(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl. [7]
G02F 1/1368

(11) 공개번호 특2002-0022012
(43) 공개일자 2002년03월23일

(21) 출원번호 10-2001-0057142
(22) 출원일자 2001년09월17일

(30) 우선권주장 JP-P-2000-00281353 2000년09월18일 일본(JP)
JP-P-2001-00208028 2001년07월09일 일본(JP)

(71) 출원인 가부시끼가이샤 도시바
니시무로 타이죠
일본국 도꾜도 미나또꾸 시바우라 1쪼메 1방 1고

(72) 발명자 후지무라다카시
일본국사이타마현후카야시하타라정1정목9번2호가부시끼가이샤도시바후카야공장내
가와무라신이치
일본국사이타마현후카야시하타라정1정목9번2호가부시끼가이샤도시바후카야공장내

(74) 대리인 김윤배
이범일

심사청구 : 있음

(54) 다결정반도체막의 형성방법

요약

본 발명에 따른 다결정반도체막의 형성방법은, 박막트랜지스터의 성능을 저하시키는 일 없이 생산성의 저하를 가급적 방지하는 것을 가능하게 한다. 기판 위에 비정질반도체막을 퇴적하는 공정과, 불활성가스를 주성분으로 하여 소정 양의 산소가 도입된 기체로 이루어진 분위기중에서 에너지빔을 상기 비정질반도체막에 조사하고, 상기 비정질반도체막을 다결정반도체막으로 변화시키는 제1조사공정 및, 불활성가스를 주성분으로 하여 상기 소정 양보다 작은 산소가 도입된 기체로 이루어진 분위기중에서 에너지빔을 다결정반도체막에 조사하는 제2조사공정을 구비한다.

대표도
도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 의한 다결정반도체막 형성방법의 제1실시예의 형성공정을 나타낸 플로우챠트,

도 2는 제1실시예의 효과를 설명하는 도면,

도 3은 제1실시예의 효과를 설명하는 도면,

도 4는 종래의 박막트랜지스터의 게이트전극과 릭전류의 관계를 나타낸 그래프,

도 5는 종래의 박막트랜지스터의 단면도,

도 6은 박막트랜지스터의 제조공정을 나타낸 공정단면도,

도 7은 본 발명에 의한 다결정반도체막의 형성방법의 제2실시예의 공정단면도,

도 8은 다결정실리콘의 재결정화를 행하는 최적의 레이저 조사조건을 보기 위한 실험결과를 나타낸 그래프,

도 9는 본 발명에 의한 다결정반도체막의 형성방법의 제3실시예를 이용해서 형성시킨 박막트랜지스터의 제조공정 단면도,

도 10은 레이저 조사조건을 바꿔서 형성한 경우의 박막트랜지스터의 이동도를 나타낸 그래프이다.

< 참조부호의 설명>

1 - 절연기판, 2 - 언더코트층,

3 - 다결정실리콘막, 3a - 다결정실리콘막,

4 - 게이트절연막, 5 - 게이트전극,

6 - 소스·드레인영역, 7 - 층간절연막,

8 - 소스·드레인전극, 41 - 절연(성)기판,

42 - 비정질반도체막, 43 - 다결정박막,

43a - 반도체막(다결정실리콘), 44 - 게이트절연막,

45 - 게이트전극, 45a - 금속막(게이트전극),

46 - 소스·드레인영역, 47 - 소스·드레인영역,

48 - 층간절연막, 49 - 소스·드레인전극,

50 - 레지스트패턴.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 다결정반도체막의 형성방법에 관한 것으로, 특히 액정표시소자 등의 박막트랜지스터의 활성층인 다결정실리콘막의 형성에 이용된다.

근년, 액정표시소자의 고정밀화에 수반해서 종래의 비결정질실리콘을 활성층으로 이용한 트랜지스터를 대신하여, 높은 이동도의 다결정실리콘을 활성층으로 이용한 박막트랜지스터(이하, TFT(Thin Film Transistor)라 함)가 실용화되고 있다.

도 6을 참조하여 다결정실리콘을 활성층으로 하는 트랜지스터의 종래 제조방법을 설명한다. 우선, 도 6a에 나타낸 바와 같이, 예컨대 유리로 이루어진 절연기판(41) 상에 비정질반도체박막(42)을 퇴적한다. 다음에, 이 비정질반도체박막(42)을 엑시머레이저(Excimer Laser)광 등의 에너지빔을 조사하여, 용융재결정화해서 다결정박막(43)을 얻는다(도 6b 참조). 이어서, 도 6c에 나타낸 바와 같이, 다결정박막(43)을 패터닝한 후, 이 다결정박막에 불순물을 주입하여, 저농도의 반도체막(43a)으로 한다.

다음에, 도 6d에 나타낸 바와 같이, 반도체막(43a)을 덮도록 게이트절연막(44)을 형성한 후에, 케이트절연막 상에 금속막을 형성해서 이 금속막을 패터닝하는 것에 의해 n채널트랜지스터의 케이트전극(45) 및 p채널트랜지스터의 반도체막(43a)을 덮는 금속막(45a)을 형성한다. 이어서, 이 게이트전극(45)을 마스크로 p형 혹은 n형의 불순물을 반도체막(43a)에 고농도로 주입하여, n형의 소스·드레인영역(46)을 형성한다(도 6d 참조).

다음에, 도 6e에 나타낸 바와 같이, 포토레지스트로 되는 레지스트패턴(50)을 형성하고, 이 레지스트패턴을 이용해서 p채널트랜지스터의 금속막(45a)을 패터닝하고, p채널트랜지스터의 게이트전극(45a)을 형성한다. 따라서, 레지스트패턴(50) 및 게이터전극(45a)을 마스크로 p형의 불순물을 p채널트랜지스터의 반도체막(43a)에 고농도로 주입하여 p형의 소스·드레인영역(47)을 형성한다.

다음에, 레지스트패턴(50)을 제거한 후, 어닐을 행해서 불순물을 활성화한다. 그 후, 도 6f에 나타낸 바와 같이 전면에 층간절연막(48)을 형성한다. 그리고, 절연막(48,44)에 콘택트홀을 개구한 후, 콘택트홀을 매립하도록 전면에 전극재료막을 형성하고, 이 전극재료막을 패터닝하는 것에 의해 소스·드레인전극(49)을 형성하여, 트랜지스터를 완성한다.

다결정실리콘막을 형성하는 방법으로서는 엑시머레이저광 등의 에너지빔을 조사하는 방법 이외에 비정질실리콘을 400~600℃ 정도의 온도에서 장시간 어닐하여 고상 성장시키는 방법도 있지만, 일반적으로 고상 성장시키는 방법에 의해 형성된 다결정실리콘막은 에너지빔을 이용한 용융재결정화에 의해 형성된 다결정실리콘막에 비해서 캐리어 이동도가 낮다. 또한, 에너지빔을 이용해서 용융재결정화하는 방법은, 빔형상을 라인형으로 하는 것으로 큰 면적의 기판을 용이하게 재결정화할 수 있지만, 고상 성장시키는 방법은 큰 면적의 기판을 용이하게 재결정화 할 수 없다. 이에 따라, 고상 성장시키는 방법에 의해서 형성된 다결정실리콘막은 고속회로가 형성될 수 없고, 작은 면적의 액정표시소자에만 응용하고 있다.

엑시머레이저광 등의 에너지빔으로 비정질실리콘을 용융재결정화시키는 경우, 실리콘 표면에 요철(凹凸)이 발생한다. 엑시머레이저광을 조사해서 형성된 다결정실리콘을 활성층으로 이용한 박막트랜지스터의 단면을 도 5에 나타낸다. 이 도 5로부터 알 수 있는 바와 같이, 절연성기판(41) 위에 형성된 다결정실리콘(43a)의 표면에 요철이 있고, 다결정실리콘(43a)의 돌출부 위의 게이트절연막(44)이 얇게 되는 것이 예상된다.

국소적인 게이트절연막의 박막화는 게이트 내압의 열화를 일으킨다. 단결정실리콘기판 위에 산화막을 형성한 경우와, 엑시머레이저광의 조사에 의해 형성된 실리콘막 위에 동일한 막 두께의 산화막을 형성한 경우의 릭전류(leak current)의 전압 의존성을 도 4에 나타낸다. 단결정실리콘 위에 형성된 경우에 비해서 다결정실리콘막 위에 형성한 경우의 쪽이

훨씬 낮은 전압에서 릭전류가 흐른다. 이는 표면 돌출부에 전계가 집중하기 때문에, 돌출부분에 전류가 흐르기 때문으로 생각된다.

이에 따라, 다결정실리콘을 활성층으로 이용한 박막트랜지스터에서는 케이트절연막의 막 두께를 두껍게 하는 것이 필요하게 된다. 박막트랜지스터의 온전류는 게이트절연막의 막 두께에 반비례한다. 다결정실리콘막 표면의 요철은 게이트절연막의 막 두께를 두껍게 하는 것을 필요로 하지만 이는 트랜지스터의 성능 저하를 일으킨다.

상기와 같은 박막트랜지스터 특성을 저하시키는 원인으로 되는 다결정실리콘 표면의 요철은 용융재결정화 할 때에 비정질실리콘 표면의 산화막 혹은 레이저 조사분위기중의 산소에 의해 형성되는 산화막이 편석(偏析)하기 때문에 가능하다라고 생각되고 있다. 따라서, 비정질실리콘 표면의 산화막을 완전히 제거하는 한편, 레이저 조사분위기 내의 산소 분압을 낮게 유지하는 것이 요철의 저감에 유효하다. 그러나, 이와 같은 조건에서 레이저어닐을 행하면, 다결정실리콘의 결정 입자가 충분히 크게 되는데 필요한 레이저 조사의 에너지보다도 낮은 에너지에서 실리콘막의 용발(애브레이션)이 발생하거나, 결정화에 필요한 레이저 조사의 에너지가 높게 되는 장치의 가동률 저하로 이어진다는 문제가 발생한다.

상기 문제를 해결하기 위한 대책으로서, 먼저 다결정실리콘의 결정 입자를 크게 하기 위해서 대기 중에서 레이저어닐을 행한 후에, 불화수소(이하, HF라 함)로 표면산화막을 제거하고, 다결정실리콘 표면의 요철을 작게 하기 위해 진공분위기중에서 다시 레이저어닐하는 방법이 제창되고 있다(K.Suga 등의 " The Effect of a Laser Annealing Ambient on the Morphology and TFT Performance of Poly-Si Films" , Society for Information Display 00 DIGEST, p534-537, May 2000. 참조).

그러나, 이와 같은 방법에서는, 레이저어닐의 분위기를 대기압으로부터 진공으로 감압하던가 혹은 대기 전용장치와 진공 전용장치를 준비할 필요가 있다. 또한, 어느 경우에서도 대기분위기중에서 레이저어닐한 후에 HF세정공정을 필요하므로, 이들 방법에서는 대폭적으로 생산성의 저하를 초래하는 것으로 된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기 사정을 고려해서 이루어진 것으로, 박막트랜지스터의 성능을 저하시키지는 일 없이 생산성의 저하를 가급적 방지하는 것이 가능한 다결정반도체막의 형성방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

본 발명에 의한 다결정반도체막의 형성방법의 제1형태는, 기판 위에 비정질반도체막을 퇴적하는 공정과, 불활성가스를 주성분으로 하여 소정 양의 산소가 도입된 기체로 이루어진 분위기중에서 에너지빔을 상기 비정질반도체막에 조사하고, 상기 비정질반도체막을 다결정반도체막으로 변화시키는 제1조사공정과, 불활성가스를 주성분으로 하여 상기 소정 양보다 작은 산소가 도입된 기체로 이루어진 분위기중에서 에너지빔을 상기 다결정반도체막에 조사하는 제2조사공정을 구비한 것을 특징으로 한다.

또한, 제1조사공정의 산소 양은 5ppm 이상 10% 미만이고, 제2조사공정의 산소 양은 200ppm 미만인 것이 바람직하다.

또한, 상기 제2조사공정의 에너지 총량은 상기 제1조사공정의 에너지 총량보다도 큰 것이 바람직하다.

또한, 상기 제1조사공정과 상기 제2조사공정의 사이에 상기 다결정반도체막을 상기 제1조사공정과 상기 제2조사공정의 처리분위기보다도 산소농도가 높은 분위기중에 노출하는 것이 바람직하다.

또한, 상기 제1조사공정과 상기 제2조사공정은 동일한 처리실 내에서 처리되는 것이 바람직하다.

또한, 상기 제1조사공정 전에, 상기 비정질반도체막의 표면의 자연산화막을 제거하는 공정을 행해도 된다.

또한, 상기 기판의 에너지빔이 조사되는 영역에, 처리실 내의 분위기보다도 고압의 기체를 뿜으면서 결정화를 행하는 것이 바람직하다.

또한, 상기 에너지빔으로서 엑시머레이저광을 이용하는 것이 바람직하다.

또한, 상기 제1조사공정의 에너지빔의 조사회수가 제2조사공정의 에너지빔의 조사회수보다 작은 것이 바람직하다.

또한, 본 발명에 의한 다결정반도체막의 형성방법의 제2형태는, 기판 위에 다결정반도체막을 형성하는 공정과, 불활성가스를 주성분으로 1ppm 이상 50ppm 이하의 산소가 도입된 기체로 이루어진 분위기중에서 에너지빔을 상기 다결정반도체막에 조사하는 공정을 구비한 것을 특징으로 한다.

또한, 본 발명에 의한 다결정반도체막의 형성방법의 제3형태는, 기판 위에 비정질반도체막을 퇴적하는 공정과, 상기 비정질반도체막의 표면의 자연산화막을 제거하는 공정, 불활성가스를 주성분으로 5ppm 이상 10% 미만의 산소가 도입된 기체로 이루어진 분위기중에서 에너지빔을 상기 비정질반도체막에 조사하고, 상기 비정질반도체막을 다결정반도체막으로 변화시키는 제1조사공정과, 불활성가스를 주성분으로 하여 1ppm 이상 50ppm 이하의 산소가 도입된 분위기중에서 에너지빔을 상기 다결정반도체막에 조사하는 제2공정을 구비한 것을 특징으로 한다.

또한, 상기 기판의 에너지빔이 조사되는 영역에, 처리실 내의 분위기보다도 고압의 기체를 뿜으면서 결정화를 행하는 것도 된다.

발명의 실시예

본 발명에 의한 다결정반도체막의 형성방법의 실시예를, 이하 도면을 참조해서 설명한다.

(제1실시예)

본 발명에 의한 다결정반도체막의 형성방법의 제1실시예를 도 1 내지 도 3을 참조로 설명한다. 이 실시예의 형성방법의 공정을 도 1에 나타낸다.

우선, 도 1의 스텝(F1)에 나타낸 바와 같이 기판 위에 비정질실리콘막을 형성한다. 본 실시예에서는 SiH_4를 원료가스로 한 플라즈마CVD(Chemical Vapor Deposition)법을 이용해서 비정질실리콘막을 50nm의 두께로 형성했다.

다음에, 도 1의 스텝(F3)에 나타낸 바와 같이 상기 비정질실리콘막 중의 수소 양을 감소시켜서 에너지빔 조사시의 애브레이션을 억제하기 위해서 어닐을 행한다. 본 실시예에서는 질소분위기중에서 450℃, 30분의 어닐을 행했다. 다음에, 도 1의 스텝(F5)에 나타낸 바와 같이 상기 비정질실리콘막 표면의 자연산화막을 제거하는 에칭처리를 행한다. 본 실시예에서는 1wt%의 HF용액을 2분간 기판 표면에 흘린 후, 순수한 물로 세정했다.

그 후, 바로 처리기판을 처리장치의 처리실 내로 반송한다. 처리실은 질소를 주성분으로 하는 분위기로 유지된다. 또한, 상기 처리장치는 처리기판에 대해 레이저광이 조사된 영역을 에워싸도록 질소를 주성분으로 하여 미량의 산소를 포함한 기체를 대기압 이상의 압력으로 뿜어내는 구조로 되어 있다. 이와 같이 하는 것에 의해, 질소 및 산소는 매스 플로우에 의해 유량이 제어되므로, 레이저가 조사되는 영역의 분위기중의 질소와 산소의 비율은 엄밀하게 콘트롤된다. 본 실시예에서는 질소와 산소의 합계 유량은 30liter/min으로 되도록 설정되었다.

다음에, 도 1의 스텝(F7)에 나타낸 바와 같이 상기 분위기중에서 파장이 308nm의 엑시머레이저 펄스광을 에너지밀도 390mJ/cm^{2}로, 기판면이 2회 조사되도록 기판을 주사해서 비정질실리콘막을 용융재결정화하여 다결정실리콘막을 형성한다(제1레이저 조사공정). 본 실시예에서는 이 때의 산소 양은 소정 양이고, 이 소정 양은 다음에 기재된 바와 같이 1ppm으로부터 10%까지의 범위인 것이 바람직하다. 이 제1레이저 조사공정은 실리콘막 내의 수소를 감소시켜서 애브레이션을 억제하기 위해, 그리고 다결정실리콘 표면에 얇은 산화막을 형성하기 위해 행해진다.

그 후, 도 1의 스텝(F9)에 나타낸 바와 같이, 피처리기판으로 뿜어지는 기체의 산소농도를 제1레이저 조사공정보다 작게 되도록 변경하고, 파장이 308nm의 엑시머레이저 펄스광을 에너지밀도 440mJ/cm^{2}로 기판면이 16회 조사되도록 기판을 주사해서 결정 입자 직경을 목적하는 크기까지 성장시킨다(제2레이저 조사공정). 이 때의 산소 양은 소정 양이고, 이 소정 양은 다음에 기술된 바와 같이 1ppm으로부터 200ppm까지의 범위인 것이 바람직하다. 따라서, 상기 제2조사공정의 에너지 총량은 상기 제1조사공정의 에너지 총량보다도 크게 되도록 구성되어 있다. 여기서, 에너지 총량으로는 에너지밀도×조사회수이다. 또한, 본 실시예에서는 1회 조사의 에너지밀도는 제1레이저 조사공정에서 390mJ/cm^2, 제2레이저 조사공정에서 440mJ/cm^{2}이었지만, 제2조사공정의 에너지 총량이 상기 제1조사공정의 에너지 총량보다도 크게 되도록 구성하면, 1회 조사의 에너지밀도는 제2레이저 조사공정 쪽이 제1레이저 조사공정보다도 작게 되어도 된다.

이상의 스텝(F1) 내지 스텝(F9)의 공정에 의해 다결정실리콘막이 기판 위에 형성된다.

또한, 제1레이저 조사공정에 의해서 형성된 다결정실리콘막 표면의 자연산화막을 소망의 막 두께로 하기 위해서, 제1레이저 조사공정과 제2레이저 조사공정의 사이에, 제1레이저 조사공정 및 제2레이저 조사공정의 처리분위기보다도 산소농도가 높은 분위기(예컨대, 대기 중)에 노출시키는 것이 바람직하다.

또한, 비정질실리콘 표면의 자연산화막을 HF를 이용해서 에칭한 후, 10시간 방치함으로써 결정화시킨 샘플을 비교를 위해 제작했다. 표면의 자연산화막을 에칭 후 10시간 방치한 비정질실리콘막의 표면에는 분광엘립소메터(分光ellipsometer)를 이용해서 측정된 결과, 1.5nm 정도의 자연산화막이 성장되었다.

또한, 상기 실시예에서는 처리분위기는 질소가스를 주성분으로 하고 있지만, 질소가스를 대신해서 희유가스를 이용해도 된다. 즉, 질소가스 및 희유가스와 같은 반응성이 결핍되어 있는 불활성가스를 이용해도 된다.

제2레이저 조사공정의 산소농도를 10ppm으로 하고, 제1레이저 조사공정의 산소농도를 1ppm, 5ppm, 0.1%, 1.0% 및 10%로 할 때의 상기 프로세스에 의해 결정화시킨 다결정실리콘막의 원자간력현미경에 의한 요철의 평가결과와 애브레이션의 발생 개수를 도 2에 나타낸다. 또한, 제1레이저 조사공정의 질소농도를 0.1%로 하고, 제2레이저 조사공정의 산소농도를 1ppm, 10ppm, 100ppm, 200ppm으로 할 때의 상기 프로세서에 의해 결정화시킨 다결정실리콘막의 원자간력현미경에 의한 요철의 평가결과를 도 3에 나타낸다.

또한, 도 3에는 HF세정에 의해 비정질반도체막 표면의 자연산화막을 제거한 후, 10시간 방치해서 비정질반도체막 표면에 1.5nm 정도의 자연산화막을 형성시키고, 이어서 산소농도를 0.1%로 한 제1레이저 조사공정을 행하며, 산소농도를 10ppm으로 한 제2레이저 조사공정을 행한 경우의 프로세서에 의해서 형성된 다결정실리콘막의 원자간력현미경에 의한 요철의 평가결과도 나타난다. 이 경우, 다결정실리콘막의 요철은 13nm 정도이고, HF세정 후 10시간 방치되지 않은 경우의 다결정실리콘막의 요철(8nm)에 비해서 나쁜 결과로 된다.

또한, 요철은 표면 평균 거칠기(RMS:Root-Mean Square(2승 평균의 평방근)로 표현한다)를 의미하고 있다.

도 2로부터 알 수 있는 바와 같이, 제1레이저 조사공정의 산소농도가 1ppm에서는 애브레이션이 발생하고 있지만, 5ppm 이상으로 하는 것으로 애브레이션의 발생을 완전히 억제할 수 있다. 또한, 제1레이저 조사공정의 산소농도가 10% 이상이면, 표면 평균 거칠기가 14nm 정도로 되어 표면 평균 거칠기 저감의 효과가 인지되지 않지만, 산소농도가 10% 미만이면 표면 평균 거칠기를 10nm 이하로 억제하는 것이 가능하다.

또한, 도 3으로부터 알 수 있는 바와 같이, 제2레이저 조사공정의 산소농도가 200ppm 이상이면 표면 평균 거칠기가 대략 13nm로 되어, 표면 평균 거칠기 저감 효과가 인지되지 않지만, 산소농도를 200ppm 미만으로 하는 것으로 충분한 표면 평균 거칠기 저감 효과를 얻는 것이 가능하다.

또한, 스텝(F7)의 제7레이저 조사공정을 행하기 전에 1.5nm 이상의 표면 산화막이 형성되어 버리면, 제1 및 제2레이저 조사공정의 산소농도가 허용범위 내에 있어도, 표면 평균 거칠기의 저감 효과가 인지되지 않는 것을 알 수 있었다.

또한, 제1레이저 조사공정에서 5ppm 이상의 산소를 포함한 분위기에서 조사하면 애브레이션이 억제되는 메카니즘은 명확하게 되어 있지 않지만, ① 어느 일정 농도 이상의 산소분위기 내에서 결정화하면 미소한 요철이 형성되는 것으로 탈수소가 촉진되는 것 및 ② 제1레이저 조사공정에서 형성되는 표면산화막이 어떤 억제 효과를 발휘하고 있는 것은 아닐까 라고 추측된다.

종래 기술에 기재된 바와 같이, 대기 중에서 레이저어닐된 후에 HF세정으로 표면산화막을 완전히 제거하고, 다시 진공중에서 다결정실리콘을 레이저어닐하면, 표면의 돌기가 작게 되는 것이 보고되고 있다.

그러나, 본 실시예에서는 제1 및 제2레이저 조사공정을 동일한 처리실 내에서 행하는 것이 가능하게 되고, 처리분위기를 진공으로 변경한다거나 도중에 세정을 행한다거나 하는 생산성을 크게 저하시키는 일 없이 다결정실리콘 표면의 요철을 작게 하는 것이 가능하고, 박막트랜지스터의 성능의 저하를 방지할 수 있다.

또한, 상기 실시예에서는 제1 및 제2레이저 조사공정에서는 에너지빔으로서 엑시머레이저를 이용했지만, 비정질반도체막을 다결정반도체막으로 변화시키는 것이 가능하면 어느 에너지빔을 이용해도 된다.

(제2실시예)

다음에, 본 발명에 의한 다결정반도체막의 형성방법의 제2실시예를 도 7을 참조하여 설명한다. 도 7은 제2실시예에 의한 다결정반도체막의 형성방법의 형성공정을 나타낸 공정 단면도이다. 우선 400mm×500mm 크기의 무알카리유리로 이루어진 절연기판(1) 위에 플라즈마CVD법에 의해 SiN과 SiO_2막으로 이루어진 언더코드층(2)을 형성하고, 그 위에 50nm의 다결정실리콘막(3)을 형성한다(도 7a 참조). 이 다결정실리콘막(3)의 형성은,

(1) 비정질실리콘막을 형성하고, 이어서 500℃에서 1시간의 어닐을 행한 비정질실리콘막 내의 수소농도를 저감시키며, 그 후에 제1실시예와 동일하게 5ppm 이상 10% 미만의 산소를 포함하는 불활성가스 분위기중에서 비정질실리콘을 다결정실리콘(3)으로 변환하던 지,

(2) 기판(1) 위에 직접 다결정실리콘을 성막하던 지,

(3) 비정질실리콘을 기판(1) 위에 형성한 후, 실리콘용융온도 이하의 온도의 노(爐) 중에서 가열하여, 다결정실리콘으로 변화시키는 것 중 어느 방법에 의해서 행해져도 된다.

다음에, 상기와 같이 형성된 다결정실리콘막을 레이저어닐할 때의 최적의 조건을 구하기 위해 이하의 실험을 행했다.

먼저, 상기와 같이 해서 다결정실리콘이 형성된 기판(1)을 복수장 준비하고, 이들 기판(1)을, 어닐실이 0.1, 1, 10, 50, 100, 1000ppm의 산소를 포함한 N_2분위기로 각각 설정된 어닐실로 넣는다. 그리고, 예컨대 파장이 308nm(XeCl)의 엑시머레이저를 이용해서 1개소 마다 20펄스 조사하도록 기판(1)을 주사하면서 다결정실리콘막(3)을 레이저빔어닐해서 다결정실리콘막(3)을 재결정화하고, 다결정실리콘막(3a)을 형성한다. 결정화시키기 위한 레이저빔은 KrF, ArF 등이어도 관계없다. 조사 에너지밀도는 300mJ/cm^2로부터 450mJ/cm^2까지 변화시켰다(도 7b 참조). 이 실험결과를 도 8a, 도 8b, 도 8c로 나타낸다.

도 8a는 각 엑시머레이저어닐(ELA로도 불림) 분위기조건에서 평균 결정 입자 직경이 0.3㎛ 이상으로 되는데 필요한 레이저 조사에너지를 나타낸 그래프이다. 도 8a로부터 알 수 있는 바와 같이, 산소농도 0.1ppm의 조건에서 제작된 샘

플에서는 평균 결정 입자 직경이 0.3㎛ 이상으로 되는데 필요한 레이저에너지가 다른 조건에 비해서 높고, 또한 마진(margin)이 좁게 되어 있다. 산소농도가 1ppm으로부터 1000ppm의 범위에서는 필요한 레이저에너지는 거의 동일 정도로 되어 있다.

도 8b는 각 조사분위기에서 애브레이션의 발생 개수를 나타낸 그래프이다. 도 8b로부터 알 수 있는 바와 같이, 산소농도 1ppm 이상의 조건에서는 애브레이션이 발생하지 않지만, 0.1ppm의 조건에서는 1cm ^{2}당 1.2개의 애브레이션이 발생하고 있다.

도 8c는 각 분위기조건에서 다결정실리콘 표면의 돌기 높이를 나타낸 그래프이다. 도 8c로부터 알 수 있는 바와 같이, 산소농도가 50ppm 이하이면 돌기 높이는 10nm 이하이지만, 100ppm으로 되면 돌기 높이는 급격히 크게 된다.

이상의 실험결과로부터 도 7b에 나타낸 다결정실리콘막(3)을 재결정화하는 최적의 레이저 조사조건은 질소를 주성분으로 하고, 1ppm 이상 50ppm 이하의 산소를 포함한 분위기인 것을 알 수 있다. 이는 이하의 이유에 의해 고려된 것이다.

다결정실리콘 표면의 돌기부분은 다른 개소와 비교해서 산소의 비율이 높고,재결정할 때에 실리콘막 중의 산소가 편석되어 산화물이 형성되는, 체적팽창하는 것으로 만들어 진다고 생각된다. 이에 따라, 산소의 농도를 50ppm 이하로 하는 것으로, 실리콘막 중에 취입되는 산소의 양을 억제하고, 용융재결정할 때에 만들어 질 수 있는 표면의 돌기를 저감할 수 있다. 그러나, 분위기중의 산소농도가 1ppm 미만으로 되면 결정 입자 직경의 성장촉진이 저해되는 막이 용발(애브레이션)하는 등의 폐해가 생긴다. 용융재결정할 때에 실리콘막 내에 취입된 산소는 결정핵으로 되어 결정화를 촉진하는 것으로 생각된다. 따라서, 분위기중의 산소농도가 너무 낮으면 핵형성이 제한되기 때문에, 결정화에 필요로 되는 에너지가 크게 되는, 에너지에 대한 입자 직경 확대의 마진이 좁게 되는, 결정 입자 직경의 분포가 악화하는 등의 문제가 발생하는 것으로 생각된다. 또한, 실리콘막 중에 취입된 산소에 의해 Si-O-H 등의 결합이 형성되고, 막 중의 수소의 방출이 억제되며, 애브레이션을 방지하는 것이 가능하게 된다. 이와 같은 이유로부터 조사분위기 내에는 소정 농도 이상의 산소가 필요하게 된다.

따라서, 본 실시예에서는 질소를 주성분으로 하고, 1ppm 이상 50ppm 이하의 산소를 포함하는 분위기에서 레이저조사를 행하고, 다결정실리콘막(3)을 재결정화해서 다결정실리콘막(3a)을 형성했다. 이에 의해, 재결정화에 의해서 형성된 다결정실리콘막(3a)의 표면의 요철을 저감하는 것이 가능하게 되고, 박막트랜지스터의 성능이 저하하는 것을 방지할 수 있다.

(제3실시예)

다음에, 본 발명에 의한 다결정반도체막의 형성방법을 도 9를 참조하여 설명한다. 도 9는 제3실시예에 의한 다결정실리콘막의 형성방법을 이용해서 제조한 박막트랜지스터의 제조공정 단면도이다.

우선, 제2실시예와 동일한 방법에 의해, 언더코트층(2)이 형성된 절연기판(1) 위에 다결정실리콘막(3a)을 형성한다(도 9a 참조). 다음에, 다결정실리콘막(3a)을 섬형상으로 패터닝한 후, SiO_2막으로 이루어진 게이트절연막(4)을 플라즈마CVD법에 의해 형성한다(도 9b 참조). 이어서, Mo나 Ta 등의 고융점 금속 혹은 도프된 다결정실리콘으로 이루어진 게이트전극(5)을 형성하고, 패터닝한 후, 이온 도핑법에 의해 도펀트를 주입하고, 소스·드레인영역(6)을 형성한다(도 9c 참조). 최후로, SiO_2로 이루어진 층간절연막(7)을 형성하고, 소스·드레인의 콘택트홀을 형성한 후, Al로 이루어진 소스·드레인전극(8)을 스퍼터에 의해 형성하며, 패터닝을 행하여, 다결정실리콘 TFT를 완성한다(도 9d 참조).

도 10은 제2실시예에서 설명된 것과 동일하게 레이저 조사조건을 변화시켜서 형성한 다결정실리콘박막트랜지스터(TFT)의 전계효과 이동도와 각 분위기조건의 관계를 나타낸 그래프이다. 도 10에서는 레이저 조사에너지는 결정 입자 직경이 0.5㎛로 되도록 설정되었다. 도 10으로부터 알 수 있는 바와 같이, 전계효과 이동도의 평균값은 조사분위기에 의한 의존성을 갖고 있지 않지만, 산소농도가 0.1ppm에서는 특성의 오차가 크게 되고 있다.

이상 설명된 바와 같이 본 실시예에 의하면, 제1실시예와 동일하게 박막트랜지스터의 성능을 저하시키는 일 없이 생산성의 저하를 가급적 방지할 수 있다.

또한, 제2 및 제3실시예에서 기판의 에너지빔이 조사되는 영역에 처리실 내의 분위기보다도 고압의 기체를 뿜으면서 결정화를 행해도 된다.

발명의 효과

상기된 바와 같이 본 발명에 의하면 박막트랜지스터의 성능을 저하시키는 일 없이 생산성의 저하를 가급적 방지시킬 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

기판 위에 비정질반도체막을 퇴적하는 공정과,

불활성가스를 주성분으로 하여 소정 양의 산소가 도입된 기체로 이루어진 분위기중에서 에너지빔을 상기 비정질반도체막에 조사하고, 상기 비정질반도체막을 다결정반도체막으로 변화시키는 제1조사공정과,

불활성가스를 주성분으로 하여 상기 소정 양보다 작은 산소가 도입된 기체로 이루어진 분위기중에서 에너지빔을 상기 다결정반도체막에 조사하는 제2조사공정을 구비한 것을 특징으로 하는 다결정반도체막의 형성방법.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 제1조사공정에서 이용되는 분위기중의 산소 양은 5ppm 이상 10% 미만이고, 제2조사공정에서 이용되는 분위기의 산소 양은 200ppm 미만인 것을 특징으로 하는 다결정반도체막의 형성방법.

청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 제2조사공정의 에너지 총량은 상기 제1조사공정의 에너지 총량보다도 큰 것을 특징으로 하는 다결정반도체막의 형성방법.

청구항 4.

제1항에 있어서, 상기 제1조사공정과 상기 제2조사공정의 사이에 상기 다결정반도체막을 상기 제1조사공정과 상기 제2조사공정의 처리분위기보다도 질소농도가 높은 분위기중에 노출하는 것을 특징으로 하는 다결정반도체막의 형성방법.

청구항 5.

제1항에 있어서, 상기 제1조사공정과 상기 제2조사공정은 동일한 처리실 내에서 처리된 것을 특징으로 하는 다결정반도체막의 형성방법.

청구항 6.

제1항에 있어서, 상기 제1조사공정의 직전에, 상기 비정질반도체막의 표면의 자연산화막을 제거하는 공정을 행하는 것을 특징으로 하는 다결정반도체막의 형성방법.

청구항 7.

제1항에 있어서, 상기 에너지빔으로서 엑시머레이저광을 이용하는 것을 특징으로 하는 다결정반도체막의 형성방법.

청구항 8.

제1항에 있어서, 제1조사공정의 에너지빔의 조사회수가 제2조사공정의 에너지빔의 조사회수보다 작은 것을 특징으로 하는 다결정반도체막의 형성방법.

청구항 9.

제1항에 있어서, 상기 기판의 에너지빔이 조사되는 영역에 처리실 내의 분위기보다도 고압의 기체를 뿜으면서 결정화를 행하는 것을 특징으로 하는 다결정반도체막의 형성방법.

청구항 10.

기판 위에 다결정반도체막을 형성하는 공정과,

불활성가스를 주성분으로 하고, 1ppm 이상 50ppm 이하의 산소가 도입된 기체로 이루어진 분위기중에서 에너지빔을 상기 다결정반도체막에 조사하는 공정을 구비한 것을 특징으로 하는 다결정반도체막의 형성방법.

청구항 11.

제10항에 있어서, 상기 기판의 에너지빔이 조사되는 영역에 처리실 내의 분위기보다도 고압의 기체를 뿜으면서 결정화를 행하는 것을 특징으로 하는 다결정반도체막의 형성방법.

청구항 12.

기판 위에 비정질반도체막을 퇴적하는 공정과,

불활성가스를 주성분으로 5ppm 이상 10% 미만의 산소가 도입된 기체로 이루어진 분위기중에서 에너지빔을 상기 비정질반도체막에 조사하여, 상기 비정질반도체막을 다결정반도체막으로 변화시키는 제1조사공정과,

불활성가스를 주성분으로 하여 1ppm 이상 50ppm 이하의 산소가 도입된 분위기중에서 에너지빔을 상기 다결정반도체막에 조사하는 제2공정을 구비한 것을 특징으로 하는 다결정반도체막의 형성방법.

청구항 13.

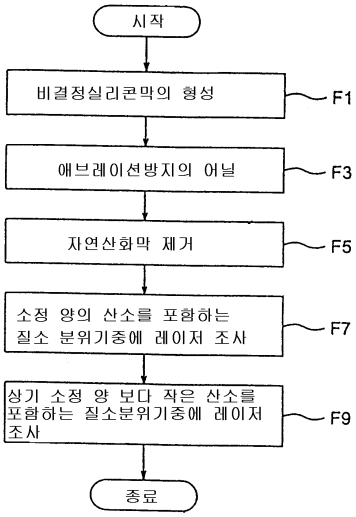
제12항에 있어서, 상기 제1조사공정의 직전에 상기 비정질반도체막의 표면의 자연산화막을 제거하는 공정을 행하는 것을 특징으로 하는 다결정반도체막의 형성방법.

청구항 14.

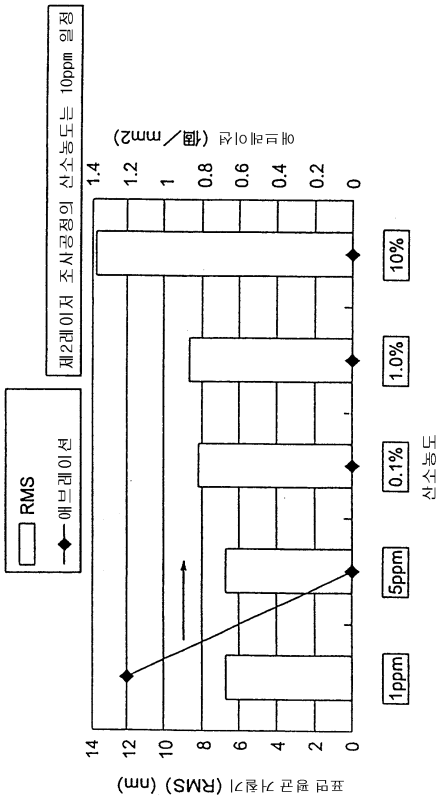
제12항에 있어서, 상기 기판의 에너지빔이 조사되는 영역에 처리실 내의 분위기보다도 고압의 기체를 뿜으면서 결정화를 행하는 것을 특징으로 하는 다결정반도체막의 형성방법.

도면

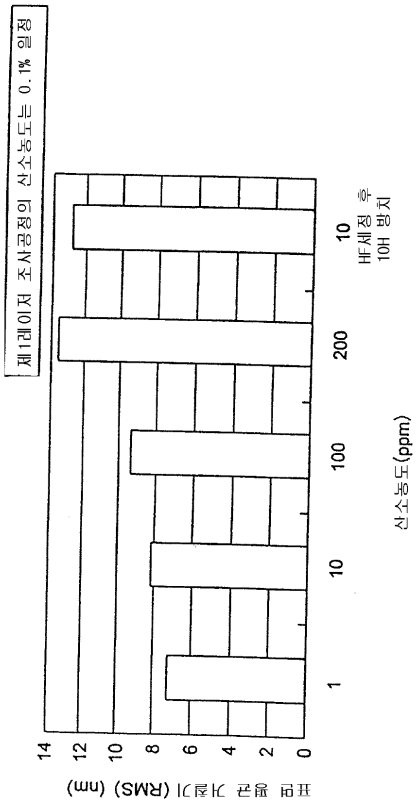
도면 1


시작
비결정실리콘막의 형성
F1
애브레이션방지의 어닐
F3
자연산화막 제거
F5
소정 양의 산소를 포함하는
질소 분위기중에 레이저 조사
F7
상기 소정 양 보다 작은 산소를
포함하는 질소분위기중에 레이저
조사
F9
종료

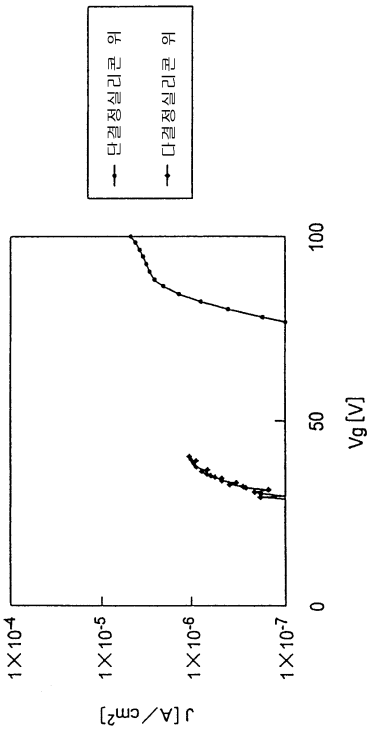
도면 2


제2레이저 조사공정의 산소농도는 10ppm 일정
RMS
에브레이션
표면 평균 거칠기 (RMS) (nm)
에브레이션 (個/mm2)
산소농도
1ppm
5ppm
0.1%
1.0%
10%
0
2
4
6
8
10
12
14
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4

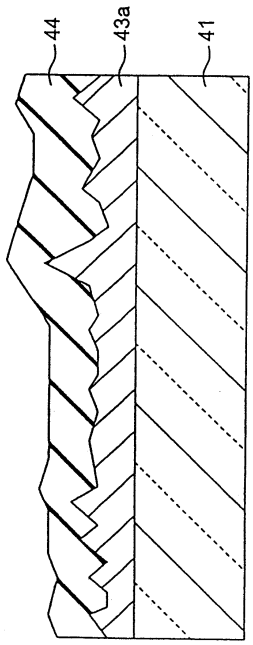
도면 3


제1레이저 조사공정의 산소농도는 0.1% 일정
표면 평균 거칠기 (RMS) (nm)
0
2
4
6
8
10
12
14
1
10
100
200
10
BF제정 후
10H 방치
산소농도(ppm)

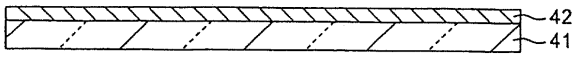
도면 4



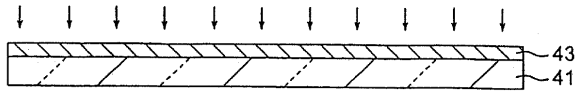
도면 5



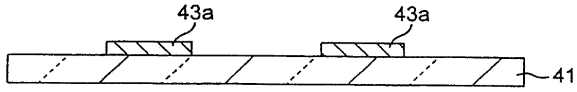
도면 6a



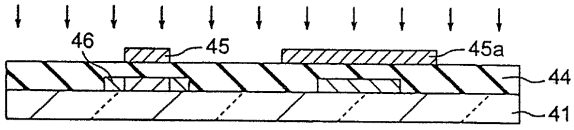
도면 6b



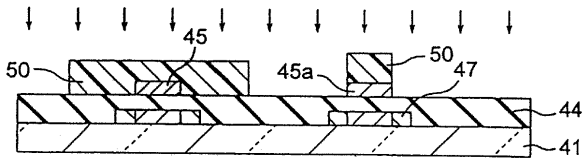
도면 6c



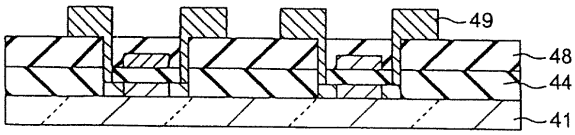
도면 6d



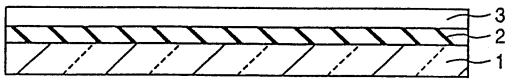
도면 6e



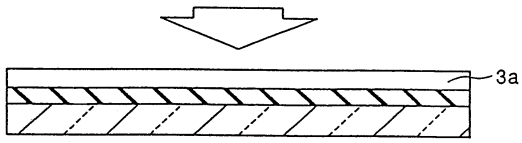
도면 6f



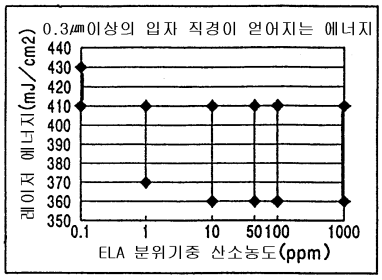
도면 7a



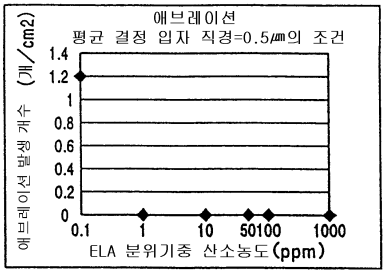
도면 7b



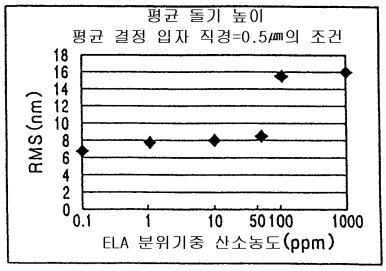
도면 8a



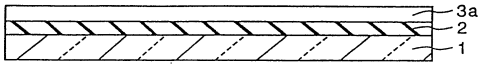
도면 8b



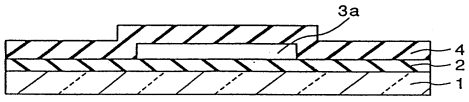
도면 8c



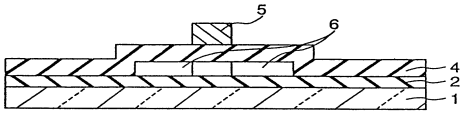
도면 9a



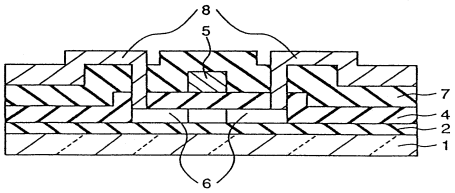
도면 9b



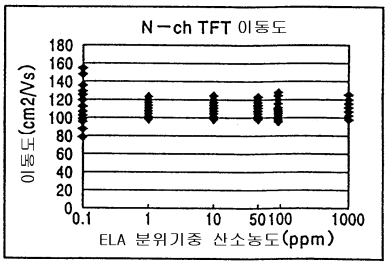
도면 9c



도면 9d


8
5
7
4
2
1
6

도면 10


N-ch TFT 이동도
이동도(cm2/Vs)
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0.1
1
10
50100
1000
ELA 분위기중 산소농도(ppm)