험편(11)의 변형률(ϵ)을 산출할 수 있다.

수학식 3

$$\epsilon = \frac{a_1 - a_0}{a_0}$$

[0069]

[0070] 전술한 제어부(30)의 산술 연산은 매우 간단하므로 고속으로 회절 격자(12)의 간격(a)을 측정할 수 있다. 예를 들어, 펜티엄 4 프로세서의 경우 초당 10,000번 이상으로 회절 격자(12)의 간격(a)을 측정할 수 있다. 그리고 이 경우 초당 1,000회 이상 미세 시험편(11)의 변형률(ϵ)을 측정할 수 있다.

[0071] 제1 실시예의 변형률 측정 장치(100)는 단순한 광학 구성을 가지며, 단순한 수식 계산을 통해 고속으로 변형률을 측정할 수 있다. 통상의 포토 다이오드는 초당 백만회 이상 측정이 가능하며 낮은 가격으로 보편화되어 있다. 따라서 제1 실시예의 변형률 측정 장치(100)는 낮은 가격으로 제작 가능하므로 상용화에 유리하다.

[0072] 한편, 도 1에서는 광원(20)의 양측에 2개의 광 센서(21, 22)가 위치하는 것으로 도시하였으나, 광원(20)의 어느 한쪽에 하나의 광 센서가 위치하는 경우도 가능하다. 그러나 광원(20)의 양측에 2개의 광 센서(21, 22)를 배치하는 경우 제1 광 센서(21)와 제2 광 센서(22)의 오차를 상쇄시킬 수 있으므로 미세 시험편(11)의 변형률을 보다 정확하게 측정하는데 유리하다.

[0073] 또한, 도 1에서는 미세 시험편(11)에 인장 하중이 인가되어 인장 변형률을 측정하는 경우를 도시하였으나, 압축 하중이 가해지는 경우에도 전술한 것과 동일한 과정으로 변형률(압축 변형률)을 측정할 수 있다.

[0074] 도 3은 본 발명의 제2 실시예에 따른 변형률 측정 장치의 구성도이다.

[0075] 도 3을 참고하면, 제2 실시예의 변형률 측정 장치(200)는 미세 시험편(11)과 광원(20) 사이에 오목 거울(40)이 추가됨과 동시에 제1 및 제2 광 센서(21, 22)가 미세 시험편(11)과 오목 거울(40) 사이에 위치하는 구성을 제외하고 전술한 제1 실시예의 변형률 측정 장치와 유사한 구조로 이루어진다. 제1 실시예와 같은 부재에 대해서는 같은 도면 부호를 사용한다.

[0076] 오목 거울(40)은 반구형 거울일 수 있으며, 미세 시험편(11)을 향해 오목하게 배치된다. 레이저광이 반사되는 미세 시험편(11)의 표면, 즉 회절 격자(12)가 형성된 미세 시험편(11)의 표면은 오목 거울(40)의 초점 거리에 위치한다. 이때 광원(20)이 오목 거울(40)의 바깥에 위치하므로, 오목 거울(40)은 광원(20)과 마주하는 중앙에 개구부를 형성하여 광원(20)에서 방출된 레이저광을 통과시킨다.

[0077] 제1 및 제2 광 센서(21, 22)는 제1 실시예와 동일하게 하중 인가 방향(도 3의 가로 방향)을 따라 광원(20)의 좌우 양측에 배치되나, 광원(20)에서 방출된 레이저광의 진행 방향(도 3의 세로 방향)을 따라서는 오목 거울(40)의 내측에서 미세 시험편(11)과 오목 거울(40) 사이에 위치한다.

[0078] 회절 격자(12)에 의해 반사된 레이저광은 오목 거울(40)에 의해 반사되어 제1 및 제2 광 센서(21, 22)로

향한다. 이때 미세 시험편(11)이 오목 거울(40)의 초점 거리에 위치함에 따라, 광원(20)에서 방출된 레이저광의 경로와, 오목 거울(40)에 의해 반사되어 제1 및 제2 광 센서(21, 22)로 향하는 레이저광의 경로는 평행하다.

[0079] 제1 및 제2 광 센서(21, 22)는 입사된 레이저광의 위치에 따라 전압 신호를 발생하므로, 제어부(30)는 이 전압 신호로부터 제1 및 제2 광 센서(21, 22)에 도달한 레이저광의 좌표(D)를 측정할 수 있다. 그리고 도 3에 도시한 변형률 측정 장치(200)의 도식으로부터 하기 수학식 4를 유도할 수 있으며, 제어부(30)는 수학식 4로부터 유도된 수학식 5에 의해 회절 격자(12)의 간격(a)을 산출할 수 있다.

수학식 4

$$\sin \theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{D}{f}$$

[0080]

수학식 5

$$a = \frac{\lambda \cdot f}{D}$$

[0081]

[0082] 수학식 4와 수학식 5에서 λ 는 레이저광의 파장이고, θ 는 회절 격자(12)에서 반사된 레이저광의 반사각이며, f는 오목 거울(40)의 초점 거리를 나타낸다.

[0083] 그리고 소정의 시간 차를 두고 회절 격자(12)의 간격(a)을 연속으로 측정함으로써 전술한 수학식 3을 이용하여 미세 시험편(11)의 변형률(ϵ)을 산출할 수 있다.

[0084] 제2 실시예의 경우 전술한 제1 실시예 대비 회절 격자(12)의 간격(a) 산출을 위한 계산식(수학식 4)에서 제공된 이 생략되었다. 따라서 제2 실시예의 변형률 측정 장치(200)에서는 제1 실시예 대비 계산식이 단순화되어 제공된 계산이 필요 없으므로, 제어부(30)의 계산 시간을 효과적으로 단축시킬 수 있다.

[0085] 도 4는 본 발명의 제3 실시예에 따른 변형률 측정 장치의 구성도이다.

[0086] 도 4를 참고하면, 제3 실시예의 변형률 측정 장치(300)는 제1 및 제2 광 센서(21, 22)와 오목 거울(40)이 미세 시험편(11)을 기준으로 광원(20)의 반대쪽에 위치하는 것을 제외하고 전술한 제2 실시예의 변형률 측정 장치와 유사한 구성으로 이루어진다. 제2 실시예와 같은 부재에 대해서는 같은 도면 부호를 사용한다.

[0087] 제3 실시예의 변형률 측정 장치(300)는 투명한 미세 시험편(11)의 변형률 측정을 위한 것으로서, 미세 시험편(11)은 인듐주석 산화물, 실리콘 산화물, 실리콘 질화물, 폴리머, 및 투명 반도체 등 투명한 물질로 형성된다.

[0088] 광원(20)을 향한 미세 시험편(11)의 한쪽 면을 제1 표면이라 하고, 광원(20)의 반대쪽 면을 제2 표면이라 하면, 오목 거울(40)은 제2 표면의 외측에서 제2 표면을 향해 오목하게 위치한다. 그리고 제2 표면과 오목 거울(40) 사이에 제1 및 제2 광 센서(21, 22)가 위치하며, 미세 시험편(11)은 오목 거울(40)의 초점 거리에 위치한다.

[0089] 미세 시험편(11)이 투명하므로 회절 격자(12)는 제1 표면과 제2 표면 중 어느쪽 면에 형성되어도 무방하다. 도 4에서는 제1 표면에 회절 격자(12)가 형성된 경우를 예로 들어 도시하였다. 회절 격자(12)에 의한 회절 효과는 미세 시험편(11)이 투명한 경우에도 동일하며, 회절 격자(12)의 간격(a)에 따라 레이저광의 회절 각도가 변한다. 제3 실시예의 변형률 측정 방법은 전술한 제2 실시예에서 설명한 과정과 동일하다.

[0090] 도 5는 본 발명의 제4 실시예에 따른 변형률 측정 장치의 구성도이다.

[0091] 도 5를 참고하면, 제4 실시예의 변형률 측정 장치(400)는 미세 시험편(11)의 하중 인가 방향과 수직한 방향을 따라 광원(20)의 적어도 일측에 적어도 하나의 광 센서가 추가된 것을 제외하고 전술한 제1 실시예 내지 제3 실시예 중 어느 한 실시예의 변형률 측정 장치와 유사한 구성으로 이루어진다.

[0092] 미세 시험편(11)의 하중 인가 방향을 제1 방향(도 5의 x축 방향)이라 하고, 제1 방향과 수직한 방향을 제2 방향(도 5의 y축 방향)이라 하면, 제4 실시예의 변형률 측정 장치(400)는 제2 방향을 따라 광원(20)의 일측에 배치된 제3 광 센서(23)와, 광원(20)의 다른 일측에 배치된 제4 광 센서(24)를 포함할 수 있다.

[0093] 미세 시험편(11)에 형성되는 회절 격자(120)는 제1 방향 및 제2 방향을 따라 서로간 거리를 두고 나란히 배열된 복수의 점들로 이루어진다. 도 5에서 제1 방향에 따른 점들의 중심간 거리를 a로 표시하였고, 제2 방향에 따른 점들의 중심간 거리를 b로 표시하였다. 편의상 a를 제1 방향에 따른 회절 격자(120)의 간격이라 하고, b를 제2 방향에 따른 회절 격자(120)의 간격이라 한다.

[0094] 도 5에서 광원(20)은 회절 격자(120)의 중앙과 소정의 거리를 두고 이와 마주하도록 위치한다.

[0095] 전술한 제1 실시예 내지 제3 실시예에서는 미세 시험편(11)의 한 방향에 따른 인장 변형률 또는 압축 변형률 측정이 가능하다. 제4 실시예에서는 제2 방향을 따라 제3 및 제4 광 센서(23, 24)를 추가 배치함으로써 제1 방향과 제2 방향 모두에서 동시에 변형률 측정이 가능해진다.

[0096] 전술한 제1 실시예의 구조에 제3 광 센서(23)와 제4 광 센서(24)가 추가된 경우, 제어부(30)는 제1 및 제2 광 센서(21, 22)를 이용하여 하기 수학식 6에 의해 제1 방향에 따른 회절 격자(120)의 간격(a)을 산출하고, 전술한 수학식 3에 의해 제1 방향에 따른 변형률(예를 들어 인장 변형률)(ϵ)을 연산할 수 있다.

수학식 6

$$a = \lambda \sqrt{1 + \left(\frac{H}{D_1}\right)^2}$$

[0097]

[0098] 여기서, D_1 은 제1 광 센서(21) 및 제2 광 센서(22)에서 검출된 레이저광의 위치 좌표를 나타낸다.

[0099] 이와 동시에 제어부(30)는 제3 및 제4 광 센서(23, 24)를 이용하여 하기 수학식 7에 의해 제2 방향에 따른 회절 격자(120)의 간격(b)을 산출하고, 하기 수학식 8에 의해 제2 방향에 따른 변형률(예를 들어 압축 변형률)(ϵ')을 연산할 수 있다.

수학식 7

$$b = \lambda \sqrt{1 + \left(\frac{H}{D_2}\right)^2}$$

[0100]

수학식 8

$$\epsilon' = \frac{b_1 - b_0}{b_0}$$

[0101]

[0102] 여기서, D_2 는 제3 광 센서(23) 및 제4 광 센서(24)에서 검출된 레이저광의 위치 좌표이고, b_0 는 제1 시점에서 산출된 제2 방향에 따른 회절 격자(120)의 간격이며, b_1 은 제1 시점 이후 제2 시점에서 산출된 제2 방향에 따른 회절 격자(120)의 간격을 나타낸다.

[0103] 다른 한편으로, 전술한 제2 실시예 및 제3 실시예의 구조에 제3 광 센서(23)와 제4 광 센서(24)가 추가된 경우, 제어부(30)는 제1 및 제2 광 센서(21, 22)를 이용하여 하기 수학식 9에 의해 제1 방향에 따른 회절 격자(120)의 간격(a)을 산출하고, 전술한 수학식 3에 의해 제1 방향에 따른 변형률(예를 들어 인장 변형률)(ϵ)을 연산할 수 있다.

수학식 9

$$a = \frac{\lambda \cdot f}{D_1}$$

[0104]

[0105] 여기서, λ 는 레이저광의 파장이고, f 는 오목 거울(40)의 초점 거리이며, D_1 은 제1 광 센서(21) 및 제2 광 센서(22)에서 검출된 레이저광의 위치 좌표를 나타낸다.

[0106] 이와 동시에 제어부(30)는 제3 및 제4 광 센서(23, 24)를 이용하여 하기 수학식 10에 의해 제2 방향에 따른 회절 격자(120)의 간격(b)을 산출하고, 전술한 수학식 8에 의해 제2 방향에 따른 변형률(예를 들어 압축 변형률)(ε')을 연산할 수 있다.

수학식 10

$$b = \frac{\lambda \cdot f}{D_2}$$

[0107]

[0108] 여기서, λ 는 레이저광의 파장이고, f 는 오목 거울(40)의 초점 거리이며, D_2 는 제3 광 센서(23) 및 제4 광 센서(24)에서 검출된 레이저광의 위치 좌표를 나타낸다.

[0109] 전술한 과정에서 제어부(30)는 제3 광 센서(23)로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표와 제4 광 센서(24)로부터 측정된 레이저광의 위치 좌표의 평균을 구해서 레이저광의 위치 좌표(D_2)를 산출할 수 있다.

[0110] 이와 같이 미세 시험편(11)의 제1 방향 변형률(ε)과 제2 방향 변형률(ε')이 연산되면, 마지막으로 제어부(30)는 하기 수학식 11에 의해 미세 시험편(11)의 푸아송 비(poission's ratio)(ν)를 산출할 수 있다.

수학식 11

$$\nu = -\frac{\varepsilon}{\varepsilon'}$$

[0111]

[0112] 제1 방향 변형률(ε)과 제2 방향 변형률(ε')은 반대 부호를 가지므로 수학식 11에 의해 산출된 푸아송 비(ν)는 양의 값을 가진다.

[0113] 전술한 제1 실시예 내지 제4 실시예의 변형률 측정 장치(100, 200, 300, 400)는 매우 높은 변형률 측정 분해능을 가진다. 예를 들어, 변형 전 회절 격자의 간격(a)을 $1.266\mu\text{m}$, 반사된 레이저광의 측정 좌표(D)를 100mm , 광 센서의 변위 분해능을 $1\mu\text{m}$ 라 가정하면, $10\mu\varepsilon$ 의 분해능을 얻을 수 있다. 이러한 분해능은 레이저 간섭 변형률 게이지(ISDG)의 분해능인 $20\mu\varepsilon$ 보다 우수하다.

[0114] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고 특허청구 범위와 발명의 상세한 설명 및 첨부한 도면의 범위 안에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 본 발명의 범위에 속하는 것은 당연하다.

부호의 설명

[0115]

100, 200, 300, 400: 변형률 측정 장치

11: 미세 시험편

12: 회절 격자

20: 광원

21, 22: 제1, 제2 광 센서

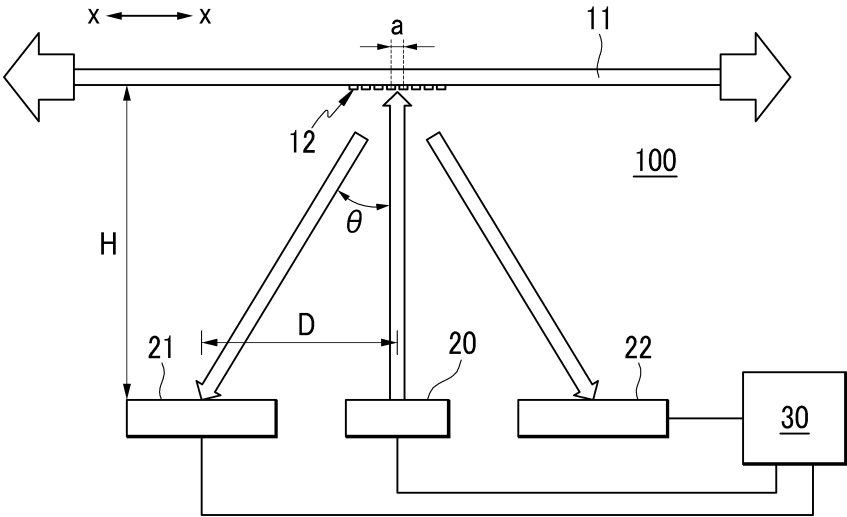
23, 24: 제3, 제4 광 센서

30: 제어부

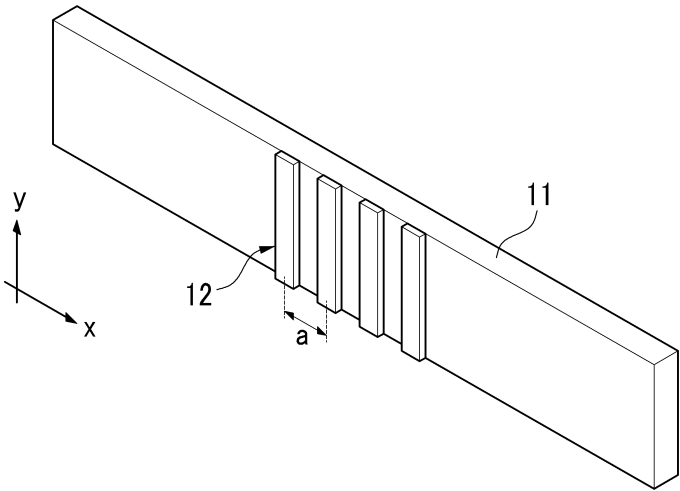
40: 오목 거울

도면

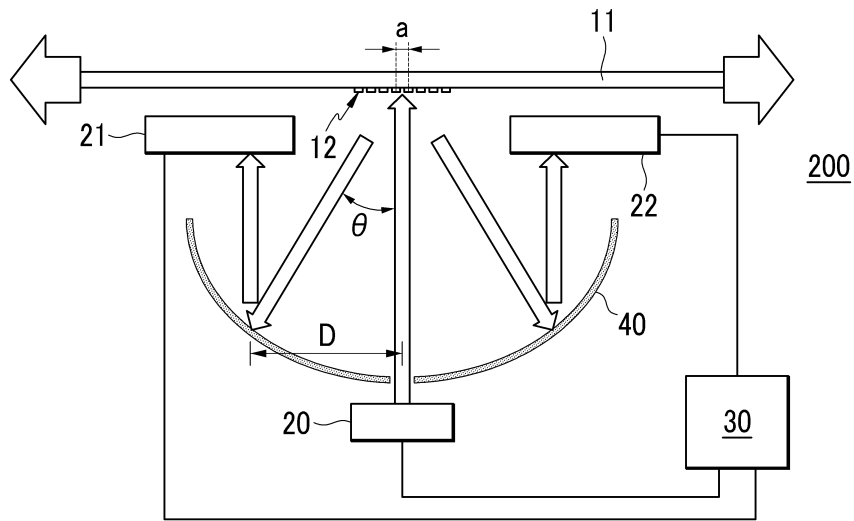
도면1



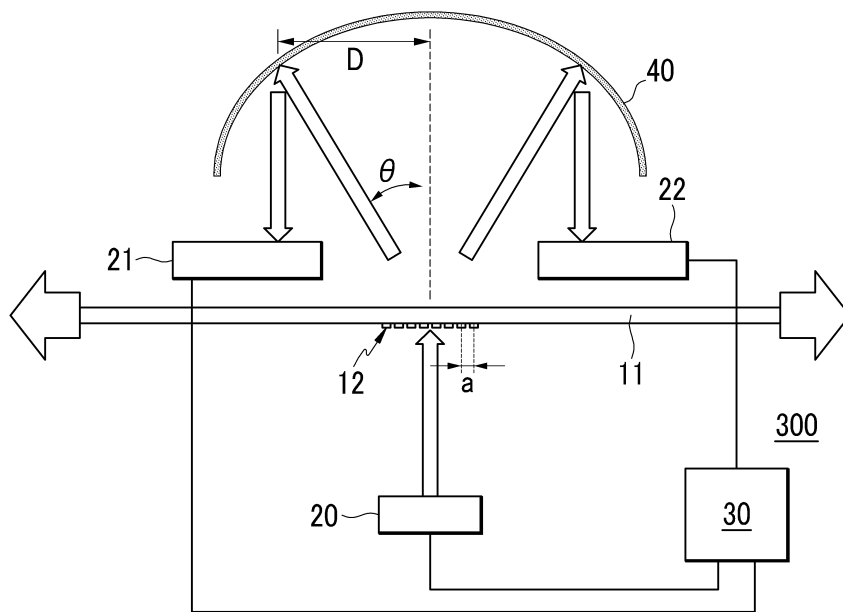
도면2



도면3



도면4



도면5

