



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년11월05일
(11) 등록번호 10-0992671
(24) 등록일자 2010년11월01일

(51) Int. Cl.

H01L 21/768 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2003-0070134

(22) 출원일자 2003년10월09일

심사청구일자 2008년05월14일

(65) 공개번호 10-2004-0036551

(43) 공개일자 2004년04월30일

(30) 우선권주장

JP-P-2002-00311397 2002년10월25일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP13176968 A*

WO2001003179 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

미츠비시덴키 가부시카가이사

일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 2초메 7반 3고

파나소닉 주식회사

일본 오오사카후 가도마시 오오아자 가도마 1006반치

(72) 발명자

유아사히로시

일본국교토후소라쿠군세이카쵸세이카다이3-16-13

사타케데즈오

일본국효고켄아마가사키시미즈도쵸1-12-1-806

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김영철

전체 청구항 수 : 총 20 항

심사관 : 양희용

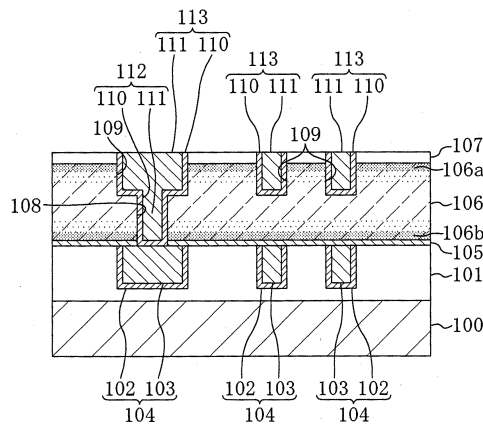
(54) 전자디바이스 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 배선간 절연막으로서 탄소함유 실리콘산화막을 이용한 전자디바이스에 있어서 배선구조 등의 불량을 방지하는 것이다.

비어홀(108)이 형성된 제 3 절연막(탄소함유 실리콘산화막)(106)의 밀도 또는 탄소농도가 두께방향으로 연속적으로 변화한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

마츠우라 마사즈미

일본국도쿄도지요다구마루노우치2초메2반3고미즈비
시텐키가부시킴가이사나이

고토긴야

일본국도쿄도지요다구마루노우치2초메2반3고미즈비
시텐키가부시킴가이사나이

특허청구의 범위

청구항 1

실리콘 및 탄소를 함유하는 제 1 절연막과,
 상기 제 1 절연막에 형성된 홀을 구비하며,
 상기 제 1 절연막의 밀도는 두께방향으로 연속적으로 변화하고,
 상기 제 1 절연막의 최하부의 밀도는 상기 제 1 절연막의 평균밀도보다 높은 것을 특징으로 하는 전자디바이스.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 제 1 절연막의 최상부 밀도는 상기 제 1 절연막의 평균밀도보다 높은 것을 특징으로 하는 전자디바이스.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
 상기 최상부의 밀도는 $1.8\text{g}/\text{cm}^3$ 이상이며,
 상기 평균밀도는 $1.4\text{g}/\text{cm}^3$ 이하인 것을 특징으로 하는 전자디바이스.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서,
 상기 최하부의 밀도는 $1.8\text{g}/\text{cm}^3$ 이상이며,
 상기 평균밀도는 $1.4\text{g}/\text{cm}^3$ 이하인 것을 특징으로 하는 전자디바이스.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
 상기 제 1 절연막 상에 형성된 제 2 절연막을 추가로 구비하며,
 상기 제 2 절연막의 평균밀도는 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 이상이며 $1.7\text{g}/\text{cm}^3$ 이하인 것을 특징으로 하는 전자디바이스.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
 상기 제 1 절연막 상에 형성된 제 2 절연막을 추가로 구비하며,
 상기 제 1 절연막 근방의 상기 제 2 절연막에 함유되는 산소의, 실리콘에 대한 존재 비는 2보다 작은 것을 특징으로 하는 전자디바이스.

청구항 8

실리콘 및 탄소를 함유하는 제 1 절연막과,
 상기 제 1 절연막에 형성된 홀을 구비하며,
 상기 제 1 절연막의 탄소농도는 두께방향으로 연속적으로 변화하고,
 상기 제 1 절연막의 최하부의 탄소농도는 상기 제 1 절연막의 평균탄소농도보다 높은 것을 특징으로 하는 전자디바이스.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 제 1 절연막의 최상부 탄소농도는 상기 제 1 절연막의 평균탄소농도보다 높은 것을 특징으로 하는 전자디바이스.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 최상부의 탄소농도는 30at% 이상이며,

상기 평균탄소농도는 20at% 이하인 것을 특징으로 하는 전자디바이스.

청구항 11

삭제

청구항 12

제 8항에 있어서,

상기 최하부의 탄소농도는 30at% 이상이며,

상기 평균탄소농도는 20at% 이하인 것을 특징으로 하는 전자디바이스.

청구항 13

제 8 항에 있어서,

상기 제 1 절연막 상에 형성된 제 2 절연막을 추가로 구비하며,

상기 제 2 절연막의 평균밀도는 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 이상이며 $1.7\text{g}/\text{cm}^3$ 이하인 것을 특징으로 하는 전자디바이스.

청구항 14

제 8항에 있어서,

상기 제 1 절연막 상에 형성된 제 2 절연막을 추가로 구비하며,

상기 제 1 절연막 근방의 상기 제 2 절연막에 함유되는 산소의, 실리콘에 대한 존재 비는 2보다 작은 것을 특징으로 하는 전자디바이스.

청구항 15

실리콘 및 탄소를 함유하는 제 1 절연막 상에 제 2 절연막을 형성하는 공정과,

상기 제 2 절연막 및 상기 제 1 절연막에 홀을 형성하는 공정과,

상기 홀이 형성된 상기 제 2 절연막 상에, 상기 홀이 형성된 영역을 포함하는 소정 영역에 개구부를 갖는 레지스트막을 형성하는 공정과,

상기 레지스트막을 마스크로 상기 제 2 절연막 및 상기 제 1 절연막에 에칭을 실시하여, 상기 홀과 접속하는 오목부를 형성하는 공정을 구비하며,

상기 제 1 절연막의 밀도가 두께방향으로 연속적으로 변화하고,

상기 제 2 절연막을 형성하는 공정은 스펀코팅법 또는 열 CVD법을 이용하여 실시되는 것을 특징으로 하는 전자디바이스의 제조방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 제 2 절연막을 형성하는 공정은, 적어도 실리콘 공급가스 및 산소 공급가스를 이용하여 플라즈마 CVD법에

의해 상기 제 2 절연막을 퇴적시키는 공정을 포함하며,

상기 제 1 절연막 근방의 상기 제 2 절연막에 함유되는 산소의, 실리콘에 대한 존재 비가 2보다 작아지도록, 상기 제 2 절연막의 퇴적 초기에 있어서 상기 산소공급가스의 유량은 적게 제어되는 것을 특징으로 하는 전자디바이스의 제조방법.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 제 2 절연막을 형성하는 공정은, 상기 제 1 절연막이 질소를 함유하는 분위기에 노출되는 것을 방지하면서 실시되는 것을 특징으로 하는 전자디바이스의 제조방법.

청구항 18

삭제

청구항 19

제 15 항에 있어서,

상기 홀을 형성하는 공정과 상기 레지스트막을 형성하는 공정 사이에, 상기 홀 내에 더미플러그를 형성하는 공정을 추가로 구비하는 것을 특징으로 하는 전자디바이스의 제조방법.

청구항 20

실리콘 및 탄소를 함유하는 제 1 절연막 상에 제 2 절연막을 형성하는 공정과,

상기 제 2 절연막 및 상기 제 1 절연막에 홀을 형성하는 공정과,

상기 홀이 형성된 상기 제 2 절연막 상에, 상기 홀이 형성된 영역을 포함하는 소정 영역에 개구부를 갖는 레지스트막을 형성하는 공정과,

상기 레지스트막을 마스크로 상기 제 2 절연막 및 상기 제 1 절연막에 에칭을 실시하여, 상기 홀과 접속하는 오목부를 형성하는 공정을 구비하며,

상기 제 1 절연막의 탄소농도는 두께방향으로 연속적으로 변화하고,

상기 제 2 절연막을 형성하는 공정은 스펀코팅법 또는 열 CVD법을 이용하여 실시되는 것을 특징으로 하는 전자디바이스의 제조방법.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 제 2 절연막을 형성하는 공정은, 적어도 실리콘 공급가스 및 산소 공급가스를 이용하여 플라즈마 CVD법에 의해 상기 제 2 절연막을 퇴적시키는 공정을 포함하며,

상기 제 1 절연막 근방의 상기 제 2 절연막에 함유되는 산소의, 실리콘에 대한 존재 비가 2보다 작아지도록, 상기 제 2 절연막의 퇴적 초기에 있어서 상기 산소 공급가스의 유량은 적게 제어되는 것을 특징으로 하는 전자디바이스의 제조방법.

청구항 22

제 20 항에 있어서,

상기 제 2 절연막을 형성하는 공정은, 상기 제 1 절연막이 질소를 함유하는 분위기에 노출되는 것을 방지하면서 실시되는 것을 특징으로 하는 전자디바이스의 제조방법.

청구항 23

삭제

청구항 24

제 20 항에 있어서,

상기 홀을 형성하는 공정과 상기 레지스트막을 형성하는 공정 사이에, 상기 홀 내에 더미플러그를 형성하는 공정을 추가로 구비하는 것을 특징으로 하는 전자디바이스의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- [0022] 본 발명은 전자디바이스 및 그 제조방법, 특히 배선 형성기술에 관한 것이다.
- [0023] 최근, 집적회로의 고집적화에 수반하여 배선간격이 협소화되고, 그 결과 배선간에 발생하는 전기 기생용량이 증대하고 있다. 이에 반해, 고속동작을 필요로 하는 집적회로에 있어서는 배선간의 전기 기생용량을 작게 하는 것이 필요시 되고 있다.
- [0024] 현재, 배선간의 전기 기생용량을 저감시키기 위해, 배선간에 형성되는 절연막의 비유전율을 저감시키는 방법이 이용되고 있다. 종래, 배선간의 절연막으로서는 실리콘산화막(비유전율 3.9~4.2)이 많이 이용되어왔다. 또 일부 집적회로에서는 종래의 실리콘산화막에 비해 비유전율이 저감된 배선간 절연막으로서, 불소함유 실리콘산화막(비유전율 3.5,~3.8)이 이용되고 있다. 또한 현재, 배선간의 전기 기생용량을 가장 저감할 수 있는 방법으로서, 탄소함유 실리콘산화막을 배선간 절연막에 이용하는 방법이 제안되었다.
- [0025] 탄소함유 실리콘산화막에서는, 체적이 큰 알킬기 또는 페닐기의 형태로 탄소가 막 중에 존재한다. 이로써 탄소함유 실리콘산화막의 밀도(1.0~1.3g/cm³)가 실리콘산화막의 밀도(2.3g/cm³)보다 작아짐과 동시에, 탄소함유 실리콘산화막의 비유전율(약 2.0~3.0)도 실리콘산화막의 비유전율(3.9~4.3)에 비해 작아진다. 예를 들어 막 밀도가 1.3g/cm³ 정도이며 막중 탄소농도가 20at% 정도의 탄소함유 실리콘산화막에 의해, 2.8 정도의 비유전율을 실현할 수 있다.
- [0026] 도 8은 배선간 절연막으로서 종래의 탄소함유 실리콘산화막을 이용한 전자디바이스의 배선구조를 나타내는 도이다(일특개평 11-87503호 공보(단락번호 0015~0034)참조).
- [0027] 도 8에 나타내는 바와 같이, 실리콘기관(도시 생략) 상에 형성된 실리콘산화막으로 된 제 1 절연막(1) 중에, 제 1 탄탈질화막(2) 및 제 1 구리막(3)으로 구성된 하층 금속배선(4)이 형성된다. 하층 금속배선(4) 상 및 제 1 절연막(1) 상에는, 실리콘산화막으로 된 제 2 절연막(5)이 형성된다. 제 2 절연막 상에는, 탄소함유 실리콘산화막으로 된 제 3 절연막(6)이 형성된다. 제 3 절연막(6)은, 그 표면부가 개질되어 형성되는 손상층(6a)을 갖는다. 제 3 절연막(6) 상에는 제 4 절연막(7)이 형성된다. 제 3 절연막(6) 및 제 4 절연막(7)에는, 하층 금속배선(4)에 달하는 비어홀(8), 및 상층배선용 배선홈(9)이 형성된다. 비어홀(8)에는, 제 2 탄탈질화막(10) 및 제 2 구리막(11)으로 구성된 플러그(12)가 형성된다. 배선홈(9)에는, 마찬가지로 제 2 탄탈질화막(10) 및 제 2 구리막(11)으로 된 상층 금속배선(13)이 형성된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- [0028] 그러나 상술한 종래의 전자디바이스에서는, 예를 들어 배선구조가 불량인 된다는 문제, 구체적으로는 상층 금속배선(13)이 플러그(12)와 접속하도록 형성되지 않았다는 문제, 바꾸어 말하자면, 배선홈(9)이 비어홀(8)과 접속하도록 형성되었지 않다는 문제가 있다.
- [0029] 상기에 감안하여 본 발명은, 배선간 절연막으로서 탄소함유 실리콘산화막을 이용한 전자디바이스에 있어서 배선구조 등의 불량을 방지하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

- [0030] 상기 목적을 달성하기 위해 본원 발명자들은, 배선간 절연막으로서 종래의 탄소함유 실리콘산화막을 이용한 전자디바이스에 있어서, 상술한 배선구조의 불량이 발생하는 원인을 검토해보았다. 이하, 그 검토결과에 대하여

설명한다.

- [0031] 도 9의 (a)~(d) 및 도 10의 (a)~(c)는 배선간 절연막으로서 종래의 탄소함유 실리콘산화막을 이용한 전자다이바이스의 제조방법 각 공정을 나타내는 단면도이다. 여기서, 도 9의 (a)~(d) 및 도 10의 (a)~(c)에 있어서 도 8에 나타낸 종래의 전자다이바이스와 동일한 부재에는 동일 부호를 부여한다.
- [0032] 우선 도 9에 나타내는 바와 같이, 실리콘기관(도시 생략) 상에 형성된 실리콘산화막으로 된 제 1 절연막(1) 상에, 하층배선 형성영역에 개구부를 갖는 레지스트막(도시 생략)을 포토리소그래피법으로 형성한다. 그 후, 이 레지스트막을 마스크로 제 1 절연막(1)에 드라이에칭을 실시하여 하층배선용 배선홈을 형성한다. 그 후, 이 배선홈이 완전히 매입되도록 제 1 탄탈질화막(2) 및 제 1 구리막(3)을 순차 퇴적시킨 후, 제 1 탄탈질화막(2) 및 제 1 구리막(3) 각각에 있어서 배선홈의 바깥쪽부분을 CMP(chemical mechanical polishing)법으로 제거하여 하층 금속배선(4)을 형성한다.
- [0033] 다음에 도 9의 (b)에 나타내는 바와 같이 제 1 절연막(1) 상 및 하층 금속배선(4) 상에, 실리콘산화막으로 된 두께 50nm의 제 2 절연막(5)을 퇴적시킨다. 이어서 제 2 절연막(5) 상에, 탄소함유 실리콘산화막으로 된 두께 500nm의 제 3 절연막(6)을 퇴적시킨다. 여기서, 일반적으로 탄소함유 실리콘산화막을 형성하는 방법에서는 질소를 함유하지 않는 원재료가 사용된다. 구체적으로는 알킬실란과, O₂ 또는 CO₂ 등 산화제와의 존재 하에서 플라즈마 CVD(chemical vapor deposition)법에 의한 성막방법, 또는 알킬실록산과 He 등의 존재 하에서 플라즈마 CVD법에 의한 성막방법이 대표적인 탄소함유 실리콘산화막의 형성방법이다.
- [0034] 그러나 상술한 바와 같이, 탄소함유 실리콘산화막은 배선간에 이용되는 종래의 절연막, 예를 들어 실리콘산화막 등에 비해 막 밀도가 낮다. 때문에 탄소함유 실리콘산화막이 대기에 노출됐을 때, 대기 중에 존재하는 질소 등이 막 중으로 흡수된다는 문제점이 있다.
- [0035] 다음으로 도 9의 (c)에 나타내는 바와 같이, 제 3 절연막(6) 상에 실리콘산화막으로 된 두께 50nm의 제 4 절연막(7)을 플라즈마 CVD법으로 퇴적시킨다. 제 4 절연막(7)을 형성하는 이유는 다음과 같다. 즉 탄소함유 실리콘산화막으로 된 제 3 절연막(6)은 그 기계적강도가 약하므로, 물리적 손상을 끼치는 CMP공정을 실시할 때(도 10의 (c) 참조)에 제 3 절연막(6)이 파괴되는 것을 방지하기 위해, 기계적강도를 갖는 막으로 제 3 절연막(6)을 덮을 필요가 있기 때문이다. 그리고 배선형성후의 각 공정에 있어서는, 처리온도를 낮게 함과 동시에 열 부하를 작게 할 필요가 있으므로, 제 4 절연막(7)의 성막방법으로는 일반적으로 플라즈마 CVD법이 이용된다.
- [0036] 그런데 플라즈마 CVD법으로 제 4 절연막(7)을 퇴적시킬 때, 탄소함유 실리콘산화막으로 된 제 3 절연막(6)의 표면이 플라즈마에 의한 손상을 받는 결과, 제 3 절연막(6)의 표면부에 손상층(6a)이 형성된다. 여기서 제 3 절연막(6), 즉 탄소함유 실리콘산화막은 그 막 밀도가 낮기 때문에 플라즈마 손상을 받기 쉽다. 탄소함유 실리콘산화막이 플라즈마에 의한 손상을 받으면, 막 중의 Si-O-CH₃결합 또는 Si-CH₃결합이 파괴되며, 그 결과 OH⁻ 또는 CH₃⁻ 등의 염기성물질이 형성된다. 또 탄소함유 실리콘산화막이 플라즈마손상을 받을 때에 이 막 중 또는 플라즈마 분위기중에 질소가 함유돼있으면, 염기인 메틸아민(모노메틸아민: NH₂CH₃, 디메틸아민: NH(CH₃)₂, 트리메틸아민: N(CH₃)₃)이 형성된다. 또 탄소함유 실리콘산화막이 플라즈마에 의한 손상을 받아 형성된 손상층(6a)은 친수성 막이며, 탄소함유 실리콘산화막(제 3 절연막(6)) 중에 존재하는 질소에 기인하여 발생한 아민의 확산을 촉진시키는 층으로서 기능한다.
- [0037] 다음, 제 4 절연막(7) 상에, 비어홀 형성영역에 개구부를 갖는 레지스트막(도시 생략)을 포토리소그래피법으로 형성한다. 그 후 이 레지스트막을 마스크로 제 4 절연막(7), 제 3 절연막(6) 및 제 2 절연막(5)에 드라이에칭을 실시하여, 도 9의 (d)에 나타내는 바와 같이, 비어홀(8)을 하층 금속배선(4)의 표면이 노출되도록 형성한다. 비어홀(8)은 하층 금속배선(4)과, 그 상층배선이 될 금속배선을 전기적으로 접속하기 위해 형성된다.
- [0038] 다음으로 상층배선용 배선홈을 형성하기 위해, 비어홀(8)이 형성된 제 4 절연막(7) 상에 아크릴계 화학증폭형 포토레지스트를 도포한 후, 도포된 포토레지스트에, 원하는 배선홈 패턴(개구패턴)이 형성되도록 파장 193nm의 광을 이용하여 노광한다. 이 때 화학증폭형 레지스트 중에 포함되는 산 발생제가 광의 조사에 의해 산을 발생시키며, 이 발생된 산이 레지스트의 주원료인 아크릴계수지와 반응하는 결과, 아크릴계수지의 구조가 현상액에 용해 가능한 구조로 변화한다. 또 아크릴계수지와 산의 반응 시에는 반응생성물로서의 산이 부차적으로 발생하므로, 포토레지스트의 감광부분에서는 아크릴계수지의 구조를 현상액에 용해 가능한 구조로 변화시키는 반응이 연속적으로 진행된다. 따라서 노광 후의 포토레지스트에 현상을 행함으로써, 도 10의 (a)에 나타내는 바와 같이

제 4 절연막(7) 상에, 배선홈 형성영역에 개구부(14a)를 갖는 레지스트막(14)이 형성된다.

- [0039] 그러나 이 때, 레지스트막(14)의 비어홀(8) 위쪽부분에는, 개구가 불완전한 반개구부(14b)가 형성되어 버린다. 바꾸어 말하면, 비어홀(8) 근방의 포토레지스트에 대해서는 현상을 충분히 행할 수가 없다. 그 결과, 비어홀(8)이 형성된 영역은 배선홈 형성영역임에도 불구하고 비어홀(8)의 내부 및 위쪽에 레지스트가 잔류되므로, 원하는 배선홈 패턴을 형성할 수 없다. 그 이유는 다음과 같이 생각할 수 있다. 즉 제 4 절연막(7) 아래쪽에 형성된 제 3 절연막(6), 즉 탄소함유 실리콘산화막에 함유되는 아민이 비어홀(8)을 통해 포토레지스트 중으로 확산된다. 또 탄소함유 실리콘산화막이 플라즈마에 의해 손상을 받아 이루어지는 손상층(6a)에 포함된 염기성물질 등이 비어홀(8)을 통해 포토레지스트 중으로 확산된다. 그 결과, 레지스트 중의 염기 농도가 상승하는 레지스트 포이즌잉(poisoning) 현상이 발생한다. 비어홀(8)을 통해 포토레지스트 중으로 확산된 염기성물질 등은, 배선홈 패턴을 형성하기 위한 노광 시에 레지스트 중의 산 발생제로부터 발생하는 산을 중화시켜 버린다. 이로써 아크릴계 화학 증폭형 레지스트의 연속적인 산 발생반응이 진행되지 않게 되므로, 상술한 바와 같은 현상불량이 일어난다. 이 현상불량은 비어홀(8) 근방에서 현저하게 일어난다. 그 이유는 다음과 같다. 즉, 제 4 절연막(7)을 구성하는 실리콘산화막의 막 밀도가 2.3g/cm³로 높기 때문에 아민이나 염기성물질이 제 4 절연막(7) 중으로 확산되기 어렵기 때문에, 제 4 절연막(7)의 개구부이기도한 비어홀(8)로부터 아민이나 염기성물질이 집중적으로 나온다.
- [0040] 다음에 레지스트막(14)을 마스크로 제 4 절연막(7) 및 제 3 절연막(6)에 드라이에칭을 실시함으로써, 도 10의 (b)에 나타내는 바와 같이 배선홈(9)을 형성한다. 그러나 이 때, 레지스트막(14)의 비어홀(8) 위쪽부분에는, 현상불량에 기인하여 반개구부(14b)밖에 형성되지 않으므로(도 10의 (a) 참조), 바꾸어 말하면 비어홀(8)의 내부 및 그 위쪽에 레지스트가 남아있으므로, 배선홈(9)을 비어홀(8)과 접속하도록 형성할 수는 없다.
- [0041] 다음, 레지스트막(14)을 제거하고 기관세정을 한 후, 비어홀(8) 및 배선홈(9) 각각이 완전히 매입되도록, 제 2 탄탈질화막(10) 및 제 2 구리막(11)을 순차 퇴적시킨다. 그 후, 제 2 탄탈질화막(10) 및 제 2 구리막(11) 각각의 비어홀(8) 바깥쪽 부분 및 배선홈(9)의 바깥쪽 부분을 CMP법으로 제거한다. 이로써 비어홀(8)에 제 2 탄탈질화막(10) 및 제 2 구리막(11)으로 구성되며 하층 금속배선(4)과 접속되는 플러그(12)가 형성된다. 또 배선홈(9)에 제 2 탄탈질화막(10) 및 제 2 구리막(11)으로 구성되는 상층 금속배선(13)이 형성된다. 그러나 상층 금속배선(13)이 플러그(12)와 접속하도록 형성되지 않으므로, 금속배선구조 불량에 의한 전자다바이스가 형성되어 버린다.
- [0042] 본원 발명자들은 이상의 검토결과, 구체적으로는 탄소함유 실리콘산화막에 형성된 홀을 통해 염기성물질 등이 레지스트 중으로 확산되므로 현상불량(즉 패터닝 불량)이 발생하며, 이로써 배선구조에 불량이 발생한다는 검토 결과를 바탕으로, 본 발명의 기초가 되는 발상을 착상하기에 이르렀다.
- [0043] 본원 발명자들에 의한 착상의 하나는, 탄소함유 실리콘산화막 최상부의 밀도를 막 전체의 평균밀도보다 높게 한다는 것이다. 즉, 탄소함유 실리콘산화막의 최상부 밀도를 증가시킴으로써, 탄소함유 실리콘산화막 상에 다른 종류의 막을 형성할 때의, 탄소함유 실리콘산화막의 손상 또는 파괴의 정도를 저감할 수 있으며, 이로써 염기성물질의 발생을 억제할 수 있다. 또 탄소함유 실리콘산화막 최상부의 밀도를 증가시킴으로써, 대기중의 질소가 탄소함유 실리콘산화막 중으로 흡수되는 것도 억제할 수 있다. 이로써 탄소함유 실리콘산화막으로부터 질소나 염기성물질이 비어홀을 통해 레지스트 중으로 확산되는 것을 억제할 수 있으므로, 노광 시에 레지스트 중의 산 발생제로부터 발생하는 산이 염기성물질 등에 의해 중화되는 것을 방지할 수 있다. 따라서 화학증폭형 레지스트에서의 연속적인 산 발생반응이 정지되는 일이 없으므로, 현상불량에 의해 비어홀의 내부 및 그 위쪽에 레지스트가 잔류하는 것, 즉 비어홀 근방의 레지스트 패터닝 불량을 방지할 수 있다. 바꾸어 말하면, 비어홀의 근방에서도 원하는 배선홈 패턴을 형성할 수 있으므로, 하층배선과 상층배선을 확실하게 접속 가능한 결과, 배선간 절연막으로서 탄소함유 실리콘산화막을 이용한 경우에도 배선구조에 불량이 발생하는 것을 방지할 수 있다. 구체적으로는 수 백nm 두께와 1.3g/cm³의 평균 막 밀도를 갖는 탄소함유 실리콘산화막에서, 두께 10nm 정도의 최상부 밀도를 1.8g/cm³로 함으로써, 상술한 효과가 얻어진다.
- [0044] 또 본원 발명자들은, 탄소함유 실리콘산화막 최상부의 탄소농도를 막 전체의 평균 탄소농도보다 높게 함으로써, 상술한 "탄소함유 실리콘산화막 최상부의 밀도를 막 전체의 평균 밀도보다 높게 함"에 의한 효과와 마찬가지로, 효과를 얻을 수 있음을 발견했다. 구체적으로는, 수 백nm 두께와 20at%의 평균탄소농도를 갖는 탄소함유 실리콘산화막에서, 두께 10nm 정도인 최상부의 탄소농도를 30at%로 함으로써, 상술한 효과가 얻어진다. 그리고 이 경우, 탄소함유 실리콘산화막의 최상부가 실질적으로 산소를 함유하지 않는 실리콘산화막이라도 된다.
- [0045] 또한 본원 발명자들은, 탄소함유 실리콘산화막 최하부의 밀도 또는 탄소농도를 막 전체의 평균밀도 또는 평균탄소농도보다 높게 함으로써, 탄소함유 실리콘산화막보다 아래쪽에 형성된 절연막 등으로부터 질소 또는 염기성물질이 탄소함유 실리콘산화막 중으로 확산되는 것을 억제할 수 있음을 발견했다. 이로써 탄소함유 실리콘산화막

에 형성된 비어홀 근방의 화학증폭형 레지스트의 패터닝 불량을 방지할 수 있으므로, 배선구조의 불량을 방지할 수 있다. 이는 탄소함유 실리콘산화막과 그 아래쪽에 형성되는 하층배선 사이에, 질소를 함유하는 절연막을 형성할 경우에 특히 효과적이다. 구체적으로는 수 백nm 두께와 1.3g/cm³의 평균 막 밀도를 갖는 탄소함유 실리콘산화막에서, 두께 10nm 정도의 최하부 밀도를 1.8g/cm³로 함으로써, 상술한 효과가 얻어진다. 또 수 백nm 두께와 20at%의 평균탄소농도를 갖는 탄소함유 실리콘산화막에서, 두께 10nm 정도의 최하부 탄소농도를 30at%로 함으로써, 상술한 효과가 얻어진다. 또한 탄소함유 실리콘산화막 최하부의 탄소농도를 막 전체의 평균탄소농도보다 높게 할 경우, 탄소함유 실리콘산화막의 최하부가, 실질적으로 산소를 함유하지 않는 실리콘산화막이라도 된다.

[0046] 그런데 본원 발명자들은, 최상부의 밀도가 막 전체의 평균밀도보다 높은 탄소함유 실리콘산화막을 형성하기 위한 방법으로서, 이하에 서술하는 바와 같은 몇가지 방법을 검토해보았다.

[0047] 우선 본원 발명자들은 제 1 방법으로서, 하나의 탄소함유 실리콘산화막을 플라즈마 CVD법으로 형성한 후, 불연속적으로, 바꾸어 말하면 플라즈마방전을 계속하는 일없이, 하나의 탄소함유 실리콘산화막보다 막 밀도가 높은 다른 탄소함유 실리콘산화막을 플라즈마 CVD법으로 형성해보았다. 그러나 이 방법으로는, 다른 탄소함유 실리콘산화막(상층)을 형성할 때의 초기방전에 의해, 하나의 탄소함유 실리콘산화막(하층)이 손상을 받는 결과, 패터닝 불량의 원인이 되는 염기성물질 등의 발생을 억제할 수 없었다. 또 이 방법과 마찬가지로, 최상부의 탄소농도가 막 전체의 평균탄소농도보다 높은 탄소함유 실리콘산화막을 형성한 경우에도 마찬가지로 문제가 생겼다.

[0048] 다음으로 본원 발명자들은 제 2 방법으로서, 탄소함유 실리콘산화막을 성막한 후, 400℃ 정도의 고온 하에서 He, Ar, O₂ 또는 NH₃ 등 각종 가스의 플라즈마를 이용함으로써 탄소함유 실리콘산화막에 대하여 표면개질을 실시하여, 이로써 탄소함유 실리콘산화막 표면부의 밀도를 높이는 것을 시도했다. 그러나 이 방법으로는, 일단 형성된 탄소함유 실리콘산화막 중의 Si-O-CH₃결합이나 Si-CH₃결합이 파괴되어 OH⁻ 또는 CH₃⁻ 등의 염기성물질이 형성되므로, 화학증폭형 레지스트의 패터닝불량을 방지할 수 없었다. 또 이 방법과 마찬가지로, 최상부의 탄소농도가 막 전체의 평균탄소농도보다 높은 탄소함유 실리콘산화막을 형성한 경우에도 마찬가지로 문제가 생겼다.

[0049] 즉, 탄소함유 실리콘산화막의 최상부 또는 최하부의 밀도를 막 전체의 평균밀도보다 높게 할 경우, 탄소함유 실리콘산화막의 밀도를 두께방향으로 연속적으로 변화시킬 필요가 있음을 본원 발명자들은 발견했다. 마찬가지로, 탄소함유 실리콘산화막의 최상부 또는 최하부의 탄소농도를 막 전체의 평균탄소농도보다 높게 할 경우, 탄소함유 실리콘산화막의 탄소농도를 두께방향으로 연속적으로 변화시킬 필요가 있음을 본원 발명자들은 발견했다.

[0050] 본 발명은 상기와 같은 식견에 기초하여 이루어진 것으로, 구체적으로 본 발명에 관한 제 1 전자디바이스는, 실리콘 및 탄소를 함유하는 제 1 절연막과, 제 1 절연막에 형성된 홀을 구비하며, 제 1 절연막의 밀도는 두께방향으로 연속적으로 변화한다.

[0051] 제 1 전자디바이스에 의하면, 실리콘 및 탄소를 함유하는 제 1 절연막(이하, 탄소함유 절연막이라 칭함)의 밀도가 두께방향으로 연속적으로 변화한다. 때문에, 예를 들어 탄소함유 절연막의 최상부 밀도를 막 전체의 평균밀도보다 높게 함으로써, 탄소함유 절연막 상에 절연막 등을 형성할 때, 탄소함유 절연막의 손상 또는 파괴의 정도를 저감할 수 있으며, 이로써 염기성물질의 발생을 억제할 수 있다. 또 탄소함유 절연막의 최상부 밀도가 높으면, 대기 중 질소가 탄소함유 절연막 중으로 흡수되는 것도 억제할 수 있다. 또한 예를 들어 탄소함유 절연막 최하부의 밀도를 막 전체의 평균밀도보다 높게 함으로써, 탄소함유 절연막보다 아래쪽에 형성된 절연막 등으로부터 질소 또는 염기성물질이 탄소함유 절연막 중으로 확산되는 것을 억제할 수 있다.

[0052] 따라서 제 1 전자디바이스에 의하면, 예를 들어 홀과 접촉하는 배선홀 등을 탄소함유 절연막에 형성하기 위한 포토리소그래피공정에 있어서, 탄소함유 절연막으로부터 질소나 염기성물질이 홀을 통해 레지스트 중으로 확산되는 것을 억제할 수 있다. 이로써 노광 시에 레지스트 중의 산 발생체로부터 생성되는 산이 염기성물질 등에 의해 중화되는 것을 방지할 수 있다. 그 결과, 화학증폭형 레지스트에서의 연속적인 산 발생반응이 정지되는 일이 없으므로, 현상불량에 의해 홀의 내부 및 그 위쪽에 레지스트가 남아버리는 것, 즉 홀 근방 레지스트의 패터닝 불량을 방지할 수 있다. 구체적으로는, 홀 근방에서도 예를 들어 원하는 배선홀 패턴이 형성 가능하므로, 배선간 절연막으로서 탄소함유 절연막을 이용한 경우에 종래 발생되던 배선구조의 불량을 방지할 수 있으므로, 배선구조의 신뢰성이 높으며 배선간 기생용량이 작은 전자디바이스를 실현할 수 있다.

[0053] 제 1 전자디바이스에 있어서, 제 1 절연막의 최상부 또는 최하부의 밀도가 제 1 절연막의 평균밀도보다 높으면, 더 바람직하게는 최상부 또는 최하부의 밀도가 1.8g/cm³ 이상이며, 평균밀도가 1.4g/cm³ 이하이면, 상술한 효과를

확실하게 얻을 수 있다.

- [0054] 본 발명에 관한 제 2 전자디바이스는, 실리콘 및 탄소를 함유하는 제 1 절연막과, 제 1 절연막에 형성된 홀을 구비하며, 제 1 절연막의 탄소농도는 두께방향으로 연속적으로 변화한다.
- [0055] 제 2 전자디바이스에 의하면, 실리콘 및 탄소를 함유하는 제 1 절연막(즉, 탄소함유 절연막)의 탄소농도가 두께 방향으로 연속적으로 변화한다. 따라서, 예를 들어 탄소함유 절연막 최상부의 탄소농도를 막 전체의 평균탄소농도보다 높게 함으로써, 탄소함유 절연막 상에 절연막 등을 형성할 때, 탄소함유 절연막의 손상 또는 파괴의 정도를 저감할 수 있으며, 이로써 염기성물질의 발생을 억제할 수 있다. 또 탄소함유 절연막 최상부의 탄소농도가 높으면, 대기 중 질소가 탄소함유 절연막 중으로 흡수되는 것도 억제할 수 있다. 또한 예를 들어 탄소함유 절연막 최하부의 탄소농도를 막 전체의 평균탄소농도보다 높게 함으로써, 탄소함유 절연막보다 아래쪽에 형성된 절연막 등으로부터 질소 또는 염기성물질이 탄소함유 절연막 중으로 확산되는 것을 억제할 수 있다.
- [0056] 따라서 제 2 전자디바이스에 의하면, 예를 들어 홀과 접촉하는 배선홀 등을 탄소함유 절연막에 형성하기 위한 포토리소그래피공정에 있어서, 탄소함유 절연막으로부터 질소나 염기성물질이 홀을 통해 레지스트 중으로 확산되는 것을 억제할 수 있다. 이로써 노광 시에 레지스트 중의 산 발생체로부터 발생하는 산이 염기성물질 등에 의해 중화되는 것을 방지할 수 있다. 그 결과, 화학증폭형 레지스트에서의 연속적인 산 발생반응이 정지되는 일이 없으므로, 현상불량에 의해 홀의 내부 및 그 위쪽에 레지스트가 남아버리는 것, 즉 홀 근방 레지스트의 패터닝 불량을 방지할 수 있다. 구체적으로는, 홀 근방에서도 예를 들어 원하는 배선홀 패턴이 형성 가능하므로, 배선간 절연막으로서 탄소함유 절연막을 이용한 경우에 종래 발생되던 배선구조의 불량을 방지할 수 있으므로, 배선구조의 신뢰성이 높으며 배선간 기생용량이 작은 전자디바이스를 실현할 수 있다.
- [0057] 제 2 전자디바이스에 있어서, 제 1 절연막의 최상부 또는 최하부의 탄소농도가 제 1 절연막의 평균탄소농도보다 높으면, 더 바람직하게는 최상부 또는 최하부의 밀도가 30at% 이상이며, 평균탄소농도가 20at% 이하이면, 상술한 효과를 확실하게 얻을 수 있다.
- [0058] 제 1 또는 제 2 전자디바이스에 있어서, 제 1 절연막 상에 형성된 제 2 절연막을 추가로 구비하고, 제 2 절연막의 평균밀도는 1.5g/cm³ 이상이며 1.7g/cm³ 이하인 것이 바람직하다.
- [0059] 이와 같이 하면, 제 1 절연막(탄소함유 절연막) 중의 염기성물질 등이 제 2 절연막 중으로 확산되기 쉬워진다. 때문에 탄소함유 절연막 중에 발생하는 염기성물질 등의 총량이 같다 하면, 막 밀도가 1.7g/cm³를 넘는 절연막이 탄소함유 절연막상에 형성된 경우에 비해, 탄소함유 절연막의 홀 내에 염기성물질 등이 집중 확산되는 것을 억제할 수 있다. 따라서 홀 근방 레지스트의 패터닝 불량을 보다 확실하게 방지할 수 있다.
- [0060] 제 1 또는 제 2 전자디바이스에 있어서, 제 1 절연막 상에 형성된 제 2 절연막을 추가로 구비하며, 제 1 절연막 근방의 제 2 절연막에 함유되는 산소의 실리콘에 대한 존재 비는 2보다 작은 것이 바람직하다.
- [0061] 이와 같이 하면, 제 2 절연막을 예를 들어 플라즈마 CVD법으로 퇴적시킬 경우에, 이 제 2 절연막 퇴적공정의 초기를 산소가 부족한 상태에서 실시할 수 있다. 즉, 제 2 절연막의 퇴적 초기에 있어서, 탄소함유 절연막에 플라즈마손상을 주는 산소이온 또는 산소라디칼을 저감할 수 있으므로, 탄소함유 절연막의 손상 또는 파괴의 정도를 보다 확실하게 저감할 수 있다. 또 이 경우, 제 2 절연막의 퇴적 초기에 실리콘이 풍부한 절연막이 형성되므로, 계속해서 제 2 절연막을 퇴적시켰을 때에 탄소함유 절연막이 플라즈마에 의해 손상 받는 것을 보다 확실하게 방지할 수 있다.
- [0062] 본 발명에 관한 제 1 전자디바이스의 제조방법은, 실리콘 및 탄소를 함유하는 제 1 절연막 상에 제 2 절연막을 형성하는 공정과, 제 2 절연막 및 제 1 절연막에 홀을 형성하는 공정과, 홀이 형성된 제 2 절연막 상에, 홀이 형성된 영역을 포함하는 소정 영역에 개구부를 갖는 레지스트막을 형성하는 공정과, 레지스트막을 마스크로 제 2 절연막 및 제 1 절연막에 에칭을 실시하여, 홀과 접촉하는 오목부를 형성하는 공정을 구비하며, 제 1 절연막의 밀도가 두께방향으로 연속적으로 변화한다.
- [0063] 제 1 전자디바이스의 제조방법에 의하면, 실리콘 및 탄소를 함유하는 제 1 절연막(즉, 탄소함유 절연막)의 밀도가 두께방향으로 연속적으로 변화한다. 때문에, 예를 들어 탄소함유 절연막 최상부의 밀도를 막 전체의 평균밀도보다 높게 함으로써, 탄소함유 절연막 상에 제 2 절연막을 형성할 때, 탄소함유 절연막의 손상 또는 파괴의 정도를 저감할 수 있으며, 이로써 염기성물질의 발생을 억제할 수 있다. 또 탄소함유 절연막 최상부의 밀도가 높으면, 대기 중 질소가 탄소함유 절연막 중으로 흡수되는 것도 억제할 수 있다. 또한 예를 들어 탄소함유 절연막 최하부의 밀도를 막 전체의 평균밀도보다 높게 함으로써, 탄소함유 절연막보다 아래쪽에 형성된 절연막 등으

로부터 질소 또는 염기성물질이 탄소함유 절연막 중으로 확산되는 것을 억제할 수 있다.

- [0064] 따라서 제 1 전자디바이스의 제조방법에 의하면, 탄소함유 절연막에 홀을 형성한 후, 계속해서 홀과 접촉하는 오목부를 탄소함유 절연막에 형성하기 위한 포토리소그래피공정을 실시한 경우에 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다. 즉, 탄소함유 절연막으로부터 질소나 염기성물질이 홀을 통해 레지스트 중으로 확산되는 것을 억제할 수 있으므로, 노광 시에 레지스트 중의 산 발생체로부터 발생하는 산이 염기성물질 등에 의해 중화되는 것을 방지할 수 있다. 그 결과, 화학증폭형 레지스트에서의 연속적인 산 발생반응이 정지되는 일이 없으므로, 현상불량에 의해 홀의 내부 및 그 위쪽에 레지스트가 남아버리는 것, 즉 홀 근방 레지스트의 패터닝 불량을 방지할 수 있다. 구체적으로는, 홀 근방에서도 예를 들어 원하는 배선홀 패턴이 형성 가능하므로, 배선간 절연막으로서 탄소함유 절연막을 이용한 경우에 종래 발생되던 배선구조의 불량을 방지할 수 있으므로, 배선구조의 신뢰성이 높으며 배선간 기생용량이 작은 전자디바이스를 실현할 수 있다.
- [0065] 본 발명에 관한 제 2 전자디바이스의 제조방법은, 실리콘 및 탄소를 함유하는 제 1 절연막 상에 제 2 절연막을 형성하는 공정과, 제 2 절연막 및 제 1 절연막에 홀을 형성하는 공정과, 홀이 형성된 제 2 절연막 상에, 홀이 형성된 영역을 포함하는 소정 영역에 개구부를 갖는 레지스트막을 형성하는 공정과, 레지스트막을 마스크로 제 2 절연막 및 제 1 절연막에 에칭을 실시하여, 홀과 접촉하는 오목부를 형성하는 공정을 구비하며, 제 1 절연막의 탄소농도는 두께방향으로 연속적으로 변화한다.
- [0066] 제 2 전자디바이스의 제조방법에 의하면, 실리콘 및 탄소를 함유하는 제 1 절연막(즉, 탄소함유 절연막)의 탄소농도가 두께방향으로 연속적으로 변화한다. 때문에, 예를 들어 탄소함유 절연막 최상부의 탄소농도를 막 전체의 평균탄소농도보다 높게 함으로써, 탄소함유 절연막 상에 제 2 절연막 등을 형성할 때, 탄소함유 절연막의 손상 또는 파괴의 정도를 저감할 수 있으며, 이로써 염기성물질의 발생을 억제할 수 있다. 또 탄소함유 절연막 최상부의 탄소농도가 높으면, 대기 중 질소가 탄소함유 절연막 중으로 흡수되는 것도 억제할 수 있다. 또한 예를 들어 탄소함유 절연막 최하부의 탄소농도를 막 전체의 평균탄소농도보다 높게 함으로써, 탄소함유 절연막보다 아래쪽에 형성된 절연막 등으로부터 질소 또는 염기성물질이 탄소함유 절연막 중으로 확산되는 것을 억제할 수 있다.
- [0067] 따라서 제 2 전자디바이스의 제조방법에 의하면, 탄소함유 절연막에 홀을 형성한 후, 계속해서 홀과 접촉하는 오목부를 탄소함유 절연막에 형성하기 위한 포토리소그래피공정을 실시한 경우에 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다. 즉, 탄소함유 절연막으로부터 질소나 염기성물질이 홀을 통해 레지스트 중으로 확산되는 것을 억제할 수 있으므로, 노광 시에 레지스트 중의 산 발생체로부터 발생하는 산이 염기성물질 등에 의해 중화되는 것을 방지할 수 있다. 그 결과, 화학증폭형 레지스트의 연속적인 산 발생반응이 정지되는 일이 없으므로, 현상불량에 의해 홀의 내부 및 그 위쪽에 레지스트가 남아버리는 것, 즉 홀 근방 레지스트의 패터닝 불량을 방지할 수 있다. 구체적으로는, 홀 근방에서도 예를 들어 원하는 배선홀 패턴이 형성 가능하므로, 배선간 절연막으로서 탄소함유 절연막을 이용한 경우에 종래 발생되던 배선구조의 불량을 방지할 수 있으므로, 배선구조의 신뢰성이 높으며 배선간 기생용량이 작은 전자디바이스를 실현할 수 있다.
- [0068] 제 1 또는 제 2 전자디바이스의 제조방법에 있어서, 제 2 절연막을 형성하는 공정은, 적어도 실리콘공급가스 및 산소공급가스를 이용하여 플라즈마 CVD법에 의해 제 2 절연막을 퇴적시키는 공정을 포함하며, 제 1 절연막 근방의 제 2 절연막에 함유되는 산소의, 실리콘에 대한 존재 비가 2보다 작아지도록, 제 2 절연막 퇴적 초기의 산소공급가스 유량은 적게 제어되는 것이 바람직하다.
- [0069] 이와 같이 하면, 제 2 절연막 퇴적공정의 초기를 산소가 부족한 상태에서 실시하므로, 이 초기에 있어서, 탄소함유 절연막에 플라즈마손상을 주는 산소이온 또는 산소라디칼을 저감할 수 있으므로, 탄소함유 절연막의 손상 또는 파괴의 정도를 보다 확실하게 저감할 수 있다. 또 이 경우, 제 2 절연막의 퇴적 초기에 실리콘이 풍부한 절연막이 형성되므로, 계속해서 제 2 절연막을 퇴적시켰을 때에 탄소함유 절연막이 플라즈마에 의해 손상을 받는 것을 보다 확실하게 방지할 수 있다.
- [0070] 제 1 또는 제 2 전자디바이스의 제조방법에 있어서, 제 2 절연막을 형성하는 공정은, 제 1 절연막이 질소를 함유하는 분위기에 노출되는 것을 방지하면서 실시되는 것이 바람직하다.
- [0071] 이와 같이 하면, 제 1 절연막 즉 탄소함유 절연막의 질소흡수량을 최소한으로 억제할 수 있으므로, 탄소함유 절연막 중에 발생한 메틸기 등과 질소가 반응하는 것을 억제할 수 있다. 이로써, 탄소함유 절연막 중에 아민 등의 염기성물질이 대량으로 형성되는 것을 방지할 수 있다.
- [0072] 제 1 또는 제 2 전자디바이스의 제조방법에 있어서, 제 2 절연막을 형성하는 공정은 스피코팅법 또는 열 CVD법

을 이용하여 실시되는 것이 바람직하다.

- [0073] 이와 같이 하면, 플라즈마 CVD법으로 제 2 절연막을 형성하는 경우에 비해, 탄소함유 절연막에 대한 플라즈마손상을 확실하게 방지할 수 있다.
- [0074] 제 1 또는 제 2 전자디바이스의 제조방법에 있어서, 홀을 형성하는 공정과 레지스트막을 형성하는 공정 사이에, 홀 내에 더미플러그를 형성하는 공정을 추가로 구비하는 것이 바람직하다.
- [0075] 이와 같이 하면 홀 내가 더미플러그로 매입되므로, 홀과 접속하는 오목부를 탄소함유 절연막에 형성하기 위한 포토리소그래피공정에 있어서, 레지스트도포 시의 바탕이 되는 절연막 상의 단차가 억제되므로, 보다 평탄성을 유지한 상태에서 레지스트를 도포할 수 있다. 이로써 홀 내의 더미플러그 상에 퇴적된 레지스트 침층부까지 노광 광이 확실하게 도달하므로, 현상 후의 불필요한 레지스트 잔재의 발생을 방지할 수 있다. 즉, 치수 제어성이 높은 트렌치패턴을 형성할 수 있다. 또 홀 저부가 더미플러그로 피복되므로, 상술한 포토리소그래피공정에 이어지는 에칭공정에서 홀 저부, 예를 들어 하층배선 등에 대한 손상의 발생을 방지할 수 있다. 또한 홀 벽면이 더미플러그로 피복되므로, 더미플러그의 재료로서 적절한 재료, 예를 들어 유기재료 등을 사용함으로써, 탄소함유 절연막으로부터 홀 내로의 아민 등의 침투, 즉 포이즈닝(poisoning) 발생을 방지할 수 있다.
- [0076] 상술한 목적 및 기타의 목적과 본 발명의 특징 및 이점은 첨부 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통해 보다 분명해 질 것이다.
- [0077] (실시예)
- [0078] (제 1 실시예)
- [0079] 이하, 본 발명의 제 1 실시예에 관한 전자디바이스 및 그 제조방법에 대하여 도면을 참조하면서 설명하기로 한다.
- [0080] 도 1은 제 1 실시예에 관한 전자디바이스의 단면구성을 나타내는 도이다.
- [0081] 도 1에 나타내는 바와 같이, 예를 들어 실리콘으로 된 기판(100) 상에 형성된, 실리콘산화막으로 된 제 1 절연막(101) 중에, 제 1 탄탈질화막(102) 및 제 1 구리막(103)으로 구성된 하층 금속배선(104)이 형성된다. 하층 금속배선(104) 상 및 제 1 절연막(101) 상에는, 실리콘산화막으로 된 제 2 절연막(105)이 형성된다. 제 2 절연막(105)은 하층 금속배선(104)에 함유되는 구리원자의 확산을 방지함과 동시에, 하층 금속배선(104) 상에 층간절연막 등을 형성하는 공정에서 하층 금속배선(104)이 산화되는 것을 방지한다. 제 2 절연막(105) 상에는, 예를 들어 탄소함유 실리콘산화막으로 된 제 3 절연막(106)("특허청구범위"의 "제 1 절연막")이 형성된다. 제 3 절연막(106) 상에는, 예를 들어 실리콘산화막으로 된 제 4 절연막(107)("청구항"의 "제 2 절연막")이 형성된다. 제 2 절연막(105) 및 제 3 절연막(106)(하부)에는 하층 금속배선(104)에 달하는 비어홀(108)이 형성된다. 또 제 3 절연막(106)(상부) 및 제 4 절연막(107)에는 비어홀(108)과 접속하는 배선홈(상층배선용)(109)이 형성된다. 비어홀(108)에는 제 2 탄탈질화막(110) 및 제 2 구리막(111)으로 구성된 플러그(112)가 형성된다. 배선홈(109)에는, 마찬가지로 제 2 탄탈질화막(110) 및 제 2 구리막(111)으로 구성된 상층 금속배선(113)이 형성된다. 하층 금속배선(104)과 상층 금속배선(113)은 플러그(112)를 통해 접속된다.
- [0082] 본 실시예의 특징은, 제 3 절연막(106)이 될 탄소함유 실리콘산화막의 밀도 및 탄소농도가, 두께방향으로 연속적으로 변화되는 것이다. 구체적으로는 제 3 절연막(총 막 두께 500nm)에 있어서 두께 10nm 정도인 최상부(106a) 및 두께 10nm 정도인 최하부(106b)의 밀도는 약 1.8g/cm³이며, 최상부(106a) 및 최하부(106b)의 탄소농도는 약 30at%이다. 또 제 3 절연막(106)의 평균밀도 및 평균탄소농도는 각각 약 1.3g/cm³ 및 약 20at%이다. 즉, 제 3 절연막(106)에서는, 하부로부터 중앙부를 향해 밀도 및 탄소농도가 연속적으로 감소함과 동시에, 중앙부로부터 상부를 향해 밀도 및 탄소농도가 연속적으로 증가한다.
- [0083] 다음에 제 1 실시예에 관한 전자디바이스의 제조방법에 대하여 도면을 참조하면서 설명하기로 한다.
- [0084] 도 2의 (a)~(d) 및 도 3의 (a)~(c)는 제 1 실시예에 관한 전자디바이스 제조방법의 각 공정을 나타내는 단면도이다. 또 도 2의 (a)~(d) 및 도 3의 (a)~(c)에 있어서 도 1에 나타낸 제 1 실시예에 관한 전자디바이스와 동일한 부재에는 동일 부호를 부여한다.
- [0085] 먼저 도 2의 (a)에 나타내는 바와 같이, 기판(100) 상에 형성된, 실리콘산화막으로 된 제 1 절연막(101) 상에, 하층배선 형성영역에 개구부를 갖는 레지스트막(도시 생략)을 포토리소그래피법으로 형성한다. 그 후, 이 레지스트막을 마스크로 제 1 절연막(101)에 드라이에칭을 실시하여 하층배선용 배선홈을 형성한다. 그 다음, 이 배

선홈이 완전히 매입되도록 제 1 탄탄질화막(103) 및 제 1 구리막(103)을 순차 퇴적시키고 나서, 제 1 탄탄질화막(102) 및 제 1 구리막(103) 각각의 배선홈 바깥쪽부분을 CMP법으로 제거하여 하층 금속배선(104)을 형성한다. 그 후, 제 1 절연막(101) 상 및 하층 금속배선(104) 상에, 실리콘탄화막으로 된 두께 50nm 정도의 제 2 절연막(105)을 퇴적시킨다.

[0086] 다음으로 도 2의 (b)에 나타내는 바와 같이, 제 2 절연막(105) 상에, 예를 들어 평균밀도가 약 1.3g/cm³이며 평균탄소농도가 약 20at%의 탄소함유 실리콘산화막으로 된 두께 500nm 정도의 제 3 절연막(106)을 형성한다. 상술한 바와 같이 제 3 절연막(106)은, 밀도가 약 1.8g/cm³이며 탄소농도가 약 30at%의 최상부(106a)(두께 10nm 정도)를 갖는 동시에, 밀도가 약 1.8g/cm³이며 탄소농도가 약 30at%의 최하부(106a)(두께 10nm 정도)를 갖는다. 즉 제 3 절연막(106)에서는, 하부로부터 중앙부를 향해 밀도 및 탄소농도가 연속적으로 감소함과 동시에, 중앙부로부터 상부를 향해 밀도 및 탄소농도가 연속적으로 증가한다.

[0087] 다음 도 2의 (c)에 나타내는 바와 같이, 제 3 절연막(106) 상에, 예를 들어 실리콘산화막으로 된 두께 50nm 정도의 제 4 절연막(107)을 플라즈마 CVD법으로 퇴적시킨다. 제 4 절연막(107)을 형성하는 이유는 다음과 같다. 즉, 탄소함유 실리콘산화막으로 된 제 3 절연막(106)은 그 기계적강도가 약하다. 때문에 물리적손상을 발생시키는 CMP공정을 실시할 때(도 3의 (c) 참조)에 제 3 절연막(106)이 파괴되는 것을 방지하기 위해, 기계적강도를 갖는 막으로 제 3 절연막(106)을 덮을 필요가 있다. 여기서, 배선형성 후의 각 공정에서는, 처리온도를 낮게 함과 동시에 열부하를 작게 할 필요가 있으므로, 제 4 절연막(107)의 성막방법으로는 일반적으로 플라즈마 CVD법이 이용된다.

[0088] 그런데 플라즈마 CVD법으로 제 4 절연막(107)을 퇴적시킬 때, 탄소함유 실리콘산화막으로 된 제 3 절연막(106)의 표면이 플라즈마에 의한 손상을 받는다. 탄소함유 실리콘산화막이 플라즈마에 의한 손상을 받으면, 막 중의 Si-O-CH₃결합 또는Si-CH₃결합이 파괴되며, 그 결과 OH⁻ 또는 CH₃⁻ 등의 염기성물질이 형성된다. 또 탄소함유 실리콘산화막이 플라즈마에 의한 손상을 받아 형성된 손상층은, 아민을 확산을 촉진시키는 층으로서 기능한다. 이 아민은, 탄소함유 실리콘산화막 중에 미량으로 존재하는 질소에 기인하여 발생한 것이다.

[0089] 그러나 본 실시예에서는 제 3 절연막(106) 최상부(106a)의 막 밀도 및 탄소농도가 높으므로, 제 3 절연막(106)에는 플라즈마에 의한 손상이 거의 발생하지 않는다. 그 결과, 제 3 절연막(106), 즉 탄소함유 실리콘산화막 표면부의 염기성물질 등의 생성이 억제된다.

[0090] 다음으로 제 4 절연막(107) 상에, 비어홀 형성영역에 개구부를 갖는 레지스트막(도시 생략)을 포토리소그래피법으로 형성한다. 그 후 이 레지스트막을 마스크로 제 4 절연막(107), 제 3 절연막(106) 및 제 2 절연막(105)에 드라이에칭을 실시하여, 도 2의 (d)에 나타내는 바와 같이 비어홀(108)을 하층 금속배선(104)의 표면이 노출되도록 형성한다. 비어홀(108)은, 하층 금속배선(104)과 그 상층배선이 될 금속배선을 전기적으로 접속하기 위해 형성된다.

[0091] 다음에 상층배선용 배선홈을 형성하기 위해, 비어홀(108)이 형성된 제 4 절연막(107) 상에, 아크릴계 화학증폭형 포토레지스트를 도포한 후, 도포된 포토레지스트에 대하여, 원하는 배선홈 패턴(개구패턴)이 형성되도록 파장 193nm의 광을 이용하여 노광을 실시한다. 이 때, 화학증폭형 레지스트 중에 함유되는 산 발생체가 광 조사에 의해 산을 발생시키며, 이 발생된 산이 레지스트의 주원료인 아크릴계수지와 반응하는 결과, 아크릴계수지의 구조가 현상액에 용해 가능한 구조로 변화한다. 또 아크릴계수지와 산의 반응 시에는, 반응생성물로서의 산이 부차적으로 발생하므로, 포토레지스트의 감광부에서는 아크릴계수지의 구조를 현상액에 용해 가능한 구조로 변화시키는 반응이 연속적으로 진행된다. 따라서 노광 후의 포토레지스트를 현상함으로써, 도 3의 (a)에 나타내는 바와 같이 제 4 절연막(107) 상에, 배선홈 형성영역에 개구부(114a)를 갖는 레지스트막(114)이 형성된다. 여기서 개구부(114a)의 형성영역은 비어홀(108)이 형성된 영역을 포함한다.

[0092] 이 때, 본 실시예에서는 제 3 절연막(106) 등의 하층막으로부터 비어홀(108)을 통해 염기성물질이 포토레지스트층으로 확산되는 일이 없으므로, 현상불량에 의해 비어홀(108)의 내부 및 그 위쪽에 레지스트가 잔존해버리는 것을 방지할 수 있다.

[0093] 다음에 레지스트막(114)을 마스크로 제 4 절연막(107) 및 제 3 절연막(106)에 드라이에칭을 실시함으로써, 도 3의 (b)에 나타내는 바와 같이 배선홈(109)을 형성한다. 이 때, 레지스트막(114)의 개구부(114a)는 비어홀(108)의 위쪽에도 정확하게 형성되므로, 배선홈(109)을 비어홀(108)과 접속하도록 형성할 수 있다.

[0094] 다음 레지스트막(114)을 제거하여 기관세정을 한 후 비어홀(108) 및 배선홈(109) 각각이 완전히 매입되도록, 제

2 탄탈질화막(110) 및 제 2 구리막(111)을 순차 퇴적시킨다. 그 후, 제 2 탄탈질화막(110) 및 제 2 구리막(111) 각각의 배선흘(109) 바깥쪽 부분을 CMP법으로 제거한다. 이로써, 도 3의 (c)에 나타내는 바와 같이 비어홀(108)에, 제 2 탄탈질화막(110) 및 제 2 구리막(111)으로 구성되며 하층 금속배선(104)과 접속되는 플러그(112)가 형성된다. 또 배선흘(109)에, 제 2 탄탈질화막(110) 및 제 2 구리막(111)으로 구성된 상층 금속배선(113)이 형성된다. 이 때, 상층 금속배선(113)이 플러그(112)와 접속하도록 형성되므로, 금속배선구조가 양호한 전자디바이스가 형성된다.

[0095] 이상 설명한 바와 같이 제 1 실시예에 의하면, 탄소함유 실리콘산화막으로된 제 3 절연막(106)의 밀도 및 탄소농도가 두께방향으로 연속적으로 변화한다. 구체적으로는 제 3 절연막(106) 최상부(106a)의 밀도 및 탄소농도는 막 전체의 평균밀도 및 평균탄소농도보다 높다. 때문에 제 3 절연막(106) 상에 제 4 절연막(107)을 형성할 때에, 제 3 절연막(106)을 구성하는 탄소함유 실리콘산화막의 손상 또는 파괴의 정도를 저감할 수 있으며, 이로써 염기성물질의 발생을 억제할 수 있다. 또 제 3 절연막(106) 최상부(106a)의 밀도가 높기 때문에, 대기중의 질소가 제 3 절연막(106) 중으로 흡수되는 것도 억제할 수 있다. 또한 제 3 절연막(106) 최하부(106b)의 밀도 및 탄소농도는 막 전체의 평균밀도 및 평균탄소농도보다 높다. 이로써, 제 3 절연막(106)보다 아래쪽에 형성된 절연막 등으로부터 질소 또는 염기성물질이 제 3 절연막(106) 중으로 확산되는 것을 억제할 수 있다.

[0096] 따라서 제 1 실시예에 의하면 제 3 절연막(106)에 비어홀(108)을 형성한 후, 계속해서 비어홀(108)과 접속하는 배선흘(109)을 제 3 절연막(106)에 형성하기 위한 포토리소그래피공정을 실시한 경우, 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다. 즉, 제 3 절연막(106)으로부터 질소나 염기성물질이 비어홀(108)을 통해 레지스트 중으로 확산되는 것을 억제할 수 있으므로, 노광 시에 레지스트 중의 산 발생체로부터 발생하는 산이 염기성물질 등에 의해 중화되는 것을 방지할 수 있다. 그 결과, 화학증폭형 레지스트의 연속적인 산 발생반응이 정지되는 일이 없으므로, 현상불량에 의해 비어홀(108)의 내부 및 그 위쪽에 레지스트가 남아버리는 것, 즉 비어홀(108) 근방에서의 레지스트 패터닝 불량을 방지할 수 있다. 구체적으로는 비어홀(108) 근방에서도 원하는 배선흘 패턴을 형성할 수 있으므로, 하층 금속배선(104)과 상층금속배선(113)을 확실하게 접속할 수 있다. 따라서 배선간 절연막으로서 탄소함유 실리콘산화막을 이용한 경우에 종래 발생하던 배선구조의 불량을 방지할 수 있으므로, 배선구조의 신뢰성이 높으며 배선간의 기생용량이 작은 전자디바이스를 실현할 수 있다.

[0097] 그리고 제 1 실시예에 있어서는, 최상부(106a) 및 최하부(106b)의 막 밀도 증가에 의해, 또는 최상부(106a) 및 최하부(106b)의 탄소농도 증가에 의해, 제 3 절연막(106)(탄소함유 실리콘산화막)의 비유율은 약간 상승한다. 그러나, 예를 들어 탄소함유 실리콘산화막 전체의 두께가 500nm 정도일 경우, 막 밀도 또는 탄소농도의 증가부분(최상부(106a) 및 최하부(106b))의 두께를 10nm 정도 이하로 함으로써, 탄소함유 실리콘산화막의 전체적인 비유전율 상승은 거의 무시할 수 있다.

[0098] 또 제 1 실시예에 있어서, 제 3 절연막(106)으로서 탄소함유 실리콘산화막을 이용하지만, 이 대신에 다른 탄소함유 절연막(실리콘 및 탄소를 함유하는 절연막)을 이용해도 된다.

[0099] 또한 제 1 실시예에 있어서, 제 4 절연막(107)으로서 실리콘산화막을 이용하지만, 이 대신에 다른 절연막을 이용해도 된다.

[0100] 또 제 1 실시예에 있어서, 제 3 절연막(106)의 최상부(106a) 및 최하부(106b)의 막 밀도는 1.8g/cm³ 이상이며, 제 3 절연막(106)의 전체적인 평균밀도는 1.4g/cm³ 이하인 것이 바람직하다. 이와 같이 하면 상승한 효과를 확실하게 얻을 수 있다.

[0101] 또한 제 1 실시예에 있어서, 제 3 절연막(106)의 최상부(106a) 및 최하부(106b)의 탄소농도는 30at% 이상이며, 제 3 절연막(106) 전체적인 평균탄소농도는 20at% 이하인 것이 바람직하다. 이와 같이 하면 상승한 효과를 확실하게 얻을 수 있다.

[0102] 또 제 1 실시예에 있어서, 플러그(112)에 의해 접속되는 하층 금속배선(104) 및 상층 금속배선(113)으로 구성되는 배선구조의 형성을 대상으로 하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않는다. 예를 들어 콘택트플러그로 접속되는 트랜지스터(그 확산층) 및 커패시터(그 하부전극)로 구성되는 메모리셀 구조의 형성을 대상으로 해도 좋음은 물론이다.

[0103] 이하, 최상부의 막 밀도가 1.8g/cm³ 이상으로 되는 탄소함유 실리콘산화막의 형성방법에 대하여 상술한다.

[0104] 본 실시예에서는, 예를 들어 원료가스(실리콘 공급가스)가 될 디메틸디메톡시실란(Si(CH₃)₂(OCH₃)₂)과 헬륨(He) 가스를 이용하여 플라즈마 CVD법으로 탄소함유 실리콘산화막을 형성한다. 이 때, 성막온도가 400℃, 성막압력이

500Pa, 디메틸디메톡시실란의 유량이 150ml/min(표준상태), He의 유량이 50ml/min(표준상태)의 기본성막조건 하에서 13.56MHz의 고주파 전력을 인가한다. 이로써 막 밀도가 1.3g/cm³ 정도, 탄소농도가 20at% 정도, 비유전율이 2.8 정도의 탄소함유 실리콘산화막을 형성할 수 있다. 또 디메틸디메톡시실란 유량 이외의 기본성막조건(성막온도, 성막압력, He유량)과 고주파전력을 변경하지 않고, 디메틸디메톡시실란 유량만을 150ml/min(표준상태)에서 10ml/min(표준상태)로 변경한 조건으로 성막을 행하면, 공급되는 실리콘성분이 크게 감소하는 동시에 성막속도가 기본성막조건 시의 1/5 정도로 저하한다. 그 결과, 상대적으로 막 밀도 및 탄소농도가 높은 탄소함유 실리콘산화막, 구체적으로는 막 밀도 1.8g/cm³ 정도, 탄소농도 30at% 정도, 비유전율5.0 정도의 탄소함유 실리콘산화막이 형성된다. 그래서 본 실시예에서는 탄소함유 실리콘산화막 성막 시의 최종단계에 디메틸디메톡시실란 유량을 150ml/min(표준상태)에서 10ml/min(표준상태)로 연속적으로 저감시키면서 성막을 행한다. 이와 같은 성막방법에 의해, 최상부만 막 밀도가 높은 탄소함유 실리콘산화막을 형성할 수 있다. 여기서, 탄소함유 실리콘산화막의 성막은 고주파 전력을 오프함으로써 종료한다.

[0105] 도 4는 이상에 설명한 성막방법에 의해, 최상부만 막 밀도가 높은 탄소함유 실리콘산화막을 성막할 때의 주 파라미터의 시간변화를 나타내는 도이다.

[0106] 도 5는 이상에 설명한 성막방법에 의해 형성된 탄소함유 실리콘산화막에서, 두께방향 막 조성의 변화를 나타내는 도이다. 또 도 5에서 가로축에 막 표면으로부터의 깊이를 나타냄과 동시에 세로축에 막 중에 함유되는 각 원소의 원자농도를 나타낸다. 도 5에 나타내는 바와 같이, 탄소함유 실리콘산화막 성막 시의 최종단계에서 실리콘 공급가스의 유량을 저하시키므로, 막 최상부의 실리콘농도 및 산소농도가 감소한다. 한편, 막 최상부의 탄소농도는, 막 최상부의 실리콘농도 및 산소농도의 감소량에 비해 크게 상승한다. 이로써, 탄소농도 및 막 밀도가 높은 최상부를 갖는 탄소함유 실리콘산화막, 구체적으로는 막 밀도 1.8g/cm³ 정도, 탄소농도 30at% 정도의 최상부를 구비하는 탄소함유 실리콘 산화막을 형성할 수 있다.

[0107] 여기서, 최하부의 막 밀도가 1.8g/cm³ 이상이 되는 탄소함유 실리콘산화막을 형성하기 위해서는, 탄소함유 실리콘산화막의 성막 초기단계에 디메틸디메톡시실란 유량을 10ml/min(표준상태)로부터 150ml/min(표준상태)로 연속적으로 증가시키면서 성막을 행하면 된다.

[0108] (제 2 실시예)

[0109] 이하, 본 발명의 제 2 실시예에 관한 전자디바이스에 대하여 도면을 참조하면서 설명하기로 한다.

[0110] 제 2 실시예가 제 1 실시예와 다른 점은, 제 3 절연막(106) 상에 형성되는 제 4 절연막(107)(실리콘산화막)의 평균밀도가 1.7g/cm³ 정도 이하인 것이다.

[0111] 제 2 실시예에 의하면, 제 1 실시예의 효과에 더불어 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다. 즉, 제 3 절연막(106)(탄소함유 실리콘산화막)에 함유되는 염기성물질 등이 상층인 제 4 절연막(107) 층으로 확산되기 쉬워진다. 이로써, 탄소함유 실리콘산화막 중에 발생하는 염기성물질 등의 총량이 같은 경우, 막 밀도가 1.7g/cm³를 초과하는 절연막이 제 3 절연막(106)상에 형성된 경우에 비해, 비어홀(108) 내에 염기성물질 등이 집중적으로 확산되는 것을 억제할 수 있다. 그 결과, 배선홀(109)을 제 3 절연막(106)에 형성하기 위한 포토리소그래피공정에서, 비어홀(108) 근방 레지스트 층의 염기 농도가 상승하는 것을 방지할 수 있다. 따라서 비어홀(108) 내부에 현상 후도 레지스트가 남아버린다는 포이즈닝현상, 즉 레지스트의 패터닝 불량을 보다 확실하게 방지할 수 있다.

[0112] 그런데, 상술한 포이즈닝이 발생하여 문제가 되는 것은, 제 3 절연막(106)인 탄소함유 실리콘산화막에서 발생하는 아민 등 염기성물질과, 화학증폭형 레지스트로부터 발생하는 산이 반응하고, 그 결과 비어홀(108) 내부에 레지스트가 남아버린다는 것이다. 이하, 본 실시예에 의해 이 포이즈닝을 방지할 수 있는 이유에 대하여 상세하게 설명한다.

[0113] 우선 전제로서, 포이즈닝은 아민 등의 염기성물질이 조금이라도 발생하면 생겨버린다는 현상이 아니라, 염기성물질이 어느 정도의 양 이상 발생한 경우에 화학증폭형 레지스트로부터 발생하는 산의 활성을 잃게 되며, 이로써 레지스트 잔재가 발생한다는 현상이다. 따라서 비어홀(108) 내로 확산되는 염기성물질의 양이 적으면 포이즈닝은 발생하지 않는다.

[0114] 한편 종래기술과 같이, 탄소함유 실리콘산화막의 표면 상에 보호막(제 4 절연막(107)과 대응)을 형성하지 않는 경우, 또는 탄소함유 실리콘산화막에 대하여 표면개질을 행하지 않는 경우, 탄소함유 실리콘산화막의 상면과 비어홀의 내벽면으로부터 염기성물질은 거의 균등하게 방출된다. 이 경우, 비어홀 근방에서 염기성물질의 농도가, 포이즈닝이 발생할 수 있는 "임계값"을 초과하지 않으므로, 비어홀 내부에 레지스트 포이즈닝은 발생하지 않는다. 그러나 탄소함유 실리콘산화막의 표면 상에 보호막 등이 존재하지 않으므로, 그 후의 공정, 예를 들어 탄소

함유 실리콘산화막에 배선흘을 형성하는 공정에서 이 막이 플라즈마에칭에 의한 손상을 받아버릴 가능성이 있다. 즉, 탄소함유 실리콘산화막의 표면 상에 보호막 등을 형성하지 않는 것은, 배선흘의 전체 공정을 고려한 경우에는 부적절한 방법이다.

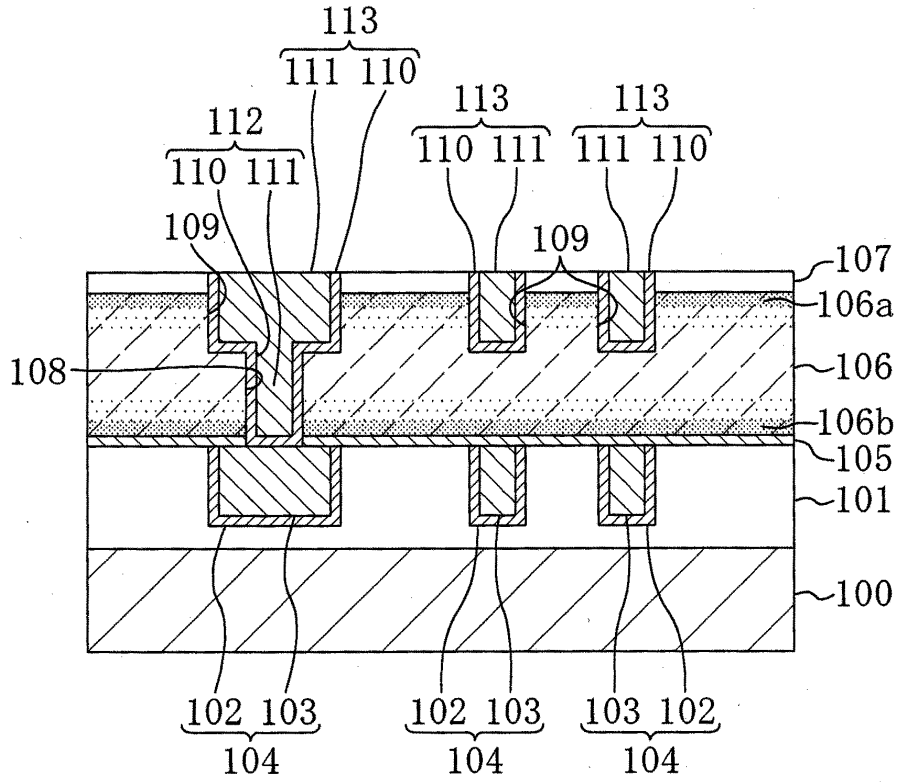
- [0115] 이에 반해 본 실시예에서는, 제 3 절연막(106) 상에, 막 밀도 $1.7\text{g}/\text{cm}^3$ 이하의 실리콘산화막인 제 4 절연막(107)을 퇴적시킨다. 이와 같이 하면, 제 4 절연막(107)의 막 밀도가 낮으므로, 제 3 절연막(106) 중에 발생한 염기성물질은 어느 정도 제 4 절연막(107) 중을 통과해나갈 수 있다. 이로써 제 3 절연막(106)으로부터의 아민 등의 방출이 비어홀(108) 내벽면에 집중하는 일은 없으며, 제 4 절연막(107) 상면으로부터도 아민 등이 방출돼간다. 그 결과, 제 3 절연막(106), 즉 탄소함유 실리콘산화막 중에 발생하는 염기성물질의 총량이 마찬가지로 제 4 절연막(107)의 막 밀도가 $1.7\text{g}/\text{cm}^3$ 를 초과하는 경우에 비하면, 비어홀(108) 내로 확산되는 염기성물질의 양이 감소한다.
- [0116] 본 실시예와 같이 제 4 절연막(107)의 막 밀도가 $1.7\text{g}/\text{cm}^3$ 이하인 경우, 제 4 절연막(107)의 상면으로부터도 염기성물질이 방출되므로, 비어홀(108) 내로 방출되는 염기성물질의 양이 감소하므로, 포이즈닝의 발생을 방지할 수 있다. 이와 반대로 제 4 절연막(107)의 막 밀도가 $1.7\text{g}/\text{cm}^3$ 를 초과하면, 제 4 절연막(107)의 상면으로부터는 염기성물질이 방출되기 어려워지므로, 제 3 절연막(106)에 함유되는 아민 등이 주로 비어홀(108)의 내벽면으로부터 방출되는 결과, 비어홀(108)의 내부에 레지스트 포이즈닝이 발생하기 쉬워진다.
- [0117] 그리고 제 2 실시예에 있어서, CMP공정(도 3의 (c) 참조)에서 제 4 절연막(107)에 요구되는 강도를 고려하면, 제 4 절연막(107)의 평균밀도는 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 정도 이상인 것이 바람직하다.
- [0118] (제 3 실시예)
- [0119] 이하, 본 발명의 제 3 실시예에 관한 전자디바이스 및 그 제조방법에 대하여 도면을 참조하면서 설명하기로 한다.
- [0120] 제 3 실시예가 제 1 실시예와 다른 점은, 제 3 절연막(106) 상에, 실리콘산화막으로 이루어진 두께 50nm 정도의 제 4 절연막(107)을 플라즈마 CVD법으로 퇴적시키는 공법(도 2의 (c) 참조)에 있어서, 적어도 제 3 절연막(106) 근방의 제 4 절연막(107)에 함유되는 산소의 실리콘에 대한 존재비가 2보다 작아지도록 성막조건을 조절하는 것이다. 바꾸어 말하면, 제 4 절연막(107)에 있어서 제 3 절연막(106)과 접하는 부분의 화학양론적 막 조성, 실리콘이 풍부한 실리콘산화막의 조성,과 같아지는 조건 하에서 제 4 절연막(107)의 성막을 실시한다.
- [0121] 구체적으로는, 실리콘 공급가스(테트라에톡시실란가스) 및 산소 공급가스(예를 들어 O_2 가스)를 이용하여 플라즈마 CVD법으로 제 4 절연막(107)을 퇴적시킬 때, 퇴적공정 초기의 산소공급가스 유량을 적게 한다.
- [0122] 제 3 실시예에 의하면, 제 1 실시예의 효과에 더불어 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다. 즉, 제 4 절연막(107)의 퇴적공정 초기를 산소가 부족한 상태에서 실시하므로, 이 초기에 제 3 절연막(106) 즉 탄소함유 절연막에 플라즈마손상을 끼치는 산소이온 또는 산소라디칼을 저감할 수 있으므로, 제 3 절연막(106)의 손상 또는 파괴의 정도를 확실하게 저감할 수 있다. 또 이 경우, 제 4 절연막(107)의 퇴적 초기에는 실리콘이 풍부한 실리콘산화막이 형성된다. 이 실리콘 함유량이 높은 실리콘산화막은, 그 아래쪽 제 3 절연막(106)으로 산소이온 또는 산소라디칼이 도달하는 것을 방지한다. 즉, 이 실리콘산화막은 보호막으로도 작용하므로, 이어서 제 4 절연막(107)을 퇴적시킬 때에 제 3 절연막(106)이 플라즈마에 의한 손상을 받는 것을 보다 확실하게 방지할 수 있다.
- [0123] 도 6은 상기에 설명한 성막방법으로 제 4 절연막(107)(실리콘산화막)을 성막할 때의 주된 파라미터의 시간변화를 나타내는 도이다. 여기서 실리콘공급가스로서 테트라에톡시실란가스를 이용함과 동시에, 산소공급가스로서는 O_2 가스를 이용한다. 또 테트라에톡시실란가스의 유량은 일정하다.
- [0124] 도 6에 나타내는 바와 같이 고주파 전력의 인가로서 제 4 절연막(107)의 성막이 개시되지만, 성막 초기에는 O_2 가스의 유량이 억제된 상태이다. 때문에 성막초기에 있어서는 실리콘 공급가스인 테트라에톡시실란가스 유량 쪽이, O_2 가스 유량에 비해 매우 높아지는 상태에서 성막이 실시된다. 그 결과 성막 초기에서는 테트라에톡시실란의 분해에 의한 성막이 지배적이므로, 실리콘 함유량이 높은 실리콘산화막(실리콘이 풍부한 실리콘산화막)이 형성된다. 그 후, O_2 가스의 유량을 높여감으로써 성막상태가 안정되므로, 화학양론적 막 조성을 갖는 실리콘산화막(SiO_2 막)이 형성된다. 이상과 같은 성막방법에 의해 제 3 절연막(106) 근방의 제 4 절연막(107)은, 실리콘에 대한 산소의 존재비가 2보다 작은 막 조성을 갖게 된다.

- [0125] (제 4 실시예)
- [0126] 이하, 본 발명의 제 4 실시예에 관한 전자디바이스의 제조방법에 대하여 도면을 참조하면서 설명하기로 한다.
- [0127] 제 4 실시예가 제 1 실시예와 다른 점은, 질소를 함유하는 분위기에 제 3 절연막(106)이 노출되는 것을 방지하면서 제 4 절연막(107)의 형성공정을 실시하는 것이다. 구체적으로는, 제 3 절연막(106)의 형성공정과 제 4 절연막(107)의 형성공정을 동일 성막챔버 내에서 연속적으로 실시해도 된다. 또는 제 3 절연막(106)의 형성공정과 제 4 절연막(107)의 형성공정을, 멀티챔버형 CVD(chemical vapor deposition) 장치의 개별 성막챔버 내에서 대기 개방하는 일없이 순차 실시해도 된다.
- [0128] 제 4 실시예에 의하면, 제 1 실시예의 효과에 더불어 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다. 즉, 제 3 절연막(106)인 탄소함유 실리콘산화막에서의 질소 흡수량을 최소한으로 억제할 수 있으므로, 탄소함유 실리콘산화막 중에 발생한 메틸기 등과 질소가 반응하는 것을 억제할 수 있다. 이로써 탄소함유 실리콘산화막 중에 아민 등의 염기성물질이 대량으로 형성되는 것을 방지할 수 있다.
- [0129] (제 5 실시예)
- [0130] 이하, 본 발명의 제 5 실시예에 관한 전자디바이스의 제조방법에 대하여 도면을 참조하면서 설명하기로 한다.
- [0131] 제 5 실시예가 제 1 실시예와 다른 점은, 제 3 절연막(106) 상에, 실리콘산화막으로 된 제 4 절연막(107)을 형성하는 공정에서, 플라즈마 CVD법 대신에 스프인코팅법 또는 열 CVD법을 이용하는 것이다.
- [0132] 제 5 실시예에 의하면, 제 1 실시예의 효과에 더불어 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다. 즉, 플라즈마 CVD법으로 제 4 절연막(107)을 형성하는 경우에 비해, 제 3 절연막(106) 즉 탄소함유 실리콘산화막에 대한 플라즈마 손상을 확실하게 방지할 수 있다.
- [0133] (제 6 실시예)
- [0134] 이하, 본 발명의 제 6 실시예에 관한 전자디바이스 및 그 제조방법에 대하여 도면을 참조하면서 설명하기로 한다.
- [0135] 도 7의 (a) 및 (b)는 제 6 실시예에 관한 전자디바이스 제조방법의 각 공정을 나타내는 단면도이다. 또 도 7의 (a) 및 (b)에 있어서, 도 1에 나타난 제 1 실시예에 관한 전자디바이스와 동일 부재에는 동일 부호를 부여함으로써 설명을 생략한다.
- [0136] 제 6 실시예가 제 1 실시예와 다른 점은, 비어홀(108)을 형성하는 공정(제 1 실시예의 도 2의 (d)에 나타난 공정)과, 레지스트막(114)을 형성하는 공정(제 1 실시예의 도 3의 (a)에 나타난 공정) 사이에, 비어홀(108) 내에 더미플러그를 형성하는 공정을 추가로 구비하는 것이다.
- [0137] 구체적으로는 도 2의 (d)에 나타난 공정 후, 비어홀(108)이 매입되도록 제 4 절연막(107) 상에 더미플러그용 레지스트막을 퇴적시키고 나서 이 레지스트막에 에치백을 실시함으로써, 도 7의 (a)에 나타내는 바와 같이 비어홀(108) 내에 더미플러그(115)를 형성한다. 여기서 더미플러그용 레지스트로서는, 감광하지 않는 레지스트, 예를 들어 유기폴리머 등을 이용한다.
- [0138] 다음에 비어홀(108) 내에 더미플러그(115)가 형성된 상태인 채로 제 4 절연막(107) 상에 포토레지스트를 도포하고, 이 도포된 포토레지스트에 포토리소그래피(노광 및 현상)를 행함으로써, 도 7의 (b)에 나타내는 바와 같이 배선홈 형성영역에 개구부(114a)를 갖는 레지스트막(114)을 형성한다.
- [0139] 다음으로 레지스트막(114) 및 더미플러그(115)를 마스크로 제 4 절연막(107) 및 제 3 절연막(106)에 드라이에칭을 실시함으로써, 도 3의 (b)에 나타내는 바와 같이, 비어홀(108)과 접속되는 배선홈(109)을 형성한다. 단, 상술한 드라이에칭 후, 레지스트막(114) 및 더미플러그(115)를 제거하고 세정을 행하며, 그 후 제 1 실시예의 도 3의 (c)에 나타난 공정을 실시한다.
- [0140] 제 6 실시예에 의하면, 제 1 실시예의 효과에 더불어 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다. 즉, 비어홀(108) 내부가 더미플러그(115)에 의해 매입되므로, 비어홀(108)과 접속하는 배선홈(109)을 제 3 및 제 4 절연막(106 및 107)에 형성하기 위한 포토리소그래피공정에서, 레지스트도포 시의 바탕이 되는 제 4 절연막(107) 상의 단차가 억제되므로, 보다 평탄성을 유지한 상태에서 레지스트를 도포할 수 있다. 이로써 비어홀(108) 내 더미플러그(115) 상에 퇴적된 레지스트 심층부까지 노광 광이 확실하게 도달하므로, 현상 후의 불필요한 레지스트 잔재의 발생을 방지할 수 있다. 즉, 치수 제어성이 높은 트랜치패턴 형성을 할 수 있다.

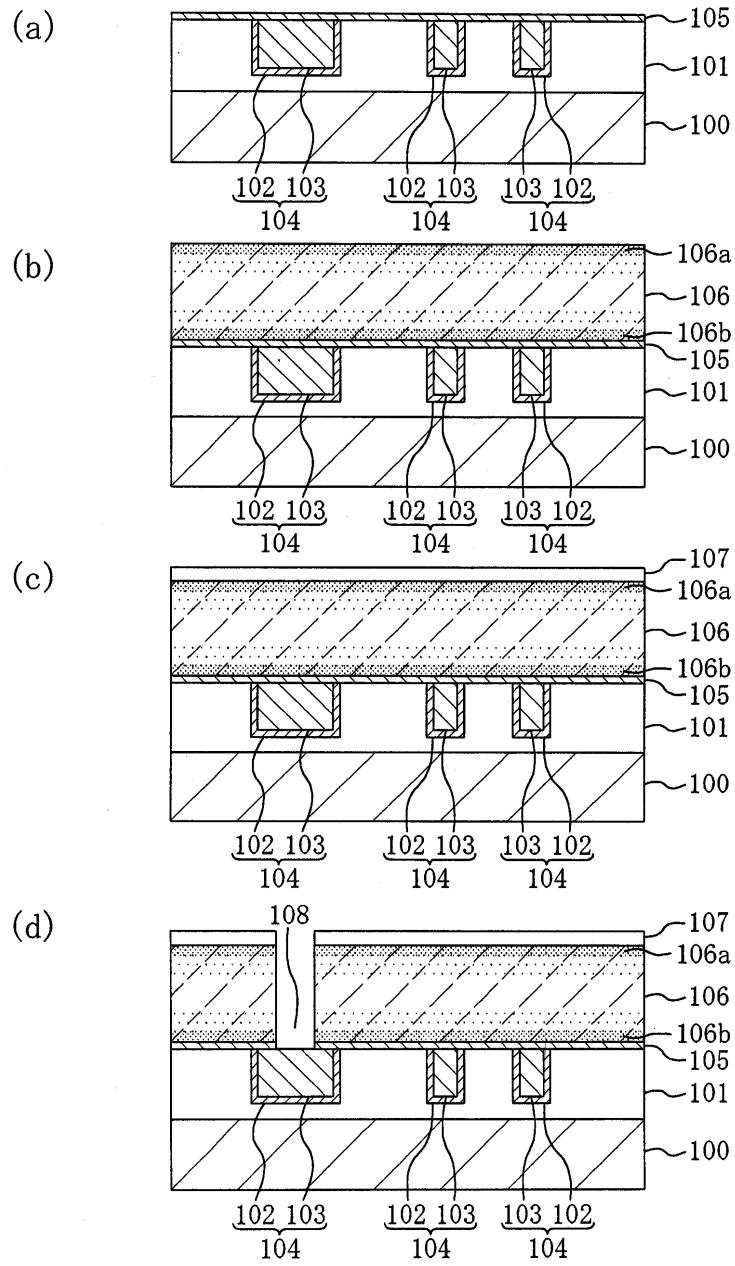
- [0018] 110 : 제 2 탄탈질화막 111 : 제 2 구리막
- [0019] 112 : 플러그 113 : 상층 금속배선
- [0020] 114 : 레지스트막 114a : 개구부
- [0021] 115 : 더미플러그

도면

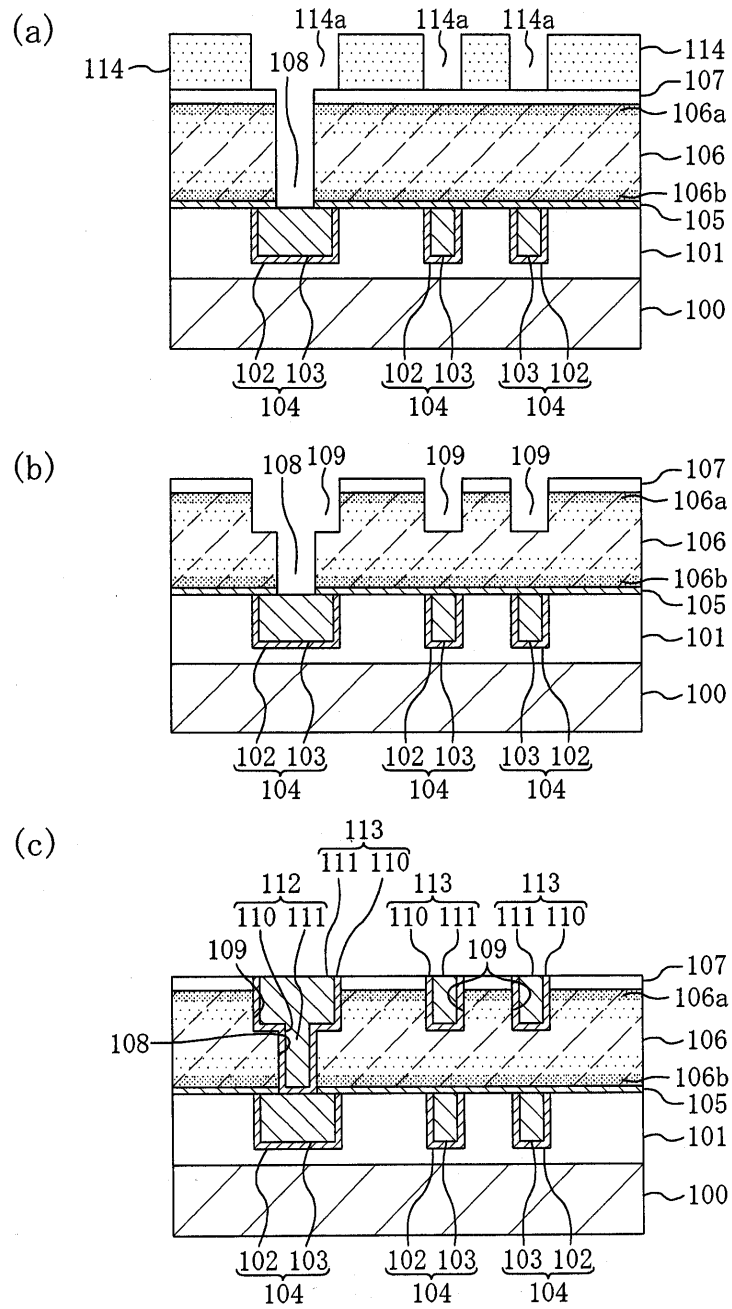
도면1



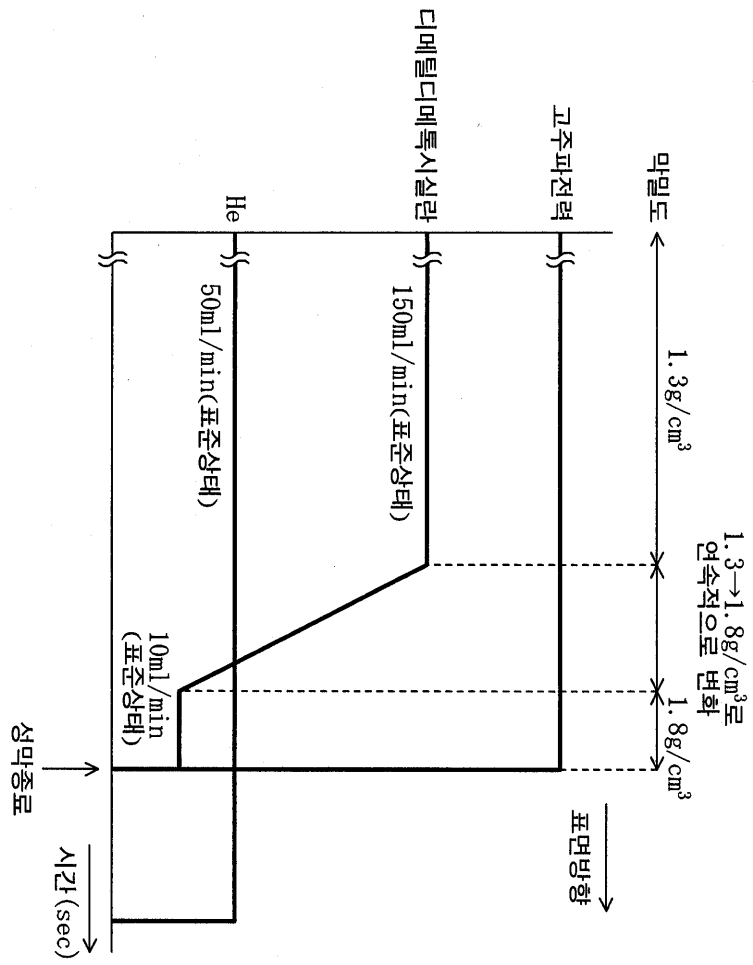
도면2



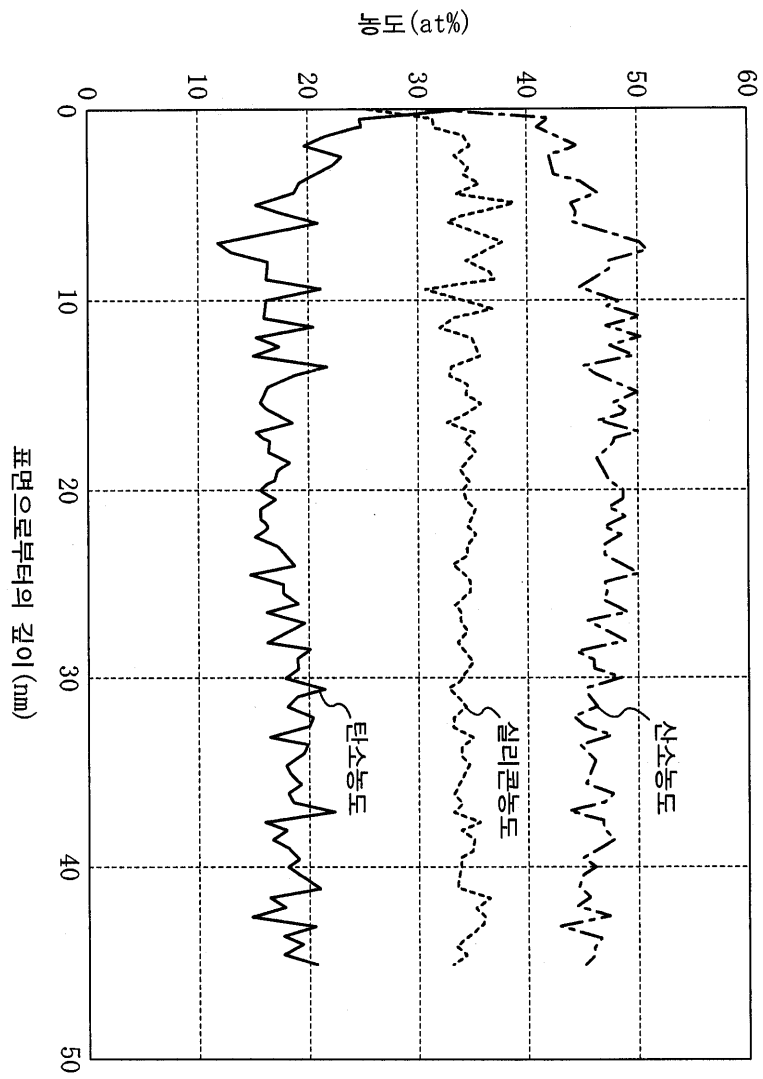
도면3



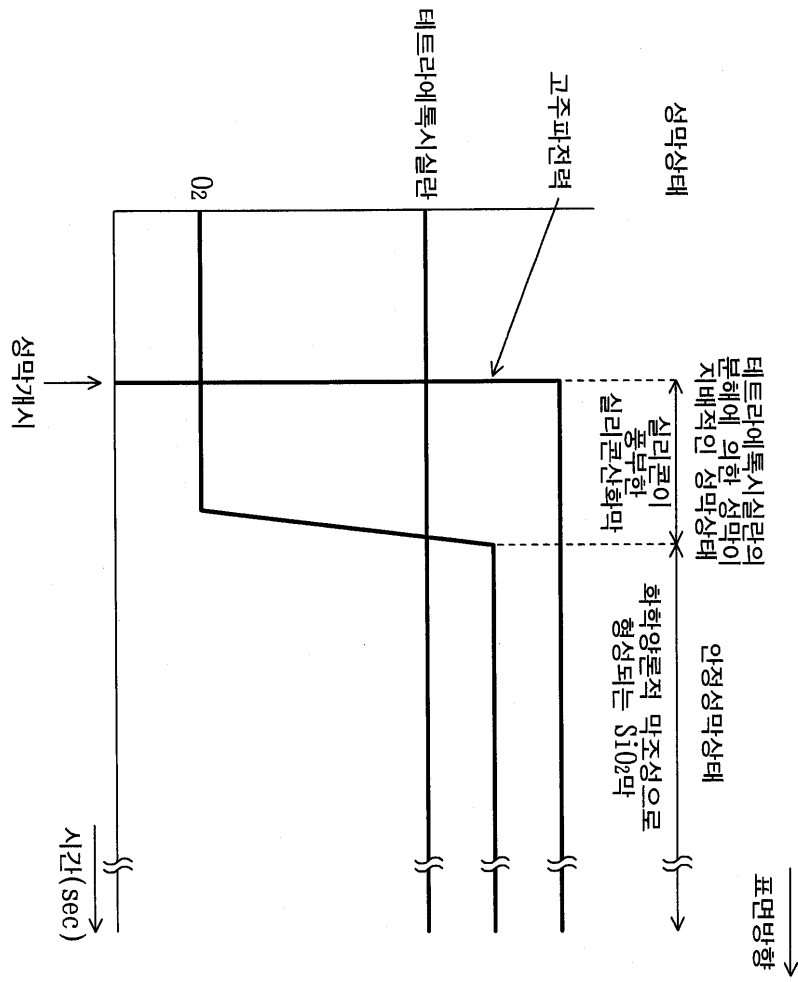
도면4



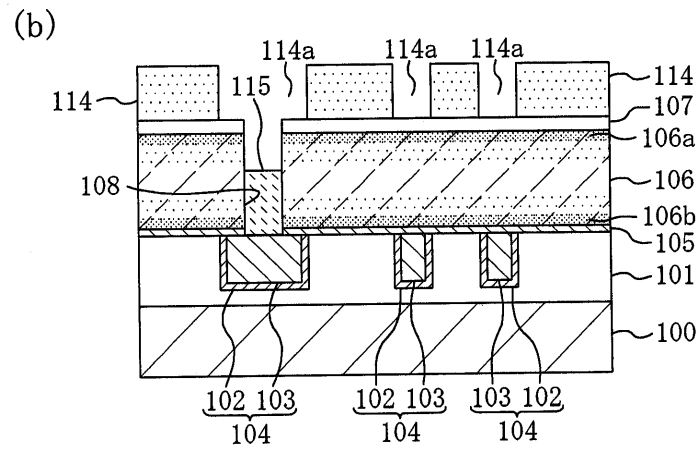
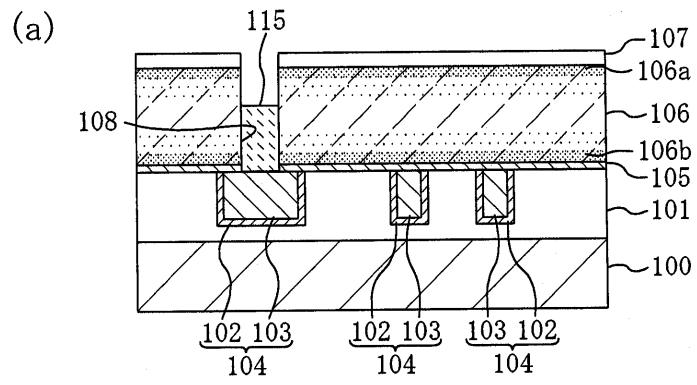
도면5



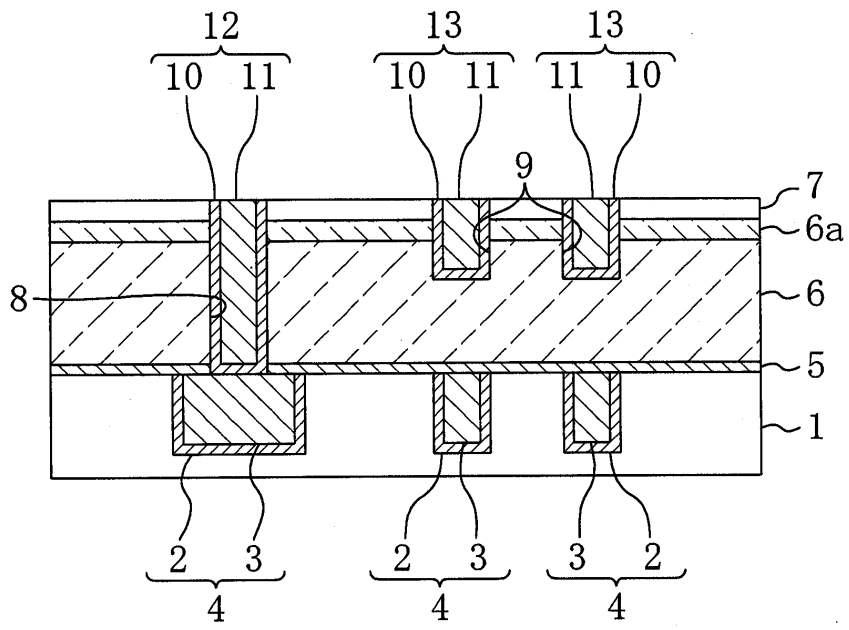
도면6



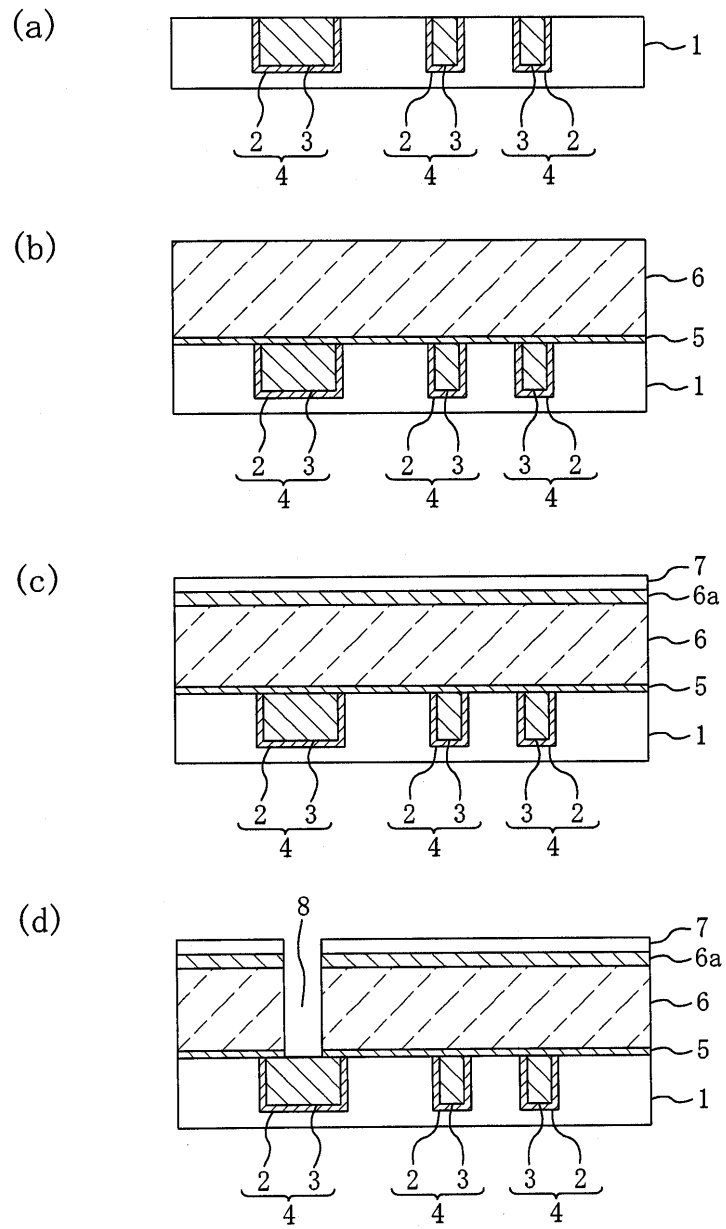
도면7



도면8



도면9



도면10

