(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.
G02F 1/136 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2007-0049310
(43) 공개일자 2007년05월11일

(21) 출원번호 10-2005-0106369
(22) 출원일자 2005년11월08일
심사청구일자 2005년11월08일

(71) 출원인 장 진
서울 서초구 잠원동 65-32 신반포7차아파트 302-908

(72) 발명자 장 진
서울 서초구 잠원동 65-32 신반포7차아파트 302-908
오재환
서울특별시 동대문구 회기동 1번지 경희대학교정보디스플레이학과
김은현
서울 동대문구 회기동 1번지 경희대학교 물리학과
김기형
서울 동대문구 회기동 1번지 경희대학교 물리학과

(74) 대리인 김인한
김희곤

전체 청구항 수 : 총 32 항

(54) 다결정 실리콘 및 그의 결정화 방법

(57) 요약

본 발명은 다결정 실리콘 및 그의 결정화 방법을 제공하기 위한 것으로, 절연기판과; 상기 절연기판 위에 형성되고, CW 레이저 빔을 받아 빔의 세기를 1차원 상에서 강약, 강약, 강약으로 변형된 빔을 만드는 광학 부분;을 포함하여 비정질 실리콘 박막을 결정화시킴으로서, 유리 기판 등의 절연막 위에 있는 비정질 실리콘 박막을 다결정 실리콘 박막으로 결정화할 때 결정립의 방향과 크기를 일정하게 성장시켜 양질의 다결정 실리콘 박막을 형성할 수 있게 되는 것이다.

대표도

도 1

특허청구의 범위

청구항 1.

절연기판과;

상기 절연기판 위에 형성되고, CW 레이저 빔을 받아 빔의 세기를 1차원 상에서 강약, 강약, 강약으로 변형된 빔을 만드는 광학 부분;을 포함하여 비정질 실리콘 박막을 결정화시키는 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘.

청구항 2.

절연기판과;

상기 절연기판 위에 형성된 비정질 실리콘 박막과;

CW 레이저 빔의 조사를 받아 상기 비정질 실리콘 박막의 결정화가 이루어지도록 하는 원통형 마이크로 렌즈를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘.

청구항 3.

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 다결정 실리콘은,

상기 절연기판과 상기 비정질 실리콘 박막 사이에 형성된 완충층을 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘.

청구항 4.

청구항 3에 있어서, 상기 완충층은,

실리콘산화막, 실리콘질화막, 실리콘산화질화막, 실리케이트막, 유기막 중에서 하나 또는 둘 이상의 조합으로 이루어진 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘.

청구항 5.

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 비정질 실리콘 박막은,

내부 또는 표면에 금속을 포함한 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘.

청구항 6.

청구항 5에 있어서, 상기 비정질 실리콘 박막에 포함된 금속은,

니켈 또는 코발트인 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘.

청구항 7.

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 비정질 실리콘 박막은,

상기 비정질 실리콘 박막의 표면의 일부에 금속을 증착시켜 금속유도 결정화하도록 한 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘.

청구항 8.

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 비정질 실리콘 박막은,

패터닝 된 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘.

청구항 9.

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 비정질 실리콘 박막은,

원형, 타원형, 삼각형, 사각형을 포함한 패턴 중에서 하나의 패턴으로 만들어 형성된 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘.

청구항 10.

청구항 2에 있어서, 상기 원통형 마이크로 렌즈는,

반경이 4 ㎛ 에서 9000 ㎛ 인 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘.

청구항 11.

청구항 2에 있어서, 상기 원통형 마이크로 렌즈는,

상기 원통형 마이크로 렌즈 대신에 삼각주 또는 사각주 모양의 렌즈를 사용하는 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘.

청구항 12.

청구항 2에 있어서, 상기 원통형 마이크로 렌즈는,

2개 이상 사용하는 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘.

청구항 13.

청구항 2에 있어서, 상기 원통형 마이크로 렌즈는,

볼록 또는 오목렌즈인 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘.

청구항 14.

청구항 2에 있어서, 상기 원통형 마이크로 렌즈는,

상기 CW 레이저 빔으로부터 조사받을 때, 스캐닝 방식에 의해 연속적으로 형성된 라인 빔을 조사받는 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘.

청구항 15.

청구항 2에 있어서, 상기 원통형 마이크로 렌즈는,

상기 CW 레이저 빔으로부터 조사받을 때, 상기 CW 레이저 빔의 파장 영역이 자외선 영역의 빛과 가시광선 영역의 빛과 적외선 영역의 빛 중에서 하나 이상을 포함한 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘.

청구항 16.

청구항 2에 있어서, 상기 원통형 마이크로 렌즈는,

상기 CW 레이저 빔으로부터 조사받을 때, 상기 CW 레이저 빔은 빔의 폭이 4 ㎛ 에서 9000 ㎛ 인 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘.

청구항 17.

절연기판 위에 비정질 실리콘 박막을 형성하는 제 1 단계와;

상기 제 1 단계 후 상기 비정질 실리콘 박막 상에 원통형 마이크로 렌즈를 붙여 형성하는 제 2 단계와;

상기 제 2 단계 후 CW 레이저 빔을 상기 비정질 실리콘 박막에 조사하는 제 3 단계와;

상기 제 3 단계 후 결정화가 이루어지도록 하는 제 4 단계를 포함하여 수행하는 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘의 결정화 방법.

청구항 18.

청구항 17에 있어서, 상기 제 1 단계는,

상기 비정질 실리콘 박막의 내부 또는 표면에 금속을 포함시켜 금속유도 결정화하도록 하여 상기 비정질 실리콘 박막을 형성하는 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘의 결정화 방법.

청구항 19.

청구항 18에 있어서, 상기 금속유도 결정화를 위한 금속은,

니켈 또는 코발트인 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘의 결정화 방법.

청구항 20.

청구항 17에 있어서, 상기 제 1 단계는,

상기 비정질 실리콘 박막의 표면의 일부에 금속을 증착시켜 금속유도 결정화하도록 하여 상기 비정질 실리콘 박막을 형성하는 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘의 결정화 방법.

청구항 21.

청구항 17에 있어서, 상기 제 1 단계에서 상기 비정질 실리콘 박막은,

패터닝 된 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘의 결정화 방법.

청구항 22.

청구항 17에 있어서, 상기 제 1 단계에서 상기 비정질 실리콘 박막은,

원형, 타원형, 삼각형, 사각형을 포함한 패턴 중에서 하나의 패턴으로 만들어 형성하는 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘의 결정화 방법.

청구항 23.

청구항 17에 있어서, 상기 제 2 단계는,

상기 원통형 마이크로 렌즈 대신에 삼각주 또는 사각주 모양의 렌즈를 사용하는 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘의 결정화 방법.

청구항 24.

청구항 17에 있어서, 상기 제 2 단계에서 상기 원통형 마이크로 렌즈는,

볼록 또는 오목렌즈인 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘의 결정화 방법.

청구항 25.

청구항 17에 있어서, 상기 제 3 단계는,

상기 CW 레이저 빔을 상기 원통형 마이크로 렌즈를 지나 상기 비정질 실리콘 박막에 조사하여 상기 비정질 실리콘 박막의 일부가 액상으로 변화하도록 제 11 단계를 포함하여 수행하는 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘의 결정화 방법.

청구항 26.

청구항 25에 있어서, 상기 제 11 단계는,

상기 제 3 단계에서 변화된 액상이 상기 비정질 실리콘 박막의 일부로부터 순차적으로 형성되면서 동시에 다른 부분에서는 액상이 고상으로 순차적으로 변화되면서 결정화가 일어나도록 하는 제 12 단계를 포함하여 수행하는 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘의 결정화 방법.

청구항 27.

청구항 17에 있어서, 상기 제 3 단계는,

상기 CW 레이저 빔을 상기 원통형 마이크로 렌즈를 지나 상기 비정질 실리콘 박막에 조사하여 상기 비정질 실리콘 박막의 일부가 가열되어 고체상태에서 결정질로 변화하도록 하는 제 21 단계를 포함하여 수행하는 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘의 결정화 방법.

청구항 28.

청구항 27에 있어서, 상기 제 21 단계는,

상기 제 3 단계에서 가열된 영역이 상기 비정질 실리콘 박막의 일부로부터 순차적으로 형성되면서 결정화된 실리콘이 핵으로 작용하여 상기 비정질 실리콘 박막이 다결정 실리콘으로 결정화되도록 하는 제 22 단계를 포함하여 수행하는 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘의 결정화 방법.

청구항 29.

청구항 17에 있어서, 상기 제 3 단계는,

상기 CW 레이저 빔에서 조사할 때, 스캐닝 방식으로 연속적으로 라인 빔을 형성하여 조사하는 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘의 결정화 방법.

청구항 30.

청구항 17에 있어서, 상기 제 3 단계에서 상기 CW 레이저 빔은,

상기 CW 레이저 빔의 파장 영역이 자외선 영역의 빛과 가시광선 영역의 빛과 적외선 영역의 빛 중에서 하나 이상을 포함한 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘의 결정화 방법.

청구항 31.

청구항 17에 있어서, 상기 제 3 단계는,

상기 CW 레이저 빔의 조사 전에 상기 비정질 실리콘 박막의 일부에 다결정 실리콘을 형성한 다음 상기 다결정 실리콘으로부터 결정화가 진행되도록 제 4 단계로 리턴하는 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘의 결정화 방법.

청구항 32.

청구항 17에 있어서, 상기 다결정 실리콘의 결정화 방법은,

상기 제 2 단계의 상기 원통형 마이크로 렌즈와 상기 제 3 단계의 상기의 CW 레이저 빔이 동시에 스캔되도록 하는 것을 특징으로 하는 다결정 실리콘의 결정화 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 다결정 실리콘(polycrystalline silicon)에 관한 것으로, 특히 유리 기판 등의 절연막 위에 있는 비정질 실리콘 박막을 다결정 실리콘 박막으로 결정화할 때 결정립의 방향과 크기를 일정하게 성장시켜 양질의 다결정 실리콘 박막을 형성하기에 적당하도록 한 다결정 실리콘 및 그의 결정화 방법에 관한 것이다.

일반적으로 다결정 실리콘을 이용한 트랜지스터 소자는 대부분 능동행렬 액정 디스플레이(AMLCD: Active Matrix Liquid Crystal Display)의 능동소자와 전기발광(electro-luminescence) 소자의 스위칭 소자 및 주변회로에 사용된다.

이때, 반도체 활성층으로 사용되는 다결정 실리콘의 제작은 직접 증착법 [Jang et al., Vacuum Vol. 51, 769(1998)], 고상결정화 방법 [Girginoudi et al., J. Appl. Phys. Vol. 84, 1968(1998)], 또는 레이저 열처리 방법[J. S. Im and H. J. Kim, Appl. Phys. Lett. Vol. 64, 2303(1994)]을 이용한다.

이 중 직접 증착법을 제외한 방법들은 모두, 기판 위에 형성된 비정질 실리콘을 열처리 함으로 상전환을 유도하여 다결정 실리콘을 얻게 된다. 이 때, 비정질 실리콘이 용융되었다가 냉각되면서 결정화 될 경우 구조적, 전기적으로 우수한 박막 특성을 갖는 다결정 실리콘을 얻을 수 있으며, 이러한 방법에는 크게 두 가지로 구분할 수 있는데, ELA(Excimer Laser Annealing) 방법과 SLS(sequential lateral solidification) 방법이 그것이다.

그래서 펄스(Pulse) 형태로 레이저(laser)를 발진시키는 ELA(Excimer Laser Annealing) 방법은 우수한 전기적 특성으로 인해 비정질 실리콘을 결정화시키는 데 광범위하게 적용되고 있다. 엑시머 레이저(Excimer laser)는 헬륨(Helium)이나 네온(Neon)에 할로겐(halogen) 가스와 불활성 가스(rare gas)가 혼합된 가스로 높은 전압 방전에 의하여 펄스화된 빔(pulsed beam)을 생성하게 된다. 엑시머 레이저는 자외선(Utraviolet) 영역의 레이저를 짧은 펄스형태로 방출하여 비정질 실리콘을 재결정화한다. 엑시머 레이저를 이용한 결정화 방법은 다결정 실리콘 박막 내에 격자결함이 거의 존재하지 않으며 우수한 특성을 갖고 있는 반면, 고가의 장비와 레이저의 불안정성에 기인하는 대면적 공정의 어려움과 수율의 불안정성 등이 해결해야 할 문제로 대두되고 있다.

이를 보안하기 위해 5 마이크로(micro) 내외의 폭을 갖는 마스크(mask)를 이동하면서 결정립의 방향성을 조절하는 SLS (Sequential Lateral Solidification) 방법이 사용되고 있다. 하지만, 엑시머 레이저와 같이 고가의 장비를 사용하며, 공정이 복잡하다는 단점이 지니고 있다.

최근에 이와 같은 문제점을 해결하고자 도입된 것이 가시광(532 nm) 영역의 CW(continuous wave, 연속파) DPSS(Diode Pumped Solid State) 레이저를 이용한 결정화 방법이다. 고출력의 레이저를 이용하여 비정질 실리콘 박막을 용융-고상화(melt-solidification) 시킨다는 점에서는 기존의 레이저 결정화 방법과 동일하지만, 결정화 시 연속 발진되는 레이저에 의해 박막내부에 용융 실리콘이 지속적으로 존재한다는 것과 기판 또는 레이저의 이동을 통해 연속적인 측면 결정화를 유도한다는 점에서는 ZMR(Zone Melting Recrystallization) 방법 [L. Pfeiffer et al., Appl. Phys. Lett. Vol. 51, 1256(1987)] 과 더 많은 유사성이 있다고 할 수 있다.

CW 레이저에 의한 다결정 실리콘 박막의 경우에는 레이저의 이동방향과 평행하게 결정화가 진행되기 때문에 방향성을 지니는 결정립(directional grain)들로 이루어지게 된다. 이러한 것은 SLS 방법보다 간단할 뿐만 아니라, 장비의 설치 유지비가 저렴하기 때문에 차세대 고성능 저온 다결정 실리콘 형성 방법으로 각광받고 있다 [A. Hara et al., AMLCD'01, Tokyo, Japan, pp227 (2001)].

그러나 종래에는 CW 레이저 결정화 방법의 문제점인 결정립 크기와 위치 조절의 어려움을 해결하지 못하였다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

이에 본 발명은 상기와 같은 종래의 제반 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로, 본 발명의 목적은 유리 기판 등의 절연막 위에 있는 비정질 실리콘 박막을 다결정 실리콘 박막으로 결정화할 때, 종래의 CW 레이저 결정화 방법의 문제점인 결정립 크기와 위치 조절의 어려움을 해결하여, 결정립의 방향과 크기를 일정하게 성장시켜 양질의 다결정 실리콘 박막을 형성할 수 있는 다결정 실리콘 및 그의 결정화 방법을 제공하는데 있다.

상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일실시예에 의한 다결정 실리콘은,

절연기판과; 상기 절연기판 위에 형성되고, CW 레이저 빔을 받아 빔의 세기를 1차원 상에서 강약, 강약, 강약으로 변형된 빔을 만드는 광학 부분;을 포함하여 비정질 실리콘 박막을 결정화시킴을 그 기술적 구성상의 특징으로 한다.

상기와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일실시예에 의한 다결정 실리콘의 결정화 방법은,

절연기판 위에 비정질 실리콘 박막을 형성하는 제 1 단계와; 상기 제 1 단계 후 상기 비정질 실리콘 박막 상에 원통형 마이크로 렌즈를 붙여 형성하는 제 2 단계와; 상기 제 2 단계 후 CW 레이저 빔을 상기 비정질 실리콘 박막에 조사하는 제 3 단계와; 상기 제 3 단계 후 결정화가 이루어지도록 하는 제 4 단계를 포함하여 수행함을 그 기술적 구성상의 특징으로 한다.

발명의 구성

이하, 상기와 같은 본 발명, 다결정 실리콘 및 그의 결정화 방법의 기술적 사상에 따른 일실시예를 도면을 참조하여 설명하면 다음과 같다.

도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 다결정 실리콘 및 그의 결정화 방법을 보인 공정 모식도이고, 도 2는 도 1에서 원통형 마이크로 렌즈를 이용한 다결정 실리콘 및 그의 결정화 방법을 보인 공정 모식도이며, 도 3은 도 2의 결정화 단면을 보인 단면도이고, 도 4는 본 발명의 일실시예에 의한 다결정 실리콘의 결정화 방법을 보인 흐름도이다.

상기 다결정 실리콘(60)은, 도 1에 도시된 바와 같이, 절연기판(10)과; 상기 절연기판(10) 위에 형성되고, CW 레이저 빔(50)을 받아 빔의 세기를 1차원 상에서 강약, 강약, 강약으로 변형된 빔을 만드는 광학 부분;을 포함하여 비정질 실리콘 박막(30)을 결정화시키는 것을 특징으로 한다.

상기 다결정 실리콘(60)은, 도 2에 도시된 바와 같이, 절연기판(10)과; 상기 절연기판(10) 위에 형성된 비정질 실리콘 박막(30)과; CW 레이저 빔(50)의 조사를 받아 상기 비정질 실리콘 박막(30)의 결정화가 이루어지도록 하는 원통형 마이크로 렌즈(40)를 포함하여 구성된 것을 특징으로 한다.

상기 다결정 실리콘(60)은, 상기 절연기판(10)과 상기 비정질 실리콘 박막(30) 사이에 형성된 완충층(20)을 포함하여 구성된 것을 특징으로 한다.

상기 완충층(20)은, 실리콘산화막, 실리콘질화막, 실리콘산화질화막, 실리케이트막, 유기막 중에서 하나 또는 둘 이상의 조합으로 이루어진 것을 특징으로 한다.

상기 비정질 실리콘 박막(30)은, 내부 또는 표면에 금속을 포함한 것을 특징으로 한다.

상기 비정질 실리콘 박막(30)에 포함된 금속은, 니켈 또는 코발트인 것을 특징으로 한다.

상기 비정질 실리콘 박막(30)은, 상기 비정질 실리콘 박막(30)의 표면의 일부에 금속을 증착시켜 금속유도 결정화하도록 한 것을 특징으로 한다.

상기 비정질 실리콘 박막(30)은, 패터닝(patterning) 된 것을 특징으로 한다.

상기 비정질 실리콘 박막(30)은, 원형, 타원형, 삼각형, 사각형을 포함한 패턴 중에서 하나의 패턴으로 만들어 형성된 것을 특징으로 한다.

상기 원통형 마이크로 렌즈(40)는, 반경이 4 ㎛ 에서 9000 ㎛ 인 것을 특징으로 한다.

상기 원통형 마이크로 렌즈(40)는, 상기 원통형 마이크로 렌즈(40) 대신에 삼각주 또는 사각주 모양의 렌즈를 사용하는 것을 특징으로 한다.

상기 원통형 마이크로 렌즈(40)는, 2개 이상 사용하는 것을 특징으로 한다.

상기 원통형 마이크로 렌즈(40)는, 볼록 또는 오목렌즈인 것을 특징으로 한다.

상기 원통형 마이크로 렌즈(40)는, 상기 CW 레이저 빔(50)으로부터 조사받을 때, 스캐닝(scanning) 방식에 의해 연속적으로 형성된 라인 빔을 조사받는 것을 특징으로 한다.

상기 원통형 마이크로 렌즈(40)는, 상기 CW 레이저 빔(50)으로부터 조사받을 때, 상기 CW 레이저 빔(50)의 파장 영역이 자외선(Ultraviolet, UV) 영역의 빛과 가시광선 영역의 빛과 적외선(Infrared Rays, IR) 영역의 빛 중에서 하나 이상을 포함한 것을 특징으로 한다.

상기 원통형 마이크로 렌즈(40)는, 상기 CW 레이저 빔(50)으로부터 조사받을 때, 상기 CW 레이저 빔(50)은 빔(beam)의 폭이 4 ㎛ 에서 9000 ㎛ 인 것을 특징으로 한다.

상기 다결정 실리콘의 결정화 방법은, 도 4에 도시된 바와 같이, 절연기판(10) 위에 비정질 실리콘 박막(30)을 형성하는 제 1 단계(ST1)와; 상기 제 1 단계 후 상기 비정질 실리콘 박막(30) 상에 원통형 마이크로 렌즈(40)를 붙여 형성하는 제 2 단계(ST2)와; 상기 제 2 단계 후 CW 레이저 빔(50)을 상기 비정질 실리콘 박막(30)에 조사하는 제 3 단계(ST3)와; 상기 제 3 단계 후 결정화가 이루어지도록 하는 제 4 단계(ST4)를 포함하여 수행하는 것을 특징으로 한다.

상기 제 1 단계는, 상기 비정질 실리콘 박막(30)의 내부 또는 표면에 금속을 포함시켜 금속유도 결정화하도록 하여 상기 비정질 실리콘 박막(30)을 형성하는 것을 특징으로 한다.

상기 금속유도 결정화를 위한 금속은, 니켈 또는 코발트인 것을 특징으로 한다.

상기 제 1 단계는, 상기 비정질 실리콘 박막(30)의 표면의 일부에 금속을 증착시켜 금속유도 결정화하도록 하여 상기 비정질 실리콘 박막(30)을 형성하는 것을 특징으로 한다.

상기 제 1 단계에서 상기 비정질 실리콘 박막(30)은, 패터닝(patterning) 된 것을 특징으로 한다.

상기 제 1 단계에서 상기 비정질 실리콘 박막(30)은, 원형, 타원형, 삼각형, 사각형을 포함한 패턴 중에서 하나의 패턴으로 만들어 형성하는 것을 특징으로 한다.

상기 제 2 단계는, 상기 원통형 마이크로 렌즈(40) 대신에 삼각주 또는 사각주 모양의 렌즈를 사용하는 것을 특징으로 한다.

상기 제 2 단계에서 상기 원통형 마이크로 렌즈(40)는, 볼록 또는 오목렌즈인 것을 특징으로 한다.

상기 제 3 단계는, 상기 CW 레이저 빔(50)을 상기 원통형 마이크로 렌즈(40)를 지나 상기 비정질 실리콘 박막(30)에 조사하여 상기 비정질 실리콘 박막(30)의 일부가 액상으로 변화하도록 제 11 단계를 포함하여 수행하는 것을 특징으로 한다.

상기 제 11 단계는, 상기 제 3 단계에서 변화된 액상이 상기 비정질 실리콘 박막(30)의 일부로부터 순차적으로 형성되면서 동시에 다른 부분에서는 액상이 고상으로 순차적으로 변화되면서 결정화가 일어나도록 하는 제 12 단계를 포함하여 수행하는 것을 특징으로 한다.

상기 제 3 단계는, 상기 CW 레이저 빔(50)을 상기 원통형 마이크로 렌즈(40)를 지나 상기 비정질 실리콘 박막(30)에 조사하여 상기 비정질 실리콘 박막(30)의 일부가 가열되어 고체상태에서 결정질로 변화하도록 하는 제 21 단계를 포함하여 수행하는 것을 특징으로 한다.

상기 제 21 단계는, 상기 제 3 단계에서 가열된 영역이 상기 비정질 실리콘 박막(30)의 일부로부터 순차적으로 형성되면서 결정화된 실리콘이 핵으로 작용하여 상기 비정질 실리콘 박막(30)이 다결정 실리콘으로 결정화되도록 하는 제 22 단계를 포함하여 수행하는 것을 특징으로 한다.

상기 제 3 단계는, 상기 CW 레이저 빔(50)에서 조사할 때, 스캐닝(scanning) 방식으로 연속적으로 라인 빔을 형성하여 조사하는 것을 특징으로 한다.

상기 제 3 단계에서 상기 CW 레이저 빔(50)은, 상기 CW 레이저 빔(50)의 파장 영역이 자외선(Ultraviolet, UV) 영역의 빛과 가시광선 영역의 빛과 적외선(Infrared Rays, IR) 영역의 빛 중에서 하나 이상을 포함한 것을 특징으로 한다.

상기 제 3 단계는, 상기 CW 레이저 빔(50)의 조사 전에 상기 비정질 실리콘 박막(30)의 일부에 다결정 실리콘을 형성한 다음 상기 다결정 실리콘으로부터 결정화가 진행되도록 제 4 단계로 리턴하는 것을 특징으로 한다.

상기 다결정 실리콘의 결정화 방법은, 상기 제 2 단계의 상기 원통형 마이크로 렌즈(40)와 상기 제 3 단계의 상기의 CW 레이저 빔(50)이 동시에 스캔되도록 하는 것을 특징으로 한다.

이와 같이 구성된 본 발명에 의한 다결정 실리콘 및 그의 결정화 방법의 동작을 첨부한 도면에 의거 상세히 설명하면 다음과 같다.

먼저 본 발명은 유리 기판 등의 절연막 위에 있는 비정질 실리콘 박막을 다결정 실리콘 박막으로 결정화할 때 결정립의 방향과 크기를 일정하게 성장시켜 양질의 다결정 실리콘 박막을 형성하고자 한 것이다.

그래서 도 1 내지 도 4에서와 같이, 제 1 단계(ST1)에서는 유리, 석영, 플라스틱 등의 절연기판 또는 절연막이 형성된 실리콘 웨이퍼인 절연기판(10) 위에 비정질 실리콘 박막(30)을 형성한다. 그리고 제 2 단계(ST2)에서는 비정질 실리콘 박막(30) 상에 원통형 마이크로 렌즈(40)를 붙인다. 또한 제 3 단계(ST3)에서는 CW 레이저 빔(50)을 비정질 실리콘 박막(30)에 조사하고, 제 4 단계에서는 결정화가 이루어지도록 하게 된다.

그리고 제 3 단계는 CW 레이저 빔(50)을 원통형 마이크로 렌즈(40)를 지나 비정질 실리콘 박막(30)에 조사하여 비정질 실리콘 박막(30)의 일부가 액상으로 변화하도록 한 다음, 변화된 액상이 비정질 실리콘 박막(30)의 일부로부터 순차적으로 형성되면서 동시에 다른 부분에서는 액상이 고상으로 순차적으로 변화되면서 결정화가 일어나도록 할 수 있다.

또한 제 3 단계는 CW 레이저 빔(50)을 원통형 마이크로 렌즈(40)를 지나 비정질 실리콘 박막(30)에 조사하여 비정질 실리콘 박막(30)의 일부가 가열되어 고체상태에서 결정질로 변화하도록 한 다음, 가열된 영역이 비정질 실리콘 박막(30)의 일부로부터 순차적으로 형성되면서 결정화된 실리콘이 핵으로 작용하여 비정질 실리콘 박막(30)이 다결정 실리콘으로 결정화되도록 할 수 있다.

그리고 원통형 마이크로 렌즈(40)를 사용하지 않고 CW 레이저 빔(50)만으로 결정화하는 결정화 방법은 도 1에서의 공정 모식도로 확인할 수 있다.

또한 절연기판(10) 위에 완충층(20)을 형성할 수도 있는데, 이러한 완충층(20)은 실리콘산화막, 실리콘질화막, 실리콘산화질화막, 실리케이트막, 유기막 중 하나 이상의 박막이 적층되어 형성되도록 하는 것이 바람직하다.

그리고 원통형 마이크로 렌즈(40) 함은 마이크로 크기의 반지름을 지닌 렌즈 모양(41)을 의미한다. 즉, 크기가 1 ㎛ 에서 9000 ㎛ 까지의 반지름 크기를 지닌 원통형, 톱니바퀴형, 사각형의 렌즈를 포함하는 것이 바람직하다. 또한, 원통형 마이크로 렌즈(40)는 투명한 유리기판이나 석영(quartz)을 재료로 사용해야 하며, CW 레이저 빔(50)이 투과되어야만 비정질 실리콘의 액상 일부로부터 순차적으로 형성되면서 동시에 다른 부분에서는 액상이 고상으로 순차적으로 변화되면서 결정화가 일어난다.

또한 비정질 실리콘 박막(30)을 형성할 때는 비정질 실리콘 박막(30)에 대한 패터닝(patterning)을 형성할 수 있도록 한다. 이러한 패터닝의 형성 모양은 삼각형, 사각형, 톱니바퀴형, 리본, 별, 둥근 모양 등의 형태를 포함하는 것이 바람직하다.

또한 비정질 실리콘 박막(30)의 표면의 일부에 금속을 증착시켜 금속유도 결정화할 수 있고, 결정화를 위한 금속은 니켈 혹은 코발트를 사용할 수 있다. 이렇게 금속을 이용한 결정화를 진행한 후 다시 CW 레이저로 재결정화 할 수 있다.

한편 비정질 실리콘 박막(30) 위에 원통형 마이크로 렌즈(40)를 형성한 다음, CW 레이저 빔(50)으로 결정할 때, CW 레이저 빔(50)에 의한 결정화는 연속 발진되는 레이저에 의하여 완전 용융상태가 지속적으로 유지되기 때문에, CW 레이저 빔(50)은 스캐닝(scanning) 방식에 의해 연속적으로 라인 빔이 형성되도록 한다.

그리고 원통형 마이크로 렌즈(40)에 의해 CW 레이저 빔(50)이 조사되어 결정화된 다결정 실리콘(60)은 원통형 마이크로 렌즈(40)의 사용 없이 CW 레이저를 사용한 것 보다 결정립(62)의 형성 원리가 다르게 표현되는데, 이것은 도 3의 단면도에서 확인할 수 있다. 즉, 도 3에서는 CW 레이저 빔(50)으로 결정화를 하는 것보다 원통형 마이크로 렌즈(40)를 사용하게 되면 원하는 곳에 다결정 실리콘(60)을 형성할 수 있다는 장점을 지니고 있으며, CW 레이저 빔(50)이 조사되는 부분을 원통형 마이크로 렌즈(60)를 이용하여 다결정 실리콘 영역의 결정립(62)의 크기도 변화시킬 수 있다.

또한 비정질 실리콘 박막(30)을 가열하기 위한 CW 레이저 빔(50)의 폭은 4 ㎛ 에서 9000 ㎛ 인 것이 바람직하다. 그리고 CW 레이저 빔(50)의 스캔 방향에 의해 연속 성장하여 결정화가 진행되도록 한다.

도 5에서 (가)는 본 발명의 일실시예로 원통형 마이크로 렌즈를 사용하지 않은 경우에 CW 레이저로 결정화한 다결정 실리콘 박막의 광학 현미경 사진이고, (나)는 원통형 마이크로 렌즈를 사용한 경우에 CW 레이저로 결정화한 다결정 실리콘 박막의 광학 현미경 사진이다.

여기에서는 CW 레이저 빔(50)에 의해 제작된 다결정 실리콘(60)은 파장이 가시광(532 nm) 영역을 사용하여 주사 시간이 ㎲(micro-second) 또는 ms(milli-second) 단위로 연속적으로 비정질 실리콘에 주사되어 에너지(혹은 열)가 방향을 가지고 분포되는 thermal flux process 방식의 결정화가 진행된다. 따라서 이는 박막의 가운데가 매우 큰 결정립(62)이 분포되어 있는 시냇물 모양의 영역으로, 기존의 ZMR(Zone Melting Recrystallization) 방식에 의하여 결정화된 모양과 유사한 것에서 알 수 있다. 따라서 완전 용융상태가 되었음을 알 수 있다.

또한 원통형 마이크로 렌즈(40)를 사용하여 CW 레이저 빔(50)으로 결정화된 다결정 실리콘(60)의 광학 현미경 사진에서는 원통형 마이크로 렌즈를 사용하지 않은 경우(도 5의 (가))에서 보다 더 큰 결정립(62)과 일정한 방향의 결정립이 연속 성장되었음을 확인할 수 있다. 그러므로 원통형 마이크로 렌즈(40)를 이용하면, 보다 큰 결정립(62)을 성장시킴으로써 결정립 경계(61)도 줄어들게 할 수 있다.

도 6에서 (가)는 본 발명의 일실시예로 원통형 마이크로 렌즈를 사용하지 않은 경우에 CW 레이저로 결정화한 다결정 실리콘 박막의 주사 전자 현미경 사진이고, (나)는 원통형 마이크로 렌즈를 사용한 경우에 CW 레이저로 결정화한 다결정 실리콘 박막의 주사 전자 현미경 사진이다.

그래서 구체적인 과정을 살펴보면, 절연기판(10) 위에 산화막을 이용한 200 nm ~ 2000 nm 의 완충층(20)과 40 nm ~ 1000 nm 의 비정질 실리콘 박막(30)을 차례로 증착하고, 클리닝 공정을 거친 후에, 원통형 마이크로 렌즈(40)를 제작하여 비정질 실리콘 박막(30) 위에 형성하고, CW 레이저 빔(50)을 스캔 방향으로 조사하여 다결정 실리콘(60) 박막을 형성시킨다.

따라서 원통형 마이크로 렌즈(40)를 사용하지 않은 경우에는 결정립 경계(61)가 많이 발생하고, 결정립(62)의 크기가 작다. 하지만 원통형 마이크로 렌즈를 사용하면 결정립 경계(61)가 줄어듦과 동시에 수평방향으로 방향성을 가진다. 따라서 결정립의 크기도 커지게 된다.

도 7에서 (가)는 본 발명의 일실시예로 원통형 마이크로 렌즈를 사용하지 않은 경우에 CW 레이저로 결정화한 다결정 실리콘 박막을 전자 산란 회절(Electron Back Scattered Diffraction, EBSD) 장치를 이용해서 측정한 사진이고, (나)는 원통형 마이크로 렌즈를 사용한 경우에 CW 레이저로 결정화한 다결정 실리콘 박막을 전자 산란 회절 장치를 이용해서 측정한 사진이다. 이러한 도 7은 도 6에서 형성된 다결정 실리콘(60)을 전자 산란 회절(EBSD) 장치를 이용하여 다결정 실리콘 박막의 결정방향성을 사진으로 보여 주고 있다.

그래서 원통형 마이크로 렌즈(40)를 이용하면 결정립의 방향성이 <001> 방향으로 하나의 색을 지닌 하나의 결정립을 형성하는 것을 확인할 수 있으며, 결정립의 크기가 수평방향으로 매우 커지게 됨을 확인할 수 있다. 하지만 원통형 마이크로 렌즈(40)를 사용하지 않고 CW 레이저 빔(50)으로만 비정질 실리콘 박막(30)을 결정화 하였을 경우에는 여러 가지의 결정립 방향성을 지니게 되는 것을 알 수 있으며, 결정립의 크기도 작다는 것을 확인할 수 있다.

도 8에서 (가)는 본 발명의 일실시예로 원통형 마이크로 렌즈를 사용하지 않은 경우에 CW 레이저로 결정화한 다결정 실리콘 박막의 트랜지스터의 전이특성을 나타낸 그래프이고, (나)는 원통형 마이크로 렌즈를 사용한 경우에 CW 레이저로 결정화한 다결정 실리콘 박막의 트랜지스터의 전이특성을 나타낸 그래프이다.

여기서 원통형 마이크로 렌즈(40)를 사용하지 않고 CW 레이저 빔(50)으로만 결정화한 다결정 실리콘(60) 박막의 전계효과 이동도와 문턱전압의 특성이 각각 70 cm^2/Vs, -9 V 임을 알 수 있다. 그러나 원통형 마이크로 렌즈(40)를 사용한 경우에 CW 레이저 빔(50)으로 결정화한 다결정 실리콘(60)의 전계효과 이동도와 문턱전압의 특성은 각각 231 cm^2/Vs, -7 V 임을 그래프로 확인할 수 있다. 결국 원통형 마이크로 렌즈(40)를 사용하여 CW 레이저 빔(50)으로 결정화한 다결정 실리콘(60)의 박막이 전기적으로 우수한 특성을 나타냄을 알 수 있다. 뿐만 아니라 다결정 실리콘(60)의 이동도에서 훨씬 큰 값을 가지는 것을 볼 때, 결정립 경계(61)와 같은 결함이 많이 감소된 것을 알 수 있다.

이처럼 본 발명은 유리 기판 등의 절연막 위에 있는 비정질 실리콘 박막을 다결정 실리콘 박막으로 결정화할 때 결정립의 방향과 크기를 일정하게 성장시켜 양질의 다결정 실리콘 박막을 형성하게 되는 것이다.

이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 한정하여 설명하였으나, 본 발명은 이에 한정되지 않고 다양한 변화와 변경 및 균등물을 사용할 수 있다. 따라서 본 발명은 상기 실시예를 적절히 변형하여 응용할 수 있고, 이러한 응용도 하기 특허청구범위에 기재된 기술적 사상을 바탕으로 하는 한 본 발명의 권리범위에 속하게 됨은 당연하다 할 것이다.

발명의 효과

이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명에 의한 다결정 실리콘 및 그의 결정화 방법은 유리 기판 등의 절연막 위에 있는 비정질 실리콘 박막을 다결정 실리콘 박막으로 결정화할 때 결정립의 방향과 크기를 일정하게 성장시켜 양질의 다결정 실리콘 박막을 형성할 수 있는 효과가 있게 된다.

또한 본 발명은 비정질 실리콘 박막을 결정화 하여 다결정 실리콘 박막을 만드는 방식 중에 CW 레이저 빔을 스캔 방향으로 연속적으로 사용하는데 있어서 원통형 마이크로 렌즈를 사용하는 새로운 기술이며, 그로 인하여 결정화된 양질의 다결정 실리콘 박막을 형성하는 기술이다. 즉, 종래의 CW 레이저 빔을 사용한 결정화 기술은 원통형 마이크로 렌즈를 사용하지 않고 직접 비정질 실리콘을 결정화시키는 기술이었으나, 본 발명은 이것으로부터 야기되는 결정립 크기와 위치 조절의 한계를 극복하여 다결정 실리콘의 결정립 방향성을 향상시킬 수 있는 장점이 있게 된다.

또한 종래에는 엑시머 레이저(ELA)의 그레인(결정립)을 조절하는 기술로 부각되고 있는 SLS(Sequential Lateral Solification) 기술이 사용되고 있지만, 이는 고가의 설비 및 유지비를 필요로 하는 레이저로써, 본 발명으로 비정질 실리콘의 결정화 기술을 대체 할 수 있는 효과가 있게 된다.

또한 본 발명은 다결정 실리콘 박막에서 형성되는 결정립의 크기와 위치를 조절 할 수 있어, 평판디스플레이, 태양전지, 반도체 소자 등의 높은 이동도를 필요로 하는 용용 소자에 많이 이용될 수 있는 산업상 이용 효과가 있게 된다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 일실시예에 의한 다결정 실리콘 및 그의 결정화 방법을 보인 공정 모식도이다.

도 2는 도 1에서 원통형 마이크로 렌즈를 이용한 다결정 실리콘 및 그의 결정화 방법을 보인 공정 모식도이다.

도 3은 도 2의 결정화 단면을 보인 단면도이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 의한 다결정 실리콘의 결정화 방법을 보인 흐름도이다.

도 5에서 (가)는 본 발명의 일실시예로 원통형 마이크로 렌즈를 사용하지 않은 경우에 CW 레이저로 결정화한 다결정 실리콘 박막의 광학 현미경 사진이고, (나)는 원통형 마이크로 렌즈를 사용한 경우에 CW 레이저로 결정화한 다결정 실리콘 박막의 광학 현미경 사진이다.

도 6에서 (가)는 본 발명의 일실시예로 원통형 마이크로 렌즈를 사용하지 않은 경우에 CW 레이저로 결정화한 다결정 실리콘 박막의 주사 전자 현미경 사진이고, (나)는 원통형 마이크로 렌즈를 사용한 경우에 CW 레이저로 결정화한 다결정 실리콘 박막의 주사 전자 현미경 사진이다.

도 7에서 (가)는 본 발명의 일실시예로 원통형 마이크로 렌즈를 사용하지 않은 경우에 CW 레이저로 결정화한 다결정 실리콘 박막을 전자 산란 회절(Electron back-scattered diffraction) 장치를 이용해서 측정한 사진이고, (나)는 원통형 마이크로 렌즈를 사용한 경우에 CW 레이저로 결정화한 다결정 실리콘 박막을 전자 산란 회절 장치를 이용해서 측정한 사진이다.

도 8에서 (가)는 본 발명의 일실시예로 원통형 마이크로 렌즈를 사용하지 않은 경우에 CW 레이저로 결정화한 다결정 실리콘 박막의 트랜지스터의 전이특성을 나타낸 그래프이고, (나)는 원통형 마이크로 렌즈를 사용한 경우에 CW 레이저로 결정화한 다결정 실리콘 박막의 트랜지스터의 전이특성을 나타낸 그래프이다.

* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

10 : 절연기판 20 : 완충층

30 : 비정질 실리콘 박막 40 : 원통형 마이크로 렌즈

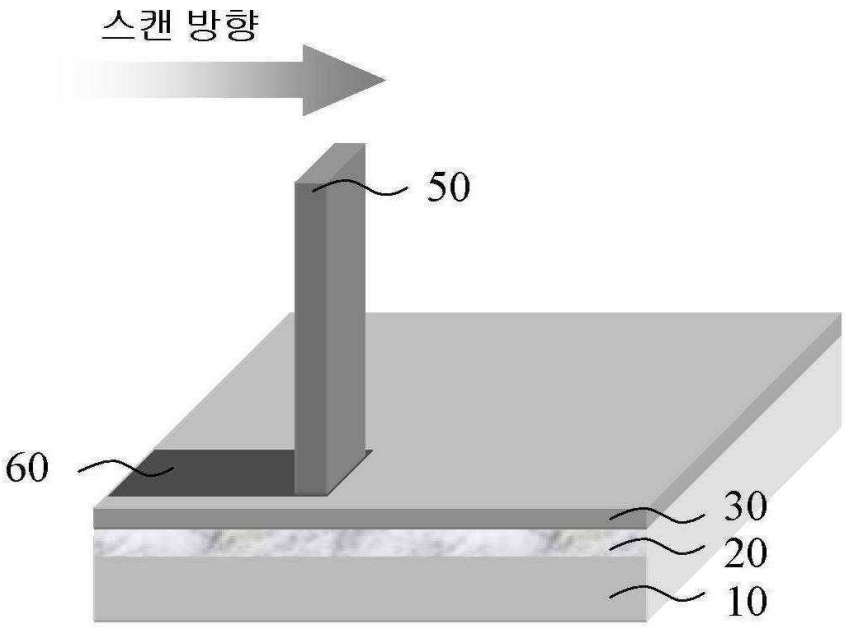
41 : 마이크로 렌즈 모양 50 : CW 레이저 빔

60 : 다결정 실리콘 61 : 결정립 경계

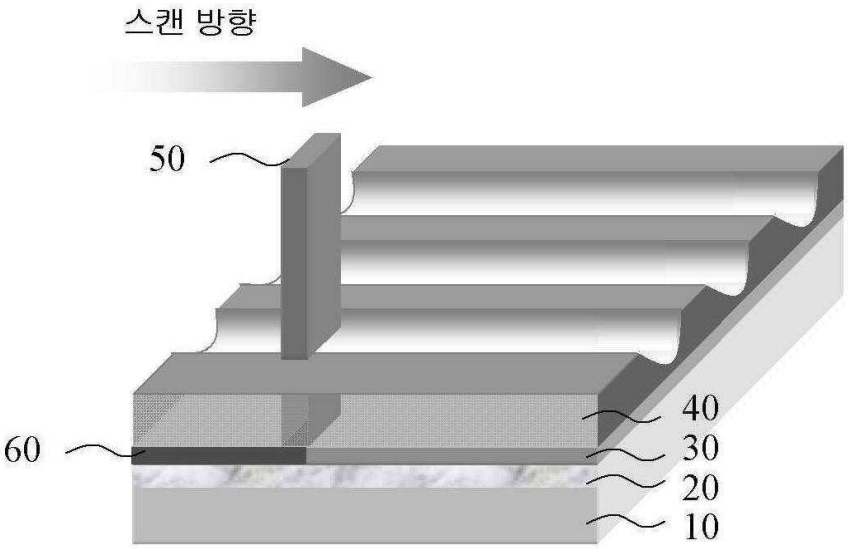
62 : 결정립

도면

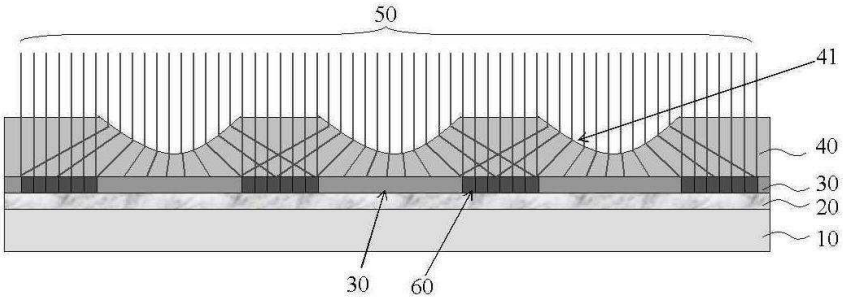
도면1



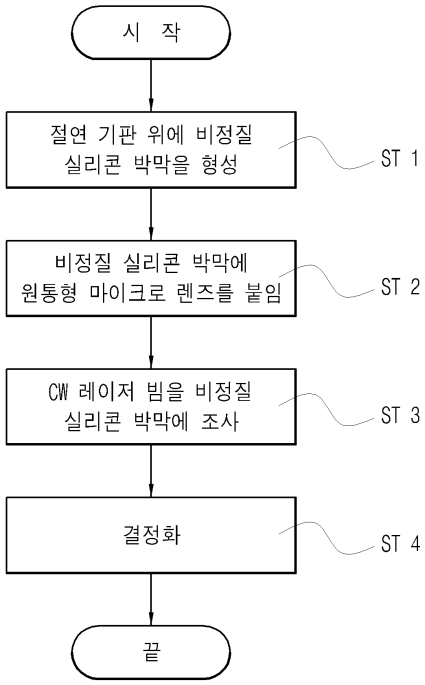
도면2



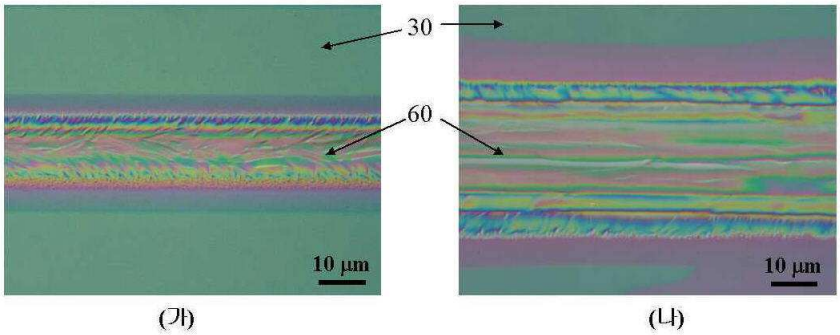
도면3


50
41
40
30
20
10
30
60

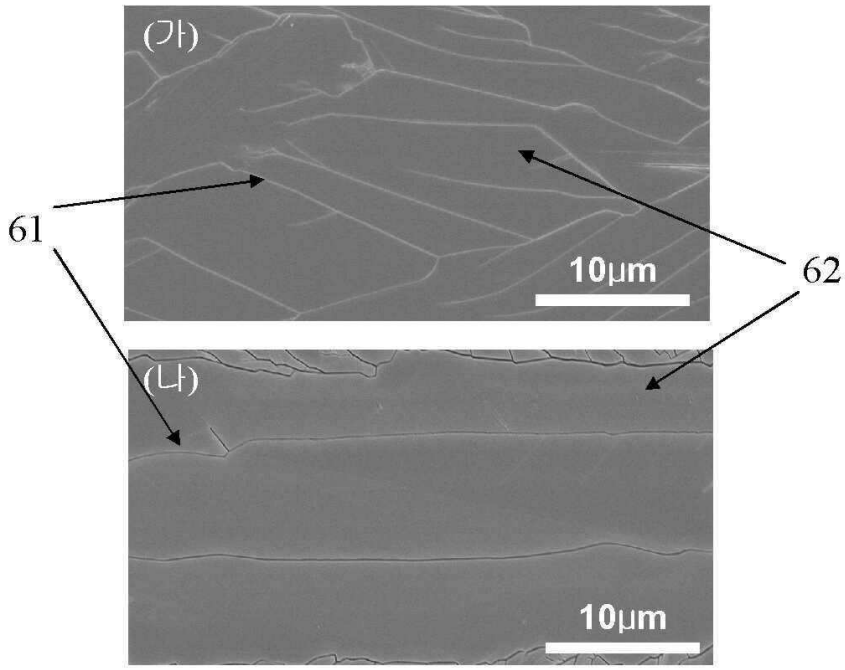
도면4


시 작
절연 기판 위에 비정질 실리콘 박막을 형성
ST 1
비정질 실리콘 박막에 원통형 마이크로 렌즈를 붙임
ST 2
CW 레이저 빔을 비정질 실리콘 박막에 조사
ST 3
결정화
ST 4
끝

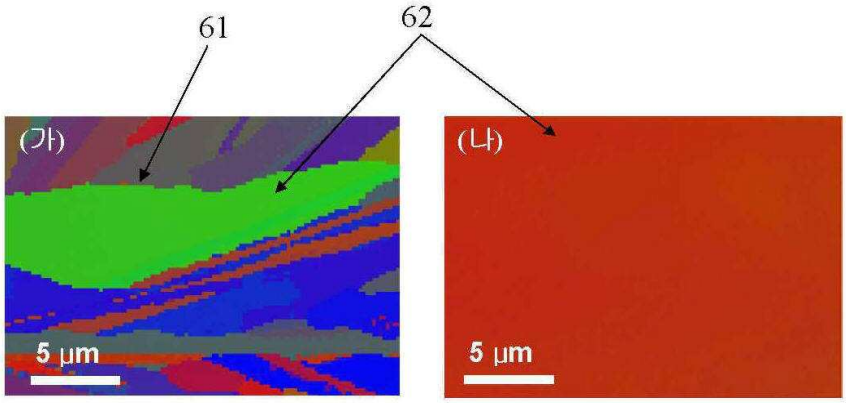
도면5


30
60
10 μm
10 μm
(가)
(나)

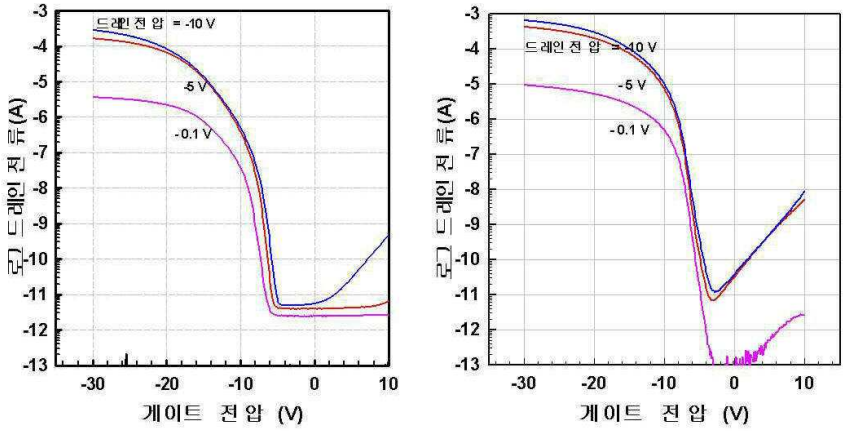
도면6


(가)
61
62
10μm
(나)
10μm

도면7


61
62
(가)
5 μm
(나)
5 μm

도면8


드레인 전 압 = -10 V
-5 V
-0.1 V
로그 드레인 전 류 (A)
게이트 전 압 (V)
(가)
(나)