(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0030356
(43) 공개일자 2018년03월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/02675 (2013.01)
H01L 21/02068 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0118233
(22) 출원일자 2016년09월13일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성디스플레이 주식회사
경기도 용인시 기흥구 삼성로 1 (농서동)
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
이정헌
경기도 화성시 동탄반석로 96, 407동 1604호 (반송동, 솔빛마을경남아너스빌아파트)
김태웅
경기도 성남시 분당구 판교역로 98, 705동 1002호 (백현동 , 백현마을7단지아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
팬코리아특허법인

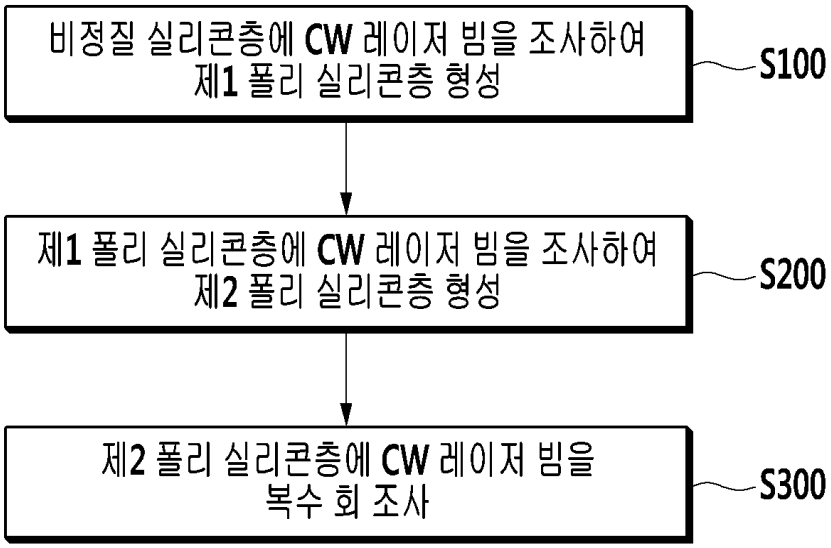
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **결정화 방법 및 결정화 장치**

(57) 요 약

결정화 방법은 비정질 실리콘층에 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠인 지속파 레이저 빔을 조사하여 제1 폴리 실리콘층을 형성하는 단계, 그리고 상기 제1 폴리 실리콘층에 상기 지속파 레이저 빔을 조사하여 제2 폴리 실리콘층을 형성하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01L 21/02123 (2013.01)
H01L 21/02595 (2013.01)
H01L 21/02686 (2013.01)
(72) 발명자
장진
서울특별시 동대문구 경희대로 26 (회기동)
진성현
서울특별시 동대문구 경희대로 26 (회기동)
이수희
서울특별시 동대문구 경희대로 26 (회기동)

명 세 서

청구범위

청구항 1

비정질 실리콘층에, 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠인 지속파 레이저 빔을 조사하여 제1 폴리 실리콘층을 형성하는 단계; 그리고

상기 제1 폴리 실리콘층에, 상기 지속파 레이저 빔을 조사하여 제2 폴리 실리콘층을 형성하는 단계

를 포함하는 결정화 방법.

청구항 2

제1항에서,

상기 지속파 레이저 빔은 400nm 내지 500nm의 파장 범위를 가지는 결정화 방법.

청구항 3

제1항에서,

상기 지속파 레이저 빔은 445nm 파장을 가지는 결정화 방법.

청구항 4

제1항에서,

상기 제1 폴리 실리콘층을 형성하는 단계 및 상기 제2 폴리 실리콘을 형성하는 단계는 상기 비정질 실리콘층의 제1 영역에서 수행되는 결정화 방법.

청구항 5

제4항에서,

상기 제1 폴리 실리콘층을 형성하는 단계 및 상기 제2 폴리 실리콘을 형성하는 단계는 상기 제1 영역을 부분적으로 용융시키는 결정화 방법.

청구항 6

제1항에서,

상기 제2 폴리 실리콘층에 상기 지속파 레이저 빔을 복수 회 조사하는 단계를 더 포함하는 결정화 방법.

청구항 7

제1항에서,

상기 제2 폴리 실리콘층은 상기 제1 폴리 실리콘층 대비 실리콘 입자 사이즈가 더 큰 결정화 방법.

청구항 8

제1항에서,

상기 제2 폴리 실리콘층은 상기 제1 폴리 실리콘층 대비 우선 방위가 100인 결정 방향을 가지는 실리콘 입자가 더 많은 결정화 방법.

청구항 9

제1항에서,

상기 비정질 실리콘층은 50nm 내지 400nm의 두께를 가지는 결정화 방법.

청구항 10

제1항에서,

상기 지속파 레이저 빔은 평면적으로 정사각형 형태인 결정화 방법.

청구항 11

비정질 실리콘층의 동일 영역에 지속파 레이저 빔을 복수 회 조사하는 단계를 포함하며,

상기 지속파 레이저 빔은 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠인 결정화 방법.

청구항 12

비정질 실리콘층에 지속파 레이저 빔을 조사하는 레이저 발진기; 그리고

상기 비정질 실리콘층이 안착되며, 제1 방향으로 이동하는 스테이지

를 포함하며,

상기 지속파 레이저 빔은 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠로 상기 비정질 실리콘층에 조사되는 결정화 장치.

청구항 13

제12항에서,

상기 레이저 발진기는,

400nm 내지 500nm의 파장 범위를 가지는 복수의 레이저 빔들을 발진하는 복수의 레이저 소자들; 그리고

상기 복수의 레이저 빔들을 상기 지속파 레이저 빔으로 변형하는 광학계

를 포함하는 결정화 장치.

청구항 14

제13항에서,

상기 광학계는 상기 지속파 레이저 빔을 평면적으로 정사각형 형태로 변형하는 결정화 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 기재는 결정화 방법 및 결정화 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로, 결정화 방법은 비정질 실리콘을 결정 실리콘으로 형성하는 방법이다.

[0003] 종래의 결정화 방법은 비정질 실리콘에 파장이 308nm인 XeCl 레이저 빔을 조사하고, 이때 발생하는 열로 비정질 실리콘을 용융 및 응고시켜 비정질 실리콘을 폴리 실리콘으로 제조한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 일 실시예는, 비정질 실리콘을 실리콘 입자 사이즈가 큰 폴리 실리콘으로 제조하는 결정화 방법 및 결정화 장치를 제공하고자 한다.

[0005] 또한, 비정질 실리콘을 우선 방위가 100인 결정 방향을 가지는 실리콘 입자가 증가된 폴리 실리콘을 제조하는

결정화 방법 및 결정화 장치가 제공된다.

과제의 해결 수단

[0006] 일 측면은 비정질 실리콘층에 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠인 지속파 레이저 빔을 조사하여 제1 폴리 실리콘층을 형성하는 단계, 그리고 상기 제1 폴리 실리콘층에 상기 지속파 레이저 빔을 조사하여 제2 폴리 실리콘층을 형성하는 단계를 포함하는 결정화 방법을 제공한다.

[0007] 상기 지속파 레이저 빔은 400nm 내지 500nm의 파장 범위를 가질 수 있다.

[0008] 상기 지속파 레이저 빔은 445nm 파장을 가질 수 있다.

[0009] 상기 제1 폴리 실리콘층을 형성하는 단계 및 상기 제2 폴리 실리콘을 형성하는 단계는 상기 비정질 실리콘층의 제1 영역에서 수행될 수 있다.

[0010] 상기 제1 폴리 실리콘층을 형성하는 단계 및 상기 제2 폴리 실리콘을 형성하는 단계는 상기 제1 영역을 부분적으로 용융시킬 수 있다.

[0011] 상기 제2 폴리 실리콘층에 상기 지속파 레이저 빔을 복수 회 조사할 수 있다.

[0012] 상기 제2 폴리 실리콘층은 상기 제1 폴리 실리콘층 대비 실리콘 입자 사이즈가 더 클 수 있다.

[0013] 상기 제2 폴리 실리콘층은 상기 제1 폴리 실리콘층 대비 우선 방위가 100인 결정 방향을 가지는 실리콘 입자가 더 많을 수 있다.

[0014] 상기 비정질 실리콘층은 50nm 내지 400nm의 두께를 가질 수 있다.

[0015] 상기 지속파 레이저 빔은 평면적으로 정사각형 형태일 수 있다.

[0016] 또한, 일 측면은 비정질 실리콘층의 동일 영역에 지속파 레이저 빔을 복수 회 조사하는 단계를 포함하며, 상기 지속파 레이저 빔은 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠인 결정화 방법을 제공한다.

[0017] 또한, 일 측면은 비정질 실리콘층에 지속파 레이저 빔을 조사하는 레이저 발진기, 그리고 상기 비정질 실리콘층이 안착되며, 제1 방향으로 이동하는 스테이지를 포함하며, 상기 지속파 레이저 빔은 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠로 상기 비정질 실리콘층에 조사되는 결정화 장치을 제공한다.

[0018] 상기 레이저 발진기는, 400nm 내지 500nm의 파장 범위를 가지는 복수의 레이저 빔들을 발진하는 복수의 레이저 소자들, 그리고 상기 복수의 레이저 빔들을 상기 지속파 레이저 빔으로 변형하는 광학계를 포함할 수 있다.

[0019] 상기 광학계는 상기 지속파 레이저 빔을 평면적으로 정사각형 형태로 변형할 수 있다.

발명의 효과

[0020] 일 실시예에 따르면, 비정질 실리콘을 실리콘 입자 사이즈가 큰 폴리 실리콘으로 제조하는 결정화 방법 및 결정화 장치가 제공된다.

[0021] 또한, 비정질 실리콘을 우선 방위가 100인 결정 방향을 가지는 실리콘 입자가 증가된 폴리 실리콘을 제조하는 결정화 방법 및 결정화 장치가 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 일 실시예에 따른 결정화 방법을 나타낸 순서도이다.

도 2는 일 실시예에 따른 결정화 방법에서 비정질 실리콘층을 제1 폴리 실리콘층으로 결정화하는 것을 나타낸 사시도이다.

도 3은 일 실시예에 따른 결정화 방법에서 지속파 레이저 빔의 스캔 속도 및 레이저 에너지 밀도에 따라 비정질 실리콘층의 용융 정도를 나타낸 그래프이다.

도 4는 일 실시예에 따른 결정화 방법에서 제1 폴리 실리콘층을 제2 폴리 실리콘층으로 결정화하는 것을 나타낸 사시도이다.

도 5는 일 실시예에 따른 결정화 방법을 나타낸 그래프이다.

도 6은 일 실시예에 따른 결정화 방법의 일례를 나타낸 그래프이다.

도 7은 일 실시예에 따른 결정화 방법에 따라 실리콘 입자의 크기 증가를 확인한 제1 실험 결과를 나타낸 그래프이다.

도 8은 일 실시예에 따른 결정화 방법에 따라 실리콘 입자의 크기 증가를 확인한 제1 실험 결과를 나타낸 SEM사진이다.

도 9는 일 실시예에 따른 결정화 방법에 따라 실리콘 입자의 크기 증가를 확인한 제2 실험 결과를 나타낸 그래프이다.

도 10은 일 실시예에 따른 결정화 방법에 따라 실리콘 입자의 크기 증가를 확인한 제2 실험 결과를 나타낸 SEM 사진이다.

도 11은 일 실시예에 따른 결정화 방법에 따라 실리콘 입자들의 결정 방향의 우선 방위가 100를 가지는 것을 확인한 제3 실험 결과를 나타낸 XRD(X-Ray Diffraction) 그래프이다.

도 12는 다른 실시예에 따른 결정화 장치를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 여러 실시예들에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예들에 한정되지 않는다.

[0024] 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조 부호를 붙이도록 한다.

[0025] 또한, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도시된 바에 한정되지 않는다. 도면에서 여러 층 및 영역을 명확하게 표현하기 위하여 두께를 확대하여 나타내었다. 그리고 도면에서, 설명의 편의를 위해, 일부 층 및 영역의 두께를 과장되게 나타내었다.

[0026] 또한, 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 할 때, 이는 다른 부분 "바로 위에" 있는 경우뿐 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다. 반대로 어떤 부분이 다른 부분 "바로 위에" 있다고 할 때에는 중간에 다른 부분이 없는 것을 뜻한다. 또한, 기준이 되는 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 하는 것은 기준이 되는 부분의 위 또는 아래에 위치하는 것이고, 반드시 중력 반대 방향 쪽으로 "위에" 또는 "상에" 위치하는 것을 의미하는 것은 아니다.

[0027] 또한, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0028] 이하, 도 1 내지 도 6을 참조하여 일 실시예에 따른 결정화 방법을 설명한다.

[0029] 도 1은 일 실시예에 따른 결정화 방법을 나타낸 순서도이다. 도 2는 일 실시예에 따른 결정화 방법에서 비정질 실리콘층을 제1 폴리 실리콘층으로 결정화하는 것을 나타낸 사시도이다.

[0030] 우선, 도 1 및 도 2를 참조하면, 비정질 실리콘층(ASL)에 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠인 지속파(CW, Continuous Wave) 레이저 빔(LB)을 조사하여 제1 폴리 실리콘층(PSL1)을 형성한다(S100).

[0031] 구체적으로, 기판(SUB) 상에 위치하는 비정질 실리콘층(ASL)의 제1 영역(AR1)에 제1 방향(X)으로 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠인 지속파 레이저 빔(LB)을 조사한다. 이로 인해 비정질 실리콘층(ASL)의 제1 영역(AR1)이 부분적으로 용융(partial melting) 및 응고되어 제1 폴리 실리콘층(PSL1)이 형성된다. 여기서, 비정질 실리콘층(ASL)은 50nm 내지 400nm의 두께를 가진다.

[0032] 또한, 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠인 지속파 레이저 빔(LB)은 400nm 내지 500nm의 파장 범위를 가지는 블루 레이저 빔일 수 있다. 지속파 레이저 빔(LB)은 실질적으로 445nm의 파장을 가질 수 있다. 지속파 레이저 빔(LB)은 평면적으로 정사각형 형태를 가질 수 있다.

[0033] 지속파 레이저 빔(LB)이 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠로 비정질 실리콘층(ASL)에 조사되어, 비정질 실리콘층(ASL)이 부분적으로 용융 및 응고되어 제1 폴리 실리콘층(PSL1)이 형성됨으로써, 제1 폴리 실리콘층(PSL1)은 작은 크기의 실리콘 입자들을 포함한다.

[0034] 여기서, 부분적으로 용융이란, 비정질 실리콘층이 두께 방향 또는 너비 방향으로 부분적으로 용융되는 것을 의미할 수 있다.

[0035] 도 3은 일 실시예에 따른 결정화 방법에서 지속파 레이저 빔의 스캔 속도 및 레이저 에너지 밀도에 따라 비정질 실리콘층의 용융 정도를 나타낸 그래프이다. 도 3에서 x축은 지속파 레이저 빔의 스캔 속도를 의미하며, y축은 지속파 레이저 빔의 레이저 에너지 밀도를 의미한다.

[0036] 도 3을 참조하면, 400nm 내지 500nm의 파장 범위를 가지는 지속파 레이저 빔이 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠로 비정질 실리콘층에 조사되면, 비정질 실리콘층이 부분적으로 용융된다(PMG 영역).

[0037] 이와는 다르게, 지속파 레이저 빔이 상술한 수치 범위를 벗어나면, 비정질 실리콘층이 완전히 용융되거나(FMG 영역), 또는 비정질 실리콘층이 용융되지 않는다(SPC 영역).

[0038] 도 4는 일 실시예에 따른 결정화 방법에서 제1 폴리 실리콘층을 제2 폴리 실리콘층으로 결정화하는 것을 나타낸 사시도이다.

[0039] 다음, 도 1 및 도 4를 참조하면, 제1 폴리 실리콘층(PSL1)에 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠인 지속파 레이저 빔(LB)을 조사하여 제2 폴리 실리콘층(PSL2)을 형성한다(S200).

[0040] 구체적으로, 비정질 실리콘층(ASL)의 제1 영역(AR1)과 동일 영역인 제1 폴리 실리콘층(PSL1)의 제1 영역(AR1)에 제1 방향(X)으로 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠인 지속파 레이저 빔(LB)을 조사한다. 이로 인해 제1 폴리 실리콘층(PSL1)의 제1 영역(AR1)이 부분적으로 용융(partial melting) 및 응고되어 제2 폴리 실리콘층(PSL2)이 형성된다.

[0041] 지속파 레이저 빔(LB)이 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠로 제1 폴리 실리콘층(PSL1)에 조사되어, 제1 폴리 실리콘층(PSL1)이 부분적으로 용융 및 응고되어 제2 폴리 실리콘층(PSL2)이 형성됨으로써, 제1 폴리 실리콘층(PSL1)의 작은 크기의 실리콘 입자들 중 이웃하는 실리콘 입자들이 서로 병합되기 때문에, 제2 폴리 실리콘층(PSL2)은 제1 폴리 실리콘층(PSL1) 대비 큰 크기의 실리콘 입자들을 포함한다. 즉, 제2 폴리 실리콘층(PSL2)은 제1 폴리 실리콘층(PSL1) 대비 실리콘 입자 사이즈가 더 크다.

[0042] 또한, 지속파 레이저 빔(LB)에 의해 제1 폴리 실리콘층(PSL1)이 부분적으로 용융 및 응고되어 제2 폴리 실리콘층(PSL2)이 형성됨으로써, 제1 폴리 실리콘층(PSL1)의 실리콘 입자들이 에너지가 안정화된 결정 방향인 우선 방위 100을 가지도록 결정화되기 때문에, 제2 폴리 실리콘층(PSL2)은 제1 폴리 실리콘층(PSL1) 대비 우선 방위가 100인 결정 방향을 가지는 실리콘 입자들이 더 많다.

[0043] 다음, 도 1을 참조하면, 제2 폴리 실리콘층에 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠인 지속파 레이저 빔을 복수 회 조사한다(S300).

[0044] 구체적으로, 제1 폴리 실리콘층의 제1 영역과 동일 영역인 제2 폴리 실리콘층의 제1 영역에 제1 방향으로 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠인 지속파 레이저 빔을 복수 회 조사한다. 이로 인해 제2 폴리 실리콘층의 제1 영역이 복수 회 부분적으로 용융(partial melting) 및 응고되어 제3 폴리 실리콘층이 형성된다.

[0045] 제3 폴리 실리콘층은 제2 폴리 실리콘층 대비 실리콘 입자 사이즈가 더 크다. 또한, 제3 폴리 실리콘층은 제2 폴리 실리콘층 대비 우선 방위가 100인 결정 방향을 가지는 실리콘 입자들이 더 많다.

[0046] 도 5는 일 실시예에 따른 결정화 방법을 나타낸 그래프이다. 도 5에서 x축은 도 4에 도시된 비정질 실리콘층의 제2 방향(Y)으로의 위치를 나타내며, y축은 레이저 에너지 밀도를 나타낸다.

[0047] 즉, 도 5를 참조하면, 일 실시예에 따른 결정화 방법은 비정질 실리콘층의 제2 방향에 배치된 위치(Y Position) 중 동일 영역에 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠ 및 제1 스캔 방향(X Scan direction)으로 스캔 속도 50 ㎜/s 내지 130 ㎜/s인 지속파 레이저 빔을 복수 회(N^{th}) 조사하는 단계를 포함한다.

[0048] 도 6은 일 실시예에 따른 결정화 방법의 일례를 나타낸 그래프이다. 도 6에서 x축은 도 4에 도시된 비정질 실

리콘층의 제2 방향(Y)으로의 위치를 나타내며, y축은 레이저 에너지 밀도를 나타낸다.

[0049] 한편, 도 6을 참조하면, 일 실시예에 따른 결정화 방법의 일례는, 비정질 실리콘층의 면적이 클 경우, 비정질 실리콘층의 제2 방향에 배치된 위치(Y Position) 중 순차적으로 제2 방향으로 설정된 거리[Step distance(d)]가 이동된 영역에 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠ 및 제1 스캔 방향(X Scan direction)으로 스캔 속도 50 mm/s 내지 130 mm/s인 지속파 레이저 빔을 복수 회(N^{th}) 조사하는 단계를 포함한다.

[0050] 이상과 같이, 일 실시예에 따른 결정화 방법은 비정질 실리콘층에 스캔 속도 50 mm/s 내지 130 mm/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠인 지속파 레이저 빔을 복수 회 조사하여 폴리 실리콘층을 형성으로써, 폴리 실리콘층의 실리콘 입자들의 사이즈가 커지는 동시에 실리콘 입자들이 우선 방위가 100인 결정 방향으로 우선 배향된다.

[0051] 또한, 일 실시예에 따른 결정화 방법은 지속파 레이저 빔이 400nm 내지 500nm의 파장 범위를 가짐으로써, 308nm 등의 자외선 영역의 파장 범위를 가지는 레이저 빔을 이용한 결정화 방법 대비 두꺼운 두께(일례로, 50nm 내지 400nm의 두께)를 가지는 비정질 실리콘층을 폴리 실리콘층으로 용이하게 형성할 수 있다.

[0052] 이하, 도 7 내지 도 11을 참조하여, 상술한 일 실시예에 따른 결정화 방법의 효과들을 확인한 실험 결과들을 설명한다.

[0053] 제1 실험은 150nm의 두께를 가지는 비정질 실리콘층의 동일 영역에, 스캔 속도 50 mm/s 내지 130 mm/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠이고 445nm 파장을 가지는 지속파 레이저 빔을 1회 내지 200회 조사하여 폴리 실리콘층을 형성하고, 1회, 5회, 10회, 20회, 100회, 150회, 200회 각각의 조사 횟수에 대응하는 폴리 실리콘층의 실리콘 입자의 크기를 SEM(scanning electron microscope)을 이용해 확인했다.

[0054] 도 7은 일 실시예에 따른 결정화 방법에 따라 실리콘 입자의 크기 증가를 확인한 제1 실험 결과를 나타낸 그래프이다. 도 7의 x축은 지속파 레이저 빔의 조사 횟수를 나타내며, y축은 폴리 실리콘층의 실리콘 입자의 크기를 나타낸다.

[0055] 도 8은 일 실시예에 따른 결정화 방법에 따라 실리콘 입자의 크기 증가를 확인한 제1 실험 결과를 나타낸 SEM사진이다.

[0056] 도 7 및 도 8을 참조하면, 제1 실험 결과, 지속파 레이저 빔의 조사 횟수가 1회(1 shot), 5회(5 shots), 10회(10 shots), 20회(20 shots), 100회, 150회, 200회 각각으로 증가할수록, 폴리 실리콘층의 실리콘 입자의 크기가 증가되는 것을 확인했다.

[0057] 제2 실험은 50nm 두께의 비정질 실리콘층, 100nm 두께의 비정질 실리콘층, 150nm 두께를 가지는 비정질 실리콘층, 400nm의 두께를 가지는 비정질 실리콘층 각각의 동일 영역에, 스캔 속도 50 mm/s 내지 130 mm/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠이고 445nm 파장을 가지는 지속파 레이저 빔을 20회 조사하여, 각각의 폴리 실리콘층을 형성하고, SEM(scanning electron microscope)을 이용해 각각의 폴리 실리콘층의 실리콘 입자의 크기를 확인했다.

[0058] 도 9는 일 실시예에 따른 결정화 방법에 따라 실리콘 입자의 크기 증가를 확인한 제2 실험 결과를 나타낸 그래프이다. 도 9의 x축은 비정질 실리콘층의 두께를 나타내며, y축은 폴리 실리콘층의 실리콘 입자의 크기를 나타낸다.

[0059] 도 10은 일 실시예에 따른 결정화 방법에 따라 실리콘 입자의 크기 증가를 확인한 제2 실험 결과를 나타낸 SEM 사진이다.

[0060] 도 9 및 도 10을 참조하면, 제2 실험 결과, 50nm 두께의 비정질 실리콘층, 100nm 두께의 비정질 실리콘층, 150nm 두께를 가지는 비정질 실리콘층, 400nm의 두께를 가지는 비정질 실리콘층 각각이 큰 크기를 가지는 실리콘 입자를 포함하는 폴리 실리콘층으로 형성된 것을 확인했다.

[0061] 제3 실험은 150nm의 두께를 가지는 비정질 실리콘층의 동일 영역에, 스캔 속도 50 mm/s 내지 130 mm/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠이고 445nm 파장을 가지는 지속파 레이저 빔을 1회 내지 200회 조사하여 폴리 실리콘층을 형성하고, 1회, 5회, 10회, 20회, 100회, 200회 각각의 조사 횟수에 대응하는 폴리 실리콘층을 XRD(X-Ray Diffraction) 분석했다.

[0062] 도 11은 일 실시예에 따른 결정화 방법에 따라 실리콘 입자들의 결정 방향은 우선 방위가 100]인 것을 확인한 제3 실험 결과를 나타낸 XRD(X-Ray Diffraction) 그래프이다. 도 11에서 x축은 2Θ 각도를 나타내며, y축은 강

도를 나타내며, z축은 지속파 레이저 빔 조사 횟수를 나타낸다.

[0063] 도 11을 참조하면, 제3 실험 결과, 지속파 레이저 빔의 조사 횟수가 1회(1 shot), 5회(5 shots), 10회(10 shots), 20회(20 shots), 100회(100 shots), 200회(200 shots) 각각으로 증가할수록, 폴리 실리콘층의 실리콘 입자들이 [400] 결정 방향, 즉 우선 방위가 100인 결정 방향으로 결정화되는 것을 확인했다.

[0064] 이하, 도 12를 참조하여 다른 실시예에 따른 결정화 장치를 설명한다. 다른 실싱예에 따른 결정화 장치를 이용해 상술한 일 실시예에 따른 결정화 방법을 수행할 수 있으나, 이에 한정되지 않고 다른 결정화 장치를 이용해 상술한 일 실시예에 따른 결정화 방법을 수행할 수 있다.

[0065] 도 12는 다른 실시예에 따른 결정화 장치를 나타낸 도면이다.

[0066] 도 12에 도시된 바와 같이, 다른 실시예에 따른 결정화 장치(1000)는 레이저 발진기(100) 및 스테이지(200)를 포함한다.

[0067] 레이저 발진기(100)는 스테이지(200)에 안착된 비정질 실리콘층(ASL)에 지속파 레이저 빔(LB)을 조사하며, 복수의 레이저 소자(110)들 및 광학계(120)를 포함한다.

[0068] 복수의 레이저 소자(110)들은 400nm 내지 500nm의 파장 범위(일례로 445nm의 파장)를 가지는 복수의 레이저 빔들을 발진한다. 여기서, 복수의 레이저 소자(110)들에는 30W의 전력이 공급될 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다. 복수의 레이저 빔들은 광학계(120)를 통해 지속파 레이저 빔(LB)으로 변형된다.

[0069] 광학계(120)는 적어도 하나의 렌즈, 적어도 하나의 미러, 적어도 하나의 마스크 중 선택된 구성들을 포함하며, 복수의 레이저 소자(110)들로부터 발진된 복수의 레이저 빔들을 지속파 레이저 빔(LB)으로 변형한다. 이때, 광학계(120)는 지속파 레이저 빔(LB)을 평면적으로 정사각형 형태로 변형하며, 지속파 레이저 빔(LB)은 평면적으로 $350um^2$의 면적을 가질 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다.

[0070] 스테이지(200)에는 비정질 실리콘층(ASL)이 안착된다. 스테이지(200)는 제1 방향(X) 및 제1 방향(X)과 교차하는 제2 방향(Y)으로 이동할 수 있다.

[0071] 이와 같은 결정화 장치(1000)는 비정질 실리콘층(ASL)에 스캔 속도 50 mm/s 내지 130 mm/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠인 지속파 레이저 빔(LB)을 복수 회 조사한다.

[0072] 이상과 같이, 다른 실시예에 따른 결정화 장치는 비정질 실리콘층(ASL)에 스캔 속도 50 mm/s 내지 130 mm/s 및 레이저 에너지 밀도 25 J/㎠ 내지 75 J/㎠인 지속파 레이저 빔(LB)을 복수 회 조사하여 폴리 실리콘층을 형성으로써, 폴리 실리콘층의 실리콘 입자들의 사이즈가 커지는 동시에 실리콘 입자들이 우선 방위가 100인 결정 방향으로 우선 배향된다.

[0073] 또한, 다른 실시예에 따른 결정화 장치는 지속파 레이저 빔(LB)이 400nm 내지 500nm의 파장 범위를 가짐으로써, 308nm 등의 자외선 영역의 파장 범위를 가지는 레이저 빔을 이용한 결정화 장치 대비 두꺼운 두께(일례로, 50nm 내지 400nm의 두께)를 가지는 비정질 실리콘층을 폴리 실리콘층으로 용이하게 형성할 수 있다.

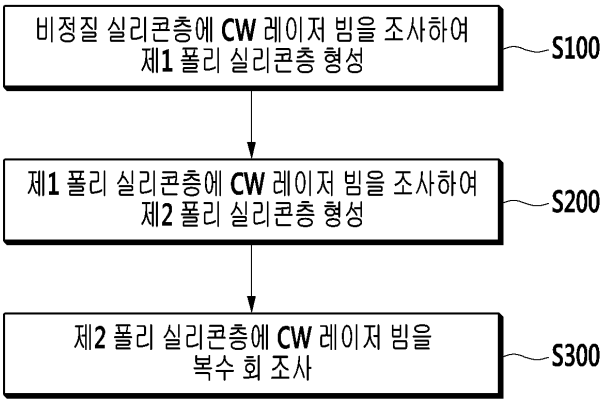
[0074] 본 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

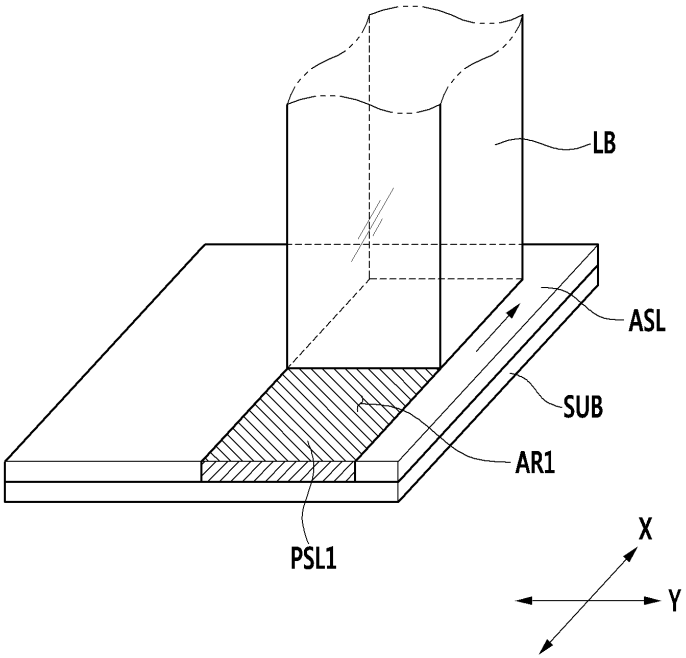
[0075] 비정질 실리콘층(ASL), 지속파 레이저 빔(LB), 제1 폴리 실리콘층(PSL1), 제2 폴리 실리콘층(PSL2)

도면

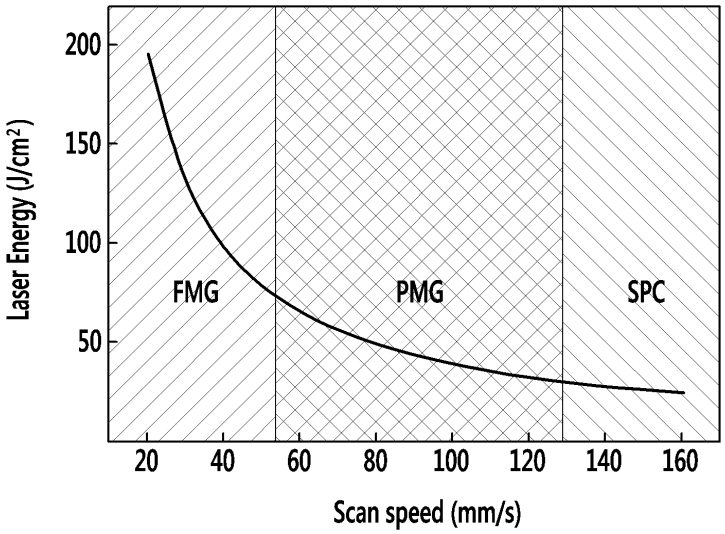
도면1


비정질 실리콘층에 CW 레이저 빔을 조사하여
제1 폴리 실리콘층 형성
S100
제1 폴리 실리콘층에 CW 레이저 빔을 조사하여
제2 폴리 실리콘층 형성
S200
제2 폴리 실리콘층에 CW 레이저 빔을
복수 회 조사
S300

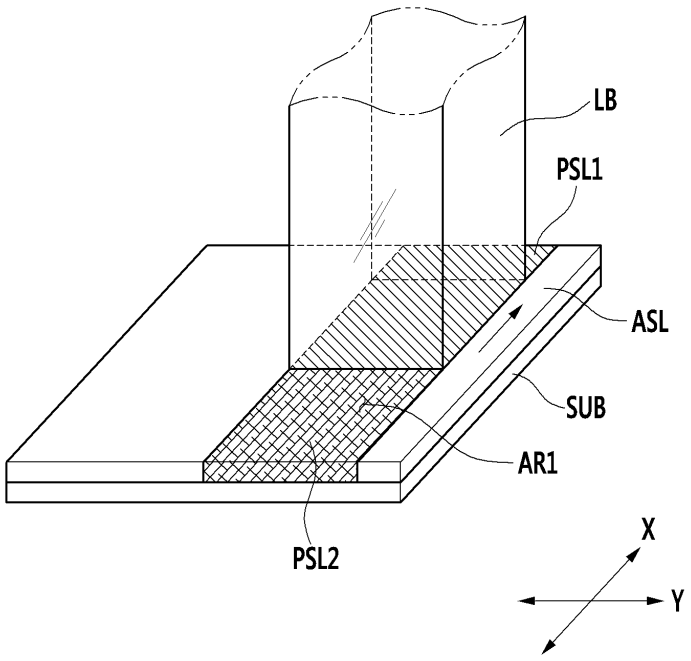
도면2


LB
ASL
SUB
AR1
PSL1
X
Y

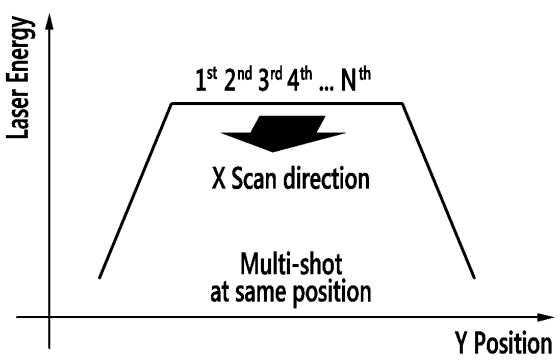
도면3


200
150
100
50
Laser Energy (J/cm²)
FMG
PMG
SPC
20
40
60
80
100
120
140
160
Scan speed (mm/s)

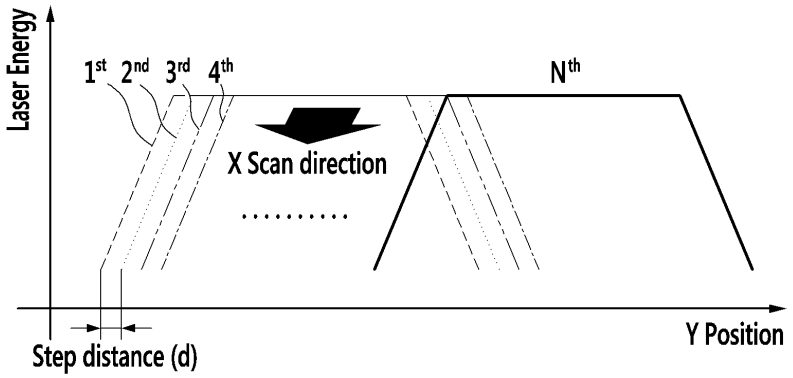
도면4


LB
PSL1
ASL
SUB
AR1
PSL2
X
Y

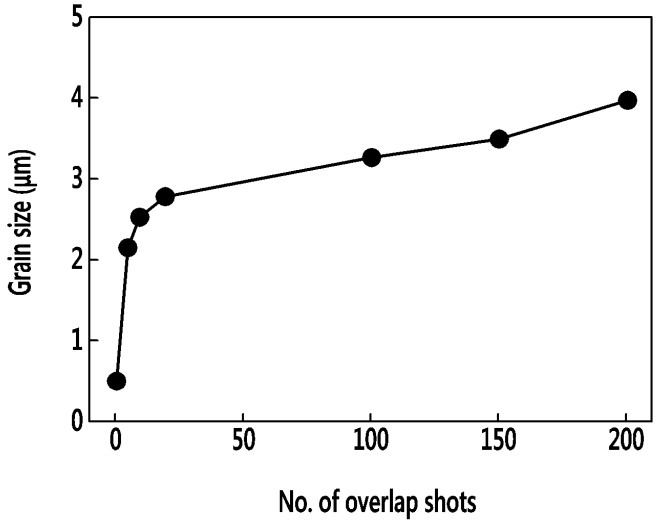
도면5


Laser Energy
1st 2nd 3rd 4th ... Nth
X Scan direction
Multi-shot
at same position
Y Position

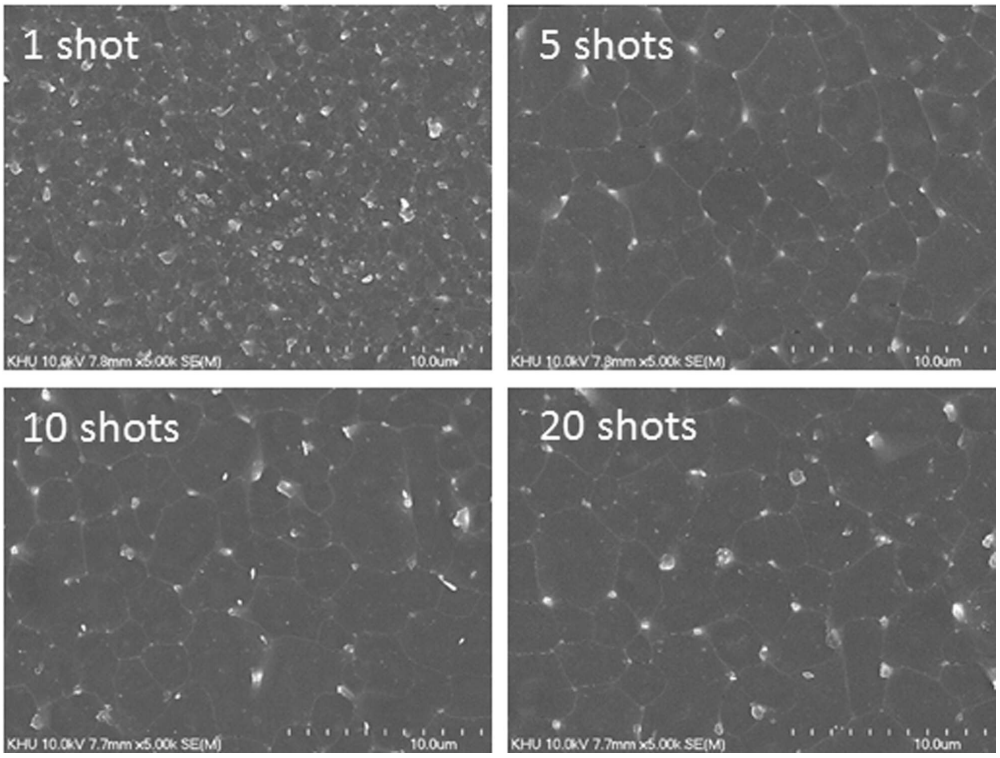
도면6


Laser Energy
1st
2nd
3rd
4th
Nth
X Scan direction
Y Position
Step distance (d)

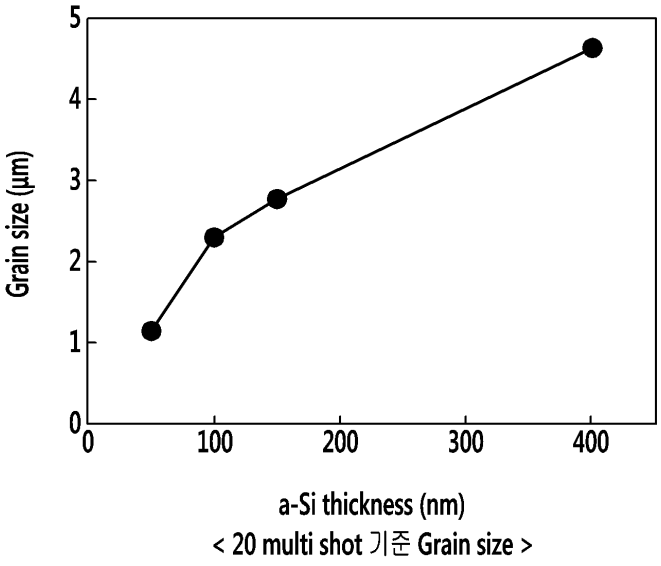
도면7


Grain size (μm)
0
1
2
3
4
5
0
50
100
150
200
No. of overlap shots

도면8

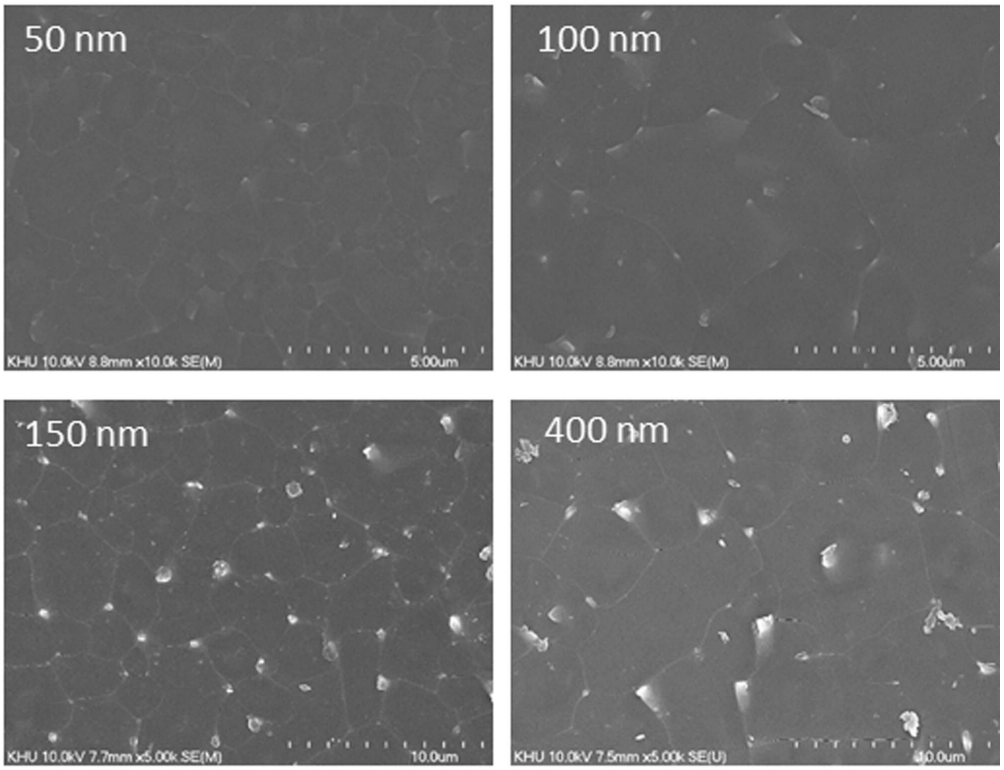


도면9



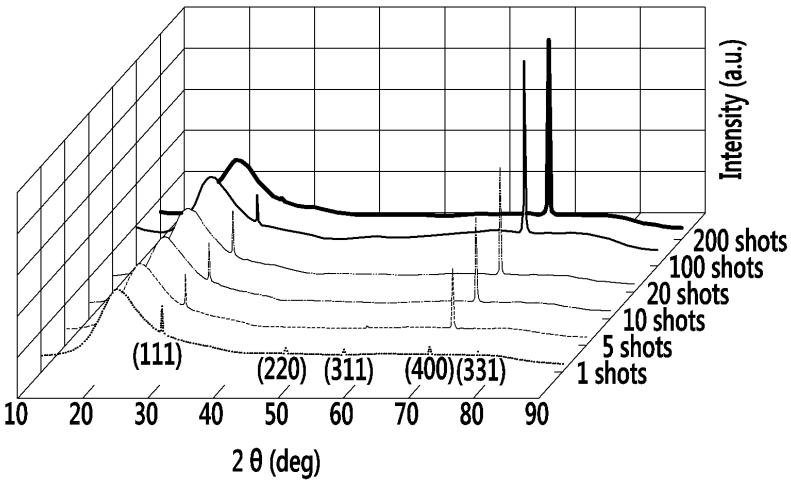
< 20 multi shot 기준 Grain size >

도면10

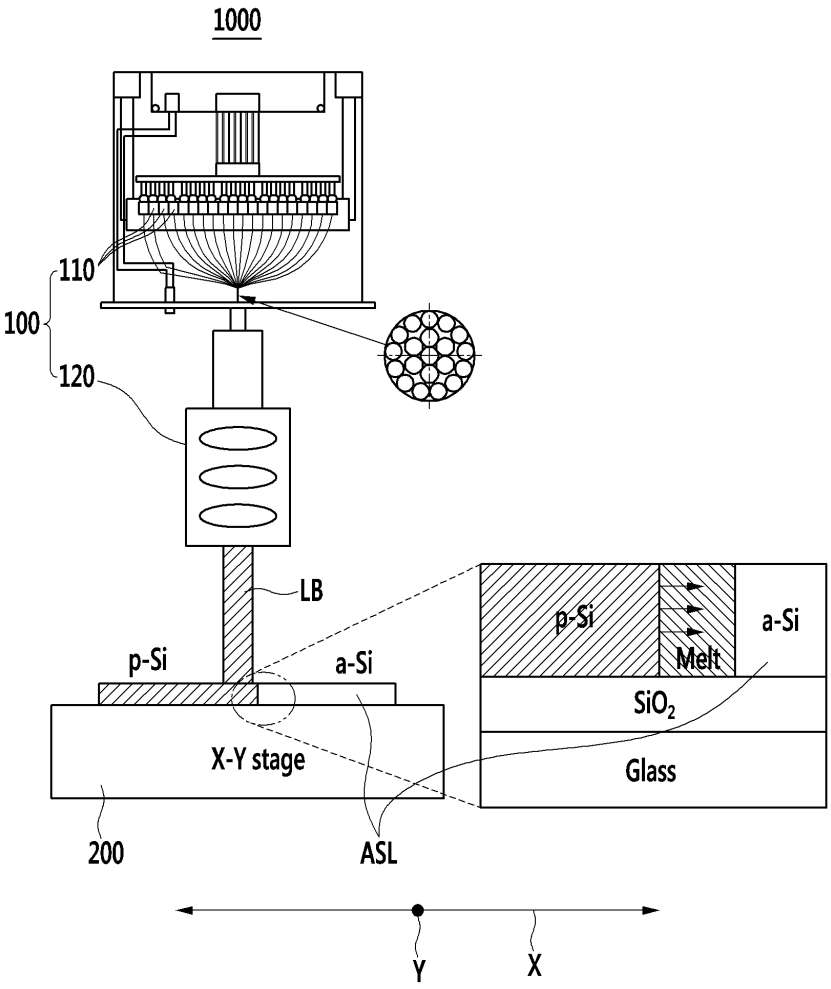


<20 multi shot 기준 SEM image>

도면11



도면12


1000
110
100
120
LB
p-Si
a-Si
X-Y stage
200
ASL
p-Si
Melt
a-Si
SiO2
Glass
Y
X