

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2016년 10월 20일 (20.10.2016)



(10) 국제공개번호
WO 2016/167542 A1

- (51) 국제특허분류:
C30B 15/20 (2006.01) *C30B 29/06* (2006.01)
C30B 15/10 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2016/003841
- (22) 국제출원일: 2016년 4월 12일 (12.04.2016)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2015-0052307 2015년 4월 14일 (14.04.2015) KR
- (71) 출원인: 주식회사 엘지실트론 (LG SILTRON INCORPORATED) [KR/KR]; 39386 경상북도 구미시 임수로 53, Gyeongsangbuk-do (KR).
- (72) 발명자: 홍영호 (HONG, Young Ho); 39400 경상북도 구미시 3공단 3로 132-11, Gyeongsangbuk-do (KR). 박현우 (PARK, Hyun Woo); 39400 경상북도 구미시 3공단 3로 132-11, Gyeongsangbuk-do (KR). 손수진 (SON, Su Jin); 39400 경상북도 구미시 3공단 3로 132-11, Gyeongsangbuk-do (KR). 김남석 (KIM, Nam Seok);

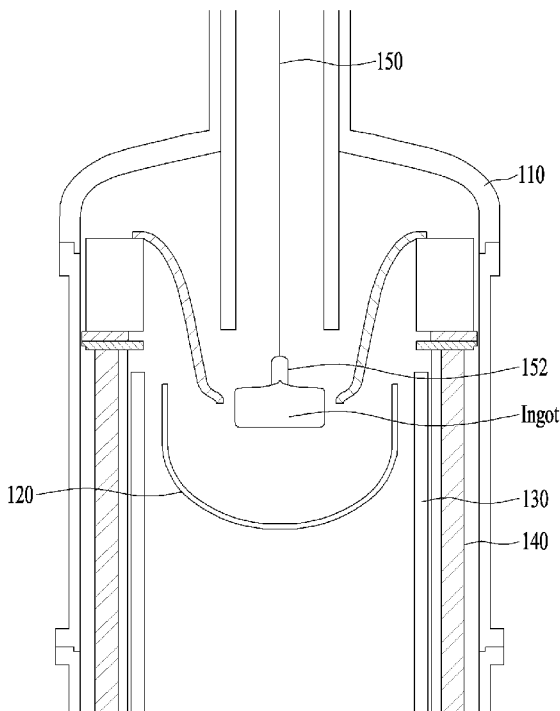
39400 경상북도 구미시 3공단 3로 132-11, Gyeongsangbuk-do (KR).

- (74) 대리인: 박영복 (PARK, Young Bok) 등; 13494 경기도 성남시 분당구 판교역로 225-18 이룸빌딩 2층 KPH 어소시에이츠, Gyeonggi-do (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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR GROWING SINGLE CRYSTAL SILICON INGOT

(54) 발명의 명칭 : 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치 및 방법



(57) Abstract: An embodiment provides an apparatus for growing a single crystal silicon ingot, the apparatus comprising: a chamber; a crucible which is provided inside the chamber and which accommodates silicon melt; a crucible supporter and a rotation shaft disposed at the bottom of the crucible; a heater which is provided inside the chamber and heats the silicon melt; a pulling means for rotating and pulling an ingot grown from the silicon melt; and a magnetic field generation unit for applying a horizontal magnetic field to the crucible. Here, a first direction in which the rotation shaft rotates the crucible is identical to a second direction in which the pulling means rotates the ingot.

(57) 요약서: 실시예는 챔버; 상기 챔버의 내부에 구비되고, 실리콘 용액이 수용되는 도가니; 상기 도가니의 하부에 배치되는 도가니 지지대와 회전축; 상기 챔버의 내부에 구비되고, 상기 실리콘 용액을 가열하는 히터; 상기 실리콘 용액으로부터 성장되는 잉곳을 회전하며 인상하는 인상 수단; 및 상기 도가니에 수평 자기장을 인가하는 자기장 발생 유닛을 포함하고, 상기 회전축이 상기 도가니를 회전시키는 제 1 방향과 상기 인상 수단이 상기 잉곳을 회전시키는 제 2 방향은 서로 동일하는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치를 제공한다.



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, **공개:**

MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,

GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

명세서

발명의 명칭: 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치 및 방법

기술분야

- [1] 실시예는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 실리콘 단결정 잉곳에서 직경 방향과 반경 방향의 산소 농도의 균일성을 확보하고자 한다.

배경기술

- [2] 통상적인 실리콘 웨이퍼는, 단결정 잉곳(Ingot)을 만들기 위한 단결정 성장 공정과, 단결정 잉곳을 슬라이싱(Slicing)하여 얇은 원판 모양의 웨이퍼를 얻는 슬라이싱 공정과, 상기 슬라이싱 공정에 의해 얻어진 웨이퍼의 깨짐, 일그러짐을 방지하기 위해 그 외주부를 가공하는 그라인딩(Grinding) 공정과, 상기 웨이퍼에 잔존하는 기계적 가공에 의한 손상(Damage)을 제거하는 랩핑(Lapping) 공정과, 상기 웨이퍼를 경면화하는 연마(Polishing) 공정과, 연마된 웨이퍼를 연마하고 웨이퍼에 부착된 연마제나 이물질질을 제거하는 세정 공정을 포함하여 이루어진다.
- [3] 단결정 성장은 플로우팅존(floating zone : FZ) 방법 또는 초크랄스키(Czochralski : CZ, 이하 CZ라 칭한다) 방법을 많이 사용하여 왔다. 이들 방법 중에서 가장 일반화되어 있는 방법이 CZ 방법이다.
- [4] CZ 방법에서는 석영 도가니에 다결정 실리콘을 장입하고, 이를 흑연 발열체에 의해 가열하여 용융시킨 후, 용융 결과 형성된 실리콘 용액에 종자결정을 담그고 계면에서 결정화가 일어날 때 종자결정을 회전하면서 인상시킴으로써 단결정의 실리콘 잉곳을 성장시킨다.
- [5] 실리콘 단결정의 성장 과정에서 성장 이력에 따른 결정 결함 및 원하지 않는 불순물로서 특히 산소가 실리콘 단결정에 포함되게 된다. 이렇게 함입된 산소는 반도체 소자의 제조 공정에서 가해지는 열에 의해 산소 침전물(oxygen precipitates)로 성장하게 되는데, 이 산소 침전물은 실리콘 웨이퍼의 강도를 보장하고 금속 오염 원소를 포획하는 등 내부 게터링(Internal Gettering) 사이트로서 작용하는 등 유익한 특성을 보이기도 하지만, 반도체 소자의 누설전류 및 불량(fail)을 유발하는 유해한 특성을 보인다.
- [6] 따라서, 실리콘 단결정 잉곳으로부터 제조된 웨이퍼의 산소 농도가 길이 방향 및 반경 방향에서 고를 필요가 있으며, 실리콘 단결정 잉곳을 성장시킬 때 공정 변수인 시드(seed) 회전속도, 도가니 회전속도, 용액(melt) 표면과 열차폐체(heat shield)간의 간격인 멜트 갭(melt gap), 잉곳의 인상속도(pull speed), 핫 존(hot zone)의 디자인 변경, 질소나 탄소 등의 제3의 원소 도핑 등을 통해 산소 농도를 조절할 수 있다.
- [7] 그러나, 현재 제조된 실리콘 단결정 잉곳으로부터 구하여진 웨이퍼의 경우

특히 가장 자리에 환형으로 산소 농도가 불균일한 영역이 발견되고 있으며, 상술한 내부 게터링 특성의 불균일에 기인할 수 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 실시예는 실리콘 단결정의 성장시에 길이 방향 및 반경 방향의 산소 농도의 균일성을 향상시키고자 한다.

과제 해결 수단

- [9] 실시예는 챔버; 상기 챔버의 내부에 구비되고, 실리콘 용액이 수용되는 도가니; 상기 도가니의 하부에 배치되는 도가니 지지대와 회전축; 상기 챔버의 내부에 구비되고, 상기 실리콘 용액을 가열하는 히터; 상기 실리콘 용액으로부터 성장되는 잉곳을 회전하며 인상하는 인상 수단; 및 상기 도가니에 수평 자기장을 인가하는 자기장 발생 유닛을 포함하고, 상기 회전축이 상기 도가니를 회전시키는 제1 방향과 상기 인상 수단이 상기 잉곳을 회전시키는 제2 방향은 서로 동일하는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치를 제공한다.
- [10] 히터는 최대 발열 위치가 MGP(maximum gauss position)보다 하부에 형성되도록 상기 도가니 주변을 가열할 수 있다.
- [11] 히터는 최대 발열 위치가 상기 MGP보다 100 내지 200 밀리미터 하부에 형성되도록 상기 도가니 주변을 가열할 수 있다.
- [12] 히터와 인상 수단은, 상기 실리콘 용액의 반경 방향의 가장 자리에 고르게 확산 경계층이 분포하도록 상기 도가니를 가열하고 상기 잉곳을 인상할 수 있다.
- [13] 히터와 인상 수단은, 상기 확산 경계층이 상기 실리콘 용액의 표면으로부터 12 밀리미터 하부에 형성되도록 상기 도가니를 가열하고 상기 잉곳을 인상할 수 있다.
- [14] 히터와 인상 수단은, 상기 확산 경계층이 상기 실리콘 용액의 가장 자리로부터 300 밀리미터 이상의 직경에 분포하도록 상기 도가니를 가열하고 상기 잉곳을 인상할 수 있다.
- [15] 다른 실시예는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에 있어서, 잉곳과 도가니를 동일한 방향으로 회전시키고, 최대발열위치를 MGP(maximum gauss position)보다 하부에 위치시키는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법을 제공한다.
- [16] 확산 경계층이 실리콘 용액의 반경 방향의 가장 자리에 고르게 분포할 수 있다.
- [17] 확산 경계층은, 상기 실리콘 용액의 표면으로부터 12 밀리미터 하부에서 300 밀리미터 이상의 직경에 분포할 수 있다.
- [18] 실리콘 용액 내에서 길이 방향으로 상기 실리콘 용액의 흐름이 일정할 수 있다.
- [19] 최대발열위치를 상기 MGP보다 100 내지 200 밀리미터 하부에 위치시킬 수 있다.

발명의 효과

- [20] 상술한 공정으로 실리콘 단결정 잉곳을 성장시킬 때, 실리콘 용액의 흐름이

일정하여 확산 경계층이 잉곳의 가장 자리에 분포하고 제조된 실리콘 웨이퍼의 산소 농도가 일정하여 비저항이 개선됨을 알 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [21] 도 1은 실시예에 따른 단결정 잉곳 제조장치를 나타낸 도면이고,
- [22] 도 2는 실리콘 단결정 잉곳의 성장시에 최대 가우스 지점(Maximum Gauss Position)의 이동을 나타낸 도면이고,
- [23] 도 3은 종래의 최대발열위치와 실시예에 따른 최대발열위치를 나타낸 도면이고,
- [24] 도 4a 내지 도 4c는 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 실리콘 용액의 흐름을 비교예와 함께 나타낸 도면이고,
- [25] 도 5a 내지 도 5c는 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 실리콘 용액 내의 산소의 분포를 비교예와 함께 나타낸 도면이고,
- [26] 도 6a는 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 산소 농도의 균일도를 나타낸 도면이고,
- [27] 도 6b는 비교예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 산소 농도의 균일도를 나타낸 도면이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [28] 이하, 본 발명을 구체적으로 설명하기 위해 실시 예를 들어 설명하고, 발명에 대한 이해를 돕기 위해 첨부도면을 참조하여 상세하게 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명에 따른 실시 예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 상술하는 실시 예들에 한정되는 것으로 해석되지 않아야 한다. 본 발명의 실시 예들은 당 업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다.
- [29] 본 발명에 따른 실시 예의 설명에 있어서, 각 element의 "상(위)" 또는 "하(아래)(on or under)"에 형성되는 것으로 기재되는 경우에 있어, 상(위) 또는 하(아래)(on or under)는 두개의 element가 서로 직접(directly)접촉되거나 하나 이상의 다른 element가 상기 두 element사이에 배치되어(indirectly) 형성되는 것을 모두 포함한다. 또한 "상(위)" 또는 "하(아래)(on or under)"로 표현되는 경우 하나의 element를 기준으로 위쪽 방향뿐만 아니라 아래쪽 방향의 의미도 포함할 수 있다.
- [30] 또한, 이하에서 이용되는 "제1" 및 "제2," "상부" 및 "하부" 등과 같은 관계적 용어들은, 그런 실체 또는 요소들 간의 어떠한 물리적 또는 논리적 관계 또는 순서를 반드시 요구하거나 내포하지는 않으면서, 어느 한 실체 또는 요소를 다른 실체 또는 요소와 구별하기 위해서만 이용될 수도 있다.
- [31] 도면에서 각층의 두께나 크기는 설명의 편의 및 명확성을 위하여 과장되거나 생략되거나 또는 개략적으로 도시되었다. 또한 각 구성요소의 크기는 실제크기를 전적으로 반영하는 것은 아니다.

- [32] 도 1은 실시예에 따른 단결정 잉곳 제조 장치를 나타낸 도면이다.
- [33] 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳 제조 장치(100)는 챔버(110), 도가니(120), 히터(130), 인상수단(150) 등을 포함할 수 있다. 상세하게는, 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳 제조 장치(100)는 챔버(110)와, 상기 챔버(110)의 내부에 구비되며, 실리콘 용액을 수용하는 도가니(120)와, 상기 챔버(110)의 내부에 구비되며, 상기 도가니(120)를 가열하는 히터(130) 및 종자결정(152)이 일단에 결합된 인상수단(150)과 도가니(120)에 수평 자기장을 인가하는 자기장 발생 유닛(미도시)을 포함할 수 있다.
- [34] 챔버(110)는 반도체 등의 전자부품 소재로 사용되는 실리콘 웨이퍼(wafer)용 단결정 잉곳(Ingot)을 성장시키기 위한 소정의 공정들이 수행되는 공간을 제공한다.
- [35] 챔버(110)의 내벽에는 히터(130)의 열이 상기 챔버(110)의 측벽부로 방출되지 못하도록 복사 단열체(140)가 설치될 수 있다.
- [36] 실리콘 단결정 성장 시의 산소 농도를 제어하기 위하여 석영 도가니(120)의 회전 속도나 챔버 내부의 압력 조건 등 다양한 인자들을 조절할 수 있다. 예를 들어, 실시예는 산소 농도를 제어하기 위하여 실리콘 단결정 성장 장치의 챔버(110) 내부에 아르곤 가스 등을 주입하여 하부로 배출할 수 있다.
- [37] 상기 도가니(120)는 실리콘 용액을 담을 수 있도록 상기 챔버(110)의 내부에 구비되며, 석영 등으로 이루어질 수 있다. 상기 도가니(120)의 외부에는 도가니(120)를 지지할 수 있도록 흑연으로 이루어지는 도가니 지지대(미도시)가 구비될 수 있다. 상기 도가니 지지대는 회전축(미도시) 상에 고정 설치되고, 이 회전축은 구동수단(미도시)에 의해 회전되어 도가니(120)를 회전 및 승강 운동시키면서 고액 계면, 즉 고화된 잉곳과 실리콘 용액의 경계면이 동일한 높이를 유지하도록 할 수 있다.
- [38] 또한, 상기 회전축은 상기 도가니를 회전시키는 제1 방향으로 회전시키고, 상기 인상수단이 상기 잉곳을 회전시키는 제2 방향으로 회전시킬 수 있는데, 제1 방향과 제2 방향은 서로 동일할 수 있다.
- [39] 히터(130)는 도가니(120)를 가열하도록 챔버(110)의 내부에 구비될 수 있다. 예를 들어, 상기 히터(130)는 도가니 지지대를 에워싸는 원통형으로 이루어질 수 있다. 이러한 히터(130)는 도가니(120) 내에 적재된 고순도의 다결정 실리콘 덩어리를 용융하여 실리콘 용액으로 만들게 된다.
- [40] 히터(130)에서 공급되는 열에 의하여 도가니(120)가 가열되는데, 도가니의 높이에 따른 영역마다 온도가 다를 수 있고, 온도가 가장 높은 영역은 히터의 최대 발열 위치와 대응될 수 있다.
- [41] 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳 성장을 위한 제조방법에서는 단결정인 종자결정(seed crystal, 152)을 실리콘 용액에 담근 후 천천히 끌어올리면서 결정을 성장시키는 쇼크랄스키(Czochralski: CZ)법을 채용할 수 있다.
- [42] 쇼크랄스키법을 상세히 설명하면 아래와 같다.

- [43] 종자결정(152)으로부터 가늘고 긴 결정을 성장시키는 네킹(necking)공정을 거치고 나면, 결정을 직경방향으로 성장시켜 목표직경으로 만드는 숄더링(shouldering)공정을 거치며, 이후에는 일정한 직경을 갖는 결정으로 성장시키는 바디 그로잉(body growing)공정을 거치며, 일정한 길이만큼 바디 그로잉이 진행된 후에는 결정의 직경을 서서히 감소시켜 결국 용융 실리콘과 분리하는 테일링(tailing)공정을 거쳐 단결정 성장이 마무리된다.
- [44] 본 실시예에서는 실리콘 용액에는 P-타입의 도펀트인 B(보론)이, N-타입의 도펀트인 As(비소), P(인), Sb(안티몬) 등이 도핑될 수 있다. 고농도의 도펀트가 투입될 경우, 도펀트의 농도에 따라 V/G(growth rate/temperature gradient) 즉, 온도 구배에 대한 잉곳의 성장 속도가 변화할 수 있으며, 이에 따라 잉곳의 내부 특히 바디(body) 영역 내에서 산소 농도가 변화할 수 있다.
- [45] 본 실시예에서는 잉곳의 성장시에 잉곳과 도가니를 동일한 방향으로 회전시키고, 최대발열위치가 MGP(maximum gauss position)보다 하부에 위치하도록 히터를 배치하여, 잉곳의 길이 방향과 반경 방향(면내 방향)에서의 산소 농도를 일정하게 하여 생산되는 웨이퍼의 비저항을 일정하게 할 수 있다.
- [46] 상세하게는, 상기의 자기장 인가 유닛에 의하여 도가니(120)의 주변에 자기장이 인가되는데, 자기장의 세기가 가장 센 영역을 MGP(maximum gauss position)라고 할 수 있다. 이때, 히터와 자기장은 최대 발열 위치가 MGP(maximum gauss position)보다 하부에 형성되도록 상기 도가니(120)의 주변을 가열하고 도가니의 주변에 자기장을 인가할 수 있으며, 상세하게는 최대 발열 위치가 상기 MGP보다 100 내지 200 밀리미터 하부에 형성되도록 할 수 있다.
- [47] 도 2는 실리콘 단결정 잉곳의 성장시에 최대 가우스 지점(Maximum Gauss Position)의 이동을 나타낸 도면이다.
- [48] 도 2에서 최대 가우스 지점(MGP)은 도가니 내부의 영역인 'A'와 상부 챔버의 영역인 'B'의 경계면의 상하로 이동할 수 있는데, MGP는 상술한 경계면으로부터 'A' 방향으로 'a' 그리고, 'B' 방향으로 'b'의 범위 내에서 이동할 수 있는데, 이때 히터의 최대 발열 위치는 상술한 MGP보다 하부에 위치할 수 있다.
- [49] 도 3은 종래의 최대발열위치와 실시예에 따른 최대발열위치를 나타낸 도면이다.
- [50] 실시예에서는 도시된 바와 같이 종래보다 최대발열위치를 하부에 위치하고, 특히 최대발열위치가 MGP보다 100 밀리미터 내지 200 밀리미터 하부의 거리(d)에 위치시킬 수 있다. 이때, 실리콘 용액의 흐름(flow)을 변화시킬 수 있으며, 최대발열위치가 MGP보다 200 밀리미터 이상 하부에 위치하면 실리콘 용액 상부의 흐름이 난류(turbulence)가 될 수 있고, 0 내지 100 밀리미터 하부에 위치하면 실리콘 용액 하부의 흐름이 난류가 될 수 있다.
- [51] 실시예에서는 최대발열위치를 MGP보다 100 밀리미터 내지 200 밀리미터 하부에 위치시켜서, 실리콘 용액의 깊이 방향 즉 도 1의 상하 방향으로의 흐름을

일정하게 할 수 있다.

- [52] 성장되는 잉곳으로부터 제조되는 실리콘 웨이퍼의 하이 게터링(high gettering) 및 균일성(uniformity) 향상을 위하여, 잉곳 내에서 산소 농도가 깊이 방향 및 반경 방향으로 일정한 것이 유리하다. 이를 위하여 확산 경계층이 성장 중인 실리콘 용액의 표면으로부터 12 밀리미터 정도의 깊이에서, 약 300 밀리미터의 직경 외부의 영역에 분포할 수 있다. 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 실리콘 용액 내의 확산 경계층이 반경 방향의 가장 자리에 고르게 분포할 수 있는데, 확산 경계층은 실리콘 용액의 온도를 측정하여 확인할 수 있다.
- [53] 이때, 상기의 히터와 인상 수단은, 상기 실리콘 용액의 반경 방향의 가장 자리에 고르게 확산 경계층이 분포하도록 상기 도가니를 가열하고 상기 잉곳을 인상할 수 있다. 상세하게는 상기 히터와 인상 수단은, 상기 확산 경계층이 상기 실리콘 용액의 표면으로부터 12 밀리미터 하부에 형성되도록 상기 도가니를 가열하고 상기 잉곳을 인상할 수 있다.
- [54] 상세하게는 확산 경계층은 확산 속도가 $10^{-8} \text{m}^2/\text{초}$ 정도인 영역이며, 본 실시예에서 1700 켈빈(Kelvin) 정도의 온도에서 확산 경계층은 최대 직경이 320 밀리미터일 수 있다.
- [55] 도 4a 내지 도 4c는 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 실리콘 용액의 흐름을 비교예와 함께 나타낸 도면이다.
- [56] 좌측이 실리콘 용액의 표면에서의 실리콘 용액의 흐름이고 우측으로 갈수록 하부 영역에서의 흐름을 나타내며, 최우측은 도가니의 바닥면에서의 실리콘 용액의 흐름을 나타낸다.
- [57] 도 4b와 도 4c의 제1 실시예와 제2 실시예, 특히 제1 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 실리콘 용액의 흐름의 패턴이 하부 영역에서도 유지되나, 종래 기술의 경우 실리콘 용액의 흐름의 패턴이 하부에서는 희미해질 수 있다.
- [58] 도 5a 내지도 5c는 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 실리콘 용액의 산소의 분포를 비교예와 함께 나타낸 도면이다. 도 5b와 도 5c에서 확산 경계층이 잉곳의 가장 자리에서 유지되어 실리콘 용액의 속도 변화가 억제되어 산소 농도가 깊이 방향으로 2200 밀리미터까지 균일하나, 도 5a의 비교예의 경우 실리콘 용액의 흐름이 일정하지 않아 산소 농도가 깊이 방향으로 2000 밀리미터에서 불균일할 수 있다.
- [59] 도 6a는 실시예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 산소 농도의 균일도를 나타낸 도면이고, 도 6b는 비교예에 따른 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에서 산소 농도의 균일도를 나타낸 도면이다.
- [60] 도 6a에서 실리콘 웨이퍼는 직경이 각각 180 밀리미터와 220 밀리미터이고 비저항이 각각 0.09와 0.11이고 하나의 잉곳으로부터 제조된 실리콘 웨이퍼들의 산소 농도가 반경 방향에서 거의 균일하다. 도 6d에서 실리콘 웨이퍼는 직경이

110 밀리미터와 180 밀리미터이고 비저항이 각각 0.16과 0.19이며, 하나의 잉곳으로부터 제조된 실리콘 웨이퍼들의 산소 농도가 반경 방향에서 큰 산포를 나타내고 있다.

[61] 따라서, 상술한 실시예에 따른 공정으로 실리콘 단결정 잉곳을 성장시킬 때, 실리콘 용액의 흐름이 일정하여 확산 경계층이 잉곳의 가장 자리에 분포하고 제조된 실리콘 웨이퍼의 산소 농도가 일정하여 비저항이 개선됨을 알 수 있다.

[62] 이상에서 실시 예를 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시 예의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 실시 예에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부된 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

산업상 이용가능성

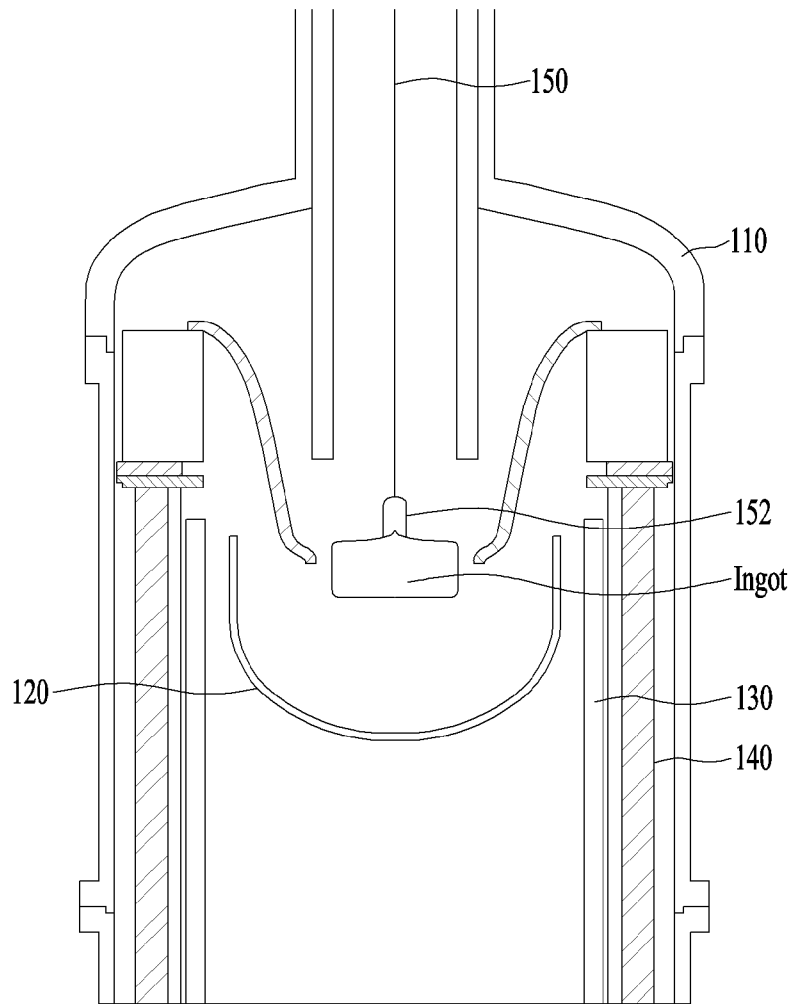
[63] 실시예는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치 및 방법은 실리콘 단결정 잉곳에서 직경 방향과 반경 방향의 산소 농도의 균일성을 향상시킬 수 있다.

청구범위

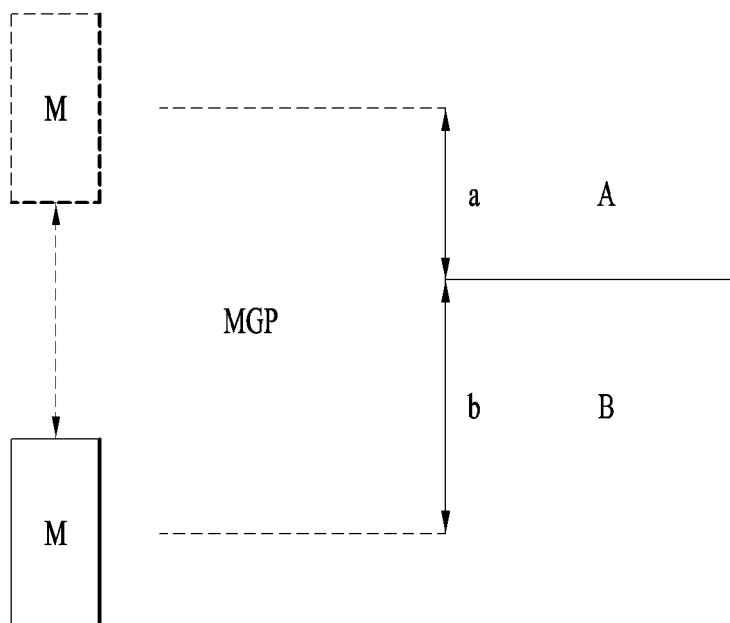
- [청구항 1] 챔버;
상기 챔버의 내부에 구비되고, 실리콘 용액이 수용되는 도가니;
상기 도가니의 하부에 배치되는 도가니 지지대와 회전축;
상기 챔버의 내부에 구비되고, 상기 실리콘 용액을 가열하는 히터;
상기 실리콘 용액으로부터 성장되는 잉곳을 회전하며 인상하는 인상 수단; 및
상기 도가니에 수평 자기장을 인가하는 자기장 발생 유닛을 포함하고,
상기 회전축이 상기 도가니를 회전시키는 제1 방향과 상기 인상 수단이
상기 잉곳을 회전시키는 제2 방향은 서로 동일하는 실리콘 단결정 잉곳의
성장 장치.
- [청구항 2] 제1 항에 있어서,
상기 히터는 최대 발열 위치가 MGP(maximum gauss position)보다 하부에
형성되도록 상기 도가니 주변을 가열하는 실리콘 단결정 잉곳의 성장
장치.
- [청구항 3] 제1 항에 있어서,
상기 히터는 최대 발열 위치가 상기 MGP보다 100 내지 200 밀리미터
하부에 형성되도록 상기 도가니 주변을 가열하는 실리콘 단결정 잉곳의
성장 장치.
- [청구항 4] 제1 항에 있어서,
상기 히터와 인상 수단은, 상기 실리콘 용액의 반경 방향의 가장 자리에
고르게 확산 경계층이 분포하도록 상기 도가니를 가열하고 상기 잉곳을
인상하는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치.
- [청구항 5] 제4 항에 있어서,
상기 히터와 인상 수단은, 상기 확산 경계층이 상기 실리콘 용액의
표면으로부터 12 밀리미터 하부에 형성되도록 상기 도가니를 가열하고
상기 잉곳을 인상하는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치.
- [청구항 6] 제5 항에 있어서,
상기 히터와 인상 수단은, 상기 확산 경계층이 상기 실리콘 용액의 가장
자리로부터 300 밀리미터 이상의 직경에 분포하도록 상기 도가니를
가열하고 상기 잉곳을 인상하는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 장치.
- [청구항 7] 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법에 있어서,
잉곳과 도가니를 동일한 방향으로 회전시키고, 최대발열위치를
MGP(maximum gauss position)보다 하부에 위치시키는 실리콘 단결정
잉곳의 성장 방법.
- [청구항 8] 제7 항에 있어서,
확산 경계층이 실리콘 용액의 반경 방향의 가장 자리에 고르게 분포하는

- 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법.
- [청구항 9] 제8 항에 있어서,
상기 확산 경계층은, 상기 실리콘 용액의 표면으로부터 12 밀리미터
하부에서 300 밀리미터 이상의 직경에 분포하는 실리콘 단결정 잉곳의
성장 방법.
- [청구항 10] 제7 항에 있어서,
실리콘 용액 내에서 깊이 방향으로 상기 실리콘 용액의 흐름이 일정한
실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법.
- [청구항 11] 제7 항에 있어서,
상기 최대발열위치를 상기 MGP보다 100 내지 200 밀리미터 하부에
위치시키는 실리콘 단결정 잉곳의 성장 방법.

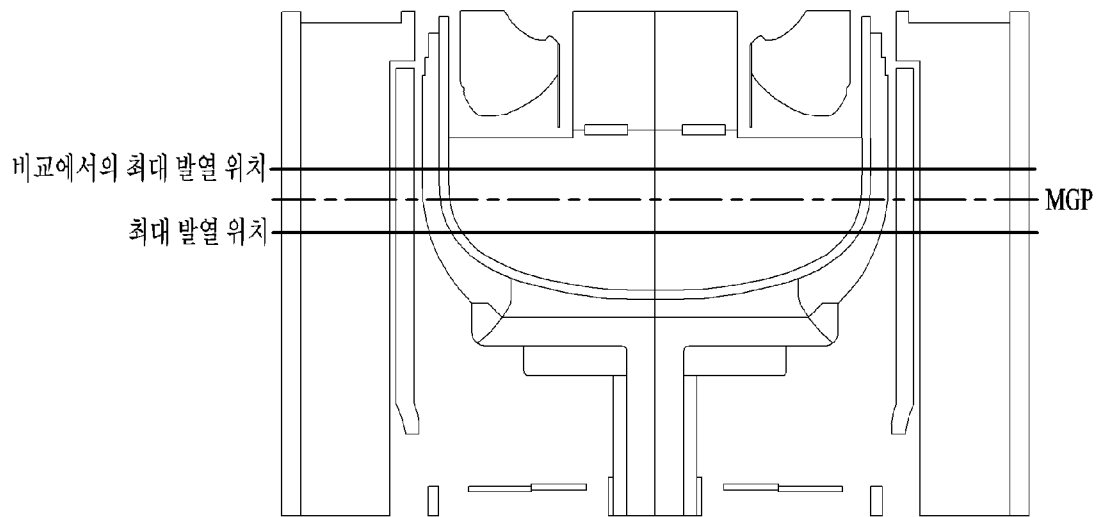
[도1]



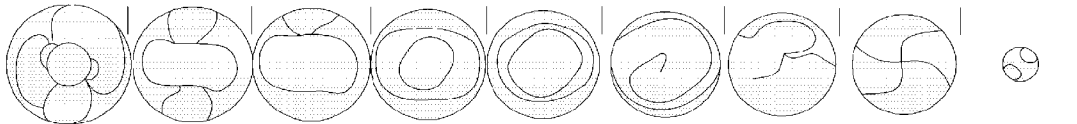
[도2]



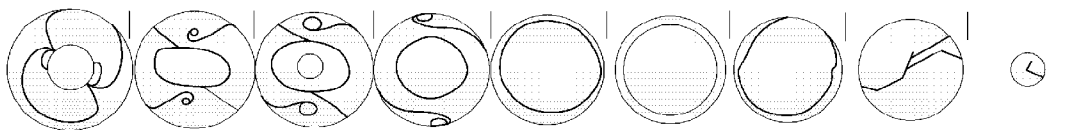
[도3]



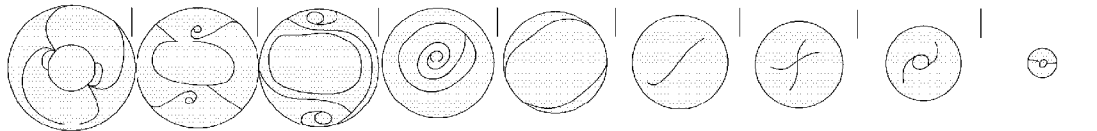
[도4a]



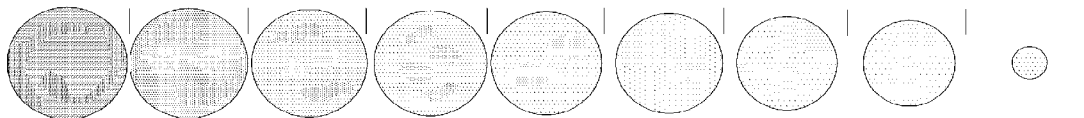
[도4b]



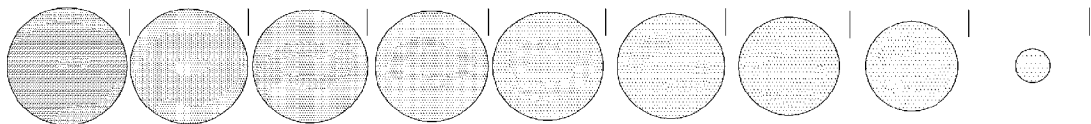
[도4c]



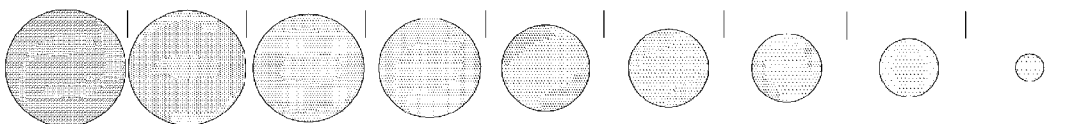
[도5a]



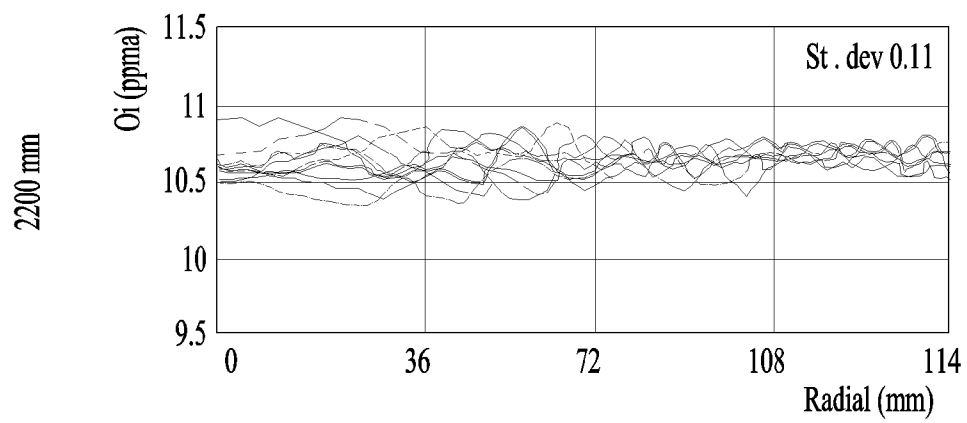
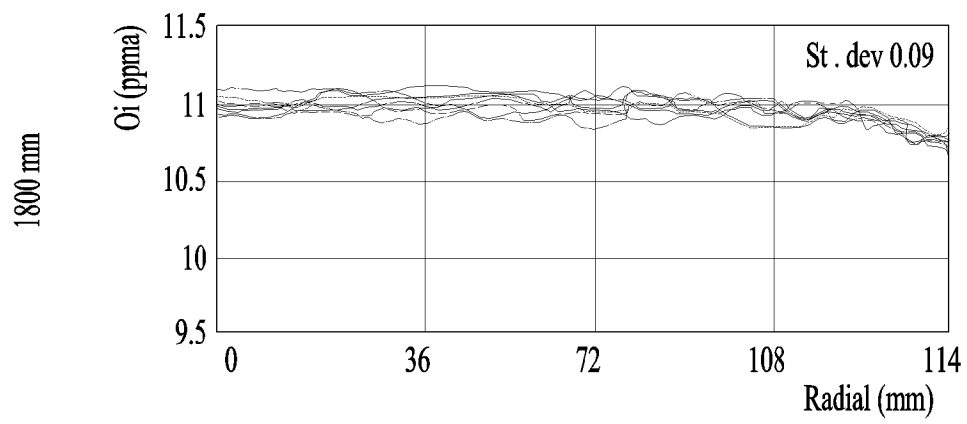
[도5b]



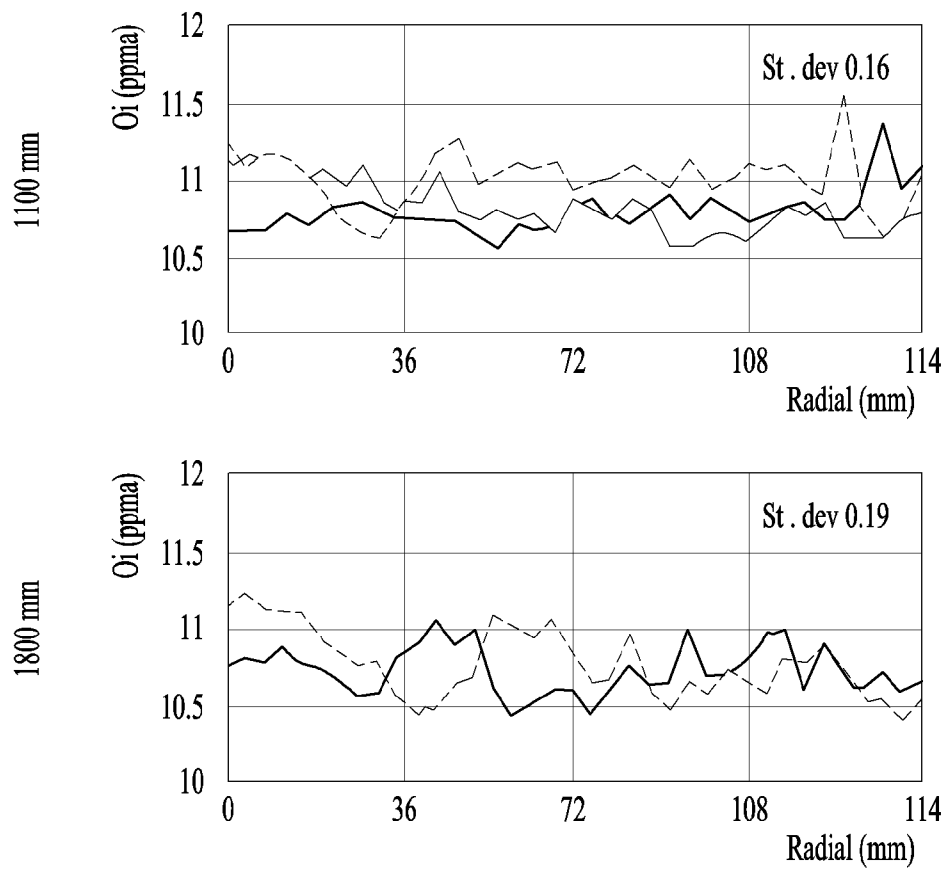
[도5c]



[도6a]



[도6b]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2016/003841**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*****C30B 15/20(2006.01)i, C30B 15/10(2006.01)i, C30B 29/06(2006.01)i***

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C30B 15/20; C30B 15/00; C30B 29/06; H01L 21/208; C30B 15/22; C30B 15/30; C30B 15/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: magnetic field, maximum heating location, MGP, diffusion boundary layer, silicon single crystal ingot, heater

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-1379798 B1 (LG SILTRON INCORPORATED) 01 April 2014 See claim 1; paragraph [0031]; figure 2.	1-3,7,11
Y		4-6,8-10
Y	JP 2014-214067 A (SHIN ETSU HANDOTAI CO., LTD.) 17 November 2014 See claim 1.	4-6,8-10
A	KR 10-0239864 B1 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD.) 15 January 2000 See claim 1.	1-11
A	KR 10-2010-0089457 A (SILTRON INC.) 12 August 2010 See claims 1, 3.	1-11
A	KR 10-0954291 B1 (SILTRON INC.) 26 April 2010 See claim 1.	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 JULY 2016 (22.07.2016)

Date of mailing of the international search report

22 JULY 2016 (22.07.2016)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2016/003841

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-1379798 B1	01/04/2014	CN 104334774 A	04/02/2015
		JP 2015-519285 A	09/07/2015
		KR 10-1366154 B1	25/02/2014
		KR 10-1379799 B1	01/04/2014
		KR 10-2013-0130962 A	03/12/2013
		US 2015-0147258 A1	28/05/2015
		WO 2013-176396 A1	28/11/2013
JP 2014-214067 A	17/11/2014	WO 2014-174752 A1	30/10/2014
KR 10-0239864 B1	15/01/2000	EP 0745706 A1	04/12/1996
		EP 0745706 B1	22/08/2001
		JP 02940437 B2	25/08/1999
		JP 08-333191 A	17/12/1996
		KR 10-1997-0001604 A	24/01/1997
		US 5792255 A	11/08/1998
		US 5980630 A	09/11/1999
KR 10-2010-0089457 A	12/08/2010	KR 10-1105475 B1	13/01/2012
KR 10-0954291 B1	26/04/2010	CN 101498032 A	05/08/2009
		EP 2083098 A1	29/07/2009
		EP 2083098 B1	31/12/2014
		JP 2009-173536 A	06/08/2009
		KR 10-2009-0080394 A	24/07/2009
		US 2009-0183670 A1	23/07/2009

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

C30B 15/20(2006.01)i, C30B 15/10(2006.01)i, C30B 29/06(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

C30B 15/20; C30B 15/00; C30B 29/06; H01L 21/208; C30B 15/22; C30B 15/30; C30B 15/10

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 자기장, 최대발열위치, MGP, 확산경계층, 실리콘 단결정 잉곳, 히터

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-1379798 B1 (주식회사 엘지실트론) 2014.04.01 청구항 1; 단락 [0031]; 도면 2 참조.	1-3, 7, 11
Y		4-6, 8-10
Y	JP 2014-214067 A (SHIN ETSU HANDOTAI CO., LTD.) 2014.11.17 청구항 1 참조.	4-6, 8-10
A	KR 10-0239864 B1 (신에쓰 한도타이 가부시카가이샤) 2000.01.15 청구항 1 참조.	1-11
A	KR 10-2010-0089457 A (주식회사 실트론) 2010.08.12 청구항 1, 3 참조.	1-11
A	KR 10-0954291 B1 (주식회사 실트론) 2010.04.26 청구항 1 참조.	1-11

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2016년 07월 22일 (22.07.2016)

국제조사보고서 발송일

2016년 07월 22일 (22.07.2016)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

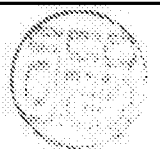
 대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

이동욱

전화번호 +82-42-481-8163



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1379798 B1	2014/04/01	CN 104334774 A JP 2015-519285 A KR 10-1366154 B1 KR 10-1379799 B1 KR 10-2013-0130962 A US 2015-0147258 A1 WO 2013-176396 A1	2015/02/04 2015/07/09 2014/02/25 2014/04/01 2013/12/03 2015/05/28 2013/11/28
JP 2014-214067 A	2014/11/17	WO 2014-174752 A1	2014/10/30
KR 10-0239864 B1	2000/01/15	EP 0745706 A1 EP 0745706 B1 JP 02940437 B2 JP 08-333191 A KR 10-1997-0001604 A US 5792255 A US 5980630 A	1996/12/04 2001/08/22 1999/08/25 1996/12/17 1997/01/24 1998/08/11 1999/11/09
KR 10-2010-0089457 A	2010/08/12	KR 10-1105475 B1	2012/01/13
KR 10-0954291 B1	2010/04/26	CN 101498032 A EP 2083098 A1 EP 2083098 B1 JP 2009-173536 A KR 10-2009-0080394 A US 2009-0183670 A1	2009/08/05 2009/07/29 2014/12/31 2009/08/06 2009/07/24 2009/07/23