

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. G02F 1/136 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년08월09일 10-0611040 2006년08월03일
---	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자	10-2001-0086423 2001년12월27일	(65) 공개번호 (43) 공개일자	10-2003-0056248 2003년07월04일
------------------------	--------------------------------	------------------------	--------------------------------

(73) 특허권자	엘지.필립스 엘시디 주식회사 서울 영등포구 여의도동 20번지
(72) 발명자	박원규 경기도과천시별양동주공아파트406-1107
(74) 대리인	특허법인네이트

심사관 : 임동재

(54) 레이저 열처리 장치

요약

본 발명에서는, 순차 측면 고상(sequential lateral solidification) 결정화 기술에 의해 단결정 실리콘 박막을 제조하기 위한 레이저 열처리 장치에 있어서, 비정질 실리콘(a-Si) 박막이 형성된 기판과; 상기 비정질 실리콘 박막 상에 펄스 레이저 빔(pulse laser beam)을 조사하는 제 1 레이저 장치와; 상기 기판을 일정하게 이동시키며, 상기 펄스 레이저 빔폭과 대응되는 패스홀(path hole)을 가지는 프리시전 스테이지(precision stage)와; 상기 프리시전 스테이지의 패스홀을 통해 기판의 하부쪽으로 CW(continuous wave) 레이저 빔을 조사하는 제 2 레이저 장치를 포함하는 레이저 열처리 장치를 제공하는 것을 특징으로 한다.

대표도

도 5

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 레이저 에너지 밀도별 실리콘의 결정화 곡선 그래프를 나타낸 도면.  
 도 2는 종래의 레이저 결정화 장치를 이용한 SLS 결정화 전체 공정도를 나타낸 도면.  
 도 3a, 3b는 상기 도 2의 SLS 결정화 장치를 이용한 실리콘의 결정화 단계를 각각 나타낸 도면.  
 도 4는 기판 온도에 따른 실리콘의 측면 성장 길이 그래프를 나타낸 도면.

도 5는 본 발명에 따른 레이저 결정화 장치를 이용한 SLS 결정화 전체 공정도를 나타낸 도면.

< 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 >

100 : 절연기판 102 : 비정질 실리콘 박막

104 : 기판

112a : 펄스 레이저 빔(pulse laser beam)

112b : CW 레이저 빔(continuous wave laser beam)

112 : 레이저 빔

114a : 제 1 레이저 발생장치 114b : 제 2 레이저 발생장치

114 : 레이저 발생장치 116 : 호모제나이저(homogenizer)

118 : 슬릿 마스크 slit mask) 120 : 프로젝션 렌즈(projection lens)

122 : 미러(mirror)

134 : 프리시전 스테이지(precision stage)

136 : 패스홀(path hole)

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 결정질 실리콘 박막의 제조방법에 관한 것으로, 특히, 레이저를 이용한 결정질 실리콘 박막의 제조방법에 관한 것이다.

최근에 액정표시장치는 소비전력이 낮고, 휴대성이 양호한 기술집약적이며 부가가치가 높은 차세대 첨단 디스플레이(display)소자로 각광받고 있다.

상기 액정표시장치는 박막트랜지스터(Thin Film Transistor ; TFT)를 포함하는 어레이 기판과 컬러 필터(color filter) 기판 사이에 액정을 주입하여, 이 액정의 이방성에 따른 빛의 굴절률 차이를 이용해 영상효과를 얻는 비발광 소자에 의한 화상표시장치를 뜻한다.

현재의 평판 디스플레이 분야에서는 능동구동 액정표시 소자(AMLCD : Active Matrix Liquid Crystal Display)가 주류를 이루고 있다. AMLCD에서는 박막 트랜지스터(TFT : Thin Film Transistor) 하나가 화소 한 개의 액정에 걸리는 전압을 조절하여 화소의 투과도를 변화시키는 스위칭 소자로 사용된다.

이러한 박막트랜지스터 반도체 소자로는 전계효과 이동도가 높으며, 광전류가 적어 구동회로부 일체형 액정표시장치나 빛이 많이 쬐이는 디스플레이 용도로 다결정 실리콘이 주로 이용된다.

이 다결정 실리콘의 제조방법은 공정온도에 따라 저온 공정과 고온 공정으로 나눌 수 있으며, 이중 고온 공정은 공정온도가 1000℃ 근처로 절연기판의 변형온도 이상의 온도조건이 요구되어 열저항력이 높은 고가의 석영기판을 써야 된다는 점

과, 이 고온 공정에 의한 다결정 실리콘 박막의 경우 성막시 높은 표면조도(surface roughness)와 미세 결정립 등의 저품질 결정성으로, 저온공정에 의한 다결정 실리콘보다 소자응용 특성이 떨어진다는 단점이 있으므로, 저온 증착이 가능한 비정질 실리콘을 이용하여 이를 결정화시켜 다결정 실리콘으로 형성하는 기술이 연구/개발되고 있다.

상기 저온 공정은 레이저 열처리(laser annealing), 금속유도 결정화(Metal Induced Crystallization) 등으로 분류할 수 있다.

이중 레이저 열처리 공정은 펄스(pulse)형태의 레이저 빔을 기판 상에 조사하는 방법을 이용하는데, 이 펄스형태의 레이저 빔에 의하면 용융과 응고가  $10 \sim 10^2$  나노초(nano second) 단위로 반복되어 진행되는 방식으로써, 하부 절연기판에 가해지는 데미지(damage)를 최소화시킬 수 있는 장점을 가져 저온 결정화 공정에서 가장 주목받고 있다.

이하, 도면을 참조하여 레이저 열처리 공정에 따른 실리콘의 결정화 공정에 대해서 설명한다.

도 1은 레이저 에너지 밀도별 실리콘의 결정화 곡선 그래프를 나타낸 도면으로서, 결정립의 크기에 따라 레이저 결정화 영역을 분류하였다.

도시한 바와 같이, 그래프상의 제 1 영역은 부분 용융 영역(partial melting regime)으로서, 실리콘층의 표면만을 용융시켜 작은 결정립(G)을 형성하게 된다.

제 2 영역은 완전 용융 근접 영역(near-complete melting regime)으로서, 측면 성장에 의해, 제 1 영역보다 조대한 결정립을 형성할 수 있으나, 균일한 결정립을 수득하기는 어렵다.

제 3 영역은 완전 용융 영역(complete melting regime)으로서, 비정질 실리콘층 전체를 용융시킨 후 균일한 결정핵 생성(homogeneous nucleation)에 의해 미세한(fine) 결정립으로 형성된다.

즉, 레이저 열처리 공정을 이용하여 다결정 실리콘을 제조하는 공정에서는 제 2 영역대의 에너지 밀도를 이용하여 균일하게 조대한 결정립을 형성하기 위하여, 레이저 빔의 조사횟수 및 중첩비를 조절한다.

그러나, 다결정 실리콘의 다수 개의 결정립계는 전류흐름의 장애요소로 작용하여 신뢰성있는 박막트랜지스터 소자를 제공하기 어렵고, 다수 개의 결정립내에서는 전자간의 충돌에 의한 충돌전류 및 열화에 의해 절연막이 파괴되어 제품불량을 초래하는 문제점을 가지고 있으므로, 이러한 문제점을 개선하기 위하여, 실리콘 결정립이 액상 실리콘과 고상 실리콘의 경계면에서, 그 경계면에 대하여 수직 방향으로 성장한다는 사실을 이용한 SLS 결정화 기술에 의해 단결정 실리콘을 형성하는 기술(Robert S. Sposilli, M. A. Crowder, and James S. Im, Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 452, 956~957, 1997)이 제안되었다.

상기 SLS 결정화 기술에서는, 레이저 에너지 크기와 레이저 빔의 조사범위 및 그 이동거리(translation distance)를 적절히 조절하여, 실리콘 결정립을 소정의 길이만큼 측면성장시킴으로써, 비정질 실리콘을 단결정 수준으로 결정화시킬 수 있다.

도 2는 종래의 레이저 결정화 장치를 이용한 SLS 결정화 전체 공정도를 나타낸 도면이고, 도 3a, 3b는 상기 도 2의 SLS 결정화 장치를 이용한 실리콘의 결정화 단계를 각각 나타낸 도면이다.

도 2에서, 상기 레이저 결정화 장치(10)는 펄스 형태의 레이저 빔(12)을 발생시키는 레이저 발생장치(14)와, 레이저 빔(12)을 원하는 형상으로의 에너지 밀도를 조절하는 호모제나이저(16; homogenizer)와, 호모제나이저(16)를 통해 원하는 에너지 밀도로 조절된 레이저 빔(12)을 비정질 실리콘 박막(30)이 형성된 기판(32)에 나누어 조사시키는 슬릿 마스크(18)와, 슬릿 마스크(18) 하부에 위치하여 레이저 빔(12)의 포커싱(focusing)을 통해 에너지 밀도를 높이는 프로젝션 렌즈(20; projection lens)로 구성되며, 레이저 빔(12)의 진행방향을 조정하는 다수 개의 미러(22)가 구비되어 있다.

그리고, 상기 프로젝션 렌즈(20)와 대향되게 기판(30)을 X-Y 방향으로 일정하게 이동시키는 프리시전 스테이지(24; precision stage)가 배치되어 있다.

이때, 상기 비정질 실리콘 박막(30)을 레이저 결정화하기 위해서는 레이저 빔(12)을 가늘고 길게 만들어야 하며 기판(32)을 정밀하게 이동시켜야 한다.

도 3a는 제 1 레이저 샷에 의한 실리콘의 결정화 조직 상태를 나타낸 도면으로서, 상기 비정질 실리콘 박막(30) 상에 레이저 빔(12)을 슬릿 마스크(18)를 통해 일정 슬릿 폭(I)으로 조사시키면, 실리콘의 결정성장은 조사된 영역의 가장자리로부터 안쪽으로 성장하는 측면 응고(lateral solidification)에 의해 일어난다. 이때 측면 방향으로 성장하는 실리콘 결정(34)의 길이를 레이저 빔(12)의 에너지와 실리콘 박막의 두께, 기판(32) 온도에 따라 달라진다.

도 3b는 제 n 레이저 샷을 조사하면서 조사영역을 이동했을 때 실리콘의 결정화 조직 상태를 나타낸 도면으로서, 레이저 빔(12)을 슬릿 마스크(18)를 통해 비정질 실리콘 박막(30) 상에 조사할 때 첫번째 조사된 영역을 일정부분 중첩시키면서 다음 조사를 행하면 첫번째 조사 단계에서 형성된 실리콘 결정(34)들이 씨드(seed)가 되어 다음 조사 단계에서 실리콘 결정들이 측면방향으로 연속적으로 길게 성장시킬 수 있다. 이때, 중첩되는 정도는 첫번째 조사시 형성된 실리콘 결정(34)의 측면방향 길이에 좌우된다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

본 발명에서는, 단결정 실리콘 박막 제작을 위한 레이저를 이용한 SLS 결정화 공정 효율을 향상시키는 것을 목적으로 한다.

이를 위하여, 본 발명에서는 SLS 결정화 특성을 향상시키기 위해 기판을 예열시킬 수 있는 별도의 레이저 장치를 구비하도록 한다.

도 4는 기판 온도에 따른 실리콘의 측면 성장 길이 그래프를 나타낸 도면이다.

도시한 바와 같이, 기판 온도가 높아질 수록 실리콘의 측면 성장 길이가 비례적으로 길어지기 때문에, SLS 결정화 공정 효율을 높이기 위해 기판온도를 높일 수 있는 장치를 구비하게 되면 실리콘의 결정화 특성을 향상시킬 수 있다.

**발명의 구성 및 작용**

상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명에서는 순차 측면 고상(sequential lateral solidification) 결정화 기술에 의해 단결정 실리콘 박막을 제조하기 위한 레이저 열처리 장치에 있어서, 비정질 실리콘(a-Si) 박막이 형성된 기판과; 상기 비정질 실리콘 박막 상에 펄스 레이저 빔(pulse laser beam)을 조사하는 제 1 레이저 장치와; 상기 기판을 일정하게 이동시키며, 상기 펄스 레이저 빔폭과 대응되는 패스홀(path hole)을 가지는 프리시전 스테이지(precision stage)와; 상기 프리시전 스테이지의 패스홀을 통해 기판의 하부쪽으로 CW(continuous wave) 레이저 빔을 조사하는 제 2 레이저 장치를 포함하는 레이저 열처리 장치를 제공한다.

제 1 레이저 장치는, 상기 펄스 레이저 빔을 발생시키는 제 1 레이저 발생장치와, 상기 펄스 레이저 빔을 일정 형상으로 가공하는 호모제나이저(homogenizer)와, 상기 펄스 레이저 빔을 나누어 조사시키는 슬릿 마스크 slit mask)와, 상기 펄스 레이저 빔의 에너지 밀도를 높이는 프로젝션 렌즈(projection lens)를 포함하며, 상기 제 2 레이저 장치는, 상기 CW 레이저 빔을 발생시키는 제 2 레이저 발생장치를 포함하는 것을 특징으로 한다.

그리고, 상기 레이저 빔의 진행방향을 일정하게 바꾸는 다수 개의 미러(mirror)를 포함하며, 상기 펄스 레이저 빔은 엑시머(excimer) 레이저 빔이고, 상기 CW 레이저 빔은 아르곤(Ar) 레이저 빔인 것을 특징으로 한다.

이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

도 5는 본 발명에 따른 레이저 결정화 장치를 이용한 SLS 결정화 전체 공정도를 나타낸 도면이다.

도시한 바와 같이, 절연기판(100)과, 절연기판(100) 상부에 형성된 비정질 실리콘 박막(102)으로 구성된 기판(104)이 구비되고, 상기 비정질 실리콘 박막(102)을 단결정 실리콘 박막으로 결정화하기 위한 레이저 결정화 장치(110)는 펄스 레이저 빔(112a)을 조사하는 제 1 레이저 장치(110a)와, 기판(104)의 하부쪽에서 CW 레이저 빔(112b ; continuous laser beam)을 조사하는 제 2 레이저 장치(110b)로 구성된다.

이때, 상기 기판(104) 하부에는, 기판(104)을 X-Y 방향으로 일정하게 이동시키며, 상기 CW 레이저 빔(112b)을 투과시키는 패스홀(134 ; path hole)을 가지는 프리시전 스테이지(134)가 배치되어 있다.

좀 더 상세히 설명하면, 제 1 레이저 장치(110a)는 펄스 레이저 빔(112a)을 발생시키는 제 1 레이저 발생장치(114a)와, 펄스 레이저 빔(112a)의 형상을 가공하는 호모제나이저(116)와, 펄스 레이저 빔(112a)을 비정질 실리콘 박막(102) 상에 나누어 조사시키는 슬릿 마스크(118)와, 슬릿 마스크(118) 하부에 위치하여 펄스 레이저 빔(112a)의 에너지 밀도를 높이는 프로젝션 렌즈(120)로 구성된다.

그러나, 본 발명에서는 펄스 레이저 빔의 에너지 밀도를 높이는 역할을 렌즈를 슬릿 마스크(118)를 사이에 두고 양쪽 또는 상부쪽에 배치하는 실시에도 포함한다.

그리고, 상기 제 2 레이저 장치(110b)는 상기 비정질 실리콘 박막(102)의 결정화를 돕기 위해, 상기 기판(104) 하부쪽으로 조사되는 CW 레이저 빔(112b)을 조사하는 제 2 레이저 발생장치(112b)를 뜻한다.

상기 제 2 레이저 발생장치(112b)는 실리콘의 측면성장 길이 축진을 위해 기판(104)을 예열시키는 목적으로 가지므로, 상기 제 1 레이저 장치(110a)보다 단순한 구성을 가지게 된다.

이때, 상기 레이저 결정화 장치(110)에서는 레이저 빔(114)의 진행방향을 변경시키는 다수 개의 미러(122)를 포함한다.

상기 펄스 레이저 빔(112a)은 엑시머(excimer) 레이저 빔으로 하는 것이 바람직하고, 상기 CW 레이저 빔(112b)은 아르곤(Ar) 레이저를 이용하는 것이 바람직하다. 그리고, 도면으로 제시하지는 않았지만, 상기 절연기판(100)과 비정질 실리콘 박막(102) 사이에는 실리콘 산화막(SiO<sub>x</sub>)으로 이루어진 버퍼층을 포함한다.

또한, 상기 프리시전 스테이지(134)에 형성된 패스홀(136)은 기판(104) 상에 조사되는 펄스 레이저 빔폭과 대응되거나 일정 간격 크게 할 수 있다.

이와 같이, 본 발명에 따른 레이저 열처리 장치를 이용하여 SLS 결정화 공정을 진행하게 되면, 기판 하부쪽으로 또 다른 레이저 장치를 이용하여 기판을 예열한 후 실리콘 측면성장을 촉진하게 되므로, 실리콘의 측면성장 길이를 보다 길게 할 수 있어, 신뢰성 높은 단결정 실리콘 박막을 얻을 수 있다.

본 발명은 상기 실시예로 한정하지 않으며, 본 발명의 취지에 벗어나지 않는 범위내에서 다양하게 변경하여 실시할 수 있다.

### 발명의 효과

이와 같이, 본 발명에 따른 레이저 장치를 이용한 SLS 결정화 공정에 의하면, 실리콘 박막의 결정화 특성 향상으로 전기적 특성이 향상된 박막트랜지스터를 제공할 수 있으며, SLS 결정화 공정 처리량(throughput) 증가를 통해 생산성을 높일 수 있는 효과를 가진다.

삭제

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

순차 측면 고상(sequential lateral solidification) 결정화 기술에 의해 단결정 실리콘 박막을 제조하기 위한 레이저 열처리 장치에 있어서,

비정질 실리콘(a-Si) 박막이 형성된 기판과;

상기 비정질 실리콘 박막 상에 펄스 레이저 빔(pulse laser beam)을 조사하는 제 1 레이저 장치와;

상기 기판을 일정하게 이동시키며, 상기 펄스 레이저 빔폭과 대응되는 패스홀(path hole)을 가지는 프리시전 스테이지(precision stage)와;

상기 프리시전 스테이지의 패스홀을 통해 기관의 하부쪽으로 CW(continuous wave) 레이저 빔을 조사하는 제 2 레이저 장치

를 포함하는 레이저 열처리 장치.

## 청구항 2.

제 1 항에 있어서,

제 1 레이저 장치는, 상기 펄스 레이저 빔을 발생시키는 제 1 레이저 발생장치와, 상기 펄스 레이저 빔을 일정 형상으로 가공하는 호모제나이저(homogenizer)와, 상기 펄스 레이저 빔을 나누어 조사시키는 슬릿 마스크 slit mask)와, 상기 펄스 레이저 빔의 에너지 밀도를 높이는 프로젝션 렌즈(projection lens)를 포함하는 레이저 열처리 장치.

## 청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 레이저 장치는, 상기 CW 레이저 빔을 발생시키는 제 2 레이저 발생장치를 포함하는 레이저 열처리 장치.

## 청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 레이저 빔의 진행방향을 일정하게 바꾸는 다수 개의 미러(mirror)를 포함하는 레이저 열처리 장치.

## 청구항 5.

제 1 항에 있어서,

상기 펄스 레이저 빔은 엑시머(excimer) 레이저 빔인 레이저 열처리 장치.

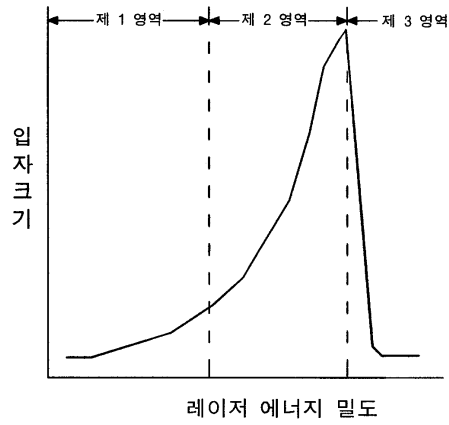
## 청구항 6.

제 1 항에 있어서,

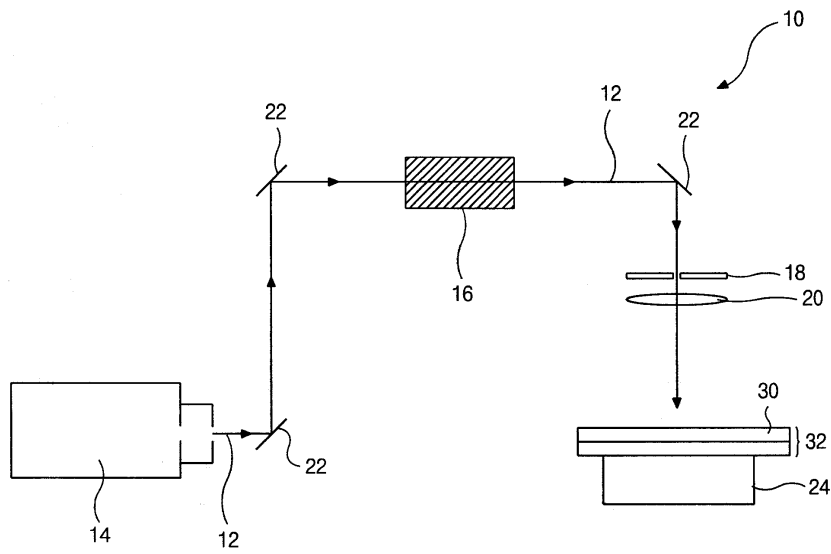
상기 CW 레이저 빔은 아르곤(Ar) 레이저 빔인 레이저 열처리 장치.

도면

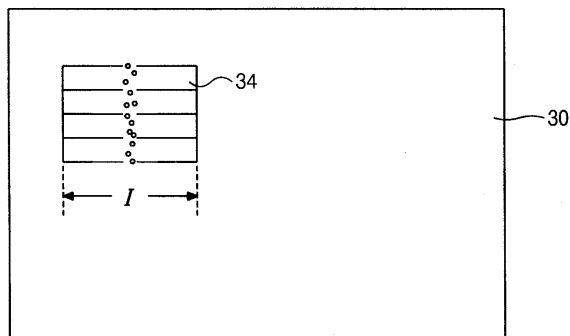
도면1



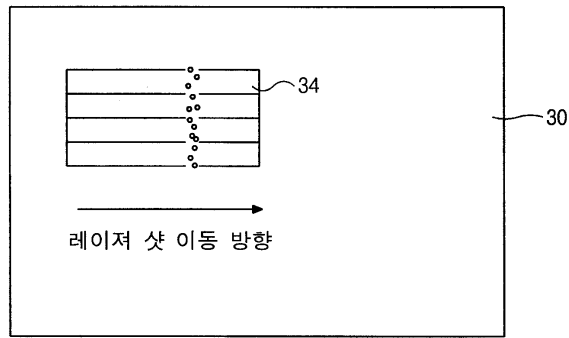
도면2



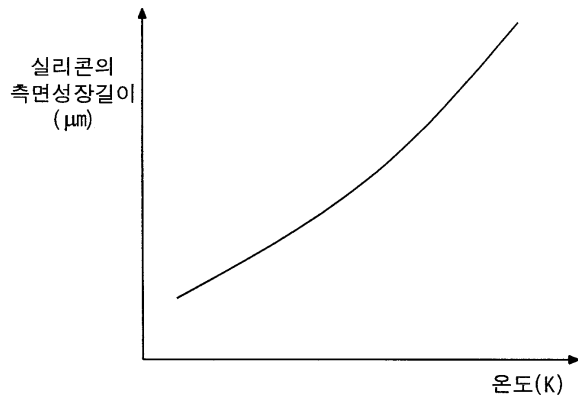
도면3a



도면3b



도면4



도면5

