

특허청구의 범위

청구항 1

박막 트랜지스터(TFT)에 있어서,

결정 기관내에 배치된 채널 영역;

을 포함하고, 상기 결정 기관은, 서로 대략 평행하고 대략 동등한 간격 λ 를 가지며 이격된 복수의 결정입계(grain boundary)들을 포함하고,

상기 채널 영역의 형태는 비등각(non-equiangular) 다각형을 포함하고, 상기 다각형은 상기 복수의 결정입계에 대해 실질적으로 수직하게 배향된 두 개의 대향하는 측면 가장자리들(opposing side edges) 및 상부 가장자리와 하부 가장자리를 갖고, 상기 상부 가장자리 및 상기 하부 가장자리 각각의 적어도 일부분은 0보다 크고 90도 이하인 복수의 상기 결정입계들에 대한 경사각을 갖도록 배향되어 있고, 상기 다각형에 의해 커버된(covered) 결정입계들의 수가 상기 결정 기관 내에서의 상기 채널 영역의 위치와 독립적이 되도록 상기 상부 및 하부 가장자리들 각각의 일부분에 대한 상기 경사각들이 선택되는 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT).

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 다각형은 오목형(concave) 다각형을 포함하는 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT).

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 다각형은 볼록형(convex) 다각형을 포함하는 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT).

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 상부 및 하부 가장자리들 각각의 일부분에 대한 경사각들은 동일한 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT).

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 상부 및 하부 가장자리들 각각의 일부분에 대한 경사각들은 서로 다른 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT).

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 다각형은 평행사변형을 포함하는 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT).

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 상부 및 하부 가장자리들은 실질적으로 서로 평행하고, 상기 상부 및 하부 가장자리들 각각에 대한 수직거리(vertical span)가 상기 결정입계들 간의 간격의 대략 정수배가 되도록 상기 평행사변형의 상부 및 하부 가장자리들에 대한 경사각들이 선택되는 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT).

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 상부 및 하부 가장자리들에 대한 경사각 θ 와, 상기 결정입계들 간의 대략 동등한 간격 λ 와, 상기 두 개의 대향하는 측면 가장자리들간 거리인 W 는, m 이 대략 정수값을 가질 때, 방정식 $W \cdot \tan(\theta) = m\lambda$ 를 만족시키는 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT).

청구항 9

제7항에 있어서, m 은 대략 1인 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT).

청구항 10

제7항에 있어서, m 은 대략 1보다 큰 정수인 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT).

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 다각형은 사변형(quadrilateral)을 포함하는 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT).

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 사변형의 상부 및 하부 가장자리들은 서로 평행하지 않고, 상기 상부 및 하부 가장자리들에 대한 수직 거리들이 상기 결정입계들 간의 간격의 대략 서로 다른 정수배들이 되도록 상기 평행사변형의 상부 및 하부 가장자리들에 대한 경사각들은 서로 다르게 선택되는 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT).

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 사변형의 상부 가장자리 또는 하부 가장자리에 대한 경사각 θ 와, 상기 결정입계들 간의 대략 동등한 간격 λ 와, 상기 두 개의 대향하는 측면 가장자리들간 거리 W 는, m 이 대략 정수값을 가질 때, 방정식 $W \cdot \tan(\theta) = m\lambda$ 를 만족시키는 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT).

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 상부 및 하부 가장자리들 중의 하나에 각각 인접한 소스 영역 및 드레인 영역을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT).

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 상부 및 하부 가장자리들 중 적어도 하나는 복수의 선분들을 포함하고, 상기 선분들 중의 하나 또는 그 이상의 선분들은 상기 복수의 결정입계들에 대한 0보다 크고 90도 이하인 경사각을 가지며, 상기 다각형에 의해 커버된 결정입계들의 수가 상기 결정 기관 내에서의 채널 영역의 위치와 독립적이 되도록 상기 선분들 중의 하나 또는 그 이상의 선분들 각각에 대한 경사각들이 선택되는 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT).

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 선분들 중의 하나 또는 그 이상의 선분들 각각에 대한 경사각은, 상기 선분에 대한 수직 거리가 상기 결정입계들 간의 간격의 대략 정수배가 되도록 선택되는 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT).

청구항 17

제12항에 있어서,

상기 상부 및 하부 가장자리들 중의 하나의 가장자리는 n 개의 선분들로 구성되고, 상기 선분들 각각은 동일한 경사각 θ 를 가지며 제1 측면 가장자리의 끝을 제2 측면 가장자리의 끝에 연결시키며, 상기 두 개의 대향하는

측면 가장자리들 간의 거리 W 및 상기 경사각 θ 는, m 이 정수에 근접한 값을 가질 때, 방정식 $W \cdot \tan(\theta)/n = m \cdot \lambda$ 를 만족시키는 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT).

청구항 18

막을 처리하는 시스템에 있어서,

레이저 빔 펄스들의 시퀀스를 제공하는 레이저 소스;

각각의 레이저 빔 펄스를 형태화된 빔렛(beamlet) 세트에 형태화시키는 레이저 광학장치로서, 상기 빔렛들 각각은 y 방향으로 정의된 길이와, x 방향으로 정의된 너비와, 조사된(irradiated) 영역에서 막 두께에 걸쳐서 막을 실질적으로 용융시키는데 충분한 에너지 밀도(fluence)를 가지며, 상기 빔렛들 각각은 또한 인접한 빔렛으로부터 상기 x 방향으로 일정 간격만큼 이격되어 있는 것인, 상기 레이저 광학장치; 및

상기 막을 지지하고 적어도 상기 x 방향으로 병진이동할 수 있는 스테이지;를 포함하며,

상기 길이와 상기 너비의 비는 대략 1인 것을 특징으로 하는 막 처리 시스템.

청구항 19

다결정 막을 준비하는 방법에 있어서,

기관(상기 기관상에는 레이저 유도된 용융이 가능한 박막이 배치됨)을 제공하는 단계;

상기 막을 조사(irradiate)하기 위한 레이저 빔을 발생시키는 단계로서, 상기 레이저 빔은 상기 막의 조사된 부분이 막 두께에 걸쳐서 용융되도록 하는 라인(line) 빔이고, 상기 막의 조사된 부분은 장축(long axis) 및 단축(short axis)을 가지며, 또한 상기 레이저 빔은 레이저 빔의 세기(intensity)가 상기 단축의 제1끝단에서 상기 단축의 제2끝단까지 변화하도록 비대칭적인 세기 프로파일을 갖는 것인, 상기 레이저 빔을 발생시키는 단계;

상기 레이저 빔을 상기 막의 제1부분에 조사하여 상기 막의 제1부분을 용융시키는 단계;

상기 제1부분이 측방향으로 응고되도록 하는 단계로서, 상기 응고된 제1부분은 측방향으로 성장된 결정 입자(crystal grain)들의 제1열 및 제2열을 포함하고, 상기 제1열은 상기 단축의 제1끝단을 커버하는 상기 제1부분의 제1측상의 상기 장축에 평행하도록 형성되며, 상기 제2열은 상기 단축의 제2끝단을 커버하는 상기 제1부분의 제2측상의 상기 장축에 평행하도록 형성되고, 상기 단축의 방향으로 측정될 때 상기 제1열 내의 결정 입자들의 제1 평균 길이는 상기 제2열 내의 결정 입자들의 제2 평균 길이보다 큰 것인, 상기 응고 단계; 및

상기 레이저 빔을 상기 막의 제2부분에 조사하여 상기 막의 제2부분을 용융시키는 단계로서, 상기 제2부분은 상기 제1부분에 대한 변위만큼 측방향으로 이동되어 있으며, 상기 변위는 상기 단축에 평행하고 상기 단축의 제2 끝단에서 제1끝단으로의 방향으로 놓여 있으며, 또한 상기 변위의 값은 상기 제2 평균 길이보다 크고 상기 제1 평균 길이 및 제2 평균 길이의 합보다는 작은 것인, 상기 용융 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 다결정 막 준비 방법.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 레이저 빔의 세기 프로파일은 상기 단축의 제1끝단으로부터 제2끝단까지 선형적으로 변화하며, 상기 장축을 따라서는 거의 일정하게 남아있는 선형적(linear) 프로파일인 것을 특징으로 하는 다결정 막 준비 방법.

청구항 21

결정 기관내에 배치된 복수의 박막 트랜지스터(TFT)를 사용하는 방법에 있어서, 상기 결정 기관은 서로 대략 평행하고 대략 동등한 간격으로 이격된 복수의 결정입계들을 포함하며, 상기 박막 트랜지스터(FTF) 사용 방법은,

상기 복수의 TFT들의 각 TFT의 채널 전류에 의해 교차되는 상기 결정입계들의 수가 대략 동일하도록 상기 채널 전류가 상기 복수의 TFT들의 각 TFT에 흐르도록 하는 단계

를 포함하는 박막 트랜지스터(FTF) 사용 방법.

청구항 22

결정 기관상에 복수의 박막 트랜지스터(TFT)를 제조하는 방법에 있어서, 상기 복수의 TFT는 결정 기관내에 배치되며, 상기 결정 기관은 서로 대략 평행하고 대략 동등한 간격 λ 으로 이격된 복수의 결정입계들을 가지며, 상기 박막 트랜지스터(TFT)를 제조하는 방법은,

상기 복수의 TFT들 중의 각 TFT의 채널 영역을 비-등각 다각형을 포함하는 형태로 형성하는 단계
를 포함하며,

상기 다각형은 상기 복수의 결정입계들에 실질적으로 수직하게 배향된 두 개의 대향하는 측면 가장자리들 및 상부 가장자리와 하부 가장자리를 갖고, 상기 상부 및 하부 가장자리들 각각의 적어도 일부분은 상기 복수의 결정입계들에 대한 0보다 크고 90도 이하인 경사각으로 배향되어 있으며, 상기 다각형에 의해 커버된 결정입계들의 수가 상기 결정 기관 내에서의 채널 영역의 위치와 독립적이 되도록 상기 상부 및 하부 가장자리들 각각의 일부에 대한 경사각들이 선택되는 것을 특징으로 하는 박막 트랜지스터(TFT)를 제조하는 방법.

명세서

기술분야

[0001] 개시된 발명내용은 일반적으로 박막의 레이저 결정화에 관한 것이고, 특히 결정화된 박막상에 형성된 박막 트랜지스터들 간에 성능의 균일성을 향상시키는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 들어 무정형(amorphous) 또는 다결정(polycrystalline)의 반도체 막(film)을 결정화시키거나 결정도(crystallinity)를 향상시키기 위한 다양한 기술들이 연구되고 있다. 이러한 결정화된 박막들은 이미지 센서 및 액티브 매트리스 액정 디스플레이(active-matrix liquid-crystal display; AMLCD)와 같은 다양한 장치들의 생산에 사용될 수 있다. 최근에는 규칙적인 배열의 박막 트랜지스터(thin-film transistors; TFT)가 적절한 투명 기관 위에 제조되고(fabricated), 각각의 트랜지스터는 픽셀 컨트롤러로서 작동한다.

[0003] 실리콘 막과 같은 결정성의 반도체 막들은 ELA(excimer laser annealing) 및 SLS(sequential lateral solidification) 공정을 포함한 다양한 레이저 공정들을 사용하여 액정 디스플레이에 픽셀을 제공하도록 처리되고 있다. SLS는 AMLCD 장치는 물론, 유기 발광 다이오드(organic light emitting diode; OLED) 및 액티브 매트리스 OLED(AMOLED)에 사용하기 위한 박막을 처리하는데 잘 어울린다.

[0004] ELA에서, 막의 영역은 부분적으로 막을 용융시키기 위해 엑시머 레이저에 의해 조사되고(irradiated), 해당 부분은 그 후에 결정화된다. 이런 공정은 일반적으로 기관 표면에 연속적으로 전진하는 길고 좁은 빔 형태를 사용하며, 따라서 빔은 잠재적으로 표면에 걸쳐서 싱글 스캔으로 전체 반도체 박막을 조사할 수 있다. 실리콘(Si) 막은 균일한 결정립(grain) 크기를 갖는 임의의 다결정 막을 만들기 위해 여러번 조사된다. 비록 ELA를 통해 작은 결정립을 갖는 다결정 막을 제조한다 할지라도, 이러한 방법은 종종 미세구조(microstructural)적인 비균일성을 경험하는데, 이는 펄스당 에너지 밀도 변동(fluctuation) 및/또는 균일하지 않은 빔 강도 프로파일(profile)에 기인한다. 도 10a는 ELA에서 얻어질 수 있는 임의의 미세구조를 도시한다. 다른 모든 도면은 물론 도 10a는 비율에 따라 그려진 것이 아니며, 예시하기 위한 목적에 불과하다. 도 10e는 ELA를 통한 막 공정의 평면도(top view) SEM 이미지이며 임의로 위치된 결정 입계(grain boundary)(1002)를 포함한 막의 임의의 미세구조를 보여준다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 측방향으로 결정화된 박막상에 제조된 박막 트랜지스터 장치에서 높은 균일성을 생산하기 위한 방법 및 시스템에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 측면에 따르면, 박막 트랜지스터(TFT)는 결정 기관에 적층된 채널 영역을 포함하고, 상기 결정 기관은 서로 대략 평행하고 간격 λ 로 대략 동등하게 이격된 복수의 결정입계들을 포함한다. 상기 채널 영역의 형태는 비등각(non-equiangular) 다각형을 포함하고, 상기 다각형은 상기 복수의 결정입계들에 실질적으로 직각을

이루도록 배향된 두 개의 대향하는 측면 가장자리들(opposing side edges) 및 상부 가장자리와 하부 가장자리를 갖는다. 각각의 상부 및 하부 가장자리의 적어도 일부는 0보다 크고 90도 이하인 복수의 상기 결정입계에 대한 경사각을 갖도록 향한다. 각각의 상기 상부 및 하부 가장자리의 부분에 대한 상기 경사각은 상기 다각형에 의해 커버된 결정입계의 수가 상기 결정 기관 내의 채널 영역의 위치와 독립되도록 선택된다.

- [0007] 본 발명의 타 측면에 따르면, 상기 다각형은 오목한(concave) 다각형을 포함한다.
- [0008] 본 발명의 타 측면에 따르면, 상기 다각형은 볼록한(convex) 다각형을 포함한다.
- [0009] 본 발명의 타 측면에 따르면, 각각의 상기 상부 및 하부 가장자리의 부분에 대한 경사각들은 동일하다.
- [0010] 본 발명의 타 측면에 따르면, 각각의 상기 상부 및 하부 가장자리의 부분에 대한 경사각들은 상이하다.
- [0011] 본 발명의 타 측면에 따르면, 상기 다각형은 평행사변형(parallelogram)을 포함한다.
- [0012] 본 발명의 타 측면에 따르면, 상기 평행사변형의 상부 및 하부 가장자리들은 실질적으로 서로 평행하고, 상기 평행사변형의 상부 및 하부 가장자리들에 대한 경사각은 각각의 상부 및 하부 가장자리의 각각에 대한 수직 길이(vertical span)가 상기 결정입계들 사이의 간격의 대략 정수배가 되도록 선택된다.
- [0013] 본 발명의 타 측면에 따르면, 평행사변형에서, 상기 상부 및 하부 가장자리에 대한 경사각 θ 와, 상기 결정입계 간의 대략 동등한 간격 λ 와, 상기 두 가장자리간 거리인 W 는 m 이 대략 정수인 값을 가질 때 방정식 $W \cdot \tan(\theta) = m\lambda$ 를 만족한다.
- [0014] 본 발명의 타 측면에 따르면, 평행사변형에서, m 은 대략 1이다.
- [0015] 본 발명의 타 측면에 따르면, 평행사변형에서, m 은 대략 1보다 큰 정수이다.
- [0016] 본 발명의 타 측면에 따르면, 상기 다각형은 사변형(quadrilateral)을 포함한다.
- [0017] 본 발명의 타 측면에 따르면, 사변형의 상부 및 하부 가장자리들은 서로 평행하지 않고, 상기 사변형의 상부 및 하부 가장자리들에 대한 경사각은 서로 다르도록 선택되어 상기 상부 및 하부 가장자리들에 대한 수직 길이들이 상기 결정입계 간의 간격의 대략 서로 다른 정수배들이다.
- [0018] 본 발명의 타 측면에 따르면, 상기 사변형의 상부 가장자리 또는 하부 가장자리에 대한 경사각 θ 와, 상기 결정입계들 사이의 대략 동등한 간격 λ 와, 상기 두 가장자리간 거리인 W 는 m 이 대략 정수인 값을 가질 때 방정식 $W \cdot \tan(\theta) = m\lambda$ 를 만족한다.
- [0019] 본 발명의 타 측면에 따르면, TFT 또한 상기 상부 및 하부 가장자리의 하나에 각각 인접한 소스 영역(source area) 및 드레인 영역(drain area)을 더 포함한다.
- [0020] 본 발명의 타 측면에 따르면, 상기 상부 및 하부 가장자리의 적어도 하나는 복수의 선분(line segment)을 포함하고, 그리고 하나 또는 그 이상의 상기 선분은 상기 복수의 결정입계들에 대해 0보다 크고 90도 이하인 경사각을 갖는다. 상기 하나 또는 그 이상의 선분에 대한 상기 경사각은 상기 다각형에 의해 커버된 결정입계의 수가 상기 결정 기관 내의 채널 영역의 위치와 독립적이 되도록 선택된다.
- [0021] 본 발명의 타 측면에 따르면, 상기 하나 혹은 그 이상의 선분 각각에 대한 경사각은 상기 선분에 대한 수직 길이가 상기 결정입계 간의 간격의 대략 정수배가 되도록 선택된다.
- [0022] 본 발명의 타 측면에 따르면, 상기 상부 및 하부 가장자리의 하나는 각각 동일한 경사각 θ 를 갖는 n 개의 선분을 포함하고, 제1면 가장자리의 끝단을 제2면 가장자리의 끝단에 연결한다. 또한, 상기 두 면의 가장자리 간의 거리 W 에 대해, 상기 경사각 θ 는 m 이 정수에 근접한 값을 가질 때 방정식 $W \cdot \tan(\theta)/n = m\lambda$ 를 만족한다.
- [0023] 본 발명의 타 측면에 따르면, 막을 처리하는 시스템은 일련의 레이저 빔 펄스를 제공하는 레이저 소스, 각각의 레이저 빔 펄스를 빔렛(beamlet)의 세트 형태를 취하게 하고, 각각의 상기 빔렛은 y 방향을 정의하는 길이와 x 방향을 정의하는 너비 및 조사된 영역에서 그 두께를 통해 막을 실질적으로 용융시키는데 충분한 에너지 밀도(fluence)를 갖고, 간격(gap)에 의해 인접한 빔렛으로부터 상기 x 방향으로 더 이격된 레이저 광학장치(optic); 및 상기 막을 지지하고 적어도 x 방향으로 병진(translation)할 수 있는 스테이지를 포함하며, 상기 길이와 너비의 비는 대략 1이다.
- [0024] 본 발명의 타 측면에 따르면, 다결정 막을 준비하는 방법은 그 위에 적층되는 박막을 갖는 기관을 제공하고, 상기 박막은 레이저-유도(laser-induced) 용융이 가능하고, 상기 막을 조사하기 위한 레이저 빔을 발생시키고, 여

기서 상기 레이저 빔은 상기 막의 조사된 부분을 그 두께를 통해 용융시키도록 하는 직선(line) 빔이고, 여기서 막의 상기 조사된 부분은 장축(long axis) 및 단축(short axis)를 가지며, 또한 상기 레이저 빔의 강도(intensity)가 상기 단축의 제1끝단으로부터 상기 단축의 제2끝단으로 변화하도록 비대칭인 강도 프로파일을 가지고; 상기 레이저 빔의 제1부분을 빔의 제1부분에 조사하여 상기 막의 제1부분을 용융시키고; 상기 제1부분이 측방향으로 응고되도록 허용하고, 여기서 상기 응고된 제1부분은 측방향으로 성장된 결정 입자(crystal grain)의 제1열 및 제2열을 포함하고, 상기 제1열은 상기 단축의 제1끝단을 커버하는 상기 제1부분의 제1측 상의 상기 장축에 평행하도록 형성되며, 상기 제2열은 상기 단축의 제2끝단을 커버하는 상기 제1부분의 제2측 상의 상기 장축에 평행하도록 형성되고, 상기 단축의 방향으로 측정될 때 상기 제1열 내의 결정 입자의 제1 평균 길이는 상기 제2열 내의 결정 입자의 제2 평균 길이보다 크며; 그리고 상기 레이저 빔을 제2 부분에 조사하여 상기 막의 제2 부분을 용융시키고, 여기서 상기 제2 부분은 상기 제1 부분에 대한 위치(displacement)만큼 측방향으로 이동(displaced)되어 있으며, 상기 위치는 상기 단축에 평행하고 상기 단축의 제2끝단으로부터 제1끝단으로 가는 방향이고, 또한 상기 위치의 값은 상기 제2 평균 길이보다 크고 제1 평균 길이 및 제2 평균 길이의 합보다는 작다.

[0025] 본 발명의 타 측면에 따르면, 상기 레이저 빔의 강도 프로파일은 상기 단축의 제1끝단으로부터 단축의 제2끝단으로 선형으로 바뀌고 상기 장축을 따라 거의 일정하게 남아있는 직선의 프로파일이다.

[0026] 본 발명의 타 측면에 따르면, 결정 기관에 복수의 박막 트랜지스터를 사용한 방법에 있어서, 상기 결정 기관은 서로 대략 평행하고 대략 동등한 간격만큼 이격된 복수의 결정입계를 포함하도록 제공된다. 방법은 상기 복수의 TFT의 각 TFT 채널 전류에 의해 교차되는 상기 결정입계의 개수가 대략 동일하도록 상기 복수의 TFT의 각 TFT를 통해 상기 채널 전류가 흐르게 하는 것을 포함한다.

[0027] 본 발명의 타 측면에 따르면, 결정 기관상에 복수의 박막 트랜지스터(TFT)를 제조하는 방법에 의하면, 상기 복수의 TFT는 결정 기관상에 적층되며, 상기 결정 기관은 서로 대략 평행하고 대략 동등한 간격 λ 만큼 이격된 복수의 결정입계를 포함하도록 제공된다. 방법은 상기 복수의 TFT의 각 TFT의 채널 영역을 비-등각(non-equiangular) 다각형을 포함하는 형태로 형성하고, 상기 다각형은 상기 복수의 결정입계들에 실질적으로 수직을 이루도록 배향된 두 개의 대향하는 측면 가장자리들 및 상부 가장자리와 하부 가장자리를 갖고, 상기 상부 및 하부 가장자리 각각의 적어도 일부는 상기 복수의 결정입계에 대해 0보다 크고 90도 이하인 경사각으로 향하고, 상기 상부 및 하부 가장자리의 각 가장자리의 부분에 대한 상기 경사각은 다각형에 의해 커버된 결정입계들의 수가 상기 결정 기관내의 채널 영역의 위치와 독립되도록 선택된다.

발명의 효과

[0028] 측방향으로 결정화된 박막상에 제조된 박막 트랜지스터 장치에서 높은 균일성을 생산하기 위한 방법 및 시스템이 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1a 내지 도 1c는 주기적인(periodic) 결정입계를 갖는 결정화된 막 상에 서로 다른 경사각으로 형성된 TFT의 개략적인 도면이다.

도 2는 주기적인 결정입계를 갖는 결정화된 막 상의 경사진 작은 너비 TFT의 개략적인 도면이다.

도 3은 몇몇 실시예에 따라 주기적인 결정입계를 갖는 결정화된 막 상의 형태 가공된 TFT의 개략적인 도면이다.

도 4는 몇몇 실시예에 따라 주기적인 결정입계를 갖는 결정화된 막 상의 세가지 형태로 가공된 TFT의 개략적인 도면이다.

도 5는 몇몇 실시예에 따라 주기적인 결정입계를 갖는 결정화된 막 상에 지그재그 형태의 가장자리를 갖는 형태로 가공된 TFT의 개략적인 도면이다.

도 6은 결정화시 서로 다른 빔 프로파일의 효과를 도시한다.

도 7a 내지 도 7c는 2샷(shot) SLS 기술의 개략적인 설명을 도시한다.

도 8a 내지 도 8c는 2샷 SLS 기술에서 비대칭 빔 프로파일을 사용한 실시예의 개략적인 설명을 도시한다.

도 9는 2D 레이저 빔을 발생시키기 위한 개략적인 시스템을 보여준다.

도 10a는 ELA에 의해 형성된 결정 미세구조를 갖는 막 내에 형성된 TFT의 개략적인 도면이다.

도 10b 내지 도 10d는 SLS에 의해 형성된 결정 미세구조를 갖는 막 내에 형성된 TFT를 도시한다.

도 10e는 ELA를 통한 막 가공의 평면도 SEM 이미지이다.

도 10f는 균일한 미세구조를 갖는 막의 평면도 SEM 이미지이다.

도 10g는 지향적인 미세구조를 갖는 막의 평면도 SEM 이미지이다.

도 11a 내지 도 11d는 SLS를 사용한 "균일한" 결정의 생성을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 여기서 인용된 등록된 미국 특허, 허가된 출원, 출판된 외국 출원, 및 참고문헌들은 동일한 한도만큼 마치 각각이 참조에 의해 특별히 그리고 개별적으로 가리키는 것처럼 이 문서에 의해 참조로 합체될 것이다.

[0031] SLS는 크고 균일한 결정립을 갖는 고품질의 다결정 막을 생산할 수 있는 펄스-레이저 결정화 공정이다. SLS에서, 막은 열에 약할 수 있는 물질, 예를 들어 플라스틱 또는 유리로 만들어진 기판을 포함하는 기판 위에 설치될 수 있다. 예시적인 SLS 공정 및 시스템은 일반적으로 소유된 미국 특허 번호 6,322,625, 6,368,945, 6,555,449 및 6,573,531에 설명되어 있고, 전체 내용은 여기에 참조로 합체된다.

[0032] SLS는 기판상의 무정형 또는 다결정 박막의 영역을 용융시키기 위해 제어된 레이저 펄스를 사용한다. 용융된 영역은 고체-용융 중간면(interface)으로부터 측방향으로 응고된 원주(columnar) 구조 또는 복수의 위치-제어된 큰 단일-결정 영역들로 결정화된다. 일반적으로, 용융/결정화 공정은 많은 수의 레이저 펄스로 큰 박막의 표면에 연속적으로 반복된다. 기판상에 처리된 막은 하나의 큰 디스플레이를 생산하는데 사용되거나 또는 여러 개의 디스플레이를 생산하기 위해 나뉜다. 도 10b는 SLS 방법들, 예를 들어 "2샷" SLS 방법으로 생성된 "균일한" 미세구조를 갖는 막 내에 제조된 TFT의 개략도이다. 도 10f는 수직(perpendicular) 결정입계(1004) 및 수평(horizontal) 결정입계(1008)를 보여주는, 균일한 미세구조를 갖는 막의 평면도 SEM 이미지이다. 도 10c는 SLS로 생성된 "지향적인" 미세구조를 갖는 막 내에 제조된 TFT의 개략도이다. 도 10g는 수평 결정입계(1006)를 보여주는 지향적인 미세구조를 갖는 막의 평면도 SEM 이미지이다. 도 10d는 SLS로 생성된 단일 결정 구조를 갖는 막 내에 제조된 TFT의 개략도이다.

[0033] 다결정 물질이 TFT를 갖는 장치를 제조하기 위해 사용될 때, TFT 채널 내의 캐리어 전송에 대한 총 저항은 캐리어가 주어진 전위의 영향 하에서 이동할 때 넘어야 할 고저항 장벽(barrier)의 결합에 영향을 받을 수 있다. 결정입계들, 즉 결정학적인(crystallographic) 결정립 사이의 경계들은 이러한 고저항 장벽을 취할 수 있다. 따라서, 일반적으로, SLS-처리된 다결정 막상에 제조된 TFT 장치의 성능은 채널 내의 막의 미세구조는 물론, 결정입계에 대한 채널의 배향성(orientation)에 좌우된다.

[0034] TFT를 이용하여 장치를 제조할 때, 예를 들어 디스플레이, 한가지 중요한 요소는 서로 다른 TFT 사이에서 균일한 성능을 이루는 것이다. 장치 내의 서로 다른 TFT 간의 성능 차이는 장치의 출력에 있어서의 변동(variance), 예를 들어 디스플레이에서 서로 다른 픽셀간 밝기의 변동을 초래할 수 있다. 그러한 차이들은 육안으로 보이는 수준에서 발견될 수 있고 장치의 전체적인 품질에 영향을 끼칠 수 있다. 더욱이, 차이들은 픽셀 밝기가 급격히 변화할 때, 즉 인접한 픽셀들이 밝기에 명확한 차이를 보여줄 때 가장 두드러진다. 픽셀 디스플레이에 걸친 밝기의 점진적인 변화는 인간의 눈에는 그렇게 명확하지는 않다. 그러므로 비록 중간일지라도, 모든 TFT에 대해 더 균일한 성능을 이루는 것이 몇몇 TFT에 대해 높은 성능을 이루고 나머지 TFT에 대해서는 보통 또는 낮은 성능을 이루는 것보다 유용할 수 있다.

[0035] 결정화된 막상에 형성된 TFT에 있어서, 그 성능은 TFT 내의 채널 전류의 방향에 교차하는 결정(crystalline) 결정입계인, 교차하는 결정입계의 수에 영향을 받을 수 있다. 그러므로 서로 다른 TFT 간의 성능 차이는 교차하는 결정입계의 수 및 위치의 차이로부터 발생할 수 있다. 이러한 유형의 비균일성을 감소시키기 위해, 서로 다른 TFT 간의 결정입계의 수의 변동을 감소시킬 수 있다.

[0036] 하나 또는 그 이상의 실시예에서, 본 발명의 일 측면에 따라, 결정입계의 수와 위치 그리고 이러한 결정입계에 대한 TFT의 위치는 서로 다른 TFT 간에 통계상으로 비슷한 수의 교차하는 결정입계를 제공하도록 제어된다. 교차하는 결정입계는 TFT의 성능을 저하시킬 수 있는 반면, 전형적인 제조 공정은 그러한 경계를 생성하기 때문에 교차하는 결정입계가 존재한다. 그러므로 서로 다른 TFT가 대략 동일한 수의 그러한 교차하는 결정입계를 경험할 수 있도록 막을 결정화하는 것은 유용할 수 있다.

- [0037] 조사 프로토콜(irradiation protocol), 여기에 "균일한" SLS로 참조되는, 도 10b, 도 10f에서 묘사된 대로 측 방향으로 연장된(elongated) 결정들의 주기적인 열(column) 및 주기적인 결정입계의 세트에 의해 특징지어진 균일한 결정 막을 준비하기 위해 사용될 수 있다. 균일한 SLS는 막을, 막의 조사된 영역을 용융시키는 펄스 레이저 조사에 노출시키는 것을 포함한다. 용융된 영역으로부터 조사를 제거할 때, 용융된 영역은 주변에 단단한 영역을 갖는 용융된 영역의 경계로부터 결정화하기 시작한다. 따라서 형성된 결정은 결정화가 중지되기 전에 LGL(Lateral Growth Length) 거리만큼 성장하고 용융된 영역은 완전히 응고된다. LGL의 최대값은 막의 특성들, 예를 들어 두께, 막 성분 및 용융 온도 등에 좌우된다. 최대 LGL은 결정화 조건이 결정 성장에 최적일 때 이루어진다. SLS 방법을 이용한 몇몇 실시예에서, 레이저 빔은 용융된 영역의 너비가 LGL 최대값의 2배를 초과하지 않는 너비를 갖는 직선(line) 빔으로 선택된다. 이러한 실시예에서는, 효과적인 LGL은 용융된 영역의 너비의 대략 절반이다. 각 펄스 후, 레이저 빔은 막에 대해 수치 δ 만큼 이동한다. 균일한 SLS에서, 이러한 이동은 LGL 및 2LGL 사이(용융된 영역의 너비)에서, 즉 $LGL < \delta < 2LGL$ 에서 선택된다. 균일한 SLS 방법은 도 11a 내지 11d를 참고로 설명된다.
- [0038] 도 11a를 참조하여, 제1 레이저 펄스는 막의 영역(400)을 조사하고 용융시킨다. 몇몇 실시예에서는, 레이저 빔은 직선형(linear) 빔이다. 결과적으로, 용융된 영역(400)은 직사각형(rectangle) 형태이다. 빔의 너비는 용융된 영역의 너비 W 가 최대 LGL의 두 배보다 작도록 선택된다. 빔의 길이는 10mm보다 클 수 있고, 1000mm에 이르거나 그 이상일 수 있다. 예시적인 실시예에서, 빔의 에너지 밀도는 조사된 영역(400)을 완전히 용융시키기에 충분하다. 영역(400)에서 조사가 제거된 후, 용융화된 영역은 식고 결정화된다. 이 경우, 결정립은 조사되지 않은 단단한 영역 및 용융된 영역 사이의 중간면으로부터 측방향으로 성장한다. 두 용융 전면은 용융 온도가 핵형성(nucleation)을 일으킬 정도로 충분히 낮아지기 전에 대략 중앙선(405)에서 충돌한다. 결과적으로, 영역(400)은 각각 너비 LGL을 갖는 두 열의 결정 결정립(crystalline grain)으로 나누어지고, LGL의 값은 최초로 용융된 영역의 너비인 W 의 대략 절반이다.
- [0039] 도 11b를 참조하면, 레이저 빔의 위치는 막에 대해 LGL보다 크고 2LGL보다 작도록 선택된 소정의 위치 거리 δ 만큼 이동한다. 막의 제2영역(400')이 제2 레이저 빔 펄스에 의해 조사되고 용융된다. 막의 위치 거리 δ 는 연속적인 레이저 빔 펄스가 오버랩되는 바람직한 너비(430)와 연관된다. 오버랩은 대략 LGL의 90%보다 작을 수 있고 대략 10%보다 클 수 있다. 오버랩에 의해 좌측 열(400)에서 결정 입자의 일부를 용융시키고 열(407)에서 보여지듯이 결정 입자의 용융되지 않은 일부를 남긴다. 도 11a에서 영역(400)과 유사한 영역(400')은 각각 너비 LGL을 갖는 두 열의 결정입자(crystal grain)로 결정화한다. 좌측면 경계(406)로부터 성장하는 결정립에 대해서는, 열(407) 내의 용융되지 않은 결정입자들은 결정 성장을 위한 핵(seed)를 구성한다. 이러한 결정입자들은 도 11c에서 영역(440)을 형성하기 위한 결정화 단계 동안 더욱 성장한다.
- [0040] 도 11c는 제2 펄스로부터의 조사가 제거되고 영역(400')이 결정화를 완료한 후 막의 결정화된 영역(450)을 도시한다. 영역(450)은 도 11b의 열(407) 내의 결정입자의 성장으로부터 발생하는 영역(440)을 포함한다. 이러한 결정입자들은 모두 LGL보다 큰 δ 와 동등한 길이를 갖는다. 그러므로, 연장된 결정을 구성하는 너비 δ 를 갖는 열은 평균적으로 두 번의 레이저 빔 조사에 의해 형성된다. 조사는 너비 δ 의 측방향으로 확장된 결정의 복수의 열을 생성하기 위해 막에 걸쳐서 계속된다.
- [0041] 도 11d는 다수의 조사 후 막의 미세구조를 도시하고 측방향으로 확장된 결정의 수개의 열(400)을 묘사한다. 용융된 영역 내에서 형성된 결정은 바람직하게는 측방향으로 그리고 비슷한 방향으로 성장하고, 막의 특정하게 조사된 영역 내의 경계에서 서로 만난다. 이런 예에서, 결정립은 대단하게 연장되지 않지만, 균일한 크기 및 방향을 갖는다. 특히 수직 결정입계 및 평행 결정입계로 불리는 두가지 형태의 결정입계들은 균일한 SLS를 통해 처리된 실리콘 막에서 관찰되며, 도 11d에 표시되어 있다. 세 개의 수직 결정입계(1110)는 지점 a로부터 b로, c로부터 d로, 그리고 e로부터 f로 뻗어있다. 수직 결정입계는 거의 규칙적으로 거리 δ 만큼 이격되어 있고, 레이저 스캔의 방향에 대해 대략 직각(right angle)이다. 그 몇몇이 결정입계(1120)로 표시된 다른 결정입계들은 뻗어날 때 수직 결정입계들과 교차하는 평행 결정입계들이다. 평행 결정입계간의 방향 및 간격은 일반적으로 다양하다. 더 상세한 내용은, 미국 특허번호 6,573,531을 참조하고, 그 전체 내용은 여기에 참조로 함체된다.
- [0042] "균일한" SLS 방법을 통해 형성된 결정은 실질적으로 제어된 수직 결정입계의 수 및 위치를 갖고, 그 결정립 구조에 실질적인 균일성을 나타낸다. 성능상 더 높은 균일성을 이루기 위해서는, TFT가 상기 막 상에 방향을 맞춰서 TFT 채널 방향(및 따라서 전류 흐름)이 평행 결정입계(1120)의 방향을 따라 향하도록 하고 따라서 평행 결정입계(1120)가 아닌 거의 모든 수직 결정입계(1110)가 채널 전류와 교차하도록 한다.
- [0043] 몇몇 SLS 계획에서는, 균일한 SLS 방법이 "2D 시스템"을 이용하여 이루어진다. 2D 시스템에서는, 박막의 영역이

직사각형 형태의 모양을 갖는 레이저 펄스로 조사된다. 도 9는 2D 레이저 시스템을 발생시키는 예시적인 시스템(900)을 묘사한다. 시스템(900)은 레이저 소스(220), 감쇠기(910), 텔레스코프(920), 호모지나이저(homogenizer)(930), 콘덴서 렌즈(940) 및 빔 반사 요소(950)를 포함한다. 레이저 소스(220)에 의해 생성되는 레이저 빔 펄스(240)는 감쇠기(910), 텔레스코프(920), 호모지나이저(930) 및 콘덴서 렌즈(940)를 통해 빔 반사 요소(950)로 유도된다. 빔 반사 요소(950)에서, 들어온 레이저 빔 펄스(240)는 나가는 빔 경로를 따라 유도되어 웨이퍼 핸들링 스테이지(270)상에 마운트된 기관(260)으로 이끌어진다. 광학 경로는 다양한 초점의 필드 렌즈(970b), 마스크(280b) 및 투사 렌즈(projection lens)(295b)를 포함한다.

[0044] 규칙적인 간격의 결정입계를 갖는 균일하게 결정화된 막을 제공하는데 있어 유용한 다른 방법도 본 발명으로부터 이득을 볼 수 있다. 예시적으로, 2005년 12월 2일 출원되고 함께 계류중인 미국 특허 공고 2006-0254500 A1, 발명의 명칭이 "박막의 라인 스캔 연속 측방향 응고화"에서 설명된 것과 같은 라인 스캔 SLS 방법이 사용될 수 있다.

[0045] 본 발명의 일 측면에 따라, 다양한 TFT의 성능에서 더 높은 균일성은 밑에 있는 결정화된 막상에 제조된 TFT 채널의 형태 또는 배열(geometry)의 적절한 선택으로부터 이루어질 수 있다. 종래의 TFT는 일반적으로 그 채널 영역이 정사각형 또는 직사각형의 형태를 띠도록 형성된다. 더욱이, TFT는 일반적으로 수직 결정입계에 대해 제로 각(zero angle)으로 위치한다(예를 들어, 도 1a 참조). 이러한 방향성은 막에 대해 임의로 놓여진 경우 TFT간의 최대 성능 변동을 유발한다.

[0046] 하나 또는 그 이상의 실시예에서, TFT 채널은 형태 가공, 즉 규칙적으로 위치한 결정입계에 실질적으로 직각을 이루고(예를 들어, 균일하게 결정화된 막에서의 수직 결정 입계), 채널 내의 전류 흐름의 방향에 실질적으로 평행한 적어도 한 세트의 평행한 가장자리를 갖는 다각형으로 가공된다. 이러한 다각형은 교차하는 결정입계에 대해 경사진 제2 세트의 가장자리를 더 갖는다. 제2 세트의 가장자리의 형태 및 경사는 교차하는 결정입계의 평균 개수가 서로 다른 임의로 배치된 TFT 간에 대략 일정하도록 선택된다. 몇몇 실시예에서는, TFT가 TFT 너비 및 결정입계 주기성(periodicity)에 기초하여 선택된 가장자리들의 경사각을 갖는 평행사변형(parallelogram)의 형태를 갖는다. 일반적으로, 형태의 가장자리상의 어떠한 선분(line segment)에 대한 경사각은 그 선분 및 주기적인 결정입계의 방향 중 더 작은 각으로 정의된다. 다른 실시예에 따라, 경사진 가장자리들 세트는 다양한 각을 갖는 직선적인(straight) 서브-가장자리들(sub-edges)(예를 들면 지그재그 형태), 또는 교차하는 결정입계의 변동성을 더 감소시키기 위해 약간의 비규칙적인 형태인 가장자리들을 포함하는 직선이 아닌 형태를 갖는다.

[0047] 도 3은 몇몇 실시예에 따라 사용된 형태 가공 기술의 예를 보여준다. 도 3은 거리 λ 만큼 이격된 주기적인 결정입계들(319)을 갖는 결정화된 막을 통해 생성된 채널 영역(320 및 321)에 의해 대표되는 두가지 형태로 가공된 TFT를 보여준다. 예를 들어, TFT의 채널 영역(320)은 TFT의 소스 및 드레인 영역 사이의 영역(323)으로 정의된다. 채널 영역(320 및 321)은 각각 길이 L 및 너비 W 를 갖는 평행사변형의 형태를 갖는다. 또한, 각 TFT에 대한 채널 전류는 소스와 드레인 사이(323)의 방향(325)으로 흐른다. 평행사변형의 상부 및 하부 가장자리 각각에 대한 수직 길이(vertical span)(326)는 주기적인 결정입계(319)에 직각을 이루는 방향을 따라 그 가장자리의 돌기(projection)로 정의된다. 평행사변형의 하부 및 상부 가장자리의 경사각 θ_3 는 평행사변형의 하부 및 상부 가장자리의 수직 길이(326)가 수직 결정입계 간의 간격 λ 의 정수배에 근접하도록 선택된다. 따라서 각 θ_3 는 이하의 수학식 1을 만족한다.

[0048] [수학식 1]

[0049] 수직 길이(Vertical span) = $W \cdot \tan(\theta) = m\lambda$

[0050] 여기서 θ 는 가장자리의 경사각이고, m 은 1 또는 다른 정수에 근접한 값으로 선택된다.

[0051] 도 4는 몇몇 실시예에 따른 형태 가공에 의해 얻어지는 성능의 실질적인 균일성을 나타낸다. 도 4는 결정화된 막(400)에 대해 각각 다른 임의의 세 위치에 위치한 세 개의 동일한 형태의 평행사변형 TFT(410 내지 412)를 보여준다. 예를 들어, TFT(410)의 형태 및 위치는 소스 및 드레인 영역(413)의 형태 및 위치에 의해 정의된다. 세 개의 모든 TFT에 대한 채널 전류는 방향(425)으로 흐른다. 평행사변형의 각 θ_4 는 m 이 1에 근접한, 즉 수직 길이(406)가 1λ 에 근접한 값을 갖는 수학식 1을 만족시킨다. 빗금친 영역은 두 개의 교차하는 결정입계를 갖는 채널 영역의 부분을 나타내고, 빗금 없는 영역은 세 개의 교차하는 결정입계들을 갖는 채널 영역 부분을 나타낸다. TFT(410 내지 412)에 있어서, 결정입계(419)에 대해 임의적으로 위치하고, 빗금친 그리고 빗금 없는 부분의 상대적인 위치는 변하나 이러한 각각의 부분들의 총 영역은 일정하다. 따라서, TFT는 균일한 성능을 유지할 수

있다.

[0052] 몇몇 실시예에서, TFT는 적층, 게이트 영역에의 게이트 절연 및 금속 콘택트 형성, 그리고 TFT 영역의 도핑(예를 들어 p도핑 영역)으로 제조된다. 게이트의 존재는 게이트 영역을 도핑되는 것으로부터 실질적으로 마스크하여 오직 소스 및 드레인 영역만이 도핑될 것이고, 게이트 영역이 실질적으로 도핑되지 않거나 가볍게 도핑될 것이다. 마지막으로, 소스 및 드레인 콘택트는 그 상응하는 영역에 형성된다. 소스 및 드레인 영역은 형태를 갖고 만들어져서 그 사이에 정의된 채널 영역이 실시예에서 사용된 형태에 따른다. 처리된 박막 상에 TFT를 위치하는 정확한 방법론은 본 발명에서 중요하지 않으므로, 알려진 어떠한 기술도 적용될 수 있다. 한 예시적인 기술이 Maegawa 등의 미국 특허 번호 5,766,989에 개시되어 있고, 그 내용은 참조로서 여기에 함체된다.

[0053] 이하에 기술된 경사 가공 방법과는 다르게, 형태 가공은 결정화 장치에 대해 TFT 제조 장치를 기울이는 것을 필요로 하지 않는다. 채널 전류의 방향(325)은 수직 결정입계(319)에 직각을 이루고, 평행 결정입계(327)에 사실상 평행하다. 이러한 전류의 방향은 TFT의 성능에 대한 평행 결정입계의 영향을 최소화하고, 채널 전류에 교차하는 주기적으로 이격된 수직 결정입계의 수를 제어할 수 있으므로 균일한 성능을 이룬다.

[0054] 도 4에서 보여지는 것처럼, 형태 가공은 예를 들어 도 1a에 보여지는 바와 같이 종래의 제로각 TFT에서 발생하는 교차하는 결정입계들의 변동의 문제를 다룬다. 도 1a는 제로각 TFT, 즉, 상부 및 하부 TFT 가장자리가 직선(110)에 의해 나타내는 직각 결정입계에 대해 제로각인 방향을 갖는 직사각형 형태의 TFT의 개략도를 보여준다. 평행 결정입계(117) 또한 오직 TFT(120)를 위해 도시된 것이고, 모든 도면에서 결정화된 표면을 가로질러 뻗어 나가고 수직 결정입계(110)에 직각을 이루는 것으로 이해된다. 제로각 TFT 셋업은 TFT 채널의 방향을 전류가 직각 결정입계에 직각을 이루도록 향하게 함으로써 균일성을 증가시키는 반면, TFT의 임의의 위치 때문에 교차하는 결정입계의 수의 변동은 다룰 수 없다. TFT(120 및 122)에서 보여지는 바와 같이, 채널 전류에 교차하는 결정입계의 수는 결정 상의 TFT 위치를 기초로 하여 다를 수 있다. 구체적으로, TFT(120)에서 채널 전류는 소스 및 드레인 영역(123)의 가장자리 모두에 매우 근접하게 위치한 두 개의 결정입계를 가로지른다. 반면, TFT(122)에서 채널 전류는 소스 및 드레인 영역(125)으로부터 멀게 위치한 하나의 결정입계를 가로지른다. 결과적으로, TFT(120)는 TFT(122)보다 더 높은 저항 및 더 낮은 성능을 가질 수 있다. 교차하는 결정입계의 수 및 위치의 변동은 채널 치수(dimension)가 감소하여 결정립 크기에 비슷할 때 더욱 심해진다. 이런 경우에, 개수가 상대적으로 큰 변화를 불러일으킬 수 있다는 점에서 TFT는 일반적으로 오직 작은 수의 결정입계 및 작은 변동을 포함한다. 예를 들어, 도 1에서, TFT(122)는 하나의 수직 결정입계를 포함하는 반면, TFT(120)은 두 개를 포함하고, 이는 100% 증가에 해당한다.

[0055] 형태 가공은 또한 몇몇 경우에 경사 가공 기술에 의해서 발생하는 높은 경사각 및 적은 패킹(packaging) 수의 문제를 다룰 수 있다. 경사 가공에서, 도 1b 내지 도 1c에서 도시되듯이 TFT 채널은 직사각형이고 결정입계에 대해 경사각을 갖도록 위치된다. 경사각은 TFT가 일반적으로 막 상의 그 위치에 상관없이 실질적으로 동일한 평균 개수의 교차하는 결정입계를 포함하도록 선택된다. 따라서 적절한 경사각은 TFT의 너비 및 결정입계의 주기성 길이에 좌우된다. 경사진 TFT에 대한 더 자세한 내용은 미국 출원 번호 10/487,170에서 찾아질 수 있고, 그 전체 내용은 여기에 참조로 함체된다. 경사 가공에서, 임의적으로 위치한 TFT 간에 실질적으로 균일한 성능을 이루기 위해, 수학적 2와 같이 수직 길이가 결정립 간격 λ 의 배수인 정수에 대략 동일하도록 선택될 수 있다.

[0056] [수학적 2]

[0057] 수직 길이(Vertical span) = $W \cdot \sin(\theta) = m\lambda$

[0058] 여기서 θ 는 경사각이고 m 은 정수 또는 그 값이 정수에 근접한 수이다.

[0059] 도 1b 및 도 1c는 수학적 2에 따라 경사진 막 상에 TFT가 형성된 시스템을 나타낸다. 구체적으로 TFT(150 내지 152)는 수직 길이(156)가 간격 λ 에 근접한, 즉 수학적 2에서 m 이 1에 근접하도록 각 θ_{1b} 만큼 경사진다. TFT(190 내지 192)는 수직 길이(196)가 간격 λ 의 두 배에 근접한, 즉 수학적 2에서 m 이 2에 근접하도록 각 θ_{1c} 만큼 더 경사진다. 도 1c는 또한 TFT(190)의 소스 및 드레인 영역(223)이 막에 대해 같은 경사각 θ_{1c} 로 생성된 것을 보여준다. 빗금친 영역은 두 개의 결정입계를 포함하는 영역들을 나타내고, 빗금 없는 영역은 하나의 결정입계를 포함하는 영역을 나타낸다. 보여지듯이, 막 상에 임의로 위치하고 같은 각에 의해 경사진 TFT의 각 세트에 대해, 빗금친 영역은 TFT 안에서 움직일 수 있지만, 빗금친 총 영역과 빗금 없는 총 영역은 각 세트(150 내지 152, 190 내지 192) 내에서 일정하게 유지된다. 경사 가공은 처리된 박막 상에 채널 영역 그 자체의 배치를 경사지거나, 또는 대안적으로 경사진 주기적 결정립 구조를 포함하는 SLS 공정 중에 박막을 제조하는 것에 의해 행해질 수 있다. 두 가지 대안의 결합 또한 적용될 수 있다. 예시적인 경사 가공 공정 및 시스템은 일반적

으로 소유된 미국 특허 번호 7,160,763, 명칭 "잘못배열된 미세구조를 통한 다결정 TFT 균일성"에 설명되어 있다.

[0060] 경사 가공이 성능 균일성에 이르는데 유용한 기술이 될 수 있는 반면, 경사주는 것은 좁은 TFT 또는 임의의 크기를 갖는 TFT에 있어 덜 실용적이다. 경사를 주기 위해서는 TFT 제조 기구가 막과 결정화 레이저 및 다른 기구들에 대해 경사져야 한다. 몇몇 산업적인 결정화 기술 및 레이저 셋업에 있어서, 그러한 기구의 경사는 효율성을 감소시킬 수 있다. 더욱이, 장치가 서로 다른 너비(W)를 갖는 TFT를 포함한다면, 수학적 2에 따라 서로 다른 경사각이 필요하고, 따라서 TFT 제조 기구는 서로 다른 TFT를 생성하는 동안 그 경사를 변경해야 하며, 그 변경은 산업적인 생산에서 적용하는 데에 있어 어려울 수 있다.

[0061] 경사 가공은 또한 큰 경사각에 대해 덜 실용적일 수 있다. 기술은 진보하고 채널은 점점 좁아지므로, 요구되는 경사각은 증가하고 이는 제조상 어려움을 제시하며 또한 평행 결정입계의 임의의 효과를 증가시킨다. 도 2는 간격 λ 에 대해 상대적으로 작은 너비 W를 갖는, 채널 영역에 의해 나타내는 TFT의 개략도를 보여준다. 수학적 2에 따라, m 이 1에 근접한다 할지라도, TFT(310)는 수직 길이(306)가 1λ 에 근접하도록 상대적으로 큰 각 θ_2 를 필요로 한다. 큰 경사각(예를 들어 45도에 근접하거나 그보다 큰 경사각)은 그러한 각으로 기구를 설치하는 데 있어 실질적인 어려움을 제공한다. 더욱이, 큰 경사각에서, TFT 성능은 평행 결정입계에 의해 영향을 받을 것이다. TFT(311)에서 보여지듯이, 큰 경사각 θ_2 에서, 채널 전류(315)는 더 이상 평행 결정입계(317)에 실질적으로 평행하지 않는다. 대신 많은 수의 평행 결정입계들이 채널 전류와 교차하고 따라서 TFT 내의 저항을 증가시킨다. 이러한 교차의 수는 TFT 및 평행 결정입계의 위치에 좌우되고 하나의 TFT나 다른 TFT에서 다를 수 있다. 이러한 변동은 TFT 성능의 변동을 증가시키고 경사의 효과를 제한한다.

[0062] 상기 문제점들을 피하기 위해, 형태 가공 TFT는 도 3에 보여지는 대로 평행 결정입계들에 평행한 전류 방향을 유지하면서도 장치 균일성을 보장하기 위해 TFT의 가장자리에 큰 경사를 줄 수 있다. 더욱이, TFT 제조 기구에 대해 결정화 기구를 경사줄 필요가 없기 때문에, 형태 가공 TFT는 경사 가공 TFT에 대비하여 더 효율적인 결정화 공정을 사용한다.

[0063] 형태 가공은 또한 경사 가공에 대비하여 더 큰 패킹(packaging) 효율을 이룰 수 있다. 예를 들어, 평행사변형 형태의 TFT(320)는 더 작은 패킹 요소를 갖고 경사진 TFT(310)에 비해 더 효율적으로 막을 사용한다. 경사 W_1 때문에, 경사진 TFT(310)의 효율적인 수평 길이(horizontal span)는 평행사변형 형태의 TFT(320)의 수평 길이인 W보다 상당히 크다. 결과적으로, 형태 가공된 TFT에 의해 사용되는 막의 효과적인 영역은 경사진 TFT에 의해 사용되는 영역보다 더 작고, 장치의 어느 주어진 영역에서, 경사진 TFT에 비해 더 많은 평행사변형 형태의 TFT를 패킹할 수 있다. 대안적으로, 장치에 사용되는 정해진 수의 TFT에 있어, 형태 가공된 TFT는 경사진 TFT에 비해 더 적은 결정화된 영역을 필요로 한다.

[0064] 평행사변형 형태에 추가하여, 몇몇 실시예들에 따라 다른 형태들이 형태 가공 TFT에 적용될 수 있다. 몇몇 실시예에서는, TFT가 가장자리의 면들이 서로 평행하고 주기적인 결정입계에 직각을 이루는 사변형(quadrilateral)의 형태를 갖는다. 한편 사변형의 기본 가장자리는 결정입계에 대해 서로 다른 두 개의 경사각을 갖도록 위치하여, 각각의 경사각이 서로 다른 값 m 을 갖는 수학적 1을 서로 만족시키도록 한다. 따라서 하부 가장자리의 수직 길이는 상부 가장자리의 수직 길이와 다를 수 있다. 예를 들어, 하나의 그러한 사변형은 상부 및 하부 가장자리가 서로 다른 경사각을 가져서 서로 평행하지 않도록 도 3의 평행사변형을 수정하여 형성될 수 있다.

[0065] 또 다른 실시예에서, TFT는 하나 또는 양 가장자리가 복수의 교차하는 각을 갖는 서브-가장자리를 포함하는 형태를 갖는다. 다른 실시예에서는, TFT는 비정규적인 형태를 갖는 가장자리를 갖는다. 도 5는 몇몇 실시예에 따른 형태 가공 TFT(510)을 보여준다. TFT(510)에서, 소스 및 드레인 영역(513)에 의해 정의된, 채널 영역의 상부 및 하부 가장자리는 복수의 서브-가장자리를 포함하는 두 가장자리의 형태(소위 지그재그)의 형태를 한다. 각 서브-가장자리에 대한 경사각 θ_5 는 그 서브-가장자리 및 주기적인 결정입계의 방향 중에서 더 작은 각으로 정의된다. 도 5의 형태에 대한 경사각은 평행사변형의 하부 및 상부 가장자리의 수직 길이(506)가 직교하는 결정입계 사이의 간격 λ 의 정배수에 근접할 수 있도록 모두 θ_5 와 동일하도록 선택된다. 따라서 각 θ_5 는 이하의 수학적 3을 만족시킨다.

[0066] [수학적 3]

[0067] 수직 길이(Vertical span) = $W \cdot \tan(\theta) / n = m \lambda$

[0068] 여기서 n 은 서브-가장자리의 개수이고, m 은 정수에 근접한 값으로 선택된다. 특히 도 5에서, n 의 값은 6이고, m

의 값은 1에 근접한다. 몇몇 실시예에서, 서브-가장자리는 서로 다른 각을 가질 수 있다. 임의로 위치한 서로 다른 TFT 간에 교차하는 결정입계들의 대략 일정한 수를 제공하는, 다른 기하학적인 형태 또한 고려될 수 있다.

[0069] 몇몇 실시예에서, 상부 및 하부 가장자리의 하나 혹은 양쪽은 경사각이 같지 않은 복수의 서브-가장자리를 포함할 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에서, 가장자리는 "툽니" 형태를 가질 수 있고, 여기서 서브-가장자리의 경사각은 90도보다 낮은 값 및 90도의 값 사이를 번갈아 가진다. 다른 실시예에서, 서브-가장자리는 제로 경사각으로 향하는 선분과 상호 연결될 수 있으며, 따라서 제로 수직 길이를 갖는다. 다른 실시예에서, 각각의 서브-가장자리에 대해 수직 길이는 간격의 정수배이다.

[0070] 몇몇 실시예에서, 막에 대해 경사지면서도 형태 가공된 TFT를 생성하기 위해 경사 가공 및 형태 가공의 결합이 적용될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 평행사변형의 각은 크도록 선택되서, 그 각이 m 의 값이 1보다 큰 정수(예를 들어 2)에 근접한 값을 갖는 수학식 1 또는 수학식 3을 만족시킨다. 비균일한 결정입계를 갖는 막에 대해서는 m 에 대해 특히 더 큰 값이 바람직하다.

[0071] 2D 시스템에 의해 생성된 결정화된 막에서 비균일성의 하나의 원인은 직사각형 형태의 레이저 빔의 조사 출력(power)의 비균일성일 수 있다. 2D 시스템에서, 스캔된 영역을 확장하고 스테이지 스캔 속도(stage scan velocity)를 감소시키기 위해 빔이 연장된다. 이러한 연장은 처리량(throughput rate)을 증가시키는 반면, 레이저 축에 가까운 영역에 비해 축에 먼 영역에 동일한 조사 특성(projection property)을 갖는 것은 어렵기 때문에, 조사 출력의 균일성을 감소시킬 수 있다. 따라서 빔을 연장시키는 것은 레이저 빔의 출력이 가장자리에 근접한 영역에서 감소되는 것을 유발할 수 있다. 레이저의 조사 출력의 비균일성은 또한 용융된 막 및 결과적인 결정의 특성에 비균일성을 유발할 수 있다.

[0072] 몇몇 실시예에서, 결정입계의 개수의 변동의 상대적인 효과를 감소시키기 위해, 더 큰 TFT, 더 상세히는 더 큰 길이 L 을 갖는 TFT가 이용된다. 더 큰 TFT는 일반적으로 더 많은 수의 수직 결정입계를 포함한다. 결과적으로, 그 특성은 많은 수의 개개의 결정입계의 특성을 평균하는 것으로부터 발생한다. 더욱이, 결정입계의 개수 중에 하나의 변동은 결정입계의 전체 개수에 상대적으로 작은 변화 및 TFT의 성능에 상대적으로 작은 변동을 가져온다.

[0073] 다른 실시예에서, 장치 균일성은 장치 면적에 대해 결정 결정립 크기를 감소함에 의해 증가되므로, 더 효과적인 평균이 발생한다. 그러한 셋업은 특히 미래 디스플레이 제품 및 AMOLED 디스플레이에 유용할 수 있다. 개념상으로, 더 작은 결정립(수직 결정입계 간에 더 작은 간격)은 빔 너비(예를 들어, 빔 너비의 "단축")를 줄임으로써 얻어질 수 있으므로 측방향 성장 전면은 더 빨리 충돌한다. 감소된 빔 너비는 예를 들어 조사될 패턴의 너비를 감소시켜서, 혹은 조사 강도를 감소시키는 것과 결합해서 얻어질 수 있다. 하지만, 실제로는 사용되는 조사 시스템의 해상도(resolution) 제한 때문에 쉽지 않다. 더 높은 해상도는 오직 감소된 초점 심도(depth of focus)를 댓가로서 얻어진다. 주어진 빔 치수(예를 들어, Gen4 패널의 너비만큼 긴) 및 패턴의 거칠기에서 이것이 문제이다. 비슷한 문제들이 빔이 얇은 선에 집중된 비-조사(non-projection) 시스템에서도 발견된다. 여기서, 추가적인 문제는 결정화가 펄스-투-펄스(pulse-to-pulse) 출력에 더 민감하기 때문에 가우시안(Gaussian) 빔 프로파일은 덜 선호된다는 것이다.

[0074] 몇몇 실시예에서, 단축을 따라 비대칭인 강도 프로파일을 갖는 레이저 빔이 더 작은 결정립을 생성하기 위해 이용된다. 도 6(c)는 그러한 빔의 강도 프로파일의 예를 보여준다. 몇몇 실시예에서, 비대칭 빔 프로파일은 렌즈의 중심으로부터 투사 렌즈(projection lens)로 향하는 투사(incident) 빔을 이동시킴으로써 생성될 수 있다. 이러한 이동은 수차(aberration)를 유발시키고, 비대칭 강도 빔을 생성한다. 다른 실시예에서, 비대칭 빔 프로파일은 투사 빔을 빔-너비로 정의한 슬릿(slit)으로 향하게 함으로써 생성된다. 또 다른 실시예에서, 비대칭 빔은 빔의 너비 내에서 레이저 에너지의 강도를 재분배하기 위해 예를 들어 투사 렌즈, 슬릿, 호모지나이저 등과 같은 광학 요소들의 위치를 변경함에 따라 발생될 수 있다.

[0075] 서로 다른 단축 빔 프로파일의 효과가 도 6에 보여진다. 도 6(a)와 같은 저강도 빔은 제한된 측방향 성장을 발생시킨다. 영역(6001)은 빔에 의해 용융된다. 빔의 제거시, 영역(6001)은 영역(6002 및 6003)으로 측방향 결정화한다. 빔의 낮은 에너지때문에, 결정화된 영역(6002 및 6003)은 서로 만나기 전에 그 결정화를 끝내고, 그 사이에 무결정화된(non-crystallized) 핵이 형성된 실리콘 영역(6004)을 형성한다. 그러므로 감소된 빔 에너지는 더 작은 측방향 결정립 성장을 발생시키나 빔 해상도의 제한은 그러한 빔의 실질적인 이용을 막는다. 핵 형성된 영역은 빔 너비를 감소시켜 회피할 수 있으나 그러한 감소는 이전에 설명된 대로 가능하지 않을 수 있다. 도 6(b)와 같은 더 높은 강도의 빔은 더 큰 측방향 성장 길이를 발생시킨다. 이 경우, 측방향으로 결정화된 영역(6005 및 6006)은 결정입계(6008)을 따라서 만나고, 핵 형성된 실리콘 영역은 없다. 몇몇 실시예에서, 낮은 강

도는 완전 용융 강도의 대략 1.3배로 될 수 있고, 높은 강도는 완전 용융 강도의 대략 1.9배가 될 수 있다. 완전 용융 강도는 막의 두께 및 펄스 기간(duration)에 좌우된다. 몇몇 실시예에서, 완전 용융 강도의 일반적인 값은 대략 0.4 에서 0.9 J/cm² 이다.

[0076] 하지만 도 6(c)에서 보여지는 비대칭 강도 빔은 도 6(b)와 같은 고 에너지 밀도 프로파일에 비해 더 길고 더 짧은 측방향 성장 모두를 제공할 수 있다. 구체적으로, 냉각측(즉, 도 6(c)의 좌측면)상의 성장은 고온측(즉 우측면) 보다 더 빨리 진행할 수 있으나, 반면에 핵 형성은 가장 고온의 영역에서 효과적으로 억제된다. 결과적으로, 빔의 더 낮은 강도면(즉 도 6(c)의 예에서 좌측면)상의 측방향 성장은 빔의 더 높은 강도면(즉 우측면)상의 측방향 성장보다 길다. 이것은, 영역(6012)에 대한 측방향 성장 길이 LGL1이 영역(6014)에 대한 측방향 성장 길이 LGL2보다 더 큰 비대칭 측방향 성장을 초래한다.

[0077] 비대칭 강도 빔을 갖는 시스템은 예를 들어 높은 처리량을 갖는 Gen4 패넌을 결정화하기 위해 사용될 수 있다. 지향적으로(directionally) 응고된 물질을 생성할 목적인 그러한 시스템에서, 샘플 병진(translation) 속도를 증가시켜 펄스 간의 병진 거리(막에 대해 빔의 상대적인 위치)를 증가시킬 수 있고 그것에 의해서 더 높은 처리량을 이룰 수 있다.

[0078] 몇몇 실시예에서, 2-샷 SLS 기술을 이용하여, 비대칭 빔은 결정 결정립 크기를 감소시키는 데 사용될 수 있다. 도 7a 내지 7c는 대칭 빔을 이용한 2-샷 SLS 방법에서 빔 공정을 나타낸다. 그러한 시스템에서, 빔은 LGL과 2LGL 사이인 위치 D만큼 이동한다. 결과적인 주기적 결정입계들은 위치 D의 값만큼 이격되어 있다.

[0079] 도 8a 내지 8c는 몇몇 실시예에 따라 비대칭 빔을 사용한 2-샷 SLS 방법에서 빔 공정을 나타낸다. 그러한 시스템에서, 빔은 더 큰 결정립의 방향인 좌측으로 이동한다. 2-샷 SLS 시스템에서, 위치 D의 값은 LGL2와 빔의 전체 너비인 LGL1+LGL2 사이에 있어야 한다. 결과적인 주기적 결정입계들은 위치 D의 값만큼 이격되어 있다. 위치 D'를 LGL2에 근접하도록 선택함으로써, 도 7c의 시스템의 주기적 결정입계보다 함께 더 근접한 주기적 결정입계들을 생성할 수 있다. 따라서, 초점 심도를 타협하지 않고도 더 작은 결정립들이 생성된다. 일반적으로 D'는 δ 가 작도록 선택된 LGL2+ δ 와 동등하도록 선택되지만, 연속적인 조사 간의 오버랩은 빔의 가장자리를 따라 빔 강도에서 변동의 효과를 감소시킨다. 몇몇 실시예에서, 빔 너비는 일반적으로 4에서 10 마이크로미터이고 δ 는 일반적으로 대략 0.2 에서 0.5 마이크로미터이다.

[0080] 도 8a 내지 8c에서의 위치는 도 7a 내지 도 7c보다 더 작도록 선택되기 때문에, 도 8a 내지 8c에서의 처리량은 더 긴 결정립들을 생성하기 위해 대칭 빔을 사용하는 도 7a 내지 7c보다는 낮을 것이다. 한편, 대칭 빔을 갖는 지향성의 SLS 방법을 사용한 시스템에서, 위치는 빔 너비의 절반인 LGL보다 작도록 선택되어야 한다. 따라서, 도 8a 내지 8c에서의 위치가 후자(latter) 시스템의 위치에 비슷하거나 더 크다면 8a 내지 8c에서의 처리량은 비대칭 빔을 사용한 지향성 SLS의 처리량과 비슷하거나 더 좋을 것이다.

[0081] 몇몇 실시예에서, 성능 비균일성은 2차원의(2D) 레이저 빔의 출력 변동에 의해 발생된다. 이러한 형태의 비균일성을 감소시키기 위해, 몇몇 실시예에서는 더 작은 종횡비(aspect ratio)가 빔에 사용되어 빔의 너비에 대한 길이 비율을 감소시키고, 정사각형에 근접한 형태를 갖는 레이저 빔을 생성한다. 더 작은 종횡비의 빔은 렌즈 바깥쪽의 덜 완벽한 부분에 대조적으로, 빔에 초점을 맞추는 렌즈의 중앙 부분을 더 이용한다. 그러한 기술은 JSW에 의해 판매되는 2D 레이저 시스템과 같은 레이저 셋업에 특히 유용할 수 있다.

[0082] 본 발명의 예시들이 보여지고 설명된 반면, 발명의 범위를 벗어나지 않고도 다양한 변화 및 수정이 행해질 수 있음은 당업자에게 명백할 것이다. 당업자들은 일상적인 실험 이상을 이용하지 않고도, 예를 들면 요소들 또는 실시예들을 결합 또는 재배열함에 의해, 여기에서 설명된 특정한 구성 및 절차의 많은 등가물을 인지하거나 확인할 수 있다. 그러한 등가물들은 발명의 범위 내에 있다고 고려되고 이하의 청구항에 의해 포함된다.

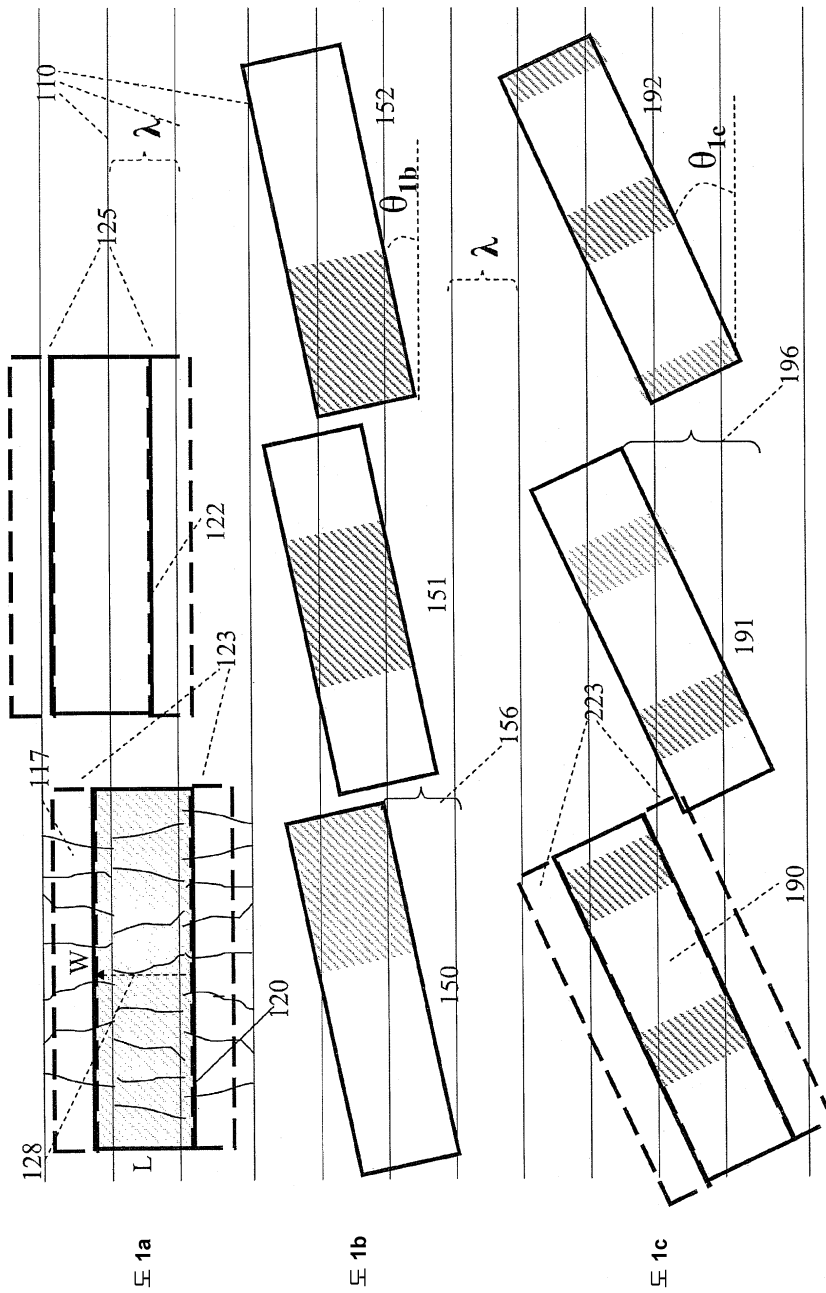
부호의 설명

[0083]	120 및 122: TFT,	125: 소스 및 드레인 영역
	240: 레이저 빔 펄스,	220: 레이저 소스
	270: 웨이퍼 핸들링 스테이지,	260: 기판
	280b: 마스크,	295b: 투사 렌즈
	320 및 321: 채널 영역,	419: 결정입계

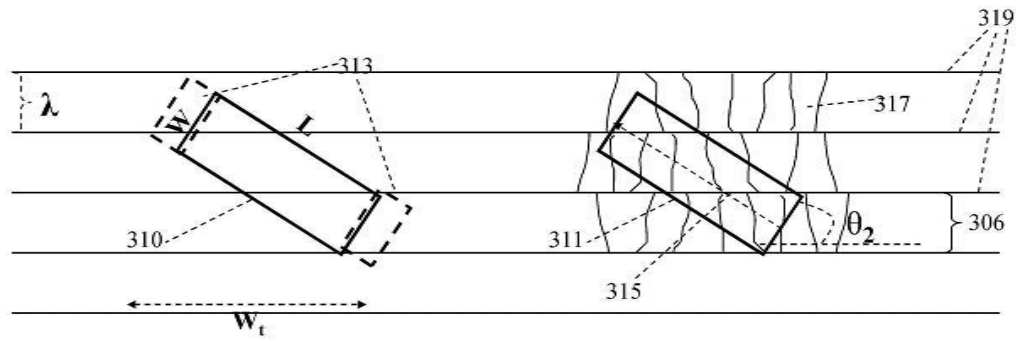
- | | |
|---------------------|---------------|
| 900: 시스템, | 910: 감쇠기 |
| 920: 텔레스코프, | 930: 호모지나이저 |
| 940: 콘덴서 렌즈, | 950: 빔 반사 요소 |
| 970b: 필드 렌즈, | 1004: 수직 결정입계 |
| 1006, 1008: 수평 결정입계 | |

도면

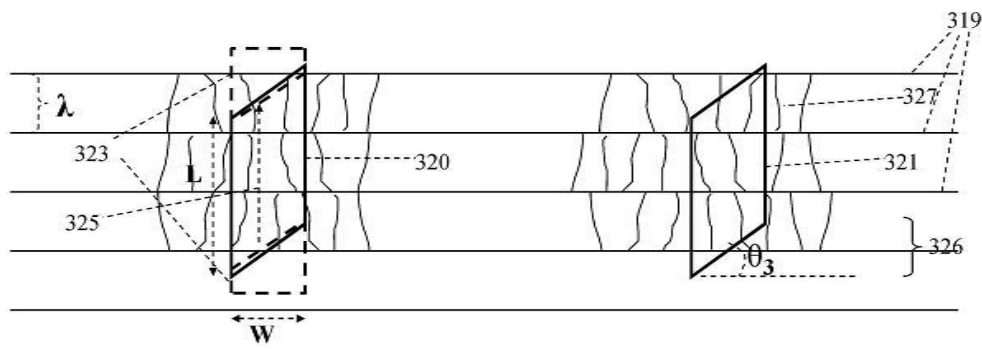
도면1



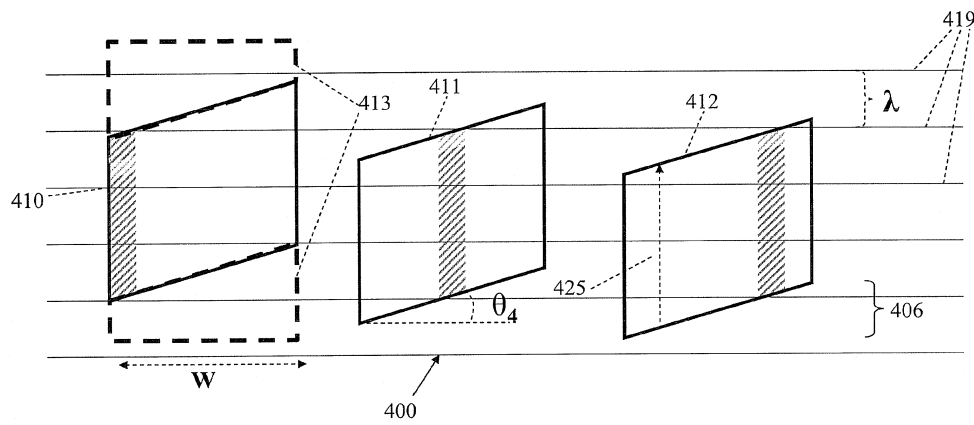
도면2



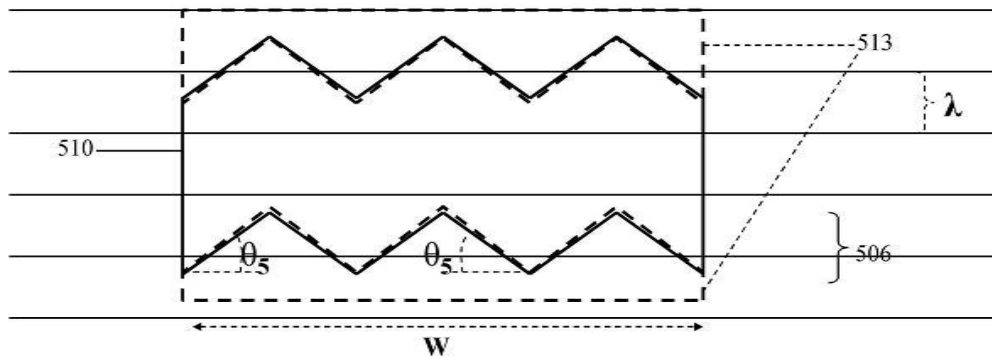
도면3



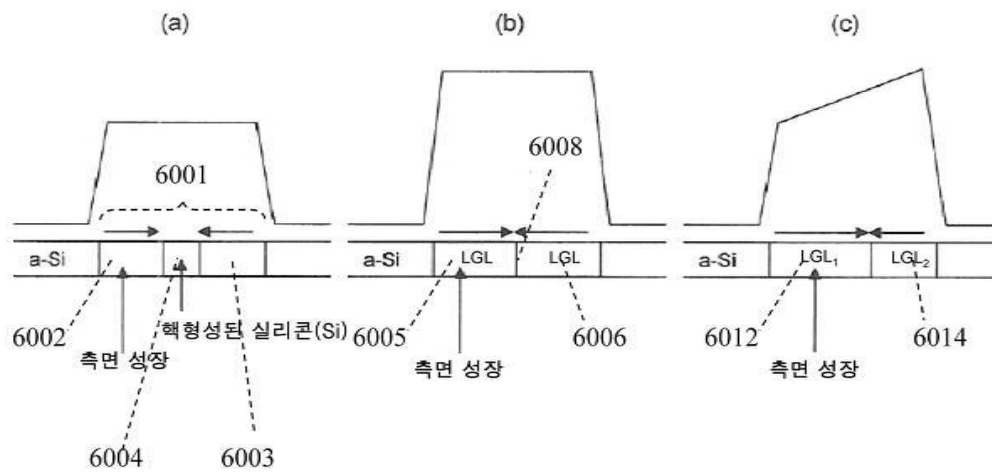
도면4



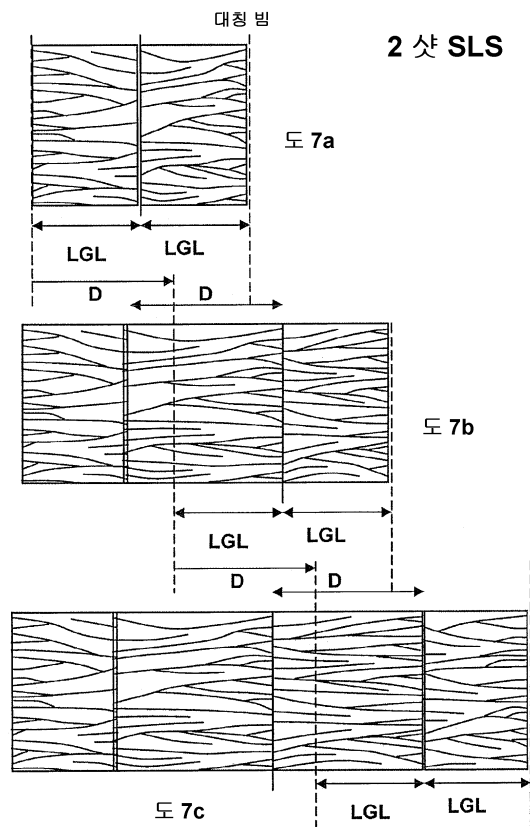
도면5



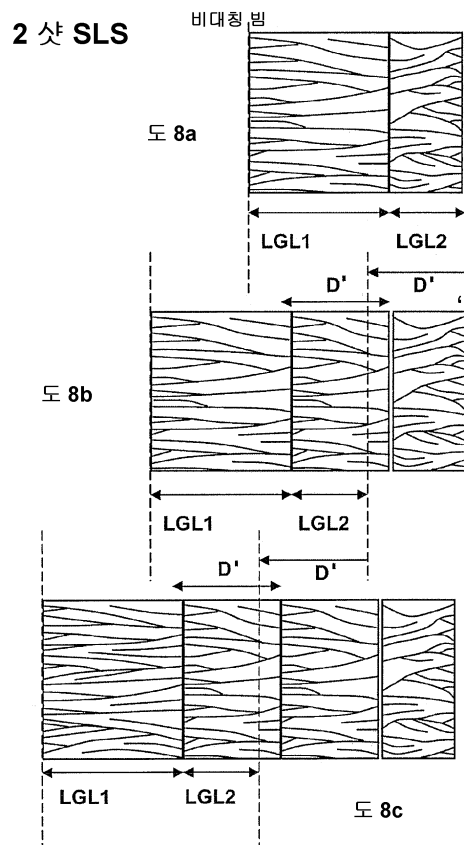
도면6



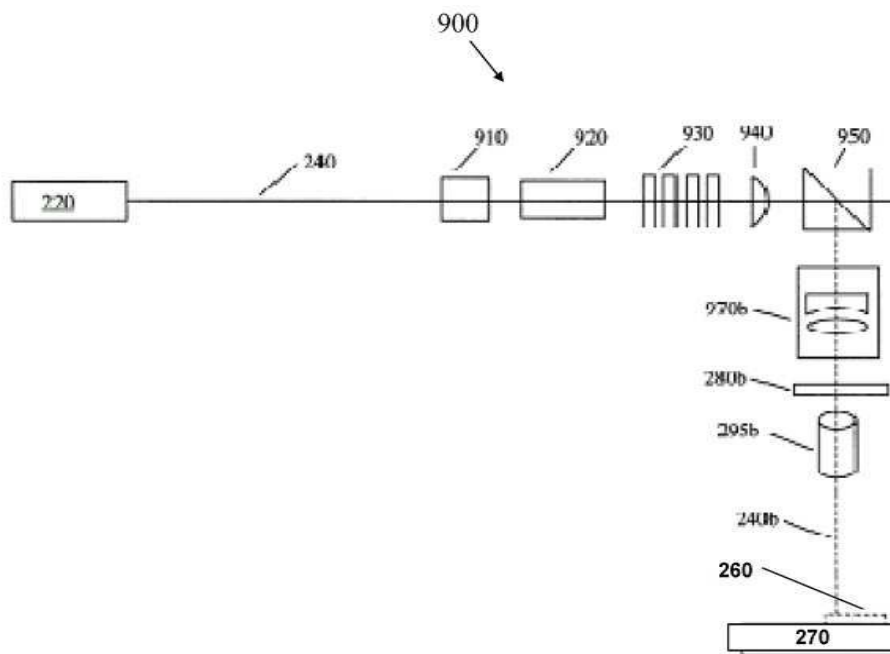
도면7



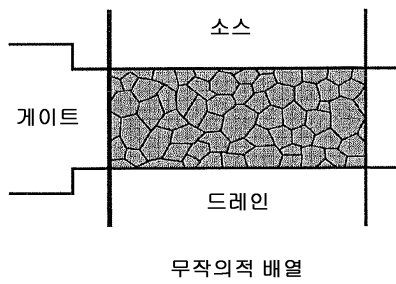
도면8



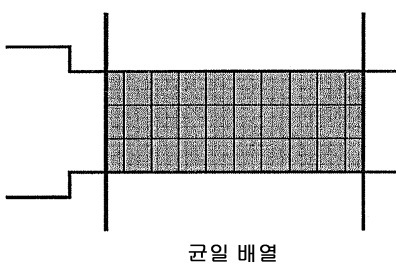
도면9



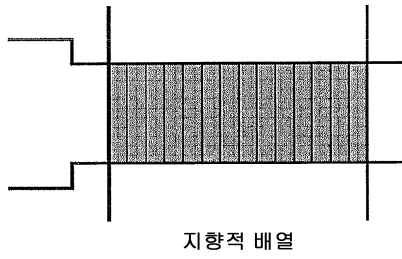
도면10a



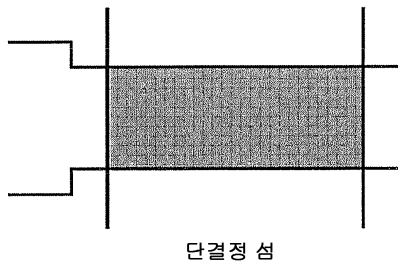
도면10b



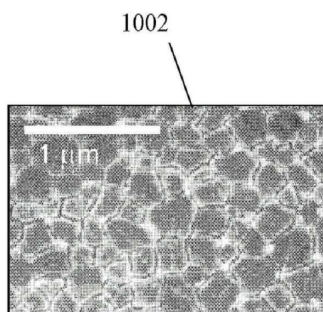
도면10c



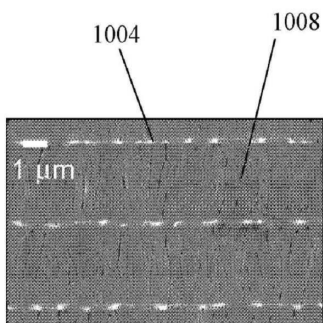
도면10d



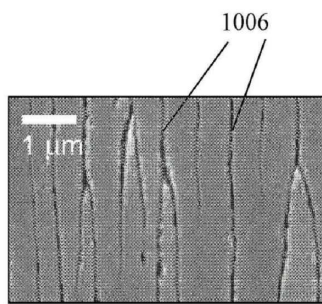
도면10e



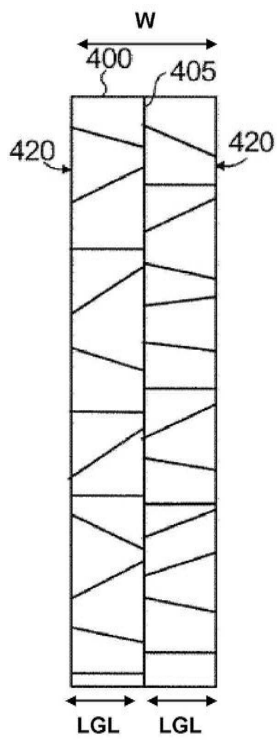
도면10f



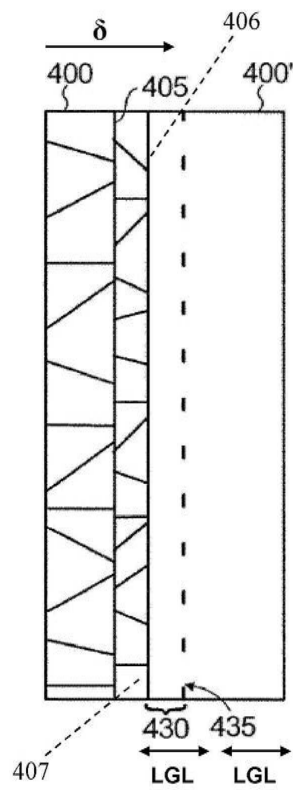
도면10g



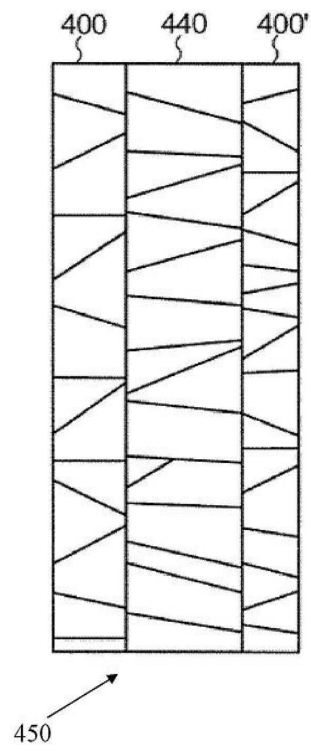
도면11a



도면11b



도면11c



도면11d

