

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2020년 6월 25일 (25.06.2020) WIPO | PCT



(10) 국제공개번호

WO 2020/130319 A1

- (51) 국제특허분류:
G02B 21/00 (2006.01) *G02B 27/10* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2019/014274
- (22) 국제출원일: 2019년 10월 28일 (28.10.2019)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2018-0167557 2018년 12월 21일 (21.12.2018) KR
- (71) 출원인: 한국표준과학연구원 (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE) [KR/KR]; 34113 대전시 유성구 가정로 267, Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 이주인 (LEE, Joo In); 34118 대전시 유성구 가정로 43, 103-802, Daejeon (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 누리 (NURY PATENT LAW FIRM); 06131 서울시 강남구 테헤란로 25길 15-5, 4층, Seoul (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU,

ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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.

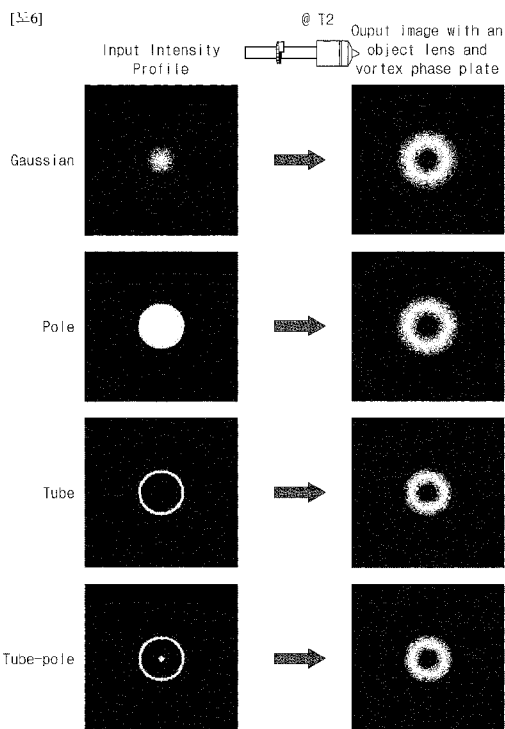
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,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

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(54) Title: LASER SPATIAL MODULATION SUPER RESOLUTION OPTICAL MICROSCOPE

(54) 발명의 명칭: 레이저 공간 변조 초고분해능 광학 현미경



(57) Abstract: The optical device according to one embodiment of the present invention comprises: a laser light source; a beam expander for increasing the beam size of an output light of the laser light source; a laser modulation interferometer for adjusting the spatial distribution of a beam outputted by the beam expander; and an objective lens for irradiating, to a sample, the beam spatially modulated by the laser modulation interferometer.

(57) 요약서: 본 발명의 일 실시예에 따른 광학 장치는, 레이저 광원; 상기 레이저 광원의 출력광의 빔 사이즈를 증가시키는 빔 확장기; 상기 빔 확장기에서 출력된 빔의 공간 분포를 조절하는 레이저 변조 간섭계; 및 상기 레이저 변조 간섭계에서 공간 변조된 빔을 시료에 조사하는 대물 렌즈를 포함한다.



WO 2020/130319 A1

명세서

발명의 명칭: 레이저 공간 변조 초고분해능 광학 현미경 기술분야

- [1] 본 발명은 레이저 현미경에 관한 것으로, 더 구체적으로 공간 레이저 변조기를 사용한 광학 현미경에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 현미경의 능력은 그 배율과 식별할 수 있는 최소의 간격, 즉 분해능으로 결정된다. 이 크기는 빛의 회절에 의해 결정되며, 분해능(d)은 다음과 같은 식으로 구할 수 있다.
- [3] $d = 0.61 \lambda / (n \sin \theta)$
- [4] 여기서, n 은 굴절률(refractive index)이고, λ 는 사용하는 광선의 파장이다. θ 는 대물렌즈에 입사하는 광선과 렌즈의 광축의 최대각이다. 또한 여기서 $n \sin \theta$ 는 개구수(numerical aperture)이다.
- [5] 최근 회절 한계를 극복하는 초고분해능 현미경이 등장하였다. 구체적으로, 스테드(Stimulated Emission Depletion; STED) 현미경에서는 두 개의 레이저 광선을 관찰하고자 하는 작은 대상에 집중시켜 동시에 조사한다. 첫 번째 레이저는 조사하는 곳에 있는 관찰 대상 분자들을 에너지가 높은 상태로 만든다. 이 높은 에너지 상태의 분자들을 가만히 두면 사방으로 형광을 내며 다시 에너지 바닥 상태로 돌아온다. 그런데 이 높은 에너지 상태 분자들을 가만두지 않고 그 형광과 같은 파장의 레이저를 또 주사하게 되면 분자들이 사방으로 형광을 내는 것이 아니라 주사되는 레이저와 같은 방향으로 빛을 내고 사방으로 나오는 형광의 세기는 줄어든다.
- [6] 이 두 번째 주사되는 레이저 광선의 모양은 도우넛처럼 구멍이 난 모양으로 만들어 관찰대상에 주사한다. 첫 번째 레이저만이 주사되는 안쪽의 작은 구멍에서는 형광세기가 줄지 않는다. 하지만 두 번째 레이저도 함께 주사되는 관찰대상 주변 부분에서 나오는 형광은 사라지게 만들 수 있다.
- [7] 스테드(Stimulated Emission Depletion; STED) 현미경은 고가의 두 가지 펄스레이저가 쓰이고 관찰대상 주변 형광을 사라지게하기 위하여 고 강도의 도우넛 레이저 빔을 사용함에 따라 시료의 광 변색이나 손상을 주어 신호의 왜곡이 나타난다.
- [8] 본 발명은 스테드(Stimulated Emission Depletion; STED) 현미경과 달리 저 강도의 레이저 빔을 사용하고 레이저 변조 간섭계를 활용하여 레이저 빔의 형상을 가우시안이 아닌 튜브(tube) 형상, 폴(pole) 형상, 튜브-폴(tube-pole) 형상으로 만들어 분해능을 향상시키고 동일한 파장의 빔을 시간 차이를 두고 서로 다른 형태로 시료에 입사시키어 아베의 회절한계 이상의 초고분해능을 얻을 수 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [9] 본 발명의 해결하고자 하는 일 기술적 과제는 아베 회절 한계 이상의 고분해능 광학 장치를 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [10] 본 발명의 일 실시예에 따른 광학 장치는, 레이저 광원; 상기 레이저 광원의 출력광의 빔 사이즈를 증가시키는 빔 확장기; 상기 빔 확장기에서 출력된 빔의 공간 분포를 조절하는 레이저 변조 간섭계; 및 상기 레이저 변조 간섭계에서 공간 변조된 빔을 시료에 조사하는 대물 렌즈를 포함한다.
- [11] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 레이저 변조 간섭계에서 출력된 공간 변조된 빔을 제1 경로와 제2 경로로 분할하는 제1 빔 분할기; 상기 제1 빔 분할기와 상기 대물 렌즈 사이에 배치되어 상기 제1 경로의 제1 여기 빔을 스위칭하는 제1 광 스위치; 상기 제1 빔 분할기와 상기 대물 렌즈 사이에 배치되어 상기 제2 경로의 제2 여기 빔을 스위칭하는 제2 광 스위치; 상기 대물 렌즈와 상기 제1 광 스위치 사이에 배치되고 상기 제1 여기 빔 또는 상기 제2 여기 빔을 상기 대물 렌즈에 제공하는 제2 빔 분할기; 및 상기 제2 광 스위치와 상기 제2 빔 분할기 사이에 배치되어 도넛 형태의 강도 프로파일을 제공하는 소용돌이 위상판(vortex phase plate);을 포함할 수 있다.
- [12] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 광 스위치와 상기 제1 빔 분할기 사이에 배치되고, 상기 제1 여기 빔에 반응하여 상기 시료가 제공하는 제1 측정빔을 분할하는 제3 빔 분할기; 상기 제3 빔 분할기에 의한 분기된 상기 제1 측정빔을 집속하는 제1 집속 렌즈; 상기 제1 측정빔을 투과시키고 상기 제1 집속 렌즈의 후단에 배치되는 제1 편홀; 및 상기 제1 편홀의 후단에 배치되어 상기 제1 측정빔을 측정하는 제1 광 감지부를 더 포함할 수 있다.
- [13] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 광 스위치와 상기 제1 광 분할기 사이에 배치되고 상기 제2 여기 빔에 반응하여 상기 시료가 제공하는 제2 측정빔을 분할하는 제4 빔 분할기; 상기 제4 빔 분할기에 의한 분기된 상기 제2 측정빔을 집속하는 제2 집속 렌즈; 상기 제2 측정빔을 투과시키고 상기 제2 집속 렌즈의 후단에 배치되는 제2 편홀; 및 상기 제2 편홀의 후단에 배치되어 상기 제2 측정빔을 측정하는 제2 광 감지부를 더 포함할 수 있다.
- [14] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 레이저 변조 간섭계에 의하여 상기 공간 변조된 빔은 튜브 형상, 폴 형상, 또는 튜브-폴 형상일 수 있다.
- [15] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 레이저 변조 간섭계는, 빔 사이즈를 증가된 출력광을 기준 경로와 변조 경로로 분할하고 상기 기준 경로에서 반사된 빔과 상기 변조 경로에서 반사된 빔을 결합하여 출력하는 빔 분할기; 상기 기준 경로에 배치된 제1 미러; 상기 변조 경로에 배치된 공간 액정 변조기; 및 상기 공간 액정 변조기의 후단에 배치된 제2 미러를 포함할 수 있다.

- [16] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 빔 분할기와 상기 레이저 변조 간섭계 사이에 배치된 선형 편광판; 상기 선형 편광판과 상기 제1 빔 분할기 사이에 배치된 반파장판; 상기 제2 빔 분할기와 상기 대물 렌즈 사이에 배치된 1/4 파장판; 및 상기 제2 빔 분할기와 상기 대물 렌즈 사이에 배치된 빔 스캐너; 중에서 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.
- [17] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 편홀과 상기 제1 광 감지기 사이에 배치된 제1 광 섬유; 상기 제1 광 감지기의 신호를 처리하는 제1 록인 증폭기; 상기 제2 편홀과 상기 제2 광 감지기 사이에 배치된 제2 광 섬유; 및 상기 제2 광 감지기의 신호를 처리하는 제2 록인 증폭기;를 더 포함할 수 있다.
- [18] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 록인 증폭기의 제1 신호와 상기 제2 록인 증폭기의 제2 신호의 차이를 연산하는 신호 처리부를 더 포함할 수 있다.
- [19] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 레이저 광원의 출력광은 연속파 또는 펄스이고, 상기 제1 광 스위치와 상기 제2 광 스위치는 서로 다른 시간에 턴온되고, 상기 제1 광 스위치와 상기 제2 광 스위치는 전기광학 변조기일 수 있다.
- [20] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제3 빔 분할기와 상기 제1 집속 렌즈 사이에 배치되어 상기 제1 측정 빔 만을 선택적으로 투과시키는 제1 밴드 패스 필터; 및 상기 제4 빔 분할기와 상기 제2 집속 렌즈 사이에 배치되어 상기 제2 측정 빔 만을 선택적으로 투과시키는 제2 밴드 패스 필터;를 더 포함할 수 있다.
- [21] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 광 스위치와 상기 제1 빔 분할기 사이에 배치되고, 상기 제1 여기 빔에 반응하여 상기 시료가 제공하는 제1 측정빔을 분할하는 제1 이색성 미러; 상기 제1 이색성 미러에서 반사된 상기 제1 측정빔을 집속하는 제1 집속 렌즈; 상기 제1 측정빔을 투과시키고 상기 제1 집속 렌즈의 후단에 배치되는 제1 편홀; 및 상기 제1 편홀의 후단에 배치되어 상기 제1 측정빔을 측정하는 제1 광 감지부를 더 포함할 수 있다.
- [22] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제2 광 스위치와 상기 제1 광 분할기 사이에 배치되고 상기 제2 여기 빔에 반응하여 상기 시료가 제공하는 제2 측정빔을 반사시키는 제2 이색성 미러; 상기 제2 이색성 미러에서 반사된 상기 제2 측정빔을 집속하는 제2 집속 렌즈; 상기 제2 측정빔을 투과시키고 상기 제2 집속 렌즈의 후단에 배치되는 제2 편홀; 및 상기 제2 편홀의 후단에 배치되어 상기 제2 측정빔을 측정하는 제2 광 감지부를 더 포함할 수 있다.
- [23] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 이색성 미러와 상기 제1 집속 렌즈 사이에 배치되어 상기 제1 측정 빔 만을 선택적으로 투과시키는 제1 밴드 패스 필터; 및 상기 제2 이색성 미러와 상기 제2 집속 렌즈 사이에 배치되어 상기 제4 측정 빔 만을 선택적으로 투과시키는 제2 밴드 패스 필터;를 더 포함할 수 있다.
- [24] 본 발명의 일 실시예에 따른 광학 장치의 동작 방법은, 제1 시간에 시료에 대물 렌즈를 통하여 가우시안 형태의 제1 여기 빔을 제공하고 상기 제1 여기 빔에 상기 시료가 반응한 제1 측정 빔의 제1 세기를 측정하는 단계; 제2 시간에 시료에

소용돌이 위상판 및 상기 대물 렌즈를 통하여 도넛 형태의 제2 여기 빔을 제공하고 상기 제2 여기 빔에 상기 시료가 반응한 제2 측정 빔의 제2 세기를 측정하는 단계;

- [25] 상기 제1 세기와 상기 제2 세기의 차이를 산출하는 단계; 및 상기 시료의 측정 위치를 변경하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [26] 본 발명의 일 실시예에 따른 광학 장치는 회절 한계 이상의 고분해능 광학 장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [27] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광학 장치를 설명하는 개념도이다.
 [28] 도 2는 도 1의 광학 장치에서 제1 여기 빔과 제1 측정 빔의 광 경로를 설명하는 개념도이다.
 [29] 도 3은 도 1의 광학 장치에서 제2 여기 빔과 제2 측정 빔의 광 경로를 설명하는 개념도이다.
 [30] 도 4는 도 1의 광학 장치에서 레이저 변조 간섭계를 설명하는 개념도이다.
 [31] 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 대물 렌즈에 입사하는 제1 여기 빔의 공간 분포들에 따라 대물 렌즈가 형성하는 이미지를 나타내는 결과들이다.
 [32] 도 6은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 소용돌이 위상판과 대물 렌즈에 입사하는 제2 여기 빔의 공간 분포들에 따라 대물 렌즈가 형성하는 이미지를 나타내는 결과들이다.
 [33] 도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 제1 여기 빔의 대물 렌즈의 제1 출력 이미지와 제2 여기 빔의 대물 렌즈의 제2 출력 이미지, 그리고 제1 출력 이미지와 제2 출력 이미지의 차이를 나타내는 결과들이다.
 [34] 도 8은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 형광 현미경을 설명하는 개념도이다.
 [35] 도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 형광 현미경을 설명하는 개념도이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [36] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되어지는 것이다. 도면들에 있어서, 구성요소는 명확성을 기하기 위하여 과장되어진 것이다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.
- [37] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광학 장치를 설명하는 개념도이다.
 [38] 도 2는 도 1의 광학 장치에서 제1 여기 빔과 제1 측정 빔의 광 경로를 설명하는 개념도이다.
 [39] 도 3은 도 1의 광학 장치에서 제2 여기 빔과 제2 측정 빔의 광 경로를 설명하는

개념도이다.

[40] 도 4는 도 1의 광학 장치에서 레이저 변조 간섭계를 설명하는 개념도이다.

[41] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 광학 장치(100)는, 레이저 광원(110); 상기 레이저 광원(110)의 출력광의 빔 사이즈를 증가시키는 빔 확장기(120); 상기 빔 확장기(120)에서 출력된 빔의 공간 분포를 레이저 변조 간섭계(130); 및 상기 레이저 변조 간섭계(130)에서 공간 변조된 빔을 시료(162)에 조사하는 대물 렌즈(150)를 포함한다. 상기 광학 장치는, 광학 현미경일 수 있다.

[42] 상기 레이저 광원(110)은 아르곤 이온 레이저일 수 있다. 구체적으로, 상기 레이저 광원(110)의 파장은 488nm 또는 514.5 nm일 수 있다. 상기 레이저 광원(110)은 연속파 동작 또는 수 kHz 이상의 주파수로 펄스 동작할 수 있다. 레이저는 제1 광 스위치 및 제2 광 스위치(145b)와 동기화될 수 있다. 구체적으로, 상기 레이저 광원(110)은 제1 펄스 및 제2 펄스를 교번하여 출력할 수 있다. 상기 레이저 광원(110)의 제1 펄스는 상기 제1 광 스위치(145a)를 통하여 제1 경로로 진행하고, 제2 펄스는 상기 제2 광 스위치(145b)를 통하여 제2 경로로 진행할 수 있다.

[43] 빔 확장기(*beam expander*, 120)는 상기 레이저 광원(110)의 출력을 제공받아 빔의 크기를 확장시킬 수 있다. 구체적으로, 상기 빔 확장기(120)의 배율은 10 이상일 수 있다. 바람직하게는 상기 빔 확장기의 배율은 20배일 수 있다.

[44] 레이저 변조 간섭계(130)은 마이켈슨 간섭계 구조를 가질 수 있다. 상기 레이저 변조 간섭계(130)에 의하여 상기 공간 변조된 빔은 튜브(*tube*) 형상, 폴(*pole*) 형상, 또는 튜브-폴(*tube-pole*) 형상의 공간 강도 분포를 가질 수 있다. 통상적인 레이저 광원의 출력 프로파일은 가우시안 형태이다. 그러나, 분해능을 향상시키기 위하여 상기 대물 렌즈(150)에 입사되는 레이저 빔의 공간 강도 분포는 튜브(*tube*) 형상, 폴(*pole*) 형상, 또는 튜브-폴(*tube-pole*) 형상일 수 있다. 폴 형상의 공간 강도 분포는 가우시안 형태의 입력 강도 분포에서 중심 부위를 만을 남기고 가장자리 부분을 제거하여 형성할 수 있다. 튜브 형상의 공간 강도 분포는 가장자리 부분의 광과 중심 부분의 광을 제거하여 형성할 수 있다. 또한, 튜브-폴 형상의 공간 강도 분포는 폴 형상과 튜브 형상의 조합에 의하여 형성될 수 있다.

[45] 상기 레이저 변조 간섭계(130)는, 빔 사이즈가 증가된 레이저 빔을 기준 경로와 변조 경로로 분할하고 상기 기준 경로에서 반사된 빔과 상기 변조 경로에서 반사된 빔을 결합하여 출력하는 빔 분할기(131); 상기 기준 경로에 배치된 제1 미러(132); 상기 변조 경로에 배치된 공간 액정 변조기(133); 및 상기 공간 액정 변조기(133)의 후단에 배치된 제2 미러(134)를 포함할 수 있다. 상기 기준 경로와 상기 변조 경로는 동일한 광 경로를 가질 수 있다. 상기 공간 액정 변조기(133)는 복수의 액정 셀들을 포함하고, 상기 액정 셀들 사이에 두고 서로 마주 보는 한 쌍의 전극을 가질 수 있다. 상기 액정 셀 각각에 인가되는 전압을 제어하면, 상기 액정 셀은 위상 지연을 제공할 수 있다. 따라서, 상기 레이저 변조 간섭계(130)의 출력 광은 간섭 현상을 이용하여 공간 강도 분포를 조절할 수 있다. 상기 레이저

변조 간섭계(130)의 출력광은 어퍼쳐(134)를 구비할 수 있다. 상기 어퍼쳐(134)의 사이즈는 상기 대물 렌즈(150)의 구경 이하일 수 있다.

[46] 상기 대물 렌즈(150)은 현미경용 대물 렌즈일 수 있다.

[47] 제1 빔 분할기(143)은 상기 레이저 변조 간섭계(130)에서 출력된 공간 변조된 빔을 제1 경로와 제2 경로로 분할할 수 있다. 상기 제1 빔 분할기(143)의 분할 비율은 1:1 일 수 있다. 상기 제1 빔 분할기(143)은 상기 제1 경로를 통하여 공간 변조된 제1 여기 빔을 상기 대물 렌즈(150)에 제공한다. 상기 제1 여기 빔은 상기 대물 렌즈(150)을 통하여 초점 평면에서 형성된 이미지는 가우시안 함수 또는 베셀 함수 형태일 수 있다. 상기 제1 빔 분할기(143)은 상기 제2 경로를 통하여 공간 변조된 제2 여기 빔을 상기 대물 렌즈(150)에 제공한다. 상기 제2 여기 빔은 상기 대물 렌즈(150)을 통하여 초점 평면에서 형성된 이미지는 도넛 형태일 수 있다.

[48] 제1 광 스위치(145a)는 상기 제1 빔 분할기(143)과 상기 대물 렌즈(150) 사이에 배치되어 상기 제1 경로의 제1 여기 빔을 스위칭한다. 상기 제1 광 스위치(145a)는 제1 펄스를 통과시키고 연속되는 제2 펄스는 차단할 수 있다. 상기 제1 광 스위치(145a)는 전기-광학 변조기(Electro-optic modulator)일 수 있다. 상기 제1 광 스위치(145a)는 포켈스 셀(Pockels cell)을 포함할 수 있다.

[49] 제2 광 스위치(145b)는 상기 제1 빔 분할기(143)과 상기 대물 렌즈(150) 사이에 배치되어 상기 제2 경로의 제2 여기 빔을 스위칭할 수 있다. 상기 제2 광 스위치(145b)는 제1 펄스를 차단하고 연속되는 제2 펄스는 통과시킬 수 있다. 상기 제1 광 스위치(145a)는 전기-광학 변조기(Electro-optic modulator)일 수 있다. 상기 제1 광 스위치(145a)는 포켈스 셀(Pockels cell)을 포함할 수 있다.

[50] 제2 빔 분할기(147)은 상기 대물 렌즈(150)과 상기 제1 광 스위치(145a) 사이에 배치되고 상기 제1 여기 빔 및 상기 제2 여기 빔을 상기 대물 렌즈(150)에 제공할 수 있다. 상기 제2 빔 분할기(147)은 제1 시간(T1)에 입사하는 상기 제1 여기 빔을 투과시키어 상기 대물 렌즈(150)에 제공할 수 있다. 상기 제2 빔 분할기(147)은, 제2 시간(T2)에 입사하는 상기 제2 여기 빔을 반사시키어 상기 대물 렌즈(150)에 제공할 수 있다.

[51] 소용돌이 위상판(vortex phase plate, 172)은 상기 제2 광 스위치(145b)와 상기 제2 빔 분할기(147) 사이에 배치되어 도넛 형태의 강도 프로파일을 제공할 수 있다. 상기 소용돌이 위상판(172)은 방위각 방향으로 위상을 순차적으로 변경하여, 상기 대물 렌즈(150)을 통하여 초점 평면에 도넛 형태의 강도 이미지를 형성할 수 있다.

[52] 제3 빔 분할기(144)는 상기 제1 광 스위치(145a)와 상기 제1 빔 분할기(143) 사이에 배치되고, 상기 제1 여기 빔에 반응하여 상기 시료(162)가 제공하는 제1 측정빔을 분할할 수 있다. 제1 집속 렌즈(178)은 상기 제3 빔 분할기(144)에 의한 분기된 상기 제1 측정빔을 집속할 수 있다. 제1 편홀(181a)은 상기 제1 측정빔을 투과시키고 상기 제1 집속 렌즈(178)의 후단에 배치될 수 있다. 제1 광

감지부(183a)는 상기 제1 편홀(181a)의 후단에 배치되어 상기 제1 측정빔을 측정할 수 있다.

- [53] 제4 빔 분할기(173)는 상기 제2 광 스위치(145b)와 상기 제1 빔 분할기(143) 사이에 배치되고 상기 제2 여기 빔에 반응하여 상기 시료(162)가 제공하는 제2 측정빔을 분할할 수 있다. 제2 집속 렌즈(176)는 상기 제4 빔 분할기(173)에 의한 분기된 상기 제2 측정빔을 집속할 수 있다. 제2 편홀(181b)은 상기 제2 측정빔을 투과시키고 상기 제2 집속 렌즈(176)의 후단에 배치될 수 있다. 제2 광 감지부(183b)는 상기 제2 편홀(181b)의 후단에 배치되어 상기 제2 측정빔을 측정할 수 있다.
- [54] 선형 편광판(141)은 상기 제1 빔 분할기(143)과 상기 레이저 변조 간섭계(130) 사이에 배치될 수 있다. 반파장판(142)는 상기 선형 편광판(141)과 상기 제1 빔 분할기(143) 사이에 배치될 수 있다. 1/4 파장판(148)은 상기 제2 빔 분할기(147)과 상기 대물 렌즈(150) 사이에 배치될 수 있다. 빔 스캐너(149)는 상기 제2 빔 분할기(147)과 상기 대물 렌즈(150) 사이에 배치될 수 있다.
- [55] 상기 레이저 변조 간섭계(130)로부터 공간 변조된 빔은 상기 선형 편광판(141)을 투과하여 선형 편광된다. 이어서, 상기 선형 편광된 빔은 상기 반파장판(142)를 투과하여 편광방향을 90도 변화시킬 수 있다.
- [56] 상기 반파장판을 투과한 빔은 상기 제1 빔 분할기(143)에 의하여 상기 제1 경로로 진행하는 제1 여기 빔을 생성한다. 상기 제1 여기 빔은 상기 제3 빔 분할기(144)를 투과하여 상기 제1 광 스위치(145a)에 도달할 수 있다. 제1 시간(T1)에 상기 제1 광 스위치(145a)는 개방되고, 상기 제1 여기 빔은 제1 보조 거울(146)에서 반사되고, 상기 제2 빔 분할기(147)를 투과하고, 상기 1/4 파장판(148)에 입사할 수 있다. 상기 1/4 파장판(148)은 입사하는 선형 편광을 원형 편광으로 변경할 수 있다. 상기 1/4 파장판(148)을 투과한 광은 빔 스캐너(149) 및 대물 렌즈(150)를 통하여 시료 평면에서 가우시안 함수 강도 분포 또는 베셀 함수 강도 분포를 가질 수 있다. 상기 빔 스캐너(149)는 갈바노미터(galvanometer)일 수 있다.
- [57] 상기 반파장판(142)를 투과한 빔은 상기 제1 빔 분할기(143)에 의하여 상기 제2 경로로 진행하는 제2 여기 빔을 생성한다. 상기 제2 여기 빔은 제2 보조 미러(174)에 의하여 반사되어 상기 제4 빔 분할기(173)를 투과하여 상기 제2 광 스위치(145b)에 도달할 수 있다. 제2 시간(T2)에 상기 제2 광 스위치(145b)는 개방되고, 상기 제2 여기 빔은 상기 소용돌이 위상판(172)에 의하여 위상 변조된 후 상기 제2 빔 분할기(147)에서 반사된다. 상기 제2 빔 분할기에서 반사된 상기 제2 여기 빔은 상기 1/4 파장판(148)을 통하여 선형 편광을 원형 편광으로 변경할 수 있다. 상기 1/4 파장판(148)을 투과한 광은 빔 스캐너(149) 및 대물 렌즈(150)를 통하여 시료 평면에서 도넛 형태의 강도 분포를 가질 수 있다. 상기 1/4 파장판(148)과 상기 소용돌이 위상판(172)는 상기 대물 렌즈(150)를 통하여 도넛 형태의 강도 분포를 제공할 수 있다.

- [58] 상기 시료(162)는 상기 대물 렌즈(150)의 초점 평면에 배치될 수 있다. 상기 시료(162)는 입사하는 제1 여기 빔에 반응하여 반사광을 형성하나, 형광 또는 비선형 현상에 의하여 다른 파장의 광을 발생시킬 수 있다.
- [59] 상기 제1 여기 빔에 의하여 상기 시료(162)가 발생시키는 제1 측정빔은 상기 대물 렌즈(150), 상기 1/4 위상판(148), 제2 빔 분할기(147), 제1 보조 미러(146), 상기 제1 광 스위치(145a)를 경유하여 상기 제3 빔 분할기(144)에서 반사되어 제1 집속 렌즈(178)에 전달될 수 있다. 제3 보조 미러(177)는 상기 제3 빔 분할기(144)와 상기 제1 집속 렌즈(178) 사이에 배치되어 진행 경로를 변경할 수 있다. 상기 제1 집속 렌즈(178)을 통하여 집속된 제1 측정빔은 상기 제1 편홀(181a)을 통하여 잡광을 제거할 수 있다. 또한, 상기 제1 편홀(181a)과 상기 제1 광 감지기(183a) 사이에 배치된 제1 광섬유(182a)에 입사할 수 있다. 상기 제1 광섬유(182a)는 단일모드 광섬유일 수 있다. 상기 제1 광 감지기(183a)는 어발란치 포토다이오드일 수 있다. 상기 제1 광 감지기(183a)의 출력 전기 신호는 제1 록인 증폭기(185)에 전달될 수 있다. 상기 제1 록인 증폭기(185)는 상기 레이저 광원의 제1 펄스와 동기화될 수 있다.
- [60] 상기 제2 여기 빔에 의하여 상기 시료(162)가 발생시키는 제2 측정빔은 상기 대물 렌즈(150), 상기 1/4 위상판(148), 제2 빔 분할기(147), 상기 소용돌이 위상판(172), 상기 제2 광 스위치(145b)를 경유하여 상기 제4 빔 분할기(173)에서 반사되어 제2 집속 렌즈(176)에 전달될 수 있다. 제4 보조 미러(175)는 상기 제4 빔 분할기(173)과 상기 제2 집속 렌즈(176) 사이에 배치되어 진행 경로를 변경할 수 있다. 상기 제2 집속 렌즈(176)을 통하여 집속된 제2 측정빔은 상기 제2 편홀(181b)을 통하여 잡광을 제거할 수 있다. 또한, 상기 편홀을 투과한 제1 측정빔은 상기 제2 편홀(181b)과 상기 제2 광 감지기(183b) 사이에 배치된 제2 광섬유(182b)에 입사할 수 있다. 상기 제2 광섬유(182b)는 단일모드 광섬유일 수 있다. 상기 제2 광 감지기(183b)는 어발란치 포토다이오드일 수 있다. 상기 제2 광 감지기(183b)의 출력 전기 신호는 제2 록인 증폭기(184)에 전달될 수 있다. 상기 제2 록인 증폭기(184)는 상기 레이저 광원(110)의 제2 펄스와 동기화될 수 있다.
- [61] 구체적으로, 상기 레이저 광원(110)은 제1 펄스, 제2 펄스, 제1 펄스, 제2 펄스를 순차적으로 발생시킬 수 있다. 상기 제1 펄스는 제1 광 스위치(145a)를 통하여 제1 여기 빔 및 제1 측정 빔을 형성할 수 있다. 상기 제1 록인 증폭기(185)는 상기 제1 펄스에 동기화된다. 한편, 상기 제2 펄스는 제2 광 스위치(145b)를 통하여 제2 여기 빔 및 제2 측정 빔을 형성할 수 있다. 상기 제2 록인 증폭기(184)는 상기 제2 펄스에 동기화된다.
- [62] 신호 처리부(168)는 상기 제1 록인 증폭기(185)의 출력 신호와 상기 제2 록인 증폭기(184)의 출력 신호의 차이인 고분해능 신호를 산출할 수 있다. 상기 고분해능 신호는 높은 분해능의 이미지 신호를 제공할 수 있다. 시료의 측정 위치를 변경하면서, 위와 같은 동작을 반복할 수 있다.
- [63] 상기 빔 스캐너(149)는 상기 시료의 측정 위치를 변경하기 위하여 사용될 수

있다. 상기 빔 스캐너(149)는 갈바노미터일 수 있다.

- [64] 상기 시료는 이동 스테이지(164)에 탑재될 수 있다. 상기 이동 스테이지(164)는 시료의 초기 위치를 설정하거나 상기 시료의 측정 위치를 변경할 수 있다. 상기 시료의 측정 위치를 변경하기 위하여, 상기 이동 스테이지(164)는 PZT 압전 스테이지일 수 있다. 상기 PZT 압전 스테이지는 스테이지 제어부(166)에 의하여 고압에 의하여 제어될 수 있다.
- [65] 신호 처리부(168)는 상기 제1 록인 증폭기(185) 및 제2 록인 증폭기(184)의 출력 신호를 처리하고, 상기 빔 스캐너(149)를 제어하고, 상기 이동 스테이지(164)를 제어할 수 있다. 또한, 신호 처리부(168)는 상기 레이저 광원(110)의 펄스 주파수를 제어하고, 상기 제1 광 스위치(145a), 상기 제2 광 스위치(145b)를 제어할 수 있다.
- [66] 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 대물 렌즈에 입사하는 제1 여기 빔의 공간 분포들에 따라 대물 렌즈가 형성하는 이미지를 나타내는 결과들이다.
- [67] 도 5를 참조하면, 대물 렌즈(150)에 가우시안 형태의 제1 여기광이 입사하는 경우, 대물 렌즈(150)의 출력 이미지는 가우시안 형태이며, 빔 사이즈는 0.61λ 이다. 여기서 λ 는 레이저의 파장이다.
- [68] 대물 렌즈(150)에 폴 형태의 제1 여기광이 입사하는 경우, 대물 렌즈(150)의 출력 이미지는 베셀 함수 형태이며, 빔 사이즈는 0.52λ 이다.
- [69] 대물 렌즈(150)에 튜브 형태의 제1 여기광이 입사하는 경우, 대물 렌즈의 출력 이미지는 베셀 함수 형태이며, 빔 사이즈는 0.22λ 이다.
- [70] 대물 렌즈(150)에 튜브-폴 형태의 제1 여기광이 입사하는 경우, 대물 렌즈의 출력 이미지는 베셀 함수 형태이며, 빔 사이즈는 0.27λ 이다.
- [71] 도 6은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 소용돌이 위상판과 대물 렌즈에 입사하는 제2 여기 빔의 공간 분포들에 따라 대물 렌즈가 형성하는 이미지를 나타내는 결과들이다.
- [72] 도 6을 참조하면, 소용돌이 위상판(172)과 대물 렌즈(150)에 가우시안 형태의 제2 여기광이 입사하는 경우, 대물 렌즈의 출력 이미지는 도넛 형태이다.
- [73] 소용돌이 위상판(172)과 대물 렌즈(150)에 폴 형태의 제2 여기광이 입사하는 경우, 대물 렌즈의 출력 이미지는 도넛 형태이다.
- [74] 소용돌이 위상판(172)과 대물 렌즈(150)에 튜브 형태의 제2 여기광이 입사하는 경우, 대물 렌즈의 출력 이미지는 도넛 형태이고 사이드 밴드를 가진다.
- [75] 소용돌이 위상판(172)과 대물 렌즈(150)에 튜브-폴 형태의 제2 여기광이 입사하는 경우, 대물 렌즈의 출력 이미지는 도넛 형태이고 사이드 밴드를 가진다.
- [76] 도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 제1 여기 빔의 대물 렌즈의 제1 출력 이미지와 제2 여기 빔의 대물 렌즈의 제2 출력 이미지, 그리고 제1 출력 이미지와 제2 출력 이미지의 차이를 나타내는 결과들이다.
- [77] 도 7을 참조하면, 제1 시간(T1)에 대물 렌즈(150)에 폴 형태의 제1 여기광이

입사하는 경우, 대물 렌즈(150)의 제1 출력 이미지는 가우시안 형태이며, 빔 사이즈는 0.52λ 이다.

[78] 또한, 제2 시간(T2)에 소용돌이 위상판(172)과 대물 렌즈(150)에 폴 형태의 제2 여기광이 입사하는 경우, 대물 렌즈의 제2 출력 이미지는 도넛 형태이다.

[79] 상기 제1 출력 이미지와 상기 제2 출력 이미지의 차이는 가장 우측에 표시되고, 제1 출력 이미지의 해상도(0.52λ)보다 더 높은 약 0.26λ 의 해상도를 가진다. 따라서, 고해상도의 이미지가 획득될 수 있다. 차이 이미지를 산출하는 과정에서 비례 계수(g)를 이용하여 보정될 수 있다. 상기 비례 계수는 제1 측정 빔과 제2 측정 빔의 경로 차이에서 발생할 수 있다.

[80] 한편, 제1 핀홀(181a)과 제2 핀홀(181b)의 사이즈는 상기 차이 이미지가 영(zero)의 지점에 대응하도록 설정될 수 있다.

[81] 도 8은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 형광 현미경을 설명하는 개념도이다.

[82] 도 8을 참조하면, 상기 광학 장치는 형광 현미경으로 동작할 수 있다. 광학 장치(100a)는, 레이저 광원(110); 상기 레이저 광원(110)의 출력광의 빔 사이즈를 증가시키는 빔 확장기(120); 상기 빔 확장기(120)에서 출력된 빔의 공간 분포를 레이저 변조 간섭계(130); 및 상기 레이저 변조 간섭계(130)에서 공간 변조된 빔을 시료(162)에 조사하는 대물 렌즈(150)를 포함한다. 상기 광학 장치는, 광학 현미경일 수 있다.

[83] 상기 레이저 광원(110)은 아르곤 이온 레이저일 수 있다. 구체적으로, 상기 레이저 광원(110)의 파장은 488nm 또는 514.5 nm일 수 있다. 상기 레이저 광원(110)은 수 kHz 이상의 주파수로 펄스 동작할 수 있다. 펄스 레이저는 제1 광 스위치 및 제2 광 스위치(145b)와 동기화될 수 있다. 구체적으로, 상기 레이저 광원(110)은 제1 펄스 및 제2 펄스를 교번하여 출력할 수 있다. 상기 레이저 광원(110)의 제1 펄스는 상기 제1 광 스위치(145a)를 통하여 제1 경로로 진행하고, 제2 펄스는 상기 제2 광 스위치(145b)를 통하여 제2 경로로 진행할 수 있다.

[84] 상기 시료는 상기 제1 여기 빔에 반응하여 형광 신호로 제1 측정 빔을 제공할 수 있다. 상기 제1 측정 빔의 파장은 상기 제1 여기 빔의 파장과 다를 수 있다. 이 경우, 제1 집속 렌즈(178)의 전단에 제1 밴드 패스 필터(177a)가 배치될 수 있다. 상기 제1 밴드 패스 필터(177a)는 형광 신호 성분만을 투과시킬 수 있다.

[85] 상기 시료는 상기 제2 여기 빔에 반응하여 형광 신호로 제2 측정 빔을 제공할 수 있다. 상기 제2 측정 빔의 파장은 상기 제2 여기 빔의 파장과 다를 수 있다. 이 경우, 제2 집속 렌즈(176)의 전단에 제2 밴드 패스 필터(175b)가 배치될 수 있다. 상기 제2 밴드 패스 필터(175a)는 형광 신호 성분만을 투과시킬 수 있다.

[86] 도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 형광 현미경을 설명하는 개념도이다.

[87] 도 9를 참조하면, 상기 광학 장치는 형광 현미경으로 동작할 수 있다. 광학 장치(100b)는, 레이저 광원(110); 상기 레이저 광원(110)의 출력광의 빔 사이즈를 증가시키는 빔 확장기(120); 상기 빔 확장기(120)에서 출력된 빔의 공간 분포를

레이저 변조 간섭계(130); 및 상기 레이저 변조 간섭계(130)에서 공간 변조된 빔을 시료(162)에 조사하는 대물 렌즈(150)을 포함한다. 상기 광학 장치는, 광학 현미경일 수 있다.

- [88] 상기 레이저 광원(110)은 아르곤 이온 레이저일 수 있다. 구체적으로, 상기 레이저 광원(110)의 파장은 488nm 또는 514.5 nm일 수 있다. 상기 레이저 광원(110)은 연속파 또는 수 kHz 이상의 주파수로 펄스 동작할 수 있다. 레이저는 제1 광 스위치 및 제2 광 스위치(145b)와 동기화될 수 있다. 구체적으로, 상기 레이저 광원(110)은 제1 펄스 및 제2 펄스를 교번하여 출력할 수 있다. 상기 레이저 광원(110)의 제1 펄스는 상기 제1 광 스위치(145a)를 통하여 제1 경로로 진행하고, 제2 펄스는 상기 제2 광 스위치(145b)를 통하여 제2 경로로 진행할 수 있다.
- [89] 제1 이색성 미러(144a)는 상기 제1 광 스위치(145a)와 상기 제1 빔 분할기(143) 사이에 배치되고, 상기 제1 여기 빔에 반응하여 상기 시료(162)가 제공하는 제1 측정빔을 반사시킬 수 있다. 제1 집속 렌즈(178)는 상기 제1 이색성 미러가 반사한 상기 제1 측정빔을 집속할 수 있다. 제1 편홀(181a)은 상기 제1 측정빔을 투과시키고 상기 제1 집속 렌즈(178)의 후단에 배치될 수 있다. 제1 광 감지부(183a)는 상기 제1 편홀(181a)의 후단에 배치되어 상기 제1 측정빔을 측정할 수 있다.
- [90] 제2 이색성 미러(173a)는 상기 제2 광 스위치(145b)와 상기 제1 빔 분할기(143) 사이에 배치되고 상기 제2 여기 빔에 반응하여 상기 시료(162)가 제공하는 제2 측정빔을 반사시킬 수 있다. 제2 집속 렌즈(176)는 상기 제2 이색성 미러(173a)에 의한 분기된 상기 제2 측정빔을 집속할 수 있다. 제2 편홀(181b)은 상기 제2 측정빔을 투과시키고 상기 제2 집속 렌즈(176)의 후단에 배치될 수 있다. 제2 광 감지부(183b)는 상기 제2 편홀(181b)의 후단에 배치되어 상기 제2 측정빔을 측정할 수 있다.
- [91] 상기 시료는 상기 제1 여기 빔에 반응하여 형광 신호로 제1 측정 빔을 제공할 수 있다. 상기 제1 측정 빔의 파장은 상기 제1 여기 빔의 파장과 다를 수 있다. 이 경우, 제1 집속 렌즈(178)의 전단에 제1 밴드 패스 필터(177a)가 배치될 수 있다. 상기 제1 밴드 패스 필터(177a)는 형광 신호 성분만을 투과시킬 수 있다.
- [92] 상기 시료는 상기 제2 여기 빔에 반응하여 형광 신호로 제2 측정 빔을 제공할 수 있다. 상기 제2 측정 빔의 파장은 상기 제2 여기 빔의 파장과 다를 수 있다. 이 경우, 제2 집속 렌즈(176)의 전단에 제2 밴드 패스 필터(175b)가 배치될 수 있다. 상기 제2 밴드 패스 필터(175a)는 형광 신호 성분만을 투과시킬 수 있다.
- [93] 이상에서는 본 발명을 특정의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 이러한 실시예에 한정되지 않으며, 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 실시할 수 있는 다양한 형태의 실시예들을 모두 포함한다.

[94]

[95]

청구범위

- [청구항 1] 레이저 광원;
상기 레이저 광원의 출력광의 빔 사이즈를 증가시키는 빔 확장기;
상기 빔 확장기에서 출력된 빔의 공간 분포를 조절하는 레이저 변조 간섭계; 및
상기 레이저 변조 간섭계에서 공간 변조된 빔을 시료에 조사하는 대물 렌즈를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.
- [청구항 2] 제1 항에 있어서,
상기 레이저 변조 간섭계에서 출력된 공간 변조된 빔을 제1 경로와 제2 경로로 분할하는 제1 빔 분할기;
상기 제1 빔 분할기와 상기 대물 렌즈 사이에 배치되어 상기 제1 경로의 제1 여기 빔을 스위칭하는 제1 광 스위치;
상기 제1 빔 분할기와 상기 대물 렌즈 사이에 배치되어 상기 제2 경로의 제2 여기 빔을 스위칭하는 제2 광 스위치;
상기 대물 렌즈와 상기 제1 광 스위치 사이에 배치되고 상기 제1 여기 빔 또는 상기 제2 여기 빔을 상기 대물 렌즈에 제공하는 제2 빔 분할기; 및
상기 제2 광 스위치와 상기 제2 빔 분할기 사이에 배치되어 도넛 형태의 강도 프로파일을 제공하는 소용돌이 위상판(vortex phase plate);을 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.
- [청구항 3] 제2 항에 있어서,
상기 제1 광 스위치와 상기 제1 빔 분할기 사이에 배치되고, 상기 제1 여기 빔에 반응하여 상기 시료가 제공하는 제1 측정빔을 분할하는 제3 빔 분할기;
상기 제3 빔 분할기에 의한 분기된 상기 제1 측정빔을 집속하는 제1 집속 렌즈;
상기 제1 측정빔을 투과시키고 상기 제1 집속 렌즈의 후단에 배치되는 제1 편홀; 및
상기 제1 편홀의 후단에 배치되어 상기 제1 측정빔을 측정하는 제1 광 감지부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.
- [청구항 4] 제3 항에 있어서,
상기 제2 광 스위치와 상기 제1 광 분할기 사이에 배치되고 상기 제2 여기 빔에 반응하여 상기 시료가 제공하는 제2 측정빔을 분할하는 제4 빔 분할기;
상기 제4 빔 분할기에 의한 분기된 상기 제2 측정빔을 집속하는 제2 집속 렌즈;
상기 제2 측정빔을 투과시키고 상기 제2 집속 렌즈의 후단에 배치되는 제2 편홀; 및

- 상기 제2 핀홀의 후단에 배치되어 상기 제2 측정빔을 측정하는 제2 광 감지부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.
- [청구항 5] 제1 항에 있어서,
상기 레이저 변조 간섭계에 의하여 상기 공간 변조된 빔은 튜브 형상, 폴 형상, 또는 튜브-폴 형상인 것을 특징으로 하는 광학 장치.
- [청구항 6] 제1 항에 있어서,
상기 레이저 변조 간섭계는,
빔 사이즈를 증가된 출력광을 기준 경로와 변조 경로로 분할하고 상기 기본 경로에서 반사된 빔과 상기 변조 경로에서 반사된 빔을 결합하여 출력하는 빔 분할기;
상기 기준 경로에 배치된 제1 미러;
상기 변조 경로에 배치된 공간 액정 변조기; 및
상기 공간 액정 변조기의 후단에 배치된 제2 미러를 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.
- [청구항 7] 제2 항에 있어서,
상기 제1 빔 분할기와 상기 레이저 변조 간섭계 사이에 배치된 선형 편광판;
상기 선형 편광판과 상기 제1 빔 분할기 사이에 배치된 반파장판;
상기 제2 빔 분할기와 상기 대물 렌즈 사이에 배치된 1/4 파장판; 및
상기 제2 빔 분할기와 상기 대물 렌즈 사이에 배치된 빔 스캐너; 중에서 적어도 하나를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.
- [청구항 8] 제4 항에 있어서,
상기 제1 핀홀과 상기 제1 광 감지기 사이에 배치된 제1 광 섬유;
상기 제1 광 감지기의 신호를 처리하는 제1 록인 증폭기;
상기 제2 핀홀과 상기 제2 광 감지기 사이에 배치된 제2 광 섬유; 및
상기 제2 광 감지기의 신호를 처리하는 제2 록인 증폭기;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.
- [청구항 9] 제8 항에 있어서,
상기 제1 록인 증폭기의 제1 신호와 상기 제2 록인 증폭기의 제2 신호의 차이를 연산하는 신호 처리부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.
- [청구항 10] 제2 항에 있어서,
상기 레이저 광원의 출력광은 연속파 또는 펄스이고,
상기 제1 광 스위치와 상기 제2 광 스위치는 서로 다른 시간에 턴온되고,
상기 제1 광 스위치와 상기 제2 광 스위치는 전기광학 변조기인 것을 특징으로 하는 광학 장치.
- [청구항 11] 제4 항에 있어서,
상기 제3 빔 분할기와 상기 제1 집속 렌즈 사이에 배치되어 상기 제1 측정

빔 만을 선택적으로 투과시키는 제1 밴드 패스 필터; 및
 상기 제4 빔 분할기와 상기 제2 집속 렌즈 사이에 배치되어 상기 제2 측정
 빔 만을 선택적으로 투과시키는 제2 밴드 패스 필터;를 더 포함하는 것을
 특징으로 하는 광학 장치.

[청구항 12] 제2 항에 있어서,
 상기 제1 광 스위치와 상기 제1 빔 분할기 사이에 배치되고, 상기 제1 여기
 빔에 반응하여 상기 시료가 제공하는 제1 측정빔을 분할하는 제1 이색성
 미러;
 상기 제1 이색성 미러에서 반사된 상기 제1 측정빔을 집속하는 제1 집속
 렌즈;
 상기 제1 측정빔을 투과시키고 상기 제1 집속 렌즈의 후단에 배치되는
 제1 편홀; 및
 상기 제1 편홀의 후단에 배치되어 상기 제1 측정빔을 측정하는 제1 광
 감지부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

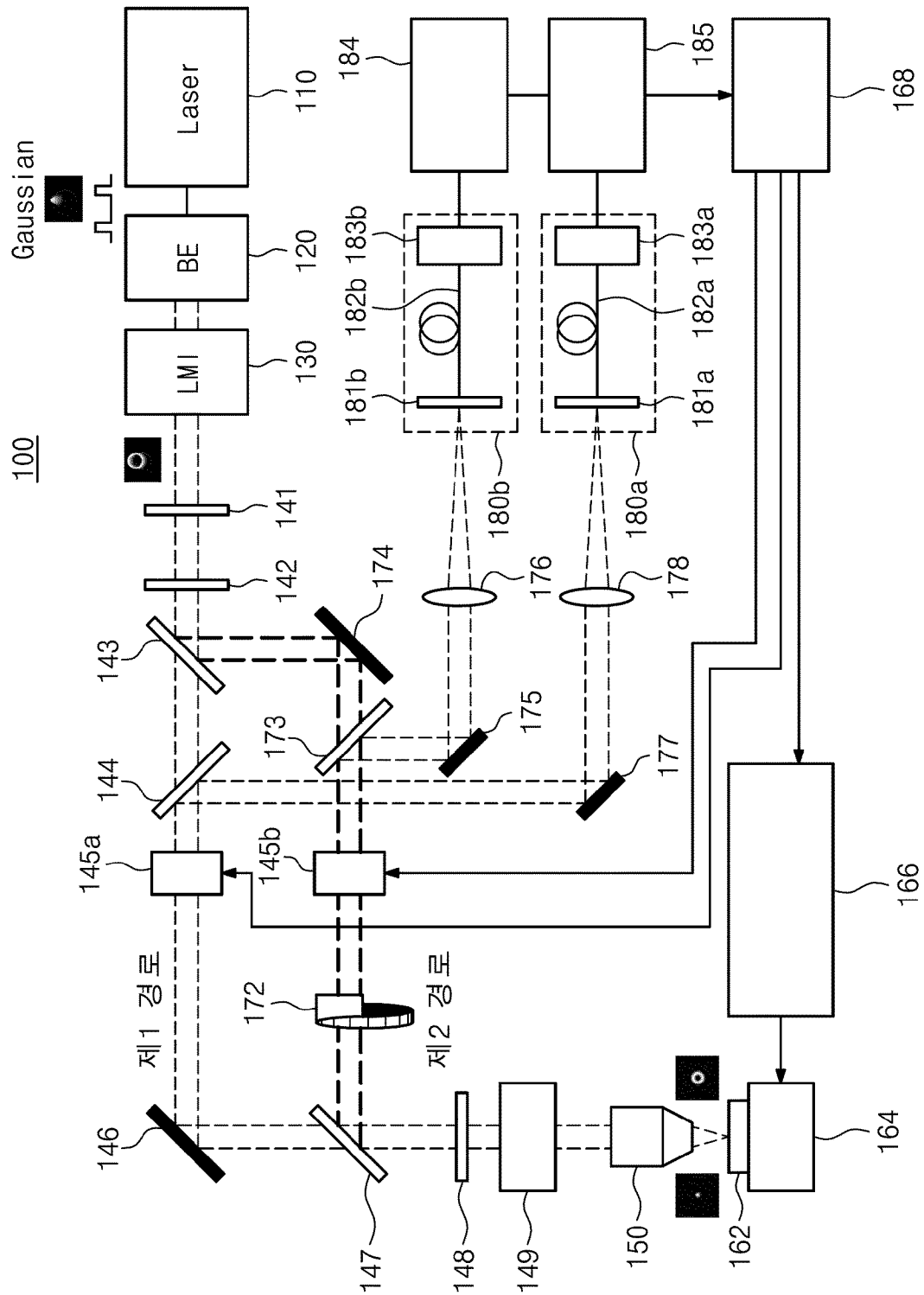
[청구항 13] 제12 항에 있어서,
 상기 제2 광 스위치와 상기 제1 광 분할기 사이에 배치되고 상기 제2 여기
 빔에 반응하여 상기 시료가 제공하는 제2 측정빔을 반사시키는 제2
 이색성 미러;
 상기 제2 이색성 미러에서 반사된 상기 제2 측정빔을 집속하는 제2 집속
 렌즈;
 상기 제2 측정빔을 투과시키고 상기 제2 집속 렌즈의 후단에 배치되는
 제2 편홀; 및
 상기 제2 편홀의 후단에 배치되어 상기 제2 측정빔을 측정하는 제2 광
 감지부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 광학 장치.

[청구항 14] 제13 항에 있어서,
 상기 제1 이색성 미러와 상기 제1 집속 렌즈 사이에 배치되어 상기 제1
 측정 빔 만을 선택적으로 투과시키는 제1 밴드 패스 필터; 및
 상기 제2 이색성 미러와 상기 제2 집속 렌즈 사이에 배치되어 상기 제4
 측정 빔 만을 선택적으로 투과시키는 제2 밴드 패스 필터;를 더 포함하는
 것을 특징으로 하는 광학 장치.

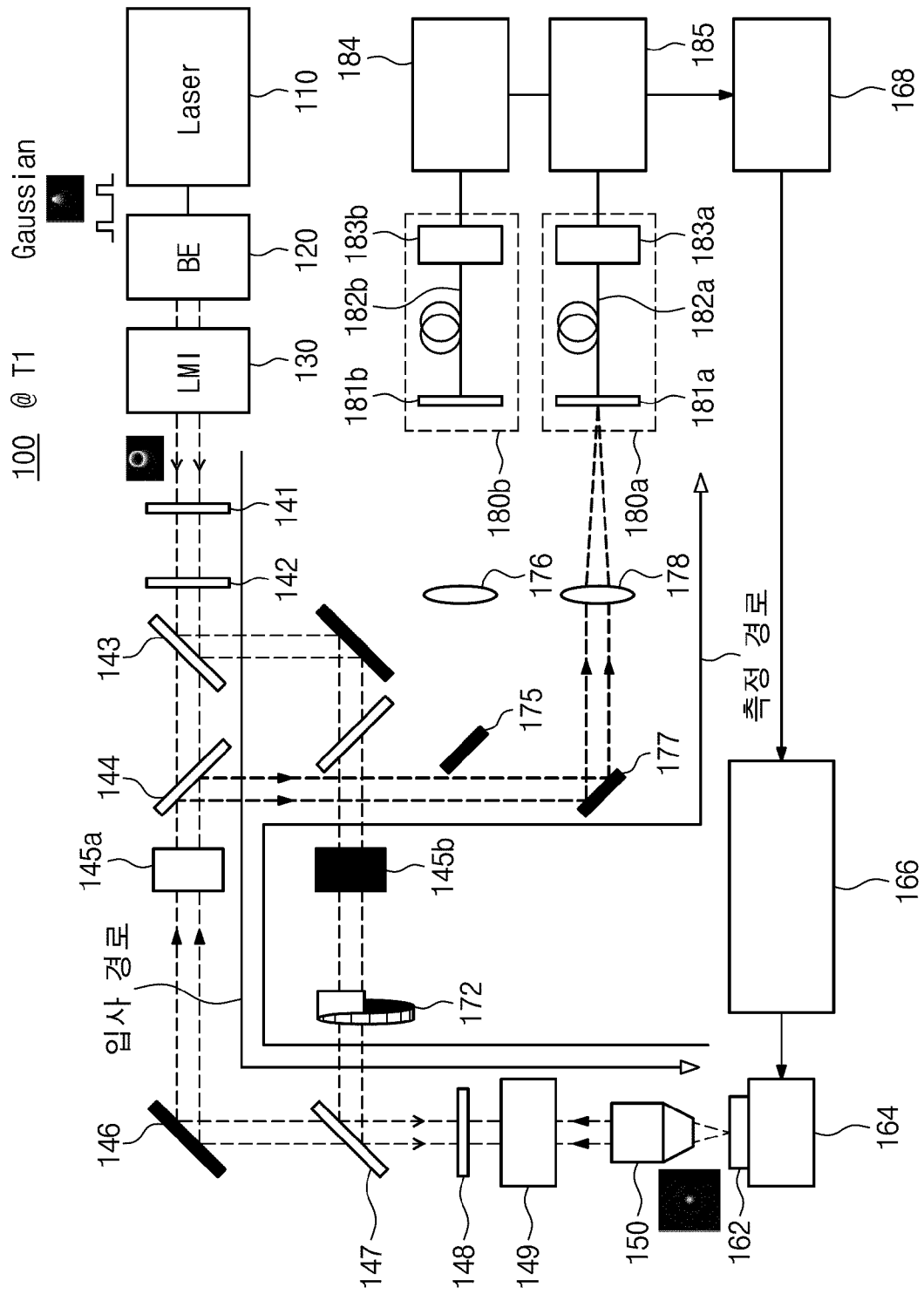
[청구항 15] 제1 시간에 시료에 대물 렌즈를 통하여 가우시안 형태의 제1 여기 빔을
 제공하고 상기 제1 여기 빔에 상기 시료가 반응한 제1 측정 빔의 제1
 세기를 측정하는 단계;
 제2 시간에 시료에 소용돌이 위상판 및 상기 대물 렌즈를 통하여 도넛
 형태의 제2 여기 빔을 제공하고 상기 제2 여기 빔에 상기 시료가 반응한
 제2 측정 빔의 제2 세기를 측정하는 단계;
 상기 제1 세기와 상기 제2 세기의 차이를 산출하는 단계; 및
 상기 시료의 측정 위치를 변경하는 단계를 포함하는 광학 장치의 동작

방법.

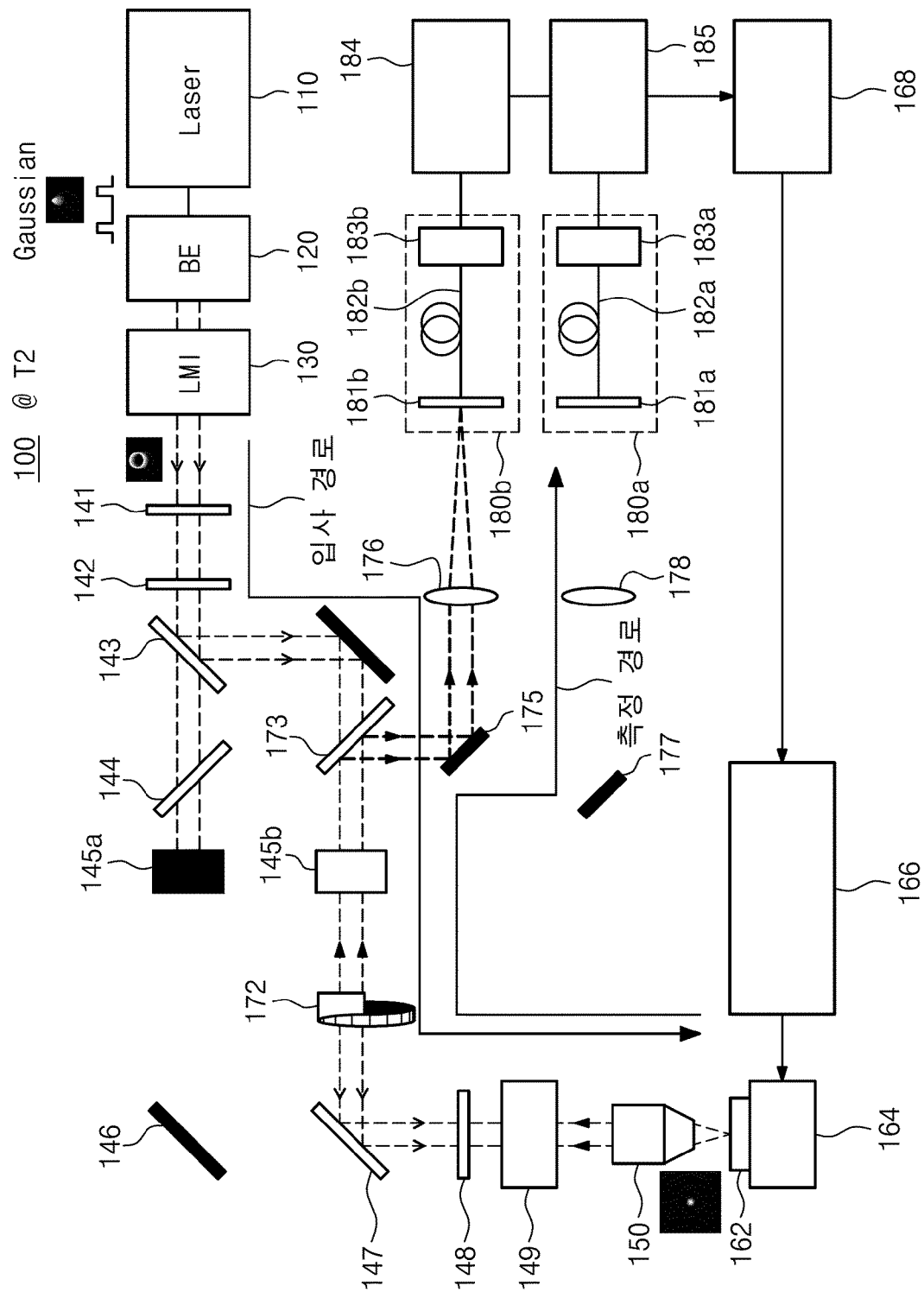
[도1]



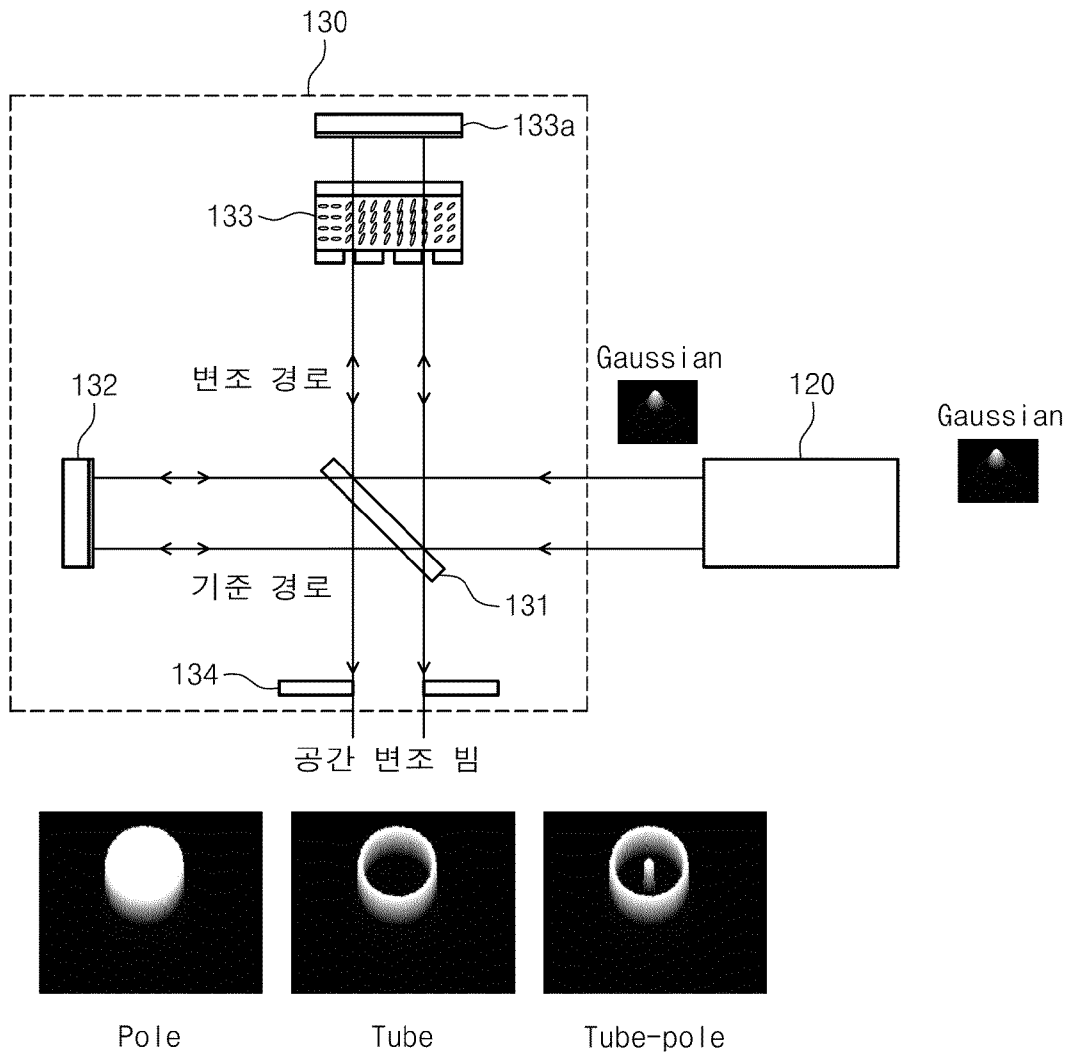
[도2]



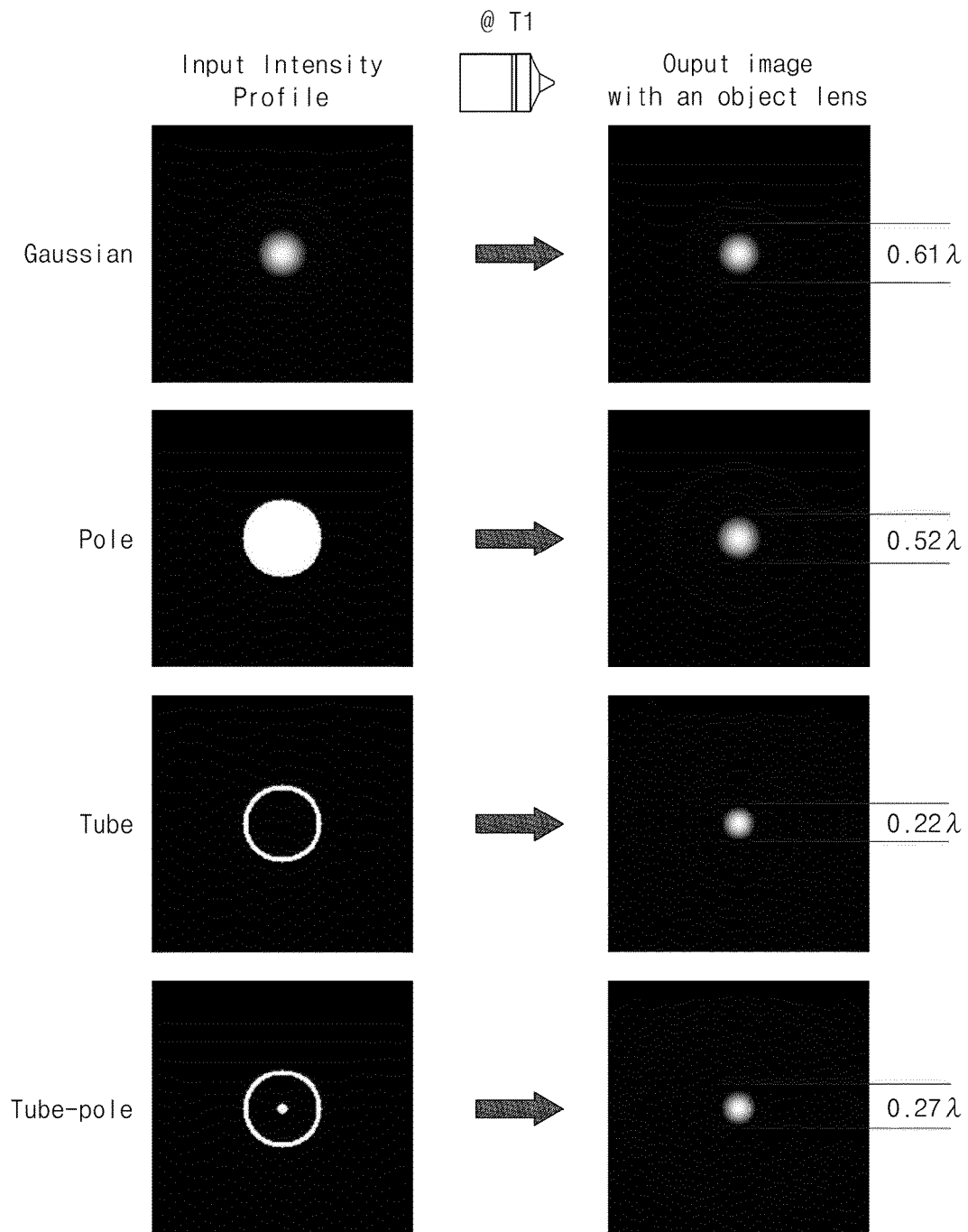
[도3]



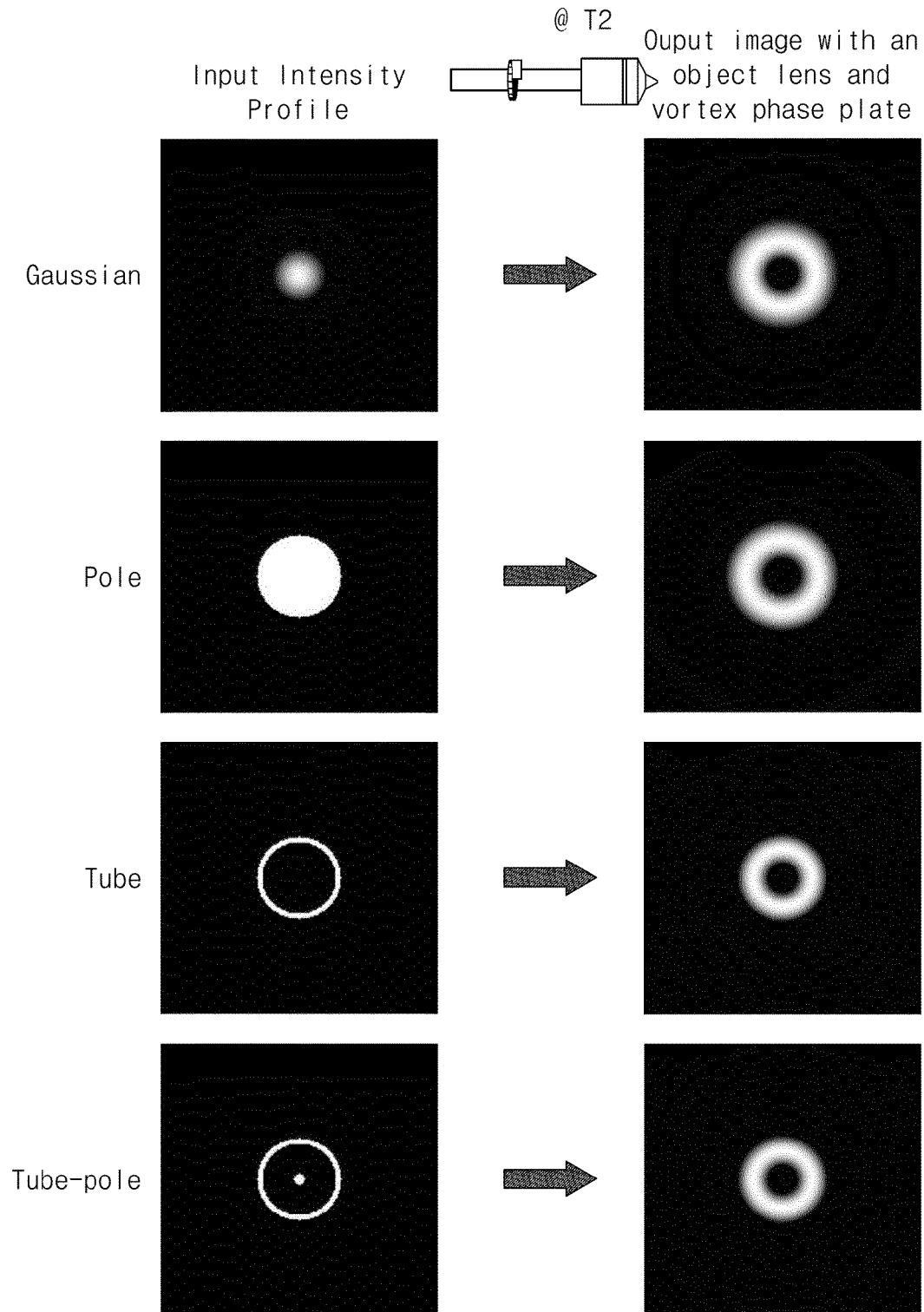
[도4]



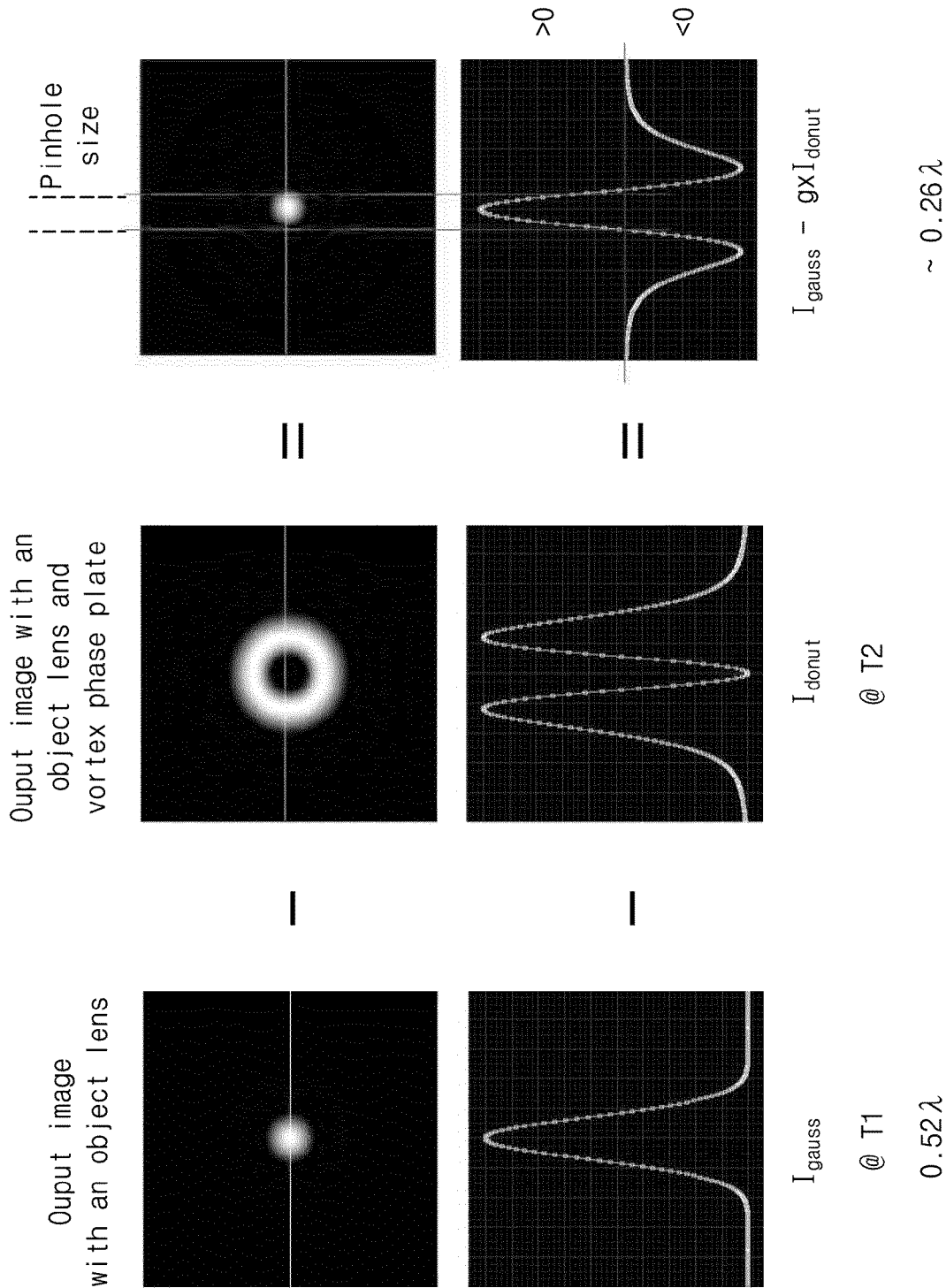
[도5]



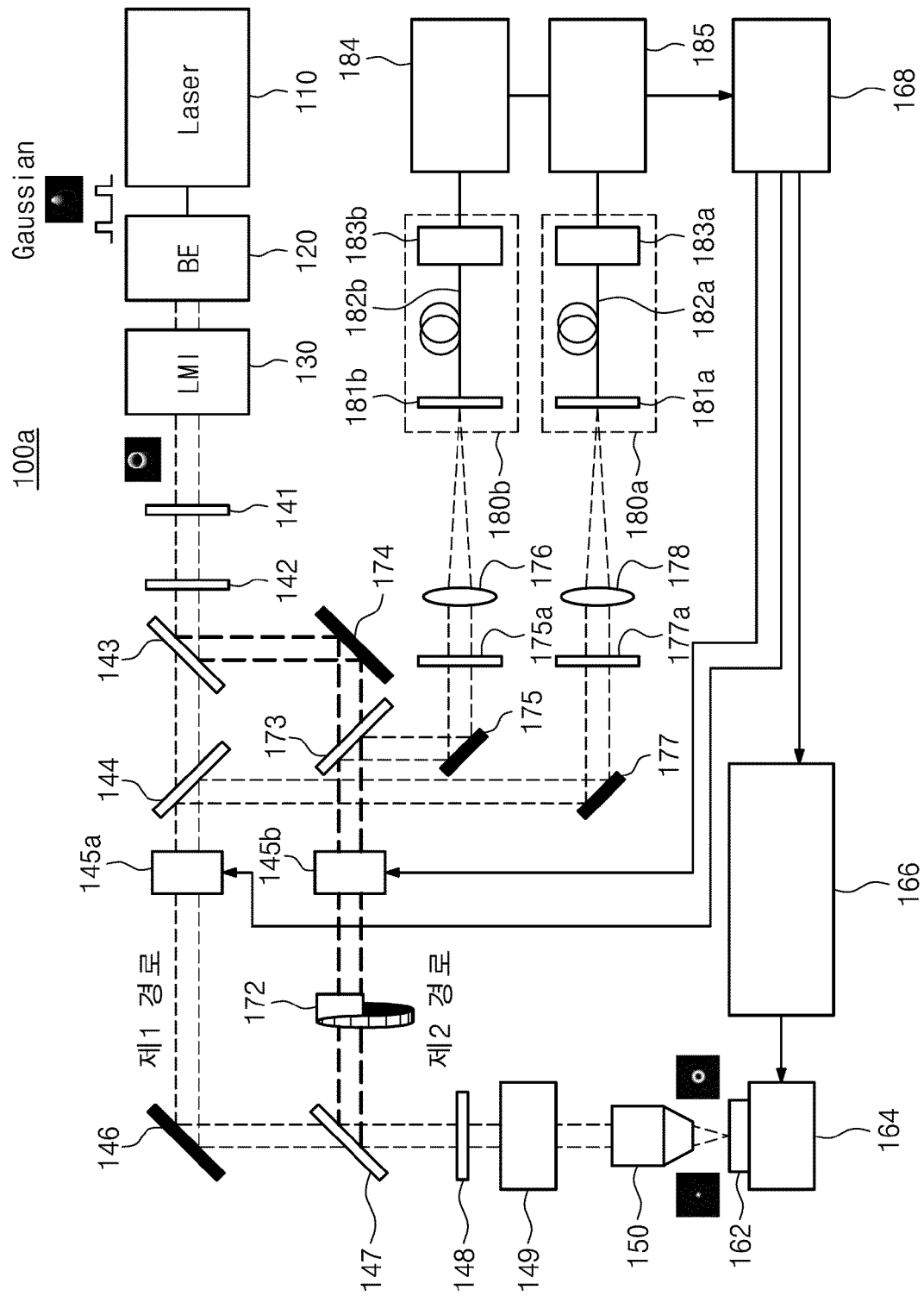
[도6]



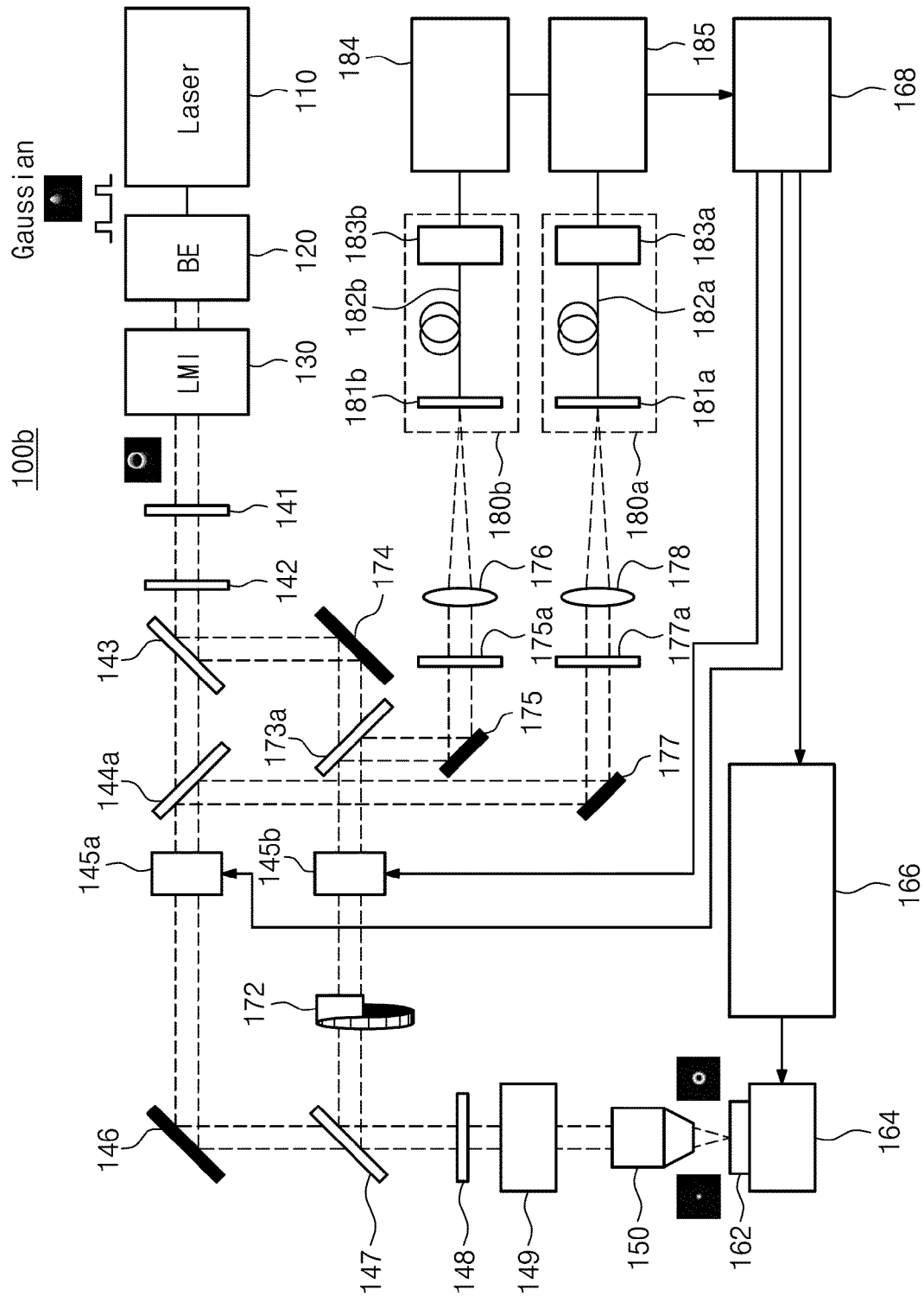
[도7]



[도8]



[도9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2019/014274**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G02B 21/00(2006.01)i, G02B 27/10(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)

G02B 21/00; G01J 3/28; G01J 3/44; G01N 21/64; G02B 21/06; G02B 21/36; G02B 27/60; G03H 1/04; G02B 27/10

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: microscope, laser modulation interferometer, spatial modulation, vortex phase plate, tube shape, pole shape

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 5915748 B2 (NIKON CORP.) 11 May 2016	1,5,6
Y	See paragraphs [0011]-[0034], [0095]-[0102] and figures 1, 2.	2,10
A		3,4,7-9,11-15
X	JP 2016-038218 A (UNIV OF ELECTRO-COMMUNICATIONS) 22 March 2016	15
Y	See paragraphs [0012]-[0024] and figure 1.	2,10
A	KR 10-1703543 B1 (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY) 07 February 2017	1-15
	See paragraphs [0030]-[0042] and figure 3.	
A	KR 10-2017-0116272 A (SAMSUNG DISPLAY CO., LTD.) 19 October 2017	1-15
	See claims 1, 2 and figure 2.	
A	US 2010-0141939 A1 (ZHAN, Qiwen) 10 June 2010	1-15
	See claims 1-4 and figures 2, 5, 6.	



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

28 JANUARY 2020 (28.01.2020)

Date of mailing of the international search report

05 FEBRUARY 2020 (05.02.2020)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-ro, Seo-gu,
Daejeon, 35208, Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2019/014274

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 5915748 B2	11/05/2016	JP W02014-017067 A1 WO 2014-017067 A1	07/07/2016 30/01/2014
JP 2016-038218 A	22/03/2016	None	
KR 10-1703543 B1	07/02/2017	KR 10-2016-0126356 A	02/11/2016
KR 10-2017-0116272 A	19/10/2017	US 2017-0293261 A1	12/10/2017
US 2010-0141939 A1	10/06/2010	EP 2038894 A2 JP 2009-541742 A KR 10-2009-0051031 A US 8248599 B2 WO 2007-149534 A2 WO 2007-149534 A3	25/03/2009 26/11/2009 20/05/2009 21/08/2012 27/12/2007 12/06/2008

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G02B 21/00(2006.01)i, G02B 27/10(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G02B 21/00; G01J 3/28; G01J 3/44; G01N 21/64; G02B 21/06; G02B 21/36; G02B 27/60; G03H 1/04; G02B 27/10

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

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

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 현미경(microscope), 레이저 변조 간섭계(laser modulation interferometer), 공간 변조(spatial modulation), 소용돌이 위상판(vortex phase plate), 튜브 형상(tube shape), 폴 형상(pole shape)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	JP 5915748 B2 (NIKON CORP.) 2016.05.11 단락 [0011]-[0034], [0095]-[0102] 및 도면 1, 2	1,5,6
Y		2,10
A		3,4,7-9,11-15
X	JP 2016-038218 A (UNIV OF ELECTRO-COMMUNICATIONS) 2016.03.22 단락 [0012]-[0024] 및 도면 1	15
Y		2,10
A	KR 10-1703543 B1 (연세대학교 산학협력단) 2017.02.07 단락 [0030]-[0042] 및 도면 3	1-15
A	KR 10-2017-0116272 A (삼성디스플레이 주식회사) 2017.10.19 청구항 1, 2 및 도면 2	1-15
A	US 2010-0141939 A1 (ZHAN, QIWEN) 2010.06.10 청구항 1-4 및 도면 2, 5, 6	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 문헌

“D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후 “X”에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

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

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

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

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

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

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일

2020년 01월 28일 (28.01.2020)

국제조사보고서 발송일

2020년 02월 05일 (05.02.2020)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

이연수

전화번호 +82-42-481-8539



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 5915748 B2	2016/05/11	JP WO2014-017067 A1 WO 2014-017067 A1	2016/07/07 2014/01/30
JP 2016-038218 A	2016/03/22	없음	
KR 10-1703543 B1	2017/02/07	KR 10-2016-0126356 A	2016/11/02
KR 10-2017-0116272 A	2017/10/19	US 2017-0293261 A1	2017/10/12
US 2010-0141939 A1	2010/06/10	EP 2038894 A2 JP 2009-541742 A KR 10-2009-0051031 A US 8248599 B2 WO 2007-149534 A2 WO 2007-149534 A3	2009/03/25 2009/11/26 2009/05/20 2012/08/21 2007/12/27 2008/06/12