(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년05월12일
(11) 등록번호 10-1519500
(24) 등록일자 2015년05월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B82B 1/00 (2006.01) *B82B 3/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0111842
(22) 출원일자 2014년08월26일
심사청구일자 2014년08월26일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020140039608 A*
JP2006331703 A
KR1020030084279 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
최덕현
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 경희대학교 국제캠퍼스 (서천동)
이승우
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 경희대학교 국제캠퍼스 (서천동)
윤대성
경기도 수원시 영통구 동탄원천로881번길 35, 502동 304호(매탄동, 주공그린빌아파트)
(74) 대리인
유미특허법인

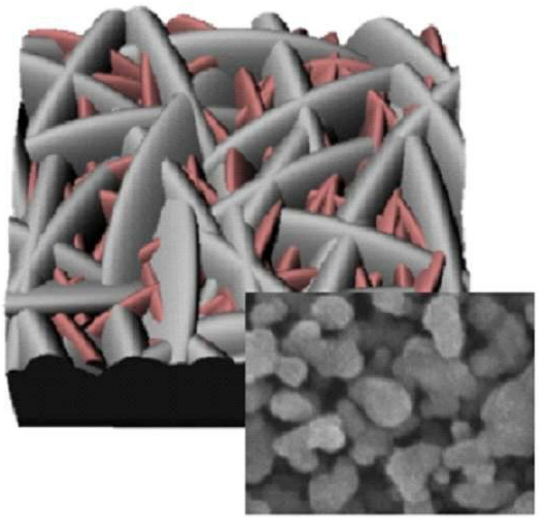
전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 이소영

(54) 발명의 명칭 **플라즈모닉 나노 구조체 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은, 알루미늄을 포함하는 기판; 상기 기판상에 위치하고, 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층; 및 상기 수산화 알루미늄층 표면에 결합한 복수의 금속 나노 입자;를 포함하는 플라즈모닉 나노 구조체 및 그 제조방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 20118520010050-11-2-100(1차), 20118520010050-12-2-
부처명 산업통상자원부(지식경제부)
연구관리전문기관 한국에너지기술평가원
연구사업명 에너지국제공동연구사업
연구과제명 융복합 소자 기반 에너지변환효율 10%급 저비용 CIGS 태양전지 기술개발
기 여 율 1/2
주관기관 성균관대학교
연구기간 2011.12.01 ~ 2014.11.30
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 20110008589(1차), 20120003957(2차), 2013028572(3차)
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단(학술진흥)
연구사업명 일반연구자지원사업
연구과제명 대면적 균일한 나노 플라즈모닉 플랫폼 개발 및 나노바이오 에너지/전자소자 응용
기 여 율 1/2
주관기관 경희대학교
연구기간 2011.05.01 ~ 2014.04.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

알루미늄을 포함하는 기판;

상기 기판상에 위치하고, 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층; 및

상기 수산화 알루미늄층 표면에 결합한 복수의 금속 나노 입자;를 포함하고,

상기 판상 형태의 나노 입체 돌기는 5 ㎚ 내지 20 ㎚의 폭, 50 ㎚ 내지 500 ㎚의 선길이 및 100 ㎚ 내지 500 ㎚의 높이를 가지며,

상기 판상 형태의 나노 입체 돌기와 상기 기판이 이루는 각도가 0° 초과 90° 이하이고,

20° 내지 160° 의 접촉각을 갖는 플라즈모닉 나노 구조체.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 수산화 알루미늄층 표면에 결합한 복수의 금속 나노 입자의 두께가 1 ㎚ 내지 100 ㎚인, 플라즈모닉 나노 구조체.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 금속 나노 입자는 금, 은, 구리, 알루미늄, 루세늄으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나의 금속의 나노 입자를 포함하는, 플라즈모닉 나노 구조체.

청구항 6

삭제

청구항 7

제 1항에 있어서,

가시광선 영역에서 광흡수율의 최대값과 최소값의 차이가 0.2 a.u 내지 0.9 a.u 인, 플라즈모닉 나노 구조체.

청구항 8

알루미늄 금속을 알카리 처리하여 알루미늄을 포함하는 기판 및 상기 기판상에 위치하고, 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층을 제조하는 단계; 및

상기 수산화 알루미늄층 표면에 복수의 금속 입자를 형성하는 단계;를 포함하는, 플라즈모닉 나노 구조체 제조방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 알카리는 농도가 0.01M 내지 0.1M이고, 온도가 70℃ 내지 90℃인, 플라즈모닉 나노 구조체 제조방법.

청구항 10

제 8항에 있어서,

상기 알루미늄 금속을 알카리 처리하여 알루미늄을 포함하는 기판 및 상기 기판상에 위치하고, 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층을 제조하는 단계 이후에,

표면 안정화 단계를 더 포함하는, 플라즈모닉 나노 구조체 제조방법.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 표면 안정화 단계는,

상기 알루미늄을 포함하는 기판 및 상기 기판상에 위치하고, 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층을 90℃ 내지 110℃ 온도의 탈 이온수에 첨가하는 단계를 포함하는, 플라즈모닉 나노 구조체 제조방법.

청구항 12

제 8항에 있어서,

상기 수산화 알루미늄층 표면에 복수의 금속 입자를 형성하는 단계는,

1,000℃이상의 온도에서 금, 은, 구리, 알루미늄, 루테늄으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나의 금속을 상기 수산화 알루미늄층 상에 기상 증착시키는 단계를 포함하는, 플라즈모닉 나노 구조체 제조방법.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 1,000℃이상의 온도에서 금, 은, 구리, 알루미늄, 루테늄으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나의 금속을 상기 수산화 알루미늄층 상에 기상 증착시키는 단계는,

10^{-5} Torr 내지 10^{-3} Torr 의 압력에서, 0.2 Å/s 내지 0.8 Å/s 의 속도로 진행되는, 플라즈모닉 나노 구조체 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 플라즈모닉 나노 구조체 및 그 제조방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 대면적으로 용이하게 제조할 수 있고, 기능성을 갖는 세라믹 소재를 이용하여 표면 특성 및 플라즈모닉 특성을 조절할 수 있는, 플라즈모

닉 나노 구조체 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 플라즈모닉(Plasnmonic) 효과는 외부의 빛에 의해 금속 내의 자유전자가 집단적으로 진동하는 현상으로 금속에서 나타나는 광-전자효과로, 이러한 효과는 특정 파장의 입사광에서 대부분의 광 에너지가 자유전자로 전이되는 공명 현상에 의한 것이다.

[0003] 플라즈모닉 구조체는 플라즈모닉 공명 주파수를 조절하기 위하여 금이나 은과 같은 금속 입자의 크기 및 배열을 변경할 수 있다. 이때, 박막 혹은 입자의 크기를 수십 나노미터 수준으로 매우 작게 유지하며, 입자간 거리 또한 수십 나노미터 수준을 유지하는 것이 플라즈모닉 공명 주파수를 증가시키는데 중요한 요인으로 작용한다.

[0004] 이에 따라, 금속 나노 입자의 크기를 조절하고 입자간 거리를 일정하게 유지시키기 위해 다양한 연구들이 진행되어 왔고, 나노패터닝, 나노리소그래피법 등이 주로 사용되고 있다. 하지만, 나노패터닝, 나노리소그래피법은 일반적으로 고가의 장비를 사용하여 제조과정이 매우 복잡하며, 이로부터 제조된 플라즈모닉 구조체에서 발생하는 플라즈모닉 효과가 국부적이고, 구조체의 크기가 제한적이다.

[0005] 이에, 간단한 방법으로 형성가능하며, 플라즈모닉 효과를 용이하게 조절할 수 있는 플라즈모닉 구조체의 개발이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 대면적의 나노 입체 구조를 용이하게 형성할 수 있고, 간단한 방법으로 표면 특성 및 플라즈모닉 특성을 조절할 수 있는 플라즈모닉 나노 구조체 및 그 제조방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 명세서에서는, 대면적의 나노 입체 구조를 용이하게 형성할 수 있고, 간단한 방법으로 표면 특성 및 플라즈모닉 특성을 조절할 수 있는 플라즈모닉 나노 구조체가 제공된다.

[0008] 본 명세서에서는 또한, 상기 플라즈모닉 나노 구조체의 제조방법이 제공된다.

[0009] 이하 발명의 구체적인 구현예에 따른 플라즈모닉 나노 구조체 및 그 제조방법 에 대하여 보다 상세하게 설명하기로 한다.

[0010] 발명의 일 구현예에 따르면, 알루미늄을 포함하는 기판; 상기 기판상에 위치하고, 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층; 및 상기 수산화 알루미늄층 표면에 결합한 복수의 금속 나노 입자;를 포함하는 플라즈모닉 나노 구조체가 제공될 수 있다.

[0011] 본 발명자들은 알루미늄을 포함하는 기판; 상기 기판상에 위치하고, 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층; 및 상기 수산화 알루미늄층 표면에 결합한 복수의 금속 나노 입자;를 포함하는 플라즈모닉 나노 구조체를 이용하면, 대면적의 나노 입체 구조를 용이하게 형성할 수 있으면서, 상기 나노 입체 구조에 금속 입자를 증착시키는 간단한 방법으로 상기 플라즈모닉 나노 구조체의 표면 특성 및 플라즈모닉 특성을 대폭 조절할 수 있다는 점을 실험을 통하여 확인하고 발명을 완성하였다.

[0012] 구체적으로 상기 플라즈모닉 나노 구조체는 알루미늄을 포함하는 기판을 포함할 수 있다. 상기 기판은 순수한 알루미늄 금속을 수산화나트륨 수용액과 반응시키고 난 이후에 남아있는 알루미늄 금속 부분을 의미한다.

[0013] 또한, 상기 플라즈모닉 나노 구조체는 상기 기판상에 위치하고, 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층을 포함할 수 있다. 상기 수산화 알루미늄층은 상술한 순수한 알루미늄 금속이 수산화나트륨 수용액과 반응하여 형성된 수산화 알루미늄 부분을 의미한다. 상기 플라즈모닉 나노 구조체가 상기 기판상에 위치하고, 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층을 포함함에 따라, 대면적의 3차원 나노 구조를 형성할 수 있다.

[0014] 상기 판상 형태는 수평면으로 비교적 엷은 판자와 같이 배열되어 있는 구조를 의미하고, 상기 돌기는 일부가 뾰족하게 내밀거나 도드라진 구조를 각각 의미한다. 상기 판상 형태의 나노 입체 돌기는 하기 도 2(a)에 나타난

바와 같이, 상기 기판의 표면상에 뾰족하게 내밀거나 도드라진 형태로 형성될 수 있다.

[0015] 보다 구체적으로, 상기 판상 형태의 나노 입체 돌기는 5㎚ 내지 20㎚의 폭, 50㎚ 내지 500㎚의 선길이 및 100㎚ 내지 500㎚의 높이를 가질 수 있다. 상기 선길이는 상기 기판의 평면도에서 정의 또는 확인되는 상기 판상 형태의 나노 입체 돌기의 길이를 의미한다. 상술한 바와 같이, 상기 판상 형태의 나노 입체 돌기가 나노 수준의 크기를 가짐에 따라, 상기 플라즈모닉 나노 구조체의 플라즈모닉 공명 효과가 증폭될 수 있다.

[0016] 상기 판상 형태의 나노 입체 돌기는 다각기둥, 반원기둥 등의 형태로 직선상으로 곧게 뻗어있을 수도 있고, 상기 다각기둥, 반원기둥 등의 형태에서 곡선을 그리며 휘어 있을 수도 있다. 또한, 상기 판상 형태의 나노 입체 돌기끼리는 서로 교차하면서 만나는 상태일 수도 있고, 서로 평행하여 상기 판상 형태의 나노 입체 돌기를 아무리 길게 늘여도 서로 만나지 않는 상태일 수도 있으며, 상기 판상구조끼리 교차하지도 평행하지도 않지만 길게 늘이면 교차할 수 있는 상태일 수도 있다.

[0017] 또한, 상기 판상 형태의 나노 입체 돌기와 상기 기판이 이루는 각도는 0° 초과 90° 이하, 또는 60° 내지 90°, 또는 70° 내지 90°, 또는 80° 내지 90° 일 수 있다. 상기 판상 형태의 나노 입체 돌기와 상기 기판이 이루는 각도는, 상기 판상 형태의 나노 입체 돌기와 상기 기판이 만나고 있는 접점을 포함하도록 상기 판상 형태의 나노 입체 돌기와 상기 기판의 표면상에 직선을 그었을 때, 상기 두 직선이 이루는 각도 중 더 작은 값을 의미할 수 있다. 상기 두 직선이 이루는 각도가 90° 로 같은 경우에는, 상기 판상 형태의 나노 입체 돌기와 상기 기판이 이루는 각도는 90° 이고, 상기 기판상에 상기 판상 형태의 나노 입체 돌기가 수직으로 형성된 것을 의미할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 플라즈모닉 나노 구조체는 상기 수산화 알루미늄층 표면에 결합한 복수의 금속 나노 입자를 포함할 수 있다. 상기 플라즈모닉 나노구조체는 금이나 은과 같은 금속입자의 크기 및 배열을 변경함으로써, 플라즈모닉 공명 주파수를 조절할 수 있다.

[0019] 상기 복수의 금속 나노 입자는 1㎚ 내지 100㎚, 또는 3㎚ 내지 100㎚, 또는 4㎚ 내지 100㎚의 두께를 가질 수 있다. 상기 수산화 알루미늄층 표면에는 상기 복수의 금속 나노 입자가 결합하여 일정한 두께를 나타낼 수 있고, 상기 두께에 따라 표면 특성 및 플라즈모닉 특성이 크게 변화할 수 있다.

[0020] 또한, 상기 금속 입자는 1㎚ 내지 100㎚, 또는 2㎚ 내지 40㎚, 또는 3㎚ 내지 30㎚의 직경을 가질 수 있다. 상기 금속 나노 입자는 그 크기가 균일하여 매우 좁은 입자 크기 분포도를 가질 뿐만 아니라 높은 순도를 가져, 나노 입자로서 갖는 적절한 물성을 확보할 수 있다.

[0021] 상기 금속 나노 입자는 금, 은, 구리, 알루미늄, 루세늄 등과 같이 자유전자가 많은 금속의 나노 입자를 포함할 수 있다.

[0022] 상기 수산화 알루미늄층 표면에 상기 금속 나노 입자를 결합하는 방법의 예가 크게 한정되는 것은 아니나, 예를 들어, 스퍼터링(sputtering), 열 또는 전자빔 증발법(thermal or e-beam evaporation), 펄스 레이저 증착법(pulse laser deposition), 분자 빔 증착법(Molecular beam epitaxy), 진공 열 증착법 또는 화학증착법(CVD) 등을 사용할 수 있다.

[0023] 한편, 상기 플라즈모닉 나노 구조체는 20° 내지 160°, 또는 25° 내지 158°, 또는 40° 내지 157°, 또는 90° 내지 156° 의 접촉각을 가질 수 있다. 상기 접촉각은 액체가 고체표면 위에서 열역학적으로 평형을 이룰 때 유체와 고체가 이루는 각을 의미하며, 상술한 바와 같이, 상기 접촉각이 90° 이하이면 액체가 그 표면 위에 퍼져 그 표면을 그 액체로 젖게 만드는 친수성과 우수한 습윤성(wettability)을 나타내고, 상기 접촉각이 90° 이상이면 구상의 액체 방울이 그 고체 표면을 적시지 않고 구상을 계속 유지하는 소수성을 나타낼 수 있다. 상기 플라즈모닉 나노 구조체는 상술한 바와 같이, 상기 수산화 알루미늄층 표면에 상기 복수의 금속 나노 입자가 결합하여 일정한 두께를 나타낼 수 있고, 상기 두께에 따라 접촉각이 20° 내지 160° 으로 다양하게 변화할 수 있다.

[0024] 또한, 상기 플라즈모닉 나노 구조체는 가시광선 영역에서 광흡수율의 최대값과 최소값의 차이가 0.2 a.u 내지 0.9 a.u, 또는 0.3 a.u 내지 0.9 a.u, 또는 0.4 a.u 내지 0.9 a.u, 또는 또는 0.5 a.u 내지 0.9 a.u 일 수 있다. 광흡수는 물체에 입사한 빛이 물체 중을 통과하는 동안에 흡수에 의해서 그 세기가 약해지는 것을 의미하며, 상기 가시광선 영역은 사람의 눈에 보이는 전자기파의 영역으로서, 400 ㎚ 내지 700 ㎚의 파장대를 의미한다. 상술한 바와 같이, 상기 플라즈모닉 나노 구조체는 외부의 광에너지를 흡수하여 자유전자의 진동에너지로 전이되는 공명 현상을 통해 상기 광흡수가 진행될 수 있다. 상기 플라즈모닉 나노 구조체는 3차원 구조로 가져 상술한 공명 현상을 통한 광흡수 파장의 구간이 하기 도3에 나타난 바와 같이, 넓은 파장대에 걸쳐 형성될

수 있다.

[0025] 상기 플라즈모닉 나노 구조체의 가시광선 영역에서 광흡수율의 최대값과 최소값의 차이가 0.2 a.u 미만이면, 상기 플라즈모닉 나노 구조체의 금속 증착에 따른 플라즈몬 산란에 의한 광흡수 공명 현상이 충분하지 않아, 광흡수가 특정 파장에서 증폭되는 플라즈모닉 특성이 충분하지 못할 수 있다.

[0026] 상기 광흡수가 증폭되는 특정 파장은 상기 플라즈모닉 나노 구조체에 증착된 복수의 금속 나노 입자의 두께에 따라 달라질 수 있고, 이에 따라, 상기 플라즈모닉 나노 구조체는 다양한 색깔을 구현할 수 있다.

[0027] 상술한 일 구현예의 3차원 플라즈모닉 나노 구조체는 대면적으로 플라즈모닉 광증폭현상이 요구되는 태양전지, 컬러필터, 바이오센서, 발광소자, 2차전지 등의 광소자로 사용될 수 있다.

[0028] 한편, 발명의 다른 구현예에 따르면, 알루미늄 금속을 알카리 처리하여 알루미늄을 포함하는 기판 및 상기 기판상에 위치하고, 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층을 제조하는 단계; 및 상기 수산화 알루미늄층 표면에 복수의 금속 입자를 형성하는 단계를 포함하는 플라즈모닉 나노 구조체 제조방법이 제공될 수 있다.

[0029] 본 발명자들은 알루미늄 금속을 알카리 처리하여 알루미늄을 포함하는 기판 및 상기 기판상에 위치하고, 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층을 제조하는 단계; 및 상기 수산화 알루미늄층 표면에 복수의 금속 입자를 형성하는 단계를 포함하는 플라즈모닉 나노 구조체 제조방법을 이용하면, 대면적을 갖는 나노 입체 구조를 용이하게 제조할 수 있다는 점을 실험을 통하여 확인하고 발명을 완성하였다.

[0030] 구체적으로, 상기 플라즈모닉 나노 구조체 제조방법은 알루미늄 금속을 알카리 처리하여 알루미늄을 포함하는 기판 및 상기 기판상에 위치하고, 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층을 제조하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 알루미늄 금속에 단순히 알카리 처리를 하는 간단하면서도 저렴한 방법을 통해, 대면적을 갖는 나노 크기의 구조체를 형성할 수 있다. 상기 알루미늄 금속이 알카리와 반응한 부분은 상기 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층을 형성하며, 상기 알루미늄 금속이 알카리와 반응하지 않고 남은 부분이 상기 알루미늄을 포함하는 기판을 형성할 수 있다.

[0031] 상기 알루미늄 금속의 구체적인 형태의 예가 크게 한정되는 것은 아니나, 방사선 조사하는 장비의 한계로 인해 예를 들어, 가로 30㎜ 내지 70㎜, 세로 20㎜ 내지 60㎜, 높이 0.5㎜ 내지 1.5㎜의 사각 기둥 형태를 가질 수 있다.

[0032] 상기 알카리(alkali)는 수용액이 염기성을 나타내는 화합물을 의미하며, 주로 알칼리 금속 및 알칼리 토류 금속 원소의 수산화물 또는 알칼리 금속의 탄산염, 암모니아, 아민류 등을 포함할 수 있고, 바람직하게는 수산화 나트륨(NaOH) 수용액을 사용할 수 있다.

[0033] 상기 수산화 나트륨 수용액은 농도가 0.01M 내지 0.1M, 온도가 70℃ 내지 90℃일 수 있다. 또한, 상기 알루미늄 기판은 5분 내지 20분 동안 알카리 처리할 수 있다. 상기 수산화 나트륨 수용액의 농도, 온도 및 반응시간을 적절히 유지함에 따라, 상기 알루미늄을 포함하는 기판 및 상기 기판상에 위치하고, 특정 폭, 선길이 및 높이를 갖는 판상 형태의 나노 입체 돌기를 형성할 수 있다.

[0034] 상기 알루미늄 금속을 알카리 처리하여 알루미늄을 포함하는 기판 및 상기 기판상에 위치하고, 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층을 제조하는 단계 이후에 표면 안정화 단계를 더 포함할 수 있다.

[0035] 상기 표면 안정화 단계는 상기 알루미늄을 포함하는 기판 및 상기 기판상에 위치하고, 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층을 90℃ 내지 110℃, 또는 95℃ 내지 105℃ 온도의 탈 이온수에 첨가하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 탈 이온수는 이온교환 수지로 정제한 물을 의미한다.

[0036] 또한, 상기 플라즈모닉 나노 구조체 제조방법은 상기 수산화 알루미늄층 표면에 복수의 금속 입자를 형성하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 수산화 알루미늄층 재료는 표면에너지가 작아 별도의 열처리과정이 없이도 증착된 금속이 나노 입자의 형태를 가질 수 있다.

[0037] 상기 수산화 알루미늄층 표면에 복수의 금속 나노 입자를 형성하는 단계는, 1,000℃이상, 또는 1,500℃ 내지 2,500℃의 온도에서 금, 은, 구리, 알루미늄, 루테늄으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나의 금속을 상기 수산화 알루미늄층 상에 기상 증착시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0038] 상기 1,000℃이상, 또는 1,500℃ 내지 2,500℃의 온도에서 금, 은, 구리, 알루미늄, 루테늄으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나의 금속을 상기 수산화 알루미늄층 상에 기상 증착시키는 단계에서, 가열온도가 1,000℃ 미만이면, 상기 고체상의 금속이 충분히 증발할 수 없다.

[0039] 상기 1,000℃이상, 또는 1,500℃ 내지 2,500℃의 온도에서 금, 은, 구리, 알루미늄, 루테늄으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나의 금속을 상기 수산화 알루미늄층 상에 기상 증착시키는 단계는 10^{-5} Torr 내지 10^{-3} Torr, 또는 2×10^{-4} Torr 내지 9×10^{-4} Torr, 또는 3×10^{-4} Torr 내지 5×10^{-4} Torr의 압력에서, 0.2 Å/s 내지 0.8 Å/s, 또는 0.3 Å/s 내지 0.7 Å/s, 또는 0.4 Å/s 내지 0.6 Å/s 의 속도로 진행될 수 있다. 상기 금속 증착시의 압력이 지나치게 작거나, 증착 속도가 지나치게 작으면, 상기 수산화 알루미늄층 상에 상기 금속이 충분히 증착하지 못해, 플라즈모닉 특성이 감소할 수 있다.

발명의 효과

[0040] 본 발명에 따르면, 대면적의 나노 입체 구조를 용이하게 형성할 수 있고, 간단한 방법으로 표면 특성 및 플라즈모닉 특성을 조절할 수 있는 플라즈모닉 나노 구조체 및 그 제조방법이 제공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0041] 도 1은 플라즈모닉 나노 구조체의 모식도를 나타낸 것이다.

도 2는 플라즈모닉 나노 구조체의 표면 SEM이미지를 나타낸 것이다.

도 3은 플라즈모닉 나노 구조체의 광 흡수 스펙트럼을 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0042] 발명을 하기의 실시예에서 보다 상세하게 설명한다. 단, 하기의 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기의 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니다.

[0043] **<실시예 1내지 5: 플라즈모닉 나노 구조체의 제조>**

[0044] (1) 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층이 형성된 알루미늄 기판의 제조

[0045] 99.5 중량%로 알루미늄을 포함하는 알루미늄 합금을 이용하여 가로50㎜, 세로40㎜, 높이 1㎜인 판 형태의 피처리물을 제조하고, 상기 피처리물을 80℃의 0.05M 수산화나트륨(NaOH) 수용액에 넣고 10분 동안 반응시켰다. 상기 10분이 지난 후에, 100℃ 온도의 탈 이온수에 상기 피처리물을 넣어 표면을 안정화시켜 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층이 형성된 알루미늄 기판을 제조하였다.

[0046] (2) 플라즈모닉 나노 구조체의 제조

[0047] 진공챔버 내에 상기 판상 형태의 나노 입체 돌기가 형성된 수산화 알루미늄층이 형성된 알루미늄 기판을 넣고, 저 진공 펌프를 이용하여 초기 진공도를 2.7×10^{-2}Torr로 유지한 후에 저 진공 펌프 밸브를 폐쇄하고, 로타리 펌프를 사용하여 최종 진공도를 3.5×10^{-4}Torr로 유지하였다.

[0048] 순도 99.99%인 은을 포함한 증착용 시료에 45A의 전류를 가해 온도를 2,000℃로 올리고, 0.5Å/s의 속도로 은 입자를 증착시켜 플라즈모닉 나노 구조체를 제조하였다. 이때, 상기 증착된 은 입자들이 형성한 은 층이 하기 표1에 나타난 두께를 갖도록 하였다.

[0049] **<비교예1 : 플라즈모닉 나노 구조체의 제조>**

[0050] 하기 표 1에 나타난 바와 같이, 은 입자를 증착하지 않는 것을 제외하고, 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 상기 플라즈모닉 나노 구조체를 제조하였다.

[0051] **<실험예 : 실시예 및 비교예에서 얻어진 플라즈모닉 나노 구조체의 물성 측정>**

[0052] 상기 실시예 및 비교예에서 얻어진 플라즈모닉 나노 구조체의 물성을 하기 방법으로 측정하였으며, 그 결과를

표1에 나타내었다.

[0053] 1.금속층의 두께

[0054] 상기 실시예 및 비교예에서 얻어진 플라즈모닉 나노 구조체에 대하여, Room temperature 에서 Field-emission scanning electron microscopy(FE-SEM; LEO SUPRA 55, Carl Zeiss) 장치를 이용하여 Cross Section 방법으로 상기 금속층의 두께를 측정하였다.

[0055] 2.표면형태

[0056] 상기 실시예 및 비교예에서 얻어진 플라즈모닉 나노 구조체에 대하여, Field-emission scanning electron microscopy(FE-SEM; LEO SUPRA 55, Carl Zeiss) 장치를 이용하여, SEM이미지를 통해 표면형태를 확인하였다.

[0057] 3.광흡수율(a.u)

[0058] 상기 실시예 및 비교예에서 얻어진 플라즈모닉 나노 구조체에 대하여, 분광광도계를 이용하여 200㎚ 내지 800㎚에서의 광흡수율을 측정하였다.

[0059] 4.접촉각(Contact angle)

[0060] 상기 실시예 및 비교예에서 얻어진 플라즈모닉 나노 구조체에 대하여, Room condition에서 Camera 장치를 이용하여 Static 방법으로 접촉각을 측정하였다.

[0061] 상기 실시예 및 비교예에 대한 실험예의 결과를 하기 표1 및 2에 기재하였다.

표 1

[0062]

	은층의 두께 (㎚)	표면형태	광흡수율(a.u)	접촉각
실시예1	5	도2 b)	도3	22 °
실시예2	10	도2 c)		27 °
실시예3	20	도2 d)		50 °
실시예4	30	도2 e)		155 °
실시예5	70	도2 f)		95 °
비교예1	0	도2 a)		0 °

[0063] 상기 표1에 나타난 바와 같이, 실시예 1내지 3의 표면형태를 살펴보면, 도2 b) 내지 도2 d)와 같이, 증착된 은 금속이 입자의 형태로 존재하는 반면, 실시예 4내지 5의 표면형태를 살펴보면, 도2 e) 내지 도2 f)와 같이, 증착된 은 입자들이 서로 연결되어 필름 형태로 수산화 알루미늄을 덮고 있는 것을 확인할 수 있다.

[0064] 또한, 순수한 수산화 알루미늄만 존재하는 비교예1은 접촉각이 0 °를 나타낸 반면, 실시예 1내지 5의 경우, 접촉각이 22 °내지 155 °로 다양한 표면 특성을 구현할 수 있음을 확인할 수 있다. 특히, 은층의 두께가 30㎚인 경우에는, 은이 수산화 알루미늄의 표면을 완전히 덮어 접촉각이 155 °를 나타내어 초소수성의 특징을 나타내었다.

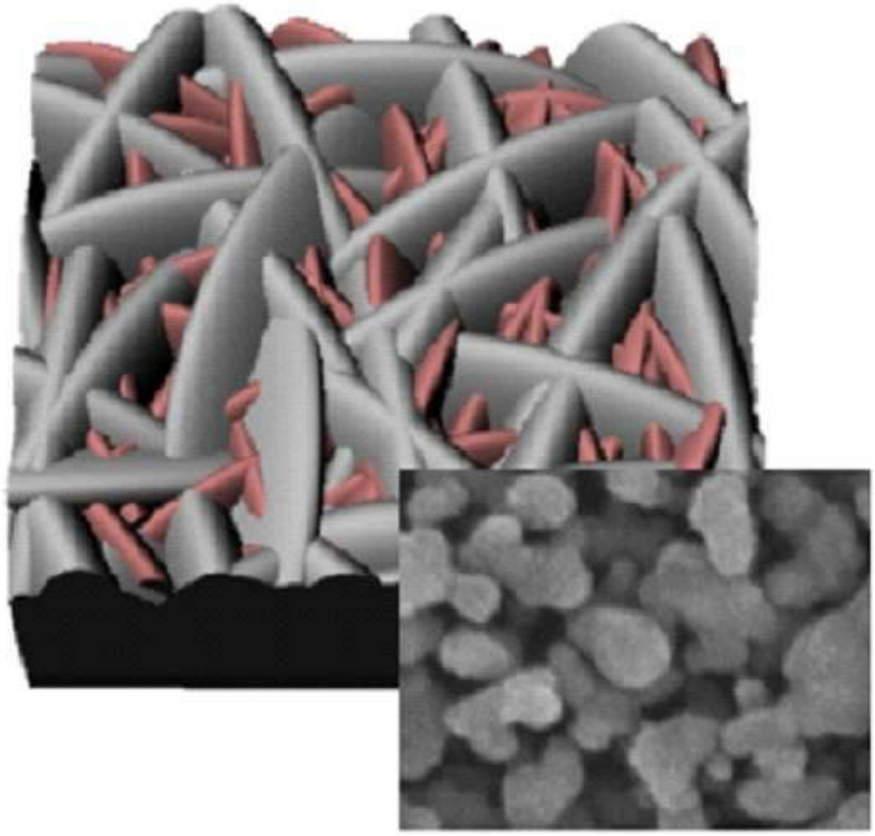
[0065] 이를 통해, 증착하는 금속의 두께를 변화시키는 간단한 방법으로 상기 플라즈모닉 나노 구조체의 표면특성을 대폭 변화시킬 수 있다는 점을 확인할 수 있다.

[0066] 또한, 실시예와 비교예의 광흡수 스펙트럼을 비교하면, 실시예1 내지 5는 은 금속의 증착으로인해, 비교예1에 비해 가시광선 파장대인 380㎚ 내지 700㎚ 전 영역에서 광흡수율이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 실시예 1 내지 5에서, 은 금속의 증착 두께가 변함에 따라, 광흡수가 증폭되는 위치가 달라져, 각기 다른 색상을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

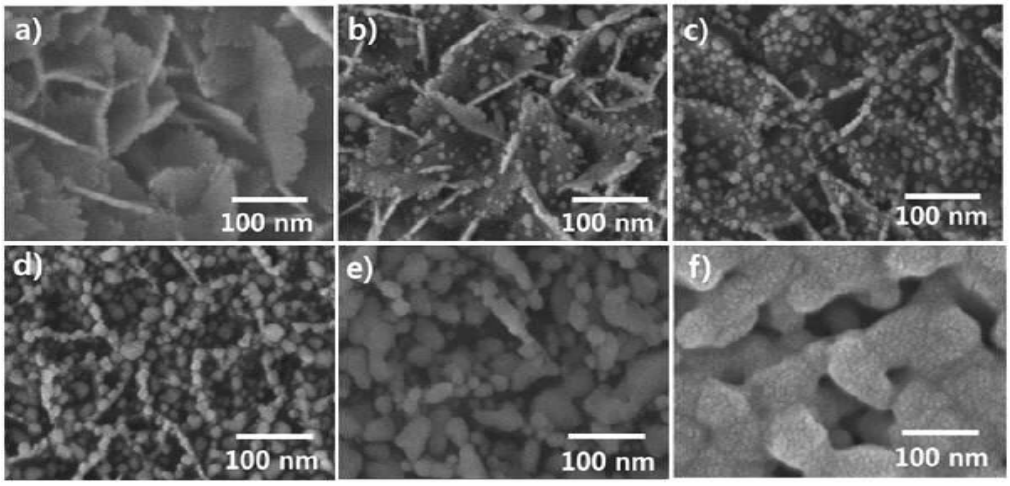
[0067] 즉, 증착하는 금속의 두께를 변화시키는 간단한 방법으로 플라즈모닉 공명주파수의 위치를 다양하게 변화시킴으로써, 상기 플라즈모닉 나노 구조체의 플라즈모닉 특성을 쉽게 제어할 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

도면

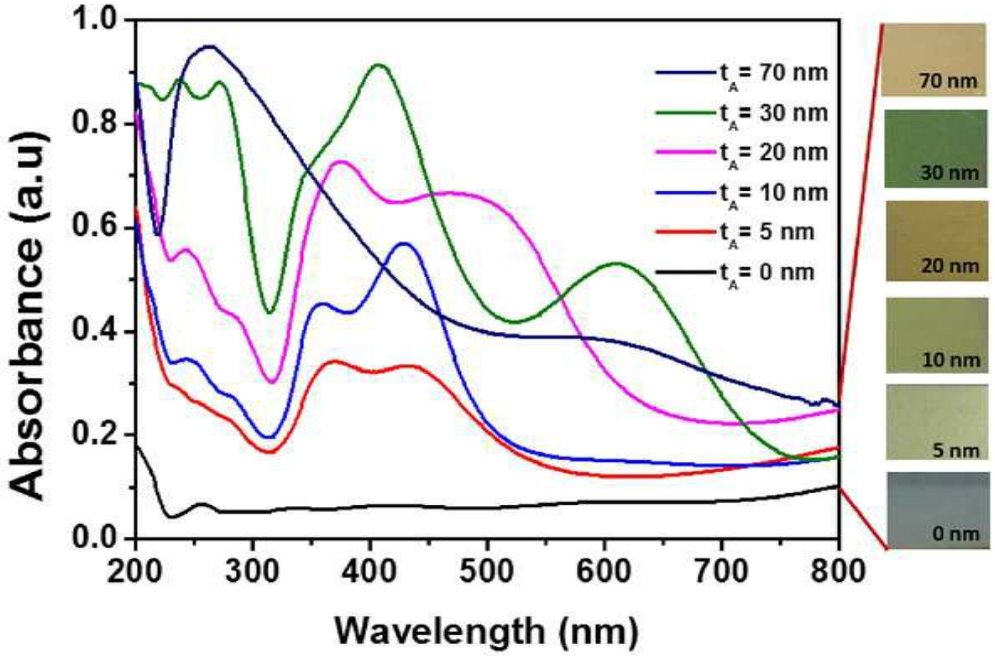
도면1



도면2



도면3


1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
Absorbance (a.u)
200
300
400
500
600
700
800
Wavelength (nm)
t_A = 70 nm
t_A = 30 nm
t_A = 20 nm
t_A = 10 nm
t_A = 5 nm
t_A = 0 nm
70 nm
30 nm
20 nm
10 nm
5 nm
0 nm