

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>  
H01L 21/22

(45) 공고일자 1996년06월26일  
(11) 공고번호 특1996-0008499

(21) 출원번호	특1992-0018168	(65) 공개번호	특1993-0020566
(22) 출원일자	1992년10월05일	(43) 공개일자	1993년10월20일
(30) 우선권주장	92-100479 1992년03월26일 일본(JP) 92-108489 1992년04월01일 일본(JP) 92-237763 1992년08월12일 일본(JP) 가부시기가이샤 한도오따이 에네루기 켄큐쇼 야마자끼 순페이 1996년06월26일		
(72) 발명자	장흥용 일본국 가나가와켄 야마토시 후카미다이 1-10-15 파레스 미야가미 302 다케우라 야스히코 일본국 가나가와켄 아쓰기시 하세 931-1 플랫 아쓰기 208 야마자끼 순페이 일본국 토오쿄 세이가야쿠 7쵸메 키타가라스야마 21-21		
(74) 대리인	황의만		

심사관 : 김승조 (책자공보 제4526호)

(54) 레이저 처리방법 및 레이저 처리장치

요약

내용 없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

레이저 처리방법 및 레이저 처리장치

[도면의 간단한 설명]

제1도는 실시예의 제작공정도.

제2도는 실시예의 제작공정도.

제3도는 실시예의 제작공정도.

제4도는 실시예의 제작공정도.

제5도는 본 발명의 반도체 처리(불순물도핑)장치의 개념도.

제6도는 본 발명의 반도체 처리(불순물도핑)장치의 개념도.

제7도는 본 발명의 반도체 처리(불순물도핑)장치의 예시도.

제8도는 본 발명의 반도체 처리(불순물도핑)장치의 예시도.

제9도는 본 발명 및 종래의 방법에 의해 제작된 반도체 불순물 영역의 불순물농도의 깊이 분포도.

제10도는 실시예의 제작공정도.

제11도는 실시예의 제작공정도.

제12도는 실시예의 CV 특성 및 원소분포도.

제13도는 실시예에서의 불순물(붕소)의 깊이방향의 분포도.

제14도는 실시예에서의 불순물(인)의 깊이방향의 분포도.

제15도는 실시예에서 피막의 시트 저항의 변화를 나타내는 도면.

제 16도는 실시예에서 제작된 인버터, 링오실레이터 특성도.

[발명의 상세한 설명]

본 발명은, 저온공정에서 효율적으로 도핑하고, 그 밖의 화학적, 물리적 처리를 행하는 기술에 관한 것이다.

종래, 도핑을 행하는 기술로서, 열확산법이나 이온주입법이 알려져 있다.

열확산법은, 1,000~1,200℃라는 고온분위기 중에서 불순물을 반도체중에 확산시키는 방법이고, 이온주입법은 이온화한 불순물을 전계로 가속하여 소정의 장소에 투입하는 방법이다.

그러나, 불순물의 확산계수  $D$ 는  $D=D_0 \exp[-E_a/kT]$ 로 나타낸 바와같이 절대온도  $T$ 에 대하여 지수함수적으로 의존한다.

여기에서  $D_0$ 는  $T=\infty$ 에 있어서 확산계수이고,  $E_a$ 는 활성화에너지이고,  $k$ 는 볼츠만(Boltzmann)계수이다.

따라서, 불순물을 반도체중에 효율적으로 확산시키기 위해서는 가능한한 고온에서 행하는 것이 바람직하며 열산화법에서는 1,000도 이상의 고온 공정에서 행하는 것이 일반적이었다.

또한 이온주입법에서는 불순물의 활성화와 결함의 회복을 위해 6000~950℃의 온도에서의 후열처리공정이 필요했다.

최근 유리기판상에 설치된 TFT(박막 트랜지스터)를 화소의 스위칭 소자로서 이용한 액티브 매트릭스형 액정표시장치가 일부 실용화되어 있는데, 이것은 TFT의 소스, 드레인 영역을 오오믹콘택트에 일도전형의 비정질규소로 형성하고 있는 것이 일반적이다.

또한 TFT의 구조로서 역스태거형의 형식을 취하고 있어 구조적인 문제에서 기생용량을 발생시키기 쉬웠다.

그리고, 소스, 드레인 영역을 자기정합적(셀프어라인)으로 형성하는 TFT를 이용하는 것이 검토되고 있지만, 소스, 트레인 영역을 자기정합적으로 형성하기 위해서는, 이온주입법이나 이온사워법을 이용하지 않으면 안되었다.

그러나 이들 방법은 상술한 바와 같이 불순물의 활성화와 결함의 회복을 위해 600~700℃온도에서 후열처리공정이 필요하고, 일반적인 값싼 유리기판의 내열온도가, 600~700℃인 점을 고려하면, 공업적으로 이용하는 것이 곤란했다.

이와같은 유리기판에 가해지는 열손상의 문제를 해결하는 방법으로서 레이저광의 조사에 의한 도핑기술이 알려져 있다.

이 방법의 한가지는, 도핑을 행하려 하는 반도체 표면에 불순물의 박막을 형성하고, 레이저광의 조사에 의해 이 불순물의 박막과 반도체 표면을 용융시키고, 불순물을 녹여들어가는 방법이 있다.

상기의 엑시머 레이저광의 조사에 의해 도핑을 행하는 방법은, 유리기판에 열손상을 주지 않기 때문에, 열손상에 의한 결함의 발생을 억제할 수 있다는 잇점이 있지만, 불순물의 피막을 형성하는 공정을 거칠필요가 있었다.

종래, 이피막형성에는 스펀코트법등의 도포법이 이용되었다.

그러나, 이 공정에 있어서, 피막 두께의 균일성이 좋지 않으면, 불순물의 도핑 농도가 다르기 때문에, 이상적인 방법이 아니었다.

또한 이피막은 통상, 유기용제를 용매로하여 형성되었는데, 그 경우에는 반도체중에 탄소나 산소, 질소등의 바람직하지 않은 원소가 들어가, 특성을 악화시키는 일이 있었다.

본 발명은, 상기의 레이저광, 특히 엑시머 레이저광을 이용한 도핑기술에 있어서, 문제가 되었던, 공정의 복잡화 및 이원소의 침입이라는 과제를 감안하여 이루어진 것이다.

본 발명은, 따라서, 액체상태 혹은 고체상태의 도핑재료를 이용하지 않고, 기체상태의 순도가 높은 도핑가스를 이용하여 도핑을 행하려 하는 것으로, 공정의 간략화와 이원소의 침입을 방지하는 것을 목적으로 한다.

또한, 도핑효율을 높이는 것도 발명의 과제로 한다.

또한, 본 발명은, 반도체 재료에 대한 도핑 이외에도, 다종의 다양한 재료(절연체, 도전체) 및 그들의 표면에 대한 도핑 및 그것에 부수되는 재료 및 그 표면의 개량을 행하는 것을 과제로 한다.

예를 들면, 산화규소 피막중에 인의 도핑등이다.

본 발명은, 상기의 과제를 해결하기 위해, 일도전형을 부여하는 불순물을 함유하는 고순도의 반응성 기체 분위기 중에서, 시료 반도체 표면에 대해 레이저광을 조사하는 것에 의해, 상기 일도전형을 부여하는 불순물을 상기 시료 반도체중에 도핑하는 방법이다.

그러나, 본 발명자들의 경험에 의하면, 시료 반도체가 실온과 같은 저온이면, 원소의 확산이 충분하지 않았다.

그리고, 본 발명의 하나는, 상기 레이저 조사시에, 시료를 가열하여, 적어도 200℃ 이상의 온도로 유지하는 것에 의해, 불순물원소의 확산을 촉진시키고, 또한, 고농도의 불순물도프를 행하려 하는 것이다.

기판의 가열온도는 반도체의 종류에 따라 다르지만, 폴리실리콘(다결정 실리콘), 세미 아모르퍼스

실리콘에 있어서는, 250~500℃, 바람직하게는 300~400℃가 가장 적합하다.

이와같이 시료를 가열하여 레이저를 조사하면, 불순물이 확산되기 쉬울 뿐만 아니라, 레이저의 조사에 의해 일시적으로 결정성이 저하된 반도체가, 열적으로 충분한 완화시간이 부여되기 때문에 결정성을 회복하기 쉽다.

레이저 조사는, 특히 펄스 레이저의 조사에 있어서는, 시료가 적당한 온도로 가열되어 있지 않은 경우에는, 전형적인 급가열, 급냉이기 때문에, 반도체는 아모르퍼스 상태를 나타내기 쉽다.

즉 순간적으로, 1,000℃ 이상까지 가열되지만, 수 100msec 후에는 실온까지 저하한다.

만일, 시료가 실리콘으로 상술한 범위로 가열되어 있는 경우에는, 실리콘의 결정화 온도의 하한인 500℃부근까지 온도가 강하하는데 요하는 시간이, 실온의 경우의 10배 이상이라고 산출된다. 이 단계에서 레이저의 조사시간이 어느 일정시간 이상 계속된 경우에는 실리콘이 용융되고, 불순물은 용액의 대류에 의해 내부에 침투한다.

또한, 펄스가 일정시간 이상 계속되지 않는 경우에는, 실리콘은 고상(固相)적으로 결정화하여, 이른바 세미 아모르퍼스가 되지만, 그때에는 불순물은 고상적으로 내부에 확산된다.

온도가 너무 높은 것은 바람직하지 않다.

왜냐하면, 고온에서는 반응성 가스 자체가 분해되고, 시료 뿐만 아니라, 그 홀더등에도 부착되어, 가스의 이용효율이 저하되기 때문이다.

또한, 반도체의 결정화 온도 이상의 고온으로 유지하는 것도 바람직하지 않다.

특히 이것은 다결정 반도체나 아모르퍼스 반도체, 세미 아모르퍼스 반도체와 같은 결함이 많은 반도체에 있어서는 바람직하지 않다.

결정성의 반도체에 대하여 결정화 온도 이상의 온도로 가열하면서 도핑을 행하면, 준위의 발생에 기인하는 가전자제어의 곤란성 문제가 발생하기 때문이다. 아모르퍼스 실리콘이, 열적으로 폴리실리콘으로 변화하는 것은 500~550℃라고 일컬어지기 때문에, 이 온도 이하, 바람직하게는 그 100℃이하(즉, 400~450℃, 혹은 그 이하)에서 행하는 것이 바람직하다.

또한 아모르퍼스 실리콘을 이용한 TFT(a-Si:TFT라고 한다.)에 있어서, 본 발명의 구성을 이용한 경우, a-Si:TFT를 350℃이상의 온도로 가열하면 소자가 파괴되어 버리기 때문에, 이 경우는 350℃ 이하의 온도로 가열하는 것이 적당하다.

이점은 다른 반도체에서도 동일하다.

본 발명의 다른 한가지는, 상기 레이저광, 특히 엑시머 레이저광을 이용한 기체상태에서의 도핑 기술에 있어서, 서로 다른 도핑가스를 이용하여 복수의 도핑을 행하려고 하는 경우, 단일 레이저광에서는 도핑가스의 흡광특성이 서로 다르고, 가스의 종류에 따라 분해특성이 달라지는 것에 의한 도핑효율이 저하되는 것을 과제로 하고, 이것을 해결하기 위한 것이다.

그것을 위하여, 일도전형을 부여하는 불순물을 함유하는 반응성 기체 분위기 중에서, 레이저 조사시에, 상기 반응성 기체를 분해하기 위해 전자에너지가 가해지는 구성을 취하는 것이다.

이때 다시 레이저 광을 조사할 때, 동시에 시료인 도핑을 행하려고 하는 반도체를 상기 제1의 발명과 동일하게, 적당한 온도로 가열하면, 한층 도핑율을 높일 수 있다.

본 발명에 있어서, 열도전형을 부여하는 불순물은, 반도체로서 규소반도체(실리콘)를 이용한 경우에서, P형을 부여하는 것이라면, 3가(價)의 불순물, 대표적으로는 붕소(B)등을 이용할 수 있고, N형을 부여하는 것이라면, 5가의 불순물, 대표적으로는 인(P)나 비소(As)등을 이용할 수 있다.

그리고 이들 불순물을 함유하는 반응성 기체로서 AsH<sub>3</sub>, PH<sub>2</sub>, BF<sub>3</sub>, BCl<sub>3</sub>, B(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub> 등을 이용할 수 있다.

반도체로서는, TFT를 제작하는 것이라면, 기상성장법이나 스퍼터법등에 의해 성막한 비정질 실리콘 반도체 박막이 일반적으로 이용된다.

또한, 액상성장에 의해 제작된 다결정 또는 단결정의 실리콘 반도체라도 본 발명을 적용할 수 있다.

또한, 실리콘 반도체에 한정되지 않고, 그밖의 반도체라도 좋을 것도 없다.

레이저광으로서, 펄스발진형의 엑시머 레이저 장치를 이용하는 것이 유용하다. 이것은, 펄스발진 레이저에서는, 시료의 가열이 순간적이고, 게다가 표면에만 한정되어, 기판에 영향을 주지 않기 때문이다. 레이저에 의한 가열은, 국소적인데 비해, 연속발진 레이저(알곤 이온레이저등)에 있어서는, 가열부분과 기판과의 열팽창의 현저한 차이등에 의해, 가열부분이 벗겨져 버리는 일이 있다.

이점에서, 펄스레이저에서는, 열 완화시간은, 열팽창과 같은 기계적 응력의 반응시간에 비하여 압도적으로 짧아, 기계적인 손상을 주지 않는다. 물론, 기판의 불순물이 열확산하는 일은 거의 없다.

특히, 엑시머 레이저는 이미, 아모르퍼스 실리콘 박막을 레이저 조사하는 것에 의해 결정화 시키고, 결정성이 높은 다결정 실리콘 박막을 얻는다고 하는 실험에 사용된 실적이 있다. 구체적인 레이저의 종류로서는, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm), XeCl 엑시머 레이저(파장 308nm), XeF 엑시머 레이저(파장 351nm), KrF 엑시머 레이저(248nm)등을 이용하는 것이 적당하다.

본 발명의 구성에 있어서, 기판을 가열하는 수단으로서, 홀더에 직접 니크롬선이나 칸달선, 그 밖의 발열체를 편입시킨 전도형의 것을 이용해도 좋는데, 적외선 램프 이외의 방사형을 이용해도 된다.

그러나, 기판온도는 불순물 도핑 농도나 깊이에 큰 영향을 주기 때문에, 그 제어는 정밀하게 행하는

것이 바람직하다. 따라서, 시료로는 열전쌍등의 온도센서가 불가결하다.

본 발명의 구성에 있어서, 도핑용 반응성기체(도핑가스라고 한다)를 분해하기 위해 가해지는 전자에너지로서는, 13.56MHz의 고주파 에너지가 일반적이다. 이 전자에너지에 의한 도핑가스의 분해에 의해, 도핑가스를 직접 분해할 수 없는 레이저 광을 이용하는 경우에도 효율적으로 도핑을 행할 수 있다. 전자에너지의 종류로서는, 13.56MHz의 주파수로 한정되는 것이 아니고, 예를들면, 2.45GHz의 마이크로파와 875 가우스의 자장가의 자장과 상호작용에서 발생하는 ECR 조건을 이용해도 좋다. 또한 도핑가스를 직접 분해 할 수 있는 광에너지를 이용하는 것도 유효하다.

이상의 기술에서는, 반도체층의 도핑기술에 관하여 서술했지만, 본 발명은 그것에 한정되지 않고, 폭넓은 응용이 가능하다. 예를들면, 금속층에, 그 표면의 특정 두께의 부분에, 표면재질을 향상시키는 미량원소를 수% 첨가하는 경우에도 본 발명을 사용하는 것이 가능하다. 예를들면, 철의 표면에, 암모니아중에서 본 발명을 실시하고, 질소를 도핑하여, 표면의 수~수백nm를 질화철로 해도 좋다.

혹은, 산화물에 있어서도 본 발명을 실시하여 효과를 얻을 수 있다.

예를들면, 비스머스계 산화물 고온 초전도체 박막에 염화납 증기중에서 본 발명을 실시하여, 납을 함유하도록 함으로써 초전도 임계온도를 높이는 것도 가능하다. 종래, 비스머스계 산화물 고온 초전도체는, 몇 가지의 종류가 존재하는 것이 알려져 있고, 최고의 임계온도는 110K 정도였다. 그런, 임계온도가 100K를 넘는 상은 얻기가 곤란했다.

납을 첨가하면 100K 를 넘는 상이 용이하게 얻어지는 것이 알려져 있지만, 박막 제작과정에 있어서는, 기판가열의 영향을 받은 외부에 증산해 버리는 경향이 있었다. 그러나, 본 발명은 비열평형 반응이기 때문에, 납을 유효하게 박막 형성재료로 포함할 수 있다. 동일하게, 최근, 반도체 집적회로, 특히 반도체 메모리의 기능성 재료로서 주목되고, 납을 함유하는 강유전체인 PZT(납 지르코니아티탄 산화물)에 적용할 수 있다.

또한, 산화규소와 같은 절연물에 있어서도, 미량 불순물을 첨가할 때 사용할 수 있다. 산화규소에는 이미 반도체 공정에서 사용되고 있듯이, 인을 수 % 정도 함유시켜 인 유리로 하는 것이 자주 행해지고 있다. 물론, 본 발명을 사용하여 산화규소에 인을 함유시키는 것도 가능하다. 예를 들면,  $1 \times 10^{20} \sim 3 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 의 농도로 인을 확산하면 좋다.

이 인 유리는 반도체 내부에 외부로부터 나트륨의 가동이온이 침입하는 것을 방지하는 것으로 알려져 있다. 종래에는, 인 유리(PSG)전용의 CVD챔버에 의해 성막했는데, 전용의 장치를 준비하지 않으면 안되기 때문에 단가가 상승한다. 본 발명을 이용한 경우에는, 레이저 도핑장치를 반도체의 불순물 도핑용과 인유리 형성으로 할 수 있고, 산화규소의 성막장치는, 다른 용도로도 널리 사용할 수 있기 때문에, 전체적인 단가 상승을 초래하지 않아, 경제적이다.

특히, 본 발명을 실시하는 것은 각종 유기실란(테트라 에톡실 실란(TEOS)등)을 재료로서 비교적 저온(600℃ 이하)으로 형성된 산화규소막의 특성을 향상시키는데 유효했다. 즉, 이와같은 피막에 있어서는, 원료중에 탄소가 많이 함유되어 있어, 절연성이 좋지 않고, 또한, 이것을 MOS 구조등의 절연막으로서 사용하는 경우에는, 트랩준위가 너무 많아, 양호한 재료가 아니었다.

그러나, 본 발명에 의해 인의 레이저 도핑을 행하면 레이저 조사의 가열에 의해, 이들 탄소가 막에서 제거되어, 트랩준위가 현저하게 감소하여 절연 특성도 향상된다. 앞서 설명한 바와 같이, 레이저 도핑때에 기판 온도를 변화시킴으로서 불순물의 깊이 방향의 분포를 제어할 수 있다. 따라서, 산화규소막중에 깊은 인을 분포시키기 위해서는 기판온도를 200℃ 이상, 바람직하게는 350~450℃로 유지하고, 또한 깊이 100nm 이하에만 분포시키기 위해서는 기판을 실온 혹은 그 이하로 유지하면 좋다.

또한, 레이저 도핑때, 기본막에 아모르퍼스 실리콘등의 반도체 재료가 존재하는 경우에는, 동시에 이들 반도체 재료도 아닐되어 결정성이 향상된다. 즉, 산화규소막은, 자외선에 대하여 흡수율이 낮고, 레이저 광의 대부분이 그 밑의 반도체 재료에 흡수되기 때문이다. 따라서 두가지 공정을 동시에 진행할 수 있어, 양산성의 향상에 유효하다.

본 발명의 장치의 개념도를 제 5도 및 제 6도에 나타낸다. 제 5도는 기판가열장치를 구비한 것, 제 6도는, 그것에 덧붙여 플라즈마를 발생시키기 위한 전자장치를 구비한 것을 나타내고 있다.

이들 도면은 개념적인 것이기 때문에, 당연히, 실제의 장치에 있어서는, 필요에 따라 그 밖의 부품을 구비할 수 있다. 이하, 그 사용법에 대하여 개략 설명한다.

제 5도에 있어서, 시료(24)는 시료홀더(25)상에 설치된다.

최초로, 챔버(21)는 배기장치에 접속한 배기계(27)에 의해 진공 배기된다. 이 경우에는, 가능한한 고진공으로 배기하는 것이 바람직하다. 즉, 대기성분인 탄소나 질소, 산소는 반도체에 있어서는 일반적으로 바람직하지 않기 때문이다. 이와같은 원소는, 반도체층에 포함되는데, 동시에 첨가된 불순물의 활성도를 저하시키는 일이 있다.

또한, 반도체의 결정성을 손상시키고, 입계에 있어서 불포화결합의 원인이 된다. 따라서,  $10^{-6}$  torr 이하, 바람직하게는  $10^{-8}$  torr 이하까지 챔버내를 진공으로 하는 것이 바람직하다.

또한, 배기를 전후해서 히터(26)를 작동시켜, 챔버내부에 흡착된 대기성분을 배출하는 것도 바람직하다. 현재의 진공장치에서 사용되는 것과 같이, 챔버이외에 예비실을 설치하고, 챔버가 직접, 대기에 접촉하지 않는 구조로 하는 것도 바람직하다. 당연히, 로타리 펌프나 기름확산 펌프에 비하여, 탄소등의 오염이 적은 터보분자 펌프나 크라이오펌프를 이용하는 것이 바람직하다.

충분히 배기되었다면, 반응성가스를 가스계(28)에 의해, 챔버내에 도입한다. 반응성 가스는 단독의

가스로 이루어져 있어도, 혹은 수수나 알곤, 헬륨, 네온등으로 희석되어도 좋다. 또한, 그 압력은 대기압에서도, 그 이하라도 좋다. 이들은, 목적으로 하는 반도체의 종류와, 불순물 농도, 불순물 영역의 깊이, 기판온도등을 고려하여 선택된다.

다음으로 창(22)을 통하여, 레이저광(23)이 시료에 조사된다. 이때, 시료는 히터에 의해, 일정한 온도로 가열되어 있다. 레이저광은, 1개소에 통상 5~50펄스 정도 조사된다. 레이저펄스의 에너지의 편차는 충분히 크고, 따라서, 너무 펄스수가 적은 경우에는 불량발생 확률이 크다. 한편, 너무 많은 펄스를 1개소에 조사하는 것을 양산성(처리량)면에서 바람직하지 않다. 본 발명자의 경험에 의하면, 상기의 펄스수가 양산성에서도, 제조효율면에서도 타당했다.

이 경우, 예를 들면, 레이저의 펄스가 10mm(x방향)×30mm(y방향)의 특징의 장방형의 형상을 하고 있는 경우에, 동일한 영역에 레이저 펄스를 10펄스를 조사하고, 종료후에는, 다음 부분으로 이동한다고 하는 방법도 좋지만, 레이저를 1펄스에 대해, x방향으로 1mm씩 이동시켜도 좋다.

레이저 조사가 종료되었다면, 챔버내를 진공배기하고, 시료를 실온까지 냉각하여 시료를 꺼낸다. 이와 같이, 본 발명에서는, 도핑공정은 극히 간단하고, 또한, 고속이다. 즉 종래의 이온주입공정에서는,

- (1)도핑패턴의 형성(레지스트 도포, 노광, 현상)
- (2)이온주입(혹은 이온도핑)
- (3)재결정화

라는 3공정이 필요하고, 또한 종래의 레이저 조사에 의한 고상확산(固相擴散)에서도,

- (1)도핑패턴의 형성(레지스트 도포, 노광, 현상)
- (2)불순물피막 형성(스핀코팅 외)
- (3)레이저 조사

라고 하는, 역시 3공정이 필요했다. 그러나, 본 발명에서는,

- (1)도핑패턴의 형성(레지스트 도포, 노광, 현상)
- (2)레이저 조사

라고 하는 2공정으로 완료된다.

제 6장치에 있어서도, 제 5도의 경우와 거의 같다. 최초로 챔버(31)내를 배기계(37)에 의해 진공배기하고, 가스계(38)로 부터 반응성 가스를 도입한다. 그리고, 시료홀더(35)상의 시료(34)에 대해서, 창(32)을 통하여, 레이저광(33)을 조사한다. 그때에는 고주파 혹은 교류(혹은 직류) 전원(40)으로부터, 전극(39)에 전력을 투입하고, 챔버내부에 플라즈마 등을 발생시켜서, 반응성 가스를 활성화한 상태로 한다. 도면에서 전극은 용량결합형으로 나타냈는데, 유도(인덕턴스)결합형이라도 좋다. 또한, 용량결합형이라도, 시료홀더를 한쪽의 전극으로서 이용해도 좋다. 또한, 레이저조사시에는, 히터(36)에 의해 시료를 가열해도 좋다.

이하에 실시예를 나타내고, 보다 상세하게 본 발명을 설명한다.

[실시예1]

본 실시예는, 유리기관상에 설치된 N채널 박막형 절연게이트 전계효과 트랜지스터(이하 NTFT라고 한다)의 제작에 본 발명의 구성인 도핑법을 적용한 예이다. 본 실시예에 있어서는, 기관으로서 유리기관 또는 석영기관을 이용했다. 이것은, 본 실시예에서 제작한 TFT가 액티브 매트릭스형의 액정표시장치 또는 이미지 센서의 스위칭소자나 구동소자로서 이용되는 것을 의도하고 있기 때문이다. 물론, 다른 반도체장치, 예를 들면, 광전변환장치의 P형 반도체층이나 N형 반도체층의 형성, 또는 단결정 반도체 집적회로를 제작할 때의 도핑기술로서 본 발명의 구성을 적용해도 좋다. 따라서 기관로서는, 규소 또는 그밖의 반도체의 단결정 또는 다결정의 것을 이용해도 좋고, 다른 절연체를 이용해도 좋다.

우선 제1도에 있어서, 기관인 유리기관(11)상 SiO<sub>2</sub> 막 또는 질화규소막을 기본막의 보호막(12)으로서 형성한다. 본 실시예에서는, 산소 100% 분위기중에서 RF 스퍼터링에 의해 SiO<sub>2</sub> 막(12)을 200nm 성막했다. 성막조건은, 이하와 같다.

O<sub>2</sub> 유량            50sccm  
 압력                0.5Pa  
 RF전력            500W  
 기관온도         150℃

다음으로, 플라즈마 CVD법에 의해 진성 또는 실질적으로 진성(인위적으로 불순물을 첨가하지 않은 것을 의미한다.)의 수소화 비정질 규소반도체층(13)을 100nm의 두께로 형성한다. 이 수소화 비정질 규소 반도체층(13)은, 채널형성영역 및 소스,드레인 영역을 구성하는 반도체층이 된다. 성막조건은, 이하와 같다.

분위기            실란(SiH<sub>4</sub>)100%  
 성막온도         160℃(기관온도)  
 성막압력         0.05Torr

투입파워 20W(13.56MHz)

또한, 본 실시예에서는, 비정질 규소의 성막원료가스로서 실란을 이용하고 있지만, 열결정화에 의해 비정질 규소를 다결정화시킨 경우에는, 결정화 온도를 낮추기 위해서, 디실란, 또는 트리실란을 이용해도 좋다.

성막분위기를 실란 100%에서 행하는 것은, 일반적으로 행해지는 수소로 희석된 실란 분위기중에서 성막한 비정질 규소막에 비하여, 실란100% 분위기중에서 성막한 비정질 규소막은, 결정화하기 쉽다고 하는 실험결과에 의거한 것이다. 또한, 성막온도가 낮은 것은, 성막된 비정질 규소막중에 수소를 다량으로 함유시켜 가능한한 규소의 결합수를 수소로 중화하기 위한 것이다.

또한, 고주파 에너지(13.56MHz)의 투입파워가 20W로 낮은 것은, 성막시에 있어서 규소의 클러스터 즉 결성을 갖는 부분이 발생하는 것을 강력하게 막기 위한 것이다. 이것도, 비정질 규소막 중에서 조금이라도 결정성을 갖고 있으면, 차후의 레이저조사시에 결정화에 악영향을 준다고 하는 실험사실에 의거한 것이다.

다음으로, 디바이스 분리 패터닝을 행하여 제1도의 형상을 얻었다. 그리고, 시료를 진공중( $10^{-6}$  Torr 이하)에서, 450℃, 1시간 가열하고, 수소제거를 철저히 행하여 막중의 불포화결합(dangling bond)을 고밀도에서 생성시켰다.

또한, 시료를 제5도에 나타낸 레이저 조사장치로 옮기고, 엑시머 레이저를 조사하여, 시료의 다결정화를 행했다. 이 공정은, KrF 엑시머 레이저(파장 248nm)를 이용했다. 조건은 다음과 같다.

레이저조사 에너지 밀도 350mJ/cm<sup>2</sup>  
 펄스수 1~10쇼트  
 기관온수 400℃

레이저 조사후, 수소감압 분위기중(약 1 Torr)에서, 100℃까지 온도를 올렸다.

또한 본 실시예에 있어서는 레이저광의 조사에 의한 비정질 규소막의 결정화를 나타냈지만, 이것을 가열에 의한 공정으로 치환해도 좋은 것은 말할 것도 없다. 이 가열공정이라는 것은, 유리의 내열온도 이하의 온도인 450℃~700℃정도(일반적으로는 600℃)의 온도에서는 6시간~96시간 가열하여, 유리기관상에 설치된 비정질 규소 반도체막을 결정화시키는 공정을 말한다.

제 5도에 있어서, (21)은 진공챔버(21), (22)는 진공 챔버(21)의 외부로 부터 레이저를 조사하기 위한 석영(특히 엑시머 레이저의 경우에는, 무수(無水) 석영이 바람직하다.) 창, (23)은 레이저가 조사된 경우에 있어서의 레이저광, (24)는 시료(샘플), (25)는 샘플 홀더, (26)은 시료가열용 히터, (27)은 배기계, (28)은 원료가스가 불활성가스 또한 캐리어가스의 도입계이고, 도면에서는 하나 밖에 나타나 있지 않지만 실제로는 복수로 설치되어 있는 것이다.

또한, 배기계에서는, 저진공용 로터리 펌프를, 고진공용으로 터보분자 펌프를 이용하여, 챔버내의 불순물(특히 산소)의 잔류 농도를 극히 적게 했다. 배기능력에 관해서는  $10^{-6}$  torr 이하, 바람직하에는  $10^{-8}$  torr 이하로 한다.

제 5도의 진공챔버를 이용하여 엑시머 레이저에 의한 결정화를 행한 후, PF스퍼퍼법을 이용하여 게이트 절연막이 될 SiO<sub>2</sub> 막(14)을 100nm 성막하고, 제 2도의 형상을 얻었다. 그리고 게이트 전극(15)이 될 비정질 규소 반도체층 또는 다결정 규소 반도체층(두께 150nm)을 N형의 도전층으로 하기 위해 인(P)을 첨가해 형성했다.

이후 게이트 영역을 패터닝에 의해 형성하여, 제 3도의 형상을 얻었다. 게이트 전극로서는, 이것 이외에도, 알루미늄이나 크롬, 탄탈등의 금속재료를 이용해도 좋다. 또한 알루미늄이나 탄탈을 이용하는 경우에는, 그 표면을 양극산화해 두면, 차후의 레이저 조사시에도 게이트 전극에 손상이 미치지 않는다. 게이트 전극에 양극산화를 행한 플레이너형 TFT에 대해서는 특원평 3-238713(이상 일본 특허출원)에 기술되어 있기 때문에 여기서는 상술하지 않는다.

여기에서, 재차 제 5도에 나타낸 장치를 이용하여 본 발명의 구성인 레이저광에 의한 불순물의 도핑을 행한다. 제 5도에 나타내는 장치에 있어서, PH<sub>2</sub> 분위기하에서, 시료(제 3도의 형상을 갖고 있다)를 가열하고, 레이저광을 조사하여 인(P)의 도핑을 행했다.

이때, 소스, 드레인 영역(제 4도에 나타낸 131, 133)에는 인이 도핑되어 있기 때문에 N형화한다. 이것에 대하여 채널형성영역(제 4도에 나타낸 132)에는 게이트 절연막(14)과 게이트 전극(15)이 마스크가 되어 레이저가 조사되지 않고, 그 부분의 온도가 상승하지 않기 때문에, 도핑이 행해지지 않는다. 도핑 조건은 다음과 같다.

분위기 PH<sub>2</sub> 5% 농도(H<sub>2</sub> 희석)  
 시료온도 350℃  
 압력 0.02~1.00Torr  
 레이저 KrF 엑시머 레이저(파장 248nm)  
 에너지 밀도 150~350mJ/cm<sup>2</sup>  
 펄스수 10쇼트

상기 소스, 드레인 영역형성후, 제 4도에 나타낸 바와같이 RF 스퍼터법에 의해 절연막으로서 SiO<sub>2</sub> 막

(16)을 10nm의 두께로 성막했다. 성막조건은 게이트 산화막의 제작방법과 동일하다.

그후, 콘택트용 구멍뚫기 패터닝을 행하고, 또한, 전극이 될 알루미늄을 증착하여 소스전극(17)과 드레인전극(18)을 형성하고, 또한 수소분위기중에서 350℃의 온도에서 수소 열아닐을 행하는 것에 의해, NTFT를 완성했다. 동일하게, 분위기를 B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>로 하는 것에 의해 P채널형 TFT(PTFT)로 형성할 수 있었다.

특히, 본 발명의 효과를 비교하기 위해, 레이저 조사시에 시료를 가열하지않고, 완전히 같은 강도의 레이저를 조사했는데, 제9도 (b)에 나타난 바와같이 시료가열이 없는 경우에는, 불순물 농도도 1자리수 이상적이고, 또한, 불순물의 분포도 표면근방에 한정되었다. 한편, 본 실시예에서는, 시료를 350℃로 가열하여 레이저 조사한 것은, 제9도(a)에 나타난 바와같이, 불순물의 도핑농도가 크고, 또한 그 확산은 심부에 까지 미친다.

이상과 같이하여 NTFT와 PTFT를 제작할 수 있었다. 이들 TFT를 조합하여 CMOS인버터를 구성한결과, 제14도의 위쪽의 그래프로 나타난 바와같은 양호한 특성이 얻어졌다. 또한, 이 CMOS 회로를 다수접속하여 링오실레이터를 구성한 결과, 제14도의 밑쪽 그래프로 나타난 바와같이 양호한 특성이 얻어졌다.

[실시예 2]

본 실시예는, 유리기판상에 설치된 NTFT의 제작에 본 발명의 구성인 도핑법을 적용한 예이다. 본 실시예에서는, 기판으로서 실시예 1과 동일하게 유리기판 또는 석영기판을 이용했다. 우선 실시예 1과 동일하게, 제 1도의 기판인 유리기판(11)위에 SiO<sub>2</sub> 막 또는 질화규소막을 기본막의 보호막(12)으로서 형성한다.

다음으로, 플라즈마 CVD법에 의해 진성 또는 실질적으로 진성의 수소화 비정질 규소반도체층(13)을 100nm의 두께로 형성한다. 다음으로, 디바이스 분리 패터닝을 행하여 제 1도의 형상을 얻었다. 그리고, 시료를 진공중(10<sup>-6</sup> Torr 이하)에서, 450℃,1시간 가열하여, 수소제거를 철저하게 행하여, 막중의 불포화결합을 고밀도로 생성시켰다.

또한 상기 수소제거를 행한 챔버중에서, 진공상태를 유지한 채로 엑시머 레이저를 조사하고, 시료의 다결정화를 실시예 1과 동일한 조건으로 행했다. 레이저 조사후, 수소 감압분위기 안(약 1Torr)에서, 100℃까지 온도를 높였다.

본 실시예에 있어서는, 제6도에 나타난 바와같은 장치를 이용하여 상기 시료의 수소제거를 위한 가열공정과 엑시머 레이저광의 조사에 의한 결정화, 또한 불순물의 도핑공정도 진공챔버에 의해 행했다. 이와같은 진공챔버를 이용하는 것에 의해, 가열공정에서 레이저 조사에 의한 결정화 공정에 걸쳐 진공상태를 유지하는 것이 용이해지고, 막중에 불순물(특히 산소)이 혼입되지 않은 막을 얻을 수 있다. 이 진공챔버에는, 전자에너지를 분위기에 부여하기 위한 전극을 갖추고 있어 PCVD 장치도 겸하고 것이다. 그러나, 각각 연속되는 공정을 멀티챔버 형식으로 구성한 장치를 이용하여, 각각의 공정을 별개의 반응로에서 행해도 좋음은 말할 것도 없다. 제 6도에 나타난 반응로는 양광주(positive column)방식이 구성이지만, 그 밖의 형식이라도 좋고, 전자에너지를 가하는 방법도 특별히 한정되는 것은 아니다. 또한, 특히높은 활성화율을 얻고 싶다면, ECR형식의 장치를 이용하는 것이 유용하다.

제 6도에 있어서,(31)은 진공챔버, (32)는 진공챔버(31)의 외부에서 레이저를 조사하기 위한 석영창,(33)은 레이저가 조사된 경우에 있어서 레이저광,(34)는 시료(샘플),(35)는 샘플홀더,(36)은 시료가열용의 히터,(37)은 배기계,(38)은 원료가스나 불활성가스 또는 캐리어가스의 도입계이고, 도면에서는 하나밖에 나타내지 않았지만 실제로는 복수로 설치되어 있는 것이다. 또한, 배기계에는, 저진공용으로 로터리펌프를, 고진공용으로 터보 분자 펌프를 이용하여,챔버내의 불순물(특히 산소)의 잔류 농도를 극히 적게 했다. 그리고,(39)는 평행평판 전극이고,고주파 발전장치(40)로 부터 공급되는 13.56MHz의 전자에너지를 챔버내에 공급하는 것이다.

제 6도의 진공챔버를 이용하여 엑시머 레이저에 의한 결정화를 행한 후,RF 스퍼터법을 이용하여 게이트 절연막이 될 SiO<sub>2</sub> 막(14)을 100nm 성형하여, 제 2도의 형상을 얻었다. 그리고 게이트 전극(15)이 될 비정질 규소반도체층 또는 다결정 규소반도체층(두께 150nm)을 N형의 도전형으로 하기 위해 인(P)을 첨가하여 설치했다. 이후 게이트영역을 패터닝에 의해 형성하여 제 3도의 형상을 얻었다.

여기서 재차 제 6도에 나타난 장치를 이용하여 본 발명의 구성인 레이저광에 의한 불순물의 도핑을 행한다. 제 6도에 나타난 장치에 있어서 전자에너지를 부여해분해된 PH<sub>3</sub> 분위기 하에서, 시료(제 3도의 형상을 하고 있다.)를 가열하고 레이저광을 조사하여 인(P)의 도핑을 했다. 이때 소스, 드레인 영역(제 4도에 나타난 131,133)에는 인이 도프되기 때문에 N형화 된다. 이것에 비해 채널 형성 영역(제 4도에 나타난 132)에는 게이트 절연막(14)과 게이트 전극(15)이 마스크가 되어 레이저가 조사되지 않아, 그 부분의 온도가 상승하지 않기 때문에,도핑이 행해지지 않는다. 도핑 조건은 다음과 같다.

분위기	PH <sub>3</sub> 5%농도(H <sub>2</sub> 희석)
시료온도	350℃
압력	0.02~1.00Torr
투입파워	50~200W
레이저	KrF 엑시머 레이저(파장 248nm)
에너지밀도	150~350mJ/cm <sup>2</sup>
펄스수	10쇼트

상기 소스, 드레인영역 형성후, 실시예 1과 동일하도록, 제 4도에 나타난 바와 같이 RF 스퍼터법에 의해 절연막으로서 SiO<sub>2</sub> 막(16)을 100nm 두께로 성막하고, 콘택트용의 구멍뚫기 패터닝을 행하고, 또한 전극이 되는 알루미늄을 증착하여 소스전극(17)과 드레인 전극(18)을 형성하고, 또한 수소분위기 중에서 350℃의 온도에서 수소 열아닐 행하는 것에 의해, NTFT를 완성했다.

이 도핑공정에 있어서, 분위기를 B<sub>2</sub> H<sub>6</sub> 으로 하는 것에 의해 P채널형 TFT(PTFT)를 형성할 수 있었다. 종래에는 레이저광의 파장에 의해 도핑가스의 분해 상황이 다르고, 이점에 의한 도핑의 불균일성의 문제였지만, 본 발명의 구성을 취한 경우, 레이저광에 의해서가 아니라, 전자에너지에 의해 도핑가스가 분해되기 때문에 PTFT라도 NTFT라도 레이저광의 파장에 제한되는 일 없이 도핑을 행할 수 있다.

[실시예 3]

제 7도에는 본 발명의 도핑처리장치의 모양을 나타낸다. 즉, 챔버(71)에는, 무수(無水)석영유리로 이루어진 슬릿(slit)형의 창(72)이 설치되어 있다. 레이저광은, 이 창에 맞추어 가늘고 긴 형상으로 성형된다. 레이저의 빔은, 예를들면 10nm S300mm의 장방향으로 하였다. 또한, 레이저광의 위치는 고정되어 있다. 챔버에는, 배기계(77) 및 반응성가스를 도입하기 위한 가스계(78)가 접속되어 있다. 또한 챔버내에는 시료홀더(75)가 설치되고, 그 위에는 시료(74)가 올려지고, 시료홀더의 밑에는 자외선 램프(히터로서 기능한다)(76)가 설치되어 있다. 시료홀더는 가동되고, 시료를 레이저의 쇼트에 맞추어 가동할 수 있다.

이와같이, 시료의 가동을 위한 기구가 챔버내에 조합되어 있을 때에는, 히터에 의한 시료홀더의 열팽창에 의해 기구의 이상이 발생하기 때문에, 온도제어에는 세심한 주의가 필요하다. 또한 시료이송기구에 의해 먼지가 발생하기 때문에, 챔버내의 유지보수는 번잡하다.

[실시예 4]

제 8도(A)에는 본 발명의 도핑처리장치의 모양을 나타낸다. 즉, 챔버(81)에는, 무수석영유리로 이루어진 창(82)이 설치되어 있다. 이 창은 실시예 3의 경우와 달리, 시료(84) 전면을 덮을 만큼 넓은 것이다. 챔버에는, 배기계(87) 및 반응성가스를 도입하기 위한 가스계(88)가 접속되어 있다. 또한 챔버내에는 시료홀더(85)가 설치되고, 그 위에는 시료(84)가 올려지고, 시료홀더는 히터가 내장되어 있다. 시료홀더는 챔버에 고정되어 있다. 챔버의 하부에는 챔버의 받침대(81a)가 설치되어 있고, 레이저의 펄스에 맞추어, 챔버 전체를 이동시키는 것에 의해, 레이저조사를 행한다. 레이저의 빔은 실시예 3의 경우와 동일하게, 가늘고 긴형상이다. 예를 들면 5mm × 100mm의 장방향으로 했다. 제 3도와 동일하게 레이저광의 위치가 고정되어 있다. 본 실시예에서는, 실시예 3와 달리, 챔버전체가 이동하는 구조를 채용한다. 따라서, 챔버내에는 기계 부분이 존재하지 않고, 먼지들이 발생하지 않기 때문에 보수유지가 용이하다. 또한 이송기구가, 히터열의 영향을 받는 일은 적다.

본 실시예에서는, 실시예 3에 비하여 상기한 바와같은 점에서 우수한 것 뿐만 아니라, 다음과 같은 점에서도 우수하다. 즉, 실시예 3의 방식에서는, 시료를 챔버에 넣고 나서, 충분한 진공도까지 진공배기될 때까지 레이저방사를 행할 수 없다. 즉 비작동시간이 많았다. 그러나, 본 실시예에서는, 제 8도(A)와 같은 챔버를 다수 준비하고, 각각 순차적으로, 시료장진, 진공배기, 레이저조사, 시료제거라고 하는 식으로 진행시키면 상기와 같은 비작동시간이 발생하지 않는다. 이와같은 시스템을 제 8도(B)에 나타낸다.

즉, 미처리의 시료를 내장한 챔버(97,96)는, 배기공정의 사이에 연속적인 반송기구(98)에 의해, 정밀한 이동을 행할 수 있는 시스템을 갖는 받침대(99)로 향한다. 스테이지상의 챔버(95)에는, 레이저장치(91)로부터 방사되어, 적당한 광학장치(92,93)로 가공된 레이저광이 창을 통하여 안쪽으로 시료에 조사된다. 스테이지를 움직이는 것에 의해, 필요한 레이저조사가 행해진 챔버(94)는 재차 연속적인 반송기구(100)에 의해 다음 단계로 보내지고, 그 사이에 챔버내의 히터는 꺼지고, 배기되어 충분히 온도가 내려간 다음, 시료를 꺼낸다.

이와같은, 본 실시예에서는 연속적인 처리를 행할 수 있고, 배기에 걸리는 시간을 줄일 수 있어, 처리량을 늘릴 수 있다. 물론, 본 실시예의 경우에는, 처리량은 향상되지만, 그 만큼 실시예 3의 경우보다 많은 챔버를 필요로 하기 때문에, 양산규모나 투자규모를 고려하여 실시해야 할 것이다.

[실시예 5]

본 실시예는, 유리기판상에 설치된 NTFT의 제작에 본 발명의 구성도인 도핑법을 적용한 예이다. 본 실시예에 있어서는, 기판으로서 실시예 1과 동일하게, 유리기판 또는 석영기판을 이용했다. 우선 실시예 1과 동일하게, 제 1도의 기판인 유리기판(101)상에 SiO<sub>2</sub>막을 기본막의 보호막(102)으로서 형성하고, 다음으로 플라즈마 CVD법에 의해 실질적으로 진성의 수소화 비정질 규소반도체층(103)을 100nm의 두께로 형성한다. 이어서, 디바이스 분리 패터닝을 행했다. 그리고, 시료를 진공중(10<sup>-6</sup> Torr 이하)에서, 450℃, 1시간 가열하여, 수소제거를 철저히 행하고, 막중의 불포화결합을 고밀도로 생성시켰다. 그후, RF 스퍼터법을 이용하여 SiO<sub>2</sub> 막(104)을 100nm성막하고, 제 10도(A)의 형상을 얻었다. 그리고, 채널부분에만, 산화규소 마스크(105)를 남겨 두었다.

여기에서, 제 6도에 나타난 장치를 이용하여 본 발명의 구성인 레이저광에 의한 불순물의 도핑을 행한다. 제 6도에 나타난 장치에 있어서, 전자에너지를 부여하여 분해한 PH<sub>3</sub> 분위기하에서, 시료(제 10도(B)의 형상을 갖고 있다.)를 가열하고, 레이저광을 조사하여 인(P)을 도핑했다. 이때, 소스, 드레인영역(도면에 나타난 106, 108)에는 인이 도핑되기 때문에 N형화 한다. 이것에 대하여 채널형성 영역(도면에 나타난 107)에는 산화규소가 마스크(105)가 마스크가 되어 레이저는 조사되고, 결정화되지만, 마스크재료가 존재하기 때문에, 도핑은 이루어지지 않는다. 즉, 본 공정에서는, 레이저에 의한 결정화와, 도핑이 동시에 이루어진다. 이때의 조건은 실시예 2와 동일하게 했다.

상기 소스, 드레인영역 형성후, 게이트 산화막(110)과 게이트 전극(109)을 형성하고, 또한 층간절연

막으로서 SiO<sub>2</sub> 막(111)을 100nm의 두께로 성막하고, 콘택트용의 구멍뚫기 패터닝을 행하고, 또한 전극이 될 알루미늄을 증착하여 소스전극(112)과 드레인 전극(113)을 형성하고, 또한 수소분위기 중에서 350℃의 온도에서 열안닐을 행하는 것에 의해, 제10도(C)에 나타난 바와같이, NTFT를 완성했다.

본 실시예에서는, 셀프어라인적인 소스, 드레인의 형성은 할 수 없지만, 예를들면, 실시예 1과 동일하게 게이트 절연막상에 게이트 전극을 형성해 두고, 이면에서 레이저 조사를 행하면, 본 실시예와 같이, 채널영역의 결정화와 소스, 드레인의 도핑을 동시에 행할 수 있다.

#### [실시예 6]

코닝 7059(제품명) 유리기판상에 액티브 매트릭스를 형성한 예를 제11도에 나타낸다. 제11도(A)에 나타난 바와같이, 기판(201)으로는, 코닝 7059 유리기판(두께 1.1mm, 300x400mm)을 사용했다. 코닝 7059 유리에 함유된 나트륨등의 불순물이 TFT중에 확산되지 않도록 플라즈마 CVD법으로 전면에 두께 5~50nm, 바람직하게는 5~20nm의 질화규소막(202)을 형성했다. 이와같이, 기판을 질화규소 또는 산화알루미늄의 피막으로 코팅하여 이것을 블록킹층으로 하는 기술은, 본 발명자들의 출원인 특원평 3-238710, 동 3-238714에 기술되어 있다.

이어서, 기본 산화막(203)(산화규소)을 형성한 후, LPCVD법 혹은 플라즈마 CVD법으로 실리콘막(204)(두께 30~150nm, 바람직하게는 30~50nm)을 형성하고, 또한 테트라·에톡시·실란(TEOS)을 원료로서, 산소분위기중의 플라즈마 CVD법에 의해, 산화규소의 게이트 절연막(두께 70~120nm, 전형적으로는 100nm)(205)을 형성했다. 기판온도는 유리의 위축이나 휘어짐을 방지하기 위해 400℃ 이하, 바람직하게는 200~350℃로 했다. 그러나, 이 정도의 기판온도에서는, 산화막 중에서는 다량의 재결합 중심이 존재하고, 예를들면, 계면준위 밀도는 10<sup>12</sup> cm<sup>-2</sup> 이상에서 게이트 절연막으로서 사용할 수 없는 수준의 것이었다.

그리고, 제11도(A)에 나타난 바와같이, 수소희석 포스핀 PH(5%) 중에서, KrF 레이저광을 조사하여, 이 실리콘막(204)의 결정성을 개선함과 아울러, 게이트 산화막(205)의 재결합중심(트랩중심)을 감소시켰다. 이때에는 레이저광의 에너지밀도는 200~300mJ/cm<sup>2</sup>으로 했다. 또한, 쇼트수도 10회로 했다. 바람직하게는 온도를 200~400℃, 대표적으로는 300℃로 유지하면 좋다. 그 결과, 실리콘막(204)은 결정성이 개선되고, 또한 게이트 산화막(205)nd에는, 1×10<sup>20</sup>~3×10<sup>20</sup> cm<sup>-3</sup>의 인이 도핑되고, 계면준위 밀도도 10<sup>11</sup> cm<sup>-2</sup> 이하로 감소했다.

다음으로, 제11도(B)에 나타난 바와같이 알루미늄의 게이트전극(206)을 형성하여, 그 주위를 양극산화물(207)로 피복했다.

그후, P형의 불순물로서, 붕소를 이온도핑법으로 실리콘층에 자기정합적으로 주입하고, TFT의 소스/드레인(208,209)을 형성하고, 또한, 제11도(C)에 나타난 바와같이, 이것에 KrF 레이저광을 조사하여, 이 이온도핑 때문에 결정성이 악화된 실리콘막의 결정성을 개선했다. 그러나, 이때에는 레이저광의 에너지밀도는 25~300mJ/cm<sup>2</sup>으로 높게 설정했다. 이 때문에 이 TFT의 소스/드레인의 시트저항은 300~800Ω이 되었다.

그후, 제11도(D)에 나타난 바와같이, 폴리이미드에 의해 층간절연물(210)을 형성하고, 또한 화소전극(211)을 IT0에 의해 형성했다. 그리고 제11도(E)에 나타난 바와같이, 콘택트홀을 형성하여 TFT의 소스/드레인영역에 크롬전극(212,213)을 형성하고, 이중 한쪽의 전극(213)은 IT0에도 접촉하도록 했다. 최후로 수소중에서 300℃로 2시간 아닐하여, 실리콘의 수소화를 완료하여, 액정표시장치의 화소를 제작했다.

#### [실시예 7]

실시예 6과 동일하게 산화규소막에 인을 도프하고, 이것을 게이트 절연막으로서 TFT를 형성한 예를 제11도에 나타낸다. 실시예 6과 동일하게, 제11도(A)에 나타난 바와같은, 기판(201)의 전면에 플라즈마 CVD법으로 두께 5~50nm, 바람직하게는 5~20nm의 질화규소막(202)을 형성했다. 이어서 기본산화막(203)(산화규소)을 형성한 후, LPCVD법 혹은 플라즈마 CVD법으로 실리콘막(204)(두께 30~150nm, 바람직하게는 30~50nm)을 형성하고, 또한 스퍼터법에 의해 산화규소막(두께 70~120nm, 전형적으로는 100nm)(205)을 형성했다. 이 공정은 실시예 6과 같이, 테트라·에톡시·실란(TEOS)을 원료로서, 산소분위기중의 플라즈마 CVD법에 의해 행해도 좋다. 기판온도는 유리의 위축이나 휘어짐을 방지하기 위해 400℃ 이하, 바람직하게는 200~350℃로 했다.

그리고, 제11도(A)에 나타난 바와같이, 수소희석 포스핀 PH(5%) 중에서, KrF 레이저광을 조사하여, 이 실리콘막(204)의 결정성을 개선함과 동시에, 게이트 산화막(205)의 재결합중심(트랩중심)을 감소시켰다. 이때에는 레이저광의 에너지밀도는 200~300mJ/cm<sup>2</sup>으로 했다. 또한 쇼트수도 10회로 했다. 기판온도는 실온으로 했다. 이 때문에 인의 도프는 산화규소막의 표면에서 70% 이하의 부분에 한정되었다.

다음으로, 제11도(B)에 나타난 바와같이 알루미늄의 게이트 전극(206)을 형성하여, 그 주위를 양극산화물(207)로 피복했다. 양극산화공정이 종료된 후에, 역으로 부(-)의 전압을 인가했다. 예를들면 -100~200V의 전압을 0.1~5시간 인가했다. 바람직하게는 기판온도는 100~250℃, 대표적으로 150℃로 했다. 이 공정에 의해, 산화규소층 혹은 산화규소와 실리콘 계면에 있었던 가동이온이 게이트 전극(AI)으로 당겨지고, 그 도중에 존재하는 인의 농도가 큰 영역(인유리화되어 있다고 추정된다)에 트랩된다. 이와같이 양극산화후, 혹은 양극산화중에 게이트 전극에 부(-)의 전압을 인가하는 기술은, 본 발명자들의 출원한 특원평 4-115503(1992년 4월 7일 일본특허출원)에 기술되어 있다.

그후, N형의 불순물로서, 인을 공지의 이온도핑법으로 실리콘층에 자기 정합적으로 주입하여, TFT의 소스/드레인(208,209)을 형성하고, 또한 제11도(C)에 나타난 바와같이, 이것에 KrF 레이저광을 조사

하여, 이 이온도핑으로 인해 결정성이 악화된 실리콘막의 결정성을 개선했다. 그 후 제11도(D)에 나타난 바와같이, 폴리이미드에 의해 층간절연물(210)을 형성하고, 또한 화소전극(211)을 IT0에 의해 형성했다. 그리고, 제11도(E)에 나타난 바와같이, 콘택트 홀을 형성하여, TFT의 소스/드레인영역에 크롬으로 전극(212,213)을 형성하고, 그중 한쪽의 전극(213)은 IT0에도 접속하도록 했다. 최후로 수소중에서 300℃로 2시간 아닐하여 실리콘의 수소화를 완료하여, TFT를 제작했다.

[실시예 8]

본 실시예에서는, 단결정 기판상에 산화규소막을 형성하고, 이것에 인의 레이저도핑을 행하고, 이것을 게이트 산화막으로 한 MOS 캐퍼시터(capacitor)를 제작하여, 그 특성(CV 특성)을 측정했다.

단결정 실리콘(100)면상에 테트라·에톡시·실란(TEOS)을 원료로서, 산소분위기중의 플라즈마 CVD법에 의해, 산화규소의 게이트 절연막(두께 70~120nm, 전형적으로는 100nm)을 형성했다. 기판온도는 400℃이하, 바람직하게는 200~350℃로 했다. 그러나, 이 정도의 기판온도에선, 산화막 중에는 탄소를 포함한 클러스터가 다수 조내하고, 또한 다량의 재결합중심이 존재하고, 예를들면, 계면준위밀도는  $10^{12} \text{cm}^{-2}$  이상에서 게이트 절연막으로서 사용할 수 없는 수준의 것이었다.

그 점에서, 실시예 1에서 사용한 장치를 이용하여 수소희석 포스핀 PH(5%) 중에서도, KrF 레이저광을 조사하여, 이 산화규소막의 재결합중심(트랩중심)을 감소시켰다. 이때에는 레이저광의 에너지밀도는 200~300mJ/cm<sup>2</sup> 으로 했다. 또한, 쇼트수도 10회로 했다. 바람직하게는, 온도를 200~400℃, 대표적으로는 300℃로 유지하면 좋다. 그 결과, 산화막중에는,  $1 \times 10^{20} \sim 3 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$  의 인이 도핑되고, 계면준위 밀도도  $10^{11} \text{cm}^{-2}$  이하로 감소했다. 다음으로 알루미늄의 게이트 전극을 형성했다.

예를들면, 레이저 도핑처리를 행하지 않으면, 얻어지는 MOS 캐퍼시터의 CV 특성은 제12도(A)에 나타내는 것과 같은 자기이력(磁氣履歷; hysteresis)이 큰 것이 된다. 여기에서, 횡축은 전압, 종축은 정전용량이다. 그러나, 본 실시예와 같은 레이저 도핑처리에 의해 제12도(b)와 같은 양호한 CV 특성이 얻어진다.

이때 막중의 각 원소의 분포는 제12도(C)에 나타난 바와같다. 즉, 본 실시예의 레이저 도핑에 의해 산화 규소막의 도중까지 인이 도프되었다. 그리고, 이것에 의해, 나트륨 원소는 이 인에 의해 제거되어 있음을 알 수 있다. 또한 탄소는 산화막의 모든 영역에서 아주 조금밖에 존재하지 않았는데, 이것은 레이저조사에 의해, 막밖으로 방출되었기 때문이다. 또한 본 실시예에 있어서도, 실시예 7과 같이, 게이트 전극(AI)에 부(-)의 전압을 인가하여, 막중에 존재하는, 나트륨등의 가동이온을 전극적으로 인이 많은 영역으로 끌어당기면 한층 더 큰 효과가 얻어진다.

[실시예 9]

유리기판상에 형성된 두께 500nm의 아모르퍼스 실리콘 박막에 본 발명에 의해 불순물 도핑을 행하고, 그 특성에 대하여 조사한 예를 제13도~제15도에 나타낸다. 엑시머 레이저로서는 KrF 레이저(파장 248nm)를 사용했다. 또한 챔버는 제5도에 나타난 바와같은 형상을 하고 있다. 이 챔버에서는, 유리의 종류를 바꿈으로써 도핑되는 불순물의 종류를 바꾸는 것을 시험했다. 즉, N형 불순물을 도핑할 때에는 챔버내에 포스핀을 5% 함유하는 수소가스를 도입하고, 레이저를 조사하여, P형 불순물을 도핑할 때에는 디보란을 5% 함유하는 수소가스를 도입하여, 레이저를 조사했다.

챔버내의 압력은 100Pa로 했다. 또한, 레이저의 에너지밀도는 190~340mJ/cm<sup>2</sup> 으로, 그 쇼트수는 1~100으로 했다. 기판온도는 실온 혹은 300℃로 했다.

제13도, 제14도에는 불순물 확산의 기판온도 의존성을 나타낸다. 여기에서, 레이저의 에너지밀도는 300mJ/cm<sup>2</sup> 이고, 그 쇼트수는 50으로 했다. 제13도는 붕소의 깊이 방향의 확산모양을 나타내고 있다. 데이터는 2차 이온 질량분석법에 의해 얻었다. 도면에서 분명한 바와같이 기판온도가 실온일때에 비교하여, 300℃로 가열되어 있을 때에는, 불순물 농도가 1자리수 이상 크고, 또한 불순물의 확산깊이도 2배 정도 컸다.

제14도에는 인의 깊이방향의 확산모양을 나타냈는데, 붕소와 동일한 경향을 나타냈다. 특히 인의 경우에는 붕소이상으로 기판가열의 효과가 현저했다.

제15도에는, 레이저의 에너지밀도, 쇼트수와 피막의 시트저항치의 관계를 나타낸 것이다. 불순물로서 붕소를 이용했다. 도면에서 알 수 있듯이, 에너지밀도가 높아짐에 따라 시트저항은 저하하고 불순물 농도가 높아졌음이 추측된다. 그러나, 시트저항치는 어떤 값으로 수렴되는 것처럼 보인다.

또한, 레이저의 쇼트수가 높아짐에 따라, 시트저항은 저하하지만, 레이저의 에너지밀도가 220mJ/cm<sup>2</sup> 이상에서는, 50쇼트에서도 100쇼트에서도 특별히 시트저항의 현저한 저하는 발견되지 않았다. 그러나, 1쇼트와 5쇼트에서는 큰 차이가 있었기 때문에, 적어도 5쇼트의 레이저조사는 필요함을 확인했다.

본 발명의 구성인, 시료를 가열한 상태, 혹은 반응성가스에 전자에너지를 부여하는 것에 의해 분해된 일도전형을 부여하는 불순물을 함유한 분위기에 있어서, 반도체에 레이저광을 조사하는 것에 의해, 반도체중에 상기 일도전형을 부여하는 불순물을 효율적으로 도핑할 수 있었다. 특히, 유리기판에 열손상을 주지않고 또한 레이저광의 파장이나 도핑가스의 종류에 좌우되지 않고 도핑을 행할 수 있다는 효과를 얻을 수 있었다.

또한, 앞서 기술한 바와같이, 본 발명은 반도체에 불순물 도프라고 하는 한정된 목적 뿐만 아니라, 금속재료나 세라믹재료 표면의 개질이나, 금속 박막, 세라믹 박막, 절연체 박막에 미량원소의 첨가라고 하는 폭넓은 목적으로 사용할 수 있어, 공업적으로 유익한 발명이다.

**(57) 청구의 범위**

**청구항 1**

불순물을 도프할 반도체, 금속 절연체의 어느것, 혹은 이들이 조합으로 이루어지는 물체를 그 용점 이하로 가열하고, 불순물을 함유한 반응성 기체분위기 중에서, 레이저광을 조사하는 것에 의해, 상기 물체중에 불순물을 물리적 혹은 화학적으로 확산, 화합, 침입시키는 것을 특징으로 하는 물체의 레이저 처리방법.

**청구항 2**

일도전형을 부여하는 불순물을 함유한 반응성 기체분위기 중에서, 반도체 표면에 대하여 레이저광을 조사하는 것에 의해, 상기 일도전형을 부여하는 불순물을 상기 반도체중에 도핑하는 방법으로, 상기 레이저 조사시에 상기 반도체는, 실온보다 높고, 반응성 기체가 분해되지 않고, 또한, 상기 반도체의 결정화 온도를 넘지 않은 온도로 유지되고 있는 점을 특징으로 하는 반도체의 레이저 처리방법.

**청구항 3**

내부에 시료홀더와 시료가열기구로서 기능하는 장치와, 레이저광을 투과하는데 충분히 투명한 재료로 이루어진 창고, 진공배기장치 및 불순물 원소를 함유하는 반응성가스를 도입하기 위한 장치를 구비한 챔버와, 그 챔버에 펄스형 레이저광을 조사하기 위한 레이저장치와, 그 챔버를 레이저광의 조사에 동기하여 이동시키기 위한 수단을 갖고 있는 점을 특징으로 하는 레이저 처리장치.

**청구항 4**

레이저광을 투과하는데 충분히 투명한 재료로 이루어진 창고, 불순물 원소를 함유하는 반응성가스를 도입하기 위한 장치를 구비한 챔버를 적어도 2개와, 상기 챔버중의 제1의 챔버에 펄스형의 레이저광을 조사하기 위한 레이저장치와, 상기 제1의 챔버를 레이저광의 조사에 동기하여 이동시키기 위한 수단과, 상기 챔버중의 다른 챔버의 적어도 하나의 챔버를 반송하기 위한 수단을 갖는 점을 특징으로 하는 레이저 처리장치.

**청구항 5**

인을 함유하는 반응성 기체분위기 중에서, 산화규소 표면에 대하여 레이저광을 조사하는 것에 의해, 인을 상기 산화규소중에 도핑하는 방법으로, 상기 레이저 조사시에 있어서, 산화규소는 가열되는 점을 특징으로 하는 산화규소의 레이저 처리방법.

**청구항 6**

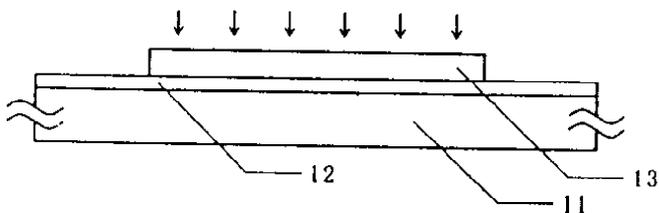
유기실란가스를 재료로 이용하여 600℃ 이하의 기판온도에서 기상반응법에 의해 제작된 산화규소피막에 인을 도핑하는 방법에 있어서, 인을 함유하는 반응성 기체분위기 중에서, 상기 산화규소 표면에 대하여 레이저광을 조사하는 것에 의해, 인을 상기 산화규소중에 도핑하는 점을 특징으로 하는 산화규소의 레이저 처리방법.

**청구항 7**

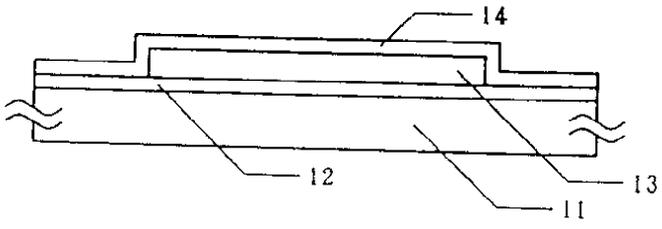
제6항에 있어서, 그 산화규소피막의 밑에는 실리콘막이 존재하는 점을 특징으로 하는 산화규소의 레이저 처리방법.

**도면**

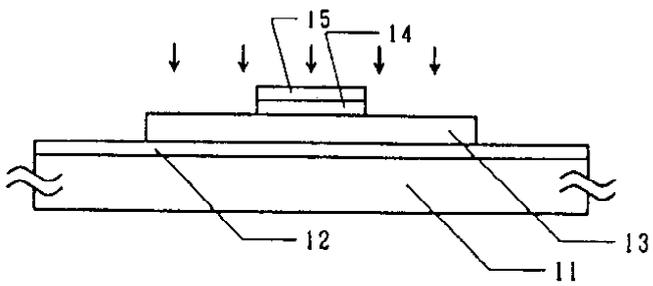
**도면1**



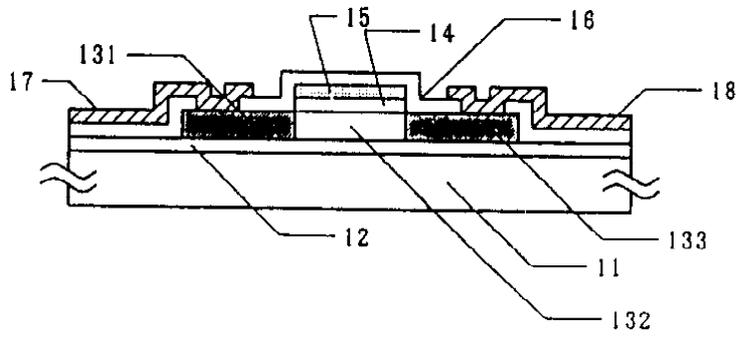
도면2



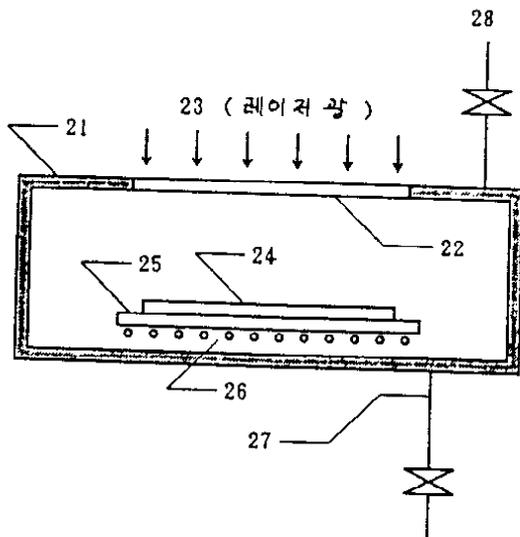
도면3



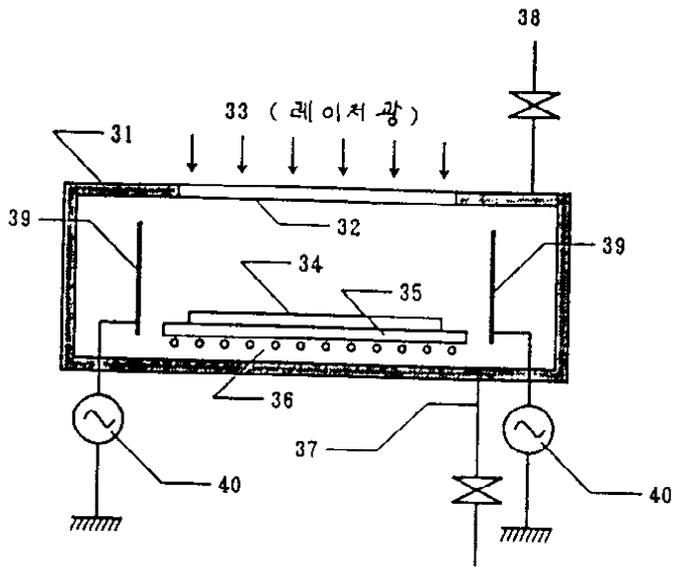
도면4



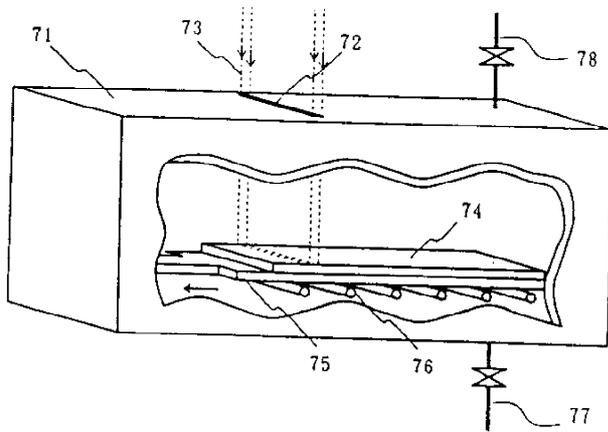
도면5



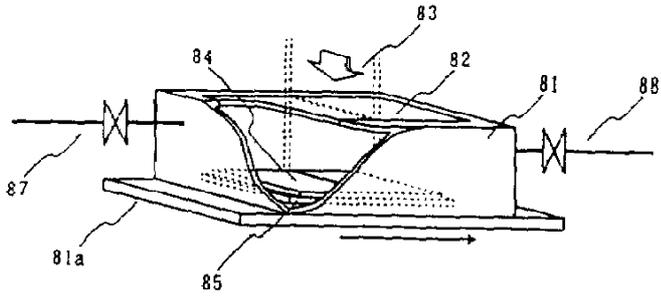
도면6



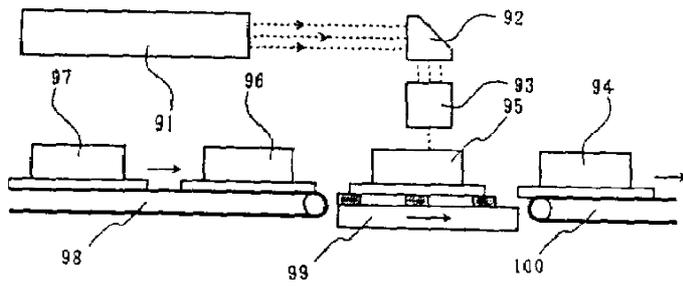
도면7



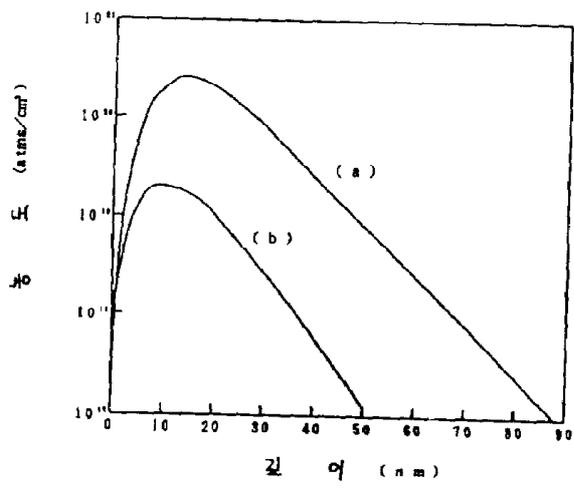
도면8-A



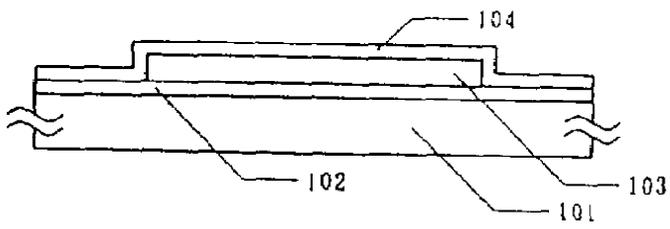
도면8-B



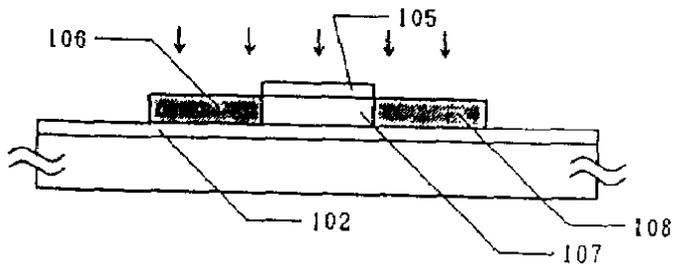
도면9



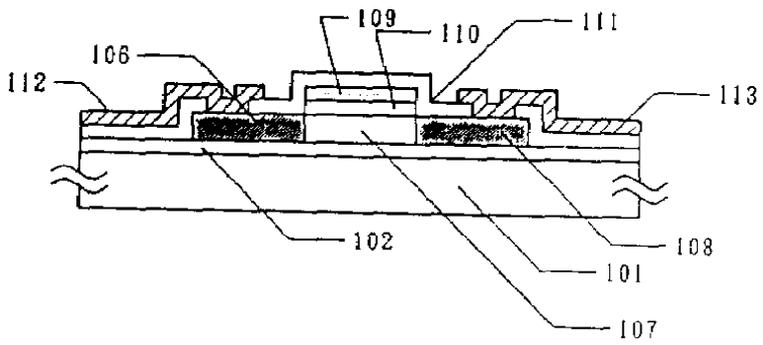
도면10-A



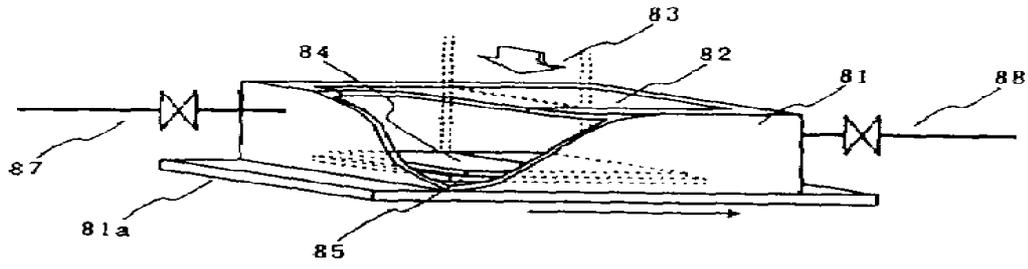
도면 10-B



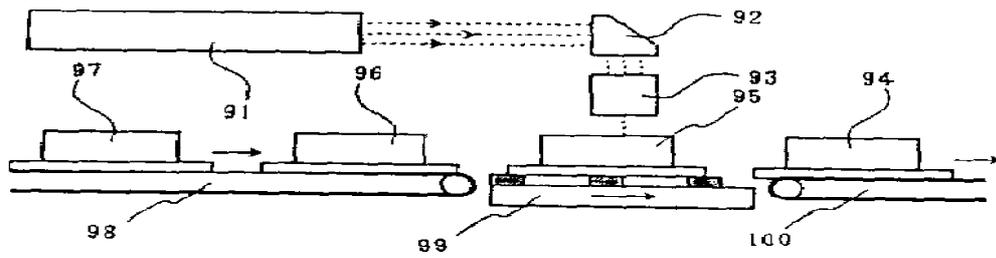
도면 10-C



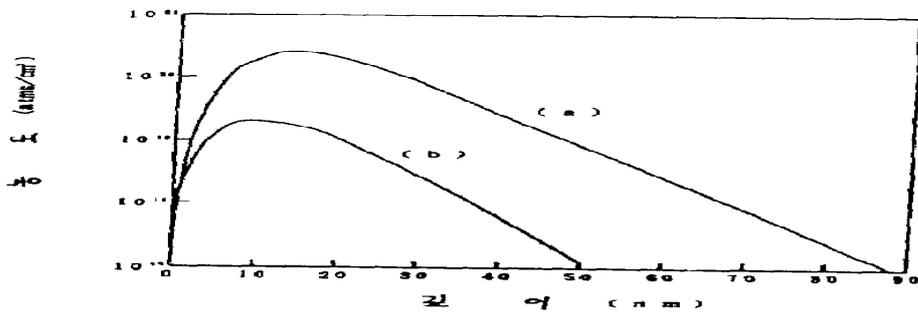
도면11-E



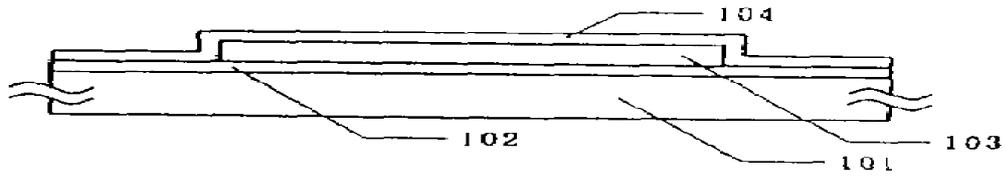
도면11-D



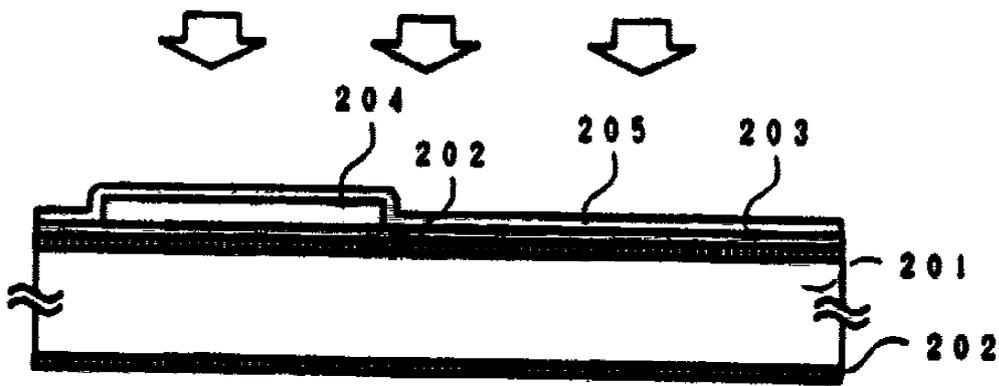
도면11-C



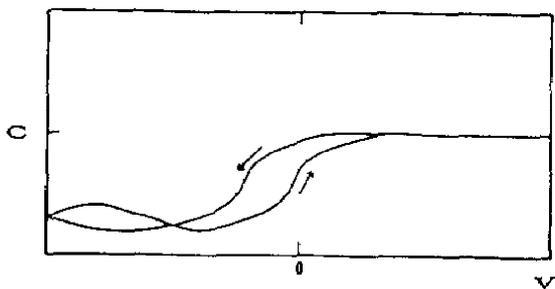
도면11-B



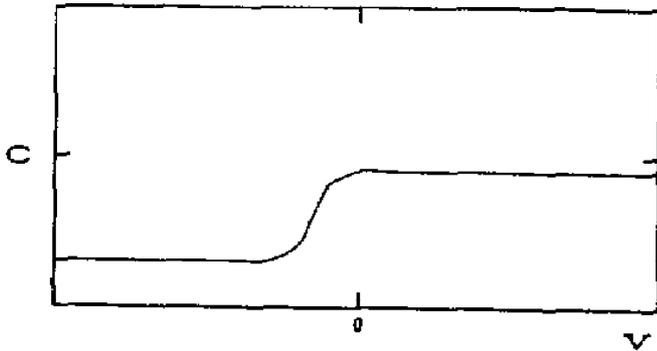
도면11-A



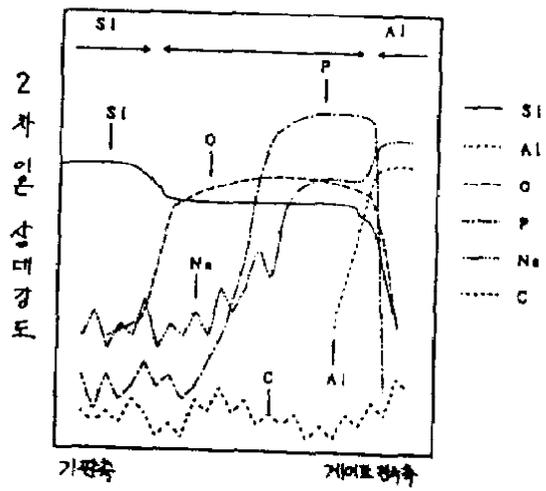
도면12-A



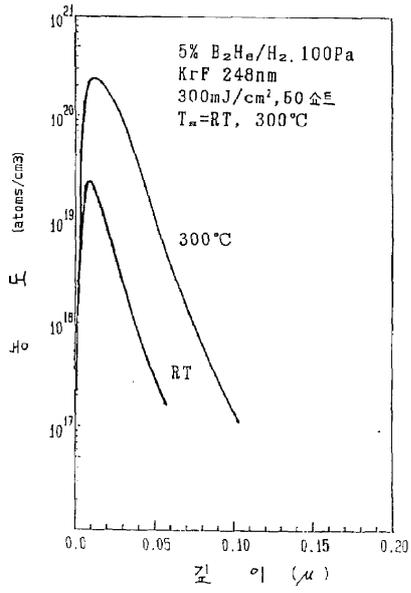
도면 12-B



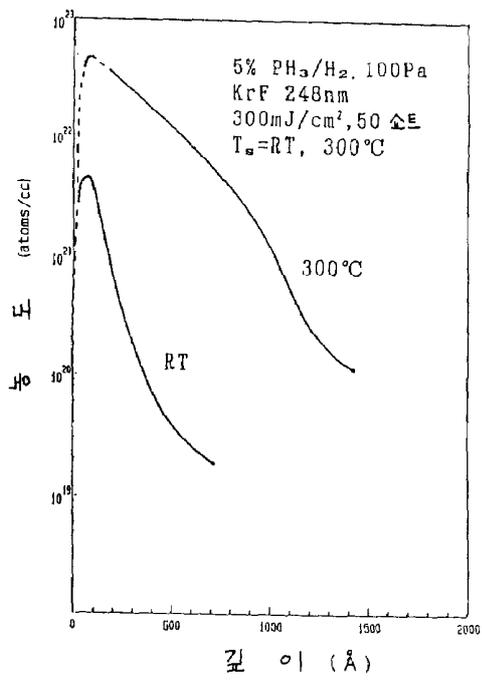
도면 12-C



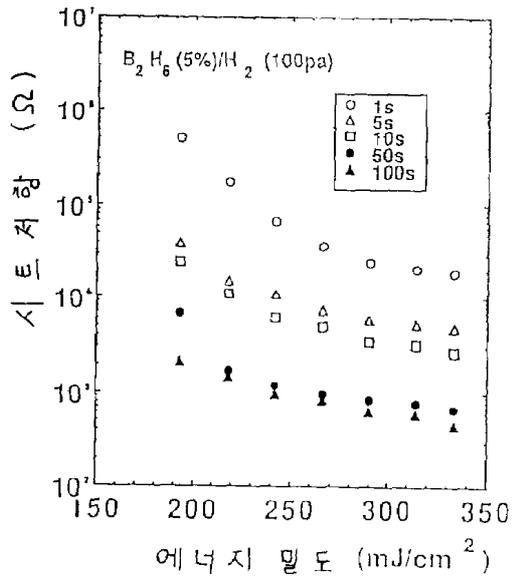
도면13



도면14



도면15



도면16

