(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0129007
(43) 공개일자 2012년11월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02B 5/00 (2006.01) *G02B 1/11* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0046998
(22) 출원일자 2011년05월18일
심사청구일자 2011년05월18일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 내 (서천동, 경희대학교)
(72) 발명자
유재수
서울특별시 강남구 삼성2동 서광아파트 102동 506호
임정우
경기도 수원시 영통구 매영로425번길 8, 205호 (영통동)
송영민
광주광역시 북구 첨단과기로 123, 기혼자아파트 F동 405호 (오룡동, 광주과학기술원)
(74) 대리인
서재승

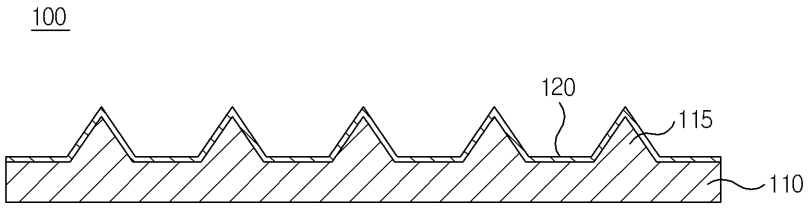
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **광파장 이하의 격자 미세 구조물을 갖는 반사 방지막과 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 실리콘막(Si)의 표면에 무반사 광파장 이하의 미세 구조물과 실리콘 산화막(SiOx)을 마련하여 표면 반사율을 더욱 저감시키고 광학 소자의 성능을 더욱 향상시킬 수 있는 광파장 이하의 격자 미세 구조물을 갖는 반사 방지막과 그 제조방법에 관한 것이다. 본 발명에 의한 반사 방지막은, 상면에 광파장 이하의 주기로 배치되는 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 마련된 실리콘막(Si), 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물을 포함하는 실리콘막의 상면을 덮는 실리콘 산화막(SiOx)을 포함한다. 본 발명에 의한 반사 방지막은 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 마련된 실리콘막의 표면이 실리콘 산화막으로 코팅됨으로써, 종래의 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물만 형성된 구조에 비해 표면 반사율이 낮고, 실리콘막의 표면이 물리적?화학적 충격으로부터 보호됨과 동시에 전기적 손실 또한 작다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

(a) 실리콘막(Si)의 상면에 광파장 이하의 주기로 배치되는 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물을 형성하는 단계; 및

(b) 상기 실리콘막의 표면을 산화시켜 상기 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물을 포함하는 상기 실리콘막의 상면에 실리콘 산화막(SiOx)을 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 반사 방지막의 제조방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 (a) 단계는 홀로그램 리소그래피, 전자빔 리소그래피, 나노임프린트 리소그래피, 자가 마스크(self-masked) 패턴 형성 중에서 선택된 패턴 형성 방법과 반응성이온 식각, 유도결합플라즈마 식각 중에서 선택된 식각 방법으로 상기 실리콘막의 상면에 상기 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물을 형성하는 것을 특징으로 하는 반사 방지막의 제조방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 (b) 단계는 상기 실리콘막을 가열실에 넣고 상기 가열실에 산소(O_2)와 열 또는 수증기(H_2O)와 열을 공급하여 상기 실리콘막의 표면을 산화시키는 것을 특징으로 하는 반사 방지막의 제조방법.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 의한 제조방법에 의해 만들어지는 것을 특징으로 하는 반사 방지막.

청구항 5

상면에 광파장 이하의 주기로 배치되는 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 마련된 실리콘막(Si); 및

상기 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물을 포함하는 상기 실리콘막의 상면을 덮는 실리콘 산화막(SiOx);을 포함하는 것을 특징으로 하는 반사 방지막.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물은 원뿔형 또는 파라볼라(parabola)형으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 반사 방지막.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 반사 방지막에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 광학 소자의 입사면에 배치되어 표면 반사율을 저감시키고 투과성을 향상시킬 수 있는 광파장 이하의 격자 미세 구조물을 갖는 반사 방지막과 그 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 들어 광학적 바이오 센서, LED, 태양전지, 평판형 디스플레이 등 광학 소자(optical element)를 갖는 디바이스의 시장 규모는 세계적으로 지속적인 성장을 거듭하고 있고, 이에 대한 수요도 증가하고 있다. 이와 함께 광학 소자의 표면 반사를 줄여 광학적 특성을 개선하기 위한 연구도 활발하게 이루어지고 있다.

[0003] 표면 반사를 줄이기 위한 무반사 처리는 광학 소자에 있어 매우 중요한 역할을 한다. 예컨대, 디스플레이의 경

우 여러 장의 광학 패널이 사용되므로, 무반사 처리를 하지 않으면 빛이 여러 장의 광학 패널을 거치면서 투과율이 크게 떨어질 수 있다. 태양전지의 경우, 표면 반사로 인해 에너지 효율이 떨어지기도 한다.

[0004] 광학 소자의 반사를 줄이기 위한 방법으로, 단?다층 박막을 통한 무반사 코팅이 알려져 있다. 그러나 이러한 방법은 박막 간의 열적 불일치(thermal mismatch), 접착(adhesion)의 문제, 박막 증착 조건의 까다로움 등의 여러 가지 문제점을 가지고 있다.

[0005] 반사를 줄이기 위한 다른 방법으로, 미세한 격자 구조를 만드는 방법이 있다. 격자 주기가 주기적이고 광파장 이하가 되면, 표면 반사율이 떨어질 뿐 아니라 강한 산란광을 만들어내지도 않으므로, 무반사 특성이 나타나게 된다. 이러한 원리를 이용하는 구체적인 방법으로, 입사한 빛의 파장보다 작은 파장 이하의 주기적인 미세 구조물(subwavelength grating: SWG)을 광학 소자의 표면에 형성하는 방법이 알려져 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 최근 광파장 이하의 주기적인 미세 구조물을 더욱 효과적이고 저비용으로 형성하고, 그 형상이나 높이를 개선하여 무반사 특성을 높이려는 다양한 연구가 이루어지고 있다.

[0007] 본 발명은 이러한 점을 감안하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 실리콘막(Si)의 표면에 무반사 광파장 이하의 미세 구조물과 실리콘 산화막(SiOx)을 마련하여 표면 반사율을 더욱 저감시키고 광학 소자의 성능을 더욱 향상시킬 수 있는 광파장 이하의 격자 미세 구조물을 갖는 반사 방지막과 그 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 반사 방지막의 제조방법은, (a) 실리콘막(Si)의 상면에 광파장 이하의 주기로 배치되는 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물을 형성하는 단계, (b) 상기 실리콘막의 표면을 산화시켜 상기 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물을 포함하는 상기 실리콘막의 상면에 실리콘 산화막(SiOx)을 형성하는 단계를 포함한다.

[0009] 상기 (a) 단계는 홀로그램 리소그래피, 전자빔 리소그래피, 나노임프린트 리소그래피, 자가 마스크(self-masked) 패턴 형성 중에서 선택된 패턴 형성 방법과 반응성이온 식각, 유도결합플라즈마 식각 중에서 선택된 식각 방법으로 상기 실리콘막의 상면에 상기 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물을 형성할 수 있다.

[0010] 상기 (b) 단계는 상기 실리콘막을 가열실에 넣고 상기 가열실에 산소(O_2)와 열 또는 수증기(H_2O)와 열을 공급하여 상기 실리콘막의 표면을 산화시킬 수 있다.

[0011] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 반사 방지막은, 상면에 광파장 이하의 주기로 배치되는 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 마련된 실리콘막(Si), 상기 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물을 포함하는 상기 실리콘막의 상면을 덮는 실리콘 산화막(SiOx)을 포함한다.

[0012] 상기 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물은 원뿔형 또는 파라볼라(parabola)형으로 이루어질 수 있다.

발명의 효과

[0013] 본 발명에 의한 반사 방지막은 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 마련된 실리콘막의 표면이 실리콘 산화막으로 코팅됨으로써, 종래의 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물만 형성된 구조에 비해 표면 반사율이 낮고, 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 마련된 실리콘막의 표면이 물리적?화학적 충격으로부터 보호될 수 있다.

[0014] 또한 본 발명에 의한 반사 방지막은 실리콘 산화막이 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 마련된 실리콘막의 표면을 전기적으로 패시베이션(passivation)함으로써 종래에 비해 전기 전도도가 우수하다.

[0015] 또한 본 발명에 의한 반사 방지막은 LED, 태양전지, 바이오 센서 등 각종 광학 소자에 적용되어 광학 소자의 내구성 및 성능을 향상시킬 수 있다. 특히 LED에 적용되는 경우 고효율의 광출력을 낼 수 있고, 태양광 감도가 가장 높은 가시광 영역에서 낮은 반사율을 갖도록 제작하면 고효율의 태양전지를 구현할 수 있다.

[0016] 또한 본 발명은 종래의 무반사 미세 구조물의 형성방법이 갖는 식각 선택비의 한계나 광학 소자의 식각 특성에 따라 형성할 수 있는 무반사 미세 구조물의 높이나 형상의 제한에 따른 무반사 특성 향상의 한계를 실리콘 산화

막을 코팅하는 방법으로 극복할 수 있다.

[0017] 또한 본 발명은 매장량이 풍부한 실리콘을 기반으로 함으로써 반사 방지 효율이 우수한 반사 방지막을 저가로 구현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 반사 방지막을 나타낸 측단면도이다.

도 2는 홀로그램 리소그래피 공정을 이용하여 실리콘막의 표면에 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물을 형성하는 과정을 나타낸 것이다.

도 3은 실리콘막의 표면에 산소와 열을 공급하여 실리콘 산화막을 형성하는 건식산화 공정을 나타낸 것이다.

도 4는 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 형성된 실리콘막, 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물 형성 후 산화 처리된 실리콘막 및 산화 처리된 실리콘막을 각각 나타낸 SEM 이미지이다.

도 5는 실리콘막, 산화 처리된 실리콘막, 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 형성된 실리콘막, 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물 형성 후 산화 처리된 실리콘막에 대한 반사율을 각각 나타낸 그래프이다.

도 6은 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물 형성 후 산화 처리된 실리콘막의 633nm 파장에서의 입사각 의존도 측정 결과를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명에 의한 반사 방지막 및 그 제조방법에 대하여 상세히 설명한다.

[0020] 본 발명을 설명함에 있어서, 도면에 도시된 구성요소의 크기나 형상 등은 설명의 명료성과 편의를 위해 과장되거나 단순화되어 나타날 수 있다. 또한, 본 발명의 구성 및 작용을 고려하여 특별히 정의된 용어들은 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 이러한 용어들은 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.

[0021] 도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 반사 방지막을 나타낸 측단면도이다.

[0022] 도 1에 도시된 것과 같이, 본 발명의 일실시예에 의한 반사 방지막(100)은 상면에 광파장 이하의 주기로 배치되는 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물(115)이 마련된 실리콘막(Si, 110)과 실리콘막(110)의 표면을 덮는 실리콘 산화막(SiOx, 120)을 포함한다. 실리콘막(110)의 상면에 배치되는 다수의 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물(115)은 실리콘막(110)의 표면 반사율을 떨어뜨리고 강한 산란광을 만들어내지 않아 실리콘막(110)의 표면이 무반사 특성을 갖도록 한다.

[0023] 도면에는 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물(115)이 원뿔형으로 이루어진 것으로 나타냈으나 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물(115)은 파라볼라(parabola)형으로 이루어질 수 있다. 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물(115)은 파라볼라형으로 이루어질 때 다른 형상에 비해 표면 반사를 더욱 저감시킬 수 있는 것으로 알려져 있다.

[0024] 광학 소자의 표면에 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물(115)을 형성하는 방법은 다양한 방법이 알려져 있다. 예컨대, 홀로그램 리소그래피(hologram lithography), 전자빔 리소그래피(electron-beam lithography), 나노임프린트 리소그래피(nanoimprint lithography), 자가 마스크(self-masked) 패턴 형성 등의 다양한 패턴 형성 방법으로 패턴을 형성한 후, 반응성이온 식각(reactive ion etching)이나 유도결합플라즈마 식각(inductively coupled plasma etching) 등의 건식 식각 방법, 또는 KOH, HF와 같은 습식 식각 방법 등으로 형성된 패턴 주위를 식각하여 광파장 이하의 격자 미세 구조물을 형성할 수 있다. 이러한 다양한 방법을 이용하여 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물(115)의 주기나 크기, 형상 등을 조절하면 원하는 파장의 영역에서의 표면 반사를 낮추거나 높일 수 있다.

[0025] 실리콘 산화막(120)은 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물(115)을 포함하는 실리콘막(110)의 상면 전체를 덮는다. 실리콘 산화막(120)은 실리콘막(110)의 표면이 산화되어 이루어지는 것으로, 실리콘막(110)의 표면 반사율을 더욱 낮춰주고 실리콘막(110)을 패시베이션(passivation)하는 역할을 한다. 실리콘 산화막(120)은 실리콘막(110)의 표면에 산소(O_2)와 열을 공급하는 방법(건식 산화), 또는 실리콘막(110)의 표면에 수증기(H_2O)와 열을 공급하는 방법(습식 산화)으로 형성될 수 있다.

[0026] 실리콘막(110)의 표면에 실리콘 산화막(120)을 형성하여 표면 반사를 줄이는 방법은 종래의 광학 소자의 표면에 절연 매질층을 마련하는 무반사 처리 방법에 해당하는 것으로 볼 수 있다. 그러나 종래의 광학 소자 표면에 단층 또는 다층 절연 매질층(SiOx, Al_2O_3, SiNx 등)을 증착하는 방법은 광학 소자와 절연 매질층 간의 열적 불일치(thermal mismatch)와 물질 간의 배열 불규칙, 접착의 문제, 박막 증착 조건의 까다로움 등의 문제가 있는데 반해, 본 발명은 실리콘막(110)의 표면을 산화시키는 것이므로 그러한 문제점이 발생하지 않는다.

[0027] 더욱이, 실리콘 산화막(120)은 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물(115)이 마련된 실리콘막(110)의 표면을 물리적?화학적 충격으로부터 보호할 뿐만 아니라, 실리콘막(110)을 전기적으로 패시베이션하여 실리콘막(110)에서의 이동자(carrier)의 이동도(mobility)를 향상시킬 수 있다. 즉, 패시베이션 효과를 통해 이동자(전자(electron)와 정공(hole))가 실리콘막(110)의 표면에서 재결합(recombination) 되는 것을 막아 이동자의 감소와 이동도 저하를 방지할 수 있다. 따라서, 본 발명에 의한 반사 방지막(100)은 태양전지와 같은 광학 소자의 표면에서 이동장의 재결합 손실을 줄여줌으로써 전기 전도도 향상에 따른 광학 소자의 성능과 효율을 높일 수 있다.

[0028] 이러한 본 발명의 일시시예에 의한 반사 방지막(100)은 실리콘막(110)의 표면에 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물(115)을 형성하는 공정과 실리콘막(110)의 표면에 실리콘 산화막(120)을 형성하는 공정을 통해 제조될 수 있다. 이하에서는 본 발명의 일실시예에 의한 반사 방지막(100)을 제조하는 방법을 도 2 및 도 3을 참조하여 설명하기로 한다.

[0029] 도 2는 홀로그램 리소그래피 공정을 이용하여 실리콘막의 표면에 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물을 형성하는 공정을 나타낸 것이고, 도 3은 실리콘막의 표면에 산소와 열을 공급하여 실리콘 산화막을 형성하는 건식 산화 공정을 나타낸 것이다.

[0030] 먼저, 도 2의 (a) 및 (b)에 도시된 것과 같이, 상면이 평평한 실리콘막(110)을 준비하고, 실리콘막(110) 위에 감광층(phtoresist, 130)을 적층한다. 이후, 도 2의 (c)에 도시된 것과 같이 감광층(130)에 빛을 조사하여 감광층(130)을 노광시킨 후, 도 2의 (d)에 도시된 것과 같이 노광된 감광층(130)을 현상하여 광파장 이하의 주기로 배치되는 격자 패턴(135)을 형성한다.

[0031] 잘 알려진 것과 같이, 이러한 홀로그램 리소그래피는 간섭 리소그래피(interference lithography)로 불리기도 하는 것으로, 빛의 간섭무늬를 이용한 패터닝 방법이다. 이 방법은 기존의 포토리소그래피에서 이용되는 광화학 반응을 적용하여 단시간에 패턴 형성이 가능하다는 유사점을 갖지만, 기존의 포토리소그래피에서는 불가능한 광학계의 조절, 즉 두 빛 간의 각도를 조절하여 수십 나노미터에서 수 마이크로의 다양한 스케일의 패턴 형성이 가능한 장점이 있다.

[0032] 실리콘막(110) 위에 격자 패턴(135)을 형성한 후, 도 2의 (e)에 도시된 것과 같이, 격자 패턴(135)을 포함하는 실리콘막(110)의 표면을 이온반응 식각(reactive ion etching) 또는 다른 식각 방법으로 격자 패턴(135)이 제거될 때까지 식각하여, 실리콘막(110)의 표면에 광파장 이하의 주기로 배치되는 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물(115)을 형성한다. 형성되는 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물(115)은 일반적으로 윗부분이 아랫부분보다 상대적으로 많이 깎여 원뿔형이나 파라볼라형이 된다.

[0033] 본 발명에 있어서, 실리콘막(110)의 표면에 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물(115)을 형성하기 위한 패턴 형성 방법은 상술한 것과 같은 홀로그램 리소그래피 이외에, 전자빔 리소그래피, 나노임프린트 리소그래피, 자가 마스크 패턴 형성, 또는 다른 방법이 이용될 수 있다.

[0034] 실리콘막(110)에 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물(115)을 형성한 후, 도 3에 도시된 것과 같이 실리콘막(110)을 산화 처리한다. 실리콘막(110)에 대한 산화 처리는 가열로(200) 안에서 이루어진다. 실리콘막(110)을 가열로(200)의 가열실(210)에 넣고 산소(O_2)를 공급하면서 일정 시간동안 히터(220)로 고열(예컨대, 1000℃ 내외)을 가하면, 산소가 실리콘막(110)으로 열적 확산되어 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물(115)을 포함하는 실리콘막(110)의 상면에 실리콘 산화막(120)이 형성된다.

[0035] 본 발명에 있어서, 실리콘막(110)의 상면에 실리콘 산화막(120)을 형성하기 위한 산화 방법은 상술한 것과 같은 산소를 이용한 건식 산화 이외에, 수증기와 열을 공급하는 습식 산화 방법이 이용될 수 있다.

[0036] 도 4는 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 형성된 실리콘막(a), 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물 형성 후 산화 처리된 실리콘막(b) 및 산화 처리된 실리콘막(c)을 각각 나타낸 SEM 이미지이고, 도 5는 실리콘막, 산화 처리된 실리콘막, 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 형성된 실리콘막, 무반사 광파장

이하의 격자 미세 구조물 형성 후 산화 처리된 실리콘막에 대한 반사율을 각각 나타낸 그래프이다.

[0037] 여기에서, 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물은 도 2에 나타낸 것과 같은 홀로그램 리소그래피 및 유도결합플라즈마 건식 식각 공정을 이용하여 실리콘막의 표면에 형성한 것이다. 그리고 실리콘막 및 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물에 대한 산화 처리는 도 3에 나타낸 것과 같이 가열로 내에서 산소를 공급하면서 1000℃로 90분간 가열함으로써 이루어진 것이다.

[0038] 도 4에 나타낸 실험예에서, 산화 처리를 통한 열적 확산으로 실리콘 산화막이 실리콘막 방향으로 46%, 실리콘막 외부 방향으로 54%의 비율로 형성되었다. 그리고 실리콘 산화막의 형성에 따라 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물의 모양이 원뿔형에서 파라볼라 형태로 바뀌었다.

[0039] 실리콘막에 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 마련되면, 입사광의 굴절율이 공기(굴절율 n_{air}=1)에서 실리콘막(굴절율 n_{Si}≒3.8)까지 선형적으로 변화하게 된다. 빛이 수직(Θ_i=0°)으로 입사하는 경우 반사율은 다음의 수학식1로 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0040]
$$R=\frac{(n_{air}-n_{Si})^2}{(n_{air}+n_{Si})^2}$$

[0041] 따라서, 굴절율이 공기에서 실리콘막까지 선형적으로 변화하면 반사율이 낮아지게 된다. 더욱이 '격자 미세 구조물의 부피/공기 부피'의 비는 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물의 형상이 원뿔형일 때보다는 파라볼라형일 때 더 크게 나타나기 때문에 파라볼라형 격자 미세 구조물을 갖는 경우 '공기 굴절율/실리콘막 굴절율'의 변화가 조금 더 선형적으로 나타나며, 이것은 반사율 감소 효과의 상승으로 이어진다. 이러한 반사율 감소 효과는 도 5를 통해 확인할 수 있다.

[0042] 도 5를 보면, 평평한 실리콘막(Si)이나 산화 처리된 평평한 실리콘막(열적 산화된 Si)보다는 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 형성된 실리콘막(Si SWGs)이나 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물 형성 후 산화 처리된 실리콘막(열적 산화된 Si SWGs)의 반사율이 훨씬 낮은 것을 확인할 수 있다. 그리고 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 형성된 실리콘막(Si SWGs)보다는 본 발명과 같이 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물 형성 후 산화 처리된 실리콘막(열적 산화된 Si SWGs)의 반사율이 광파장 영역(300nm ~ 2100nm)에 걸쳐 더 낮은 것을 확인할 수 있다.

[0043] 한편, 상술한 실험예에서 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 형성된 실리콘막(Si SWGs) 위에 실리콘 산화막의 형성 유무는 유효(effective) 비저항 측정을 통해서도 확인할 수 있다. 1x1cm^2 의 면적을 갖는 샘플의 표면 위 4개의 모서리에 인듐(Indium) contact 본딩을 하여 Hall effect measurement 시스템상에서 측정한 결과, 산화 처리 전의 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 형성된 실리콘막(Si SWGs)의 유효 비저항은 3.5Ω?cm로 나타났고, 산화 처리 후의 유효 비저항은 11.7Ω?cm로 나타났다. 이것은 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 형성된 실리콘막(Si SWGs) 위에 절연체인 실리콘 산화막이 형성되었기 때문에 비저항이 증가하게 된 것으로, 이로써 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 형성된 실리콘막(Si SWGs) 위에 실리콘 산화막이 형성되었음을 확인할 수 있었다.

[0044] 한편, 도 6은 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물 형성 후 산화 처리된 실리콘막(열적 산화된 Si SWGs)의 633nm 파장에서의 입사각 의존도 측정 결과를 나타낸 것이다.

[0045] 입사각 의존도 측정은 일반적으로 이용되는 헬륨-네온(He-Ne) 레이저를 이용한 것으로, 입사각(Θ_i)을 조절하여 레이저빔을 조사시켜 샘플에서 반사되는 빛을 검출기(detector)로 측정한 것이다.

[0046] 도 6을 보면, 입사각이 증가할수록 전체적으로 반사율이 증가하지만 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물 형성 후 산화 처리된 실리콘막(열적 산화된 Si SWGs)은 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 형성된 실리콘막(Si SWGs)보다 반사율이 낮으며, 70도의 높은 입사각임에도 불구하고 반사율이 20% 이하를 유지하고 있는 것을 알 수 있다. 이것은 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물 형성 후 산화 처리된 실리콘막(열적 산화된 Si

SWGs)이 평평한 실리콘막(Si)이나 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물이 형성된 실리콘막(Si SWGs)보다 광대역(300nm ~ 2100nm) 뿐만 아니라 빛의 입사각에 대해서도 무반사 특성이 더 우수함을 보여 준다.

[0047] 이와 같이, 본 발명에 의하면 실리콘막 표면에 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물을 형성하고, 그 위에 실리콘 산화막을 형성함으로써, 종래에 비해 표면 반사율이 낮은 반사 방지막을 구현할 수 있다. 그리고 실리콘 산화막은 무반사 광파장 이하의 격자 미세 구조물을 포함하는 실리콘막의 상면을 물리적?화학적 충격으로부터 보호할 뿐만 아니라, 실리콘막의 표면에서 발생하는 이동자의 감소와 이동도 저하를 막을 수 있다. 따라서, 본 발명에 의한 반사 방지막은 높은 정밀도를 요구하는 전자, 통신, 의료 장비 등에 활용되어 광학 소자의 성능을 높일 수 있다.

[0048] 또한 본 발명은 종래의 무반사 미세 구조물 형성에 의한 무반사 처리의 한계를 극복할 수 있다. 즉 종래는 무반사 미세 구조물의 형성방법이 갖는 식각 선택비의 한계나 광학 소자의 식각 특성에 따라 형성할 수 있는 무반사 미세 구조물의 높이나 형상이 제한되어 무반사 특성을 향상시키는데 한계가 있었으나, 본 발명은 무반사 미세 구조물 형성에 따른 반사율 저하와 중간 매질 적층에 따른 반사율 저하의 이중 반사율 저하 효과를 가질 수 있어 종래에 비해 무반사 특성을 향상시킬 수 있다.

[0049] 앞에서 설명되고, 도면에 도시된 본 발명의 실시예는, 본 발명의 기술적 사상을 한정하는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 발명의 보호범위는 특허청구범위에 기재된 사항에 의해서만 제한되고, 본 발명의 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상을 다양한 형태로 개량 및 변경하는 것이 가능하다. 따라서, 이러한 개량 및 변경은 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것인 한 본 발명의 보호범위에 속하게 될 것이다.

부호의 설명

[0050] 100 : 반사 방지막 110 : 실리콘막

115 : 격자 미세 구조물 120 : 실리콘 산화막

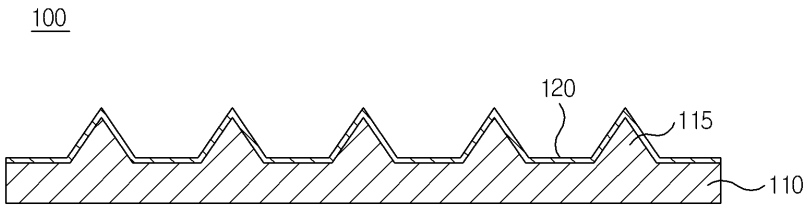
130 : 감광층 135 : 격자 패턴

200 : 가열로 210 : 가열실

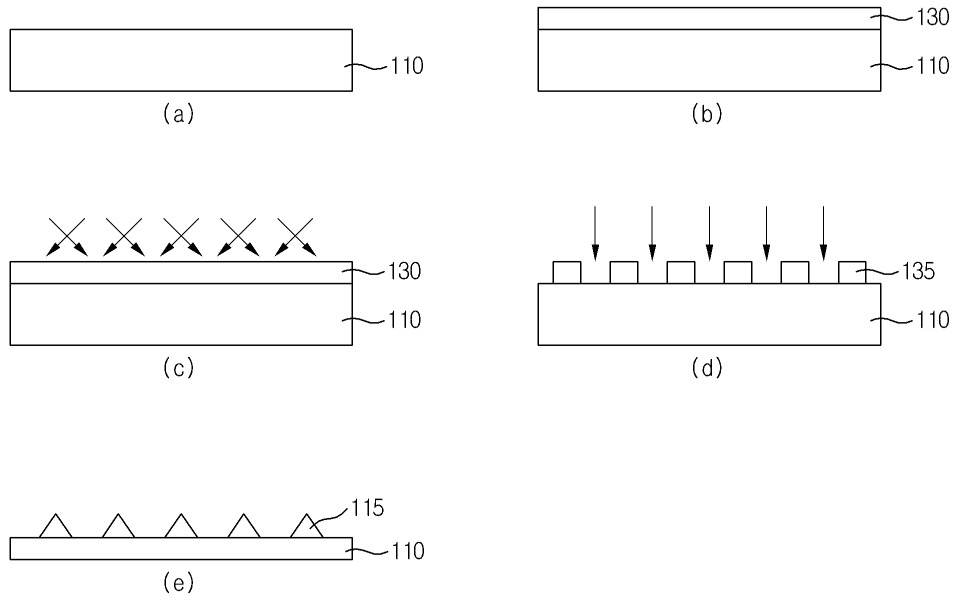
220 : 히터

도면

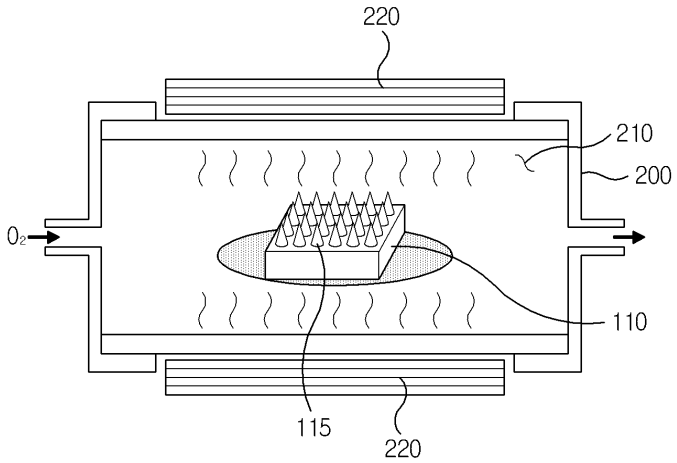
도면1



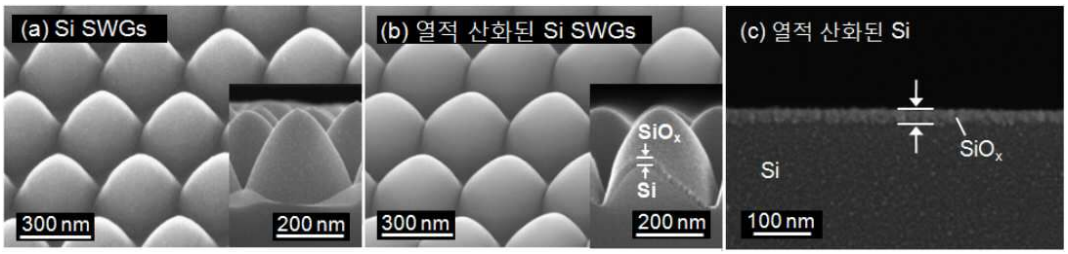
도면2


110
(a)
130
110
(b)
130
110
(c)
135
110
(d)
115
110
(e)

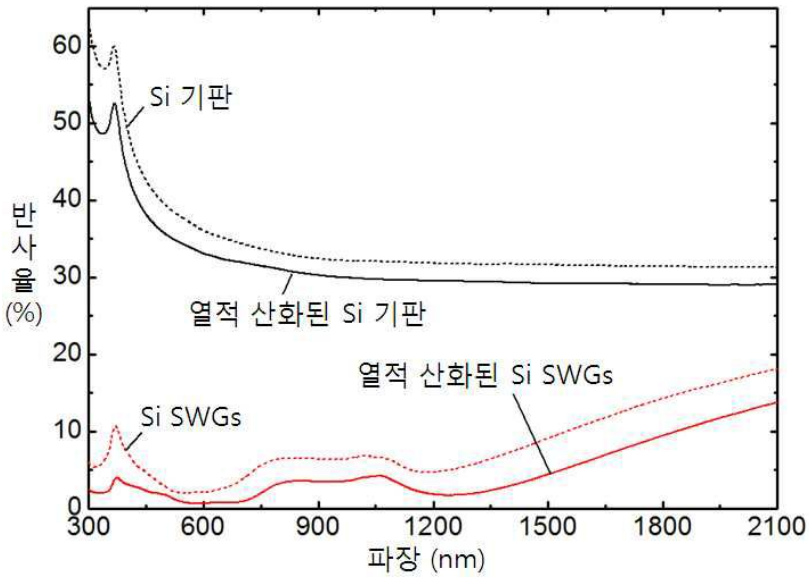
도면3


220
210
200
O_2
110
115
220

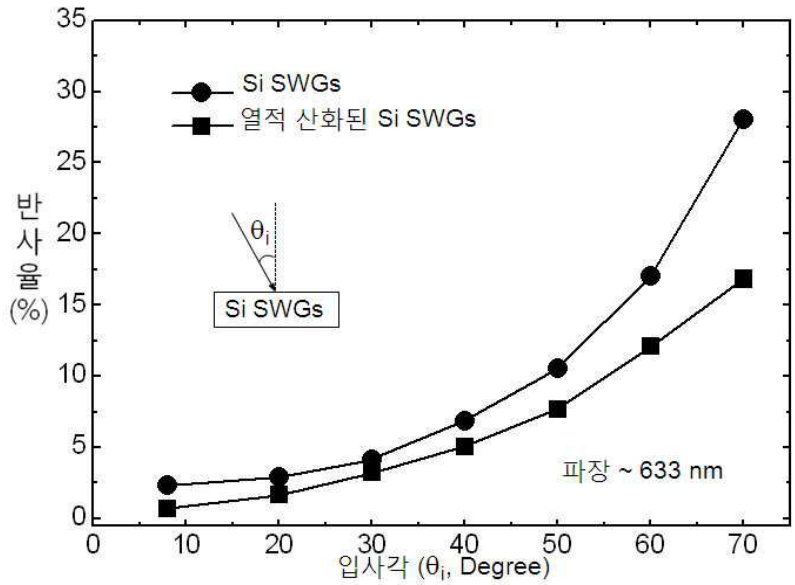
도면4


(a) Si SWGs
300 nm
200 nm
(b) 열적 산화된 Si SWGs
300 nm
SiO_x
Si
200 nm
(c) 열적 산화된 Si
SiO_x
Si
100 nm

도면5


Si 기판
열적 산화된 Si 기판
열적 산화된 Si SWGs
Si SWGs
반사율 (%)
파장 (nm)
0
10
20
30
40
50
60
300
600
900
1200
1500
1800
2100

도면6


Si SWGs
열적 산화된 Si SWGs
θi
Si SWGs
파장 ~ 633 nm
반사율 (%)
입사각 (θi, Degree)
0
5
10
15
20
25
30
35
0
10
20
30
40
50
60
70