

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



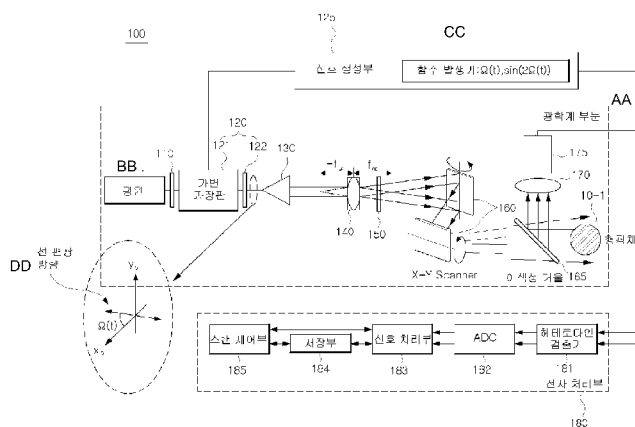
(43) 국제공개일
2021년 3월 25일 (25.03.2021) WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2021/054680 A1

- (51) 국제특허분류: G03H 1/04 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2020/012293
- (22) 국제출원일: 2020년 9월 11일 (11.09.2020)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2019-0113621 2019년 9월 16일 (16.09.2019) KR
- (71) 출원인: 세종대학교 산학협력단 (INDUSTRY-ACADEMIA COOPERATION GROUP OF SEJONG UNIVERSITY) [KR/KR]; 05006 서울시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교), Seoul (KR).
- (72) 발명자: 김태근 (KIM, Tae Geun); 08090 서울시 양천구 목동서로 400, 1021-805, Seoul (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 태백 (TAEBAEK INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 08506 서울시 금천구 가산디지털1로151 이노플렉스1차 601호, 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, IT, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: INLINE SCANNING HOLOGRAPHY SYSTEM FOR PHOSPHOR AND TRANSMITTER

(54) 발명의 명칭: 형광체 및 투과체에 대한 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템



- 10-1 ... Phosphor
121 ... Variable wavelength plate
125 ... Signal generation unit
160 ... X-Y scanner
165 ... Dichroic mirror
180 ... Electronic processing unit
181 ... Heterodyne detector
183 ... Signal processing unit
184 ... Storage unit
185 ... Scan control unit
AA ... Optical system portion
BB ... Light source
CC ... Function generator
DD ... Linear polarization direction

(57) Abstract: The present invention relates to an inline scanning holography system for a phosphor and a transmitter. According to the present invention, provided is an inline scanning holography system comprising: a polarization sensitive lens for receiving a linearly polarized beam so as to generate a first spherical wave of a right-handed circularly polarized beam having a negative focal length and a second spherical wave of a left-handed circularly polarized beam having a positive focal length; a polarizer allowing only a beam component in a predetermined polarization direction, from among components of the generated first and second spherical waves, to pass therethrough; a scan means for scanning a phosphor, which is a fluorescent substance, by using an interference beam generated between the first and second spherical waves which passed through the polarizer; and a first optical detector for detecting a fluorescent

[다음 쪽 계속]

(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, 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))

beam emitted from the phosphor. According to the present invention, high-efficiency and high-quality optical scanning holography for a transmitter or a phosphor can be implemented.

(57) 요약서: 본 발명은 형광체 및 투과체에 대한 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 선편광 빔을 입사받아 음의 초점거리를 갖는 우현 원편광의 제1 구면파 및 양의 초점거리를 갖는 좌현 원편광의 제2 구면파를 생성하는 편광 감응형 렌즈와, 상기 생성된 제1 및 제2 구면파의 성분 중에서 소정 편광 방향의 빔 성분만을 통과시키는 편광기와, 상기 편광기를 통과한 제1 및 제2 구면파 사이에서 발생한 간섭 빔을 이용하여 형광형 대상물인 형광체를 스캔하는 스캔수단, 및 상기 형광체로부터 발산되는 형광된 빔을 검출하는 제1 광 검출기를 포함하는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템을 제공한다. 본 발명에 따르면, 투과체 또는 형광체에 대한 고효율 및 고품질의 광 스캐닝 홀로그래피를 구현할 수 있다.

명세서

발명의 명칭: 형광체 및 투과체에 대한 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템

기술분야

- [1] 본 발명은 형광체 및 투과체에 대한 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 편광 감응형 렌즈(polarization sensitive lens)를 이용하여 형광체 또는 투과체에 대한 고효율 및 고품질의 광 스캐닝 홀로그래피를 구현할 수 있는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 종래에 따른 광 스캐닝 기반의 물체의 홀로그램 획득 장치는 가간섭 광(coherent light; 간섭 가능한 광)을 제1 빔과 제2 빔으로 공간적으로 분리 후, 각각의 개별적인 광 경로를 따라 진행하는 제1 빔과 제2 빔을 개별 광 경로 상에서 시간과 공간적으로 광변조하고 이들을 다시 재결합하는 간섭계 구조를 이용하여 스캐닝 빔 패턴을 형성하였다.
- [3] 하지만, 이와 같은 종래의 경우 스캐닝 패턴을 형성하기 위해서는 분리된 두 가지 광 경로에 의한 광 경로차가 가간섭 광의 가 간섭거리(coherence length)보다 짧아야 하므로 높은 가간섭성의 광원이 요구되고, 빛의 파장 단위의 높은 정밀도 및 안정성을 갖는 기구물이 요구된다.
- [4] 또한, 광을 분리하고 다시 재결합하기 위한 부피가 큰 광학계가 필요함은 물론, 제1 빔과 제2 빔 각각을 시공간적으로 변조하기 위한 복잡한 전자광학 구조가 요구된다. 더욱이, 이처럼 복잡한 구조의 전자광학계는 진동 등과 같은 외부 환경 요인에도 매우 취약하여 안정성이 떨어지는 문제점이 있다.
- [5] 본 발명의 배경이 되는 기 한국공개특허 제2013-0081127호(2013.07.16 공개)에 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명은, 편광 감응형 렌즈를 이용하여 단일의 광 경로에서 스캐닝 패턴을 형성함에 따라 높은 안정성 및 낮은 복잡도를 가지는 고효율 및 고품질의 광 스캐닝 홀로그래피를 구현하여 투과체 또는 형광체의 홀로그램을 촬영할 수 있는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템을 제공하는데 목적이 있다.

과제 해결 수단

- [7] 본 발명은, 선편광 빔을 입사받아 음의 초점거리를 갖는 우현 원편광의 제1 구면파 및 양의 초점거리를 갖는 좌현 원편광의 제2 구면파를 생성하는 편광 감응형 렌즈와, 상기 생성된 제1 및 제2 구면파의 성분 중에서 소정 편광 방향의 빔 성분만을 통과시키는 편광기와, 상기 편광기를 통과한 제1 및 제2 구면파 사이에서 발생한 간섭 빔을 이용하여 형광형 대상물인 형광체를 스캔하는

스캔수단, 및 상기 형광체로부터 발산되는 형광된 빔을 검출하는 제1 광 검출기를 포함하는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템을 제공한다.

- [8] 또한, 본 발명은, 선편광 빔을 입사받아 음의 초점거리를 갖는 우현 원편광의 제1 구면파 및 양의 초점거리를 갖는 좌현 원편광의 제2 구면파를 생성하는 편광 감응형 렌즈와, 상기 생성된 제1 및 제2 구면파의 성분 중에서 소정 편광 방향의 빔 성분만을 통과시키는 편광기와, 상기 편광기를 통과한 제1 및 제2 구면파 사이에서 발생한 간섭 빔을 이용하여 투과형 대상물인 투과체를 스캔하는 스캔수단, 및 상기 투과체를 투과한 빔을 검출하는 제1 광 검출기를 포함하는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템을 제공한다.
- [9] 또한, 상기 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템은, 상기 형광체의 형광된 빔을 상기 제1 광 검출기로 전달하는 광 전달 수단을 더 포함할 수 있다.
- [10] 또한, 상기 광 전달 수단은 이색성 거울(dichronic mirror)이고, 상기 이색성 거울은, 상기 스캔 수단과 상기 형광체 사이에 배치되어, 상기 스캔 수단에 의해 입사된 상기 간섭 빔을 투과시켜 상기 형광체로 전달하고, 상기 형광체로부터 입사된 상기 형광된 빔을 반사시켜 상기 제1 광 검출기로 전달할 수 있다.
- [11] 또한, 상기 광 전달 수단은 광학 필터이고, 상기 광학 필터는, 상기 제1 광 검출기의 전단에 배치되어 상기 형광체로부터 형광된 빔은 투과시켜 상기 제1 광 검출기로 전달되 상기 간섭 빔은 투과시키지 않을 수 있다.
- [12] 또한, 상기 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템은, 상기 투과체와 상기 제1 광 검출기 사이에 배치되어, 상기 투과체를 투과한 빔을 공간적으로 필터링하여 상기 투과체의 위상 분포를 획득하는 공간 필터를 더 포함하고, 상기 공간 필터는, 상기 투과체의 후방에 위치한 푸리에 렌즈(fourier lens), 및 상기 푸리에 렌즈의 초점 거리에 위치한 핀홀(pin-hole)을 포함할 수 있다.
- [13] 또한, 상기 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템은, 상기 편광 감응형 렌즈의 전단에 위치하며, 외부로부터 입사된 선편광 빔을 위상 지연시켜 편광 방향을 변경하여 상기 편광 감응형 렌즈로 제공하는 선편광 방향 변환기를 더 포함할 수 있다.
- [14] 또한, 상기 선편광 방향 변환기는, 시간에 따라 위상 지연 값을 가변시키는 위상 변조 신호가 인가되며, 상기 입사된 선편광 빔을 상기 위상 변조 신호에 따라 위상 지연시켜 편광을 가변시키는 가변 파장판, 및 상기 가변 파장판을 통과한 빔의 편광을 변경하는 1/4 파장판을 포함할 수 있다.
- [15] 또한, 상기 가변 파장판은, 전기 신호에 따라 빔의 위상 지연을 유도하는 전자-광 효과를 이용한 포켈 셀(Pockels cell) 또는 전기 신호에 따라 액정 디렉터의 방향을 변경하여 빔의 위상 지연을 가변시키는 액정 가변 파장판(Liquid Crystal Variable Waveplate)으로 구성될 수 있다.
- [16] 또한, 상기 선편광 방향 변환기는, 시간에 따라 위상 지연 값을 가변시키는 위상 변조 신호가 인가되며, 상기 입사된 선편광 빔을 상기 위상 변조 신호에 따라 위상 지연시켜 편광을 가변시키는 전 파장 액정 가변 파장판(full wave liquid

crystal waveplate)으로 구성될 수 있다.

- [17] 또한, 상기 선편광 방향 변환기는, 입력된 광원으로부터 선편광 빔을 생성하는 광원측 편광기, 및 시간에 따라 위상 지연 값을 가변시키는 위상 변조 신호가 인가되며, 상기 위상 변조 신호에 따라 상기 광원측 편광기의 각도를 회전시켜 상기 광원측 편광기를 통과하는 선편광 빔의 편광 방향을 가변시키는 모터를 포함할 수 있다.

- [18] 또한, 상기 편광 감응형 렌즈는 기하 위상 렌즈(geometric phase lens)로 구성될 수 있다.

- [19] 또한, 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템은, 시간에 따라 위상 지연 값을 가변시키는 위상 변조 신호를 상기 선편광 방향 변환기에 인가하는 신호 생성부를 더 포함할 수 있다.

- [20] 또한, 상기 위상 변조 신호는 상기 위상 지연 값이 시간에 따라 가변하는 주기적 램프 신호이며, 상기 간섭 빔은, 시간에 따라 헤테로다인 변조된 비선형 프레넬 윤대판 형태로서 아래의 수학식으로 정의될 수 있다.

$$[21] \quad I_{fzp}(x_0, y_0; z) = \cos \left[\frac{2\pi f_{gp}}{\lambda(2f_{gp} + z)z} (x_0^2 + y_0^2) + 2\Omega_0 t \right]$$

- [22] 여기서, λ 는 사용된 빔의 파장, f_{gp} 는 상기 편광 감응형 렌즈의 초점거리, $(x_0^2 + y_0^2)$ 는 상기 선편광 빔의 광축에 직교하는 평면을 (x_0, y_0) 로 하는 카타르시안 좌표계, z 는 상기 제2 구면파의 초점위치로부터 상기 대상물까지의 거리, 시간 t 에 따른 주기적 램프 신호는 Ω_0 의 기울기를 가지며 0 과 π 사이의 값을 가지는 $\Omega(t) = \Omega_0 t$ 의 함수로 표현된다.

- [23] 또한, 상기 위상 변조 신호는 상기 위상 지연 값이 시간에 따라 $\{0, \pi/2, \pi\}$ 의 순서로 불연속 천이되는 위상 천이 신호이며, 상기 간섭 빔은, 시간에 따라 헤테로다인 변조된 비선형 프레넬 윤대판 형태로서 아래의 수학식으로 정의될 수 있다.

$$[24] \quad I(x_0, y_0; z) = \cos \left[\frac{2\pi f_{gp}}{\lambda(2f_{gp} + z)z} (x_0^2 + y_0^2) + p_n \right]$$

- [25] 여기서, λ 는 사용된 빔의 파장, f_{gp} 는 상기 편광 감응형 렌즈의 초점거리, $(x_0^2 + y_0^2)$ 는 상기 선편광 빔의 광축에 직교하는 평면을 (x_0, y_0) 로 하는 카타르시안 좌표계, z 는 상기 제2 구면파의 초점위치로부터 상기 대상물까지의 거리, p_n 은 위상 천이에 사용된 n 개의 서로 다른 위상들의 집합 $\{0, \pi/2, \pi\}$ 이다.

- [26] 또한, 상기 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템은, 상기 편광 감응형 렌즈와 상기 스캔수단 사이에 설치되어 상기 제1 및 제2 구면파의 각 초점 간의 거리를 조정하고 상기 편광 감응형 렌즈 면의 패턴을 상기 대상물 영역의 면으로

이미징하는 제1 렌즈를 더 포함하며, 상기 간섭 빔은, 시간에 따라 헤테로다인 변조된 비선형 프레넬 윤대판 형태로서 아래의 수학식으로 정의될 수 있다.

$$[27] \quad I(x_0, y_0; z_{img}) = \cos \left[\frac{2\pi M_{img}^2 f_{gp}}{\lambda (2M_{img}^2 f_{gp} + z_{img}) z_{img}} (M_{img}^2 x_0^2 + M_{img}^2 y_0^2) + 2\Omega_0 t \right]$$

[28] 또는

$$I(x_0, y_0; z_{img}) = \cos \left[\frac{2\pi M_{img}^2 f_{gp}}{\lambda (z_{img}^2 - M_{img}^4 f_{gp}^2)} (M_{img}^2 x_0^2 + M_{img}^2 y_0^2) + 2\Omega_0 t \right]$$

[29] 여기서, M_{img} 는 상기 편광 감응형 렌즈 면의 패턴을 상기 대상물 영역의 면으로 이미징 시 상기 제1 렌즈에 의한 상의 축소 또는 확대 비율, z_{img} 는 상기 제2 구면파의 초점위치로부터 상기 대상물까지의 거리이다.

[30] 또한, 상기 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템은, 상기 편광 감응형 렌즈와 상기 스캔수단 사이에 설치되며 상기 제2 구면파와 동일한 초점위치를 가지고 상기 제2 구면파를 평면파로 변환하는 제2 렌즈를 더 포함하며, 상기 간섭 빔은, 상기 제1 구면파와 상기 평면파 간의 간섭에 의해 형성되는 선형 프레넬 윤대판 형태로서 아래의 수학식으로 정의될 수 있다.

$$[31] \quad I(x_0, y_0; z) = \cos \left[\frac{\pi}{\lambda z} (x_0^2 + y_0^2) + 2\Omega_0 t \right]$$

[32] 여기서, z 는 상기 제2 렌즈에 의해 곡률이 더해진 제1 구면파의 초점위치로부터 상기 대상물까지의 거리이다.

[33] 또한, 상기 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템은, 상기 제1 광 검출기에서 검출된 신호를 처리하여 상기 대상물의 홀로그램을 생성하는 전자처리부를 더 포함하며, 상기 신호 생성부는, 상기 시간에 따른 주기적 램프 신호인 $\Omega(t)$ 를 생성하여 상기 선편광 방향 변환기에 인가하고, 헤테로다인 기준 신호인 $\sin(2\Omega(t))$ 를 생성하여 상기 전자처리부에 포함된 헤테로다인 검출기에 인가할 수 있다.

[34] 또한, 상기 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템은, 상기 편광기와 상기 스캔수단 사이에 설치되어, 상기 편광기를 통과한 빔의 일부를 투과시켜 상기 스캔수단에 전달하고 나머지를 반사시키는 빔 스플리터와, 상기 빔 스플리터로부터 반사된 빔을 검출하는 제2 광 검출기, 및 상기 제1 광 검출기에서 검출된 신호를 처리하여 상기 대상물의 홀로그램을 생성하는 전자처리부를 더 포함하며, 상기 신호 생성부는 상기 시간에 따른 주기적 램프 신호인 $\Omega(t)$ 를 생성하여 상기 선편광 방향 변환기에 인가하고, 상기 제2 광 검출기는 상기 반사된 빔을 기초로 헤테로다인 기준 신호인 $\sin(2\Omega(t))$ 를 생성하여 상기 전자처리부에 포함된 헤테로다인 검출기에 인가할 수 있다.

- [35] 또한, 상기 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템은, 상기 제1 광 검출기에서 검출된 신호를 처리하여 상기 대상물의 홀로그램을 생성하는 전자처리부를 더 포함하며, 상기 전자처리부는, 상기 검출된 신호를 디지털 신호로 변환한 AD컨버터와, 상기 변환된 디지털 신호로부터 상기 대상물의 복소수 홀로그램을 생성하는 신호처리부와, 상기 복소수 홀로그램을 저장하는 저장부, 및 상기 대상물의 임의 위치에 대한 홀로그램 처리가 완료될 때마다 상기 스캔수단의 위치를 변경시키는 제어 신호를 생성하는 스캔 제어부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [36] 본 발명에 따르면, 편광 감응형 렌즈를 이용하여 단일의 광 경로에서 스캐닝 패턴을 형성함에 따라 투과체 또는 형광체에 대한 고효율 및 고품질의 광 스캐닝 홀로그래피를 구현할 수 있음은 물론 높은 안정성 및 낮은 복잡도의 광학계 구조를 사용하여 외부 환경에 강인하고 안정적인 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [37] 도 1은 본 발명에 따른 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템의 제1 실시예를 나타낸 도면이다.
- [38] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 편광 감응형 렌즈의 원리를 설명하는 도면이다.
- [39] 도 3은 도 1의 변형 예를 나타낸 도면이다.
- [40] 도 4는 도 1의 신호 생성부에 의한 주기적 램프 신호를 설명하는 도면이다.
- [41] 도 5는 본 발명에 따른 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템의 제2 실시예를 나타낸 도면이다.
- [42] 도 6은 본 발명에 따른 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템의 제3 실시예를 나타낸 도면이다.
- [43] 도 7은 본 발명에 따른 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템의 제4 실시예를 나타낸 도면이다.
- [44] 도 8은 본 발명에 따른 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템의 제5 실시예를 나타낸 도면이다.
- [45] 도 9는 도 8의 변형 예를 나타낸 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [46] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.
- [47] 본 발명은 대상물에 대한 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템에 관한 것으로, 형광형 대상물(fluorescence object)(이하, 형광체) 또는 투과형 대상물(transmissive object)(이하, 투과체)에 대한 홀로그램을 획득하기 위한 인라인 스캐닝 구조의 홀로그래피 시스템을 제안한다.
- [48] 따라서, 본 발명의 실시예에서 촬영 대상물(10)은 크게 형광체(10-1)와

투과체(10-2)로 구분될 수 있다.

- [49] 먼저, 도 1 내지 도 7을 통해 형광체를 위한 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템을 상세히 설명한다. 형광체(10-1)는 형광성을 가지는 다양한 물체에 해당할 수 있다.
- [50] 도 1은 본 발명에 따른 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템의 제1 실시예를 나타낸 도면이다.
- [51] 도 1에 나타낸 것과 같이, 제1 실시예에 따른 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템(100)은, 광원측 편광기(110), 선편광 방향 변환기(120), 신호 생성부(125), 콜리메이터(130), 편광 감응형 렌즈(140), 편광기(150), 스캔 수단(160), 이색성 거울(165), 제1 집광기(170), 제1 광 검출기(175), 전자처리부(180)를 포함한다.
- [52] 먼저, 광원은 전자기파를 발생시킨다. 본 발명의 실시예에서 광원으로는 가간섭 광을 출력하는 레이저 발생기, 그리고 가간섭성이 낮은 LED(light emitting diode) 램프, 결맞음 길이(coherence length)가 짧은 헬로젠 램프 등의 다양한 수단이 사용 가능하다.
- [53] 광원측 편광기(110)(linear polarizer)는 입력된 광원을 선편광 빔(linearly polarized light)으로 변환하여 선편광 방향 변환기(120)로 제공한다. 도 1에서 광원 및 편광기(110)는 생략될 수 있으며 이 경우 외부에서 만들어진 선편광 빔이 선편광 방향 변환기(120)에 바로 입력될 수 있다. 또한, 도 1에서 광원이 생략되는 경우에는 외부에서 제공된 광원이 편광기(110)로 바로 입력될 수 있다.
- [54] 선편광 방향 변환기(120)는 광원측 편광기(110)로부터 입사된 선편광 빔을 위상 지연시켜 편광 방향을 변경하여 편광 감응형 렌즈(140)로 출력 제공한다.
- [55] 선편광 방향 변환기(120)는 신호 생성부(125)로부터 인가받은 위상 변조 신호를 기초로 선편광 빔의 위상 지연을 시간에 따라 가변시킬 수 있다. 위상 변조 신호는 시간 t 에 따라 위상 지연 값을 가변시키는 신호로서, 신호 생성부(125)의 함수 발생기에서 생성되며 $\Omega(t)$ 의 함수로 표현된다.
- [56] 본 발명의 실시예에서, 선편광 방향 변환기(120)는 가변 파장판(121)(variable wave plate) 및 1/4 파장판(122)(quarter wave plate)을 포함하여 구성될 수 있다. 이들 각각의 파장판(wave plate)은 빛의 편광 상태를 바꿔주는 광학 소자로서 위상 지연자(retarder)로 불리운다.
- [57] 가변 파장판(121)은 입사된 선편광 빔을 신호 생성부(125)의 위상 변조 신호에 따라 위상 지연(phase retardation)시켜 편광을 시간에 따라 가변시킨다. 그리고 1/4 파장판(122)은 가변 파장판(121)을 통과한 빔의 편광을 변경한다. 이러한 1/4 파장판(122)은 입사된 빔에 $\lambda/4$ 의 위상 지연을 인가하여 편광 방향이 회전된 선편광 빔을 콜리메이터(130)에 전달한다.
- [58] 이와 같이, 가변 파장판(121)은 광원측 편광기(110)로부터 받은 선편광 빔의 편광을 함수발생기의 신호에 따라 변경하여 1/4 파장판(122)으로 전달하고 1/4 파장판(122)은 편광 방향이 회전된 선편광 빔을 출력한다. 여기서, 함수발생기는 1/4 파장판(122)에서 출력되는 빔의 방향이 x_0 축에 대해 시간에 따라 $\Omega(t)$ 로

가변하도록 가변 파장판(121)의 위상 지연을 만들어 낼 수 있다.

- [59] 본 발명의 실시예에서, 가변 파장판(121)은 전기 신호에 따라 빔의 위상 지연을 유도하는 전자-광 효과(electric-optic effect)를 이용한 포켈 셀(Pockels cell), 전기 신호에 따라 액정 디렉터의 방향을 변경하여 빔의 위상 지연을 가변시키는 액정 가변 파장판(Liquid Crystal Variable Waveplate) 등으로 구현될 수 있다. 물론, 가변 파장판(121)은 전기 신호에 따라 빔의 편광을 변경시킬 수 있는 다양한 수단이 사용될 수 있다.
- [60] 따라서, 도 1에서 선편광 방향 변환기(120)는 가변 파장판(121)과 1/4 파장판(122)을 포함하여 구성되지만, 본 발명이 반드시 이에 한정되지 않는다.
- [61] 예를 들어, 전 파장 액정 가변 파장판(full wave liquid crystal waveplate)을 가변 파장판(121)으로 사용하면, 1/4 파장판(122) 없이 선편광 방향 변환기(120)을 구성할 수 있다. 또한, 광원의 대역폭이 넓은 경우 넓은 파장 영역에서 광의 편광 방향을 파장 의존성 없이 회전시키기 위해서는 도 1에 도시된 가변 파장판(121)과 1/4 파장판(122)을 제거하고 광원측 편광기(110)를 모터 등을 이용하여 기계적으로 회전시키는 방법을 이용하여 편광 방향을 회전할 수 있다.
- [62] 이를 위해, 선편광 방향 변환기(120)는 광원측 편광기(110) 및 모터(미도시)를 포함하여 구성될 수 있다. 이 경우 광원측 편광기(110)는 편광이 랜덤한 광원을 입력받아 선편광 빔을 생성한다. 이때, 모터는 신호 생성부(125)의 위상 변조 신호에 따라 광원측 편광기(110)의 각도를 회전시켜서 광원측 편광기(110)를 통과하는 선편광 빔의 편광 방향을 가변시켜 콜리메이터(130)로 전달하면 된다. 이러한 경우 앞서와 동일한 효과를 낼 수 있다.
- [63] 도 1에서는 설명의 편의상 광원측 편광기(110)에서 선편광 빔을 형성하고, 가변 파장판(121)은 입사된 선편광 빔에 위상 지연을 인가하여 편광을 변경하여 전달하고, 1/4 파장판(122)은 편광 방향이 회전된 선편광 빔을 만들었지만, 1/2 파장판, 1/4 파장판, 편광기 및 가변 파장판을 이용한 다양한 조합을 통해 선편광 빔의 방향을 변경시킬 수도 있다. 즉, 선편광 방향 변환기(120)는 선편광 빔에 위상 지연을 인가하여 선편광 빔의 편광 방향을 변경할 수 있는 다양한 수단으로 구현 가능하다.
- [64] 콜리메이터(130)(collimator)는 선편광 방향 변환기(120)에서 출력된 빔을 확장시켜 편광 감응형 렌즈(140)로 전달하며, 빔을 확장할 수 있는 다양한 수단으로 구현될 수 있다.
- [65] 편광 감응형 렌즈(140)(polarization sensitive lens)는 선편광 방향 변환기(120)를 통과 후 확장된 선편광 빔을 입사받아, 음의 초점거리를 갖는 우현 원편광의 제1 구면파 및 양의 초점거리를 갖는 좌현 원편광의 제2 구면파를 동시에 생성한다.
- [66] 여기서, 편광 감응형 렌즈(140)는 기하 위상 렌즈(geometric phase lens)로 구성될 수 있다. 기하 위상 렌즈(140)는 액정(liquid crystal)에 기반한 판카랏남 상(Pancharatnam-phase) 효과를 갖는 얇은 평판형 구조이며, 입력된 빛의 편광에 따라 입력 빔의 파면을 양과 음의 초점거리를 갖는 파면으로 변경하는 렌즈

역할을 한다. 기하 위상 렌즈는 공지된 것과 같이 마하젠더 간섭계 기반의 아날로그 홀로그래프 레코딩 장치를 이용하여 제작될 수 있으며, 예를 들어 ImagineOptix사에서 제공하는 기성품을 사용할 수 있다.

[67] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 편광 감응형 렌즈의 원리를 설명하는 도면이다.

[68] 도 2의 (a)와 같이, 기하 위상 렌즈(140)는 우현 원편광(right-handed circular polarized beam)이 입사되면 해당 편광 방향에 감응하여 볼록 렌즈로 작용하여 양의 초점거리($+f_{gp}$)를 갖는 좌현 원편광(left-handed circular polarized beam)의 구면파를 만들고, 도 2의 (b)와 같이 좌현 원편광이 입사되면 해당 편광 방향에 감응하여 오목 렌즈로 작용하여 음의 초점거리($-f_{gp}$)를 갖는 우현 원편광의 구면파를 만든다.

[69] 다만, 본 발명의 실시예의 경우, 도 2의 (c)와 같이, 선편광(linearly polarized)의 파면이 기하 위상 렌즈(140)에 입력되는데, 이 경우 기하 위상 렌즈(140)는 입력된 빛의 에너지 세기를 거의 절반씩 나누어 음의 초점거리($-f_{gp}$)를 갖는 우현 원편광의 구면파(이하, 제1 구면파)와 양의 초점거리($+f_{gp}$)를 갖는 좌현 원편광의 구면파(이하, 제2 구면파)의 파면을 동시에 생성한다.

[70] 이처럼, 기하 위상 렌즈(140)는 입사된 선편광 빔의 일부를 우현 원 편광으로 변경하여 입사되는 빔의 진행 방향과 반대 쪽에 초점을 위치시키는 제1 구면파를 형성하고, 이와 동시에 나머지를 좌현 원 편광으로 변경하여 입사되는 빔의 진행 방향 쪽에 초점을 위치시키는 제2 구면파를 형성한다.

[71] 이와 같이, 본 발명의 실시예는 편광 감응형 렌즈를 이용하여 단일의 광 경로에서 스캐닝 패턴을 형성함에 따라, 광원을 두 경로로 분리 후 재결합하여 간섭 패턴을 형성하는 종래 기법보다 더욱 고효율 및 고품질의 광 스캐닝 홀로그래피를 구현할 수 있음은 물론, 높은 안정성 및 낮은 복잡도의 광학계 구조를 사용하여 외부 환경에 강인하고 안정적인 이점이 있다.

[72] 편광 감응형 렌즈(140)에서 인라인(In-Line)으로 도출된 제1 및 제2 구면파는 편광기(150)(linear polarizer)로 전달된다.

[73] 편광기(150)(linear polarizer)는 기하 위상 렌즈(140)로부터 전달된 제1 및 제2 구면파의 성분 중에서 소정 편광 방향의 빔 성분만을 통과시킨다. 즉, 편광기(150)는 미리 설정된 편광기(150)의 편광 방향에 해당하는 편광 부분만을 통과시켜 스캔수단(160)으로 전달한다.

[74] 스캔수단(160)은 편광기(150)를 통과한 제1 구면파 및 제2 구면파 사이에 발생한 간섭 빔(간섭 패턴)을 이용하여 촬영 대상물(10)인 형광체(10-1)를 스캔한다. 본 실시예에서 스캔수단(160)은 거울 스캐너를 사용한다.

[75] 거울 스캐너는 대상물(10)을 X 방향으로 스캔하는 수평 스캔 거울과, Y 방향으로 스캔하는 수직 스캔 거울을 갖는 X-Y 스캐너로 구성된다. 물론, 본 발명의 경우 스캔수단(160)이 거울 스캐너로 한정되는 것은 아니며 이와 유사한 수단 또는 공지된 다른 스캔수단이 사용될 수도 있다.

- [76] 스캔수단(160)은 스캔 제어부(185)로부터 스캐닝 제어신호를 받아 동작되며, 스캔 제어부(185)는 스캔수단(160)의 스캐닝 위치를 제어하기 위한 스캐닝 제어신호를 발생시킨다. 여기서, 스캐닝 제어신호는 수평 스캔 거울 및 수직 스캔 거울을 수평 방향 및 수직 방향으로 각각 제어하기 위한 수평 스캔 신호 및 수직 스캔 신호를 포함할 수 있다.
- [77] 이색성 거울(165)(dichronic mirror)은 광 전달 수단으로, 형광체(10-1)를 스캐닝하는 과정에서 형광체(10-1)로부터 발산된 형광된 빔을 제1 광 검출기(175)로 전달한다. 이와 같이 본 발명의 실시예는 대상물(10)이 형광체(10-1)인 경우 형광체(10-1)의 형광된 빔을 제1 광 검출기(175)로 전달하는 광 전달 수단을 포함한다.
- [78] 도 1에서 이색성 거울(165)은 스캔 수단(160)과 형광체(10-1) 사이에 설정 각도로 기울임 있게 배치된다.
- [79] 이색성 거울(165)은 파장에 따라 선별적으로 빛을 반사하도록 설계되는 거울로서, 본 실시예의 경우 간섭 빔은 투과시키고 형광 빔은 반사시키도록 설계된다.
- [80] 즉, 도 1에 도시된 이색성 거울(165)은 스캔 수단(160)에 의해 입사된 간섭 빔을 투과시켜 형광체(10-1)로 전달하며, 형광체(10-1)로부터 입사된 형광된 빔을 반사시켜 제1 광 검출기(175)로 전달한다.
- [81] 이와 같이 이색성 거울(165)은 간섭빔의 파장은 투과시키고 형광체(10-1)에 의해서 형광된 빔의 파장은 반사시키도록 구현된다. 여기서 물론, 간섭빔과 형광빔 각각의 파장 범위는 미리 알고 있는 값에 해당한다.
- [82] 이에 따르면, 형광체(10-1)를 스캐닝하기 위한 간섭 빔(간섭 패턴)은 이색성 거울(165)을 투과하여 형광(10-1)로 전달된다. 또한, 스캐닝 중에 형광체(10-1)에서 발산되는 형광 빔은 이색성 거울(165)로 도달하는 즉시 반사되어 제1 집광기(170)를 통해 제1 광 검출기(175)로 전달된다.
- [83] 물론, 본 발명의 실시예에서 광 전달 수단은 이색성 거울(165)로 한정되지 않으며 후술하는 도 3에 도시된 광학 필터(166)로 대체될 수 있다.
- [84] 도 3은 도 1의 변형 예를 나타낸 도면이다. 도 3에 나타낸 것과 같이 광학 필터(166)는 제1 광 검출기(175)의 전단에 배치된다. 이러한 광학 필터(166)는 형광체(10-1)로부터 형광된 빔은 투과시켜 제1 광 검출기(175)로 전달하지만 간섭 빔은 투과시키지 않도록 구현된다.
- [85] 또한 이러한 도 3의 구조에서는 제1 및 제2 구면과 사이에 발생한 간섭 빔(간섭 패턴)은 스캔 수단(160)을 통하여 형광체(10-1)로 직접 전달되게 되며, 스캐닝 중에 형광체(10-1)에서 발산되는 형광된 빔은 광학 필터(166)를 통해 제1 광 검출기(175)로 전달된다.
- [86] 즉, 형광체(10-1)에 의해 형광된 빔은 제1 집광기(170)를 통해 공간적으로 집적된 다음, 광학 필터(166)를 통해 필터링되어 제1 광 검출기(175)로 전달된다. 이때 광학 필터(166)는 형광체(10-1)에 의해서 형광된 파장을 투과시키는 것이

바람직하다.

- [87] 여기서, 광학 필터(166)는 설명의 편의상 제1 집광기(170)와 제1 광 검출기(175) 사이에 위치시켰으나, 형광체(10-1)로부터 제1 광 검출기(175) 사이의 광 경로 어디든 배치 가능함은 물론이다.
- [88] 도 1에서 신호 생성부(125)의 위상 변조 신호는 위상 지연 값이 시간에 따라 선형적으로 가변하는 주기적 램프 신호로서, $\Omega(t)$ 의 함수로 표현된다. 여기서, 신호 생성부(125)는 두 개의 함수 즉, $\Omega(t)$ 와 $\sin(2\Omega(t))$ 를 생성하여, 주기적 램프 신호인 $\Omega(t)$ 는 선편광 방향 변환기(120)로 전달하고, 헤테로다인 기준 신호인 $\sin(2\Omega(t))$ 는 전자처리부(180)의 헤테로다인 검출기(181)에 전달한다.
- [89] 도 4는 도 1의 신호 생성부에 의한 주기적 램프 신호를 설명하는 도면이다.
- [90] 도 4와 같이 신호 생성부(125)는 시간 t 에 따른 가변하는 램프 신호 $\Omega(t)$ 를 설정 주기(T)로 발생시킨다. 시간 t 에 따른 주기적 램프 신호는 Ω_0 의 기울기를 가지며, 0과 π 사이의 값을 가지는 $\Omega(t)=\Omega_0 t$ 의 함수로 표현될 수 있다.
- [91] 즉, 신호 생성부(125)의 함수 발생기는 $2\Omega(t)$ 가 0에서 2π 까지 시간에 따라 선형적으로 변경하도록 하는 주기적인 램프 신호인 $\Omega(t)$ 를 생성하여 가변 파장판(121)에 인가할 수 있다.
- [92] 이처럼, 가변 파장판(121)에 인가되는 위상 변조 신호가 주기적 램프 신호인 경우, 두 구면파에 의한 간섭 빔은 시간에 따라 헤테로다인 변조된 비선형 프레넬 윤대판 형태를 가지며, 아래의 수학식 1로 정의될 수 있다.
- [93] [수식1]

$$I_{fzp}(x_0, y_0; z) = \cos \left[\frac{2\pi f_{gp}}{\lambda(2f_{gp} + z)} (x_0^2 + y_0^2) + 2\Omega_0 t \right]$$

- [94] 여기서, λ 는 사용된 빔의 파장, f_{gp} 는 편광 감응형 렌즈(140)의 초점거리, $(x_0^2+y_0^2)$ 는 선편광 빔의 광축에 직교하는 평면을 (x_0, y_0) 로 하는 카타르시안 좌표계, z 는 제2 구면파의 초점위치로부터 대상물(10)까지의 거리, Ω_0 는 $\Omega(t)$ 함수의 기울기를 나타낸다.
- [95] 제1 광 검출기(175)는 대상물(10) 즉, 형광체(10-1)로부터 형광된 빔을 검출한다. 스캔수단(160)에 의해 지정되는 스캔 빔의 스캔 위치에서 대상물(10)로부터 형광된 빔은 제1 집광기(170)에 의해서 공간적(spatially)으로 집적(integrated)된다.
- [96] 물론, 도 1의 경우, 대상물(10)로부터 형광된 빔은 이색성 거울(165)에 의해 반사되어 제1 집광기(170)에 의해서 공간적으로 집적되고, 도 3의 경우 대상물(10)로부터 형광된 빔은 광학 필터(166)를 통하여 제1 집광기(170)에 의해서 공간적으로 집적된다.
- [97] 여기서, 제1 집광기(170)는 렌즈를 통해 구현될 수 있으며, 이외에도 오목 반사경을 포함한 영상(imaging) 또는 비 영상(non-imaging) 집광기 등의 공지된

다양한 집광수단으로 구현될 수 있다.

- [98] 제1 광 검출기(175)는 제1 집광기(170)를 통해 공간적으로 집적된 빔을 검출하여 전류신호로 변환한다. 이때, 제1 광 검출기(175)는 공간적으로 집적된 빔의 세기에 따라 전류를 생성한다. 제1 광 검출기(175)는 광 다이오드를 사용하여 구현할 수 있으나, 본 발명이 반드시 이에 한정되지 않으며 광증배관(photo-multiplier tube) 등의 다양한 광 검출수단이 적용될 수 있다. 또한, 제1 집광기(170) 없이도 제1 광 검출기(175)의 검출 면으로 전달되어 들어오는 빛을 직접 검출할 수도 있다.
- [99] 전자처리부(180)는 제1 광 검출기(175)에서 검출된 신호를 처리하여 대상물(10)의 홀로그래프를 생성한다. 이러한 전자처리부(180)는 헤테로다인 검출기(181), AD 컨버터(182), 신호처리부(183), 저장부(184), 스캔 제어부(185)를 포함할 수 있다.
- [100] 헤테로다인 검출기(181)는 제1 광 검출기(175)로부터 전달받은 전류 신호를 처리하여 동 위상(in-phase) 출력신호와 사분위상(quadrature-phase) 출력신호를 생성한다.
- [101] 헤테로다인 검출기(181)는 전달받은 전류신호와 신호생성부(125)의 함수발생기에서 생성한 변조신호인 $\sin(2\Omega(t))$ 를 이용하여 동 위상 신호를 제1 출력으로 생성하고 사분위상 신호를 제2 출력으로 생성한다. 동 위상 출력신호 및 사분위상 출력신호는 물체의 3차원 영상이 비선형 프레넬 윤대판에 의해서 인코딩된 패턴에 해당된다.
- [102] AD 컨버터(182)(Analog to Digital Converter)는 두 개의 입력 채널을 가지며 동 위상 신호와 사분위상 신호를 각 채널을 통해 입력받아 디지털 신호로 변환한다. 변환된 디지털 전류신호는 스캔수단(160)의 스캐닝 위치와 함께 신호처리부(183)로 제공된다.
- [103] 신호처리부(183)는 디지털 신호로부터 대상물(10)의 복소수 홀로그래프를 생성하고, 저장부(184)는 생성된 복소수 홀로그래프를 저장한다. 그리고 스캔 제어부(185)는 대상물(10)의 임의 위치에 대한 홀로그래프 처리가 완료될 때마다 스캔수단(160)의 스캔 위치를 변경시키는 제어 신호를 생성하여 스캔수단(160)으로 전달한다.
- [104] 물론, 도 1에 도시된 본 발명의 제1 실시예는 AD컨버터(182)를 통해 디지털 신호로의 변환을 수행하기 전에 헤테로다인 검출을 실시하였지만, 제1 광 검출기(175)에서 제공되는 전류신호와 신호 생성부(125)에서 생성된 신호를 AD컨버터(182)를 통해 디지털 신호로 변환 후 신호처리부(183)에 전달하여, 신호처리부(183)에서 디지털 신호처리의 방법으로 디지털 헤테로다인 검출을 수행할 수 있음은 물론이다. 이 경우 헤테로다인 검출기(181)의 구성이 불필요하게 된다.
- [105] 도 5는 본 발명에 따른 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템의 제2 실시예를 나타낸 도면이다.

- [106] 도 5에 나타난 것과 같이, 제2 실시예에 따른 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템(200)은, 광원측 편광기(110), 선편광 방향 변환기(120), 신호 생성부(225), 콜리메이터(130), 편광 감응형 렌즈(140), 편광기(150), 스캔 수단(160), 이색성 거울(165), 제1 집광기(170), 제1 광 검출기(175), 전자처리부(280)를 포함한다.
- [107] 도 5에서 도 1의 제1 실시예의 경우와 동일한 부호를 갖는 구성요소는 동일한 동작을 수행함을 의미하므로, 동일한 부호의 구성요소에 대한 별도의 설명은 생략한다.
- [108] 이러한 도 5의 경우, 도 1과 달리, 신호 생성부(225)에서 생성하는 위상 변조 신호는 위상 지연 값이 시간에 따라 $\{0, \pi/2, \pi\}$ 의 순서로 불연속 천이되는 위상 천이 신호에 해당한다. 이에 따라, 신호 생성부(225)의 함수발생기는 $\Omega(t)$ 가 $\{0, \pi/2, \pi\}$ 의 순서로 천이(shift)되도록 하는 위상 천이 신호인 $\Omega(t)$ 를 생성하여 가변 파장판(121)에 인가한다.
- [109] 이 경우, 간섭 빔은 시간에 따라 헤테로다인 변조된 비선형 프레넬 윤대판 형태로서 아래의 수학식 2로 정의될 수 있다.

[110] [수식2]

$$I(x_0, y_0; z) = \cos \left[\frac{2\pi f_{gp}}{\lambda(2f_{gp} + z)} (x_0^2 + y_0^2) + p_n \right]$$

- [111] 여기서, λ 는 사용된 빔의 파장, f_{gp} 는 편광 감응형 렌즈(140)의 초점거리, $(x_0^2 + y_0^2)$ 는 선편광 빔의 광축에 직교하는 평면을 (x_0, y_0) 로 하는 카타르시안 좌표계, z 는 제2 구면파의 초점위치로부터 대상물까지의 거리, p_n 은 위상 천이에 사용된 n 개의 서로 다른 위상들의 집합 $\{0, \pi/2, \pi\}$ 을 나타낸다.
- [112] 이러한 도 5의 경우, 신호 생성부(225)는 $\Omega(t)$ 신호만 생성하며, 전자처리부(280)는 헤테로다인 검출기(181)가 구비될 필요가 없으며, 디지털 신호처리의 방법으로 위상이 천이된 홀로그램 신호 검출을 수행할 수 있다.
- [113] 전자처리부(280)의 AD 컨버터(282)는 제1 광 검출기(175)에서 검출된 신호를 디지털 신호로 변환하며, 디지털 신호처리의 방법으로 위상이 천이된 홀로그램 신호 검출을 수행한다. 신호처리부(283)는 위상이 천이된 홀로그램 신호로부터 대상물(10)의 복소수 홀로그램을 생성하고, 저장부(184)는 이를 저장한다. 스캔 제어부(284)는 대상물(10)의 임의 위치에 대한 홀로그램 처리가 완료될 때마다 스캔수단(160)의 위치를 변경시키는 제어 신호를 생성한다.
- [114] 물론, 이와 같은 신호 생성부(225) 및 전자처리부(280)의 구성은 도 3의 시스템에서도 동일 원리로 적용될 수 있다.
- [115] 도 6은 본 발명에 따른 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템의 제3 실시예를 나타낸 도면이다.
- [116] 도 6에 나타난 것과 같이, 제3 실시예에 따른 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템(300)은 광원측 편광기(110), 선편광 방향 변환기(120), 신호 생성부(125),

콜리메이터(130), 편광 감응형 렌즈(140), 편광기(150), 제1 렌즈(355), 스캔 수단(160), 이색성 거울(165), 제1 집광기(170), 제1 광 검출기(175), 전자처리부(180)를 포함한다.

[117] 이러한 도 6은 도 1의 제1 실시예의 구조에서 제1 렌즈(355)가 추가로 삽입된 것을 나타내며, 동일한 부호의 구성요소에 대한 별도의 설명은 생략한다.

[118] 도 6에서 제1 렌즈(355)는 편광 감응형 렌즈(140)와 스캔수단(160) 사이에 설치되어 제1 및 제2 구면파의 각 초점 간의 거리를 조정하고, 편광 감응형 렌즈 면의 패턴을 대상물 영역의 면으로 이미징하는 이미징 렌즈 역할을 한다.

[119] 즉, 기하 위상 렌즈 면을 제1 렌즈(355)를 이용하여 확대 또는 축소하는 방식으로 대상물의 영역에 이미징하면, 기하 위상 렌즈 면에서의 패턴이 대상물에 이미징되어 투사될 수 있다.

[120] 제1 구면파의 초점 위치는 f_1 , 제2 구면파의 초점 위치는 f_2 라 할 때, 도 1의 경우 f_1 과 f_2 위치 간의 거리는 $2f_{gp}$ 였지만, 도 6의 경우 f_1 과 f_2 위치 간의 거리는 제1 렌즈(355)의 축소 또는 확대율에 따라 $2M_{img}^2 f_{gp}$ 로 변경된다.

[121] 또한 이러한 도 6의 경우, 간섭 빔은 시간에 따라 헤테로다인 변조된 비선형 프레넬 윤대판 형태로서, 아래의 수학적 식 3으로 정의될 수 있다.

[122] [수식3]

$$I(x_0, y_0; z_{img}) = \cos \left[\frac{2\pi M_{img}^2 f_{gp}}{\lambda (2M_{img}^2 f_{gp} + z_{img}) z_{img}} (M_{img}^2 x_0^2 + M_{img}^2 y_0^2) + 2\Omega_0 t \right]$$

[123] 여기서, M_{img} 는 편광 감응형 렌즈(기하 위상 렌즈) 면의 패턴을 대상물 영역의 면으로 이미징 시 제1 렌즈(355)에 의한 상의 축소 또는 확대 비율, z_{img} 는 제2 구면파의 초점 위치로부터 대상물까지의 거리, $2M_{img}^2 f_{gp}$ 는 조정된 제1 및 제2 구면파의 각 초점 간의 거리이다.

[124] 이와 같이 편광 감응형 렌즈(140)와 대상물(10) 사이에 제1 렌즈(355)를 위치시켜 확대 또는 축소의 방법으로 두 구면파의 초점 간 거리가 변경된 새로운 제1 및 제2 구면파를 대상물의 면에 위치시킬 수 있다.

[125] 여기서 상술한 본 발명의 실시예들은 두 구면파가 모두 발산하는 영역에 물체(대상물)를 위치시킨 것을 예시하지만, 헤테로다인 스캐닝 기반 홀로그램의 현미경 응용에 있어 분해능을 향상시키기 위한 방법을 이용하여, 두 구면파의 초점 사이(f_1 과 f_2 위치 사이 지점)에 물체를 위치시킬 수도 있다.

[126] 이를 위해, 편광 감응형 렌즈(기하 위상 렌즈)와 대상물 사이에 이미징 렌즈를 위치시켜, 제1 구면파의 초점 위치(f_1)를 대상물의 전면에 위치시키고 제2 구면파의 초점 위치(f_2)를 대상물의 후면에 위치시키는 방식을 사용하여, 발산하는 구면파와 수렴하는 구면파의 역 방향 곡률의 간섭 패턴에 의해 인코딩된 물체의 홀로그램을 획득할 수 있으며, 이를 수치적으로 복원하여 분해능을 향상시킬 수 있다.

- [127] 예를 들면, 기하 위상 렌즈와 대상물 사이에 이미징 렌즈를 위치시켜, 기하 위상 렌즈 면을 대상물 면에 이미징하면 수렴하는 제1 구면파와 발산하는 제2 구면파의 간섭 패턴으로 인코딩된 홀로그램을 얻을 수 있으며, 이 경우 간섭 패턴은 아래의 수학식 4와 같이 정의될 수 있다.

[128] [수식4]

$$I(x_0, y_0; z_{img}) = \cos \left[\frac{2\pi M_{img}^2 f_{gp}}{\lambda(z_{img}^2 - M_{img}^4 f_{gp}^2)} (M_{img}^2 x_0^2 + M_{img}^2 y_0^2) + 2\Omega_0 t \right]$$

- [129] 여기서, M_{img} 는 편광 감응형 렌즈(기하 위상 렌즈) 면의 패턴을 대상물 면으로 이미징할 때 이미징 렌즈에 의한 상의 축소 또는 확대 비율, z_{img} 는 제2 구면파의 초점위치로부터 대상물까지의 거리이다.
- [130] 그 밖에도, 본 발명의 실시예는 편광 감응형 렌즈(140)와 스캔수단(160) 사이에 제2 렌즈(미도시)를 위치시켜, 평면파와 구면파 간의 간섭 패턴을 형성시킬 수 있다.
- [131] 일반적으로 광 스캐닝 홀로그래피에서는 구면파와 평면파가 간섭된 선형 프레넬 윤대판으로 물체를 스캐닝하여 물체의 홀로그램을 획득한다. 기하 위상 렌즈와 물체 사이에 렌즈를 위치시키면 평면파와 구면파의 간섭 패턴을 형성시킬 수 있다. 따라서, 구면파와 평면파의 간섭에 의해 형성된 간섭 패턴인 선형 프레넬 윤대판으로 인코딩된 홀로그램을 얻을 수 있다.
- [132] 이를 구체적으로 설명하면 다음과 같다. 이때, 설명의 편의상 도 6의 355번 부호 자리에 제1 렌즈 대신 제2 렌즈가 배치된 것을 가정하여 설명한다.
- [133] 제2 렌즈(미도시)는 편광 감응형 렌즈(140)와 스캔수단(160) 사이에 배치되며, 제2 구면파와 동일한 초점 위치(f_2)에 초점이 형성되도록 배치된다. 이와 같이, 제2 렌즈(미도시)의 초점위치와 제2 구면파의 초점위치가 동일하게 되면, 제2 구면파는 평면파로 변환되고 제1 구면파는 구면파의 곡률이 제2 렌즈에 의해 추가된다.
- [134] 이 경우, 간섭 빔은 제1 구면파와 평면파 간의 간섭에 의해 형성되는 선형 프레넬 윤대판 형태로서 아래의 수학식 5으로 정의될 수 있다.
- [135] [수식5]

$$I(x_0, y_0; z) = \cos \left[\frac{\pi}{\lambda z} (x_0^2 + y_0^2) + 2\Omega_0 t \right]$$

- [136] 여기서, z 는 제2 렌즈에 의해 곡률이 더해진 제1 구면파의 초점위치로부터 대상물까지의 거리이다.
- [137] 이와 같이, 제2 렌즈의 초점위치가 제2 구면파의 초점위치와 같도록 제2 렌즈를 삽입 배치할 경우, 구면파와 평면파 간의 간섭 패턴인 선형 프레넬 윤대판에 의해 인코딩된 홀로그램을 얻을 수 있다.

- [138] 상술한 바와 같은 렌즈(제1 렌즈 또는 제2 렌즈)의 구성은 도 3의 시스템에서도 동일 원리로 적용될 수 있음은 물론이다.
- [139] 한편, 상술한 본 발명의 실시예들은 편광 감응형 렌즈로 기하 위상 렌즈를 사용한 것을 예시하고 있으나, 액정으로 형성된 편광 감응성(polarization sensitive) 투과형(transmission) 액정(liquid crystal) GRIN(graded index lens) 등과 같이, 편광에 따라 초점거리를 달리하는 다양한 렌즈를 사용할 수 있다.
- [140] 구체적인 예로, p-편광 방향에 대해 정렬된 액정으로 구성되어 p-편광된 빛은 굴절시키고 s-편광된 빛은 통과시키는 편광 감응성 투과형 액정 GRIN 렌즈를 카르타시안 좌표계의 x-방향으로 정렬하여 위치시키고, 편광 감응성 투과형 액정 GRIN 렌즈와 편광기(150) 사이에 1/4 파장판을 삽입할 수 있다. 이 경우 광원으로부터 출력된 빛은 광원측 편광기(110)를 통해 선편광되어 가변 파장판(121)에 전달되며, 가변 파장판(121)에서 편광 방향이 변경된 선편광 빔은 콜리메이터(130)에서 확장된 후 편광 감응성 투과형 액정 GRIN 렌즈를 통과하면서 p-편광 방향에 해당하는 부분은 구면파를 형성하고, s-편광 방향에 해당하는 부분은 평면파를 형성한다. 이때, 편광 감응성 투과형 액정 GRIN 렌즈와 편광기(150) 사이에 삽입된 1/4 파장판에 의해, p-편광 부분의 구면파와 s-편광 부분의 평면파를 각각 우현 원편광과 좌현 원편광으로 변환하며, 변환된 빔은 편광기(150)를 통과함으로써 수학식 5와 같이 평면파와 구면파의 간섭에 의해 형성된 간섭 패턴인 선형 프레넬 윤대판을 형성할 수 있다.
- [141] 또한, 수학식 3 내지 5의 비선형 프레넬 윤대판과 역 곡률의 프레넬 윤대판을 형성하기 위해, 설명의 편의상 기하 위상 렌즈와 대상물 사이에 렌즈(제1 또는 제2 렌즈)를 삽입하는 것으로 설명하였으나, 콜리메이터(130)와 편광 감응형 렌즈(140) 사이 부분에 렌즈를 삽입하여 위치시키는 방식으로 수학식 3 내지 5를 형성할 수 있음은 물론이다.
- [142] 또한, 도 1 및 도 6에 도시된 제1 및 제3 실시예의 경우 합수 발생기에서 가변 파장판(121)의 변조 신호로 $\Omega(t)$ 를 생성하여 가변 파장판(121)에 전달하고, 헤테로다인 기준신호로 $\sin(2\Omega(t))$ 를 생성하여 헤테로다인 검출기(181)에 전달하였으나, 후술하는 도 7과 같이 빔 스플리터 및 제2 광 검출기를 이용하여 헤테로다인 기준신호를 생성할 수도 있다.
- [143] 도 7은 본 발명에 따른 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템의 제4 실시예를 나타낸 도면이다.
- [144] 도 7에 나타낸 것과 같이, 제4 실시예에 따른 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템(400)은 광원측 편광기(110), 선편광 방향 변환기(120), 신호 생성부(125), 콜리메이터(130), 편광 감응형 렌즈(140), 편광기(150), 스캔 수단(160), 이색성 거울(165), 제1 집광기(170), 제1 광 검출기(175), 빔 스플리터(461), 제2 광 검출기(462), 제2 집광기(463), 전자처리부(180)를 포함한다.
- [145] 이러한 도 7은 도 1의 구성에 빔 스플리터(461) 및 제2 광 검출기(462)가 추가된 경우에 해당한다. 빔 스플리터(461)는 편광기(150)와 스캔수단(160) 사이에

- 설치되어, 편광기(150)를 통과한 빔의 일부를 투과시켜 스캔수단(160)에 전달하고 나머지를 반사시킨다.
- [146] 제2 광 검출기(462)는 빔 스플리터(461)에 의한 반사되는 빔의 경로 상에 위치하여, 빔 스플리터(461)로부터 반사된 빔을 검출한다. 물론 빔 스플리터(461)로부터 반사된 빔은 제2 집광기(463)에 의해 공간적으로 집적된 후 제2 광 검출기(462)에서 검출된다.
- [147] 이러한 제2 광 검출기(462)는 반사된 빔을 검출하여 이를 기초로 비팅 신호 $\sin(2\Omega(t))$ 을 생성한다. 비팅 신호는 앞서 사용된 헤테로다인 기준 신호와 동일한 것을 알 수 있다. 따라서 제2 광 검출기(462)는 비팅신호를 기준 신호로 하여 헤테로다인 검출기(181)에 입력할 수 있다.
- [148] 이러한 제4 실시예의 경우 신호 생성부(125)는 주기적 램프 신호 $\Omega(t)$ 를 생성하여 선편광 방향 변환기(120)에 인가하며, 제2 광 검출기(462)는 반사된 빔을 기초로 생성한 헤테로다인 기준 신호 $\sin(2\Omega(t))$ 를 전자처리부(180)의 헤테로다인 검출기(181)로 인가하면 된다.
- [149] 상술한 제1 내지 제4 실시예는 대상물(10)이 형광체(10-1)인 것을 예시한 것이다. 이와 같이, 대상물(10)이 형광체(10-1)인 경우 대상물(10)의 형광된 빛을 제1 집광기(170)를 이용하여 집광하여 제1 광검출기(175)에 전달하고 제1 광 검출기(175)는 제1 집광기(170)를 통해 공간적으로 집적된 빔을 검출하여 형광체의 홀로그램을 레코딩할 수 있다.
- [150] 이때, 제1 광검출기(175)와 대상물(10) 사이에서 대상물(10)로부터 형광된 빛의 파장에 해당하는 빛을 반사 또는 필터링하여 제1 광검출기(175)에 전달하도록 하는 이색성 거울(dichroic mirror) 또는 광학 필터를 위치시켜, 광학 노이즈를 저감할 수 있다.
- [151] 이하에서는 도 8 및 도 9을 통하여 대상물(10)이 투과형 대상물 즉, 투과체(10-2)인 경우에 대한 홀로그래피 시스템을 상세히 설명한다. 투과체(10-2)는 세포, 미생물, 피막, 투명성 물체나 조형물 등 투과성을 가지는 다양한 물체에 해당할 수 있다.
- [152] 도 8은 본 발명에 따른 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템의 제5 실시예를 나타낸 도면이다.
- [153] 도 8에 나타낸 것과 같이, 제5 실시예에 따른 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템(500)은, 광원측 편광기(110), 선편광 방향 변환기(120), 신호 생성부(125), 콜리메이터(130), 편광 감응형 렌즈(140), 편광기(150), 스캔 수단(160), 제1 집광기(570), 제1 광 검출기(575), 전자처리부(180)를 포함한다.
- [154] 도 8에서 도 1의 제1 실시예의 경우와 동일한 부호를 갖는 구성요소는 동일한 동작을 수행함을 의미하므로, 동일한 부호의 구성요소에 대한 별도의 설명은 생략한다.
- [155] 이러한 도 8의 경우, 도 1과 달리, 대상물(10)이 투과체(10-2)에 해당하므로 제1 광 검출기(575)는 투과체(10-2)를 투과하는 광 경로(투과체 후방)에서

투과체(10-2)를 투과한 빔을 검출하게 된다.

- [156] 즉, 도 8에서 스캔 수단(160)은 제2 편광기(150)를 통과한 제1 구면파와 제2 구면파 사이에서 발생한 간섭 빔(간섭 패턴)을 이용하여 촬영 대상물(10)인 투과체(10-2)를 스캔하며, 이때 투과체(10-2)를 투과한 빔이 제1 집광기(570)를 통해 공간적으로 집적되어 제1 광 검출기(575)로 전달된다.
- [157] 그리고, 전자처리부(180)는 제1 광검출기(575)를 통하여 검출된 신호를 처리하여 투과형 대상물인 투과체(10-2)의 홀로그램을 생성한다.
전자처리부(180)의 구동 원리는 앞서 설명한 바 있으므로 중복된 설명은 생략한다.
- [158] 여기서, 도 8의 신호 생성부(125) 및 전자 처리부(180) 대신 도 5의 신호 생성부(225) 및 전자 처리부(280)가 사용될 수도 있다. 또한, 도 8의 시스템 역시 도 6의 355번 부호와 동일한 자리에 제1 렌즈 또는 제2 렌즈가 배치될 수 있다.
- [159] 그 밖에도, 도 8의 시스템에는 앞서 도 7에서 설명한 빔 스플리터(461), 제2 광 검출기(462), 제2 집광기(463)의 구성이 추가로 부가될 수 있다.
- [160] 이러한 도 8과 같이, 대상물(10)이 빛을 투과하는 투과체(10-2)인 경우 대상물(10)을 투과한 빛의 경로 상에 제1 집광기(570)와 제1 광검출기(575)를 위치시켜, 대상물(10)을 투과한 빛을 제1 집광기(570)를 이용해 집광하여 제1 광 검출기(575)에 전달하고, 제1 광 검출기(575)는 제1 집광기(570)를 통해 공간적으로 집적된 빔을 검출함으로써 결과적으로 투과체(10-2)의 홀로그램을 레코딩할 수 있다.
- [161] 도 9는 도 8의 변형예를 나타낸 도면이다. 도 9의 경우, 투과체(10-2)와 제1 광 검출기(575) 사이에 공간 필터(spatial filter)를 위치시켜, 투과체(10-2)에 대한 빛의 세기 영상이 아닌, 위상 영상을 획득하는 것을 나타낸다.
- [162] 공간 필터는 푸리에 렌즈(565)(Fourier lens) 및 핀홀(pin-hole)을 포함한다. 푸리에 렌즈(565)는 투과체(10-2)의 후방에 위치하고, 핀홀(566)은 푸리에 렌즈(565)의 초점 거리 상에 위치한다. 이러한 구성을 통해, 공간 필터는 투과체(10-2)를 투과한 빔을 공간적으로 필터링하여 투과체(10-2)의 위상 분포를 획득한다.
- [163] 이와 같이, 제1 광 검출기(175)와 대상물(10) 사이에 푸리에 렌즈(565)와 푸리에 렌즈의 초점에 위치한 핀홀(566)을 포함한 공간 필터(spatial filter)를 위치시켜, 대상물(10)로부터 투과된 빛을 공간적으로 필터링함으로써, 대상물(10)의 위상 분포를 포함한 홀로그램을 얻을 수 있다.
- [164] 이상과 같은 본 발명에 따른 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템에 따르면, 편광 감응형 렌즈를 이용하여 단일의 광 경로에서 스캐닝 패턴을 형성함에 따라 투과체 또는 형광체에 대한 고효율 및 고품질의 광 스캐닝 홀로그래피를 구현할 수 있음은 물론 높은 안정성 및 낮은 복잡도의 광학계 구조를 사용하여 외부 환경에 강인하고 안정적인 이점이 있다.
- [165] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에

불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 선편광 빔을 입사받아 음의 초점거리를 갖는 우현 원편광의 제1 구면파 및 양의 초점거리를 갖는 좌현 원편광의 제2 구면파를 생성하는 편광 감응형 렌즈;
 상기 생성된 제1 및 제2 구면파의 성분 중에서 소정 편광 방향의 빔 성분만을 통과시키는 편광기;
 상기 편광기를 통과한 제1 및 제2 구면파 사이에서 발생한 간섭 빔을 이용하여 형광형 대상물인 형광체를 스캔하는 스캔수단; 및
 상기 형광체로부터 발산되는 형광된 빔을 검출하는 제1 광 검출기를 포함하는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템.
- [청구항 2] 선편광 빔을 입사받아 음의 초점거리를 갖는 우현 원편광의 제1 구면파 및 양의 초점거리를 갖는 좌현 원편광의 제2 구면파를 생성하는 편광 감응형 렌즈;
 상기 생성된 제1 및 제2 구면파의 성분 중에서 소정 편광 방향의 빔 성분만을 통과시키는 편광기;
 상기 편광기를 통과한 제1 및 제2 구면파 사이에서 발생한 간섭 빔을 이용하여 투과형 대상물인 투과체를 스캔하는 스캔수단; 및
 상기 투과체를 투과한 빔을 검출하는 제1 광 검출기를 포함하는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템.
- [청구항 3] 청구항 1에 있어서,
 상기 형광체의 형광된 빔을 상기 제1 광 검출기로 전달하는 광 전달 수단을 더 포함하는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템.
- [청구항 4] 청구항 3에 있어서,
 상기 광 전달 수단은 이색성 거울(dichronic mirror)이고,
 상기 이색성 거울은,
 상기 스캔 수단과 상기 형광체 사이에 배치되어, 상기 스캔 수단에 의해 입사된 상기 간섭 빔을 투과시켜 상기 형광체로 전달하고, 상기 형광체로부터 입사된 상기 형광된 빔을 반사시켜 상기 제1 광 검출기로 전달하는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템.
- [청구항 5] 청구항 3에 있어서,
 상기 광 전달 수단은 광학 필터이고,
 상기 광학 필터는,
 상기 제1 광 검출기의 전단에 배치되어 상기 형광체로부터 형광된 빔은 투과시켜 상기 제1 광 검출기로 전달하되 상기 간섭 빔은 투과시키지 않는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템.
- [청구항 6] 청구항 2에 있어서,
 상기 투과체와 상기 제1 광 검출기 사이에 배치되어, 상기 투과체를

투과한 빔을 공간적으로 필터링하여 상기 투과체의 위상 분포를 획득하는 공간 필터를 더 포함하고,
상기 공간 필터는,
상기 투과체의 후방에 위치한 푸리에 렌즈(fourier lens); 및
상기 푸리에 렌즈의 초점 거리에 위치한 핀홀(pin-hole)을 포함하는
인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템.

[청구항 7] 청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,
상기 편광 감응형 렌즈의 전단에 위치하며, 외부로부터 입사된 선편광 빔을 위상 지연시켜 편광 방향을 변경하여 상기 편광 감응형 렌즈로 제공하는 선편광 방향 변환기를 더 포함하는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템.

[청구항 8] 청구항 7에 있어서,
상기 선편광 방향 변환기는,
시간에 따라 위상 지연 값을 가변시키는 위상 변조 신호가 인가되며, 상기 입사된 선편광 빔을 상기 위상 변조 신호에 따라 위상 지연시켜 편광을 가변시키는 가변 파장판; 및
상기 가변 파장판을 통과한 빔의 편광을 변경하는 1/4 파장판을 포함하는
인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템.

[청구항 9] 청구항 8에 있어서,
상기 가변 파장판은,
전기 신호에 따라 빔의 위상 지연을 유도하는 전자-광 효과를 이용한 포켈 셀(Pockels cell) 또는 전기 신호에 따라 액정 디렉터의 방향을 변경하여 빔의 위상 지연을 가변시키는 액정 가변 파장판(Liquid Crystal Variable Waveplate)으로 구성되는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템.

[청구항 10] 청구항 7에 있어서,
상기 선편광 방향 변환기는,
시간에 따라 위상 지연 값을 가변시키는 위상 변조 신호가 인가되며, 상기 입사된 선편광 빔을 상기 위상 변조 신호에 따라 위상 지연시켜 편광을 가변시키는 전 파장 액정 가변 파장판(full wave liquid crystal waveplate)으로 구성되는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템.

[청구항 11] 청구항 7에 있어서,
상기 선편광 방향 변환기는,
입력된 광원으로부터 선편광 빔을 생성하는 광원측 편광기; 및
시간에 따라 위상 지연 값을 가변시키는 위상 변조 신호가 인가되며, 상기 위상 변조 신호에 따라 상기 광원측 편광기의 각도를 회전시켜 상기 광원측 편광기를 통과하는 선편광 빔의 편광 방향을 가변시키는 모터를 포함하는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템.

[청구항 12] 청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 편광 감응형 렌즈는 기하 위상 렌즈(geometric phase lens)로 구성된 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템.

[청구항 13] 청구항 7에 있어서,
시간에 따라 위상 지연 값을 가변시키는 위상 변조 신호를 상기 선편광 방향 변환기에 인가하는 신호 생성부를 더 포함하는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템.

[청구항 14] 청구항 13에 있어서,
상기 위상 변조 신호는 상기 위상 지연 값이 시간에 따라 가변하는 주기적 램프 신호이며,
상기 간섭 빔은,
시간에 따라 헤테로다인 변조된 비선형 프레넬 윤대판 형태로서 아래의 수학적식으로 정의되는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템:

$$I_{f_{gp}}(x_0, y_0; z) = \cos \left[\frac{2\pi f_{gp}}{\lambda(2f_{gp} + z)} (x_0^2 + y_0^2) + 2\Omega_0 t \right]$$

여기서, λ 는 사용된 빔의 파장, f_{gp} 는 상기 편광 감응형 렌즈의 초점거리, $(x_0^2 + y_0^2)$ 는 상기 선편광 빔의 광축에 직교하는 평면을 (x_0, y_0) 로 하는 카타르시안 좌표계, z 는 상기 제2 구면파의 초점위치로부터 상기 대상물까지의 거리, 시간 t 에 따른 주기적 램프 신호는 Ω_0 의 기울기를 가지며 0 과 π 사이의 값을 가지는 $\Omega(t) = \Omega_0 t$ 의 함수로 표현된다.

[청구항 15] 청구항 13에 있어서,
상기 위상 변조 신호는 상기 위상 지연 값이 시간에 따라 $\{0, \pi/2, \pi\}$ 의 순서로 불연속 천이되는 위상 천이 신호이며,
상기 간섭 빔은,
시간에 따라 헤테로다인 변조된 비선형 프레넬 윤대판 형태로서 아래의 수학적식으로 정의되는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템:

$$I(x_0, y_0; z) = \cos \left[\frac{2\pi f_{gp}}{\lambda(2f_{gp} + z)} (x_0^2 + y_0^2) + p_n \right]$$

여기서, λ 는 사용된 빔의 파장, f_{gp} 는 상기 편광 감응형 렌즈의 초점거리, $(x_0^2 + y_0^2)$ 는 상기 선편광 빔의 광축에 직교하는 평면을 (x_0, y_0) 로 하는 카타르시안 좌표계, z 는 상기 제2 구면파의 초점위치로부터 상기 대상물까지의 거리, p_n 은 위상 천이에 사용된 n 개의 서로 다른 위상들의 집합 $\{0, \pi/2, \pi\}$ 이다.

[청구항 16] 청구항 14에 있어서,
상기 편광 감응형 렌즈와 상기 스캔수단 사이에 설치되어 상기 제1 및 제2

구면파의 각 초점 간의 거리를 조정하고 상기 편광 감응형 렌즈 면의 패턴을 상기 대상물 영역의 면으로 이미징하는 제1 렌즈를 더 포함하며, 상기 간섭 빔은, 시간에 따라 헤테로다인 변조된 비선형 프레넬 윤대판 형태로서 아래의 수학적식으로 정의되는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템:

$$I(x_0, y_0; z_{img}) = \cos \left[\frac{2\pi M_{img}^2 f_{gp}}{\lambda (2M_{img}^2 f_{gp} + z_{img}) z_{img}} (M_{img}^2 x_0^2 + M_{img}^2 y_0^2) + 2\Omega_0 t \right]$$

또는

$$I(x_0, y_0; z_{img}) = \cos \left[\frac{2\pi M_{img}^2 f_{gp}}{\lambda (z_{img}^2 - M_{img}^4 f_{gp}^2)} (M_{img}^2 x_0^2 + M_{img}^2 y_0^2) + 2\Omega_0 t \right]$$

여기서, M_{img} 는 상기 편광 감응형 렌즈 면의 패턴을 상기 대상물 영역의 면으로 이미징 시 상기 제1 렌즈에 의한 상의 축소 또는 확대 비율, z_{img} 는 상기 제2 구면파의 초점위치로부터 상기 대상물까지의 거리이다.

[청구항 17]

청구항 14에 있어서, 상기 편광 감응형 렌즈와 상기 스캔수단 사이에 설치되며 상기 제2 구면파와 동일한 초점위치를 가지고 상기 제2 구면파를 평면파로 변환하는 제2 렌즈를 더 포함하며, 상기 간섭 빔은, 상기 제1 구면파와 상기 평면파 간의 간섭에 의해 형성되는 선형 프레넬 윤대판 형태로서 아래의 수학적식으로 정의되는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템:

$$I(x_0, y_0; z) = \cos \left[\frac{\pi}{\lambda z} (x_0^2 + y_0^2) + 2\Omega_0 t \right]$$

여기서, z 는 상기 제2 렌즈에 의해 곡률이 더해진 제1 구면파의 초점위치로부터 상기 대상물까지의 거리이다.

[청구항 18]

청구항 14에 있어서, 상기 제1 광 검출기에서 검출된 신호를 처리하여 상기 대상물의 홀로그램을 생성하는 전자처리부를 더 포함하며, 상기 신호 생성부는, 상기 시간에 따른 주기적 램프 신호인 $\Omega(t)$ 를 생성하여 상기 선편광 방향 변환기에 인가하고, 헤테로다인 기준 신호인 $\sin(2\Omega(t))$ 를 생성하여 상기 전자처리부에 포함된 헤테로다인 검출기에 인가하는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템.

[청구항 19]

청구항 14에 있어서,

상기 편광기와 상기 스캔수단 사이에 설치되어, 상기 편광기를 통과한 빔의 일부를 투과시켜 상기 스캔수단에 전달하고 나머지를 반사시키는 빔 스플리터;

상기 빔 스플리터로부터 반사된 빔을 검출하는 제2 광 검출기; 및
상기 제1 광 검출기에서 검출된 신호를 처리하여 상기 대상물의 홀로그래프를 생성하는 전자처리부를 더 포함하며,

상기 신호 생성부는 상기 시간에 따른 주기적 램프 신호인 $\Omega(t)$ 를 생성하여 상기 선풍광 방향 변환기에 인가하고,

상기 제2 광 검출기는 상기 반사된 빔을 기초로 헤테로다인 기준 신호인 $\sin(2\Omega(t))$ 를 생성하여 상기 전자처리부에 포함된 헤테로다인 검출기에 인가하는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템.

[청구항 20]

청구항 15에 있어서,

상기 제1 광 검출기에서 검출된 신호를 처리하여 상기 대상물의 홀로그래프를 생성하는 전자처리부를 더 포함하며,

상기 전자처리부는,

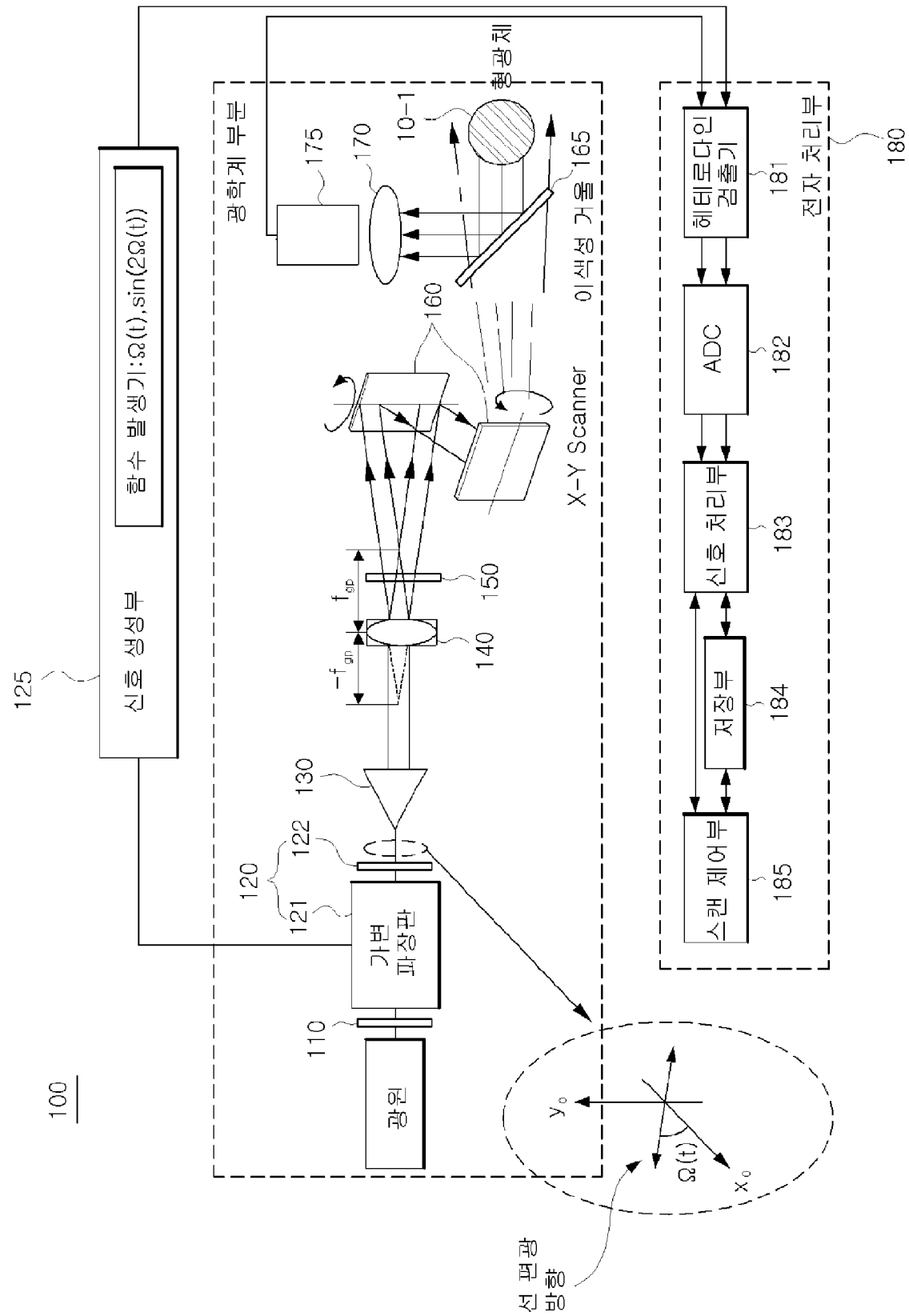
상기 검출된 신호를 디지털 신호로 변환한 AD컨버터;

상기 변환된 디지털 신호로부터 상기 대상물의 복소수 홀로그래프를 생성하는 신호처리부;

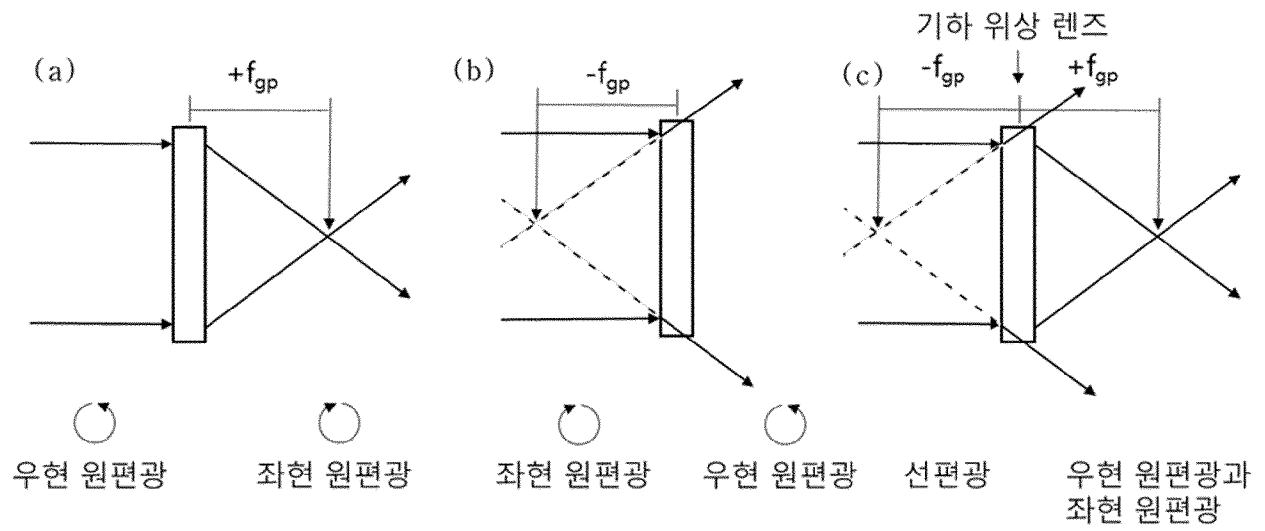
상기 복소수 홀로그래프를 저장하는 저장부; 및

상기 대상물의 임의 위치에 대한 홀로그래프 처리가 완료될 때마다 상기 스캔수단의 위치를 변경시키는 제어 신호를 생성하는 스캔 제어부를 포함하는 인라인 스캐닝 홀로그래피 시스템.

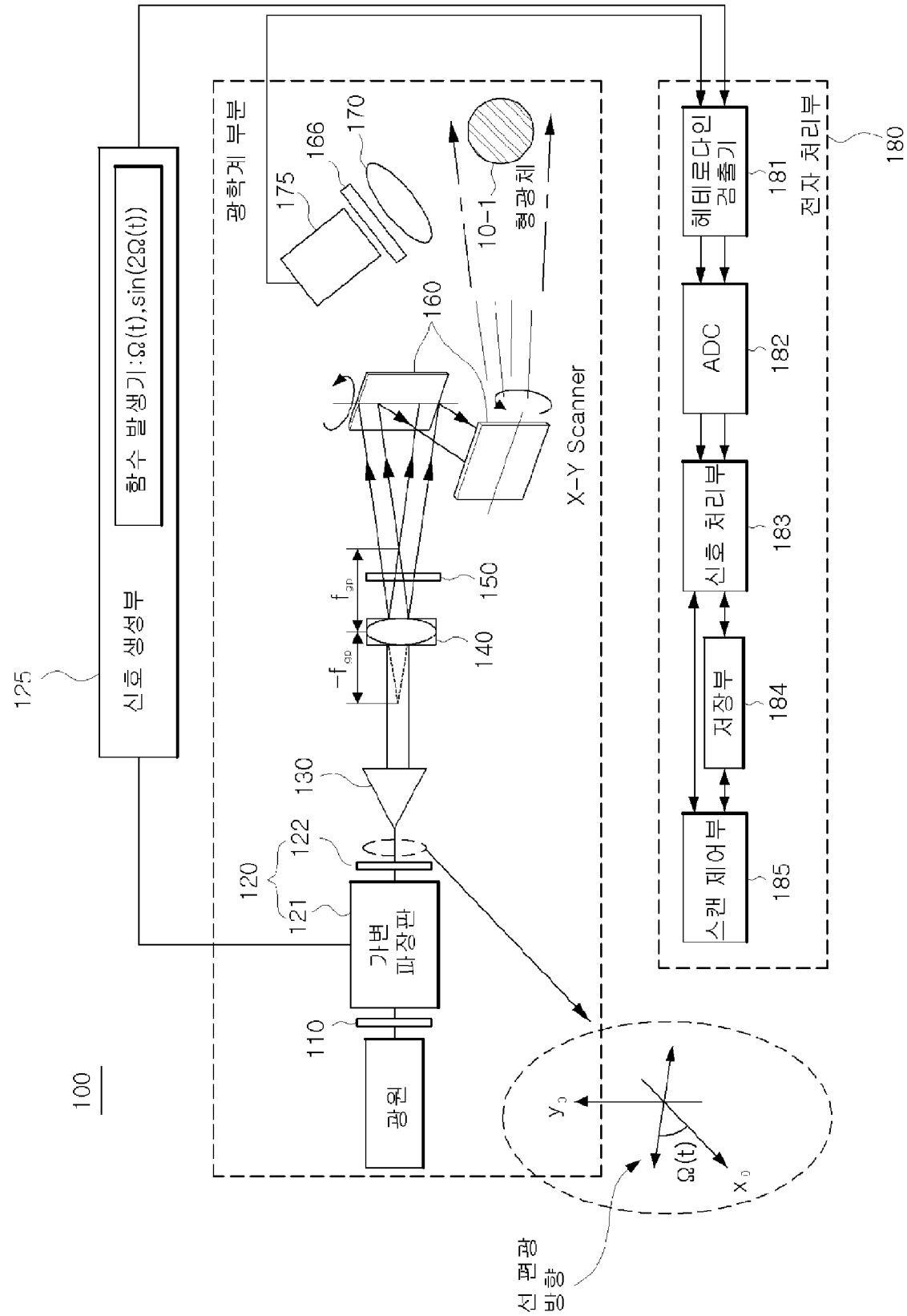
[도 1]



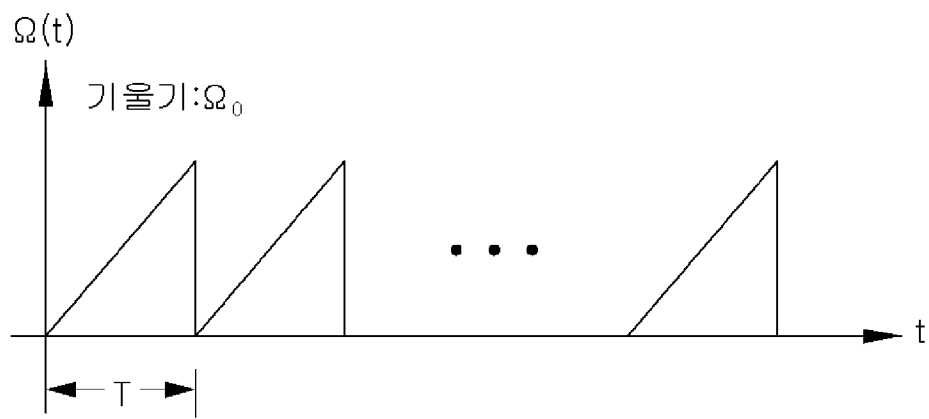
[도2]



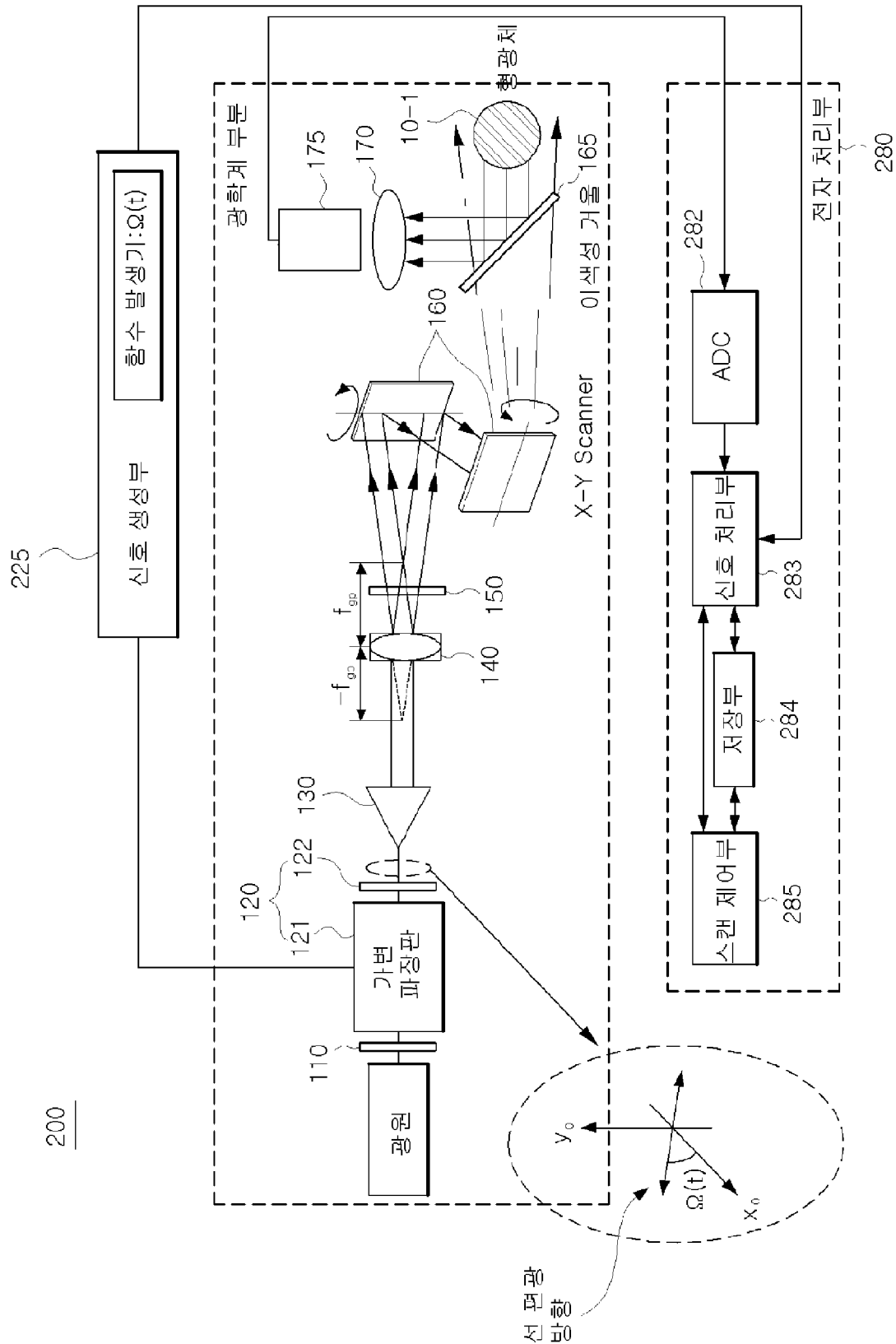
[도3]



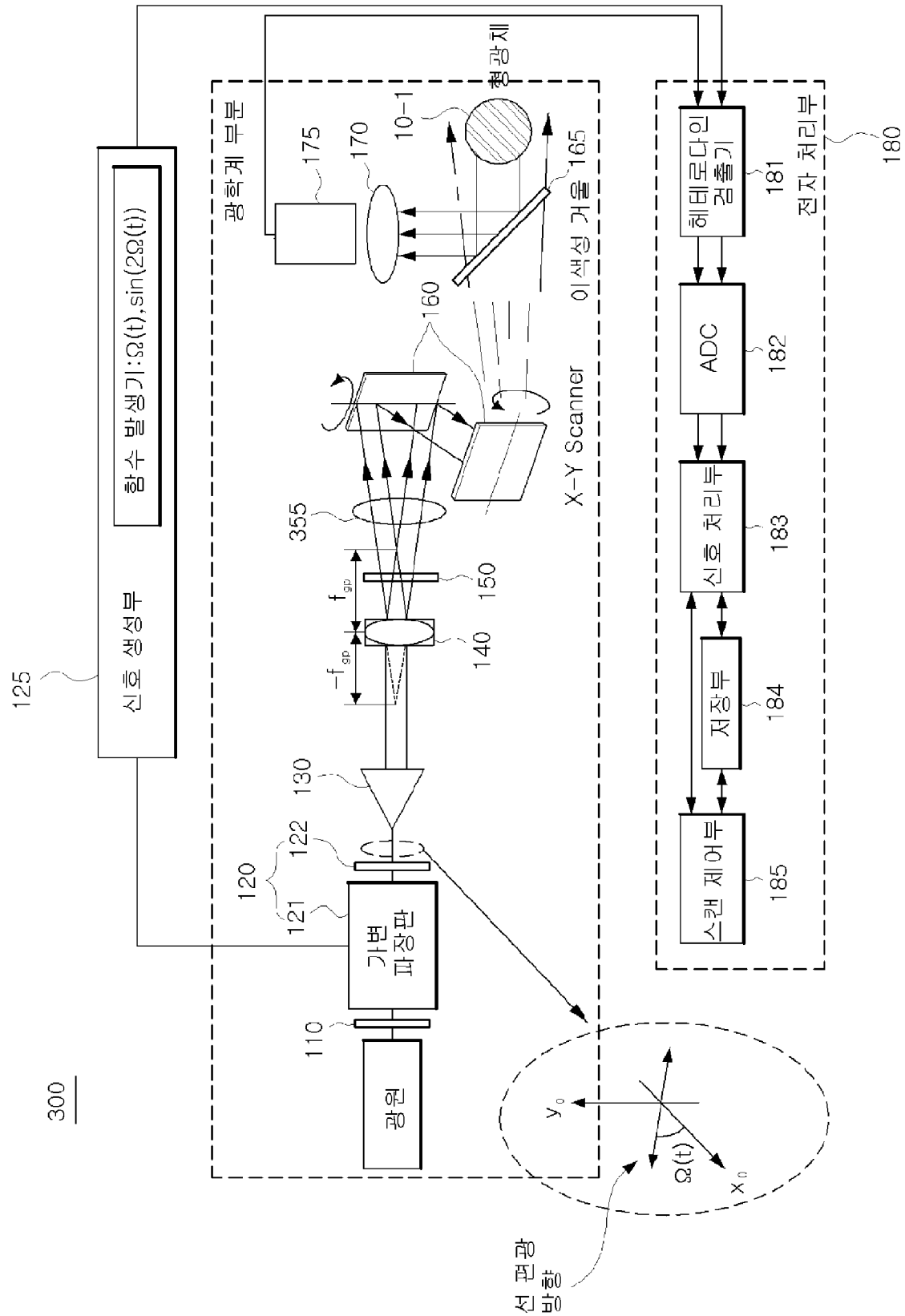
[도4]



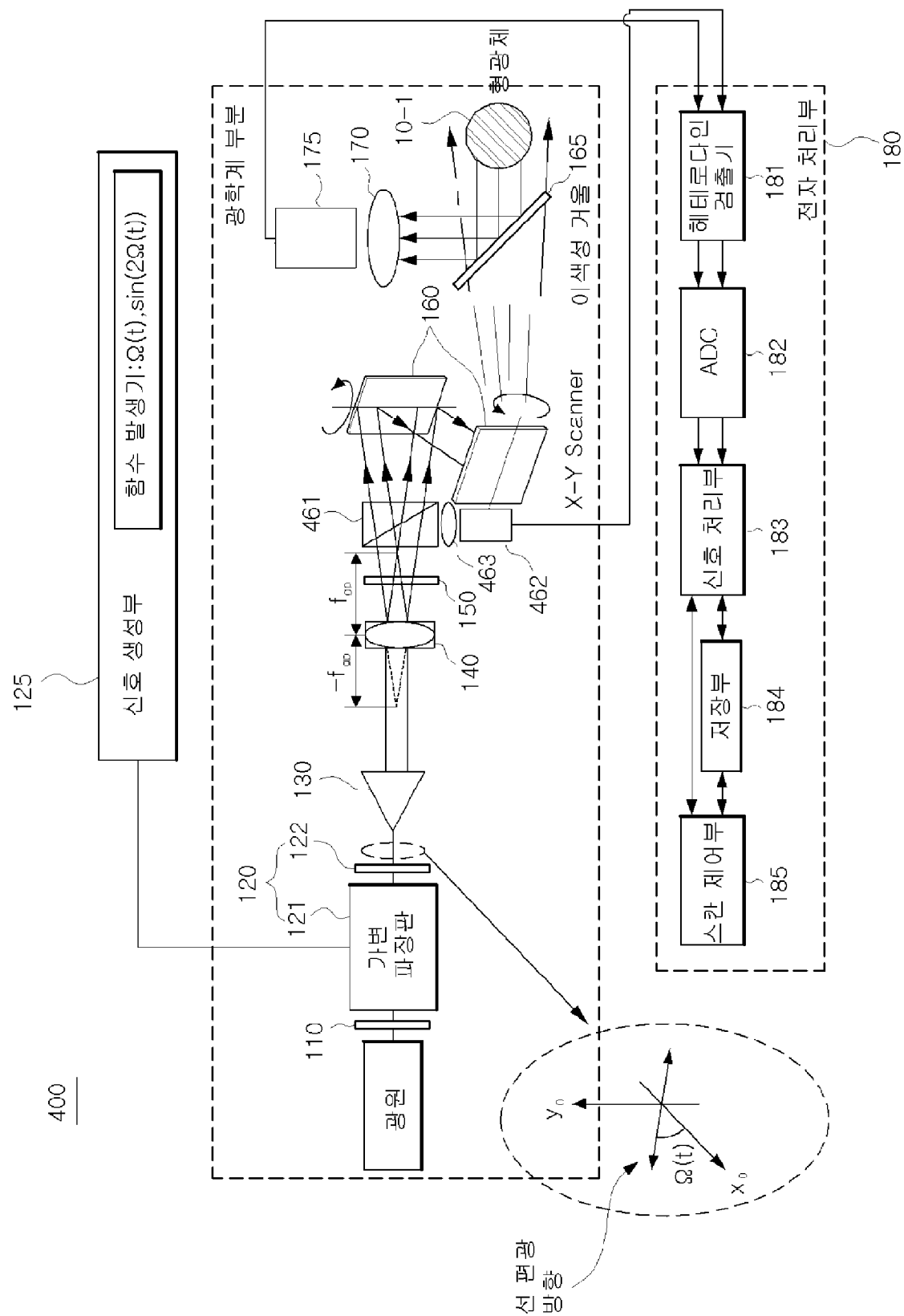
[도5]



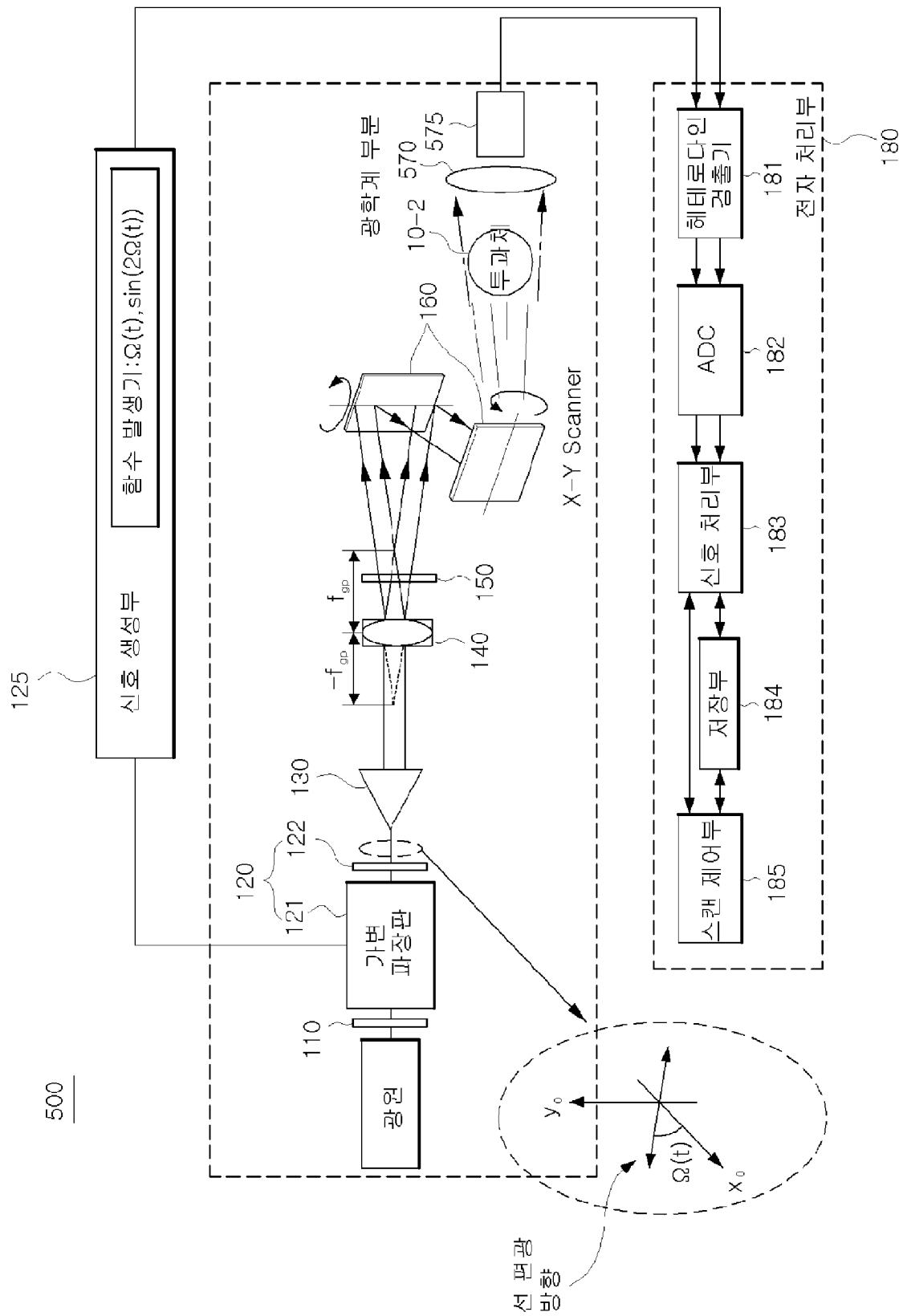
[도6]



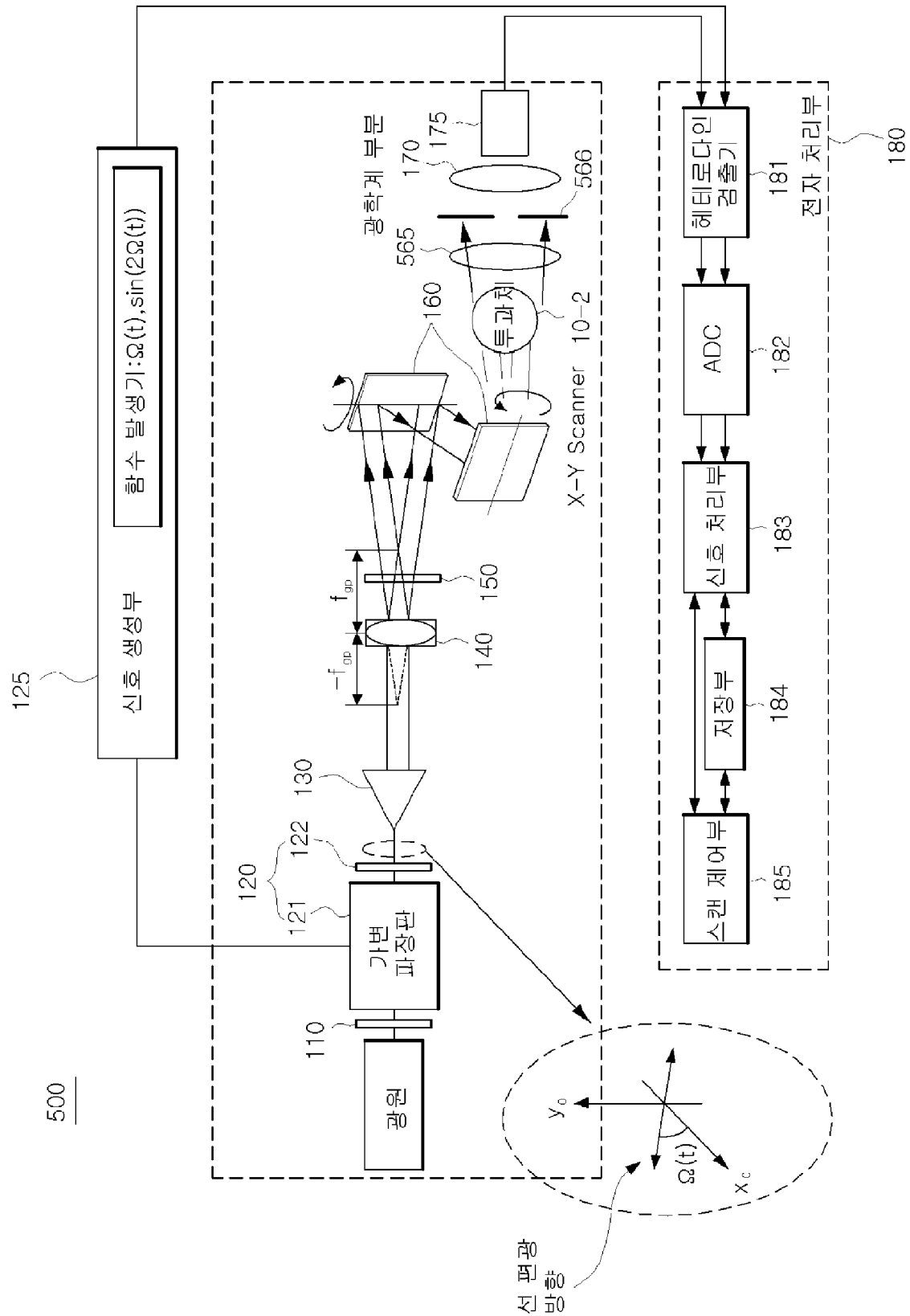
[57]



[도8]



[도9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2020/012293

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G03H 1/04(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) G03H 1/04; G01N 21/17; G02B 21/00; G02B 21/14; G03H 1/22; G11B 7/0065; H01L 27/146 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: 선편광 빔(linear polarized beam), 형광체(flourescent), 스캔(scan), 홀로그래피(holography)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-2013-0083258 A (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 22 July 2013. See paragraphs [0021]-[0023]; claim 6; and figure 2.	1-13
A		14-20
Y	KR 10-2019-0099589 A (UNIVERSITY-INDUSTRY COOPERATION GROUP OF KYUNG HEE UNIVERSITY) 28 August 2019. See paragraphs [0031] and [0038]; and figures 1-2.	1-13
Y	ZHU, Ziyi et al. Self-interference polarization holographic imaging of a three-dimensional incoherent scene. PHYSICS LETTERS 109. AIP Publishing, 2016, pp. 1-5. See pages 1-5; and figure 1.	1-13
Y	KR 10-2010-0005866 A (GWANGJU INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 18 January 2010. See paragraphs [0050]-[0051]; and figures 5-6.	7-11,13
☒ 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 30 November 2020		Date of mailing of the international search report 01 December 2020
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208 Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2020/012293

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2013-0081127 A (INDUSTRY ACADEMY COOPERATION FOUNDATION OF SEJONG UNIVERSITY) 16 July 2013. See paragraphs [0028]-[0070]; and figure 1.	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2020/012293

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-2013-0083258	A	22 July 2013	KR	10-1329474	B1	13 November 2013
KR	10-2019-0099589	A	28 August 2019	CN	110176466	A	27 August 2019
				US	10644050	B2	05 May 2020
				US	2019-0259796	A1	22 August 2019
KR	10-2010-0005866	A	18 January 2010	KR	10-0963239	B1	10 June 2010
KR	10-2013-0081127	A	16 July 2013	KR	10-1304695	B1	06 September 2013

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G03H 1/04(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G03H 1/04; G01N 21/17; G02B 21/00; G02B 21/14; G03H 1/22; G11B 7/0065; H01L 27/146

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: 선편광 빔(linear polarized beam), 형광체(florescent), 스캔(scan), 홀로그래피(holography)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-2013-0083258 A (한국과학기술원) 2013.07.22 단락 [0021]-[0023]; 청구항 6; 및 도면 2	1-13
A		14-20
Y	KR 10-2019-0099589 A (경희대학교 산학협력단) 2019.08.28 단락 [0031], [0038]; 및 도면 1-2	1-13
Y	ZIYI ZHU 등. Self-interference polarization holographic imaging of a three-dimensional incoherent scene. PHYSICS LETTERS 109, AIP Publishing, 2016, 페이지 1-5. 페이지 1-5; 및 도면 1	1-13
Y	KR 10-2010-0005866 A (광주과학기술원) 2010.01.18 단락 [0050]-[0051]; 및 도면 5-6	7-11, 13
A	KR 10-2013-0081127 A (세종대학교산학협력단) 2013.07.16 단락 [0028]-[0070]; 및 도면 1	1-20

☐ 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 가진 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 11월 30일 (30.11.2020)

국제조사보고서 발송일

2020년 12월 01일 (01.12.2020)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



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

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

양정록

전화번호 +82-42-481-5709



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2013-0083258 A	2013/07/22	KR 10-1329474 B1	2013/11/13
KR 10-2019-0099589 A	2019/08/28	CN 110176466 A	2019/08/27
		US 10644050 B2	2020/05/05
		US 2019-0259796 A1	2019/08/22
KR 10-2010-0005866 A	2010/01/18	KR 10-0963239 B1	2010/06/10
KR 10-2013-0081127 A	2013/07/16	KR 10-1304695 B1	2013/09/06