



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년03월09일
(11) 등록번호 10-0946264
(24) 등록일자 2010년03월02일

(51) Int. Cl.

G01C 3/00 (2006.01) G01P 3/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0030735

(22) 출원일자 2008년04월02일

심사청구일자 2008년04월02일

(65) 공개번호 10-2008-0090317

(43) 공개일자 2008년10월08일

(30) 우선권주장

JP-P-2007-00097244 2007년04월03일 일본(JP)

JP-P-2008-00054699 2008년03월05일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2006313080 A

JP09257415 A

전체 청구항 수 : 총 21 항

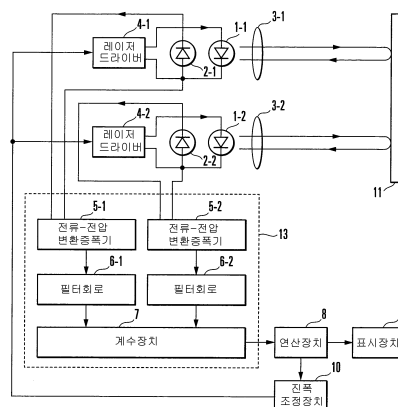
심사관 : 정상태

(54) 거리/속도계 및 거리/속도 계측방법

(57) 요약

본 발명은 광의 간섭을 이용하여 정지되어 있는 측정대상과의 거리뿐만 아니라, 측정대상의 속도도 계측할 수 있는 거리/속도계 및 거리/속도계측방법에 있어서, 측정시간을 단축시키기 위한 것으로, 측정대상에 제1, 제2 레이저광을 방사하는 제1, 제2 반도체 레이저(1-1, 1-2)와, 적어도 발진파장이 연속적으로 단조증가하는 발진기간이 반복적으로 존재하도록 상기 제1 반도체 레이저를 구동하는 제1 레이저 드라이버(4-1)와, 상기 제1 반도체 레이저와 발진파장의 증감이 반대가 되도록 상기 제2 반도체 레이저를 구동하는 제2 레이저 드라이버(4-2)와, 적어도 상기 제1, 제2 반도체 레이저의 광출력을 전기신호로 변환하는 제1, 제2 수광기(2-1, 2-2)와, 상기 제1, 제2 수광기의 출력신호에 포함되는, 제1, 제2 레이저광과 각각의 레이저광의 측정대상으로부터의 리턴광에 의해 발생하는 간섭파형의 수를 세는 계수수단(13)과, 상기 제1 및 제2 반도체 레이저의 최소발진파장 및 최대발진파장과 상기 계수수단의 계수결과로부터, 측정대상과의 거리 및 측정대상의 속도 중 적어도 하나를 산출하는 연산수단(8)을 구비한다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

측정대상(11)에 제1 레이저광을 방사하는 제1 반도체 레이저(1-1)와,
측정대상에 제1 레이저광과 평행하게 제2 레이저광을 방사하는 제2 반도체 레이저(1-2)와,
적어도 발진파장이 연속적으로 단조증가하는 발진기간이 반복적으로 존재하도록 상기 제1 반도체 레이저를 구동하는 제1 레이저 드라이버(4-1)와,
상기 제1 반도체 레이저와 발진파장의 증감이 반대가 되도록 상기 제2 반도체 레이저를 구동하는 제2 레이저 드라이버(4-2)와,
적어도 상기 제1 반도체 레이저의 광출력을 전기신호로 변환하는 제1 수광기(2-1)와,
적어도 상기 제2 반도체 레이저의 광출력을 전기신호로 변환하는 제2 수광기(2-2)와,
상기 제1 수광기의 출력신호에 포함되는, 제1 레이저광과 이 레이저광의 측정대상으로부터의 리턴광에 의해 발생하는 간섭파형의 수와, 상기 제2 수광기의 출력신호에 포함되는, 제2 레이저광과 이 레이저광의 측정대상으로부터의 리턴광에 의해 발생하는 간섭파형의 수를 각각 세는 계수수단(13)과,
상기 제1 및 제2 반도체 레이저의 최소발진파장 및 최대발진파장과 상기 계수수단의 계수결과로부터, 측정대상과의 거리 및 측정대상의 속도 중 적어도 하나를 산출하는 연산수단(8)을 구비하는 거리/속도계.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 제1 수광기는 제1 레이저광과 그 리턴광을 전기신호로 변환하고,
상기 제2 수광기는 제2 레이저광과 그 리턴광을 전기신호로 변환하는 거리/속도계.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 계수수단은, 상기 제1 및 제2 레이저광과 각각의 리턴광과의 자기결합 효과에 의해 발생하는 간섭파형의 수를 세는 거리/속도계.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 계수수단은,
상기 발진기간보다 짧은 제1 계수기간에 있어서, 상기 제1 및 제2 반도체 레이저 중 발진파장이 증가하고 있는 반도체 레이저에 대응하는 수광기의 출력신호에 포함되는 간섭파형의 수를 구하고, 상기 발진기간보다 짧고 제1 계수기간과 적어도 일부 시각이 다른 제2 계수기간에 있어서, 상기 제1 및 제2 반도체 레이저 중 발진파장이 감소하고 있는 반도체 레이저에 대응하는 수광기의 출력신호에 포함되는 간섭파형의 수를 구하여, 발진파장이 증가하고 있는 반도체 레이저에 대응하는 수광기의 출력신호와 발진파장이 감소하고 있는 반도체 레이저에 대응하는 수광기의 출력신호로부터 간섭파형의 수를 번갈아 구하는 거리/속도계.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 연산수단은,
상기 제1 및 제2 반도체 레이저의 최소발진파장 및 최대발진파장과 상기 계수수단의 계수결과에 근거하여 측정대상과의 거리 후보값과 측정대상의 속도 후보값을 산출하는 거리/속도 산출부(80)와,
상기 거리/속도 산출부에서 산출된 거리 후보값과 전회(前回)에 산출된 거리 후보값의 차인 이력변위를 산출하

는 이력변위산출부(81)와,

상기 거리/속도 산출부 및 상기 이력변위산출부의 산출결과에 근거하여 측정대상의 상태를 판정하는 상태판정부(83)와,

상기 상태판정부의 판정결과에 근거하여 측정대상과의 거리 및 측정대상의 속도 중 적어도 하나를 확정하는 거리/속도 확정부(84)를 구비하는 거리/속도계.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 거리/속도 산출부 및 상기 이력변위산출부는, 측정대상의 상태를 미소변위상태 및 미소변위상태보다 움직임이 심한 변위상태 중 어느 하나로 하고, 측정대상이 미소변위상태에 있다고 가정한 경우와 변위상태에 있다고 가정한 경우 각각에 대하여, 거리 후보값과 속도 후보값과 상기 이력변위를, 상기 계수수단이 간섭파형의 수를 구할 때마다 산출하고,

상기 상태판정부는, 상기 거리/속도 산출부 및 상기 이력변위산출부가 산출할 때마다, 상기 거리/속도 산출부 및 상기 이력변위산출부의 산출결과에 근거하여 측정대상이 미소변위상태에 있는지 변위상태에 있는지를 판정하는 동시에, 측정대상이 등속도운동을 하고 있는지 등속도운동 이외의 운동을 하고 있는지를 판정하는 거리/속도계.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 상태판정부는, 측정대상이 미소변위상태에 있다고 가정하여 산출된 이력변위의 부호가 일정하고, 측정대상이 미소변위상태에 있다고 가정하여 산출된 속도 후보값과 측정대상이 미소변위상태에 있다고 가정하여 산출된 이력변위의 절대값의 평균값이 같은 경우, 측정대상이 미소변위상태에서 등속도운동을 하고 있다고 판정하는 거리/속도계.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 상태판정부는, 측정대상이 변위상태에 있다고 가정하여 산출된 이력변위의 부호가 일정하고, 측정대상이 변위상태에 있다고 가정하여 산출된 속도 후보값과 측정대상이 변위상태에 있다고 가정하여 산출된 이력변위의 절대값의 평균값이 같은 경우, 측정대상이 변위상태에서 등속도운동을 하고 있다고 판정하는 거리/속도계.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 상태판정부는, 측정대상이 미소변위상태에 있다고 가정하여 산출된 이력변위의 부호가 이력변위의 산출시마다 반전하고, 측정대상이 미소변위상태에 있다고 가정하여 산출된 속도 후보값과 측정대상이 미소변위상태에 있다고 가정하여 산출된 이력변위의 절대값의 평균값이 일치하지 않는 경우, 측정대상이 미소변위상태에서 등속도운동 이외의 운동을 하고 있다고 판정하는 거리/속도계.

청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 상태판정부는, 측정대상이 변위상태에 있다고 가정하여 산출된 속도 후보값의 절대값이 측정대상이 미소변위상태에 있다고 가정하여 산출된 거리 후보값에 상기 제1 및 제2 반도체 레이저의 파장변화율을 곱한 값과 같고, 측정대상이 미소변위상태에 있다고 가정하여 산출된 속도 후보값과 측정대상이 미소변위상태에 있다고 가정하여 산출된 이력변위의 절대값의 평균값이 일치하지 않는 경우, 측정대상이 미소변위상태에서 등속도운동 이외의 운동을 하고 있다고 판정하는 거리/속도계.

청구항 11

제 6 항에 있어서,

상기 상태판정부는, 측정대상이 변위상태에 있다고 가정하여 산출된 이력변위의 부호가 이력변위의 산출시마다 반전하고, 측정대상이 변위상태에 있다고 가정하여 산출된 속도 후보값과 측정대상이 변위상태에 있다고 가정하여 산출된 이력변위 절대값의 평균값이 일치하지 않는 경우, 측정대상이 변위상태에서 등속도운동 이외의 운동을 하고 있다고 판정하는 거리/속도계.

청구항 12

제 6 항에 있어서,

상기 상태판정부는, 측정대상이 미소변위상태에 있다고 가정하여 산출된 속도 후보값의 절대값이 측정대상이 변위상태에 있다고 가정하여 산출된 속도 후보값에 상기 제1 및 제2 반도체 레이저의 파장변화율을 곱한 값과 같고, 측정대상이 변위상태에 있다고 가정하여 산출된 속도 후보값과 측정대상이 변위상태에 있다고 가정하여 산출된 이력변위의 절대값의 평균값이 일치하지 않는 경우, 측정대상이 변위상태에서 등속도운동 이외의 운동을 하고 있다고 판정하는 거리/속도계.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 연산수단은, 측정대상이 미소한 변위를 가지는 운동상태에 있는 경우, 측정대상과의 거리 및 측정대상의 속도의 산출결과 대신, 변위의 적분결과를 측정대상과의 거리 변화로 하는 거리/속도계.

청구항 14

제 6 항에 있어서,

측정대상이 미소변위상태에 있다고 가정한 경우의 속도 후보값과 측정대상이 변위상태에 있다고 가정한 경우의 속도 후보값 중, 상기 상태판정부가 진짜 값이 아니라고 판단하여 선택하지 않은 속도 후보값이, 상기 상태판정부가 진짜 값이라고 판단하여 선택한 거리 후보값에 상기 제1 및 제2 반도체 레이저의 파장변화율을 곱한 값과 대략 같도록, 상기 제1 및 제2 레이저 드라이버로부터 상기 제1 및 제2 반도체 레이저에 공급되는 구동전류 중 적어도 한쪽의 진폭을 조정하는 진폭조정수단(10)을 더 구비하는 거리/속도계.

청구항 15

측정대상(11)에 제1 레이저광을 방사하는 제1 반도체 레이저(1-1)를, 적어도 발진파장이 연속적으로 단조증가하는 발진기간이 반복적으로 존재하도록 구동하는 단계와,

측정대상에 제1 레이저광과 평행하게 제2 레이저광을 방사하는 제2 반도체 레이저(1-2)를, 상기 제1 반도체 레이저와 발진파장의 증감이 반대가 되도록 구동하는 단계와,

상기 제1 수광기(2-1)의 출력신호에 포함되는, 제1 레이저광과 이 레이저광의 측정대상으로부터의 리턴광에 의해 발생하는 간섭파형의 수와, 제2 수광기(2-2)의 출력신호에 포함되는, 제2 레이저광과 이 레이저광의 측정대상으로부터의 리턴광에 의해 발생하는 간섭파형의 수를 세는 단계와,

상기 제1 및 제2 반도체 레이저의 최소발진파장 및 최대발진파장과, 제1 및 제2 레이저광 각각에 관한 간섭파장의 수로부터, 측정대상과의 거리 및 측정대상의 속도 중 적어도 하나를 산출하는 단계를 구비하는 거리/속도 계측방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 제1 수광기에 의해 제1 레이저광과 그 리턴광을 전기신호로 변환하는 단계와,

상기 제2 수광기에 의해 제2 레이저광과 그 리턴광을 전기신호로 변환하는 단계를 더 구비하는 거리/속도 계측방법.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 제1 수광기에 의해 상기 제1 반도체 레이저의 광출력을 전기신호로 변환하는 단계와,

상기 제2 수광기에 의해 상기 제2 반도체 레이저의 광출력을 전기신호로 변환하는 단계를 더 구비하고,

상기 간섭파형의 수를 세는 단계는, 제1 및 제2 레이저광과 각각의 리턴광과의 자기결합 효과에 의해 발생하는 간섭파형의 수를 세는 단계를 구비하는 거리/속도 계측방법.

청구항 18

제 15 항에 있어서,

상기 간섭파형의 수를 세는 단계는,

발진기간보다 짧은 제1 계수기간에 있어서, 상기 제1 및 제2 반도체 레이저 중 발진파장이 증가하고 있는 반도체 레이저에 대응하는 수광기의 출력신호에 포함되는 간섭파형의 수를 구하는 단계와,

발진기간보다 짧고 제1 계수기간과 적어도 일부 시각이 다른 제2 계수기간에 있어서, 상기 제1 및 제2 반도체 레이저 중 발진파장이 감소하고 있는 반도체 레이저에 대응하는 수광기의 출력신호에 포함되는 간섭파형의 수를 구하는 단계를 구비하며,

상기 두개의 구하는 단계가 번갈아 실행되는 거리/속도 계측방법.

청구항 19

제 15 항에 있어서,

상기 측정대상과의 거리 및 측정대상의 속도 중 적어도 하나를 산출하는 단계는,

상기 제1 및 제2 반도체 레이저의 최소발진파장 및 최대발진파장과 세어진 간섭파형의 수에 근거하여, 측정대상과의 거리 후보값과 측정대상의 속도 후보값을 산출하는 단계와,

거리 후보값과 전회에 산출된 거리 후보값의 차인 이력변위를 산출하는 단계와,

측정대상과의 거리 후보값과 측정대상의 속도 후보값과 이력변위에 근거하여 측정대상의 상태를 판정하는 단계와,

판정결과에 근거하여 측정대상과의 거리 및 측정대상의 속도 중 적어도 하나를 확정하는 단계를 구비하는 거리/속도 계측방법.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 후보값 및 이력변위를 산출하는 단계는, 측정대상의 상태를 미소변위상태 및 미소변위상태보다 움직임이 심한 변위상태 중 어느 하나로 하고, 측정대상이 미소변위상태에 있다고 가정한 경우와 변위상태에 있다고 가정한 경우 각각에 대하여, 거리 후보값과 속도 후보값과 이력변위를, 간섭파형의 수를 셀 때마다 산출하는 단계를 구비하고,

상기 판정하는 단계는, 후보값 및 변경이력이 산출될 때마다, 측정대상이 미소변위상태에 있는지 변위상태에 있는지와, 측정대상이 등속도운동을 하고 있는지 등속도운동 이외의 운동을 하고 있는지를 판정하는 단계를 구비하는 거리/속도 계측방법.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

측정대상이 미소변위상태에 있다고 가정한 경우의 속도 후보값과 측정대상이 변위상태에 있다고 가정한 경우의 속도 후보값 중, 판정하는 단계에서 진짜 값이 아니라고 판정하여 선택하지 않은 속도 후보값이, 판정하는 단계에서 진짜 값이라고 판정하여 선택한 거리 후보값에 상기 제1 및 제2 반도체 레이저의 파장변화율을 곱한 값과 대략 같도록, 상기 제1 및 제2 반도체 레이저에 공급되는 구동전류 중 적어도 한쪽의 진폭을 조정하는 단계를 더 구비하는 거리/속도 계측방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광의 간섭을 이용하여 측정대상과의 거리 및 측정대상의 속도 중 적어도 하나를 측정하는 거리/속도 계 및 거리/속도 측정방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 레이저에 의한 광의 간섭을 이용한 거리계측은, 비접촉측정이기 때문에 측정대상을 어지럽히지 않고, 정밀도가 높은 측정방법으로서 오래전부터 이용되고 있다. 최근, 반도체 레이저는 장치의 소형화 때문에, 광계측용 광원으로 이용되고 있다. 그 대표적인 예로서 FM 헤테로다인 간섭계를 이용한 것이 있다. 이것은 비교적 장거리 측정이 가능하고 정밀도도 높지만, 반도체 레이저의 외부에 간섭계를 이용하고 있기 때문에, 광학계가 복잡해지는 문제가 있다.

[0003] 이에 대하여, 레이저의 출력광과 측정대상으로부터의 리턴광의 반도체 레이저 내부에서의 간섭(자기결합 효과)을 이용한 계측기가, 일본특허공개 2006-313080호, '반도체 레이저의 자기결합 효과를 이용한 거리계'(우에다 다다시, 야마다 준, 시토 스스무 저, 1994년도 일본 전기관계학회 도카이지부 연합대회 강연논문집, 1994년), '반도체 레이저의 자기결합 효과를 이용한 소형 거리계에 관한 연구'(야마다 준, 시토 스스무, 츠다 노리오, 우에다 다다시 저, 일본 아이치공업대학 연구보고, 제31호B, p.35~42, 1996년), 및 '검출장치에서의 레이저 다이오드 자기결합기술(laser diode self-mixing technique for sensing applications)'(구이도 기우리아니, 미첼 노르기아, 실바노 도나티, 티에리 보쉬 저, 광학저널A: 순수실용광학, p.283~294, 2002년) 등에 제안되고 있다.

[0004] 이와 같은 자기결합형 레이저 계측기에 따르면, 포토다이오드 내장의 반도체 레이저가 발광, 간섭, 수광의 각 기능을 겸하고 있기 때문에, 외부간섭 광학계를 대폭 간략화할 수 있다. 따라서, 센서부가 반도체 레이저와 렌즈만으로 이루어져, 종래의 것과 비교하여 소형이 된다. 또한, 삼각측량법보다 거리측정범위가 넓다는 특징을 가진다.

[0005] FP형(페브리 페로(Fabry-Perot)형) 반도체 레이저의 복합공진기 모델을 도 13에 나타낸다. 측정대상(104)으로부터의 반사광의 일부가 발진영역 안으로 되돌아가기 쉽다. 되돌아온 미세한 광은, 반도체 레이저 공진기(101) 안의 레이저광과 결합하고, 동작이 불안정해져 잡음(복합공진기 노이즈 또는 리턴광 노이즈)을 발생시킨다. 리턴광에 의한 반도체 레이저의 특성 변화는, 출력광에 대한 상대적인 리턴광량이 매우 미약하여도 현저하게 나타난다. 이와 같은 현상은, 페브리 페로형(이하, FP형) 반도체 레이저에 한하지 않고, 수직공동 면발광 레이저형(Vertical Cavity Surface Emitting Laser형, 이하, VCSEL형), 분포 레환형 레이저(Distributed FeedBack laser형, 이하, DFB 레이저형) 등 다른 종류의 반도체 레이저에서도 마찬가지로 나타난다.

[0006] 레이저의 발진파장을 λ , 측정대상(103)에 가까운 쪽의 반도체 결정의 벽개면(102)으로부터 측정대상(104)까지의 거리를 L이라고 하면, 아래의 공진조건을 만족할 때, 리턴광과 공진기(101) 안의 레이저광이 강하게 만나고, 레이저 출력이 약간 증가한다.

수학식 1

[0007] $L=q\lambda/2$

[0008] 수학식 1에서 q는 정수이다. 이 현상은 측정대상(104)으로부터 산란광이 매우 미약하여도, 반도체 레이저의 공진기(101) 안의 외관 반사율이 증가함으로써 증폭작용이 발생하여 충분히 관측될 수 있다.

[0009] 반도체 레이저는 주입전류의 크기에 따라 주파수가 다른 레이저광을 방사하기 때문에, 발진주파수를 변조할 때 외부 변조기를 필요로 하지 않고, 주입전류에 의해 직접 변조가 가능하다. 도 14는 반도체 레이저의 발진파장을 어느 일정 비율로 변화시켰을 때의 발진파장과 포토다이오드(103)의 출력파형의 관계를 나타내는 도면이다. 수학식 1에 나타낸 $L=q\lambda/2$ 를 만족하였을 때, 리턴광과 공진기(101) 안의 레이저광의 위상차가 0° (동위상)가 되어, 리턴광과 공진기(101) 안의 레이저광이 가장 강하게 만나고, $L=q\lambda/2+\lambda/4$ 일 때, 위상차가 180° (역위상)가 되어, 리턴광과 공진기(101) 안의 레이저광이 가장 약하게 만난다. 이 때문에, 반도체 레이저의 발진파장을 변

화시켜 가면, 레이저 출력이 강해지는 곳과 약해지는 곳이 번갈아 반복적으로 나타나고, 이 때의 레이저 출력을 공진기(101)에 설치된 포토다이오드(103)로 검출하면, 도 14에 나타내는 바와 같이, 일정한 주기의 계단형상 파형이 얻어진다. 이와 같은 파형은 일반적으로 간섭줄무늬라고 불린다.

[0010] 이 계단형상 파형 즉, 간섭줄무늬 하나하나를 모드홉펄스(mode hop pulse, 이하, MHP)라고 한다. MHP는 모드홉핑 현상과는 다른 현상이다. 예를 들어, 측정대상(104)까지의 거리가 L1일 때, MHP의 수가 10개였다고 하면, 절반의 거리(L2)에서 MHP의 수는 5개가 된다. 즉, 어느 일정 시간에서 반도체 레이저의 발진파장을 변화시켰을 경우, 측정거리에 비례하여 MHP의 수가 변한다. 따라서, MHP를 포토다이오드(103)로 검출하여 MHP의 주파수를 측정하면, 쉽게 거리측정이 가능해진다.

[0011] 자기결합형 레이저 계측기에서는, 공진기 외부의 간섭광학계를 대폭 간략화할 수 있기 때문에 장치를 소형화할 수 있으며, 또한 고속 회로가 필요하지 않고, 외란광에 강하다는 이점이 있다. 또한, 측정대상으로부터의 리턴광이 매우 미약하여도 되기 때문에, 측정대상의 반사율에 영향을 받지 않고 즉, 측정대상을 가리지 않는다는 이점이 있다. 하지만, 자기결합형을 포함하여 종래의 간섭형 계측기에서는, 정지한 측정대상과의 거리를 계측할 수는 있어도, 속도를 가지는 측정대상의 거리를 계측할 수는 없다는 문제가 있었다.

[0012] 그래서, 본 발명자는, 정지되어 있는 측정대상과의 거리뿐만 아니라, 측정대상의 속도도 계측할 수 있는 거리/속도계를 제안하였다(일본특허공개 2006-313080호 참조). 이 거리/속도계의 구성을 도 15에 나타낸다. 도 15의 거리/속도계는, 측정대상에 레이저광을 방사하는 반도체 레이저(201)와, 반도체 레이저(201)의 광출력을 전기신호로 변환하는 포토다이오드(202)와, 반도체 레이저(201)로부터의 광을 집광하여 측정대상(210)에 조사하는 동시에, 측정대상(210)으로부터의 리턴광을 집광하여 반도체 레이저(201)에 입사시키는 렌즈(203)와, 반도체 레이저(201)에 발진파장이 연속적으로 증가하는 제1 발진기간과 발진파장이 연속적으로 감소하는 제2 발진기간을 번갈아 반복시키는 레이저 드라이버(204)와, 포토다이오드(202)의 출력전류를 전압으로 변환하여 증폭시키는 전류-전압 변환증폭기(205)와, 전류-전압 변환증폭기(205)의 출력전압을 2회 미분하는 신호추출회로(206)와, 신호추출회로(206)의 출력전압에 포함되는 MHP의 수를 세는 계수(計數)회로(207)와, 측정대상(210)과의 거리 및 측정대상(210)의 속도를 산출하는 연산장치(208)와, 연산장치(208)의 산출결과를 표시하는 표시장치(209)를 가진다.

[0013] 레이저 드라이버(204)는 시간에 관하여 일정한 변화율로 반복적으로 증감하는 삼각파 구동전류를 주입전류로서 반도체 레이저(201)에 공급한다. 이에 의해, 반도체 레이저(201)는 발진파장이 일정한 변화율로 연속적으로 증가하는 제1 발진기간과 발진파장이 일정한 변화율로 연속적으로 감소하는 제2 발진기간을 번갈아 반복하도록 구동된다. 도 16은 반도체 레이저(201)의 발진파장의 시간변화를 나타내는 도면이다. 도 16에서 P1은 제1 발진기간, P2는 제2 발진기간, λ_a 는 각 기간에서의 발진파장의 최소값, λ_b 는 각 기간에서의 발진파장의 최대값, T는 삼각파의 주기이다.

[0014] 반도체 레이저(201)로부터 출사한 레이저광은 렌즈(203)에 의해 집광되어 측정대상(210)으로 입사된다. 측정대상(210)에서 반사된 광은 렌즈(203)에 의해 집광되어 반도체 레이저(201)로 입사한다. 포토다이오드(202)는 반도체 레이저(201)의 광출력을 전류로 변환한다. 전류-전압 변환증폭기(205)는 포토다이오드(202)의 출력전류를 전압으로 변환하여 증폭시키고, 신호추출회로(206)는 전류-전압 변환증폭기(205)의 출력전압을 2회 미분한다. 계수회로(207)는 신호추출회로(206)의 출력전압에 포함되는 MHP의 수를 제1 발진기간(P1)과 제2 발진기간(P2) 각각에 대하여 센다. 연산장치(208)는 반도체 레이저(1)의 최소발진파장(λ_a)과 최대발진파장(λ_b)과 제1 발진기간(P1)에서의 MHP의 수와 제2 발진기간(P2)에서의 MHP의 수에 근거하여, 측정대상(210)과의 거리 및 측정대상(210)의 속도를 산출한다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0015] 일본특허공개 2006-313080호에 개시된 거리/속도계에 따르면, 측정대상과의 거리와 측정대상의 속도를 동시에 계측할 수 있다. 하지만, 이 거리/속도계에서는, 거리나 속도를 측정하기 위하여 예를 들어, 제1 발진기간($t-1$)과 제2 발진기간(t)과 제1 발진기간($t+1$)의 적어도 3회에 걸쳐 MHP의 수를 세어야 하기 때문에, 측정에 요구되는 시간이 길다는 문제가 있었다.

과제 해결수단

[0016] 본 발명은 상기 과제를 해결하기 위하여 이루어진 것으로, 광의 간섭을 이용하여 정지되어 있는 측정대상과의 거리뿐만 아니라, 측정대상의 속도도 계측할 수 있는 거리/속도계 및 거리/속도계측방법에 있어서, 측정시간을

단축시키는 것을 목적으로 한다.

[0017] 이와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에 따른 거리/속도계는, 측정대상(11)에 제1 레이저광을 방사하는 제1 반도체 레이저(1-1)와, 측정대상(11)에 제1 레이저광과 평행하게 제2 레이저광을 방사하는 제2 반도체 레이저(1-2)와, 적어도 발진파장이 연속적으로 단조증가하는 발진기간이 반복적으로 존재하도록 상기 제1 반도체 레이저를 구동하는 제1 레이저 드라이버(4-1)와, 상기 제1 반도체 레이저와 발진파장의 증감이 반대가 되도록 상기 제2 반도체 레이저를 구동하는 제2 레이저 드라이버(4-2)와, 적어도 상기 제1 반도체 레이저의 광출력을 전기신호로 변환하는 제1 수광기(2-1)와, 적어도 상기 제2 반도체 레이저의 광출력을 전기신호로 변환하는 제2 수광기(2-2)와, 상기 제1 수광기의 출력신호에 포함되는 제1 레이저광과 이 레이저광의 측정대상으로부터의 리턴광에 의해 발생하는 간섭파형의 수와, 상기 제2 수광기의 출력신호에 포함되는 제2 레이저광과 이 레이저광의 측정대상으로부터의 리턴광에 의해 발생하는 간섭파형의 수를 각각 세는 계수수단(13)과, 상기 제1 및 제2 반도체 레이저의 최소발진파장 및 최대발진파장과 상기 계수수단의 계수결과로부터 측정대상과의 거리 및 측정대상의 속도 중 적어도 하나를 산출하는 연산수단(8)을 구비한다.

[0018] 또한, 본 발명에 따른 거리/속도 계측방법은, 측정대상(11)에 제1 레이저광을 방사하는 제1 반도체 레이저(1-1)를 적어도 발진파장이 연속적으로 단조증가하는 발진기간이 반복적으로 존재하도록 구동하는 단계와, 측정대상에 제1 레이저광과 평행하게 제2 레이저광을 방사하는 제2 반도체 레이저(1-2)를 상기 제1 반도체 레이저와 발진파장의 증감이 반대가 되도록 구동하는 단계와, 상기 제1 수광기(2-1)의 출력신호에 포함되는 제1 레이저광과 이 레이저광의 측정대상으로부터의 리턴광에 의해 발생하는 간섭파형의 수와, 제2 수광기(2-2)의 출력신호에 포함되는 제2 레이저광과 이 레이저광의 측정대상으로부터의 리턴광에 의해 발생하는 간섭파형의 수를 세는 단계와, 상기 제1 및 제2 반도체 레이저의 최소발진파장 및 최대발진파장과 제1 및 제2 레이저광 각각에 관한 간섭파장의 수로부터, 측정대상과의 거리 및 측정대상의 속도 중 적어도 하나를 산출하는 단계를 구비한다.

효 과

[0019] 본 발명은 측정대상과의 거리 및 측정대상의 속도를 계측하는 기술에 적용할 수 있다.

[0020] 간섭형 거리계는, 거리를 측정할 때 측정대상이 정지하고 있는 것이 절대조건이기 때문에, 속도를 가지는 측정대상과의 거리는 측정할 수 없었다. 이에 대하여, 본 발명은 정지되어 있지 않은 측정대상과의 거리도 측정할 수 있다. 즉, 본 발명에 따르면, 측정대상의 속도(크기, 방향)와 거리를 동시에 측정할 수 있다. 또한, 본 발명에 따르면, 레이저 계측기의 최소발진파장과 최대발진파장과 계수수단의 계수결과로부터, 측정대상이 등속도운동을 하고 있는지 등속도운동 이외의 운동을 하고 있는지를 판정할 수 있다. 또한, 본 발명에서는, 발진파장의 증감이 반대가 되는 제1, 제2 반도체 레이저로부터 서로 평행한 레이저광을 측정대상에 동시에 방사시켜, 제1, 제2 수광기의 출력신호에 포함되는 간섭파장의 수를 제1, 제2 수광기의 출력신호 각각에 대하여 세어, 이에 의해 종래보다 짧은 시간에 거리와 속도를 측정할 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명에서는, 측정대상이 미소변위상태에 있다고 가정한 경우의 속도 후보값과 측정대상이 변위상태에 있다고 가정한 경우의 속도 후보값 중, 상태판정부가 진짜 값이 아니라고 판단하여 선택하지 않은 속도 후보값이, 상태판정부가 진짜 값이라고 판단하여 선택한 거리 후보값에 제1, 제2 반도체 레이저의 파장변화율을 곱한 값과 대략 같도록, 제1, 제2 레이저 드라이버로부터 제1, 제2 반도체 레이저에 공급되는 구동전류 중 적어도 한쪽의 진폭을 조정함으로써, 제1, 제2 반도체 레이저의 파장변화율의 절대값을 같게 할 수 있어, 거리 및 속도의 측정정밀도를 향상시킬 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명은 파장변조를 이용한 센싱에 있어서, 출사한 파(波)와 대상물에서 반사한 파의 간섭신호를 근거로 거리를 계측하는 방법이다. 따라서, 자기결합형 이외의 광학식의 간섭계, 광 이외의 간섭계에도 적용할 수 있다. 반도체 레이저의 자기결합을 이용하는 경우에 대하여 보다 구체적으로 설명하면, 반도체 레이저로부터 측정대상으로 레이저광을 조사하면서 레이저의 발진파장을 변화시키면, 발진파장이 최소발진파장으로부터 최대발진파장까지 변하는 동안(혹은, 최대발진파장으로부터 최소발진파장까지 변하는 동안)의 측정대상의 변위는 MHP의 수에 반영된다. 따라서, 발진파장을 변화시켰을 때의 MHP의 수를 조사함으로써, 측정대상의 상태를 검출할 수 있다. 이상이 간섭계의 기본적인 원리이다.

[0023] [제1 실시예]

[0024] 이하, 본 발명의 제1 실시예에 대하여 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 도 1은 본 발명의 제1 실시예가 되는

거리/속도계의 구성을 나타내는 블록도이다. 도 1의 거리계는, 측정대상(11)에 레이저광을 방사하는 제1, 제2 반도체 레이저(1-1, 1-2)와, 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 광출력을 각각 전기신호로 변환하는 제1, 제2 수광기인 포토다이오드(2-1, 2-2)와, 반도체 레이저(1-1, 1-2)로부터의 광을 각각 집광하여 측정대상(11)으로 조사하는 동시에, 측정대상(11)으로부터의 리턴광을 집광하여 반도체 레이저(1-1, 1-2)에 입사시키는 렌즈(3-1, 3-2)와, 반도체 레이저(1-1, 1-2)에 발진파장이 연속적으로 증가하는 제1 발진기간과 발진파장이 연속적으로 감소하는 제2 발진기간을 번갈아 반복시키는 제1, 제2 레이저 드라이버(4-1, 4-2)와, 포토다이오드(2-1, 2-2)의 출력전류를 각각 전압으로 변환하여 증폭시키는 전류-전압 변환증폭기(5-1, 5-2)와, 전류-전압 변환증폭기(5-1, 5-2)의 출력전압으로부터 반송파를 제거하는 필터회로(6-1, 6-2)와, 필터회로(6-1, 6-2)의 출력전압에 포함되는 MHP의 수를 세는 계수장치(7)와, 측정대상(11)과의 거리 및 측정대상(11)의 속도를 산출하는 연산장치(8)와, 연산장치(8)의 산출결과를 표시하는 표시장치(9)와, 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 구동전류의 진폭이 적절해지도록 레이저 드라이버(4-1, 4-2)를 제어하는 진폭조정장치(10)를 가진다. 전류-전압 변환증폭기(5-1, 5-2)와 필터회로(6-1, 6-2)와 계수장치(7)는 계수부(13)를 구성한다.

[0025] 이하, 설명을 쉽게 하기 위하여, 반도체 레이저(1)에는 모드호핑 현상을 가지지 않는 형(VCSEL형, DFB 레이저형)이 이용되고 있는 것으로 상정한다.

[0026] 레이저 드라이버(4-1, 4-2)는 시간에 관하여 일정한 변화율로 증감을 반복하는 삼각파 구동전류를 주입전류로서 반도체 레이저(1-1, 1-2)에 공급한다. 이에 의해, 반도체 레이저(1-1, 1-2)는 주입전류의 크기에 비례하여 발진 파장이 일정한 변화율로 연속적으로 증가하는 제1 발진기간과 발진파장이 일정한 변화율로 연속적으로 감소하는 제2 발진기간을 번갈아 반복하도록 구동된다. 이 때, 레이저 드라이버(4-1, 4-2)는 반도체 레이저(1-1)와 반도체 레이저(1-2)에서 발진파장의 증감이 반대가 되도록 구동전류를 공급한다. 즉, 반도체 레이저(1-1)와 반도체 레이저(1-2)는 발진파장의 변화율의 절대값이 동일하고 변화율의 극성이 반대로 되어 있다. 따라서, 반도체 레이저(1-1)의 발진파장이 최대값이 되었을 때, 반도체 레이저(1-2)의 발진파장은 최소값이 되고, 반도체 레이저(1-1)의 발진파장이 최소값이 되었을 때, 반도체 레이저(1-2)의 발진파장은 최대값이 된다.

[0027] 도 2는 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 발진파장의 시간변화를 나타내는 도면이다. 도 2에서 LD1은 반도체 레이저(1-1)의 발진파형, LD2는 반도체 레이저(1-2)의 발진파형, P1은 제1 발진기간, P2는 제2 발진기간, λ_a 는 각 기간에서의 발진파장의 최소값, λ_b 는 각 기간에서의 발진파장의 최대값, T는 삼각파의 주기이다. 본 실시예에서는 발진파장의 최대값(λ_b) 및 발진파장의 최소값(λ_a)이 각각 항상 일정하며, 이들의 차($\lambda_b - \lambda_a$)도 항상 일정하게 되어 있다.

[0028] 반도체 레이저(1-1, 1-2)로부터 출사한 레이저광은, 렌즈(3-1, 3-2)에 의해 집광되어 측정대상(11)으로 입사된다. 이 때, 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 레이저광은 서로 평행하게 출사되어 측정대상(11)으로 입사된다. 측정대상(11)에서 반사된 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 광은, 각각 렌즈(3-1, 3-2)에 의해 집광되어 반도체 레이저(1-1, 1-2)로 입사한다. 한편, 렌즈(3-1, 3-2)에 의한 집광은 필수는 아니다. 포토다이오드(2-1, 2-2)는 각각 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 광출력을 전류로 변환시킨다. 전류-전압 변환증폭기(5-1, 5-2)는 각각 포토다이오드(2-1, 2-2)의 출력전류를 전압으로 변환하여 증폭시킨다.

[0029] 필터회로(6-1, 6-2)는 변조파로부터 중첩신호를 추출하는 기능을 가지는 것이다. 도 3의 (a), (b)는 각각 전류-전압 변환증폭기(5-1, 5-2)의 출력전압파형을 모식적으로 나타내는 도면이고, (c), (d)는 각각 필터회로(6-1, 6-2)의 출력전압파형을 모식적으로 나타내는 도면이다. 이 도면들은 포토다이오드(2-1, 2-2)의 출력에 상당하는 도 3의 (a), (b)의 파형(변조파)으로부터, 도 2의 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 발진파형(반송파)을 제거하여, 도 3의 (c), (d)의 MHP 파형(중첩파)을 추출하는 과정을 나타내고 있다.

[0030] 계수장치(7)는, 필터회로(6-1, 6-2)의 출력에 포함되는, 단위시간당 MHP의 수를 필터회로(6-1, 6-2) 각각에 대하여 수시로 센다. 도 4는 계수장치(7)의 구성의 일례를 나타내는 블록도이고, 도 5는 계수장치(7)의 동작을 나타내는 흐름도이다. 계수장치(7)는, 전환스위치(70)와, 주기측정부(71-1, 71-2)와, 변환부(72-1, 72-2)로 구성된다.

[0031] 먼저, 계수장치(7)의 전환스위치(70)는, 전환시인지 여부를 판정하고(도 5의 단계 S100), 전환시이면 필터회로(6-1, 6-2)의 출력과 주기측정부(71-1, 71-2)와의 접속을 전환한다(단계 S101). 전환스위치(70)의 전환은, 삼각파 주기(T)의 1/2 시간마다 이루어진다. 즉, 전환스위치(70)는, 제1 발진기간(P1)에는 필터회로(6-1)의 출력을 주기측정부(71-1)의 입력에 접속하고, 필터회로(6-2)의 출력을 주기측정부(71-2)에 접속하며, 제2 발진기간(P2)에는 필터회로(6-2)의 출력을 주기측정부(71-1)의 입력에 접속하고, 필터회로(6-1)의 출력을 주기측정부(71-2)에 접속한다(단계 S101).

- [0032] 주기측정부(71-1)는, 제1 계수기간중의 전환스위치(70) 출력의 상승엣지의 주기(즉, MHP의 주기)를 전환스위치(70)의 출력에 상승엣지가 발생할 때마다 측정한다(도 5의 단계 S102). 마찬가지로, 주기측정부(71-2)는, 제2 계수기간중의 전환스위치(70) 출력의 상승엣지의 주기(즉, MHP의 주기)를 전환스위치(70)의 출력에 상승엣지가 발생할 때마다 측정한다(단계 S102).
- [0033] 여기서, 도 6을 이용하여 제1, 제2 계수기간에 대하여 설명한다. 도 6의 (a), (b)는 각각 전류-전압 변환증폭기(5-1, 5-2)의 출력전압파형을 모식적으로 나타내는 도면이고, (c), (d)는 각각 필터회로(6-1, 6-2)의 출력전압파형을 모식적으로 나타내는 도면이다. Pn1, Pn2, Pn3, Pn4, Pn5, Pn6, Pn7, Pn8은 제1 계수기간, Pm1, Pm2, Pm3, Pm4, Pm5, Pm6, Pm7, Pm8은 제2 계수기간, tn1, tn2, tn3, tn4, tn5, tn6, tn7, tn8은 각각 제1 계수기간(Pn1, Pn2, Pn3, Pn4, Pn5, Pn6, Pn7, Pn8) 중간의 시각, tm1, tm2, tm3, tm4, tm5, tm6, tm7, tm8은 각각 제2 계수기간(Pm1, Pm2, Pm3, Pm4, Pm5, Pm6, Pm7, Pm8) 중간의 시각이다.
- [0034] 도 6의 (c), (d)에 나타내는 바와 같이, 제1 계수기간Pn(Pn1, Pn2, Pn3, Pn4, Pn5, Pn6, Pn7, Pn8)은 필터회로(6-1) 또는 필터회로(6-2)의 출력 중, 발진파장이 증가하고 있는 반도체 레이저(1-1) 또는 반도체 레이저(1-2) 쪽에 대응하는 출력에 대하여 설정되며, 제2 계수기간Pm(Pm1, Pm2, Pm3, Pm4, Pm5, Pm6, Pm7, Pm8)은 필터회로(6-1) 또는 필터회로(6-2)의 출력 중, 발진파장이 감소하고 있는 반도체 레이저(1-1) 또는 반도체 레이저(1-2) 쪽에 대응하는 출력에 대하여 설정된다.
- [0035] 제1 계수기간(Pn)과 제2 계수기간(Pm)은, 제1 발진기간(P1) 및 제2 발진기간(P2)의 길이 즉, 삼각파 주기(T)의 1/2의 시간보다 짧은 것이 바람직하다. 또한, 제1 계수기간(Pn)과 제2 계수기간(Pm)은 시간이 어긋나 있을 필요가 있다. 단, 제1 계수기간(Pn)과 제2 계수기간(Pm)은 시간이 일부 겹쳐 있어도 상관없다. 또한, 제1 계수기간(Pn)끼리 시간이 일부 겹쳐 있어도 상관없고, 제2 계수기간(Pn)끼리 시간이 일부 겹쳐 있어도 상관없다.
- [0036] 주기측정부(71-1)에 입력되는 게이트 신호(GS1)는, 제1 계수기간(Pn)의 선두에서 상승하고, 제1 계수기간(Pn)의 종단에서 하강하는 신호이고, 주기측정부(71-2)에 입력되는 게이트 신호(GS2)는, 제2 계수기간(Pm)의 선두에서 상승하고, 제2 계수기간(Pm)의 종단에서 하강하는 신호이다.
- [0037] 이어서, 변환부(72-1)는 주기측정부(71-1)가 측정한 MHP 주기의 평균값을 제1 계수기간(Pn) 중의 단위시간당 MHP의 수(n)(발진파장이 증가하고 있는 반도체 레이저의 간섭파형의 수)로 변환하고, 변환부(72-2)는 주기측정부(71-2)가 측정한 MHP 주기의 평균값을 제2 계수기간(Pm) 중의 단위시간당 MHP의 수(m)(발진파장이 감소하고 있는 반도체 레이저의 간섭파형의 수)로 변환한다(도 5의 단계 S103). MHP의 평균주기를 T_s , 삼각파의 주파수를 f 로 하면, 단위시간당 MHP의 수는 $\{2/(f \times T_s)\}$ 로 계산할 수 있다. 이 때의 단위시간은 삼각파 주기(T)의 1/2 시간이다.
- [0038] 계수장치(7)는 이상과 같은 처리를 제1 계수기간(Pn)마다 및 제2 계수기간(Pm)마다 실시한다. 도 6의 (c), (d)로부터 명확한 바와 같이, 제1 계수기간(Pn)과 제2 계수기간(Pm)은 번갈아 존재한다. 따라서, 제1 계수기간(Pn)에 주기측정부(71-1)와 변환부(72-1)의 동작에 의해 MHP의 수(n)가 산출되고, 이어서 제2 계수기간(Pm)에 주기측정부(71-2)와 변환부(72-2)의 동작에 의해 MHP의 수(m)가 산출되도록 MHP의 수 n과 m이 번갈아 구해진다.
- [0039] 이어서, 연산장치(8)는, 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 최소발진파장(λ_a)과 최대발진파장(λ_b)과 MHP의 수(n, m)에 근거하여, 측정대상(11)과의 거리 및 측정대상(11)의 속도를 산출한다. 도 7은 연산장치(8)의 구성의 일례를 나타내는 블록도, 도 8은 연산장치(8)의 동작을 나타내는 흐름도이다. 연산장치(8)는 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 최소발진파장(λ_a)과 최대발진파장(λ_b)과 MHP의 수(n, m)에 근거하여, 측정대상(11)과의 거리 후보값과 측정대상(11)의 속도 후보값을 산출하는 거리/속도 산출부(80)와, 거리/속도 산출부(80)에서 산출된 거리 후보값과 직전에 산출된 거리 후보값의 차인 이력변위를 산출하는 이력변위산출부(81)와, 거리/속도 산출부(80)와 이력변위산출부(81)의 산출결과를 기억하는 기억부(82)와, 거리/속도 산출부(80)와 이력변위산출부(81)의 산출결과에 근거하여 측정대상(11)의 상태를 판정하는 상태판정부(83)와, 상태판정부(83)의 판정결과에 근거하여 측정대상(11)과의 거리 및 측정대상(11)의 속도를 확정하는 거리/속도 확정부(84)로 구성된다.
- [0040] 본 실시예에서는, 측정대상(11)의 상태를 소정의 조건을 만족하는 미소변위상태, 혹은 미소변위상태보다 움직임이 큰 변위상태 중 어느 하나라고 한다. 계수기간(Pn)과 계수기간(Pm)의 1주기당 측정대상(11)의 평균변위를 V 라고 하였을 때, 미소변위상태란 $(\lambda_b - \lambda_a)/\lambda_b > V/L_b$ 를 만족하는 상태이고, 변위상태란 $(\lambda_b - \lambda_a)/\lambda_b \leq V/L_b$ 를 만족하는 상태이다. 단, L_b 는 시각 tn(tn1, tn2, tn3, tn4, tn5, tn6, tn7, tn8) 또는 tm(tm1, tm2, tm3, tm4, tm5, tm6, tm7, tm8)일 때의 거리이다. 한편, 계수기간(Pn)과 계수기간(Pm)을 합한 시간에 의해 변위(V)를 정규화하면, 측정대상(11)의 속도를 얻을 수 있다.

[0041] 먼저, 연산장치(8)의 거리/속도 산출부(80)는, 현재시각(t)에서의 거리 후보값 $L_a(t)$, $L_b(t)$ 와 속도 후보값 $V_a(t)$, $V_b(t)$ 를 다음의 식과 같이 산출하여, 기억부(82)에 저장한다(도 8의 단계 S1).

수학식 2

[0042] $L_a(t) = \lambda_a \times \lambda_b \times (MHP(t-1) + MHP(t)) / \{4 \times (\lambda_b - \lambda_a)\}$

수학식 3

[0043] $L_b(t) = \lambda_a \times \lambda_b \times (|MHP(t-1) - MHP(t)|) / \{4 \times (\lambda_b - \lambda_a)\}$

수학식 4

[0044] $V_a(t) = (MHP(t-1) - MHP(t)) \times \lambda_b / 4$

수학식 5

[0045] $V_b(t) = (MHP(t-1) + MHP(t)) \times \lambda_b / 4$

[0046] 수학식 2 내지 수학식 5에 있어서, $MHP(t)$ 는 현재시각(t)에서 산출된 MHP의 수, $MHP(t-1)$ 은 $MHP(t)$ 의 1회 전에 산출된 MHP의 수이다. 예를 들어, $MHP(t)$ 가 계수장치(7)의 변환부(72-2)에 의해 산출된 수(m)라고 하면, $MHP(t-1)$ 은 변환부(72-1)에 의해 산출된 수(n)이고, 반대로 $MHP(t)$ 가 변환부(72-1)에 의해 산출된 수(n)라고 하면, $MHP(t-1)$ 은 변환부(72-2)에 의해 산출된 수(m)이다.

[0047] 한편, 상기 수학식 2 및 수학식 3은 반도체 레이저(1-1, 1-2)에 모드호핑 현상을 가지지 않는 형을 이용하는 경우를 상정한 것이다. 만약, 반도체 레이저(1-1, 1-2)에 모드호핑 현상을 가지는 형을 이용하는 경우에는, 상기 수학식 2 및 수학식 3 대신에 아래의 수학식 6 및 수학식 7을 이용하여야 한다.

수학식 6

[0048] $L_a(t) = \lambda_a \times \lambda_b \times (MHP(t-1) + MHP(t)) / \{4 \times (\lambda_b - \lambda_a - \sum \lambda_{mp})\}$

수학식 7

[0049] $L_b(t) = \lambda_a \times \lambda_b \times (|MHP(t-1) - MHP(t)|) / \{4 \times (\lambda_b - \lambda_a - \sum \lambda_{mp})\}$

[0050] 여기서, λ_{mp} 는 모드호핑 현상에 의해 불연속이 된 주파수 폭의 크기를 나타낸다. 하나의 기간(t) 중에 복수개의 모드호핑 현상이 발생하는 경우, 모든 λ_{mp} 가 거의 같은 크기를 나타낸다. $\sum \lambda_{mp}$ 는 하나의 기간(t) 중에 발생한 모드호핑 현상에 의한 주파수의 불연속 폭의 크기(λ_{mp})를 모두 가산한 값이다.

[0051] 후보값 $L_a(t)$, $V_a(t)$ 는 측정대상(11)이 미소변위상태에 있다고 가정하여 계산한 값이고, 후보값 $L_b(t)$, $V_b(t)$ 는 측정대상(11)이 변위상태에 있다고 가정하여 계산한 값이다. 연산장치(8)는, 계수장치(7)에 의해 MHP의 수가 측정되는 시각마다 수학식 2 내지 수학식 5의 계산을 한다.

[0052] 이어서, 연산장치(8)의 이력변위산출부(81)는, 미소변위상태와 변위상태 각각에 대하여 현재시각(t)에서의 거리 후보값과, 기억부(82)에 저장된 직전 시각에서의 거리 후보값과의 차인 이력변위를, 다음 수학식과 같이 산출하여 기억부(82)에 저장한다(도 8의 단계 S2). 한편, 수학식 8, 수학식 9에서는 현재시각(t)의 1회 전에 산출된 거리 후보값을 $L_a(t-1)$, $L_b(t-1)$ 로 하고 있다.

수학식 8

[0053] $V_{cal a}(t) = L_a(t) - L_a(t-1)$

수학식 9

[0054] $V_{cal b}(t) = L_b(t) - L_b(t-1)$

[0055] 이력변위 $V_{cal a}(t)$ 는 측정대상(11)이 미소변위상태에 있다고 가정하여 계산한 값이고, 이력변위 $V_{cal b}(t)$ 는 측정대상(11)이 변위상태에 있다고 가정하여 계산한 값이다. 연산장치(8)는, 계수장치(7)에 의해 MHP의 수가 산출되는 시각마다 수학식 8, 수학식 9의 계산을 한다. 한편, 수학식 4, 수학식 5, 수학식 8 및 수학식 9에서는 측

정대상(11)이 본 실시예의 거리/속도계에 가까워지는 방향을 양의 속도, 멀어지는 방향을 음의 속도로 정하고 있다.

- [0056] 이어서, 연산장치(8)의 상태판정부(83)는, 기억부(82)에 저장된 수학식 2 내지 수학식 5, 수학식 8 및 수학식 9의 산출결과를 이용하여, 측정대상(11)의 상태를 판정한다(도 8의 단계 S3).
- [0057] 일본특허공개 2006-313080호에 기재되어 있는 바와 같이, 측정대상(11)이 미소변위상태에서 이동(등속도운동)하고 있는 경우, 측정대상(11)을 미소변위상태라고 가정하여 계산한 이력변위 $V_{cal\alpha}(t)$ 의 부호는 일정하며, 측정대상(11)을 미소변위상태라고 가정하여 계산한 속도 후보값 $V_{\alpha}(t)$ 와 이력변위 $V_{cal\alpha}(t)$ 의 절대값의 평균값이 같아진다. 또한, 측정대상(11)이 미소변위상태에서 등속도운동을 하고 있는 경우, 측정대상(11)을 변위상태라고 가정하여 계산한 이력변위 $V_{cal\beta}(t)$ 의 부호는 MHP의 수가 산출되는 시각마다 반전된다.
- [0058] 따라서, 상태판정부(83)는, 측정대상(11)이 미소변위상태에 있다고 가정하여 계산한 이력변위 $V_{cal\alpha}(t)$ 의 부호가 일정하고, 측정대상이 미소변위상태에 있다고 가정하여 계산한 속도 후보값 $V_{\alpha}(t)$ 와 이력변위 $V_{cal\alpha}(t)$ 의 절대값의 평균값이 같은 경우, 측정대상(11)이 미소변위상태에서 등속도운동을 하고 있다고 판정한다.
- [0059] 일본특허공개 2006-313080호에 기재되어 있는 바와 같이, 측정대상(11)이 변위상태에서 이동(등속도운동)하고 있는 경우, 측정대상(11)을 변위상태라고 가정하여 계산한 이력변위 $V_{cal\beta}(t)$ 의 부호는 일정하며, 측정대상(11)을 변위상태라고 가정하여 계산한 속도 후보값 $V_{\beta}(t)$ 와 이력변위 $V_{cal\beta}(t)$ 의 절대값의 평균값이 같아진다. 또한, 측정대상(11)이 변위상태에서 등속도운동을 하고 있는 경우, 측정대상(11)을 미소변위상태라고 가정하여 계산한 이력변위 $V_{cal\alpha}(t)$ 의 부호는 MHP의 수가 산출되는 시각마다 반전된다.
- [0060] 따라서, 상태판정부(83)는, 측정대상(11)이 변위상태에 있다고 가정하여 계산한 이력변위 $V_{cal\beta}(t)$ 의 부호가 일정하고, 측정대상이 변위상태에 있다고 가정하여 계산한 속도 후보값 $V_{\beta}(t)$ 와 이력변위 $V_{cal\beta}(t)$ 의 절대값의 평균값이 같은 경우, 측정대상(11)이 변위상태에서 등속도운동을 하고 있다고 판정한다.
- [0061] 일본특허공개 2006-313080호에 기재되어 있는 바와 같이, 측정대상(11)이 미소변위상태에서 등속도운동 이외의 운동을 하고 있는 경우, 측정대상(11)을 미소변위상태라고 가정하여 계산한 속도 후보값 $V_{\alpha}(t)$ 와 측정대상(11)이 미소변위상태라고 가정하여 계산한 이력변위 $V_{cal\alpha}(t)$ 의 절대값의 평균값이 일치하지 않는다. 마찬가지로, 측정대상(11)을 변위상태라고 가정하여 계산한 속도 후보값 $V_{\beta}(t)$ 와 측정대상(11)을 변위상태라고 가정하여 계산한 이력변위 $V_{cal\beta}(t)$ 의 절대값의 평균값도 일치하지 않는다.
- [0062] 또한, 측정대상(11)이 미소변위상태에서 등속도운동 이외의 운동을 하고 있는 경우, 측정대상(11)을 미소변위상태라고 가정하여 계산한 이력변위 $V_{cal\alpha}(t)$ 의 부호는 MHP의 수가 산출되는 시각마다 반전하고, 측정대상(11)을 변위상태라고 가정하여 계산한 이력변위 $V_{cal\beta}(t)$ 에서는 부호의 변동이 있어도, MHP의 수가 산출되는 시각마다 변동하는 것은 아니다.
- [0063] 따라서, 상태판정부(83)는, 측정대상(11)이 미소변위상태에 있다고 가정하여 계산한 이력변위 $V_{cal\alpha}(t)$ 의 부호가 MHP의 수가 산출되는 시각마다 반전하고, 측정대상(11)이 미소변위상태에 있다고 가정하여 계산한 속도 후보값 $V_{\alpha}(t)$ 와 이력변위 $V_{cal\alpha}(t)$ 의 절대값의 평균값이 일치하지 않는 경우, 측정대상(11)이 미소변위상태에서 등속도운동 이외의 운동을 하고 있다고 판정한다.
- [0064] 한편, 속도 후보값 $V_{\beta}(t)$ 에 착안하면, $V_{\beta}(t)$ 의 절대값은 정수가 되며, 이 절대값은 측정대상(11)이 미소변위상태에 있다고 가정하여 계산한 거리 후보값 $L_{\alpha}(t)$ 에 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 파장변화율 $(\lambda_b - \lambda_a)/\lambda_b$ 를 곱한 값과 같다. 그래서, 상태판정부(83)는, 측정대상(11)이 변위상태에 있다고 가정하여 계산한 속도 후보값 $V_{\beta}(t)$ 의 절대값이, 거리 후보값 $L_{\alpha}(t)$ 에 파장변화율 $(\lambda_b - \lambda_a)/\lambda_b$ 를 곱한 값과 같고, 측정대상(11)이 미소변위상태에 있다고 가정하여 계산한 속도 후보값 $V_{\alpha}(t)$ 와 이력변위 $V_{cal\alpha}(t)$ 의 절대값의 평균값이 일치하지 않는 경우, 측정대상(11)이 미소변위상태에서 등속도운동 이외의 운동을 하고 있다고 판정하여도 된다.
- [0065] 일본특허공개 2006-313080호에 기재되어 있는 바와 같이, 측정대상(11)이 변위상태에서 등속도운동 이외의 운동을 하고 있는 경우, 측정대상(11)을 미소변위상태라고 가정하여 계산한 속도 후보값 $V_{\alpha}(t)$ 와 측정대상(11)이 미소변위상태라고 가정하여 계산한 이력변위 $V_{cal\alpha}(t)$ 의 절대값의 평균값이 일치하지 않고, 측정대상(11)을 변위상태라고 가정하여 계산한 속도 후보값 $V_{\beta}(t)$ 와 측정대상(11)을 변위상태라고 가정하여 계산한 이력변위 $V_{cal\beta}(t)$ 의 절대값의 평균값도 일치하지 않는다.
- [0066] 또한, 측정대상(11)이 변위상태에서 등속도운동 이외의 운동을 하고 있는 경우, 측정대상(11)을 변위상태라고 가정하여 계산한 이력변위 $V_{cal\beta}(t)$ 의 부호는 MHP의 수가 산출되는 시각마다 반전하고, 측정대상(11)을 미소변

위상태라고 가정하여 계산한 이력변위 $V_{cal\alpha}(t)$ 에서는 부호의 변동이 있어도, MHP의 수가 산출되는 시각마다 변동하는 것은 아니다.

[0067] 따라서, 상태판정부(83)는, 측정대상(11)이 변위상태에 있다고 가정하여 계산한 이력변위 $V_{cal\beta}(t)$ 의 부호가 MHP의 수가 산출되는 시각마다 반전하고, 측정대상(11)이 변위상태에 있다고 가정하여 계산한 속도 후보값 $V_{\beta}(t)$ 와 이력변위 $V_{cal\beta}(t)$ 의 절대값의 평균값이 일치하지 않는 경우, 측정대상(11)이 변위상태에서 등속도운동 이외의 운동을 하고 있다고 판정한다.

[0068] 한편, 속도 후보값 $V_{\alpha}(t)$ 에 착안하면, $V_{\alpha}(t)$ 의 절대값은 정수가 되며, 이 절대값은 측정대상(11)이 변위상태에 있다고 가정하여 계산한 거리 후보값 $L_{\beta}(t)$ 에 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 파장변화율 $(\lambda_b - \lambda_a)/\lambda_b$ 를 곱한 값과 같다. 따라서, 상태판정부(83)는, 측정대상(11)이 미소변위상태에 있다고 가정하여 계산한 속도 후보값 $V_{\alpha}(t)$ 의 절대값이, 거리 후보값 $L_{\beta}(t)$ 에 파장변화율 $(\lambda_b - \lambda_a)/\lambda_b$ 를 곱한 값과 같고, 측정대상(11)이 변위상태에 있다고 가정하여 계산한 속도 후보값 $V_{\beta}(t)$ 와 이력변위 $V_{cal\beta}(t)$ 의 절대값의 평균값이 일치하지 않는 경우, 측정대상(11)이 변위상태에서 등속도운동 이외의 운동을 하고 있다고 판정하여도 된다.

[0069] 이상의 상태판정부(83)의 판정동작을 표 1에 나타낸다.

표 1

		이력변위		속도 후보값	
		$V_{cal\alpha}(t)$	$V_{cal\beta}(t)$	$V_{\alpha}(t)$	$V_{\beta}(t)$
이동	미소 변위상태	부호일정 속도 후보값과 이력 변위의 절대값의 평균값이 일치	부호산출시마다 반전	-	-
	변위상태	부호산출시마다 반전	부호일정 속도 후보값과 이력 변위의 절대값의 평균값이 일치	-	-
진동	미소 변위상태	부호산출시마다 반전 속도 후보값과 이력 변위 절대값의 평균값이 불일치	-	-	속도 후보값의 절대값이, 측정대상이 미소변위상태에 있다고 가정하여 산출한 거리 후보값에 파장변화율을 곱한 값과 일치
	변위상태	-	부호산출시마다 반전 속도 후보값과 이력 변위 절대값의 평균값이 불일치	속도 후보값의 절대값이, 측정대상이 변위상태에 있다고 가정하여 산출한 거리 후보값에 파장변화율을 곱한 값과 일치	-

[0071] 연산장치(8)의 거리/속도 확정부(84)는, 상태판정부(83)의 판정결과에 근거하여 측정대상(11)의 속도 및 측정대상(11)과의 거리를 확정한다(도 8의 단계 S4).

[0072] 즉, 거리/속도 확정부(84)는, 측정대상(11)이 미소변위상태에서 등속도운동을 하고 있다고 판정되었을 경우, 속도 후보값 $V_{\alpha}(t)$ 를 측정대상(11)의 속도로 하고, 거리 후보값 $L_{\alpha}(t)$ 를 측정대상(11)과의 거리라고 하며, 측정대상(11)이 변위상태에서 등속도운동을 하고 있다고 판정되었을 경우에는, 속도 후보값 $V_{\beta}(t)$ 를 측정대상(11)의 속도로 하고, 거리 후보값 $L_{\beta}(t)$ 를 측정대상(11)과의 거리라고 한다.

[0073] 또한, 거리/속도 확정부(84)는, 측정대상(11)이 미소변위상태에서 등속도운동 이외의 운동을 하고 있다고 판정되었을 경우, 속도 후보값 $V_{\alpha}(t)$ 를 측정대상(11)의 속도로 하고, 거리 후보값 $L_{\alpha}(t)$ 를 측정대상(11)과의 거리라고 한다. 단, 실제 거리는 거리 후보값 $L_{\alpha}(t)$ 의 평균값이 된다. 또한, 거리/속도 확정부(84)는, 측정대상(11)이 변위상태에서 등속도운동 이외의 운동을 하고 있다고 판정되었을 경우에는, 속도 후보값 $V_{\beta}(t)$ 를 측정대상(11)의 속도로 하고, 거리 후보값 $L_{\beta}(t)$ 를 측정대상(11)과의 거리라고 한다. 단, 실제 거리는 거리 후보값 $L_{\beta}(t)$ 의 평균값이 된다.

[0074] 한편, MHP(t-1)과 MHP(t)의 대소관계에 의해 $V_{\beta}(t)$ 는 반드시 양의 값이 되며, $V_{\alpha}(t)$ 는 양 또는 음의 값 중 어

는 하나가 되는데, 이 부호들은 측정대상(11)의 속도 방향을 표현한 것이 아니다. 발진파장이 증가하고 있는 반도체 레이저의 MHP의 수가 발진파장이 감소하고 있는 반도체 레이저의 MHP의 수보다 클 때, 즉 $n > m$ 일 때, 측정대상(11)의 속도는 양의 방향(레이저에 접근하는 방향)이 된다.

[0075] 연산장치(8)는 예를 들어, 사용자로부터 계측종료 지시가 있을 때까지(도 8의 단계 S5에서 예) 계수장치(7)에 의해 MHP의 수가 산출되는 시각마다 이상과 같은 단계 S1 내지 단계 S4의 처리를 한다.

[0076] 표시장치(9)는 연산장치(8)에 의해 산출된 측정대상(11)과의 거리 및 측정대상(11)의 속도를 실시간으로 표시한다.

[0077] 한편, 진폭조정장치(10)는, 연산장치(8)의 상태판정부(83)의 판정결과를 이용하여, 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 삼각파 구동전류의 진폭이 적절해지도록 레이저 드라이버(4-1, 4-2)를 제어한다. 진폭조정장치(10)는, 연산장치(8)의 거리/속도산출부(80)가 산출한 속도 후보값 $V\alpha(t)$, $V\beta(t)$ 중, 상태판정부(83)가 진짜 값이 아니라고 판단하여 선택하지 않은 속도 후보값을 이용하여 진폭을 조정한다. 측정대상(11)이 미소변위상태에서 등속도운동 또는 등속도운동 이외의 운동을 하고 있다고 판정된 경우, 상태판정부(83)가 선택하지 않은 속도 후보값은 $V\beta(t)$ 이고, 측정대상(11)이 변위상태에서 등속도운동 또는 등속도운동 이외의 운동을 하고 있다고 판정된 경우, 상태판정부(83)가 선택하지 않은 속도 후보값은 $V\alpha(t)$ 이다.

[0078] 진폭조정장치(10)는, 상태판정부(83)가 선택하지 않은 속도 후보값이, 상태판정부(83)가 진짜 값이라고 판단하여 선택한 거리 후보값에 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 파장변화율 $(\lambda b - \lambda a)/\lambda b$ 를 곱한 값과 대략 같도록, 레이저 드라이버(4-1, 4-2)를 통하여 삼각파 구동전류의 진폭을 조정한다. 이 때, 레이저 드라이버(4-1)로부터 반도체 레이저(1-1)로 공급되는 구동전류와, 레이저 드라이버(4-2)로부터 반도체 레이저(1-2)로 공급되는 구동전류 모두를 진폭조정하여도 되고, 어느 한쪽을 조정하여도 된다.

[0079] 도 9는 레이저 드라이버(4-1, 4-2)로부터 반도체 레이저(1-1, 1-2)로 공급되는 삼각파 구동전류의 진폭 조정방법을 설명하기 위한 도면이다. 진폭조정장치(10)로부터의 지시에 따라, 레이저 드라이버(4-1, 4-2)는 구동전류의 최대값을 일정한 값(도 9의 예에서는 반도체 레이저(1-1, 1-2)에 의해 규정되는 구동전류의 상한값(CL))으로 고정한 채, 구동전류의 최소값을 크게 하거나 작게 함으로써, 구동전류의 진폭 AMP를 조정한다. 이와 같이 하여 구동전류의 진폭을 적절한 값으로 설정할 수 있다.

[0080] 본 실시예와 같이 복수의 반도체 레이저(1-1, 1-2)를 이용하는 거리/속도계에서는, 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 파장변화량의 절대값에 차이가 있으면, 측정값에 오차가 발생한다. 그래서, 본 실시예와 같이 삼각파 구동전류의 진폭을 조정함으로써, 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 파장변화량의 절대값을 같게 할 수 있으며, 거리 및 속도의 측정오차를 줄일 수 있다.

[0081] 한편, 본 실시예에서는 상태판정부(83)가 선택하지 않은 속도 후보값이, 상태판정부(83)가 진짜 값이라고 판단하여 선택한 거리 후보값에 파장변화율 $(\lambda b - \lambda a)/\lambda b$ 를 곱한 값과 같도록, 삼각파 구동전류의 진폭을 조정하는데, 속도 후보값과, 거리 후보값에 파장변화율을 곱한 값을 똑같이 할 필요는 없고, 대략 같은 상태이면 된다.

[0082] 이상과 같이 본 실시예에서는, 반도체 레이저(1-1, 1-2)에 발진파장이 연속적으로 증가하는 제1 발진기간과 발진파장이 연속적으로 감소하는 제2 발진기간을 번갈아 반복하여, 포토다이오드(2-1, 2-2)의 출력신호에 포함되는 MHP의 수를, 포토다이오드(2-1)와 포토다이오드(2-2) 각각에 대하여 세고, 이 계수결과와 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 최소발진파장(λa)과 최대발진파장(λb)으로부터, 측정대상(11)과의 거리 및 측정대상(11)의 속도를 산출할 수 있다. 그 결과, 본 실시예에서는 (a) 장치를 소형화할 수 있고, (b) 고속 회로가 필요하지 않으며, (c) 외란광에 강하고, (d) 측정대상을 가리지 않는다는 종래의 자기결합형 레이저 계측기의 이점을 살리면서, 측정대상(11)과의 거리 뿐만 아니라, 측정대상(11)의 속도도 계측할 수 있다. 또한, 본 실시예에 따르면, 측정대상(11)이 등속도운동을 하고 있는지 등속도운동 이외의 운동을 하고 있는지를 판정할 수 있다.

[0083] 또한, 본 실시예에서는 발진파장의 증감이 반대가 되는 반도체 레이저(1-1, 1-2)로부터 서로 평행한 레이저광을 측정대상(11)으로 동시에 방사시키고, 제1 발진기간 및 제2 발진기간보다 짧은 제1 계수기간(P_n)에 포토다이오드(2-1) 또는 포토다이오드(2-2)의 출력에 포함되는 MHP의 수(n)를 구하고, 제1 발진기간 및 제2 발진기간보다 짧고, 제1 계수기간(P_n)과 적어도 일부 시각이 다른 제2 계수기간(P_m)에 포토다이오드(2-1) 또는 포토다이오드(2-2)의 출력에 포함되는 MHP의 수(m)를 구함으로써, 일본특허공개 2006-313080호에 개시된 거리/속도계보다 짧은 시간에 거리와 속도를 측정할 수 있다. 일본특허공개 2006-313080호에 개시된 거리/속도계에서는 예를 들어, 제1 발진기간($t-1$)과 제2 발진기간(t)과 제1 발진기간($t+1$)의 적어도 3회에 걸쳐 MHP의 수를 세어야 하는데, 본 실시예에서는 예를 들어, 제1 계수기간(P_{n1})과 제2 계수기간(P_{m1})과 제1 계수기간(P_{n2})의 적어도 3회에 걸쳐

MHP의 수를 세면 된다.

- [0084] 또한, 본 실시예에서는 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 과장변화량의 절대값을 같게 함으로써, 거리 및 속도의 측정 정밀도를 향상시킬 수 있다.
- [0085] 한편, 본 실시예에서 산출되는 속도 및 거리는, 도 6의 시각(t_n)(t_{n1} , t_{n2} , t_{n3} , t_{n4} , t_{n5} , t_{n6} , t_{n7} , t_{n8})과 시각(t_m)(t_{m1} , t_{m2} , t_{m3} , t_{m4} , t_{m5} , t_{m6} , t_{m7} , t_{m8})의 중간시각에서의 값이 된다. 예를 들어, 제1 계수기간(P_{n1})에서의 MHP의 수(n)와 제2 계수기간(P_{m1})에서의 MHP의 수(m)를 이용하여 산출된 속도 및 거리는 시각(t_{n1})과 시각(t_{m1})의 중간시각에서의 값이고, 제2 계수기간(P_{m1})에서의 MHP의 수(m)와 제1 계수기간(P_{n2})에서의 MHP의 수(n)를 이용하여 산출된 속도 및 거리는 시각(t_{m1})과 시각(t_{n2})의 중간시각에서의 값이다. 그래서, 도 4에 나타난 계수장치(7)의 내부에 속도 및 거리의 산출값에 대응하는 시각을 계산하는 시각계산부를 설치하도록 하여도 된다.
- [0086] [제2 실시예]
- [0087] 제1 실시예에서는 자기결합형 간섭계에 본 발명을 적용하는 경우에 대하여 설명하였는데, 자기결합형 이외의 간섭계에 본 발명을 적용할 수도 있다. 도 10은 본 발명의 제2 실시예가 되는 거리/속도계의 구성을 나타내는 블록도이고, 도 1과 동일한 구성에는 같은 부호를 사용하고 있다. 도 10에서 12-1, 12-2는 입사광과 반사광을 분리하는 빔 스플리터(Beam Splitter)이다.
- [0088] 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 레이저광이 서로 평행하게 출사되어 측정대상(11)으로 입사하는 것은, 제1 실시예와 같다. 빔 스플리터(12-1, 12-2) 및 렌즈(3-1, 3-2)를 통과한 레이저광은 측정대상(11)으로 입사된다. 그리고, 본 실시예에서는 측정대상(11)에서 반사된 반도체 레이저(1-1, 1-2)의 광은, 각각 빔 스플리터(12-1, 12-2)에 의해 측정대상(11)으로의 입사광과 분리되어, 포토다이오드(2-1, 2-2)로 보내진다.
- [0089] 포토다이오드(2-1, 2-2) 이후의 구성은 제1 실시예와 같으므로, 설명은 생략한다. 이렇게 하여 자기결합형 이외의 간섭계에서도 제1 실시예와 같은 효과를 얻을 수 있다.
- [0090] 제1, 제2 실시예에서의 계수장치(7)와 연산장치(8)는 예를 들어, CPU, 기억장치 및 인터페이스를 구비한 컴퓨터와 이들의 하드웨어 자원을 제어하는 프로그램에 의해 실현할 수 있다. 이와 같은 컴퓨터를 동작시키기 위한 프로그램은, 플렉시블 디스크, CD-ROM, DVD-ROM, 메모리 카드 등의 기록매체에 기록된 상태로 제공된다. CPU는 읽어들인 프로그램을 기억장치에 기입하고, 이 프로그램에 따라 제1, 제2 실시예에서 설명한 처리를 실행한다.
- [0091] 한편, 제1, 제2 실시예에서, 측정대상(11)이 매우 작은 변위를 가지는 진동을 할 때(예를 들어, 최대속도 2nm), 실제 거리 변화(진폭)는 수 nm이지만, 거리산출의 분해능이 변위분해능보다 낮기 때문에 오차가 커진다. 그래서, 측정대상이 미소한 변위를 가지는 운동상태에 있을 경우에는, 산출결과 대신, 변위(속도)를 적분한 값을 거리의 변화라고 하는 편이 정밀도가 향상된다.
- [0092] 또한, 제1, 제2 실시예에서는, 반도체 레이저(1-1)와 반도체 레이저(1-2)의 최소발진파장(λ_a)이 동일하고, 반도체 레이저(1-1)와 반도체 레이저(1-2)의 최대발진파장(λ_b)이 동일한 경우에 대하여 설명하였는데, 이것으로 한정되지 않고, 도 11에 나타내는 바와 같이, 반도체 레이저(1-1)와 반도체 레이저(1-2)의 사이에서 최소발진파장(λ_a) 및 최대발진파장(λ_b)이 서로 달라도 된다. 도 11에서 λ_{a1} , λ_{b1} 은 반도체 레이저(1-1)의 최소발진파장, 최대발진파장이고, λ_{a2} , λ_{b2} 는 반도체 레이저(1-2)의 최소발진파장, 최대발진파장이다. 이 경우, $\lambda_{a1} \times \lambda_{b1} / \{4 \times (\lambda_{b1} - \lambda_{a1})\}$ 과 $\lambda_{a2} \times \lambda_{b2} / \{4 \times (\lambda_{b2} - \lambda_{a2})\}$ 가 항상 같은 고정값이면 좋다. 이 경우, 수학적 2 내지 수학적 5, 수학적 6, 수학적 7에서의 λ_a , λ_b 로서는 λ_{a1} , λ_{b1} 을 사용하여도 되고, λ_{a2} , λ_{b2} 를 사용하여도 된다.
- [0093] 또한, 제1, 제2 실시예에서는 반도체 레이저(1-1, 1-2)를 삼각파 형상으로 발진시켰는데, 이것으로 한정되지 않고, 도 12에 나타내는 바와 같이 반도체 레이저(1-1, 1-2)를 톱니파 형상으로 발진시켜도 된다. 즉, 본 발명에서는 적어도 제1 발진기간(P_1)이 반복해서 존재하도록 반도체 레이저(1-1)를 동작시키고, 반도체 레이저(1-1)와 발진파장의 증감이 반대가 되도록 반도체 레이저(1-2)를 동작시키면 된다. 도 11의 경우와 마찬가지로 $\lambda_{a1} \neq \lambda_{a2}$, $\lambda_{b1} \neq \lambda_{b2}$ 여도 되고, 도 2의 경우와 마찬가지로 $\lambda_{a1} = \lambda_{a2}$, $\lambda_{b1} = \lambda_{b2}$ 여도 된다.
- [0094] 제1 발진기간(P_1)에서의 동작은 삼각파 발진의 경우와 마찬가지로이다. 단, 반도체 레이저(1-1, 1-2)를 톱니파 형상으로 발진시키는 경우, 계수장치(7)의 전환스위치(70)의 출력은 고정시켜둘 필요가 있다. 즉, 전환스위치(70)는 필터회로(6-1)의 출력을 항상 주기측정부(71-1)의 입력에 접속시키고, 필터회로(6-2)의 출력을 항상 주기측정부(71-2)의 입력에 접속시킨다.

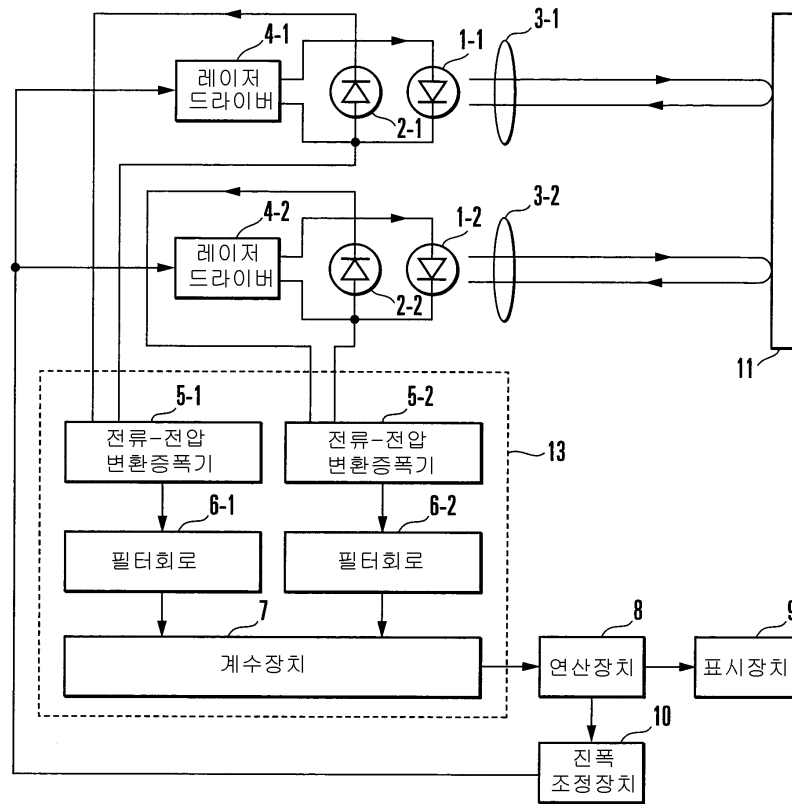
[0095] 한편, 반도체 레이저(1-1, 1-2)를 삼각파 형상으로 발진시키는 경우, 측정대상(11)의 상태에 관계없이, 진폭조정장치(10)에 의한 진폭조정이 가능한데, 반도체 레이저(1-1, 1-2)를 톱니파 형상으로 발진시키는 경우에는, 측정대상(11)이 정지상태인 경우에만 진폭조정이 가능하다.

도면의 간단한 설명

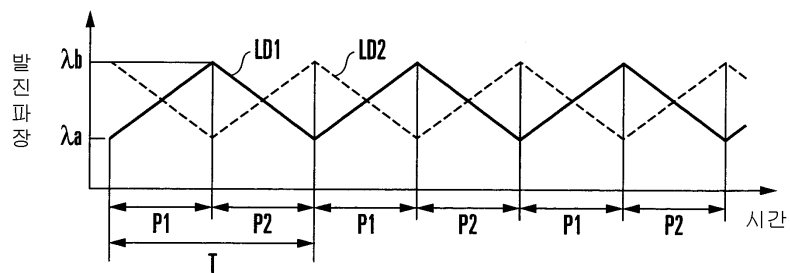
- [0096] 도 1은 본 발명의 제1 실시예가 되는 거리/속도계의 구성을 나타내는 블록도이다.
- [0097] 도 2는 본 발명의 제1 실시예에서의 반도체 레이저의 발진파장의 시간변화의 일례를 나타내는 도면이다.
- [0098] 도 3의 (a), (b)는 본 발명의 제1 실시예에서의 전류-전압 변환증폭기의 출력전압파형을 모식적으로 나타내는 도면이고, 도 3의 (c), (d)는 본 발명의 제1 실시예에서의 필터회로의 출력전압파형을 모식적으로 나타내는 도면이다.
- [0099] 도 4는 본 발명의 제1 실시예에서의 계수장치의 구성의 일례를 나타내는 블록도이다.
- [0100] 도 5는 도 4의 계수장치의 동작을 나타내는 흐름도이다.
- [0101] 도 6은 도 4의 계수장치의 계수기간을 나타내는 도면이다.
- [0102] 도 7은 본 발명의 제1 실시예에서의 연산장치의 구성의 일례를 나타내는 블록도이다.
- [0103] 도 8은 본 발명의 제1 실시예에서의 연산장치의 동작을 나타내는 흐름도이다.
- [0104] 도 9는 본 발명의 제1 실시예에서 레이저 드라이버로부터 반도체 레이저에 공급되는 삼각파 구동전류의 진폭 조정방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0105] 도 10은 본 발명의 제2 실시예가 되는 거리/속도계의 구성을 나타내는 블록도이다.
- [0106] 도 11은 본 발명의 제1, 제2 실시예에서의 반도체 레이저의 발진파장의 시간변화의 다른 예를 나타내는 도면이다.
- [0107] 도 12는 본 발명의 제1, 제2 실시예에서의 반도체 레이저의 발진파장의 시간변화의 다른 예를 나타내는 도면이다.
- [0108] 도 13은 종래의 레이저 계측기에서의 반도체 레이저의 복합공진기 모델을 나타내는 도면이다.
- [0109] 도 14는 반도체 레이저의 발진파장과 내장 포토다이오드의 출력파장의 관계를 나타내는 도면이다.
- [0110] 도 15는 종래의 거리/속도계의 구성을 나타내는 블록도이다.
- [0111] 도 16은 도 15의 거리/속도계에서의 반도체 레이저의 발진파장의 시간변화의 일례를 나타내는 도면이다.

도면

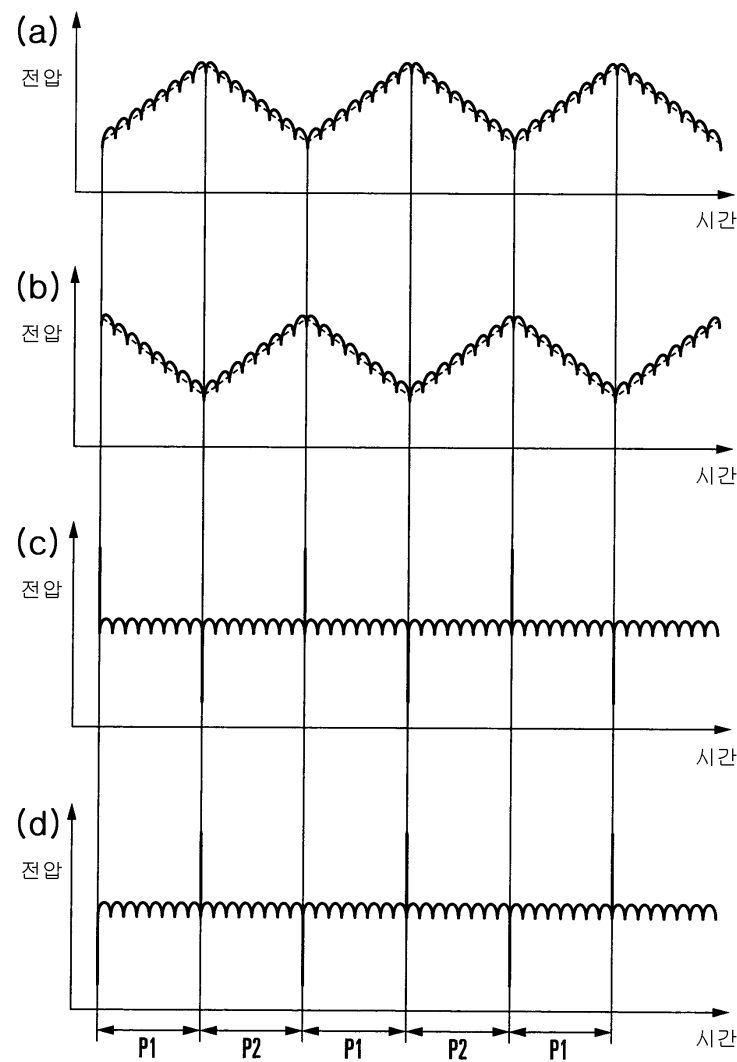
도면1



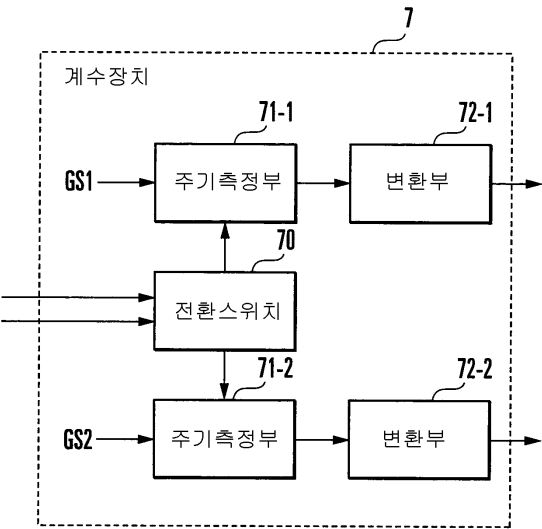
도면2



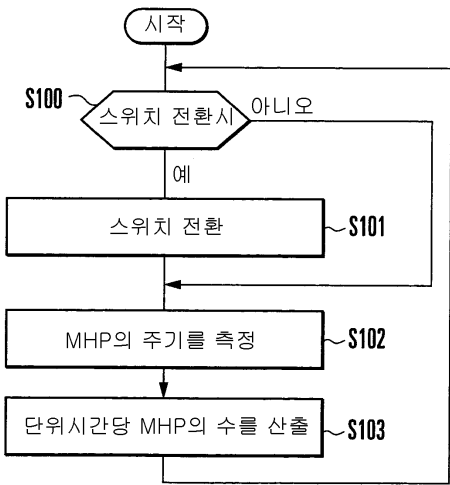
도면3



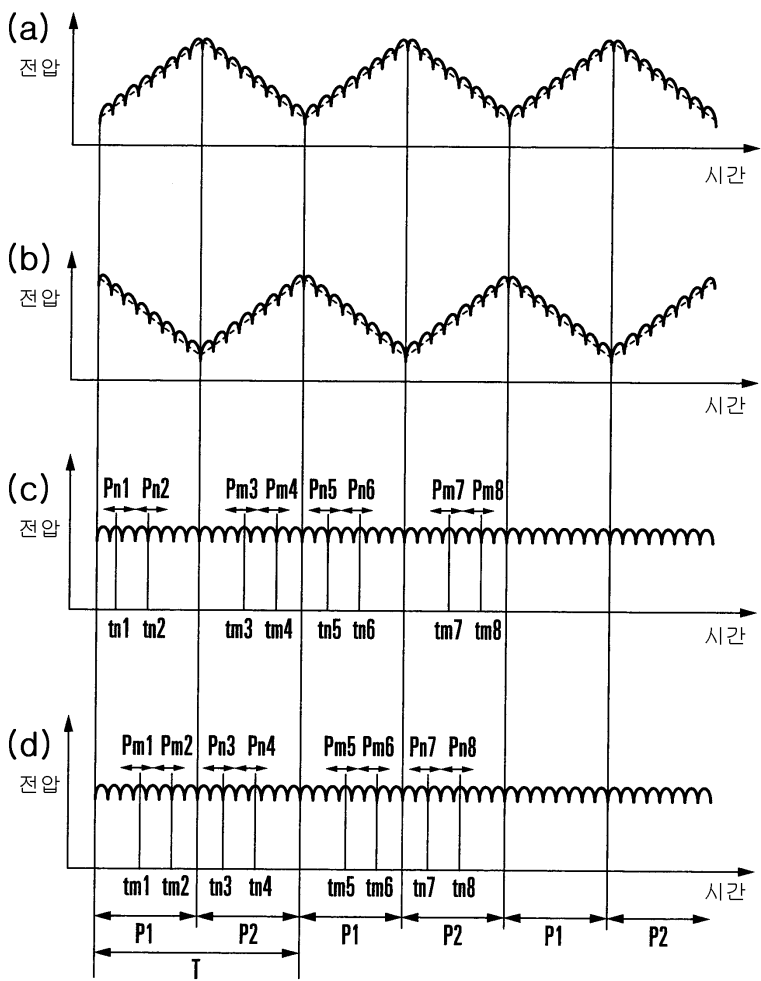
도면4



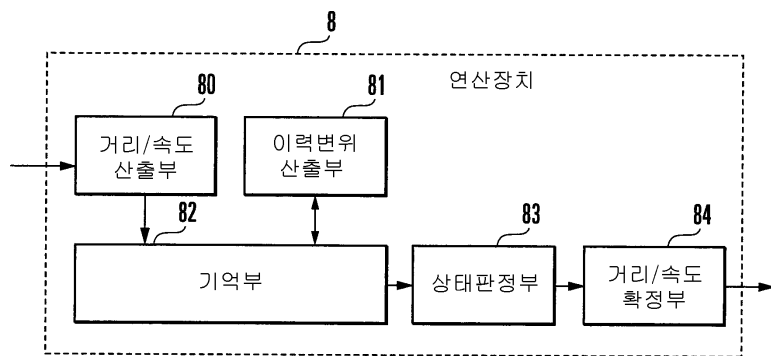
도면5



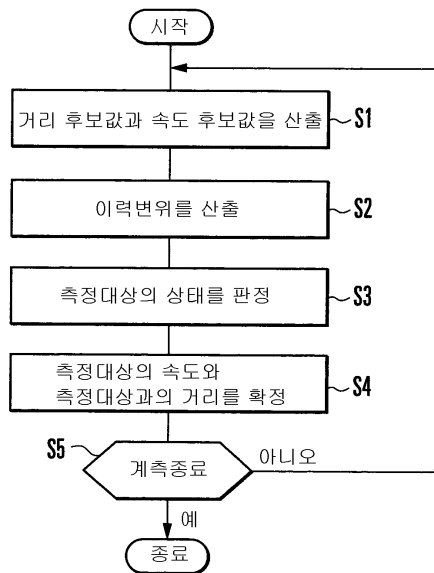
도면6



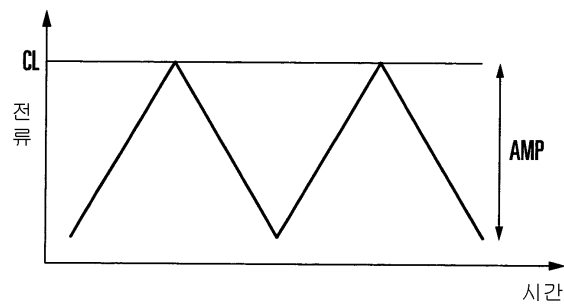
도면7



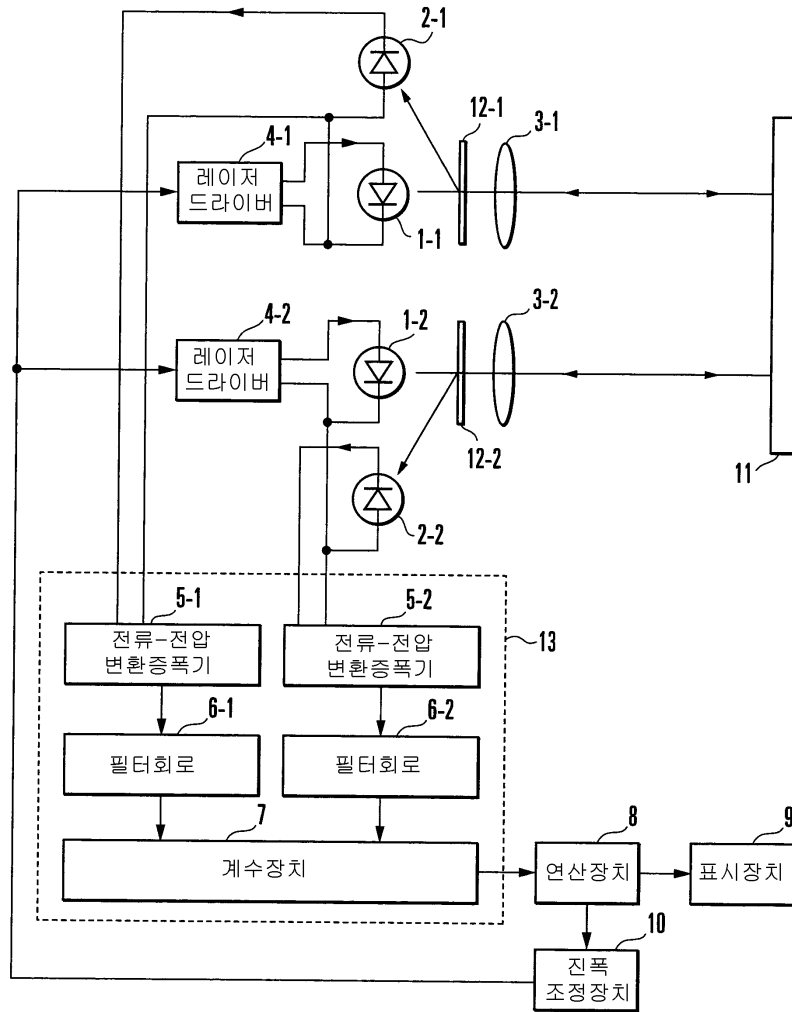
도면8



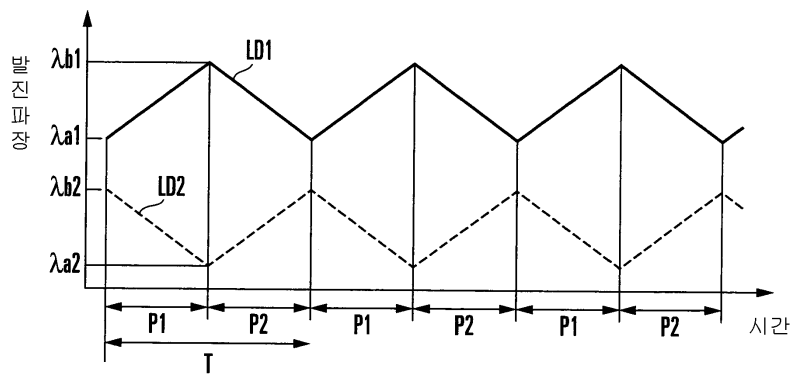
도면9



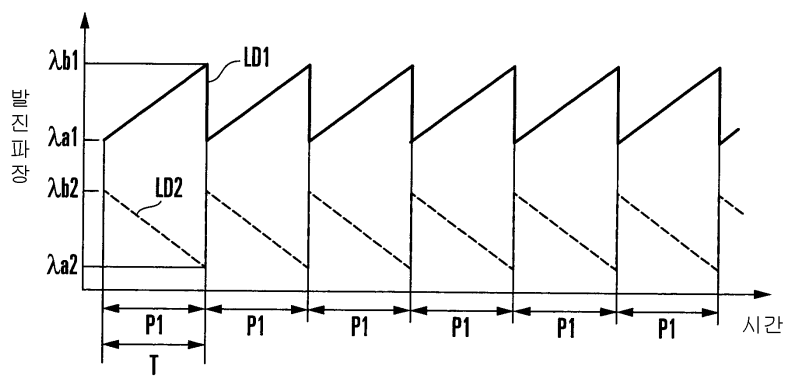
도면10



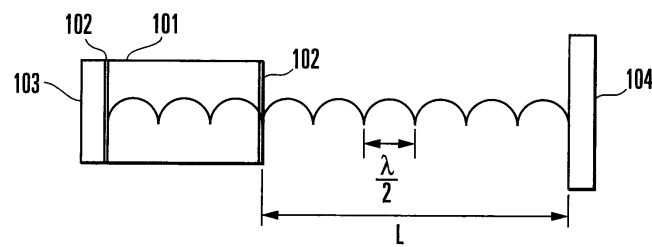
도면11



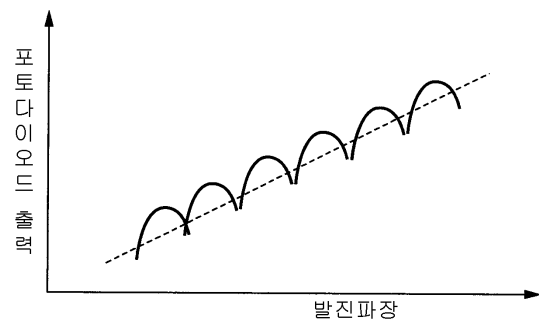
도면12



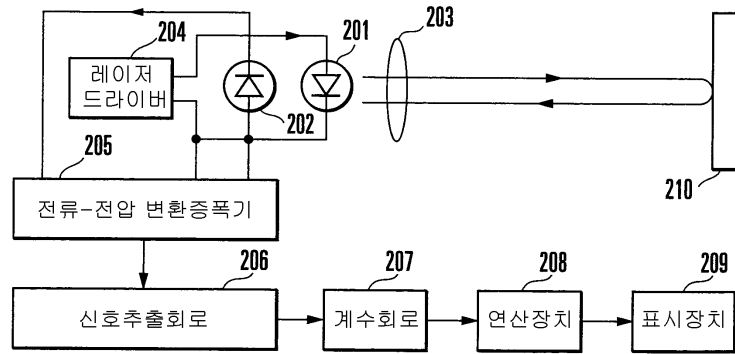
도면13



도면14



도면15



도면16

