



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0028745  
(43) 공개일자 2020년03월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G02B 1/11 (2015.01)

(52) CPC특허분류

G02B 1/11 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0107281

(22) 출원일자 2018년09월07일

심사청구일자 2018년09월07일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

박규환

서울특별시 강남구 학동로68길 30, 102동 804호(삼성동, 삼성동중앙하이츠빌리지)

임구

서울특별시 서초구 신반포로45길 71, 101동 402호(잠원동, 잠원동월드메르디앙)

강지훈

서울특별시 중랑구 망우로72길 55-10, 2층(망우동)

(74) 대리인

김연권

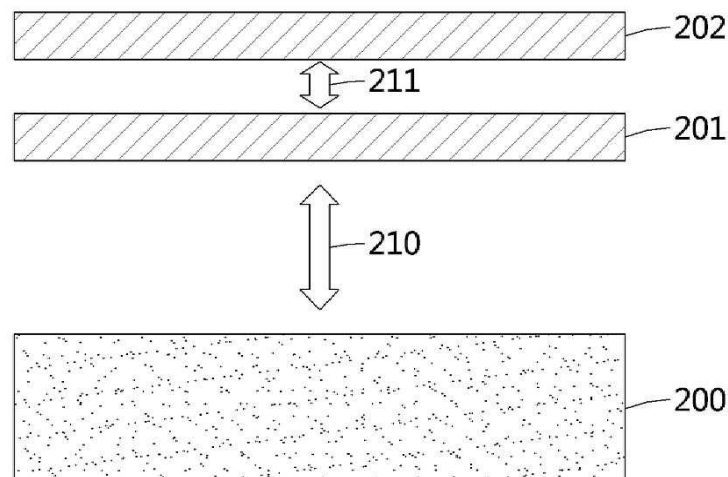
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 무반사막 및 그 형성 방법

(57) 요약

본 발명은 무반사막 및 그 형성 방법을 개시한다. 본 발명의 일실시예에 따르면 무반사막은 기판과 제1 거리만큼 이격하여 상기 기판상에 위치하는 제1 층 및 상기 제1 층과 제2 거리만큼 이격하여 상기 제1 층상에 위치하는 제2 층을 포함하고, 상기 제1 층과 상기 제2 층은 구조적 이중층(structural double layer)을 형성하는 메타물질(metamaterial)이고, 상기 입사된 빛의 흡수가 없는 이상 분산 매질(anomalous dispersive material)로서 구현되고, 상기 구조적 이중층(structural double layer)은 입사된 빛의 전자기파 반응의 비국소성을 활용하여 입사각에 따라 변하는 시공간분산을 구현할 수 있다.

대표도 - 도2a



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기관과 제1 거리만큼 이격하여 상기 기관 상에 위치하는 제1 층; 및  
 상기 제1 층과 제2 거리만큼 이격하여 상기 제1 층상에 위치하는 제2 층을 포함하고,  
 상기 제1 층과 상기 제2 층은 구조적 이중층(structural double layer)을 형성하는 메타물질(metamaterial)이고, 입사된 빛의 흡수가 없는 이상 분산 매질(anomalous dispersive material)로서 구현되고,  
 상기 구조적 이중층(structural double layer)은 상기 입사된 빛의 전자기파 반응의 비국소성을 활용하여 입사각에 따라 변하는 시공간분산을 구현하는  
 무반사막.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
 상기 구조적 이중층(structural double layer)은 광의 주파수, 입사각 또는 편광 방향 중 적어도 어느 하나와 무관하게 광학적 또는 전자기적 물성이 다른 두 물질 사이에서 상기 입사된 빛의 반사를 차단하는  
 무반사막.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,  
 상기 구조적 이중층(structural double layer)은 상기 서로 다른 두 물질 사이에서의 임피던스 정합(impedance matching)을 구현하는  
 무반사막.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,  
 상기 기관은 고 굴절률 유리 기관 또는 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene, HDPE) 기관 중 어느 하나를 포함하는  
 무반사막.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,  
 상기 기관이 상기 고 굴절률 유리 기관 또는 상기 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene, HDPE) 기관 중 어느 하나일 경우, 상기 제1 층과 상기 제2 층 각각은 복수의 단위셀을 포함하는  
 무반사막.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 복수의 단위셀의 하부는 평평하고, 상부는 미리 설정된 경사각을 형성하는 무반사막.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 구조적 이중층(structural double layer)은 상기 제1 층과 상기 제2 층 사이에 파장 크기보다 작은 크기의 공간을 통해 시공간분산을 가지는 메타물질로서 구현되는

무반사막.

#### 청구항 8

제4항에 있어서,

상기 기판이 상기 고 굴절률 유리 기판일 경우, 상기 제1 층과 상기 제2 층은 산화탄탈륨( $Ta_2O_5$ )를 이용하여 형성되고, 상기 제1 거리와 상기 제2 거리는 다공성 물질(porous material)에 의해 형성되는

무반사막.

#### 청구항 9

제8항에 있어서,

상기 기판이 상기 고 굴절률 유리 기판일 경우, 상기 제1 층과 상기 제2 층의 두께는 1:5의 비율로 구현되고, 상기 제2 거리는 상기 제1 거리의 3.5배로 구현되는

무반사막.

#### 청구항 10

제4항에 있어서,

상기 기판이 상기 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene, HDPE) 기판일 경우, 상기 제1 층과 상기 제2 층은 상기 기판과 동일한 물질을 이용하여 형성되고, 상기 제1 거리와 상기 제2 거리는 스티로폼 (Styrofoam)에 의해 형성되는

무반사막.

#### 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 기판이 상기 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene, HDPE) 기판일 경우, 상기 제2 거리는 상기 제1 거리의 2배로 구현되는

무반사막.

## 청구항 12

기관과 제1 거리만큼 이격하여 상기 기관 상에 위치하는 제1 층을 형성하는 단계; 및

상기 제1 층과 제2 거리만큼 이격하여 상기 제1 층상에 위치하는 제2 층을 형성하는 단계를 포함하고,

상기 제1 층과 상기 제2 층은 구조적 이중층(structural double layer)을 형성하는 메타물질(metamaterial)이고, 입사된 빛의 흡수가 없는 이상 분산 매질(anomalous dispersive material)로서 구현되고,

상기 구조적 이중층(structural double layer)은 상기 입사된 빛의 전자기파 반응의 비국소성을 활용하여 입사각에 따라 변하는 시공간분산을 구현하는

무반사막의 형성 방법.

## 청구항 13

제12항에 있어서,

상기 구조적 이중층(structural double layer)은 광의 주파수, 입사각 또는 편광 방향 중 적어도 어느 하나와 무관하게 광학적 또는 전자기적 물성이 다른 두 물질 사이에서 상기 입사된 빛의 반사를 차단하고, 상기 서로 다른 두 물질 사이에서의 임피던스 정합(impedance matching)을 구현하는

무반사막의 형성 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 광학적, 전자기적 물성이 다른 두 물질 사이에서의 반사를 방지하는 무반사막과 관련된 기술적 사상에 관한 것으로, 구체적으로, 전자기파 반응의 비국소성을 활용하여 입사각에 따라 변하는 시공간분산(spatiotemporal dispersion)을 구현하고, 입사각과 주파수의 변화와 무관하게 서로 다른 두 물질 사이에서의 임피던스 정합(impedance matching)을 이루는 무반사막 및 그 형성방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0003] 일반적으로, 빛 혹은 전자기파는 광학적, 전자기적 특성이 다른 두 물질 사이의 경계를 투과하여 진행할 경우, 임피던스 혹은 어드미턴스 부정합으로 인해 부분적으로 또는 완전히 반사될 수 있다.

[0004] 빛이 반사될 경우 에너지 손실이 다양한 광학, 전자기 장치 및 장비에서의 장치의 성능 및 효율이 저감될 수 있다.

[0005] 이러한 성능 감소를 방지하기 위해 반사를 제어하는 무반사 기술은 지속적으로 개발되고 있다.

[0006] 대표적인 무반사 기술은 1/4-파장 무반사막(Quarter-wave Anti-Reflection coating), 다중층 무반사막(multi-layer coating anti-reflection), 비균질 무반사막(inhomogeneous anti-reflection coating), 그리고 메타물질(metamaterial)을 활용한 무반사막을 활용하는 기술들이 존재한다.

[0007] 1/4-파장 무반사막은 가장 간단한 구조로 무반사막 기능을 수행할 수 있다.

[0008] 그러나, 빛이 수직으로 계면에 도달할 때 단색(monochromatic) 빛 또는 전자기파에서만 무반사 성능을 보이므로, 그 활용이 제한될 수 있다.

[0009] 따라서, 단색 빛에만 작동하는 단점을 해결하기 위해 다중층 무반사막, 비균질 무반사막, 그리고 분산 임피던스 매칭 무반사막이 제시되고 있는 실정이다.

[0010] 다중층 무반사막에 이어 많은 기술적인 진보를 이룬 비균질 무반사의 한 종류인 나방눈 구조 무반사(moth-eye anti-reflection)까지 무반사 파장 스펙트럼(spectrum)의 제한을 해소하고자 하는 노력이 지속되고 있다.

- [0011] 그러나, 다중층 무반사막은 무반사막의 두께가 과장대비 두꺼워지는 단점이 있다.
- [0012] 이를 해결하기 위한 선행연구로(10-2012-0105320) 분산 임피던스 매칭 무반사막(dispersive impedance matching anti-reflection coating)등 메타물질질을 활용하여 두께가 과장대비 얇은 무반사막을 설계하는 연구가 진행되어 왔다.
- [0013] 그러나, 상술한 기술들은 스펙트럼의 한계를 극복하기 위해 개발된 기술이지만, 모두 빛이 두 매질사이의 경계면에 수직으로 입사할 경우, 특정 입사각에 대해서만 제한되는 단점이 존재한다.
- [0014] 한편, 입사각에 무관하여 빛의 반사를 차단하기 위해선 입사각에 따라 달라지는 임피던스가 요구된다.
- [0015] 즉, 임피던스가 전자기파에 대해 매질의 반응이 공간적으로 비국소적으로 이루어져야하고, 이러한 공간적인 비국소성을 활용한 공간분산(spatial dispersion)이 요구된다.
- [0016] 매질의 임피던스는 주파수에 따라 달라지는데, 이를 시간분산(temporal dispersion)이라고 지칭한다.
- [0017] 시공간분산(spatiotemporal dispersion)이 있는 물질은 특정 각도에 따라 빛이 물질을 다르게 볼 수 있게 되고, 두 개의 매질 층에 공간을 줌으로써 이러한 시공간분산을 구현할 수 있으며, 그 매질 층에 구조를 줌으로써 빛을 더 잘 투과시킬 수 있는 분산을 갖는 구조가 설계 가능하다.
- [0018] 일반적으로, 메타물질은 매질에 빛의 과장 크기보다 작은 구조를 줌으로써 원래 매질의 광반응 특성이 아닌 새로운 광반응 특성을 나타낼 수 있다. 이러한 광반응을 기술하는 변수를 유효 매질 변수(effective material parameter)라고 지칭한다.
- [0019] 따라서, 메타물질로서 광주파수, 입사각, 편광 방향과 관계 없이 시공간분산을 수행하여 빛의 반사를 방지하는 무반사막을 이용하여 빛 또는 전자기파의 전달성을 향상시키는 기술이 제안될 필요성이 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0021] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1347629호, "무반사막, 및 무반사막 형성 방법"
- (특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1624489호, "공기와 표면플라즈마 공명기 사이의 임피던스를 정합시키기 위하여 메타물질에 기반한 무반사 코딩을 이용한 적외선 검출기"
- (특허문헌 0003) 일본등록특허 제6307328호, "메타 물질 광학 부재, 광감지 장치, 레이저 여기 광원 및 계측 장치"
- (특허문헌 0004) 미국등록특허 제6756932호, "Microwave absorbing material"

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0022] 본 발명은 광 주파수뿐만 아니라 빛의 입사각에 관계없이 빛 또는 전자기파의 반사를 차단하는 무반사막을 형성하는 것을 목적으로 할 수 있다.
- [0023] 본 발명은 태양전지 패널, 광학 렌즈, 각종 광소자에서 빛의 반사로 인한 에너지 손실을 줄이고, 에너지 전달성을 향상시키는 것을 목적으로 할 수 있다.
- [0024] 본 발명은 태양광의 입사각 변화와 관계없이 효율적으로 태양광을 수집하여 태양광 발전의 효율성을 향상시키는 것을 목적으로 할 수 있다.
- [0025] 본 발명은 다중층 무반사막과 같이 막의 두께가 과장대비 큰 무반사막에 대비하여 입사각에 의존적이지 않은 무반사막을 설계하여 무반사막이 요구되는 장비의 크기를 감소시키는 것을 목적으로 할 수 있다.
- [0026] 본 발명은 시공간분산을 두 개의 층을 활용하여 두께가 얇으면서도 입사되는 광의 입사각과 주파수에 관계없이,

서로 다른 굴절률을 가지는 두 매질 사이에서의 광반사를 완전히 차단하는 물질을 제공하는 것을 목적으로 할 수 있다.

[0027] 본 발명은 두 개의 매질 층에 구조를 줌으로써 빛이 입사각에 관계없이 임피던스 정합을 이루어 내어, 무반사막 설계에 대한 체계적인 방향성을 제시하는 것을 목적으로 할 수 있다.

[0028] 본 발명은 디스플레이의 보호 유리에서 발생하는 반사로 인한 에너지 손실을 줄여 에너지 효율적 측면을 향상시키는 것을 목적으로 할 수 있다.

### 과제의 해결 수단

[0030] 본 발명의 일실시예에 따르면 무반사막은 기판과 제1 거리만큼 이격하여 상기 기판상에 위치하는 제1 층 및 상기 제1 층과 제2 거리만큼 이격하여 상기 제1 층상에 위치하는 제2 층을 포함하고, 상기 제1 층과 상기 제2 층은 구조적 이중층(structural double layer)을 형성하는 메타물질(metamaterial)이고, 상기 입사된 빛의 흡수가 없는 이상 분산 매질(anomalous dispersive material)로서 구현되고, 상기 구조적 이중층(structural double layer)은 입사된 빛의 전자기파 반응의 비국소성을 활용하여 입사각에 따라 변하는 시공간분산을 구현할 수 있다.

[0031] 본 발명의 일실시예에 따르면 상기 구조적 이중층(structural double layer)은 광의 주파수, 입사각 또는 편광 방향 중 적어도 어느 하나와 무관하게 광학적 또는 전자기적 물성이 다른 두 물질 사이에서 상기 입사된 빛의 반사를 차단할 수 있다.

[0032] 본 발명의 일실시예에 따르면 상기 구조적 이중층(structural double layer)은 상기 서로 다른 두 물질 사이의 임피던스 정합(impedance matching)을 구현할 수 있다.

[0033] 본 발명의 일실시예에 따르면 상기 기판은 고 굴절률 유리 기판 또는 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene, HDPE) 기판 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0034] 본 발명의 일실시예에 따르면 상기 기판이 상기 고 굴절률 유리 기판 또는 상기 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene, HDPE) 기판 중 어느 하나일 경우, 상기 제1 층과 상기 제2 층 각각은 복수의 단위셀을 포함할 수 있다.

[0035] 본 발명의 일실시예에 따르면 상기 복수의 단위셀의 하부는 평평하고, 상부는 미리 설정된 경사각을 형성할 수 있다.

[0036] 본 발명의 일실시예에 따르면 상기 구조적 이중층(structural double layer)은 상기 제1 층과 상기 제2 층 사이에 과장 크기보다 작은 크기의 공간을 통해 시공간분산을 가지는 메타물질로서 구현될 수 있다.

[0037] 본 발명의 일실시예에 따르면 상기 기판이 상기 고 굴절률 유리 기판일 경우, 상기 제1 층과 상기 제2 층은 산화탄탈륨( $Ta_2O_5$ )을 이용하여 형성되고, 상기 제1 거리와 상기 제2 거리는 다공성 플루오린화 마그네슘(porous  $MgF_2$ )에 의해 형성될 수 있다.

[0038] 본 발명의 일실시예에 따르면 상기 기판이 상기 고 굴절률 유리 기판일 경우, 상기 제1 층과 상기 제2 층의 두께는 1:5의 비율로 구현되고, 상기 제2 거리는 상기 제1 거리의 3.5배로 구현될 수 있다.

[0039] 본 발명의 일실시예에 따르면 상기 기판이 상기 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene, HDPE) 기판일 경우, 상기 제1 층과 상기 제2 층은 상기 기판과 동일한 물질을 이용하여 형성되고, 상기 제1 거리와 상기 제2 거리는 스티로폼(Styrofoam)에 의해 형성될 수 있다.

[0040] 본 발명의 일실시예에 따르면 상기 기판이 상기 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene, HDPE) 기판일 경우, 상기 제2 거리는 상기 제1 거리의 2배로 구현될 수 있다.

[0041] 본 발명의 일실시예에 따르면 무반사막의 형성 방법은 기판과 제1 거리만큼 이격하여 상기 기판상에 위치하는 제1 층을 형성하는 단계 및 상기 제1 층과 제2 거리만큼 이격하여 상기 제1 층상에 위치하는 제2 층을 형성하는 단계를 포함하고, 상기 제1 층과 상기 제2 층은 구조적 이중층(structural double layer)을 형성하는 메타물질(metamaterial)이고, 상기 입사된 빛의 흡수가 없는 이상 분산 매질(anomalous dispersive material)로서 구현되고,

[0042] 상기 구조적 이중층(structural double layer)은 입사된 빛의 전자기파 반응의 비국소성을 활용하여 입사각에 따라 변하는 시공간분산을 구현할 수 있다.

### 발명의 효과

- [0044] 본 발명은 광 주파수뿐만 아니라 빛의 입사각에 관계없이 빛 또는 전자기파의 반사를 차단하는 무반사막을 형성할 수 있다.
- [0045] 본 발명은 태양전지 패널, 광학 렌즈, 각종 광소자에서 빛의 반사로 인한 에너지 손실을 줄이고, 에너지 전달성을 향상시킬 수 있다.
- [0046] 본 발명은 태양광의 입사각 변화와 관계없이 효율적으로 태양광을 수집하여 태양광 발전의 효율성을 향상시킬 수 있다.
- [0047] 본 발명은 다중층 무반사막과 같이 막의 두께가 파장대비 큰 무반사막에 대비하여 입사각에 의존적이지 않은 무반사막을 설계하여 무반사막이 요구되는 장비의 크기를 감소시킬 수 있다.
- [0048] 본 발명은 시간분산과 공간분산을 두 개의 층을 활용하여 두께가 얇으면서도 입사되는 광의 입사각과 주파수에 관계없이, 서로 다른 굴절률을 가지는 두 매질 사이에서의 광반사를 완전히 차단하는 물질을 제공할 수 있다.
- [0049] 본 발명은 두 개의 매질 층에 구조를 줌으로써 빛이 입사각에 관계없이 임피던스 정합을 이루어 내어, 무반사막 설계에 대한 체계적인 방향성을 제시할 수 있다.
- [0050] 본 발명은 디스플레이의 보호 유리에서 발생하는 반사로 인한 에너지 손실을 줄여 에너지 효율적 측면을 향상시킬 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0052] 도 1a 및 도 1b는 본 발명의 일실시예에 따른 시공간분산을 구현하는 물질과 기관의 상대 유전율과 상대 투자율을 설명하는 도면이다.
- 도 1c는 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막이 입사된 빛 반사를 방지하는 정도를 설명하는 도면이다.
- 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막의 형성 구조를 설명하는 도면이다.
- 도 2c는 본 발명의 일실시예에 따른 시공간분산과 관련된 그래프를 설명하는 도면이다.
- 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막이 고 굴절률 유리 기관 상에 형성되는 실시예를 설명하는 도면이다.
- 도 4a는 종래 기술에 따른 1/4-파장 무반사막의 반사율을 설명하는 도면이다.
- 도 4b는 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막의 반사율을 설명하는 도면이다.
- 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막이 고밀도 폴리에틸렌 기관 상에 형성되는 실시예를 설명하는 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막이 고밀도 폴리에틸렌 기관 상에 형성되는 무반사막의 반사율을 설명하는 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막 형성 방법과 관련된 흐름도를 설명하는 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0053] 이하, 본 문서의 다양한 실시 예들이 첨부된 도면을 참조하여 기재된다.
- [0054] 실시 예 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시 예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0055] 하기에 다양한 실시 예들을 설명에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 발명의 요지를

불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

- [0056] 그리고 후술되는 용어들은 다양한 실시 예들에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0057] 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.
- [0058] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다.
- [0059] 본 문서에서, "A 또는 B" 또는 "A 및/또는 B 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다.
- [0060] "제1," "제2," "첫째," 또는 "둘째," 등의 표현들은 해당 구성요소들을, 순서 또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않는다.
- [0061] 어떤(예: 제1) 구성요소가 다른(예: 제2) 구성요소에 "(기능적으로 또는 통신적으로) 연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성요소(예: 제3 구성요소)를 통하여 연결될 수 있다.
- [0062] 본 명세서에서, "~하도록 구성된(또는 설정된)(configured to)"은 상황에 따라, 예를 들면, 하드웨어적 또는 소프트웨어적으로 "~에 적합한," "~하는 능력을 가지는," "~하도록 변경된," "~하도록 만들어진," "~를 할 수 있는," 또는 "~하도록 설계된"과 상호 호환적으로(interchangeably) 사용될 수 있다.
- [0063] 어떤 상황에서는, "~하도록 구성된 장치"라는 표현은, 그 장치가 다른 장치 또는 부품들과 함께 "~할 수 있는" 것을 의미할 수 있다.
- [0064] 예를 들면, 문구 "A, B, 및 C를 수행하도록 구성된(또는 설정된) 프로세서"는 해당 동작을 수행하기 위한 전용 프로세서(예: 임베디드 프로세서), 또는 메모리 장치에 저장된 하나 이상의 소프트웨어 프로그램들을 실행함으로써, 해당 동작들을 수행할 수 있는 범용 프로세서(예: CPU 또는 application processor)를 의미할 수 있다.
- [0065] 또한, '또는' 이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or' 이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or' 를 의미한다.
- [0066] 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다' 라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.
- [0067] 이하 사용되는 '..부', '..기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0069] 도 1a 및 도 1b는 본 발명의 일실시예에 따른 시공간분산을 구현하는 물질과 기관의 상대 유전율과 상대 투자율을 설명하는 도면이다.
- [0070] 도 1a 및 도 1b를 참고하면, 그래프는 입사되는 빛의 입사각과 각주파수의 변화에 따라 상대 유전율과 상대 투자율을 나타낼 수 있다.
- [0071] 본 발명의 일실시예에 따르면 임피던스 정합에 요구되는 물질의 시공간분산을 구현하기 위한 기관의 상대 유전율  $\varepsilon/\varepsilon_0$ 은 4이고, 기관의 상대 투자율  $\mu/\mu_0$ 은 1일 수 있다.
- [0072] 여기서, 기관은 고 굴절 유리 기관, HDPE, 실리콘 기관 중 어느 하나일 수 도 있다.
- [0073] 보다 구체적으로, 상대 유전율과 상대 투자율은 하기 [수학식 1]에 만족할 경우 무반사(anti-reflection) 상태에 상응할 수 있다.

[0075] [수학식 1]

$$\langle Y \rangle \equiv \sqrt{Y_1(0)Y_2(0)}, \quad \langle R \rangle \equiv \sqrt{\cos \theta_1 \cos \theta_2}, \quad Y_n(0) = \sqrt{\frac{\varepsilon_n}{\mu_n}}, \quad \cos \theta_n = \sqrt{1 - \frac{k^2}{\varepsilon_n \mu_n \omega^2}}; \quad n=1,2.$$

[0076]

[0078] [수학식 1]에 따르면,  $\varepsilon_r$ ,  $\varepsilon_z$ 는 상대 유전율을 나타낼 수 있고,  $\langle Y \rangle$ 는 제1 매질과 제2 매질에 대한 전파의 기하 평균 어드미턴스(geometric mean admittance)를 나타낼 수 있으며,  $\langle R \rangle$ 은 방향 코사인을 나타낼 수 있고,  $d$ 는 무반사막의 두께를 나타낼 수 있고,  $\mu_r$ ,  $\mu_z$ 는 상대 투자율을 나타낼 수 있으며,  $k$ 는 파수(wave number)를 나타낼 수 있고,  $\omega$ 는 전자기파의 각주파수를 나타낼 수 있다.

[0080] 보다 구체적으로  $\langle Y \rangle$ 와  $\langle R \rangle$ 은 [수학식 2]와 같이 표현될 수 있다.

[0082] [수학식 2]

$$\langle Y \rangle \equiv \sqrt{Y_1(0)Y_2(0)}, \quad \langle R \rangle \equiv \sqrt{\cos \theta_1 \cos \theta_2}, \quad Y_n(0) = \sqrt{\frac{\varepsilon_n}{\mu_n}}, \quad \cos \theta_n = \sqrt{1 - \frac{k^2}{\varepsilon_n \mu_n \omega^2}}; \quad n=1,2.$$

[0083]

[0085] [수학식 2]에서,  $\langle Y \rangle$ 는 제1 매질과 제2 매질에 대한 전파의 기하 평균 어드미턴스를 나타낼 수 있고,  $\langle R \rangle$ 은 방향 코사인을 나타낼 수 있다.

[0086] 즉, 본 발명의 무반사막은 반사 방지 상태를 나타내는 [수학식 1]에 만족하는 상대 유전율과 상대 투자율을 나타낼 수 있다.

[0087] 다시 말해, 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막은 두 개의 층을 최적화된 높이로 설계하여 제1 거리와 제2 거리에 기반하여 각도 및 주파수 의존성이 낮은 광 주파수 무반사막으로서 구현될 수 있다.

[0088] 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막은 상대 유전율이 공기와 4배수이고, 상대투자율이 공기와 동일한, 기관 사이에서 빛의 방사를 방지하는 역할을 수행하도록 구현될 수 있다.

[0089] 보다 구체적으로, 본 발명은 등방성(isotropic) 유전율  $\varepsilon_1$  및  $\varepsilon_2$ , 투자율  $\mu_1$  및  $\mu_2$ 을 갖는 2개의 다른 매체 사이에 평탄한 경계면에 전자기파가 입사하는 경우를 가정한다.

[0090] 이때, 웨이브 임피던스가 일치하지 않으면( $\mu_1/\varepsilon_1 \neq \mu_2/\varepsilon_2$ ), 프레넬 방정식에 기반하여 반사가 발생할 수 있다.

[0091] 상술한 임피던스 불일치를 해소하기 위해서, 매체와 매체 사이에 무반사막을 추가하여 임피던스 불일치를 해소하는 방안을 고려해볼 수 있다.

[0092] 매체와 매체 사이에 무반사막이 추가될 경우 하기 [수학식 3]에 만족하는 유전율과 투자율이 결정될 수 있다.

[0094] [수학식 3]

$$\varepsilon_{xx} = \varepsilon_{yy} \equiv \varepsilon_r(z) \neq \varepsilon_{zz} \equiv \varepsilon_z(z), \quad \mu_{xx} = \mu_{yy} \equiv \mu_r(z) \neq \mu_{zz} \equiv \mu_z(z)$$

[0095]

[0097] [수학식 3]에서,  $\varepsilon$ 는 유전율을 나타낼 수 있고,  $\mu$ 는 투자율을 나타낼 수 있으며,  $x$ ,  $y$ ,  $z$ 는 이격 방향 지표를 나타낼 수 있다.

[0098] 무반사막 상에 확산되는 단색평면파(monochromatic plane wave)의 형태는 하기 [수학식 4]에 따라 결정될 수 있다.

[0100] [수학식 4]

$$\vec{E} = e^{ik_x x + ik_y y - i\omega t} \vec{E}(z), \quad \vec{H} = e^{ik_x x + ik_y y - i\omega t} \vec{H}(z)$$

[0103] [수학식 4]에서, E는 전기장과 관련될 수 있고, H는 자기장과 관련될 수 있으며, k는 파수(wave number)를 나타낼 수 있으며,  $\omega$ 는 상기 전자기파의 각주파수를 나타낼 수 있다.

[0105] [수학식 4]는 감소된 맥스웰(Maxwell) 방정식에 기반할 수 있다.

[0106] 아울러, TM(transverse magnetic) 모드에서 단색평면파(monochromatic plane wave)의 형태는 하기 [수학식 5]에 따라 결정될 수 있다.

[0108] [수학식 5]

$$\begin{aligned} \partial_z E_x &= ik_x E_z + i\omega\mu_r H_y, \\ \partial_z E_y &= ik_y E_z - i\omega\mu_r H_x, \\ ik_x E_y - ik_y E_x &= i\omega\mu_z H_z, \\ \partial_z H_x &= ik_x H_z - i\omega\varepsilon_r E_y, \\ \partial_z H_y &= ik_y H_z + i\omega\varepsilon_r E_x, \\ ik_x H_y - ik_y H_x &= -i\omega\varepsilon_z E_z. \end{aligned}$$

[0111] [수학식 5]에서, E는 전기장과 관련될 수 있고, H는 자기장과 관련될 수 있으며, k는 파수(wave number)를 나타낼 수 있으며,  $\omega$ 는 전자기파의 각주파수를 나타낼 수 있고,  $\varepsilon$ 는 유전율을 나타낼 수 있으며,  $\mu$ 는 투자율을 나타낼 수 있다.

[0113] [수학식 5]에 따르면,  $H_z = 0$  일 때, 나머지 필드 성분은 두 개의 함수  $Y(z)$ ,  $\Phi_E(z)$ 와 같이 표현될 수 있다. 아울러, 나머지 필드 성분을 이용하여 전기장을 정의하는 [수학식 6]은 아래와 같이 표현될 수 있다.

[0115] [수학식 6]

$$\begin{aligned} E_x &= -k_x \Phi_E, \\ E_y &= -k_y \Phi_E, \\ E_z &= (k^2 / \omega \varepsilon_z) Y \Phi_E, \\ H_x &= k_y Y \Phi_E, \\ H_y &= -k_x Y \Phi_E, \end{aligned}$$

[0116]

[0118] [수학식 6]에서, E는 전기장과 관련될 수 있고, H는 자기장과 관련될 수 있으며, k는 파수(wave number)를 나타낼 수 있으며,  $\omega$ 는 상기 전자기파의 각주파수를 나타낼 수 있고,  $\varepsilon$ 는 유전율을 나타낼 수 있으며,  $\mu$ 는 투자율을 나타낼 수 있고, Y(z)는 어드미턴스 함수를 나타낼 수 있고,  $\Phi_E(z)$ 는 필드 성분을 나타낼 수 있다.

[0119] [수학식 6]에 따라  $k^2$ 이  $-k_x^2 + k_y^2$ 일 경우, 맥스웰 방정식을 이용하여 [수학식 7]이 도출될 수 있으며, k는 서로 다른 두 매체 사이로 입사되는 빛 또는 전자기파의 각도를 나타낼 수 있다.

[0121] [수학식 7]

[0122] [수학식 6]에서, E는 전기장과 관련될 수 있고, H는 자기장과 관련될 수 있으며, k는 파수(wave number)를 나타낼 수 있으며,  $\omega$ 는 상기 전자기파의 각주파수를 나타낼 수 있고,  $\varepsilon$ 는 유전율을 나타낼 수 있으며,  $\mu$ 는 투자율을 나타낼 수 있고, Y(z)는 어드미턴스 함수를 나타낼 수 있고,  $\Phi_E(z)$ 는 필드 성분을 나타낼 수 있다.

[0123] [수학식 6]에 따라  $k^2$ 이  $-k_x^2 + k_y^2$ 일 경우, 맥스웰 방정식을 이용하여 [수학식 7]이 도출될 수 있으며, k는 서로 다른 두 매체 사이로 입사되는 빛 또는 전자기파의 각도를 나타낼 수 있다.

[0125] [수학식 7]

$$\begin{aligned} (a) \quad i\omega \varepsilon_r &= \partial_z Y + (i\omega \mu_r - ik^2 / \omega \varepsilon_z) Y^2 \\ (b) \quad \partial_z \ln \Phi_E &= (i\omega \mu_r - ik^2 / \omega \varepsilon_z) Y \end{aligned}$$

[0126]

[0128] [수학식 7]에서, k는 입사각을 나타낼 수 있으며,  $\omega$ 는 상기 전자기파의 각주파수를 나타낼 수 있고,  $\varepsilon$ 는 유전율을 나타낼 수 있으며,  $\mu$ 는 투자율을 나타낼 수 있고, Y(z)는 어드미턴스 함수를 나타낼 수 있고,  $\Phi_E(z)$ 는 필드 성분을 나타낼 수 있다.

[0129] 아울러, TE(transverse electric) 모드에서 전계 성분은 하기 [수학식 8]을 이용하여 결정할 수 있다.

[0131] [수학식 8]

$$E_x = k_y Z \Phi_H,$$

$$E_y = -k_x Z \Phi_H,$$

$$H_x = k_x \Phi_H,$$

$$H_y = k_y \Phi_H,$$

$$H_z = -(k^2 / \omega \mu_z) Z \Phi_H$$

[0132]

[0134] [수학식 8]에 따르면,  $E_z = 0$  일 때, 나머지 필드 성분은 두 개의 함수  $Z(z)$ ,  $\Phi_H(z)$ 와 같이 표현 될 수 있고, [수학식 9]과 같이 표현될 수 있으며,  $E$ 는 전기장과 관련될 수 있고,  $H$ 는 자기장과 관련될 수 있으며,  $k$ 는 파수 (wave number)를 나타낼 수 있으며,  $\omega$ 는 상기 전자기파의 각주파수를 나타낼 수 있고,  $\varepsilon$ 는 유전율을 나타낼 수 있으며,  $\mu$ 는 투자율을 나타낼 수 있고,  $Z(z)$ 는 임피던스 함수를 나타낼 수 있고,  $\Phi_H(z)$ 는 필드 성분을 나타낼 수 있다.

[0136] [수학식 9]

$$(a) \quad \omega \mu_r = \partial_z Z + (i \omega \varepsilon_r - i k^2 / \omega \mu_z) Z^2$$

$$(b) \quad \partial_z \ln \Phi_H = (i \omega \varepsilon_r - i k^2 / \omega \mu_z) Z$$

[0137]

[0139] [수학식 9]에서,  $k$ 는 입사각을 나타낼 수 있으며,  $\omega$ 는 상기 전자기파의 각주파수를 나타낼 수 있고,  $\varepsilon$ 는 유전율을 나타낼 수 있으며,  $\mu$ 는 투자율을 나타낼 수 있고,  $Z(z)$ 는 임피던스 함수를 나타낼 수 있고,  $\Phi_H(z)$ 는 필드 성분을 나타낼 수 있다.

[0140] 아울러, [수학식 7]의 (a)과 [수학식 9]의 (a)를 이용하여 무반사막의 유전율과 투자율을 판단하기 위한 파라미터(parameter)로서  $Y$ 와  $Z$ 를 결정할 수 있다.

[0142] 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막은 TM-편광된 입사 평면파가 계면에서 반사되지 않고, 완전히 전달되면, 접선 필드 성분의 연속성을 유지하기 위해 어드미턴스 함수  $Y$ 의 정합이 요구되며, 어드미턴스 함수  $Y$  정합은 하기 [수학식 10]로 표현될 수 있다.

[0144] [수학식 10]

$$Y(0) = Y_1(k) \equiv \frac{\omega \varepsilon_1}{\sqrt{\varepsilon_1 \mu_1 \omega^2 - k^2}}, \quad Y(d) = Y_2(k) \equiv \frac{\omega \varepsilon_2}{\sqrt{\varepsilon_2 \mu_2 \omega^2 - k^2}}$$

[0145]

[0147] [수학식 10]에 따르면, Y는 어드민턴스 함수를 나타낼 수 있고, k는 입사각을 나타낼 수 있으며,  $\omega$ 는 전자기파의 각주파수를 나타낼 수 있고,  $\varepsilon$ 는 유전률을 나타낼 수 있으며,  $\mu$ 는 투자율을 나타낼 수 있다.

[0148] TE 모드의 반사 없는 임피던스 매칭에 필요한 임피던스 함수는 Z의 정함으로서, 하기 [수학식 11]로 표현될 수 있다.

[0150] [수학식 11]

$$Z(0) = \frac{\omega \mu_1}{\sqrt{\varepsilon_1 \mu_1 \omega^2 - k^2}}, \quad Z(d) = \frac{\omega \mu_2}{\sqrt{\varepsilon_2 \mu_2 \omega^2 - k^2}}$$

[0151]

[0153] [수학식 11]에 따르면, Z는 임피던스 함수를 나타낼 수 있고, k는 입사각을 나타낼 수 있으며,  $\omega$ 는 상기 전자기파의 각주파수를 나타낼 수 있고,  $\varepsilon$ 는 유전률을 나타낼 수 있으며,  $\mu$ 는 투자율을 나타낼 수 있다.

[0154] 또한, TM 모드와 TE 모드는 수직 입사각 제한되는 관점에서 어드민턴스 함수와 임피던스 함수에 부과되는 추가 조건은 하기 [수학식 12]와 같을 수 있다.

[0156] [수학식 12]

$$Y(z)|_{k=0} = Z(z)^{-1}|_{k=0}$$

[0157]

[0159] [수학식 12]에서, Y는 어드민턴스 함수를 나타낼 수 있고, Z는 임피던스 함수를 나타낼 수 있으며, k는 입사각을 나타낼 수 있다.

[0160] [수학식 10] 내지 [수학식 12]은 임피던스 매칭 조건에 만족하며, 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막은 [수학식 10] 내지 [수학식 12]의 조건에 만족함에 따라 입사되는 빛의 방사를 모두 방지하는 조건에 부합할 수 있다.

[0161] 즉, 입사되는 빛은 TE 모드 및 TM 모드 구성 요소의 선형 중첩일 수 있다.

[0162] 따라서, 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막은 주파수, 편광 및 입사각과 같은 들어오는 빛의 특성에 관계없이, 입사되는 빛을 반사하지 않고 모두 전달할 수 있다.

[0163] 아울러,  $\varepsilon_r$ ,  $\varepsilon_z$ ,  $\mu_r$ ,  $\mu_z$  매개 변수가 실수이고, 상수가 되도록 요구함으로써 [수학식 10] 내지 [수학식 12]의 임피던스 정합 조건에 만족하는 [수학식 7] 및 [수학식 9]의 맥스웰 방정식과 관련된 해는 산출될 수 있다.

[0164] 일례로, 본 발명의 무반사막은 상기 [수학식 1]과 [수학식 2]의 조건에 만족함에 입사각, 주파수와 관계 없이 입사되는 빛의 반사를 방지할 수 있다. 또한, 무반사막은 비 흡수성이며 균일하지 않은 백색광도 반사를 모두

방지하여 반사 없이 모두 투과 시킬 수 있다.

- [0165] 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막은 이론적 수치에 해당하는 [수학식 1]의 조건에 만족하는 입사된 빛의 흡수가 없는 이상 분산 매질(anomalous dispersive material)로서 구현될 수 있다.
- [0167] 도 1c는 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막이 입사된 빛 반사를 방지하는 정도를 설명하는 도면이다.
- [0168] 도 1c를 참고하면, 빛(100)은 입사되는 빛과 산란(반사 또는 투과)되는 빛을 모두 표현하고, 빛(110)은 산란(반사 또는 투과)되는 빛만 표현한 것이다.
- [0169] 도 1c에서는 빛(100)과 빛(110)이 비교될 수 있다.
- [0170] 빛(110)은 산란된 빛 중 반사된 빛을 나타내지 않으므로, 본 발명의 무반사 효과에 상응하는 무반사 효과를 나타낼 수 있다.
- [0172] 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막의 형성 구조를 설명하는 도면이다.
- [0173] 도 2a는 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막의 평면도를 예시하고, 도 2b는 무반사막의 입체도를 예시한다.
- [0174] 도 2a를 참고하면, 무반사막은 기판(200) 상에 형성되되, 제1 층(201)과 제2 층(202)으로 구성될 수 있다.
- [0175] 본 발명의 일실시예에 따르면 제1 층(201)은 기판(200)과 제1 거리(210)하여 기판(200)상에 위치할 수 있다.
- [0176] 일례로, 제2 층(202)은 기판(200)과 제2 거리(211)만큼 이격하여 제1 층(201)상에 위치할 수 있다.
- [0177] 즉, 제1 층(201)과 제2 층(202)은 구조적 이중층(structural double layer)을 형성하는 메타물질로 구현될 수 있다.
- [0178] 또한, 구조적 이중층은 입사된 빛의 흡수가 없는 이상 분산 매질(anomalous dispersive material)로서 구현될 수 있다.
- [0179] 본 발명의 일실시예에 따르면 구조적 이중층은 일반화된 임피던스 정합(universal impedance matching, UIM)이론에 부합하는 무반사를 수행할 수 있다.
- [0180] 또한, 구조적 이중층은 두 개의 매질 층에 이중층 구조를 도입함으로써 빛이 입사각에 관계없이 임피던스 정합을 이루어 무반사를 수행할 수 있다.
- [0182] 본 발명은 광 주파수뿐만 아니라 빛의 입사각에 관계없이 빛 또는 전자기파의 반사를 차단하는 무반사막을 형성할 수 있다.
- [0183] 본 발명은 태양광의 입사각 변화와 관계없이 효율적으로 태양광을 수집하여 태양광 발전의 효율성을 향상시킬 수 있다.
- [0184] 즉, 구조적 이중층은 제1 층(201)과 제2 층(202)의 이격된 구조에 기반하여 임의의 시공간분산을 구현할 수 있다.
- [0186] 도 2b를 참고하면, 무반사막은 기판(200) 상에 형성되되, 제1 층(201)과 제2 층(202)으로 구성될 수 있다.
- [0187] 제1 층(201)과 제2 층(202)은 기판의 종류에 따라 물질, 두께, 제1 거리 및 제2 거리가 변화될 수 있다.
- [0188] 상술한대로, 제1 층(201)과 제2 층(202)은 구조적 이중층(structural double layer)을 형성한다.
- [0189] 본 발명의 일실시예에 따르면 구조적 이중층은 광의 주파수, 입사각 또는 편광 방향 중 적어도 어느 하나와 무관하게 광학적 또는 전자기적 물성이 다른 두 물질 사이에서 입사된 빛의 반사를 차단할 수 있다.
- [0190] 일례로, 구조적 이중층은 서로 다른 두 물질 사이에서의 임피던스 정합(impedance matching)을 구현할 수 있다.
- [0191] 또한, 제1 층(201)과 제2 층(202)은 기판의 종류에 따라 두께가 변화하는데 두께 정도에 따라 복수의 직사각형

이 결집된 격자 구조로도 형성될 수 있다.

- [0192] 본 발명은 태양전지 패널, 광학 렌즈, 각종 광소자에서 빛의 반사로 인한 에너지 손실을 줄이고, 에너지 전달성을 향상시킬 수 있다.
- [0193] 일례로, 기판(200) 상에 제1 층(201)과 제2 층(202)이 형성될 때, 제1 층(201)과 제2 층(202)은 25nm의 두께로 형성되고, 약 50nm의 길이로 형성될 수 있다.
- [0194] 여기서, 제1 거리는 55nm일 수 있고, 제2 거리는 105nm일 수 있고, 기판(200)의 유전상수는 4일 수 있다. 한편, 제1 층(201)의 유전상수는 10이고, 제2 층(202)의 유전상수는 2.5 이상일 수 있다.
- [0195] 다른 실시예에 따라, 제1 층(201)과 제2 층(202)의 두께, 각도, 모양, 제1 거리 및 제2 거리는 콤포지티브 멀티피직스(COMSOL Multiphysics)를 이용하여 산출될 수 있다.
- [0196] 본 발명의 일실시예에 따르면 제1 층(201)과 제2 층(202)이 이격된 구조적 이중층은 파장 길이에 기반하여 구조를 일부 변경함으로써 보다 정확한 시공간분산을 구현할 수 있다.
- [0198] 도 2c는 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막과 이격된 이중층을 비교 설명하는 도면이다.
- [0199] 도 2c를 참고하면, 그래프의 가로축은 입사각을 나타내고, 세로축은 파장을 나타내어, 입사각과 파장 변화에 따른 반사 정도를 나타낸다.
- [0200] 그래프(220)는 이상적인 임피던스 정합에 상응하는 시공간 분포를 나타내고, 그래프(221)는 공기에 대해 상대 유전률이 8배수인 두 매질의 이격된 이중층으로 인해 형성되는 시공간 분포를 나타낼 수 있다.
- [0201] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 이격된 이중층은 이상적인 임피던스 정합에 상응하는 시공간 분포를 입사각의 변화와 관계없이 나타낼 수 있다.
- [0202] 다시 말해, 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막은 제1 층과 제2 층 사이에 파장 크기보다 작은 크기의 공간을 준 구조가 시공간분산을 가지는 메타물질로 구현될 수 있다.
- [0203] 본 발명은 다중층 무반사막과 같이 막의 두께가 파장대비 큰 무반사막에 대비하여 입사각에 의존적이지 않은 무반사막을 설계하여 무반사막이 요구되는 장비의 크기를 감소시킬 수 있다.
- [0205] 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막이 고 굴절률 유리 기판 상에 형성되는 실시예를 설명하는 도면이다.
- [0206] 도 3a를 참고하면, 고 굴절률 유리 기판(300) 상에 무반사막(310)이 형성된다. 즉, 무반사막(310)은 서로 다른 매질에 해당하는 고 굴절률 유리 기판(300)과 공기(320) 사이에 위치하여 입사된 빛의 반사를 방지한다.
- [0207] 고 굴절률 유리 기판(300) 상에 형성되는 무반사막(310)은 도 3b를 이용하여 보다 구체적으로 설명한다.
- [0209] 도 3b를 참고하면, 무반사막(310)은 기판(300)과 공기(320) 사이에 위치하며, 제1 층(312)과 제2 층(314)을 포함하고, 제1 층(312)은 기판(300)과 제1 거리(311)만큼 이격되며, 제2 층(314)은 제1 층(312)과 제2 거리(313)만큼 이격될 수 있다.
- [0210] 일례로, 기판(300)은 LASF9 유리 기판 또는 고 굴절률 유리 기판 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0211] 본 발명의 일실시예에 따라 기판(300)이 고 굴절률 유리 기판일 경우, 제1 층(312)과 제2 층(314)은 산화탄탈륨( $Ta_2O_5$ )를 이용하여 형성되고, 제1 거리(311)와 제2 거리(313)는 다공성 물질(porous material)에 의해 형성될 수 있다.
- [0212] 예를 들어, 다공성 물질은 다공성(porous) 이산화 마그네슘( $MgF_2$ )를 포함할 수 있다.
- [0213] 여기서, 다공성 물질은 제1 층(312)과 제2 층(314)을 공간적으로 분리하면서, 공기층과 같은 효과를 제공할 수 있다.
- [0214] 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막은 다공성 물질에 기반하여 빛이 수직으로 들어올 때는 낮은 유효 굴절률로

빛을 받을 수 있다.

- [0215] 또한, 무반사막은 입사각이 커짐에 따라 빛이 바라보았을 때에 공간적으로 매질이 가득 찬 효과를 제공할 수 있다.
- [0216] 또한, 기관(300)이 고 굴절률 유리 기관일 경우, 제1 층(312)과 제2 층(314)의 두께는 약 1:5의 비율로 구현되고, 제2 거리(313)는 제1 거리(311)의 3.5배로 구현될 수 있다.
- [0217] 예를 들어, 기관(300)부터 제2 층(314)까지의 길이가 160nm일 수 있다.
- [0218] 또한, 제1 층(312)은 약 21nm의 두께로 형성될 수 있으며, 13nm로 형성 후, 제2 층(314) 방향으로 약 8nm의 두께가 더 형성될 수 있다.
- [0219] 이때, 추가 형성되는 제1 층(312)은 사각뿔 모양을 나타낼 수 있다. 여기서, 사각뿔 모양은 입체적 모양을 표현할 수 도 있다.
- [0220] 일례로, 제2 층(314)은 약 4nm의 두께로 형성될 수 있으며, 2nm로 형성 후, 제1 층(312)의 방향으로 약 2nm가 추가 형성될 수 있다.
- [0221] 본 발명의 일실시예에 따르면 제1 거리(311)는 약 20nm이고 제2 거리(313)는 약100nm일 수 있다.
- [0222] 또한, 무반사막(310)은 제1 층(312)과 제2 층(314)에 특정한 구조를 만들어 각도 의존성이 적은 광 주파수 무반사막으로 형성될 수 있다.
- [0223] 이때, 무반사막(310)은 도 1에 설명된 유전율 및 투자율 분산그래프에 만족하는 무반사를 구현할 수 있다.
- [0224] 또한, 무반사막(310)은 제1 거리(311)와 제2 거리(313)에 기반하여 빛 또는 전자기파의 흡수가 없는 이상 분산 매질로서 구현될 수 있다.
- [0225] 즉, 무반사막(310)은 제1 거리(311)와 제2 거리(313)에 기반 일반화된 임피던스 정합에 상응하는 시공간분산을 구현할 수 있다.
- [0227] 도 4a는 종래 기술에 따른 1/4-파장 무반사막의 반사율을 설명하는 도면이고, 도 4b는 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막의 반사율을 설명하는 도면이다.
- [0228] 도 4a 및 도 4b를 참고하면, 그래프의 가로변수는 입사각을 나타낼 수 있고, 세로변수는 반사율을 나타낼 수 있다.
- [0229] 도 4a와 도 4b를 비교하면 1/4-파장 무반사막의 반사율은 입사각의 변화에 따라 반사율이 큰 변화를 나타낸다.
- [0230] 한편, 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막은 입사각의 변화와 관계없이 일정하게 반사를 방지할 수 있다.
- [0231] 여기서, 그래프를 통하여 산출된 수치는 TE 파(wave)와 TM 파(wave)의 반사도에 상응할 수 있다.
- [0232] 여기서 반사도는 평균 반사도를 나타낼 수 있으며, 반사도는 하기 [수학식 13]에 기반하여 결정될 수 있다.

[0234] [수학식 13]

$$R = (R_{TM} + R_{TE}) / 2$$

- [0235]
- [0237] 수학식 13을 참고하면, R은 반사도를 나타낼 수 있고, TM은 TM파를 나타낼 수 있으며, TE는 TE파를 나타낼 수 도 있다.
- [0238] 상술한대로, 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막은 입사각의 변화와 관계없이 일정하게 반사를 방지할 수 있다.
- [0239] 따라서, 본 발명의 무반사막이 디스플레이에 적용될 경우, 본 발명은 디스플레이의 보호 유리에서 발생하는 반

사로 이한 에너지 손실을 줄여 에너지 효율적 측면을 향상시킬 수 있다.

- [0240] 또한, 본 발명의 무반사막은 입사각의 변화와 관계없이 일정하게 반사를 방지하므로, 태양발전 패널에 적용 시, 태양광의 반사를 방지하여 태양발전 패널의 에너지 손실도 감소시킬 수 있다.
- [0242] 도 5a 및 도 5b는 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막이 고밀도 폴리에틸렌 기관 상에 형성되는 실시예를 설명하는 도면이다.
- [0243] 구체적으로 도 5a 및 도 5b는 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene, HDPE) 기관에 TM 파에 대하여 최적화된 무반사막 구조를 예시한다.
- [0244] 도 5a를 참고하면, 본 발명은 기관(500) 상에 제1 무반사막(510)과 제2 무반사막(520)이 위치할 수 있다.
- [0245] 제1 무반사막(510)과 제2 무반사막(520)의 구조는 동일하며, 제1 무반사막(510)을 이용하여 설명한다.
- [0246] 제1 무반사막(510)은 제1 층(512)과 제2 층(511)을 포함할 수 있다.
- [0247] 일례로, 제1 층(512)은 기관(500)으로부터 제1 거리만큼 이격하여 기관상에 위치하고, 제2 층(511)은 제1 층(512)으로부터 제2 거리만큼 이격하여 제1 층(512)상에 위치할 수 있다.
- [0248] 제1층과 제2층은 구조적 이중층을 형성하는 메타물질로 구현될 수 있고, 입사된 빛과 관련하여 시공간분산을 구현할 수 있다.
- [0249] 본 발명의 일실시예에 따르면 제1 무반사막(510)은 기관(500)이 고밀도 폴리에틸렌 기관일 경우, 제1 층(512)과 제2 층(511) 각각은 복수의 단위셀을 포함할 수 있다.
- [0250] 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene, HDPE) 기관에 TM 파에 대하여 최적화된 무반사막 구조는 마이크로파 영역에서 구현될 수 있다.
- [0251] 본 발명의 일실시예에 따르면 무반사막은 기관이 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene, HDPE) 기관일 경우, 제1 층(512)과 제2 층(511)은 기관과 동일한 물질을 이용하여 형성되고, 제1 거리와 제2 거리는 스티로폼(Styrofoam)에 의해 형성될 수 있다.
- [0252] 복수의 단위셀은 도 5b를 이용하여 설명한다.
- [0253] 본 발명의 일실시예에 따르면 제1 무반사막(510)은 제2 거리가 제1 거리의 2배로 구현될 수 있다.
- [0254] 즉, 기관(500)의 두께가 약 10mm일 경우, 제1 거리는 약 15mm이고, 제2 거리는 약 30mm일 수 있다.
- [0255] 일례로, 기관이 고밀도 폴리에틸렌 기관일 경우, 이중적 구조층의 상대 유전율은 기관의 상대 유전율과 동일하고, 그 값은 2.26일 수도 있다.
- [0257] 도 5b를 참고하면, 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막에 포함된 복수의 단위셀을 예시한다. 복수의 단위셀은 제2 층(511)과 제1 층(512)을 각각 구성할 수 있다.
- [0258] 본 발명의 일실시예에 따르면 복수의 단위셀의 하부는 평평하고, 상부는 미리 설정된 경사각을 형성될 수 있다.
- [0259] 본 발명의 일실시예에 따른 제2 층(511)은 약 17.6mm의 길이에 약 5mm의 두께로 형성될 수 있으며, 경사진 양 끝단을 포함하고, 양 끝단은 약 142.9도의 경사를 형성할 수 있다.
- [0260] 본 발명의 일실시예에 따른 제1 층(512)은 약 17.6mm의 길이에 약 10mm의 두께로 형성될 수 있으며, 경사진 양 끝단을 포함하고, 양 끝단은 약 154.5도의 경사를 형성할 수 있다.
- [0261] 본 발명의 복수의 단위셀은 고 굴절을 유리 기관을 이용하는 무반사막도 포함할 수 있다.
- [0263] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막이 고밀도 폴리에틸렌 기관 상에 형성되는 무반사막의 반사율을 설명하는 도면이다.
- [0264] 도 6은 고밀도 폴리에틸렌 기관 상에 형성되는 무반사막의 반사율에 대한 시뮬레이션 값과 실험값을 예시한다.

- [0265] 도 6의 (a) 및 (b)는 고밀도 폴리에틸렌 기관 상에 형성되는 무반사막이 시뮬레이션의 결과와 유사하게 빛의 반사를 방지하는 특성을 나타낼 수 있다.
- [0266] 도 6의 (c)는 복수의 무반사막에 대하여 45도 입사각에서의 주파수 별 반사율을 예시한다. 즉, 반사도 주파수의존성을 비교한다.
- [0267] 도 6의 (c)를 참고하면, 지표(601), 지표(602)는 고밀도 폴리에틸렌 기관만 있을 때의 반사도에 해당할 수 있으며, 지표(603) 및 지표(604)는 고밀도 폴리에틸렌 기관 상에 형성되는 무반사막이 있을 때의 반사도에 해당할 수 있고, 지표(605)는 1/4-파장 무반사막이 있을 때의 반사도에 해당할 수 있다.
- [0268] 또한, 지표(601), 지표(603)은 실험적으로 측정된 결과에 해당할 수 있고, 지표(602), 지표(604), 지표(605)는 전자기파의 시뮬레이션의 결과에 해당할 수 있다.
- [0269] 도 6의 (d)는 복수의 무반사막에 대하여 2.4 GHz 주파수에서의 입사각 별 반사율을 예시한다. 반사도 각도 의존성 비교한다.
- [0270] 도 6의 (d)를 참고하면, 지표(601), 지표(602)는 고밀도 폴리에틸렌 기관만 있을 때의 반사도에 해당할 수 있으며, 지표(603) 및 지표(604)는 고밀도 폴리에틸렌 기관 상에 형성되는 무반사막이 있을 때의 반사도에 해당할 수 있고, 지표(605)는 1/4-파장 무반사막이 있을 때의 반사도에 해당할 수 있다.
- [0271] 또한, 지표(601), 지표(603)은 실험적으로 측정된 결과에 해당할 수 있고, 지표(602), 지표(604), 지표(605)는 전자기파의 시뮬레이션의 결과에 해당할 수 있다.
- [0272] 한편, 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막이 군사적 장비에 적용될 경우, 군사적 장비는 군사적 장비에서 발생하는 전자기파 반사 감소의 이점을 활용하여 레이더 감지를 피할 수 있다.
- [0274] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막 형성 방법과 관련된 흐름도를 설명하는 도면이다.
- [0275] 구체적으로, 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막 형성 방법이 광 주파수뿐만 아니라 빛의 입사각에 관계없이 빛의 반사를 완전히 차단하여 매질 내로 빛을 모두 투과시키는 무반사막 형성 방법과 관련된 흐름도를 예시한다.
- [0276] 도 7을 참고하면, 단계(701)에서 무반사막 형성 방법은 기관 상에 제1 층 및 제2 층을 형성하고, 제1 층과 제2 층의 이격된 구조에 기반하여 제1 시공간분산을 구현할 수 있다.
- [0277] 즉, 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막 형성 방법은 다양한 매질의 이격된 구조를 활용하여 대략적인 시공간분산을 구현할 수 있다. 여기서, 대략적인 시공간분산은 임의의 시공간분산 또는 제1 시공간분산으로도 지칭될 수 있다.
- [0278] 단계(702)에서 본 발명의 일실시예에 따른 무반사막 형성 방법은 파장 크기에 기반하여 이격된 구조를 변경함으로써 제2 시공간분산을 구현할 수 있다.
- [0279] 즉, 무반사막 형성 방법은 이격된 구조적 이중층에서 파장 크기 대비 작은 모양 구조로 구조적 이중층을 설계함으로써, 무반사층이 보다 이론적으로 요구되는 시공간분산에 근접하도록 제2 시공간분산을 구현할 수 있다.
- [0280] 여기서, 제2 시공간분산은 제1 시공간분산에 대비하여 이론적 시공간분산을 나타내는 수학적식에 보다 부합할 수 도 있다.
- [0281] 본 발명은 시공간분산을 두 개의 층을 활용하여 두께가 얇으면서도 입사되는 광의 입사각과 주파수에 관계없이, 서로 다른 굴절률을 가지는 두 매질 사이에서의 광반사를 완전히 차단하는 물질을 제공할 수 있다.
- [0282] 또한, 본 발명은 두 개의 매질 층에 구조를 줌으로써 빛이 입사각에 관계없이 임피던스 정합을 이루어 내어, 무반사막 설계에 대한 체계적인 방향성을 제시할 수 있다.
- [0284] 본 발명의 청구항 또는 명세서에 기재된 실시 예들에 따른 방법들은 하드웨어, 소프트웨어, 또는 하드웨어와 소프트웨어의 조합의 형태로 구현될(implemented) 수 있다.
- [0285] 그러한 소프트웨어는 컴퓨터 판독 가능 저장 매체에 저장될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 저장 매체는, 적어도 하

나의 프로그램(소프트웨어 모듈), 전자 장치에서 적어도 하나의 프로세서에 의해 실행될 때 전자 장치가 본 발명의 방법을 실시하게 하는 명령어들(instructions)을 포함하는 적어도 하나의 프로그램을 저장한다.

[0286] 이러한 소프트웨어는, 휘발성(volatile) 또는 (ROM: Read Only Memory)과 같은 불휘발성(non-volatile) 저장장치의 형태로, 또는 램(RAM: random access memory), 메모리 칩(memory chips), 장치 또는 집적 회로(integrated circuits)와 같은 메모리의 형태로, 또는 콤팩트 디스크 롬(CD-ROM: Compact Disc-ROM), 디지털 다목적 디스크(DVDs: Digital Versatile Discs), 자기 디스크(magnetic disk) 또는 자기 테이프(magnetic tape) 등과 같은 광학 또는 자기적 판독 가능 매체에, 저장될 수 있다.

[0287] 저장 장치 및 저장 미디어는, 실행될 때 일 실시 예들을 구현하는 명령어들을 포함하는 프로그램 또는 프로그램들을 저장하기에 적절한 기계-판독 가능 저장 수단의 실시 예들이다.

[0288] 상술한 구체적인 실시 예들에서, 발명에 포함되는 구성 요소는 제시된 구체적인 실시 예에 따라 단수 또는 복수로 표현되었다.

[0289] 그러나, 단수 또는 복수의 표현은 설명의 편의를 위해 제시한 상황에 적합하게 선택된 것으로서, 상술한 실시 예들이 단수 또는 복수의 구성 요소에 제한되는 것은 아니며, 복수로 표현된 구성 요소라 하더라도 단수로 구성되거나, 단수로 표현된 구성 요소라 하더라도 복수로 구성될 수 있다.

[0290] 한편 발명의 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 다양한 실시 예들이 내포하는 기술적 사상의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다.

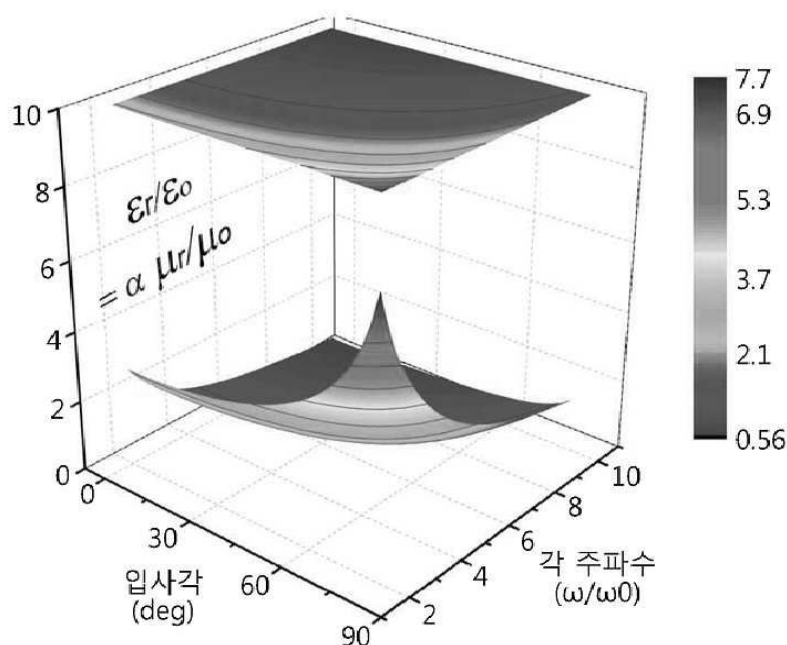
[0291] 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며 후술하는 청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

## 부호의 설명

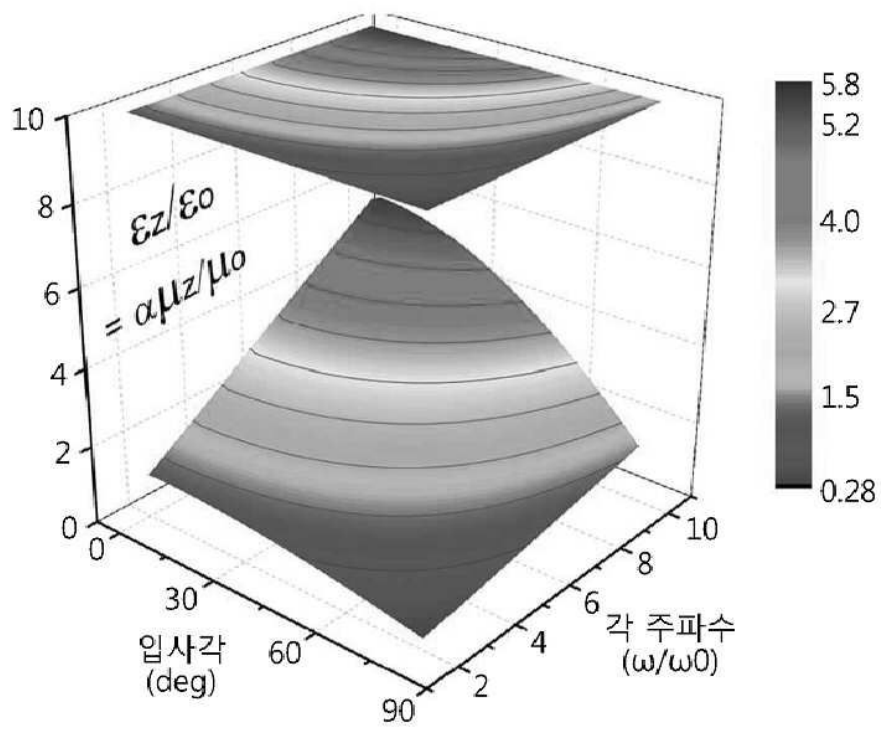
[0293] 200: 기관    201: 제1 층  
202: 제2 층    210: 제1 거리  
211: 제2 거리

## 도면

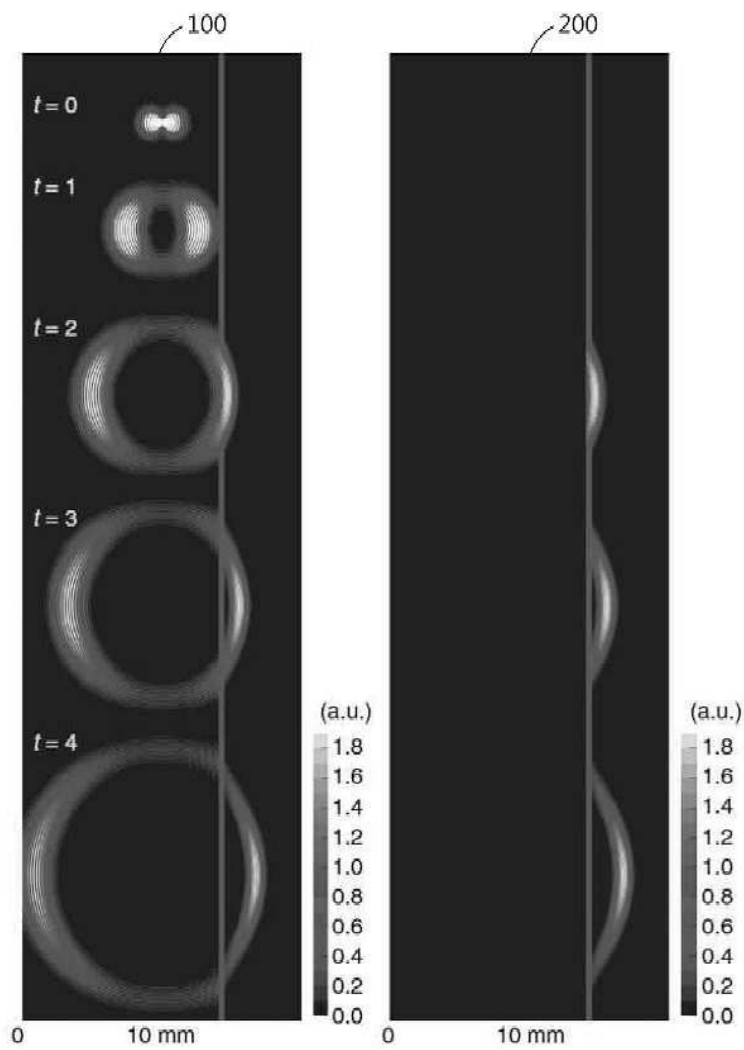
### 도면1a



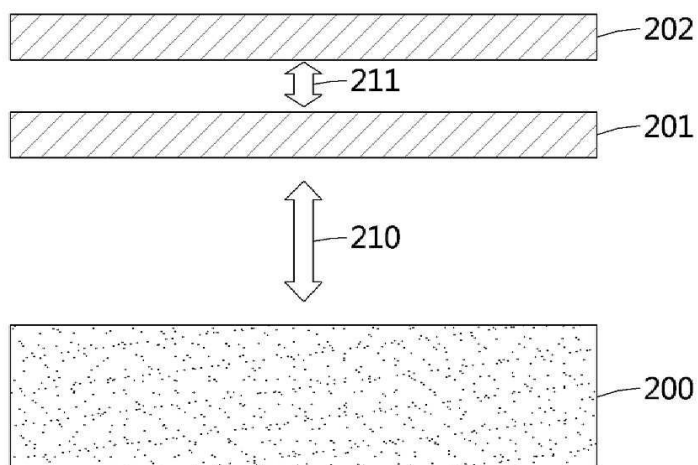
도면1b



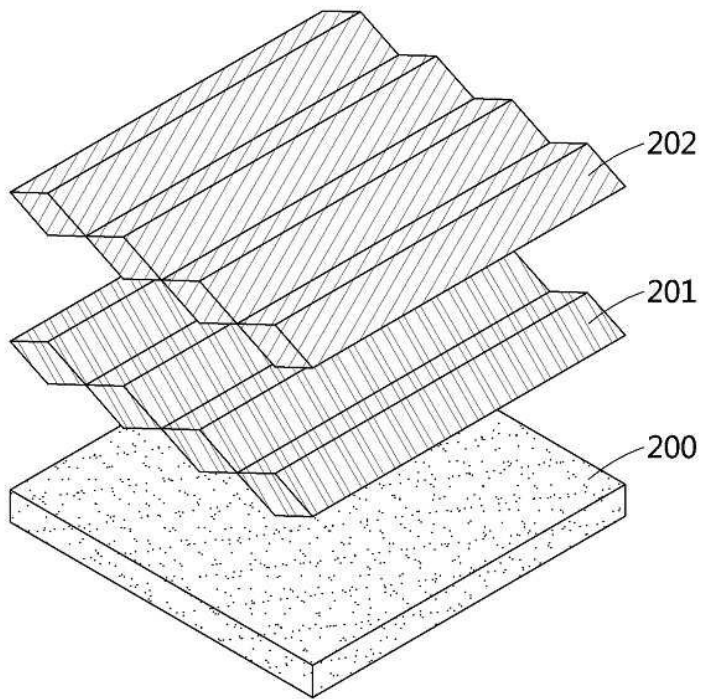
도면1c



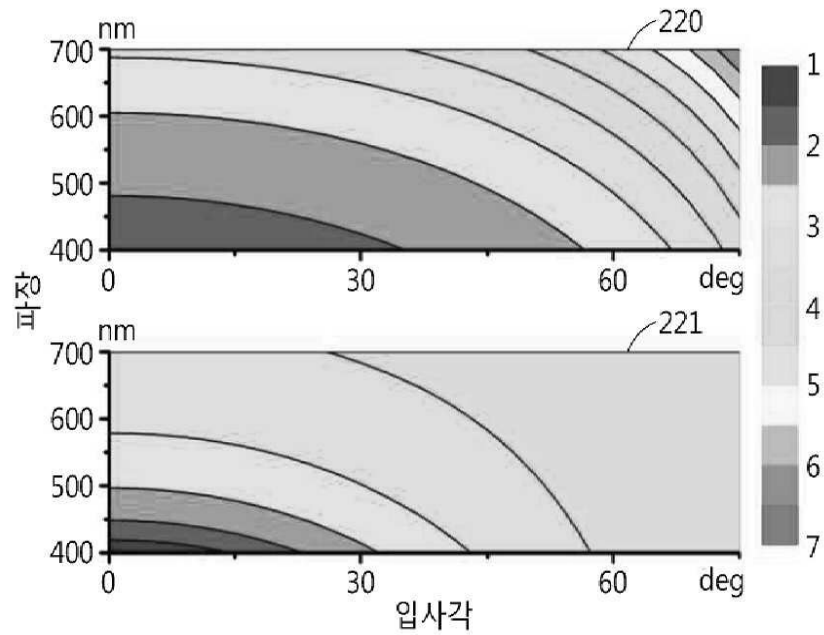
도면2a



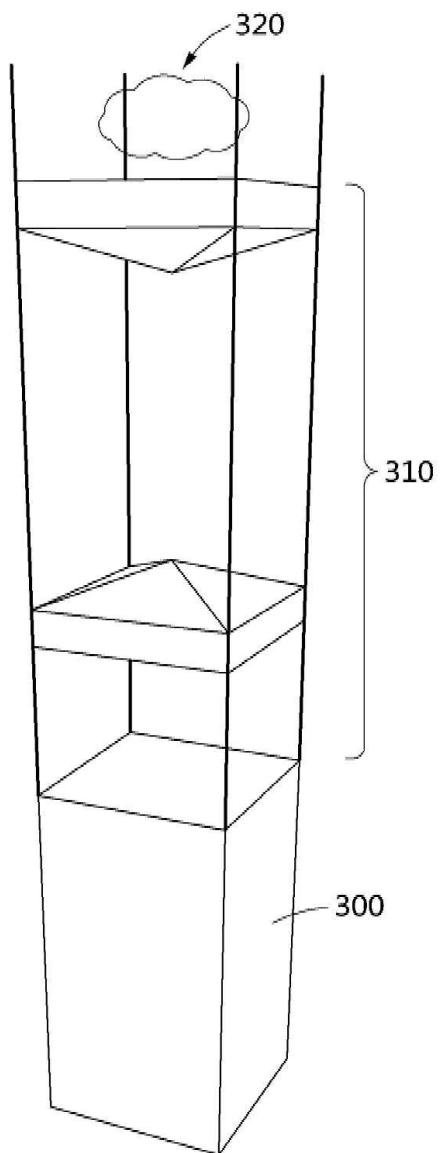
도면2b



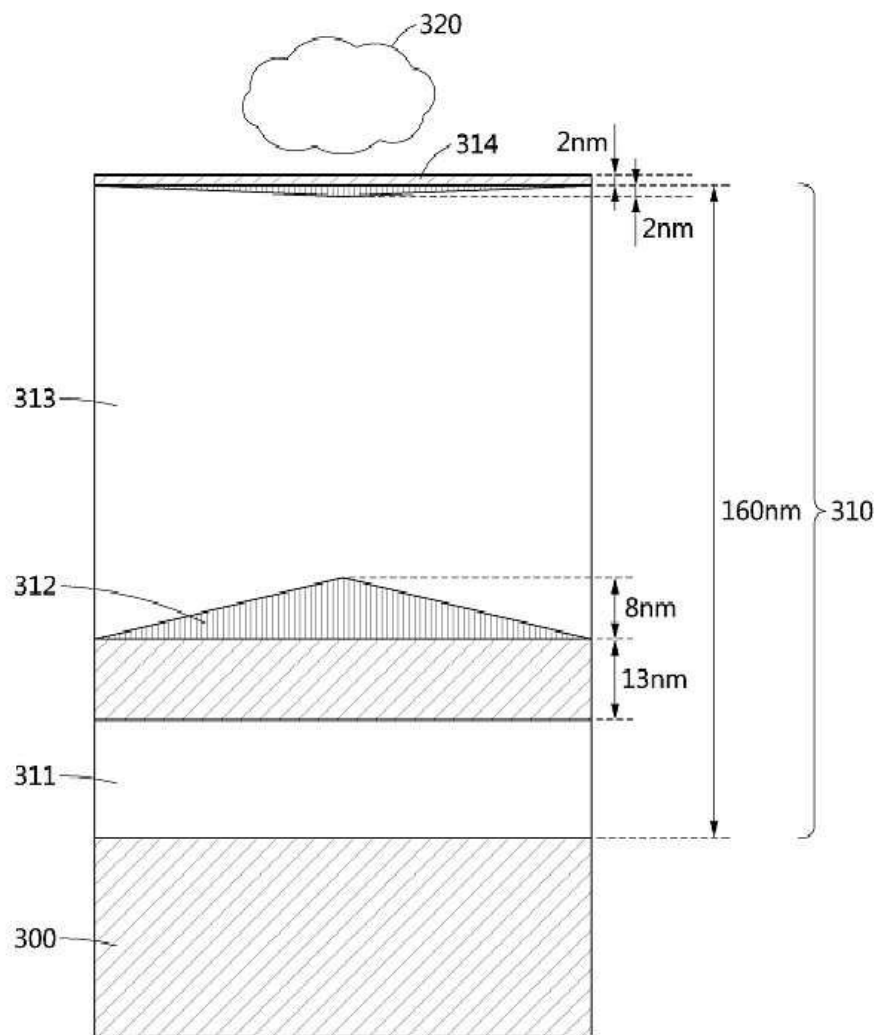
도면2c



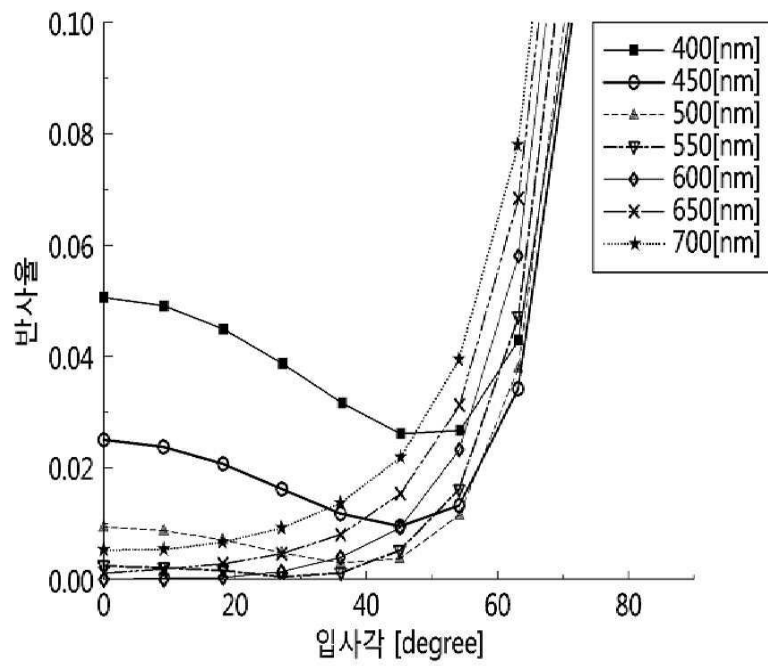
도면3a



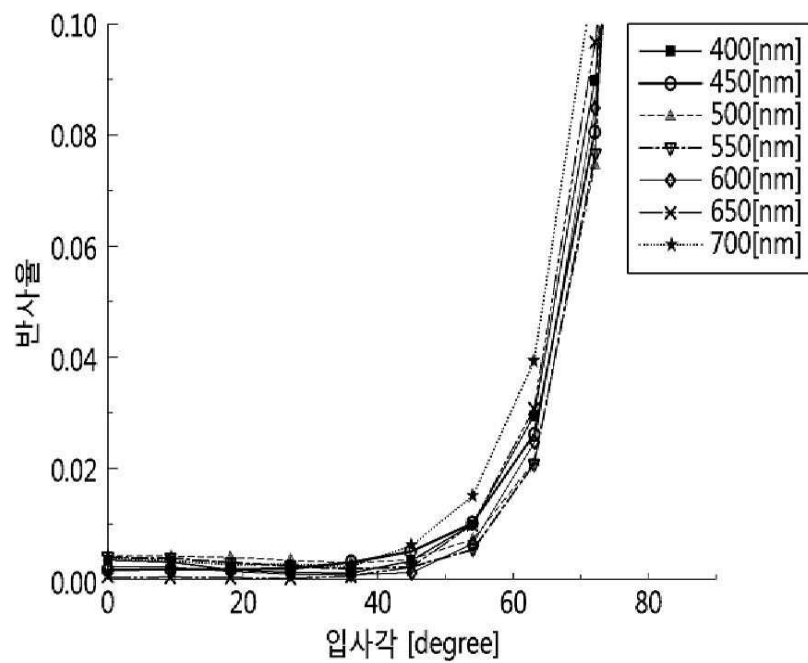
도면3b



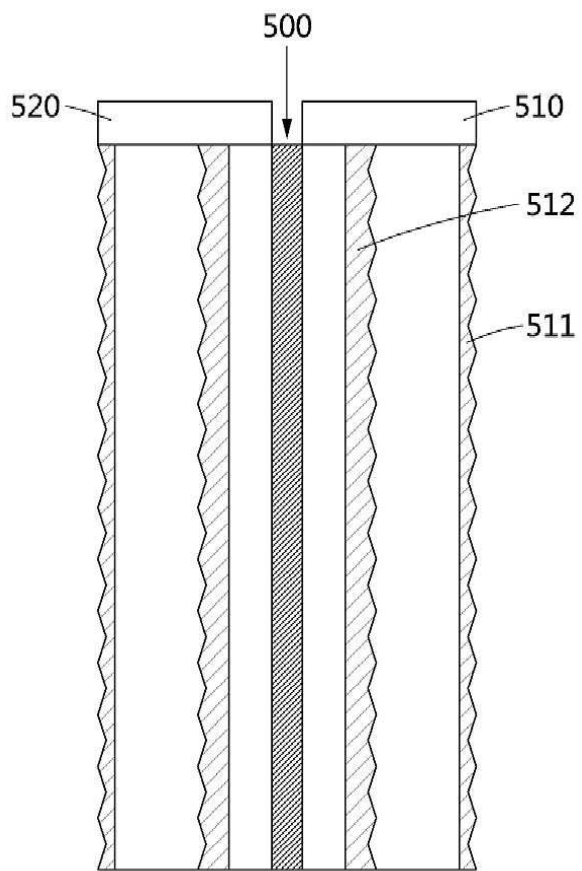
도면4a



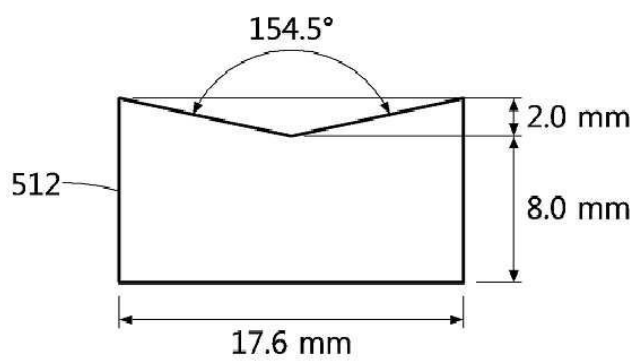
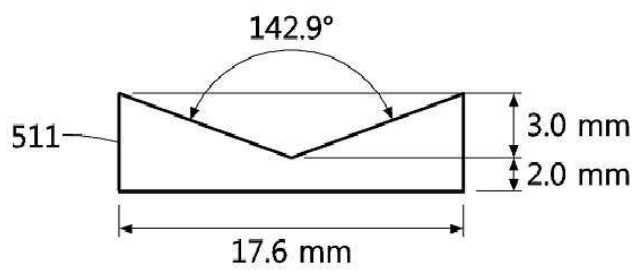
도면4b



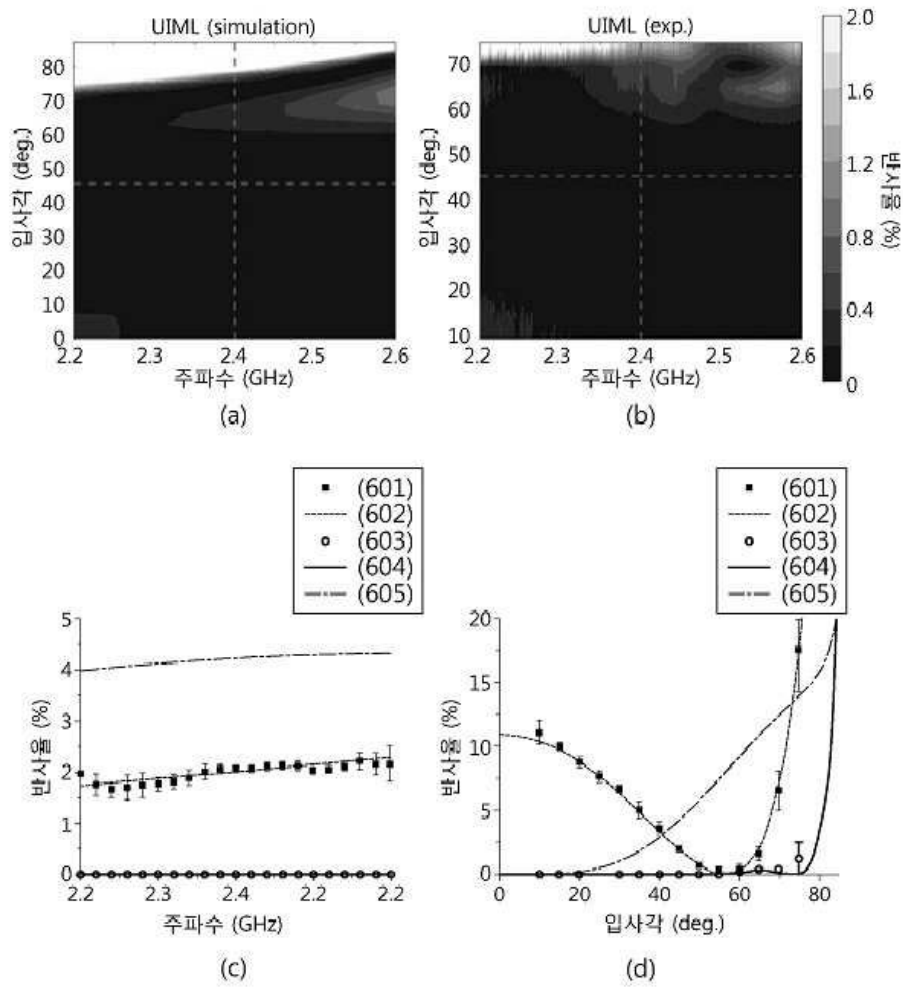
도면5a



도면5b



도면6



도면7

