

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
H01L 21/324

(45) 공고일자 2005년08월04일
(11) 등록번호 10-0493802
(24) 등록일자 2005년05월27일

(21) 출원번호 10-1997-0068094
(22) 출원일자 1997년12월12일

(65) 공개번호 10-1998-0064076
(43) 공개일자 1998년10월07일

(30) 우선권주장 8-352140 1996년12월12일 일본(JP)

(73) 특허권자 가부시킴가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398

(72) 발명자 다나카 코이치로
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398가부시킴가이샤한도오따이 에네
루기 켄큐쇼 내

구스모토 나오토
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398가부시킴가이샤한도오따이 에네
루기 켄큐쇼 내

야마자키 슌페이
일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 398가부시킴가이샤한도오따이 에네
루기 켄큐쇼 내

(74) 대리인 황의만

심사관 : 김희주

(54) 레이저어닐방법및레이저어닐장치

요약

반도체막에 대한 레이저 어닐의 효과를 향상시키기 위해, 반도체막에 레이저 빔을 조사할 때 분위기 중에 수분을 의도적으로 포함시킴으로써, 레이저 빔의 조사 시에 반도체막의 표면에 수증기로 된 보온층이 형성되어, 레이저 어닐이 효과적으로 행해질 수 있다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 실시예에 있어서의 레이저 조사실을 나타내는 도면.

도 2는 각종 분위기에서의 레이저 어닐에 있어서의, 레이저 빔의 에너지 밀도와 레이저 어닐된 결정성 규소막의 라만(Raman) 반치반폭(半値半幅)과의 관계를 나타내는 그래프.

도 3은 본 발명의 실시예에 있어서의 레이저 어닐 장치의 상면도.

도 4는 여러 온도에서의 레이저 어닐에 있어서의, 레이저 빔의 에너지 밀도와 레이저 어닐된 결정성 규소막의 표면 평균 조도(粗度)와의 관계를 나타내는 그래프.

도 5는 본 발명의 실시예에 있어서의 레이저 조사실을 나타내는 도면.

도 6은 본 발명의 실시예에 있어서의 레이저 조사실을 나타내는 도면.

도 7(A)~도 7(C)는 각각 선형 레이저에 의해 레이저 결정화된 규소 박막을 나타내는 사진.

도 8은 본 발명의 실시예에 있어서의 선형 레이저를 형성하기 위한 광학계를 나타내는 도면.

도 9(A) 및 도 9(B)는 비정질 규소막의 표면에 수소 종단(終端)을 의도적으로 행한 기관에 대하여 실온의 대기 중에서 또는 기관 온도를 400℃로 승온시킨 상태에서 레이저 조사가 행해진 규소막의 표면을 촬영한 주사형 전자현미경 사진.

도 10(A) 및 도 10(B)는 레이저 조사실 내에서의 레이저 처리 전과 후에 먼지 카운터에 의해 검출된 먼지의 수를 나타내는 도표.

도 11은 본 발명의 실시예에 있어서의 먼지 카운터 및 필터를 나타내는 도면.

* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

101: 레이저 조사실 102: 레이저 발진장치 103: 거울

104: 석영 창 105: 피처리 기관 106: 베이스

107: 이동기구 108: 진공 배기 펌프 109, 110: 기체 공급관

111: 스테이지 112: 광학계 115: 히터

301: 게이트 밸브 302: 기관 반송실 303: 엘라이먼트실

304: 카세트 305: 로봇 암 306: 반입/반출실

307: 게이트 밸브

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은, 유리 등의 절연 기관 상에 형성된 비정질 규소막 또는 결정성 규소막에 대하여 레이저 어닐을 행하여 결정화시키거나 또는 그 막의 결정성을 향상시키는 방법에 관한 것이다.

근년, 유리 등의 절연 기판 상에 형성된 비정질 반도체막 또는 결정성 반도체막(단결정이 아니고, 다결정, 미(微)결정 등의 결정성을 갖는 반도체막), 즉, 비(非)단결정 규소막에 대하여 레이저 어닐을 행하여 결정화시키거나 또는 결정성을 향상시키는 기술이 널리 연구되고 있다. 상기 반도체막에는 규소막이 주로 사용된다.

종래 빈번히 사용되어 왔던 석영 기판과 비교하여, 유리 기판은 저렴하고 가공성이 우수하며 대면적의 기판을 쉽게 형성할 수 있는 이점(利點)을 가진다. 또한, 유리 기판의 융점이 낮기 때문에, 결정화에 레이저가 바람직하게 사용되고 있다. 레이저는 기판의 온도를 크게 변화시키지 않고 비단결정 막에만 높은 에너지를 부여할 수 있다.

레이저 어닐에 의해 형성된 결정성 규소막은 높은 이동도를 가진다. 또한, 이 결정성 규소막을 사용하여 박막트랜지스터(TFT)를 형성하는 기술이 연구되고 있다. 이 기술에 의하면, 1장의 유리 기판 상에 화소 구동용 TFT와 구동회로용 TFT가 제작되는 모놀리식(monolithic)형의 액정 전기광학장치를 얻을 수 있다. 결정성 규소막은 다수의 결정립으로 이루어져 있기 때문에, 일반적으로는 다결정 규소막 또는 다결정 반도체막으로 불리고 있다.

또한, 출력이 큰 엑시머 레이저 등의 펄스 레이저 빔을 피(被)조사면에서 수 cm 평방의 정사각형 스폿(spot) 또는 수 mm 폭 × 수 십 cm 길이의 선 형상이 되도록 광학계에 의해 가공하고 그 레이저 빔을 주사하여(피조사면에 대해 상대적으로 레이저 빔의 조사 위치를 이동시켜) 레이저 어닐을 행하는 방법이, 양산성이 좋고 공업적으로 우수하기 때문에 바람직하게 사용된다.

특히, 선형 레이저 빔이 사용되는 경우, 전후좌우로 주사하는 것을 필요로 하는 스폿 형상의 레이저 빔을 사용하는 경우와는 달리, 선 방향에 직교하는 방향으로만 레이저를 주사하여 피조사면 전체에 레이저 조사를 행할 수 있기 때문에 높은 양산성이 얻어질 수 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

펄스 레이저 빔을 광원으로 하는 스폿형 또는 선형의 레이저 빔을 주사하여 비단결정 규소막에 대하여 레이저 어닐을 행하는데 있어서는 몇 가지 문제가 있다.

특히 심각한 문제는 기판 면에서의 레이저 조사 효과의 불균일이다. 펄스 레이저의 특징으로서 큰 에너지가 얻어지는 것이 최대의 장점으로 지적되지만, 다른 한편으로는, 펄스 레이저는 펄스 쇼트(shot)마다의 에너지 분산이 수 %로 크다는 단점이 있다. 그러한 단점에 의해, 예를 들어, 엑시머 레이저에 의해 비정질 규소막을 결정화하여 액정 표시장치를 제작한 경우, 레이저 펄스의 흔적이 그대로 영상으로 보여 버리는 단점이 발생한다.

그러한 영상 불량은 아름다운 영상이 요구되는 요즘에는 치명적인 결함이다. 본 발명은 상기 결함을 두드러지지 않게 하거나 완전히 제거하는 것을 과제로 한다.

발명의 구성 및 작용

상기 문제를 해결하기 위해, 본 발명자들은 레이저 조사시의 기판 분위기에 주목하고, 각종 분위기에서 레이저 조사를 행하고 그 차이를 조사하였다.

레이저 조사의 대상은 수소 농도가 조절된 비정질 규소막으로 하였다. 그 막의 수소 농도는 10^{20} 원자/cm³으로 하고, 레이저에는 엑시머 레이저를 사용하였다. 그 결과를 아래에 나타낸다.

질소와 같은 낮은 열 전도성의 기체의 분위기에서 레이저 조사를 행한 경우, 막의 결정화에 높은 에너지가 요구되었다. 한편, 수소 또는 헬륨과 같은 높은 열 전도성의 기체의 분위기에서 기판을 처리한 상태에서 레이저 조사를 행한 경우에는, 비교적 낮은 에너지에 의해 높은 결정성의 막이 얻어졌다. 또한, 레이저 조사시의 기판 온도는 200~400℃의 범위에서 변화시켰다. 그 온도가 높으면, 비교적 낮은 레이저 에너지가 사용되지만, 균질성이 악화되었다.

상기 기체들의 분위기에서의 레이저 조사는 결정화를 위한 최적 레이저 에너지를 변동시키는데 그치고, 균질성을 향상시키는 것은 아니었다. 그러나, 상기 분위기에 산소를 혼입하거나 또는 그 분위기로서 산소만을 사용한 경우에는 상황이 크게 변화하였다. 결정화를 위한 최적 레이저 에너지가 현저하게 감소되었고, 또한, 레이저 조사 후의 막의 균질성도 향상되었다.

상기 실험으로부터, 균질성을 향상시키고 결정화를 위한 최적 레이저 에너지를 감소시키는데 산소가 매우 효과적이라는 것이 밝혀졌다. 도 2는, 라만(Raman) 반치반폭(半値半幅)으로부터 본 기관의 결정성을 분위기와 레이저 에너지를 변화시켜 조사한 것이다. 라만 반치반폭의 값이 낮을수록 결정성이 좋기 때문에, 산소 혼입의 효과가 아주 명백하다. 또한, 상기 실험으로부터, 온도가 낮을수록 균질성이 향상되는 것을 알았다. 또한, 가로 좌표는 에너지 밀도(mJ/cm^2)를 나타내고, 세로 좌표는 라만 반치반폭(cm^{-1})을 나타낸다.

기관 온도가 실온까지 낮아진 때의 레이저 결정화에 산소가 특히 효과적이었다. 산소를 함유하지 않는 기체의 분위기에서는, 실온에서, 결정화에 많은 레이저 에너지가 요구되어, 생산성이 크게 악화되었다. 또한, 200°C 이하의 온도 영역에서도, 균질성이 더욱 향상되었다. 그 데이터를 도 4에 나타내었다.

도 4는 다음 사항을 나타낸다. 도 4에서, 가로 좌표는 에너지 밀도(mJ/cm^2)를 나타내고, 세로 좌표는 평균 조도(粗度)(Ra, nm)를 나타내며, 이 도면은, 챔버의 분위기를 대기(大氣)로 하고 기관 온도를 실온, 200°C 및 400°C 로 한 경우의 레이저 에너지에 의한 막 거칠기의 상태를 AFM(원자력 현미경)에 의해 평가한 것이다. 기관 온도가 낮을수록 결정화에 필요한 레이저 에너지가 높게 되기 때문에, 기관 온도가 실온, 200°C 및 400°C 인 어느 경우의 막에서도 동일한 결정성이 얻어지도록 레이저 에너지를 변경하였다. 따라서, 기관 온도가 낮을수록 레이저 에너지를 높게 하여 레이저를 조사한다.

상기 데이터로부터, 기관 온도가 높을수록 레이저 에너지의 변동에 기인한 막 표면의 평균 조도의 변화가 크다는 것을 알 수 있다. 따라서, 레이저 에너지의 변동이 큰 레이저를 막의 결정화에 사용하는 경우, 기관 온도가 낮을수록 막 표면의 평균 조도의 면내(in-face) 분산이 감소된다. 막 표면의 조도는 막의 결정성과 상관관계를 가지며, 조도가 균일하면 결정성도 균일하다.

그러한 성질을 알 수 있게 하는 사진을 도 7(A)~도 7(C)에 나타내었다. 레이저 조사에 의해 막 표면이 거칠어지면, 막이 밝게 된다. 그 밝기의 정도와 막 거칠기의 정도는 상관관계에 있고, 밝기의 정도가 동일하면 막 표면의 거칠기의 정도도 동일하다. 도 7(A)~도 7(C)는 선형 빔으로 가공된 엑시머 레이저에 의해 비정질 규소막을 레이저 어닐한 때의 표면의 사진이다. 사진의 상방으로부터 하방으로 주사하면서 막에 선형 레이저를 조사하였다.

결정화를 위한 최적 에너지를 찾기 위해, 기관의 위쪽(지면(紙面)에 대해 위쪽)으로 갈수록 레이저 에너지를 높게 하였다($5 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ 씩 변화시켰다). 막에서 보이는 길이방향 줄무늬(fringe)는 레이저 빔을 선형으로 가공하기 위한 렌즈군(群)(도 8 참조)에 의해 형성된 광학적 간섭 줄무늬이다. 이 광학적 간섭 줄무늬가 두드러지지 않을수록 결정의 균질성이 좋다.

도 7(A)는, 규소막의 표면을 HF 및 H_2O_2 를 함유하는 수용액으로 세정하여 그 막 표면을 수소에 의해 적극적으로 종단(終端)시킨 상태에서 대기 분위기 하에 400°C 의 기관 온도로 규소막의 표면에 대하여 레이저 처리를 행한 것이다. 레이저 에너지는 $255\sim 310 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ 의 범위 내에서 변경되었다($5 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ 씩 변화시켰다).

도 7(B)는, 도 7(A)에서와 동일한 막 표면 상태에서 대기 분위기 하에 실온으로 레이저 처리를 행한 것이다. 레이저 에너지는 $315\sim 370 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ 의 범위 내에서 변경되었다($5 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ 씩 변화시켰다).

도 7(C)는, 규소막의 표면에 매우 얇은 자연 산화막이 형성된 상태, 즉, 규소막의 표면이 특별히 처리되지 않은 상태에서 대기 분위기 하에 실온으로 레이저 처리를 행한 것이다. 레이저 에너지는 $300\sim 355 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ 의 범위 내에서 변경되었다($5 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ 씩 변화시켰다).

사진 (A), (B) 및 (C)에서 레이저 에너지의 범위가 다른 것은, 막 표면의 상태에 따라 결정화를 위한 최적 에너지가 변하기 때문이다.

사진 (A), (B) 및 (C)를 비교하면, 막 표면의 밝기를 가장 균일하게 하는 레이저 에너지의 범위를 가지는 것은 사진 (B)인 것을 알 수 있다(즉, 막질의 불균일이 적다).

사진 (B)의 위로부터 6번째 영역이 그에 대응한다. 사진 (B)의 막은, 막 표면을 수소에 의해 적극적으로 종단시킨 상태에서 대기 분위기 하에 실온으로 레이저 조사를 행하여 형성된 것이다.

이 실험에서, 산소를 함유하는 분위기가 레이저 결정화의 균질성을 향상시키는데 효과적이고, 그 분위기 하에서 규소막의 표면을 수소에 의해 적극적으로 중단시킴으로써 그 효과가 증진되며, 기판 온도가 실온 내지 400℃의 온도에서 선택되는 경우 실온이 최적이라는 결과가 얻어졌다.

산소의 열 전도성은 기체들 중에서 비교적 낮고, 질소의 열 전도성과 거의 동일하다. 그러나, 그러한 차이가 왜 생기는지의 이유와 관련하여, 본 발명자들은 약간의 화학적 변화가 있어야 하는 것을 고려하여 다음의 가설을 확립하였다.

레이저 결정화 전의 규소막의 표면은 일반적으로 수소에 의해 중단되어 있다. 따라서, 산소를 함유하는 분위기 중(대기 중이어도 좋다)에서 레이저 결정화가 행해지는 경우, 산소가 레이저 에너지에 의해 규소막 표면의 수소와 반응하여 물분자를 형성한다.

형성된 물분자는 기체 상태, 액체 상태 또는 기체와 액체가 공존하는 상태에서 얇은 층의 형태로 기판 표면에 분포되고, 레이저 결정화 시의 기판으로부터의 열 확산속도를 억제하는 단열층으로 기능한다. 기판을 가열하면서 레이저 결정화를 행하는 경우에는, 물분자 층이 형성되어도, 그 층이 빠르게 확산되어, 물분자 층의 단열 효과가 발생하기 어렵게 된다. 물분자 층의 발생 및 소멸은 레이저 조사와 함께 반복된다.

상기한 가설이 옳다고 가정하여, 본 발명자들은 레이저 결정화 시에 규소막상에 직접 물분자 층을 의도적으로 제공하고 레이저 결정화를 행하였다. 물분자 층을 형성하는 방법은 다음과 같다.

(제1 방법)

규소막 표면을 수소에 의해 의도적으로 중단하는 것을 적극적으로 행한다. 예를 들어, 레이저 결정화를 행하기 전에 비(非)단결정 규소막의 상면을 HF를 함유하는 수용액 또는 HF 및 H₂O₂를 함유하는 수용액으로 세정한 경우, 규소막 표면의 수소에 의한 중단율이 현저하게 증가한다. 상기한 가설이 옳다면, 규소막 표면의 수소의 양의 증가에 의해 레이저 조사 시의 물분자 생성량이 증가하고, 보온 효과가 향상된다. 물론, 이 경우, 레이저 조사는 산소를 함유하는 분위기에서 행해진다. 이 방법의 효과가 도 7(A)~도 7(C)에 의해 입증되었다.

(제2 방법)

수분을 첨가하여 질소 퍼지(purge)를 행함으로써 레이저 결정화를 행한다. 구체적으로는, 질소 가스의 일부 또는 전부를 거품이 일어나도록 하고 레이저 조사실로 보낸다. 이 방법에 의해 균질성 향상 효과가 확인될 수 있다면, 물분자 층의 보온 효과가 확인될 수 있다.

(제3 방법)

산소 및 수소를 첨가하여 질소 퍼지를 행함으로써 레이저 결정화를 행한다. 수소의 양은 안전을 고려하여 대략 0.1~10%로 하였다. 이 방법은 레이저 에너지에 의해 기체상(狀) 산소와 수소를 합성하여 물분자를 얻도록 하는 것이다.

제2 및 제3 방법은 제1 방법과 같거나 그 이상의 효과를 달성하였다. 따라서, 반도체막 바로 위에 물분자 층을 제공하는 것은 결정의 균질성을 향상시키는데 효과적인 것으로 밝혀졌다.

선형으로 가공된 레이저 빔을 레이저 결정화의 레이저로 사용하는 경우, 상기 퍼지 가스에 의해 에어 나이프(air knife)형상의 가스 흐름(이하, '에어 나이프'라 칭한다)이 형성되고, 레이저가 조사되는 부분에 가스 흐름을 충돌시키면서 레이저 조사를 행하면, 더욱 많이 물분자가 공급되어 효과가 증진된다. 레이저가 조사되는 막의 부분 위에 에어 나이프의 에어가 충분히 공급되는 한 에어 나이프가 레이저 조사 부분에 직접 충돌하지 않더라도 유사한 효과가 달성된다. 그러나, 제2 및 제3 방법에 따르면, 첨가되는 수분의 양 또는 산소 및 수소의 양이 과도하게 많으면, 역효과를 초래한다.

일반적으로, 엑시머 레이저와 같이 짧은 파장을 갖는 빔은 어떤 깊이 이상의 물을 통과하지 못하기 때문에, 물분자 층의 물분자가 어떤 밀도를 넘는 집단을 형성하는 경우, 레이저 조사의 효과가 현저하게 감소되는 것으로 예상된다. 상기 역효과는 이 현상을 잘 설명한다.

상기한 방법들에 따르면, 어느 방법에 의해서도 결정성 기관의 면내 균질성이 현저하게 향상되고, 레이저 펄스의 흔적이 거의 나타나지 않게 된다. 상기 방법들의 특히 우수한 점은 결정의 그레인(grain) 사이즈가 2000~3000 Å의 범위로 분포된다는 것이다. 결정의 그레인 사이즈의 크기 분산은 σ (표준 편차)로 $\pm 20\%$ 이내로 작다. 도 9(A) 및 도 9(B)는 이것을 나타내는 사진들이다.

도 9(A)는, 비정질 규소막의 표면에 수소 증단을 의도적으로 실시한 기관에 실온(RT)의 대기에서 레이저를 조사한 때의 규소막 표면의 SEM 사진(주사형 전자현미경 사진)이다.

도 9(B)는, 기관 온도를 400°C로 한 것을 제외하고는 도 9(A)와 동일한 조건으로 레이저를 조사한 막의 표면의 SEM 사진이다. 기관 온도를 400°C로 높게 한 상태에서 레이저 조사를 행한 막은, 그레인 사이즈가 μm 정도의 큰 것으로부터 수 백 Å의 미소한 것까지 넓은 범위의 분포를 가진다. 한편, 기관 온도를 실온으로 한 상태에서 레이저 조사를 행한 막은, 그레인 사이즈가 2000~3000 Å의 비교적 좁은 범위에서 피크를 갖는 분포를 가진다. 이 사실은, 레이저 조사에 의해 형성된 물분자 층이 발산하기 어려운 조건 하에 레이저 결정화를 행한 때 그레인 사이즈가 균일하게 분포된다는 것을 시사한다.

또한, 레이저 조사에 의해 생기는 반도체막 표면의 요철의 높이 분산은 종래의 경우보다 작게 된다. 이 사실은 도 4에서 볼 수 있다. 엑시머 레이저의 경우 펄스 레이저의 에너지는 $\pm 5\%$ 만큼 변한다는 것은 알려져 있다. 도 4에서 실제로 조사되는 에너지 밀도의 5%는 대략 $10\sim 20 \text{ mJ/cm}^2$ 에 상당하고, 에너지 밀도가 $10\sim 20 \text{ mJ/cm}^2$ 의 범위로 변동한 경우, 평균 조도는 400°C의 기관 온도에서 $\pm 70\%$ 이상 변하는데 대하여, 기관 온도가 실온인 경우에는 $\pm 40\%$ 이하로 한정된다. 이들 수치는 기관의 요철을 통계 처리하여 산출한 σ 의 값과 대체로 일치한다.

본 명세서에 개시된 발명은 상기한 실험 결과로부터 얻어진 것이다.

본 발명의 제1 양태에 따르면, 비(非)단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서, 레이저 빔이 조사되는 면 측에 기체 또는 액체의 열의 보온층을 형성하면서 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법이 제공된다.

상기 보온층은 비단결정 반도체막을 보온함으로써 그 비단결정 반도체막의 결정화를 촉진시키는 것을 돕는다.

상기 보온층은 물 또는 수증기로 된 경우에 효과가 크다. 그 이유는 물이 유체 중에서 가장 열용량이 큰 물질들 중의 하나이기 때문이다. 상기 보온층이 비단결정 반도체막의 결정화를 촉진시키는 물 또는 수증기로 되어 있는 것이 바람직하다.

본 발명의 제2 양태에 따르면, 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서, 반도체막 표면의 적어도 내외측 부근에 산소 및 수소를 분포시킨 상태에서 레이저 빔을 조사하여, 산소와 수소를 그 레이저 빔에 의해 서로 반응시켜 반도체막의 결정화와 동시에 물을 형성하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법이 제공된다.

본 발명의 제3 양태에 따르면, 선형으로 가공된 레이저 빔을 비단결정 반도체막에 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서, 레이저 빔이 조사되는 면 측에 기체 또는 액체의 열의 보온층을 형성하면서 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법이 제공된다.

상기 보온층은 비단결정 반도체막을 보온함으로써 그 비단결정 반도체막의 결정화를 촉진시키는 것을 돕는다.

상기 보온층은 물 또는 수증기로 된 경우 효과가 크다. 그 이유는 물이 유체 중에서 가장 열용량이 큰 물질들 중의 하나이기 때문이다.

상기 보온층은 비단결정 반도체막의 결정화를 촉진시키는 물 또는 수증기로 되어 있는 것이 바람직하다.

본 발명의 제4 양태에 따르면, 선형으로 가공된 레이저 빔을 비단결정 반도체막에 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서, 반도체막 표면의 적어도 내외측 부근에 산소 및 수소를 분포시킨 상태에서 레이저 빔을 조사하여, 산소와 수소를 그 레이저 빔에 의해 서로 반응시켜 반도체막의 결정화와 동시에 물을 형성하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법이 제공된다.

본 발명의 제1 내지 제4 양태에서 사용되는 레이저로서는 펄스 레이저가 효과적이다. 펄스 레이저 중에서 특히 큰 출력을 갖는 엑시머 레이저가 본 발명의 제1 내지 제4 양태에서 사용되는 레이저로서 효과적이다.

본 발명의 제5 양태에 따르면, 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서, 적어도 산소를 포함하는 분위기에서 그리고 비단결정 반도체막의 표면을 수소에 의해 의도적으로 중단시킨 상태에서 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법이 제공된다.

본 발명의 제6 양태에 따르면, 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서, 분위기를 제어할 수 있는 레이저 조사실의 내부를 적어도 물분자를 함유하는 분위기로 하고, 그 레이저 조사실 내에서 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법이 제공된다.

본 발명의 제7 양태에 따르면, 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서, 분위기를 제어할 수 있는 레이저 조사실의 내부를 적어도 산소와 수소를 함유하는 분위기로 한 상태에서 상기 레이저 조사실 내에서 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여, 산소와 수소를 그 레이저 빔에 의해 서로 반응시켜 반도체막의 결정화와 동시에 물을 형성하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법이 제공된다.

상기 비단결정 반도체막이 레이저 조사 전에 그의 표면을 수소에 의해 의도적으로 중단시킨 상태로 된 때, 레이저 결정화가 막 표면에서 더욱 균일하게 행해진다. 이것은 막 표면 부근에서 물의 합성이 일어나 보온 효과를 촉진시키기 때문이다.

본 발명의 제8 양태에 따르면, 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서, 비단결정 반도체막의 표면으로부터 그 표면 바로 부근까지의 범위에 물분자로 이루어진 층을 형성하면서 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법이 제공된다.

본 발명의 제9 양태에 따르면, 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서, 비단결정 반도체막의 표면으로부터 그 표면 바로 부근까지의 범위에 물분자로 이루어진 층을 형성한 상태에서 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법이 제공된다.

상기한 레이저 어닐 공정들의 어느 것에서도, 기판 온도를 -10°C ~ 100°C 의 범위로 유지한 상태에서 행하면, 막의 결정성이 더욱 균일하게 된다.

본 발명의 제10 양태에 따르면, 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서, 물분자를 포함하는 기체를 비단결정 반도체막에 붙어 붙이면서 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법이 제공된다.

본 발명의 제11 양태에 따르면, 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서, 산소와 수소를 포함하는 기체를 비단결정 반도체막에 붙어 붙이면서 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법이 제공된다.

본 발명의 제10 또는 제11 양태에서, 기판 온도를 -10°C ~ 100°C 의 범위로 유지한 상태에서 행하면, 막의 결정성이 더욱 균일하게 된다.

본 발명의 제10 또는 제11 양태에 따른 레이저 어닐이 분위기를 제어할 수 있는 레이저 조사실 내에서 행해지면, 오염을 방지하는 효과가 있다. 특히, 본 발명의 제11 양태에서는, 수소가 사용되기 때문에, 레이저 조사실은 안전을 필요로 한다.

본 발명의 제5 내지 제11 양태의 어느 것에서도, 피조사면에서의 단면 형상이 스폿형 또는 선형인 레이저 빔을 조사하여 레이저 빔의 조사를 행하는 것이 바람직하다. 본 발명의 제5 내지 제11 양태에서 사용되는 레이저로서는 펄스 레이저가 효과적이다. 펄스 레이저 중에서 특히 큰 출력을 갖는 엑시머 레이저가, 본 발명의 제5 내지 제11 양태에서 사용되는 레이저로서 효과적이다.

본 발명의 제12 양태에 따르면, 선형으로 가공된 레이저 빔을 비단결정 반도체막에 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서, 물분자를 포함하는 기체에 의해 에어 나이프 형태의 기체 흐름을 형성하고, 그 에어 나이프 형태의 기체 흐름을 비단결정 반도체막에 붙어 붙이면서, 그 에어 나이프 형태의 기체 흐름이 붙어 붙여지는 비단결정 반도체막의 부분에 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법이 제공된다.

본 발명의 제13 양태에 따르면, 선형으로 가공된 레이저 빔을 비단결정 반도체 막에 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서, 산소와 수소를 포함하는 기체에 의해 에어 나이프 형태의 기체 흐름을 형성하고, 그 에어 나이프 형태의 기체 흐름을 비단결정 반도체막에 붙어 붙이면서, 그 에어 나이프 형태의 기체 흐름이 붙어 붙여지는 비단결정 반도체막의 부분에 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법이 제공된다.

본 발명의 제12 및 제13 양태에서 에어 나이프 형태의 기체 흐름을 형성하는 이유는, 에어 나이프의 단면이 선형 레이저 빔의 단면 형상과 닮아서, 레이저가 조사되는 부분에 기체가 효과적으로 공급될 수 있기 때문이다. 본 발명의 제12 및 제13 양태에서, 기판 온도를 $-10^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 의 범위로 유지한 상태에서 레이저 어닐이 행해지면, 막의 결정성이 더욱 균일하게 된다.

본 발명의 제12 및 제13 양태에서, 레이저 어닐이 분위기를 제어할 수 있는 레이저 조사실 내에서 행해지면, 오염을 방지하는 효과가 있다. 특히, 본 발명의 제13 양태에서는, 수소가 사용되기 때문에, 레이저 조사실은 안전을 필요로 한다.

본 발명의 제12 및 제13 양태에 사용되는 레이저로서 펄스 레이저가 효과적이다. 펄스 레이저 중에서 특히 큰 출력을 갖는 엑시머 레이저가, 본 발명의 제12 및 제13 양태에서 사용되는 레이저로서 효과적이다.

본 발명의 제1 내지 제13 양태에서 사용되는 비단결정 반도체막은 비단결정 규소막이 적합하다.

본 발명의 제14 양태에 따르면, 분위기를 제어할 수 있는 레이저 조사실 내에서 비단결정 반도체막에 레이저 어닐을 행하는 레이저 어닐 장치에 있어서, 상기 레이저 조사실 내에 적어도 물분자를 포함하는 기체를 공급하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 장치가 제공된다.

본 발명의 제15 양태에 따르면, 분위기를 제어할 수 있는 레이저 조사실 내에서 비단결정 반도체막에 레이저 어닐을 행하는 레이저 어닐 장치에 있어서, 상기 레이저 조사실 내에 적어도 수소와 산소를 포함하는 기체를 공급하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 장치가 제공된다.

본 발명의 제16 양태에 따르면, 비단결정 반도체막에 레이저 어닐을 행하는 레이저 어닐 장치에 있어서, 레이저 어닐 장치에 의해 형성된 레이저 빔이 조사되는 비단결정 반도체막의 부분에 적어도 물분자를 포함하는 기체를 공급하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 장치가 제공된다.

본 발명의 제17 양태에 따르면, 비단결정 반도체막에 레이저 어닐을 행하는 레이저 어닐 장치에 있어서, 레이저 어닐 장치에 의해 형성된 레이저 빔이 조사되는 비단결정 반도체막의 부분에 적어도 수소와 산소를 포함하는 기체를 공급하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 장치가 제공된다.

본 발명의 제18 양태에 따르면, 비단결정 반도체막에 레이저 어닐을 행하기 위해 선형으로 가공된 레이저 빔을 형성하는 레이저 어닐 장치에 있어서, 적어도 물분자를 포함하는 기체에 의해 에어 나이프 형태의 기체 흐름을 형성하는 수단과, 레이저 어닐 장치에 의해 형성된 레이저 빔이 조사되는 비단결정 반도체막의 부분에 에어 나이프 형태의 기체 흐름을 형성하는 기체를 공급하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 장치가 제공된다.

본 발명의 제19 양태에 따르면, 비단결정 반도체막에 레이저 어닐을 행하기 위해 선형으로 가공된 레이저 빔을 형성하는 레이저 어닐 장치에 있어서, 적어도 수소와 산소를 포함하는 기체에 의해 에어 나이프 형태의 기체 흐름을 형성하는 수단과, 레이저 어닐 장치에 의해 형성된 레이저 빔이 조사되는 비단결정 반도체막의 부분에 에어 나이프 형태의 기체 흐름을 형성하는 기체를 공급하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 장치가 제공된다.

본 발명의 제14 내지 제19 양태의 레이저에는 펄스 레이저가 적합하다. 펄스 레이저 중에서 특히 큰 출력을 갖는 엑시머 레이저가 본 발명의 제18 및 제19 양태의 레이저에 적합하다. 본 발명의 제14 내지 제19 양태에서 사용되는 비단결정 반도체막은 비단결정 규소막이 적합하다.

본 발명의 상기한 양태들에서, 질소 가스가 가격, 낮은 반응성 등의 관점에서 상기한 기체들의 다른 성분으로서 적합하다.

본 발명에 따르면, 비단결정 막에 레이저 어닐을 행하여 그 비단결정 반도체막을 결정화하거나 또는 결정성을 향상시키는데 있어서, 물분자 층이 비단결정 반도체막과 레이저 빔 사이에 형성된다. 그 물분자 층은 비단결정 반도체막에 보온층으로서 작용하고, 막 면에서의 결정성의 균질성을 현저하게 향상시킨다.

상기한 바와 같이, 물분자 층의 효과는 물분자의 밀도에 의해 크게 변한다. 이것은 짧은 파장을 갖는 빔이 어떤 깊이 이상으로는 액체 상태의 물을 투과하지 못하기 때문이다. 레이저 빔은 자외선이기 때문에 짧은 파장을 가진다.

이하, 본 발명의 실시예에 대하여 설명한다.

[실시예 1]

본 실시예의 제작공정에서는, 먼저, 레이저를 조사하기 위한 막을 형성하는 방법을 나타낸다. 본 명세서에서는, 레이저를 조사하기 위한 막은 3종류이다. 본 발명은 이들 막의 어느 것에 대해서도 효과적이다.

먼저, 3종류의 막 모두에 대해, 127 mm 평방의 코닝 1737 기판 상에 하지막(下地膜)으로서 산화규소막을 2000 Å의 두께로 형성하고, 그 위에, 비정질 규소막을 플라즈마 CVD법에 의해 500 Å의 두께로 연속적으로 형성한다. 이하, 이 막을 출발막이라 칭한다.

(막 A의 제작과정)

먼저, 출발막을 450°C의 열욕(熱浴)에 1시간 놓아둔다. 이 공정은 비정질 규소막 중의 수소 농도를 감소시키기 위한 공정이다. 막 중의 수소의 양이 과도하게 많으면 막이 레이저 에너지에 견딜 수 없기 때문에, 이 공정이 포함된다.

막 내의 수소 밀도는 10^{20} 원자/cm³ 정도가 바람직하다. 이 막을 비(非)단결정 규소막 A라 칭한다.

(막 B의 제작과정)

먼저, 10 ppm의 니켈 초산염 수용액을 스핀 코팅법에 의해 출발막 상에 도포하여 니켈 초산염 층을 형성한다. 니켈 초산염 수용액에는 계면활성제를 첨가하는 것이 보다 바람직하다. 니켈 초산염 층은 극히 얇기 때문에 막과 같은 형상일 필요는 없지만, 후의 공정에서 문제가 되지 않는다.

다음, 상기한 바와 같은 각각의 막이 적층된 기판에 600°C, 4시간의 열 어닐을 행하여 비정질 규소막을 결정화시켜, 비단결정 규소막인 결정성 규소막 B를 형성한다.

이때, 촉매원소인 니켈이 결정 성장의 핵으로 기능하여 결정화를 촉진시킨다. 니켈의 기능에 의해, 600°C의 낮은 온도에서 4시간의 짧은 시간에 결정화가 행해질 수 있다. 이에 대한 상세한 설명은 일본국 공개특허공고 평6-244104호 공보에 기재되어 있다.

촉매원소의 농도는 $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{19}$ 원자/cm³의 범위 내인 것이 바람직하다. 1×10^{19} 원자/cm³ 이상의 높은 농도에서는, 결정성 규소막에 금속적 성질이 나타나, 반도체로서의 특성이 소멸한다.

본 실시예에서는, 결정성 규소막 내의 촉매원소의 농도를 그 막 내에서의 최소 값으로 $1 \times 10^{17} \sim 5 \times 10^{18}$ 원자/cm³으로 하였다. 이들 값들은 2차 이온 질량 분석법(SIMS)에 의해 분석되고 측정된 것이다.

(막 C의 제작과정)

먼저, 출발막 상에 두께 700 Å의 산화규소막을 형성한다. 성막 방법으로는 플라즈마 CVD법을 사용한다. 그 다음, 그 산화규소막의 일부에 포토리소그래피 패터닝 공정에 의해 완전히 구멍을 뚫는다. 산소 분위기에서 5분간 UV선(자외선)을 조사하여, 그 구멍 뚫린 부분에 얇은 산화막을 형성한다. 그 산화막은 후의 공정에서 도입될 니켈 초산염 수용액에 대한 상기 구멍 뚫린 부분의 습윤성을 향상시키기 위해 형성되는 것이다.

100 ppm의 니켈 초산염 수용액을 스핀 코팅법에 의해 그 막 상에 도포하여, 니켈 초산염이 상기 구멍 뚫린 부분으로 들어가게 한다. 니켈 초산염 수용액에는 계면활성제를 첨가하는 것이 보다 바람직하다.

다음에, 600℃, 8시간의 열 어닐을 행하여, 니켈이 도입된 부분으로부터 수평방향으로 결정이 성장하게 한다. 이때, 니켈의 역할은 막 B에서와 같다. 이 경우의 조건에서는, 대략 40 μm의 수평방향 성장이 얻어진다. 이렇게 하여, 비정질 규소막이 결정화되어, 비단결정 규소막인 결정성 규소막 C가 형성된다. 그 후, 그 결정성 규소막 상의 산화규소막을 버퍼 불화수소산을 사용하여 박리 제거한다.

이렇게 하여 얻어진 비단결정 규소막 A, B 및 C를 결정화하거나 결정성을 더욱 향상시키기 위해 엑시머 레이저를 사용하여 레이저 어닐을 행한다.

도 1은 본 실시예에 있어서의 레이저 조사실의 측면면도를 나타낸다.

도 3은 레이저 어닐 장치의 상면도를 나타낸다. 본 실시예에서는, 도 3에 나타난 멀티체임버형의 레이저 어닐 장치가 사용된다. 도 3의 A-A'선에 따른 단면도가 도 1에 대응한다.

도 1에서, 레이저 조사실(101)은, 레이저 발진장치(102)로부터 방출되고 광학계(112)에 의해 선형의 단면 형상으로 가공된 펄스 레이저 빔을 거울(103)에 의해 반사시키고, 그 펄스 레이저 빔을 원통형 렌즈(116)에 의해 집광하여, 석영으로 된 창(104)을 통해 피처리 기관(105)에 조사하는 기능을 가지고 있다. 광학계(112), 거울(103) 및 원통형 렌즈(116)가 도 8에 도시되어 있다.

도 8의 광학계는 선형 빔 면내의 에너지 분포의 균질성이 매우 우수하기 때문에 사용된다. 에너지 분산은 ±5% 이내이다. 본 발명에서 사용되는 선형 레이저 빔은 도 8의 광학계에 의해 선형으로 가공된다. 선형 레이저 빔이 도 8의 것과 다른 광학계에 의해 가공될 수도 있지만, 에너지 분포의 균질성은 도 8의 것과 대체로 같아야 한다. 도 8의 타입의 렌즈군(群)의 역할을 이하에 설명한다. 또한, 도 8에서, 위의 도면은 상면도이고, 아래의 도면은 측면도이다.

원통형 렌즈(801, 803)들은 빔을 길이방향 및 폭방향으로 분할하는 기능을 한다. 원통형 렌즈(802, 804)들은 그 분할된 광속을 한 영역 또는 본 발명에서는 선 형상을 이루는 영역에 집중하는 기능을 한다. 본 실시예에서는, 원래의 빔을 폭방향으로 5 분할, 길이방향으로 7 분할함으로써 35 분할된 빔을 하나의 빔으로 집중함으로써 빔의 에너지 분포를 평균화하였다. 빔의 길이 대 폭의 비는 렌즈군의 구조에 따라 자유롭게 변경될 수 있기 때문에, 본 광학계에 의해 정사각형으로부터 선 형상에 이르기까지의 모든 빔 형상이 형성될 수 있다. 그러나, 렌즈의 사이즈와 초점거리의 조합에 의해, 가공하기 쉬운 빔 형상이 제한된다.

석영 창(104)은 히터(115)를 내장한 지그(jig)(113)로 고정되어 있다. 히터(115)는 석영 창(104)의 성에제거(defogging)를 위해 설치되어 있다. 이것은 레이저 조사실(101)이 레이저 조사시에 가습 상태로 되기 때문이다. 석영 창(104)의 O링(114)에는 베이톤(baiton)이 사용된다. 베이톤의 내열 온도는 본 발명에 충분한 대략 150℃이다. 그러나, 더 높은 내열 온도가 요구되는 경우에는, 카루레츠(karuretsu)를 사용하면 O링(114)이 대략 250℃까지 견딘다. 성에제거를 위해서는 석영 창(104)에 건조한 질소를 불어 불일 수도 있다.

본 실시예에서는, 레이저 발진장치(102)가 XeCl 엑시머 레이저(파장 308 nm)를 발진한다. 또는, KrF 엑시머 레이저(파장 248 nm)가 사용될 수도 있다.

피처리 기관(105)은 베이스(106)상에 설치된 스테이지(stage)(111)상에 배치된다. 베이스(106)에는, 스테이지(111)상의 기관의 온도를 소정의 온도로 유지하기 위한 히터가 내장되어 있다. 그리고, 베이스(106)는 이동기구(107)에 의해 선형 레이저 빔의 선 방향에 직교하는 방향으로 이동되어, 피처리 기관(105)의 상면에 대하여 레이저 빔을 주사하면서 조사할 수 있게 한다.

분위기가 제어될 수 있는 레이저 조사실(101)은 감압 및 배기 수단으로서 진공 배기 펌프(108)를 구비하고 있다. 또한, 본 실시예에서는, 기체 공급 수단으로서, 밸브를 통해 질소 봄베(bomb)에 연결된 기체 공급관(109)과, 밸브를 통해 레이저 처리실 내의 습도를 조절하기 위한 기체 공급관(110)이 제공되어 있다. 기체 공급관(110)으로부터 공급되는 기체로서는, 습도가 조절된 질소가 적당하다.

레이저 조사실(101)은 게이트 밸브(301)를 통해 기관 반송실(302)(도 3)에 연결되어 있다.

도 3에서, 도 1의 레이저 조사실(101)이 게이트 밸브(301)를 통해 기관 반송실(302)에 연결되어 있다.

다음, 도 3에 나타난 장치에 대하여 설명한다. 다수 매(예를 들어, 20매)의 피처리 기관(105)이 수납된 카세트(304)가 반입/반출실(306)내에 배치된다. 로봇 암(305)에 의해 1매의 기관이 카세트(304)로부터 얼라인먼트(alignment)실(303)로 이동된다.

피처리 기관(105)과 로봇 암(305)의 위치 관계를 변경하기 위한 얼라인먼트 기구가 얼라인먼트실(303)내에 배치되어 있다. 얼라인먼트실(303)은 게이트 밸브(307)를 통해 반입/반출실(306)에 연결되어 있다.

기관이 로봇 암(305)에 의해 기관 반송실(302)에 놓여지고, 또한, 로봇 암(305)에 의해 레이저 조사실(101)로 이송된다. 이때, 스테이지(111)는 베이스(106)내의 히터에 의해 소망의 온도, 예를 들어, 실온으로부터 약 300℃까지의 범위로 유지된다. 스테이지(111)상에 배치된 기관은 온도가 안정화될 때까지 방치된다. 이때, 석영 창(104)의 온도는 성에제거를 위해 지그(113)내의 히터(115)에 의해 적당한 온도까지 승온된다. 또한, 레이저 조사실의 분위기, 주로, 습도를 제어하기 위해, 습도가 조절된 질소 가스가 기체 공급관(109, 110)으로부터 유입된다.

도 1에서, 피처리 기관(105)에 조사되는 선형 레이저 빔의 치수는 폭 0.4 mm × 길이 135 mm이다. 피조사면에서의 레이저 빔의 에너지 밀도는 100~500 mJ/cm²의 범위 내, 예를 들어, 260 mJ/cm²으로 한다. 베이스(106)를 1.2 mm/s의 속도로 일 방향으로 이동시킴으로써, 선형 레이저 빔이 주사된다. 레이저의 발진 주파수는 30 Hz이고, 피조사물의 일 지점에 대하여 10~50 쇼트(shot)의 레이저 빔이 조사된다.

이때, 레이저 조사실 내의 수분이 규소막의 보온층으로 기능하여, 결정화의 균질성을 현저하게 향상시킨다. 레이저 조사 전에 피처리 기관(105)을 수세(水洗)하고 건조시킨 상태에서 레이저 결정화를 행하면, 규소막의 표면에 흡착하여 잔류하는 수분이 기관을 보온하는 효과를 조장한다. 본 발명에서는, 규소막의 표면에 흡착하여 잔류하는 수분도 보온층의 일부로서 정의한다.

기관 온도가 과도하게 높으면, 물분자 층의 확산 속도가 과도하게 높아져, 보온 효과가 감소된다. 기관 온도가 -10℃~100℃의 범위 내일 때, 우수한 결과가 얻어진다. 또한, 레이저 조사실 내의 압력에 대해서는, 수 백 파스칼로부터 수 애텀(atom)까지의 어떤 압력 하에도 기체 공급과 배기의 균형을 제어함으로써 우수한 결과가 얻어진다.

레이저 조사를 종료한 후에, 피처리 기관(105)은 로봇 암(305)에 의해 기관 반송실(302)로 복귀된다. 그 다음, 피처리 기관(105)은 로봇 암(305)에 의해 반입/반출실(306)로 이송되고, 카세트(304)내에 수납된다.

이렇게 하여, 레이저 어닐 공정이 완료된다. 이와 같이 상기 공정을 반복함으로써, 다수의 기관이 하나씩 연속적으로 처리될 수 있다.

본 실시예에서는 선형 레이저가 사용되었지만, 선형으로부터 정사각형에 이르기까지 모든 형상의 빔이 본 발명에서 사용될 때라도, 본 발명에서 특징으로 하는 효과가 얻어진다.

[실시예 2]

실시예 1에서 제작된 막 A, B 및 C를 본 실시예에서 결정화시키거나 또는 결정성을 향상시킨다.

본 실시예에서는, 실시예 1의 공정들과 대체로 동일한 공정들이 행해진다. 유일한 차이점은 레이저 조사실에 공급되는 가스의 종류이다. 본 실시예에서는, 기체 공급관(109)에서는 밸브를 통해 질소로 희석된 산소가 공급되고, 기체 공급관(110)에서는 밸브를 통해 질소로 희석된 수소가 공급된다. 수소의 농도는 안정성을 고려하여 0.1~10%의 범위로 한다. 산소의 농도도 수소에 맞춰 0.1~10%의 범위로 한다.

기체 공급관 등을 사용하여 레이저 조사실의 분위기를 주로 질소, 산소 및 수소로 구성된 분위기로 한 후에, 레이저 조사를 행한다. 레이저 조사실 내의 산소와 수소가 레이저 에너지에 의해 반응하고 합성하여 형성된 물분자 층이 규소막의 보온층으로 기능하여 결정화의 균일성을 현저하게 향상시킨다. 레이저 조사 전에 피처리 기관(105)을 수세하고 건조시킨 상태에서 레이저 결정화를 행하면, 규소막의 표면에 흡착하여 잔류하는 수분이 기관 보온 효과를 조장한다. 본 발명에서는, 규소막의 표면에 흡착하여 잔류하는 수분도 보온층의 일부로서 정의한다.

기관 온도가 과도하게 높으면, 물분자 층의 확산 속도가 과도하게 높게 되어 보온 효과가 감소된다. 기관 온도가 -10℃~100℃의 범위 내일 때, 우수한 결과가 얻어진다. 레이저 조사실 내의 압력에 대해서는, 수 백 파스칼로부터 수 앰팜까지의 어떤 압력 하에도 기체 공급 및 배기의 균형을 제어함으로써 우수한 결과가 얻어진다.

[실시예 3]

실시예 1에서 제작된 막 A, B 및 C를 본 실시예에서 결정화시키거나 또는 결정성을 향상시킨다. 본 실시예에서는 도 5에 나타낸 장치를 사용한다.

본 실시예에서는 실시예 1의 공정들과 대체로 같은 공정들이 행해진다. 유일한 차이점은 레이저 조사실에 공급하는 가스 공급 방법이다. 본 실시예에서는, 기체 공급관(109, 110)에 연장관(501)이 연결되어 있고, 기체 공급관(109, 110)에서 공급된 기체(502)가 연장관(501)으로부터 나온다. 연장관(501)은 레이저 빔이 조사되는 기관 전체에 기체(502)가 공급되도록 하는 방식으로 설치되어 있다.

본 실시예의 경우, 기체(502)는 습도가 조절된 질소이다. 기체(502)내의 물분자가 규소막의 보온층으로 기능하여 결정화의 균질성을 현저하게 향상시킨다. 레이저 조사 전에 피처리 기관(105)을 수세하고 건조시킨 상태에서 레이저 결정화가 행해지면, 규소막 표면에 흡착하여 잔류하는 수분이 기관 보온 효과를 조장한다. 본 발명에서는, 규소막 표면에 흡착하여 잔류하는 수분도 보온층의 일부로서 정의한다.

기관 온도가 과도하게 높으면 물분자 층의 확산 속도가 과도하게 높게 되어 보온 효과가 감소된다. 기관 온도가 -10℃~100℃의 범위 내일 때, 우수한 결과가 얻어진다. 레이저 조사실의 압력에 대해서는, 수 백 파스칼로부터 수 앰팜에 이르기까지의 어떤 압력 하에서도 기체 공급 및 배기의 균형을 제어함으로써 우수한 결과가 얻어진다.

본 실시예의 결과로부터, 본 실시예의 효과는 레이저 조사실의 유무에 의존하지 않음을 알 수 있다. 레이저 조사실의 효과는 기관 오염 방지에만 있다.

본 실시예에서 사용되는 레이저 빔을 선형으로 한 경우, 연장관(501)의 송풍구의 형상도 레이저 빔의 형상에 맞춰 선형으로 하여, 기체가 에어 나이프의 형상으로 기관에 붙어 붙여지게 함으로써, 기체(502)가 효율적으로 공급될 수 있다(도 6 참조). 도 6의 기체 흐름(503)은 연장관(501)내의 기체 흐름의 모습을 나타낸다.

[실시예 4]

실시예 1에서 제작된 막 A, B 및 C를 본 실시예에서 결정화시키거나 또는 결정성을 향상시킨다.

본 실시예에서는 실시예 3의 공정들과 대체로 같은 공정들이 행해진다. 유일한 차이점은 레이저 조사실에 공급되는 가스의 종류이다. 본 실시예에서는, 실시예 2와 마찬가지로, 기체 공급관(109)에서는 밸브를 통해 질소로 희석된 산소를 공급하고, 기체 공급관(110)에서는 밸브를 통해 질소로 희석된 수소를 공급한다. 수소 농도는 안정성을 고려하여 0.1%~10%의 범위 내로 한다. 산소 농도도 수소에 맞춰 0.1%~10%의 범위 내로 한다.

본 실시예의 경우, 기체(502)는 질소, 산소 및 수소의 혼합 가스이다. 수소와 산소가 레이저 에너지에 의해 반응하고 합성되어 형성된 물분자 층이 규소막의 보온층으로 기능하여 결정화의 균질성을 현저하게 향상시킨다. 레이저 조사 전에 피처리 기관(105)을 수세하고 건조시킨 상태에서 레이저 결정화를 행하면, 규소막 표면에 흡착하여 잔류하는 수분이 기관 보온 효과를 조장한다. 본 발명에서는, 규소막 표면에 흡착하여 잔류하는 수분도 보온층의 일부로서 정의한다.

기관 온도가 과도하게 높으면, 물분자 층의 확산 속도가 과도하게 높게 되어 보온 효과가 감소된다. 기관 온도가 -10℃~100℃의 범위 내일 때, 우수한 결과가 얻어진다. 레이저 조사실내의 압력에 대해서는, 수 백 파스칼로부터 수 앰팜에 이르기까지의 어떤 압력 하에서도 기체 공급 및 배기의 균형을 조절함으로써 우수한 결과가 얻어진다.

본 실시예의 결과로부터, 본 실시예의 효과는 레이저 조사실의 유무에 의존하지 않는다는 것을 알 수 있다. 레이저 조사실의 효과는 기관 오염 방지에만 있다. 그러나, 대기 중으로 수소가 방출되는 것은 위험하기 때문에, 본 실시예의 경우에는 레이저 조사실이 제공되어야 한다.

본 실시예에서 사용되는 레이저 빔을 선형으로 한 경우, 연장관(501)의 송풍구의 형상도 선형 빔의 형상에 맞춰 선형으로 하여, 기체가 에어 나이프 형상으로 기관에 붙어 붙여지게 함으로써, 기체(502)가 더욱 효율적으로 공급될 수 있다(도 6 참조). 도 6의 기체 흐름(503)은 연장관(501)내의 기체 흐름의 모습을 나타낸다.

[실시예 5]

실시예 1에서 나타낸 방법으로 제작된 비단결정 규소막 A, B 및 C를 결정화시키거나 또는 결정성을 더욱 향상시키기 위해 엑시머 레이저를 사용하여 레이저 어닐을 행한다.

도 1 및 도 3에 나타낸 장치를 사용하여 레이저 어닐을 행하는 공정을 설명한다. 먼저, 피처리 기관(105)(비단결정 규소막을 가진 기관)을 HF 수용액 또는 HF와 H₂O₂의 혼합 수용액으로 세정하여 규소막의 표면을 수소로 종단한 후, 그 피처리 기관(105)을 카세트(304)내에 수납하고, 그 카세트(304)를 반입/반출실(306)내에 배치한다.

도 3에서, 본 실시예에 따라, 반입/반출실(306)로부터 이송된 피처리 기관(105)을 정렬(얼라인먼트)시킨 후 레이저 조사실(101)로 이송한다.

레이저 조사실(101)로 이송된 피처리 기관(105)을 스테이지(111)상에 놓는다. 그 상태에서 게이트 밸브(301)를 닫고, 진공 배기 펌프(108)에 의해 레이저 조사실의 내부를 배기시킨다.

그 후, 질소로 희석된 산소를 기체 공급관(109)으로부터 공급하고, 질소로 희석된 수소를 기체 공급관(110)으로부터 공급하여, 예를 들어, 산소 5%, 수소 5% 및 질소 90%로 이루어진 분위기를 만든다. 이때, 압력은 대기압으로 한다.

또한, 도 1에서, 피처리 기관(105)에 조사되는 선형 레이저 빔의 치수는 폭 0.4 mm × 길이 135 mm로 한다. 피조사면에서의 레이저 빔의 에너지 밀도는 100~500 mJ/cm²의 범위 내, 예를 들어, 260 mJ/cm²으로 한다. 베이스(106)를 1.2 mm/s의 속도로 일 방향으로 이동시킴으로써 선형 레이저 빔을 주사한다. 레이저의 발진 주파수는 30 Hz로 하고, 피조사물의 한 지점에 대하여 10~50 쇼트로 레이저 빔을 조사한다.

이때, 레이저 처리실 내의 산소와 레이저 처리실 내의 수소 또는 비단결정 규소막의 표면의 수소 원자가 레이저 에너지에 의해 반응하여 물분자를 형성한다. 그 물분자들의 집합체가 비단결정 규소막을 보온하는 역할을 하여 결정화를 촉진시키고, 결정성의 균질성을 현저하게 향상시킨다. 레이저 조사 전에 피처리 기관(105)을 HF 수용액 또는 HF와 H₂O₂의 혼합 수용액에 의해 세정하기 때문에, 규소막의 표면에 흡착하여 잔류하는 수분이 제공되어, 기관 보온 효과를 조장한다. 본 발명에서는, 규소막의 표면에 흡착하여 잔류하는 수분도 보온층의 일부로서 정의한다. 기관 온도가 높을수록 물분자들의 집합체의 확산 속도가 높아져 보온 효과가 감소된다. 이렇게 하여, 비단결정 규소막 A, B 및 C에 대하여 레이저 어닐이 행해져, 결정화가 이루어지거나 또는 결정성이 향상된다.

본 실시예의 레이저 처리실의 분위기에 대해서는, 수소 농도를 0.1%~10%의 범위, 산소 농도를 0.1%~10%의 범위, 레이저 처리실 내의 압력을 수 백 파스칼 내지 수 에탐의 범위, 기관 온도를 -10℃~100℃의 범위에서 변경시킨 어떠한 분위기 하에서도 우수한 결과가 얻어진다. 수소를 함유하지 않는 분위기에서도, 분위기가 산소를 포함하는 한 물이 형성되기 때문에, 수소를 함유하지 않고 산소를 포함하는 분위기에서의 레이저 결정화도 효과적이다. 그 후, 기관을 로봇 암(305)에 의해 반입/반출실(306)내의 카세트(304)내에 수납한다.

[실시예 6]

본 실시예에서는, 레이저 조사에 의해 물분자가 형성되는 증거를 나타낸다. 도 10(A) 및 도 10(B)의 도표는 먼지 카운터에 의해 레이저 조사실 내의 먼지의 수를 카운트하여 나타낸 것으로, 가로 좌표는 입자 크기(μm)를 나타내고, 세로 좌표는 입자 수(측정된 값)를 나타낸다. 도 10(A)는 레이저 조사 전의 입자의 수를 나타내고(총수는 16이고, 샘플링 시간은 2시간 6분이다), 도 10(B)는 기관을 주사하면서 레이저 조사를 행한 후의 입자의 수(그물 모양으로 빗금을 친 것. 총수는 473이다)와, 레이저 조사 없이 단지 기관을 주사한 후에 카운트된 입자의 수(오른쪽 하방으로만 빗금을 친 것. 총수는 74이다)를 나타낸다(샘플링 시간은 1시간 39분이다). 먼지 카운터의 카운트 값이 레이저 조사에 의해 현저하게 증가됨을 알 수 있다.

레이저 조사 후에 먼지 카운터에 의해 검출된 입자들의 대부분은 대략 0.3 μm 의 입자 크기를 가진다. 그래서, 본 발명자들은 먼지 카운터(1101)의 흡입구(1102)의 중간에 0.2 μm 피치(pitch)의 필터(1103)를 삽입하고, 레이저 조사 후에 입자(1104)를 포획하도록 시도하였다(도 11 참조).

레이저 조사 후에, 그 필터를 SEM으로 관찰하였다. 그러나, 입자들이 거의 관찰되지 않았다. 이 사실로부터, 먼지 카운터에 의해 검출된 입자들은 액체 입자들이었던 것으로 추측할 수 있다. 레이저 조사에 의해 형성된 액체는 레이저 조사의 대상을 고려하면 물로 구성된 것으로 예상된다.

발명의 효과

본 발명에 따르면, 종래의 모든 레이저 어닐 기술과 비교하여, 결정성 및 균질성이 현저하게 향상되고, 에너지 이용 효율이 현저하게 향상될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

비(非)단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서,

레이저 빔이 조사되는 면 측에 기체 또는 액체의 열의 보온층을 형성하면서 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 2.

비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서,

상기 반도체막의 표면의 적어도 내외측 부근에 산소와 수소를 분포시킨 상태에서 레이저 빔을 조사하여 그 레이저 빔에 의해 상기 산소와 수소를 서로 반응시켜, 상기 반도체막의 결정화와 동시에 물을 형성하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 3.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 결정의 그레인(grain) 사이즈 분포가 σ (표준 편차)로 $\pm 20\%$ 이내에 들어가는 다결정 반도체막이 제조되는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 4.

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 다결정으로 구성된 반도체막의 표면의, AFM(원자력 현미경)으로 측정된 평균 조도(粗度)의 면내(面内) 분산이 $\pm 40\%$ 이내에 들어가는 다결정 반도체막이 제조되는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 5.

비단결정 반도체막에 선형으로 가공된 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서,

레이저 빔이 조사되는 면 측에 기체 또는 액체의 열의 보온층을 형성하면서 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 6.

제 1 항 또는 제 5 항에 있어서, 상기 보온층이 상기 비단결정 반도체막의 결정화를 조장하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 7.

제 1 항 또는 제 5 항에 있어서, 상기 보온층이 물 또는 수증기로 이루어진 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 8.

제 1 항 또는 제 5 항에 있어서, 상기 보온층이 상기 비단결정 반도체막의 결정화를 조장하는 물 또는 수증기로 이루어진 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 9.

비단결정 반도체막에 선형으로 가공된 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서,

상기 반도체막의 표면의 적어도 내외측 부근에 산소와 수소를 분포시킨 상태에서 레이저 빔을 조사하여 그 레이저 빔에 의해 상기 산소와 수소를 서로 반응시켜, 반도체막의 결정화와 동시에 물을 형성하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 10.

비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서,

상기 비단결정 반도체막의 표면을 수소에 의해 의도적으로 중단시킨 상태 하에, 적어도 산소를 함유하는 분위기에서 상기 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 11.

비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서,

분위기를 제어할 수 있는 레이저 조사실의 내부를 적어도 물 분자를 포함하는 분위기로 하고, 그 레이저 조사실 내에서 상기 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 12.

비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법으로서,

분위기를 제어할 수 있는 레이저 조사실의 내부를 적어도 산소와 수소를 포함하는 분위기로 한 상태에서 상기 레이저 조사실 내에서 상기 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 그 레이저 빔에 의해 상기 산소와 수소를 서로 반응시켜, 반도체막의 결정화와 동시에 물을 형성하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 13.

제 12 항에 있어서, 상기 비단결정 반도체막은 레이저 빔 조사 전에 상기 비단결정 반도체막의 표면을 수소에 의해 의도적으로 중단시킨 상태에 있는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 14.

비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서,

상기 비단결정 반도체막의 표면으로부터 그 표면 바로 근처까지의 범위에 물분자로 이루어진 층을 형성하면서 상기 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 15.

비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서,

상기 비단결정 반도체막의 표면으로부터 그 표면 바로 근처까지의 범위에 물분자로 이루어진 층을 형성한 상태에서 상기 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 16.

제 1 항, 제 2 항, 제 5 항, 제 9 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 레이저 어닐이 기판 온도를 $-10^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 의 범위로 유지한 상태에서 행해지는 것을 특징으로 하는 어닐 방법.

청구항 17.

비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서,

상기 비단결정 반도체막에 물분자를 포함하는 기체를 불어 붙이면서 상기 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 어닐 방법.

청구항 18.

비단결정 반도체 막에 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서,

상기 비단결정 반도체막에 산소와 수소를 포함하는 기체를 불어 붙이면서 상기 비단결정 반도체막에 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 어닐 방법.

청구항 19.

제 10 항 내지 제 15 항, 제 17 항, 제 18 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 레이저 빔의 조사가, 피조사면에서의 단면 형상이 스폿형 또는 선형인 레이저 빔을 조사하여 행해지는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 20.

비단결정 반도체막에 선형으로 가공된 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서,

물분자를 포함하는 기체에 의해 에어 나이프 형상의 기체 흐름을 형성하고, 그 에어 나이프 형상의 기체 흐름을 상기 비단결정 반도체막에 붙어 붙이면서, 상기 에어 나이프 형상의 기체 흐름이 붙어 붙여지는 상기 비단결정 반도체막의 부분에 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 21.

비단결정 반도체막에 선형으로 가공된 레이저 빔을 조사하여 레이저 어닐을 행하는 방법에 있어서,

산소와 수소를 포함하는 기체에 의해 에어 나이프 형상의 기체 흐름을 형성하고, 그 에어 나이프 형상의 기체 흐름을 상기 비단결정 반도체막에 붙어 붙이면서, 상기 에어 나이프 형상의 기체 흐름이 붙어 붙여지는 상기 비단결정 반도체막의 부분에 레이저 빔을 조사하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 22.

제 17 항, 제 18 항, 제 20 항, 제 21 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 레이저 어닐이 기판 온도를 $-10^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 의 범위로 유지한 상태에서 행해지는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 23.

제 17 항, 제 18 항, 제 20 항, 제 21 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 레이저 어닐이, 분위기를 제어할 수 있는 레이저 조사실 내에서 행해지는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 24.

제 20 항 또는 제 21 항에 있어서, 상기 레이저 빔이 펄스 레이저를 광원으로 한 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 25.

제 20 항 또는 제 21 항에 있어서, 상기 레이저 빔이 엑시머 레이저를 광원으로 한 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 26.

제 1 항, 제 2 항, 제 5 항, 제 9 항 내지 제 15 항, 제 17 항, 제 18 항, 제 20 항, 제 21 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 비단결정 반도체막이 비단결정 규소막인 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 27.

제 5 항, 제 9 항 내지 제 15 항, 제 17 항, 제 18 항, 제 20 항, 제 21 항 중 어느 한 항에 있어서, 결정의 그레인 사이즈 분포가 σ (표준편차)로 $\pm 20\%$ 이내에 들어가는 다결정 반도체막이 제조되는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 28.

제 5 항, 제 9 항 내지 제 15 항, 제 17 항, 제 18 항, 제 20 항, 제 21 항 중 어느 한 항에 있어서, 다결정으로 구성된 반도체막의 표면의, AFM으로 측정된 평균 조도의 면내 분포가 $\pm 40\%$ 이내에 들어가는 다결정 반도체막이 제조되는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 방법.

청구항 29.

분위기를 제어할 수 있는 레이저 조사실 내에서 레이저 빔을 사용하여 비단결정 반도체막에 레이저 어닐을 행하기 위한 레이저 장치에 있어서,

상기 레이저 조사실 내에 적어도 물분자를 포함하는 기체를 공급하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 장치.

청구항 30.

분위기를 제어할 수 있는 레이저 조사실 내에서 레이저 빔을 사용하여 비단결정 반도체막에 레이저 어닐을 행하기 위한 레이저 어닐 장치에 있어서,

상기 레이저 조사실 내에 적어도 수소와 산소를 포함하는 기체를 공급하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 장치.

청구항 31.

비단결정 반도체막에 레이저 어닐을 행하기 위한 레이저 어닐 장치에 있어서,

상기 레이저 어닐 장치에 의해 형성된 레이저 빔이 조사되는 상기 비단결정 반도체막의 부분에 적어도 물분자를 포함하는 기체를 공급하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 장치.

청구항 32.

비단결정 반도체 막에 레이저 어닐을 행하기 위한 레이저 어닐 장치에 있어서,

상기 레이저 어닐 장치에 의해 형성된 레이저 빔이 조사되는 상기 비단결정 반도체막의 부분에 적어도 수소와 산소를 포함하는 기체를 공급하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 장치.

청구항 33.

비단결정 반도체막에 레이저 어닐을 행하기 위한 선형으로 가공된 레이저 빔을 형성하기 위한 레이저 어닐 장치에 있어서,

적어도 물분자를 포함하는 기체에 의해 에어 나이프 형상의 기체 흐름을 형성하는 수단과,

상기 레이저 어닐 장치에 의해 형성된 레이저 빔이 조사되는 상기 비단결정 반도체막의 부분에, 상기 에어 나이프 형상의 기체 흐름을 형성하는 상기 기체를 공급하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 장치.

청구항 34.

비단결정 반도체막에 레이저 어닐을 행하기 위한 선형으로 가공된 레이저 빔을 형성하기 위한 레이저 어닐 장치에 있어서,

적어도 수소와 산소를 포함하는 기체에 의해 에어 나이프 형상의 기체 흐름을 형성하는 수단과,

상기 레이저 어닐 장치에 의해 형성된 레이저 빔이 조사되는 상기 비단결정 반도체막의 부분에, 상기 에어 나이프 형상의 기체 흐름을 형성하는 상기 기체를 공급하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 장치.

청구항 35.

제 29 항 내지 제 34 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 레이저 빔이 펄스 레이저를 광원으로 한 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 장치.

청구항 36.

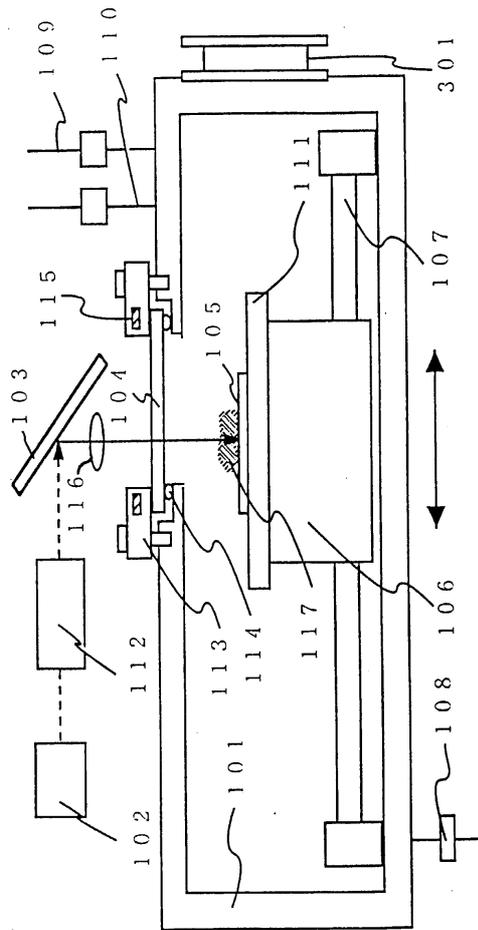
제 29 항 내지 제 34 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 레이저 빔이 엑시머 레이저를 광원으로 한 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 장치.

청구항 37.

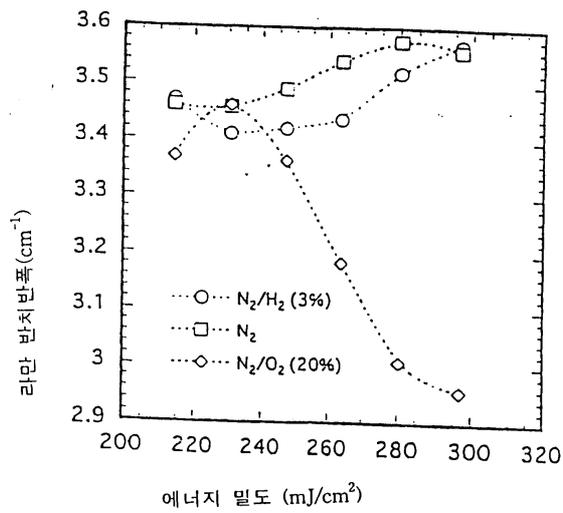
제 29 항 내지 제 36 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 비단결정 반도체막이 비단결정 규소막인 것을 특징으로 하는 레이저 어닐 장치.

도면

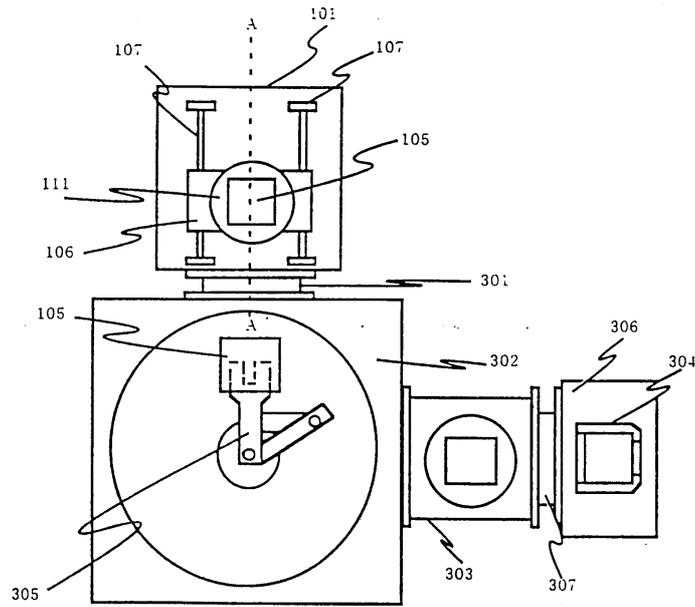
도면1



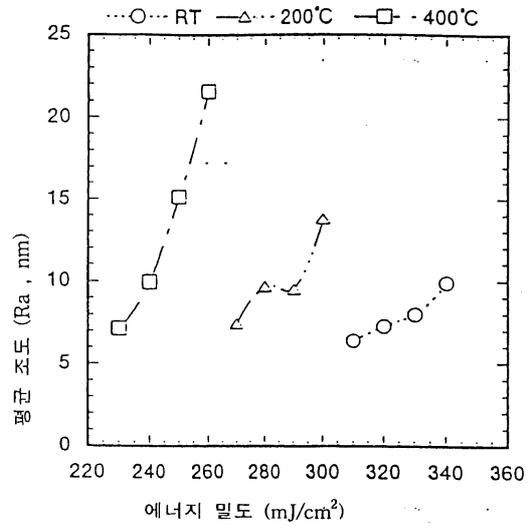
도면2



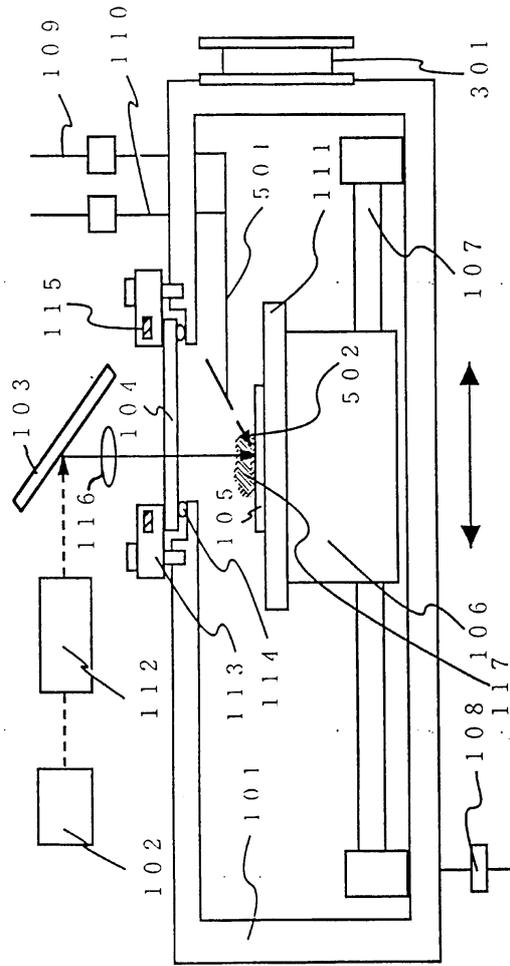
도면3



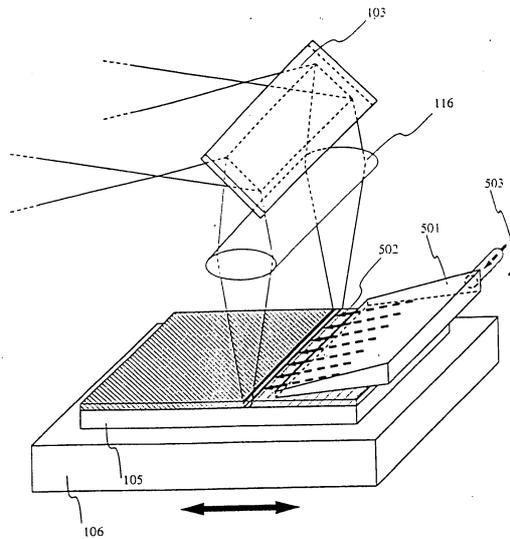
도면4



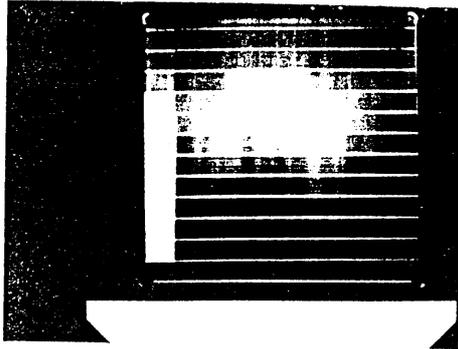
도면5



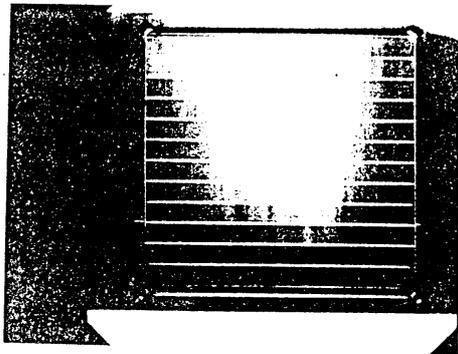
도면6



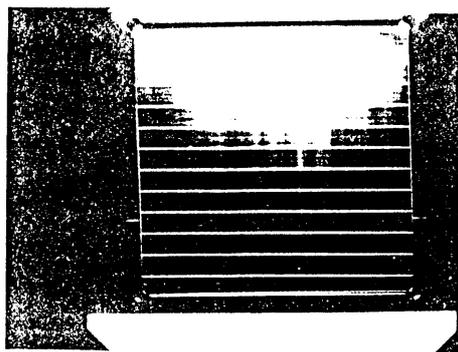
도면7a



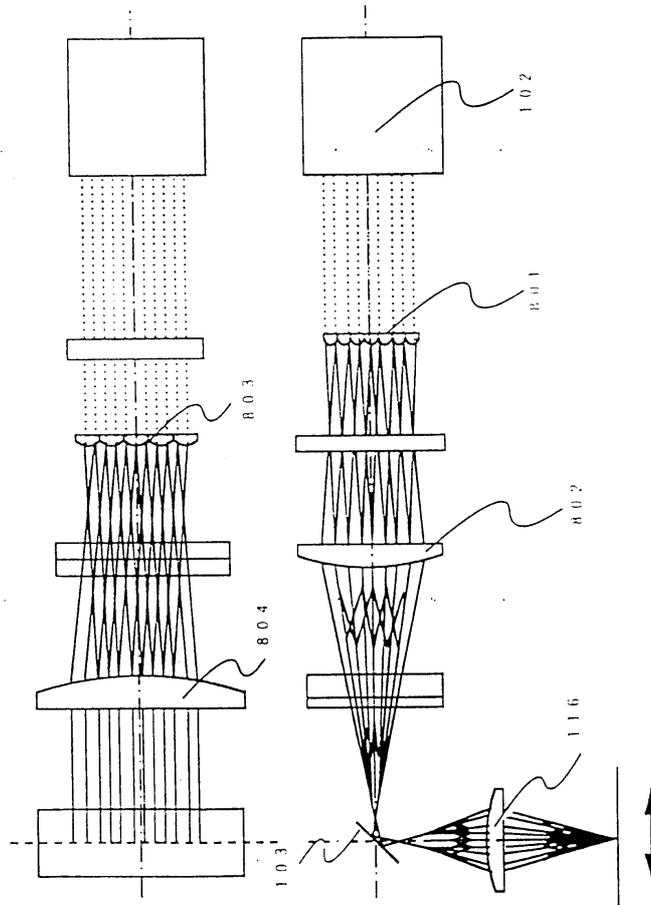
도면7b



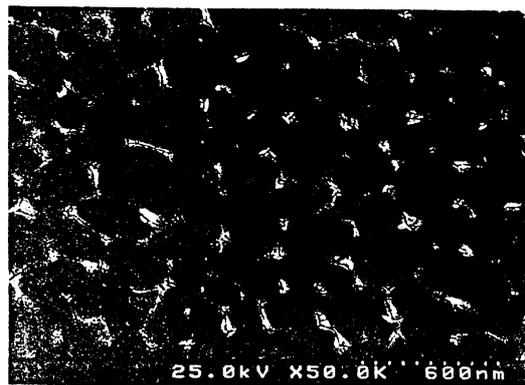
도면7c



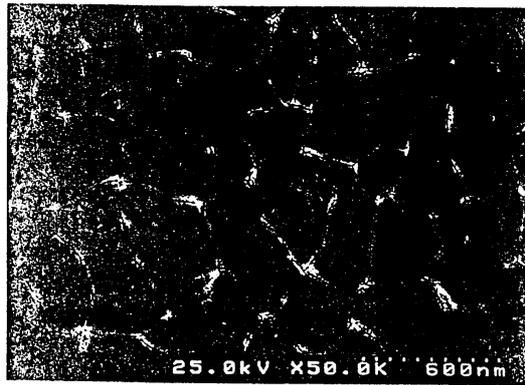
도면8



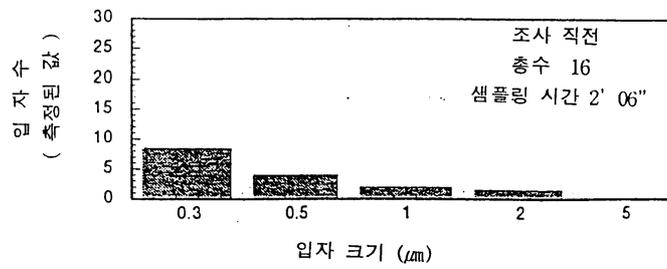
도면9a



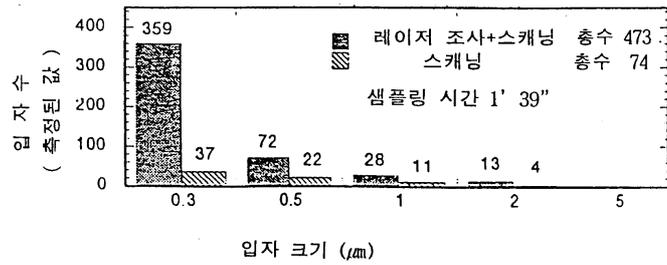
도면9b



도면10a



도면10b



도면11

