



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0050936
(43) 공개일자 2020년05월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02F 1/1335 (2019.01) G02B 27/14 (2006.01)
G02B 5/30 (2006.01) G02F 1/137 (2019.01)
(52) CPC특허분류
G02F 1/133528 (2013.01)
G02B 27/14 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0053452(분할)
(22) 출원일자 2020년05월04일
심사청구일자 없음
(62) 원출원 특허 10-2017-0175452
원출원일자 2017년12월19일
심사청구일자 2017년12월19일
(30) 우선권주장
1020170087744 2017년07월11일 대한민국(KR)

(71) 출원인
경상대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
정미윤
경상남도 진주시 천수로 30, 106동 1306호(주약동, 한보은빛마을아파트)
(74) 대리인
특허법인 태웅

전체 청구항 수 : 총 8 항

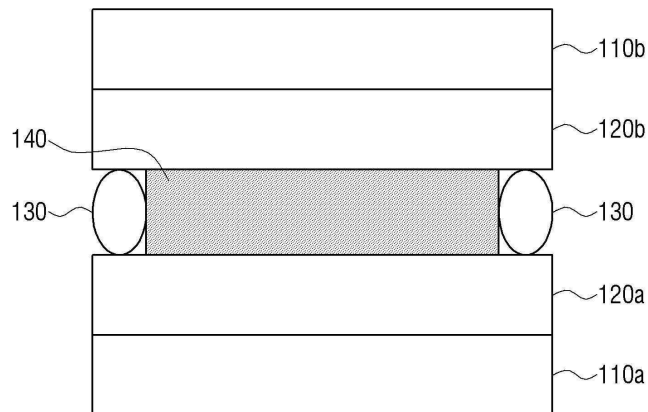
(54) 발명의 명칭 원형 편광 소자, 이를 포함하는 노치 필터 및 밴드 패스 필터

(57) 요약

본 발명의 노치 필터는, 콜레스테릭 액정(CLC)층에 좌선성 카이랄 물질을 포함하고 우원 성분의 빛을 통과시키는 우원 편광 소자; 콜레스테릭 액정(CLC)층에 우선성 카이랄 물질을 포함하고 좌원 성분의 빛을 통과시키는 좌원 편광 소자; 를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1

100



(52) CPC특허분류

G02B 5/3016 (2013.01)

G02F 1/13718 (2013.01)

G02F 2001/133541 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

콜레스테릭 액정(CLC)층에 좌선성 카이랄 물질을 포함하고 우원 성분의 빛을 통과시키는 우원 편광 소자;

콜레스테릭 액정(CLC)층에 우선성 카이랄 물질을 포함하고 좌원 성분의 빛을 통과시키는 좌원 편광 소자; 를 포함하는 노치 필터.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 우원 편광 소자 및 상기 좌원 편광 소자 중 적어도 하나의 수평 방향에 해당하는 웨지 방향을 따라 연속적인 피치 그래디언트를 형성하는 연속적 피치 조절 수단; 을 포함하는 노치 필터.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 연속적 피치 조절 수단은,

상기 웨지 방향을 따른 상기 카이랄 물질의 농도 확산, 상기 웨지 방향을 따른 상기 카이랄 물질의 농도 구배, 상기 웨지 방향을 따른 온도 구배 또는 열 구배, 상기 웨지 방향을 따른 아조 색소의 농도 구배, 상기 웨지 방향을 따른 아조 색소의 광이성질화 비율, 상기 웨지 방향을 따른 전압 구배 또는 전기장 구배, 상기 우원 편광 소자 또는 상기 좌원 편광 소자를 회전시키는 로테이터, 상기 우원 편광 소자 또는 상기 좌원 편광 소자를 평행 이동시키는 이동체 중 적어도 하나를 포함하는 노치 필터.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 우원 편광 소자가 반사하는 특정 파장 대역의 좌원 성분 빛 및

상기 좌원 편광 소자가 반사하는 특정 파장 대역의 우원 성분 빛이 모두 차단되며,

상기 우원 편광 소자의 상기 특정 파장 대역은 상기 우원 편광 소자에 마련되는 상기 연속적 피치 조절 수단에 의하여 상기 우원 편광 소자의 웨지 방향을 따라 연속적으로 조절되고,

상기 좌원 편광 소자의 상기 특정 파장 대역은 상기 좌원 편광 소자에 마련되는 상기 연속적 피치 조절 수단에 의하여 상기 좌원 편광 소자의 웨지 방향을 따라 연속적으로 조절되는 노치 필터.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 우원 편광 소자 및 좌원 편광 소자는,

수평 방향에 해당하는 웨지 방향을 따라 연장되는 한 쌍의 기관,

상기 한 쌍의 기관 각각의 일면에 코팅된 액정 배향막;

상기 한 쌍의 기관 또는 상기 액정 배향막 사이에 배치된 복수의 스페이서;

상기 스페이서에 의해 확보된 공간에 위치하고, 상기 좌선성 카이랄 물질 또는 우선성 카이랄 물질 중 어느 하나의 카이랄 물질을 포함하는 상기 콜레스테릭 액정(CLC)층; 을 각각 포함하는 노치 필터.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 우원 편광 소자 및 상기 좌원 편광 소자가 일체로 마련되는 노치 필터.

청구항 7

한 쌍의 기관;

상기 한 쌍의 기관 각각의 일면에 코팅된 폴리이미드(PI)층;

상기 한 쌍의 기관 각각의 타면에 코팅된 무반사 층;

상기 폴리이미드(PI)층 사이의 공간을 확보하기 위해 배치된 복수의 제1 및 제2 스페이서;

상기 제1 스페이서에 의해 확보된 공간에 위치하고, 기 설정된 농도의 좌선성 카이랄 물질을 포함하여 광원으로 부터 출력된 빛 중에서 기 설정된 주파수 대역의 좌원 성분의 빛을 반사시키고 우원 성분의 빛을 투과시키는 우원 편광 특성의 제1 콜레스테릭 액정(CLC)층; 및

상기 제2 스페이서에 의해 확보된 공간에 위치하고, 기 설정된 농도의 우선성 카이랄 물질을 포함하여 광원으로 부터 출력된 빛 중에서 기 설정된 주파수 대역의 우원 성분의 빛을 반사시키고 좌원 성분의 빛을 투과시키는 좌원 편광 특성의 제2 콜레스테릭 액정(CLC)층;을 포함하고,

상기 제1 콜레스테릭 액정층 및 상기 제2 콜레스테릭 액정층 각각은,

상기 한 쌍의 기관의 수평 방향으로 연속적으로 피치가 변화하여 상기 한 쌍의 기관의 영역에 따라 서로 다른 주파수 대역의 빛을 원형 편광시키는, 노치 필터.

청구항 8

기관;

상기 기관의 일면에 코팅된 폴리이미드(PI)층;

상기 폴리이미드층 상에 스핀 코팅되고, 기 설정된 농도의 좌선성 카이랄 물질을 포함하여 광원으로부터 출력된 빛 중에서 기 설정된 주파수 대역의 좌원 성분의 빛을 반사시키는 우원 편광 특성의 제1 콜레스테릭 액정(CLC)층; 및

상기 제1 콜레스테릭 액정층 상에 스핀 코팅되고, 기 설정된 농도의 우선성 카이랄 물질을 포함하여 광원으로부터 출력된 빛 중에서 기 설정된 주파수 대역의 우원 성분의 빛을 반사시키는 좌원 편광 특성의 제2 콜레스테릭 액정(CLC)층;을 포함하고,

상기 제1 콜레스테릭 액정층 및 상기 제2 콜레스테릭 액정층 각각은,

상기 기관의 수평 방향으로 연속적으로 피치가 변화하여 상기 기관의 영역에 따라 서로 다른 주파수 대역의 빛을 원형 편광시키는, 노치 필터.

발명의 설명

기술 분야

본 개시는 원형 편광 소자, 이를 포함하는 노치 필터 및 밴드 패스 필터에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 위상

[0001]

지연자가 필요없는 원형 편광 소자 및 원형 편광 소자를 이용한 노치 필터 및 밴드 패스 필터에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 빛은 전기장과 자기장의 세기가 주기적으로 변하면서 진행되는 전자기파이다. 자연광은 360도 모든 방향에 대해 전기장의 세기가 주기적으로 변화하는 전자기파이다. 자연광의 성분 중 진행방향에 수직한 임의의 평면에서 전기장의 방향에 의해 편광 특성을 가진다.
- [0003] 편광의 종류에는 선형 편광, 원형 편광, 타원 편광이 있다. 원형 편광은 빛의 전기장의 방향이 시계 반대 방향으로 회전하는 좌원 편광과 빛의 전기장의 방향이 시계 방향으로 회전하는 우원 편광을 포함한다. 선형 편광은 우원 편광과 좌원 편광의 합이다. 빛의 편광 특성은 광학 소자 또는 디스플레이 소자 등에 이용되고 있다.
- [0004] 한편, 일반적으로 원형 편광된 빛은 선형 편광 소자를 통과한 선형 편광된 빛을 위상 지연자를 통과시켜서 획득될 수 있다. 그러나, 위상 지연자는 비싸고, 위상 지연자를 이용하기 위해서는 편광기와 위상지연자의 광축 방향을 맞춰야 하기 때문에 광학적 지식이 필요하고, 단 1개의 파장에만 사용할 수 있으며, 만일 파장이 바뀌면 다른 위상 지연자를 사용해야 한다.
- [0005] 따라서, 여러 위상 지연자를 쓰지 않고 1개의 소자로 여러 파장에 대해 원형 편광된 빛을 획득할 수 있는 원형 편광 소자 및 원형 편광 소자를 이용한 필터에 대한 필요성이 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 개시는 상술한 문제를 해결하기 위한 것으로 본 개시의 목적은 위상 지연자를 쓰지 않고 간편하게, 1개의 소자로 다수의 파장에 대해 원형 편광된 빛을 획득할 수 있는 원형 편광 소자를 제공함에 있다.
- [0007] 그리고, 본 개시의 목적은 원형 편광 소자를 이용한 노치 필터 및 밴드 패스 필터를 제공함에 있다.
- [0008] 또한, 본 개시의 목적은 고에너지 레이저 광원의 입력에도 우수한 특성을 가지는 노치 필터 및 밴드 패스 필터를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명의 노치 필터는, 콜레스테릭 액정(CLC)층에 좌선성 카이랄 물질을 포함하고 우원 성분의 빛을 통과시키는 우원 편광 소자; 콜레스테릭 액정(CLC)층에 우선성 카이랄 물질을 포함하고 좌원 성분의 빛을 통과시키는 좌원 편광 소자; 를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0010] 이상 설명한 바와 같이, 본 개시의 다양한 실시 예에 따르면, 원형 편광 소자는 위상 지연자 없이 원형 편광된 빛을 얻을 수 있다.
- [0011] 그리고, 사용자는 저렴하고 간편한 원형 편광 소자를 사용할 수 있다.
- [0012] 또한, 본 개시의 다양한 실시 예에 따르면, 원형 편광 소자 하나로 일정 파장 영역(광밴드 갭, Photonic Band Gap: PBG) 안의 모든 파장에서 원형 편광된 빛을 얻을 수 있다.
- [0013] 그리고, 본 개시의 다양한 실시 예에 따르면, 원형 편광 소자를 이용한 노치 필터와 밴드 패스 필터가 사용될 수 있다.
- [0014] 또한, 본 개시의 다양한 실시 예에 따르면, 원형 편광 소자를 이용한 노치 필터와 밴드 패스 필터는 다양한 파장에 대해 파장가변 필터 기능을 수행할 수 있다.
- [0015] 한편, 본 개시의 다양한 실시 예에 따르면, 밴드 패스 필터는 빔 스플리터 없이 구현될 수 있다.
- [0016] 또한, 본 개시의 다양한 실시 예에 따르면, 원형 편광 소자를 이용한 노치 필터 및 밴드 패스 필터는 고에너지 레이저 광원의 입력에도 우수한 특성을 가질 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017]

도 1은 본 개시의 일 실시 예에 따른 원형 편광 소자의 구조를 설명하는 도면이다.

도 2a 및 도 2b는 본 개시의 일 실시 예에 따른 우원 편광 및 좌원 편광을 설명하는 도면이다.

도 3은 본 개시의 일 실시 예에 따른 서로 다른 크기의 스페이서를 포함하는 원형 편광 소자를 설명하는 도면이다.

도 4는 본 개시의 일 실시 예에 따른 카이랄 물질의 농도차를 이용한 원형 편광 소자를 설명하는 도면이다.

도 5는 아조 색소를 설명하는 도면이다.

도 6은 본 개시의 일 실시 예에 따른 아조 색소를 이용한 원형 편광 소자를 설명하는 도면이다.

도 7은 본 개시의 일 실시 예에 따른 아조 색소의 농도차를 이용한 원형 편광 소자를 설명하는 도면이다.

도 8은 본 개시의 일 실시 예에 따른 아조 색소와 ND 필터를 이용한 원형 편광 소자를 설명하는 도면이다.

도 9는 본 개시의 일 실시 예에 따른 열을 이용한 원형 편광 소자를 설명하는 도면이다.

도 10은 본 개시의 일 실시 예에 따른 온도 기울기를 이용한 원형 편광 소자를 설명하는 도면이다.

도 11은 본 개시의 일 실시 예에 따른 전기장을 이용한 원형 편광 소자를 설명하는 도면이다.

도 12는 본 개시의 일 실시 예에 따른 로테이터를 이용한 원형 편광 소자를 설명하는 도면이다.

도 13 내지 도 19는 본 개시의 다양한 실시 예에 따른 노치 필터를 설명하는 도면이다.

도 20 및 도 21은 본 개시의 다른 실시 예에 따른 노치 필터를 구현하는 방법을 설명하는 도면이다.

도 22 및 도 23은 본 개시의 다른 실시 예에 따른 노치 필터를 설명하는 도면이다.

도 24는 본 개시의 일 실시 예에 따른 노치 필터의 출력 파형을 나타내는 도면이다.

도 25 내지 도 38은 본 개시의 다양한 실시 예에 따른 밴드 패스 필터를 설명하는 도면이다.

도 39는 본 개시의 일 실시 예에 따른 밴드 패스 필터의 출력 파형을 나타내는 도면이다.

도 40 및 도 43은 본 개시의 일 실시 예에 따른 복수의 콜레스테릭 액정을 포함하는 필터를 구현하는 방법을 설명하는 도면이다.

도 44 내지 도 45는 본 개시의 일 실시 예에 따른 복수의 콜레스테릭 액정층을 포함하는 필터의 구조를 설명하는 도면이다.

도 46 내지 도 48은 본 개시의 일 실시 예에 따른 복수의 콜레스테릭 액정층을 포함하는 노치 필터를 설명하는 도면이다.

도 49 내지 도 54은 본 개시의 일 실시 예에 따른 복수의 콜레스테릭 액정층을 포함하는 밴드 패스 필터를 설명하는 도면이다.

도 55는 본 개시의 일 실시 예에 따른 밴드 패스 필터 및 노치 필터를 포함하는 복합 필터를 설명하는 도면이다.

도 56는 본 개시의 일 실시 예에 따른 필터의 출력 파형을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018]

도 1은 본 개시의 일 실시 예에 따른 원형 편광 소자의 구조를 설명하는 도면이다.

[0019]

도 1을 참조하면, 원형 편광 소자(100)는 기관(110a, 110b), 폴리이미드층(Polyimide: PI)(120a, 120b), 스페이서(130) 및 콜레스테릭 액정(Cholesteric Liquid Crystal: CLC)(140)를 포함한다.

[0020]

먼저, 한 쌍의 기관(110a, 110b)이 준비된다. 예를 들어, 기관(110a, 110b)은 ITO(Indium Tin Oxide), 유리 또는 플라스틱 재질일 수 있고, 필요에 따라 기관은 입사 광선에 대해 한면 또는 양면이 무반사 코팅이 되어 사용될 수 있다. 한 쌍의 기관(110a, 110b) 각각의 일면에는 폴리이미드층(120a, 120b)이 코팅된다. 폴리이미드는 광범위한 온도에서 물성이 변하지 않고 높은 내열성, 전기절연성, 유연성, 불연성의 특성을 포함한다. 예를 들어, 폴리이미드는 파이로멜리틱 디아니드라이드(pyromellite dianhydride)와 4,4'-옥시디아닐린(4,4'-

oxydianiline)의 축합으로 만든 캡톤(Kapton)일 수 있다. 그리고, 폴리이미드는 연결고리의 구성에 따라, 지방족 화합물(Aliphatic), 준-방향족 화합물(Semi-aromatic) 및 방향족 화합물(Aromatic)로 구분될 수 있다. 폴리이미드층(120a, 120b)은 필요에 따라 러빙(rubbing) 처리될 수 있다.

[0021] 폴리이미드층(120a, 120b) 사이의 공간을 확보하기 위해 복수의 스페이서(130)가 배치된다. 즉, 한 쌍의 기판(110a, 110b) 각각의 일면에 폴리이미드층(120a, 120b)이 코팅된 후 각각의 폴리이미드층(120a, 120b)이 마주보도록 배치한다. 그리고, 마주보는 폴리이미드층(120a, 120b) 사이에 공간 확보를 위한 스페이서(130)가 배치된다.

[0022] 스페이서(130) 사이에 콜레스테릭 액정(140)이 배치된다. 콜레스테릭 액정(140)은 막대 형태의 네마틱 액정과 기 설정된 농도의 카이랄 물질을 포함한다. 카이랄 물질은 좌원 편광된 빛을 반사시키는 좌선성 카이랄 물질과 우원 편광된 빛을 반사시키는 우선성 카이랄 물질을 포함한다. 즉, 콜레스테릭 액정(140)에 좌선성 카이랄 물질이 추가되는 경우, 네마틱 액정이 반시계 방향의 나선형으로 배열된다. 그리고, 콜레스테릭 액정(140)에 우선성 카이랄 물질이 추가되는 경우, 네마틱 액정이 시계 방향의 나선형으로 배열된다. 원형 편광 소자의 우원 편광 특성 및 좌원 편광 특성은 후술한다.

[0023] 원형 편광 소자(100)는 한 가지 특성을 가지는 카이랄 물질을 포함하는 콜레스테릭 액정(140)을 웨지(wedge) 또는 등 간격 셀에 채워 제작될 수 있다. 즉, 콜레스테릭 액정(140)은 네마틱 액정과 카이랄 물질의 혼합물로 자발적 조립 나선구조이다. 콜레스테릭 액정(140)의 회전 나선 방향과 같은 원형 편광된 빛에 대해 특정 파장 영역에서 선택반사가 일어난다. 이 반사를 브래그(Bragg) 반사라고 하는데, 중심 파장은 $\lambda_B = n \times p$ 이고, 밴드 폭은 $\Delta \lambda = p \times \Delta n$ 로 주어지는데, 여기서 p는 피치(pitch: 콜레스테릭 액정의 나선 구조가 360도 회전할 때 진행하는 거리), n은 평균 굴절율, $\Delta n = n_e - n_o$ 는 네마틱 액정의 복굴절 특성으로 분자의 장축 굴절율(n_e)과 단축 굴절율(n_o)의 차이이다. 따라서, 브래그 반사가 일어나는 파장 영역(PBG: Photonic Band Gap, 광밴드 갭)에서 콜레스테릭 액정(140)은 원형 편광 소자로 작동된다. 그리고, 원형 편광 소자(100)의 반사되는 파장 대역은 카이랄 물질의 농도에 따라 조정될 수 있다. 그리고, 원형 편광 소자(100)의 원 편광 범위(PBG)는 네마틱 액정 분자의 장축 굴절율(n_e)과 단축 굴절율(n_o)의 차($\Delta n = n_e - n_o$)를 변경하여 조정될 수 있다. 본 개시에 따른 원형 편광 소자(100)는 카이랄 물질의 농도에 따라 자외선(UltraViolet: UV), 가시광선(Visible light: VIS) 또는 적외선(InfraRed: IR) 대역에서 사용될 수 있다. 경우에 따라, 원형 편광 소자(100)는 네마틱 액정 뿐만 아니라 스멕틱 액정, 나선 구조의 무기 물질을 이용할 수도 있다.

[0024] 한편, 콜레스테릭 액정(140)은 일반 액정, 자외선이나 열에 의해 고분자화될 수 있는 액정을 모두 포함할 수 있다. 자외선(Ultra Violet: UV) 또는 열에 의해 고분자화 될 수 있는 콜레스테릭 액정은 스핀 코팅 과정을 거쳐 제작될 수도 있다.

[0025] 도 2a 및 도 2b는 본 개시의 일 실시 예에 따른 우원 편광 및 좌원 편광을 설명하는 도면이다.

[0026] 도 2a를 참고하면, 우원 편광 소자(100a)가 개시되어 있다. 우원 편광 소자(100a)의 콜레스테릭 액정은 좌선성 카이랄 물질을 포함한다. 좌선성 카이랄 물질에 의해 콜레스테릭 액정 분자는 반시계 방향의 나선형으로 배열된다. 그리고, 좌선성 카이랄 물질을 포함하는 콜레스테릭 액정은 좌원 편광 빛을 반사시킨다. 원형 편광 소자가 좌선성 카이랄 물질이 포함된 콜레스테릭 액정을 포함하는 경우, 좌원 편광 빛을 반사시키는 우원 편광 소자(100a)로 동작할 수 있다. 예를 들어, 좌선성 카이랄 물질은 S-811 카이랄 도펀트 혼합물일 수 있다.

[0027] 즉, 무편광 빛 또는 선편광된 빛이 우원 편광 소자(100a)에 입사되는 경우, 우원 편광 소자(100a)는 일정 파장 범위 내의 좌원 편광 빛을 반사시키고, 우원 편광 빛을 투과시킨다. 이하 설명하는 원형 편광 소자의 다양한 실시 예에서, 콜레스테릭 액정은 좌선성 카이랄 물질을 포함할 수 있다. 그리고, 좌선성 카이랄 물질을 포함하는 원형 편광 소자는 우원 편광 소자(100a)로 동작할 수 있다.

[0028] 도 2b를 참고하면, 좌원 편광 소자(100b)가 개시되어 있다. 좌원 편광 소자(100b)의 콜레스테릭 액정은 우선성 카이랄 물질을 포함한다. 우선성 카이랄 물질에 의해 콜레스테릭 액정 분자는 시계 방향의 나선형으로 배열된다. 그리고, 우선성 카이랄 물질을 포함하는 콜레스테릭 액정은 우원 편광 빛을 반사시킨다. 원형 편광 소자가 우선성 카이랄 물질이 포함된 콜레스테릭 액정을 포함하는 경우, 우원 편광 빛을 반사시키는 좌원 편광 소자(100b)로 동작할 수 있다. 예를 들어, 우선성 카이랄 물질은 R-811 카이랄 도펀트 혼합물일 수 있다.

[0029] 즉, 무편광 빛 또는 선편광된 빛이 좌원 편광 소자(100b)에 입사되는 경우, 좌원 편광 소자(100b)는 일정 파장 범위 내의 우원 편광 빛을 반사시키고, 좌원 편광 빛을 투과시킨다. 이하 설명하는 원형 편광 소자의 다양한 실시 예에서, 콜레스테릭 액정은 우선성 카이랄 물질을 포함할 수 있다. 그리고, 우선성 카이랄 물질을 포함하는

원형 편광 소자는 좌원 편광 소자(100b)로 동작할 수 있다.

- [0030] 카이랄 물질은 콜레스테릭 액정에 포함된 네마틱 액정을 반시계 방향 또는 시계 방향의 나선형으로 배열시킨다. 네마틱 액정이 360도 회전할 때까지의 진행 거리는 1피치(P)이고, 180도 회전할 때까지의 거리는 1/2P이다. 네마틱 액정과 양 기관(110a, 110b) 사이의 경계 조건에 의해 네마틱 액정은 폴리이미드와 접촉하는 위치에서 러빙 방향과 나란한 방향(예, 180도 또는 360도)으로만 배열된다. 따라서, 양 기관(110a, 110b) 사이에 배열된 네마틱 액정은 항상 1/2P의 정수배이다. 그리고, 1 피치의 거리가 짧아지면 원형 편광되는 PBG는 고주파수 대역으로 이동하고, 1 피치의 거리가 길어지면 원형 편광되는 PBG는 저주파수 대역으로 이동한다. 원형 편광 소자는 PBG 내에서 좌원 편광 빛을 반사시키고 우원 편광 빛을 통과시키는 것을 의미할 수 있다. 또는, 원형 편광 소자는 PBG 내에서 우원 편광 빛을 반사시키고 좌원 편광 빛을 통과시키는 것을 의미할 수 있다.
- [0031] 주파수와 파장은 반비례 관계이므로 피치의 거리가 짧아지면 원형 편광되는 PBG는 단파장 대역으로 이동하고, 피치의 거리가 길어지면 장파장 대역으로 이동한다. 즉, 콜레스테릭 액정에 포함된 네마틱 액정의 피치의 거리가 변경되면, 원형 편광되는 PBG가 이동될 수 있다.
- [0032] 하나의 원형 편광 소자(100)의 위치에 따라 네마틱 액정의 피치의 길이가 연속적으로 변하는 경우, 하나의 원형 편광 소자(100)는 빛이 입사되는 영역에 따라 다양한 주파수 대역의 빛을 연속적으로 원형 편광시킬 수 있다.
- [0033] 아래에서는 원형 편광 소자의 다양한 실시 예를 설명한다.
- [0034] 도 3은 본 개시의 일 실시 예로, 원형 편광 소자(100)인 콜레스테릭 액정은 웨지 방향(도 3의 X 축 방향)으로 위치를 이동함에 따라 피치가 연속적으로 증가하는 CLC 구조를 보여 주고 있다. 이와 같은 구조는 다음과 같은 실시 예로 구현될 수 있다. 웨지 셀의 위치에 따라 i) 카이랄 분자의 연속적인 농도 변화를 이용하는 방법, ii) 아조 색소 분자의 광이성질화를 이용하는 방법, iii) 온도 기울기를 이용하는 방법이 있다.
- [0035] 한편, 도 3에 도시된 바와 같이 원형 편광 소자(100)에 서로 다른 크기의 스페이서(130a, 130b)가 포함되어 피치가 연속적으로 증가하는 CLC 구조가 구현될 수도 있다. 그러나, 더욱 효과적인 연속적으로 피치가 증가하는 CLC 구조를 위해 서로 다른 크기의 스페이서(130a, 130b)는 상술한 세 가지 실시 예와 함께 사용될 수 있다.
- [0036] 도 3을 참조하면, 연속적으로 파장 가변 가능한 원형 편광 소자(100)가 도시되어 있다. 상술한 바와 같이, 원형 편광 소자(100)는 한 쌍의 기관(110a, 110b), 한 쌍의 기관 각각의 일면에 코팅된 폴리이미드층(120a, 120b), 스페이서(130a, 130b)를 포함한다. 그리고, 도 1에서는 동일한 크기의 스페이서를 포함한 원형 편광 소자(100)를 설명하였으나, 원형 편광 소자(100)는 서로 다른 크기의 스페이서(130a, 130b)를 포함할 수 있다. 상술한 바와 같이, 복수의 스페이서(130a, 130b) 사이에는 네마틱 액정과 카이랄 물질이 혼합된 콜레스테릭 액정을 포함할 수 있다. 제1 스페이서(130a) 주변의 네마틱 액정의 피치(141)는 제2 스페이서(140b) 주변의 네마틱 액정의 피치(142)보다 짧다. 따라서, 빛이 원형 편광 소자(100)를 통과하는 위치가 +X 축 방향을 따라 이동하는 경우, 원형 편광되는 주파수 대역은 저주파수 대역으로 이동하고, 원형 편광되는 파장 대역은 장파장 대역으로 이동한다.
- [0037] 도 4는 본 개시의 일 실시 예에 따른 카이랄 물질의 농도차를 이용한 연속적으로 파장 가변 가능한 원형 편광 소자를 설명하는 도면으로, 도 3의 연속적으로 변화하는 피치 구조를 얻을 수 있는 첫 번째 방법을 설명하는 도면이다.
- [0038] 도 4(a)를 참조하면, 카이랄 농도가 서로 다른 콜레스테릭 액정이 채워진 도면이 도시되어 있다. 카이랄 농도가 서로 다른 콜레스테릭 액정(11, 12)은 스페이서의 빈 공간에 모세관 원리에 의해 반씩 채워질 수 있다. 예를 들어, 웨지 빈 셀의 두께가 얇은 쪽에 카이랄 농도가 상대적으로 높은 제1 콜레스테릭 액정(11)이 채워지고, 웨지 빈 셀의 두께가 두꺼운 쪽에 카이랄 농도가 상대적으로 낮은 제2 콜레스테릭 액정(12)이 채워진다. 불연속적인 콜레스테릭 액정(11, 12)의 카이랄 농도는 확산 원리에 의해 일정 시간이 지나면 도 3과 같이 연속적인 피치 변화를 형성할 수 있다.
- [0039] 도 4(b)를 참조하면, 확산에 의해 카이랄 농도가 연속적으로 변하는 콜레스테릭 액정(13)이 도시되어 있다. 상술한 바와 같이, 일정 시간이 지나면 카이랄 농도는 도 4(b)의 좌측에서 우측으로 갈수록 연속적으로 낮아지게 된다. 상술한 바와 같이, 카이랄 농도가 낮아짐에 따라, 1 피치의 길이는 늘어나고, 원형 편광되는 주파수 대역은 저주파수 대역으로 이동하고, 원형 편광되는 파장은 장파장 대역으로 이동한다. 즉, 원형 편광 소자(100)가 기 설정된 방향으로 연속적으로 변화하는 농도 구배의 카이랄 물질을 포함하는 콜레스테릭 액정(13)을 포함하는 경우, 하나의 원형 편광 소자(100)는 입사되는 빛의 다양한 주파수 대역에 대해 원형 편광을 시킬 수 있다.

- [0040] 또한, 상술한 바와 같이, 원형 편광 소자(100)는 기 설정된 방향으로 연속적으로 변화하는 농도 구배의 카이랄 물질을 포함하는 콜레스테릭 액정(13) 및 서로 다른 크기의 스페이서를 포함할 수 있다. 원형 편광 소자(100)의 원형 편광되는 주파수 대역은 서로 다른 농도 구배의 카이랄 물질 및 서로 다른 크기의 스페이서에 의해 연속적으로 변화될 수 있다. 또한, 연속적으로 변화하는 농도 구배의 카이랄 물질을 포함하는 콜레스테릭 액정(130)은 UV(자외선) 또는 열을 가하여 고분자화시켜 만들 수 있다. 자외선에 의해 고분자화될 수 있는 액정은 RMS08-062, RMS08-061, RMS11-066 또는 RMS11-068 등을 포함할 수 있다. 콜레스테릭 액정이 자외선이나 열에 의해 고분자화되는 경우, 도 3과 같이 형성된 연속적으로 변화하는 농도 구배를 가진 콜레스테릭 액정은 장시간(수 년 이상) 유지될 수 있다.
- [0041] 도 5는 아조 색소를 설명하는 도면이다.
- [0042] 도 5를 참조하면, 빛에 따라 트랜스형 또는 시스형으로 변경되는 아조 색소가 도시되어 있다. 예를 들어, 아조 색소는 아조벤젠(azobenzene)일 수 있다. 일반적으로 아조 색소는 트랜스형(1)으로 존재할 수 있다. 그리고, 아조 색소가 자외선을 쬔면, 트랜스형의 아조 색소는 광 이성질화에 의해 자외선의 세기와 노출 시간에 비례하여 시스형(2)으로 변형될 수 있다. 그리고, 시스형(2)의 아조 색소가 열이나 가시광선을 쬔면, 시스형(2)의 아조 색소는 광 이성질화에 의해 트랜스형(1)으로 변형될 수 있다. 콜레스테릭 액정은 일정량의 아조 색소를 포함할 수 있다. 아조 색소는 트랜스형(1)일 수 있다. 그리고, 원형 편광 소자의 원형 편광되는 주파수 대역은 시스형(2)으로 변형된 아조 색소에 의해 이동될 수 있다.
- [0043] 한편, 콜레스테릭 액정은 아조 색소 대신 스틸벤기를 포함하는 분자를 포함할 수도 있다.
- [0044] 도 6은 본 개시의 일 실시 예에 따른 아조 색소를 이용한 원형 편광 소자를 설명하는 도면이다.
- [0045] 도 6을 참조하면, 아조 색소가 포함된 원형 편광 소자(100)가 도시되어 있다. 원형 편광 소자(100)는 아조 색소를 일정 비율 첨가한 콜레스테릭 액정을 포함할 수 있다. 상술한 바와 같이, 콜레스테릭 액정에 우선성 카이랄 물질이 포함된 경우, 원형 편광 소자(100)는 좌원 편광 소자가 될 수 있다. 그리고, 콜레스테릭 액정에 좌선성 카이랄 물질이 포함된 경우, 원형 편광 소자(100)는 우원 편광 소자가 될 수 있다.
- [0046] 그리고, 아조 색소가 포함된 콜레스테릭 액정이 자외선을 쬔면, 콜레스테릭 액정에 포함된 아조 색소가 트랜스형에서 시스형으로 변형될 수 있다. 그리고, 콜레스테릭 액정은 자외선에 의해 고분자화될 수 있는 액정을 포함할 수 있다. 또한, 콜레스테릭 액정은 열에 의해 고분자화될 수 있는 액정도 포함할 수 있다. 예를 들어, 자외선에 의해 고분자화될 수 있는 액정은 RMS08-062, RMS08-061, RMS11-066 또는 RMS11-068 등을 포함할 수 있다. 콜레스테릭 액정이 자외선이나 열에 의해 고분자화되는 경우, 가시광이나 열에 노출되지 않으면 원형 편광 소자(100)는 시스형으로 변형된 아조 색소를 포함하는 콜레스테릭 액정 상태로 유지될 수 있다.
- [0047] 한편, 자외선이나 열에 의해 고분자화되지 않는 액정은 일반 액정일 수 있다. 콜레스테릭 액정이 일반 액정인 경우, 자외선에 의해 시스형으로 변형된 아조 색소를 포함한 원형 편광 소자(100)는 자외선이나 가시광선을 차단하는 차단막을 더 포함할 수 있다. 또는, 콜레스테릭 액정이 일반 액정인 경우, 자외선에 의해 시스형으로 변형된 아조 색소를 포함하는 원형 편광 소자(100)는 가시광선에 의해 원래 상태로 돌아갈 수 있다. 따라서, 자외선과 가시광선을 이용하여 원형 편광되는 파장 영역(PBG)은 능동적으로 이용될 수 있다.
- [0048] 일 실시 예로서, 콜레스테릭 액정은 50 wt%의 네마틱 액정, 30 wt%의 카이랄 물질 및 20 wt%의 아조 색소를 포함할 수 있다. 즉, 콜레스테릭 액정은 전체 물질 대비 카이랄 물질의 비율이 30 wt%일 수 있다. 콜레스테릭 액정에 포함된 아조 색소는 트랜스형이고, 트랜스형 아조 색소는 네마틱 액정과 함께 콜레스테릭 나선구조에 참여하므로 아조 색소는 카이랄 물질의 비율에 영향을 줄 수 있다. 아조 색소를 포함한 콜레스테릭 액정은 자외선을 쬔 수 있다. 그리고, 아조 색소는 시스형으로 변형될 수 있다. 그러나, UV에 의해 시스형으로 변한 아조 색소는 네마틱 액정과 함께 콜레스테릭 나선 구조에 참여하지 않고 나선 구조에서 빠져 나오게 되고, 결과적으로 콜레스테릭 액정 나선 구조를 만드는 전체 물질 대비 카이랄 물질의 비율이 증가하게 된다. 콜레스테릭 액정에서 카이랄 물질의 비율이 증가하면 광밴드 갭(PBG)은 단파장으로 이동하고, 카이랄 물질의 비율이 감소하면 PBG은 장파장으로 이동한다.
- [0049] 시스형으로 변한 아조 색소는 카이랄 물질 비율에 영향을 주지 않는다. 즉, 아조 색소 20 wt%가 모두 시스형으로 변형되는 경우, 아조 색소는 콜레스테릭 액정의 형성된 나선 구조로부터 빠져 나오게 된다. 따라서, 콜레스테릭 액정은 약 62.5 wt%의 네마틱 액정, 약 37.5 wt%의 카이랄 물질을 포함한다. 따라서, 트랜스형의 아조 색소가 시스형으로 변형되면, 콜레스테릭 액정의 카이랄 물질의 비율이 변경되는 효과가 있고, 원형 편광되는 주파수 대역(PBG)이 단파장으로 이동하는 효과가 있다. 그리고, 콜레스테릭 액정은 원형 편광되는 주파수 대역에

대응되는 일정한 농도의 아조 색소를 포함할 수 있다.

- [0050] 도 7은 본 개시의 일 실시 예에 따른 아조 색소의 농도차를 이용한 원형 편광 소자를 설명하는 도면이다.
- [0051] 도 7을 참조하면, 기 설정된 방향으로 연속적으로 변화하는 농도 구배의 아조 색소를 포함하는 원형 편광 소자(100)가 도시되어 있다. 원형 편광 소자(100)는 콜레스테릭 액정을 포함하고, 콜레스테릭 액정은 자외선에 의해 광 이성질화되는 아조 색소를 포함할 수 있다.
- [0052] 아조 색소의 농도가 서로 다른 두 종류의 콜레스테릭 액정이 준비될 수 있다. 그리고, 아조 색소의 농도가 서로 다른 두 종류의 콜레스테릭 액정은 스페이서의 빈 공간에 모세관 원리에 의해 반씩 채워질 수 있다. 예를 들어, 제1 콜레스테릭 액정은 아조 색소의 농도가 상대적으로 높은 액정이고, 제2 콜레스테릭 액정은 아조 색소의 농도가 상대적으로 낮은 액정일 수 있다. 불연속적인 콜레스테릭 액정의 아조 색소의 농도는 확산 원리에 의해 일정 시간이 지나면 연속적으로 변할 수 있다. 일 실시 예로서, 일정 시간이 지나면 아조 색소의 농도는 도 7에 도시된 바와 같이 일측에서 타측으로 갈수록 연속적으로 높아지게 된다.
- [0053] 아조 색소의 농도가 연속적으로 변하는 원형 편광 소자(100)는 자외선을 쬔 수 있다. 자외선에 의해 원형 편광 소자(100)에 포함된 아조 색소는 트랜스형에서 시스형으로 변형될 수 있다. 그리고, 연속적으로 변하는 아조 색소의 농도에 따라 원형 편광 소자(100)에 포함된 카이랄 농도도 상대적으로 변할 수 있다. 즉, 연속적으로 변하는 카이랄 농도에 따라, 원형 편광 소자(100)에 포함된 네마틱 액정의 1 피치의 거리도 연속적으로 달라질 수 있다. 따라서, 하나의 원형 편광 소자(100)는 입사되는 빛의 다양한 주파수 대역에 대해 원형 편광을 시킬 수 있다.
- [0054] 한편, 아조 색소를 포함하는 콜레스테릭 액정은 열이나 자외선에 의해 고분자화될 수 있다. 또는, 아조 색소를 포함하는 원형 편광 소자(100)는 아조 색소가 시스형으로 변형된 후, 자외선이나 가시광선을 차단하는 막을 더 포함할 수도 있다. 또한, 상술한 바와 같이, 원형 편광 소자(100)는 서로 다른 크기의 스페이서를 포함할 수도 있다.
- [0055] 도 8은 본 개시의 일 실시 예에 따른 투과 빛의 세기가 연속적으로 변하는(continuous variable) ND 필터(150)를 이용하여 도 3의 연속적으로 변화하는 피치 구조를 얻을 수 있는 원형 편광 소자를 제작하는 두 번째 방법을 설명하는 도면이다.
- [0056] 도 8을 참조하면, 아조 색소가 포함된 원형 편광 소자(100)가 도시되어 있다. 원형 편광 소자(100)는 아조 색소를 일정 비율 첨가한 콜레스테릭 액정을 포함할 수 있다. 아조 색소가 포함된 콜레스테릭 액정은 자외선을 쬔면, 콜레스테릭 액정에 포함된 아조 색소가 트랜스형에서 시스형으로 변형될 수 있다. 콜레스테릭 액정에 포함된 아조 색소의 농도가 동일하더라도 콜레스테릭 액정에 쬘리는 자외선의 세기나 노출 시간 등에 시스형으로 변형되는 아조 색소의 비율이 달라질 수 있다. 시스형으로 변형되는 아조 색소의 비율이 다른 경우, 콜레스테릭 액정의 원형 편광되는 주파수 대역은 달라질 수 있다.
- [0057] 도 8에 도시된 바와 같이, 원형 편광 소자(100)는 ND(Neutral Density) 필터(150)를 통해 자외선에 노출될 수 있다. ND 필터(150)의 농도는 일정한 방향으로 연속적으로 변할 수 있다. 즉, ND 필터(150)를 투과하는 자외선의 양은 일정한 방향을 따라 달라질 수 있다. 일 실시 예로서, 도 8에 도시된 바와 같이, ND 필터(150)의 농도는 Y축 방향을 따라 점차 짙어질 수 있다. 따라서, 균일한 자외선이 원형 편광 소자(100)에 쬘리더라도, ND 필터(150)를 투과하는 자외선의 양은 Y축 방향을 따라 점차 적어질 수 있다. 그리고, 시스형으로 변형되는 아조 색소의 양도 점차 적어질 수 있다. 따라서, 도 8에 도시된 원형 편광 소자(100)는 Y축 방향으로 피치 그라디언트(gradient, 또는, 기울기, 구배)가 형성될 수 있다. 즉, 원형 편광 소자(100)는 +Y축 방향을 따라 카이랄 물질의 비율이 연속적으로 작아지고, 피치 거리는 길어지며, 원형 편광되는 주파수 대역은 저주파수 대역으로 이동하며, 파장 대역은 장파장 대역으로 이동할 수 있다. 즉, 하나의 원형 편광 소자(100)는 빛이 입사되는 영역에 따라 다양한 주파수 대역의 빛을 원형 편광시킬 수 있다.
- [0058] 콜레스테릭 액정이 자외선이나 열에 의해 고분자화되는 경우, 원형 편광 소자(100)는 시스형으로 변형된 아조 색소를 포함하는 콜레스테릭 액정 상태로 유지될 수 있다. 또는, 원형 편광 소자(100)는 자외선이나 가시광선을 차단하는 차단막을 더 포함할 수 있다.
- [0059] 또는, 기 설정된 농도의 아조 색소를 포함하는 콜레스테릭 액정은 기 설정된 방향으로 자외선의 세기가 소자의 위치에 따라 연속적으로 변하도록 노출될 수 있다. 따라서, 원형 편광 소자(100)에 포함된 광이성질화된 아조 색소의 비율은 소자의 기 설정된 방향으로 연속적으로 변할 수 있고, 연속적으로 콜레스테릭 액정의 피치를 변화시킬 수 있다. 기 설정된 방향으로 자외선의 세기가 소자의 위치에 따라 연속적으로 변하게 하기 위해 일정

세기의 UV와 소자 사이에 연속적으로 변화하는 ND 필터가 사용될 수 있다.

- [0060] 도 9는 본 개시의 일 실시 예에 따른 열을 이용한 원형 편광 소자를 설명하는 도면이다.
- [0061] 도 9를 참조하면, 히터(160) 및 양 기관에 각각 히터 고리(161a, 161b)를 포함하는 원형 편광 소자(100)가 도시되어 있다. 콜레스테릭 액정의 반사되는 주파수(또는, 파장) 대역은 온도 변화에 따라 변경될 수 있다. 콜레스테릭 액정에 포함된 네마틱 액정의 피치는 공급된 열에 대응하여 변할 수 있다. 즉, 콜레스테릭 액정의 원형 편광 주파수는 온도 변화에 따라 변경될 수 있다. 히터(160)는 히터 고리(161a, 161b)의 온도를 조절할 수 있다. 그리고, 히터 고리(161a, 161b)의 온도는 히터(160)에 의해 변할 수 있다. 히터(160)에 의해 공급된 열은 히터 고리(161a, 161b)를 통해 콜레스테릭 액정으로 전달될 수 있다. 그리고, 콜레스테릭 액정의 온도가 변함에 따라 반사되는 주파수 대역은 이동될 수 있다. 즉, 히터(160)를 이용하여 콜레스테릭 액정에 전달되는 온도를 조절함으로써 하나의 원형 편광 소자(100)는 입사되는 빛의 다양한 주파수 대역에 대해 원형 편광을 시킬 수 있다.
- [0062] 도 10은 본 개시의 일 실시 예에 따른 온도 기울기를 이용한 도 3의 연속적으로 변화하는 피치 구조를 얻을 수 있는 원형 편광 소자를 제작하는 세 번째 방법을 설명하는 도면이다.
- [0063] 도 10을 참조하면, 제1 히터(160a) 및 제2 히터(160b)를 포함하는 원형 편광 소자(100)가 도시되어 있다. 제1 히터(160a)와 제2 히터(160b)는 원형 편광 소자(100)에 서로 다른 온도의 열을 공급할 수 있다. 예를 들어, 제1 히터(160a)는 제1 온도의 열을 공급하고, 제2 히터(160b)는 제1 온도보다 낮은 제2 온도의 열을 공급할 수 있다. 제1 히터(160a)는 기관의 일단에 연결될 수 있고, 제2 히터(160b)는 기관의 타단에 연결될 수 있다. 즉, 원형 편광 소자(100)에는 제1 및 제2 히터(160a, 160b)의 온도차에 의해 일단에서 타단 방향으로 온도 그래디언트(gradient)가 형성될 수 있다. 상술한 바와 같이, 콜레스테릭 액정의 피치는 온도에 따라 변할 수 있다. 그리고, 원형 편광되는 주파수 대역은 피치에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 원형 편광 소자(100)의 원형 편광되는 주파수 대역은 온도 그래디언트가 형성된 일단에서 타단 방향으로 달라질 수 있다.
- [0064] 그리고, 제1 히터(160a)와 제2 히터(160b)는 목적에 따라 다양한 온도로 설정될 수 있다. 경우에 따라, 제1 히터(160a)와 제2 히터(160b)는 동일한 온도로 설정될 수도 있다.
- [0065] 원형 편광 소자(100)는 온도 그래디언트가 형성된 방향과 평행한 방향으로 이동하는 이동체(moving stage)(20)를 더 포함할 수 있다. 이동체(20)는 광원을 포함하여 이동체(20)의 이동에 따라 입사하는 빛이 원형 편광 소자(100)에 쏘이는 위치가 이동될 수 있다. 이동체(20)는 도 10에서 설명되었으나, 하나의 원형 편광 소자(100)의 빛의 쏘이는 위치에 따라 원형 편광되는 주파수 대역이 변하는 다른 실시 예에도 이동체(20)가 포함될 수 있다.
- [0066] 도 11은 본 개시의 일 실시 예에 따른 전기장을 이용한 파장 가변 원형 편광 소자를 설명하는 도면이다.
- [0067] 도 11을 참조하면, 전원이 연결된 원형 편광 소자(100)가 도시되어 있다. 예를 들어, 기관이 ITO로 제작된 경우, 기관은 전기를 공급받을 수 있는 셀을 포함할 수 있다. 그리고, 전기장이 인가되는 경우, 콜레스테릭 액정은 광 밴드 갭(콜레스테릭 액정의 반사 파장 대역) 내의 파장에 대해 원형 편광된 빛만 통과시킬 수 있다. 공급된 전압의 크기에 따라 콜레스테릭 액정의 피치는 변화될 수 있다. 그리고, 피치의 변화에 따라 원형 편광되는 주파수 대역은 변할 수 있다.
- [0068] 상술한 바와 같이, 콜레스테릭 액정이 좌선성 카이랄 물질을 포함하는 경우, 원형 편광 소자(100)는 우원 편광 소자로 동작할 수 있다. 그리고, 콜레스테릭 액정이 우선성 카이랄 물질을 포함하는 경우, 원형 편광 소자(100)는 좌원 편광 소자로 동작할 수 있다.
- [0069] 상술한 바와 같이, 원형 편광 소자(100)의 다양한 실시 예에 따르면, 위치에 따라 연속적으로 변하는 피치 기울기를 가진 하나의 원형 편광 소자(100)는 빛이 입사되는 위치에 따라 다양한 주파수 대역의 빛을 원형 편광시킬 수도 있다. 따라서, 원형 편광 소자(100)의 다양한 영역으로 빛이 입사될 수 있도록 광원을 이동시키거나 원형 편광 소자(100)를 이동시켜야 한다.
- [0070] 광원을 이동시키는 일 실시 예로서, 원형 편광 소자(100)는 이동체를 포함할 수 있다. 상술한 바와 같이, 이동체는 광원을 포함하고 원형 편광 소자(100)의 일단에서 타단으로 이동할 수 있다. 이동체의 이동에 따라 광원은 원형 편광 소자(100)의 다양한 영역에 빛을 쏘일 수 있다.
- [0071] 도 12는 본 개시의 일 실시 예에 따른 로테이터를 이용한 파장 가변 원형 편광 소자를 설명하는 도면이다.
- [0072] 도 12를 참고하면, 원형 편광 소자(100)가 위치하는 로테이터(30)가 도시되어 있다. 로테이터(30)는 소자에 입사하는 빛의 입사각을 변경할 목적으로 사용하거나 또는 소자에 대해 빛의 입사각과 입사 위치를 동시에 변경할

목적으로 이용될 수 있다. 로테이터(30)는 중심점(또는, 회전축)을 기준으로 회전할 수 있다. 그리고, 원형 편광 소자(100)는 로테이터(30)의 중심점에서 일정 거리(d) 떨어진 지점에 위치할 수 있다. 즉, 원형 편광 소자(100)의 다양한 영역으로 빛이 입사될 수 있도록 원형 편광 소자(100)의 위치를 변경할 때, 이동체 대신 로테이터(30)를 이용할 수 있다. 원형 편광 소자(100)가 중심점과 일정 거리(d) 떨어져서 배치되기 때문에 로테이터(30)의 회전에 따라 로테이터(30)의 지름을 지나는 축은 원형 편광 소자(100)의 다양한 영역을 지날 수 있다. 즉, 광원이 로테이터(30)의 지름과 동일한 축상에 위치한 경우, 광원은 로테이터(30)의 회전에 따라 원형 편광 소자(100)의 다양한 영역에 빛을 쏘일 수 있다. 따라서, 로테이터(30)는 피치 그래디언트가 형성된 하나의 원형 편광 소자(100)의 다양한 실시 예에 적용될 수 있다.

[0073] 지금까지, 원형 편광 소자(100)의 다양한 실시 예를 설명하였다. 아래에서는 원형 편광 소자(100)를 포함하는 다양한 필터에 대해 설명한다.

[0074] 도 13 내지 도 19는 본 개시의 다양한 실시 예에 따른 노치 필터를 설명하는 도면이다.

[0075] 도 13을 참조하면, 원형 편광 소자(100)를 포함하는 제1 실시 예의 노치 필터가 도시되어 있다.

[0076] 노치 필터는 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를 포함한다. 그리고, 노치 필터의 출력 파형은 분광계(spectrophotometer)를 이용하여 검출될 수 있다. 즉, 기 설정된 농도의 우원 편광 소자(100a) 1개와 좌원 편광 소자(100b) 1개를 조합하여 기 설정된 주파수 대역(PBG)에서 빛의 투과를 차단하는 노치 필터가 구현될 수 있다.

[0077] 상술한 바와 같이, 우원 편광 소자(100a)는 콜레스테릭 액정에 좌선성 카이랄 물질을 포함한다. 따라서, 우원 편광 소자(100a)는 일정한 파장(또는, 주파수) 대역의 좌원 편광 빛을 반사시키고 우원 편광 빛을 투과시키는 특성을 가진다. 그리고, 좌원 편광 소자(100b)는 콜레스테릭 액정에 우선성 카이랄 물질을 포함한다. 따라서, 좌원 편광 소자(100b)는 일정한 주파수 대역의 우원 편광 빛을 반사시키고 좌원 편광 빛을 투과시키는 특성을 가진다.

[0078] 도 13을 참조하면, 광원(200)에서 빛(51)이 출력된다. 광원(200)에서 출력되는 빛(51)은 편광되지 않은 빛(무편광 빛) 또는 선편광된 빛일 수 있다. 무편광 빛과 선편광된 빛은 각각 우원 편광 50%와 좌원 편광 50%로 구성되어 있다.

[0079] 우원 편광 소자(100a)는 특정 파장(PBG)의 좌원 편광 빛을 반사시키고 우원 편광 빛을 투과시킨다. 따라서, 우원 편광 소자(100a)를 통과한 빛(52)은 PBG에서 좌원 편광된 빛 성분이 제거된 파형을 가질 수 있다. 우원 편광 소자(100a)를 통과한 빛은 좌원 편광 소자(100b)에 도달한다.

[0080] 좌원 편광 소자(100b)는 PBG의 우원 편광 빛을 반사시킨다. 따라서, 좌원 편광 소자(100b)를 통과한 빛(53)은 특정 파장에서 우원 편광된 빛 성분이 제거된 파형을 가질 수 있다. 상술한 바와 같이, PBG 내의 좌원 편광 빛 성분은 우원 편광 소자(100a)에서 제거되었고, 우원 편광 빛 성분은 좌원 편광 소자(100b)에서 다시 제거되기 때문에, 두 편광 소자를 통과한 빛(53)은 PBG 내의 모든 파장이 제거된 파형을 가질 수 있다. 따라서, 노치 필터는 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를 이용하여 구현될 수 있다. 또한, 노치 필터는 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)의 배치 위치를 바꿔서 구현될 수도 있다. 즉, 좌원 편광 소자(100b)가 먼저 배치되어 광원(200)으로부터 출력된 빛이 좌원 편광 소자(100b)를 통과한 후 우원 편광 소자(100a)를 통과할 수도 있다. 우원 편광 소자(100a)와 좌원 편광 소자(100b)의 배치 순서의 다양한 실시 예는 아래 설명하는 다양한 노치 필터에도 적용될 수 있다.

[0081] 노치 필터는 상술한 다양한 실시 예의 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를 이용하여 구현될 수 있다.

[0082] 도 14에는 제2 실시 예의 노치 필터가 도시되어 있다.

[0083] 도 14를 참조하면, 제1 로테이터(30a)를 포함하는 우원 편광 소자(100a) 및 제2 로테이터(30b)를 포함하는 좌원 편광 소자(100b)로 구현된 노치 필터가 도시되어 있다. 제1 로테이터(30a)와 제2 로테이터(30b)가 각각 회전함에 따라 우원과 좌원 편광 소자(100a, 100b)의 PBG 위치가 각각 단파장으로 이동할 수 있고, 회전각을 변화시켜 두 원편광 소자의 변화된 PBG 위치가 일치하도록 조정함으로써 파장 가변 노치 필터가 구현될 수 있다. 이때, 우원과 좌원 편광 소자(100a, 100b)는 각각 일정한 카이랄 분자의 농도를 가지고 있고, 회전에 의한 PBG의 위치 이동은 회전 방향에 무관하여 시계방향 또는 반시계 방향으로 돌릴 수 있다.

[0084] 또한, 도 14에서 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)는 각각 다양한 방식에 따라 피치 그래디언트를

가지는 원형 편광 소자일 수 있다. 예를 들어, 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)는 서로 다른 스펙트럼을 포함할 수 있고, 카이랄 물질 농도의 그래디언트가 형성된 소자일 수 있으며, 아조 색소의 광이성질화를 이용한 그래디언트가 형성된 소자일 수도 있고, 온도 기울기를 이용한 피치 그래디언트를 형성할 수도 있다. 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)는 카이랄 물질의 성질만 다르고 동일한 방식 및 비슷한 농도의 그래디언트가 형성된 소자일 수 있다.

[0085] 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)는 각각 제1 및 제2 로테이터(30a, 30b)의 회전축과 일정 거리 떨어진 영역에 배치될 수 있다. 그리고, 제1 및 제2 로테이터(30a, 30b)는 동일한 각도로 회전할 수 있다. 경우에 따라, 제1 로테이터(30a)와 제2 로테이터(30b)는 서로 다른 각도로 회전할 수도 있다. 일 실시 예로서, 제1 및 제2 로테이터(30a, 30b)는 0도에서 90도 가까이 회전할 수 있다. 광원(200)은 제1 및 제2 로테이터(30a, 30b)의 지름과 동일한 축상에 배치될 수 있다. 따라서, 광원(200)에서 출력된 빛은 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)의 대응되는 영역에 쏘여질 수 있다. 좌원 편광 소자(100a) 및 우원 편광 소자(100b)를 통과한 빛은 분광계(300)를 통해 검출될 수 있다.

[0086] 광원(200)에서 출력된 빛은 제1 및 제2 로테이터(30a, 30b)의 회전에 따라 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)의 다양한 영역에 쏘여질 수 있다. 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)는 피치의 그래디언트에 의해 빛이 쏘여지는 영역에 따라 서로 다른 파장(또는, 주파수) 대역의 빛을 반사시킬 수 있다. 따라서, 도 14에 도시된 노치 필터는 제1 및 제2 로테이터(30a, 30b)에 회전에 따라 다양한 파장 대역의 빛을 제거할 수 있다.

[0087] 로테이터의 실시 예는 다양한 노치 필터에 적용될 수 있다.

[0088] 도 15에는 제3 실시 예의 노치 필터가 도시되어 있다.

[0089] 도 15를 참조하면, 노치 필터는 카이랄 농도의 그래디언트가 형성된 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를 포함할 수 있다. 또한, 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)는 각각 제1 이동체(20a) 및 제2 이동체(20b)를 포함할 수 있다. 제1 및 제2 이동체(20a, 20b)는 각각 그래디언트가 형성된 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를 이동시킬 수 있다. 제1 및 제2 이동체(20a, 20b)는 동일한 거리를 이동할 수 있다. 경우에 따라, 제1 및 제2 이동체(20a, 20b)는 서로 다른 거리를 이동할 수도 있다.

[0090] 제1 및 제2 이동체(20a, 20b)의 이동에 따라 광원(200)에서 출력된 빛은 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)의 다양한 영역에 쏘여질 수 있다. 광원(200)에서 출력된 빛이 그래디언트가 형성된 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자의 다양한 영역에 쏘여짐으로써 노치 필터는 다양한 파장 대역의 빛을 제거할 수 있다. 이동체의 실시 예는 다양한 노치 필터에 적용될 수 있다.

[0091] 도 16에는 제4 실시 예의 노치 필터가 도시되어 있다.

[0092] 도 16을 참조하면, 노치 필터는 일정 농도의 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)에 제1 히터(160a) 및 제2 히터(160b)를 포함할 수 있다. 또는, 노치 필터는 일정 농도의 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)에 제1 이동체(20a) 및 제2 이동체(20b)를 포함할 수 있다.

[0093] 광원(200)은 빛을 출력한다. 제1 히터(160a)는 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)의 일단에 제1 온도의 열을 공급할 수 있다. 제2 히터(160b)는 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)의 타단에 제1 온도와 다른 제2 온도의 열을 공급할 수 있다. 상술한 바와 같이, 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)는 각각 제1 히터(160a)와 제2 히터(160b)에서 공급되는 서로 다른 온도의 열에 의해 온도 그래디언트가 형성될 수 있다. 그리고, 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)는 빛이 쏘여지는 영역에 따라 다양한 파장의 빛 성분을 반사시킬 수 있다.

[0094] 도 16에 도시된 노치 필터는 제1 히터(160a) 및 제2 히터(160b)에서 공급되는 열의 온도를 조정함으로써 반사되는 빛의 파장 대역을 조정할 수 있다. 또는, 도 16에 도시된 노치 필터는 제1 이동체(20a) 및 제2 이동체(20b)를 포함할 수 있다. 제1 이동체(20a) 및 제2 이동체(20b)는 각각 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를 동일한 거리만큼 이동시켜 반사되는 빛의 파장 대역을 조정할 수 있다. 또는, 제1 이동체(20a) 및 제2 이동체(20b)는 각각 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를 개별적으로 제어하여 반사되는 빛의 파장 대역을 조정할 수도 있다.

[0095] 도 17에는 제5 실시 예의 노치 필터가 도시되어 있다.

[0096] 도 17을 참조하면, 노치 필터는 일정한 아조 색소를 포함한 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를

포함할 수 있다. 상술한 바와 같이, 아조 색소를 포함한 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)에 자외선을 쬔면 각 원 편광 소자의 PBG를 단파장 쪽으로 이동시킬 수 있고, 이동된 PBG 위치는 가시광(VIS)을 쬔다면 다시 장파장으로 이동할 수 있다. 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)에 포함되는 아조 색소의 농도는 노치 필터의 목적에 따라 다양하게 설정될 수 있다.

- [0097] 아조 색소를 포함하는 선형 편광 소자의 특성 및 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를 포함하는 노치 필터의 특성은 상술한 예와 동일하므로 구체적인 설명을 생략한다.
- [0098] 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)의 콜레스테릭 액정은 열이나 자외선에 의해 고분자화될 수 있다. 또는, 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)는 자외선이나 가시광선을 차단할 수 있는 차단막을 더 포함할 수도 있다.
- [0099] 도 18에는 제6 실시 예의 노치 필터가 도시되어 있다.
- [0100] 도 18을 참조하면, 시스형으로 전환된 아조 색소의 농도에 따라 그래디언트가 형성된 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를 포함한 노치 필터가 도시되어 있다.
- [0101] 일 실시 예로서, 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)는 각각 균일한 농도의 아조 색소 및 농도가 일정하게 변하는 ND 필터를 포함할 수 있다. ND 필터에 의해 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)의 각 영역에 투사되는 자외선의 양이나 세기가 달라질 수 있다. 자외선의 양이나 세기에 따라 각 영역에서 시스형으로 전환되는 아조 색소의 비율이 달라질 수 있다. 그리고, 아조 색소의 비율에 따라 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)의 각 영역에서 반사되는 빛의 파장은 달라질 수 있다.
- [0102] 아조 색소를 포함하는 선형 편광 소자의 특성 및 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를 포함하는 노치 필터의 특성은 상술한 예와 동일하므로 구체적인 설명은 생략한다.
- [0103] 도 19에는 제7 실시 예의 노치 필터가 도시되어 있다.
- [0104] 도 19를 참조하면, 노치 필터는 히터(160)를 포함할 수 있다. 히터(160)는 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)의 각 면에 열을 공급할 수 있다. 히터(160)의 온도가 제어됨에 따라 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)에서 반사되는 빛의 파장은 달라질 수 있다.
- [0105] 한편, 노치 필터는 하나의 소자로 구현될 수도 있다.
- [0106] 도 20 및 도 21은 본 개시의 다른 실시 예에 따른 노치 필터를 구현하는 방법을 설명하는 도면이다.
- [0107] 도 20(a)를 참조하면, 상술한 원형 편광 소자가 도시되어 있다. 즉, 한 쌍의 기관(110a, 110b) 각각의 일면에는 폴리이미드층(120a, 120b)이 코팅된다. 그리고, 폴리이미드층(120a, 120b)은 경우에 따라 러빙(rubbing) 처리될 수 있다. 다음에, 폴리이미드층(120a, 120b) 사이의 스페이서(130)를 이용하여 셀이 제작되고, 네마틱 액정과 카이랄 물질(도펀트)의 혼합물이 주입된다. 일 실시 예로, 카이랄 물질은 좌선성 카이랄 물질일 수 있다. 셀에 좌선성 카이랄 물질이 주입되는 경우, 네마틱 액정은 반시계 방향의 나선형으로 배열된다. 카이랄 물질 주입 후, 자외선을 조사하면 콜레스테릭 액정층(140)이 고분자화된다. 고분자화된 원형 편광 소자의 폴리이미드층(120b)이 코팅된 한쪽 기관(110b)이 제거된다. 도 20(b)를 참조하면 원형 편광 소자의 폴리이미드층(120b)이 코팅된 한쪽 기관(110b)이 제거된 도면이 도시되어 있다. 원형 편광 소자의 한쪽 기관(110b)이 제거된 후, 스페이서(130a)를 이용하여 셀이 제작된다.
- [0108] 도 20(c)에는 새로운 셀이 포함된 소자가 도시되어 있다. 폴리이미드층(120c)이 코팅된 기관(110c)과 새로운 스페이서(130a)를 이용하여 셀이 제작된다. 그리고, 제작된 셀에 네마틱 액정과 카이랄 물질이 주입된다.
- [0109] 도 20(d)에는 제작된 셀에 네마틱 액정과 카이랄 물질이 주입되어 새로운 콜레스테릭 액정층(140a)을 포함하는, 각각 좌원과 우원 편광 특성을 가지는 2층 구조의 소자가 도시되어 있다. 상술한 바와 같이, 도 20(a)의 콜레스테릭 액정층(140)에 좌선성 카이랄 물질이 포함된 경우, 새로운 콜레스테릭 액정층(140a)에는 우선성 카이랄 물질이 포함된다. 한편, 도 20(a)의 콜레스테릭 액정층(140)에 우선성 카이랄 물질이 포함된 경우, 새로운 콜레스테릭 액정층(140a)에는 좌선성 카이랄 물질이 포함된다. 좌선성 카이랄 물질이 포함된 경우, 콜레스테릭 액정층을 투과한 빛은 우원 편광 특성을 가지고, 우선성 카이랄 물질이 포함된 경우, 콜레스테릭 액정층을 투과한 빛은 좌원 편광 특성을 가진다. 즉, 좌원 편광 특성의 콜레스테릭 액정층 및 우원 편광 특성의 콜레스테릭 액정층의 제작 순서는 바뀔 수 있다. 그리고, 기존 콜레스테릭 액정층(140) 및 새로운 콜레스테릭 액정층(140a)에는 PBG의 위치가 일치하도록 주입되는 카이랄 분자의 농도가 조절될 수 있다.

- [0110] 경우에 따라, 한 쌍의 기관(110a, 110c)은 입사 광선에 대해 폴리이미드가 코팅이 되지 않는 면은 무반사 코팅이 되어 사용될 수 있다. 그리고, 노치 필터의 제작에 사용되는 콜레스테릭 액정층(140, 140a)은 자외선 또는 열에 의해 고분자화될 수 있는 물질일 수 있다.
- [0111] 또한, 노치 필터는 다른 방식으로 제작될 수도 있다.
- [0112] 도 21(a)을 참조하면, 폴리이미드층(120a)이 코팅된 후 러빙 처리된 기관(110a) 위에 콜레스테릭 액정층(140b)을 스핀 코팅한다. 예를 들어, 콜레스테릭 액정층(140b)은 우선성 카이랄 물질을 포함할 수 있고, 콜레스테릭 액정층(140b)은 좌원 편광 특성을 가진다. 스핀 코팅 과정을 통해 콜레스테릭 액정층(140b)이 제작되므로 기관(110a)은 1개만 사용된다. 다음에, 약 100도에서 약 1분간 열처리 과정이 수행되고, 콜레스테릭 나선구조의 형성이 잘 되도록 천천히 상온에서 냉각 후 자외선이 조사되면 콜레스테릭 액정층(140b)은 고분자화 된다. 스핀 코팅된 콜레스테릭 액정층(140b) 위에 새로운 콜레스테릭 액정층(140c)이 스핀 코팅되어 기존의 콜레스테릭 액정층(140b)과 같은 방법으로 형성된다.
- [0113] 도 21(b)에는 새로운 콜레스테릭 액정층(140c)이 형성된 소자가 도시되어 있다. 이전 콜레스테릭 액정층(140b)이 우선성 카이랄 물질을 포함하는 경우, 새로운 콜레스테릭 액정층(140c)은 좌선성 카이랄 물질을 포함한다. 스핀 코팅 과정이 수행되어 소자에는 2층의 콜레스테릭 액정층(140b, 140c)이 형성된다. 새로운 콜레스테릭 액정층(140c)이 잘 형성되도록 약 100도에서 약 1분간 열처리 과정이 수행되고, 자외선이 조사되면 새로운 콜레스테릭 액정층(140c)은 고분자화 된다. 그리고, 기존 콜레스테릭 액정층(140b) 및 새로운 콜레스테릭 액정층(140c)에는 PBG의 위치가 일치하도록 주입되는 카이랄 분자의 농도가 조절될 수 있다. 그리고, 노치 필터의 제작에 사용되는 콜레스테릭 액정(140b, 140c)층은 자외선 또는 열에 의해 고분자화될 수 있는 물질일 수 있다.
- [0114] 도 22에는 제8 실시 예의 노치 필터가 도시되어 있다.
- [0115] 도 22를 참조하면, 하나의 소자로 형성된 노치 필터(400)가 도시되어 있다. 상술한 바와 같이, 노치 필터(400)는 우원 편광 콜레스테릭 액정 및 좌원 편광 콜레스테릭 액정의 2중층을 포함한다. 광원(200)에서 빛(56)이 출력된다. 광원(200)에서 출력되는 빛(56)은 편광되지 않은 빛(무편광 빛) 또는 선편광된 빛일 수 있다. 무편광 빛과 선편광된 빛은 각각 우원 편광 50%와 좌원 편광 50%로 구성되어 있다. 광원(200)에서 출력된 빛(56)은 노치 필터의 우원 편광 콜레스테릭 액정 및 좌원 편광 콜레스테릭 액정을 통과한다. 노치 필터(400)의 우원 편광 콜레스테릭 액정은 PBG에서 좌원 편광된 빛 성분을 반사시킨다. 그리고, 노치 필터(400)의 좌원 편광 콜레스테릭 액정은 PBG에서 우원 편광된 빛 성분을 반사시킨다. 노치 필터(400)의 우원 편광 콜레스테릭 액정과 좌원 편광 콜레스테릭 액정의 PBG는 동일하다. 따라서, 노치 필터(400)를 통과한 빛(57)은 PBG 영역의 성분이 모두 제거된 파형을 가질 수 있다.
- [0116] 노치 필터(400)를 통과한 빛(57)의 파형은 분광계(spectrophotometer)를 이용하여 검출될 수 있다.
- [0117] 도 23에는 제9 실시 예의 노치 필터가 도시되어 있다.
- [0118] 도 23을 참조하면, 로테이터(30a)에 배치된 노치 필터(400)가 도시되어 있다. 노치 필터(400)는 우원 편광 콜레스테릭 액정 및 좌원 편광 콜레스테릭 액정을 포함한다. 광원(200)에서 빛(56)이 출력된다. 로테이터(30a)가 회전함에 따라 노치 필터(400)의 PBG 위치가 단파장으로 이동할 수 있다.
- [0119] 이때, 노치 필터(400) 내의 우원 편광 콜레스테릭 액정 및 좌원 편광 콜레스테릭 액정은 각각 일정한 카이랄 분자의 농도를 가지고 있고, 회전에 의한 PBG의 위치 이동은 회전 방향에 무관하여 시계방향 또는 반시계 방향으로 돌릴 수 있다.
- [0120] 또한, 도 23에서 노치 필터(400) 내의 우원 편광 콜레스테릭 액정 및 좌원 편광 콜레스테릭 액정은 각각 다양한 방식에 따라 피치 그래디언트를 가질 수 있다. 예를 들어, 우원 편광 콜레스테릭 액정 및 좌원 편광 콜레스테릭 액정은 카이랄 물질 농도의 그래디언트가 형성된 소자일 수 있으며, 아조 색소의 광이성질화를 이용한 그래디언트가 형성된 소자일 수도 있고, 온도 기울기를 이용한 피치 그래디언트를 형성할 수도 있다. 우원 편광 콜레스테릭 액정 및 좌원 편광 콜레스테릭 액정은 카이랄 물질의 성질만 다르고 동일한 방식 및 비슷한 농도의 그래디언트가 형성될 수 있다.
- [0121] 노치 필터(400)는 로테이터(30a)의 회전축과 일정 거리 떨어진 영역에 배치될 수 있다. 일 실시 예로서, 로테이터(30a)는 -90도에서 90도 가까이 회전할 수 있다. 광원(200)은 로테이터(30a)의 지름과 동일한 축상에 배치될 수 있다. 노치 필터(400)를 통과한 빛은 분광계(300)를 통해 검출될 수 있다.
- [0122] 광원(200)에서 출력된 빛은 로테이터(30a)의 회전에 따라 노치 필터(400)의 다양한 영역에 쏘여질 수 있다. 노

치 필터(400)는 피치의 그라디언트에 의해 빛이 쪼여지는 영역에 따라 서로 다른 파장(또는, 주파수) 대역의 빛을 반사시킬 수 있다. 따라서, 도 23에 도시된 노치 필터(400)는 로테이터(30a)에 회전에 따라 다양한 파장 대역의 빛을 제거할 수 있다.

[0123] 도 24는 본 개시의 일 실시 예에 따른 노치 필터의 출력 파형을 나타내는 도면이다.

[0124] 도 24를 참조하면, 다양한 실시 예에 따른 노치 필터의 파형이 도시되어 있다. 도 24에 도시된 바와 같이, 하나의 노치 필터는 우원 편광 소자 및 좌원 편광 소자에 형성된 다양한 그라디언트에 따라 다양한 빛의 파장을 제거할 수 있다. 예를 들어, 도 24에 도시된 노치 필터의 파형은 약 500nm의 파장부터 약 730nm의 파장까지 연속적이고 다양한 파장의 빛이 제거될 수 있다는 것을 보여준다.

[0125] 지금까지 선형 편광 소자를 이용한 노치 필터의 다양한 실시 예를 설명하였다. 상술한 바와 같이, 노치 필터의 실시 예는 도면에 도시된 실시 예에 한정되지 않는다. 위에서 설명한 다양한 선형 편광 소자를 이용하여 특정 파장(또는, 주파수) 대역을 제거할 수 있다면, 다양한 선형 편광 소자를 조합하여 노치 필터가 구현될 수 있다.

[0126] 아래에서는 선형 편광 소자를 이용한 밴드 패스 필터의 다양한 실시 예를 설명한다.

[0127] 도 25 내지 도 38은 본 개시의 다양한 실시 예에 따른 밴드 패스 필터를 설명하는 도면이다.

[0128] 도 25에는 제1 실시 예의 밴드 패스 필터가 도시되어 있다.

[0129] 도 25를 참조하면, 밴드 패스 필터는 빔 스플리터(180), 좌원 편광 소자(100b)를 포함할 수 있다. 광원(200)은 빛을 출력한다. 출력된 빛은 무편광 빛이거나 선편광된 빛일 수 있다. 광원(200)에서 출력된 빛은 빔 스플리터(180)를 통과할 수 있다. 빔 스플리터(180)를 통과한 빛은 좌원 편광 소자(100b)에 도달한다. 좌원 편광 소자(100b)는 도달된 빛 중에서 특정 파장 대역의 우원 편광된 빛을 반사시킬 수 있다. 예를 들어, 특정 파장 대역은 490nm에서 510nm 사이일 수 있다. 좌원 편광 소자(100b)에서 반사된 우원 편광된 빛은 빔 스플리터(180)에서 반사될 수 있다. 빔 스플리터(180)에서 반사된 우원 편광된 빛은 좌원 편광으로 바뀐다. 즉, 분광계(300)는 광원(200)에서 출력된 빛 중에서 빔 스플리터(180) 및 좌원 편광 소자(100b)에 의해 파장 대역이 490nm에서 510nm 사이의 좌원 편광된 빛만을 검출할 수 있다. 즉, 도 25에 도시된 필터는 파장 대역이 490nm에서 510nm 사이의 빛만을 통과시키는 밴드 패스 필터이다.

[0130] 도 25에서는 좌원 편광 소자(100b)를 사용하였으나, 우원 편광 소자(100a)를 사용하여 밴드 패스 필터가 구현될 수도 있다. 밴드 패스 필터가 우원 편광 소자(100a)를 포함하는 경우, 광원(200)에서 출력된 빛은 빔 스플리터(180)를 통과하여 우원 편광 소자(100a)에 도달한다. 우원 편광 소자(100a)는 특정 파장 대역의 좌원 편광된 빛을 반사시킬 수 있다. 예를 들어, 특정 파장 대역은 490nm에서 510nm 사이일 수 있다. 우원 편광 소자(100a)에서 반사된 좌원 편광된 빛은 빔 스플리터(180)에서 반사될 수 있다. 빔 스플리터(180)에서 반사된 좌원 편광된 빛은 우원 편광으로 바뀐다. 즉, 분광계(300)는 광원(200)에서 출력된 빛 중에서 빔 스플리터(180) 및 우원 편광 소자(100a)에 의해 파장 대역이 490nm에서 510nm 사이의 우원 편광된 빛만을 검출할 수 있다. 즉, 필터는 파장 대역이 490nm에서 510nm 사이의 빛만을 통과시키는 밴드 패스 필터이다.

[0131] 한편, 빔 스플리터 대신 광 도파로가 배치될 수도 있다. 즉, 우원(또는 좌원) 편광 소자(100a)에서 반사된 빛을 빔 스플리터 또는 광 도파로로 반사 또는 분리함으로써 특정 파장대의 빛을 통과시키는 밴드 패스 필터가 구현될 수 있다.

[0132] 도 26에는 제2 실시 예의 밴드 패스 필터가 도시되어 있다.

[0133] 도 26을 참조하면, 밴드 패스 필터는 광도파로(190)를 포함할 수 있다. 광원(200)에서 출력된 빛은 광도파로(190)를 통과하여 좌원 편광 소자(100b)에 도달할 수 있다. 좌원 편광 소자(100b)는 도달된 빛 중에서 우원 편광된 빛을 반사시킬 수 있다. 반사된 우원 편광 빛은 광도파로(190)의 분기로(branch)를 통해 무수히 많은 횡수로 도파로 내에서 전반사한 후 무편광 상태로 출력될 수 있다. 분기로의 끝단에는 분광계가 위치할 수 있다. 분광계는 광도파로에서 출력된 특정 파장 대역의 빛을 검출할 수 있다.

[0134] 도 27에는 제3 실시 예의 밴드 패스 필터가 도시되어 있다.

[0135] 도 27을 참조하면, 밴드 패스 필터는 좌원 편광 소자(100b) 및 우원 편광 소자(100a)를 포함할 수 있다. 광원(200)에서 출력된 빛은 빔 스플리터(180)를 통과하여 좌원 편광 소자(100b)에 도달한다. 좌원 편광 소자(100b)에 도달된 빛 중 특정 파장의 우원 편광된 빛은 좌원 편광 소자(100b)에 의해 반사된다. 예를 들어, 특정 파장은 483nm에서 516nm 사이일 수 있다. 반사된 우원 편광 빛은 빔 스플리터(180)에 의해 반사되고, 좌원 편광으로

바뀐다. 좌원 편광으로 바뀐 빛은 우원 편광 소자(100a)에 도달한다.

- [0136] 한편, 좌원 편광 소자(100b)의 편광되는 파장 대역은 우원 편광 소자(100a)의 편광되는 파장 대역과 다를 수 있다. 예를 들어, 좌원 편광 소자(100b)의 편광 파장은 483nm에서 516nm 사이일 수 있고, 우원 편광 소자(100a)의 편광 파장은 500nm에서 534nm 사이일 수 있다.
- [0137] 즉, 우원 편광 소자(100a)에 도달된 빛의 파장 대역은 483nm에서 516nm 사이의 좌원 편광된 빛이다. 그리고, 우원 편광 소자(100a)는 500nm에서 534nm 사이의 좌원 편광 빛을 반사시킨다. 따라서, 우원 편광 소자(100a)를 통과한 빛은 483nm에서 500nm 사이의 좌원 편광 빛이다. 우원 편광 소자(100a)를 통과한 빛은 분광계(300)를 통해 검출될 수 있다.
- [0138] 상술한 바와 같이, 좌원 편광 소자(100b)의 위치와 우원 편광 소자(100a)의 위치는 바뀔 수 있다. 반사되는 파장 대역이 서로 다른 좌원 편광 소자(100b) 및 우원 편광 소자(100a)를 이용하여 통과하는 밴드 갭을 조절할 수 있는 밴드 패스 필터가 구현될 수 있다.
- [0139] 도 28에는 제4 실시 예의 밴드 패스 필터가 도시되어 있다.
- [0140] 도 28을 참조하면, 밴드 패스 필터는 빔 스플리터(180), 좌원 편광 소자(100b) 및 우원 편광 소자(100a)를 포함할 수 있다. 도 28에서 좌원 편광 소자(100b) 및 우원 편광 소자(100a)가 반사하는 파장 대역은 동일할 수 있다. 예를 들어, 도 28에서 도시된 바와 같이, 반사되는 파장 대역은 490nm에서 510nm 사이라고 가정한다.
- [0141] 광원(200)에서 출력되어 빔 스플리터(180)를 통과한 빛은 좌원 편광 소자(100b)에 도달한다. 490nm에서 510nm 사이의 우원 편광 빛은 반사되고, 490nm에서 510nm 사이의 좌원 편광 빛을 포함한 나머지 빛은 통과한다. 그리고, 우원 편광 소자(100a)에 의해 490nm에서 510nm 사이의 좌원 편광 빛은 반사된다. 그리고, 반사된 좌원 편광 빛은 좌원 편광 소자(100b)를 통과한다. 따라서, 좌원 편광 소자(100b)에서 빔 스플리터(180)로 향하는 빛은 좌원 편광 성분 및 우원 편광 성분을 모두 포함할 수 있다. 즉, 좌원 편광 소자(100b)에서 빔 스플리터(180)로 향하는 빛은 무편광 빛일 수 있다. 무편광 빛은 빔 스플리터(180)에서 반사될 수 있다.
- [0142] 좌원 편광 소자(100b) 및 우원 편광 소자(100a)가 나란히 배치된 밴드 패스 필터는 좌원 편광 성분 및 우원 편광 성분 모두를 포함한 특정 파장 대역의 빛을 통과시킬 수 있다.
- [0143] 도 29에는 제5 실시 예의 밴드 패스 필터가 도시되어 있다.
- [0145] *도 29를 참조하면, 밴드 패스 필터는 이동체(20)에 배치된 좌원 편광 소자(100b)를 포함할 수 있다. 밴드 패스 필터의 기본적인 동작 과정은 상술한 바와 동일하다. 도 29의 좌원 편광 소자(100b)는 위치에 따라 피치 그래디언트가 형성되어 있다. 따라서, 좌원 편광 소자(100b)는 광원(200)에서 출력된 빛이 소자에 도달되는 영역에 따라 반사되는 파장 대역은 달라질 수 있다. 따라서, 이동체(20)에 의해 빛이 도달되는 좌원 편광 소자(100b)의 영역이 달라짐에 따라 통과되는 파장 대역도 달라질 수 있다. 그래디언트가 형성된 선형 편광 소자도 위에서 자세히 설명하였으므로 구체적인 설명은 생략한다.
- [0146] 도 30에는 제6 실시 예의 밴드 패스 필터가 도시되어 있다.
- [0147] 도 30을 참조하면, 밴드 패스 필터는 빔 스플리터(180), 이동체(20a, 20b)와 각각 연결된 좌원 편광 소자(100b) 및 우원 편광 소자(100a)를 포함할 수 있다. 상술한 바와 같이, 좌원 편광 소자(100b) 및 우원 편광 소자(100a)는 피치 그래디언트가 형성되어 있기 때문에 빛이 도달되는 위치에 따라 다양한 파장 대역의 빛을 반사시킬 수 있다. 그리고, 이동체(20)는 빛이 도달되는 편광 소자의 영역을 조정할 수 있다.
- [0148] 광원(200)에서 출력되어 빔 스플리터(180)를 통과한 빛의 일부 성분은 좌원 편광 소자(100b)에 의해 반사된다. 반사되는 빛의 일부 성분은 특정 파장 대역이고, 우원 편광 특성을 가진다. 그리고, 반사된 우원 편광 빛은 빔 스플리터에 의해 좌원 편광으로 바뀐다. 바뀐 좌원 편광 빛의 일부 성분은 우원 편광 소자(100a)에 의해 반사된다. 따라서, 좌원 편광 소자(100b) 및 우원 편광 소자(100a)의 조합에 의한 특정 파장 대역의 빛만 통과되어 분광계(300)에 의해 검출될 수 있다.
- [0149] 도 31에는 제7 실시 예의 밴드 패스 필터가 도시되어 있다.
- [0150] 도 31을 참조하면, 밴드 패스 필터는 빔 스플리터(180) 및 좌원 편광 소자(100b) 및 우원 편광 소자(100a)를 포함할 수 있다. 상술한 바와 같이, 좌원 편광 소자(100b) 및 우원 편광 소자(100a)를 나란히 배치하는 경우, 분

광계(300)는 특정 파장 대역의 무편광 빛을 검출할 수 있다.

- [0151] 좌원 편광 소자(100b) 및 우원 편광 소자(100a)가 피치 그래디언트가 형성된 경우, 좌원 편광 소자(100b) 및 우원 편광 소자(100a)의 이동체(20a, 20b)에 의해 빛이 도달되는 위치를 조정할 수 있다. 또한, 좌원 편광 소자(100b)와 우원 편광 소자(100a)의 조합에 의해 다양한 밴드 갭(패스 대역)이 설정될 수 있다. 상술한 바와 같이, 밴드 패스 필터는 빔 스플리터(180) 대신 광도파로로 구현될 수도 있다.
- [0152] 도 32에는 제8 실시 예의 밴드 패스 필터가 도시되어 있다.
- [0153] 도 32를 참조하면, 밴드 패스 필터는 2개의 좌원 편광 소자(100b-1, 100b-2) 및 2개의 우원 편광 소자(100a-1, 100a-2)를 포함할 수 있다. 광원(200)에서 출력되어 빔 스플리터(180)를 통과한 빛이 도달되는 영역에 위치한 제1 우원 편광 소자(100a-1) 및 제1 좌원 편광 소자(100b-1)는 각각 특정 파장 대역의 좌원 편광된 빛 및 우원 편광된 빛을 반사시킬 수 있다. 따라서, 제1 우원 편광 소자(100a-1) 및 제1 좌원 편광 소자(100b-1)에서 반사되어 빔 스플리터(180)로 향하는 빛은 무편광 빛일 수 있다.
- [0154] 그리고, 빔 스플리터(180)에서 반사된 빛이 도달되는 영역에 위치한 제2 우원 편광 소자(100a-2) 및 제2 좌원 편광 소자(100b-2)는 밴드 갭(통과 파장 대역)을 조절할 수 있다. 예를 들어, 제1 우원 편광 소자(100a-1) 및 제1 좌원 편광 소자(100b-1)의 원형 편광되는 파장 대역은 480nm에서 510nm 사이이고, 제2 우원 편광 소자(100a-2) 및 제2 좌원 편광 소자(100b-2)의 원형 편광되는 파장 대역은 490nm에서 520nm 사이일 수 있다.
- [0155] 제1 우원 편광 소자(100a-1) 및 제1 좌원 편광 소자(100b-1)로부터 반사된 빛은 480nm에서 510nm 사이의 무편광 빛이다. 그리고, 반사된 무편광 빛이 제2 우원 편광 소자(100a-2)에 도달되면, 490nm에서 520nm 사이의 좌원 편광 빛만 반사된다. 따라서, 파장 영역이 480nm에서 490nm인 무편광 빛과 파장 영역이 490nm에서 510nm인 우원 편광 빛이 제2 우원 편광 소자(100a-2)를 통과할 수 있다. 그리고, 제2 좌원 편광 소자(100b-2)는 490nm에서 520nm 사이의 우원 편광 빛만 반사한다. 따라서, 파장 영역이 480nm에서 490nm인 무편광 빛은 제2 좌원 편광 소자(100b-2)를 통과하고 분광계(300)에서 검출될 수 있다.
- [0156] 상술한 바와 같이, 밴드 패스 필터는 빔 스플리터(180) 대신 광도파로를 포함할 수 있다.
- [0157] 도 33에는 제9 실시 예의 밴드 패스 필터가 도시되어 있다.
- [0158] 도 33을 참조하면, 밴드 패스 필터는 2개의 우원 편광 소자(100a-1, 100a-2), 2개의 좌원 편광 소자(100b-1, 100b-2) 및 4개의 히터(160a, 160b, 160c, 160d)를 포함할 수 있다. 4개의 히터(160a, 160d, 160c, 160d)는 각각 제1 및 제2 우원 편광 소자(100a-1, 100a-2) 및 제1 및 제2 좌원 편광 소자(100b-1, 100b-2)에 열을 공급할 수 있다. 제1 우원 편광 소자(100a-1)와 제1 좌원 편광 소자(100b-1)가 반사하는 빛의 파장 대역은 동일할 수 있다. 또한, 제2 우원 편광 소자(100a-2)와 제2 좌원 편광 소자(100b-2)가 반사하는 빛의 파장 대역도 동일할 수 있다. 각 히터(160a, 160b, 160c, 160d)는 동일한 온도로 설정될 수 있고, 다른 온도로 설정될 수도 있다. 각 히터(160a, 160b, 160c, 160d)에서 공급되는 열의 온도에 따라 우원 편광 필터(100a-1, 100a-2) 및 좌원 편광 필터(100b-1, 100b-2)의 원형 편광되는 파장 대역이 달라질 수 있다.
- [0159] 제1 우원 편광 소자(100a-1) 및 제1 좌원 편광 소자(100b-1)는 각각 좌원 편광 빛과 우원 편광 빛을 반사시켜 특정 통과 파장 대역의 무편광 빛을 빔 스플리터(180)로 반사시킬 수 있다. 그리고, 제2 우원 편광 소자(100a-2) 및 제2 좌원 편광 소자(100b-2)는 통과 파장 대역을 조절할 수 있다. 밴드 패스 필터의 구체적인 동작은 상술한 바와 동일하므로 구체적인 설명은 생략한다.
- [0160] 도 34에는 제10 실시 예의 밴드 패스 필터가 도시되어 있다.
- [0161] 도 34를 참조하면, 밴드 패스 필터는 이동체를 포함하는 우원 편광 소자(100a-1, 100a-2) 및 좌원 편광 소자(100b-1, 100b-2)를 포함할 수 있다. 우원 편광 소자(100a-1, 100a-2) 및 좌원 편광 소자(100b-1, 100b-2)에는 피치 그래디언트가 형성될 수 있다. 예를 들어, 피치 그래디언트는 온도, 카이랄 물질의 농도, 아조 색소의 농도, 자외선 입사 양이나 세기에 의한 시스템 전환 비율, 스페이서의 크기에 따른 피치의 거리 등을 이용하여 형성될 수 있다.
- [0162] 제1 우원 편광 소자(100a-1) 및 제1 좌원 편광 소자(100b-1)의 그래디언트는 동일한 비율로 형성될 수 있다. 그리고, 제2 우원 편광 소자(100a-2) 및 제2 좌원 편광 소자(100b-2)의 그래디언트도 동일한 비율로 형성될 수 있다.
- [0163] 제1 우원 편광 소자(100a-1)는 제1-1 이동체(20a-1)에 배치되고, 제1 좌원 편광 소자(100b-1)는 제1-2 이동체

(20a-2)에 배치될 수 있다. 그리고, 제2 우원 편광 소자(100a-2)는 제2-1 이동체(20b-1)에 배치되고, 제2 좌원 편광 소자(100b-2)는 제2-2 이동체(20b-2)에 배치될 수 있다. 그리고, 제1-1 이동체(20a-1)와 제1-2 이동체(20a-2)는 동일한 거리를 이동할 수 있다. 이때, 제1-1 이동체(20a-1)와 제1-2 이동체(20a-2)는 둘 중 하나의 이동체를 사용하여 제1 우원 편광 소자(100a-1)와 제1 좌원 편광 소자(100b-1)를 동시에 이동시킬 수도 있다. 또한, 제2-1 이동체(20b-1)와 제2-2 이동체(20b-2)도 동일한 거리를 이동할 수 있다. 이때, 제2-1 이동체(20b-1)와 제2-2 이동체(20b-2)는 둘 중 하나의 이동체를 사용하여 제2 우원 편광 소자(100a-2)와 제2 좌원 편광 소자(100b-2)를 동시에 이동시킬 수도 있다.

[0164] 상술한 바와 같이, 제1 우원 편광 소자(100a-1) 및 제1 좌원 편광 소자(100b-1)는 각각 좌원 편광 빛과 우원 편광 빛을 반사시켜 특정 통과 파장 대역의 무편광 빛을 빔 스플리터(180)로 반사시킬 수 있다. 그리고, 제2 우원 편광 소자(100a-2) 및 제2 좌원 편광 소자(100b-2)는 통과 파장 대역을 조절할 수 있다. 밴드 패스 필터의 구체적인 동작은 상술한 바와 동일하므로 구체적인 설명은 생략한다.

[0165] 한편, 밴드 패스 필터는 이동체 대신 로테이터를 포함할 수 있고, 빔 스플리터(180) 대신 광도파로를 포함할 수도 있다.

[0166] 한편, 상술한 다양한 실시 예의 파장 가변 밴드 패스 필터는 검출기(detector)를 포함하여 모노크로메타(Monochrometer), 파장가변 미러 또는 스펙트로포토메타(Spectrophotometer) 장치로 활용될 수도 있다.

[0167] 도 35에는 제11 실시 예의 밴드 패스 필터가 도시되어 있다.

[0168] 도 35를 참조하면, 밴드 패스 필터는 빔 스플리터(180), 좌원과 우원 편광기의 2층으로 이루어진 노치 필터(400)를 포함할 수 있다. 광원(200)은 빛을 출력한다. 출력된 빛은 무편광 빛이거나 선편광된 빛일 수 있다. 광원(200)에서 출력된 빛은 빔 스플리터(180)를 투과할 수 있다. 빔 스플리터(180)를 투과한 빛은 노치 필터(400)에 도달한다. 노치 필터(400)는 도달된 빛 중에서 특정 파장 대역(PBG)의 빛을 반사시킬 수 있다. 노치 필터(400)는 우원 편광 콜레스테릭 액정 및 좌원 편광 콜레스테릭 액정을 포함하기 때문에 노치 필터(400)에서 반사된 빛은 좌원 편광 성분 및 우원 편광 성분 모두를 가진다. 예를 들어, 특정 파장 대역은 490nm에서 510nm 사이일 수 있다. 노치 필터(400)에서 반사된 빛은 빔 스플리터(180)에서 반사될 수 있다.

[0169] 분광계(300)는 광원(200)에서 출력된 빛 중에서 파장 대역이 490nm에서 510nm 사이의 빛만을 검출할 수 있다. 즉, 도 35에 도시된 필터는 파장 대역이 490nm에서 510nm 사이의 빛만을 통과시키는 밴드 패스 필터이다.

[0170] 한편, 빔 스플리터 대신 광 도파로가 배치될 수도 있다. 즉, 노치 필터(400)에서 반사된 빛을 빔 스플리터 또는 광 도파로로 반사 또는 분리함으로써 PBG 영역의 빛을 통과시키는 밴드 패스 필터가 구현될 수 있다.

[0171] 도 36에는 제12 실시 예의 밴드 패스 필터가 도시되어 있다.

[0172] 도 36을 참조하면, 밴드 패스 필터는 두 개의 좌원과 우원 편광기의 2층 구조로 이루어진 노치 필터(400a, 400b)를 포함할 수 있다. 광원(200)에서 출력된 빛은 빔 스플리터(180)를 통과하여 제1 노치 필터(400a)에 도달한다. 제1 노치 필터(400a)에 도달된 빛 중 특정 파장의 빛은 제1 노치 필터(400a)에 의해 반사된다. 상술한 바와 같이, 노치 필터는 우원 편광 콜레스테릭 액정 및 좌원 편광 콜레스테릭 액정을 포함하기 때문에 노치 필터에서 반사된 빛은 좌원 편광 성분 및 우원 편광 성분 모두를 가진다. 예를 들어, 특정 파장은 483nm에서 516nm 사이일 수 있다. 반사된 빛은 빔 스플리터(180)에 의해 반사되고, 제2 노치 필터(400b)에 도달한다.

[0173] 한편, 제1 노치 필터(400a)에서 반사되는 파장 대역은 제2 노치 필터(400b)의 반사되는 파장 대역과 다를 수 있다. 예를 들어, 제1 노치 필터(400a)에서 반사되는 파장 대역은 483nm에서 516nm 사이일 수 있고, 제2 노치 필터(400b)에서 반사되는 파장 대역은 500nm에서 534nm 사이일 수 있다.

[0174] 즉, 제2 노치 필터(400b)에 도달된 빛의 파장 대역은 483nm에서 516nm 사이의 빛이다. 그리고, 제2 노치 필터(400b)는 500nm에서 534nm 사이의 빛을 반사시킨다. 따라서, 제2 노치 필터(400b)를 통과한 빛은 483nm에서 500nm 사이의 빛이다. 제2 노치 필터(400b)를 통과한 빛은 분광계(300)를 통해 검출될 수 있다. 반사되는 파장 대역이 서로 다른 제1 노치 필터(400a) 및 제2 노치 필터(400b)를 이용하여 통과하는 밴드 겹을 조절할 수 있는 밴드 패스 필터가 구현될 수 있다.

[0175] 도 37에는 제13 실시 예의 밴드 패스 필터가 도시되어 있다.

[0176] 도 37을 참조하면, 두 개의 피치 그래디언트가 형성된 노치 필터(400a, 400b)가 광원(200)과 일렬로 배치된 밴드 패스 필터가 도시되어 있다. 이때 광원(200)은 좁은 파장 영역의 광원이거나(예를 들면, 450nm ~ 550nm

영역) 또는 넓은 파장 영역의 광원일 수 있다. 이때 넓은 파장 영역의 광원인 경우, 특정 파장 영역의 빛만 통과시키는 필터가 사용될 수 있다. 예를 들면, fluorescence dichroic 필터(50)(특정 파장 영역의 빛만 통과시킴, 예를 들면 450nm ~ 550nm의 빛만 통과)를 광원 다음에 배치하여 광원에서 원치 않는 일정 파장 영역의 빛을 차단할 수 있다. 제1 노치 필터(400a) 및 제2 노치 필터(400b)는 각각 제1 이동체(20a) 및 제2 이동체(20b)를 포함할 수 있다. 그리고, 각각의 이동체(20a, 20b)의 이동에 따라 광원(200)에서 출력된 빛은 제1 노치 필터(400a) 및 제2 노치 필터(400b)의 다양한 영역에 쪼여짐으로써 제1 노치 필터(400a) 및 제2 노치 필터(400b)는 서로 다른 PBG 영역의 빛을 반사시킬 수 있다. 예를 들어, 제1 노치 필터(400a)는 파장 대역 420nm에서 500nm 사이의 빛(61)을 반사시키는 위치에 있도록 제1 이동체(20a)를 이동시키고, 제2 노치 필터(400b)는 파장 대역 510nm에서 590nm 사이의 빛(63)을 반사시킬 수 있도록 제2 이동체(20b)를 이동시킬 수 있다.

[0177] 광원(200)에서 출력된 빛은 fluorescence dichroic 필터(50)(450nm ~ 550nm의 빛만 통과)를 통과한다. fluorescence dichroic 필터를 통과한 450nm에서 550nm 영역의 빛은 제1 노치 필터(400a)에 도달한다. 따라서, 제1 노치 필터(400a)를 통과한 빛은 파장 대역 420nm에서 500nm 사이의 성분이 제거된 빛이다. 제1 노치 필터(400a)를 통과한 500nm에서 550nm 사이의 빛은 제2 노치 필터(400b)에 도달한다. 그리고, 제2 노치 필터(400b)는 파장 대역 510nm에서 590nm 사이의 빛을 제거한다. 따라서, 제2 노치 필터(400b)를 통과한 빛은 파장 대역 500nm에서 510nm 사이의 성분(63)을 포함할 수 있다. 이동체를 포함하는 필터는 제1 이동체(20a) 및 제2 이동체(20b)를 이동시켜 450nm에서 550nm 범위에서 밴드 폭이 10nm인 파장가변 밴드 패스 필터로 동작할 수 있다.

[0178] 도 38에는 제14 실시 예의 밴드 패스 필터가 도시되어 있다.

[0179] 도 38을 참조하면, 제1 로테이터(30a)를 포함하는 제1 노치 필터(400a) 및 제2 로테이터(30b)를 포함하는 제2 노치 필터(400b)로 구현된 밴드 패스 필터가 도시되어 있다. 두 개의 노치 필터(400a, 400b)는 광원(200)과 일렬로 배치된다. 이때 광원은 좁은 파장 영역의 광원이거나(예를 들면 450nm ~ 550nm 영역) 또는 넓은 파장 영역의 광원일 수 있다. 이때 넓은 파장 영역의 광원인 경우, 특정 파장 영역의 빛만 통과시키는 필터가 사용될 수 있다. 예를 들면, fluorescence dichroic 필터(50)(특정 파장 영역의 빛만 통과시킴, 예를 들면 450nm ~ 550nm의 빛만 통과)를 광원 다음에 배치하여 광원에서 원치 않는 일정 파장 영역의 빛을 차단할 수 있다.

[0180] 제1 로테이터(30a)와 제2 로테이터(30b)가 각각 회전함에 따라 제1 및 제2 노치 필터(400a, 400b)의 PBG 위치가 각각 단파장으로 이동할 수 있고, 회전각을 변화시켜 두 노치 필터의 변화된 PBG 위치가 엇갈리도록 조장함으로써 파장 가변 밴드 패스 필터가 구현될 수 있다. 즉, 제1 및 제2 노치 필터(400a, 400b)의 PBG 위치가 엇갈림으로써 특정 파장 영역의 빛(68)이 통과하는 밴드 패스 필터가 구현될 수 있다. 회전에 의한 PBG의 위치 이동은 회전 방향과 무관하여 시계방향 또는 반시계 방향으로 돌릴 수 있다.

[0181] 또한, 도 38에서 제1 노치 필터(400a) 및 제2 노치 필터(400b)는 각각 다양한 방식에 따라 피치 그래디언트를 가지는 노치 필터일 수 있다. 그리고, 제1 노치 필터(400a) 및 제2 노치 필터(400b)는 각각 제1 및 제2 로테이터(30a, 30b)의 회전축과 일정 거리 떨어진 영역에 배치될 수 있다. 그리고, 제1 및 제2 로테이터(30a, 30b)는 서로 다른 각도로 회전할 수 있다.

[0182] 또한, 상기의 도 37과 도 38의 광원 다음에 특정 파장 영역의 빛만 통과시키기 위해 fluorescence dichroic 필터(특정 파장 영역의 빛만 통과시킴, 예를 들면 450nm ~ 550nm의 빛만 통과) 대신 다른 필터가 사용될 수 있다. 예를 들면, longpass filter(특정 파장 이상의 빛만 통과시킴, 예를 들면 400nm 이상) 또는 shortpass filter(특정 파장 이하의 빛만 통과시킴, 예를 들면 550nm 이하)등을 적절히 포함하여 원치 않는 파장영역을 차단할 수 있다.

[0183] 도 39는 본 개시의 일 실시 예에 따른 밴드 패스 필터의 출력 파형을 나타내는 도면이다. 도 39에 도시된 바와 같이, 하나의 밴드 패스 필터는 우원 편광 소자 및 좌원 편광 소자에 형성된 다양한 그래디언트에 따라 다양한 빛의 파장 대역을 통과시킬 수 있다. 예를 들어, 도 39에 도시된 밴드 패스 필터의 파형은 약 460nm의 파장부터 약 750nm의 파장까지 연속적이고 다양한 파장 대역의 빛을 통과시킬 수 있다는 것을 보여준다.

[0184] 지금까지 선형 편광 소자를 이용한 밴드 패스 필터의 다양한 실시 예를 설명하였다. 상술한 바와 같이, 밴드 패스 필터의 실시 예는 도면에 도시된 실시 예에 한정되지 않는다. 위에서 설명한 다양한 선형 편광 소자를 이용하여 특정 파장(또는, 주파수) 대역을 통과시킬 수 있다면, 다양한 선형 편광 소자를 조합하여 밴드 패스 필터가 구현될 수 있다.

[0185] 한편, 넓은 파장 영역, 예를 들면 400nm ~ 1000nm 범위의 무반사 코팅의 경우 무반사 코팅의 품질에 따라 1% ~

3%의 빛의 세기가 노치 필터의 광 밴드를 투과할 수 있다. 낮은 파워의 광원의 경우, 경우에 따라 1% ~ 3%의 투과 빛을 무시할 수 있지만, 정밀 광 센서나 기기에서는 무시할 수 없을 수도 있고, 또한 광원이 고출력 레이저인 경우, 상술한 편광 소자를 이용한 밴드 패스 필터 또는 노치 필터의 특성이 떨어질 수 있다. 고출력 레이저는 에너지가 크기 때문에 반사되어야 하는 파장 영역의 빛의 일부 성분이 편광 소자를 투과하기 때문이다. 따라서, 노치 필터의 광 밴드 내에서 완벽하게 차단하는 0% 투과 효과를 줄 수 있을 뿐만 아니라 고출력 레이저의 빛이 입사되어도 100% 우수한 특성을 가지는 필터가 필요하다. 예를 들어, 고출력 레이저는 CW 레이저 30mW 이상의 파워를 가지는 레이저를 의미할 수 있다. 그러나, 상술한 기준은 일 실시 예이며, 고출력 레이저를 분류하는 기준은 달라질 수 있다.

[0186] 아래에서는 고출력 레이저를 광원으로 사용하는 경우에도 우수한 특성을 가지는 노치 필터 및 밴드 패스 필터에 대해 설명한다. 아래에서 설명하는 밴드 패스 필터 및 노치 필터는 저출력 레이저의 광원에서도 사용될 수 있는 물론이다.

[0187] 도 40 및 도 43은 본 개시의 일 실시 예에 따른 복수의 콜레스테릭 액정층을 포함하는 필터를 구현하는 방법을 설명하는 도면이다.

[0188] 도 40(a)를 참조하면, 필터의 일 실시 예가 도시되어 있다. 하나의 원형 편광 소자는 입사되는 빛의 각도에 따라 밴드 패스 필터의 특성을 가질 수 있다. 즉, 원형 편광 소자가 필터일 수 있다.

[0189] 필터는 한 쌍의 기관(110a, 110b), 한 쌍의 기관(110a, 110b) 각각의 일면에 코팅된 폴리이미드층(120a, 120b), 폴리이미드층(120a, 120b) 사이에 주입된 카이랄 물질을 포함하는 콜레스테릭 액정층(140)을 포함한다. 콜레스테릭 액정층(140)은 자외선이나 열에 의해 고분자화된다. 콜레스테릭 액정은 자외선 또는 열에 의해 고분자화될 수 있는 물질일 수 있다. 폴리이미드층(120a, 120b)은 경우에 따라 러빙(rubbing) 처리될 수 있다. 그리고, 한 쌍의 기관(110a, 110b) 타면에는 무반사(Anti Reflection: AR) 층(125a, 125b)이 코팅될 수 있다. 즉, 필터의 외면에는 무반사층(125a, 125b)이 코팅될 수 있다. 필터의 폴리이미드층(120b)이 코팅된 한쪽 기관(100b)이 제거된다.

[0190] 도 40(b)를 참조하면 필터의 폴리이미드층(120b)이 코팅된 한쪽 기관(110b)이 제거된 도면이 도시되어 있다. 필터의 한쪽 기관(110b)이 제거된 후, 스페이서(130-1)를 이용하여 셀이 제작된다.

[0191] 도 40(c)에는 새로운 셀이 포함된 소자가 도시되어 있다. 폴리이미드층(120b)이 코팅된 기관(110b)과 새로운 스페이서(130-1)를 이용하여 셀이 제작된다. 그리고, 제작된 셀에 네마틱 액정과 카이랄 물질이 주입된다. 카이랄 물질 주입 후, 콜레스테릭 액정층은 자외선이나 열에 의해 고분자화된다. 콜레스테릭 액정은 자외선 또는 열에 의해 고분자화 될 수 있는 물질일 수 있다.

[0192] 도 40(d)에는 제작된 셀에 네마틱 액정과 카이랄 물질이 주입되어 새로운 콜레스테릭 액정층(140a)을 포함하는, 각각 좌원과 우원 편광 특성을 가지는 2층 구조의 필터가 도시되어 있다. 상술한 바와 같이, 도 40(a)의 콜레스테릭 액정층(140)에 좌선성 카이랄 물질이 포함된 경우, 새로운 콜레스테릭 액정층(140a)에는 우선성 카이랄 물질이 포함된다. 한편, 도 40(a)의 콜레스테릭 액정층(140)에 우선성 카이랄 물질이 포함된 경우, 새로운 콜레스테릭 액정층(140a)에는 좌선성 카이랄 물질이 포함된다. 좌선성 카이랄 물질이 포함된 경우, 콜레스테릭 액정층은 우원 편광 특성을 가지고, 우선성 카이랄 물질이 포함된 경우, 콜레스테릭 액정층은 좌원 편광 특성을 가진다. 좌원 편광 특성의 콜레스테릭 액정층 및 우원 편광 특성의 콜레스테릭 액정층의 제작 순서는 바뀔 수 있다. 그리고, 기존 콜레스테릭 액정층(140) 및 새로운 콜레스테릭 액정층(140a)에는 PBG의 위치가 일치하도록 주입되는 카이랄 분자의 농도가 조절될 수 있다. 필터의 폴리이미드층(120b)이 코팅된 한쪽 기관(100b)이 제거된다.

[0193] 도 40(e)를 참조하면 필터의 폴리이미드층(120b)이 코팅된 한쪽 기관(110b)이 제거된 도면이 도시되어 있다. 필터의 한쪽 기관(110b)이 제거된 후, 스페이서(130-2)를 이용하여 추가 셀이 제작된다.

[0194] 도 40(f)에는 추가 셀이 포함된 소자가 도시되어 있다. 폴리이미드층(120b)이 코팅된 기관(110b)과 새로운 스페이서(130-2)를 이용하여 셀이 제작된다. 그리고, 제작된 셀에 네마틱 액정과 카이랄 물질이 주입된다. 콜레스테릭 액정층은 자외선이나 열에 의해 고분자화된다.

[0195] 도 40(g)에는 제작된 셀에 네마틱 액정과 카이랄 물질이 주입되어 새로운 콜레스테릭 액정층(140b)을 포함하는 필터가 도시되어 있다. 상술한 바와 동일하게 필터의 폴리이미드층(120b)이 코팅된 한쪽 기관(100b)이 제거되고, 스페이서(130-3) 사이의 셀에 네마틱 액정과 카이랄 물질이 주입된다. 콜레스테릭 액정층(140b)은 자외선이나 열에 의해 고분자화된다.

- [0196] 도 40(h)에는 순차적으로 좌원과 우원 편광 특성을 가지는 4층 구조의 필터가 도시되어 있다. 즉, 4층 구조의 필터는 아래부터 우원 편광 특성을 가지는 콜레스테릭 액정층(140), 좌원 편광 특성을 가지는 콜레스테릭 액정층(140a), 우원 편광 특성을 가지는 콜레스테릭 액정층(140b), 좌원 편광 특성을 가지는 콜레스테릭 액정층(140c)의 순서로 배치될 수 있다. 또는, 반대로 좌원 편광 특성을 가지는 콜레스테릭 액정층(140), 우원 편광 특성을 가지는 콜레스테릭 액정층(140a), 좌원 편광 특성을 가지는 콜레스테릭 액정층(140b), 우원 편광 특성을 가지는 콜레스테릭 액정층(140c)의 순서로 배치될 수도 있다.
- [0197] 또한, 필터는 다른 방식으로 제작될 수 있다.
- [0198] 도 41(a)를 참조하면, 필터의 일 실시 예가 도시되어 있다. 필터는 한 쌍의 기판(110a, 110b), 한 쌍의 기판(110a, 110b) 각각의 일면에 코팅된 폴리이미드층(120a, 120b), 폴리이미드층(120a, 120b) 사이에 주입된 카이랄 물질을 포함하는 콜레스테릭 액정층(140)을 포함한다. 카이랄 물질은 좌선성 카이랄 물질일 수 있고, 우선성 카이랄 물질일 수 있다. 콜레스테릭 액정층(140)은 스페이서(130) 사이에 카이랄 도펀트 혼합물을 주입하고, 자외선이나 열에 의해 고분자화시켜 형성될 수 있다. 폴리이미드층(120a, 120b)은 경우에 따라 러빙(rubbing) 처리될 수 있다. 폴리이미드층(120a, 120b)이 코팅된 각각의 기판(110a, 110b)이 제거된다.
- [0199] 도 41(b)를 참조하면, 각각의 기판(110a, 110b)이 제거된 필터가 도시되어 있다. 각각의 기판(110a, 110b)이 제거되면 고분자화된 콜레스테릭 액정층(140)이 얻어질 수 있다.
- [0200] 도 41(c)를 참조하면 고분자화된 콜레스테릭 액정층이 여러 개의 작은 조각으로 나누어진 복수의 고분자화된 콜레스테릭 액정층이 도시되어 있다. 만일, 도 41(a) 및 도 41(b) 과정에서 얻어진 복수의 콜레스테릭 액정층(140-1, 140-2, 140-3)이 우원 편광 특성을 가지는 콜레스테릭 액정층이라면, 동일한 방식으로 좌원 편광 특성을 가지는 콜레스테릭 액정층도 얻어질 수 있다. 또는, 도 41(a) 및 도 41(b) 과정에서 얻어진 복수의 콜레스테릭 액정층(140-1, 140-2, 140-3)이 좌원 편광 특성을 가지는 콜레스테릭 액정층이라면, 동일한 방식으로 우원 편광 특성을 가지는 콜레스테릭 액정층도 얻어질 수 있다. 설명의 편의를 위해, 도 41(a) 및 도 41(b) 과정에서 얻어진 복수의 콜레스테릭 액정층(140-1, 140-2, 140-3)은 우원 편광 특성을 가지는 액정층이라고 가정한다. 즉, 도 41(c)에는 우원 편광 특성을 가지는 복수의 콜레스테릭 액정층(140-1, 140-2, 140-3) 및 좌원 편광 특성을 가지는 복수의 콜레스테릭 액정층(140a-1, 140a-2, 140a-3)이 도시되어 있다. 도 41(c)에는 서로 다른 특성을 가지는 콜레스테릭 액정층이 각각 3개씩 도시되어 있으나, 콜레스테릭 액정층은 2개, 4개 등 다른 개수로 제작될 수도 있다. 또한, 콜레스테릭 액정층(140-1, 140-2, 140-3, 140a-1, 140a-2, 140a-3)은 일정한 카이랄 농도로 제작되거나 피치 그래디언트를 가지도록 제작될 수도 있다. 필터는 서로 다른 특성을 가지는 콜레스테릭 액정층을 번갈아 적층하여 제작될 수 있다.
- [0201] 도 41(d)에는 서로 다른 특성을 가지는 콜레스테릭 액정층을 번갈아 적층하여 제작된 필터가 도시되어 있다. 즉, 필터는, 한 쌍의 기판(110a, 110b), 한 쌍의 기판(110a, 110b) 각각의 일면에 코팅된 폴리이미드층(120a, 120b), 폴리이미드층(120a, 120b) 사이에 순차적으로 번갈아 적층된 우원 편광 특성을 가지는 콜레스테릭 액정층(140-1, 140-2) 및 좌원 편광 특성을 가지는 콜레스테릭 액정층(140a-1, 140a-2) 및 콜레스테릭 액정층 측면에 위치하는 스페이서(130, 130-1, 130-2, 130-3)를 포함할 수 있다. 필요에 따라, 기판(110a, 110b)의 타면에는 무반사층(125a, 1250b)이 코팅될 수 있다. 한편, 필터는 동일한 특성을 가지는 복수의 콜레스테릭 액정층을 적층하여 제작될 수도 있다.
- [0202] 도 41(e)는 동일한 특성을 가지는 복수의 콜레스테릭 액정층이 적층된 필터가 도시되어 있다. 도 41(e)에 도시된 바와 같이, 필터는 우원 편광 특성을 가지는 복수의 콜레스테릭 액정층(140-1, 140-2, 140-3, 140-4)을 적층하여 제작될 수 있다. 또한, 필터는 좌원 편광 특성을 가지는 복수의 콜레스테릭 액정층(140a-1, 140a-2, 140a-3, 140a-4)을 적층하여 제작될 수도 있다. 한편, 콜레스테릭 액정층은 다른 방식으로 제작될 수도 있다.
- [0203] 도 42(a-1)을 참조하면, 다른 방식으로 제작된 셀이 도시되어 있다. 셀은 폴리이미드층(120a)이 코팅된 기판(110a) 위에 카이랄 물질을 포함하는 콜레스테릭 액정(140)을 스핀 코팅하는 방식으로 제작될 수 있다. 콜레스테릭 액정은 제작된 셀에서 폴리이미드층(120a)이 코팅된 기판(110a)을 제거하여 얻어질 수 있다.
- [0204] 도 42(b-1)을 참조하면, 분리된 콜레스테릭 액정(140)이 도시되어 있다. 상술한 바와 같이, 좌선성 카이랄 물질이 포함된 콜레스테릭 액정은 투과 빛에 대해 우원 편광 특성을 가지고, 우선성 카이랄 물질이 포함된 콜레스테릭 액정은 투과 빛에 대해 좌원 편광 특성을 가진다. 서로 다른 특성을 가지는 콜레스테릭 액정은 여러 개의 작은 조각으로 나누어 복수 개 제작될 수 있다. 그리고, 도 41(d)에서 설명한 바와 같이, 서로 다른 특성을 가지는 콜레스테릭 액정을 순차적으로 번갈아 적층하여 필터가 제작될 수 있고, 도 41(e)에서 설명한 바와 같이, 동

일한 특성을 가지는 복수 개의 콜레스테릭 액정을 적층하여 필터가 제작될 수도 있다. 한편, 필터는 다른 방식으로 제작될 수 있다.

[0205] 도 43을 참조하면 복수 개의 조각으로 나누어진 콜레스테릭 액정이 도시되어 있다. 도 41(d)에서 설명한 바와 유사하게, 서로 다른 특성을 가지는 콜레스테릭 액정 조각을 순차적으로 번갈아 적층하여 필터가 제작될 수 있고, 도 41(e)에서 설명한 바와 유사하게, 동일한 특성을 가지는 복수 개의 콜레스테릭 액정 조각을 적층하여 필터가 제작될 수도 있다. 콜레스테릭 액정 조각이 분할될 때, 콜레스테릭 액정은 xy 평면을 기준면으로 분할되었다. 하나의 콜레스테릭 액정을 여러 개로 나누어 적층하여 콜레스테릭 액정층을 포함하는 필터가 제작될 수 있다.

[0206] 복수 개의 콜레스테릭 액정층을 포함하는 필터는 고출력 레이저광이 입력되어도 우수한 필터 성능을 가질 수 있다. 즉, 상대적으로 두꺼운 콜레스테릭 액정층을 포함하는 필터는 고출력 레이저광이 입력되어도 일정한 파장 대역의 빛을 효과적으로 차단(또는, 반사)시킬 수 있다. 아래에서는 노치 필터 및 밴드 패스 필터를 구현하는 다양한 실시 예를 설명한다.

[0207] 도 44 내지 도 45는 본 개시의 일 실시 예에 따른 복수의 콜레스테릭 액정층을 포함하는 필터의 구조를 설명하는 도면이다.

[0208] 도 44를 참조하면, 복수의 원형 편광 소자를 포함하는 필터가 도시되어 있다. 필터는 복수 개의 우원 편광 소자(100a)와 복수 개의 좌원 편광 소자(100b)를 포함한다. 도 44에는 각각 2개의 우원 및 좌원 편광 소자(100a, 100b)가 도시되어 있으나, 필터는 다양한 개수의 우원 및 좌원 편광 소자(100a, 100b)를 포함할 수 있다. 각각의 우원 및 좌원 편광 소자(100a, 100b)의 제일 바깥쪽 면에는 무반사층이 코팅될 수 있다. 그리고, 우원 및 좌원 편광 소자(100a, 100b)에 포함된 콜레스테릭 액정층은 일정한 농도의 카이랄 물질을 포함하거나 피치 그래디언트를 가질 수 있다.

[0209] 필터의 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)는 기 설정된 간격으로 번갈아 배치될 수 있다. 따라서, 우원 편광 소자(100a)와 좌원 편광 소자(100b) 사이에는 공기층이 존재할 수 있다. 우원 편광 소자(100a)가 먼저 배치되는 경우, 우원 편광 소자(100a), 좌원 편광 소자(100b), 우원 편광 소자(100a), 좌원 편광 소자(100b)의 순서로 원형 편광 소자가 배치될 수 있다. 또는, 좌원 편광 소자(100b)가 먼저 배치되는 경우, 좌원 편광 소자(100b), 우원 편광 소자(100a), 좌원 편광 소자(100b), 우원 편광 소자(100a)로 배치될 수 있다.

[0210] 도 45를 참조하면, 복수의 원형 편광 소자를 포함하는 다른 구조의 필터가 도시되어 있다.

[0211] 필터는 복수 개의 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를 포함한다. 우원 편광 소자(100a)는 일면에 폴리이미드층이 코팅된 기판, 폴리이미드층 사이에 위치하고 좌선성 카이랄 물질을 포함하는 콜레스테릭 액정층을 포함할 수 있고, 좌원 편광 소자(100b)는 일면에 폴리이미드층이 코팅된 기판, 폴리이미드층 사이에 위치하고 우선성 카이랄 물질을 포함하는 콜레스테릭 액정층을 포함할 수 있다. 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)는 번갈아 배치되고, 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b) 사이에는 인덱스 매칭 물질층(145)을 포함할 수 있다. 인덱스 매칭 물질층(145)은 기판(예, 유리)과 거의 동일한 굴절율을 가지는 물질로서 빛이 우원 편광 소자(100a)를 통과하여 다음에 배치된 좌원 편광 소자(100b)로 입사될 때, 또는, 빛이 좌원 편광 소자(100b)를 통과하여 다음에 배치된 우원 편광 소자(100a)로 입사될 때, 빛이 반사되지 않도록 하는 역할을 수행할 수 있다. 예를 들어, 인덱스 매칭 물질(145)은 입사 광에 대해 흡수가 없는 풀(paste) 또는 인덱스 매칭 오일 등을 포함할 수 있다.

[0212] 한편, 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)의 인덱스 매칭 물질층(145)과 부착된 면이 아닌 면에는 무반사층이 코팅될 수 있다. 즉, 필터의 제일 바깥쪽 양면(a, b)에는 무반사층이 코팅될 수 있다.

[0213] 지금까지, 고출력 레이저 광원을 위한 필터의 다양한 구조를 설명하였다. 아래에서는, 노치 필터 및 밴드 패스 필터의 구체적인 실시 예를 설명한다.

[0214] 도 46 내지 도 48은 본 개시의 일 실시 예에 따른 복수의 콜레스테릭 액정을 포함하는 노치 필터를 설명하는 도면이다.

[0215] 도 46을 참조하면, 일 실시 예에 따른 노치 필터가 도시되어 있다. 노치 필터는 복수 개의 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를 포함할 수 있다. 복수 개의 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를 포함하는 노치 필터는 도 40 내지 도 45에서 설명한 방법과 구조로 제작될 수 있다. 복수 개의 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)는 일정한 농도의 카이랄 물질을 포함하거나 피치 그래디언트를 가질 수

있다.

- [0216] 광원(200)에서 빛이 출력된다. 광원(200)은 고출력 레이저를 포함할 수 있다. 광원(200)에서 출력된 빛은 무편광 빛 또는 선편광된 빛일 수 있다. 무편광 빛과 선편광된 빛은 각각 우원 편광 50%와 좌원 편광 50%로 구성되어 있다.
- [0217] 복수의 우원 편광 소자(100a)는 특정 파장(PBG)의 좌원 편광 빛을 반사시키고 우원 편광 빛을 투과시킨다. 그리고, 좌원 편광 소자(100b)는 특정 파장의 우원 편광 빛을 반사시키고 좌원 편광 빛을 투과시킨다. 즉, PBG 내의 좌원 편광 빛 성분은 우원 편광 소자(100a)에서 제거되고 우원 편광 빛 성분은 좌원 편광 소자(100b)에서 제거되기 때문에 두 편광 소자를 통과한 빛은 PBG 내의 모든 파장이 제거된 파형을 가질 수 있다. 노치 필터를 통과한 빛은 분광계(300)를 통해 검출될 수 있다.
- [0218] 한편, 노치 필터는 로테이터를 포함할 수 있다. 로테이터는 노치 필터를 회전시킬 수 있다. 노치 필터는 로테이터의 회전축과 일정 거리(d) 떨어진 영역에 배치될 수 있다. 광원(200)은 로테이터의 지름과 동일한 축상에 배치되고, 광원(200)과 분광계(300)도 동일한 축상에 배치될 수 있다.
- [0219] 로테이터는 노치 필터에 입사하는 빛의 입사각이나 빛이 입사되는 노치 필터의 위치를 변경할 수 있다. 따라서, 로테이터의 회전에 따라 빛의 입사각이나 입사되는 노치 필터의 위치가 변경되기 때문에 노치 필터의 PBG 위치는 변화할 수 있다.
- [0220] 한편, 노치 필터에 포함된 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)는 상술한 다양한 방식에 따라 피치 그래디언트를 가질 수 있다. 광원(200)에서 출력된 빛은 로테이터의 회전에 따라 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)의 다양한 영역에 쏘여질 수 있다. 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)는 피치의 그래디언트에 의해 빛이 쏘여지는 영역에 따라 서로 다른 파장(또는, 주파수) 대역의 빛을 반사시킬 수 있다. 따라서, 노치 필터는 로테이터의 회전에 따라 다양한 파장 대역의 빛을 제거할 수 있다. 즉, 노치 필터는 로테이터의 회전에 따라 PBG의 위치가 변화할 수 있다. 예를 들어, 노치 필터가 일정한 농도의 카이랄 물질을 포함하는 경우 변화 가능한 파장의 대역 폭은 약 100nm~150nm일 수 있고, 피치 그래디언트를 가지는 경우 변화 가능한 파장의 대역 폭은 약 400nm~500nm일 수 있다.
- [0221] 도 47을 참조하면, 다른 실시 예에 따른 노치 필터가 도시되어 있다. 노치 필터는 카이랄 농도의 그래디언트가 형성된 복수의 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를 포함할 수 있다. 또한, 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)는 각각 제1 이동체(20a) 및 제2 이동체(20b)를 포함할 수 있다. 제1 및 제2 이동체(20a, 20b)는 각각 그래디언트가 형성된 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를 이동시킬 수 있다. 제1 및 제2 이동체(20a, 20b)는 동일한 거리를 이동할 수 있다. 경우에 따라, 제1 및 제2 이동체(20a, 20b)는 서로 다른 거리를 이동할 수도 있다.
- [0222] 제1 및 제2 이동체(20a, 20b)의 이동에 따라 광원(200)에서 출력된 빛은 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)의 다양한 영역에 쏘여질 수 있다. 광원에서 출력된 빛이 그래디언트가 형성된 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)의 다양한 영역에 쏘여짐으로써 노치 필터는 다양한 파장 대역의 빛을 제거할 수 있다. 즉, 노치 필터는 제1 및 제2 이동체(20a, 20b)의 이동에 따라 PBG의 위치가 변화할 수 있다. 노치 필터에 포함되는 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)의 개수는 필요에 따라 다양하게 설정될 수 있다.
- [0223] 한편, 노치 필터는 두 개의 노치 필터 세트(set)를 이용하여 밴드 폭을 변경할 수도 있다.
- [0224] 도 48을 참조하면, 파장을 가변 함과 동시에 밴드 폭을 변경 할 수 있는 노치 필터 시스템이 도시되어 있다. 노치 필터 시스템은 제1 노치 필터 세트 및 제2 노치 필터 세트를 포함할 수 있다. 각각의 노치 필터 세트는 카이랄 농도의 그래디언트가 형성된 복수의 우원 편광 소자(100a, 100a-1) 및 좌원 편광 소자(100b, 100b-1)를 포함할 수 있다. 또한, 우원 편광 소자(100a, 100a-1) 및 좌원 편광 소자(100b, 100b-1)는 각각 제1 이동체(20a, 20a-1) 및 제2 이동체(20b, 20b-1)를 포함할 수 있다. 제1 및 제2 이동체(20a, 20a-1, 20b, 20b-1)는 각각 그래디언트가 형성된 우원 편광 소자(100a, 100a-1) 및 좌원 편광 소자(100b, 100b-1)를 이동시킬 수 있다. 제1 노치 필터 세트 및 제2 노치 필터 세트의 이동체(20a, 20a-1, 20b, 20b-1)는 동일한 거리를 이동할 수 있다. 경우에 따라, 제1 노치 필터 세트의 이동체(20a, 20b)와 제2 노치 필터 세트의 이동체(20a-1, 20b-1)는 서로 다른 거리를 이동할 수도 있다.
- [0225] 제1 및 제2 이동체(20a, 20a-1, 20b, 20b-1)의 이동에 따라 광원(200)에서 출력된 빛은 우원 편광 소자(100a, 100a-1) 및 좌원 편광 소자(100b, 100b-1)의 다양한 영역에 쏘여질 수 있다. 광원에서 출력된 빛이 그래디언트가 형성된 우원 편광 소자(100a, 100a-1) 및 좌원 편광 소자(100b, 100b-1)의 다양한 영역에 쏘여짐으로써 노치

필터 시스템은 다양한 파장 대역의 빛을 제거할 수 있다.

- [0226] 예를 들면, 제1 및 제2 노치 필터 세트 각각의 밴드 폭은 대략 50nm 일 수 있다. 제1 노치 필터 세트의 이동체(20a, 20b)에 의해 제1 노치 필터 세트는 490nm 부터 540nm 까지의 밴드 폭이 50nm 인 빛을 제거할 수 있다. 동시에 제2 노치 필터 세트의 이동체(20a-1, 20b-1)에 의해 제2 노치 필터 세트는 520nm 부터 570nm 까지의 밴드 폭이 50nm 인 빛을 제거할 수 있다. 따라서, 제1 및 제2 노치 필터 세트를 통과한 빛은 420nm 부터 570nm 까지의 밴드 폭이 80nm 인 빛을 제거할 수 있다. 제1 및 제2 노치 필터 세트에 포함된 이동체(20a, 20b, 20a-1, 20b-1)의 이동에 따라 밴드 폭은 50nm 에서 100nm 까지 가변될 수 있다. 노치 필터 세트의 수는 필요에 따라 다양하게 설정될 수 있다.
- [0227] 지금까지 노치 필터를 구현하는 다양한 실시 예를 설명하였다. 아래에서는 밴드 패스 필터를 구현하는 실시 예를 설명한다.
- [0228] 도 49 내지 도 54는 본 개시의 일 실시 예에 따른 복수의 콜레스테릭 액정을 포함하는 밴드 패스 필터를 설명하는 도면이다. 도 49 내지 도 54에 도시된 밴드 패스 필터는 빔 스플리터가 포함되지 않는다. 그리고, 밴드 패스 필터에 포함된 복수 개의 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)는 일정한 농도의 카이랄 물질을 포함하거나 피치 그래디언트를 가질 수 있다. 또한, 밴드 패스 필터에 포함되는 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)의 개수는 광원의 출력 파워 등에 따라 다양하게 설정될 수 있다.
- [0229] 도 49를 참조하면, 일 실시 예에 따른 밴드 패스 필터가 도시되어 있다. 밴드 패스 필터는 복수 개의 우원 편광 소자(100a)를 포함할 수 있다. 복수 개의 우원 편광 소자(100a)를 포함하는 밴드 패스 필터도 도 40 내지 도 45에서 설명한 방법과 구조로 제작될 수 있다.
- [0230] 광원(200)과 분광계(300)는 밴드 패스 필터와 함께 일정한 각도를 형성하도록 배치될 수 있다. 일 실시 예로서, 도 49에 도시된 바와 같이, 광원(200)-밴드 패스 필터-분광계(300)가 이루는 각도는 목적에 따라 임의의 각일 수 있고, 예를 들어, 빛이 입사되는 각도는 45도일 수 있다. 광원(200)에서 출력된 빛은 밴드 패스 필터에 일정한 각도로 입사될 수 있다.
- [0231] 광원(200)에서 출력된 빛은 밴드 패스 필터에 반사되어 분광계(300)에서 검출될 수 있다. 광원은 고출력 레이저를 포함할 수 있다. 광원(200)에서 출력된 빛은 무편광 빛 또는 선편광된 빛일 수 있다. 무편광 빛과 선편광된 빛은 각각 우원 편광 50%와 좌원 편광 50%로 구성되어 있다.
- [0232] 복수의 우원 편광 소자(100a)는 특정 파장(PBG)의 좌원 편광 빛을 반사시키고 우원 편광 빛을 투과시킨다. 따라서, 복수의 우원 편광 소자(100a)를 포함하는 밴드 패스 필터는 PBG 내의 좌원 편광 빛 성분만 반사시키므로 분광계(300)는 일정한 밴드의 좌원 편광 빛만 패스된 파형을 검출할 수 있다.
- [0233] 한편, 복수의 좌원 편광 소자를 포함하는 밴드 패스 필터도 구현될 수도 있다. 복수의 좌원 편광 소자를 포함하는 밴드 패스 필터는 PBG 내의 우원 편광 빛 성분만 반사시키므로 분광계(300)는 일정한 밴드의 우원 편광 빛만 패스된 파형을 검출할 수 있다.
- [0234] 도 50을 참조하면, 다른 실시 예에 따른 밴드 패스 필터가 도시되어 있다. 밴드 패스 필터는 복수 개의 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를 포함할 수 있다. 각각의 좌원 및 우원 편광 소자(100a, 100b)는 일정 농도의 피치를 가지거나 상술한 실시 예의 다양한 방법들에 의해 피치 그래디언트를 가질 수 있다. 또한, 복수 개의 우원 편광 소자(100a) 및 좌원 편광 소자(100b)를 포함하는 밴드 패스 필터도 도 40 내지 도 45에서 설명한 방법과 구조로 제작될 수 있다.
- [0235] 광원(200)과 분광계(300)는 밴드 패스 필터와 함께 일정한 각도를 형성하도록 배치되어 밴드 패스 필터에 반사된 빛은 분광계(300)에서 검출될 수 있다. 광원은 고출력 레이저를 포함할 수 있다. 복수의 우원 편광 소자(100a)는 특정 파장(PBG)의 좌원 편광 빛을 반사시키고 우원 편광 빛을 투과시킨다. 복수의 좌원 편광 소자(100b)는 특정 파장의 우원 편광 빛을 반사시키고 좌원 편광 빛을 투과시킨다. 즉, PBG 내의 좌원 편광 빛 성분은 우원 편광 소자(100a)에서 반사되고 우원 편광 빛 성분은 좌원 편광 소자(100b)에서 반사되기 때문에 두 편광 소자에서 반사된 빛은 PBG 내의 모든 파장을 반사한 파형을 가질 수 있다. 즉, 분광계(300)는 일정한 밴드의 무편광 빛이 패스된 파형을 검출할 수 있다.
- [0236] 한편, 밴드 패스 필터는 상호 간의 광밴드 갭의 위치가 일치할 수 있도록 이동체를 포함할 수 있고, 위치를 이동시킴에 따라 밴드 패스 필터의 파장을 가변할 수 있다.

- [0237] 도 51을 참조하면, 또 다른 실시 예에 따른 밴드 패스 필터가 도시되어 있다.
- [0238] 밴드 패스 필터는 두 개의 우원 편광 소자(100a, 100a-1)를 포함할 수 있다. 광원(200)에서 출력된 빛은 제1 우원 편광 소자(100a)에 의해 특정 파장의 좌원 편광 빛을 반사시킨다. 일 실시 예로서, 특정 파장은 490nm에서 540nm 사이일 수 있다. 반사된 좌원 편광 빛은 제2 우원 편광 소자(100a-1)에 도달한다.
- [0239] 한편, 제2 우원 편광 소자(100a-1)의 편광되는 파장 대역은 제1 우원 편광 소자(100a)의 파장 대역과 다를 수 있다. 일 실시 예로서, 제2 우원 편광 소자(100a-1)의 파장 대역은 510nm에서 560nm 사이일 수 있다. 제2 우원 편광 소자(100a-1)에 도달된 빛의 파장 대역은 490nm에서 540nm 사이의 좌원 편광 빛이다. 그리고, 제2 우원 편광 소자(100a-1)는 510nm에서 560nm 사이의 좌원 편광 빛을 반사시킨다. 따라서, 제2 우원 편광 소자(100a-1)를 통과한 빛은 490nm에서 510nm 사이의 좌원 편광 빛이다. 따라서, 빛은 2제 우원 편광 소자(100a-1)에 의해 밴드 폭이 줄어들 수 있다.
- [0240] 상술한 바와 같이, 밴드 패스 필터는 우원 편광 소자 대신 좌원 편광 소자를 포함할 수 있다. 파장 대역이 동일하다면, 좌원 편광 소자를 포함하는 밴드 패스 필터를 통과한 빛은 490nm에서 510nm 사이의 우원 편광 빛이다.
- [0241] 한편, 제1 우원 편광 소자(100a) 및 제2 우원 편광 소자(100a-1)는 각각 이동체(20a, 20a-1)를 포함할 수 있다. 이동체(20a, 20a-1)에 의해 제1 우원 편광 소자(100a)와 제2 우원 편광 소자(100a-1)가 이동되면 분광계(300)에서 검출되는 파장 대역은 변화할 수 있다. 또한, 밴드 패스 필터는 이동체(20a, 20a-1) 대신 상술한 로테이터를 포함하여 제1 우원 편광 소자(100a)를 회전시킬 수도 있다.
- [0242] 도 52를 참조하면, 또 다른 실시 예에 따른 밴드 패스 필터가 도시되어 있다.
- [0243] 밴드 패스 필터는 제1 우원 편광 소자(100a) 및 제1 좌원 편광 소자(100b)를 포함하는 반사부와 제2 우원 편광 소자(100a-1) 및 제2 좌원 편광 소자(100b-1)를 포함하는 대역절단부를 포함할 수 있다. 각각의 좌원 및 우원 편광 소자(100a, 100b, 100a-1, 100b-1)는 일정 농도의 피치를 가지거나 상술한 다양한 실시 예에 의해 피치 그라디언트를 가질 수 있다. 광원(200)에서 출력된 빛은 반사부의 제1 우원 편광 소자(100a)에 의해 특정 파장의 좌원 편광 빛을 반사시키고, 제1 좌원 편광 소자(100b)에 의해 동일한 특정 파장의 우원 편광 빛을 반사시킨다. 따라서, 반사부에서 반사된 빛은 무편광 빛이다. 일 실시 예로서, 특정 파장은 490nm에서 540nm 사이일 수 있다. 반사된 무편광 빛은 대역절단부에 도달한다.
- [0244] 한편, 대역절단부에서 편광되는 파장 대역은 반사부의 파장 대역과 다를 수 있다. 일 실시 예로서, 제2 우원 편광 소자(100a-1) 및 제2 좌원 편광 소자(100b-1)의 파장 대역은 510nm에서 560nm 사이일 수 있다. 대역절단부에 도달된 빛의 파장 대역은 490nm에서 540nm 사이의 무편광 빛이다. 그리고, 대역절단부의 제2 우원 편광 소자(100a-1)는 510nm에서 560nm 사이의 좌원 편광 빛을 반사시키고, 제2 좌원 편광 소자(100b-1)는 510nm에서 560nm 사이의 우원 편광 빛을 반사시킨다. 따라서, 제2 우원 편광 소자(100a-1) 및 제2 좌원 편광 소자(100b-1)를 통과한 빛은 490nm에서 510nm 사이의 무편광 빛이다.
- [0245] 한편, 우원 편광 소자(100a, 100a-1) 및 좌원 편광 소자(100b, 100b-1)는 각각 이동체(20a, 20a-1, 20b, 20b-1)를 포함할 수 있다. 이동체(20a, 20b, 20a-1, 20b-1)에 의해 제1 우원 편광 소자(100a), 제1 좌원 편광 소자(100b), 제2 우원 편광 소자(100a-1) 및 제2 좌원 편광 소자(100b-1)가 이동되면 분광계(300)에서 검출되는 파장 대역은 변화할 수 있다. 또한, 밴드 패스 필터는 이동체(20a, 20a-1, 20b, 20b-1) 대신 상술한 로테이터를 포함하여 제1 우원 편광 소자(100a) 및 제1 좌원 편광 소자(100b)를 회전시킬 수도 있다.
- [0246] 도 53을 참조하면, 또 다른 실시 예에 따른 밴드 패스 필터가 도시되어 있다. 밴드 패스 필터는 제1 우원 편광 소자(100a)를 포함하는 반사부와 제2 및 제3 우원 편광 소자(100a-1, 100a-2)를 포함하는 대역절단부를 포함할 수 있다. 각각의 우원 편광 소자(100a, 100a-1, 100a-2)는 일정 농도의 피치를 가지거나 상술한 다양한 실시 예에 의해 피치 그라디언트를 가질 수 있다. 광원에서 출력된 빛은 제1 우원 편광 소자(100a)에 의해 특정 파장의 좌원 편광 빛을 반사시킨다. 일 실시 예로서, 특정 파장은 490nm에서 540nm 사이일 수 있다. 반사된 좌원 편광 빛은 대역절단부에 도달한다.
- [0247] 한편, 대역절단부의 제2 및 제3 우원 편광 소자(100a-1, 100a-2)의 편광되는 파장 대역은 서로 다를 수 있다. 일 실시 예로서, 제2 우원 편광 소자(100a-1)의 파장 대역은 515nm에서 560nm 사이이고, 제3 우원 편광 소자(100a-2)의 파장 대역은 460nm에서 510nm 사이일 수 있다. 대역절단부에 도달된 빛의 파장 대역은 490nm에서 540nm 사이의 좌원 편광 빛이다. 그리고, 제2 우원 편광 소자(100a-1)는 515nm에서 560nm 사이의 좌원 편광 빛을 반사시킨다. 따라서, 제2 우원 편광 소자(100a-1)를 통과한 빛은 490nm에서 515nm 사이의 좌원 편광 빛이다.

그리고, 제3 우원 편광 소자(100a-2)는 460nm에서 510nm 사이의 좌원 편광 빛을 반사시킨다. 따라서, 제3 우원 편광 소자(100a-2)를 통과한 빛은 510nm에서 515nm 사이의 좌원 편광 빛이다. 밴드 패스 필터의 대역절단부에서 밴드폭의 양측면을 제거하면 이상적인 밴드 패스 필터가 구현될 수 있다.

- [0248] 상술한 바와 같이, 밴드 패스 필터는 복수의 우원 편광 소자 대신 복수의 좌원 편광 소자를 포함할 수 있다. 파장 대역이 동일하다면, 복수의 좌원 편광 소자를 포함하는 밴드 패스 필터를 통과한 빛은 510nm에서 515nm 사이의 우원 편광 빛이다.
- [0249] 한편, 각각의 우원 편광 소자(100a, 100a-1, 100a-2)는 이동체(20a, 20a-1, 20a-2)를 포함할 수 있다. 이동체(20a, 20a-1, 20a-2)에 의해 각각의 우원 편광 소자(100a, 100a-1, 100a-2)가 적절히 이동되면 분광계(300)에서 검출되는 파장 대역은 변화할 수 있다. 또한, 밴드 패스 필터는 이동체(20a) 대신 상술한 로테이터를 포함하여 제1 우원 편광 소자(100a)를 회전시킬 수도 있다.
- [0250] 도 54를 참조하면, 또 다른 실시 예에 따른 밴드 패스 필터가 도시되어 있다.
- [0251] 밴드 패스 필터는 제1 우원 편광 소자(100a) 및 제1 좌원 편광 소자(100b)를 포함하는 반사부, 제2 우원 편광 소자(100a-1) 및 제2 좌원 편광 소자(100b-1)를 포함하는 제1 대역절단부, 제3 우원 편광 소자(100a-2) 및 제3 좌원 편광 소자(100b-2)를 포함하는 제2 대역절단부 포함할 수 있다. 각각의 우원 편광 소자(100a, 100a-1, 100a-2)와 좌원 편광 소자(100b, 100b-1, 100b-2)는 일정 농도의 피치를 가지거나 상술한 다양한 실시 예에 의해 피치 그래디언트를 가질 수 있다. 광원(200)에서 출력된 빛은 반사부의 제1 우원 편광 소자(100a)에 의해 특정 파장의 좌원 편광 빛을 반사시키고, 제1 좌원 편광 소자(100b)에 의해 동일한 특정 파장의 우원 편광 빛을 반사시킨다. 따라서, 반사부에서 반사된 빛은 무편광 빛이다. 일 실시 예로서, 특정 파장은 490nm에서 540nm 사이일 수 있다. 반사된 무편광 빛은 제1 대역절단부에 도달한다.
- [0252] 한편, 제1 대역절단부에서 편광되는 파장 대역은 반사부의 파장 대역과 다를 수 있다. 일 실시 예로서, 제2 우원 편광 소자(100a-1) 및 제2 좌원 편광 소자(100b-1)의 파장 대역은 515nm에서 560nm 사이일 수 있다. 제1 대역절단부에 도달된 빛의 파장 대역은 490nm에서 540nm 사이의 무편광 빛이다. 그리고, 제1 대역절단부의 제2 우원 편광 소자(100a-1)는 515nm에서 560nm 사이의 좌원 편광 빛을 반사시키고, 제2 좌원 편광 소자(100b-1)는 515nm에서 560nm 사이의 우원 편광 빛을 반사시킨다. 따라서, 제1 대역절단부를 통과한 빛은 490nm에서 515nm 사이의 무편광 빛이다. 제1 대역절단부를 통과한 빛은 제2 대역절단부에 도달한다.
- [0253] 한편, 제2 대역절단부에서 편광되는 파장 대역은 반사부 및 제1 대역절단부의 파장 대역과 다를 수 있다. 일 실시 예로서, 제3 우원 편광 소자(100a-2) 및 제3 좌원 편광 소자(100b-2)의 파장 대역은 460nm에서 510nm 사이일 수 있다. 제2 대역절단부에 도달된 빛의 파장 대역은 490nm에서 515nm 사이의 무편광 빛이다. 그리고, 제2 대역절단부의 제3 우원 편광 소자(100a-2)는 460nm에서 510nm 사이의 좌원 편광 빛을 반사시키고, 제3 좌원 편광 소자(100b-2)는 460nm에서 510nm 사이의 우원 편광 빛을 반사시킨다. 따라서, 제2 대역절단부를 통과한 빛은 510nm에서 515nm 사이의 무편광 빛이다.
- [0254] 한편, 각각의 우원 편광 소자(100a, 100a-1, 100a-2)와 좌원 편광 소자(100b, 100b-1, 100b-2)는 이동체(20a, 20a-1, 20a-2, 20b, 20b-1, 20b-2)를 포함할 수 있다. 이동체(20a, 20a-1, 20a-2, 20b, 20b-1, 20b-2)에 의해 각각의 편광 소자(100a, 100a-1, 100a-2, 100b, 100b-1, 100b-2)가 적절히 이동되면 분광계(300)에서 검출되는 파장 대역은 변할 수 있다. 또한, 밴드 패스 필터는 이동체(20a) 대신 상술한 로테이터를 포함하여 제1 우원 편광 소자(100a) 및 제1 좌원 편광 소자(100b)를 회전시킬 수도 있다.
- [0255] 지금까지 밴드 패스 필터를 구현하는 실시 예를 설명하였다. 아래에서는 노치 필터 및 밴드 패스 필터의 기능을 포함하는 복합 필터에 대해 설명한다.
- [0256] 도 55는 본 개시의 일 실시 예에 따른 밴드 패스 필터 및 노치 필터를 포함하는 복합 필터를 설명하는 도면이다.
- [0257] 도 55를 참조하면 복합필터는 제1 및 제2 우원 편광 소자(100a, 100a-1), 제1 및 제2 좌원 편광 소자(100b, 100b-1), 제1 및 제2 스위치(40a, 40b)를 포함할 수 있다. 제1 및 제2 스위치(40a, 40b)는 입사되는 빛을 온/오프에 따라 통과 또는 차단하는 기능을 수행한다.
- [0258] 광원(200), 제1 분광계(300a), 제1 우원 편광 소자(100a), 제2 스위치(40b) 및 제1 좌원 편광 소자(100b)는 동일축선상에 배치될 수 있다. 그리고, 제2 분광계(300b), 제2 우원 편광 소자(100a-1), 제1 스위치(40a) 및 제2 좌원 편광 소자(100b-1)도 동일축선상에 배치될 수 있다.

- [0259] 제1 및 제2 우원 편광 소자(100a, 100a-1), 제1 및 제2 좌원 편광 소자(100b, 100b-1)는 특정 파장 영역의 빛이 반사되어 광학경로상 다음에 위치한 소자에 입사될 수 있도록 입사광 축을 기준으로 일정한 각도를 형성하도록 배치될 수 있다. 제2 우원 편광 소자(100a-1)는 제1 우원 편광 소자(100a)에서 반사된 빛이 입사될 수 있는 위치에 배치되고, 제2 좌원 편광 소자(100b-1)는 제1 좌원 편광 소자(100b)에서 반사되는 빛이 입사될 수 있는 위치에 배치될 수 있다. 광원(200)에서 출력된 빛은 제1 우원 편광 소자(100a)에 도달할 수 있다. 제1 분광계(300a)는 제1 좌원 편광 소자(100b)를 투과한 빛을 검출하고, 제2 분광계(300b)는 제2 좌원 편광 소자(100b-1)를 투과한 빛과 제2 좌원 편광 소자(100b-1)를 반사한 빛을 검출한다.
- [0260] 먼저, 제1 스위치(40a)가 오프되고, 제2 스위치(40b)가 온 되는 경우를 설명한다.
- [0261] 제1 스위치(40a)가 오프되면, 제2 우원 편광 소자(100a-1)에서 반사되고 제2 좌원 편광 소자(100b-1)를 통과하여 제2 분광계(300b)에 도달하는 빛이 차단된다. 따라서, 광원(200), 제1 우원 편광 소자(100a), 제1 좌원 편광 소자(100b)를 거쳐 제1 분광계(300a)에 빛이 도달하는 제1 경로와 광원(200), 제1 우원 편광 소자(100a), 제1 좌원 편광 소자(100b), 제2 좌원 편광 소자(100b-1)를 거쳐 제2 분광계(300b)에 빛이 도달하는 제2 경로가 형성된다.
- [0262] 제1 우원 편광 소자(100a)는 특정 파장 대역의 좌원 편광 빛을 반사시킨다. 특정 파장 대역이 490nm에서 540nm 사이라면, 제1 우원 편광 소자(100a)를 통과한 빛은 490nm에서 540nm 대역의 좌원 편광 빛의 성분이 제거된 파형을 가질 수 있다. 제1 우원 편광 소자(100a)를 통과한 빛은 제1 좌원 편광 소자(100b)에 도달한다.
- [0263] 제1 좌원 편광 소자(100b)는 특정 파장 대역의 우원 편광 빛을 반사시킨다. 특정 파장 대역이 490nm에서 540nm 사이라면, 제1 좌원 편광 소자(100b)를 통과한 빛은 490nm에서 540nm 대역의 우원 편광 빛의 성분이 제거된 파형을 가질 수 있다. 따라서, 제1 우원 편광 소자(100a) 및 제1 좌원 편광 소자(100b)를 거쳐 제1 분광계(300a)에서 검출되는 빛은 490nm에서 540nm 사이의 모든 빛 성분이 제거된 파형을 가질 수 있다. 따라서, 제1 분광계(300a)는 노치 필터를 통과한 빛의 파형을 검출할 수 있다.
- [0264] 제2 경로의 경우, 제1 우원 편광 소자(100a)를 통과한 빛은 490nm에서 540nm 대역의 좌원 편광 빛의 성분이 제거된 파형을 가지고 제1 좌원 편광 소자(100b)에 도달한다. 이 빛은 제1 좌원 편광 소자(100b)에 의해 490nm에서 540nm 사이의 우원 편광된 빛만이 반사되어 제2 좌원 편광 소자(100b-1)로 향한다. 제2 좌원 편광 소자(100b-1)의 반사 파장 대역이 460nm에서 510nm 사이라면, 제2 좌원 편광 소자(100b-1)에서 반사된 빛은 490nm에서 510nm 대역의 우원 편광된 빛의 성분만을 반사한다. 따라서 제2 좌원 편광 소자에 의해 반사된 빛의 파장의 밴드 폭을 줄일 수 있다. 제2 좌원 편광 소자(100b-1)에서 반사된 빛은 제2 분광계(300b)로 향한다. 따라서, 제2 분광계(300b)는 우원 편광된 밴드 패스 필터를 통과한 제2 경로의 빛의 파형을 검출할 수 있다.
- [0265] 다음으로, 제1 스위치(40a)가 온 되고, 제2 스위치(40b)가 오프되는 경우를 설명한다.
- [0266] 제2 스위치(40b)가 오프되면, 제1 좌원 편광 소자(100b) 및 제1 분광계(300b)에 도달하는 빛이 차단된다. 따라서, 광원(200), 제1 우원 편광 소자(100a), 제2 우원 편광 소자(100a-1) 및 제2 좌원 편광 소자(100b-1)를 거쳐 제2 분광계(300b)에 빛이 도달하는 제3 경로가 형성된다.
- [0267] 제3 경로의 경우, 제1 우원 편광 소자(100a)는 특정 파장 대역의 좌원 편광 빛을 반사시킨다. 특정 파장 대역이 490nm에서 540nm 사이라면, 제1 우원 편광 소자(100a)에서 반사된 빛은 490nm에서 540nm 대역의 좌원 편광 빛의 성분만을 포함한다. 제2 우원 편광 소자(100a-1)는 제1 우원 편광 소자(100a)의 대역과 다른 파장 대역의 좌원 편광 빛을 반사시킬 수 있다. 제2 우원 편광 소자(100a-1)의 파장 대역이 460nm에서 510nm 사이라면, 제2 우원 편광 소자(100a-1)에서 반사된 빛은 490nm에서 510nm 대역의 좌원 편광 빛의 성분만을 포함한다. 따라서, 제2 우원 편광 소자(100a-1)에 의해 반사된 빛의 파장의 밴드 폭은 줄어들 수 있다. 제2 우원 편광 소자(100a-1)에서 반사된 빛은 제2 좌원 편광 소자(100b-1)에 도달한다.
- [0268] 제2 좌원 편광 소자(100b-1)는 제1 좌원 편광 소자(100b)의 대역과 다른 파장 대역의 우원 편광 빛을 반사시킬 수 있다. 제2 좌원 편광 소자(100b-1)로 입사되는 빛은 490nm에서 510nm 대역의 우원 편광 빛의 성분만을 반사시키므로 제2 우원 편광 소자(100a-1)에서 반사하여 제2 좌원 편광 소자(100b-1)로 입사되는 좌원 편광된 빛은 아무 영향 없이 통과된다. 따라서, 제2 분광계에서 검출되는 빛은 490nm에서 510nm 사이의 좌원 편광 빛 성분만 포함된 파형을 가질 수 있다. 따라서, 제2 분광계(300b)는 밴드 패스 필터를 통과한 좌원 편광된 제3 경로의 빛의 파형을 검출할 수 있다.
- [0269] 마지막으로, 제1 및 제2 스위치(40a, 40b)가 모두 온 되는 경우를 설명한다.

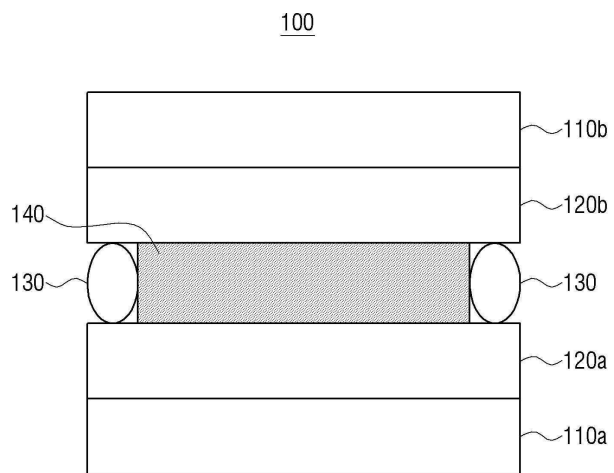
- [0270] 광원(200)에서 출력된 빛은 제1 우원 편광 소자(100a), 제1 좌원 편광 소자(100b)를 거치는 제1 경로를 형성한다. 제1 경로를 거친 빛의 파형은 상술한 제1 스위치(40a)가 오프되고, 제2 스위치(40b)가 오프되는 경우와 동일하다. 따라서, 제1 분광계(300a)는 노치 필터를 통과한 빛의 파형을 검출할 수 있다.
- [0271] 그리고, 광원(200)에서 출력된 빛은 제1 우원 편광 소자(100a), 제1 좌원 편광 소자(100b) 및 제2 좌원 편광 소자(100b-1)를 거치는 제2 경로를 형성한다. 따라서, 제2 분광계(300b)는 우원 편광된 밴드 패스 필터를 통과한 제2 경로의 빛의 파형을 검출할 수 있다.
- [0272] 그리고 동시에, 광원(200)에서 출력된 빛은 제1 우원 편광 소자(100a), 제2 우원 편광 소자(100a-1) 및 제2 좌원 편광 소자(100b-1)를 거치는 제3 경로를 형성한다. 제2 분광계(300b)는 좌원 편광된 밴드 패스 필터를 통과한 제3 경로의 빛의 파형을 검출할 수 있다. 따라서, 제2 분광계(300b)에서는 제2 경로를 통해 입사한 우원 편광된 빛과 제3 경로를 통해 입사한 좌원 편광된 빛이 합해져 파장 영역 490nm에서 510nm 사이의 무편광된 밴드 패스 필터를 통과한 빛의 파형을 검출할 수 있다. 따라서, 제1 및 제2 스위치(40a, 40b)가 모두 온 되는 경우, 제1 분광계(300a)에서는 노치 필터를 통과한 빛의 파형을 검출할 수 있고, 동시에 제2 분광계(300b)에서는 무편광된 밴드 패스 필터를 통과한 빛의 파형을 검출할 수 있다.
- [0273] 제1 및 제2 우원 편광 소자(100a, 100a-1), 제1 및 제2 좌원 편광 소자(100b, 100b-1)는 각각 이동체(20a, 20b)에 연결되어 위치 이동을 할 수 있다. 또한, 제1 및 제2 우원 편광 소자(100a, 100a-1), 제1 및 제2 좌원 편광 소자(100b, 100b-1)에 포함된 콜레스테릭 액정층은 일정한 농도의 카이랄 물질을 포함하거나 피치 그래디언트를 가질 수 있다. 따라서, 복합 필터는 이동체에 의해 노치 필터의 위치와 밴드 패스 필터의 밴드의 위치와 폭을 변경할 수 있다. 한편, 상술한 복합 필터의 구성 중에서 제1 및 제2 우원 편광 소자(100a, 100a-1)만을 사용하거나 제1 및 제2 좌원 편광 소자(100b, 100b-1)만을 사용하는 경우 투과형 밴드 패스 필터가 구현될 수 있다.
- [0274] 도 56은 본 개시의 일 실시 예에 따른 필터의 출력 파형을 나타내는 도면이다.
- [0275] 도 56(a)는 노치 필터의 파형이 도시되어 있다. 도 56(a)에 도시된 바와 같이, 노치 필터는 파장을 가변할 수 있고, 밴드 영역에서 거의 완벽하게 빛의 성분을 제거할 수 있다.
- [0276] 도 56(b)는 밴드 패스 필터의 파형이 도시되어 있다. 도 56(b)에 도시된 바와 같이, 밴드 패스 필터는 파장을 가변할 수 있고, 이상적인 파형에 가까운 파형을 보여준다.

부호의 설명

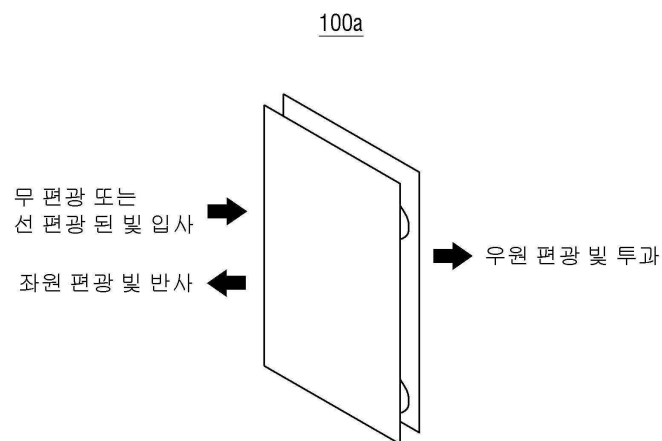
- [0277] 100: 원형 편광 소자
- 110a, 110b, 110c: 기판 120a, 120b, 120c: 폴리이미드층
- 130, 130a: 스페이서 140, 140a, 140b, 140c: 콜레스테릭 액정
- 150: ND 필터 160: 히터
- 170: 전원
- 200: 광원 300: 분광계
- 400: 노치 필터

도면

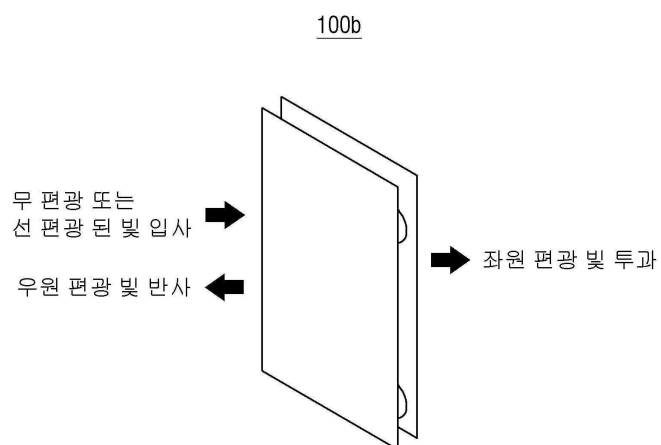
도면1



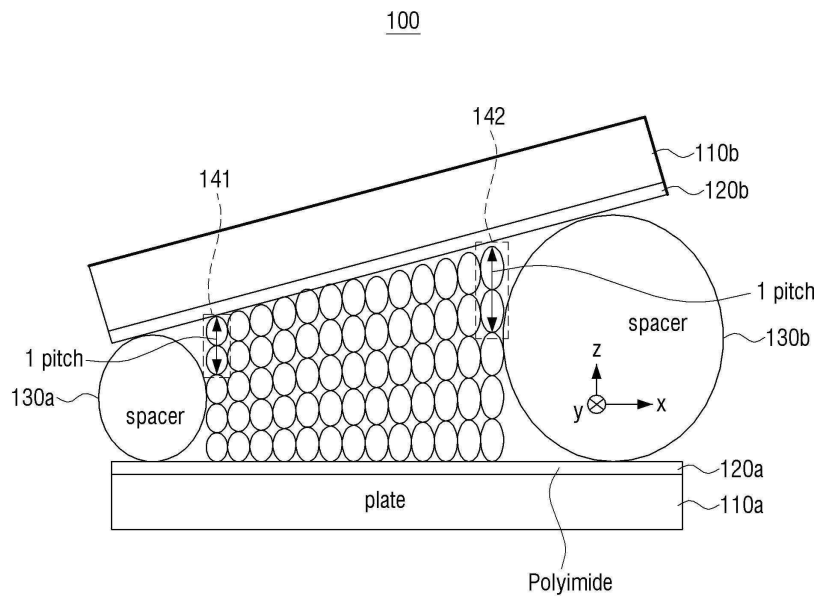
도면2a



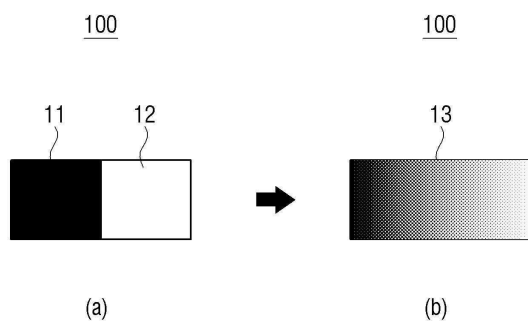
도면2b



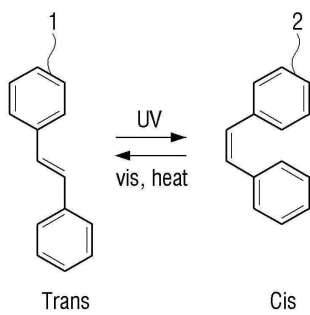
도면3



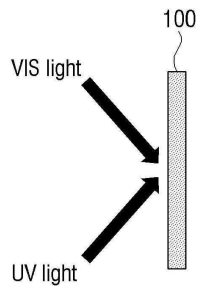
도면4



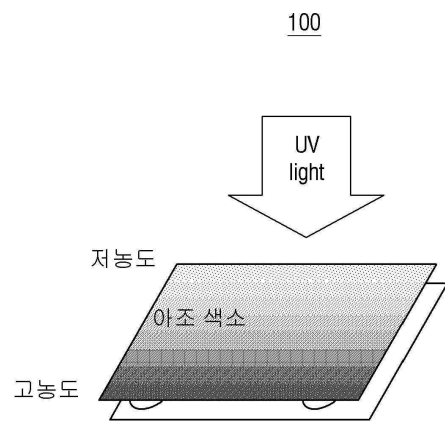
도면5



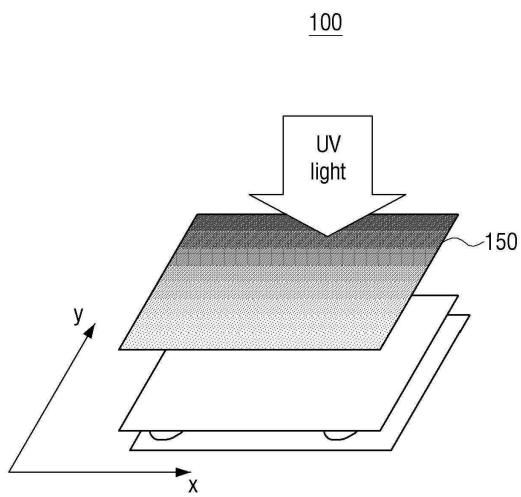
도면6



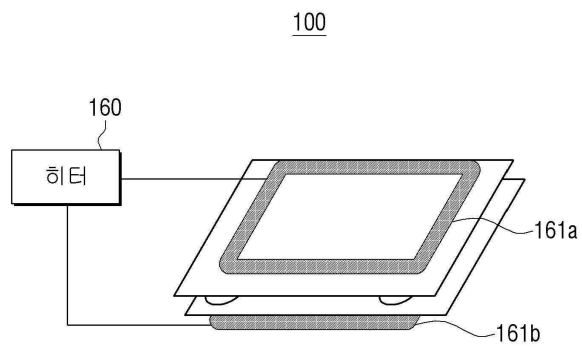
도면7



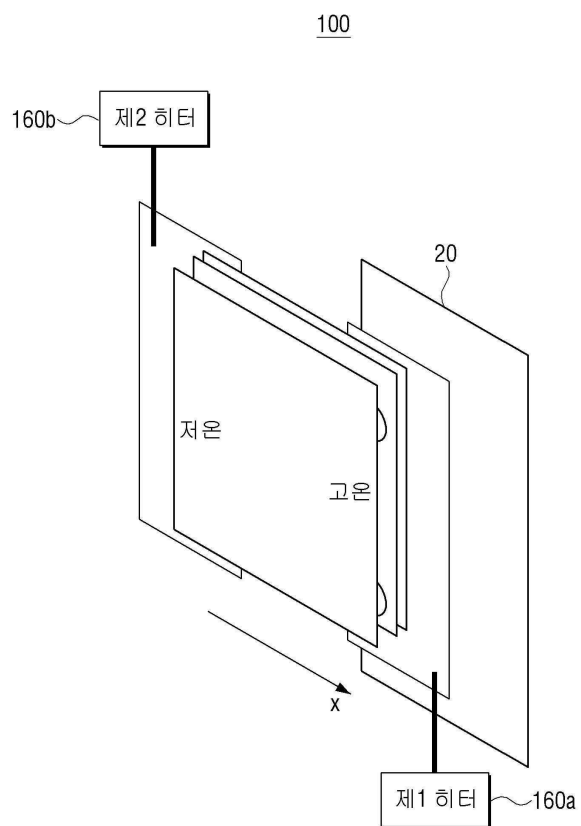
도면8



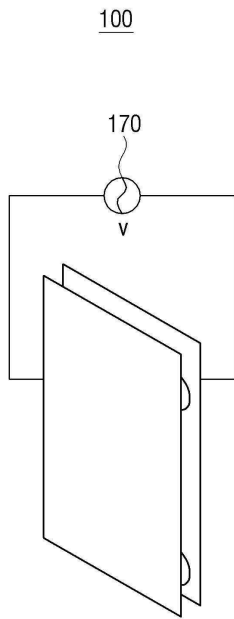
도면9



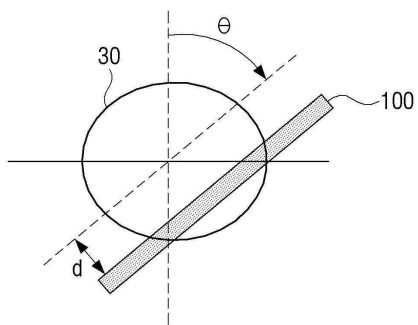
도면10



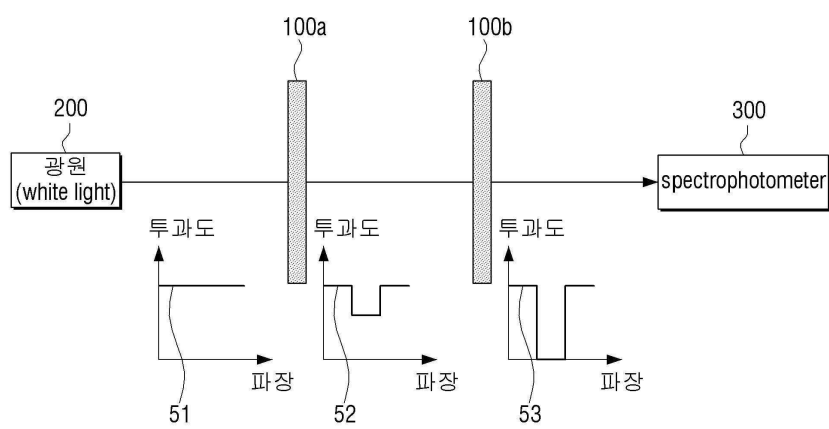
도면11



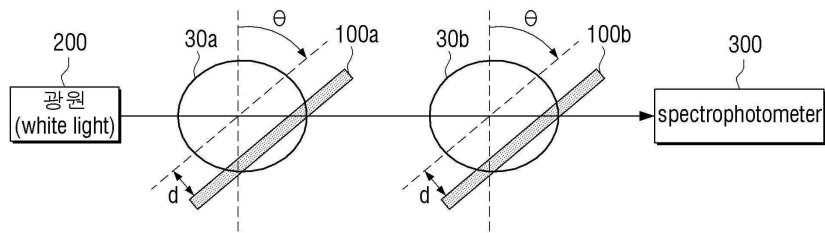
도면12



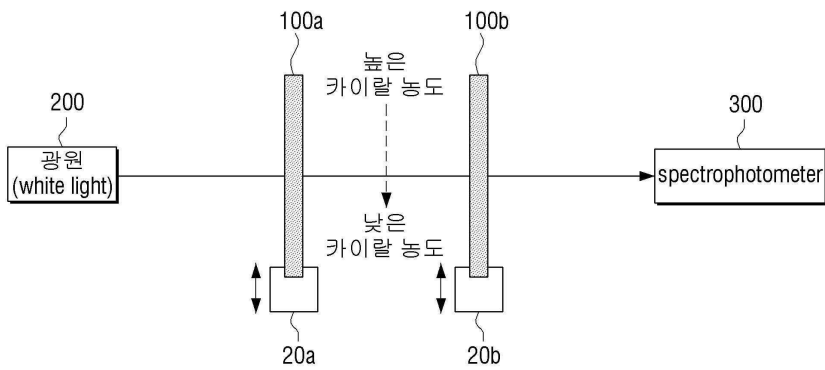
도면13



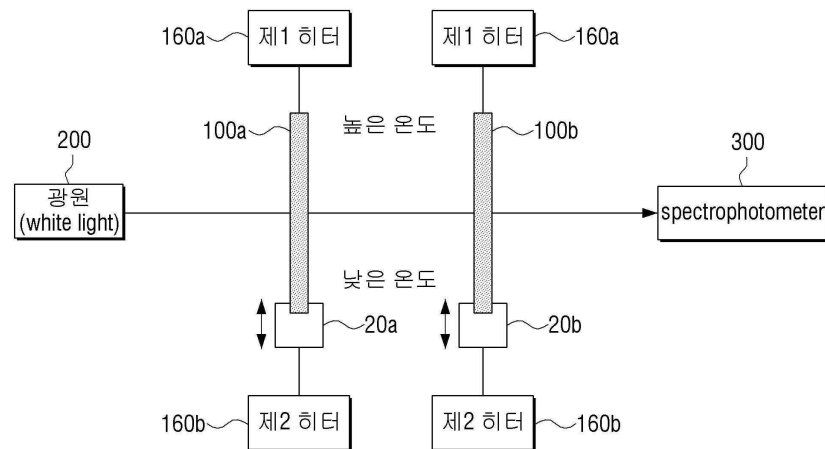
도면14



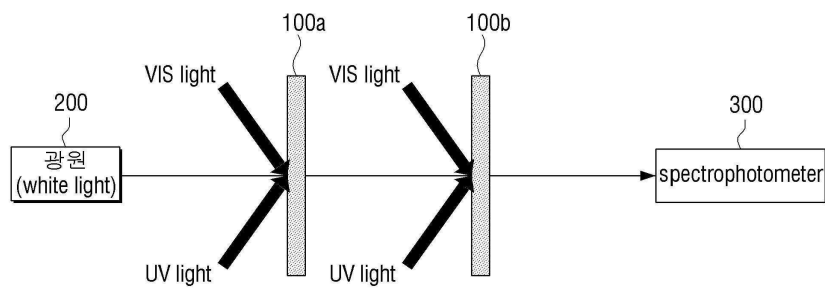
도면15



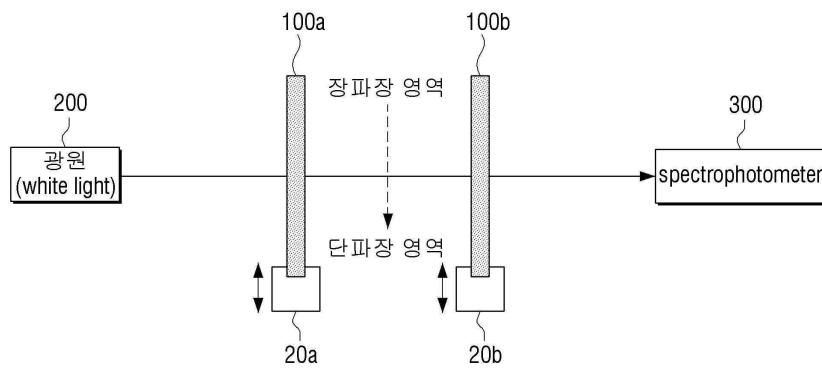
도면16



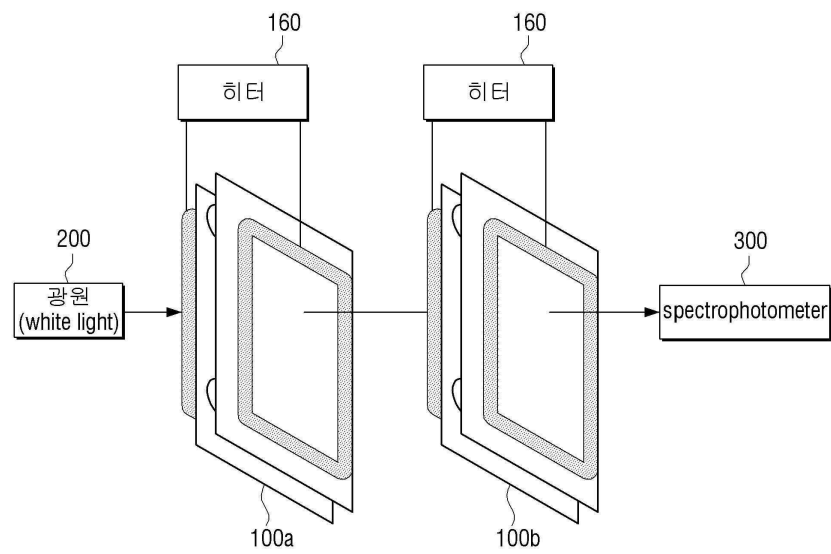
도면17



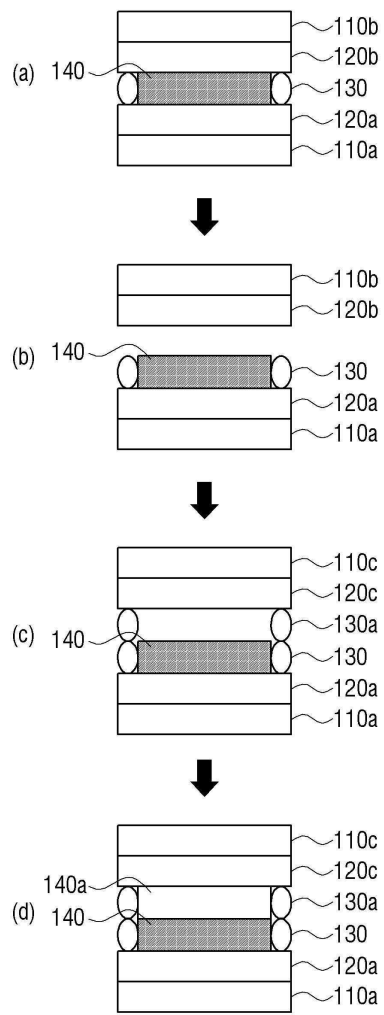
도면18



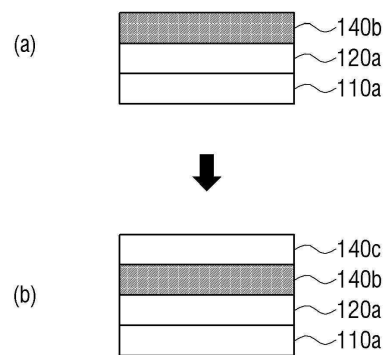
도면19



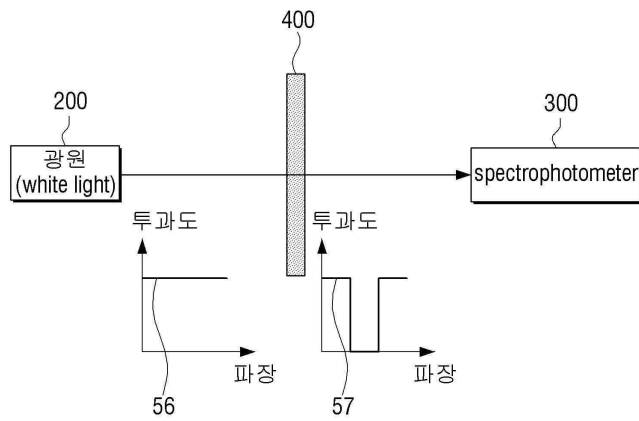
도면20



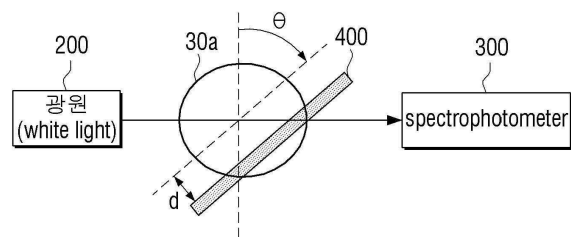
도면21



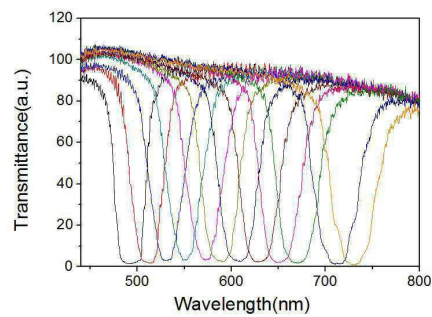
도면22



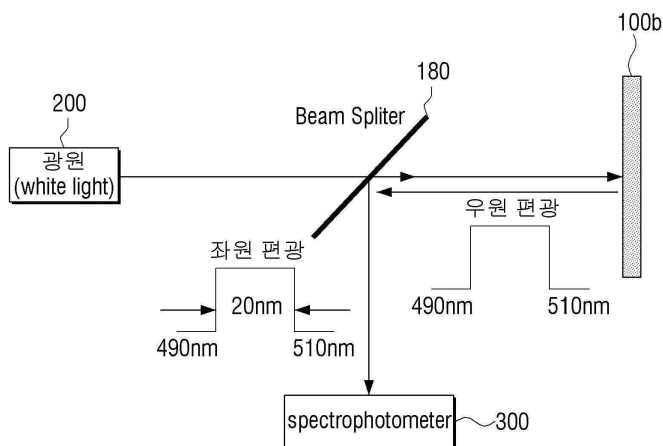
도면23



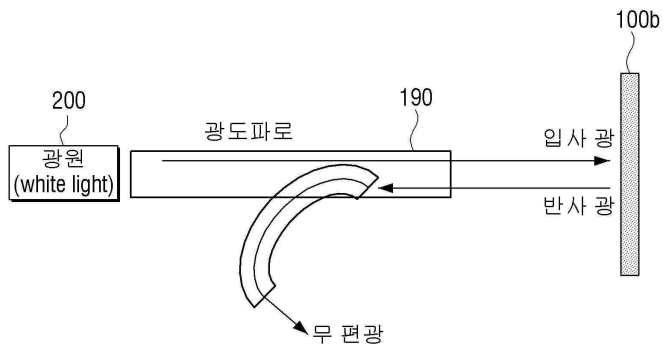
도면24



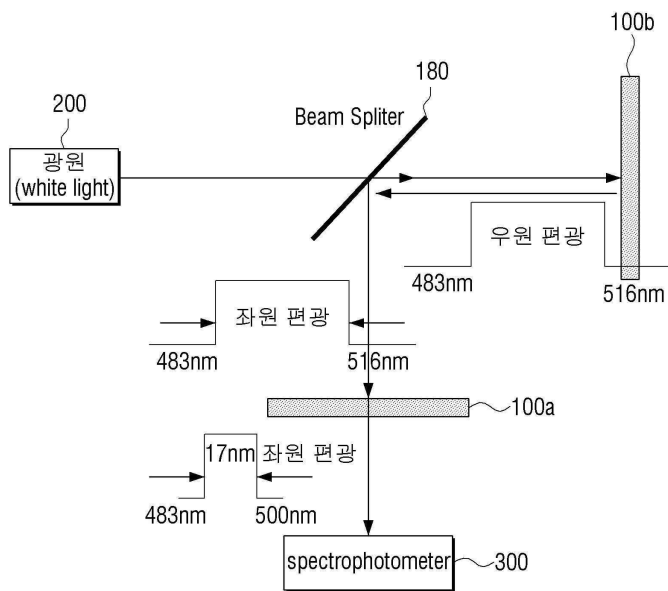
도면25



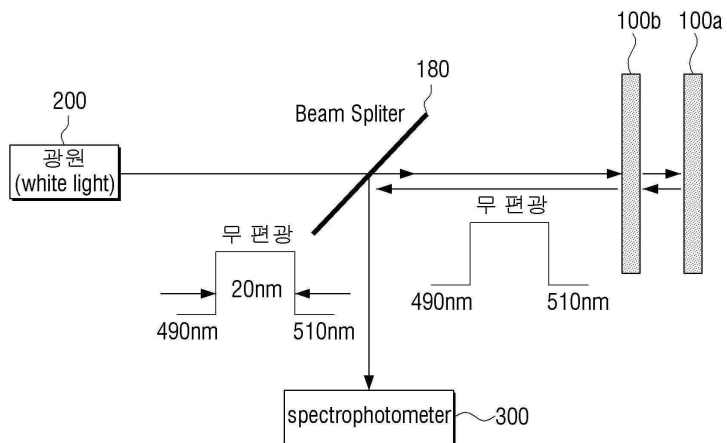
도면26



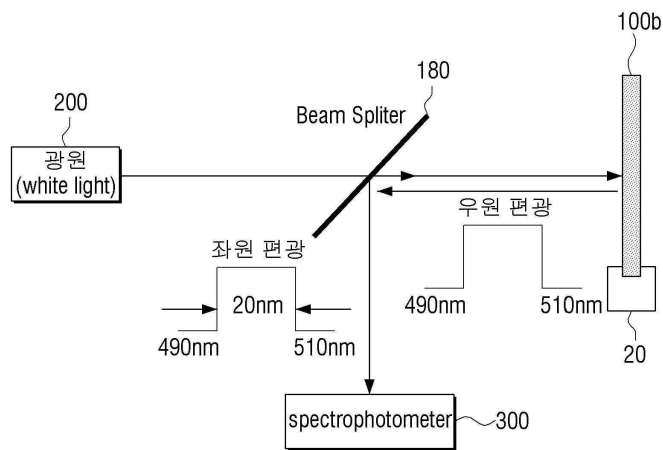
도면27



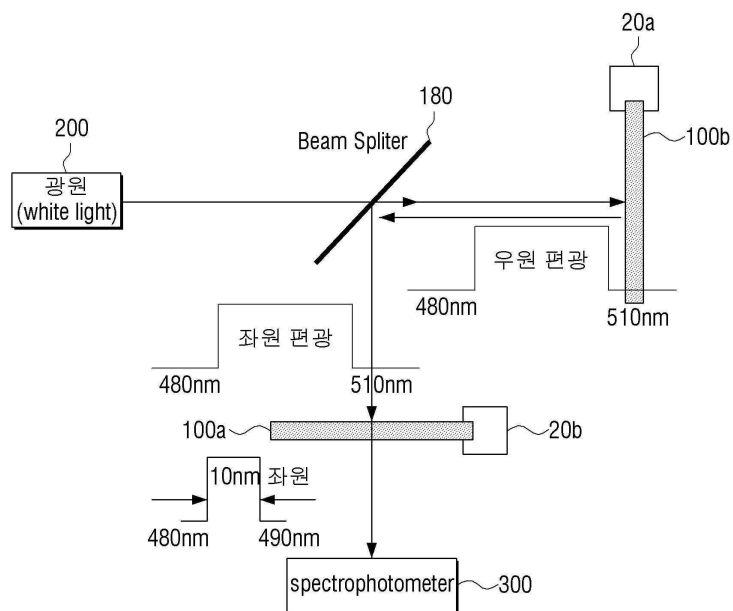
도면28



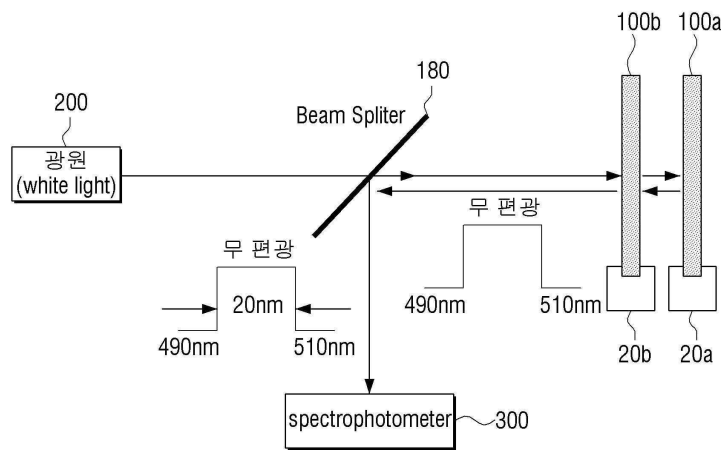
도면29



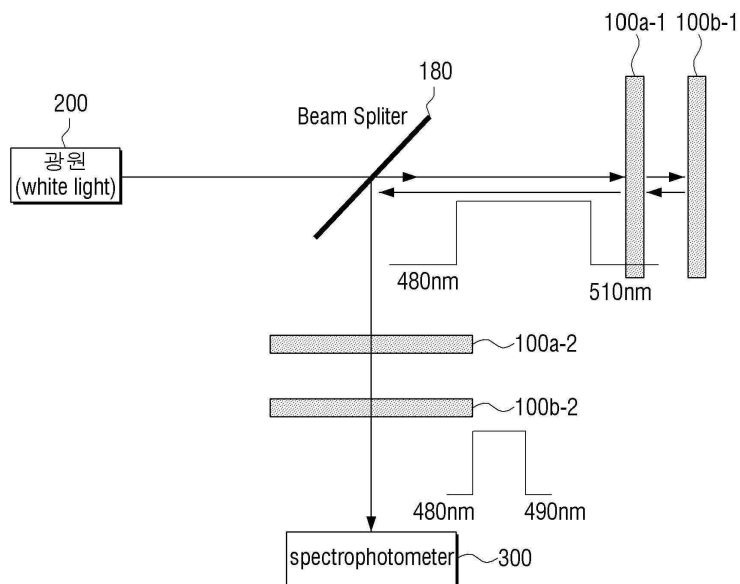
도면30



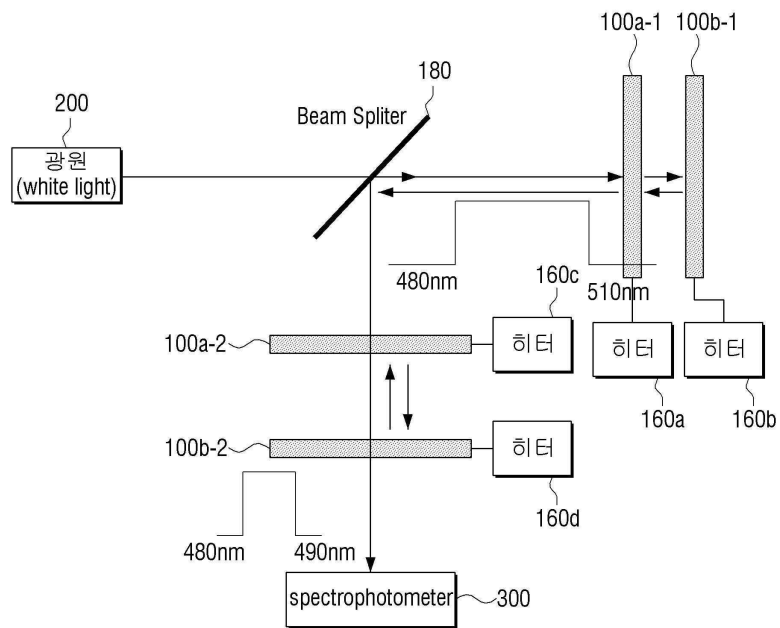
도면31



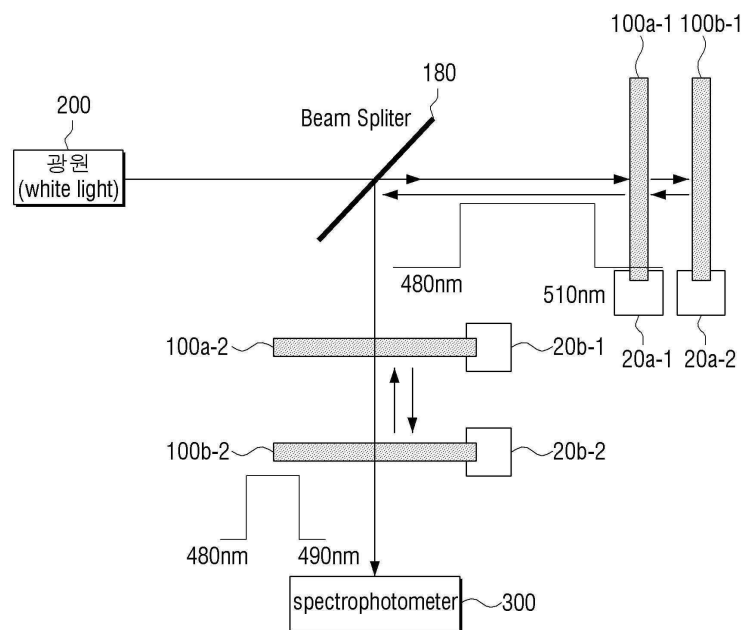
도면32



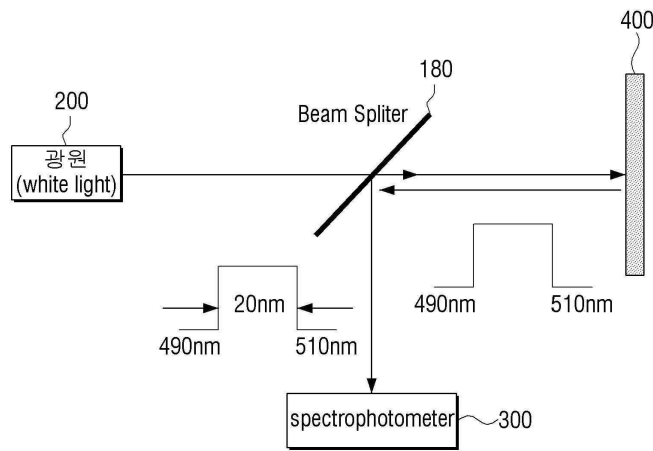
도면33



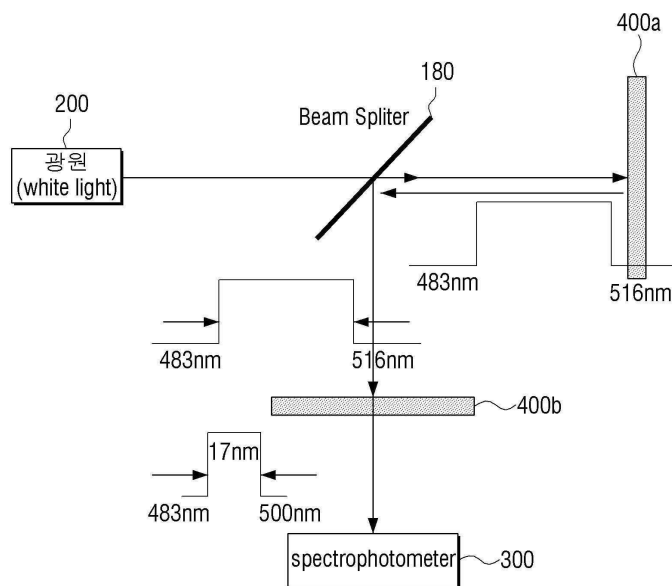
도면34



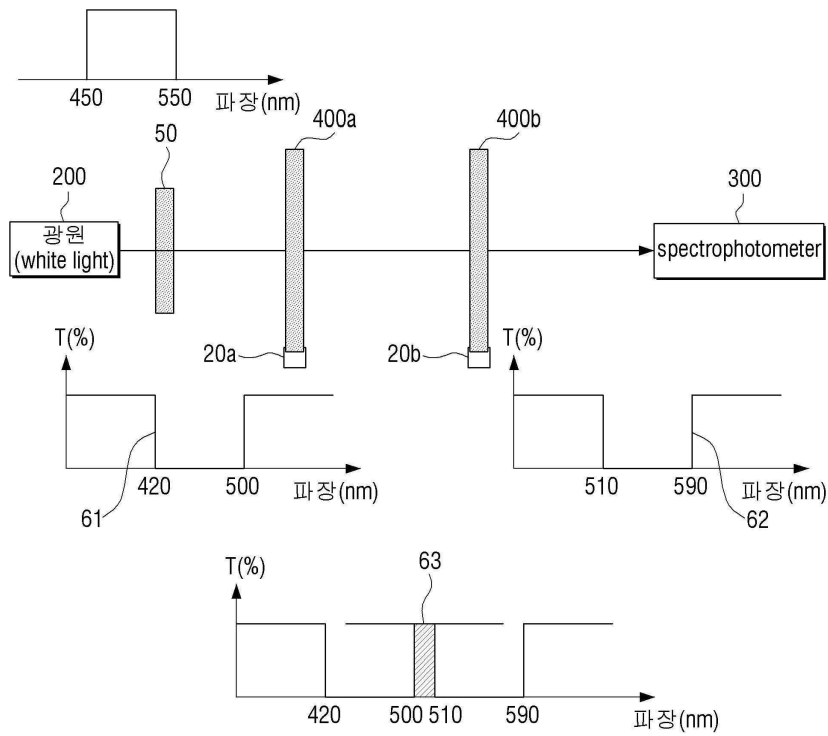
도면35



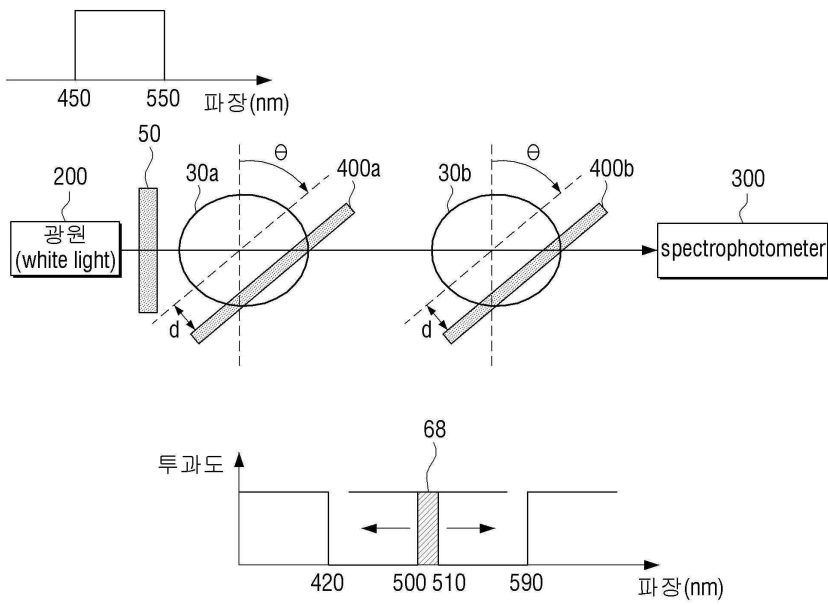
도면36



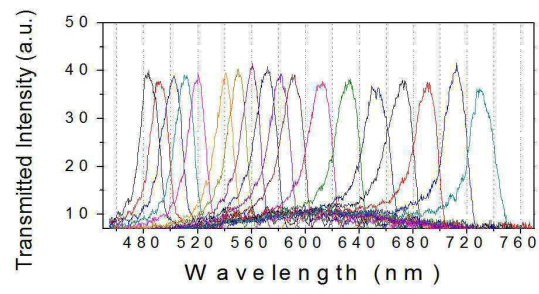
도면37



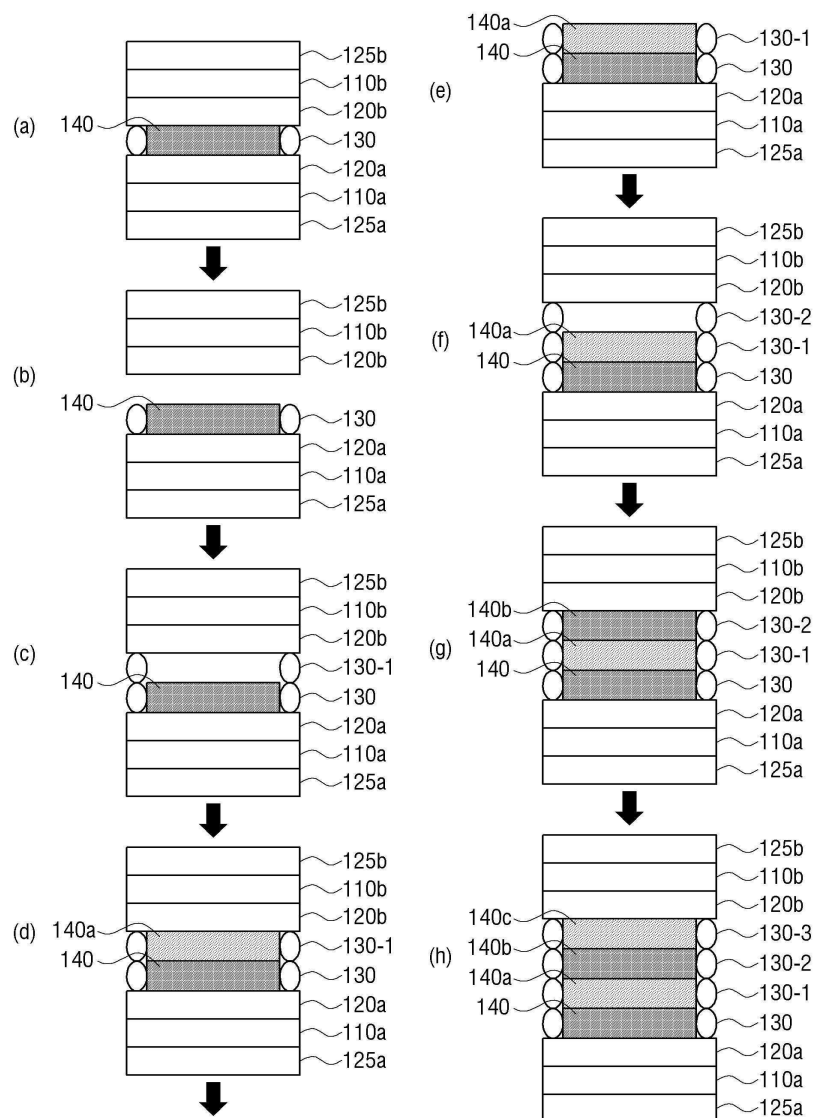
도면38



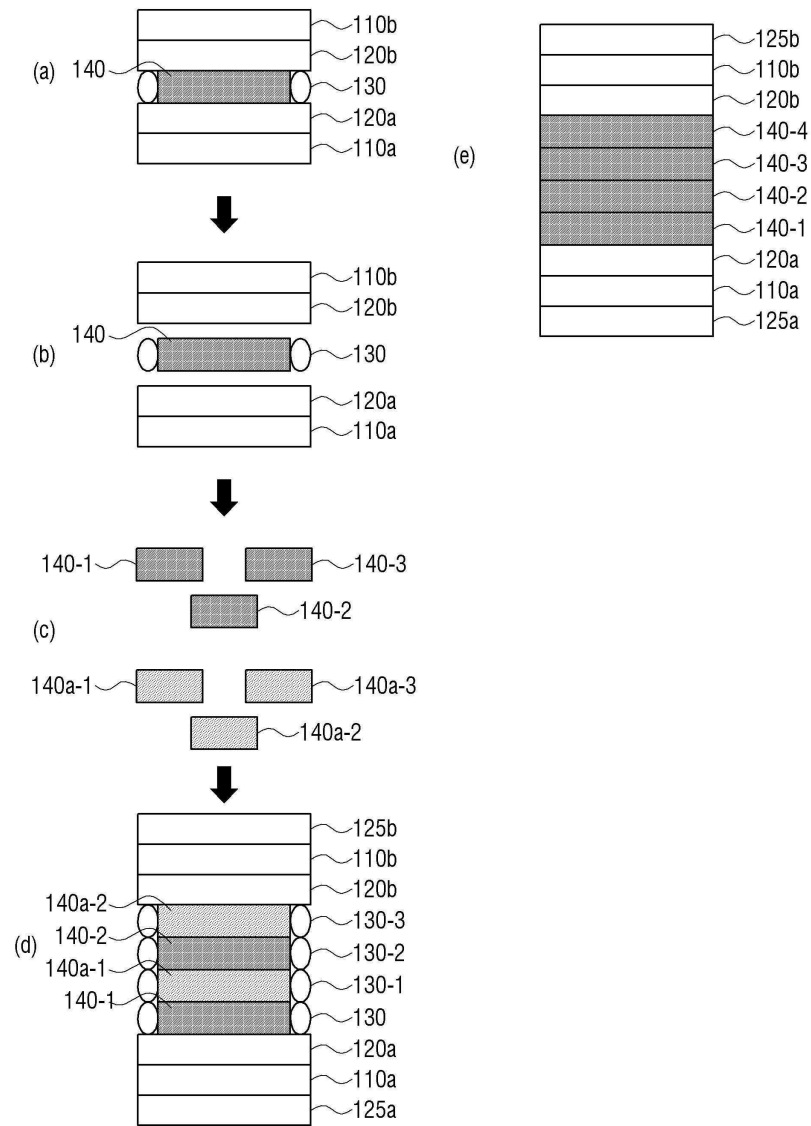
도면39



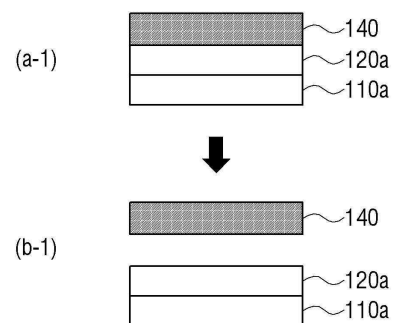
도면40



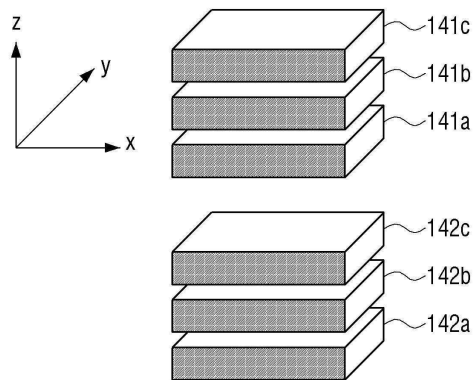
도면41



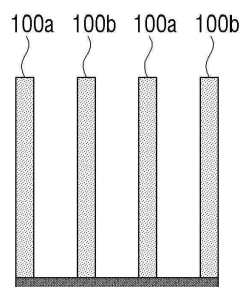
도면42



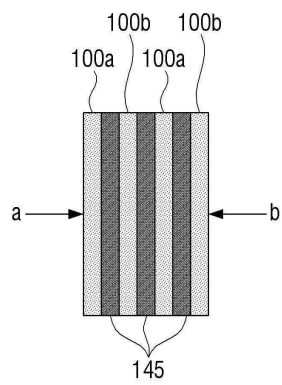
도면43



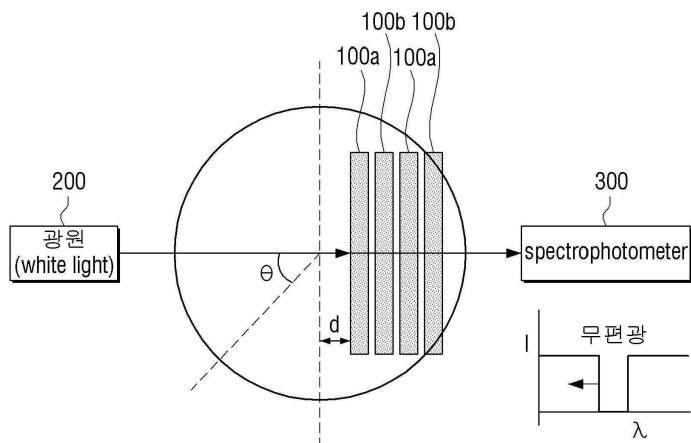
도면44



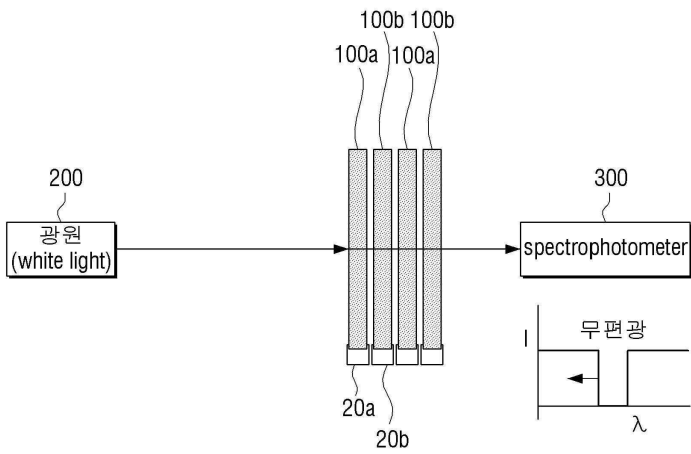
도면45



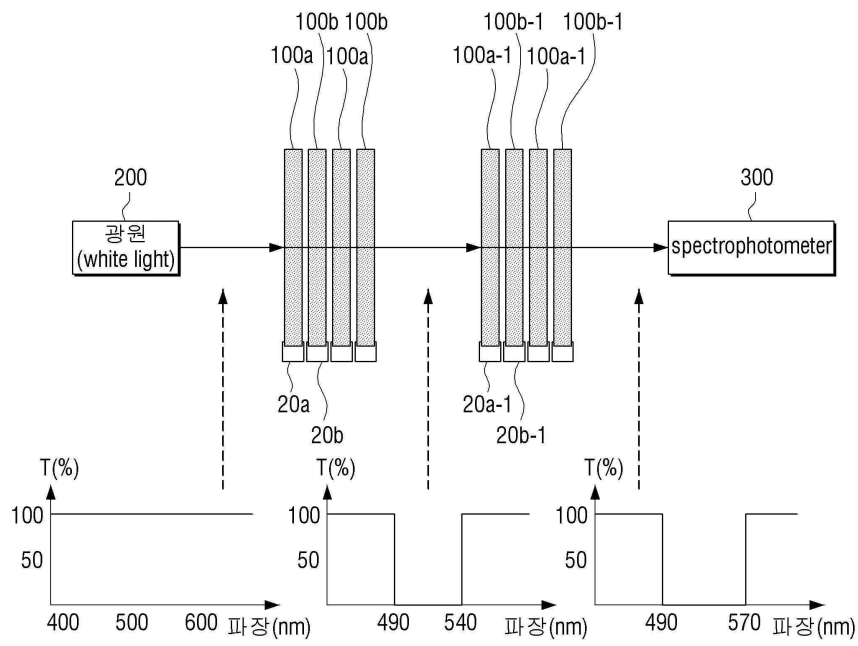
도면46



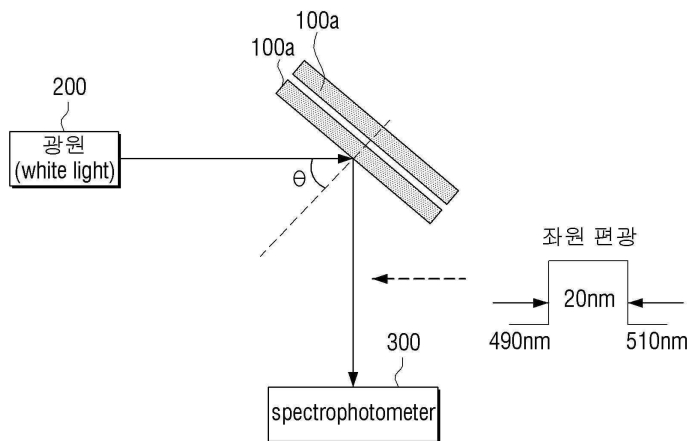
도면47



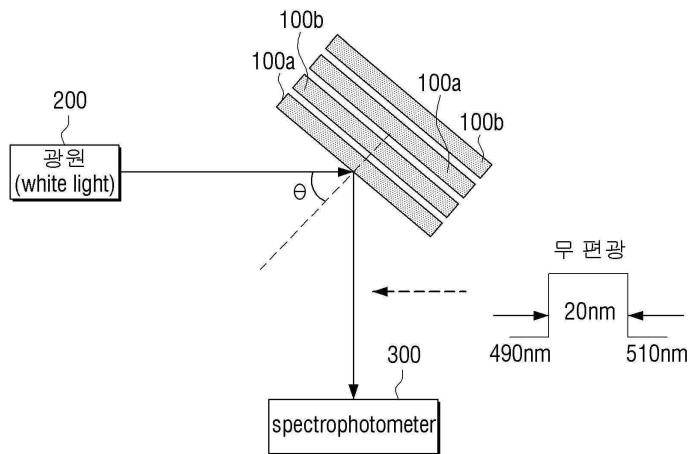
도면48



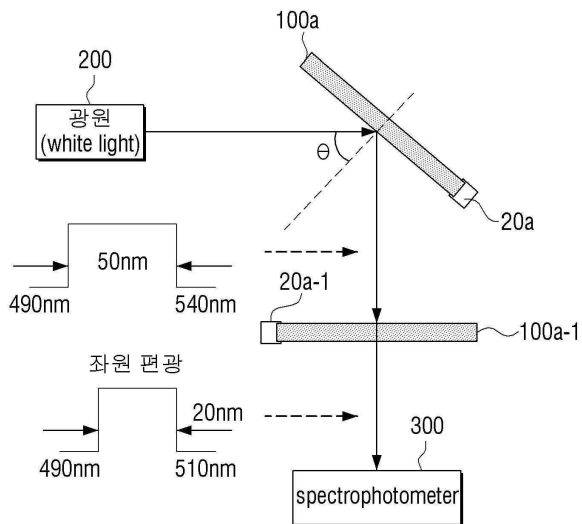
도면49



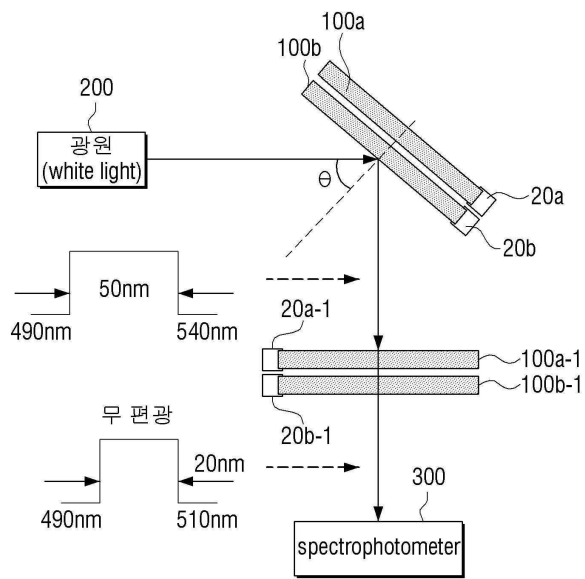
도면50



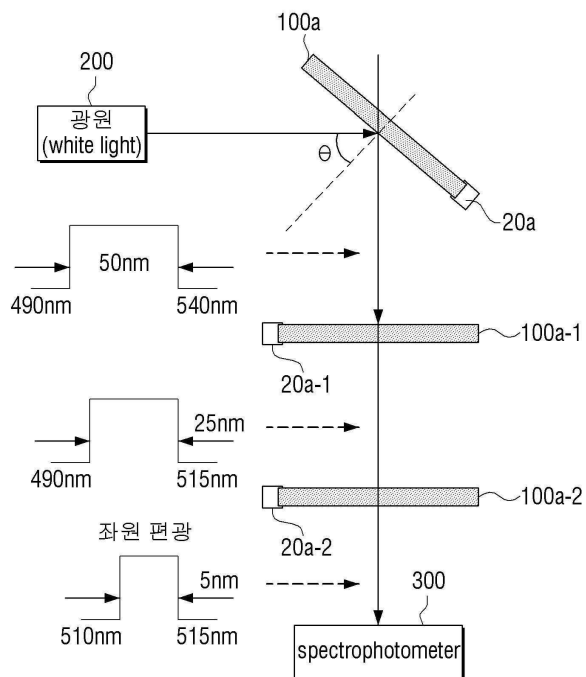
도면51



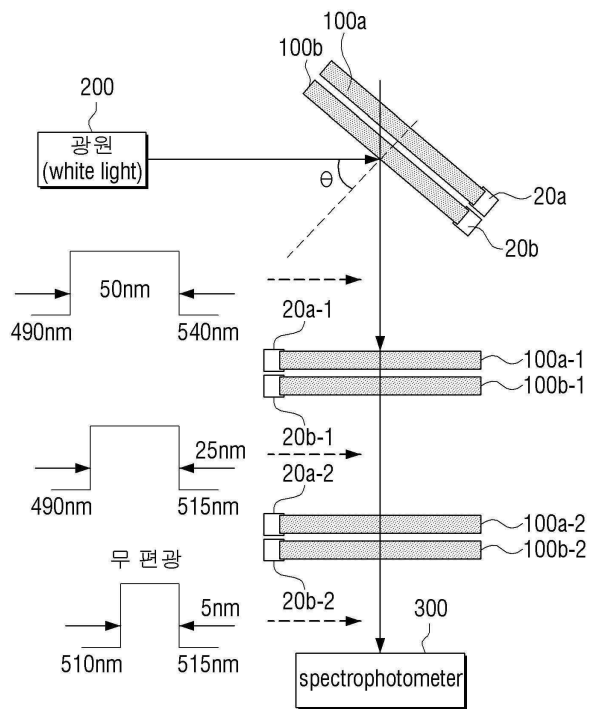
도면52



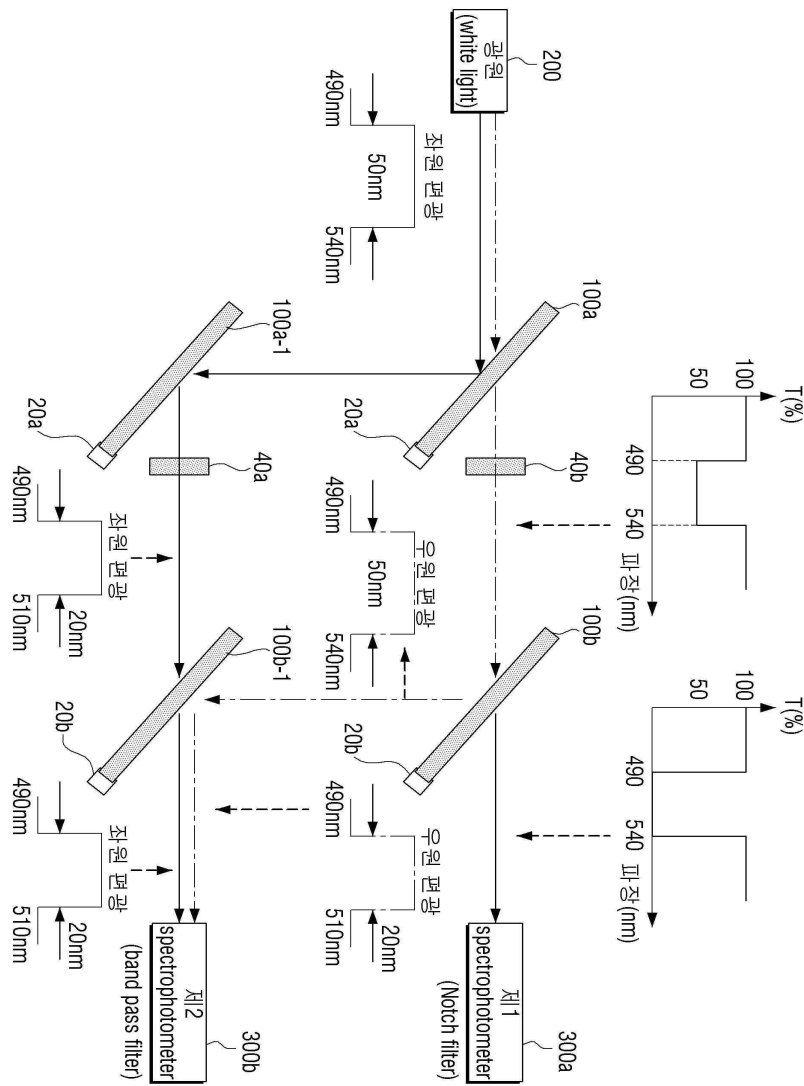
도면53



도면54



도면55



도면56

