



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년08월18일
 (11) 등록번호 10-0852756
 (24) 등록일자 2008년08월11일

(51) Int. Cl.

G02F 1/35 (2006.01) G02B 5/20 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0026186
 (22) 출원일자 2007년03월16일
 심사청구일자 2007년03월16일

(56) 선행기술조사문헌
 JP08146477 A
 KR100480443 B1
 JP09203915 A
 KR1020040034367 A

(73) 특허권자

한국과학기술연구원
 서울 성북구 하월곡2동 39-1

(72) 발명자

이경석
 서울 성북구 상월곡동 동아에코빌 아파트 111동 1702호

김원목

서울 노원구 중계1동 360-15 건영3차아파트 310-201

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김 순 영, 김영철

전체 청구항 수 : 총 15 항

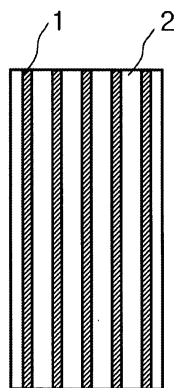
심사관 : 최창락

(54) 비선형 광학재료 및 광소자

(57) 요약

본 발명은 근적외선 통신과장 대역에서 투과밴드를 형성하고 역 패러데이 효과(inverse faraday effect)에 기반하여 초고속의 거대 3차 비선형 광학 특성을 구현하도록 제어된 비선형 광학재료 및 이를 사용하는 광소자에 관한 것으로, 원형 편광된 펄프빔을 입사받아 근적외선 통신과장 대역을 투과시키는 투명층; 및 상기 투명층을 투과한 펄프빔의 각운동량을 전달받아 자유전자의 스핀배향을 빛의 진행방향과 평행하게 정렬하고, 이에 따라 벡터 자기장을 형성하는 금속층이 교대로 배열된 금속-투명층 다층형 구조를 갖는 비선형 광학재료 및 상기 비선형 광학재료를 사용하는 광소자에 있어서, 상기 비선형 광학재료에 입사되어 상기 금속층 내의 자유전자의 스핀배향을 빛의 진행방향과 평행하게 정렬하고, 이에 따라 벡터자기장을 형성시키는 원형 편광된 펄프빔; 상기 형성된 자기장에 의해 패러데이 회전하는 선형 편광된 신호빔; 및 상기 패러데이 회전의 정도로부터 신호를 형성하는 신호 형성부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

이택성

서울 성북구 하월곡4동 222번지 두산 위브아파트
111동 601호

정병기

서울 성동구 응봉동 100 대림 APT 3-1304

특허청구의 범위

청구항 1

원형 편광된 펄프빔을 입사받아 근적외선 통신과장 대역을 투과시키는 투명층; 및

상기 투명층을 투과한 펄프빔의 각운동량을 전달받아 자유전자의 스핀배향을 빛의 진행방향과 평행하게 정렬하고, 이에 따라 벡터자기장을 형성하는 금속층이 교대로 배열된 금속-투명층 다층형 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 비선형 광학재료.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 근적외선 통신과장 대역은 700nm 내지 1800nm 범위의 과장 대역인 것을 특징으로 하는 비선형 광학재료.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 투명층은 그 투명층 재료의 선형 광 흡수율이 α 이고, 상기 근적외선 통신과장 대역의 동작과장에서 상기 투명층 재료의 선형 광 굴절율이 n 이라 할 때 수학식은 아래와 같으며,

$$\alpha \leq \frac{n}{350} \times 10^7 / \text{cm}$$

상기 수학식을 만족하는 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 비선형 광학재료.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 투명층은 산화물, 질화물, 황화물, 불화물, 셀레나이드, 4족 반도체, 3족-5족 반도체 및 이들의 혼합물로 구성된 무기재료, 유기재료 및 무기-유기 혼합/복합물로 구성된 군 중에서 선택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 비선형 광학재료.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 산화물은 Si-O, Ti-O, Zr-O, Hf-O, Al-O, Cd-O, Zn-O, In-O, Sn-O, Ga-O, Y-O, Be-O, Mg-O, W-O, V-O, Ba-Ti-O, Pb-Ti-O, Sr-Ti-O 결합을 가지는 산화물 및 이들을 포함하는 혼합물로 구성된 군 중에서 선택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 비선형 광학재료.

청구항 6

제 4항에 있어서,

상기 질화물은 Si-N, Si-O-N, Al-N, Al-O-N, Ga-N, B-N, In-N 결합을 가지는 질화물 및 이들을 포함하는 혼합물로 구성된 군 중에서 선택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 비선형 광학재료.

청구항 7

제 4항에 있어서,

상기 황화물은 Zn-S, Cd-S, Cu-S, Ba-S, Na-S, K-S, Pb-S, As-S 결합을 가지는 황화물 및 이들을 포함하는 혼합물로 구성된 군 중에서 선택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 비선형 광학재료.

청구항 8

제 4항에 있어서,

상기 불화물은 Mg-F, Ca-F, Na-F, Ba-F, Pb-F, Li-F, La-F 결합을 가지는 불화물 및 이들을 포함하는 혼합물로

구성된 군 중에서 선택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 비선형 광학재료.

청구항 9

제 4항에 있어서,

상기 셀레나이드는 Zn-Se, Cd-Se, Cu-Se, Pb-Se, As-Se 결합을 가지는 셀레나이드 및 이들을 포함하는 혼합물로 구성된 군 중에서 선택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 비선형 광학재료.

청구항 10

제 4항에 있어서,

상기 4족 반도체는 Si, Ge, SiC 및 이들을 포함하는 혼합물로 구성된 군 중에서 선택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 비선형 광학재료.

청구항 11

제 4항에 있어서,

상기 3족-5족 반도체는 Ga-As, In-P, Ga-P 결합을 가지는 3족-5족 반도체 및 이들을 포함하는 혼합물로 구성된 군 중에서 선택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 비선형 광학재료.

청구항 12

제 4항에 있어서,

상기 유기재료는 폴리카보네이트(Polycarbonate), 폴리메틸 메타크릴레이트(Polymethyl Methacrylate;PMMA), 메타크릴레이트 혼성 중합체(Methacrylate Copolymers), 사이클릭 올레핀 중합체(Cyclic Olefin Polymers), 스티렌 중합체(Styrenic Polymers), 폴리에스테르(Polyesters), 폴리이미드(Polyimides), 폴리에테르술폰(Polyethersulfone) 및 이들을 포함하는 혼합물로 구성된 군 중에서 선택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 비선형 광학재료.

청구항 13

제 1항에 있어서,

상기 금속층은 5nm 내지 50nm 범위의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 비선형 광학재료.

청구항 14

제 1항에 있어서,

상기 금속층은 금, 은, 구리, 백금 및 이들을 포함하는 합금으로 구성된 군 중에서 선택된 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 비선형 광학재료.

청구항 15

제 1항의 비선형 광학재료를 사용하는 광소자에 있어서,

상기 비선형 광학재료에 입사되어 상기 비선형 광학재료의 금속층 내의 자유전자의 스핀배향을 빛의 진행방향과 평행하게 정렬하고, 이에 따라 벡터자기장을 형성시키는 원형 편광된 펄스빔;

상기 형성된 벡터자기장에 의해 패러데이 회전하는 선형 편광된 신호빔; 및

상기 신호빔의 패러데이 회전에 따라 편광방향이 변화하는 정도를 측정하여 신호를 형성하는 신호 형성부를 포함하는 것을 특징으로 하는 광소자.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <15> 본 발명은 비선형 광학재료 및 광소자에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 근적외선 통신과장 대역에서 투과밴드를 형성하고 역 패러데이 효과(inverse faraday effect)에 기반하여 초고속의 거대 3차 비선형 광학 특성을 구현하도록 제어된 비선형 광학재료 및 이를 사용하는 광소자에 관한 것이다.
- <16> 3차 비선형 광학재료는 강한 세기의 빛이 조사될 경우 그 세기에 따라 굴절률이 변하는 재료로, 이들 재료를 투과/반사하는 광 신호 또한 진폭이나 위상의 변화를 겪게 된다. 이를 이용하면 광 신호의 점멸 및 진행경로를 전기적 변조과정 없이 광 자체만으로 제어할 수 있게 되어, 통신 용량의 속도 한계를 극복하고 미래의 광컴퓨터용 논리연산소자를 위한 궁극적 지향점인 초고속의 전광(all-optical) 통신소자 구현이 가능하다.
- <17> 집적화된 전광 통신소자의 구현을 위해 요구되는 재료물성들 중 핵심이 되는 것은 동작과장에서 선형 광 흡수가 작고, 거대 3차 비선형 광학계수 값을 가지며, 동시에 피코초 이하의 순간 반응 특성을 나타내어야 한다는 점이다. 그러나 현재까지도 만족할 만한 성능의 비선형 광학재료는 개발되지 못하고 있다. 일반적인 단일체(monolithic) 재료들은 3차 비선형 광학계수가 크면 반응속도가 느리고, 반응속도가 빠르면 비선형 광학계수가 작은 역비례 관계를 갖는 것이 통상적이다. 반면, 금속 및 반도체 나노입자가 실리카 등의 광학적으로 투명한 기지상 안에 균일하게 분산된 형태의 복합체 재료는 각기 유전구속효과(dielectric confinement effect)와 양자 구속효과(quantum confinement effect)에 의해 광학적 비선형성이 크게 증진되고, 특히 금속입자의 경우에는 피코초 이하의 매우 빠른 응답속도를 나타낸다고 보고되어 주목받고 있다. 하지만, 이들 나노입자 분산형 복합체 재료에서의 비선형성은 반도체 입자의 경우에는 전자의 밴드간 천이, 금속입자의 경우에는 전도전자의 집합 진동(collective oscillation)과 같은 공진 특성에 기반하므로, 비선형성이 최고가 되는 공진과장에서 선형 광흡수 역시 최대값을 나타내어 흡수손실을 피하기 어렵다는 문제점이 있다.
- <18> 비선형성이 발현되는 동작과장에 있어서도 기존의 광섬유기반 통신과장 대역이 1차 850nm부근부터, 2차 1310nm, 3차 1550nm 과장 대역에 이르기까지 근적외선 통신과장 대역에 걸쳐 있는데 반해, 금속입자를 사용하는 경우에는 전도전자의 집합 진동에 따른 표면 플라즈몬(surface plasmon) 공진 현상이 주로 가시광 대역에 국한되어 발생하므로 근적외선 통신과장 대역에서의 소자 응용이 제한된다는 단점이 있다. 반도체 입자의 경우에는 입자종의 선택이나, 입자 크기 조절만으로도 비교적 넓은 과장 범위에서 동작과장 대역을 변화시킬 수 있지만, 실제 전하 운반자(real charge carrier)의 밴드간 천이에 의존하므로 동작 속도가 제한되고, 포토 다크닝(photo darkening)과 같은 현상으로 인해 물질의 안정성에도 문제가 있다.
- <19> 젤루데프(Zheludev) 등은 벌크특성을 갖는 금 단일막에서의 비선형 광학특성에 관한 연구[N. I. Zheludev, et al. Opt. Lett., 20, 1368(1995)]를 통해 일반적으로 비선형성이 존재하지 않거나 무시할 정도로 작을 것으로 예측되던 근적외선 통신과장 대역에서 금속 내 자유전자의 스핀배향과 관련된 또 다른 형태의 비선형 광학기구가 존재함을 실험적으로 증명하였다. 자유전자 거동이 근적외선 통신과장 대역에서는 내부 d 준위 전자의 s-p 전도밴드로의 밴드간 천이에 기인하는 공진형 비선형성이 존재하지 않고, 나노입자와 같이 자유전자의 이동이 공간적으로 구속되지 않는 벌크상태에서는 케르형태(Kerr-Type)의 쌍극자 비선형성(dipole nonlinearity)도 나타나지 않는다. 반면, 플라즈마 상태의 전자들에 대해서는 원형 편광된 펌프빔(pump beam)이 조사될 때 전자기파의 각운동량이 전달되면서 빛의 진행방향으로 플라즈마 전자의 스핀배향이 이뤄지고 자기장이 형성되는 일종의 자기-광학 현상인 역 패러데이 효과가 존재함이 잘 알려져 왔다. 젤루데프 등의 연구는 고체금속에서도 자유전자에 의한 역 패러데이 효과가 발생함을 실험적으로 입증한 것으로, 1260nm 과장에서 원형 편광된 펌프빔을 금 단일막에 조사하여 축 방향의 자기장(axial magnetic field)을 형성시킨 상태에서 선형 편광된 신호빔(probe beam)을 동일 지점에 입사시켰을 때, 반사파에 유도되는 패러데이 회전에 의한 위상 변화를 측정된 결과, 펄스 초 수준의 매우 빠른 동작특성과 함께 10^{-8} esu 급의 비교적 큰 3차 비선형 광학계수 값을 나타낸다고 보고하였다.
- <20> 그러나, 이러한 금속 내 자유전자의 스핀배향과 연관된 역 패러데이 효과 기반 광학적 비선형성은 벌크 금속이나 금속 단일막을 사용하는 경우, 금속의 특성상 그 응용이 반사형 구조에 국한된다는 한계가 있다. 또한, 비교적 큰 3차 비선형 광학계수 값에도 불구하고 위상변이를 경험하는 반응길이(interaction length)가 금속의 표면 침도(skin depth)에 한정되므로, 실제 측정되는 물리량인 패러데이 회전각은 매우 작다는 문제가 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<21> 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 제안된 것으로, 금속에서의 역 패러데이 효과에 기반하면서도 다층형 구조를 통해 근적외선 통신과장 대역에서 투과형 동작이 가능하게 하고, 신호빔이 패러데이 회전을 하는 전체 반응길이를 증가시키며, 금속층 내에 인가되는 전기장의 크기를 증진시킴으로써 비선형 위상변이를 향상시키는 광학재료 및 이를 사용하는 광소자를 제공하는 것이 목적이다.

발명의 구성 및 작용

<22> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 원형 편광된 펄스빔을 입사받아 근적외선 통신과장 대역을 투과시키는 투명층; 및 상기 투명층을 투과한 펄스빔의 각운동량을 전달받아 자유전자의 스핀배향을 빛의 진행방향과 평행하게 정렬하고, 이에 따라 벡터자기장을 형성하는 금속층이 교대로 배열된 금속-투명층 다층형 구조를 갖는 것을 특징으로 한다.

<23> 또한, 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 상기 비선형 광학재료를 사용하는 광소자에 있어서, 상기 비선형 광학재료에 입사되어 상기 금속층 내의 자유전자의 스핀배향을 빛의 진행방향과 평행하게 정렬하고, 이에 따라 벡터자기장을 형성시키는 원형 편광된 펄스빔; 상기 형성된 자기장에 의해 패러데이 회전하는 선형 편광된 신호빔; 및 상기 패러데이 회전의 정도로부터 신호를 형성하는 신호 형성부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

<24> 이하, 본 발명의 비선형 광학재료 및 광소자를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다.

<25> 본 발명은 근적외선 통신과장 대역에서 투과밴드를 형성하고 역 패러데이 효과에 기반하여 초고속의 거대 3차 비선형 광학 특성을 구현하도록 제어된 비선형 광학재료 및 이를 사용하는 광소자에 관한 것이다.

<26> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 비선형 광학재료의 금속-투명층 다층형 구조를 도시하는 단면도이다. 상기 비선형 광학재료는 도 1에서 도시된 바와 같이 금속층(1) 및 투명층(2)이 교대로 또는 주기적으로 배열된 금속-투명층의 다층형 구조를 갖는다.

<27> 상기 금속층(1)은 약 700nm 내지 약 1800nm 범위의 근적외선 통신과장 대역에서 역 패러데이 효과를 나타낼 수 있도록 광학적 특성이 드루드 자유전자 모델의 지배를 받는 금속이면 어느 원소든지 사용 가능하다. 특히, 근적외선 통신과장 대역에서도 물질 자체의 흡수율이 무시할 정도로 낮아 포토닉 밴드갭 특성 구현에 적합한 금, 은, 구리, 백금 등의 귀금속과 이들 원소들을 주성분으로 하는 합금이 바람직하다. 상기 금속층(1)의 두께는 상기 근적외선 통신과장 대역의 동작과장에서 표면 침도의 수배 이하로 조절되며, 본 발명에서는 상기 금속층(1)은 약 5nm 내지 50nm 범위의 두께를 가진다.

<28> 상기 투명층(2)은 동작과장 대역에서 광학적으로 투명한 재료이면, 즉, 근적외선 통신과장 대역의 빛을 투과시키는 재료이면 유기재료, 산화물, 질화물, 황화물, 불화물, 셀레나이드, 4족 반도체, 3족-5족 반도체 및 이들의 혼합물로 구성된 무기재료 및 이들의 혼합/복합물 등 제한 없이 모두 사용할 수 있다. 특히, 동작과장인 상기 근적외선 통신과장 대역에서 선형 광 흡수율이 다음과 같은 조건을 만족하는 재료가 바람직하다. 여기서 α 는 투명층 재료의 선형 광 흡수율을 나타내고, n 은 해당 동작과장에서의 투명층 재료의 선형 광 굴절률을 나타낸다.

$$\alpha \leq \frac{n}{350} \times 10^7 / \text{cm}$$

<30> 상기 조건을 만족하는 투명층 재료로는, Si-O, Ti-O, Zr-O, Hf-O, Al-O, Cd-O, Zn-O, In-O, Sn-O, Ga-O, Y-O, Be-O, Mg-O, W-O, V-O, Ba-Ti-O, Pb-Ti-O, Sr-Ti-O 결합을 가지는 산화물, 예를 들면 SiO₂, TiO₂, ZrO₂, HfO₂, Al₂O₃, CdO, ZnO, In₂O₃, SnO₂, Ga₂O₃, Y₂O₃, BeO, MgO, WO₃, V₂O₃, BaTiO₃ 및 PbTiO₃ 등, 및 상기 산화물에 미량의 불순물이 포함된 혼합물과, Si-N, Si-O-N, Al-N, Al-O-N, Ga-N, B-N, In-N 결합을 가지는 질화물, 예를 들면 Si₃N₄, Al₃N₄ 등, 및 상기 질화물에 미량의 불순물이 포함된 혼합물이 있다.

<31> 또한, 상기 조건을 만족하는 투명층 재료로는, Zn-S, Cd-S, Cu-S, Ba-S, Na-S, K-S, Pb-S, As-S 결합을 가지는 황화물, 예를 들면 ZnS 등, 및 상기 황화물에 미량의 불순물이 포함된 혼합물과, Mg-F, Ca-F, Na-F, Ba-F, Pb-F, Li-F, La-F 결합을 가지는 불화물, 예를 들면 MgF₂, CaF₂, NaF, BaF₂, PbF₂, LiF, LaF 등, 및 상기 불화물에 미량의 불순물이 포함된 혼합물과, Zn-Se, Cd-Se, Cu-Se, Pb-Se, As-Se 결합을 가지는 셀레나이드, 예를 들면 ZnSe 등, 및 상기 셀레나이드에 미량의 불순물이 포함된 혼합물이 있다.

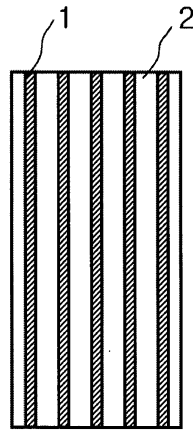
<32> 또한, 상기 투명층은, Si, Ge, SiC 등의 4족 반도체, Ga-As, In-P, Ga-P 결합을 가지는 3족-5족 반도체 및 상

기 반도체들에 미량의 불순물이 포함된 반도체로 이루어질 수 있으며, 폴리카보네이트(Polycarbonate), 폴리메틸 메타크릴레이트 (Polymethyl Methacrylate; PMMA), 메타크릴레이트 혼성 중합체(Methacrylate Copolymers), 사이클릭 올레핀 중합체(Cyclic Olefin Polymers), 스티렌 중합체(Styrenic Polymers), 폴리에스테르 (Polyesters), 폴리이미드(Polyimides), 폴리테터술폰(Polyethersulfone) 등의 유기재료 및 상기 유기재료에 미량의 불순물이 포함된 유기재료로 이루어질 수도 있다.

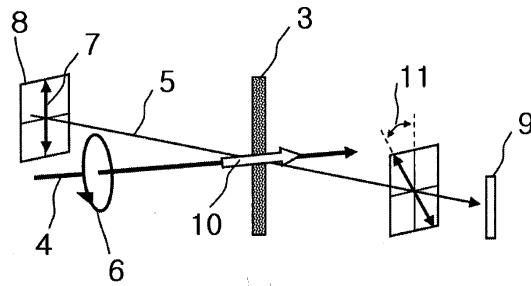
- <33> 상기 금속층(1)의 개수에 비례하여 비선형 광학현상이 일어나는 유효반응 길이가 증가하며, 동작과장은 각 층의 광학적 두께(optical thickness), 특히 상기 투명층(2)의 두께에 지배적으로 의존하여 포토닉 밴드갭 특성에 기인하는 투과/반사 밴드의 파장 대역으로부터 결정된다.
- <34> 도 1에서는 최외각 층에 내부 투명층의 절반 두께에 해당하는 투명층을 위치시켜 표면에서의 반사를 억제하고 전체 투과도의 향상을 도모한 비선형 광학재료의 금속-투명층 다층형 구조의 일 예를 도시하고 있지만, 투과도의 향상이나 광학적 특성의 증진을 위한 방안으로 무반사 코팅층의 도입, 최외각 금속층 두께의 감소, 내부 금속-투명층 간 주기적 구조의 임의 변조와 같이 종래의 포토닉 밴드갭 혹은 투명 금속(transparent metal) 구조에서 수용되고 있는 방식들을 적용할 수도 있다.
- <35> 도 2는 상기 비선형 광학재료 및 이를 사용하는 광소자의 동작 원리를 설명하는 개략도이다. 상기 본 발명에 따른 비선형 광학재료를 사용하는 광소자는 상기 비선형 광학재료(3), 상기 비선형 광학재료(3) 내의 금속층에 역 패러데이 효과를 유도하는 원형 편광된 펄스빔(4) 및 펄스빔(4)이 조사된 동일 영역을 전파해 나가는 선형 편광된 신호빔(5)을 포함하며, 상기 신호빔(5)의 편광방향이 패러데이 회전을 하며 변화하는 정도를 측정하기 위한 편광판(9)을 포함할 수도 있다. 또한, 상기 패러데이 회전의 정도로부터 신호를 형성하는 신호 형성부를 포함한다.
- <36> 도 2에서는 상기 펄스빔(4)의 원형 편광(6)이 우회전(right-handed) 편광된 경우를 예로 든 것이다. 본 발명에 따른 비선형 광학재료(3)에 강한 세기를 갖는 상기 펄스빔(4)을 수직 입사시키면, 상기 펄스빔(4)의 각운동량이 상기 비선형 광학재료(3)의 금속층 내 자유전자에 전달되면서 자유전자의 스핀배향이 빛의 진행방향과 평행하게 정렬되는 역 패러데이 효과가 발생하고, 이에 따라 벡터자기장(10)이 형성된다. 상기 펄스빔(4)이 조사되고 있는 동안, 동일영역을 약한 세기를 갖는 선형 편광된 신호빔(5)을 상기 펄스빔(4)과 평행하거나 혹은 보다 일반적으로는 신호 분리를 위해 소정 범위 이내의 각도를 갖도록 하여 전파시키면, 상기 신호빔(5)의 선형 편광(7)은 상기 펄스빔(4)에 의해 비선형 광학재료(3) 내에 형성된 자기장(10)의 영향을 받아 패러데이 회전을 한다. 이때, 패러데이 회전의 방향은 오른손 법칙을 따른다. 도 2에서 편광방향의 식별을 용이하게 하기 위해 마련된 기준 좌표(8)를 이용하여 살펴보면, 수직방향으로 표시된 상기 입사 신호빔(5)의 분극 방향이 출사단에서는 빛의 진행방향을 따라 볼 때 시계방향(clockwise)으로 일정 각도(11)만큼 회전하게 됨을 알 수 있다.
- <37> 상기 조사되는 펄스빔(4)의 원형 편광을 우회전 편광에서 좌회전(left-handed) 편광으로 바꾸면, 상기 비선형 광학재료(3) 내에 유도되는 자기장의 방향 또한 역전되며, 이에 따라 상기 신호빔(5)의 선형 편광은 시편을 지나면서 역 시계방향(counterclockwise)으로 회전하게 된다.
- <38> 도 3은 상기 비선형 광학재료에 의한 근적외선 통신과장 대역의 투과밴드 형성을 도시하는 도표이다. 본 발명의 일 실시예로, 상기 비선형 광학재료의 금속층으로 은을, 투명층으로 SiO₂를 선택하여 실리카 유리 기판 위에 은/SiO₂층이 총 20주기(period)가 되도록 교대로 배열한 비선형 광학재료의 파장에 따른 광 투과도 계산 결과를 도시한다.
- <39> 상기 비선형 광학재료 내부의 은과 SiO₂ 층의 두께는 각각 10 nm와 340 nm이며, 빛이 입사하는 표면부에서는 반사 손실을 최소화하기 위해 양 끝단에 위치하는 은 층의 두께를 8 nm로 얇게 적용하고 그 외곽을 무반사층 역할을 하는 180 nm 두께의 SiO₂층이 둘러싸는 구조를 취하였다. 도 3의 투과 곡선은 상기 구조에 대해 1100nm 내지 1400 nm 파장 대역에서 투과밴드가 형성됨을 도시한다. 상기 실시예에 사용된 은 층의 총 두께가 196 nm 임을 고려할 때, 금속 단일막으로는 불가능한 수준의 높은 투과도가 포토닉 밴드갭의 공진 특성으로부터 발휘되었음을 알 수 있다.
- <40> 단파장 대역에서 나타나는 부수적인 투과밴드들은 고조파(harmonic) 특성에 기인한 것이다. 이때, 투과밴드의 파장 대역은 투명층인 SiO₂ 층의 두께로 조절할 수 있으며, SiO₂ 층의 두께를 증가시키면 장파장 쪽으로, 감소시키면 단파장 쪽으로 투과밴드가 이동하게 된다. 은 층의 두께는 투과밴드의 대역폭과 전체 투과도에 영향을 미치며, 그 두께가 증가함에 따라 대역폭은 좁아지고 투과도는 감소하게 된다.

도면

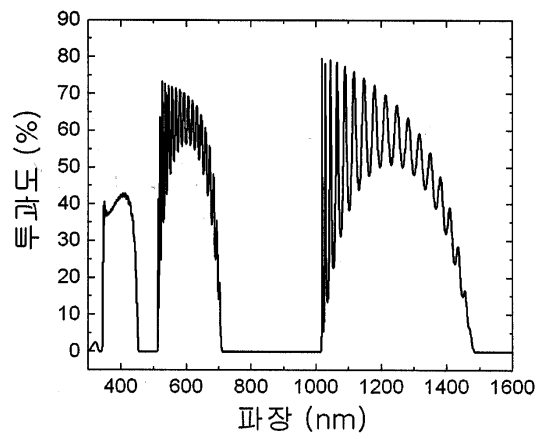
도면1



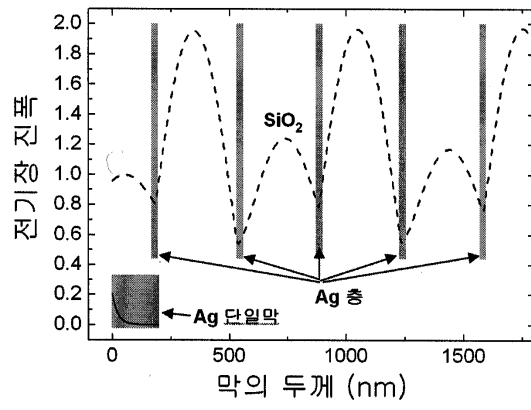
도면2



도면3



도면4



도면5

