

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(43) 국제공개일
2010년 7월 1일 (01.07.2010)

PCT

(10) 국제공개번호
WO 2010/074486 A2

- (51) 국제특허분류:
G02B 1/11 (2006.01) G02B 5/18 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2009/007673
- (22) 국제출원일: 2009년 12월 22일 (22.12.2009)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2008-0133583 2008년 12월 24일 (24.12.2008) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **광주과학기술원 (GWANGJU INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY)** [KR/KR]; 광주광역시 북구 오룡동 1, 500-712 Gwangju (KR).
- (72) 발명자: **김**
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): **이용탁 (LEE, Yong Tak)** [KR/KR]; 광주광역시 북구 오룡동 1 광주과학기술원 교수사택 C-305, 500-712 Gwangju (KR). **송영민 (SONG, Young Min)** [KR/KR]; 광주광역시 북구 오룡동 광주과학기술원 기혼자아파트 F-405, 500-712 Gwangju (KR).
- (74) 대리인: **정태훈 (JEONG, Tae Hoon)** 등; 서울 강남구 역삼동 706-16 다보빌딩 6층 TNI 특허법률사무소, 135-918 Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

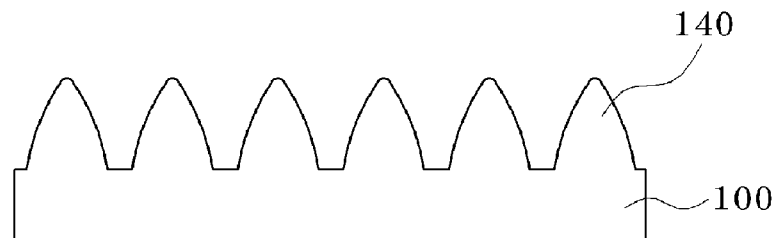
공개:

- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

(54) Title: METHOD FOR FORMING AN ANTIREFLECTIVE GRATING PATTERN, AND METHOD FOR MANUFACTURING AN OPTICAL DEVICE WITH AN INTEGRATED ANTIREFLECTIVE GRATING PATTERN

(54) 발명의 명칭: 무반사 격자패턴의 제조방법 및 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법

[Fig. 5]



(57) Abstract: The present invention relates to a method for forming an antireflective grating pattern, and to a method for manufacturing an optical device with an integrated antireflective grating pattern. The method for forming an antireflective grating pattern comprises the steps of: forming a photoresist pattern on a substrate by hologram lithography; forming a photoresist lens pattern having a radius of curvature of a predetermined size by enabling a reflow of the photoresist pattern; and etching the entire surface of the substrate including the photoresist lens pattern to form a sharp end wedge-type or parabola-type antireflective grating pattern having a period shorter than the optical wavelength on the upper surface of the substrate. The method of the present invention simplifies the forming process of an antireflective grating pattern, minimizes the reflection of light caused by the difference in refractive indexes between the air and semiconductor material, and can be easily used in the field of optical devices.

(57) 요약서: 본 발명은 무반사 격자패턴의 제조방법 및 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법에 관한 것으로, 기판 상에 홀로그래프 리소그래피를 이용하여 감광막 패턴을 형성하는 단계와, 상기 감광막 패턴을 리플로우(Reflow)시켜 일정 크기의 곡률 반경을 갖는 감광막 렌즈 패턴을 형성하는 단계와, 상기 기판 자체의 상면에 광파장 이하의 주기를 갖는 끝이 뾰족한 쉐기형 또는 파라볼라형의 무반사 격자패턴이 형성되도록 상기 감광막 렌즈 패턴을 포함한 기판의 전면을 식각하는 단계를 포함함으로써, 제조 공정이 간단하며, 공기와 반도체 물질간의 굴절률차로 인해 발생하는 빛의 반사량을 최소화할 수 있을 뿐만 아니라 광소자(optical device) 분야에 용이하게 적용할 수 있는 효과가 있다.



WO 2010/074486 A2

명세서

발명의 명칭: 무반사 격자패턴의 제조방법 및 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법

기술분야

- [1] 본 발명은 무반사 격자패턴의 제조방법 및 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 홀로그램 리소그래피, 리플로우 및 패턴 전사기법을 이용하여 반도체 기판 상에 광파장 이하의 주기를 갖는 끝이 뾰족한 쐐기형 또는 파라볼라형의 무반사 격자패턴을 형성함으로써, 공기와 반도체 물질간의 굴절률차로 인해 발생하는 빛의 반사량을 최소화할 수 있도록 한 무반사 격자패턴의 제조방법 및 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로, 굴절률이 다른 두 매질간의 빛의 반사량을 줄이는 것은 예컨대, 태양 전지, 광검출기, 발광 다이오드, 투명 글래스(Glass) 등 광소자에서 해결해야할 매우 중요한 문제이다.
- [3] 도 1은 빛이 매질에 수직 입사하는 경우 빛의 반사와 투과를 설명하기 위한 개념도이다.
- [4] 도 1을 참조하면, 빛의 반사는 프레넬 방정식(Fresnel Equation)에 의해 결정되어지는데, 빛이 매질에 수직으로 입사한다고 가정할 경우, 그 반사량(R)은 하기의 수학식 1로 표현되어 진다.
- [5] 수학식 1

$$R = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$$

- [6] 여기서, n_1 및 n_2 는 매질의 굴절률을 의미한다. 광소자의 반도체 기판에 적용된 반도체 물질(예컨대, 실리콘(Si)이나 갈륨비소(GaAs) 등)의 굴절률(n_2)은 약 3~4 정도이고, 공기(air)의 굴절률(n_1)은 1이기 때문에, 공기로부터 광소자로 빛이 입사될 경우 약 30% 이상의 빛이 반사되게 된다. 또한, 광소자에서 빛이 공기 중으로 방출될 때에도 비슷한 손실이 발생된다.
- [7] 이러한 빛의 반사는 광소자의 효율을 떨어뜨리는 주요 원인이 되며 이를 최소화할수록 높은 효율을 얻을 수 있게 된다. 빛의 반사를 줄이기 위해 일반적으로 사용되는 방법은 무반사 코팅(Antireflection Coating)으로서, 반도체 상부에 유전체나 고분자물질 등 반도체 보다 굴절률이 적은 물질을 증착함으로써 반사를 줄이는 방식이다.
- [8] 이러한 무반사 코팅은 굴절률 및 광학적 두께(Optical Thickness)를 적당히 조절함으로써 특정 파장대에서 최소의 반사특성을 낼 수 있는 장점이 있으나, 다양한 반도체 물질과 맞는 적당한 물질을 찾기 어렵고, 전기 및 열적 특성을

고려하기 어려우며, 넓은 스펙트럼에서 반사를 줄이기 어렵고, 빛의 입사각에 따른 반사율을 차이가 매우 큰 단점이 있다.

- [9] 한편, 최근에는 광파장 이하의 주기를 갖는 격자구조(Subwavelength Grating, SWG)를 이용하여 빛의 반사를 줄이는 방식이 연구되고 있다. 이는 다음과 같은 원리를 이용한 것이다. 격자구조(Grating)의 격자 오더(Grating Order)에 따른 입사각 공식은 하기의 수학식 2와 같다.

- [10] 수학식 2

$$\sin\theta_m = \frac{m\lambda}{\Lambda n_2} + \frac{n_1}{n_2} \sin\theta_i$$

- [11] 여기서, m은 격자 오더이고, λ 는 입사광의 파장이고, Λ 는 격자구조의 주기를 나타내며, n_1 및 n_2 는 매질의 굴절률을 의미한다.

- [12] 만약, 격자구조의 주기(Λ)가 입사광의 파장보다 매우 작을 경우, 격자 오더인 m은 0밖에 될 수 없는데 이는 간단히 말해서 옆으로 회절되는 빛이 없다는 것을 의미하며, 이 경우 유효 매질 이론(Effective Medium Theory)에 의해 격자구조에서의 굴절률을 격자구조의 채움비(Fill Factor)에 비례하여 유효 굴절률로 볼 수 있다.

- [13] 예를 들어, 굴절률이 3인 물질이 채움비가 0.5인 격자구조로 형성되어 있으면, 공기의 굴절률이 1이기 때문에 $(3*0.5+1*0.5)/2$ 에 의해 유효 굴절률은 2가 된다. 만일 격자구조를 단순히 기둥형태(Rod)나 릿지(Ridge)형태가 아닌 원뿔형태(Cone)나 피라미드형태로 만들 경우, 반도체에서 공기로 갈수록 굴절률이 서서히 변하기 때문에 빛의 반사를 거의 없앨 수 있다.

- [14] 한편, 광파장 이하의 주기를 갖는 격자구조를 만드는 기존의 방식으로는 1) E-beam 리소그래피 또는 홀로그래프 리소그래피를 이용하여 광파장 이하의 주기를 갖는 패턴을 형성한 후 건식 식각 또는 습식 식각을 이용하여 원뿔형태로 만드는 방식(참고문헌 : Y. Kanamori *et. al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 39, L735 (2000), K. Kintaka *et. al.*, Opt. Lett. 26, 1642 (2001), D. L. Brundrett *et. al.*, Appl. Opt. 37, 2534 (1998)), 2) 콜로이드 크리스탈(Colloidal Crystal)을 이용하여 피라미드 형태의 구조를 형성하는 방식(참고문헌 : C. Sun *et. al.*, Appl. Phys. Lett. 91, 231105 (2007)), 3) 나노임프린트 및 리프트오프(lift-off)를 이용한 방식(참고문헌 : Z. Yu *et. al.*, J. Vac. Sci. Technol. B 21, 2874 (2003)), 4) 자가 마스크(self-masked) 식각 방식(참고문헌 : Y. Huang *et. al.*, Nat. Nanotechnol. 2, 770 (2007)) 등이 있다. 그러나, 이러한 기존의 방식들은 공정이 복잡하거나, 복잡한 가스 조합(Gas Mixture)을 이용해야 하거나, 정렬된 형태의 구조를 만들기 어려운 등의 단점이 있다.

- [15] 또한, 광파장 이하의 주기를 갖는 무반사 격자구조의 제작시 주요 고려사항은 첫째로 적재율(packing density)이 커야 하며, 둘째로 높이 및 주기를 조절할 수 있어야 한다.

- [16] 만약, 적재율이 낮은 경우, 반도체와 격자구조간 굴절률 차가 크기 때문에 반사율이 높아지는 현상을 초래하게 된다. 또한, 높이 및 주기의 조절이 가능해야 원하는 파장에서의 빛의 반사율을 조절할 수 있기 때문에 이는 필수적이다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [17] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 홀로그래프 리소그래피, 리플로우 및 패턴 전사기법을 이용하여 반도체 기판 상에 광파장 이하의 주기를 갖는 끝이 뾰족한 켜기형 또는 파라볼라형의 무반사 격자패턴을 형성함으로써, 공기와 반도체 물질간의 굴절률차로 인해 발생하는 빛의 반사량을 최소화할 수 있도록 한 무반사 격자패턴의 제조방법 및 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법을 제공하는데 있다.
- [18] 본 발명의 다른 목적은 상기 언급된 기존 방식에 비해 간단한 방식으로 높은 적재율을 갖고, 높이 및 주기가 조절 가능한 광파장 이하의 주기를 갖는 무반사 격자구조를 제작하고, 제작된 격자구조를 광소자 상에 집적하여 제조할 수 있도록 한 무반사 격자패턴의 제조방법 및 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법을 제공하는데 있다.

과제 해결 수단

- [19] 전술한 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 제1 측면은, 기판 상에 홀로그래프 리소그래피를 이용하여 감광막 패턴을 형성하는 단계; 상기 감광막 패턴을 리플로우(Reflow)시켜 일정 크기의 곡률 반경을 갖는 감광막 렌즈 패턴을 형성하는 단계; 및 상기 기판 자체의 상면에 광파장 이하의 주기를 갖는 끝이 뾰족한 켜기형 또는 파라볼라형의 무반사 격자패턴이 형성되도록 상기 감광막 렌즈 패턴을 포함한 기판의 전면을 식각하는 단계를 포함하는 무반사 서브파장 격자패턴의 제조방법을 제공하는 것이다.
- [20] 바람직하게, 상기 감광막 패턴은, 광결정 패턴 무늬를 갖는 광으로 상기 기판의 상부에 형성된 감광막을 1차 노광하고, 상기 기판을 90도 회전하여 2차 노광하며, 포토마스크를 이용하여 상기 감광막 패턴이 형성될 부위를 마스크 및 노광한 후 이를 현상함으로써 원하는 부위에 2차원 격자구조 패턴이 형성되도록 할 수 있다.
- [21] 바람직하게, 상기 광결정 패턴의 주기는 광원의 파장, 격자 오더(Grating Order) 또는 입사광의 각도 중 적어도 어느 하나의 조건에 의해 결정될 수 있다.
- [22] 바람직하게, 상기 기판의 회전은 0도에서 90도까지 조절하여 다양한 형상의 2차원 격자구조 패턴을 형성할 수 있다.
- [23] 바람직하게, 상기 감광막 렌즈 패턴의 곡률 반경 및 적재율은 상기 리플로우에 대한 가열 온도 또는 시간을 이용하여 조절할 수 있다.
- [24] 바람직하게, 상기 리플로우 온도는 120°C 내지 400°C 범위인 것이다.

- [25] 바람직하게, 상기 무반사 격자패턴은 플라즈마 건식 식각법을 이용하여 형성할 수 있다.
- [26] 바람직하게, 상기 건식 식각 시 가스량, 압력, 구동 전압 중 적어도 어느 하나의 조건을 조절하여 무반사 격자패턴의 높이를 조절함으로써 원하는 종횡비(aspect ratio)를 얻도록 할 수 있다.
- [27] 바람직하게, 상기 기판은 투명 글래스로 이루어질 수 있다.
- [28] 본 발명의 제2 측면은, 광소자의 제조방법에 있어서, n형 도핑층, 활성층 및 p형 도핑층을 순차적으로 적층한 후, 상기 p형 도핑층의 발광부를 제외한 상면에 p형 상부전극을 적층하고, 상기 n형 도핑층의 하면에 n형 하부전극을 적층하는 단계; 및 상기 p형 도핑층의 발광부 상면에 광파장 이하의 주기를 갖는 끝이 뾰족한 쉼기형 또는 파라볼라형의 무반사 격자패턴을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법을 제공하는 것이다.
- [29] 본 발명의 제3 측면은, 광소자의 제조방법에 있어서, n형 도핑층, 활성층 및 p형 도핑층을 순차적으로 적층한 후, 상기 p형 도핑층의 발광부 상면에 광파장 이하의 주기를 갖는 끝이 뾰족한 쉼기형 또는 파라볼라형의 무반사 격자패턴을 형성하는 단계; 및 상기 무반사 격자패턴을 포함한 p형 도핑층의 전면에 투명전극을 적층한 후, 상기 투명전극의 발광부를 제외한 상면에 접촉패드를 적층하고, 상기 n형 도핑층의 하면에 n형 하부전극을 적층하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법을 제공하는 것이다.
- [30] 본 발명의 제4 측면은, 광소자의 제조방법에 있어서, 하부 전지층, 중간 전지층 및 상부 전지층을 순차적으로 적층한 후, 상기 상부 전지층의 일측 상면에 p형 상부전극을 적층하고, 상기 하부 전지층의 하면에 n형 하부전극을 적층하는 단계; 및 상기 p형 상부전극 영역을 제외한 상부 전지층의 상면에 광파장 이하의 주기를 갖는 끝이 뾰족한 쉼기형 또는 파라볼라형의 무반사 격자패턴을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법을 제공하는 것이다.
- [31] 여기서, 상기 하부 전지층과 중간 전지층 사이 및 상기 중간 전지층과 상부 전지층의 사이는 각각 제1 및 제2 터널 접합층을 통해 연결됨이 바람직하다.
- [32] 바람직하게, 상기 제1 터널 접합층과 중간 전지층 사이에 버퍼층이 더 구비될 수 있다.
- [33] 본 발명의 제5 측면은, 광소자의 제조방법에 있어서, n형 도핑층, 광 흡수층 및 p형 도핑층을 순차적으로 적층한 후, 상기 p형 도핑층의 광 흡수부를 제외한 상면에 p형 상부전극을 적층하고, 상기 n형 도핑층의 하면에 n형 하부전극을 적층하는 단계; 및 상기 p형 도핑층의 광 흡수부 상면에 광파장 이하의 주기를 갖는 끝이 뾰족한 쉼기형 또는 파라볼라형의 무반사 격자패턴을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의

제조방법을 제공하는 것이다.

- [34] 본 발명의 제6 측면은, 광소자의 제조방법에 있어서, 결정 실리콘층의 일측 상면에 상부전극을 적층하고, 상기 결정 실리콘층의 하면에 반사막을 적층하는 단계; 및 상기 상부전극 영역을 제외한 결정 실리콘층의 상면에 광파장 이하의 주기를 갖는 끝이 뾰족한 켜기형 또는 파라볼라형의 무반사 격자패턴을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법을 제공하는 것이다.

- [35] 바람직하게, 상기 무반사 격자패턴의 주기 및 깊이는 300nm 내지 500nm로 이루어질 수 있다.

발명의 효과

- [36] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명의 무반사 서브파장 격자패턴의 제조방법에 따르면, 홀로그래프 리소그래피, 리플로우 및 패턴 전사기법을 이용하여 광파장 이하의 주기를 갖는 끝이 뾰족한 켜기형 또는 파라볼라형의 무반사 격자패턴을 형성함으로써, 제조 공정이 간단하며, 공기와 반도체 물질간의 굴절률차로 인해 발생하는 빛의 반사량을 최소화할 수 있을 뿐만 아니라 저비용으로 광파장 이하의 주기를 갖는 무반사 격자구조의 제작이 가능하며, 태양전지, 광검출기, 발광소자, 투명 글래스 등의 광소자에 집적 시 효율을 극대화할 수 이점이 있다.
- [37] 또한, 본 발명에 따르면, 건식 식각 시 에컨대, 가스량, 압력, 구동 전압 등을 조절하여 무반사 격자구조의 높이를 조절함으로써, 원하는 종횡비(aspect ratio)를 용이하게 얻을 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [38] 도 1은 빛이 매질에 수직 입사하는 경우 빛의 반사와 투과를 설명하기 위한 개념도이다.
- [39] 도 2 내지 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따른 무반사 격자패턴의 제조방법을 설명하기 위한 단면도이다.
- [40] 도 6은 본 발명의 제1 실시예에 의해 제작된 광파장 이하 패턴무늬를 갖는 감광막 광결정 패턴 및 리플로우 공정 후의 감광막 형상의 SEM 이미지를 나타낸 도면이다.
- [41] 도 7은 본 발명의 제1 실시예에 적용된 무반사 격자패턴의 주기와 깊이의 변화를 나타낸 SEM 이미지를 나타낸 도면이다.
- [42] 도 8은 본 발명의 제1 실시예에 따른 무반사 격자패턴에 대하여 파장에 따른 반사율의 변화를 나타낸 그래프이다.
- [43] 도 9는 본 발명의 제1 실시예에 따른 무반사 격자패턴의 형태에 따른 주기와 깊이의 변화를 나타낸 도면이다.
- [44] 도 10은 도 9의 무반사 격자패턴에 대하여 파장에 따른 반사율의 변화를 나타낸 그래프이다.
- [45] 도 11은 본 발명의 제1 실시예에 적용된 파라볼라 형태의 무반사 격자패턴의

주기와 깊이의 변화를 나타낸 SEM 이미지를 나타낸 도면이다.

- [46] 도 12는 도 11의 파라볼라 형태의 무반사 격자패턴에 대하여 파장에 따른 반사율의 변화를 나타낸 그래프이다.
- [47] 도 13 및 도 14는 본 발명의 제2 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법을 설명하기 위한 단면도이다.
- [48] 도 15 및 도 16은 본 발명의 제3 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법을 설명하기 위한 단면도이다.
- [49] 도 17은 본 발명의 제4 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법을 설명하기 위한 단면도이다.
- [50] 도 18은 본 발명의 제5 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법을 설명하기 위한 단면도이다.
- [51] 도 19는 본 발명의 제6 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법을 설명하기 위한 단면도이다.
- [52] 도 20은 본 발명의 제7 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자를 설명하기 위한 단면도이다.
- [53] 도 21은 본 발명의 제7 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자에 대하여 파장에 따른 반사율의 변화를 나타낸 그래프이다.
- [54] 도 22는 본 발명의 제7 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자에 대하여 무반사 격자패턴의 주기에 따른 셀 효율의 변화를 나타낸 그래프이다.
- [55] 도 23은 본 발명의 제7 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자에 대하여 무반사 격자패턴의 주기 및 깊이에 따른 셀 효율의 변화를 나타낸 그림이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [56] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다. 그러나, 다음에 예시하는 본 발명의 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 다음에 상술하는 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예는 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위하여 제공되어지는 것이다.
- [57] (제1 실시예)
- [58] 도 2 내지 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따른 무반사 격자패턴의 제조방법을 설명하기 위한 단면도이다.
- [59] 도 2 및 도 3을 참조하면, 미리 준비한 기판(100)의 상면에 감광막(Photoresist, PR)(110)을 도포한 후, 예컨대, 광결정 패턴 무늬를 갖는 광을 이용하여 기판(100)의 상면에 광과장 이하(Subwavelength)의 주기를 갖도록 주기적으로 배열된 감광막 광결정 패턴(120)을 형성한다.
- [60] 여기서, 기판(100)은 예컨대, 반도체 기판(예컨대, GaAs 기판 또는 InP 기판 등)으로 이루어짐이 바람직하지만, 이에 국한하지 않으며, 반도체 기판이

아니더라도 기판(100)의 상면에 감광막(110)을 도포할 수 있다면 어느 것이든(예컨대, 투명 글래스 등) 이용 가능한 것으로 한다.

- [61] 그리고, 상기 광결정 패턴 무늬를 갖는 광은 예컨대, 레이저 홀로그래를 이용하여 만들 수 있는데, 이에 한정되지는 않으며, 나노 임프린트 기술, E-beam 리소그래피 등의 방식을 사용하는 것도 가능하다. 하지만, 홀로그래 리소그래피를 이용하는 경우 비용 면에서 저렴하고 공정도 단순하기 때문에 상용화에 바람직하다.
- [62] 이러한 레이저 홀로그래는 경로 차를 갖는 둘 이상의 레이저 광이 만나서 주기적인 간섭무늬를 형성하는 현상을 말한다.
- [63] 이때, 상기 간섭 패턴의 주기는 예컨대, 광원의 파장, 격자 오더(Grating Order) 또는 입사광의 각도 중 적어도 어느 하나의 조건에 따라 결정될 수 있다.
- [64] 여기서, 상기 레이저 홀로그래를 1차 노광시키면 1차원 격자구조 패턴이 형성되며, 이후 기판(100)을 90도 회전하여 2차 노광시키면 2차원 격자구조 패턴이 형성된다. 기판(100)의 회전은 회전각을 0도에서 90도까지 적절히 조절하면, 다양한 형태의 2차원 격자구조 패턴 즉, 감광막 광결정 패턴(120)을 제조할 수 있다.
- [65] 즉, 감광막 광결정 패턴(120)은 광결정 패턴 무늬를 갖는 광으로 기판(100)의 상부에 형성된 감광막(110)을 1차 노광하고, 기판(100)을 90도 회전하여 2차 노광한 다음, 소정의 포토마스크를 이용하여 감광막 광결정 패턴(120)이 형성될 부위를 마스크하고 자외선(UV)을 노광한 후 이를 현상함으로써 원하는 부위에 2차원 격자구조 패턴이 형성되도록 하여 제작할 수 있다.
- [66] 도 4를 참조하면, 기판(100)의 상면에 형성된 감광막 광결정 패턴(120)을 특정 온도로 가열하여 리플로우(Reflow)시키면, 소정의 곡률 반경을 갖는 나노렌즈 어레이 즉, 감광막 렌즈 패턴(130)을 형성한다.
- [67] 이때, 감광막 광결정 패턴(120)은 유리 천이온도(Glass Transition Temperature) 이상의 온도(예컨대, 약 120°C 내지 400°C 정도)(바람직하게는, 약 200°C 정도)의 온도로 가열하여 리플로우 시키는데, 이러한 과정을 통하여 기판(100)의 상면에 일정 크기(예컨대, 나노 크기)의 곡률 반경을 갖는 감광막 렌즈 패턴(130)을 형성할 수 있다.
- [68] 한편, 감광막 광결정 패턴(120)에 대한 리플로우 시 가열 온도 또는 시간을 적절히 조절함으로써 감광막 렌즈 패턴(130)의 곡률 반경을 용이하게 조절할 수 있으며, 특히 적재율(packing density)을 높일 수 있다.
- [69] 도 5를 참조하면, 감광막 렌즈 패턴(130)을 포함한 기판(100)의 전면에 건식 식각(Dry Etching) 공정을 수행함으로써, 기판(100)의 상면에 일정한 주기(Period)(바람직하게, 약 200nm 내지 400nm 정도)와 깊이(Depth)(바람직하게, 약 200nm 내지 600nm 정도) 즉, 광파장 이하(Subwavelength)의 주기를 갖는 무반사 격자 패턴(140)을 형성할 수 있다.
- [70] 이러한 무반사 격자 패턴(140)은 기판(100)의 표면에 주기적으로 일정하게

배열되어 있으며, 기관(100)의 표면으로부터 상측의 공기층으로 갈수록 횡단면적이 좁아지도록 끝이 뾰족한 켄트대, 원뿔(Cone) 형태로 형성됨이 바람직하지만, 이에 국한하지 않으며, 예컨대, 파라볼라(Parabola), 삼각뿔, 사각뿔 또는 다각뿔 형태 등으로 형성될 수도 있다.

- [71] 한편, 상기 건식 식각법은 플라즈마 건식 식각법(Plasma Dry Etching)을 이용함이 바람직하지만, 이에 국한하지 않으며, 반응성 기체와 플라즈마를 동시에 이용하여 이방성식각 특성 및 식각 속도를 향상시킨 건식식각 방법 예컨대, RF 전력(Power)에 의해 플라즈마가 생성되는 RIE(Reactive Ion Etching) 식각법 또는 ICP(Inductively Coupled Plasma) 식각법 등을 이용할 수도 있다.
- [72] 한편, 상기 건식 식각의 예컨대, 가스량, 압력, 구동 전압 등을 조절하여 무반사 격자구조의 높이를 조절함으로써, 원하는 종횡비(aspect ratio)를 용이하게 얻을 수 있다.
- [73] 도 6은 본 발명의 제1 실시예에 의해 제작된 광파장 이하 패턴무늬를 갖는 감광막 광결정 패턴 및 리플로우 공정 후의 감광막 형상의 SEM 이미지를 나타낸 도면으로서, 레이저 홀로그래를 이용하여 형성된 광파장 이하의 패턴무늬를 갖는 감광막 광결정 패턴(120, 도 3 참조)(도 6의 (a)) 및 가열온도를 각각 160도(도 6의(b)), 180도(도 6의 (c)), 200도(도 6의 (d))로 변화시켰을 때의 포토레지스트 형상의 Scanning Electron Microscope(SEM) 이미지이다.
- [74] 이때, 가열된 시간은 모두 약 40초 정도로 유지하였다. 도 6의 (d)에서처럼 200도에서 40초간 가열하였을 때 반구형 렌즈형상을 얻을 수 있었으며, 가열하기 전에 비해 매우 높은 적재율을 나타냄을 확인할 수 있다.
- [75] 도 7은 본 발명의 제1 실시예에 적용된 무반사 격자패턴의 주기와 깊이의 변화를 나타낸 SEM 이미지를 나타낸 도면으로서, 내부 그림은 그 단면 사진이며, ICP-RIE를 이용하여 SiCl_4/Ar 가스를 7.5sccm/60sccm의 비율로 2mTorr의 압력에서 식각하였다.
- [76] 도 7의 (a)는 건식 식각 시 RF 전력(Power)을 약 130W로 인가한 상태에서 약 15분간 수행한 SEM 이미지로서, 무반사 격자패턴(140)의 주기(Period)는 300nm로, 깊이(Depth)는 250nm로 형성되는 것을 확인할 수 있다.
- [77] 그리고, 도 7의 (b)는 건식 식각 시 RF 전력(Power)을 약 100W로 인가한 상태에서 약 10분간 수행한 SEM 이미지로서, 무반사 격자패턴(140)의 주기(Period)는 300nm로, 깊이(Depth)는 400nm로 형성되는 것을 확인할 수 있다.
- [78] 즉, 도 7의 (a) 및 (b)의 격자구조는 격자 주기 및 적재율은 같으나 격자 높이만 다른 구조로서, 이는 RF 전력의 조절을 통해 격자 높이를 원하는 높이로 제작할 수 있음을 나타낸다.
- [79] 도 8은 본 발명의 제1 실시예에 따른 무반사 격자패턴에 대하여 파장에 따른 반사율의 변화를 나타낸 그래프로서, 반도체 기관인 GaAs 기관 및 GaAs 기관에 무반사 격자패턴이 형성된 시료의 반사율(Reflectance)을 측정된(measured) 결과 및 계산된(simulated) 결과이며, 측정은 UV-VIS-NIR Spectrophotometer를

이용하여 수행되었으며, 계산은 RCWA(Rigorous Coupled-Wave Analysis) 방식을 이용하여 수행하였다.

- [80] 도 8을 참조하면, GaAs 기판은 파장(Wavelength)대에 따라 약 30~47% 정도의 반사율(Reflectance)을 보이는데, 이는 파장대에 따라 GaAs의 굴절률이 약 3.5~5.1까지 바뀌기 때문이다. 반면, GaAs 기판에 무반사 격자패턴(140, 도 5 참조)이 형성된 경우, 약 300~1100nm의 파장대에서 최대 약 5% 이하의 반사특성을 보이며, 이는 계산된(simulated) 값과도 거의 일치함을 확인할 수 있다.
- [81] 도 9는 본 발명의 제1 실시예에 따른 무반사 격자패턴의 형태에 따른 주기와 깊이의 변화를 나타낸 도면으로서, 도 9의 (a)는 선형의 프로파일(Linear profile)인 원뿔 형태의 무반사 격자패턴을 나타낸 도면이고, 도 9의 (b)는 정방향의 프로파일(Quadratic profile)인 파라볼라(Parabola) 형태의 무반사 격자패턴을 나타낸 도면이다.
- [82] 도 10은 도 9의 무반사 격자패턴에 대하여 파장에 따른 반사율의 변화를 나타낸 그래프로서, 원뿔 형태의 무반사 격자패턴에 비해 파라볼라 형태의 무반사 격자패턴으로 만들 경우 더욱 낮은 반사율을 얻을 수 있다. 즉, 파라볼라 형태의 무반사 격자패턴은 약 300nm~900nm 대역에서 평균 반사율은 약 2.037%로, 원뿔 형태의 무반사 격자패턴의 평균 반사율(약 4.841%)에 비해 약 2배 이상 낮은 반사율을 얻을 수 있다. 이때, 무반사 격자패턴의 깊이(Depth)는 300nm로 형성되어 있다.
- [83] 도 11은 본 발명의 제1 실시예에 적용된 파라볼라 형태의 무반사 격자패턴의 주기와 깊이의 변화를 나타낸 SEM 이미지를 나타낸 도면이고, 도 12는 도 11의 파라볼라 형태의 무반사 격자패턴에 대하여 파장에 따른 반사율의 변화를 나타낸 그래프로서, 파라볼라 형태의 무반사 격자패턴은 공정 조건을 조절하여 형성할 수 있으며, 도 11에 도시된 바와 같이, 약 50mTorr 압력에서 약 8분간 식각하여 파라볼라 형태의 무반사 격자패턴을 얻을 수 있다.
- [84] 도 12에 도시된 바와 같이, 통상의 벌크(Bulk) GaAs 기판과 파라볼라 형태의 무반사 격자패턴을 갖는 GaAs 기판(SWG GaAs)을 비교해 볼 때, 약 300~1200nm의 파장대에서 벌크(Bulk) GaAs 기판은 최대 약 46%의 반사특성을 보이며, 파라볼라 형태의 무반사 격자패턴을 갖는 GaAs 기판(SWG GaAs)은 벌크(Bulk) GaAs 기판보다 훨씬 낮은 최대 약 5% 이하의 반사특성을 보이고 있다.
- [85] (제2 실시예)
- [86] 도 13 및 도 14는 본 발명의 제2 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법을 설명하기 위한 단면도이다.
- [87] 도 13을 참조하면, 광소자는 일반적인 발광소자의 구조로써, 예컨대, n형 도핑층(200), 활성층(210) 및 p형 도핑층(220)을 순차적으로 적층한 후, p형 도핑층(220)의 발광부를 제외한 상면에 p형 상부전극(230)을 적층하고, n형

도핑층(200)의 하면에 n형 하부전극(240)을 적층함으로써 형성할 수 있으며, 이에 국한하지는 않는다.

- [88] 도 14를 참조하면, p형 도핑층(220)의 발광부 상면에 전술한 본 발명의 제1 실시예에 따라 형성된 무반사 격자패턴(140)을 집적함으로써, 본 발명의 제2 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법을 완성할 수 있다.
- [89] 이때, 무반사 격자패턴(140)의 형성 방법에 대한 상세한 설명은 본 발명의 제1 실시예와 동일하므로, 이에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [90] (제3 실시예)
- [91] 도 15 및 도 16은 본 발명의 제3 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법을 설명하기 위한 단면도이다.
- [92] 도 15를 참조하면, 광소자는 일반적인 발광소자의 구조로써, 예컨대, n형 도핑층(300), 활성층(310) 및 p형 도핑층(320)을 순차적으로 적층한 후, p형 도핑층(320)의 상부에 투명전극(330) 및 접촉패드(340)를 순차적으로 적층하고, n형 도핑층(300)의 하면에 n형 하부전극(350)을 적층함으로써 형성할 수 있으며, 이에 국한하지는 않는다.
- [93] 도 16을 참조하면, 투명전극(330)을 적층하기 전에, p형 도핑층(320)의 발광부 상면에 전술한 본 발명의 제1 실시예에 따라 형성된 무반사 격자패턴(140)을 집적함으로써, 본 발명의 제3 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법을 완성할 수 있다.
- [94] 이때, 무반사 격자패턴(140)의 형성 방법에 대한 상세한 설명은 본 발명의 제1 실시예와 동일하므로, 이에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [95] 한편, 투명전극(330)은 무반사 격자패턴(140)을 포함한 p형 도핑층(320)의 전면에 적층한 후, 투명전극(330)의 발광부를 제외한 상면에 접촉패드(340)를 적층한다. 이때, 투명전극(330)은 무반사 격자패턴(140)의 상부에 증착되기 때문에, 그 형태는 무반사 격자패턴(140)의 형태와 동일하게 형성된다.
- [96] (제4 실시예)
- [97] 도 17은 본 발명의 제4 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자를 설명하기 위한 단면도이다.
- [98] 도 17을 참조하면, 광소자는 일반적인 삼중 접합(triple junction) 태양전지로서, 밴드갭이 약 0.65eV인 게르마늄(Ge)을 하부 전지층(Bottom Cell)(400)으로 사용하고, 그 상부에 약 1.4eV 근처의 $\text{In}_{0.08}\text{Ga}_{0.92}\text{As}$ 를 중간 전지층(Middle Cell)(430)과 그 상부에 약 1.9eV의 $\text{In}_{0.56}\text{Ga}_{0.44}\text{P}$ 를 상부 전지층(Top Cell)(450)이 구비된 구조이다.
- [99] 그리고, 각 전지층(410, 430, 450)의 전기적 연결은 제1 및 제2 터널 접합층(Tunnel Junction)(410 및 440)을 통해 연결하고, 상부 전지층(450)의 일측 상면에 p형 상부전극(460)이 형성되며, 하부 전지층(400)의 하면에 n형 하부전극(470)이 형성되어 있다.
- [100] 특히, p형 상부전극(460) 영역을 제외한 상부 전지층(450)의 상면에 전술한 본

발명의 제1 실시예에 따라 형성된 무반사 격자패턴(140)을 집적함으로써, 본 발명의 제4 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자인 삼중 접합 태양 전지의 제조방법을 완성할 수 있다.

[101] 이때, 무반사 격자패턴(140)의 형성 방법에 대한 상세한 설명은 본 발명의 제1 실시예와 동일하므로, 이에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.

[102] 바람직하게는, 제1 터널 접합층(410)과 중간 전지층(430) 사이에 InGaAs로 이루어진 버퍼층(420)이 더 구비할 수 있다.

[103] 즉, 태양광 스펙트럼을 흡수하는 측면에서 보면 상부 전지층(450)에서 약 650nm 파장 대역까지 흡수하고, 중간 전지층(430)에서 약 900nm까지 흡수하며, 하부 전지층(400)에서 약 1900nm까지 흡수함으로써 넓은 대역폭에 걸쳐 광을 흡수할 수 있는 구조를 갖는다.

[104] 여기서, 상부 전지층(450)의 표면에 무반사 격자패턴(140)의 제조방법을 적용함으로써 입사광의 반사를 최소화할 수 있으며 이로 인해 태양 전지의 효율을 높일 수 있다.

[105] (제5 실시예)

[106] 도 18은 본 발명의 제5 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자를 설명하기 위한 단면도이다.

[107] 도 18을 참조하면, 광소자는 일반적인 광검출기(photodetector)의 구조로써, 에컨대, n형 도핑층(500), 광 흡수층(510) 및 p형 도핑층(520)을 순차적으로 적층한 후, p형 도핑층(520)의 광 흡수부를 제외한 상면에 p형 상부전극(530)을 적층하고, n형 도핑층(500)의 하면에 n형 하부전극(540)을 적층함으로써 형성할 수 있으며, 이에 국한하지는 않는다.

[108] 특히, p형 도핑층(520)의 광 흡수부 상면에 전술한 본 발명의 제1 실시예에 따라 형성된 무반사 격자패턴(140)을 집적함으로써, 본 발명의 제5 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법을 완성할 수 있다.

[109] 이때, 무반사 격자패턴(140)의 형성 방법에 대한 상세한 설명은 본 발명의 제1 실시예와 동일하므로, 이에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.

[110] 여기서, p형 도핑층(520)의 표면에 무반사 격자패턴(140)의 제조방법을 적용함으로써 입사광의 반사를 최소화할 수 있으며 이로 인해 광검출기의 효율을 높일 수 있다.

[111] (제6 실시예)

[112] 도 19는 본 발명의 제6 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자를 설명하기 위한 단면도이다.

[113] 도 19를 참조하면, 광소자는 일반적인 투명 글래스(Transparent Glass)(600)로서, 약 1.5 정도의 굴절률을 가지며 특정 파장 대역에서 약 95% 이상의 투과율을 보인다. 그러나, 태양 전지 등 몇몇 응용분야에서는 넓은 대역에서 약 99% 이상의 투과율을 요하며 이를 위해서 전술한 본 발명의 제1 실시예에 따라 형성된 무반사 격자패턴(140)의 제조방법이 이용될 수 있다.

- [114] 즉, 투명 글래스(600)의 상부에 전술한 본 발명의 제1 실시예에 따라 형성된 무반사 격자패턴(140)을 집적함으로써 보다 넓은 대역에서 높은 투과율을 얻을 수 있다. 또한, 투명 글래스(600)의 상부뿐만 아니라 하부에도 무반사 격자패턴(140)을 집적함으로써 보다 넓은 대역에서 높은 투과율을 얻을 수 있다.
- [115] (제7 실시예)
- [116] 도 20은 본 발명의 제7 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자를 설명하기 위한 단면도이다.
- [117] 도 20을 참조하면, 광소자는 일반적인 박막형 결정 실리콘(Crystalline Silicon) 태양전지로서, 결정 실리콘층(700)을 기준으로, 그 상부에 상부전극(710)과, 그 하부에 예컨대, 알루미늄(Al)으로 이루어진 반사막(reflector)(720)이 구비된 구조이다. 여기서, 반사막(720)은 하부전극의 역할을 함께 수행한다.
- [118] 특히, 상부전극(710) 영역을 제외한 결정 실리콘층(700)의 상면에 전술한 본 발명의 제1 실시예에 따라 형성된 무반사 격자패턴(140)을 집적함으로써, 본 발명의 제7 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자인 박막형 결정 실리콘 태양전지의 제조방법을 완성할 수 있고, 입사광의 반사를 최소화할 수 있으며 이로 인해 태양 전지의 효율을 높일 수 있다.
- [119] 이때, 무반사 격자패턴(140)의 형성 방법에 대한 상세한 설명은 본 발명의 제1 실시예와 동일하므로, 이에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [120] 한편, 종래의 박막형 결정 실리콘(Crystalline Silicon) 태양전지는, 결정 실리콘층을 기준으로, 그 상부에 단층 또는 다층의 무반사 박막층과, 그 하부에 상면에 알루미늄(Al)으로 이루어진 반사막(reflector)이 구비된 구조로서, 특정 파장에서만 반사율이 낮으며, 열특성에 취약한 단점이 있었다.
- [121] 하지만, 본 발명의 제7 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자인 박막형 결정 실리콘 태양전지에 따르면, 종래의 단층 또는 다층의 무반사 박막층에 비해 넓은 스펙트럼 영역에서 매우 낮은 반사율을 가질 수 있기 때문에 셀 효율을 높일 수 있으며, 기존 적층구조에서 발생하는 열 및 안정성 문제를 해소할 수 있다.
- [122] 도 21은 본 발명의 제7 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자에 대하여 파장에 따른 반사율의 변화를 나타낸 그래프로서, 도 21의 (a)는 결정 실리콘층(두께 약 $2\mu\text{m}$ 정도)만 존재할 경우를 나타낸 것이고, 도 21의 (b)는 결정 실리콘층(두께 약 $2\mu\text{m}$ 정도)의 상부에 단층의 무반사 박막층(SiN_x)을 구비한 경우를 나타낸 것이며, 도 21의 (c)는 결정 실리콘층(두께 약 $2\mu\text{m}$ 정도)의 상부에 다층의 무반사 박막층(ZnS/MgF_2)을 구비한 경우를 나타낸 것이며, 도 21의 (d)는 결정 실리콘층(두께 약 $2\mu\text{m}$ 정도)의 상부에 본 발명의 제7 실시예에 따른 무반사 격자패턴(깊이는 약 400nm 정도, 주기는 약 400nm 정도)이 형성된 경우를 나타낸 것으로 도 21의 (a) 내지 (c)에 비해 월등히 낮은 반사특성을 가짐을 확인할 수 있다.
- [123] 도 22는 본 발명의 제7 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자에

대하여 무반사 격자패턴의 주기에 따른 셀 효율의 변화를 나타낸 그래프로서, 무반사 격자패턴의 주기가 약 300nm 내지 500nm(바람직하게는, 약 400nm 정도) 범위에 대해 가장 높은 셀 효율(Cell Efficiency)을 얻을 수 있으며, 종래 단층 또는 다층의 무반사 박막층이 존재할 경우(a)보다 약 25% 높은 셀 효율을 얻을 수 있다.

- [124] 그리고, 도 22의 (b), (c) 및 (d)는 본 발명의 제7 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자에서 결정 실리콘층의 두께를 각각 2 μ m, 5 μ m 및 8 μ m로 형성한 경우를 나타낸 것이다.
- [125] 따라서, 무반사 격자패턴의 주기가 작을 때는 낮은 파장 대역에서 흡수가 크고, 주기가 클 때는 높은 파장 대역에서 흡수가 크다. 즉, 흡수 효율은 무반사 격자패턴의 주기와 밀접한 관계가 있다. 본 발명의 제7 실시예에 적용된 무반사 격자패턴의 주기가 약 400nm 정도에서 전체적으로 높은 흡수특성을 가진다.
- [126] 한편, 도 22에서 적용된 셀 효율(η)은 하기의 수학식 3에 의해 계산되었다.
- [127] 수학식 3

$$\eta = J_{sc} V_{oc} \Gamma_f / P_{in}$$

- [128] 여기서, J_{sc} 는 쇼트전류밀도이고, V_{oc} 는 개방전압이며, Γ_f 는 채움비이며, P_{in} 은 총입력파워이다. 그리고, 약 85% 수집효율 및 약 5% 전극에 의한 그림자 효과를 고려 하였으며, 쇼트전류밀도를 얻기 위한 흡수율 계산은 약 300nm 내지 1200nm에서 수행되었다.
- [129] 상기 셀 효율(η)의 자세한 계산은 선행문헌 1(S. M. Sze, Physics of semiconductor devices 2nd ed., (NJ, Wiley, 1981), chap. 14.) 및 선행문헌 2(L. C. Kimerling et. al., IEEE Trans. Electron Devices 54, 1926 (2007))를 참조하기로 한다.
- [130] 도 23은 본 발명의 제7 실시예에 따른 무반사 격자패턴이 집적된 광소자에 대하여 무반사 격자패턴의 주기 및 깊이에 따른 셀 효율의 변화를 나타낸 그림으로서, 무반사 격자패턴의 깊이가 깊어질수록 굴절률이 서서히 변하므로 셀 효율은 높아지지만, 실제 공정이 까다로울 수 있으므로, 무반사 격자패턴의 깊이가 약 300nm 내지 500nm(바람직하게는, 약 400nm 정도) 범위에서, 그 주기가 약 300nm 내지 500nm(바람직하게는, 약 400nm 정도) 범위에서 가장 적당한 셀 효율(Cell Efficiency)을 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.
- [131] 전술한 본 발명에 따른 무반사 격자패턴의 제조방법 및 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법에 대한 바람직한 실시예에 대하여 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고 특허청구범위와 발명의 상세한 설명 및 첨부한 도면의 범위 안에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고 이 또한 본 발명에 속한다.

청구범위

- [청구항 1] 기관 상에 홀로그램 리소그래피를 이용하여 감광막 패턴을 형성하는 단계;
상기 감광막 패턴을 리플로우(Reflow)시켜 일정 크기의 곡률 반경을 갖는 감광막 렌즈 패턴을 형성하는 단계; 및
상기 기관 자체의 상면에 광파장 이하의 주기를 갖는 끝이 뾰족한 켜기형 또는 파라볼라형의 무반사 격자패턴이 형성되도록 상기 감광막 렌즈 패턴을 포함한 기관의 전면을 식각하는 단계를 포함하는 무반사 격자패턴의 제조방법.
- [청구항 2] 제1 항에 있어서,
상기 감광막 패턴은,
광결정 패턴 무늬를 갖는 광으로 상기 기관의 상부에 형성된 감광막을 1차 노광하고, 상기 기관을 90도 회전하여 2차 노광하며, 포토마스크를 이용하여 상기 감광막 패턴이 형성될 부위를 마스크 및 노광한 후 이를 현상함으로써 원하는 부위에 2차원 격자구조 패턴이 형성되도록 하는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴의 제조방법.
- [청구항 3] 제2 항에 있어서,
상기 광결정 패턴의 주기는 광원의 파장, 격자 오더(Grating Order) 또는 입사광의 각도 중 적어도 어느 하나의 조건에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴의 제조방법.
- [청구항 4] 제2 항에 있어서,
상기 기관의 회전은 0도에서 90도까지 조절하여 다양한 형상의 2차원 격자구조 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴의 제조방법.
- [청구항 5] 제1 항에 있어서,
상기 감광막 렌즈 패턴의 곡률 반경 및 적재율은 상기 리플로우에 대한 가열 온도 또는 시간을 이용하여 조절하는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴의 제조방법.
- [청구항 6] 제1 항에 있어서,
상기 리플로우 온도는 120℃ 내지 400℃ 범위인 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴의 제조방법.
- [청구항 7] 제1 항에 있어서,
상기 무반사 격자패턴은 플라즈마 건식 식각법을 이용하여 형성하는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴의 제조방법.
- [청구항 8] 제7 항에 있어서,
상기 건식 식각 시 가스량, 압력, 구동 전압 중 적어도 어느 하나의

조건을 조절하여 무반사 격자패턴의 높이를 조절함으로써 원하는 종횡비(aspect ratio)를 얻도록 하는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴의 제조방법.

[청구항 9]

제1 항에 있어서,

상기 기판은 투명 글래스인 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴의 제조방법.

[청구항 10]

광소자의 제조방법에 있어서,

n형 도핑층, 활성층 및 p형 도핑층을 순차적으로 적층한 후, 상기 p형 도핑층의 발광부를 제외한 상면에 p형 상부전극을 적층하고, 상기 n형 도핑층의 하면에 n형 하부전극을 적층하는 단계; 및 상기 p형 도핑층의 발광부 상면에 광파장 이하의 주기를 갖는 끝이 뾰족한 켜기형 또는 파라볼라형의 무반사 격자패턴을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법.

[청구항 11]

광소자의 제조방법에 있어서,

n형 도핑층, 활성층 및 p형 도핑층을 순차적으로 적층한 후, 상기 p형 도핑층의 발광부 상면에 광파장 이하의 주기를 갖는 끝이 뾰족한 켜기형 또는 파라볼라형의 무반사 격자패턴을 형성하는 단계; 및

상기 무반사 격자패턴을 포함한 p형 도핑층의 전면에 투명전극을 적층한 후, 상기 투명전극의 발광부를 제외한 상면에 접촉패드를 적층하고, 상기 n형 도핑층의 하면에 n형 하부전극을 적층하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법.

[청구항 12]

광소자의 제조방법에 있어서,

하부 전지층, 중간 전지층 및 상부 전지층을 순차적으로 적층한 후, 상기 상부 전지층의 일측 상면에 p형 상부전극을 적층하고, 상기 하부 전지층의 하면에 n형 하부전극을 적층하는 단계; 및 상기 p형 상부전극 영역을 제외한 상부 전지층의 상면에 광파장 이하의 주기를 갖는 끝이 뾰족한 켜기형 또는 파라볼라형의 무반사 격자패턴을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법.

[청구항 13]

제12 항에 있어서,

상기 하부 전지층과 중간 전지층 사이 및 상기 중간 전지층과 상부 전지층의 사이는 각각 제1 및 제2 터널 접합층을 통해 연결되는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법.

[청구항 14]

제13 항에 있어서,

상기 제1 터널 접합층과 중간 전지층 사이에 버퍼층이 더 구비되는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법.

[청구항 15]

광소자의 제조방법에 있어서,

n형 도핑층, 광 흡수층 및 p형 도핑층을 순차적으로 적층한 후, 상기 p형 도핑층의 광 흡수부를 제외한 상면에 p형 상부전극을 적층하고, 상기 n형 도핑층의 하면에 n형 하부전극을 적층하는 단계; 및

상기 p형 도핑층의 광 흡수부 상면에 광파장 이하의 주기를 갖는 끝이 뾰족한 켜기형 또는 파라볼라형의 무반사 격자패턴을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법.

[청구항 16]

광소자의 제조방법에 있어서,

결정 실리콘층의 일측 상면에 상부전극을 적층하고, 상기 결정 실리콘층의 하면에 반사막을 적층하는 단계; 및

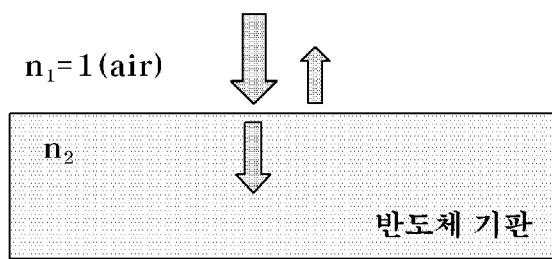
상기 상부전극 영역을 제외한 결정 실리콘층의 상면에 광파장 이하의 주기를 갖는 끝이 뾰족한 켜기형 또는 파라볼라형의 무반사 격자패턴을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법.

[청구항 17]

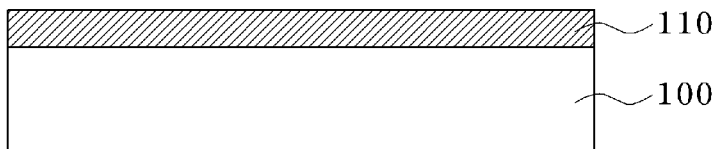
제16 항에 있어서,

상기 무반사 격자패턴의 주기 및 깊이는 300nm 내지 500nm인 것을 특징으로 하는 무반사 격자패턴이 집적된 광소자의 제조방법.

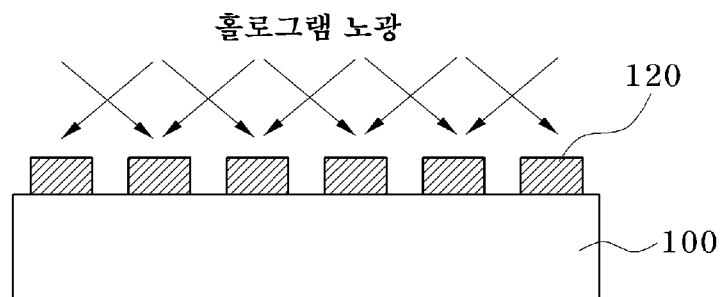
[Fig. 1]



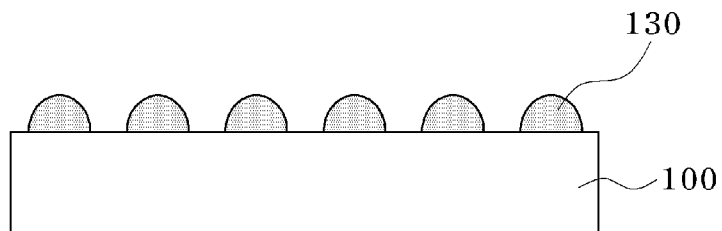
[Fig. 2]



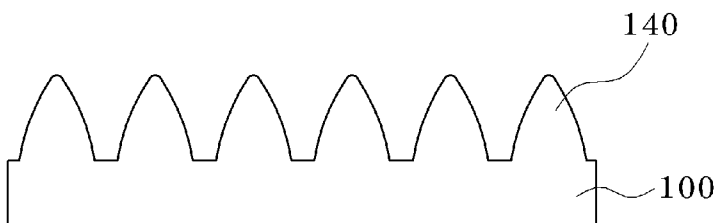
[Fig. 3]



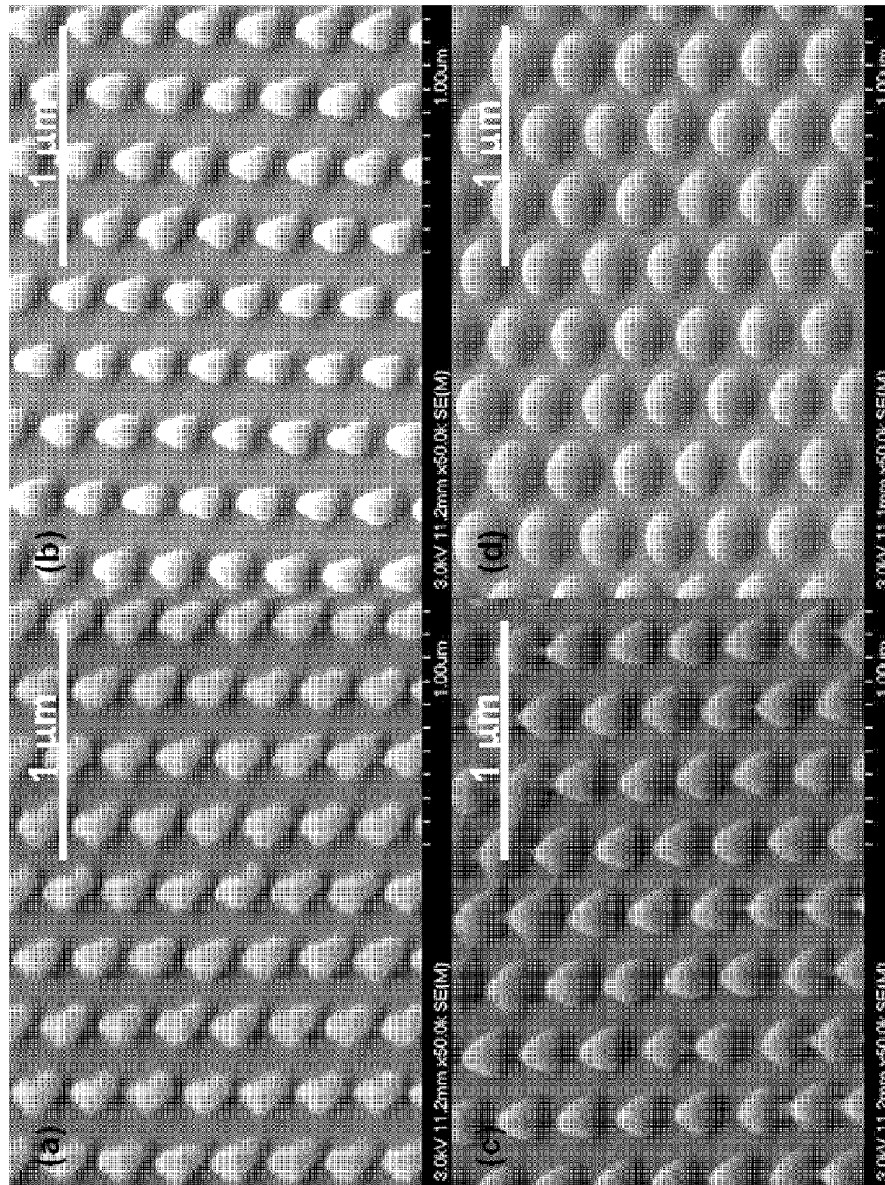
[Fig. 4]



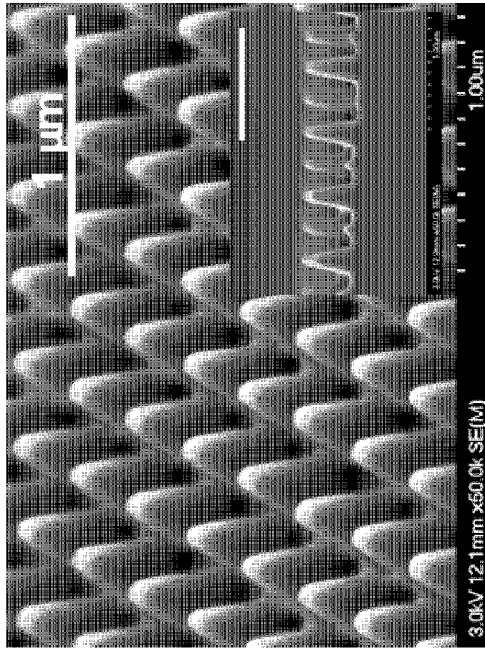
[Fig. 5]



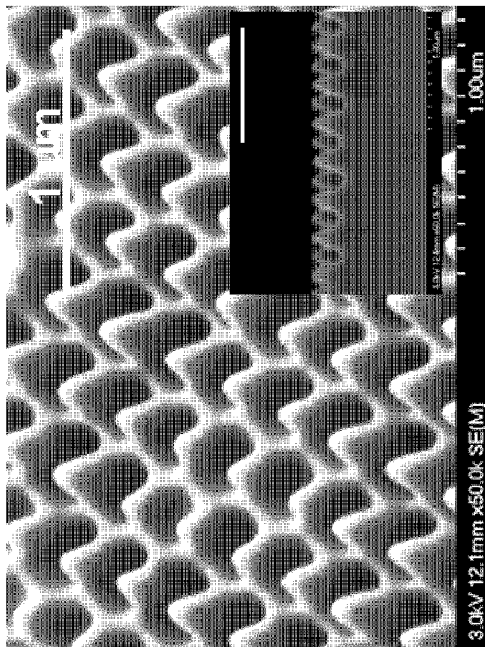
[Fig. 6]



[Fig. 7]

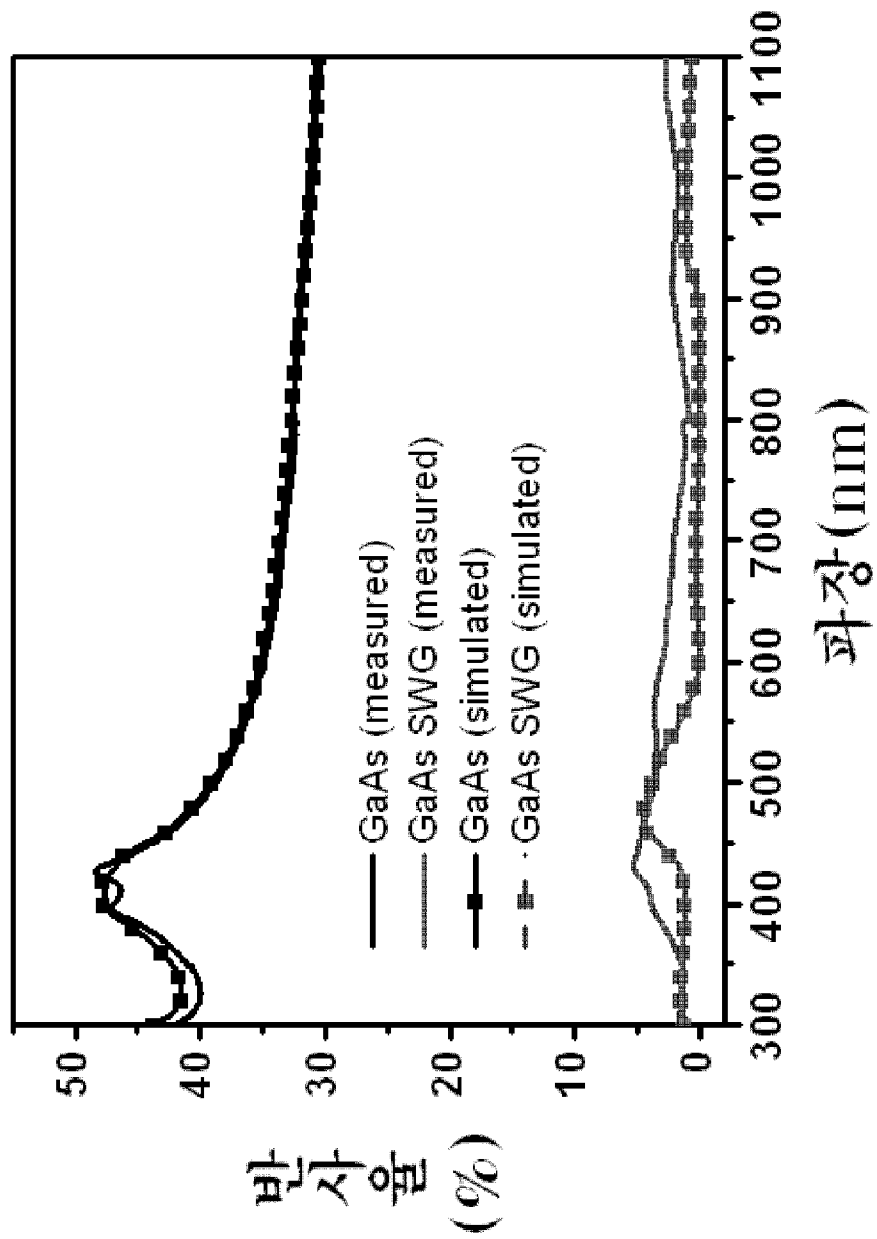


(b)



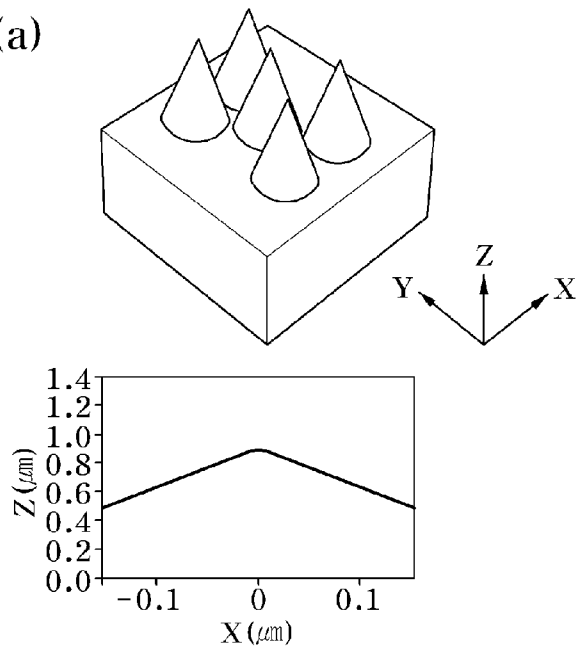
(a)

[Fig. 8]

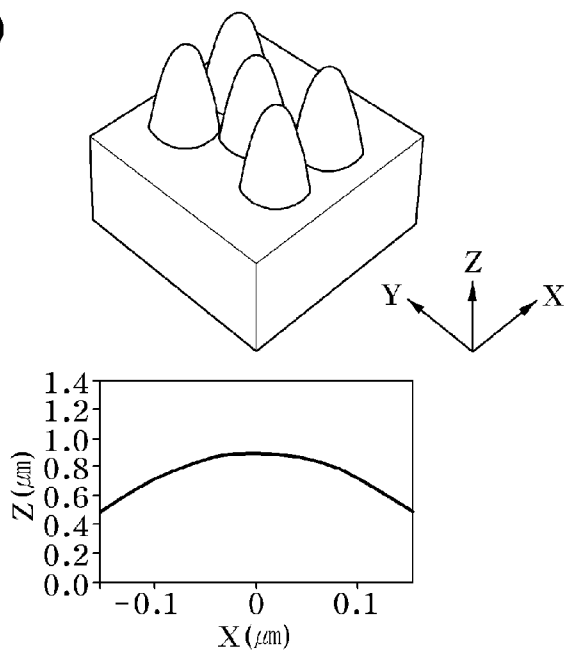


[Fig. 9]

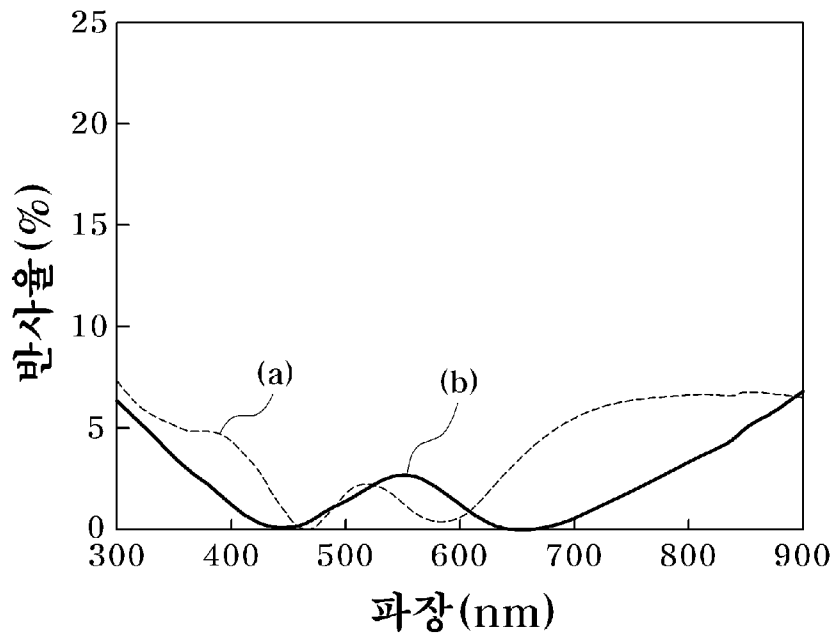
(a)



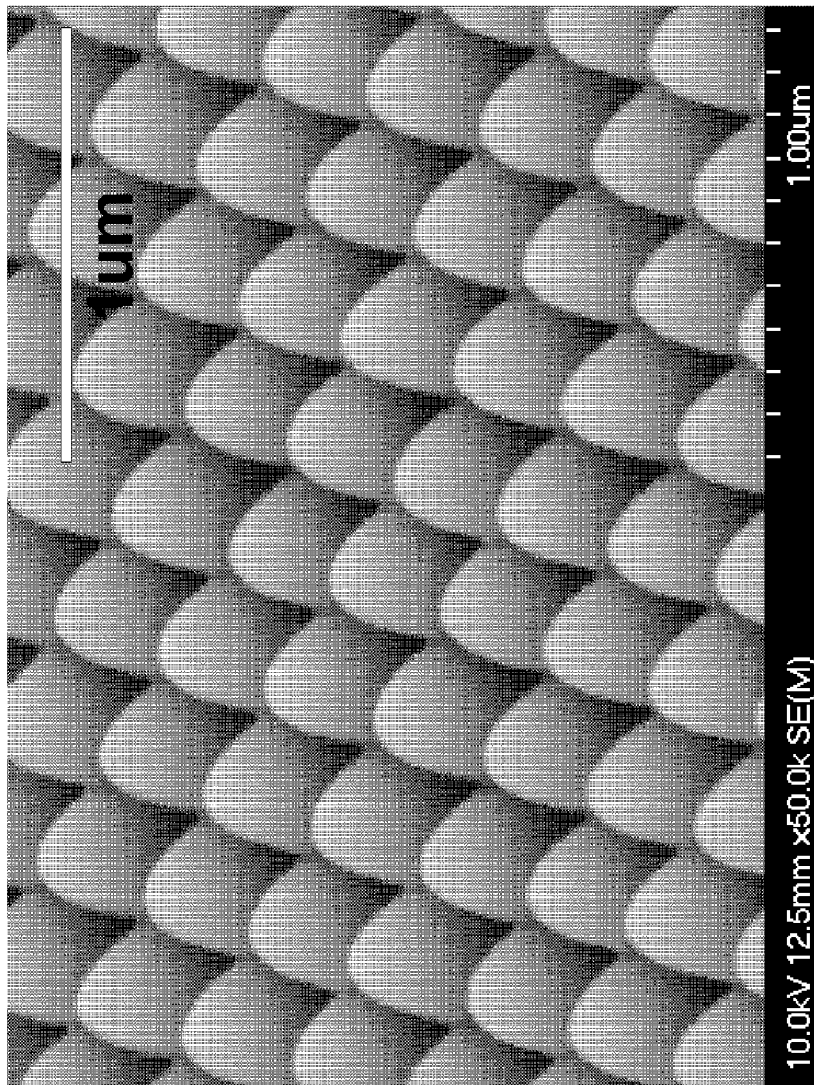
(b)



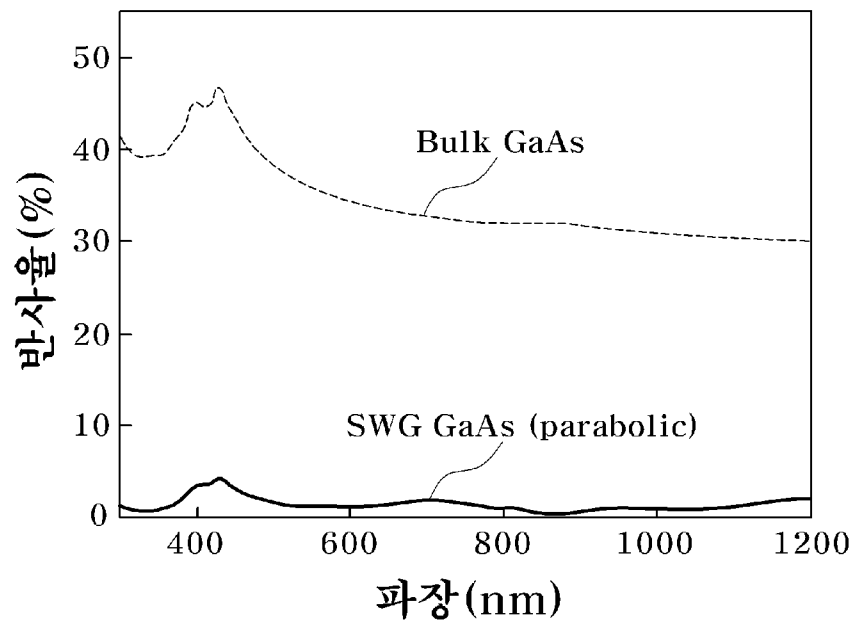
[Fig. 10]



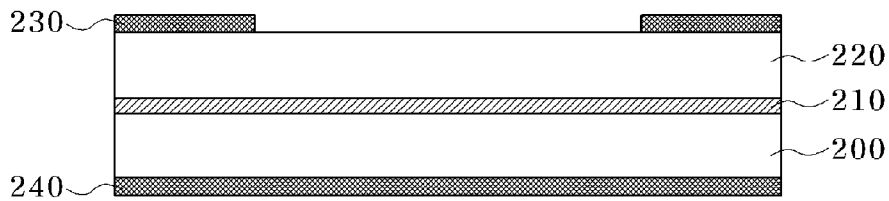
[Fig. 11]



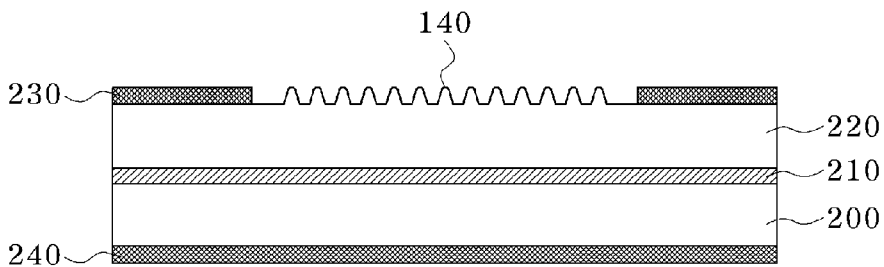
[Fig. 12]



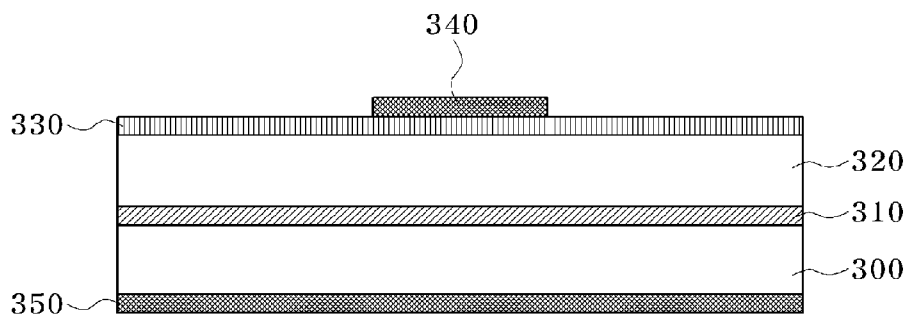
[Fig. 13]



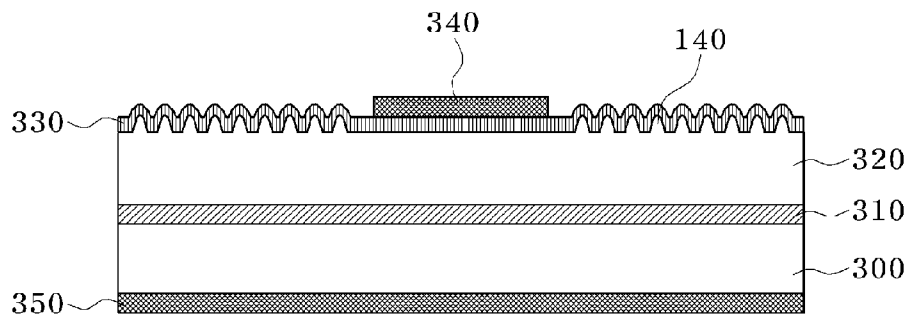
[Fig. 14]



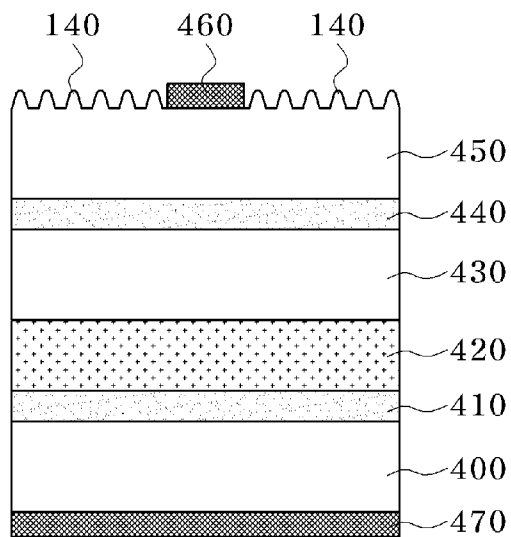
[Fig. 15]



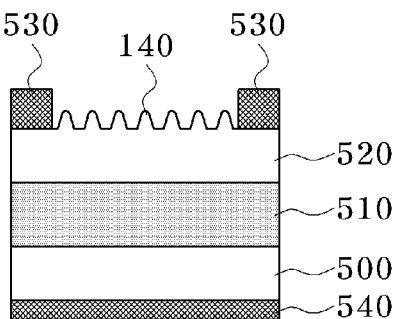
[Fig. 16]



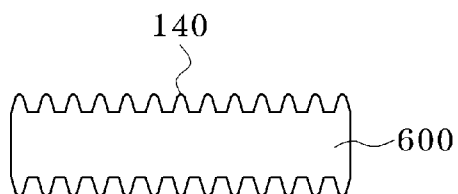
[Fig. 17]



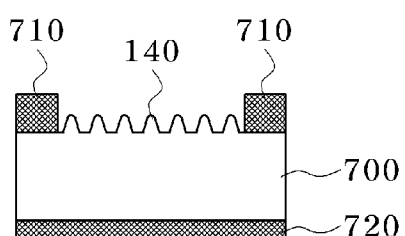
[Fig. 18]



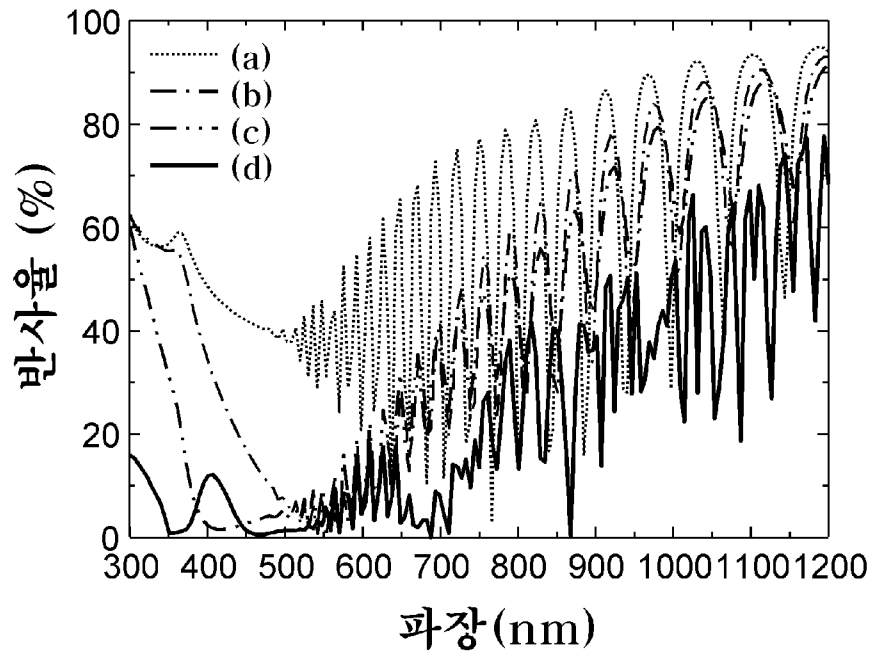
[Fig. 19]



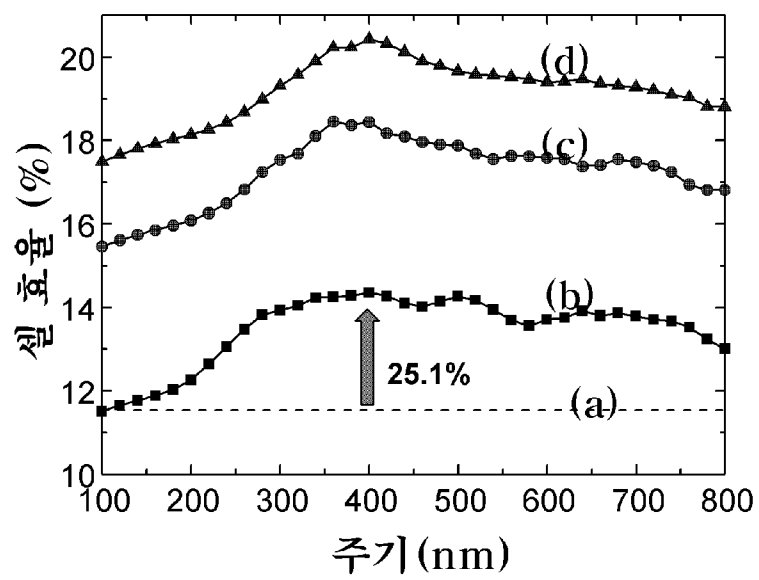
[Fig. 20]



[Fig. 21]



[Fig. 22]



[Fig. 23]

