



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년09월08일
(11) 등록번호 10-1063993
(24) 등록일자 2011년09월02일

(51) Int. Cl.
G02B 5/28 (2006.01) G02B 5/26 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-7015253
(22) 출원일자(국제출원일자) 2004년12월09일
심사청구일자 2009년12월08일
(85) 번역문제출일자 2006년07월28일
(65) 공개번호 10-2007-0003842
(43) 공개일자 2007년01월05일
(86) 국제출원번호 PCT/US2004/041214
(87) 국제공개번호 WO 2005/066668
국제공개일자 2005년07월21일
(30) 우선권주장
10/748,396 2003년12월30일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2002107505 A
JP2003302520 A
전체 청구항 수 : 총 2 항

(73) 특허권자
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박
스 33427 쓰리엠 센터
(72) 발명자
웨버 마이클 에프.
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427
(74) 대리인
주성민, 김영

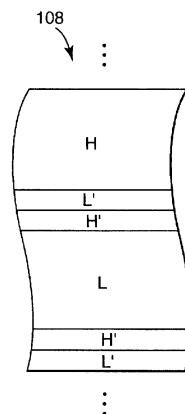
심사관 : 정수환

(54) 고차 반사가 억제된 다층 반사기

(57) 요약

본 발명은 필름을 통해 광학 반복 유닛을 형성하도록 배열된 개별 광학 층을 갖는 다층 간섭 반사 필름에 관한 것이다. 복수의 광학 반복 유닛 각각은 6개의 개별 층을 가지며, 이들 중 적어도 3개는 설계 파장에서 상이한 굴절률을 갖는다. 동일한 굴절률과 물리적인 두께를 가지며 임의로 "A", "B", "C", "D"로 라벨이 붙여진 개별 층은 CACDBD의 순환 순열로 6개 층의 광학 반복 유닛 내에 배열되며, 여기서 A 및 B 층 각각은 C 및 D 층보다 두껍다. 개별 층의 두께와 굴절률은 설계 파장에서 광을 반사하면서, 2차, 3차, 4차 반사를 억제하도록 선택될 수 있다.

대표도 - 도2d



특허청구의 범위

청구항 1

복수의 광학 반복 유닛을 포함하며, 광학 반복 유닛 중 적어도 몇몇은 6층 순서 CACDBD 또는 그의 순환 순열로 배열된 개별 층(A, B, C, D)을 포함하고, A 및 B 층은 C 및 D 층보다 광학적으로 두껍고, 개별 층은 $n_A \geq n_D > n_C > n_B$ 의 관계 또는 $n_A > n_D > n_C \geq n_B$ 의 관계를 만족하는 굴절률을 갖는 다층 반사 필름.

청구항 2

제1항에 있어서, 광학 반복 유닛은 필름의 두께 축을 따라 변하는 두께 프로파일을 갖도록 배열되는 필름.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

명세서

기술분야

본 발명은 적어도 제1 파장(λ_0)에서 광을 반사하도록 광학 반복 유닛 내에 배열된 복수의 개별 층을 갖는 다층 간섭 필름에 관한 것이다. 광학 반복 유닛 내의 층은 고차, 특히 적어도 2차($\lambda_0/2$), 3차($\lambda_0/3$) 및 4차($\lambda_0/$

[0001]

4)에서의 반사를 억제하도록 배열될 수 있다. 이러한 필름은 특히 적외선 구역에서 고 반사도가 요구되지만 가시 구역을 통해 저 반사도/고 투과도가 또한 요구되는 적외선 적용예의 설비이지만 이것으로 제한되지는 않는다.

배경 기술

- [0002] 다층 간섭 필름이 공지되어 있다. 이러한 필름에서, 다수의 개별 층은 층의 가장 작은 반복 배열을 광학 반복 유닛이라고 하고, 종종 단위 셀이라고도 하는 반복 순서로 배열된다. 인접한 개별 층은 광의 적어도 하나의 편광 상태에 대해 동일하지 않은 굴절률을 갖는다. 또한, 개별 층은 물리적인 두께에 개별 층의 굴절률을 곱하여 정의되며 설계 파장(λ_0)보다 작은 광학 두께를 가져서, λ_0 에서 요구되는 전체 반사도를 생성하도록 개별 층들 사이의 계면에서 반사된 광 성분에 대한 구조적 또는 파괴적 간섭이 발생할 수 있다. (재료를 통해 이동하는 광의 비입이 편광 상태, 이동 방향 및 광 비입의 파장에 따라 변화할 수 있는 굴절률을 나타내기 때문에, 이들 인자를 고려한 재료의 "유효 굴절률"이 이러한 계산에 사용될 수 있다.) 1/4파 스택이라 하는 가장 간단한 경우, 종래 기술의 필름은 비교적 고 굴절률 재료("H)와 비교적 저 굴절률 재료("L")의 교대식 층을 포함하며, 이들 각각은 $\lambda_0/4$ 의 광학 두께를 갖는다. 이러한 스택의 각각의 광학 반복 유닛은 하나는 H이고 하나는 L인 단 지 2개의 인접한 개별 층을 필수적으로 포함하며, 설계 파장의 절반의 전체 광학 두께를 갖는다.
- [0003] 그러나, 이러한 스택은 설계 파장에서뿐만 아니라, 도1에 일반적으로 도시된 본 명세서에서 고차 반사 파장이라 하는 설계 파장의 정수 분수에서 광을 반사한다. 일반화된 광학 스택의 수직 입사 반사도 대 선형 눈금의 파장의 단순화된 방식으로 도시된 도1에서, 1차 반사 밴드(100)가 설계 파장(λ_0)에서 보이고, 2차 반사 피크가 $\lambda_0/2$ 에서 보이고, 3차 피크가 $\lambda_0/3$ 에서 보이고, 4차 피크가 $\lambda_0/4$ 에서 보인다. 물론, 다른 고차가 존재하기도 하지만 도시되지 않는다. 2차로 시작되는 고차 반사는 일반적으로 110으로 도시된다. 진정한 1/4파 스택은 대칭성으로 인해 짝수 차 반사 밴드($\lambda_0/2, \lambda_0/4, \lambda_0/6$ 등)를 갖지 않지만, 홀수 차 반사 밴드를 갖는다. 2개 층의 광학 반복 유닛 내의 H와 L층이 동일하지 않은 광학 두께를 갖는다면, 짝수 차 반사 밴드는 0이 아닐 수 있다.
- [0004] 1차 반사 밴드(100)의 피크 반사 및 스펙트럼 폭은 설계 파장에서 각각 H, L 층의 굴절률(n_H, n_L) (및 이에 따른 굴절률 차이 $\Delta n = n_H - n_L$)과, 스택 내의 광학 반사 유닛의 전체 수에 의존한다. 또한, 1차 반사 밴드(100)의 스펙트럼 폭을 확대하기 위해, 스택의 두께 축을 따라 광학 반복 유닛의 광학 두께를 변경하도록 두께 구배를 도입하는 것이 공지되어 있다. (피크 반사 및 밴드폭에 의해 결정된) 고차 밴드의 반사력은 일반적으로 차수를 증가시키에 따라 감소된다.
- [0005] 고차 반사 밴드는 몇몇 적용예에서 바람직하지 않을 수 있다. 예컨대, λ_0 가 약 800 nm보다 크도록 시각적으로 투명한 적외선 반사 필름이 자동차 또는 건축 창문 적용예에서 태양 제어를 위해 요구된다면, 하나 이상의 고차 반사 밴드가 가시 구역 내에 나타날 수 있고 관찰 방향과 함께 변하는 바람직하지 않은 컬러를 부과할 수 있다.
- [0006] 고차 반사 밴드 중 적어도 몇몇을 억제하는 많은 기술이 공지되어 있다.
- [0007] 하나의 공지된 접근법에서, 1/4파 스택의 소위 "에프-비(f-ratio)"는 스택을 통해 다른 것(각각 L 또는 H)보다 광학적으로 두꺼운 광학 반복 유닛 성분 층(H 또는 L)을 제조함으로써 50% 상이한 값으로 제어된다. 이러한 접근법이 어떤 고차 반사 밴드를 억제할 수 있더라도, 2차, 3차, 4차를 동시에 억제할 수 없고, 따라서 적용성이 제한된다.
- [0008] 가시 영역(즉, 약 700 내지 800 nm 사이에서 시작함) 이상에서부터 약 2000 nm까지 연장되는 넓은 1차 밴드 내의 광을 반사하는 것이 종종 바람직하기 때문에, 2차, 3차 및 4차는 집합적으로 중요하다. 4차 이상의 반사 밴드는 일반적으로 스펙트럼의 UV 부분 내에 있을 것이며 인간의 가시 스펙트럼(약 400 내지 700 nm) 내에서 임의의 착색 문제를 나타내지 않는다. 2000 nm에서의 1차 밴드에 대한 5차 반사가 400 nm에서 나타날 수 있더라도, 이러한 반사는 보통 매우 약하며, 인간의 눈의 민감도가 빈약한, 일반적으로 알아차리지 못하는 가시 영역의 에지에 배치된다.
- [0009] 다른 공지된 접근법에서, 층의 광학 두께 순서는 각각의 광학 반복 유닛 내의 개별 층의 수가 2개에서 6개로 증가되도록 변형된다. 미국 특허 제5,360,659호[아렌즈(Arends) 등]를 참조하라. 6개의 층은 여전히 H와 L 성분 재료 사이에 교대로 존재하지만, 7:1:1:7:1:1의 상대 광학 두께로 배열된다. 이러한 구조는 2차, 3차, 4차 반

사를 억제한다.

[0010] 다른 공지된 접근법에서, (본 명세서에서 "M"이라 하는) 제3 광학 재료는 H 및 L 층간의 특정 굴절률을 갖는 것으로 소개된다. 미국 특허 제5,103,337호[슈렌크(Schrenk) 등]를 참조하라. 미국 특허 제3,247,392호[텔렌(TheLen)]도 참조하라. 또한, 개별 층은 각각 1/3:1/6:1/3:1/6의 상대 광학 두께로 HMLM의 순서로 각각의 광학 반복 유닛 내에 배열되고, 굴절률은 이하의 관계를 갖도록 선택된다.

$$n_M = \sqrt{n_H n_L} \quad \text{방정식 (1)}$$

[0012] 이러한 접근법도 2차, 3차, 4차 반사를 억제한다.

[0013] 고차 반사를 억제할 수 있는 구성을 포함하는 광학 필름 설계자에게 이용 가능한 다른 다층 필름 구성에 대한 요구가 계속적으로 존재한다.

발명의 상세한 설명

[0014] 본 발명은 다층 스택의 광학 반복 유닛 내에 유일한 배열의 개별 층을 갖는 다층 필름을 개시한다. 복수의 광학 반복 유닛 각각은 6개의 개별 층을 포함하는데, 이 중 적어도 3개는 설계 파장(λ_0)에서 상이한 굴절률을 갖는다. 동일한 굴절률과 물리적인 두께(따라서, 동일한 광학 두께)를 갖는 개별 층은 "A", "B", "C" 또는 "D" 등의 유일한 임의의 문자 설계로 주어질 수 있다. 이들 층은 CACDBD의 순서로 또는 순환 순열로 6개 층의 광학 유닛 내에 배열되며, 여기서 A 및 B 층은 각각 C 및 D 층보다 두껍다.

[0015] 유리하게는, 이러한 다층 스택 내의 층의 두께 및 굴절률은 2차, 3차, 4차 반사를 억제하도록 선택될 수 있다. 이러한 선택을 결정하기 위한 하나의 기술은 광학 반복 유닛에 대해 굴절률 함수 $f(X)$ 를 정의하는 것을 포함하며, 여기서 X 는 광학 반복 유닛을 따른 광학 두께의 변위이고, 함수 값 f 는 그 변위에서의 굴절률이다. 그 다음, 함수 f 가 푸리에 분석되며, 3개의 연속 푸리에 계수가 0이 되도록 개별 층의 두께 및 굴절률이 조절 또는 선택된다. 2차, 3차, 4차 푸리에 계수가 0이고 전체 광학 반복 유닛의 광학 두께가 $\lambda_0/2$ 로 유지되면, 이렇게 정의된 광학 반복 유닛으로 구성된 다층 필름은 설계 파장(λ_0)에서 광을 반사할 수 있지만, 적어도 2차, 3차, 4차 고조파($\lambda_0/2, \lambda_0/3, \lambda_0/4$)에서 반사를 억제할 수 있다.

[0016] 몇몇 실시예에서, A 및 D 층은 동일한 굴절률을 가질 수 있으며 (동일한 재료로 구성될 수 있다.) 이와 달리, B 및 C 층은 동일한 굴절률을 가질 수 있으며 (동일한 재료로 구성될 수 있다.) 이들 경우 중 하나에서, 6개의 개별 층 CACDBD(또는 순환 순열)로 구성될 수 있더라도, 광학 반복 유닛은 4개보다는 3개의 광학적으로 독특한 재료로 구성될 수 있다.

[0017] 다른 실시예에서, 6개 층의 광학 반복 유닛은 4개 층 유형 A, B, C, D에 대응하는 광학적으로 독특한 재료로 구성될 수 있다. 이들 실시예의 부분 집합에서, A 및 B 층의 평균 굴절률이 C 및 D 층의 평균 굴절률과 동일하거나, 이와 동등하게 $n_A > n_B > n_C > n_D$ 일 때 $(n_A + n_B) = (n_C + n_D)$ 가 되도록 광학 재료가 선택된다면 개별 층의 광학 두께에 대해 폐쇄 형태의 해가 얻어질 수 있다. 대칭 조건 $t_C = t_D$ 를 만족하도록, 광학 반복 유닛 내의 각각의 C 층은 광학 두께 t_C 를 갖고, 각각의 D 층은 두께 t_D 를 갖는다. 또한, 대칭 조건 $t_A = t_B$ 를 만족하도록, 광학 반복 유닛 내의 각각의 A 층은 광학 두께 t_A 를 갖고, 각각의 B 층은 두께 t_B 를 갖는다. 2차, 3차, 4차 푸리에 계수를 0으로 하고 다층 필름 내의 2차, 3차, 4차 반사를 억제하는 폐쇄 형태 관계는 다음과 같다.

$$\frac{3\pi X_3}{2} = \pi - \arcsin\left(\frac{-\Delta n_{DC}}{2\Delta n_{AB} + \Delta n_{DC}}\right) \quad \text{방정식 (2)}$$

[0019] 여기서, $X_3 = t_A/(t_A + 2t_C) = t_B/(t_B + 2t_D)$ 이고, $\Delta n_{DC} = n_D - n_C$ 이고, $\Delta n_{AB} = n_A - n_B$ 이다.

실시예

[0026] 이제 도2a 내지 도2d를 참조하면, 개시된 다층 필름 및 종래 기술과의 관계를 더욱 잘 이해하기 위해, 개시되어 있는 구성을 나타내도록 3가지 공지된 다층 구성의 광학 반복 유닛의 부분 단면도가 나란히 도시된다. 이들 도면에서, 층 두께는 물론 매우 확대된 것이며, 물리적인 두께보다는 광학 두께를 나타내도록 하는 비율이다. 단일 광학 반복 유닛이 각각의 경우에 도시된다. 도2a에서, 간단한 2개 성분 1/4 파장 스택(102)은 하나의 H 층

과 하나의 L 층을 갖는다. 전술된 바와 같이, 이러한 구성은 홀수 차 반사가 아니라 짝수 차 반사를 억제한다. 도2b에서, 아렌즈 등의 '659호와 연계하여 전술된 6개 층의 2개 성분 스택(104)이 도시된다. 2개 성분 재료(H, L)만이 필요하지만, 2차 내지 4차 반사가 억제되어야 한다면 7/18, 1/18, 1/18, 7/18, 1/18, 1/18 반복 순서(광학 반복 유닛의 분수)로 상대 광학 두께로 배열되어야 한다. 도2c에서, 슈렌크(Schrenk) 등의 '337호와 연계하여 전술된 4개 층의 3개 성분 스택(106)이 도시된다. 본 실시예에서, 상기 방정식 1에 제공된 굴절률 관계를 갖는 제3 성분 재료 "M"가 요구되며, 또한, 고차원 반사가 억제되어야 한다면 도시된 바와 같이 1/3, 1/6, 1/3, 1/6 순서(또한, 광학 반복 유닛의 분수)로 상대 광학 두께로 배열되어야 한다.

[0027] 도2d는 이하에 설명되는 바와 같이 유사하게 적어도 2차, 3차, 4차 반사를 억제할 수 있는 다른 광학 반복 유닛 구성을 갖는 다층 스택(108)을 도시한다. 이러한 구성은 설계 파장(λ_0)에서 상이한 굴절률을 가지며 6개 층의 광학 반복 유닛 내에 배열된 3개 또는 4개의 독특한 광학 성분을 이용한다. 추가 성분은 도2d에서 L' 및 H'로 라벨이 붙여지며, 여기서 $n_H > n_{H'} > n_L > n_{L'}$ 이다. 그러나, 몇몇 실시예에서, n_H 는 $n_{H'}$ 와 동일할 수 있고, 몇몇 다른 실시예에서 n_L 은 $n_{L'}$ 와 동일할 수 있다. (다른 라벨링 규칙이 물론 가능하며, 예컨대 $n_A > n_D > n_C > n_B$ 인 재료 A B C D이다. 그 경우, A = H, D = H', C = L', B = L이다.) 도2b 및 도2c의 구성과 대조적으로, 고차원 반사 밴드를 억제하도록 요구되는 층의 광학 두께는 단일의 고정 순서가 아니며, 오히려 3개 또는 4개의 광학 재료의 굴절률의 함수이다. 또한, 제3 (그리고 존재한다면 제4) 광학 성분 재료에 의해 제공된 추가적인 자유도(들)은 상기 방정식 (1)에 의해 제공된 재료들 사이의 굴절률 관계에 더 큰 유연성을 허용한다.

[0028] 스택(108)(도2d)의 다층 구성은 광학 필름 설계자에게 고차 억제가 가능한 무한한 세트의 설계를 제공하며, 무한한 세트는 도2b의 구성과 도2c의 구성의 한계들 사이에서 설계 간극에 걸쳐 있다. 일 한계에서, 성분 L'는 L이 되고 성분 H'는 H가 되어, $n_{L'} = n_L$ 이고 $n_{H'} = n_H$ 이고, 구성은 도2b의 2개 성분 6개 층의 설계로 감소된다. 다른 한계에서, $n_{L'} = n_{H'}$ 가 되도록 L'와 H'가 서로 구별할 수 없게 되고, 구성은 도2c의 3개 성분 4개 층의 구성으로 감소된다. 그러나, 중요하게는, 지금까지 공지되지 않았거나 또는 명백하지 않은 이들 한계들 사이의 무한한 세트의 유용한 스택 설계가 이용 가능하다.

[0029] 적어도 2차, 3차, 4차 반사에서 억제될 필요가 있는 광학 두께와 굴절률의 관계는 도3a 내지 도3c와 연계하여 논의된다. 이들 도면에서, 굴절률은 수직 축에 도시되고, 광학 반복 유닛 내의 변위 또는 위치(X)는 수평 축에 도시된다. 파라미터(X)는 광학 두께, 즉 물리적인 두께의 집합과 스택 내의 개별 층의 개별 굴절률의 곱으로 주어지고, 0과 2T의 한계 사이에서 도시되며, 2T는 광학 반복 유닛의 전체 광학 두께이다. 3개의 굴절률 함수(114, 116, 118)는 각각 다층 스택(104, 106, 108)에 대응한다. (하나의 광학 반복 유닛에 대응하는) 하나의 완전한 주기만이 각각의 경우에 도시되며, 반사 밴드를 넓히는 두께 구배가 있거나 또는 없이 전형적인 다층 필름에서 수십 내지 수백 차례 반복될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 함수(114, 116)는 편리함을 위해 X 축을 따라 이동되어 단위 셀의 중간점, 즉 X = T의 위치에 대해 역 대칭을 나타낸다. 또한, 이하의 논의를 용이하게 하기 위해 유닛 셀 내의 개별 층을 확인하도록 도2의 H, L, M, H', L' 라벨보다는 라벨 A, B, C[그리고 함수(114, 118)의 경우 D]가 도3a 내지 도3c의 각각의 함수 다음에 더해진다. 임의적으로, 비교적 고 굴절률의 비교적 두꺼운 층은 "A"로 라벨이 붙여지며, 비교적 저 굴절률의 비교적 두꺼운 층은 "B"로 라벨이 붙여지며, 다른 층들은 도시된 바와 같이 C와 D로 라벨이 붙여진다. 상이한 굴절률 함수에 대해 사용된 동일한 라벨들 사이에 특별한 관계가 의도되지 않다는 것을 알 것이다. 예컨대, 함수(116)에 대한 n_C 는 n_A 와 n_B 의 평균으로 도시되지만, 함수(118)에 대한 n_C 는 함수(118)에 대한 n_A 와 n_B 의 평균보다 작은 것으로 도시된다.

[0030] 함수(114)(도3a)는 2개의 독특한 굴절률(n_A, n_B)과 광학 반복 유닛 내의 6개의 독특한 층에 의해 정의되며, 2개의 두꺼운 층은 공통 광학 두께 $t_A = t_B = X_1$ 로 설정되고, 나머지 4개의 얇은 층은 공통 광학 두께 $(T - X_1)/2$ 로 설정된다. 점선(114a)은 n_A 와 n_B 의 평균을 나타낸다.

[0031] 함수(116)(도3b)는 3개의 특정 굴절률(n_A, n_B, n_C)과 4개의 특정 층(이들 중 하나가 광학 반복 유닛의 시작과 끝 사이에 분할된 것으로 도시됨)에 의해 정의되며, 여기서 A와 B 층은 공통 광학 두께 $t_A = t_B = X_2$ 로 설정되고, 2개의 C 층은 공통 광학 두께 $(T - X_2)$ 로 설정된다. 점선(116a)은 n_A 와 n_B 의 평균을 나타낸다.

[0032] 2개의 비교적 얇은 저 굴절률 C 층이 공칭적으로 동일하고 2개의 비교적 얇은 고 굴절률 D 층이 공칭적으로 동일하더라도, 함수(118)(도3c)는 4개의 특정 굴절률(n_A, n_B, n_C, n_D)과 6개의 특정 층에 의해 가장 일반화된 형태

로 정의된다. 이전과 같이, 점선(118a)은 n_A 와 n_B 의 평균을 나타낸다. CACDBD의 순서로 도시되더라도, 개별 층은 ACDBDC, CDBDCA, DBDCAC 등과 같은 다른 순환 순열로 배열될 수 있다.

[0033] 일반적으로, 이러한 함수에 대해, A 층의 광학 두께는 B 층과 상이할 수 있고, C 층은 D 층과는 상이한 광학 두께를 가질 수 있다. 그러나, A 및 B 층은 각각 C 및 D 층보다 광학적으로 두꺼우며, $n_A > n_B$ 이고 $n_D > n_C$ 이다. 특별한 경우, A와 B 층은 공통 광학 두께(X_3)로 설정될 수 있고, 나머지 C, D 층은 공통 광학 두께 $(T - X_3)/2$ 로 설정될 수 있다. 또한, 특별한 경우, n_A 가 n_D 와 동일할 수 있거나, 또는 n_D 가 n_B 와 동일할 수 있다. 다른 특별한 경우, n_A 와 n_B 의 평균은 n_C 와 n_D 의 평균과 동일할 수 있다.

[0034] 함수(114, 116)의 푸리에 분석은 필름 설계자에게 이미 공지된 관계를 확인한다. 이러한 분석은 도시된 함수의 무한한 반복을 가정하지만 유한하나 많은 수의 반복에 대한 근사치로도 가능하다. 분석은 각각의 함수 $f(X)$ 를 굴절률 파형으로 취급하며 파형의 푸리에 계수(a_n, b_n)를 계산한다.

[0035]
$$f(X) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cos\left(\frac{2\pi nX}{\Lambda}\right) + \sum_{n=0}^{\infty} b_n \sin\left(\frac{2\pi nX}{\Lambda}\right)$$
 방정식 (3)

[0036] 여기서,

[0037]
$$a_n = \frac{\int_0^{\Lambda} f(X) \cos\left(\frac{2\pi nX}{\Lambda}\right) dX}{\int_0^{\Lambda} dX}$$
 방정식 (4)

[0038] 이고,

[0039]
$$b_n = \frac{\int_0^{\Lambda} f(X) \sin\left(\frac{2\pi nX}{\Lambda}\right) dX}{\int_0^{\Lambda} dX}$$
 방정식 (5)

[0040] 기호 Λ 는 광학 반복 길이를 나타내며, 이는 도3에 도시된 $2T$ 로 설정된다. 일반적으로, 굴절률 함수의 푸리에 시리즈는 사인과 코사인으로 구성된다.

[0041] 여기에서의 분석에 대해, 주어진 차수의 푸리에 계수가 0이면, 약 1% 이하의 정확도 내에서 그 차수의 반사력도 0이라는 것을 실현하기에 충분하다. 이하와 같이 정의된 단일 푸리에 계수 c_n 을 사용하여

[0042]
$$c_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$
 방정식 (6)

[0043] 2차 반사를 억제하기 위한 조건은 $c_2 = 0$ 으로 감소되고, 3차 반사를 억제하기 위한 조건은 $c_3 = 0$ 로 감소된다.

[0044] 푸리에 계수의 계산을 간단하게 하고 비교의 목적을 위해, 각각의 경우 가장 높은 굴절률 n_H 는 1로 설정될 수 있고, 가장 낮은 굴절률 n_L 은 -1로 설정될 수 있다. 이러한 방식으로, 모든 반사력은 단위 크기의 제곱 굴절률 파형, 즉 표준 1/4 파 스택에 대해 판단될 수 있다. 또한, 주기 $2T$ 는 임의로 $T = 1$ 로 설정함으로써 2로 설정될 수 있다. 이러한 분석을 사용하면, 함수(114)(도3a)는 모든 짝수 차 푸리에 계수에 대해 0의 값을 갖는다($c_2 = c_4 = c_6 = \dots = 0$). 그러나, 함수(114)는 $X_1 = t_A = t_B$ 일 때 3차 푸리에 계수에 대해 이하의 값을 갖는다.

[0045]
$$c_3 = -\frac{4\left(1 + 2\sin\left(\frac{3X_1\pi}{2}\right)\right)}{3\pi}$$
 방정식 (7)

[0046] 여기서,

[0047] $\sin\left(\frac{3X_1\pi}{2}\right) = -0.5$ 방정식 (8)

[0048] 일 때만 $c_3 = 0$ 이다.

[0049] 도3a에 $0 < X_1 < 1$ 이라는 추가적인 구속을 하지 않는다면, 무한한 수의 해가 존재한다. 그러한 구속은 단일 해를 산출한다.

[0050] $\frac{3\pi X_1}{2} = \pi - \arcsin(-1/2)$ 방정식 (9)

[0051] 또는

[0052] $X_1 = \frac{7}{9}$ 방정식 (10)

[0053] 이는 종래 기술의 711711 반복 구조의 두꺼운 층을 형성하고 나머지 얇은 층은 1/9의 상대 광학 두께를 갖는다. 상기 분석은 711711 종래 기술의 다층 구조가 2차, 3차 또는 4차 반사 밴드를 나타내지 않고 (고차의 짝수 차 반사 밴드가 없을) 것이라는 것을 확인한다.

[0054] 함수(116)에 대해, 푸리에 분석이 가능한 1차 근사치에서, 굴절률 n_c 는 n_A 와 n_B 의 수치 평균으로 설정된다[즉, $n_c = (n_A + n_B)/2$]. 이는 미국 특허 제5,103,337호(슈링크 등)에 개시된 기하 평균[즉, $n_c = \text{sqrt}(n_A \cdot n_B)$] 관계와는 상이하다. 그러나, $n_A = 1.75$ 이고 $n_B = 1.50$ 인 폴리머 재료에 대한 매우 전형적인 경우 근사치는 0.3 %로 정확하거나 또는 n_c 의 에러가 0.0048이다. 푸리에 분석에 의해 예측된 다양한 고차 피크의 상대 반사력도 동일한 정도로 정확하다.

[0055] 또한, 함수(114)와 유사한 함수(116)의 푸리에 분석은 함수(116)의 대칭성의 결과로서 모든 짝수 차 푸리에 계수에 대해 0의 값을 산출한다($c_2 = c_4 = c_6 = \dots = 0$). 3차 푸리에 계수 c_3 도 0인 것이 요구된다면, 광학 두께 $X_2 (= t_A = t_B)$ 는 종래 기술의 익숙한 1/3, 1/6, 1/3, 1/6 반복 구조를 산출하는 이하의 관계를 만족하여야 한다.

[0056] $\frac{3\pi X_2}{2} = \pi$ 방정식 (11)

[0057] 또는

[0058] $X_2 = \frac{2}{3}$ 방정식 (12)

[0059] 따라서, 푸리에 분석은 HMLM 종래 기술의 다층 구조가 2차, 3차 또는 4차 반사 밴드를 나타내지 않고 (또한 고차의 짝수 차 반사 밴드가 없을) 것이라는 것을 확인한다.

[0060] 이제 도3c의 함수(118)를 참조하면, 이러한 함수에 대응하는 일반화된 6개 층의 스택이 만들어질 수 있고, 필요하다면 λ_0 에서 1차 광이 반사되면서 2차, 3차, 4차 등의 3개의 연속적인 고차 반사가 억제되도록 설계될 수 있다는 것을 알 것이다. 상이한 층 유형 A, B, C, D의 물리적인 두께 및/또는 굴절률 등의 함수(118)를 정의하는 다양한 파라미터는 전형적으로 선택 또는 조절될 수 있다. 함수(118)에 대해 일반적으로 전술된 구속 내에서 이러한 조절성에 의해 제공되는 자유도와, 광학 반복 유닛이 반사되는 설계 파장(λ_0)의 절반의 광학 두께를 갖는 조건은 연속적인 고차 반사를 억제하는데 사용될 수 있다. 이는 함수(118)를 정의하는 파라미터에 대한 일 세트의 초기 조건으로 시작하여, 광학 파장(λ_0)과 $\lambda_0/2$, $\lambda_0/3$, $\lambda_0/4$ 등의 3개의 연속적인 고차에서 대응 광학 반복 유닛의 반사도를 계산하고, 이러한 고차 반사가 의도된 적용예에 대해 충분히 작은 경우(예컨대, 이러한 적용예의 목적을 위해 0) 일 세트의 파라미터 값을 발견하도록 파라미터를 조직적으로 조절함으로써 달성될 수 있다. 또한, 3개의 연속적인 고차 반사의 억제는 3개의 연속 푸리에 계수 c_n (상기 방정식 3 내지 5와 함께 방정식 6 참조)을 0으로 하는 함수(118)에 대해 일 세트의 파라미터 값을 발견함으로써 달성될 수 있다.

[0061] 일반화된 굴절률 함수(118)의 특별한 경우가 굴절률 함수(120)로서 도4a에 도시된다. 여기서 다시, 개별 층은

CACDBD의 순환 순열로 배열되며, 층 A 및 B 각각은 C 및 D 층보다 큰 광학 두께를 가지며, $n_A > n_B$ 이고 $n_D > n_C$ 이다. 또한, 함수(120)에서, 이하의 추가 조건이 만족된다.

[0062] $n_A + n_B = n_C + n_D$ 방정식 (13)

[0063] $t_A = t_B = X_3$ 방정식 (14)

[0064] $t_C = t_D = (T - X_3)/2$ 방정식 (15)

[0065] 즉, [도4a의 선(120a)으로 도시된] A 및 B 층의 평균 굴절률은 C 및 D 층의 평균 굴절률과 동일하며, A 층의 광학 두께는 B 층과 동일하며, 또한 C 및 D 층의 광학 두께는 서로 동일하다. 편리함을 위해, $T = 1$ 이 되도록 광학 두께를 표준화하고, 굴절률 n_C 및 n_D 가 평균 굴절률보다 얼마나 다른지의 척도로서 표준화된 파라미터(δ)를 정의한다.

[0066]
$$\delta = \frac{2n_D - (n_A + n_B)}{n_A - n_B} = \frac{(n_A + n_B) - 2n_C}{n_A - n_B}$$
 방정식 (16)

[0067] 따라서, n_D 가 n_A 에 접근하고 (n_C 가 n_B 에 접근함에 따라), δ 는 1로 접근한다. 한편, n_D 와 n_C 가 서로 접근하고 [평균 굴절률(120a)에 접근함에 따라], δ 는 0에 접근한다.

[0068] 상기 조건은 광학 두께 위치 $X = T$ 에 대해 그리고 평균 굴절률에 대해 함수(120)에 대칭성을 부과한다. 이러한 대칭성으로 인해, 상기 방정식 (3)으로부터 함수(120)에 대한 모든 짝수 차 푸리에 계수는 0이다($c_2 = c_4 = c_6 = \dots = 0$). 함수(120)에 대한 3차 계수(c_3)가 0인 것이 요구되면, 이하의 관계를 얻는다.

[0069]
$$\frac{3\pi X_3}{2} = \pi - \arcsin\left(\frac{-\delta}{1+\delta}\right)$$
 방정식 (17)

[0070] $\delta = 1$ 인 한계에서, 4개 성분 시스템은 $n_D = n_A$ 이고 $n_C = n_B$ 인 2개 성분 시스템으로 되고, 방정식 (17)은 익숙한 711711 다층 구성을 산출하는 방정식 (9)으로 감소된다. $\delta = 0$ 인 대향 극단에서, 4개 성분 시스템은 $n_D = n_C = n_A$ 인 3개 성분 시스템으로 되고, 방정식 (17)은 익숙한 HMLM 다층 구성을 산출하는 방정식 (11)로 감소된다.

[0071] 그러나, $0 < \delta < 1$ 인 이들 한계 사이에서, 2차, 3차 또는 4차 반사 밴드와 고차의 짝수 차 반사 밴드가 없으며 (광학 반복 유닛 당 6개의 광학 층을 갖는) 4개 성분 다층 스택의 전체 계열이 이용 가능하다.

[0072] 이제 도4b를 참조하면, 도3c의 더욱 일반적인 과형(118)의 다른 특별한 경우를 나타내는 다른 굴절률 함수(122)가 있다. 점선(122a)은 굴절률(n_A , n_B)의 평균을 나타낸다. 이전과 같이, 함수(122)와 연관된 개별 층은 CACDBD의 순환 순열로 배열되고, 층 A 및 B 각각은 C 및 D 층보다 큰 광학 두께를 가지며, $n_A > n_B$ 이고 $n_D > n_C$ 이다. 또한, 함수(122)에서, 이하의 추가 조건이 만족된다.

[0073] $n_B = n_C$ 방정식 (18)

[0074] $n_A \neq n_D$ 방정식 (19)

[0075] 즉, 얇은 저 굴절률 층은 두꺼운 저 굴절률 층과 동일한 굴절률을 갖는다. 이는 B 및 C 층의 형성시 동일한 광학 재료를 사용하기 때문이며, 이 경우 광학 반복 유닛은 A층에 대한 하나, B 및 C 층에 대한 다른 하나, 및 D 층에 대한 또 다른 하나인 3개의 독특한 광학 재료를 필수적으로 포함할 수 있다. ($n_A = n_D$ 이고 $n_B \neq n_C$ 이고, 하나의 광학 재료가 A 및 D 층에 사용되고, 다른 광학 재료가 B 층에 사용되고, 또 다른 광학 재료가 C 층에 사용되는 경우 유사한 상황이 발생할 수 있다.) 이와 관련하여, 이러한 구성의 두껍고 얇은 층들 사이의 형태 차이가 설계 과정에서 동일하지 않은 굴절률을 야기한다면, 동일한 화학 성분의 2개의 광학 재료가 구별될 수 있다. 무기 재료의 기상 증착 중에 또는 다층 폴리머 필름의 신장 중에 이러한 형태 차이가 발생할 수 있다.

[0076] 정의된 바와 같이 굴절률 함수(122)는 굴절률 함수(120)에 대해 전술된 종류의 대칭성이 부족하다. 그럼에도 불구하고, 푸리에 계수 c_n (상기 방정식 6)에 대한 일반적인 방정식은 굴절률 함수(122)에 대해 이하와 같이 도

시될 수 있다.

$$c_n = -\frac{2[\sin(n\pi) - 2\sin(n\pi_A/2) + (1+h)\{\sin(n\pi(t_C + 0.5*t_A)) - \sin(n\pi(t_D + t_C + 0.5*t_A))\}]}{n\pi}$$

(20)

방정식

여기서, 파라미터 h는

$$h = \frac{2n_D - (n_A + n_B)}{n_A - n_B}$$

방정식 (21)

여기서, 두꺼운 저 굴절률의 B 층의 광학 두께는 다른 광학 두께로부터 계산된다.

$$t_B = 2T - t_A - 2t_C - 2t_D$$

방정식 (22)

여기서, 광학 두께(t_A, t_B, t_C, t_D)는 $T = 1$ 이 되도록 기준화 또는 표준화된다. 대칭성이 부족함에도 불구하고, 주어진 값 h에 대해, 비대칭성이 일반적으로 무한한 수의 고차의 짝수 차 반사가 억제되지 않게 하더라도 3개의 독립 파라미터 (t_A, t_C, t_D)가 2차, 3차, 4차 등의 3개의 고차 반사가 동시에 0이 되도록 조절될 수 있다.

함수(122)에 의해 예시된 비대칭 유형의 특정 예에서, h는 0.5로 선택된다. 일 세트의 초기 파라미터(t_A, t_B, t_C, t_D)가 선택된 다음, 2차, 3차, 4차 푸리에 계수가 모두 0인 값을 발견하도록 이들 파라미터 중 3개가 조직적으로 조절된다. 생성된 표준화 광학 두께 값은

$$t_A = 0.7684$$

$$t_B = 0.7436$$

$$t_C = 0.0895$$

$$t_D = 0.1545$$

이고, 또한 이들은 2차, 3차, 4차에서 계산된 반사도가 0인 스택을 생성한다.

함수(122)에 의해 예시된 비대칭 유형의 다른 특정 예에서, h는 0.3으로 선택된다. 일 세트의 초기 파라미터 (t_A, t_B, t_C, t_D)가 선택된 다음, 2차, 3차, 4차 푸리에 계수가 모두 0인 값을 발견하도록 이들 파라미터 중 3개가 조직적으로 조절된다. 생성된 표준화 광학 두께 값은

$$t_A = 0.7594$$

$$t_B = 0.7214$$

$$t_C = 0.0739$$

$$t_D = 0.1857$$

이고, 또한 이들은 2차, 3차, 4차에서 계산된 반사도가 0인 스택을 생성한다. 물론, 이러한 예와 h = 0.5인 상기 예는 광학 반복 유닛 내의 개별 층에 대해 실제 광학 두께 값에 도달하도록 4개의 계산된 표준화 두께 값에 대해 기준화 인자를 간단히 적용함으로써 임의의 요구되는 대상 파장(λ_0)에 용이하게 적용 가능하다.

진술된 바와 같이, 도2d에 일반적으로 도시된 6개 층의 반복 구조 내의 두께 및 굴절률은 3개의 연속 고차 고조파를 동시에 억제하도록 선택될 수 있다. 그러나, 분산으로 인해, 고차 파장 각각에서의 굴절률은 설계 파장 (λ_0)에서의 값과는 상이할 수 있어, 모든 3개의 차수를 동시에 정확하게 억제하기가 곤란하다. 그럼에도 불구하고, 반복 구조 내의 6개의 층은 모든 3개의 차수를 적절하게 억제하도록 조절될 수 있다. 3개의 차수의 상대적인 억제는 계층 상세 사항에 의존할 수 있다.

본 명세서에 설명된 다층 스택은 진공 환경 내에서 유리 또는 다른 기판 상에 순차적으로 증착되는 종래의 무기 재료로 구성될 수 있다. 그러나, 이러한 무기 재료의 예는 TiO_2, SiO_2 및 그 혼합물을 포함하지만 이것으로 제

한되지 않는다. 또한, 본 분야의 당업자에게 공지된 무기 진공 증착의 다른 재료가 적절하다. 이와 달리, 본 명세서에 설명된 다층 스택은 폴리머 등의 유기 재료로 구성될 수 있다. 통상적인 예는 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN), co-PEN, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), co-PET, 폴리메틸 메트아크릴레이트(PMMA) 및 신디오택틱 폴리스티렌(sPS)을 포함한다. 이러한 폴리머 다층 스택에 대한 공지된 제조 기술은 미국 특허 제6,783,349호[네아빈(Neavin) 등]에 설명된 바와 같은 다층 피드블록 내의 폴리머의 공압출이다. 공압출된 필름은 단축 또는 이축으로 신장되어, 하나 이상의 직교 방향에서 하나 이상의 폴리머 층의 두께 및/또는 굴절률을 변형할 수 있다. 비스듬한 입사 각에서 p-편광의 요구되는 반사도를 달성하도록 평면의 굴절률(z-굴절률)을 선택하는 내용을 포함하는 미국 특허 제5,882,774호[존자(Jonza) 등]가 참조된다. 이는 사실상 정합되거나 또는 이러한 광학 층들 사이의 평면 내 굴절률 차이인 0.5 또는 0.25 이하의 양만큼 상이하도록 인접 광학 층의 z-축 굴절률을 선택하거나, 또는 평면내 축을 따른 굴절률 차이에 대해 부호가 반대인 z-축 굴절률을 선택하는 기술을 포함한다. 본 명세서에 개시된 다층 설계 고려 요건은 반사 다층 편광기를 갖는 등의 하나의 평면내 방향에서만 필름에 적용 가능하거나 또는 2개의 직교하는 평면내 방향에서 필름에 적용 가능하다. 또한, 다층 설계 고려 요건은 광학 층이 등방성 굴절률을 갖는 광학 재료로 전체적으로 구성되는 폴리머이거나 아닌 다층 필름에 적용 가능하다.

[0097] 도2 내지 도4에 도시된 바와 같은 층들 사이의 날카로운 경계가 항상 달성 가능하거나 또는 필수적으로 바람직한 것은 아니다. 날카로운 경계가 유지되는 것이 중요하게 여겨지지 않는다. 또한, 둥근 직사각형 과 프로파일은 요구되는 1차 반사를 생성하고 고차 반사 밴드를 억제한다. 이와 관련하여, 독특한 제3 광학 층을 생성하는 2개의 독특한 재료들 사이의 상호 확산이 발생할 수 있다. 광학적으로, 혼합된 층은 상이한 굴절률을 갖는 다면 성분들 중 어떤 것과 상이한 재료처럼 거동한다. 따라서, 개시된 실시예에 도시된 하나 이상의 독특한 광학 층은 인접한 광학 층으로부터 재료의 혼합 또는 상호 확산을 포함할 수 있다.

[0098] 모든 광학 반복 유닛 또는 사실상 모든 광학 반복 유닛이 도2d, 도3c, 도4a 또는 도4b에 도시된 유형 중 하나와 같은 일 유형인 다층 필름이 제조될 수 있다. 이와 달리, 다층 필름은 이러한 광학 반복 유닛 유형 중 2개 이상을 포함할 수 있다. 또한, 도2a, 도2b 또는 도2c에 도시된 바와 같은 하나 이상의 종래의 광학 반복 유닛 유형과 함께, 도2d, 도3c, 도4a 또는 도4b에 도시된 하나 이상의 광학 반복 유닛 유형을 포함하는 하이브리드 필름이 제조될 수 있다. 동일한 유형의 광학 반복 유닛은 패킷으로 그룹화 될 수 있고, 상이한 패킷은 보호 경계 층 또는 다른 광학적으로 두꺼운 투명 재료에 의해 분리될 수 있다.

[0099] 본 출원 전체에 걸쳐, 수학 방정식이 제공된다. 또한, 이러한 방정식은 등호 좌측의 양이 등호 우측의 양과 정확하게 동일하지 않은 관계를 포함하는 것으로 의도되지만, 본 명세서에 개시된 바에 따라 요구되는 최종 결과를 달성하기에 충분히 가깝다.

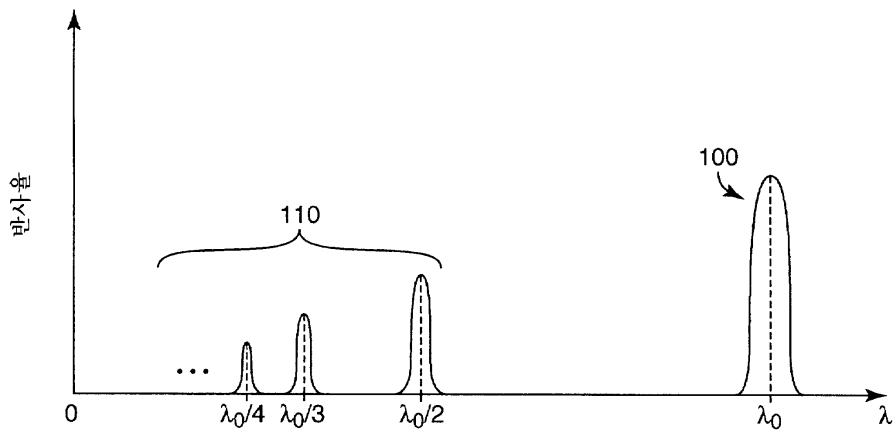
[0100] 본 발명이 바람직한 실시예를 참조하여 설명되더라도, 본 분야의 당업자는 형태 및 상세사항이 변경될 수 있다는 것을 알 것이며, 본 발명의 범위는 균등물의 원칙하에서 제공된 보호 범위를 포함하는 첨부된 완전한 청구의 범위에 의해서만 제한된다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 명세서에 걸쳐 첨부 도면이 참조된다.
- [0021] 도1은 일반화된 다층 스택에 의해 생성된 반사 밴드를 도시하고 동반된 고원 반사 밴드를 도시하는 간단화되고 이상화된 반사율 대 파장의 그래프이다.
- [0022] 도2a 내지 도c는 다층 광학 필름 내에 사용된 종래 기술의 몇몇 광학 반복 유닛의 부분 단면도이다.
- [0023] 도2d는 본 명세서에 설명된 바와 같은 광학 반복 유닛의 부분 단면도이다.
- [0024] 도3a 내지 도3c는 굴절률 대 광학 반복 유닛의 두께 축을 따른 위치의 그래프이다.
- [0025] 도4a 및 도4b는 굴절률 함수의 추가적인 그래프를 도시하며, 이들 함수는 도3c에 도시된 더욱 일반적인 굴절률 함수의 특별한 경우이다.

도면

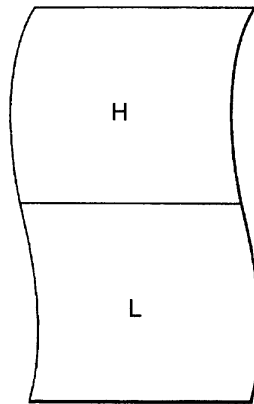
도면1



도면2a

(중래 기술)

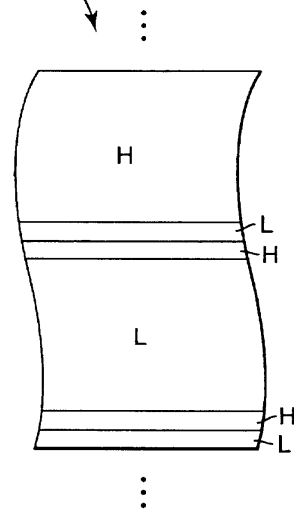
102 ↘
⋮



도면2b

(종래 기술)

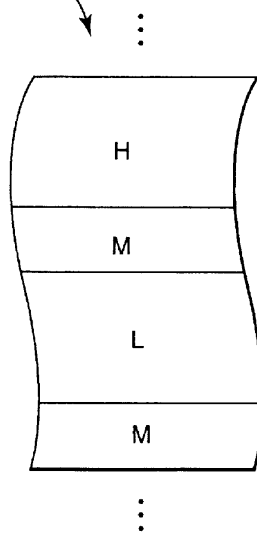
104



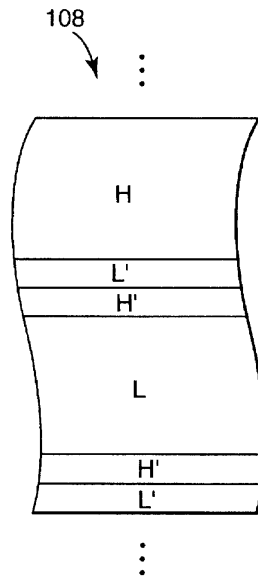
도면2c

(종래 기술)

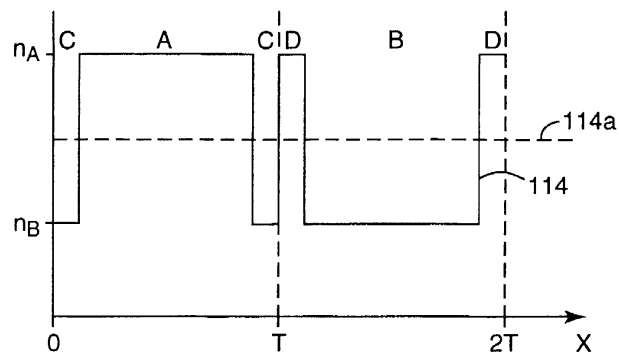
106



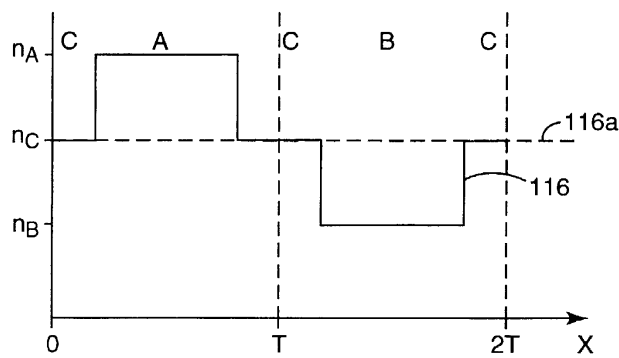
도면2d



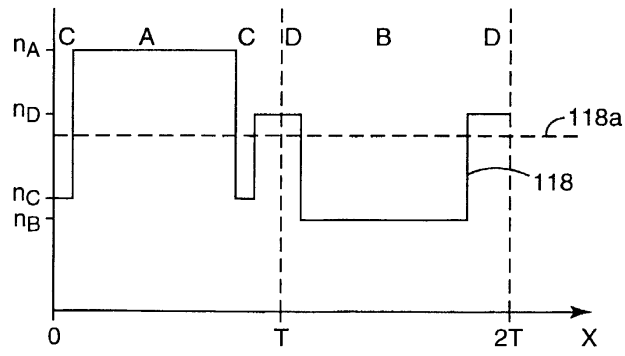
도면3a



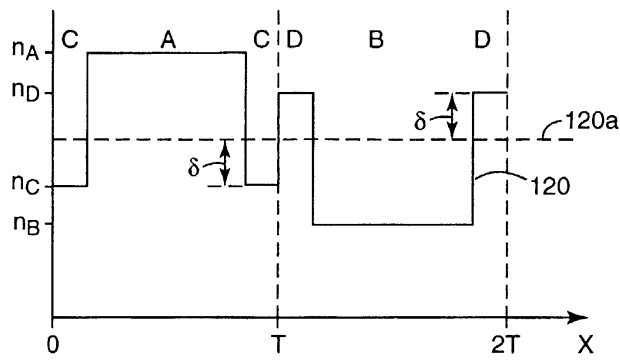
도면3b



도면3c



도면4a



도면4b

