

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국

(43) 국제공개일  
2013년 7월 18일 (18.07.2013)



(10) 국제공개번호

WO 2013/105830 A1

(51) 국제특허분류:  
G01B 9/02 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2013/000267

(22) 국제출원일: 2013년 1월 11일 (11.01.2013)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:  
10-2012-0003401 2012년 1월 11일 (11.01.2012) KR

(71) 출원인: 주식회사 고영테크놀로지 (KOHYOUNG TECHNOLOGY INC.) [KR/KR]; 153-706 서울시 금천구 가산디지털 2로 53 14층 15층(가산동 한라시그마밸리), Seoul (KR).

(72) 발명자: 서장일 (SER, Jang-II); 477-803 경기도 가평군 가평읍 호반로 1549, Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: 김인기 (KIM, In-Ki) 등; 302-828 대전시 서구 대덕대로 290 번길 11 한국농수산식품유통공사 4층, Daejeon (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO,

AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

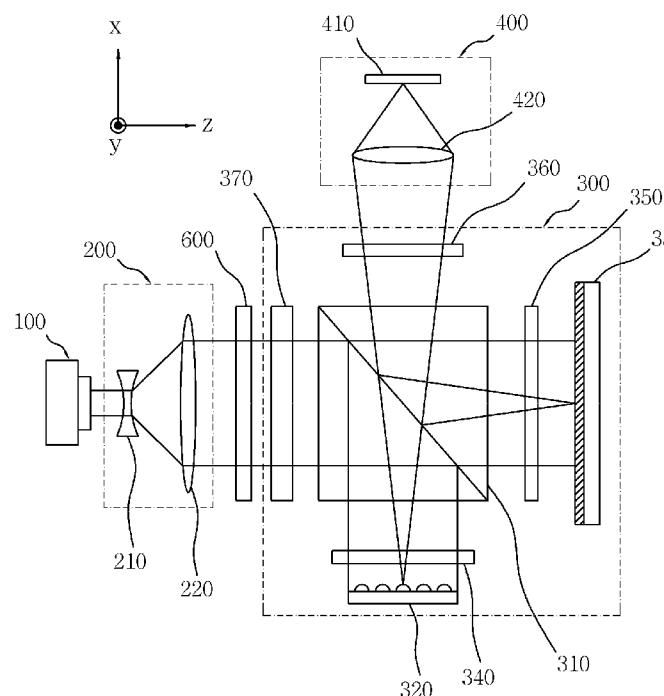
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) Title: INTERFEROMETER USING ASYMMETRIC POLARIZATION AND OPTICAL DEVICE USING THE INTERFEROMETER

(54) 발명의 명칭: 비대칭 편광을 이용한 간섭계 및 이를 이용한 광학장치



(57) Abstract: The present invention relates to an interferometer and to an optical device using the same. Conventional optical devices have the disadvantage that interference patterns are not clear and there is a restriction between a light source and the interferometer, and as a result, there has been a need for a precise control device. The present invention accordingly achieves an improvement in controlling a wave plate of an interferometer so that the amplitude of an object beam which is split by a polarization beam splitter and the amplitude of a reference beam can be asymmetric to each other and thus the brightness of interference patterns can be adjusted. Further, the present invention uses a tunable laser as a light source of an optical device and adopts a frequency scanning method, to thereby prevent restrictions between the light source and the interferometer. The interferometer and optical device according to the present invention comprise: a wave plate for controlling the polarization direction of linearly polarized light incident to a polarization beam splitter; the polarization beam splitter; a wave plate for converting the polarization beam such that the object beam and the reference beam may be interfered in an image pick-up device; and a polarizer.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]



---

본 발명은 간섭계 및 이를 이용한 광학장치에 관한 것이다. 종래의 광학장치는 간섭무늬가 선명하지 않고, 광원과 간섭계의 거리에 제약이 있어 정밀한 제어 장치가 필요하다는 문제가 있었다. 이에 본 발명은 간섭계의 파장판을 제어하여 편광 빔 스플리터에 의해 분할되는 대상광과 기준광의 진폭을 비대칭으로 하여 간섭무늬의 명암을 조절할 수 있도록 개선하였고, 한편 광학장치의 광원으로 튜너블 레이저를 사용하고 주파수 주사 방식을 적용함으로써 광원과 간섭계 간의 거리에 제약을 받지 않도록 하였다. 본 발명에 따른 간섭계 및 광학장치는 편광 빔 스플리터에 입사되는 선행광된 빛의 편광방향을 제어할 수 있는 파장판, 편광 빔 스플리터, 대상광과 기준광이 이미지 꾹 업 장치에서 간섭 가능하도록 편광을 변환해주는 파장판 및 편광판을 포함한다.

## 명세서

### 발명의 명칭: 비대칭 편광을 이용한 간섭계 및 이를 이용한 광학장치

#### 기술분야

[1] 본 발명은 간섭계 및 이를 이용한 광학장치에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 이미지 픽업 디바이스에 도달하는 간섭광에 의한 간섭무늬의 명암비를 조절할 수 있는 간섭계 및 이를 이용한 광학장치에 관한 것이다.

[2]

#### 배경기술

[3] 종래에 반파장판(half-wave plate)을 이용하여 편광 빔 스플리터에 입사되는 광의 P-편광 성분과 S-편광 성분의 크기를 조절할 수 있는 간섭계가 알려져 있다.

[4] 또, 광경로차를 측정하기 위해 입사광의 파장을 변경하면서 검사광(inspection beam)과 기준광(reference beam)의 간섭무늬 갯수 변화를 측정하는 파장 주사 간섭계(Wavelength Scanning Interferometer)가 알려져 있다.

[5] 특허문헌 1에는 편광 빔 스플리터에 의하여 입사광으로부터 분할된 기준광과 시료광을 간섭시키는 '간섭계'가 개시되어 있다. 특허문헌 1의 간섭계는 입사광의 진행방향을 축으로 반파장판이 회전하는 것에 의해 미러 및 시료 방향으로 입사될 광의 크기를 조절할 수 있으며, 상기 미러에서 반사된 기준광과 시료에서 반사된 시료광은 1/4파장판을 통과하는 것에 의해 간섭 가능해지고(특허문헌 1의 식별번호 [0012]의 기재 참조), 결상 렌즈 및 편광판을 통과하여 결상면에 간섭 무늬를 형성한다. 그러나 특허문헌 1에 개시된 장치는 미러에서 반사된 기준광과 시료에서 반사된 시료광이 1/4파장판을 통과해서 원편광된 후에 다시 결상 렌즈 및 편광판을 통과하여 결상면에 간섭 무늬를 형성하게 되므로, 기준광과 시료광의 편광 방향이 회전함으로 인해 편광판을 통과하는 평균 광량이 줄어들어, 결상면에 형성되는 간섭 무늬가 평균적으로 어두워진다는 문제점이 있다.

[6]

[7] 특허문헌 2에는 입사광의 파장을 변화시키면서 검사광과 기준광이 형성하는 간섭무늬의 갯수 변화와 상기 입사광의 파장 변화량의 관계로부터 광경로차를 계산하는 '파장 주사 간섭계'가 개시되어 있다. 예를 들어, 파장  $\lambda$ 에서 간섭무늬가  $n$ 개가 검출되었고, 파장을 조금씩 크게 하여 파장이  $\Delta\lambda$ 만큼 커졌을 때 간섭무늬가  $n-1$ 개 검출되었다면, 광경로차는 변함이 없을 것이므로  $\lambda \cdot n = (\lambda + \Delta\lambda) \cdot (n-1)$ 이 성립되고,  $n = (\lambda + \Delta\lambda) / \Delta\lambda$ 이므로 광경로차  $l = \lambda \cdot n = \lambda \cdot (\lambda + \Delta\lambda) / \Delta\lambda$ 을 구할 수 있다. 그러나, 특허문헌 2에 개시된 장치는 검사광과 기준광의 크기를 제어할 수 없어 간섭 무늬의 명암을 조절할 수 없다는 문제점이 있다.

[8]

- [9] 선행기술문헌
- [10] 특허문현
- [11] (특허문현 1) JP 평8-285697 A (1996. 11. 1.)
- [12] (특허문현 2) US 4759628 B1 (1988. 7. 26.)
- [13]

### **발명의 상세한 설명**

#### **기술적 과제**

- [14] 본 발명에서 해결하고자 하는 과제는 편광 빔 스플리터에 입사되는 광의 편광을 제어함으로써 이미지 핵업 디바이스에서 대상광과 기준광이 형성하는 간섭무늬의 명암을 조절할 수 있는 간섭계 및 이를 이용한 광학장치를 제공하는 데에 있다.
- [15] 본 발명에서 해결하고자 하는 또 다른 과제는 상기 편광 빔 스플리터에 입사되는 광의 편광을 제어할 수 있는 간섭계의 광원으로 튜너블 레이저(tunable laser)를 사용하고, 상기 튜너블 레이저의 주파수를 주사(frequency scanning)함으로써, 광원과 간섭계의 거리에 영향을 받지 않도록 하여 정밀한 제어 장치가 필요하지 않은 주파수 주사형 간섭계(Frequency Scanning Interferometer, FSI) 및 이를 이용한 광학장치를 제공하는 데에 있다.
- [16] 본 발명에서 해결하고자 하는 또 다른 과제는 상기 편광 빔 스플리터에 입사되는 광의 편광을 제어할 수 있는 간섭계에서 파장판의 광축을 제어함으로써 난반사면 또는 거울면을 선택하여 밝게 나타낼 수 있는 간섭계 및 이를 이용한 광학장치를 제공하는 데에 있다.

#### **과제 해결 수단**

- [18] 위와 같은 과제를 해결하기 위하여 본 발명에 따른 간섭계는 광원에서 발생된 광의 진행방향에 설치되는 제1 파장판; 상기 제1 파장판을 통과한 광의 일부를 제1 방향으로 반사시키고, 광의 일부를 제2 방향으로 투과시키는 제1 편광 빔 스플리터; 상기 제1 방향으로 반사된 광의 진행방향에 배치되는 제2 파장판; 상기 제2 방향으로 투과된 광의 진행방향에 배치되는 제3 파장판; 상기 제2 파장판을 통과한 광의 진행방향에 배치되는 측정대상물; 상기 제3 파장판을 통과한 광의 진행방향에 배치되는 기준거울; 및 상기 측정대상물에서 반사된 광이 상기 제2 파장판을 통과한 후 상기 제1 편광 빔 스플리터를 투과한 광 및 상기 기준거울에서 반사된 광이 상기 제3 파장판을 통과한 후 상기 제1 편광 빔 스플리터에서 반사된 광이 진행하는 방향에 배치되는 제1 편광판을 포함하는 것을 기술적 특징으로 한다.
- [19] 또한, 본 발명에 따른 간섭계는 광원에서 발생된 광의 진행방향에 설치되는 제1 파장판; 상기 제1 파장판을 통과한 광의 일부를 제1 방향으로 반사시키고, 광의 일부를 제2 방향으로 투과시키는 제1 편광 빔 스플리터; 상기 제1 방향으로

반사된 광의 진행방향에 배치되는 측정대상물; 상기 제2 방향으로 투과된 광의 진행방향에 배치되는 기준거울; 상기 측정대상물에서 반사된 광의 진행방향에 배치되는 제4 파장판; 상기 기준거울에서 반사된 광의 진행방향에 배치되는 제5 파장판; 상기 제4 파장판 및 제5 파장판을 통과한 광의 진행방향에 배치되는 제2 편광 빔 스플리터; 및 상기 제2 편광 빔 스플리터를 투과한 광의 진행방향에 배치되는 제1 편광판을 포함하는 것을 기술적 특징으로 한다.

[20] 또한, 본 발명에 따른 간섭계는 파장판의 광축을 회전시켜 측정대상물의 난반사면과 거울면을 구분하는 것을 기술적 특징으로 한다.

[21] 또한, 본 발명에 따른 광학장치는 광원, 상기 간섭계 및 이미지 픽업 디바이스를 포함하는 것을 기술적 특징으로 한다.

[22] 또한, 본 발명에 따른 광학장치는 광원을 튜너블 레이저로 하고, 이미지 픽업 디바이스에서 간섭무늬를 이산데이터(discrete data)로 측정하는 것을 기술적 특징으로 한다.

[23]

### 발명의 효과

[24] 본 발명에 따른 간섭계 및 광학장치에 의하면, 간섭계의 파장판의 광축을 회전시킴으로써 편광 빔 스플리터에 입사되는 광의 편광방향을 제어하고, 간섭광이 편광판만을 통과하게 함으로써, 이미지 픽업 디바이스에서 대상광과 기준광이 형성하는 간섭무늬의 명암을 조절하게 할 수 있다.

[25] 또한, 간섭계에 튜너블 레이저의 주파수를 주사함으로써 광원이 간섭계 외부의 임의의 위치에 있더라도 광경로차 측정이 가능하도록 하여, 기존에 광원과 간섭계의 위치를 미세조정하기 위해 필요로 했던 정밀 제어용 구성요소들을 제거하여 장치의 구조를 단순하게 하고 비용을 절감할 수 있다.

[26] 또한, 추가적인 구성요소의 도입없이 간섭계 내부의 파장판을 회전시키는 것만으로 난반사면 또는 거울면을 선택하여 밝게 나타낼 수 있다.

[27]

### 도면의 간단한 설명

[28] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 마이켈슨형 간섭계

[29] 도 2는 두 광의 간섭 현상을 도시한 개념도

[30] 도 3은 제1 편광 빔 스플리터에 입사되는 광을 벡터로 도시한 개념도

[31] 도 4는 도 1의 광학장치에서 반파장판의 회전에 의해 선편광된 광의 편광방향을 광 진행방향에 수직인 평면상에서 임의의 방향으로 회전시킬 수 있음을 보인 개념도

[32] 도 5는 본 발명의 제2 실시예에 따른 마흐젠더형 간섭계

[33] 도 6은 간섭계의 광원으로 튜너블 레이저를 사용한 주파수 주사형 광학장치

[34] 도 7은 주파수 주사형 간섭계의 원리도

[35] 도 8은 이미지 픽업 디바이스에서 측정한 간섭무늬 데이터

[36] 도 9는 굴곡이 있는 측정대상물에 적용된 주파수 주사형 간섭계  
 [37] 도 10은 도 7의 주파수 주사형 간섭계에서 측정한 간섭무늬 데이터  
 [38] 도 11은 도 1의 마이켈슨 간섭계에서 제2파장판의 회전에 따라 난반사면과  
 거울면을 선택적으로 강조할 수 있음을 나타낸 개념도

[39]

### 발명의 실시를 위한 최선의 형태

[40] 이하 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히  
 설명한다.

[41] [실시 예 1]

[42] 도 1은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 마이켈슨형 간섭계(300)를 이용한  
 광학장치이다. 제1 실시 예에 따른 광학장치는 광원(100), 빔폭확장부(200),  
 마이켈슨형 간섭계(300) 및 이미지 꽂업장치(400)를 포함하며, 마이켈슨형  
 간섭계(300)는 광원에서 발생된 광의 진행방향에 설치되는 제1 파장판(370);  
 상기 제1 파장판(370)을 통과한 광의 일부를 제1 방향으로 반사시키고, 광의  
 일부를 제2 방향으로 투과시키는 제1 편광 빔 스플리터(310); 상기 제1 방향으로  
 반사된 광의 진행방향에 배치되는 제2 파장판(340); 상기 제2 방향으로 투과된  
 광의 진행방향에 배치되는 제3 파장판(350); 상기 제2 파장판(340)을 통과한 광의  
 진행방향에 배치되는 기준거울(330); 및 상기 측정대상물(320)에서 반사된 광이  
 상기 제2 파장판(340)을 통과한 후 상기 제1 편광 빔 스플리터(310)를 투과한 광  
 및 상기 기준거울(330)에서 반사된 광이 상기 제3 파장판(350)을 통과한 후 상기  
 제1 편광 빔 스플리터(310)에서 반사된 광이 진행하는 방향에 배치되는 제1  
 편광판(360)을 포함한다.

[43]

[44] 도 1을 참조하면, 광원(100)에서 발생된 광(입사광)은 오목렌즈(210)를  
 통과하면서 빔폭이 커지고, 볼록렌즈(220)를 통과하면서 광이 확산하거나  
 수렴되는 일 없이 평행하게 진행된다. 상기 오목렌즈(210)와 볼록렌즈(220)는  
 빔폭을 확장하는 역할을 하므로 빔폭확장부(200)라 한다. 만약 광원(100)의  
 빔폭이 간섭계를 작동시키는데 충분하다면, 즉 입사광이 소정의 빔폭으로  
 광원으로부터 나온다면 상기 빔폭확장부(200)는 생략할 수 있다. 또, 광원 자체가  
 레이저와 상기 빔폭확장부(200)가 결합된 형태일 수도 있다.

[45]

[46] 이렇게 빔폭이 확장된 입사광은 제1 파장판(370)을 통과하여 제1 편광 빔  
 스플리터(310)에 도달하게 되는데, 빔폭확장부(200)와 제1 장판(370) 사이에 제2  
 편광판(600)을 설치하여 제1 편광 빔 스플리터(310)에 도달하는 광이 선편광을  
 확실하게 가지도록 할 수도 있다. 그러나 상기 제2 편광판(600)은 광원의  
 선편광성이 충분히 좋다면 간섭계의 구조를 단순하게 하기 위해 생략할 수도

있는 구성요소이다.

[47]

[48] 제1 편광 빔 스플리터(310)는 상기 제1 파장판(370)을 통과한 광을 편광방향에 따라 투과시키거나 반사시켜 일부는 측정대상물(object, 320)로 보내고 일부는 기준거울(reference mirror, 330)로 보낸다. 편의상, 도 1에서 제1 파장판(370)을 통과한 광이 제1 편광 빔 스플리터(310)를 향해 진행하는 방향을 z축 방향으로, 도 1의 아래쪽에서 위쪽으로 향하는 방향을 x축 방향으로, 도 1의 지면을 뚫고 나오는 방향을 y축 방향으로 정의한다. 제1 편광 빔 스플리터(310)에 도달하는 광은 z축 방향으로 진행하므로, x-y 평면상에 입사광의 편광성분이 위치하게 된다. 따라서, 상기 편광성분은 x축 방향으로 편광된 성분과 y축 방향으로 편광된 성분으로 분리할 수 있고, 가령 x축 방향으로 진동하는 성분(P파)이 제1 편광 빔 스플리터(310)에 반사되어 측정대상물(320)로 가는 대상광이 된다면, y축 방향으로 진동하는 성분(S파)는 제1 편광 빔 스플리터(310)를 투과하여 기준거울(330)로 가는 기준광이 된다.

[49]

이렇게 나누어진 대상광은 제2 파장판(340)을 통과해 측정대상물(320)에 입사되고, 기준광은 제3 파장판(350)을 통과해 기준거울(330)에 입사된다. 여기서, 상기 제2 파장판(340) 및 제3 파장판(350)은 대상광과 기준광의 편광을 조절하는 역할을 하는데, 제2 파장판(340)과 제3 파장판(350)이 모두 1/4파장판인 것이 바람직하다.

[50]

[51]

대상광은 측정대상물(320)로 가기 전에 제2 파장판(340)을 거치고, 기준광은 기준거울(330)로 가기 전에 제3 파장판(350)을 거치게 되는데, 그 이유는 만약 제2 파장판(320)이 없다면 P파인 대상광은 측정대상물(320)에서 반사된 후 여전히 P파 성분만 가지게 되어 제1 편광 빔 스플리터(310)에서 다시 반사된 후 제1 파장판(370) 방향(-z 방향)으로 소실되고, S파인 기준광은 기준거울(330)에서 반사된 후 여전히 S파 성분만 가지게 되어 제1 편광 빔 스플리터(310)를 투과하여 제1 파장판(370) 방향(-z)으로 소실되어 이미지 띵업 디바이스(400)에서 대상광과 기준광을 간섭시킬 수 없기 때문이다.

[52]

그러므로, 제1 편광 빔 스플리터(310)에서 반사된 대상광은 측정대상물(320)에서 반사되어 다시 제1 편광 빔 스플리터(310)에 도달하였을 때는 제1 편광 빔 스플리터(310)를 투과해야 하므로 S파 성분을 가져야 하고, 제1 편광 빔 스플리터(310)를 투과한 기준광은 기준거울(330)에서 반사되어 다시 제1 편광 빔 스플리터(310)에 도달하였을 때는 제1 편광 빔 스플리터(310)에서 반사되어야 하므로 P파 성분을 가져야 한다.

[53]

그런데, 대상광이 S파 성분을 가장 많이 가질 수 있는 조건은 제2 파장판(340)이 1/4파장판일 때이고, 기준광이 P파 성분을 가장 많이 가질 수 있는 조건은 제3 파장판(350)이 1/4파장판일 때이므로, 이하에서는 제2 파장판(340)과 제3 파장판(350)이 모두 1/4파장판인 경우로 설명하기로 한다. 제1 편광 빔

스플리터(310)와 측정대상물(320) 사이, 제1 편광 빔 스플리터(310)와 기준거울(330) 사이에는 1/4파장판을 설치하는데 구체적인 작용은 다음과 같다. 1/4파장판은 선편광된 광을 원편광된 광으로 편광상태를 바꾸고, 원편광된 광을 선편광된 광으로 편광상태를 바꾸어 준다. 따라서, 제1 편광 빔 스플리터(310)에서 반사된 대상광은 측정대상물(320)에 도달하는 과정에서 1/4파장판인 제2 파장판(340)을 1회 통과하고, 측정대상물(320)에서 반사된 후 다시 제1 편광 빔 스플리터(310)에 도달하는 과정에서 1/4파장판인 제2 파장판(340)을 1회 더 통과하게 된다. 즉, 광의 관점에서는 1/4파장판을 2회 통과함으로써 실질적으로 반파장판을 1회 통과하는 효과를 겪게 되는데, 반파장판의 광축과 광의 편광방향이  $45^{\circ}$ 를 이루는 경우 반파장판을 통과하는 광의 편광은  $90^{\circ}$  회전하게 된다. 따라서, P파인 대상광은 제1 편광 빔 스플리터(310)와 측정대상물(320) 사이에 위치한 1/4파장판(340)에 의해 S파가 되고, S파인 기준광은 제1 편광 빔 스플리터(310)와 기준거울(330) 사이에 위치한 1/4파장판(350)에 의해 P파가 되어 각각 이미지 꾹업 디바이스(400) 방향으로 진행하게 되는 것이다.

[54]

[55]

위와 같은 과정을 거쳐 제1 편광 빔 스플리터(310)로부터 나온 대상광과 기준광은 제1 편광판(360)을 거쳐 이미지 꾹업 디바이스(400)에서 간섭무늬를 형성하게 된다. 여기서 제1 편광판(360)을 다시 거치는 이유는 상기 편광 빔 스플리터(310)로부터 방출된 대상광과 기준광은 P파와 S파로 서로 수직이기 때문에 간섭 현상을 볼 수 없기 때문이다. 간섭 현상은 둘 이상의 광이 서로 상호작용하여 발생하는 것으로, 두 광의 내적(inner product)으로 정의되므로 서로 수직인 두 광 간의 간섭은 0이 된다. 예를 들어  $\mathbf{E}_1$ 이 한 광의 벡터이고  $\mathbf{E}_2$ 가 다른 한 광의 벡터일 경우, 두 광의 간섭은  $\mathbf{E}_1 \cdot \mathbf{E}_2 = |\mathbf{E}_1| |\mathbf{E}_2| \cos\theta$ 가 되며  $\theta$ 가  $90^{\circ}$ 일 경우 간섭이 0이 됨을 알 수 있다( $\theta$ 는 두 광 벡터의 사이 각).

[56]

따라서, 이미지 꾹업 디바이스(400)에 대상광과 기준광이 도달하기 전에 대상광과 기준광이 서로 수직하지 않도록 만들어 주어야 하는데 그 역할을 하는 것이 제1 편광 빔 스플리터(310)와 이미지 꾹업 디바이스(400) 사이에 위치한 제1 편광판(360)이다. 광이 제1 편광판(360)을 통과하면 제1 편광판(360)의 편광방향과 평행한 성분만 통과하기 때문에, 대상광과 기준광의 편광방향과 제1 편광판(360)의 편광방향이 일치하지 않도록 제1 편광판(360)을 설치하면, 제1 편광판(360)을 통과한 광은 서로 평행한 성분만 가지게 되어 이미지 꾹업 디바이스(400)에서 일정한 밝기의 간섭 현상을 측정할 수 있게 된다.

[57]

통상 이미지 꾹업 디바이스(400)는 이미지 센서(410)와 카메라 렌즈(420)로 구성되나 본 발명의 주요 기술사상에는 큰 영향을 주지 않으므로 자세한 설명은 생략한다.

[58]

[59]

도 2는 두 광의 간섭 현상을 도시한 개념도이다. 여기서 다를 주된 내용은 제1

편광 빔 스플리터(310)에 의해 분할되는 대상광과 기준광의 크기를 어떠한 비율로 해야 최종적으로 이미지 픽업 디바이스(400)에서 간섭무늬의 명암비가 가장 좋아지는지에 대한 것이다.

[60] 광원에서 발생된 광(입사광)의 단위시간당 에너지가 일정하다는 가정하에, 최종적으로 이미지 픽업 디바이스(400)에 도달하는 대상광과 기준광의 간섭무늬가 선명할수록, 즉 간섭된 에너지가 클수록 간섭계의 성능이 좋아진다.

[61]

[62] 두 광의 간섭이 두 광의 내적과 같다는 것은 위에서 설명한 바와 같다. 이하에서는, 일정한 단위시간당 에너지를 가지는 입사광을 어떻게 대상광과 기준광으로 분할하면 대상광과 기준광의 내적을 가장 크게 되는지에 대해 설명한다.

[63]

편의를 위해 제1 편광 빔 스플리터(310)에서 나오는 대상광을  $\mathbf{E}_1$ , 기준광을  $\mathbf{E}_2$ 로,  $\mathbf{E}_1$ 이 제1 편광판(360)의 편광방향과 이루는 각을  $\phi$ 로 정의한다( $\mathbf{E}_1$  및  $\mathbf{E}_2$ 는 벡터량이다). 그러면,  $\mathbf{E}_1$ 과  $\mathbf{E}_2$ 는 서로 수직하므로,  $\mathbf{E}_2$ 가 제1 편광판(360)의 편광방향과 이루는 각은  $90^\circ - \phi$ 가 된다.  $\mathbf{E}_1$ 과  $\mathbf{E}_2$ 는 제1 편광판(360)을 통과하면서 각각  $|\mathbf{E}_1| \cos\phi$ 와  $|\mathbf{E}_2| \cos(90^\circ - \phi)$  크기의 성분만 남게 되고, 같은 제1 편광판(360)을 통과했으므로 두 광 사이각  $\theta$ 는  $0^\circ$ 이다. 따라서, 최종적으로 이미지 픽업 디바이스(400)에서의 간섭은  $|\mathbf{E}_1| \cos\phi \cdot |\mathbf{E}_2| \cos(90^\circ - \phi) \cdot \cos 0^\circ = |\mathbf{E}_1| |\mathbf{E}_2| \cos\phi \cdot \sin\phi = 1/2 |\mathbf{E}_1| |\mathbf{E}_2| \sin 2\phi$ 가 된다. 즉, 여기서 대상광 벡터가 제1 편광판(360)의 편광방향과 이루는 각이  $45^\circ$ 일 때가 가장 간섭효율이 좋다는 것을 알 수 있으며, 이 조건에서는 기준광 벡터 역시 제1 편광판(360)의 편광방향과  $45^\circ$  각도를 이루게 된다. 한편, 편광효율이 좋으려면  $|\mathbf{E}_1| |\mathbf{E}_2|$ 의 값도 커야하는데 이 값은 대상광 벡터의 크기와 기준광 벡터의 크기의 곱을 의미한다.

[64]

도 3은 제1 편광 빔 스플리터(310)에 입사되는 입사광을 P파 성분과 S파 성분으로 나눌 수 있음을 도시한 것이다. 편의를 위해 P파 성분을  $\mathbf{E}_p$ , S파 성분을  $\mathbf{E}_s$ 라 하면, 입사광  $\mathbf{E} = \mathbf{E}_p + \mathbf{E}_s$ 로 표현된다( $\mathbf{E}$ ,  $\mathbf{E}_p$  및  $\mathbf{E}_s$ 는 벡터량이다).

[65]

[66]

먼저  $\mathbf{E}_s$ 는 기준거울(330)로 가는 기준광이므로, 제1 편광 빔 스플리터(310)를 투과하여 1/4파장판인 제3 파장판(350)을 통과하여 기준거울(330)에서 반사되고 다시 1/4파장판인 제3 파장판(350)을 통과한 후 제1 편광 빔 스플리터(310)에서 반사되어 이미지 픽업 디바이스(400) 쪽으로 진행한다. 이 때 기준거울(330)은 입사광을 대부분 반사하므로 반사율이 1에 가깝다.

[67]

다음으로  $\mathbf{E}_p$ 는 측정대상물(320)로 가는 대상광이므로, 제1 편광 빔 스플리터(310)에서 반사되어 1/4파장판인 제2 파장판(340)을 통과하여 측정대상물(320)에서 반사된 후 다시 1/4파장판인 제2 파장판(340)을 통과한 후 제1 편광 빔 스플리터(310)를 투과하여 이미지 픽업 디바이스(400) 쪽으로 진행한다. 그런데, 측정대상물(320)은 미러와 달리 반사율이 0과 1 사이의 임의의

값을 가질 수 있으므로, 측정대상물(320)에 반사된 후의 대상광은 반사전 대상광에 반사율  $r$ 을 곱한 값이 된다. 즉, 제1 편광 빔 스플리터(310)에서 입사되는 대상광 및 기준광의 크기는 각각  $r | \mathbf{E}_p |$  와  $| \mathbf{E}_s |$  이다.

[68] 그런데, 일반적으로 간섭효과가 최대가 되기 위해서는 두 개의 광의 진폭이 동일하여야 하므로, 본 발명에서 대상광과 기준광의 크기에는  $r | \mathbf{E}_p | = | \mathbf{E}_s |$  의 상관관계가 있어야 하고, x축과 입사광  $\mathbf{E}$ 가 이루는 각을  $\alpha$ 라 하면,  $\tan\alpha = | \mathbf{E}_s | / | \mathbf{E}_p | = r$ 의 관계식이 만족될 때, 이미지 픽업 디바이스(400)에서 이루어지는 간섭효과가 극대화됨을 알 수 있다.

[69]

[70] 즉, 측정대상물(320)의 반사율  $r$ 에 따라 입사광  $\mathbf{E}$ 가 x축과 이루는 각이 결정되는데, 만약 측정대상물(320)이 여러 종류이어서  $r$ 이 수시로 변동된다면 입사광  $\mathbf{E}$ 가 x축과 이루는 각을 변동시키기 위해 빔폭확장부(200)와 제1 파장판(370) 사이에 제2 편광판(600)을 설치하여 입사광  $\mathbf{E}$ 의 방향에 맞추어 회전시키거나 광원(100) 자체를 회전시켜야 한다. 그러나, 제2 편광판(600)을 회전시키면 통과하는 광량이 적게 되므로 전체적인 효율을 떨어뜨리게 되고, 광원(100)을 회전시키려면 정밀하게 제어할 수 있는 구성요소가 필요하게 될 뿐만 아니라 안정성에도 문제가 있다.

[71] 따라서, 통과하는 광량은 유지한 채로 입사광  $\mathbf{E}$ 의 편광 방향만 바꿀 수 있는 장치가 필요한데 그것이 바로 제1 파장판(370)이며, 제1 파장판(370)은 반파장판인 것이 바람직하다.

[72]

[73] 도 4에는 선편광된 입사광과 제1 파장판(370)이 도시되어 있다. 제1 파장판(370)을 포함한 파장판은 방향에 따라 다른 굴절률을 가지는데, 편의를 위해 x방향으로 편광된 광이 느끼는 굴절률을  $n_e$ , y방향으로 편광된 광이 느끼는 굴절률을  $n_o$ 로 정의한다. 이 때  $n_e < n_o$ 이므로 x축이 빠른축(fast axis), y축이 느린축(slow axis)이 된다.

[74]

입사광의 편광방향은 x축과 임의의 각을 이룰 수 있는데, 이 각을  $\eta$ 로 정의한다. 그러면 입사광의 편광방향은 x축 또는 y축 방향이 아니므로, 입사광의 x축 방향 성분  $\mathbf{E}_x$ 는 빠른축을 따라 진행하고, y축 방향 성분  $\mathbf{E}_y$ 는 느린축을 따라 진행하게 된다. 입사광이 제1 파장판(370)을 빠져나올 때면 빠른축 성분과 느린축 성분 사이에 위상차가 발생하는데 위상차만큼 느린축을 따라 진행하는 y축 방향 성분  $\mathbf{E}_y$ 가 지연되므로, 제1 파장판(370)에 입사될 때와 편광방향이 바뀌게 된다. 도 4는 특히 제1 파장판(370)이 반파장판인 경우를 도시한 것인데 제1 파장판(370)이 반파장판인 것이 바람직한 이유는, 입사광  $\mathbf{E}$ 가 반파장판을 통과하고 나서는 시계방향으로  $2\eta$ 만큼 편광방향이 회전하여  $\mathbf{E}'$ 이 되기 때문이다.

[75]

여기서 알 수 있는 것은 제1 파장판(370)이 반파장판일 경우 입사광  $\mathbf{E}$ 의 편광방향을  $2\eta$ 만큼 회전시키기 위해서는 입사광  $\mathbf{E}$ 의 편광방향과 빠른축 사이의

각인 η만 조절해 주면 된다는 것이다. 이것은 입사광 E의 편광방향은 고정한 채로 제1 파장판(370)을 입사광의 진행방향을 축으로 회전시킴으로써 해결할 수 있다.

[76]

[77] [실시예 2]

[78] 도 5는 본 발명의 제2 실시예에 따른 마호젠더형 간섭계(700)를 이용한 광학장치이다. 제2 실시예에 따른 광학장치는 광원(100), 빔폭확장부(200), 마호젠텐더형 간섭계(700) 및 이미지 픽업장치(400)를 포함하며, 마호젠텐더형 간섭계(700)는 광원에서 발생된 광의 진행방향에 설치되는 제1 파장판(370); 상기 제1 파장판(370)을 통과한 광의 일부를 제1 방향으로 반사시키고, 광의 일부를 제2 방향으로 투과시키는 제1 편광 빔 스플리터(310); 상기 제1 방향으로 반사된 광의 진행방향에 배치되는 측정대상물(320); 상기 제2 방향으로 투과된 광의 진행방향에 배치되는 기준거울(330); 상기 측정대상물(320)에서 반사된 광의 진행방향에 배치되는 제4 파장판(341); 상기 기준거울(330)에서 반사된 광의 진행방향에 배치되는 제5 파장판(351); 상기 제4 파장판(341) 및 제5 파장판(351)을 통과한 광의 진행방향에 배치되는 제2 편광 빔 스플리터(311); 및 상기 제2 편광 빔 스플리터(311)를 투과한 광의 진행방향에 배치되는 제1 편광판(360)을 포함한다.

[79]

[80] 마호젠텐더형 간섭계(700)도 마이켈슨형 간섭계(300)와 마찬가지로 빔폭이 확장된 입사광이 제1 파장판(370)을 통과하여 제1 편광 빔 스플리터(310)에 도달하도록 한다. 제1 편광 빔 스플리터(310)에서 입사광은 편광방향에 따라 일부는 반사되어 측정대상물(320)로 보내지고, 일부는 투과하여 기준거울(330)로 보내어진다. 측정대상물(320)에서 반사된 광은 제4 파장판(341)을 거쳐 제2 편광 빔 스플리터(311)에 입사되고, 기준거울(330)에서 반사된 광은 제5 파장판(351)을 거쳐 제2 편광 빔 스플리터(311)에 입사된다.

[81]

본 발명에 따른 마호젠텐더형 간섭계(700)는 제1 파장판(370)에 의해 측정대상물(320)로 보내어질 광과 기준거울(330)로 보내어질 광의 크기를 조절한다는 점은 마이켈슨형 간섭계의 경우와 동일하나, 측정대상물(320)과 기준거울(330)에서 반사된 광이 제1 편광 빔 스플리터(310)에 다시 입사하지 않으므로, 광경로상에 제2 편광 빔 스플리터(311)가 위치하여 측정대상물(320)에서 반사된 광과 기준거울(330)에서 반사된 광이 간섭할 수 있도록 해주어야 한다는 점에서 구조상 차이가 있다. 또, 마호젠텐더형 간섭계(700)에서는 측정대상물(320)에 입사하는 광과 기준거울(330)에 입사하는 광이 각각 측정대상물(320)과 기준거울(330)에서 반사된 후 입사경로를 다시 거슬러 진행하지 않고, 입사경로와 90°의 각을 이루면서 꺾여 진행하게 되므로, 광경로상에 제1 파장판 또는 제2 파장판이 위치하는 대신 제4 파장판(341) 또는 제5 파장판(351)이 위치하게 된다. 단, 마호젠텐더형 간섭계(700)에서는 제4

파장판(341) 또는 제5 파장판(351)에 광이 한 번만 통과하게 되므로, 제4 파장판(341) 또는 제5 파장판(351)에 의한 위상지연이 각각 제1 파장판 또는 제2 파장판에 의한 위상지연의 2배가 되어야 하므로, 제4 파장판(341) 및 제5 파장판(351)이 반파장판인 것이 바람직하다.

[82] 측정대상물(320)에서 반사된 광과 기준거울(330)에서 반사된 광이 이미지 픽업 디바이스(400)에서 간섭을 일으켜야 하므로 반파장판들(341, 351)의 광축과 광의 편광방향이  $45^\circ$ 를 이루도록 하여 광의 편광을  $90^\circ$ 씩 회전시킴으로써 제1 편광 빔 스플리터(310)를 투과한 기준광은 제2 편광 빔 스플리터(311)에서 반사되도록 하고, 제1 편광 빔 스플리터(310)에 반사된 대상광은 제2 편광 빔 스플리터(311)에서 투과되도록 해야한다.

[83] [실시 예 3]

[84] 도 6은 간섭계의 광원(100)으로 튜너블 레이저를 사용한 주파수 주사형 광학장치를 도시한 것이다. 주파수 주사형 광학장치는 간섭계의 광원으로 튜너블 레이저를 사용하고, 상기 튜너블 레이저에서 방출되는 광의 주파수를 변화시키면서 간섭신호를 측정하여 광경로차를 측정하는 장치이다.

[85]

[86] 도 7은 주파수 주사형 간섭계(Frequency Scanning Interferometer)의 원리를 도시한 것이다. 주파수는 파장과 반비례 관계에 있기 때문에 편의상 파장을 기준으로 기술한다. 입사광은  $\lambda_0$ 를 기준 파장으로 하고,  $\Delta\lambda$  간격으로 파장을 변화시킬 수가 있다. 즉, k번째 파장  $\lambda_k = \lambda_0 + k(\Delta\lambda)$ 이다.

[87] 일반적으로 이미지 픽업 디바이스(400)에 형성되는 간섭무늬의 강도  $I_{ccd} = I_0 + I_1 \cos\phi$ 의 형태를 따른다. 이때, 두 광의 위상차  $\phi$ 는 대상광이 겪는 광경로  $L_1$ 과 기준광이 겪는 광경로  $L_2$ 와 다음 [수학식 1]과 같이 관계된다.

[88]

[89] 수학식 1

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} (L_1 - L_2) = \frac{2\pi}{\lambda^2} \frac{\lambda}{(L_1 - L_2)}$$

[90] 이와 같은 시스템에서 입사광의 주파수를 변화시키면 다음 [수학식 2]와 같은 이산적인 간섭무늬 강도  $I_{ccd,k}$ 를 얻게 되고, 두 광의 위상차  $\phi_k$ 는 [수학식 3]과 같이 근사적으로 구할 수 있다.

[91]

[92] 수학식 2

$$I_{ccd,k} = I_0 + I_1 \cos\phi_k$$

[93]

[94] 수학식 3

$$\phi_k = \frac{\frac{2\pi}{(\lambda_0 + k(\Delta\lambda))^2} (\lambda_0 + K(\Delta\lambda))}{(L_1 - L_2)} = \frac{\frac{2\pi}{\lambda_0^2} (\lambda_0 + k(\Delta\lambda))}{(L_1 - L_2)}$$

[95]

[96] 단, [수학식 3]의 근사는  $\Delta\lambda \ll \lambda_0$ 인 경우에 성립하는 식이나, 통상의 튜너블 레이저는  $\Delta\lambda \ll \lambda_0$ 를 만족하므로, 계산의 편의를 위해 이하 근사식에 기반하여 설명한다.

[97] 도 8은 이미지 픽업 디바이스(400), 예를 들면 CCD의 픽셀에 찍힌 간섭무늬 데이터를 도시한 것이다. 여기서,  $\phi_k$ 가  $0 \sim 2\pi$ 까지 1 사이클에 해당하기 위해서는  $k$ 번째 간섭무늬의 강도(intensity) 그래프에서 유효 파장값  $\lambda_{eff}$ 가 [수학식 4]와 같아져야 함을 알 수 있다.

[98]

[99] 수학식 4

$$\lambda_{eff} = \frac{\lambda_0^2}{(L_1 - L_2)}$$

[100]

[101] 도 9는 굴곡이 있는 측정대상물(320)에 주파수 주사형 간섭계를 적용한 경우를 도시한 것이다. a와 b에 동시에 주파수 주사형 간섭계를 적용하면 도 10과 같은 이미지 데이터를 얻게 된다. 알고 싶은 것은 각 삼각함수 파형의 유효 파장값  $\lambda_{eff}$  이므로 CCD 등에 의해 측정된 이산데이터를 활용하여 각 삼각함수 파형의 주파수를 구한다.

[102]

[103] 상기 각 삼각함수 파형의 주파수를 구하는 방법으로는 고속 푸리에 변환(Fast Fourier Transform, FFT)이 대표적이다. FFT 방법은 관용적으로 알려져 있으므로 자세한 설명은 생략한다. 편의를 위해 FFT 등을 이용해 구한 각 삼각함수 파형의  $\lambda_{eff}$ 을 각각  $\lambda_a$  및  $\lambda_b$ 라 하면  $\lambda_a$  및  $\lambda_b$ 는 위 [수학식 4]에 의해 다음 [수학식 5]와 같이 대응된다.

[104]

[105] 수학식 5

$$\lambda_a = \frac{\lambda_0^2}{L_1 - L_{2a}}, \quad \lambda_b = \frac{\lambda_0^2}{L_1 - L_{2b}}$$

[106]

[107] 구하고자 하는 광경로차 1은 ( $L_{2a} - L_{2b}$ )이므로, 최종적으로 [수학식 6]과 같이 광경로차 1을 구할 수 있다( $L_{2a}$ 는 a면에 반사되는 경우의 광경로,  $L_{2b}$ 는 b면에

반사되는 경우의 광경로).

[108]

[109] 수학식 6

$$l = L_{2a} - L_{2b} = \lambda_0^2 \left( \frac{1}{\lambda_b} - \frac{1}{\lambda_a} \right)$$

[110]

[111] 이를 이용하면, 도 9에서 대상물 b의 높이 h는 1/2이므로, [수학식 7]과 같다.

[112]

[113] 수학식 7

$$h = \frac{l}{2} = \frac{\lambda_0^2}{2} \left( \frac{1}{\lambda_b} - \frac{1}{\lambda_a} \right)$$

[114]

[115] [실시 예 4]

[116] 본 발명의 실시예 1에 기재된 마이켈슨형 간섭계(300)에서 제1 편광 빔 스플리터(310)와 측정대상물(320) 사이에 있는 1/4파장판인 제2 파장판(340)을 회전시키면, 난반사면과 거울면을 선택적으로 강조하여 나타낼 수 있는데 그 원리는 다음과 같다.

[117]

[118] 도 11은 제2파장판(340)의 광축을 제1 편광 빔 스플리터(310)로부터 입사되는 광의 편광방향과 평행하게 할 때와 45°만큼 각도 차이가 나도록 할 때를 도시한 것이다. 측정대상물(320) 영역 c에서는 100% 난반사가 일어나 편광을 잃어버리고, 측정대상물(320) 영역 d에서는 난반사가 전혀 없이 거울면 반사가 일어나 편광이 유지된다.

[119]

먼저, 도 11(a)를 참조하여 1/4파장판인 제2 파장판(340)의 광축을 제1 편광 빔 스플리터(310)로부터 입사되는 광의 편광방향과 평행하게 하는 경우를 설명한다. 측정대상물(320) 영역 c에서 반사되는 광은 난반사되어 1/4파장판인 제2 파장판(340)을 통과하게 되므로 제1 편광 빔 스플리터(310)를 통과하는 성분을 가지고, 따라서 이미지 핵입 디바이스(400)에 간섭무늬를 형성한다. 반면 측정대상물(320) 영역 d에서 반사되는 광은 1/4파장판인 제2 파장판(340)의 광축이 광의 편광방향과 일치하므로 선편광 상태를 유지하게 되고, 따라서 제1 편광 빔 스플리터(310)에서 반사되어 반파장판인 제1 파장판(370) 쪽으로 진행하게 되므로, 이미지 핵입 디바이스(400)에 간섭무늬를 형성하지 못 한다. 즉, 1/4파장판인 제2 파장판(340)의 광축을 제1 편광 빔 스플리터(310)로부터 입사되는 광의 편광방향과 평행하게 하는 경우에는 난반사면만 부각(highlight)된다.

[120]

[121] 다음으로, 도 11(b)를 참조하여 1/4파장판인 제2 파장판(340)의 광축이 제1 편광빔 스플리터(310)로부터 입사되는 광의 편광방향과 45°만큼 차이가 있을 때를 설명한다. 이때도 측정대상물(320) 영역 c에서 반사되는 광은 난반사되어 1/4파장판인 제2 파장판(340)을 통과하게 되므로 제1 편광빔 스플리터(310)를 통과하는 성분을 가지고 따라서 이미지 픽업 디바이스(400)에 간섭무늬를 형성한다. 그런데, 측정대상물(320) 영역 d에서 거울면 반사되는 원편광된 광은 1/4파장판인 제2 파장판(340)을 왕복하여 통과하면서 제1 편광빔 스플리터(310)로부터 입사될 때와는 90°만큼 편광방향을 회전하게 되고, 제1 편광빔 스플리터(310)를 통과하여 이미지 픽업 디바이스(400)에 간섭무늬를 형성하게 된다. 이때 난반사된 광이 제1 편광빔 스플리터(310)를 통과하는 광량은 거울면 반사된 광이 제1 편광빔 스플리터(310)를 통과하는 광량보다 작기 때문에, 1/4파장판인 제2 파장판(340)의 광축이 제1 편광빔 스플리터(310)로부터 입사되는 광의 편광방향과 45°만큼 차이가 있을 때에는 난반사면이 억제되고 거울면이 간섭무늬를 강하게 형성하여 부각된다.

[122]

[123] 즉, 마이켈슨형 간섭계(300)에서는 제1 편광빔 스플리터(310)와 측정대상물(320) 사이에 있는 1/4파장판인 제2 파장판(340)의 광축을 적절히 회전시킴으로써 난반사면과 거울면을 선택적으로 부각시킬 수 있음을 알 수 있다.

[124]

[125] [실시예 5]

[126] 본 발명의 실시예 2에 기재된 마흐젠더형 간섭계(700)에서 제2 편광빔 스플리터(311)와 측정대상물(320) 사이에 있는 반파장판인 제4 파장판(341)을 회전시키면, 난반사면과 거울면을 선택적으로 강조하여 나타낼 수 있는데 그 원리는 마이켈슨형 간섭계와 같으므로 간단히 설명한다.

[127]

마이켈슨형 간섭계(300)의 경우와 마찬가지로 제1 편광빔 스플리터(310)에서 반사된 광을 측정대상물(320)에 입사시키면 난반사면에서 반사되는 광은 편광을 잃어버리고, 거울면에서 반사되는 광은 선편광을 그대로 가지게 된다. 따라서 제2 편광빔 스플리터(311)와 측정대상물(320) 사이에 있는 반파장판인 제4 파장판(341)의 광축을 거울면에서 반사되는 광과 평행하게 하면 난반사면에서 반사되는 광의 일부만 제2 편광빔 스플리터(311)를 통과하여 간섭무늬를 형성하므로, 난반사면이 부각된다. 반대로 제2 편광빔 스플리터(311)와 측정대상물(320) 사이에 있는 반파장판인 제4 파장판(341)의 광축이 거울면에서 반사되는 광과 45°의 각을 이루도록 회전시키면 난반사면에서 반사되는 광도 일부 제2 편광빔 스플리터(311)를 통과하지만, 거울면에서 반사되는 광은 대부분 제2 편광빔 스플리터(311)를 통과하여 간섭무늬를 형성하므로, 거울면이 부각된다.

[128]

[129] 따라서, 마흐젠텐형 간섭계(700)에서는 제2 편광 빔 스플리터(311)와 측정대상물(320) 사이에 있는 반파장판인 제4 파장판(341)의 광축을 적절히 회전시킴으로써 난반사면과 거울면을 선택적으로 부각시킬 수 있음을 알 수 있다.

[130]

[131] 부호의 설명

[132] 100 광원 200 빔폭확장부

[133] 210 오목렌즈 220 볼록렌즈

[134] 300 마이켈슨형 간섭계 310 제1 편광 빔 스플리터

[135] 311 제2 편광 빔 스플리터 320 측정대상물

[136] 330 기준거울 340 제2 파장판

[137] 341 제4 파장판 350 제3 파장판

[138] 351 제5 파장판 360 제1 편광판

[139] 370 제1 파장판 400 이미지 픽업 디바이스

[140] 410 이미지 센서 420 카메라 렌즈

[141] 600 제2 편광판 700 마흐젠텐형 간섭계

[142]

## 청구범위

### [청구항 1]

광원에서 발생된 광의 진행방향에 설치되는 제1 파장판(370);  
 상기 제1 파장판(370)을 통과한 광의 일부를 제1 방향으로  
 반사시키고, 광의 일부를 제2 방향으로 투과시키는 제1 편광 빔  
 스플리터(310);  
 상기 제1 방향으로 반사된 광의 진행방향에 배치되는 제2  
 파장판(340);  
 상기 제2 방향으로 투과된 광의 진행방향에 배치되는 제3  
 파장판(350);  
 상기 제2 파장판(340)을 통과한 광의 진행방향에 배치되는  
 측정대상물(320);  
 상기 제3 파장판(350)을 통과한 광의 진행방향에 배치되는  
 기준거울(330); 및  
 상기 측정대상물(320)에서 반사된 광이 상기 제2 파장판(340)을  
 통과한 후 상기 제1 편광 빔 스플리터(310)를 투과한 광 및 상기  
 기준거울(330)에서 반사된 광이 상기 제3 파장판(350)을 통과한 후  
 상기 제1 편광 빔 스플리터(310)에서 반사된 광이 진행하는 방향에  
 배치되는 제1 편광판(360)을 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭계.

### [청구항 2]

광원에서 발생된 광의 진행방향에 설치되는 제1 파장판(370);  
 상기 제1 파장판(370)을 통과한 광의 일부를 제1 방향으로  
 반사시키고, 광의 일부를 제2 방향으로 투과시키는 제1 편광 빔  
 스플리터(310);  
 상기 제1 방향으로 반사된 광의 진행방향에 배치되는  
 측정대상물(320);  
 상기 제2 방향으로 투과된 광의 진행방향에 배치되는  
 기준거울(330);  
 상기 측정대상물(320)에서 반사된 광의 진행방향에 배치되는 제4  
 파장판(341);  
 상기 기준거울(330)에서 반사된 광의 진행방향에 배치되는 제5  
 파장판(351);  
 상기 제4 파장판(341) 및 제5 파장판(351)을 통과한 광의  
 진행방향에 배치되는 제2 편광 빔 스플리터(311); 및  
 상기 제2 편광 빔 스플리터(311)를 투과한 광의 진행방향에  
 배치되는 제1 편광판(360)을 포함하는 것을 특징으로 하는 간섭계.

### [청구항 3]

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,  
 상기 제1 편광 빔 스플리터(310)에 의해 투과된 광과 반사된 광은  
 광량이 서로 다른 것을 특징으로 하는 간섭계.

- [청구항 4] 청구항 1에 있어서,  
상기 제1 파장판(370)은 반파장판이며, 상기 제2 파장판(340) 및  
제3 파장판(350)은 1/4파장판인 것을 특징으로 하는 간섭계.
- [청구항 5] 청구항 1에 있어서,  
상기 제2 파장판(340)은 상기 측정대상물(320)의 난반사면과  
거울면을 구분하기 위하여 광축을 회전시킬 수 있는 것을  
특징으로 하는 간섭계.
- [청구항 6] 청구항 2에 있어서,  
상기 제1 파장판(370), 제4 파장판(341) 및 제5 파장판(351)은  
반파장판인 것을 특징으로 하는 간섭계.
- [청구항 7] 청구항 2에 있어서,  
상기 제4 파장판(341)은 상기 측정대상물(320)의 난반사면과  
거울면을 구분하기 위하여 광축을 회전시킬 수 있는 것을  
특징으로 하는 간섭계.
- [청구항 8] 광원(100);  
청구항 1 또는 청구항 2에 따른 간섭계; 및  
상기 간섭계에서 나오는 광을 촬상하여 간섭무늬를 획득하는  
이미지 핵업 디바이스(400)를 포함하는 것을 특징으로 하는  
광학장치.
- [청구항 9] 청구항 8에 있어서,  
상기 광원(100)과 상기 간섭계 사이에는 제2 편광판(600)이  
배치되는 것을 특징으로 하는 광학장치.
- [청구항 10] 청구항 9에 있어서,  
상기 광원(100)과 상기 제2 편광판(600) 사이에는  
빔폭확장부(200)가 배치되는 것을 특징으로 하는 광학장치.
- [청구항 11] 청구항 10에 있어서,  
상기 광원(100)은 레이저이고, 상기 레이저는 상기  
빔폭확장부(200)와 일체로 형성되는 것을 특징으로 하는  
광학장치.
- [청구항 12] 청구항 10 또는 청구항 11에 있어서,  
상기 빔폭확장부(200)는 오목렌즈(210)와 볼록렌즈(220)를  
포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 광학장치.
- [청구항 13] 청구항 8에 있어서,  
상기 광원(100)은 튜너블 레이저이고, 상기 이미지 핵업  
디바이스(400)는 상기 간섭무늬를 이산데이터(discrete data)로  
측정하는 것을 특징으로 하는 광학장치.
- [청구항 14] 청구항 13에 있어서,  
상기 간섭계에 의해 발생하는 높이가 다른 측정대상물 간

광경로차 1은 상기 이산데이터를 고속 푸리에 변환(FFT)한 결과에 의해 측정되는 것을 특징으로 하는 광학장치.

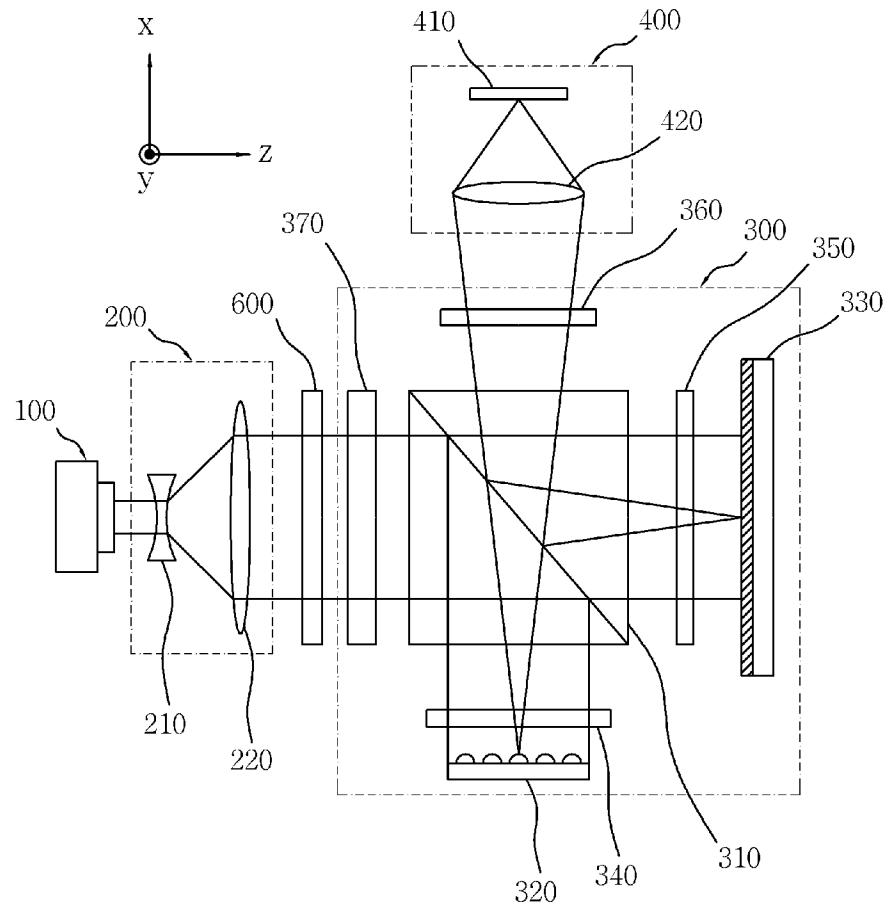
[청구항 15]

청구항 14에 있어서,  
상기 높이가 다른 측정대상물 간 광경로차 1은 아래의 [수학식]에 의해 구해지는 것을 특징으로 하는 광학장치(여기서,  $\lambda_0$ 는 평행광의 기준 파장이며,  $\lambda_a$  및  $\lambda_b$ 는 각각 높이가 다른 측정대상물로부터 측정된 이산데이터를 고속 푸리에 변환하여 얻은 각각의 파장값이다. 단,  $\lambda_a > \lambda_b$ 이다).

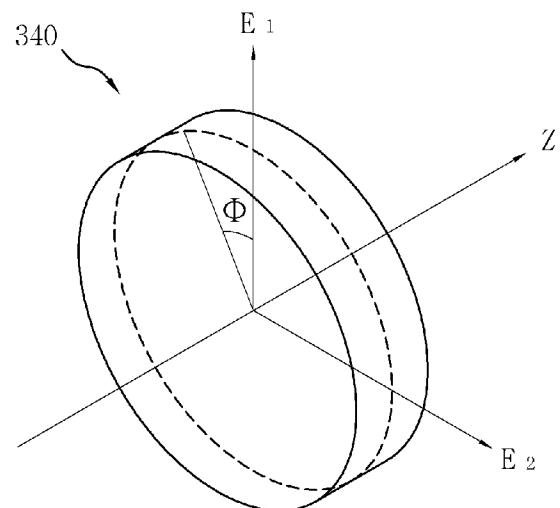
[수학식]

$$I = \lambda_0^2 \left( \frac{1}{\lambda_b} - \frac{1}{\lambda_a} \right)$$

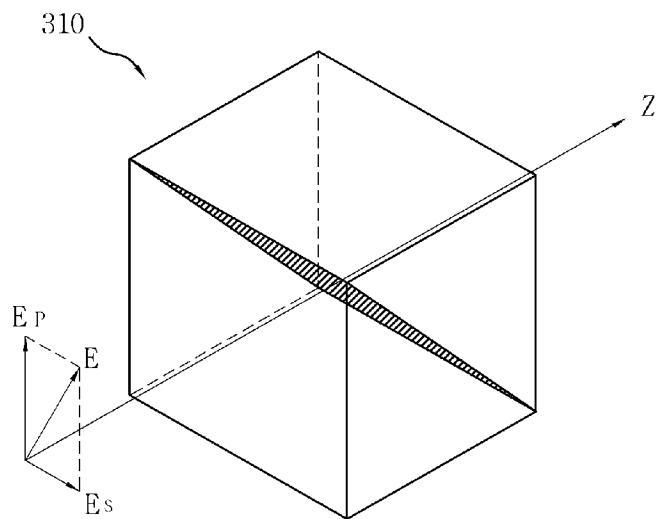
[Fig. 1]



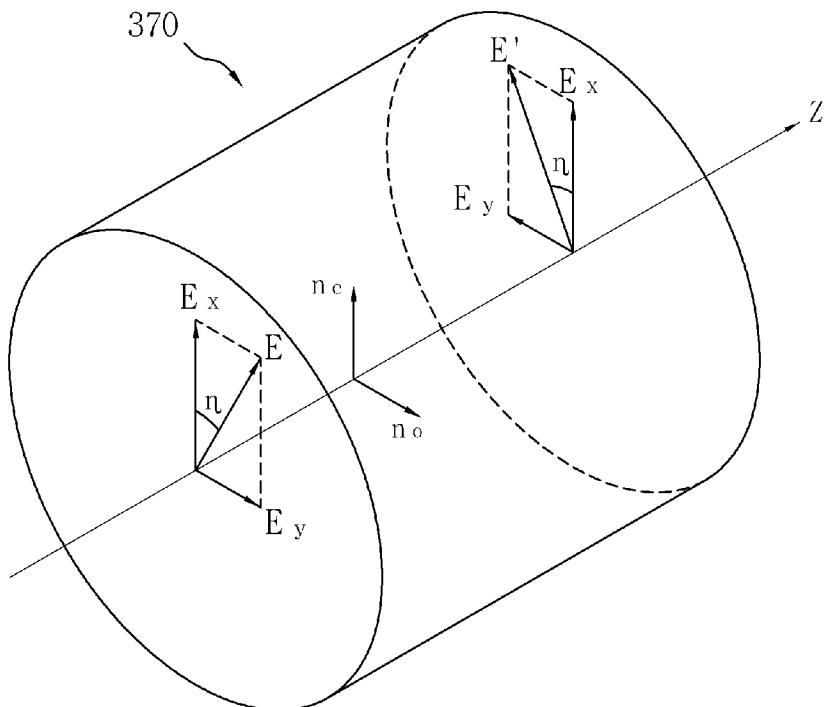
[Fig. 2]



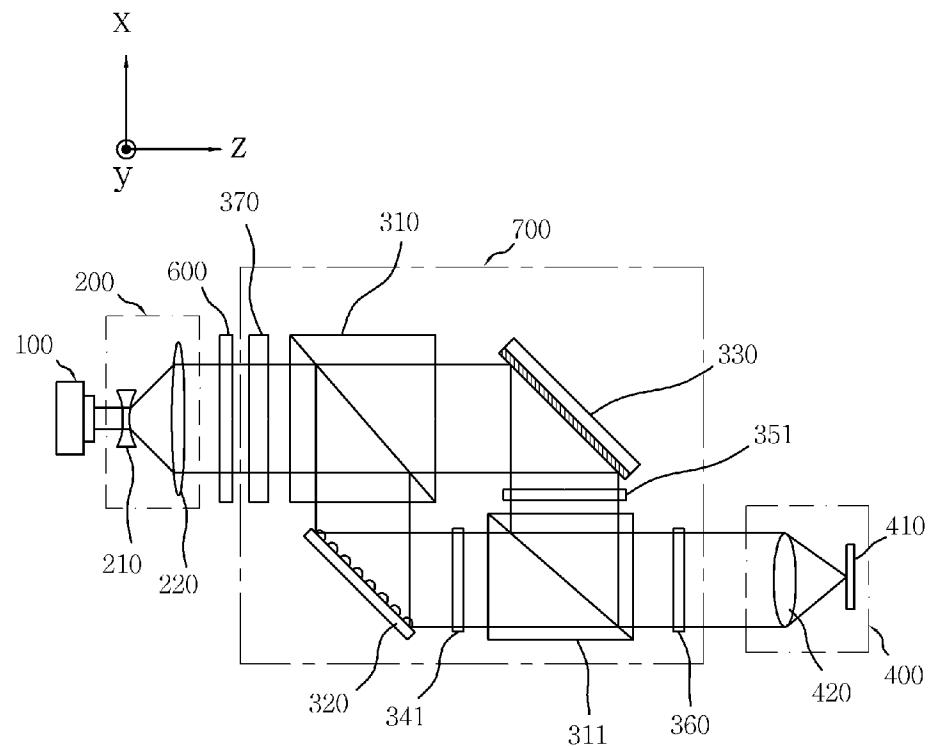
[Fig. 3]



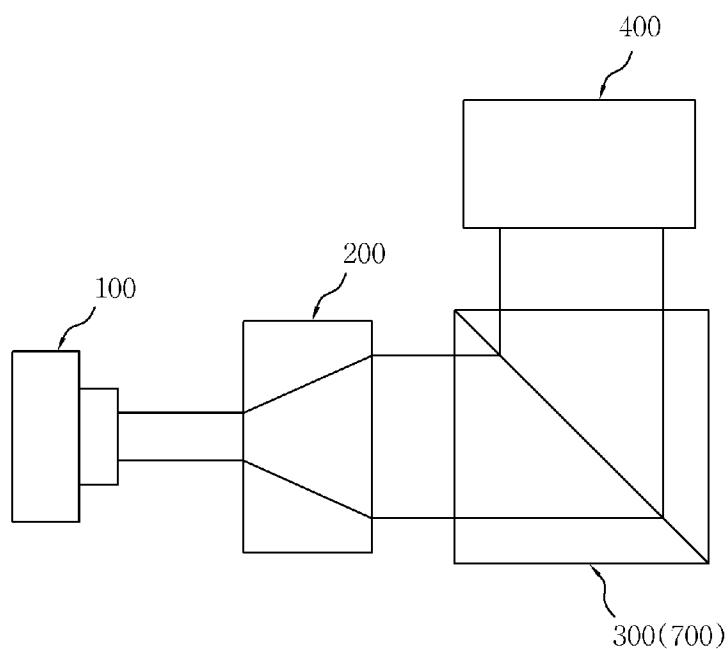
[Fig. 4]



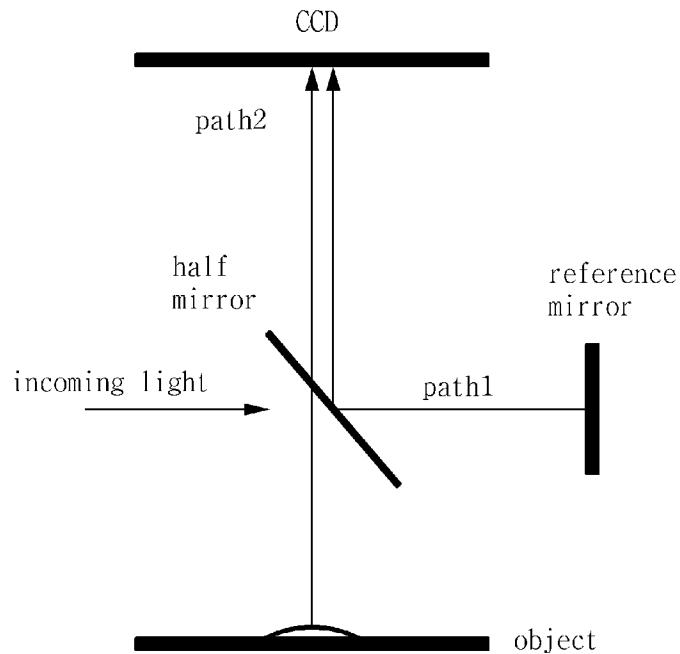
[Fig. 5]



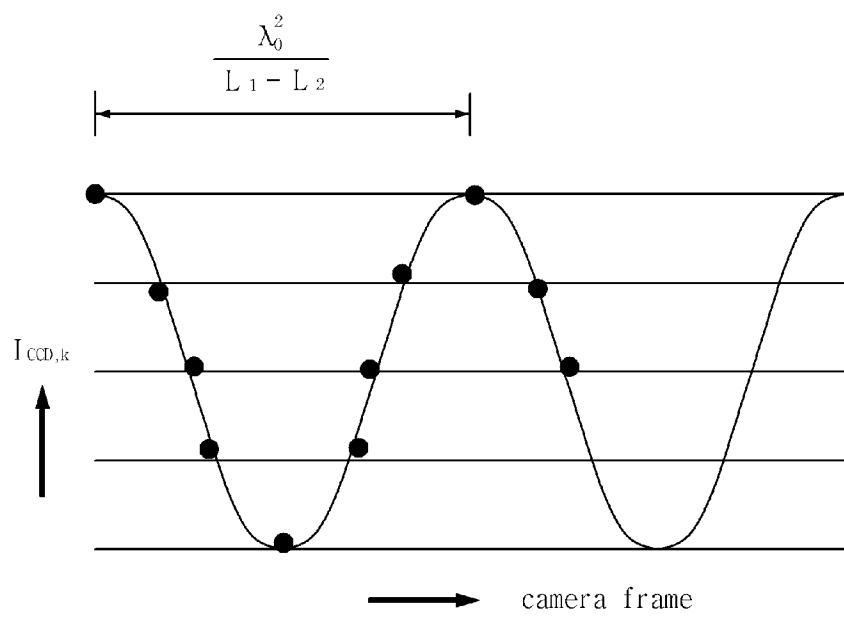
[Fig. 6]



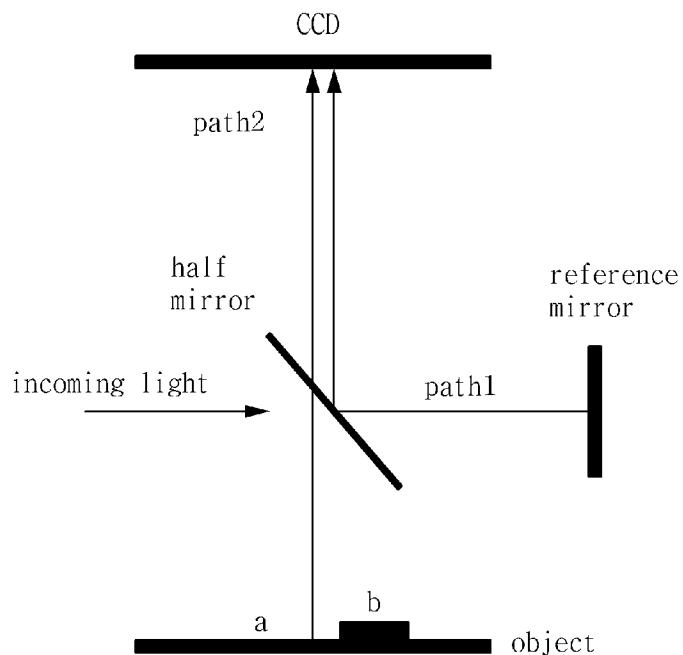
[Fig. 7]



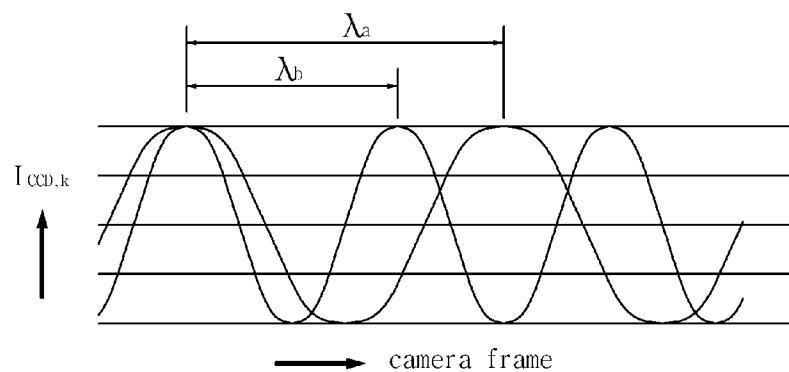
[Fig. 8]



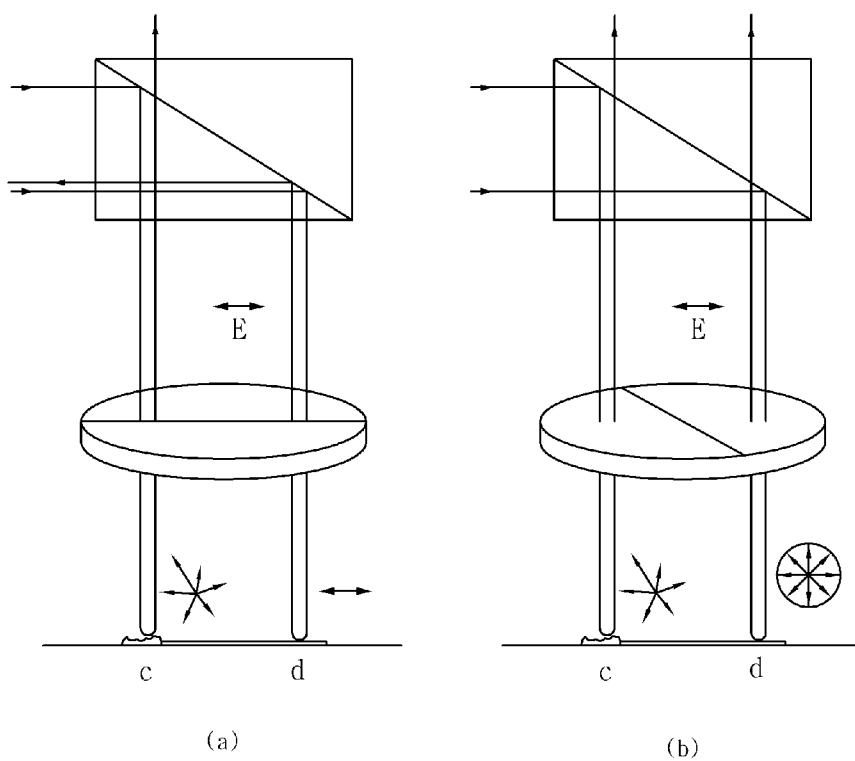
[Fig. 9]



[Fig. 10]



[Fig. 11]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/KR2013/000267****A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G01B 9/02(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B 9/02; G01B 11/24; G01B 11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
 Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above  
 Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: interferometer, polarization beam splitter, wave plate, measured object, reference mirror, polarizing plate, image pickup device, light source, laser, beam width extension unit, concave lens, convex lens, discrete data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 11-325816 A (NIKON CORP) 26 November 1999 See abstract, paragraph 8 and figure 1.	1,3,8-12 2,4-7,13-15
Y A	KR 10-2009-0121885 A (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE) 26 November 2009 See abstract, claim 1 and figure 1.	1,3,8-12 2,4-7,13-15
Y A	US 6690473 B1 (STANKE; Fred E. et al.) 10 February 2004 See paragraph 9 and figure 6.	9-12 1-8,13-15
A	JP 07-324908 A (NIKON CORP) 12 December 1995 See abstract and figure 1.	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E"	earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&"	document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
15 APRIL 2013 (15.04.2013)	<b>16 APRIL 2013 (16.04.2013)</b>

Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140	Authorized officer  Telephone No.
---	---

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

**PCT/KR2013/000267**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 11-325816 A	26.11.1999	NONE	
KR 10-2009-0121885 A	26.11.2009	NONE	
US 6690473 B1	10.02.2004	AU 2000-41758 A1 EP 1163488 A1 JP 2002-540388 A TW 493205 A US 2003-184742 A1 US 2004-0080757 A1 US 2005-0128490 A1 US 6563586 B1 US 6829054 B2 US 6919958 B2 US 7042580 B1 US 7177019 B2 WO 00-57127 A1	09.10.2000 19.12.2001 26.11.2002 01.07.2002 02.10.2003 29.04.2004 16.06.2005 13.05.2003 07.12.2004 19.07.2005 09.05.2006 13.02.2007 28.09.2000
JP 07-324908 A	12.12.1995	JP 3367209 B2 US 05563706 A	14.01.2003 08.10.1996

## A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

*G01B 9/02(2006.01)i*

## B. 조사된 분야

조사된 최소문현(국제특허분류를 기재)

G01B 9/02; G01B 11/24; G01B 11/00

조사된 기술분야에 속하는 최소문현 이외의 문현

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문현란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문현란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) &amp; 키워드: 간섭계, 편광빔 스플리터, 파장판, 측정대상물, 기준거울, 편광판, 이미지 픽업 디바이스, 광원, 레이저, 빔폭확장부, 오목렌즈, 볼록렌즈, 이산데이터

## C. 관련 문헌

카테고리*	인용문현명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y A	JP 11-325816 A (NIKON CORP) 1999.11.26 요약, 문단번호 8 및 도면 1 참조.	1,3,8-12 2,4-7,13-15
Y A	KR 10-2009-0121885 A (한국표준과학연구원) 2009.11.26 요약, 청구항 1 및 도면 1 참조.	1,3,8-12 2,4-7,13-15
Y A	US 6690473 B1 (STANKE; FRED E. 외 2명) 2004.02.10 단락 9 및 도면 6 참조.	9-12 1-8, 13-15
A	JP 07-324908 A (NIKON CORP) 1995.12.12 요약 및 도면 1 참조.	1-15

 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

\* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문현

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문현

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문현 또는 다른 인용문현의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문현

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문현

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문현

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문현으로, 출원과 상충하지 않으면서 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문현

“X” 특별한 관련이 있는 문현. 해당 문현 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“Y” 특별한 관련이 있는 문현. 해당 문현이 하나 이상의 다른 문현과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“&amp;” 동일한 대응특허문현에 속하는 문현

국제조사의 실제 완료일

2013년 04월 15일 (15.04.2013)

국제조사보고서 발송일

2013년 04월 16일 (16.04.2013)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청

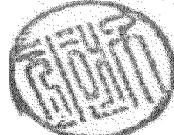
(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189,  
4동(둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 82-42-472-7140

심사관

최현구

전화번호 82-42-481-8288



국제조사보고서에서  
인용된 특허문헌

공개일

대응특허문헌

공개일

JP 11-325816 A	1999. 11. 26	없음	
KR 10-2009-0121885 A	2009. 11. 26	없음	
US 6690473 B1	2004. 02. 10	AU 2000-41758 A1 EP 1163488 A1 JP 2002-540388 A TW 493205 A US 2003-184742 A1 US 2004-0080757 A1 US 2005-0128490 A1 US 6563586 B1 US 6829054 B2 US 6919958 B2 US 7042580 B1 US 7177019 B2 WO 00-57127 A1	2000. 10. 09 2001. 12. 19 2002. 11. 26 2002. 07. 01 2003. 10. 02 2004. 04. 29 2005. 06. 16 2003. 05. 13 2004. 12. 07 2005. 07. 19 2006. 05. 09 2007. 02. 13 2000. 09. 28
JP 07-324908 A	1995. 12. 12	JP 3367209 B2 US 05563706 A	2003. 01. 14 1996. 10. 08