



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년07월06일  
(11) 등록번호 10-2551612  
(24) 등록일자 2023년06월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G03H 1/04 (2006.01) G02B 5/32 (2022.01)  
(52) CPC특허분류  
G03H 1/04 (2013.01)  
G02B 5/32 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2022-0123460  
(22) 출원일자 2022년09월28일  
심사청구일자 2022년09월28일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020100056000 A\*  
KR1020130081127 A\*  
KR1020210048427 A\*  
KR102251143 B1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
세종대학교 산학협력단  
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)  
주식회사 큐빅셀  
서울특별시 광진구 능동로 209, 세종대학교대양에이아이센터302호(군자동)  
(72) 발명자  
김태근  
서울특별시 양천구 목동서로 400, 1021동 805호(신정동, 목동신시가지아파트10단지)  
김봉연  
서울특별시 광진구 군자로7길 10, 701호(화양동)  
이선필  
경기도 안양시 동안구 귀인로 210, 204동 906호(평촌동, 귀인마을현대홈타운)  
(74) 대리인  
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 20 항

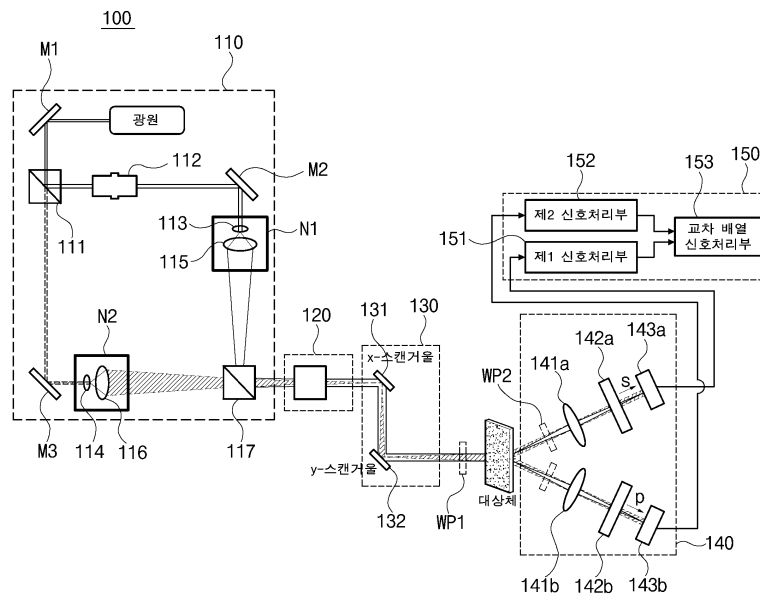
심사관 : 이정호

(54) 발명의 명칭 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템

(57) 요약

본 발명은 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템에 관한 것이다. 본 발명에 따른 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템은, 광원에서 분할된 제1 빔의 위상을 변조하여 제1 빔 곡률생성부를 통해 제1 곡률빔으로 변환하고 제2 빔을 제2 빔 곡률생성부를 통해 제2 곡률빔으로 변환한 후, 상기 제1 및 제2 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



곡률빔을 간접시켜 스캔빔을 형성하는 스캔빔 생성부와, 상기 스캔빔을 s-편광 빔과 p-편광 빔으로 분할하여 분할된 2개의 편광 빔을 서로 나란히 출사시키는 스캔빔 분할부와, 상기 서로 나란히 출사되는 2개의 편광 빔으로 이루어진 스캔빔을 상기 스캔빔 분할부로부터 입사받아 투과체로 투사시키되, 상기 투과체에 대한 스캔빔의 스캐닝 위치를 수평 및 수직 방향으로 제어하여 투과체로 전달하는 스캔부와, 상기 투과체를 투과한 빔에서 상기 s-편광 빔과 p-편광 빔을 분리 검출하는 광 검출부, 및 상기 분리 검출된 s-편광 빔 및 p-편광 빔의 신호를 처리하여 상기 투과체에 대한 홀로그래프를 생성하는 신호 처리부를 포함하는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템을 제공한다.

본 발명에 따르면, 스캔 거울의 스캐닝 속도보다 빠르게 투과형 대상물인 투과체에 대한 홀로그래프를 초고속으로 획득할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G03H 2222/31 (2013.01)

G03H 2223/18 (2013.01)

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

광원에서 분할된 제1 빔의 위상을 변조하여 제1 빔 곡률생성부를 통해 제1 곡률빔으로 변환하고 제2 빔을 제2 빔 곡률생성부를 통해 제2 곡률빔으로 변환한 후, 상기 제1 및 제2 곡률빔을 간섭시켜 스캔빔을 형성하는 스캔빔 생성부;

상기 스캔빔을 s-편광 빔과 p-편광 빔으로 분할하여 분할된 2개의 편광 빔을 서로 나란히 출사시키는 스캔빔 분할부;

상기 서로 나란히 출사되는 2개의 편광 빔으로 이루어진 스캔빔을 상기 스캔빔 분할부로부터 입사받아 투과체로 투사시키되, 상기 투과체에 대한 스캔빔의 스캐닝 위치를 수평 및 수직 방향으로 제어하여 투과체로 전달하는 스캔부;

상기 투과체를 투과한 빔으로부터 상기 s-편광 빔을 분리 검출하는 제1 광검출기와 상기 p-편광 빔을 분리 검출하는 제2 광검출기를 포함하는 광 검출부; 및

상기 분리 검출된 s-편광 빔 및 p-편광 빔의 신호를 처리하여 상기 투과체에 대한 홀로그래프를 생성하는 신호 처리부를 포함하며,

상기 신호 처리부는,

상기 제1 광검출기에서 검출된 s-편광 빔의 신호를 처리하는 제1 신호 처리부;

상기 제2 광검출기에서 검출된 p-편광 빔의 신호를 처리하는 제2 신호 처리부; 및

상기 제1 신호 처리부에서 처리된 홀로그래프 신호와 상기 제2 신호 처리부에서 처리된 홀로그래프 신호를 한 줄씩 교차 배열하는 방식으로 합성하여 상기 투과체에 대한 홀로그래프를 생성하는 교차배열 신호 처리부를 포함하는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

**청구항 2**

청구항 1에 있어서,

상기 광 검출부는,

상기 투과체로 투사되는 빔의 광축에 편축된 방향으로 배치되고, 상기 투과체를 투과한 빔을 집광하는 제1 집광기;

상기 제1 집광기를 통해 공간적으로 집적된 빔에서 s-편광 빔 성분만을 통과시키는 제1 편광기;

상기 제1 편광기를 통과한 s-편광 빔을 검출하는 상기 제1 광검출기;

상기 투과체로 투사되는 빔의 광축에 편축된 방향으로 배치되되 상기 제1 집광기와 다른 위치에 배치되고, 상기 투과체를 투과한 빔을 집광하는 제2 집광기;

상기 제2 집광기를 통해 공간적으로 집적된 빔에서 p-편광 빔 성분만을 통과시키는 제2 편광기; 및

상기 제2 편광기를 통과한 p-편광 빔을 검출하는 상기 제2 광검출기를 포함하는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

**청구항 3**

청구항 1에 있어서,

상기 광 검출부는,

상기 투과체로 투사되는 광의 광축 상에 배치되고 상기 투과체를 투과한 빔을 입사받아 외부로 반사시키는 제1

광 분할기;

상기 제1 광 분할기에서 반사된 광을 입사받고 입사된 빔에서 p-편광 빔 성분은 투과시키고 s-편광 빔 성분을 반사시키는 제2 광 분할기;

상기 제2 광 분할기에서 반사시킨 s-편광 빔 성분을 집광하는 제1 집광기;

상기 제2 광 분할기에서 투과시킨 p-편광 빔 성분을 집광하는 제2 집광기;

상기 제1 집광기를 통해 공간적으로 집적된 빔을 검출하는 상기 제1 광검출기; 및

상기 제2 집광기를 통해 공간적으로 집적된 빔을 검출하는 상기 제2 광검출기를 포함하는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 광 검출부는,

상기 투과체로 투사되는 광의 광축 상에 배치되고 상기 투과체를 투과한 빔을 입사받아 외부로 반사시키는 제1 광 분할기;

상기 제1 광 분할기에서 반사된 광을 입사받고 입사된 빔의 일부를 투과시키고 일부를 반사시키는 제2 광 분할기;

상기 제2 광 분할기에서 반사된 빔을 입사받아 s-편광 빔 성분만을 통과시키는 제1 편광기;

상기 제2 광 분할기에서 투과된 빔을 입사받아 p-편광된 빔 성분만을 통과시키는 제2 편광기;

상기 제1 편광기를 통과한 s-편광 빔 성분을 집광하는 제1 집광기;

상기 제2 편광기를 통과한 p-편광 빔 성분을 집광하는 제2 집광기;

상기 제1 집광기를 통해 공간적으로 집적된 빔을 검출하는 상기 제1 광검출기; 및

상기 제2 집광기를 통해 공간적으로 집적된 빔을 검출하는 상기 제2 광검출기를 포함하는 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 스캔빔 분할부는,

비등방성 광학재료로 이루어지며, 제1 면을 통해 입사된 스캔빔을 서로 직교하는 편광의 s-편광 빔과 p-편광 빔으로 분리하여 제2 면을 통해 나란히 출사시키는 빔 디스플레이서(Beam displacer)를 포함하는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

#### 청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 스캔빔 분할부는,

상기 제2 면을 통해 출사되는 s-편광 빔 및 p-편광 빔의 경로 중 더욱 짧은 p-편광 빔의 경로 상에 설치되고, 상기 빔 디스플레이서와 동일한 소재로 구현되어, 출사되는 s-편광 빔과 p-편광 빔 간의 광 경로 길이의 차를 보상하는 광경로차 보정부를 더 포함하는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

#### 청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 스캔빔 분할부는,

결정축이 서로 수직이고 서로 상이한 재료로 만들어진 두 삼각프리즘의 조합으로 이루어지며, 제1 면을 통해 입사된 스캔빔을 두 삼각프리즘의 경계면에서 상기 스캔빔과 평행하게 진행하는 제1 편광 빔과 상기 스캔빔과 설정 각도를 가지고 진행하는 제2 편광 빔으로 분리하여 제2 면을 통해 출사시키는 편광 프리즘을 포함하며,

상기 제1 편광 빔이 s-편광 빔이면 상기 제2 편광 빔은 p-편광 빔이고, 상기 제1 편광 빔이 p-편광 빔이면 상기 제2 편광 빔은 s-편광 빔인 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

#### 청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 스캔빔 분할부는,

상기 제2 면을 통해 출사되는 제2 편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 변경하는 제1 및 제2 거울을 통해 제2 편광 빔의 진행 방향을 상기 스캔빔과 평행하게 조정하는 변위 조절부; 및

상기 제2 면을 통해 출사되는 제1 및 제2 편광 빔의 경로 중 더욱 짧은 제1 편광 빔의 경로 상에 설치되어, 출사되는 제1 편광 빔과 제2 편광 빔 간의 광 경로 길이의 차를 보상하는 광경로차 보정부를 더 포함하는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

#### 청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 광 경로차 보정부는,

상기 제2 면을 통해 출사된 제1 편광 빔의 진행 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 변경하는 제3 거울 내지 제6 거울, 그리고

상기 제3 및 제6 거울과 나란히 이격 배치된 제4 및 제5 거울을 그룹으로 이동시키면서 상기 광 경로 길이의 차를 보상해주는 거울 이동부를 포함하는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

#### 청구항 11

청구항 8에 있어서,

상기 편광 프리즘은,

로쵸(Rochon) 프리즘 또는 세나르몽(Senarmont) 프리즘 구조인 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

#### 청구항 12

청구항 8에 있어서,

상기 편광 프리즘은 상기 경계면의 중심을 기준으로 설정 각도만큼 회전된 상태로 설치되며,

상기 설정 각도는,

상기 경계면의 중심에서 분리 출사된 제1 편광 빔과 제2 편광 빔의 진행 방향 간 각도차( $\theta$ )의 절반에 해당하는  $\theta/2$ 인 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

#### 청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 스캔빔 분할부는,

상기 제2 면을 통해 출사되는 제2 편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 변경하는 제1 및 제2 거울과, 상기 제2 면을 통해 출사되는 제1 편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 변경하며 상기 제1

및 제2 거울과 대칭되게 설치되는 제3 및 제4 거울을 포함하는 변위 조절부를 더 포함하며,  
 상기 변위 조절부에 의해 상기 제2 거울을 거친 제2 편광 빔과 상기 제4 거울을 거친 제1 편광 빔의 진행 방향이 평행하게 조정되는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

**청구항 14**

청구항 1에 있어서,  
 상기 스캔빔 분할부는,  
 결정축이 서로 수직이고 서로 상이한 재료로 만들어진 두 삼각프리즘의 조합으로 이루어지며, 제1 면을 통해 입사된 스캔빔을 두 삼각프리즘의 경계면에서 상기 스캔빔의 방향에 대해 설정 각도를 가지고 서로 대칭되게 진행하는 s-편광 빔과 p-편광 빔으로 분리하여 제2 면을 통해 출사시키는 윌라스턴(Wollaston) 프리즘 구조의 편광 프리즘을 포함하는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

**청구항 15**

청구항 14에 있어서,  
 상기 스캔빔 분할부는,  
 상기 제2 면을 통해 출사되는 p-편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 변경하는 제1 및 제2 거울과, 상기 제2 면을 통해 출사되는 s-편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 변경하며 상기 제1 및 제2 거울과 대칭되게 설치되는 제3 및 제4 거울을 포함하는 변위 조절부를 더 포함하며,  
 상기 변위 조절부에 의해 상기 제2 거울을 거친 p-편광 빔과 상기 제4 거울을 거친 s-편광 빔의 진행 방향이 평행하게 조정되는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

**청구항 16**

청구항 1에 있어서,  
 상기 스캔빔 분할부는,  
 입사된 스캔빔에서 s-편광 빔 성분을 반사시키고 p-편광 빔 성분을 투과시키는 제1 편광 빔스플리터;  
 상기 제1 편광 빔스플리터에서 반사시킨 s-편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 90도씩 변경하는 제1 및 제2 거울;  
 상기 제1 편광 빔스플리터에서 투과시킨 p-편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 90도씩 변경하는 제3 내지 제6 거울; 및  
 상기 제2 거울을 거친 s-편광 빔과 상기 제6 거울을 거친 p-편광 빔을 각각 제1 면과 제2 면을 통해 입사받으며, 상기 제1 면에 입사 후 반사된 s-편광 빔과 상기 제2 면에 입사 후 투과된 p-편광 빔을 제3 면을 통해 나란히 평행한 방향으로 출력하는 제2 편광 빔스플리터를 포함하는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

**청구항 17**

청구항 1에 있어서,  
 상기 스캔부와 상기 투과체 사이에 설치되어 스캔빔을 원편광으로 변환하여 투과체로 투사하는 제1  $\lambda/4$  파장판; 및  
 상기 투과체와 상기 광 검출부 사이에 설치되어 원편광의 빔을 다시 선편광으로 변환시켜 상기 광 검출부로 제공하는 제2  $\lambda/4$  파장판을 더 포함하는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

**청구항 18**

청구항 1에 있어서,  
 상기 스캔부는,

투과체에 대한 상기 스캔빔의 스캐닝 위치를 제어하도록 수평 스캔 거울과 수직 스캔 거울을 포함하며, 입사된 상기 스캔빔을 수평 및 수직 방향으로 제어하여 투과체로 전달하는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

**청구항 19**

청구항 1에 있어서,

상기 스캔부는,

투과체에 대한 상기 스캔빔의 스캐닝 위치를 수평 및 수직 방향으로 제어하도록, 상기 스캔빔 분할부로부터 입사된 상기 스캔빔을 수평 방향으로 제어하여 투과체로 전달하는 스캔 거울과, 상기 투과체의 후단에서 상기 투과체를 수직 방향으로 이동시키는 트랜슬레이션 스테이지를 포함하는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

**청구항 20**

청구항 1에 있어서,

상기 스캔부는,

투과체에 대한 상기 스캔빔의 스캐닝 위치를 수평 및 수직 방향으로 제어하도록, 상기 스캔빔 분할부로부터 입사된 상기 스캔빔을 수평 방향으로 제어하여 투과체로 전달하는 공간 변조(spatial modulation) 스캐너와, 상기 투과체의 후단에서 상기 투과체를 수직 방향으로 이동시키는 트랜슬레이션 스테이지를 포함하는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

**청구항 21**

청구항 1에 있어서,

상기 스캔부는,

물체에 대한 상기 스캔빔의 스캐닝 위치를 수평 및 수직 방향으로 제어하기 위한 수직 스캐너와 수평 스캐너를 포함하되, 상기 스캔빔 분할부로부터 입사된 상기 스캔빔을 수평 방향으로 제어하여 물체로 전달하는 수평 공간 변조(spatial modulation) 스캐너와, 상기 스캔빔을 수직 방향으로 제어하여 물체로 전달하는 수직 공간 변조 스캐너를 포함하는 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 투과형 대상물인 투과체에 대한 스캐닝 홀로그램을 초고속으로 구현할 수 있는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 종래에 따른 광 스캐닝 홀로그램 시스템은 간섭계를 이용하여 프레넬 운대판(Fresnel zone plate)의 공간 분포를 갖는 빔 패턴을 형성하며, 형성한 빔 패턴을 대상체에 투사하고 대상체로부터 반사 또는 투과된 빛을 집광하여 검출하는 방식으로 물체의 홀로그램을 획득한다.

[0003] 하지만, 이와 같은 종래의 방식에서는 스캔 거울의 스캐닝 속도에 따라 홀로그램을 획득하는 속도가 종속되는 문제점이 있다.

[0004] 따라서 스캔 거울의 스캐닝 속도보다 빠르게 대상체의 홀로그램을 획득할 수 있는 새로운 기법이 요구된다.

[0005] 본 발명의 배경이 되는 기술은 한국등록특허 제1304695호(2013.09.06 공고)에 개시되어 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 본 발명은 투과형 대상물인 투과체에 대한 스캐닝 홀로그래프를 초고속으로 구현할 수 있는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템을 제공하는데 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

[0007] 본 발명은, 광원에서 분할된 제1 빔의 위상을 변조하여 제1 빔 곡률생성부를 통해 제1 곡률빔으로 변환하고 제2 빔을 제2 빔 곡률생성부를 통해 제2 곡률빔으로 변환한 후, 상기 제1 및 제2 곡률빔을 간섭시켜 스캔빔을 형성하는 스캔빔 생성부와, 상기 스캔빔을 s-편광 빔과 p-편광 빔으로 분할하여 분할된 2개의 편광 빔을 서로 나란히 출사시키는 스캔빔 분할부와, 상기 서로 나란히 출사되는 2개의 편광 빔으로 이루어진 스캔빔을 상기 스캔빔 분할부로부터 입사받아 투과체로 투사시키되, 상기 투과체에 대한 스캔빔의 스캐닝 위치를 수평 및 수직 방향으로 제어하여 투과체로 전달하는 스캔부와, 상기 투과체를 투과한 빔에서 상기 s-편광 빔과 p-편광 빔을 분리 검출하는 광 검출부, 및 상기 분리 검출된 s-편광 빔 및 p-편광 빔의 신호를 처리하여 상기 투과체에 대한 홀로그래프를 생성하는 신호 처리부를 포함하는 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템을 제공한다.

[0008] 또한, 상기 광 검출부는, 상기 투과체로 투사되는 빔의 광축에 편축된 방향으로 배치되고, 상기 투과체를 투과한 빔을 집광하는 제1 집광기와, 상기 제1 집광기를 통해 공간적으로 집적된 빔에서 s-편광 빔 성분만을 통과시키는 제1 편광기와, 상기 제1 편광기를 통과한 s-편광 빔을 검출하는 제1 광검출기와, 상기 투과체로 투사되는 빔의 광축에 편축된 방향으로 배치되고 상기 제1 집광기와 다른 위치에 배치되고, 상기 투과체를 투과한 빔을 집광하는 제2 집광기와, 상기 제2 집광기를 통해 공간적으로 집적된 빔에서 p-편광 빔 성분만을 통과시키는 제2 편광기, 및 상기 제2 편광기를 통과한 p-편광 빔을 검출하는 제2 광검출기를 포함할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 광 검출부는, 상기 투과체로 투사되는 광의 광축 상에 배치되고 상기 투과체를 투과한 빔을 입사받아 외부로 반사시키는 제1 광 분할기와, 상기 제1 광 분할기에서 반사된 광을 입사받고 입사된 빔에서 p-편광 빔 성분은 투과시키고 s-편광 빔 성분을 반사시키는 제2 광 분할기와, 상기 제2 광 분할기에서 반사시킨 s-편광 빔 성분을 집광하는 제1 집광기와, 상기 제2 광 분할기에서 투과시킨 p-편광 빔 성분을 집광하는 제2 집광기와, 상기 제1 집광기를 통해 공간적으로 집적된 빔을 검출하는 제1 광검출기와, 상기 제2 집광기를 통해 공간적으로 집적된 빔을 검출하는 제2 광검출기를 포함할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 광 검출부는, 상기 투과체로 투사되는 광의 광축 상에 배치되고 상기 투과체를 투과한 빔을 입사받아 외부로 반사시키는 제1 광 분할기와, 상기 제1 광 분할기에서 반사된 광을 입사받고 입사된 빔의 일부를 투과시키고 일부를 반사시키는 제2 광 분할기와, 상기 제2 광 분할기에서 반사된 빔을 입사받아 s-편광 빔 성분만을 통과시키는 제1 편광기와, 상기 제2 광 분할기에서 투과된 빔을 입사받아 p-편광된 빔 성분만을 통과시키는 제2 편광기와, 상기 제1 편광기를 통과한 s-편광 빔 성분을 집광하는 제1 집광기와, 상기 제2 편광기를 통과한 p-편광 빔 성분을 집광하는 제2 집광기와, 상기 제1 집광기를 통해 공간적으로 집적된 빔을 검출하는 제1 광검출기, 및 상기 제2 집광기를 통해 공간적으로 집적된 빔을 검출하는 제2 광검출기를 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 신호 처리부는, 상기 제1 광검출기에서 검출된 s-편광 빔의 신호를 처리하는 제1 신호 처리부와, 상기 제2 광검출기에서 검출된 p-편광 빔의 신호를 처리하는 제2 신호 처리부, 및 상기 제1 신호 처리부에서 처리된 홀로그래프 신호와 상기 제2 신호 처리부에서 처리된 홀로그래프 신호를 한 줄씩 교차 배열하는 방식으로 합성하여 상기 투과체에 대한 홀로그래프를 생성하는 교차배열 신호 처리부를 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 스캔빔 분할부는, 비등방성 광학재료로 이루어지며, 제1 면을 통해 입사된 스캔빔을 서로 직교하는 편광의 s-편광 빔과 p-편광 빔으로 분리하여 제2 면을 통해 나란히 출사시키는 빔 디스플레이서(Beam displacer)를 포함할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 스캔빔 분할부는, 상기 제2 면을 통해 출사되는 s-편광 빔 및 p-편광 빔의 경로 중 더욱 짧은 p-편광 빔의 경로 상에 설치되고, 상기 빔 디스플레이서와 동일한 소재로 구현되어, 출사되는 s-편광 빔과 p-편광 빔 간의 광 경로 길이의 차를 보상하는 광경로차 보정부를 더 포함할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 스캔빔 분할부는, 결정축이 서로 수직이고 서로 상이한 재료로 만들어진 두 삼각프리즘의 조합으로 이루어지며, 제1 면을 통해 입사된 스캔빔을 두 삼각프리즘의 경계면에서 상기 스캔빔과 평행하게 진행하는 제1 편광 빔과 상기 스캔빔과 설정 각도를 가지고 진행하는 제2 편광 빔으로 분리하여 제2 면을 통해 출사시키는 편광 프리즘을 포함하며, 상기 제1 편광 빔이 s-편광 빔이면 상기 제2 편광 빔은 p-편광 빔이고, 상기 제1 편광



빔이 p-편광 빔이면 상기 제2 편광 빔은 s-편광 빔일 수 있다.

- [0015] 또한, 상기 스캔빔 분할부는, 상기 제2 면을 통해 출사되는 제2 편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 변경하는 제1 및 제2 거울을 통해 제2 편광 빔의 진행 방향을 상기 스캔빔과 평행하게 조정하는 변위 조절부, 및 상기 제2 면을 통해 출사되는 제1 및 제2 편광 빔의 경로 중 더욱 짧은 s-편광 빔의 경로 상에 설치되어, 출사되는 제1 편광 빔과 제2 편광 빔 간의 광 경로 길이의 차를 보상하는 광경로차 보정부를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 광 경로차 보정부는, 상기 제2 면을 통해 출사된 제1 편광 빔의 진행 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 변경하는 제3 거울 내지 제6 거울, 그리고 상기 제3 및 제6 거울과 나란히 이격 배치된 제4 및 제5 거울을 그룹으로 이동시키면서 상기 광 경로 길이의 차를 보상해주는 거울 이동부를 포함할 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 편광 프리즘은, 로촌(Rochon) 프리즘 또는 세나르몽(Senarmont) 프리즘 구조일 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 편광 프리즘은 상기 경계면의 중심을 기준으로 설정 각도만큼 회전된 상태로 설치되며, 상기 설정 각도는, 상기 경계면의 중심에서 분리 출사된 제1 편광 빔과 제2 편광 빔의 진행 방향 간 각도차( $\theta$ )의 절반에 해당한  $\theta/2$ 일 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 스캔빔 분할부는, 상기 제2 면을 통해 출사되는 제2 편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 변경하는 제1 및 제2 거울과, 상기 제2 면을 통해 출사되는 제1 편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 변경하며 상기 제1 및 제2 거울과 대칭되게 설치되는 제3 및 제4 거울을 포함하는 변위 조절부를 더 포함하며, 상기 변위 조절부에 의해 상기 제2 거울을 거친 제2 편광 빔과 상기 제4 거울을 거친 제1 편광 빔의 진행 방향이 평행하게 조정될 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 스캔빔 분할부는, 결정축이 서로 수직이고 서로 상이한 재료로 만들어진 두 삼각프리즘의 조합으로 이루어지며, 제1 면을 통해 입사된 스캔빔을 두 삼각프리즘의 경계면에서 상기 스캔빔의 방향에 대해 설정 각도를 가지고 서로 대칭되게 진행하는 s-편광 빔과 p-편광 빔으로 분리하여 제2 면을 통해 출사시키는 윌라스턴(Wollaston) 프리즘 구조의 편광 프리즘을 포함할 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 스캔빔 분할부는, 상기 제2 면을 통해 출사되는 p-편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 변경하는 제1 및 제2 거울과, 상기 제2 면을 통해 출사되는 s-편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 변경하며 상기 제1 및 제2 거울과 대칭되게 설치되는 제3 및 제4 거울을 포함하는 변위 조절부를 더 포함하며, 상기 변위 조절부에 의해 상기 제2 거울을 거친 p-편광 빔과 상기 제4 거울을 거친 s-편광 빔의 진행 방향이 평행하게 조정될 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 스캔빔 분할부는, 입사된 스캔빔에서 s-편광 빔 성분을 반사시키고 p-편광 빔 성분을 투과시키는 제1 편광 빔스플리터와, 상기 제1 편광 빔스플리터에서 반사시킨 s-편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 90도씩 변경하는 제1 및 제2 거울과, 상기 제1 편광 빔스플리터에서 투과시킨 p-편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 90도씩 변경하는 제3 내지 제6 거울, 및 상기 제2 거울을 거친 s-편광 빔과 상기 제6 거울을 거친 p-편광 빔을 각각 제1 면과 제2 면을 통해 입사받으며, 상기 제1 면에 입사 후 반사된 s-편광 빔과 상기 제2 면에 입사 후 투과된 p-편광 빔을 제3 면을 통해 나란히 평행한 방향으로 출력하는 제2 편광 빔스플리터를 포함할 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 스캔부와 상기 투과체 사이에 설치되어 스캔빔을 원편광으로 변환하여 투과체로 투사하는 제1  $\lambda/4$  파장판, 및 상기 투과체와 상기 광 검출부 사이에 설치되어 원편광의 빔을 다시 선편광으로 변환시켜 상기 광 검출부로 제공하는 제2  $\lambda/4$  파장판을 더 포함할 수 있다.
- [0024] 또한, 상기 스캔부는, 투과체에 대한 상기 스캔빔의 스캐닝 위치를 제어하도록 수평 스캔 거울과 수직 스캔 거울을 포함하며, 입사된 상기 스캔빔을 수평 및 수직 방향으로 제어하여 투과체로 전달할 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 스캔부는, 투과체에 대한 상기 스캔빔의 스캐닝 위치를 수평 및 수직 방향으로 제어하도록, 상기 스캔빔 분할부로부터 입사된 상기 스캔빔을 수평 방향으로 제어하여 투과체로 전달하는 스캔 거울과, 상기 투과체의 후단에서 상기 투과체를 수직 방향으로 이동시키는 트랜슬레이션 스테이지를 포함할 수 있다.
- [0026] 또한, 상기 스캔부는, 투과체에 대한 상기 스캔빔의 스캐닝 위치를 수평 및 수직 방향으로 제어하도록, 상기 스캔빔 분할부로부터 입사된 상기 스캔빔을 수평 방향으로 제어하여 투과체로 전달하는 공간 변조(spatial modulation) 스캐너와, 상기 투과체의 후단에서 상기 투과체를 수직 방향으로 이동시키는 트랜슬레이션 스테이지

지를 포함할 수 있다.

[0027] 또한, 상기 스캔부는, 물체에 대한 상기 스캔빔의 스캐닝 위치를 수평 및 수직 방향으로 제어하기 위한 수직 스캐너와 수평 스캐너를 포함하되, 상기 스캔빔 분할부로부터 입사된 상기 스캔빔을 수평 방향으로 제어하여 물체로 전달하는 수평 공간 변조(spatial modulation) 스캐너와, 상기 스캔빔을 수직 방향으로 제어하여 물체로 전달하는 수직 공간 변조 스캐너를 포함할 수 있다.

**발명의 효과**

[0028] 본 발명에 따르면, 스캔 거울의 스캐닝 속도보다 빠르게 투과형 대상물인 투과체에 대한 홀로그래프를 초고속으로 획득할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0029] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템의 구성을 나타낸 도면이다.

도 2a는 본 발명의 제2 실시예에 따른 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템의 구성을 나타낸 도면이다.

도 2b는 도 2a의 변형 예를 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 제3 실시예에 따른 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템의 구성을 나타낸 도면이다.

도 4a는 본 발명의 제4 실시예에 따른 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템의 구성을 나타낸 도면이다.

도 4b는 도 4a의 변형 예를 나타낸 도면이다.

도 5a 내지 도 5h는 도 1에 도시된 스캔빔 분할부의 다양한 실시예를 설명하는 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 신호 처리부의 동작을 설명하는 도면이다.

도 7은 공간 변조 스캐너의 동작 원리를 설명한 도면이다.

도 8은 수평 및 수직 공간 변조 스캐너의 동작 원리를 설명한 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0030] 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. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0031] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0032] 본 발명은 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템에 관한 것으로, 투과형 대상물(transmissive object)(이하, 투과체)에 대한 홀로그래프를 고속으로 획득하기 위한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템을 제안한다.

[0033] 본 발명에서는 스캔빔 생성부에서 생성된 빔을 s-편광 빔과 p-편광 빔으로 분할 후 나란히 출사시켜 스캔 대상이 되는 대상물인 투과체에 투사하고 투과체를 투과한 빔을 집광하여 광 검출부로 전달한 후에 광 검출부에서 분리 검출한 s-편광 빔과 p-편광 빔을 처리하는 것을 통해 투과체에 대한 홀로그래프를 고속으로 구현하는 광학계 구조를 제안한다.

[0034] 이하에서는 본 발명의 실시예에 따른 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템을 도면을 통하여

더욱 구체적으로 설명한다.

- [0035] 도 1 내지 도 4는 본 발명의 제1 내지 제4 실시예에 따른 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템의 구성을 나타낸 도면이다.
- [0036] 먼저, 도 1과 같이, 본 발명의 제1 실시예에 따른 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템(100)은 크게 스캔빔 생성부(110), 스캔빔 분할부(120), 스캔부(130), 광 검출부(140) 및 신호 처리부(150)를 포함한다. 이러한 기본 구조는 나머지 제2 내지 제4 실시예에서도 적용된다.
- [0037] 먼저, 스캔빔 생성부(110)는 광원에서 분할된 제1 및 제2 빔 중 제1 빔을 주파수 천이시켜 제1 렌즈(115)를 통해 제1 곡률빔으로 변환하고, 제2 빔을 제2 렌즈(116)를 통해 제2 곡률빔으로 변환한 후, 제1 및 제2 곡률빔을 간섭시켜 스캔빔을 형성한다.
- [0038] 스캔빔 생성부(110)는 광원을 제1 및 제2 빔으로 분할하여 제1 및 제2 곡률빔을 생성 후 생성된 두 빔을 다시 결합하는 마크젠더 간섭계 구조를 사용한다.
- [0039] 스캔빔 생성부(110)는 제1 거울(M1), 광분할기(111), 주파수 천이수단(112), 제2 및 제3 거울(M2, M3), 제1 및 제2 빔 곡률생성부(N1, N2), 그리고 간섭수단(117)을 포함하며, 광원을 더 포함할 수 있다.
- [0040] 광원은 전자기파를 발생시키는 부분이다. 광원은 전자기파의 발생이 가능한 레이저 발생기, LED(light emitting diode), 결맞음 길이(coherence length)가 짧은 헬로겐 광처럼 가간섭성(Coherence)이 낮은 빔 등의 다양한 수단을 포함할 수 있다. 이하에서는 광원을 레이저 발생기로 구현한 것을 대표 예시로 한다.
- [0041] 광원으로부터 출력된 빔은 제1 거울(M1)에 전달된 후 반사되어 광분할기(111)로 입력된다.
- [0042] 광분할기(111)는 입사되는 빔을 제1 빔과 제2 빔으로 분리하여, 제1 빔을 위상 변조수단(112)(음향-광 변조기)으로 전달하고 제2 빔을 제3 거울(M3)로 전달한다. 즉, 광분할기(111)에서 제1 빔의 경로를 따르는 빔은 위상 변조수단(112)에 전달되고, 제2 빔의 경로를 따르는 빔은 제3 거울(M3)로 전달된다.
- [0043] 여기서, 광분할기(111)는 광 섬유 커플러(optical fiber coupler), 빔 스플리터(beam splitter), 기하위상렌즈(geometric phase lens) 등으로 구성될 수 있고, 자유 공간을 도파하여 빔을 외부로 전달하는 방식으로 구현될 수 있다. 여기서 기하위상렌즈 등 공축상(in-line)에서 빔을 분할할 수 있는 수단을 이용하는 경우 공축상에서 제1 빔과 제2 빔으로 분할할 수 있다. 이하에서는 각각의 광분할기를 빔 스플리터로 구현한 것을 가정한다.
- [0044] 위상 변조수단(112)은 제1 빔을 주파수 천이시킨 후 제2 거울(M2)로 전달한다. 주파수 천이 수단 즉, 위상 변조수단은 함수 발생기(미도시)에서 발생된 주파수를 이용하여, 제1 빔의 주파수를  $\Omega$  만큼 천이시켜 제2 거울(M2)로 전달할 수 있다. 여기서, 위상 변조수단은 음향 광 변조기(acousto-optic modulator), 전자 광 변조기(electro-optic modulator)을 포함한 전기 신호에 따라 빛의 위상을 변조하는 다양한 종류의 변조기로 구현될 수 있다.
- [0045] 제2 거울(M2)에서 반사된 제1 빔은 제1 빔 곡률생성부(N1)로 전달된다. 제3 거울(M3)에서 반사된 제2 빔은 제2 빔 곡률생성부(N2)로 전달된다. 빔확대기는 콜리메이터로 구현될 수 있다.
- [0046] 제1,2 빔 곡률 생성부(N1, N2)는 각각의 빔을 입사받아 콜리메이트된 빔을 포함하여 음의 곡률에서 양의 곡률 사이의 곡률을 갖는 확대된 빔을 생성한다.
- [0047] 제1 빔 곡률 생성부(N1)의 구체적인 구현 예로는 제2 거울(M2)에서 반사된 제1 빔을 구면파로 변환하는 제1 렌즈(113)와 구면파를 입사받아 곡률이 있는 빔(제1 곡률빔)을 생성하는 제2 렌즈(115)를 갖는 빔 확대기로, 제1 렌즈(113)와 제2 렌즈(115)의 거리를 조정함으로써 빔의 곡률을 조정할 수 있다. 제2 빔 곡률 생성부(N2)의 구체적인 구현 예로는 제3 거울(M3)에서 반사된 제2 빔을 구면파로 변환하는 제3 렌즈(114)와 구면파를 입사받아 곡률이 있는 빔(제2 곡률빔)을 생성하는 제4 렌즈(116)를 갖는 빔 확대기로, 제3 렌즈(114)와 제4 렌즈(116)의 거리를 조정함으로써 빔의 곡률을 조정할 수 있다.
- [0048] 제1 빔 곡률 생성부(N1)는 제1 빔을 제1 곡률 빔으로 변환하여 간섭수단(117)로 전달한다. 즉, 제1 빔 곡률 생성부(N1)는 제1 빔의 공간분포를 변조하여 제2 곡률 빔을 생성한다.
- [0049] 제2 빔 곡률 생성부(N2)는 제2 빔을 제1 곡률 빔으로 변환하여 간섭수단(117)로 전달한다. 즉, 제2 빔 곡률 생성부(N2)는 제2 빔의 공간분포를 변조하여 제2 곡률 빔을 생성한다.
- [0050] 생성된 제1 및 제2 곡률빔은 간섭수단(117)을 통과하면서 서로 간섭되어 스캔부(130)로 전달된다. 간섭수단

(117)은 빔스플리터로 구현될 수 있다.

- [0051] 간섭수단(117)은 제1 빔 곡률생성부(N1)를 통과한 제1 빔(제1 곡률 빔) 및 제2 빔 곡률생성부(N2)를 통과한 제2 빔(제2 곡률 빔)을 서로 중첩시키고 간섭시켜서 프레넬 윤대 패턴(Fresnel zone pattern)의 간섭 패턴을 갖는 스캔빔을 형성한다. 프레넬 윤대 패턴은 곡률이 완전히 같지 않은 제1 곡률빔과 제2 곡률빔의 간섭에 의해서 생성된 빔 패턴을 나타낼 수 있다.
- [0052] 이와 같이, 스캔빔 생성부(110)는 광원으로부터 분리된 제1 빔과 제2 빔을 제1 및 제2 곡률빔으로 변환 후 간섭수단(117)을 통해 서로 중첩시켜서 스캔빔을 형성하고 형성한 스캔 빔을 스캔빔 분할부(120)로 전달한다.
- [0053] 여기서 스캔빔 생성부(110)에서 생성된 스캔빔은 스캔빔 분할부(120)의 수평 방향(도 1에서 스캔빔 분할부에 빔이 입사되는 방향)에 대해 45도로 선편광된 빔이거나 선편광되지 않은 빔인 것이 바람직하다.
- [0054] 이를 위해, 레이저에서 스캔빔 분할부(120)의 수평방향에 대해 45도로 선편광된 빔을 생성하거나, 레이저에서 임의의 방향으로 선편광 빔을 출력하고 출력된 레이저 빔의 선편광 방향을 파장판(wave plate)을 이용하여 회전시켜서, 스캔빔 분할부(120)의 수평 방향에 대해 45도로 편광된 빔을 생성할 수 있다. 레이저 빔에서 원편광 빔을 생성하는 경우 파장판을 이용해 선편광 빔으로 변경할 수 있음은 물론이다.
- [0055] 스캔빔 분할부(120)는 입사되는 스캔빔을 s-편광 빔과 p-편광 빔으로 분할하여 분할된 2개의 편광 빔을 서로 나란히 스캔부(130)를 향해 출사시킨다. 즉, 스캔빔 분할부(120)는 스캔빔 생성부(110)로부터 전달받은 스캔빔을 편광에 따라 2개의 스캔빔(제1 스캔빔; s-편광 빔, 제2 스캔빔: p-편광 빔)으로 분할한 후에 나란히 평행하게 출사시켜 스캔부(130)로 전달하는 역할을 한다.
- [0056] 이러한 스캔빔 분할부(120)는 스캔빔을 s-편광 빔과 p-편광 빔으로 분할하는 기능, 분할된 두 빔 간의 광 경로 길이를 동일하게 조절하는 기능, 그리고 분할된 두 빔의 진행 방향을 평행하게 만들어 주는 기능을 포함하여 구현될 수 있다.
- [0057] 첫 번째 기능의 경우 빔 디스플레이서(Beam displacer), 편광 프리즘 혹은 편광빔분할기(Polarized Beam Splitter, PBS)를 통하여 구현 가능하고, 두 번째와 세 번째 기능의 경우 복수의 거울들의 조합을 이용하거나, 복수의 거울들과 편광빔분할기(PBS)의 조합을 이용하여 구현 가능하다. 이에 대해서는 아래의 도 5a 내지 도 5b를 통하여 상세히 설명할 것이다.
- [0058] 다음은 도 1에 도시된 스캔빔 분할부의 구성을 더욱 상세히 설명한다. 스캔빔 분할부(120)는 이하와 같은 다양한 구조로 구현될 수 있다.
- [0059] 도 5a 내지 도 5h는 도 1에 도시된 스캔빔 분할부의 다양한 실시예를 설명하는 도면이다.
- [0060] 먼저, 도 5a는 스캔빔 분할부의 제1 실시예로서, 스캔빔 분할부(120-1)는 편광분할기에 해당하는 빔 디스플레이서(Beam displacer)(121a)를 포함하며, 도 5a의 오른쪽 그림과 같이 분할된 두 편광빔의 광 경로차를 보정하기 위한 광경로차 보정부(122)를 더 포함할 수 있다.
- [0061] 빔 디스플레이서(121a)는 제1 면을 통해 입사된 스캔빔을 서로 직교하는 편광의 s-편광 빔과 p-편광 빔으로 분리하여 제2 면을 통해 나란히 출사시킨다. 이때, 빔 디스플레이서(121a)는 비등방성 광학재료로 이루어지며, 비등방성 광학재료로는 Calcite(방해석), YVO<sub>4</sub>, α-BBO, TeO<sub>2</sub> 등이 사용될 수 있다.
- [0062] 이러한 도 5a에서, 출사되는 두 개의 편광빔 중에서 빔 디스플레이서(121a)의 광축(상면의 광축 표시 참조)과 동일한 방향으로 편광이 진동하는 광선은 정상광선(ordinary ray)이라 부르며, 광축과 수직을 이루는 방향으로 편광이 진동하는 광선은 이상광선(extra-ordinary ray)이라 부른다.
- [0063] 도 5a의 경우 빔 디스플레이서(121a)에서 출사되는 p-편광빔은 빔 디스플레이서(121a)의 광축과 평행한 정상광선에 해당하고, s-편광빔은 광축과 수직인 이상광선에 해당한다.
- [0064] 이와 같이, 물질결정 구조가 비등방성인 광학재료를 사용하여 빔 디스플레이서(121a)를 구현하면 편광에 따라 굴절율이 달라지는 복굴절 특징을 가짐에 따라, 45도로 편광되거나 편광되지 않은 빔을 입사받아 90도 위상 차이를 가지는 두 개의 선형편광된 빔(s-편광빔, p-편광빔)으로 분할할 수 있다.
- [0065] 따라서, 도 5a에서는 비등방성 광학재료로만 이루어진 편광분할기를 이용하여, 광축을 포함하는 평면에 대해 서로 수직한 편광 상태의 두 개의 빔인 s-편광빔과 p-편광빔을 입사빔과 평행한 방향으로 출사시킬 수 있다.
- [0066] 여기서, 빔 디스플레이서(121a)에서 분리 출사되는 두 편광빔 간에는 광경로 차이가 발생하는데, 이를 보정하기

위해 광경로차 보정부(122)가 사용될 수 있다. 이때, 정상광선의 출사된 위치에 빔 디스플레이서(121a)와 동일한 조건의 광학재료를 설치하고 이를 이용하여 두 빔 간 광경로 차이를 보정할 수 있다.

- [0067] 구체적으로, 광경로차 보정부(122)는 빔 디스플레이서(121a)의 제2 면을 통해 출사되는 s-편광 빔 및 p-편광 빔의 경로 중 더욱 짧은 p-편광 빔의 경로 상에 설치되고, 빔 디스플레이서(121a)와 동일한 광학 재료로 구현되어, 출사되는 s-편광 빔과 p-편광 빔 간의 광 경로 길이의 차를 보정할 수 있다.
- [0068] 여기서, 빔 디스플레이서(121a)를 구성하는 광학 소재(광재료)의 두께를 조정하면 s-편광 빔과 p-편광 빔의 출사 위치(빔간 간격)가 조정될 수 있으며 이를 통해 빔 디스플레이서(121a)를 통한 출사 빔의 변위값 조절이 가능해진다.
- [0069] 다음, 도 5b는 스캔빔 분할부의 제2 실시예로서, 도 5b에 나타난 스캔빔 분할부(120-2)는 로촌(Rochon) 프리즘 구조의 편광 프리즘(121b)을 포함하여 구현되며, 복수의 거울을 이용한 변위 조절부 및 광경로차 보정부를 더 포함할 수 있다.
- [0070] 도 5b에 도시된 편광 프리즘(121b)은 로촌 프리즘으로 구현되며, 결정축이 서로 수직이고 서로 상이한 재료로 만들어진 두 삼각프리즘의 조합으로 이루어진다. 여기서, 편광 프리즘(121b)은 제1 면을 통해 입사된 스캔빔을 두 삼각프리즘의 경계면에서 스캔빔(입사광선)과 평행하게 진행하는 s-편광 빔과, 스캔빔(입사광선)과 설정 각도를 가지고 진행하는 p-편광 빔으로 분리하여 제2 면을 통해 출사시킨다.
- [0071] 도 5b에서는 입사광선과 만나는 첫번째 삼각프리즘에서의 결정축은 단축 결정으로 입사광선과 동일 진행방향으로 되어 있으며, 두번째 삼각프리즘에서의 결정축은 첫번째의 프리즘의 결정축 평면 내에서 수직을 이룬다. 여기서, 입사광선은 두 삼각프리즘 재료의 경계면에서 빛의 파장과 재료의 굴절률에 따라, 각도를 가지고 출사하는 이상광선(extra-ordinary ray)과 입사광선과 평행하게 출사하는 정상광선(ordinary ray)으로 분리된다.
- [0072] 이러한 도 5b의 경우 입사빔과 평행하게 출사되는 s-편광빔은 정상광선, 입사빔과 각도를 가지고 진행하는 p-편광빔은 이상광선에 해당한다.
- [0073] 도 5b를 참조하면, 변위 조절부는 복수의 거울을 포함하여 구현되는데, 구체적으로 제1 및 제2 거울(M1,M2)을 포함할 수 있다. 여기서, 변위 조절부는 두 거울 중 후단의 제2 거울(M2)의 위치를 조절하는 위치 조절부(L2)를 더 포함할 수 있다.
- [0074] 제1 및 제2 거울(M1,M2)은 편광 프리즘(121b)의 제2 면을 통해 출사되는 p-편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 변경함에 따라 p-편광 빔의 진행 방향을 스캔빔과 평행하게 조정하는 역할을 한다. 즉, 마지막의 제2 거울(M2)을 거친 p-편광 빔은 스캔빔과 평행하게 된다. 여기에 더해, 위치 조절부(L)를 통하여 제2 거울(M2)의 위치를 조정하는 경우, s-편광 빔에 대한 p-편광 빔의 위치가 조절될 수 있다.
- [0075] 이와 같이, 변위 조절부는, 두 개의 거울(M1,M2)을 통해 이상광선을 정상광선과 평행하게 만들어주는 역할과 위치 조절부(L2)를 통해 제2 거울(M2)을 조절하여 빔의 변위를 조절하는 역할을 수행할 수 있다.
- [0076] 물론, 본 발명이 반드시 상술한 바에 의해 한정되지 않으며, 도 5b에 포함된 복수의 각 거울(M1-M6)의 배치 및 각도 등에 따라 편광프리즘(121b)에서 출사되는 두 빔의 위치나 변위값이 조절될 수 있다.
- [0077] 여기서, 입사광선과 평행하게 진행하는 정상광선(도 5b에서 s-편광빔)은 이상광선(도 5b의 p-편광빔)보다 광 경로가 짧기 때문에, 광경로차 보정부를 통해 광경로 길이를 동일하게 보정해주도록 한다.
- [0078] 광경로차 보정부는 편광프리즘(121b)의 제2 면을 통해 출사되는 s-편광 빔 및 p-편광 빔의 경로 중 s-편광 빔의 경로 상에 설치되어, 출사되는 s-편광 빔과 p-편광 빔 간의 광 경로 길이의 차를 보정해주는 역할을 하며, 이를 위해 제3 내지 제6 거울(M3-M6)과, 거울 이동부(L1)를 포함할 수 있다.
- [0079] 제3 내지 제6 거울(M3-M6)은 편광프리즘(121b)의 제2 면을 통해 출사된 s-편광 빔의 진행 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 변경하는데, 구체적으로는 s-편광 빔의 경로 상에 순차로 'ㄷ'자 형태로 설치되어 s-편광 빔의 빔 진행 경로를 90도씩 변경할 수 있다.
- [0080] 이를 통해, 마지막의 제6 거울(M6)을 거친 s-편광 빔은 입사빔과 평행을 이루게 된다. 아울러, 편광프리즘(121b)에 의해 분리된 p-편광 빔의 경우 앞서 설명한 제1 및 제2 거울(M1,M2)을 포함한 변위 조절부의 동작을 통해서 입사빔과 평행을 이루게 되고, 이에 따라 p-편광 빔과 s-편광 빔이 최종적으로 서로 평행을 이루게 된다.

- [0081] 또한, 거울 이동부(L1)는 제3 거울(M3) 및 제6 거울(M6)과 나란히 이격 배치된 제4 거울(M4) 및 제5 거울(M5)을 한 그룹으로 묶어 이동시킴으로써, s-편광 빔의 광 경로 길이를 p-편광 빔의 광 경로 길이와 동일하게 맞춰줄 수 있다. 도 5b의 경우 거울 이동부(L1)를 상하로 조정하는 것을 통해서 s-편광 빔의 광 경로 길이를 늘리거나 줄일 수 있다.
- [0082] 다음, 도 5c는 스캔빔 분할부의 제3 실시예로서, 도 5c에 나타난 스캔빔 분할부(120-3)는 로촌(Rochon) 프리즘 구조의 편광 프리즘(121c)을 포함하며, 변위 조절부를 더 포함할 수 있다.
- [0083] 도 5c에 도시된 편광 프리즘(121c)은 로촌 프리즘으로 구현되며, 결정축이 서로 수직이고 서로 상이한 재료로 만들어진 두 삼각프리즘의 조합으로 이루어진다.
- [0084] 앞서 도 5b에서와 마찬가지로, 편광 프리즘(121c)의 제1 면을 통해 입사된 스캔빔은 두 삼각프리즘의 경계면에서 스캔빔과 평행하게 진행되는 s-편광 빔과, 스캔빔과 설정 각도를 가지고 진행되는 p-편광 빔으로 분리되어, 각각 제2 면을 통해 출사된다.
- [0085] 이때, 도 5b와 다른 점은, 도 5c의 하측 그림과 같이, 편광프리즘(121c)은 두 삼각프리즘의 경계면의 중심을 기준으로 설정 각도( $\theta/2$ )만큼 회전된 상태로 설치(배치)된다. 이때,  $\theta$ 는 상측 그림과 같이 경계면의 중심에서 분리 출사된 s-편광 빔과 p-편광 빔의 진행 방향 간 각도차에 해당한다.
- [0086] 즉, 도 5c의 하측 그림과 같이, 편광프리즘(121c)은 편광빔의 각도차( $\theta$ )의 절반에 해당하는  $\theta/2$ 만큼 회전된 상태로 배치된다. 이 경우, 도 5b와는 다르게, 변위 조절부만 필요로 하고, 광경로차 보정부를 불필요로 하므로, 보다 간단한 구조로 스캔빔 분할부(120-3)의 구현이 가능하다.
- [0087] 이러한 제3 실시예에서, 변위 조절부는 편광프리즘(121c)의 제2 면을 통해 출사되는 p-편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 변경하는 제1 및 제2 거울(M1,M2)과, 제2 면을 통해 출사되는 s-편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 변경하며 제1 및 제2 거울(M1,M2)과 대칭되게 설치되는 제3 및 제4 거울(M3,M4)을 포함한다. 이와 같이, 변위 조절부에 의해, 제2 거울(M2)을 거친 p-편광 빔과 제4 거울(M4)을 거친 s-편광 빔의 진행 방향이 평행하게 조정된다.
- [0088] 아울러, 변위 조절부는 제2 거울(M2)과 제4 거울(M4)의 위치를 한 그룹으로 이동시켜 조절하는 위치 조절부(L)를 더 포함할 수 있다.
- [0089] 이와 같이, 변위 조절부는, 제1 및 제2 거울(M1,M2)을 통해 이상광선(p-편광빔)을 입사광선과 평행하게 만들어 주고 제3 및 제4 거울(M3,M4)를 통해 정상광선(s-편광빔)을 입사광선과 평행하게 만들어주는 역할을 하며, 아울러 위치 조절부(L)를 통해 제2 거울(M2)과 제4 거울(M4)의 위치를 한 그룹으로 묶어 이동시켜 빔의 변위 값을 조절하는 역할을 추가로 수행할 수 있다.
- [0090] 결과적으로, 도 5b의 경우 편광프리즘에서 각도를 가지고 출사되는 이상광선을 입사광선과 평행하기 만들기 위해 6개의 거울을 사용하고 있지만, 도 5c의 경우 편광프리즘의 회전 구조를 바탕으로 단순히 4개의 거울을 사용하는 것만으로 동일한 효과를 낼 수 있다.
- [0091] 다음, 도 5d는 스캔빔 분할부의 제4 실시예로서, 도 5d에 나타난 스캔빔 분할부(120-4)는 세나르몽(Senarmont) 프리즘 구조의 편광 프리즘(121d)을 포함하며, 변위 조절부 및 광경로차 보정부를 더 포함할 수 있다.
- [0092] 도 5d에 도시된 편광 프리즘(121d)은 세나르몽 프리즘으로 구현되며, 결정축이 서로 수직이고 서로 상이한 재료로 만들어진 두 삼각프리즘의 조합으로 이루어진다.
- [0093] 여기서, 편광 프리즘(121d)은 제1 면을 통해 입사된 스캔빔을 두 삼각프리즘의 경계면에서 스캔빔과 평행하게 진행되는 p-편광 빔과, 스캔빔과 설정 각도를 가지고 진행되는 s-편광 빔으로 분리하여 제2 면을 통해 출사시킨다.
- [0094] 이러한 도 5d에서 두 번째 삼각프리즘에서의 결정 축은 첫 번째 삼각프리즘에서의 결정 축과는 수직을 이룬다. 이때, 두 번째 삼각프리즘의 결정 축은 도 5b의 두 번째 삼각프리즘의 결정 축과는 다른 수직 방향을 가짐을 알 수 있다. 여기서, 입사광선은 두 삼각프리즘 재료의 경계면에서 빛의 파장과 재료의 굴절률에 따라 각도를 가지고 출사하는 정상광선(ordinary ray)과 입사광선과 평행하게 출사하는 이상광선(extra-ordinary ray)으로 분리된다.
- [0095] 이러한 도 5d에서는 입사빔과 평행하게 출사되는 p-편광빔은 이상광선, 입사빔과 각도를 가지고 진행되는 s-편

광빔은 정상광선에 해당한다.

- [0096] 이러한 도 5d에서, M1, M2, L2를 포함한 변위 조절부와, M3~M6, L1을 포함한 광경로차 보정부의 구성은, 앞서 도 5b에 나타난 것과 동일한 구조 및 동작 원리를 가지므로, 이와 관련한 반복된 설명은 생략하도록 한다.
- [0097] 다음, 도 5e는 스캔빔 분할부의 제5 실시예로서, 도 5e에 나타난 스캔빔 분할부(120-5)는 세나르몽(Senarmont) 프리즘 구조의 편광 프리즘(121e)을 포함하며, 도 5c에서와 같이 M1~M4와 L을 포함한 변위 조절부의 구성을 더 포함할 수 있다.
- [0098] 이러한 도 5e는 도 5d에 나타난 편광 프리즘을  $\theta/2$  만큼 회전 배치하여 앞서 도 5c에서와 같이 스캔빔 분할부의 전체 구조를 간소화한 것이다. 도 5e의 경우 세나르몽 프리즘으로 구현된 것을 제외하고는 도 5c와는 기본 구조 및 동작 원리가 동일하므로, 이에 대한 반복된 설명은 생략한다.
- [0099] 다음, 도 5f는 스캔빔 분할부의 제6 실시예로서, 도 5f에 나타난 스캔빔 분할부(120-6)는 윌라스턴(Wollaston) 프리즘 구조의 편광 프리즘(121f)을 포함하며, 도 5c에서와 같이 M1~M4와 L을 포함한 변위 조절부를 더 포함할 수 있다.
- [0100] 편광 프리즘(121f)은 결정축이 서로 수직이고 서로 상이한 재료로 만들어진 두 삼각프리즘의 조합으로 이루어지며, 제1 면을 통해 입사된 스캔빔을 두 삼각프리즘의 경계면에서 스캔빔의 방향에 대해 설정 각도를 가지고 서로 대칭되게 진행하는 s-편광 빔과 p-편광 빔으로 분리하여 제2 면을 통해 출사시킨다.
- [0101] 이러한 윌라스턴 프리즘 구조에서, 입사광선과 만나는 첫번째 삼각프리즘의 결정축이 입사광선과의 진행 방향과 수직이며 두번째 삼각프리즘에서의 결정축은 첫번째 삼각프리즘과 수직을 이루면, 입사광선이 두 재료의 경계면에서 빛의 파장과 재료의 굴절율에 따라 각도를 가지고 출사하는 정상광선과 이상광선으로 분리된다.
- [0102] 이러한 도 5f의 구조에서는 도 5c나 도 5e와는 다르게, 편광프리즘을 별도로 회전시킬 필요가 없다는 장점이 있다. 아울러, 이러한 도 5f의 실시예에서, M1~M4 및 L을 포함하여 구현된 변위 조절부는 그 기본 구조와 동작 원리가 앞서 상술한 도 5c와 같으므로 상세한 설명은 생략하도록 한다. 이 역시 마찬가지로 M2와 M4를 한 그룹으로 동시에 이동시켜 두 빔의 변위값을 조절할 수 있다.
- [0103] 마지막으로, 도 5g는 스캔빔 분할부의 제7 실시예로서, 도 5g에 나타난 스캔빔 분할부(120-7)는 제1 및 제2 편광 빔스플리터(PBS1, PBS2)와, 제1 내지 제6 거울(M1~M6)을 포함하여 구현된다. 여기서 스캔빔 분할부(120g)는 거울 이동부(L1) 및 위치 조정부(L2)를 더 포함할 수 있다.
- [0104] 제1 편광 빔스플리터(PBS1)는 입사된 스캔빔에서 s-편광 빔 성분을 반사시키고 p-편광 빔 성분을 투과시킨다. 제1 및 제2 거울(M1, M2)은 제1 편광 빔스플리터(PBS1)에서 반사시킨 s-편광 빔의 경로 상에 순차로 설치되어 빔 경로를 90도씩 변경한다.
- [0105] 제3 내지 제6 거울(M3~M6)은 제1 편광 빔스플리터(PBS1)에서 투과시킨 p-편광 빔의 경로 상에 'ㄷ'자 형태로 순차로 설치되어 빔 경로를 90도씩 변경한다.
- [0106] 제2 편광 빔스플리터(PBS2)는 제1 거울(M1)과 제2 거울(M2)을 이용하여 반사된 s-편광 빔과 제3 내지 제6 거울(M3~M6)을 이용하여 반사된 p-편광 빔을 각각 제1 면과 제2 면을 통해 입사받는다.
- [0107] 제2편광 빔스플리터(PBS2)는 제1 면에 입사된 s-편광 빔을 반사시키고 제2 면에 입사된 p-편광빔을 투과시켜서, 반사된 s-편광 빔과 투과된 p-편광 빔을 제3 면을 통해 나란히 평행한 방향으로 출사하도록 한다. 물론 이렇게 출사되는 s-편광 빔과 p-편광 빔은 입사광선과 평행한 방향을 갖는다.
- [0108] 이때, 거울 이동부(L1)는 제3 거울(M3) 및 제6 거울(M6)과 나란히 이격 배치된 제4 거울(M4) 및 제5 거울(M5)을 한 그룹으로 묶어 상하로 이동시킴으로써, p-편광 빔의 광 경로 길이를 s-편광 빔의 광 경로 길이와 동일하게 맞추어 줄 수 있다.
- [0109] 아울러, 위치 조정부(L2)는 제2 거울(M2)의 위치를 좌우로 조절하여, 제2 편광 빔스플리터(PBS2)를 통하여 출사되는 s-편광빔의 변위를 조절할 수 있다.
- [0110] 이러한 도 5a 내지 도 5g에 나타난 스캔빔 분할부(120; 120-1, 120-2, 120-3, 120-4, 120-5, 120-6, 120-7)의 다양한 구조는 본 발명의 제1 내지 제4 실시예(도 1, 도 2, 도 3, 도 4)에 모두 적용 가능하다.
- [0111] 다시 도 1을 참조하면, 스캔빔 분할부(120)에 의해 나란히 출사되는 2개의 편광 빔(s-편광 빔, p-편광 빔)은 스캔부(130)로 전달된다.

- [0112] 스캔부(130)에 입사된 빔은 수평 스캔 거울(131)(이하, x-스캔 거울)과 수직 스캔 거울(132)(이하, y-스캔 거울)을 거쳐 투과형 대상물인 투과체로 전달된다.
- [0113] 이때, 투과체는 세포, 미생물, 피막, 투명성 물체나 조형물 등 투과성을 가지는 다양한 물체에 해당할 수 있다.
- [0114] 여기서, 스캔부(130)는 투과체에 대한 스캔빔의 스캐닝 위치를 제어하도록, x-스캔 거울(131)과 y-스캔 거울(132)을 포함한다. 스캔부(130)는 이러한 스캔 거울을 이용하여 입사된 스캔빔을 수평 방향(x 방향)과 수직 방향(y 방향)으로 제어하여 투과체로 전달한다.
- [0115] 즉, 스캔부(130)는 스캔빔 분할부(120)에서 서로 나란히 출사되는 2개의 편광 빔으로 이루어진 스캔빔을 입사받아 투과체로 투사시키되, 투과체에 대한 스캔빔의 스캐닝 위치를 수평 및 수직 방향으로 제어하여 투과체로 전달한다.
- [0116] 도 1의 제1 실시예에서 스캔부(130)는 거울 스캐너를 사용한다. 거울 스캐너는 물체(투과체)를 y축을 중심으로 x 방향(좌우 방향)으로 스캔하는 x-스캔 거울(131)과 물체(투과체)를 x축을 중심으로 y 방향(상하 방향)으로 스캔하는 y-스캔 거울(132)을 갖는 x-y 스캐너로 구성된다. 물론, 본 발명의 경우 스캔부가 거울 스캐너로 한정되는 것은 아니며 이와 유사한 수단 또는 공지된 다른 스캔수단이 사용될 수 있다. 예를 들어, x-스캔 거울 및 y-스캔 거울 대신, x-공간 변조 스캐너 및 y-공간 변조 스캐너로 대체될 수 있다.
- [0117] 스캔부(130)는 신호 처리부(150) 내의 스캔 제어부(미도시)로부터 스캐닝 제어신호를 받아 동작될 수 있다. 스캔 제어부(미도시)는 스캔부(130)의 스캐닝 위치를 제어하기 위한 스캐닝 제어신호를 발생시킬 수 있다. 여기서, 스캐닝 제어신호는 x-스캔 거울 및 y-스캔 거울을 수평 방향 및 수직 방향으로 각각 제어하기 위한 수평 스캔 신호 및 수직 스캔 신호를 포함할 수 있다.
- [0118] 이때, 수평 스캔 신호는 수평 방향(x축 방향)에 대하여 스캔 위치를 기 설정된 거리 단위씩 순차로 이동시키기 위한 신호로서, 임의 거리 단위의 스캔 이동을 위한 주기 T를 가지고 있다. 수직 스캔 신호는 임의의 y 위치에 대한 x축 방향의 수평 스캔 동작이 완료되면 다음의 y 위치에 대한 수평 스캔 동작이 가능하게 하는 제어 신호로서, 그 주기는 수평 스캔 신호보다 크다.
- [0119] 이러한 제어 신호에 대응하여, 스캔 거울의 회전에 따라 제1 곡률빔과 제2 곡률빔의 광축이 회전되고, 광축이 회전된 스캔빔 패턴은 물체(투과체)로 투사된다. 이와 같이, 스캔부(130)는 스캔 거울을 이용하여 제1 및 제2 곡률빔 간의 간섭 빔(스캔부에 의한 스캔 빔)을 물체로 투사시킬 수 있다. 여기서 물론, 각 곡률빔에 대한 s파 성분과 p파 성분은 이전의 스캔빔 분할부(120)에 의해 상하로 분리된 구조를 가지며 그 간섭빔 또한 두 편파 간상하 분리된 구조를 가질 수 있다.
- [0120] 물론, 스캔부(130)는 도 1과 같이 수평 스캔 거울(131)과 수직 스캔 거울(132)을 이용한 구조 이외에도, 후술하는 도 3과 같이 수평 스캔 거울(331)과 트랜슬레이션 스테이지(332)를 활용한 스캔부 구조로도 변경 가능하다. 그밖에도, 도 3의 구조에서, 수평 스캔 거울(331) 대신에 공간 변조(spatial modulation) 스캐너로 대체할 경우에는 공간 변조 스캐너와 트랜슬레이션 스테이지(332)를 활용한 스캔부 구조로도 변경 가능하다. 그밖에도, 도 1의 구조에서 수평 스캔 거울(131)과 수직 스캔 거울(132) 대신에 수평 공간 변조 스캐너와 수직 공간 변조 스캐너로 각각 대체 가능하다.
- [0121] 이와 같이 스캔부(130)는 수평 스캔 거울과 수직 스캔 거울의 조합, 수평 스캔 거울과 트랜슬레이션 스테이지의 조합, 공간 광 변조기와 트랜슬레이션 스테이지의 조합으로 구현 가능하다. 스캔부의 다른 실시예는 추후 도 3을 통해 상세히 설명할 것이다. 여기서, 트랜슬레이션 스테이지의 대상체(물체)가 놓여져 있는 테이블 부분은 레이저 광원의 파장이 투과할 수 있는 투명체 재료로 되어 있거나 빈 공간으로 제작될 수 있다.
- [0122] 스캔부(130)에 의해 투과체로 조사된 스캔빔은 투과체를 투과하여 광 검출부(140)로 입사된다. 앞서 설명한 바와 같이 스캔빔은 스캔빔 분할부(120)에 의해 분할된 2개의 편광 빔(s-편광 빔과 p-편광 빔)으로 이루어져 있다.
- [0123] 광 검출부(140)는 스캔부(130)에 의해 투사된 후 투과체를 투과한 빔으로부터 s-편광 빔과 p-편광 빔을 분리 검출한다.
- [0124] 그리고, 광 검출부(140)는 분리 검출한 s-편광 빔과 p-편광 빔을 신호 처리부(150)로 전달한다.
- [0125] 여기서, 광 검출부(140)는 도 1과 같이, 제1 집광기(141a), 제1 편광기(142a), 제1 광검출기(143a), 제2 집광기(141b), 제2 편광기(142b), 제2 광검출기(143b)를 포함한다.



- [0126] 제1 집광기(141a)는 투과체로 투사되는 빔의 광축에 편축된 방향으로 배치되고, 투과체를 투과한 빔을 집광한다. 이러한 제1 집광기(141a)는 집광렌즈로 구현될 수 있다.
- [0127] 제1 편광기(142a)는 제1 집광기(141a)를 통해 공간적으로 집적된 빔에서 s-편광 빔 성분만을 통과시킨다. 즉, 제1 편광기(142a)는 제1 집광기(141a)의 후단에 배치되어 제1 집광기(141a)에 의해 집광된 빔에서 s-편광된 빔 성분만을 투과시킨다.
- [0128] 제1 광검출기(143a)는 제1 편광기(142a)를 통과한 s-편광 빔을 검출하고, 이를 제1 신호처리부(151)로 전달한다.
- [0129] 제2 집광기(141b)는 투과체로 투사되는 빔의 광축에 편축된 방향으로 배치되되 제1 집광기(141a)와 다른 위치에 배치되고, 투과체를 투과한 빔을 집광한다. 이러한 제2 집광기(141b)는 집광 렌즈로 구현될 수 있다.
- [0130] 여기서, 제2 집광기(141b)는 제1 집광기(141a)와 대칭되게 배치될 수도 있지만 비대칭으로 배치될 수도 있다.
- [0131] 제2 편광기(142b)는 제2 집광기(141b)를 통해 공간적으로 집적된 빔에서 p-편광 빔 성분만을 통과시킨다. 즉, 제2 편광기(142b)는 제2 집광기(141b)의 후단에 배치되어 제2 집광기(141b)에 의해 집광된 빔에서 p-편광된 빔 성분만을 투과시킨다.
- [0132] 제2 광검출기(143b)는 제2 편광기(142b)를 통과한 p-편광 빔을 검출하고, 이를 제2 신호처리부(152)로 전달한다.
- [0133] 물론, 본 발명에서 광 검출부(140)의 구조는 반드시 도 1에 의해 한정되지 않으며, 후술하는 도 2의 구조로도 변경 가능하다. 이에 대해서는 추후 상세히 설명할 것이다.
- [0134] 신호 처리부(150)는 광 검출부(140)에서 분리 검출된 s-편광 빔 및 p-편광 빔의 신호를 처리하여 투과체에 대한 홀로그래프를 생성한다.
- [0135] 본 발명의 실시예의 경우, 스캔빔 생성부(110)에서 생성한 스캔빔을 편광에 따라 다시 2개의 편광 빔으로 분할 후 분할된 2개의 편광 빔을 스캔빔으로 활용하여 물체를 스캔하므로, 스캔빔을 분할하지 않고 그대로 물체를 스캔하는 경우와 비교하여 볼 때 동일 시간 대비 2배의 샘플링이 가능하여 2배로 빠른 속도로 물체에 대한 홀로그래프를 생성할 수 있다.
- [0136] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 신호 처리부의 동작을 설명하는 도면이다.
- [0137] 도 1 및 도 6을 참조하면, 신호 처리부(150)는 제1 신호 처리부(151), 제2 신호 처리부(152), 그리고 교차배열 신호 처리부(153)를 포함한다. 이와 같은 신호 처리부(150)의 구조 및 동작 원리는 본 발명의 제2 내지 제4 실시예에 따른 시스템(도 2, 도 3, 도 4)에서도 동일하게 적용될 수 있다.
- [0138] 제1 신호 처리부(151)는 제1 광검출기(143a)에서 검출된 s-편광 빔의 신호를 처리하여 교차배열 처리부(153)로 보내고, 제2 신호 처리부(152)는 제2 광검출기(143b)에서 검출된 p-편광 빔의 신호를 처리하여 교차배열 처리부(153)로 보낸다. 이러한 동작은 동시에 이루어질 수 있다.
- [0139] 그러면, 교차배열 신호 처리부(150)는 도 6과 같이, 제1 신호 처리부(151)에서 처리된 홀로그래프 신호와 제2 신호 처리부(152)에서 처리된 홀로그래프 신호를 한 줄씩 교차 배열하는 방식으로 합성하여 투과체에 대한 홀로그래프를 생성한다.
- [0140] 이에 따르면, 스캔빔 생성부(110)에서 생성한 스캔빔을 편광에 따라 2개의 빔(s-편광 빔, p-편광 빔)으로 분할하고 분할된 2개의 편광빔을 물체(투과체)에 동시에 투사하여 한 번(단위시간)에 2줄의 신호를 샘플링(스캐닝)할 수 있어, 스캔빔을 분할하지 않고 스캐닝하는 경우보다 y 방향의 샘플 수가 2배가 되어, 2배 빠른 속도로 물체의 홀로그래프를 고속 생성할 수 있다.
- [0141] 이와 같은 신호처리부(150)의 동작을 보다 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0142] 도 1에서 제1 광검출기(143a)는 집광된 빛의 세기에 비례한 전류신호를 생성하여 이를 두 채널 락인(lock-in) 앰프로 전달하고, 두 채널 락인 앰프는 전류신호를 복조하는 방식으로 물체(투과체)의 동위상(in-phase) 및 사분위상(quadrature-phase) 홀로그래프 정보를 전기 신호로 추출한다. 두 채널 락인 앰프는 ADC(analog to digital converter)를 통해 디지털 신호로 전환되어 컴퓨터에서 연산처리하는 방식으로 구현될 수 있음은 물론이다.

- [0143] 그리고, 추출된 전기신호를 디지털 신호로 변환하여 디지털 컴퓨터로 전달하고, 디지털 컴퓨터에서는 실수부와 허수부의 디지털 신호를 복소수 합성 방식으로 상호 합성하여 각각의 스캐닝 위치에 따라 저장하는 방법을 통해 물체(투과체)의 복소수 홀로그램 정보를 레코딩하게 된다. 이때, 레코딩된 홀로그램을 제1 홀로그램이라 한다.
- [0144] 도 1에서 제2 광검출기(143b)는 집광된 빛의 세기에 비례한 전류신호를 생성하여 이를 두 채널 락인(lock-in) 앰프로 전달하고, 두 채널 락인 앰프는 전류신호를 복조하는 방식으로 물체(투과체)의 동위상(in-phase) 및 사분위상(quadrature-phase) 홀로그램 정보를 전기 신호로 추출한다. 두 채널 락인 앰프는 ADC(analog to digital converter)를 통해 디지털 신호로 전환되어 컴퓨터에서 연산처리하는 방식으로 구현될 수 있음은 물론이다.
- [0145] 그리고, 추출된 전기신호를 디지털 신호로 변환하여 디지털 컴퓨터로 전달하고, 디지털 컴퓨터에서는 실수부와 허수부의 디지털 신호를 복소수 합성 방식으로 상호 합성하여 각각의 스캐닝 위치에 따라 저장하는 방법을 통해 물체(투과체)의 복소수 홀로그램 정보를 레코딩하게 된다. 이때 레코딩된 홀로그램을 제2 홀로그램이라 한다.
- [0146] 신호처리부(150)에서는 제1 홀로그램과 제2 홀로그램을 교차배열하는 방식으로 합성하여 수평 스캔 거울에 의한 스캔의 2배에 해당하는 스캔을 구현할 수 있다.
- [0147] 다음은 본 발명의 제2 실시예에 따른 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템을 도 2a를 통해 설명한다.
- [0148] 도 2a와 같이, 본 발명의 제2 실시예에 따른 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템(200)은 크게 스캔빔 생성부(110), 스캔빔 분할부(120), 스캔부(130), 광 검출부(240) 및 신호 처리부(150)를 포함한다. 도 1과 동일한 부호를 가지는 구성 요소에 대한 중복된 설명은 생략한다.
- [0149] 제2 실시예의 경우 역시, 장치의 기본 구조는 제1 실시예와 동일하지만, 광 검출부(240)의 구성이 상이하며, 그 동작 원리는 다음과 같다.
- [0150] 제2 실시예에서 광 검출부(240)는 제1 광분할기(241), 제2 광분할기(242), 제1 집광기(243a), 제2 집광기(243b), 제1 광검출기(244a), 제2 광검출기(244b)를 포함한다.
- [0151] 제1 광분할기(241)는 투과체로 투사되는 광의 광축 상에 배치되고 투과체를 투과한 빔을 입사받아 외부로 반사시킨다. 이러한 제1 광분할기(241)는 투과체를 투과한 빔 중 일부를 반사시켜 제2 광분할기(242)로 전달할 수 있다. 제1 광분할기(241)는 일반적인 빔스플리터로 구현 가능하다.
- [0152] 제2 광분할기(242)는 제1 광분할기(241)에서 반사된 광을 입사받고 입사된 빔에서 p-편광 빔 성분을 투과시키고 s-편광 빔 성분을 반사시킨다.
- [0153] 이러한 제2 광분할기(242)는 편광 광분할기(PBS)로 구현될 수 있으며, 이 경우 s-편광 빔은 제2 광분할기(242)에서 반사되어 제1 집광기(243a)로 전달되고, p-편광 빔은 통과되어 제2 집광기(243b)로 전달된다.
- [0154] 제1 집광기(243a)는 제2 광 분할기(242)에서 반사시킨 s-편광 빔 성분을 집광하고, 제2 집광기(243b)는 제2 광 분할기(242)에서 투과시킨 p-편광 빔 성분을 집광한다. 이러한 제1 및 제2 집광기(243a,243b)는 집광 렌즈로 구현될 수 있다.
- [0155] 제1 광검출기(244a)는 제1 집광기(243a)를 통해 공간적으로 집적된 빔(s-편광 빔)을 검출하여 이를 신호 처리부(150) 내의 제1 신호 처리부(151)로 전달한다. 또한, 제2 광검출기(244b)는 제2 집광기(243b)를 통해 공간적으로 집적된 빔(p-편광 빔)을 검출하여 이를 신호 처리부(150) 내의 제2 신호 처리부(152)로 전달한다.
- [0156] 이러한 제1 및 제2 광검출기(244a,244b)는 전달된 빛의 세기에 비례하여 제1 및 제2 전기신호를 각각 생성한다. 제1 광검출기(244a)는 제1 전기신호를 제1 신호처리부(151)로 전달하고, 제2 광검출기(244b)는 제2 전기신호를 제2 신호처리부(152)로 전달한다.
- [0157] 여기서, 물론 제2 광분할기(242)는 편광 광분할기(PBS) 대신 광분할기(BS)로 대체 가능하며, 이 경우 광분할기(BS)와 두 편광기의 조합을 통해서 편광 광분할기(PBS)의 역할을 수행할 수 있다. 이에 대해서는 도 2b를 통해서 설명한다.
- [0158] 도 2b에서 광 검출부(240)는 제1 광분할기(241), 제2 광분할기(242), 제1 편광기(245a), 제2 편광기(245b), 제1 집광기(243a), 제2 집광기(243b), 제1 광검출기(244a), 제2 광검출기(244b)를 포함한다.
- [0159] 도 2b에서 도면 부호 241, 244a, 244b는 도 2a와 동일한 기능을 수행하므로, 이에 대한 중복된 설명은

생략한다.

- [0160] 도 2b에서 제2 광분할기(242)는 BS(Beam Splitter)로, 제1 광 분할기(241)에서 반사된 광을 입사받아 입사된 빔의 일부를 투과시키고 일부를 반사시켜 분할한다.
- [0161] 제1 편광기(245a)는 제2 광 분할기(242)에서 반사된 빔을 입사받아 s-편광 빔 성분만을 통과시키고, 제2 편광기(245b)는 제2 광분할기에서 투과된 빔을 입사받아 p-편광된 빔 성분만을 통과시킨다.
- [0162] 제1 집광기(243a)는 제1 편광기(245a)를 통과한 s-편광 빔 성분을 집광하고, 제2 집광기(243b)는 제2 편광기(245b)를 통과한 p-편광 빔 성분을 집광한다. 이후의 제1 및 제2 광 검출기(244a,244b)의 동작은 앞서 상술한 것과 동일하다.
- [0163] 다음은 본 발명의 제3 실시예에 따른 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템을 도 3을 통해 설명한다.
- [0164] 도 3과 같이, 본 발명의 제3 실시예에 따른 투과체에 대한 편광분할 더블 스캐닝 홀로그래피 시스템(300)은 크게 스캔빔 생성부(110), 스캔빔 분할부(120), 스캔부(330), 광 검출부(140) 및 신호 처리부(150)를 포함한다. 도 1과 동일한 부호를 가지는 구성 요소에 대한 중복된 설명은 생략한다.
- [0165] 이러한 제3 실시예의 경우, 장치의 기본 구조는 제1 실시예와 동일하지만, 스캔부(330)의 구성이 상이하며, 그 동작 원리는 다음과 같다.
- [0166] 도 3에서 스캔부(330)는 투과체에 대한 스캔빔의 스캐닝 위치를 수평 및 수직 방향으로 제어하도록, 스캔빔 분할부(120)의 후단에 설치되어 스캔빔 분할부(120)로부터 입사되는 스캔빔을 수평 방향(x 방향)으로 제어하여 투과체로 전달하는 스캔 거울(331)과, 투과체의 후단에서 투과체를 수직 방향(y 방향)으로 이동시키는 트랜슬레이션 스테이지(translation stage)(332)를 포함한다.
- [0167] 즉, 도 3의 경우, 스캔빔 분할부(330)에서 출사되는 2개의 편광 빔을 포함한 스캔빔은 스캔부(330)에 입사된다. 스캔부(330)에 입사된 빔은 스캔 거울(331)을 통해 투과체로 전달된다. 여기서, 스캔 거울(331)은 투과체를 x 방향으로 스캔하고, 투과체의 후단에 위치한 트랜슬레이션 스테이지(332)는 투과체를 y 방향으로 스캔한다.
- [0168] 스캔 거울(331)은 스캔빔 분할부(120)로부터 입사되는 스캔빔을 수평 방향으로 제어하여 투과체로 전달한다. 트랜슬레이션 스테이지(332)는 투과체의 후단에 설치되어, 스캔 빔을 입사받는 투과체를 직접 수직 방향으로 이동시켜, 스캔 빔을 통한 투과체의 y 방향 스캔도 가능하게 한다.
- [0169] 이러한 트랜슬레이션 스테이지(332)는 투과체가 놓여지는 대물판을 y축 방향으로 이동 가능하게 구현한 것으로 이동하는 대물판에 해당한다. 이와 같은 트랜슬레이션 스테이지(332)는 스캔 거울(331)과 물리적으로 떨어져 있지만 투과체에 대한 빔의 스캐닝 위치를 제어하는 수단에 해당하므로 스캔 거울(331)과 함께 스캔부(330)의 구성요소로 포함된다.
- [0170] 이와 같이, 스캔부(330)는 스캔 거울(331)과 트랜슬레이션 스테이지(332)를 이용하여 투과체를 기준으로 스캔빔을 수평 방향(x 방향)과 수직 방향(y 방향)으로 제어한다.
- [0171] 이러한 제3 실시예에서 스캔부(330)는 거울 스캐너를 사용한다. 거울 스캐너는 투과체를 y축을 중심으로 x 방향(좌우 방향)으로 스캔하는 x-스캔 거울(321)을 갖는다. 본 발명의 경우 스캔부가 거울 스캐너로 한정되는 것은 아니며 이와 유사한 수단 또는 공지된 다른 스캔수단이 사용될 수도 있다.
- [0172] 스캔부(330)는 앞서 제1 실시예와 마찬가지로, 신호 처리부(150) 내의 스캔 제어부(미도시)로부터 스캐닝 제어 신호를 받아 동작될 수 있다. 스캔 제어부(미도시)는 스캔부(330)의 스캐닝 위치를 제어하기 위한 스캐닝 제어 신호를 발생시킨다. 여기서, 스캐닝 제어신호는 스캔 거울(331) 및 트랜슬레이션 스테이지(332)를 수평 방향 및 수직 방향으로 각각 제어하기 위한 수평 스캔 신호 및 수직 스캔 신호를 포함할 수 있다.
- [0173] 이때, 수평 스캔 신호는 수평 방향(x축 방향)에 대하여 스캔 위치를 기 설정된 거리 단위씩 순차로 이동시키기 위한 신호로서, 임의 거리 단위의 스캔 이동을 위한 주기 T를 가지고 있다. 트랜슬레이션 스테이지(332)를 수직 방향으로 움직이는 신호인 수직 스캔 신호는 임의의 y 위치에 대한 x축 방향의 수평 스캔 동작이 완료되면 다음 y 위치에 대한 수평 스캔 동작이 가능하게 하는 트랜슬레이션 스테이지 제어 신호로서, 그 주기는 수평 스캔 신호보다 크다.
- [0174] 물론, 이러한 도 3의 구조에서, 스캔 거울(331)은 공간 변조(spatial modulation) 스캐너로 대체될 수 있다. 이

경우, 스캔부(330)는 공간 변조 스캐너(331)와 트랜스레이션 스테이지(332)를 포함하여 구현될 수 있다. 이하에 서는 설명의 편의를 위하여, 공간 변조 스캐너에 부호 331를 부여하여 설명한다.

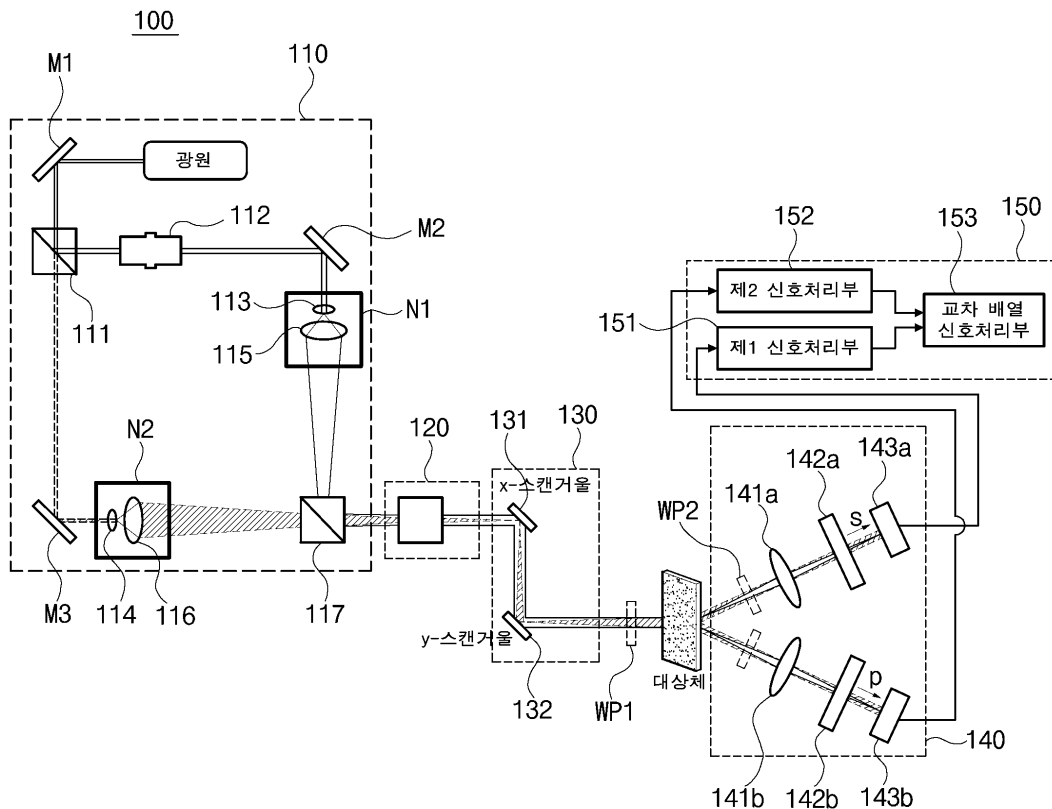
- [0175] 이러한 경우에 스캔부(330)에 입사된 빔은 공간 변조 스캐너(331)를 거쳐 투과체로 전달된다. 여기서, 공간 변조 스캐너(331)는 투과체를 x 방향으로 스캔하게 되고, 투과체의 후단에 위치한 트랜스레이션 스테이지(332)는 투과체를 y 방향으로 스캔한다.
- [0176] 즉, 공간 변조 스캐너(331)는 스캔빔 분할부(120)로부터 입사되는 스캔빔을 수평 방향으로 제어하여 투과체로 전달하고, 트랜스레이션 스테이지(132)는 투과체의 후단에서 스캔 빔을 입사받는 해당 투과체를 수직 방향으로 직접 이동시켜, 스캔 빔을 통한 투과체의 y 방향 스캔도 가능하게 한다.
- [0177] 이와 같이, 스캔부(330)는 공간 변조 스캐너(331)와 트랜스레이션 스테이지(332)를 이용하여 투과체를 기준으로 스캔빔을 수평 방향(x 방향)과 수직 방향(y 방향)으로 제어할 수도 있다.
- [0178] 이때, 공간 변조 스캐너는 입사되는 빔에 대한 공간 분포(spatial distribution)를 변조하여 빔을 특정 방향으로 스캔하도록 동작한다.
- [0179] 공간 변조 스캐너는 SLM(spatial light modulator), DMD(Digital Micromirror Device), 음향-광 편향기(Acousto-optic deflector) 등으로 구현될 수 있다. 이에 따라, 공간 변조 스캐너는 SLM, DMD 및 음향-광 편향기 중에서 선택된 어느 한 종류의 공간 변조 스캐너를 포함하여 구성된다.
- [0180] 도 7은 공간 변조 스캐너의 동작 원리를 설명한 도면이다. 공간 변조 스캐너는 도 3의 스캔부(330)에서 스캔 거울(131)을 대체 가능한 요소로, 물체를 x 방향으로 스캔하는 수평 공간 변조 스캐너에 해당한다. 도 7은 이러한 수평 공간 변조 스캐너의 원리를 설명한 것이다.
- [0181] 도 7과 같이, 공간 변조 스캐너에서는 스캔 제어부(미도시)에 의한 스캐닝 제어 신호의 입력에 따라 그레이팅(grating) 패턴(P)의 간격이 시간에 따라 순차로 변경되면서, 스캔빔을 수평 방향으로 제어할 수 있다.
- [0182] 즉, 전기적 신호에 의해 수평 공간 변조 스캐너에 형성되는 그레이팅 패턴의 간격이 시간에 따라 조정되면서 입사된 빔이 x 방향으로 움직일 수 있게 된다. 일반적으로 패턴 간 간격이 좁아질수록 빛이 더 큰 각도로 꺾이게 된다.
- [0183] 따라서, 수평 공간 변조 스캐너의 경우, 수평 방향을 따라 형성되는 그레이팅 패턴(P) 간 간격 크기가 스캐닝 제어 신호에 따라 조절되는 것을 통해 스캔빔이 수평 방향으로 움직일 수 있다. 이와 같이, 공간 변조 스캐너의 경우 입사된 빔의 방향이 전기적으로 제어된다.
- [0184] 이 경우 역시 스캔부(330)는 신호 처리부(150) 내의 스캔 제어부(미도시)로부터 스캐닝 제어신호를 받아 동작된다. 여기서, 공간 변조 스캐너(331)에 대한 스캐닝 제어 신호는 그레이팅 패턴의 간격 크기를 시간에 따라 순차로 변경되도록 하는 신호를 포함할 수 있다. 또한, 트랜스레이션 스테이지(332)에 대한 스캐닝 제어 신호는 트랜스레이션 스테이지(332)를 시간에 따라 수직 방향으로 이동시키는 신호를 포함할 수 있다.
- [0185] 또한, 스캐닝 제어신호는 스캔빔을 수평 방향과 수직 방향으로 각각 제어하기 위한 수평 스캔 신호 및 수직 스캔 신호를 포함할 수 있다.
- [0186] 공간 변조 스캐너(331)로 입사된 스캔빔을 수평 방향으로 제어하기 위한 수평 스캔 신호는 수평 방향(x축 방향)에 대하여 스캔 위치를 기 설정된 거리 단위씩 순차로 이동시키기 위한 신호로서, 임의의 거리 단위의 스캔 이동을 위한 주기 T를 가지고 있다. 트랜스레이션 스테이지(332)를 수직 방향으로 움직이는 신호인 수직 스캔 신호는 임의의 y 위치에 대한 x축 방향의 수평 스캔 동작이 완료되면 다음의 y 위치에 대한 수평 스캔 동작이 가능하게 하는 트랜스레이션 스테이지 제어 신호로서, 그 주기는 수평 스캔 신호보다 크다.
- [0187] 여기서, 도 1의 수평 스캔 거울(131)과 수직 스캔 거울(132)은 모두 공간 변조 스캐너로 대체 가능한데, 이때, 스캔부(120)는 대상물을 x 방향으로 스캔하는 수평 공간 변조 스캐너(x-공간 변조 스캐너)와 y 방향으로 스캔하는 수직 공간 변조 스캐너(y-공간 변조 스캐너)를 갖는 x-y 스캐너로 구현 가능하다.
- [0188] 도 8은 수평 및 수직 공간 변조 스캐너의 동작 원리를 설명한 도면이다. 도 8과 같이, 수직 또는 수평 공간 변조 스캐너에서는 스캔 제어부(미도시)에 의한 스캐닝 제어 신호의 입력에 따라 그레이팅(grating) 패턴(P)의 간격이 시간에 따라 순차로 변경되면서, 스캔빔을 수직 또는 수평 방향으로 제어한다.
- [0189] 즉, 전기적 신호에 의해 공간 변조 스캐너에 형성되는 그레이팅 패턴의 간격이 시간에 따라 조정되면서 입사된



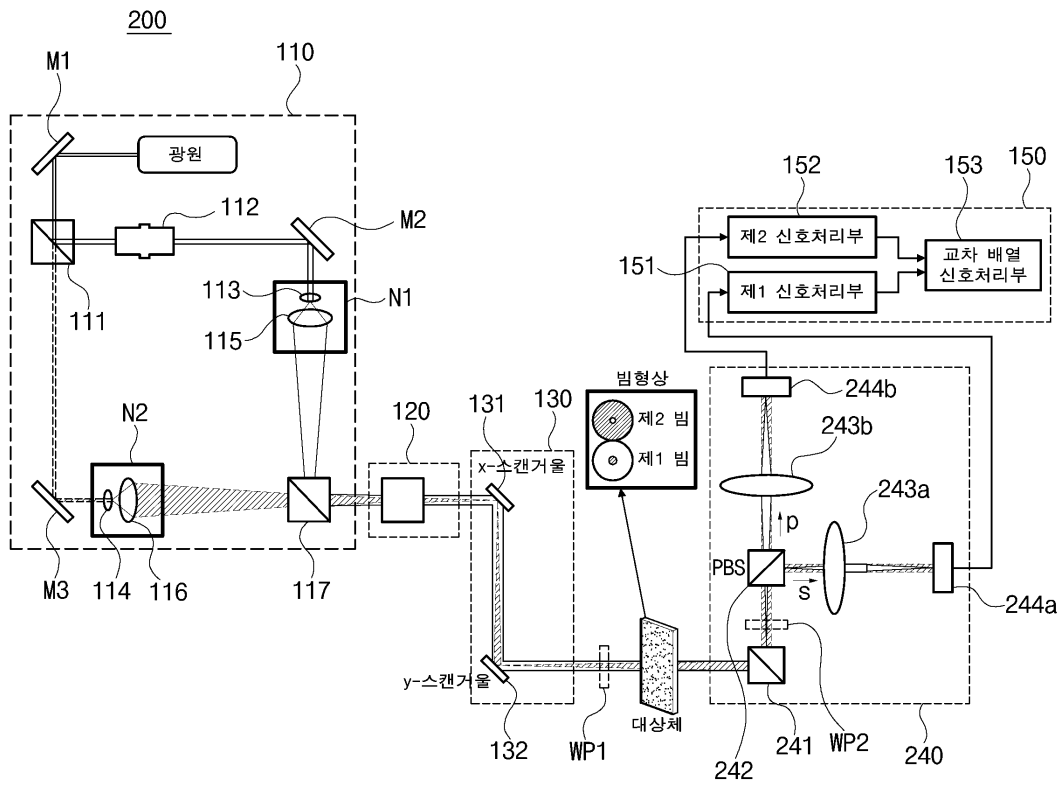
- 120: 스캔빔 분할부
- 131: x-스캔 거울
- 140: 광 검출부
- 141a: 제1 집광기
- 141b: 제2 집광기
- 142a: 제1 편광기
- 142b: 제2 편광기
- 143a: 제1 광검출기
- 143b: 제2 광검출기
- 151: 제1 신호처리부
- 152: 제2 신호처리부
- 153: 교차배열 합성부
- 240: 광 검출부
- 241: 제1 광분할기
- 242: 제2 광분할기
- 243a: 제1 집광기
- 243b: 제2 집광기
- 244a: 제1 광검출기
- 244b: 제2 광검출기
- 330: 스캔부
- 331: 스캔거울
- 332: 트랜슬레이션 스테이지

도면

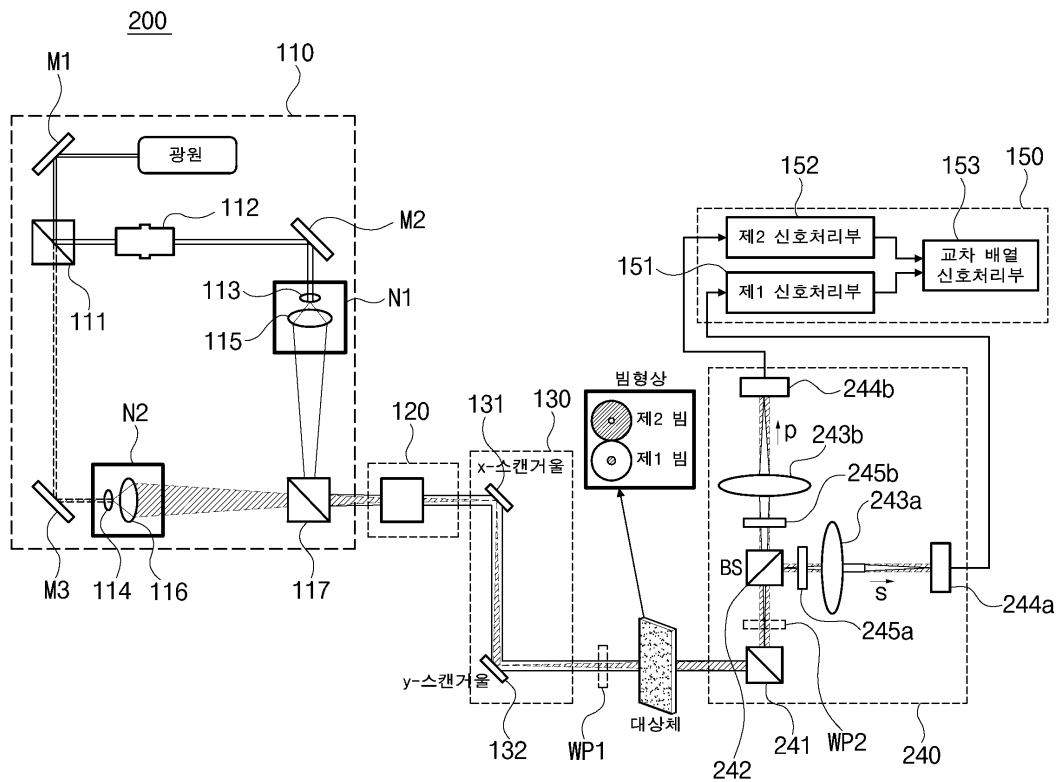
도면1



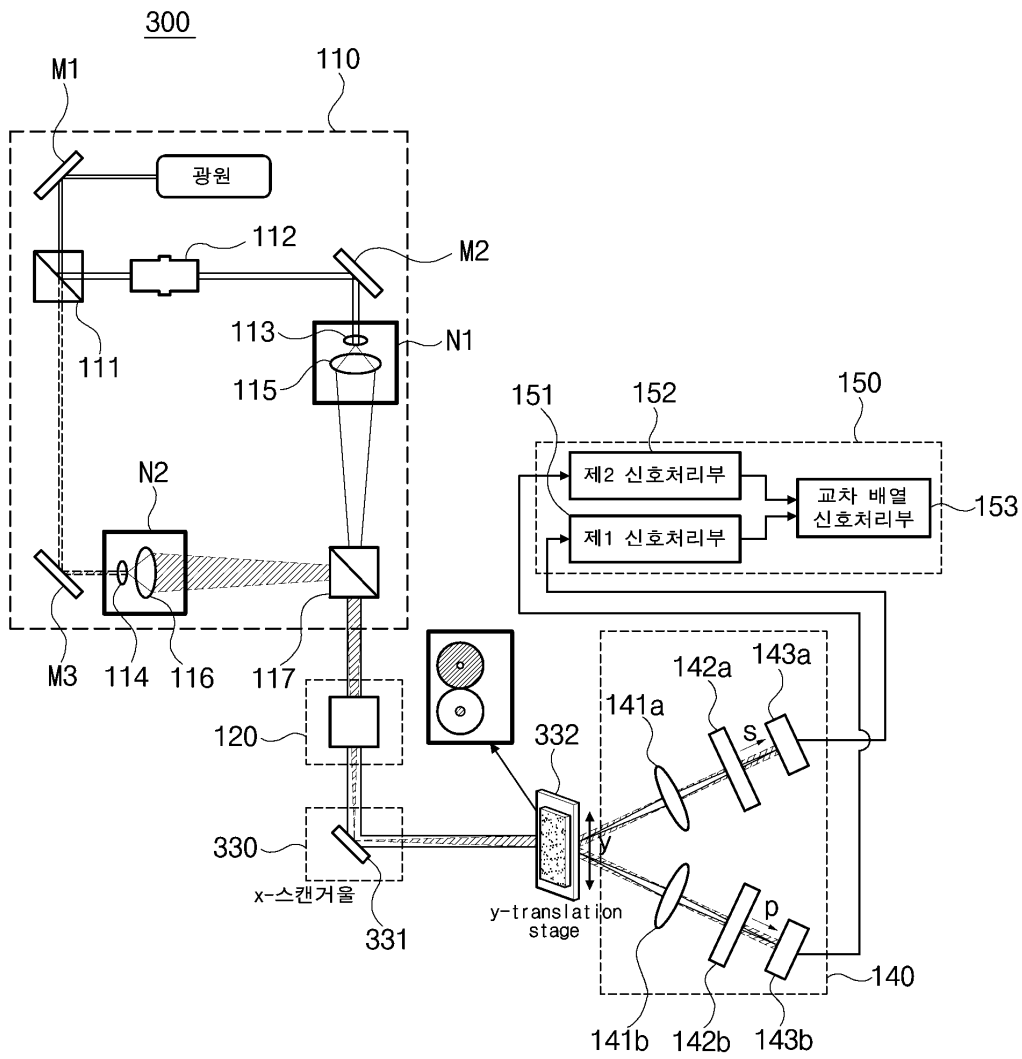
도면2a



도면2b

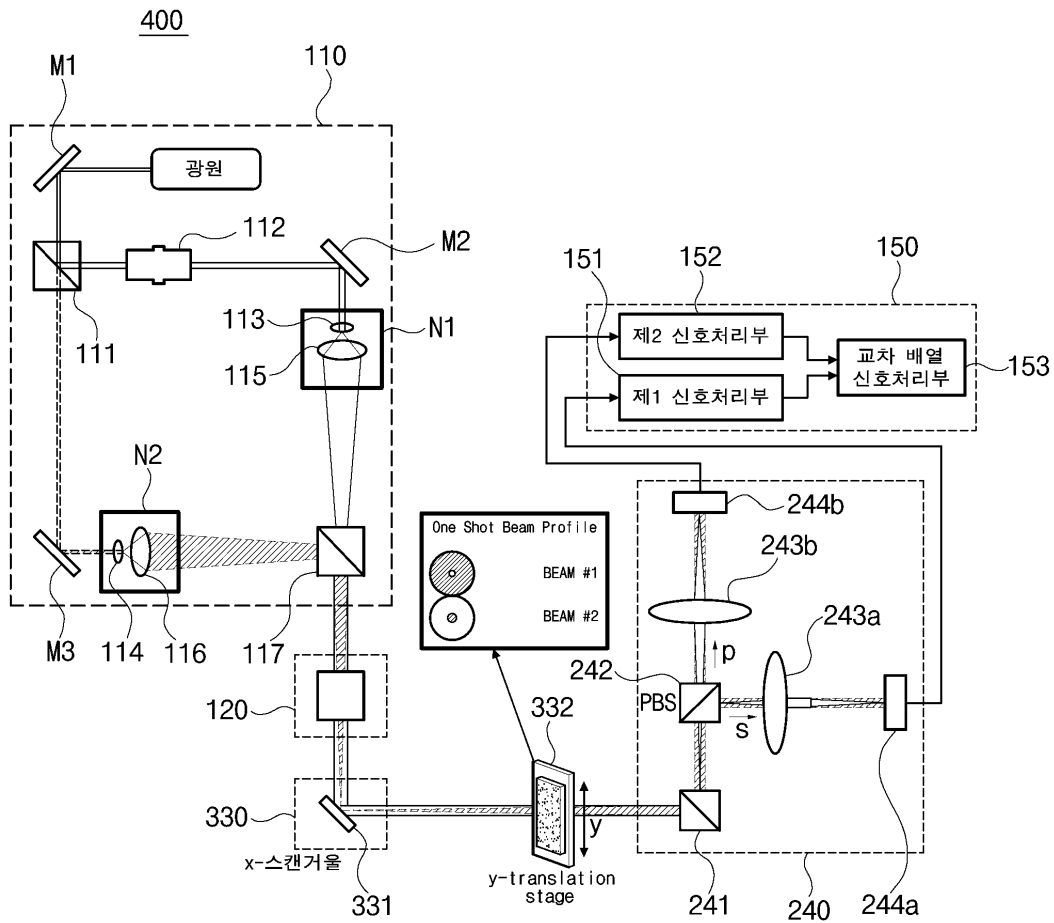


도면3

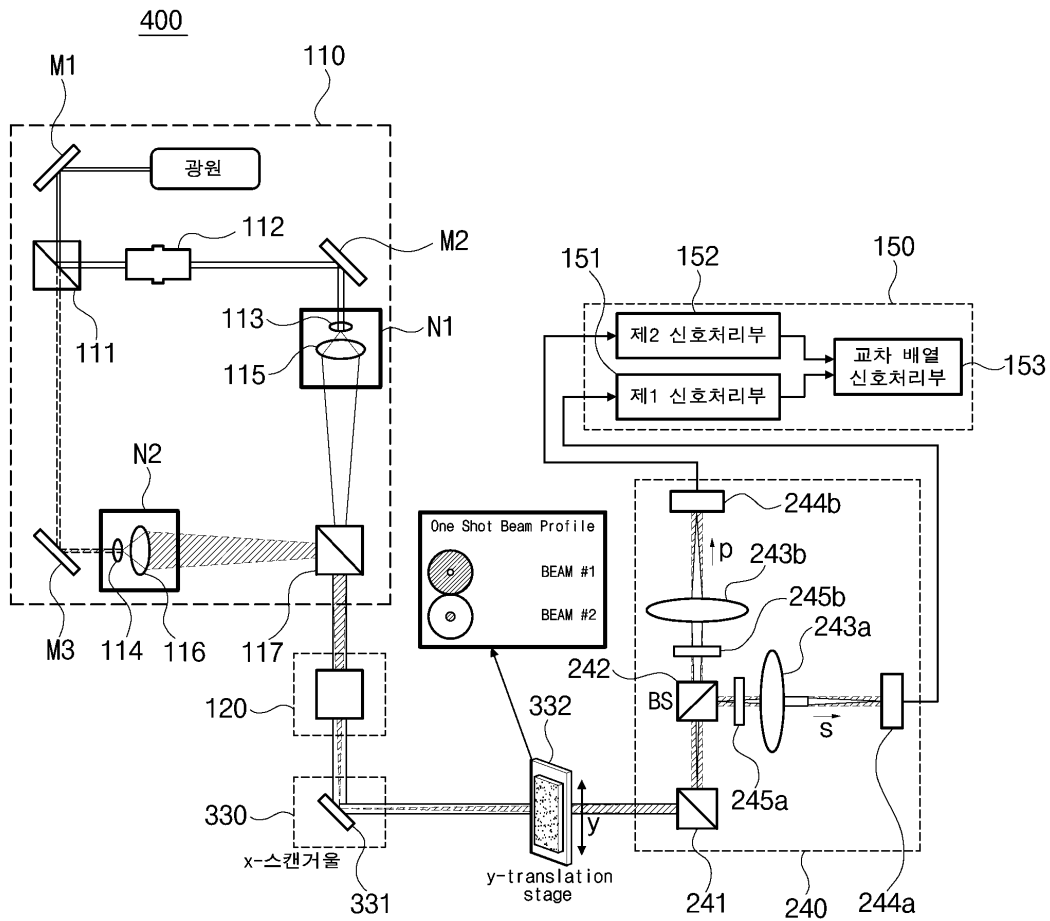




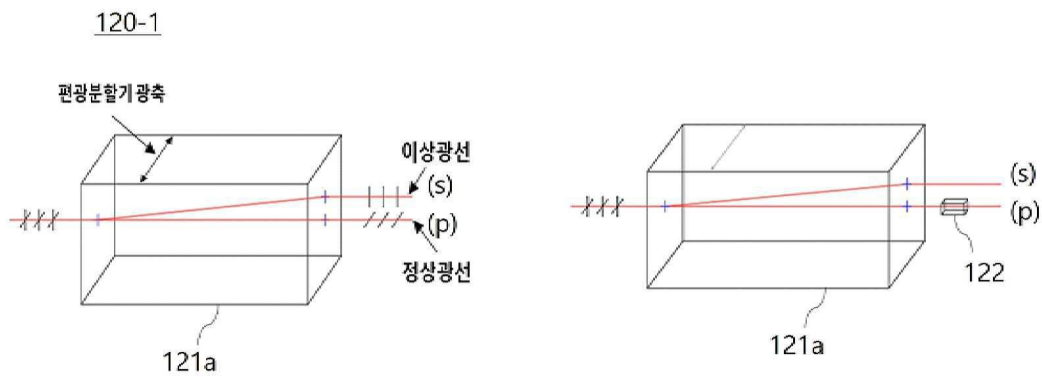
도면4a



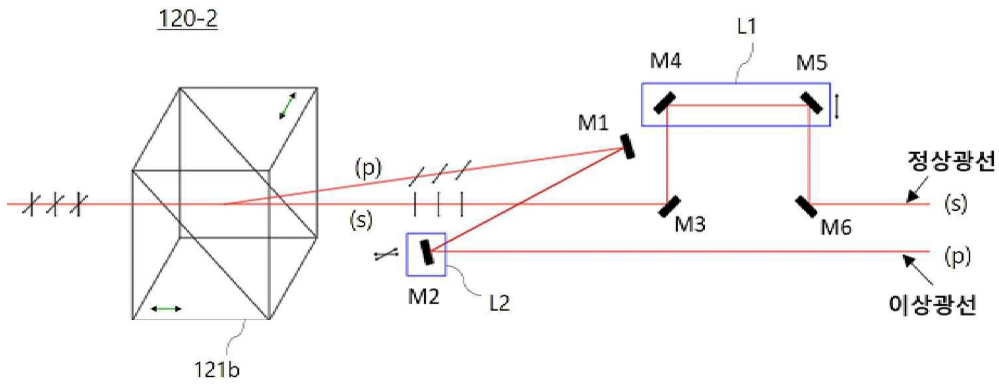
도면4b



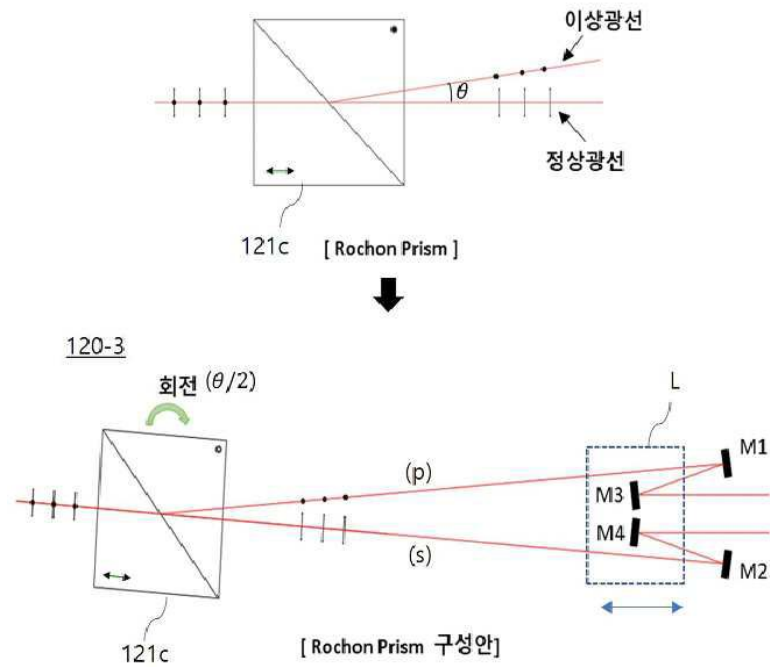
도면5a



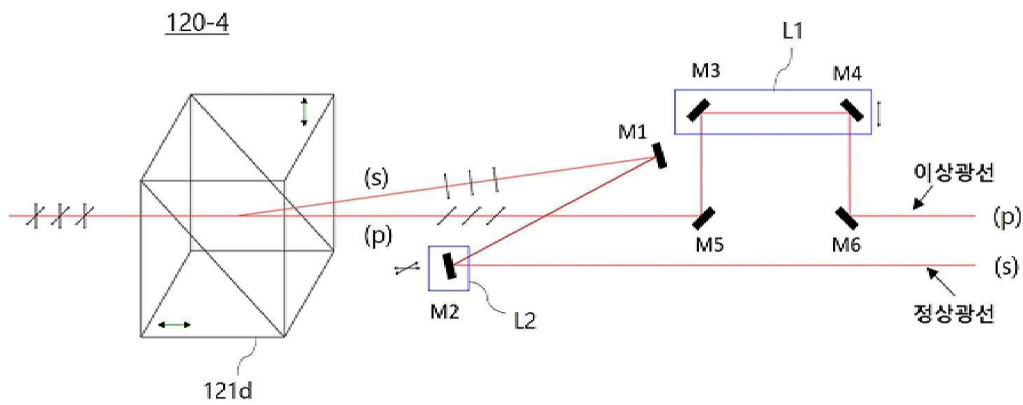
도면5b



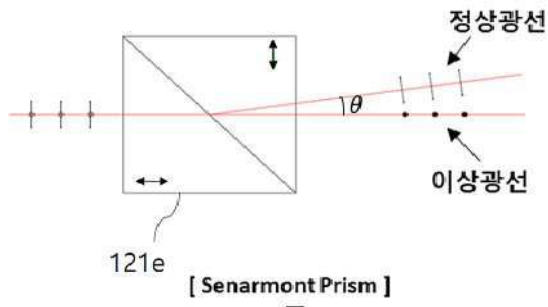
도면5c



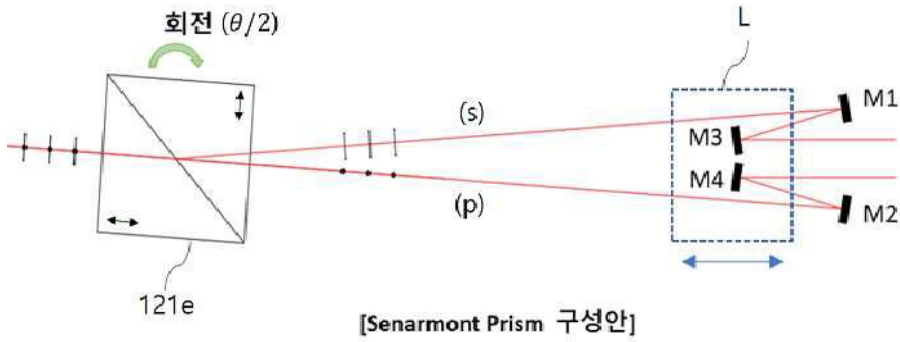
도면5d



도면5e

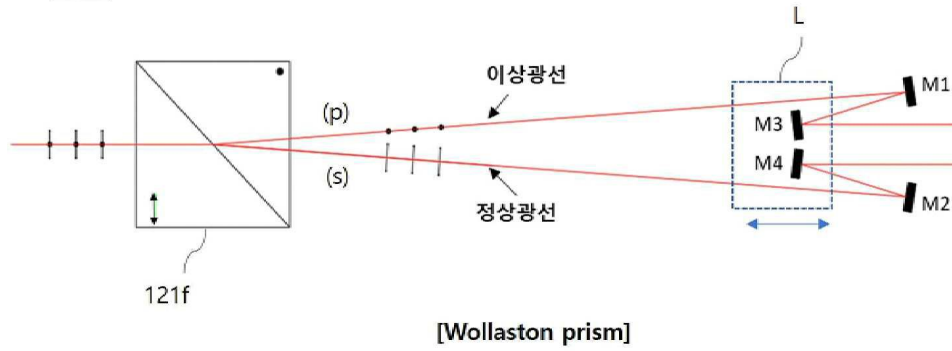


120-5

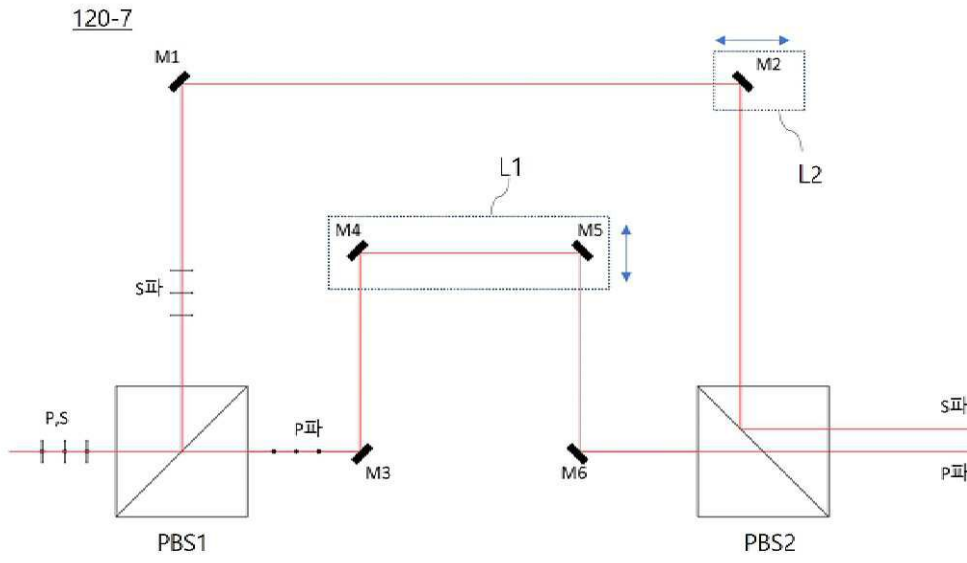


도면5f

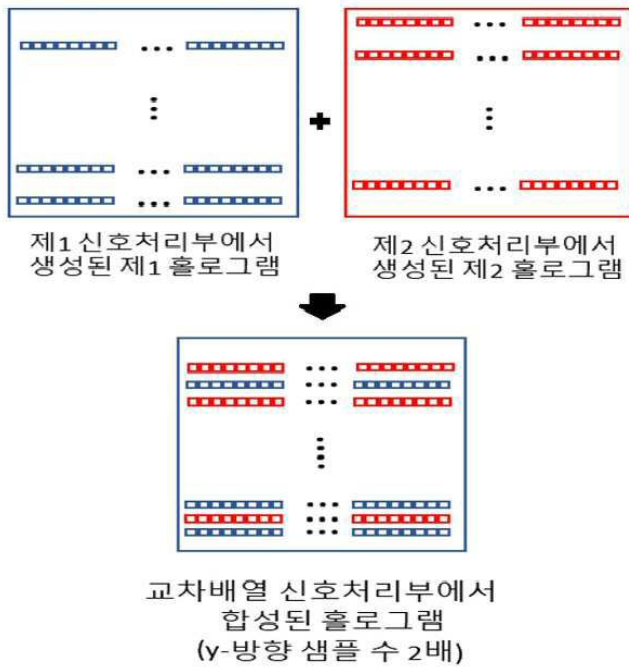
120-6



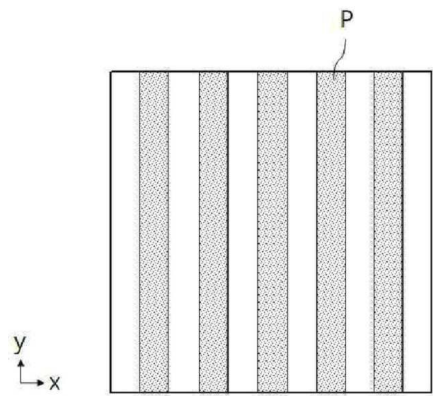
도면5g



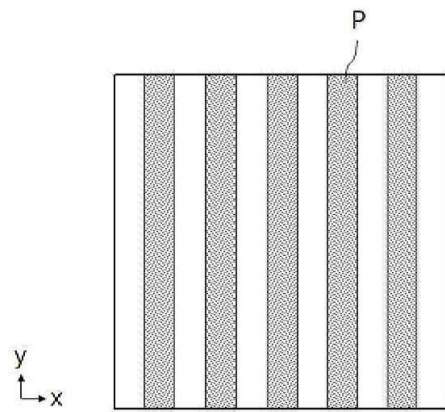
도면6



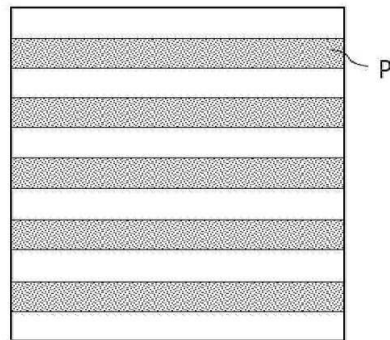
도면7



도면8



(a) 수평 공간 변조 스캐너



(b) 수직 공간 변조 스캐너