(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년12월22일
(11) 등록번호 10-2194261
(24) 등록일자 2020년12월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/896 (2006.01) *G01B 11/30* (2006.01)
G01N 21/88 (2006.01) *G01N 21/95* (2006.01)
G06F 17/10 (2006.01) *G06T 7/00* (2017.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/896 (2013.01)
G01B 11/30 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0093628
(22) 출원일자 2019년08월01일
심사청구일자 2019년08월01일
(56) 선행기술조사문헌
JP2011064606 A*
KR100845747 B1*
KR101593856 B1*
KR1020130111021 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
김대은
서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 c622(신촌동)
김슬기
서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 c424(신촌동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
민영준

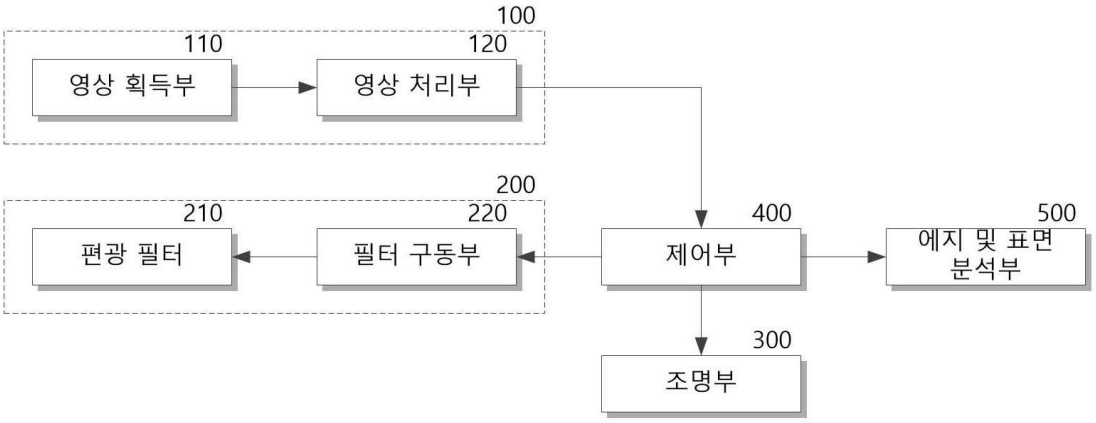
전체 청구항 수 : 총 3 항 심사관 : 권준형

(54) 발명의 명칭 **멀티포인트 편광 정보를 이용한 에지 및 표면 상태 검사 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 기지정된 회전 각도 범위에서 회전하는 편광 필터를 포함하는 필터부, 상기 편광 필터가 전면에 배치되어, 상기 편광 필터를 통해 필터링되어 입사되는 편광으로부터 다수의 편광 영상을 획득하고, 상기 다수의 편광 영상에 대해 이산 푸리에 변환하여 획득되는 변환 영상을 구성하는 성분을 이용하여 편광 위상 및 편광 세기를 계산하여 편광 특성 영상을 획득하는 영상부 및 상기 편광 특성 영상을 기지정된 방식으로 분석하여, 상기 편광 특성 영상에 포함된 객체의 에지와 표면 상태를 분석하는 에지 및 표면 분석부를 포함하여, 저비용으로 정확하게 객체의 에지 및 표면 상태를 검사할 수 있는 에지 및 표면 상태 검사 장치 및 방법을 제공한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
G01N 21/8806 (2013.01)
G01N 21/95 (2013.01)
G06F 17/10 (2013.01)
G06T 7/0004 (2013.01)
G01N 2021/8848 (2013.01)
(72) 발명자
백의현
서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 제3공학관 c424(신촌동)
김진수
서울특별시 중구 다산로8길 7, 202호(신당동)

명 세 서

청구범위

청구항 1

기지정된 회전 각도 범위에서 회전하는 편광 필터를 포함하는 필터부;

상기 편광 필터가 전면에 배치되어, 상기 편광 필터를 통해 필터링되어 입사되는 편광으로부터 다수의 편광 영상을 획득하고, 상기 다수의 편광 영상에 대해 이산 푸리에 변환하여 획득되는 변환 영상을 구성하는 성분을 이용하여 편광 위상 및 편광 세기를 계산하여 편광 특성 영상을 획득하는 영상부; 및

상기 편광 특성 영상을 기지정된 방식으로 분석하여, 상기 편광 특성 영상에 포함된 객체의 에지와 표면 상태를 분석하는 에지 및 표면 분석부를 포함하되,

상기 영상부는

상기 편광 필터가 회전하는 동안 기지정된 각도 단위로 다수의 편광 영상을 획득하는 영상 획득부; 및

상기 다수의 편광 영상에 대해 이산 푸리에 변환하여, 주파수 도메인에서의 상기 변환 영상을 획득하고, 상기 변환 영상을 구성하는 픽셀 성분으로부터 편광 특성의 편광각에 대응하는 편광 위상과 편광량에 대응하는 편광 세기를 계산하며, 계산된 편광 위상 및 편광 세기를 기지정된 방식으로 통합하여 픽셀값으로 변환하여 상기 편광 특성 영상을 획득하는 영상 처리부를 포함하고,

상기 영상 처리부는

상기 변환 영상의 각 픽셀을 구성하는 성분(x, y)을 수학식

$$x = \sum_{t=0}^{\theta} I_x \cos(2\pi t / \theta)$$

$$y = \sum_{t=0}^{\theta} I_y \sin(2\pi t / \theta)$$

(여기서 t는 편광 필터의 회전 각도 단위를 나타내고, Θ는 편광 필터의 최대 회전 각도를 나타낸다.)

에 따라 획득하고, 상기 편광 위상(Phase)과 상기 편광 세기(Magnitude)를 각각 수학식

$$Phase = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$$

$$Magnitude = \sqrt{x^2 + y^2}$$

에 따라 획득하며,

상기 영상 처리부는

상기 편광 위상과 상기 편광 세기를 각각 HSV 색 표현의 색상(H)과 명도(V)에 대입하여 상기 편광 특성 영상의 각 픽셀을 구성하는 에지 및 표면 상태 검사 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1 항에 있어서, 상기 필터부는

상기 영상 획득부의 전면에 배치된 상기 편광 필터를 기지정된 회전 각도 범위에서 기지정된 회전 각도 단위로 회전시키기 위한 필터 구동부를 더 포함하는 에지 및 표면 상태 검사 장치.

청구항 6

편광 필터를 기지정된 회전 각도 범위에서 회전시키는 단계;

상기 편광 필터가 회전하는 동안 상기 편광 필터에서 필터링되어 입사된 편광으로부터 다수의 편광 영상을 획득하는 단계;

상기 다수의 편광 영상에 대해 이산 푸리에 변환하여 변환 영상을 획득하는 단계;

상기 변환 영상을 구성하는 성분을 이용하여 편광 위상 및 편광 세기를 계산하는 단계;

상기 편광 위상과 상기 편광 세기가 각 픽셀에 함께 포함된 편광 특성 영상을 획득하는 단계; 및

상기 편광 특성 영상을 기지정된 방식으로 분석하여, 상기 편광 특성 영상에 포함된 객체의 에지와 표면 상태를 분석하는 단계를 포함하되,

상기 편광 위상 및 편광 세기를 계산하는 단계는

상기 변환 영상의 각 픽셀을 구성하는 성분(x, y)을 수학식

$$x = \sum_{t=0}^{\theta} I_x \cos(2\pi t / \theta)$$

$$y = \sum_{t=0}^{\theta} I_y \sin(2\pi t / \theta)$$

(여기서 t는 편광 필터의 회전 각도 단위를 나타내고, Θ는 편광 필터의 최대 회전 각도를 나타낸다.)

에 따라 획득하는 단계; 및

상기 편광 위상(Phase)과 상기 편광 세기(Magnitude)를 각각 수학식

$$Phase = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$$

$$Magnitude = \sqrt{x^2 + y^2}$$

에 따라 획득하는 단계를 포함하며,

상기 편광 특성 영상을 획득하는 단계는

상기 편광 위상과 상기 편광 세기를 각각 HSV 색 표현의 색상(H)과 명도(V)에 대입하여 상기 편광 특성 영상의 각 픽셀을 구성하는 에지 및 표면 상태 검사 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 에지 및 표면 상태 검사 장치 및 방법에 관한 것으로, 멀티포인트 편광 정보를 이용한 에지 및 표면 상태 검사 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 에지와 표면 상태 검사 장치는 각종 제품의 품질 검사, 제조 공정에서의 정렬 상태 검사 등과 같이 여러 산업 분야에서 다양하게 이용되고 있다.

[0003] 기존에는 에지 검출 또는 표면 상태 검사는 카메라를 이용하여 영상을 획득하고 획득된 영상을 분석하는 기법, 레이저를 조사하고 조사된 레이저의 산란을 분석하는 기법, 초음파와 같은 주파수 신호를 방사하고 반사파를 분석하는 기법 등과 같이 다양한 기법이 이용되고 있다.

[0004] 그러나 기존에 에지 검출 또는 표면 상태 검사 장치는 정확한 에지를 검출하거나 표면 상태를 검사하기 위해, 고성능 카메라, 레이저 모듈 또는 초음파 모듈과 같은 고가의 기기를 필요로 할 뿐만 아니라 많은 보조 장치를 필요로 하여 안정적인 설치 및 사용이 용이하지 않다는 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국 등록 특허 제10-1593856호 (2016.02.03 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 저비용으로 정확하게 에지를 검출하고 표면 상태를 검사할 수 있는 에지 및 표면 상태 검사 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

[0007] 본 발명의 다른 목적은 영상 획득 수단의 전면에 편광 필터를 배치하고, 편광 필터를 회전시키면서 영상을 촬영하여, 편광 필터의 여러 회전 각도에 따라 획득되는 영상을 합성하여 선명한 에지 및 표면 영상을 획득할 수 있는 에지 및 표면 상태 검사 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 에지 및 표면 상태 검사 장치는 기지정된 회전 각도 범위에서 회전하는 편광 필터를 포함하는 필터부; 상기 편광 필터가 전면에 배치되어, 상기 편광 필터를 통해 필터링되어 입사되는 편광으로부터 다수의 편광 영상을 획득하고, 상기 다수의 편광 영상에 대해 이산 푸리에 변환하여 획득되는 변환 영상을 구성하는 성분을 이용하여 편광 위상 및 편광 세기를 계산하여 편광 특성 영상을

획득하는 영상부; 및 상기 편광 특성 영상을 기지정된 방식으로 분석하여, 상기 편광 특성 영상에 포함된 객체의 에지와 표면 상태를 분석하는 에지 및 표면 분석부를 포함한다.

[0009] 상기 영상부는 상기 편광 필터가 회전하는 동안 기지정된 각도 단위로 다수의 편광 영상을 획득하는 영상 획득부; 및 상기 다수의 편광 영상에 대해 이산 푸리에 변환하여, 주파수 도메인에서의 상기 변환 영상을 획득하고, 상기 변환 영상을 구성하는 픽셀 성분으로부터 편광 특성의 편광각에 대응하는 편광 위상과 편광량에 대응하는 편광 세기를 계산하며, 계산된 편광 위상 및 편광 세기를 기지정된 방식으로 통합하여 픽셀값으로 변환하여 상기 편광 특성 영상을 획득하는 영상 처리부를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 영상 처리부는 상기 변환 영상의 각 픽셀을 구성하는 성분(x, y)을 수학식

[0011] $$x = \sum_{t=0}^{\theta} I_x \cos(2\pi t / \theta)$$

[0012] $$y = \sum_{t=0}^{\theta} I_y \sin(2\pi t / \theta)$$

[0013] (여기서 t는 편광 필터의 회전 각도 단위를 나타내고, Θ는 편광 필터의 최대 회전 각도를 나타낸다.)

[0014] 에 따라 획득하고, 상기 편광 위상(Phase)과 상기 편광 세기(Magnitude)를 각각 수학식

[0015] $$Phase = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$$

[0016] $$Magnitude = \sqrt{x^2 + y^2}$$

[0017] 에 따라 획득할 수 있다.

[0018] 상기 영상 처리부는 상기 편광 위상과 상기 편광 세기를 각각 HSV 색 표현의 색상(H)과 명도(V)에 대입하여 상기 편광 특성 영상의 각 픽셀을 구성할 수 있다.

[0019] 상기 필터부는 상기 영상 획득부의 전면에 배치된 상기 편광 필터를 기지정된 회전 각도 범위에서 기지정된 회전 각도 단위로 회전시키기 위한 필터 구동부를 더 포함할 수 있다.

[0020] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 에지 및 표면 상태 검사 방법은 편광 필터를 기지정된 회전 각도 범위에서 회전시키는 단계; 상기 편광 필터가 회전하는 동안 상기 편광 필터에서 필터링되어 입사된 편광으로부터 다수의 편광 영상을 획득하는 단계; 상기 다수의 편광 영상에 대해 이산 푸리에 변환하여 변환 영상을 획득하는 단계; 상기 변환 영상을 구성하는 성분을 이용하여 편광 위상 및 편광 세기를 계산하는 단계; 상기 편광 위상과 상기 편광 세기가 각 픽셀에 함께 포함된 편광 특성 영상을 획득하는 단계; 및 상기 편광 특성 영상을 기지정된 방식으로 분석하여, 상기 편광 특성 영상에 포함된 객체의 에지와 표면 상태를 분석하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0021] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 에지 및 표면 상태 검사 장치 및 방법은 카메라와 같은 영상 획득 수단의 전면에 편광 필터를 배치하고 회전시키면서 영상을 획득하여 다수의 편광 영상을 획득하고, 획득된 다수의 편광 영상을 이산 푸리에 변환하여 주파수 도메인에서의 픽셀별 편광 특성을 추출하여 선명한 에지 및 표면 영상을 획득할 수 있다. 특히 픽셀별 편광 특성으로 편광각에 대응하는 편광 위상과 편광량에 대응하는 편광 세기 획득하고, 편광 위상과 편광 세기를 기반으로 편광 특성 영상을 획득함으로써, 휴대 가능한 소형 및 저비용의 저해상도 카메라로도 선명한 에지 및 표면 영상을 획득할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 에지 및 표면 상태 검사 장치의 구성을 나타낸다.

도 2는 도 1의 에지 및 표면 상태 검사 장치의 구현 예를 나타낸다.

도 3 내지 도 5는 편광 필터의 회전 각도 범위에 따라 획득된 편광 특성 영상을 비교하여 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 에지 및 표면 상태 검사 방법을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.

[0024] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 설명하는 실시예에 한정되는 것이 아니다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계없는 부분은 생략되며, 도면의 동일한 참조부호는 동일한 부재임을 나타낸다.

[0025] 명세서 전체에서, 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. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 에지 및 표면 상태 검사 장치의 구성을 나타내고, 도 2는 도 1의 에지 및 표면 상태 검사 장치의 구현 예를 나타낸다.

[0027] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 실시예에 따른 에지 및 표면 상태 검사 장치는 영상부(100), 필터부(200), 조명부(300), 제어부(400)와 에지 및 표면 분석부(500)를 포함한다.

[0028] 영상부(100)는 에지 및 표면 검사가 수행되어야 할 객체에 대한 편광 영상을 획득하는 영상 획득부(110)와 영상 획득부(110)에서 획득된 편광 영상에서 에지 및 표면 상태가 선명하게 표현되도록 기지정된 방식으로 처리하여 편광 특성 영상을 획득하는 영상 처리부(120)를 포함할 수 있다.

[0029] 영상 획득부(110)는 CCD(Charge-coupled Device) 또는 CMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor)와 같은 이미지 센서를 포함하는 카메라 등으로 구현되어 객체에 대한 영상을 획득할 수 있다. 여기서 영상 획득부(110)는 편광 영상을 획득하도록 구성된 전용의 편광 카메라가 아닌 일반의 카메라 등으로 구현된다. 다만 본 실시예에서는 후술하는 바와 같이 필터부(200)에 의해 특정 방향의 편광만이 필터링되어 영상 획득부(110)로 입사되므로, 영상 획득부(110)는 편광 영상을 획득할 수 있다.

[0030] 영상 처리부(120)는 영상 획득부(110)에서 획득된 다수의 편광 영상을 인가받고, 필터부(200)의 편광 필터(210)에 의한 편광 특성을 고려하여 인가된 다수의 편광 영상을 주파수 도메인의 신호로 변환하여, 에지와 표면 상태가 선명하게 표현이 되는 편광 특성 영상을 획득한다. 특히 본 실시예에서 영상 처리부(120)는 이산 푸리에 변환을 이용하여, 다수의 편광 영상을 주파수 도메인의 신호 형태로 변환하고, 주파수 도메인의 신호를 기반으로 편광 특성이 픽셀값으로 나타나는 편광 특성 영상을 획득한다. 여기서 편광 특성으로는 편광각(Angle of Polarization: AoP)에 대응하는 편광 위상과 편광량(Degree of Polarization: DoP)에 대응하는 편광 세기가 포함된다.

[0031] 영상 처리부(120)가 다수의 객체 영상으로부터 편광 특성 영상을 획득하는 상세한 기법에 대해서는 후술하도록 한다.

[0032] 필터부(200)는 편광 필터(210)와 필터 구동부(220)를 포함할 수 있다.

[0033] 편광 필터(210)는 도 2에 도시된 바와 같이, 영상 획득부(110)의 전면에 배치되어 영상 획득부(110)로 입사되는 광 중 특정 방향의 편광만이 영상 획득부(110)로 인가되도록 필터링한다.

[0034] 이때 편광 필터(210)는 영상 획득부(110)가 필터링되지 않은 광이 영상 획득부(110)에 입사되지 않도록, 즉 영상 획득부(110)로 입사되는 모든 광이 필터링되도록 충분한 크기를 가져야 한다. 또한 필터링되지 않은 광이 편광 필터(210)와 영상 획득부(110) 사이의 측면에서 유입되지 않도록 편광 필터(210)와 영상 획득부(110) 사이의 측면에는 차광 수단이 더 구비될 수 있다.

[0035] 필터 구동부(220)는 제어부(400)의 제어에 따라 영상 획득부(110)의 전면에 배치된 편광 필터(210)를 회전시켜, 영상 획득부(110)로 인가되는 편광의 방향을 가변한다.

[0036] 일반적으로 영상 획득부(110)가 편광 필터(210)에서 필터링된 편광을 인가받아 객체에 대한 편광 영상을 획득하는 경우, 불필요한 반사가 제거되어 편광 영상에서 편광의 방향에 대응하는 객체의 에지가 매우 선명하게 부각되는 특징을 갖는다. 그러나 객체의 형상은 매우 다양하게 나타나며, 필터링된 편광이 특정 방향으로만 고정된다면, 객체의 매우 한정적인 영역의 에지만이 선명하게 두드러지게 된다.

[0037] 이에 본 실시예에서는 필터 구동부(220)가 영상 획득부(110)의 전면에 배치된 편광 필터(210)를 기지정된 속도 또는 각도 단위로 회전시킨다. 이 경우, 영상 획득부(110)는 동일 객체에 대해 다수의 방향으로 필터링된 편광을 인가받아 다수의 편광 영상을 획득할 수 있으며, 획득된 다수의 편광 영상에서는 편광 필터(210)가 회전된 각도에 따라 선명하게 표출되는 객체의 에지를 획득할 수 있다.

[0038] 이때 필터 구동부(220)는 편광 필터(210)를 일예로 180도 각도 범위로 회전시킬 수 있다. 이는 도 2에 도시된 편광 필터(210)가 선편광만이 영상 획득부(110)로 인가되도록 필터링을 수행하기 때문에, 180도를 초과한 각도 범위로 편광 필터(210)를 회전시키더라도 영상 획득부(110)에서는 180도 이내의 각도 범위에서 편광 필터(210)를 회전시킨 경우와 동일한 편광 영상이 획득되기 때문이다.

[0039] 필터 구동부(220)는 적어도 하나의 구동 모터(221)를 포함하여 편광 필터(210)를 회전시킬 수 있으며, 적어도 하나의 구동 모터(221)는 정확한 회전 각도 제어가 가능한 스텝핑 모터 등으로 구현될 수 있다. 또한 필터 구동부(220)는 편광 필터(210)의 회전 각도를 세밀하게 조절하기 위해, 적어도 하나의 기어(222)를 포함할 수 있다.

[0040] 조명부(300)는 영상 획득부(110)가 객체의 에지와 표면이 선명하게 표현되는 편광 영상을 획득할 수 있도록 객체로 광을 조사한다. 조명부(300)는 적어도 하나의 광원(310)을 포함할 수 있다. 여기서 적어도 하나의 광원(310) 각각은 LED로 구현될 수 있다. 또한 광원(310)이 다수개인 경우, 도 2에 도시된 바와 같이, 영상 획득부(110)를 중심으로 기지정된 거리에서 균일한 간격으로 원형으로 배치될 수 있다. 이는 광원(310)이 특정 방향에만 배치되는 경우, 객체에 음영이 발생되어 객체의 형상이나 표면 상태를 판별하기 어렵게 하기 때문이다. 또한 필터 구동부(220)에 의해 회전하는 편광 필터(210)가 입사되는 광을 여러 방향에서 필터링하여 영상 획득부(110)로 전달할지라도 일정 수준 이상의 균일한 광량이 영상 획득부(110)에 제공될 수 있도록 하기 위함이다.

[0041] 그리고 조명부(300)는 다수의 광원(310)의 배치 위치를 지지하기 위한 배치 프레임(320)이 더 포함할 수 있다. 배치 프레임(320)은 도 2에 도시된 바와 같이, 다수의 광원(310)이 영상 획득부(110)와 편광 필터(210)로 광이 입사되는 방향의 전면에 기지정된 위치에 안정적으로 배치될 수 있도록 구성되며, 영상 획득부(110)로 입사되는 광량이 저감되지 않도록 투명한 소재로 구성될 수 있다.

[0042] 제어부(400)는 에지 및 표면 상태 검사 장치가 객체에 대한 편광 특성 영상을 획득할 수 있도록 영상부(100)와 필터부(200) 및 조명부(300)를 제어한다. 제어부(400)는 사용자 명령 등에 응답하여 영상부(100)의 영상 획득부(110)가 편광 영상을 획득하도록 하고, 이때, 필터부(200)의 필터 구동부(220)를 제어하여, 편광 필터(210)에서 필터링되어 영상 획득부(110)로 입사되는 편광의 방향을 조절하고, 조명부(300)를 제어하여 적어도 하나의 광원(310)이 광을 방사하도록 한다.

[0043] 그리고 제어부(400)는 영상부(100)에서 전달되는 편광 특성 영상을 에지 및 표면 분석부(500)로 전달한다.

[0044] 에지 및 표면 분석부(500)는 제어부(400)로부터 편광 특성 영상을 인가받아 분석하여, 편광 특성 영상에 포함된 객체의 에지 및 표면 상태를 판별한다. 여기서 에지 및 표면 분석부(500)는 기지정된 다양한 영상 분석 기법에 따라 편광 특성 영상에 포함된 객체의 에지 및 표면 상태를 분석할 수 있다. 영상에 포함된 객체에 대한 영상을 분석하기 위한 기법은 다양하게 공개되어 있으며, 본 실시예에서 에지 및 표면 분석부(500)는 영상부(100)에서 객체에 대해 선명한 에지와 표면 상태가 표현된 편광 특성 영상을 인가받아 공지된 기법에 따라 객체의 에지 및 표면 상태를 판별할 수 있다. 여기서 영상을 분석하기 위한 기법은 일예로 인공 신경망을 이용할 수도 있다.

[0045] 그리고 도 1에서는 일예로 에지 및 표면 분석부(500)가 에지 및 표면 상태 검사 장치에 포함되는 것으로 도시하였으나, 에지 및 표면 분석부(500)는 외부의 별도의 장치로 구현될 수도 있다.

[0046] 상기한 바와 같이, 영상에 포함된 객체에 대한 편광 특성 영상을 분석하기 위한 다양한 기법이 공개되어 있으나, 이러한 영상 분석 기법의 대부분은 대량의 연산을 요구하며, 이에 고성능의 연산 장치를 요구한다. 그

리고 이러한 고성능의 연산 장치를 에지 및 표면 상태 검사 장치에 포함하는 경우, 제조 비용이 상승할 뿐만 아니라, 휴대가 용이하지 않다는 문제가 있다. 이에 에지 및 표면 분석부(500)는 에지 및 표면 상태 검사 장치의 외부의 서버 또는 연산 단말 등으로 별도로 구현될 수 있다. 이 경우, 제어부(400)는 통신 기능을 포함하여, 획득된 편광 특성 영상을 외부의 에지 및 표면 분석부(500)로 전송하도록 구성될 수 있다.

[0047] 이하에서는 영상 처리부(120)가 다수의 편광 영상으로부터 편광 특성 영상을 획득하는 방식을 설명한다.

[0048] 영상 처리부(120)는 편광 필터(210)가 회전하는 동안 영상 획득부(110)에서 획득된 다수의 편광 영상을 인가받아 이산 푸리에 변환(Discrete Fourier Transform: DFT)을 수행한다.

[0049] 이산 푸리에 변환의 공식은 수학식 1과 같이 알려져 있다.

수학식 1

[0050]

$$f(x) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n cos\left(\frac{2\pi nx}{P}\right) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n sin\left(\frac{2\pi nx}{P}\right)$$

$$a_n = \frac{2}{P}\int_{x_0}^{x_0+P} f(x)cos\left(\frac{2\pi nx}{P}\right)dx$$

$$b_n = \frac{2}{P}\int_{x_0}^{x_0+P} f(x)sin\left(\frac{2\pi nx}{P}\right)dx$$

[0051] 수학식 1에서 x는 입력으로서, 편광 영상이며, f(x)는 주파수 도메인으로 변환된 변환 영상(I)이고, P는 주기를 나타낸다.

[0052] 수학식 1에서 a_n과 b_n은 f(x)를 구성하는 성분으로, 변환 영상(I)의 픽셀 성분(I(x,y))으로 볼 수 있다(a_n = x, b_n = y). 영상 획득부(110)가 편광 필터(210)가 0도에서 기지정된 최대 회전 각도(Θ)(예를 들면 180도)까지 1도 각도 단위로 회전하는 동안 181개의 편광 영상을 획득하는 것으로 가정하면, 수학식 1의 변환 영상(I(x, y))의 픽셀 성분(x, y)은 각각 수학식 2 및 수학식 3으로 표현될 수 있다.

수학식 2

[0053]

$$x = \sum_{t=0}^{\theta} I_x \cos(2\pi t/\theta)$$

수학식 3

[0054]

$$y = \sum_{t=0}^{\theta} I_y \sin(2\pi t/\theta)$$

[0055] 여기서 t는 편광 영상이 획득되는 시점의 편광 필터의 회전 각도를 의미하고, x, y는 변환 영상(I)에서 픽셀의 성분을 의미한다.

[0056] 수학식 2 및 3에 따라 획득되는 편광 필터(210)가 180도 회전하는 동안 누적된 x와 y의 값을 이용하면, 변환 영

상의 각 픽셀 위치에서 위상(Phase)과 세기(Magnitude)는 각각 수학식 4 및 5와 같이 계산될 수 있다.

수학식 4

[0057]
$$Phase = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right)$$

수학식 5

[0058]
$$Magnitude = \sqrt{x^2 + y^2}$$

[0059] 그리고 수학식 4 및 수학식 5에 나타난 변환 영상의 위상(Phase)과 세기(Magnitude)는 각각 해당 픽셀 위치에서의 편광 특성 중 편광각(AoP)과 편광량(DoP)에 대응하는 것으로 볼 수 있다.

[0060] 즉 변환 영상에서 수학식 4와 수학식 5에 따라 획득되는 위상과 세기는 각각 편광의 방향과 크기를 나타낸다. 그리고 이러한 편광의 방향 및 크기는 객체의 표면 상태(색상, 질감, 재질, 각도, 에지 여부) 등에 의해 상이하게 나타나게 된다.

[0061] 이에 영상 처리부(120)는 획득된 변환 영상의 픽셀별 위상(Phase)과 세기(Magnitude)를 기반으로 편광각(AoP)과 편광량(DoP)이 모두 포함된 편광 특성 영상을 획득한다.

[0062] 편광 특성 영상은 변환 영상의 픽셀별 위상(Phase)과 세기(Magnitude)를 시각적으로 표현하기 위해, HSV(색상(Hue), 채도(Saturation), 명도(Value)) 색 표현 기법을 적용할 수 있다.

[0063] 각각의 픽셀에서 위상(Phase)이 나타내는 편광각(AoP)과 편광 세기(Magnitude)가 나타내는 편광량(DoP)을 함께 HSV 색표현 값으로 표현하기 위해, 수학식 6을 적용할 수 있다.

수학식 6

[0064]
$$AoP \quad with \quad Dop = \begin{bmatrix} H \\ S \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Angle \quad of \quad Polarization \\ 1 \\ Degree \quad of \quad Polarization \end{bmatrix}$$

[0065] 수학식 6에 따르면, 편광각(AoP)을 색상(H)으로 표현하고, 편광량(DoP)을 명도(V)로 표현하여, 각 픽셀에서 편광각(AoP)과 편광량(DoP)을 함께 표현할 수 있다.

[0066] 이렇게 편광 특성 영상의 각 픽셀이 편광각(AoP)과 편광량(DoP)을 함께 표현하도록 구성되면, 객체의 표면 특성과 에지가 매우 선명하게 표출되게 된다.

[0067] 도 3 내지 도 5는 편광 필터의 회전 각도 범위에 따라 획득된 편광 특성 영상을 비교하여 나타낸 도면이다.

[0068] 도 3 내지 도 5에서 (a)는 편광 필터(210)를 45도 각도 단위로 회전시키면서 획득된 4개의 편광 영상을 이용하여 생성된 편광 특성 영상을 나타내고, (b)는 편광 필터(210)를 1도 각도 단위로 회전시키면서 획득된 180개의 편광 영상을 이용하여 생성된 편광 특성 영상을 나타낸다.

[0069] 그리고 도 3은 편광 특성 영상에서 각 픽셀을 위상(Phase)에 따른 편광각(AoP)으로 표현한 결과이고, 도 4는 각 픽셀을 편광 세기(Magnitude)가 나타내는 편광량(DoP)으로 표현한 결과이며, 도 5는 편광각(AoP)과 편광량(DoP)을 함께 표현한 결과이다.

[0070] 수학식 6에서와 같이 편광각(AoP)을 색상(H)으로 표현하고, 편광량(DoP)을 명도(V)로 표현함에 따라, 편광각

(AoP)을 나타내는 도 4에서는 위상(Phase)에 따른 편광각(AoP)의 변화가 색상(H)의 변화로 나타나 있다. 반면, 편광량(DoP) 을 나타내는 도 5에서는 편광 세기(Magnitude)에 따른 편광량(DoP)의 변화가 명도(V)의 변화로 나타나므로, 도 5는 그레이 스케일 영상으로 표현되었다.

[0071] 그리고 도 6에서는 편광각(AoP)과 편광량(DoP)을 함께 표현함에 따라, 위상(Phase)과 세기(Magnitude)의 변화에 의해 색상과 명도의 변화가 명확하게 나타나게 되어 객체의 표면 상태와 에지가 매우 선명하게 나타남을 알 수 있다.

[0072] 한편, 도 3 내지 도 5에서 (a)와 (b)를 비교하면, 4개의 편광 영상을 이용하여 생성된 (a)의 편광 특성 영상에 비해, 180개의 편광 영상을 이용하여 생성된 (b)의 편광 특성 영상이 더욱 명확하게 객체의 형태 및 표면 상태를 나타냄을 알 수 있다. 즉 더 조밀한 각도 단위로 편광 필터(210)를 회전시키면서 편광 특성 영상을 획득하는 것이 더욱 선명한 영상을 획득할 수 있다.

[0073] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 에지 및 표면 상태 검사 방법을 나타낸다.

[0074] 도 1 내지 도 5를 참조하여, 도 6의 에지 및 표면 상태 검사 방법을 설명하면, 우선 에지 및 표면 상태 검사 대상인 객체에 음영이 발생되지 않도록 광원을 턴온한다(S11). 다만 광원이 포함되지 않거나 별도의 광원이 필요하지 않은 경우에는 광원을 턴온 하는 단계는 생략될 수도 있다.

[0075] 그리고 편광 필터(210)를 기지정된 초기 각도(예를 들면 0도)로 회전시켜 초기화한다(S12). 편광 필터의 각도가 초기화되면, 객체를 촬영하여 편광 영상을 획득한다(S13). 그리고 편광 필터(210)의 각도가 기지정된 최대 회전 범위(예를 들면 180도)에 도달하였는지 판별한다(S14). 만일 최대 회전 범위에 도달하지 않은 것으로 판별되면, 편광 필터(210)를 기지정된 각도 단위(예를 들면 1도)로 회전시킨다(S15). 그리고 다시 편광 영상을 획득한다(S13).

[0076] 그러나 편광 필터(210)가 최대 회전 범위로 회전된 것으로 판별되면, 획득된 다수의 편광 영상에 대해 이산 푸리에 변환을 수행하여, 변환 영상(I)을 획득한다(S16). 그리고 수학식 2 및 3과 같이 표현되는 변환 영상(I)을 구성하는 픽셀 성분(x, y)를 이용하여 변환 영상의 픽셀별 위상(Phase)과 세기(Magnitude)를 각각 수학식 4 및 5에 따라 계산한다(S17).

[0077] 픽셀별로 위상(Phase)과 세기(Magnitude)가 계산되면, 계산된 위상(Phase)과 세기(Magnitude)가 대응하는 픽셀에 함께 반영된 편광 특성 영상을 획득한다(S18).

[0078] 그리고 획득된 편광 특성 영상을 분석하여 객체의 에지 및 표면 상태를 분석한다(S19).

[0079] 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행 시키기 위한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다. 여기서 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스 될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 또한 컴퓨터 저장 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함하며, ROM(판독 전용 메모리), RAM(랜덤 액세스 메모리), CD(컴팩트 디스크)-ROM, DVD(디지털 비디오 디스크)-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광데이터 저장장치 등을 포함할 수 있다.

[0080] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.

[0081] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0082] 100: 영상부 110: 영상 획득부

120: 영상 처리부 200: 필터부

210: 편광 필터 220: 필터 구동부

221: 구동 모터 222: 기어

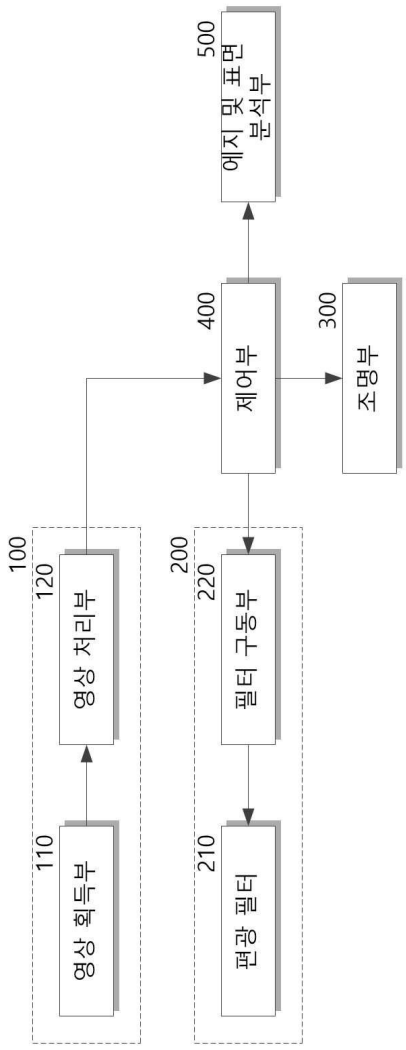
300: 조명부 310: 광원

320: 배치 프레임 400: 제어부

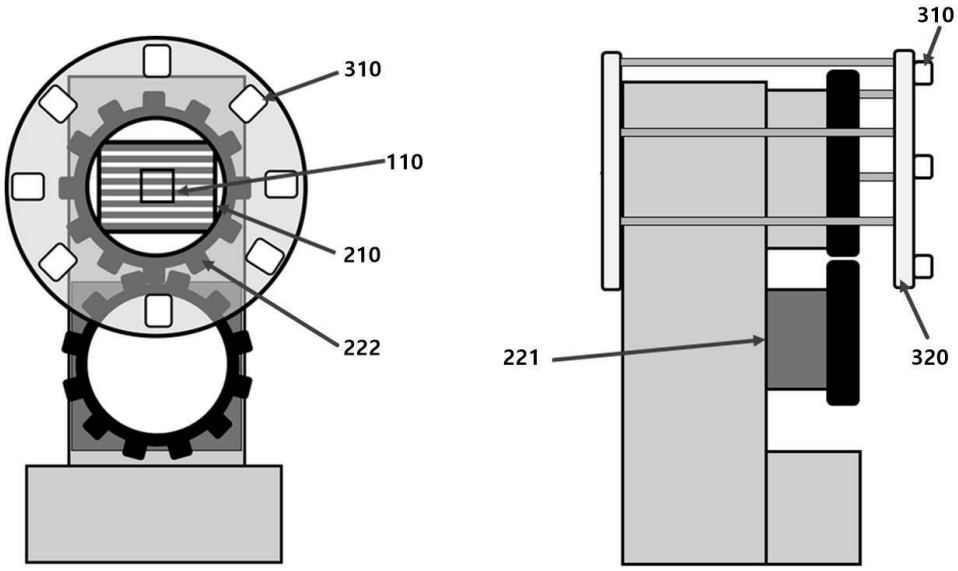
500: 에지 및 표면 분석부

도면

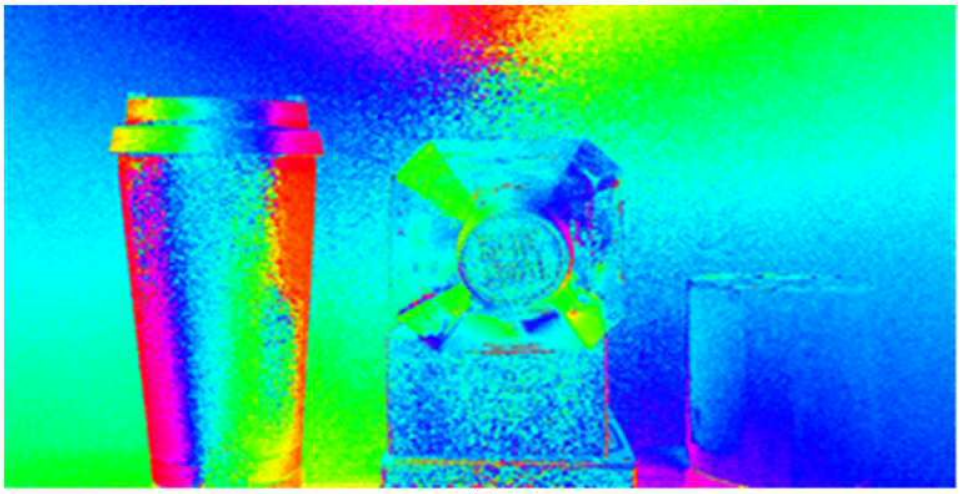
도면1



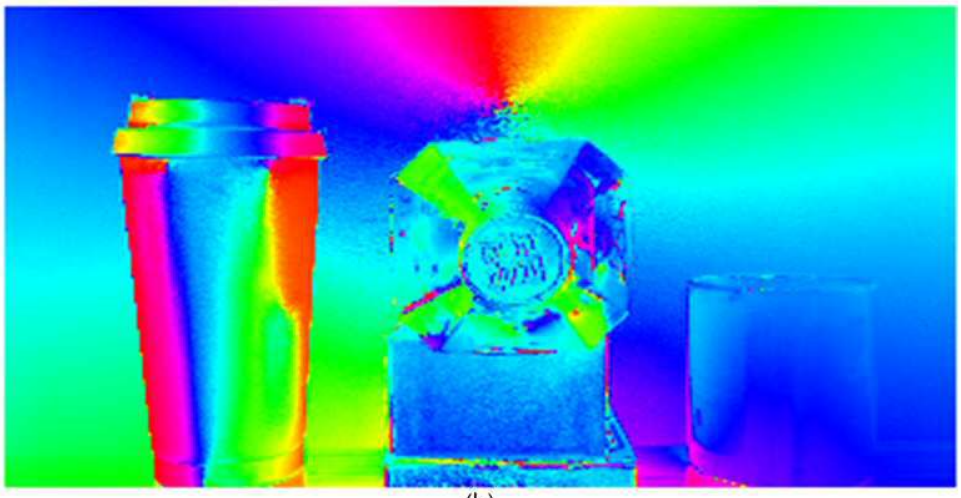
도면2



도면3

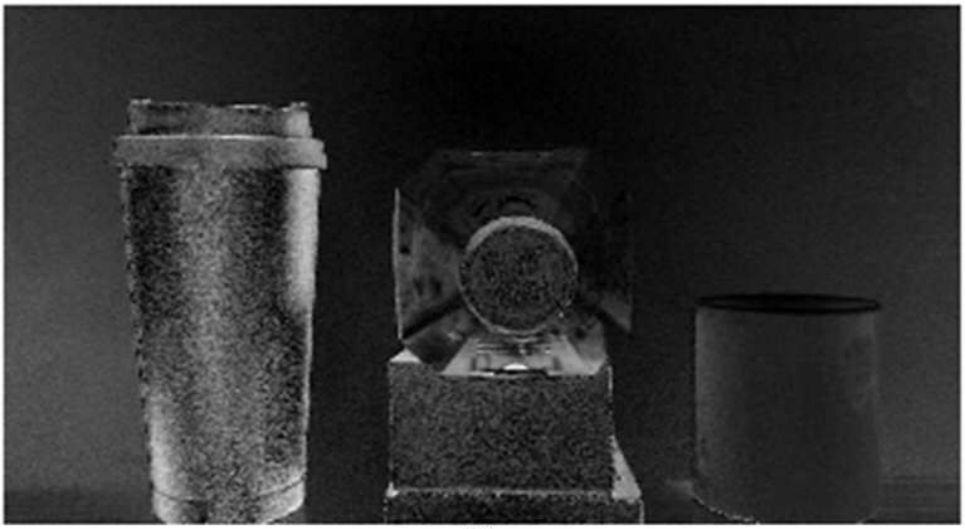


(a)



(b)

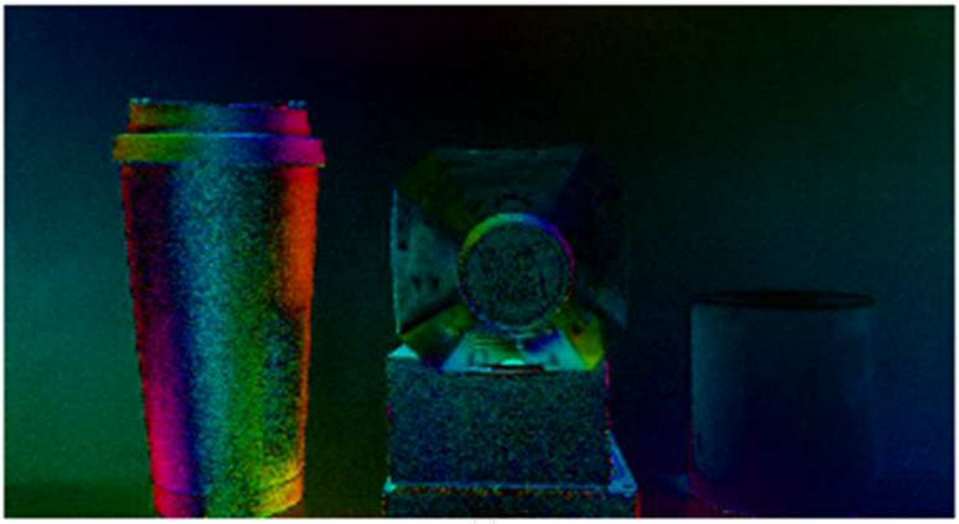
도면4



(a)

(b)

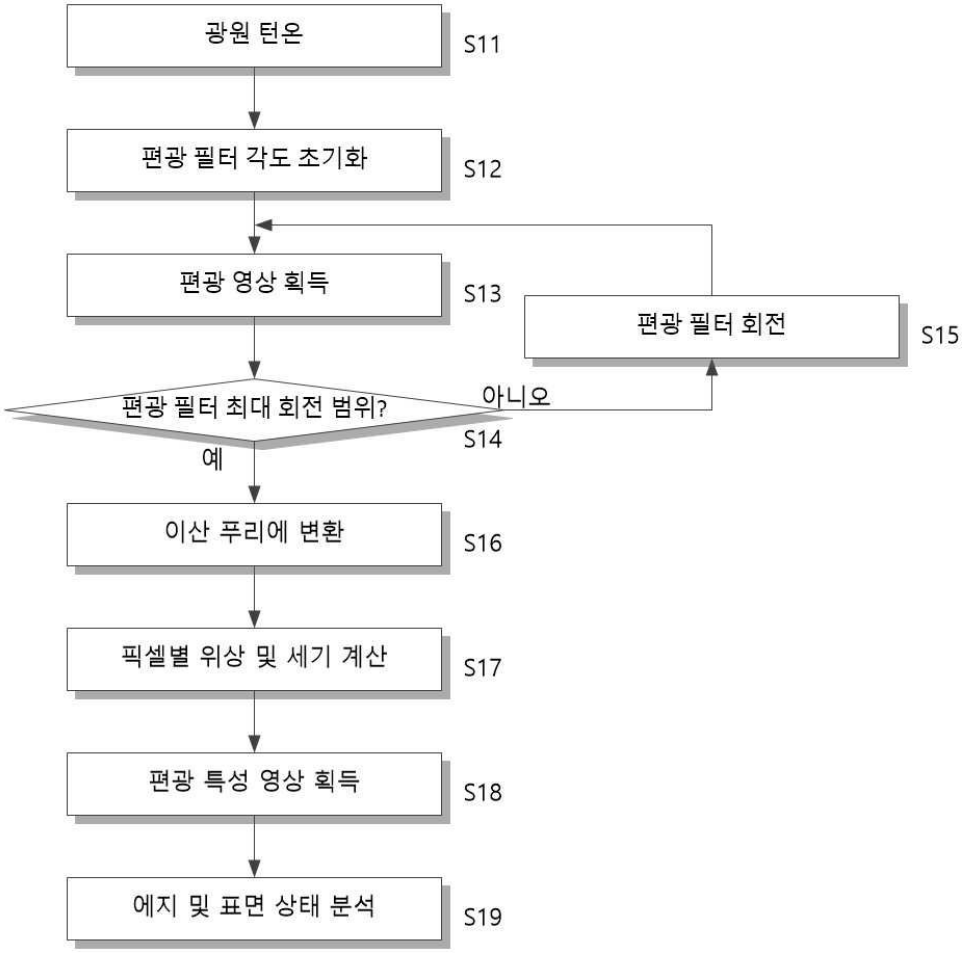
도면5



(a)

(b)

도면6


광원 턴온
S11
편광 필터 각도 초기화
S12
편광 영상 획득
S13
편광 필터 회전
S15
편광 필터 최대 회전 범위?
아니오
S14
예
이산 푸리에 변환
S16
픽셀별 위상 및 세기 계산
S17
편광 특성 영상 획득
S18
에지 및 표면 상태 분석
S19