

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. ⁶ G01B 11/00	(45) 공고일자 2000년04월01일	(11) 등록번호 10-0248195
(21) 출원번호 10-1997-0044392	(24) 등록일자 1999년12월16일	(65) 공개번호 특1999-0020915
(22) 출원일자 1997년08월30일	(43) 공개일자 1999년03월25일	

(73) 특허권자	전자부품연구원 김춘호
(72) 발명자	경기도 평택시 진위면 마산리 455-6번지 황학인 경기도 안양시 동안구 달안동 셋별마을 한양아파트 203동 602호 박광범 경기도 송탄시 지산동 756-34 이대성 경기도 송탄시 독곡동 대림아파트 105동 202호 정석원 충청남도 공주시 금학동 187번지 대일아파트 3동 201호
(74) 대리인	권석흥, 이영필, 이상용, 장성구

심사관 : 김상희

(54) 변위측정장치 및 이를 이용한 변위측정방법

요약

본 발명은 광원과, 상기 광원의 하부에 상기 광원으로부터 나온 광이 입사하는 제1 회절격자와, 상기 제1 회절격자를 통과한 광은 브래그 조건에 맞는 일정한 회절각을 갖는 $\pm m$ 차 회절광으로 변경되며 상기 $\pm m$ 차 회절광이 입사하도록 상기 제1 회절격자의 하부에 상기 제1 회절격자에 수직하게 위치하는 두 개의 거울과, 상기 거울의 하부에 상기 거울에 반사된 $\pm m$ 차 회절광이 상기 회절격자와 동일한 각도로 입사되고 상기 제1 회절격자와 간격이 같은 제2 회절격자와, 상기 제2 회절격자를 통과한 $\pm m$ 차 회절광은 상기 제2 회절격자에 수직하게 회절되어 $\pm m'$ 차 회절광으로 변경되며 상기 제2 회절격자의 하부에 상기 $\pm m'$ 차 회절광의 위상차이로 인한 간섭광의 발생 및 세기 변화를 측정하는 광전센서를 포함하여 이루어진다. 본 발명의 변위측정장치는 광학계의 구성요소가 간편하며, 광축 정렬이 용이하다. 또한, 본 발명의 변위측정장치는 2개의 회절격자를 이용하여 변위를 측정하기 때문에 가공 및 측정기기의 측정 분해능 및 정밀도를 높일 수 있다.

대표도

도2a

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 변위측정장치를 개략적으로 도시한 도면이다.

도 2a 및 도 2b는 각각 본 발명에 따라 투과형 및 반사형의 변위측정장치를 도시한 개략도이다.

도 3은 본 발명의 변위측정장치를 이용한 변위측정방법을 설명하기 위하여 도시한 흐름도이다.

도 4 및 도 5는 본 발명의 변위측정장치를 이용할 때 제1 회절격자의 움직임에 따른 광 세기변화, 1차 및 2차 미분회로 신호, TTL 신호 및 펄스신호를 나타낸 그래프이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 변위측정장치 및 이를 이용한 변위측정방법에 관한 것으로, 특히 두 개의 회절격자를 이용하여 변위를 측정하는 변위측정장치 및 그 방법에 관한 것이다.

일반적으로, 변위측정장치는 가공 및 측정기기의 직선 또는 각도 변위를 측정하는 장치이다. 특히, 가공 및 측정기기의 변위 측정은 생산제품의 신뢰성 등에 매우 큰 영향을 미치므로 측정분해능 및 정밀도가 높

아야 한다. 여기서, 종래의 변위측정장치를 설명한다.

도 1은 종래의 변위측정장치를 개략적으로 도시한 도면이다.

구체적으로, 입사하는 광은 하브 미러(11)를 이용하여 광 a 과 광 b로 분리된다. 상기 광 a 및 광 b는 각각 두 개의 거울(13, 15)을 이용하여 회절 격자(17)에 입사되고 회절되어 회절광 a' 및 b'을 발생시킨다. 이때, 광 b는 $\lambda/4$ 파장플레이트(waveplate : 16)를 통과하여 광 b의 위상을 90도 지연시킨다. 이렇게 회절된 회절광 a' 및 b'은 합쳐져 간섭광이 만들어지며, 상기 회절광 a'와 b'간은 위상차 90도를 갖게 되며 상기 회절격자(17)의 변위에 따라 명암변화가 발생한다. 따라서, 이러한 합쳐진 회절광 a' 및 b'의 명암 변화를 측정하여 회절격자의 변위를 측정한다. 상기 간섭광의 명암 변화의 측정은 먼저 상기 간섭광을 거울(19)을 통하여 편광 빔 스플리터(21)에 입사시켜 상기 간섭광을 두 개의 편광 성분으로 분해한 후, 이를 각각 광검출기(23, 25)에 의하여 검출함으로써 수행한다.

상술한 바와 같은 종래의 변위측정장치는 광을 50대 50으로 나누기가 어렵고 더욱이 광측정렬이 어렵고 광학계구성이 복잡한 단점이 있다. 또한, 종래의 변위측정장치는 편광 빔 스플리터와 같은 고가의 부품이 사용되는 단점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 기술적 과제는 상술한 단점을 해결할 수 있는 변위측정장치를 제공하는 데 있다.

또한, 본 발명의 다른 기술적 과제는 상기 변위측정장치를 이용한 변위측정방법을 제공하는 데 있다.

발명의 구성 및 작용

상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 광원과, 상기 광원의 하부에 상기 광원으로부터 나온 광이 입사하는 제1 회절격자와, 상기 제1 회절격자를 통과한 광은 브래그 조건에 맞는 일정한 회절각을 갖는 $\pm m$ 차 회절광으로 변경되며 상기 $\pm m$ 차 회절광이 입사하도록 상기 제1 회절격자의 하부에 상기 제1 회절격자에 수직하게 위치하는 두 개의 거울과, 상기 거울의 하부에 상기 거울에 반사된 $\pm m$ 차 회절광이 상기 회절각과 동일한 각도로 입사되고 상기 제1 회절격자와 간격이 같은 제2 회절격자와, 상기 제2 회절격자를 통과한 $\pm m$ 차 회절광은 상기 제2 회절격자에 수직하게 회절되어 $\pm m'$ 차 회절광으로 변경되며 상기 제2 회절격자의 하부에 상기 $\pm m'$ 차 회절광의 위상차이로 인한 간섭광의 발생 및 세기 변화를 측정하는 광전센서를 포함하여 이루어진다. 상기 광원의 하부에 상기 광원으로부터 나온 광을 평행하게 조절하는 콜리메이션 렌즈를 더 구비할 수 있다.

또한, 본 발명은 광원과, 상기 광원의 하부에 상기 광원으로부터 나온 광이 입사하는 제1 회절격자와, 상기 제1 회절격자에 반사한 광은 브래그 조건에 맞는 일정한 회절각을 갖는 $\pm m$ 차 회절광으로 변경되며 상기 $\pm m$ 차 회절광이 입사하도록 상기 제1 회절격자의 상부에 상기 제1 회절격자에 수직하게 위치하는 두 개의 거울과, 상기 거울의 상부에 상기 거울에 반사된 $\pm m$ 차 회절광이 상기 회절각과 동일한 각도로 입사되고 상기 제1 회절격자와 간격이 같은 제2 회절격자와, 상기 제2 회절격자를 통과한 $\pm m$ 차 회절광은 상기 제2 회절격자에 수직하게 회절되어 $\pm m'$ 차 회절광으로 변경되며 상기 제2 회절격자의 상부에 상기 $\pm m'$ 차 회절광의 위상차이로 인한 간섭광의 발생 및 세기 변화를 측정하는 광전센서를 포함하여 이루어진다. 상기 광원의 하부에 상기 광원으로부터 나온 광을 평행하게 조절하는 콜리메이션 렌즈를 더 구비할 수 있다.

본 발명의 다른 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 광원으로부터 광을 제1 회절격자에 입사시키는 단계와, 상기 제1 회절격자에 입사된 광을 반사 또는 통과시켜 일정한 회절각을 갖는 $\pm m$ 차 회절광을 생성시키는 단계와, 상기 $\pm m$ 차 회절광을 두 개의 거울에 입사시켜 반사시키는 단계와, 상기 두 개의 거울에 반사된 $\pm m$ 차 회절광을 상기 회절각과 동일한 각도로 상기 제1 회절격자와 간격이 같은 제2 회절격자에 입사시키는 단계와, 상기 제2 회절격자에 입사되어 통과된 $\pm m$ 차 회절광은 상기 제2 회절격자에 수직하게 간섭되어 $\pm m'$ 차 회절광으로 변경시키는 단계와, 상기 제1 회절격자의 움직임에 따라 발생하는 $\pm m'$ 차 회절광의 위상차이로 인한 간섭광의 세기변화를 광전변환시키는 단계와, 상기 광전변환된 전기신호를 1차 및 2차 미분회로를 이용하여 90도의 위상차를 갖는 두 개의 광전신호로 분리하는 단계와, 상기 두 개의 광전신호를 AD 변환 및 TTL 신호변환하여 90도 위상차가 있는 두 개의 TTL 신호를 생성하는 단계와, 상기 두 개의 TTL 신호의 엠티지를 검출한 후 펄스 신호를 발생시켜 상기 제1 회절격자의 변위를 측정하는 단계를 포함한다.

본 발명의 변위측정장치는 광학계의 구성요소가 간편하며, 광축 정렬이 용이하다. 또한, 본 발명의 변위측정장치는 2개의 회절격자를 이용하여 변위를 측정하기 때문에 가공 및 측정기기의 측정 분해능 및 정밀도를 높일 수 있다.

이하, 첨부도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다.

도 2a 및 도 2b는 각각 본 발명에 따라 투과형 및 반사형의 변위측정장치를 도시한 개략도이다.

구체적으로, 본 발명의 변위측정장치는 반도체 레이저와 같은 단색 광원(31)과, 상기 광원(31)의 하부에 상기 광원(31)으로부터 나온 광을 평행하게 조절하는 콜리메이션 렌즈(33)와, 상기 콜리메이션 렌즈(33)를 통과한 광이 입사하는 제1 회절격자(35)를 포함한다. 그리고, 상기 제1 회절격자(35)를 통과 또는 반사한 광은 브래그 조건에 맞도록 일정한 회절각을 갖는 $\pm m$ 차 회절광(36a, 36b)으로 변경되며 상기 $\pm m$ 차 회절광(36a, 36b)이 입사하도록 상기 제1 회절격자(35)의 하부 또는 상부에 상기 제1 회절격자(35)에 수직하게 위치하는 두 개의 거울(37a, 37b)과, 상기 거울(37a, 37b)의 하부 또는 상부에 상기 거울(37a, 37b)에 반사된 $\pm m$ 차 회절광(36a, 36b)이 상기 회절각과 동일한 각도로 입사되는 제2 회절격자(39)를 포함한다. 상기 제1 회절격자(35)는 제2 회절격자(39)와 간격이 동일하다. 상기 제2 회절격자(39)를 통과한 $\pm m$ 차 회절광(36a, 36b)은 상기 제2 회절격자(39)에 수직하게 $\pm m'$ 차 회절광(41a, 41b)으로 변경되어 중첩되며, 상기 제2 회절격자(41)의 하부 또는 상부에서 상기 $\pm m'$ 차 회절광(41a, 41b)의 위상차이로 인한 간섭광의 세기 변화를 측정하는 광전센서(43)를 포함한다. 상기 광전센서(43)의 위치는 보강간섭이 일어

나는 위치에 놓는다.

도 3은 본 발명의 변위측정장치를 이용한 변위측정방법을 설명하기 위하여 도시한 흐름도이고, 도 4 및 도 5는 본 발명의 변위측정장치를 이용할 때 제1 회절격자의 움직임에 따른 광 세기변화, 1차 및 2차 미분회로 신호, TTL 신호, 펄스신호를 나타낸 그래프이다.

구체적으로, 광원으로부터 광을 제1 회절격자에 입사시킨다(스텝 50). 이어서, 상기 제1 회절격자에 입사된 광은 통과 또는 반사하여 브래그 조건에 맞도록 일정한 회절각을 갖는 $\pm m$ 차 회절광을 생성시킨다(스텝 52). 계속하여, 상기 $\pm m$ 차 회절광을 두 개의 거울에 입사시켜 반사시킨다(스텝 54). 다음에, 상기 두 개의 거울에 반사된 $\pm m$ 차 회절광을 상기 회절각과 동일한 각도로 상기 제1 회절격자와 간격이 같은 제2 회절격자에 입사시킨다(스텝 56). 상기 제2 회절격자를 통과한 $\pm m$ 차 회절광은 상기 제2 회절격자에 수직하게 회절되어 $\pm m'$ 차 회절광으로 변경된다(스텝 58). 다시 말하면, 제1 회절격자의 변위에 따라 $\pm m$ 차 회절광의 위상차의 주기적인 변화가 발생되어 $\pm m'$ 차 회절광이 서로 간섭이 일어난다.

이러한 상기 $\pm m'$ 차 회절광의 위상차이로 인한 간섭광의 세기변화를 광전변환시킨다(스텝 60). 여기서, ± 1 차 회절광을 이용한 제2 회절격자를 통과한 회절광의 광세기 변화는 다음의 수학적 식 1로 나타내어진다.

$$I \propto I_0 \cos(8\pi x/p)$$

여기서, x 는 제1 회절격자의 변위를 나타내며, p 는 회절격자의 회절격자 간격을 나타낸다.

상기 수학적 식 1에서 보듯이 간섭광의 세기는 회절격자의 변위 x 가 회절격자의 간격 p 만큼 이동하였을 경우 $\cos 8\pi$ 의 변화가 발생함으로 회절격자 p 의 변위에 따라서 간섭광의 세기는 4 주기 변화가 발생하는데, 이는 도 4에 도시한 광신호(a)에서도 마찬가지로 나타난다. 즉 제1 회절격자의 변위 x 가 회절격자의 간격 p 에 해당하는 거리를 움직이는 동안 광세기(a)의 변화는 4주기의 변화가 발생함을 나타낸다.

다음에, 상기 광전변환된 전기신호를 도 4 및 도 5에 나타낸 바와 같이 1차 및 2차 미분회로를 이용하여 90도의 위상차를 갖는 두 개의 광전신호(b, c)로 분리한다(스텝 62). 즉 1차 미분회로에 의한 광전신호(b)와 2차 미분회로에 의한 광전신호(c)로 분리된다. 이때, 상기 1차 및 2차 미분회로에 의한 두 개의 광전신호(b, c)의 주기는 광전센서의 광세기 변화주기와 동일하다.

이어서, 상기 두 개의 광전신호를 AD 변환 및 TTL 신호변환하여 90도 위상차가 있는 두 개의 TTL 신호를 생성한다(스텝 64). 다음에, 도 5에 도시한 두 개의 TTL 신호(d, e)의 엣지를 검출하여 펄스신호(f)를 발생한 후 이를 검출하여 상기 제1 회절격자의 변위를 측정한다(스텝 66). 이때, 펄스신호(f)의 간격은 제1 회절격자의 이동거리가 $p/2$ 인 경우 $p/8$ 의 주기의 신호를 얻을 수 있다. 결국 p 의 회절격자 간격을 갖는 회절격자를 이용하여 $p/16$ 의 분해능을 갖는 스케일을 제작할 수 있다.

결과적으로, 본 발명은 동일한 회절격자 간격 p 를 갖는 두 개의 회절격자를 사용함으로써 단색광이 제1 회절격자에 입사하여 브래그 조건에 의해 $\pm m$ 차 회절광이 대칭적으로 만들어지며, $\pm m$ 차 회절광이 수직하게 놓여 있는 거울에 의해 반사되어 제2 회절격자에 각각의 $\pm m$ 차 회절광의 회절각과 동일한 각도로 입사되어 $\pm m'$ 차 회절광을 만든다. $\pm m'$ 차 회절광은 위상차이에 의해 보강상쇄간섭이 이루어지며 회절격자들의 움직임에 따라 간섭광의 명암이 주기적인 변화가 발생되어 광전센서를 이용하여 간섭광의 명암변화를 측정함으로써 회절격자의 변위를 측정할 수 있게 된다.

발명의 효과

상술한 바와 같은 본 발명은 변위측정장치는 광학계의 구성요소가 간편하며, 광축 정렬이 용이하다. 또한, 본 발명은 고분해능의 직선 또는 각도 변위측정을 행함으로써 가공 및 측정기기의 정밀도를 높일 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

광원;

상기 광원의 하부에 상기 광원으로부터 나온 광이 입사하는 제1 회절격자;

상기 제1 회절격자를 통과한 광은 브래그 조건에 맞는 일정한 회절각을 갖는 $\pm m$ 차 회절광으로 변경되며 상기 $\pm m$ 차 회절광이 입사하도록 상기 제1 회절격자의 하부에 상기 제1 회절격자에 수직하게 위치하는 두 개의 거울;

상기 거울의 하부에 상기 거울에 반사된 $\pm m$ 차 회절광이 상기 회절각과 동일한 각도로 입사되고 상기 제1 회절격자와 간격이 같은 제2 회절격자; 및

상기 제2 회절격자를 통과한 $\pm m$ 차 회절광은 상기 제2 회절격자에 수직하게 회절되어 $\pm m'$ 차 회절광으로 변경되며 상기 제2 회절격자의 하부에 상기 $\pm m'$ 차 회절광의 위상차이로 인한 간섭광의 발생 및 세기 변화를 측정하는 광전센서를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 변위측정장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 광원의 하부에 상기 광원으로부터 나온 광을 평행하게 조절하는 콜리메이션 렌즈를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 변위측정장치.

청구항 3

광원;

상기 광원의 하부에 상기 광원으로부터 나온 광이 입사하는 제1 회절격자;

상기 제1 회절격자에 반사한 광은 브래그 조건에 맞는 일정한 회절각을 갖는 $\pm m$ 차 회절광으로 변경되며 상기 $\pm m$ 차 회절광이 입사하도록 상기 제1 회절격자의 상부에 상기 제1 회절격자에 수직하게 위치하는 두 개의 거울;

상기 거울의 상부에 상기 거울에 반사된 $\pm m$ 차 회절광이 상기 회절각과 동일한 각도로 입사되고 상기 제1 회절격자와 간격이 같은 제2 회절격자; 및

상기 제2 회절격자를 통과한 $\pm m$ 차 회절광은 상기 제2 회절격자에 수직하게 회절되어 $\pm m'$ 차 회절광으로 변경되며 상기 제2 회절격자의 상부에 상기 $\pm m'$ 차 회절광의 위상차이로 인한 간섭광의 발생 및 세기변화를 측정하는 광전센서를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 변위측정장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 광원의 하부에 상기 광원으로부터 나온 광을 평행하게 조절하는 콜리메이션 렌즈를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 변위측정장치.

청구항 5

광원으로부터 광을 제1 회절격자에 입사시키는 단계;

상기 제1 회절격자에 입사된 광을 반사 또는 통과시켜 일정한 회절각을 갖는 $\pm m$ 차 회절광을 생성시키는 단계;

상기 $\pm m$ 차 회절광을 두 개의 거울에 입사시켜 반사시키는 단계;

상기 두 개의 거울에 반사된 $\pm m$ 차 회절광을 상기 회절각과 동일한 각도로 상기 제1 회절격자와 간격이 같은 제2 회절격자에 입사시키는 단계;

상기 제2 회절격자에 입사되어 통과된 $\pm m$ 차 회절광은 상기 제2 회절격자에 수직하게 간섭되어 $\pm m'$ 차 회절광으로 변경시키는 단계;

상기 제1 회절격자의 움직임에 따라 발생하는 $\pm m'$ 차 회절광의 위상차이로 인한 간섭광의 세기변화를 광전변환시키는 단계;

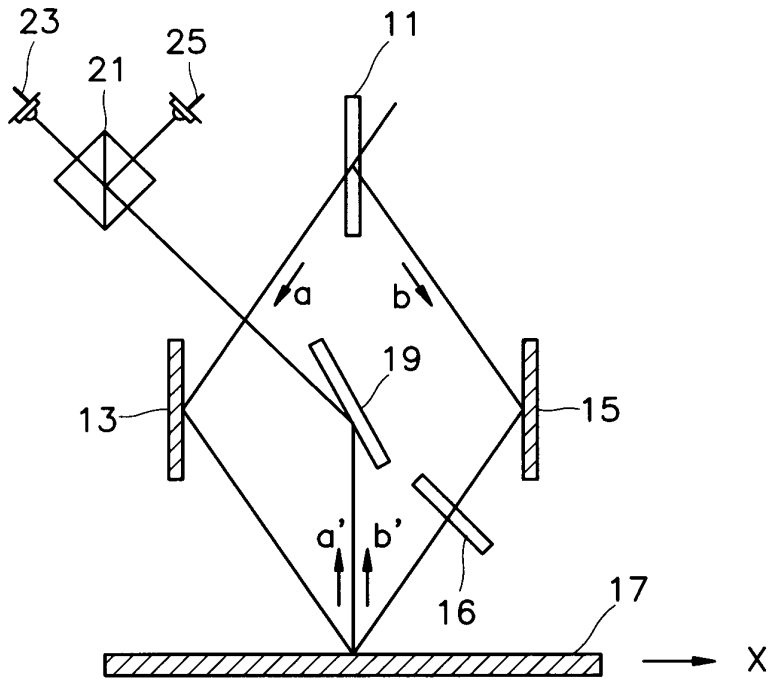
상기 광전변환된 전기신호를 1차 및 2차 미분회로를 이용하여 90도의 위상차를 갖는 두 개의 광전신호로 분리하는 단계;

상기 두 개의 광전신호를 AD 변환 및 TTL 신호변환하여 90도 위상차가 있는 두 개의 TTL 신호를 생성하는 단계; 및

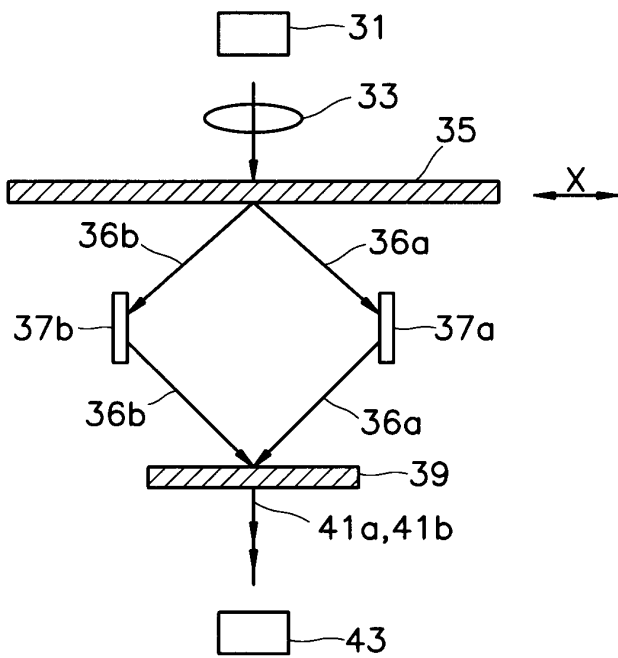
상기 두 개의 TTL 신호의 엣지를 검출한 후 펄스 신호를 발생시켜 상기 제1 회절격자의 변위를 측정하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 변위측정방법.

도면

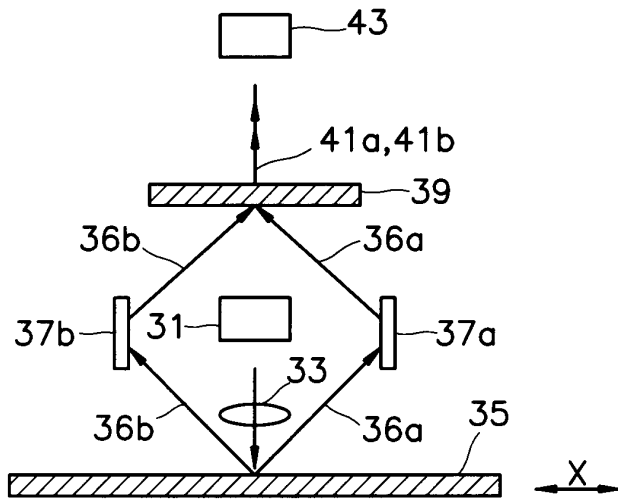
도면1



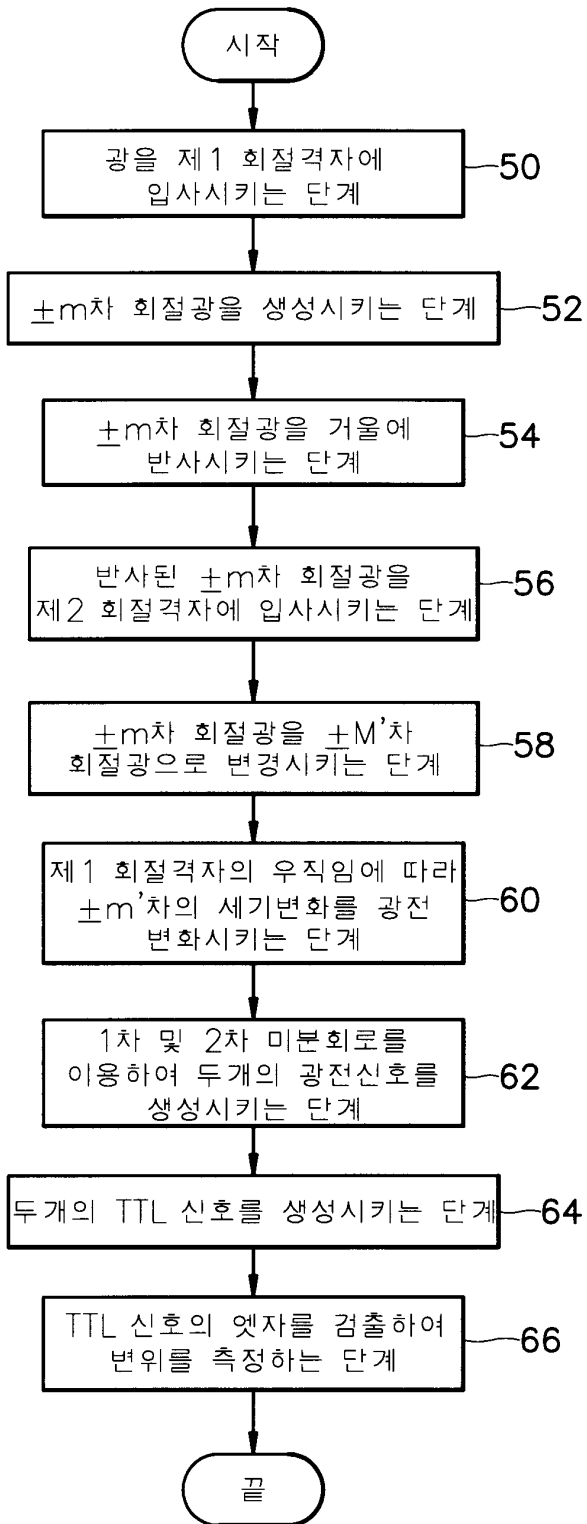
도면2a



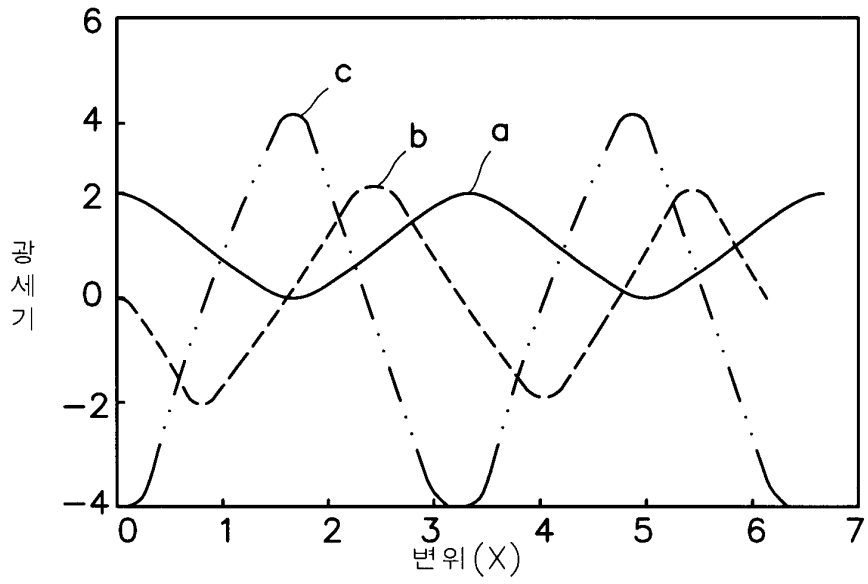
도면2b



도면3



도면4



도면5

