



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.

H01L 21/3065 (2006.01)

H01L 21/205 (2006.01)

(45) 공고일자

2007년07월27일

(11) 등록번호

10-0743745

(24) 등록일자

2007년07월23일

(21) 출원번호

10-2006-7015357

(65) 공개번호

10-2006-0127109

(22) 출원일자

2006년07월28일

(43) 공개일자

2006년12월11일

심사청구일자

2006년07월28일

번역문 제출일자

2006년07월28일

(86) 국제출원번호

PCT/JP2005/000297

(87) 국제공개번호

WO 2005/069367

국제출원일자

2005년01월13일

국제공개일자

2005년07월28일

(30) 우선권주장

JP-P-2004-00005738

2004년01월13일

일본(JP)

JP-P-2004-00290846

2004년10월01일

일본(JP)

(73) 특허권자

동경 엘렉트론 주식회사

일본국 도쿄도 미나토구 아카사카 5초메 3반 6고

(72) 발명자

고바야시 야스오

일본국 야마나시켄 니라사키시 호사카초 미쓰자와 650반치동경엘렉트
론 에이티 주식회사 내

니시자와 겐이치

일본국 구마모토켄 기쿠치군 기쿠요마치 쓰쿠레 3600-332

가메시마 다카토시

일본국 야마나시켄 니라사키시 호사카초 미쓰자와 650반치동경엘렉트
론 에이티 주식회사 내

마쓰오카 다카아키

일본국 도쿄도 미나토구 아카사카 5초메 3반 6고 동경엘렉트론주식회사
내

(74) 대리인

강일우

홍기천

(56) 선행기술조사문현

JP 11-176820 A

JP 12-223485 A

JP 12-114252 A

심사관 : 김성희

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 반도체장치의 제조방법 및 성막시스템

(57) 요약

기판 위에 CF로 이루어지는 절연막(91)을 성막한다. 이 절연막(91) 위에, SiCN막(93)을 포함하여 이루어지는 보호층을 형성한다. 이 보호층 위에, 규소, 탄소 및 산소의 활성종을 포함한 플라즈마에 의해, SiCO로 이루어지는 하드 마스크용의 박막(94)을 성막한다. 보호층을 형성할 때에는, 규소 및 탄소의 활성종을 포함한 플라즈마에 의해, 절연막(91) 위에 SiC막(92)을 성막한 후, 규소, 탄소 및 질소의 활성종을 포함한 플라즈마에 의해 SiC막(92) 위에 SiCN막(93)을 성막한다.

특허청구의 범위

청구항 1.

기판 위에 불소 첨가 카본으로 이루어진 절연막을 성막하는 공정과,

상기 절연막 위에, 질소 첨가 탄화규소막을 포함하여 이루어진 보호층을 형성하는 공정과,

규소, 탄소 및 산소의 활성종을 포함한 플라즈마에 의해, 상기 보호층 위에 산소 첨가 탄화규소로 이루어진 하드 마스크용의 박막을 성막하는 공정을 구비한 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 규소, 탄소 및, 산소의 활성종을 포함한 상기 플라즈마는, 규소의 유기 화합물의 가스 및 산소 가스를 활성화하여 얻은 플라즈마인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3.

제 1 항에 있어서, 상기 보호층을 형성하는 공정은,

규소 및 탄소의 활성종을 포함한 플라즈마에 의해, 상기 절연막 위에 탄화규소막을 성막하는 부(副)공정과,

규소, 탄소 및 질소의 활성종을 포함한 플라즈마에 의해, 상기 탄화규소막 위에 질소 첨가 탄화규소막을 성막하는 부공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4.

제 1 항에 있어서, 상기 보호층을 형성하는 공정은,

규소의 유기 화합물의 가스를 활성화하여 얻은 플라즈마에 의해, 상기 절연막 위에 탄화규소막을 성막하는 부공정과,

규소의 유기 화합물의 활성종과 질소의 활성종을 포함한 플라즈마에 의해, 상기 탄화규소막 위에 질소 첨가 탄화규소막을 성막하는 부공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5.

제 1 항에 있어서, 상기 하드 마스크용의 박막 위에, 일정한 패턴을 가진 레지스트막을 형성하는 공정과,

상기 레지스트막을 사이에 두고 상기 박막을 플라즈마에 의해 에칭하고, 상기 레지스트막의 패턴에 대응하는 패턴을 가진 하드 마스크를 얻는 공정과,

상기 하드 마스크를 사이에 두고 상기 절연막을 플라즈마에 의해 예열하는 공정을 더 구비한 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6.

기판 위에 불소 첨가 카본으로 이루어진 절연막을 성막하는 공정과,

규소 및 탄소의 활성종을 포함한 플라즈마에 의해, 상기 절연막 위에 탄화규소막을 성막하는 공정과,

규소, 탄소 및 질소의 활성종을 포함한 플라즈마에 의해, 상기 탄화규소막 위에 질소 첨가 탄화규소로 이루어진 하드 마스크용의 박막을 성막하는 공정을 구비한 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조 방법.

청구항 7.

제 6 항에 있어서, 규소 및 탄소의 활성종을 포함한 상기 플라즈마는, 규소의 유기 화합물의 가스를 활성화하여 얻은 플라즈마인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 8.

제 6 항에 있어서, 규소, 탄소 및 질소의 활성종을 포함한 상기 플라즈마는, 규소의 유기 화합물의 가스 및 질소 가스를 활성화하여 얻은 플라즈마인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9.

기판을 수용하는 제 1 처리용기와,

이 제 1 처리용기내에, 탄소 및 불소의 활성종을 포함한 제 1 플라즈마를 발생시키는 제 1 수단과,

상기 기판을 수용하는 제 2 처리용기와,

이 제 2 처리용기내에, 질소 첨가 탄화규소막을 성막하기 위한 분위기를 형성하는 제 2 수단과,

상기 기판을 수용하는 제 3 처리용기와,

이 제 3 처리용기내에, 규소, 탄소 및 산소의 활성종을 포함한 제 2 플라즈마를 발생시키는 제 3 수단과,

상기 제 1, 제 2 및 제 3 수단을 제어하는 제어부를 구비하고,

상기 제어부는,

(a) 상기 제 1 처리용기내에서, 상기 제 1 수단에 의해서 상기 제 1 플라즈마를 발생시켜, 상기 기판 위에 불소 첨가 카본으로 이루어진 절연막을 성막하는 공정과,

(b) 상기 제 2 처리용기내에서, 상기 제 2 수단에 의해서 상기 분위기를 형성하여, 상기 절연막 위에 질소 첨가 탄화규소막을 포함하여 이루어지는 보호층을 성막하는 공정과,

(c) 상기 제 3 처리용기내에서, 상기 제 3 수단에 의해서 상기 제 2 플라즈마를 발생시켜, 상기 보호층 위에 산소 첨가 탄화규소로 이루어지는 하드 마스크용의 박막을 성막하는 공정을 실행하도록 상기 각 수단을 제어하는 것을 특징으로 하는 성막 시스템.

청구항 10.

제 9 항에 있어서, 상기 제 1, 제 2 및 제 3 처리용기중의 적어도 2개는 동일한 처리용기인 것을 특징으로 하는 성막 시스템.

청구항 11.

기판을 수용하는 제 1 처리용기와,

이 제 1 처리용기내에, 탄소 및, 불소의 활성종을 포함한 제 1 플라즈마를 발생시키는 제 1 수단과,

상기 기판을 수용하는 제 2 처리용기와,

이 제 2 처리용기내에, 규소 및 탄소를 포함한 제 1 처리 가스를 유량 제어하여 공급하기 위한 제 1 가스 공급계와,

상기 제 2 처리용기내에, 질소를 포함한 제 2 처리 가스를 유량 제어하여 공급하기 위한 제 2 가스 공급계와,

상기 제 2 처리용기내에 공급된 상기 제 1 및 제 2 처리 가스를 플라즈마화하기 위한 제 2 수단과,

상기 제 1 및 제 2 수단, 및, 상기 제 1 및 제 2 가스 공급계를 제어하는 제어부를 구비하고,

상기 제어부는,

(a) 상기 제 1 처리용기내에서, 상기 제 1 수단에 의해서 상기 제 1 플라즈마를 발생시켜, 상기 기판 위에 불소 침가 카본으로 이루어진 절연막을 성막하는 공정과,

(b) 상기 제 2 처리용기내에서, 상기 제 1 가스 공급계에 의해서 공급되는 상기 제 1 처리 가스를, 상기 제 2 수단에 의해서 플라즈마화하여, 상기 절연막 위에 탄화규소막을 성막하는 공정과,

(c) 상기 제 2 처리용기내에서, 상기 제 1 및 제 2 가스 공급계에 의해서 공급되는 상기 제 1 및 제 2 처리 가스를, 상기 제 2 수단에 의해서 플라즈마화하여, 상기 탄화규소막 위에 질소 침가 탄화규소로 이루어지는 하드 마스크용의 박막을 성막하는 공정을 실행하도록 상기 각 수단을 제어하는 것을 특징으로 하는 성막 시스템.

청구항 12.

제 11 항에 있어서, 상기 제 1 처리용기와 상기 제 2 처리용기는 동일한 처리용기인 것을 특징으로 하는 성막 시스템.

명세서

기술분야

본 발명은, 불소 침가 카본으로 이루어진 절연막을 구비한 반도체장치의 제조방법, 및, 그러한 반도체장치를 제조하기 위한 성막 시스템에 관한 것이다.

배경기술

반도체장치의 고집적화를 도모하기 위한 수법의 하나로서 배선을 다층화하는 기술이 있다. 다층 배선 구조를 취하기 위해서는, n 번째의 배선층과 $(n+1)$ 번째의 배선층을 도전층으로 접속함과 동시에 도전층 이외의 영역은 층간절연막으로 불리워지는 박막이 형성된다. 이 층간절연막의 대표적인 것으로서 SiO_2 막이 있다. 근래, 디바이스의 동작에 대하여 한층 더 고

속화를 도모하기 위해서 충간절연막의 비(比)유전율을 낮게 하는 것이 요구되고 있다. 이러한 요청에 의해, 탄소(C)와 불소(F)의 화합물인 불소 첨가 카본막(플루오르카본막)이 주목받고 있다. SiO_2 막의 비유전율이 4 부근인데 비하여, 불소 첨가 카본막은, 원료 가스의 종류를 선정하면 비유전율이 예를 들면 2.5 이하가 되기 때문에 충간절연막으로서 극히 효과적인 막이다.

일본 특허공개공보 평성10-144667호에는, 전자 사이크로트론 공명(ECR) 플라즈마 처리장치를 이용하여, 반도체 웨이퍼(이하 웨이퍼라고 한다) 상에 불소 첨가 카본막을 성막하는 기술이 기재되어 있다. 구체적으로는, 마이크로파와 자장과의 상호작용에 의해 ECR를 일으켜 Ar가스 등의 플라즈마 발생용의 가스를 플라즈마화하여, 이 플라즈마에 의해 원료 가스를 플라즈마화함으로써, 불소 첨가 카본막을 성막하고 있다.

그런데, 이 공보에도 기재되어 있는 바와 같이, 불소 첨가 카본막은 유기계의 막이기 때문에, 이것을 에칭하는 가스는, 유기계 재료인 레지스트막도 동시에 에칭해 버린다. 이 때문에, 불소 첨가 카본막 위에 그대로 레지스트막을 형성하여 에칭을 실시하는 경우에는, 레지스트막의 두께를 불소 첨가 카본막보다 크게 하지 않으면 안된다. 또한, 레지스트막을 산소 플라즈마로 애싱하여 제거할 때에, 불소 첨가 카본막까지도 애싱되어 버리는 등의 문제점도 생긴다.

이러한 점 때문에, 불소 첨가 카본막을 에칭 할 때에는, 불소 첨가 카본막 위에 하드 마스크용의 박막을 형성해 두는 것이 필요하다. 이 하드 마스크용의 박막의 재질로서는, 산화규소, 질화규소 등이 알려져 있다. 그러나, 이들 재질은 비유전율이 높기 때문에, 충간절연막 전체의 비유전율이 높아져 버리므로 유리한 대책은 아니다.

따라서 본 발명자는, 하드 마스크용의 재료로서, 비유전율이 낮은 산소 첨가 탄화규소(SiCO)막과 질소 첨가 탄화규소(SiCN)막에 주목하고 있다. SiCO막은 예를 들면 산소를 20원자%정도 함유한 탄화규소막이며, SiCN막은 질소를 예를 들면 10원자%정도 함유한 탄화규소막이다. 특히 전자의 SiCO막은, 예를 들면 배선이 되는 구리를 충간절연막에 채워 넣을 때 구리의 확산 방지를 위한 배리어층이 되는 질화 규소막이나 탄화규소막과의 밀착성이 좋다. 또한, 구리를 채워 넣은 후에 구리를 CMP로 불리는 연마를 실시하여 충간절연막상의 구리를 제거할 때에 CMP에 대한 내성이 큰 등의 이점이 있어, 효과적인 막이라고 생각된다.

그러나, 불소 첨가 카본막 위에 SiCO막을 성막할 때에는, 예를 들면 트리메틸실란 등의 유기 화합물의 증기(가스)와 산소 가스를 플라즈마화하는데, 이 때 산소의 활성종이 불소 첨가 카본막의 탄소와 반응하여 CO_2 가 되어 방출되어 버린다. 특히, 불소 첨가 카본막은, 산소가 예를 들면 1ppm으로 극히 약간 존재하는 분위기에서 가열하면 막으로부터의 탈가스량이 많은 점이 과악되고 있다. 이 때문에, 불소 첨가 카본막의 표면의 치밀성이 저하하고, 결과적으로 SiCO막과의 밀착성이 나쁘다고 하는 문제를 일으키고 있다.

또한, SiCN막에서는, SiCO막만큼은 아니지만, 불소 첨가 카본막과의 밀착성이 충분하다고는 할 수 없고, 생산수율의 저하 염려가 있다. 그 이유는, 다음과 같이 추측된다. 즉, SiCN막을 성막할 때에 트리메틸실란 등의 유기 화합물의 증기와 질소 가스를 플라즈마화하는데, 플라즈마내의 질소가 성막 초기에 불소 첨가 카본막속에 침투한다. 이 불소 첨가 카본막속에 침투한 질소가, 성막중에 방출되어 불소 첨가 카본막의 치밀성이 저하한다. 그 결과, SiCN막과 불소 첨가 카본막과의 밀착성이 나빠지는 것은 아닌가 하고 추측된다.

발명의 상세한 설명

본 발명은 이러한 배경하에서 이루어진 것으로, 불소 첨가 카본막과, 그 위에 성막된 하드 마스크용의 박막과의 사이에 높은 밀착성을 얻을 수 있도록 하는 반도체 장치의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다. 또한, 본 발명은, 그러한 반도체 장치를 제조하기 위한 성막 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

본 발명의 하나의 관점에 의하면, 기판 위에 불소 첨가 카본으로 이루어진 절연막을 성막하는 공정과, 상기 절연막 위에, 질소 첨가 탄화규소막을 포함하여 이루어지는 보호층을 형성하는 공정과, 규소, 탄소 및 산소의 활성종을 포함한 플라즈마에 의해, 상기 보호층 위에 산소 첨가 탄화규소로 이루어지는 하드 마스크용의 박막을 성막하는 공정을 구비한 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조 방법이 제공된다.

규소, 탄소 및 산소의 활성종을 포함한 상기 플라즈마는, 예를 들면 규소의 유기 화합물의 가스 및 산소 가스를 활성화하여 얻은 플라즈마이다.

상기 보호층을 형성하는 공정은, 규소 및 탄소의 활성종을 포함한 플라즈마에 의해, 상기 절연막 위에 탄화규소막을 성막하는 부(副)공정과, 규소, 탄소 및 질소의 활성종을 포함한 플라즈마에 의해, 상기 탄화규소막 위에 질소 첨가 탄화규소막을 성막하는 부(副)공정을 포함하는 것이 바람직하다.

상기 보호층을 형성하는 공정은, 규소의 유기 화합물의 가스를 활성화하여 얻은 플라즈마에 의해, 상기 절연막 위에 탄화규소막을 성막하는 부공정과, 규소의 유기 화합물의 활성종과 질소의 활성종을 포함한 플라즈마에 의해, 상기 탄화규소막 위에 질소 첨가 탄화규소막을 성막하는 부공정을 포함하는 것이라도 좋다.

본 발명의 방법은, 보다 구체적으로는, 상기 하드 마스크용의 박막 위에, 일정한 패턴을 가진 레지스트막을 형성하는 공정과, 상기 레지스트막을 사이에 두고 상기 박막을 플라즈마에 의해 에칭하고, 상기 레지스트막의 패턴에 대응하는 패턴을 가진 하드 마스크를 얻는 공정과, 상기 하드 마스크를 사이에 두고 상기 절연막을 플라즈마에 의해 에칭하는 공정을 더 구비한다.

본 발명과 같은 관점으로부터는, 또한, 기판 위에 불소 첨가 카본으로 이루어지는 절연막을 성막하는 공정과, 규소 및 탄소의 활성종을 포함한 플라즈마에 의해, 상기 절연막 위에 탄화규소막을 성막하는 공정과, 규소, 탄소 및 질소의 활성종을 포함한 플라즈마에 의해, 상기 탄화규소막 위에 질소 첨가 탄화규소로 이루어지는 하드 마스크용의 박막을 성막하는 공정을 구비한 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조 방법이 제공된다.

규소 및 탄소의 활성종을 포함한 상기 플라즈마는, 예를 들면 규소의 유기 화합물의 가스를 활성화함으로써 얻을 수 있다. 또한, 규소, 탄소 및 질소의 활성종을 포함한 상기 플라즈마는, 예를 들면 규소의 유기 화합물의 가스 및 질소 가스를 활성화함으로써 얻을 수 있다.

본 발명의 또 하나의 관점에 의하면, 기판을 수용하는 제 1 처리용기와,

이 제 1 처리용기내에, 탄소 및 불소의 활성종을 포함한 제 1 플라즈마를 발생시키는 제 1 수단과, 상기 기판을 수용하는 제 2 처리용기와, 이 제 2 처리용기내에 질소 첨가 탄화규소막을 성막하기 위한 분위기를 형성하는 제 2 수단과, 상기 기판을 수용하는 제 3 처리용기와, 이 제 3 처리용기내에 규소, 탄소 및 산소의 활성종을 포함한 제 2 플라즈마를 발생시키는 제 3 수단과, 상기 제 1, 제 2 및 제 3 수단을 제어하는 제어부를 구비하고,

상기 제어부는,

- (a) 상기 제 1 처리용기내에서, 상기 제 1 수단에 의해서 상기 제 1 플라즈마를 발생시켜, 상기 기판 위에 불소 첨가 카본으로 이루어진 절연막을 성막하는 공정과,
- (b) 상기 제 2 처리용기내에서, 상기 제 2 수단에 의해서 상기 분위기를 형성하여, 상기 절연막 위에 질소 첨가 탄화규소막을 포함하여 이루어지는 보호층을 성막하는 공정과,
- (c) 상기 제 3 처리용기내에서, 상기 제 3 수단에 의해서 상기 제 2 플라즈마를 발생시켜, 상기 보호층 위에 산소 첨가 탄화규소로 이루어지는 하드 마스크용의 박막을 성막하는 공정을 실행하도록 상기 각 수단을 제어하는 것을 특징으로 하는 성막 시스템이 제공된다.

상기 제 1, 제 2 및 제 3 처리용기중의 적어도 2개는 동일한 처리용기로 할 수 있다.

본 발명과 같은 관점으로부터는, 또한, 기판을 수용하는 제 1 처리용기와, 이 제 1 처리용기내에, 탄소 및 불소의 활성종을 포함한 제 1 플라즈마를 발생시키는 제 1 수단과, 상기 기판을 수용하는 제 2 처리용기와, 이 제 2 처리용기내에 규소 및 탄소를 포함한 제 1 처리가스를 유량 제어하여 공급하기 위한 제 1 가스 공급계와, 상기 제 2 처리용기내에 질소를 포함한 제 2 처리 가스를 유량 제어하여 공급하기 위한 제 2 가스 공급계와, 상기 제 2 처리용기내에 공급된 상기 제 1 및 제 2 처리 가스를 플라즈마화하기 위한 제 2 수단과, 상기 제 1 및 제 2 수단, 및, 상기 제 1 및 제 2 가스 공급계를 제어하는 제어부를 구비하고,

상기 제어부는,

- (a) 상기 제 1 처리용기내에서, 상기 제 1 수단에 의해서 상기 제 1 플라즈마를 발생시켜, 상기 기판 위에 불소 침가 카본으로 이루어지는 절연막을 성막하는 공정과,
- (b) 상기 제 2 처리용기내에서, 상기 제 1 가스 공급계에 의해서 공급되는 상기 제 1 처리 가스를, 상기 제 2 수단에 의해서 플라즈마화하여, 상기 절연막 위에 탄화규소막을 성막하는 공정과,
- (c) 상기 제 2 처리용기내에서, 상기 제 1 및 제 2 가스 공급계에 의해서 공급되는 상기 제 1 및 제 2 처리 가스를, 상기 제 2 수단에 의해서 플라즈마화하여, 상기 탄화규소막 위에 질소 침가 탄화규소로 이루어지는 하드 마스크용의 박막을 성막하는 공정을 실행하도록 상기 각 수단을 제어하는 것을 특징으로 하는 성막 시스템이 제공된다.

상기 제 1 처리용기와 상기 제 2 처리용기는 동일한 처리용기로 할 수 있다.

이들 성막 시스템에 있어서, 플라즈마를 발생시키는 수단으로는, 예를 들면 처리용기내에서 플라즈마를 발생시키기 위한 가스나 활성화 에너지의 공급계 등이 포함될 수 있다.

실시예

본 발명의 제 1 실시형태에 있어서는, 도 4~도 6에 나타낸 바와 같이, 기판 위에, 불소 침가 카본으로 이루어지는 층간 절연막(91), 보호층인 SiCN(질소 침가 탄화규소)막(93) 및 제 1 하드 마스크가 되는 SiCO(산소 침가 탄화규소)막(94)을 차례로 성막한다. 그 후, SiCO막(94) 위에, 제 2 하드 마스크가 되는 SiO₂(산화 규소)막(95)을 성막한다. 그리고, 이들 제 1 및 제 2 하드 마스크(94,95)를 이용하여 불소 침가 카본막(91)의 에칭을 실시한다. 그 후, 에칭으로 형성된 오목부에 구리 배선을 채워 넣는다.

이 실시 형태에서 이용되는 성막 시스템으로서의 플라즈마 처리장치에 대하여, 도 1~도 3을 참조하여 설명한다.

도 1에 부호 1로 나타내는 것은, 예를 들면 알루미늄으로 이루어진 처리용기이다. 이 처리용기(1)내에는, 기판인 반도체 웨이퍼(이하 웨이퍼라고 한다)(W)를 얹어 놓기 위한, 예를 들면 질화 알루미늄 혹은 산화 알루미늄 등으로 이루어진 얹어 놓음대(2)가 마련되어 있다. 이 얹어놓음대(2)는, 표면부에 정전(靜電) 쳐(21)이 설치되어 있고, 이 정전 쳐(21)의 전극은, 스위치(22)를 통해서 직류 전원(23)에 접속되어 있다. 또한 얹어놓음대(2)의 내부에는, 온도조절수단인 온도조절 매체의 유로(24)가 형성되어 있다. 유입로(25)로부터 유입한 냉매가 유로(24)내를 지나 유출로(26)로부터 배출된다. 이 유로(24)내를 지나는 냉매 및 도시하지 않은 히터에 의해서, 얹어놓음대(2)상의 웨이퍼(W)가 소정 온도로 유지되게 된다. 또한 얹어놓음대(2)에는, 예를 들면 13.56MHz의 바이어스용 고주파 전원(27)이 접속되어 있다.

또한 얹어놓음대(2)의 위쪽에는, 도전체, 예를 들면 알루미늄으로 이루어진 대략 원판형상의 가스 공급 부재(샤워 헤드) (3)가 설치되어 있다. 이 가스 공급 부재(3)는, 처리용기(1)내를 위쪽의 플라즈마 생성 공간(S1)과 아래쪽의 처리 공간(S2)으로 나누고 있다. 얹어놓음대(2)와 대향하는 가스 공급 부재(3)의 아랫면에는, 다수의 가스 공급 구멍(31)이 형성되어 있다. 이 가스 공급 부재(3)의 내부에는, 가스 공급 구멍(31)과 연이어 통하는 격자형상의 가스 유로(32)가 형성되어 있다(도 2 참조).

이 가스 공급로(33)의 기단(基端)측은, 분기관(33a) 및 (33b)으로 분기되어 있다. 한쪽의 분기관(33a)에는, 규소의 유기 화합물의 가스인, TMS(트리메틸실란:SiH(CH₃)₃) 증기의 공급원인 가스 공급원(35)이 가스 공급 기기군(34)을 사이에 두고 접속되어 있다. 또 한쪽의 분기관(33b)에는, 탄소와 불소를 포함한 처리가스인 성막 가스 예를 들면 C₅F₈가스의 가스 공급 원(37)이 가스 공급 기기군(36)을 사이에 두고 접속되어 있다. 한편 가스 공급 기기군(34) 및 (36)은 밸브나 유량 조정부인 매스플로우 콘트롤러 등을 포함하는 것이다.

이들 구성요소중에서, 가스공급부재(3), 가스 공급로(33), 분기관(33a), 가스 공급 기기군(34) 및 가스 공급원(35)에 의해서, 제 1 처리 가스로서의 TMS 가스를 유량 제어하여 공급하기 위한 제 1 가스 공급계가 형성되어 있다.

가스 공급 부재(3)에는, 도 2에 나타낸 바와 같이, 수직 방향으로 관통하는 다수의 관통구멍(38)이 형성되어 있다. 이 관통 구멍(38)은, 플라즈마 생성 공간(S1)내에서 생성된 활성종을 처리 공간(S2)내로 하강시키기 위한 것이다. 각 관통구멍(38)은, 인접하는 가스 유로(32) 끼리의 사이에 형성되어 있다.

처리용기(1)에는, 플라즈마 생성 공간(S1)내와 연이어 통하는 가스 공급로(4)의 선단측이 접속되어 있다. 이 가스 공급로(4)의 기단측은, 분기관(41,42,43)으로 분기되어 있다. 분기관(41)에는, 가스 공급 기기군(51)과 희(希)가스, 예를 들면 Ar(아르곤) 가스의 공급원(52)이 접속되어 있다. 분기관(42)에는, 가스 공급 기기군(53)과 O₂(산소) 가스의 공급원(54)이 접속되어 있다. 분기관(43)에는, 가스 공급 기기군(55)과 N₂(질소) 가스의 공급원(56)이 접속되어 있다. 한편, 각 가스 공급 기기군(51,53,55)은, 밸브나 매스 플로우 콘트롤러 등을 포함하는 것이다.

이들 구성요소중에서, 가스 공급로(4), 분기관(43), 가스 공급 기기군(55) 및 가스 공급원(56)에 의해서, 제 2 처리 가스로서의 질소 가스를 유량 제어하여 공급하기 위한 제 2 가스 공급계가 형성되어 있다.

한편 가스 공급을 위한 구성으로서는 상술의 예에 한정되지 않고, 다음과 같이 하여도 좋다. 즉, 가스 공급 부재(3)내에, C₅F₈가스 및 TMS 가스를 위한 제 1 가스 유로와, 산소 가스 및 질소 가스를 위한 제 2 가스 유로를 개별적으로 형성한다. 그리고, 복수의 가스 공급 구멍(31)을, 제 1 가스 유로에 연이어 통하는 제 1 공급 구멍과, 제 2 가스 유로에 연이어 통하는 제 2 공급 구멍으로 나눈다. 예를 들면, 제 1 공급 구멍과 제 2 가스 공급 구멍은, 교대로 배열된다. 이러한 가스 공급을 위한 구성을 채택하면, 웨이퍼(W)에 성막되는 막의 막질 및 막두께에 대해서 높은 면내 균일성을 얻을 수 있다.

가스 공급 부재(3)의 위쪽에는, 마이크로파가 투과할 수 있는 재료, 예를 들면 알루미나(Al₂O₃)나 석영 등으로 이루어진 유전체 플레이트(마이크로파 투과창)(6)이 설치되어 있다. 이 유전체 플레이트(6) 위에는, 상기 유전체 플레이트(6)와 밀접하도록 안테나(7)가 설치되어 있다. 이 안테나(7)는, 도 3에도 나타낸 바와 같이, 원판형상의 안테나 본체(70)와, 이 안테나 본체(70)의 아랫면측에 설치된 원판형상의 평면 안테나 부재(슬롯판)(71)를 구비하고 있다. 이들 안테나 본체(70)와 평면 안테나 부재(71)는, 모두 도체에 의해 구성되고, 이들 사이에는 편평한 원형 도파관(導波管)이 형성되어 있다. 안테나 본체(70)는, 도 1에 나타낸 예에서는 상하 2개의 부재로 분할된 구성으로 되어 있다. 그 중 아래의 부재의 내부에는, 외부로부터의 냉매 유로를 통해서 냉매가 흐르는 냉매고임부(72)가 형성되어 있다.

평면 안테나 부재(71)와 안테나 본체(70)와의 사이에는, 예를 들면 알루미나나 산화규소, 질화규소 등의 저손실 유전체 재료에 의해 구성된 지상판(遲相板)(73)이 설치되어 있다. 이 지상판(73)은 마이크로파의 파장을 짧게 하여 상기 원형 도파관내의 관내 파장을 짧게 하기 위한 것이다. 이들 안테나 본체(70), 평면 안테나 부재(71) 및 지상판(73)에 의해 래디얼 라인 슬롯 안테나(RLSA)가 구성되어 있다.

이와 같이 구성된 안테나(7)는, 평면 안테나 부재(71)가 유전체 플레이트(6)에 밀접하도록 하여, 도시하지 않은 시일 부재를 사이에 두고 처리용기(1)에 장착되어 있다. 이 안테나(7)는, 동축(同軸) 도파관(11)을 통해서, 예를 들면 주파수가 2.45GHz 혹은 8.4GHz의 마이크로파를 공급하는 마이크로파 발생수단(12)과 접속되어 있다. 동축 도파관(11)의 바깥측 도파관(11A)은 안테나 본체(70)에 접속되고, 중심 도체(11B)는 지상판(73)을 관통하여 평면 안테나 부재(71)에 접속되고 있다.

평면 안테나 부재(71)는, 예를 들면 두께 1mm정도의 구리판으로 이루어지고, 도 3에 나타낸 바와 같이 다수의 슬롯 부분(74)이 형성되어 있다. 각 슬롯 부분(74)은, 서로 약간 떨어져서 배치된 한 쌍의 슬롯(74A,74B)으로 대략 T자 모양으로 형성되어 있다. 그들 슬롯 부분(74)은, 평면 안테나 부재(71)의 둘레방향을 따라서, 예를 들면 동심원형상이나 소용돌이형상으로 배치되어 있다. 이와 같이, 각 슬롯 부분(74)에 있어서 슬롯(74A)과 슬롯(74B)을 상호 대략 직교하는 관계로 배열하고 있으므로, 2개의 직교하는 편파(偏波) 성분을 포함한 원편파가 방사되게 된다. 한 쌍의 슬롯(74A,74B)끼리를, 지상판(73)에 의해 압축된 마이크로파의 파장에 대응한 간격으로 배열함으로써, 마이크로파가 평면 안테나 부재(71)로부터 대략 평면파로서 방사된다.

도 1에 나타낸 바와 같이, 처리용기(1)의 바닥부에는 배기관(13)이 접속되어 있다. 이 배기관(13)의 기단측에는, 예를 들면 베터플라이 밸브 등으로 이루어진 압력 조정부(14)를 사이에 두고 진공 펌프(15)가 접속되어 있다. 또한 처리용기(1)의 내벽에는, 히터(16)가 매설된 슬리브(17)가 더 설치되어 있다.

플라즈마 처리장치는, 가스 공급 기기군(34,36,51,53,55), 압력 조정부(14), 히터(16), 마이크로파 발생수단(12), 및 정전 척용의 스위치(22)를 제어하는 제어부(10)를 구비하고 있다. 이 제어부(10)는, 처리용기(1)내에서 이루어지는 후술의 성막 처리의 각 공정을 실행하기 위한 순서 프로그램을 기억한 기억부 등을 구비하고 있다.

계속해서 이 장치에서 실시되는 성막 방법의 일례에 대하여 설명한다.

먼저, 기판인 웨이퍼(W)를, 도시하지 않은 게이트 벨브를 통해서 처리용기(1)내에 반입하여 얹어놓음대(2)상에 얹어 놓는다. 여기서는, 미리 표면에 도 4(a)에 나타낸 것과 같은 불소 첨가 카본으로 이루어지는 층간절연막(81)과, 구리배선(82)이 형성된 웨이퍼(W)를 이용한다.

다음에, 처리용기(1)의 내부를 소정의 압력까지 진공흡입한다. 또한, 처리용기(1)내에, 가스 공급로(4)를 통하여 플라즈마 가스인 Ar가스를 공급함과 동시에, 가스 공급로(33)를 통하여 가스 공급 부재(3)로부터 원료 가스인 C_5F_8 가스를 공급한다. 그리고, 처리용기(1) 내를 소정의 프로세스 압력으로 유지하여, 얹어놓음대(2)의 표면 온도를 소정 온도로 설정한다.

한편 마이크로파 발생 수단(12)으로부터 2.45GHz이고 2000와트인 마이크로파를 공급하면, 이 마이크로파는, TM모드, TE모드 내지 TEM 모드로 동축 도파관(11)내를 전파한다. 안테나(7)에 도달한 마이크로파는, 동축 도파관(11)의 내부 도체(11B)를 통해서, 평면 안테나 부재(71)의 중심으로부터 둘레방향을 향하여 방사상으로 전파된다. 그 동안에, 각 슬롯(74A, 74B)으로부터 마이크로파가 유전체 플레이트(6)를 통해서 아래쪽으로 방사된다. 유전체 플레이트(6)는, 알루미늄 등의 마이크로파가 투과할 수 있는 재료로 되어 있으므로, 방사된 마이크로파가 효율적으로 투과해 나간다.

상술한 슬롯(74A, 74B)의 배열(도 3)에 의해, 마이크로파가 원편파로서 평면 안테나 부재(71)의 평면에 걸쳐 균일하게 원편파로서 방출되고, 아래쪽의 플라즈마 생성 공간(S1)의 전계 밀도가 균일화된다. 이 마이크로파의 에너지에 의해, 플라즈마 생성 공간(S1)에 고밀도로 균일한 Ar가스의 플라즈마가 여기된다.

이 플라즈마는, 가스 공급 부재(3)의 관통구멍(38)을 통해서 아래쪽의 처리 공간(S2) 내로 하강해 간다. 이 플라즈마는, 가스공급부재(3)로부터 처리 공간(S2)에 공급되는 C_5F_8 가스를 활성화시켜 활성종을 형성한다. 이 활성종이 웨이퍼(W)의 표면에 퇴적하여, 도 4(a)에 나타낸 바와 같은 불소 첨가 카본으로 이루어진 층간절연막(91)이, 예를 들면 200nm의 두께로 형성된다. 즉, 이 플라즈마 처리장치에 의하면, 가스공급부재(3)를 사이에 끼운 플라즈마 생성 공간(S1)의 아래쪽에 활성종이 주로 존재하는 처리 공간(S2) {여기서는 플라즈마 발광(plasma emission)은 하고 있지 않다} 이 형성되므로, 소위 소프트한 활성종에 의해 불소 첨가 카본막이 성막된다. 이 때문에, 치밀하고 밀착성이 높으며, 열적 안정성이 높은 불소 첨가 카본막을 얻을 수 있다.

이어서 웨이퍼(W)를 처리용기(1)로부터 반출하지 않고, 불소 첨가 카본으로 이루어진 층간절연막(91) 위에, SiCN막 및 SiCO막을 연속하여 성막한다.

먼저, SiCN막의 성막에 대하여 설명한다. SiCN막의 성막에는, TMS 가스를 활성화하여 얻은 플라즈마에 더하여, 질소의 활성종이 필요하지만, 이 실시형태에서는, 성막 초기시에는 질소 가스를 공급하지 않는다. 즉, 가스 공급 기기군(51, 34)의 각 벨브를 열어 TMS 가스 및 Ar가스만을 처리용기(1)내에 공급함과 동시에, 처리용기(1)내를 프로세스 압력으로 유지한다.

한편, 마이크로파 발생 수단(12)으로부터 2.45GHz인 소정 파워의 마이크로파를 공급하여, 이미 설명한 바와 같이 플라즈마를 여기시킨다. 이 플라즈마에 의해 가스공급부재(3)로부터 공급되는 TMS 가스를 활성화(플라즈마화) 시킨다. 이에 따라, 규소, 탄소 및 수소의 활성종(플라즈마)이 발생하고, 도 4(b)에 나타낸 바와 같이 SiC(탄화수소)막(92)(자세하게는 수소도 포함된다)이 형성된다.

이 SiC막(92)을 형성하는 초기 성막 프로세스를, 예를 들면 5초 정도 실시한 후, 가스 공급 기기군(55)의 벨브를 열어 질소 가스를 가스 공급로(4)로부터 처리용기(1)내에 공급한다. 이에 따라, 질소의 활성종이 생성되어, 도 4(c)에 나타낸 바와 같이 SiC막(92) 위에 SiCN막(93)이 성막된다. SiC막(92) 및 SiCN막(93)의 합계 막두께는 예를 들면 5nm 정도이다. SiCN막은, 예를 들면 질소가 10원자% 함유되는 탄화규소막이다.

SiC막(92)은, SiCN막(93)을 불소 첨가 카본막(91)과 밀착시키기 위한 밀착층이며, SiCN막(93)을 성막할 때에 질소가 불소 첨가 카본막(91)내에 침입하는 것을 막는 역할이 있는 것은 아닌가 하고 추측된다. 본 실시형태의 SiCN막(93)은, 그 자체에서 하드 마스크로서의 기능을 가진 것은 아니다. 이 SiCN막(93)은, 다음에 적층되는 SiCO막(94)을 성막할 때에 있어서, 불소 첨가 카본막(91)이 산소의 활성종에 노출되어 그 어택을 받지 않도록 보호하기 위한 보호층으로서의 역할을 가진 것이다.

다음에, 후속 공정으로 하드 마스크로서 사용되게 되는 SiCO막을 성막한다. 이 성막 프로세스에서는, 예를 들면 SiCN막(93)의 성막시에 공급하고 있던 TMS 가스를 SiCO막의 성막 레시피의 유량으로 설정하여 계속 흐르게 한다. 이와 함께, 가

스 공급 기기군(55)의 밸브를 닫아 질소 가스의 공급을 정지하고, 가스 공급 기기군(54)의 밸브를 열어 처리용기(1) 내에 산소 가스의 공급을 개시한다. 그리고, 처리용기(1)내를 소정의 프로세스 압력으로 유지하면서, 마이크로파 발생 수단(12)으로부터 마이크로파를 공급하여, TMS 가스 및 산소 가스를 활성화하여 플라즈마를 여기시킨다. 이 플라즈마에 의해, 도 4(d)에 나타낸 바와 같이 제 1 하드 마스크로서의 SiCO막(94)이, 예를 들면 50nm정도의 막두께로 형성된다. 이 SiCO막은, 예를 들면 산소가 20원자% 함유되는 탄화규소막이다.

한편, SiCO막(94)의 성막 공정은, 성막 초기시에 산소 가스를 공급하지 않고 TMS 가스만을 예를 들면 5초 정도 흘리고, 계속해서 TMS 가스에 산소 가스를 첨가하도록 하면, SiCN막(93)에 대한 SiCO막(94)의 밀착성이 보다 한층 향상한다.

이어서, 도 4(e)에 나타낸 바와 같이 SiCO막(94) 위에, SiCO와는 다른 재질, 여기서는 산화 규소로 이루어지는 제 2 하드 마스크용의 박막(95)을 성막한다. 이 성막 공정은, 예를 들면 도 1의 장치내에서 TEOS 등의 유기 소스의 증기와 산소 가스를 이용하여 이들 가스를 활성화하여 얻은 플라즈마에 의해 실시해도 좋고, 혹은 다른 성막 장치에 의해 실시해도 좋다. 그 후, 도시하고 있지 않지만, 산화 규소막(95) 위에 일정한 패턴을 가진 레지스트막을 형성한다. 그리고, 그 레지스트막을 마스크로서 산화규소막(95)을 에칭하고, 그 후 레지스트 마스크를 애싱 제거한다. 이에 따라, 레지스트막의 패턴에 대응한 패턴을 가진 제 2 하드 마스크(95)를 얻는다(도 4(f)).

이 후, 웨이퍼(W)의 표면에, 제 2 하드 마스크(95)의 패턴보다 폭이 좁은 패턴을 가진 레지스트막(96)을 형성한다(도 5(g)). 그 레지스트막(96)을 마스크로 하여 SiCO막(94)을, 예를 들면 할로겐화물의 활성종을 포함한 플라즈마에 의해 에칭하고, 그 후 레지스트 마스크(96)을 애싱 제거한다. 이에 따라, 레지스트막(96)의 패턴에 대응한 패턴을 가진 제 1 하드 마스크(94)를 얻는다. 그리고, 이 제 1 하드 마스크를 이용하여, 불소 첨가 카본막(91)을, 예를 들면 산소 플라즈마에 의해 에칭한다(도 5(h)). 한편, 기초의 층(81,82)의 표면에는, 실제로는 배리어층이나 하드 마스크가 존재하지만, 도면에서는 편의상 생략되어 있다.

또한, 산화 규소로 이루어지는 제 2 하드 마스크(95)를 이용하여, SiCN막(93) 및 SiCO막(94){SiC막(92)을 포함한다}를 관통하여 에칭함과 동시에, 불소 첨가 카본막(91)의 중간까지를 에칭한다. 이에 따라, 앞선 에칭에 의해 형성된 오목부보다 폭이 큰 오목부를 형성한다(도 5(i)). 한편, 불소 첨가 카본막(91)에 형성된 폭이 좁은 오목부는 비어 훌에 해당하고, 그 위의 폭이 넓은 오목부는 회로의 배선을 채워 넣는 영역에 해당한다. 이후, 도 6(j)에 나타낸 바와 같이, 오목부 전체에 배선 금속인 구리(97)가 채워 넣어진다. 그리고, 오목부로부터 튀어 나와 있는 부분의 구리가, 예를 들면 CMP(chemical mechanical polishing)로 불리는 연마에 의해 제거되어 구리배선(97)이 형성된다(도 6(k)). 그 후, 도시하고 있지 않지만, 표면에 배리어층인 예를 들면 SiC층 등이 형성되게 된다.

이상의 실시형태에 의하면, 불소 첨가 카본막(91) 위에 하드 마스크용의 SiCO막(94)를 성막하는 것에 있어서, SiCN막(93)을 보호막으로서 개재시키고 있다. 이 때문에, SiCO막(94)의 성막시에 이용되는 산소의 활성종이, SiCN막(93)에 방해되어, 불소 첨가 카본막(91)의 탄소와 반응하는 것이 억제된다. 이에 따라, 불소 첨가 카본막(91)의 탈가스량이 저감된다.

또한, 보호막인 SiCN막(93)을 성막할 때에, 불소 첨가 카본막(91)의 표면을 질소 플라즈마보다 먼저 TMS 가스의 플라즈마 분위기에 노출시키고 있다. 이 때문에, (후술의 [실시예]의 항목에서도 설명하는 바와 같이) SiCN막(93)과 불소 첨가 카본막(91)과의 밀착성이 좋아진다. 또한, SiCN막(93)과 SiCO막(94)은, 동일한 탄화규소가 베이스가 되고 있으므로 양자의 밀착성은 크다. 이 결과, SiCO막(94)과 불소 첨가 카본막(91)과의 사이에 큰 밀착성을 얻을 수 있다. 따라서, SiCO막을 하드 마스크로서 사용하는 것이 가능하다.

불소 첨가 카본막(91)의 표면을 질소 플라즈마보다 먼저 TMS 가스의 플라즈마 분위기에 노출시키는 것으로 SiCN막(93)의 밀착성이 좋아지는 이유에 대해서는 충분히 해명되어 있지 않다. 그러나, (후술의 [참고예]의 항목에서도 기재되어 있는 바와 같이) 불소 첨가 카본막(91)의 표면에 형성된 탄소가 풍부한 층이 질소를 트랩하고 있는 것은 아닌가하고 생각된다. 그 결과, 불소 첨가 카본막으로부터 질소가 가스로서 빠져나가 막의 밀도가 작아지는 것을 피하여, 밀착성이 좋아지는 것은 아닌가하고 생각된다.

본 실시형태에 있어서, 플라즈마를 발생시키는 가스로서는, Ar가스 외에, 예를 들면 He(헬륨) 가스, Ne(네온) 가스, Kr(크립톤) 가스, Xe(크세논) 가스 등의 희가스를 이용할 수 있다. 또한, 불소 첨가 카본막의 용도로서는, 충간절연막에 한정되지 않고 다른 절연막이라도 좋다. 또한, 불소 첨가 카본막의 원료 가스로서는, C_5F_8 가스에 한정하지 않고, CF_4 가스, C_2F_6 가스, C_3F_8 가스, C_3F_6 가스 및 C_4F_8 가스 등을 이용해도 좋다.

또한, SiCN막(93)을 성막할 때에 질소의 활성종을 얻기 위한 가스로서는, 질소 가스에 한정되지 않고 암모니아 가스라도 좋다.

또한 SiCN막(93)혹은 SiCO막(94)을 성막할 때에 사용되는 규소의 유기 화합물로서는, TMS 가스에 한정되지 않고, 다른 유기 화합물이어도 좋다. 그 구체적인 예를 들면, CH_3SiH_3 , $(\text{CH}_3)_2\text{SiH}_2$, $(\text{CH}_3)_3\text{SiH}$, $(\text{CH}_3)_4\text{Si}$, $(\text{CH}_3)_2\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_2$, $(\text{CH}_3)_2\text{Si}(\text{OCH}_3)_2$, $\text{CH}_3\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_3$, $\text{CH}_3\text{Si}(\text{OCH}_3)_3$, $(\text{HCH}_3\text{SiO})_4$ [환상 구조], $((\text{CH}_3)_3\text{Si})_2\text{O}$, $(\text{H}(\text{CH}_3)_2\text{Si})_2\text{O}$, $(\text{H}_2\text{CH}_3\text{Si})_2\text{O}$, $((\text{CH}_3)_2\text{SiO})_3$, $(\text{CH}_3\text{ASiO})_3$, $((\text{CH}_3)_2\text{SiO})_4$, $(\text{CH}_3\text{ASiO})_4$ 등이다. 한편 마지막 3개의 화합물은 환상 구조이며, 'A'는 비닐기($\text{CH}-\text{CH}_3$)이다.

이어서, 본 발명의 제 2 실시형태에 대하여 설명한다.

이 실시 형태는, SiCN막 자체를 하드 마스크로서 사용하기 위한 방법이다. 구체적으로는, SiCN막을 제 1 하드 마스크용의 박막으로 하고, 이 박막 위에 SiCN막과는 다른 재질로 이루어지는 제 2 하드 마스크용의 박막을 성막한다. 따라서, SiCN 막은 예를 들면 50nm정도의 막두께로 되고, 그 제조법은, 앞의 제 1 실시형태와 완전히 같다. 즉, SiCN막의 성막 초기시에는 질소 가스를 공급하지 않고 TMS 가스 및 Ar 가스만을 공급하고, 그 후, 이들 가스에 더하여 질소 가스를 공급하도록 한다. 도 4~도 6의 기재에 대응시키면, SiCN막(93)과 SiCO막(94)을 합한 막이, 제 1 하드 마스크용의 박막인 SiCN막에 해당한다. 이 경우, 제 2 하드 마스크는 산화 규소막이 되지만, 이 대신에 SiCO막이어도 좋다.

본 실시형태에 의하면, 이미 설명한 바와 같이 불소 첨가 카본막의 표면에 형성되는 탄소가 풍부한 층에 의해 질소가 트랩되어, 그 후의 불소 첨가 카본막으로부터의 탈가스량이 적어지므로, SiCN막과 불소 첨가 카본막과의 사이의 밀착성이 극히 좋아진다.

이상의 각 실시 형태에 있어서, 불소 첨가 카본막, SiCN막, 및 SiCO막을 성막하기 위해서 단일의 처리용기(1)를 이용했지만, 3개의 처리용기를 이용하여 각각 성막을 실시해도 좋다. 이 경우에는, 예를 들면 공통의 진공 반송 용기에 각 처리용기를 접속하여, 반송 용기를 통해서 각 처리용기 사이를 차례로 기관이 반송되도록 한다. 혹은, 3개의 처리용기를 직렬로 접속하여, 각 처리용기 끼리의 사이를 나누는 로드록실을 사이에 두고 기관이 차례로 반송되도록 해도 좋다. 또한 불소 첨가 카본막, SiCN막, 및 SiCO막중 2개의 막에 대해서는 동일한 처리용기로 성막하고, 나머지 막에 대해서는 다른 처리용기로 의해 성막하도록 해도 좋다. 또한, SiCN막에 대해서는, 플라즈마 처리장치가 아니라, 예를 들면 스퍼터 처리장치에 의해 성막하도록 해도 좋다.

이어서, 본 발명의 제 3 실시형태에 대하여 설명한다.

이 실시형태는, 도 7에 나타내는 반도체 장치를 얻기 위한 것이다. 그 반도체 장치에 대해서는, 다공질화된 층간절연막의 일부를 이루는 SiCO막(41) 위에, 보호막인 SiCN막(42)이 형성되어 있다. 그리고, 이 SiCN막(42) 위에 층간절연막인 불소 첨가 카본막(40)이 형성되어 있다. 즉, SiCN막(42)을 사이에 두고, SiCO막(41)과 불소 첨가 카본막(40)이, 2단 구조의 층간절연막으로서 형성되어 있다. 한편, 이 층간절연막(41,40)은, 그 아래쪽에 있는 층간절연막에 배선이 채워 넣어진 구조 부분 위에 적층 형성되어, 다층 구조 배선의 일부분을 구성하고 있다.

이 층간절연막(41,40)에는 오목부(48)가 형성되어 있다. 이 오목부(48)는, 도 7의 단면에서 보면, SiCO막(41)에 형성된 협소 오목부(48a)(비어 훌에 해당)와 불소 첨가 카본막(40)에 형성된 확대 오목부(48b)(배선용의 홈)로 형성되어 있다. 이 오목부(48)에는, 예를 들면 배선층인 구리(47)가 채워 넣어져 있다. 또한, 불소 첨가 카본막(40) 위에는 보호막인 SiCN막(43)이 형성되어 있다. 이 SiCN막(43) 위에는, 후술하는 바와 같이, CMP로 불리는 연마 공정에 의해서, 하드 마스크용의 박막인 SiO_2 막(44)이 약간 남아 있다.

계속해서, 도 7에 나타낸 반도체 장치의 제조공정에 대해서, 도 8에 기초하여 설명한다.

이 반도체 장치는, 도 1~도 3에 기초하여 설명한 플라즈마 처리장치를 이용하여 실시할 수 있다. 이 예에서는, 층간절연막 및 배선으로 이루어진 기초층이 표면에 미리 형성되어 있는 웨이퍼(W)를 이용한 것으로 한다.

먼저, 도 8(a)에 나타낸 바와 같이, 웨이퍼(W)의 기초층 위에, 다공질화된 SiCO막(41) 및 보호막인 SiCN막(42)가 성막된다. 다공질화된 SiCO막(41)의 성막에 대하여 설명하면, 먼저 Ar가스 및 TMS 가스를 처리용기(1)내에 공급하고, 이미 설명한

바와 같이 여기시킨 플라즈마에 의해, SiCH막을 성막시킨다. 그 후, 처리용기(1)내에서 산소 가스를 활성화하여 얻은 플라즈마에 의해, SiCH막중의 CH₃기를 O로 치환함으로써, 결합 격자가 작아져 다공질화된 SiCO막(41)이 된다. 이 SiCO막(41)은, 예를 들면 100nm 정도의 막두께로 형성된다. 이 SiCO막(41)은, 예를 들면 산소가 20원자% 함유되는 탄화규소막이다. 이와 같이 SiCO막(41)을 다공질화함으로써, SiCO막(41)의 유전율이 3.0으로부터, 예를 들면 2.2 정도로 내려간다. 이 때문에, 불소 첨가 카본막(40)과 조합하여 2단 구조의 층간절연막으로 함으로써, 전체적으로 유전율이 낮은 절연막을 형성할 수 있다.

다음에, SiCO막(41) 위에, 이미 설명한 바와 같이 하여 SiCN막(42)을 형성하고, 그 위에 도 8(b)에 나타낸 바와 같이 불소 첨가 카본막(40)을 성막한다. 이 성막 프로세스는, 제 1 실시형태에 있어서의 불소 첨가 카본막(91)의 성막프로세스와 같다. 이 불소 첨가 카본막(40)은, 예를 들면 100nm정도의 막두께로 형성된다. 그리고, 도 8(c)에 나타낸 바와 같이, 불소 첨가 카본막(40) 위에 SiCN막(43)이 성막된다. 이 성막 프로세스는, SiCN막(42)의 성막 프로세스와 같다. 이러한 SiCN막(42,43)은, 예를 들면, 5nm정도의 막두께로 형성된다.

이 때, 상층의 SiCN막(43)은, 제 1 실시형태에서 설명한 바와 같이, SiC막(92)과 SiCN막(93)과의 적층 구조로 해도 좋다.

또한, 도 8(d)에 나타낸 바와 같이, SiCN막(43) 위에 하드 마스크용의 박막인 SiO₂막(44)이 성막된다. 이 성막은, 예를 들면 모노실란가스와 산소 가스를 활성화하여 얻은 플라즈마에 의해 성막된다. 그리고, SiO₂막(44) 위에는, Si₃N₄막(45)이 성막되고, 그 위에 TEOS와 O₂을 원료로 한 SiO₂막(46)이 성막 된다. Si₃N₄막(45)의 막두께는, 예를 들면 50nm정도이며, SiO₂막(46)의 막두께는, 예를 들면 50nm정도이다. 그 후, 도시하고 있지 않지만, SiO₂막(46) 위에 일정한 패턴을 가진 레지스트막이 형성된다. 이 레지스트막을 마스크로 한 에칭에 의해, SiO₂막(46) 및 Si₃N₄막(45)에 레지스트막의 패턴에 대응한 패턴이 형성된다.

도 8(e)에 나타낸 바와 같이, SiO₂막(46)의 패턴은, 그 중앙부근이 폭 L2만큼 에칭된 것이고, Si₃N₄막(45)의 패턴은, 그 중앙부근이, 폭 L2보다 작은 폭 L1만큼 에칭된 것이다. 이를 폭 L2, L1의 2개의 패턴을 이용하여, 점선으로 나타내는 오목부를 형성하도록 에칭을 한다. 계속해서 도 8(f)에 나타낸 바와 같이, 에칭으로 형성된 오목부에, 배선 금속인 구리(47)가 채워 넣어진다. 그 후, 예를 들면 CMP 공정에 의해 오목부(48)로부터 튀어 나와 있는 부분의 구리(47)로부터 SiO₂막(44)의 중간까지를 제거함으로써, 도 7에 나타내는 구조를 얻을 수 있다.

이 실시형태에 의하면 다음의 효과가 있다. 본 실시형태에서는, 층간절연막으로서 서로 다른 종류의 CF막(유기계)(40)과 SiCO막(무기계)(41)과의 조합을 이용하고 있다. 이 때문에, 도 8(e)에 있어서의 L1영역의 점선부를 에칭한 후, L2영역의 점선부를 에칭할 때, 유기계의 CF막(40)을 에칭하고 있는 동안, 무기계의 SiCO막(41)의 측면은 에칭되지 않는다. 이에 따라, 비어 훌(48a)의 형상을 적정하게 유지할 수 있다. 또한, C-F결합과 Si-O결합이 인접하고 있으면, 어닐링시에 SiF₄가 되어 승화하기 쉬워진다고 하는 문제가 있다. 따라서, 본 실시형태와 같이, SiCO막(41)과 불소 첨가 카본막(40)의 사이를, 보호막인 SiCN막(42)으로 물리적으로 분리함으로써, 그러한 문제가 해소된다. 또한 본 실시형태에 있어서, 오목부(48)를 형성한 후, 배선층인 구리(47)를 채워 넣을 때에는, 웨이퍼(W)가 일단 대기에 노출되게 된다. 이 때, SiCO막(41)은 다공질화되어 있으므로 수분 등이 흡수되기 쉽다. 그 경우, SiCN막(42)이 없으면, SiCO막(41)에 흡수된 물이 불소 첨가 카본막(40)안에 비집고 들어가서, 불소 첨가 카본막(40)으로부터 CO나 HF가 되어 비산하여 감소해 버린다. 따라서, SiCO막(41)과 CF막(40)의 사이에 SiCN막(42)을 개재시킴으로써, SiCO막(41)에 흡수된 수분이 불소 첨가 카본막(40)에 침입하는 것을 저지할 수 있다. 또한, 불소 첨가 카본막(40) 위에 있는 SiCN막(43)은, SiO막(44)의 성막에 사용하는 산소 라디칼에 의한 불소 첨가 카본막(40)으로의 어택을 저지하는 역할도 가지고 있다.

이상 설명해 온 바와 같이, 불소 첨가 카본막은 뛰어난 특성을 구비한 절연막이지만, 산소, 질소, 수분 등에 의한 어택에 의해 변질해 버리는 약점을 가지고 있다. 한편, 반도체소자를 제조하는데 있어서, 다층 층간절연막을 모두 불소 첨가 카본막으로 처리하는 것이 곤란한 경우도 생각할 수 있다. 이러한 경우, 오랜 세월에 걸쳐서 사용되어 온 실리콘 산화물계 절연막, 즉 SiOX막(X는 임의의 원소, 화합물)과 불소 첨가 카본막을 적층하여 이루어진 절연막을 생각할 수 있지만, 이 때 다음과 같은 문제가 제기된다.

SiOX막의 성막 온도가 400°C이하인 경우, 막속에 미량이지만 SiOH 구조가 형성되는 것은 피하기 어렵다. SiOH 구조는, 성막후의 공정에 있어서 400°C이상의 어닐링 공정(예를 들면 소성 등)을 수행했을 경우 OH기가 끓어져, 그 일부가 불소

첨가 카본막과의 계면으로 이동한다. 그렇게 되면, 불소 첨가 카본막의 F와, OH기가 반응하여 HF가 생성되고, 계속해서 HF와 SiOX막이 반응하여 SiF_4 가 생성된다. 나아가서는 불소 첨가 카본막과 SiOX막과의 밀착성이 저하하고, 이들 막끼리의 사이의 박리가 발생한다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는, 제 1 실시형태에 있어서의 SiCO 막(94), 제 3 실시형태에 있어서의 SiO_2 막(44), SiCO 막(41)과 같은 SiOX막과, 불소 첨가 카본막의 사이에 본원에 의한 극히 얇은 SiCN막을 사이에 끼워 두면 좋다. 한편, 여기서 말하는 SiCN막이란, 제 1 실시형태에서 설명한 바와 같이 SiC 막(92)과 SiCN막(93)과의 적층 구조도 포함한 것이다. SiCN막은 불소 첨가 카본막에 비하면 그 비유전율은 4.5로 높은 값을 갖지만, 이렇게 극히 얇게 함으로써 전체적으로의 비유전율의 상승을 억제할 수 있다. 예를 들면, 두께 100nm의 불소 첨가 카본막의 상하에 각각 두께 5nm의 SiCN 막이 형성된 절연막 전체의 비유전율은 2.3이다. 따라서, 불소 첨가 카본막 단체의 비유전율 2.2에 비하여, 그 상승분은 미소하여, 충분히 Low-k막으로서 기능할 수 있다. 여기서 '극히 얇은'이란, 산소, 질소, 수분 등에 의한 어택을 방지하면서, 전체적으로의 비유전율의 상승을 억제할 있을 정도로 얇다고 하는 의미이며, 그 두께는 3~10nm이고, 보다 바람직하게는 5~8nm이다. 또한 극히 얇은 절연막의 재료로서는 SiCN에 대신하여, SiC (실리콘 카바이드), SiN (실리콘 나이트라이드), 아몰파스 카본 등을 들 수 있다.

이하, 상술한 제 1~제 3 실시형태에 대응하는 구체적인 실시예에 대하여 설명한다.

A. 하드 마스크용의 박막의 성막

<실시예 1>

이 실시예 1은, 제 2 실시형태에 대응하는 것이다. 도 1에 나타낸 플라즈마 처리장치를 이용하여 규소 베어 웨이퍼 위에 불소 첨가 카본막을 120nm의 막두께로 성막하였다. 성막 조건에 대해서는, 마이크로파의 파워를 3000W, 프로세스 압력을 10.6Pa(80mTorr), 웨이퍼의 온도를 380°C, C_5F_8 가스 및 Ar가스의 유량을 각각 200sccm 및 100sccm으로 설정하였다.

그 다음에, 그대로 같은 플라즈마 처리장치로, 불소 첨가 카본막 위에 SiCN막을 50nm의 막두께로 성막하였다. 성막 조건에 대해서는, 마이크로파의 파워를 1500W, 프로세스 압력을 39.9Pa(300mTorr), 웨이퍼의 온도를 380°C로 설정하였다. 또한, TMS가스(증기) 및 Ar가스를 각각 40sccm 및 800sccm의 유량으로 공급함과 동시에, TMS 가스 및 Ar 가스의 공급 개시부터 5초후부터, 질소 가스를 50sccm의 유량으로 더 공급하였다.

<실시예 2>

이 실시예 2는, 제 1 실시형태에 대응하는 것이다. 실시예 1과 같이 하여 규소 베어 웨이퍼 위에 불소 첨가 카본막 및 SiCN 막을 차례로 성막하였다. 다만, 이 예에서는 SiCN막은 보호층으로서의 역할을 담당하는 것이기 때문에, 그 막두께는 5nm으로 하고 있다. 그 다음에, 그대로 동일한 플라즈마 처리장치로, SiCN막 위에 SiCO 막을 50nm의 막두께로 성막하였다. 성막 조건에 대해서는, 마이크로파의 파워를 1500W, 프로세스 압력을 33.3Pa(250mTorr), 웨이퍼의 온도를 380°C로 설정하였다. 또한, TMS가스 및 Ar가스를 각각 40sccm 및 200sccm의 유량으로 공급함과 동시에, TMS가스 및 Ar 가스의 공급 개시부터 5초후부터, 산소 가스를 10sccm의 유량으로 더 공급하였다.

<실시예 3>

실시예 2와 같이 하여, 불소 첨가 카본막 위에 SiCN막 및 SiCO 막을 이 순서대로 적층하였다. 다만, SiCN막을 성막할 때, 성막 초기시에 TMS 가스 및 Ar가스만을 공급하는 공정을 실시하지 않고, 처음부터 TMS 가스, Ar가스 및 질소 가스를 공급하도록 하였다.

<비교예 1>

실시예 1과 같이 하여 불소 첨가 카본막 위에 SiCN막을 적층하였다. 다만, 실시예 1과 달리, SiCN막을 성막할 때, 성막 초기시에 TMS 가스 및 Ar가스만을 공급하는 공정을 실시하지 않고, 처음부터 TMS 가스, Ar가스 및 질소 가스를 이 유량으로 공급하도록 하였다.

<비교예 2>

실시예 2와 같이 하여 적층체를 얻었다. 다만, 실시예 2와 달리, 불소 첨가 카본막 위에, SiCN막을 성막하지 않고, 직접 SiCO막을 성막하였다.

B. 박막의 밀착성의 고찰

실시예 1~3 및 비교예 1, 2의 웨이퍼를 진공 분위기로 400°C로 가열하여 30~60분 방치하였다. 그 후, 각 웨이퍼의 표면을 육안으로 관찰하고, 또 점착 테이프에 의해 막의 벗겨짐을 조사하였다.

그렇게 하면, 비교예 1의 웨이퍼에서는, 막속으로부터 기포가 발생한 것에 기초한 변색영역(Blister)이 다소 보이고, 또한 약간 막이 벗겨진 부위가 발생하였다. 이에 대해서 실시예 1의 웨이퍼에서는, 비교예 1과 같은 변색영역은 전혀 볼 수 없고, 또한 막의 벗겨짐은 전혀 없었다. 따라서, 불소 첨가 카본막 위에 SiCN막을 성막하는 경우, 성막 초기시에는 질소 가스를 공급하지 않고 TMS 가스 및 Ar 가스만을 공급함으로써, 불소 첨가 카본막에 대한 SiCN막의 밀착성이 커지는 것을 알 수 있다.

또한 실시예 2의 웨이퍼에서는, 상기와 같은 변색영역은 전혀 볼 수 없고, 또한 막의 벗겨짐은 전혀 없었다. 이것은, SiCN 막의 성막 수법이 실시예 1과 같고, SiCO막과 SiCN막은, 모두 SiC를 베이스로 하고 있으므로, 소위 일체화된 막이라고 생각되기 때문에, 당연한 결과라고 생각된다.

또한 실시예 3과 비교예 1 및 2와의 관계에 대해서 보면, 실시예 3은, 비교예 1과 동등한 결과였지만, 비교예 2보다 우수하다. 즉, 비교예 2에 대해서는, 실시예 3보다 상기와 같은 변색영역을 많이 볼 수 있고, 또한 대부분의 막이 벗겨져 버렸다. 이로부터 실시예 3은, 비교예 2보다 막의 밀착성이 높아지는 것을 알 수 있다. 따라서, SiCO막을 하드 마스크로서 이용할 때는, 불소 첨가 카본막과 SiCO막과의 사이에 SiCN막을 개재시키는 것이 바람직한 것을 알 수 있다. 또한, SiCN막의 성막은, 성막 초기시에는 질소 가스를 공급하지 않고 TMS 가스 및 Ar 가스만을 공급하는 수법을 채용하는 것이 보다 한층 바람직한 것을 알 수 있다.

C. 참고 실험

실시예 1의 적층체에 대해서, SIMS(2차 이온 질량분석장치)에 의해, 깊이 방향에 있어서의 탄소와 질소와의 농도를 2차 이온 강도를 지표로서 조사한 바, 도 9(a)에 나타내는 결과를 얻을 수 있었다. 한편, 실시예 1에 있어서, TMS 가스 및 Ar 가스를 공급하기 전에 불소 첨가 카본막을 질소플라즈마에 60초간 노출하여 얻어진 적층체에 대해서 마찬가지로 조사한 바, 도 9(b)에 나타내는 결과를 얻을 수 있었다.

도 9(a)에 있어서는, 깊이 50nm에 해당하는 SiCN막과 불소 첨가 카본막과의 계면에 탄소와 질소와의 농도가 높아지고 있는 부위(점선의 원내)를 볼 수 있다. 또한, 불소 첨가 카본막내의 질소 농도가, SiCN막과의 계면으로부터 급격하게 낮아져, 최대 10분의 1 이하까지 저하되고 있다. 한편, 도 9(b)에 있어서는, 도 9(a)에 있는 것과 같은 경향은 보이지 않았다.

이 결과로부터 추측하면, 불소 첨가 카본막에 대한 SiCN막의 밀착성에 대해서는, SiCN막의 성막시에 불소 첨가 카본막에 질소가 침입하고, 이것이 가열시에 탈가스로서 방출되어, 밀착성이 저하하는 것은 아닌가하고 생각된다. 이에 대해서, 실시예 1과 같이 성막하면, 계면에 탄소의 농도가 많은 영역인 소위 탄소가 풍부한 층이 형성된다. 그리고, 그 후에 웨이퍼가 노출되는 질소 플라즈마내의 질소를, 이 탄소가 풍부한 층이 트랩하여, 불소 첨가 카본막속에 침입하는 것을 방지한 결과, SiCN막의 밀착성이 극히 큰 것은 아닌가하고 생각된다.

도면의 간단한 설명

[도 1]은, 본 발명에 의한 플라즈마 처리장치의 하나의 실시형태를 나타내는 단면도이다.

[도 2]는, 도 1의 플라즈마 처리장치에 있어서의 가스 공급 부재의 저면도이다.

[도 3]은, 도 1의 플라즈마 처리장치에 있어서의 안테나를, 일부 단면으로 나타내는 사시도이다.

[도 4]는, 본 발명의 제 1 실시형태에 의한 반도체 장치의 제조를 (a)~(f)의 공정순으로 나타내는 단면도이다.

[도 5]는, 본 발명의 제 1 실시형태에 의한 반도체 장치의 제조를 (g)~(i)의 공정순으로 나타내는 단면도이다.

[도 6]은, 본 발명의 제 1 실시형태에 의한 반도체 장치의 제조를 (j)~(k)의 공정순으로 나타내는 단면도이다.

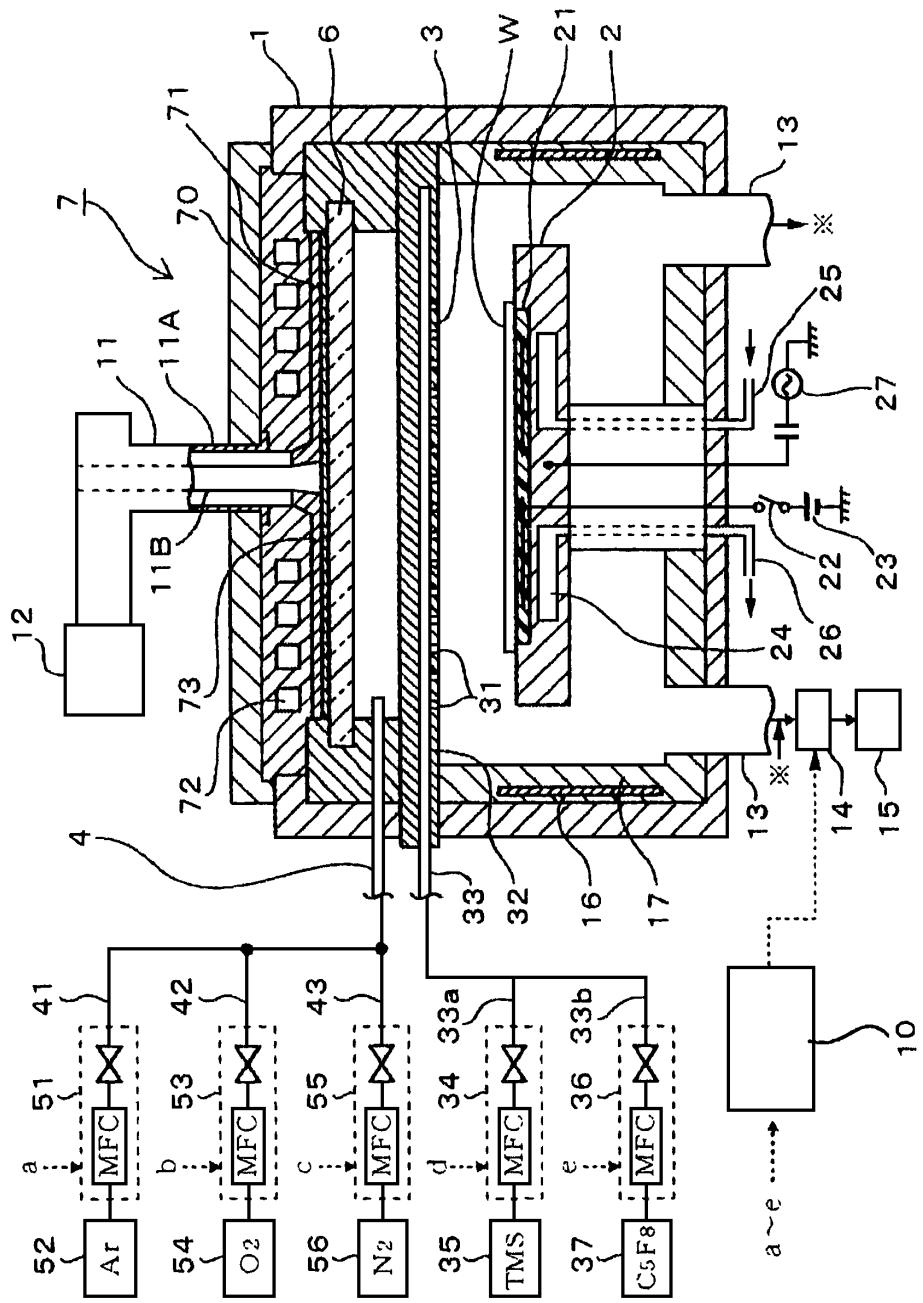
[도 7]은, 본 발명의 제 3 실시 형태에 의한 반도체 장치의 일부를 나타내는 단면도이다.

[도 8]은, 도 7에 나타낸 반도체 장치의 제조를 (a)~(f)의 공정순으로 나타내는 단면도이다.

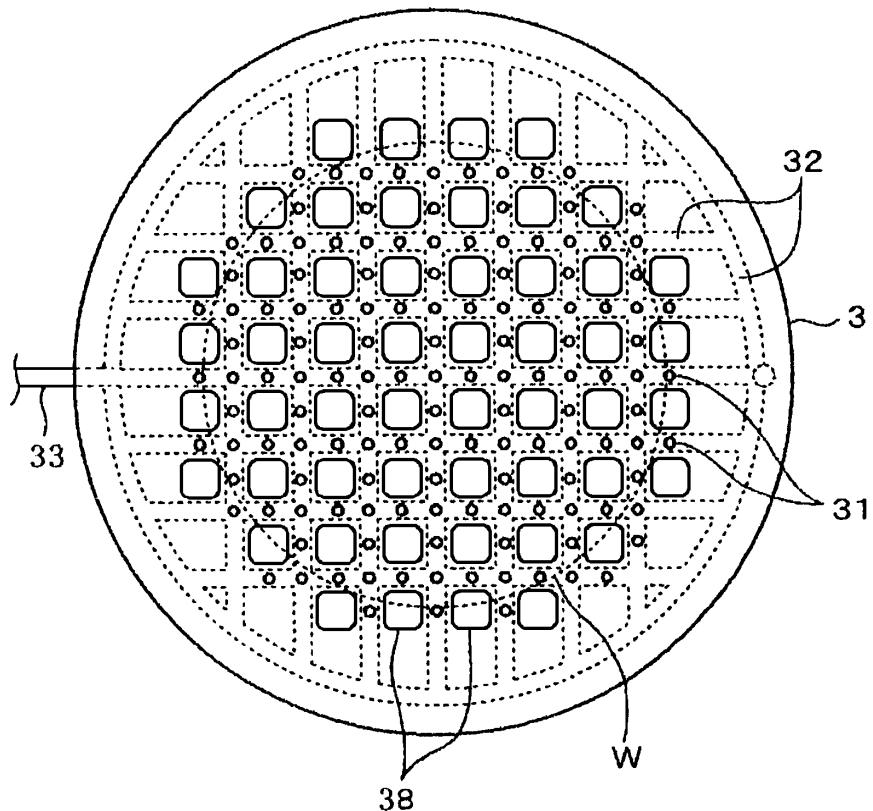
[도 9]는, 본 발명에 관한 참고 실험의 결과를 나타내는 그래프이다.

도면

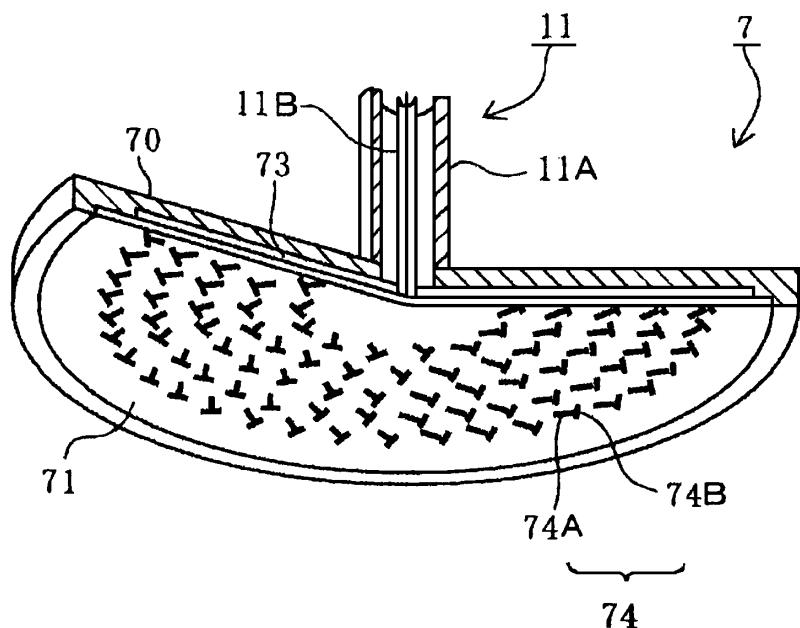
도면1



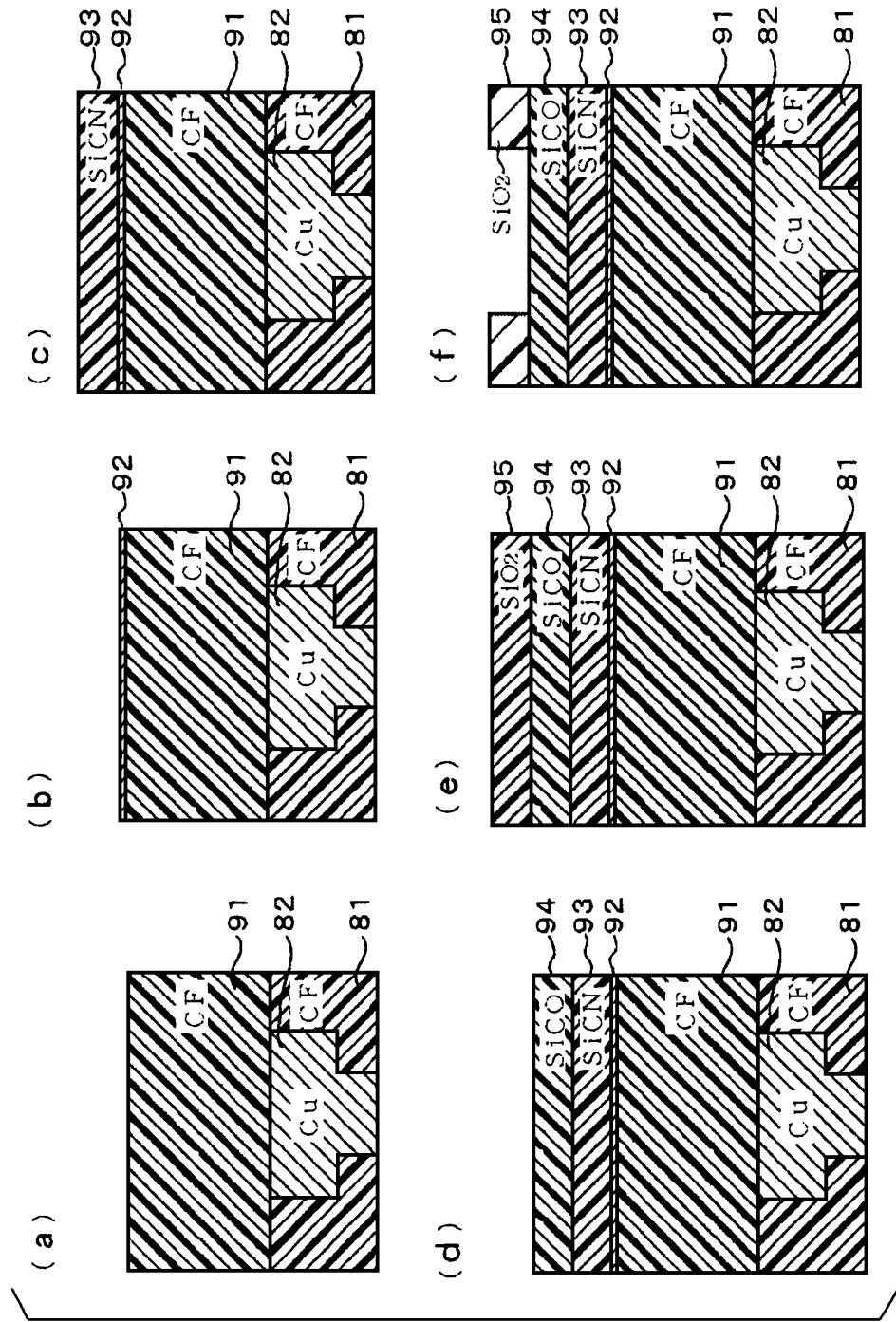
도면2



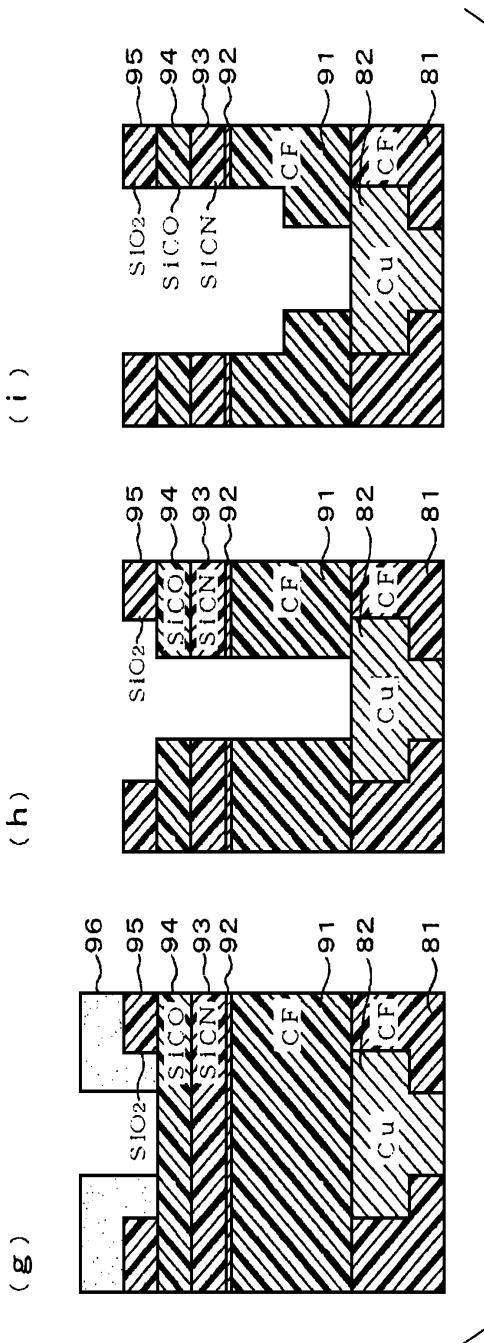
도면3



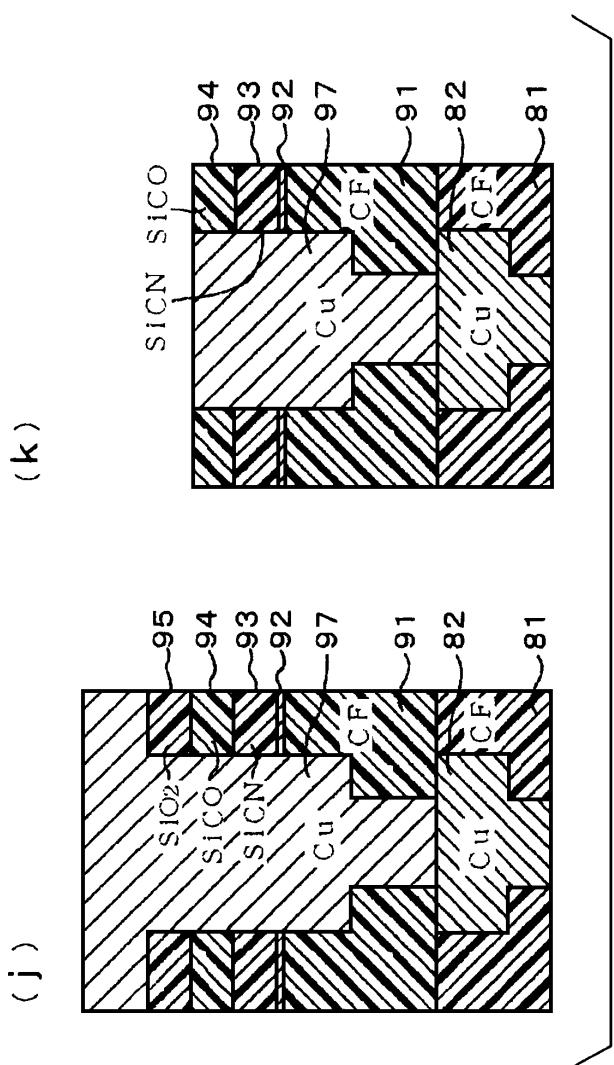
도면4



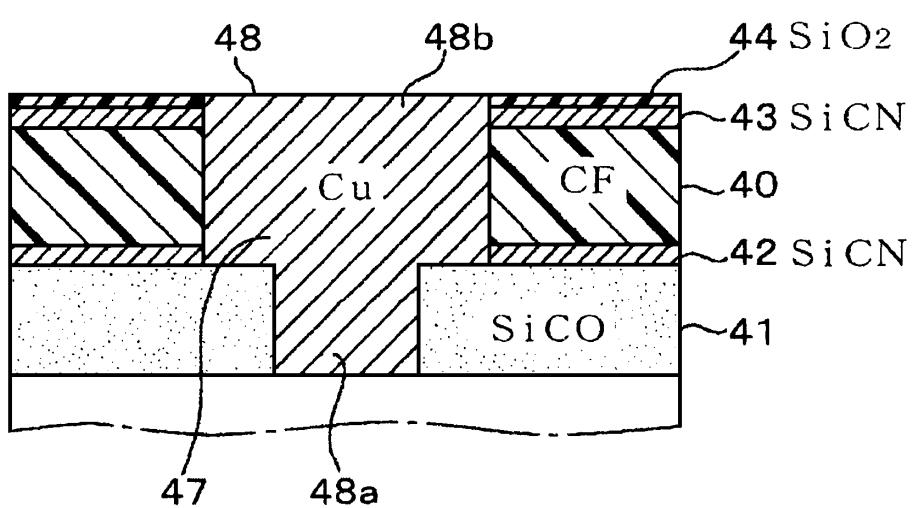
도면5



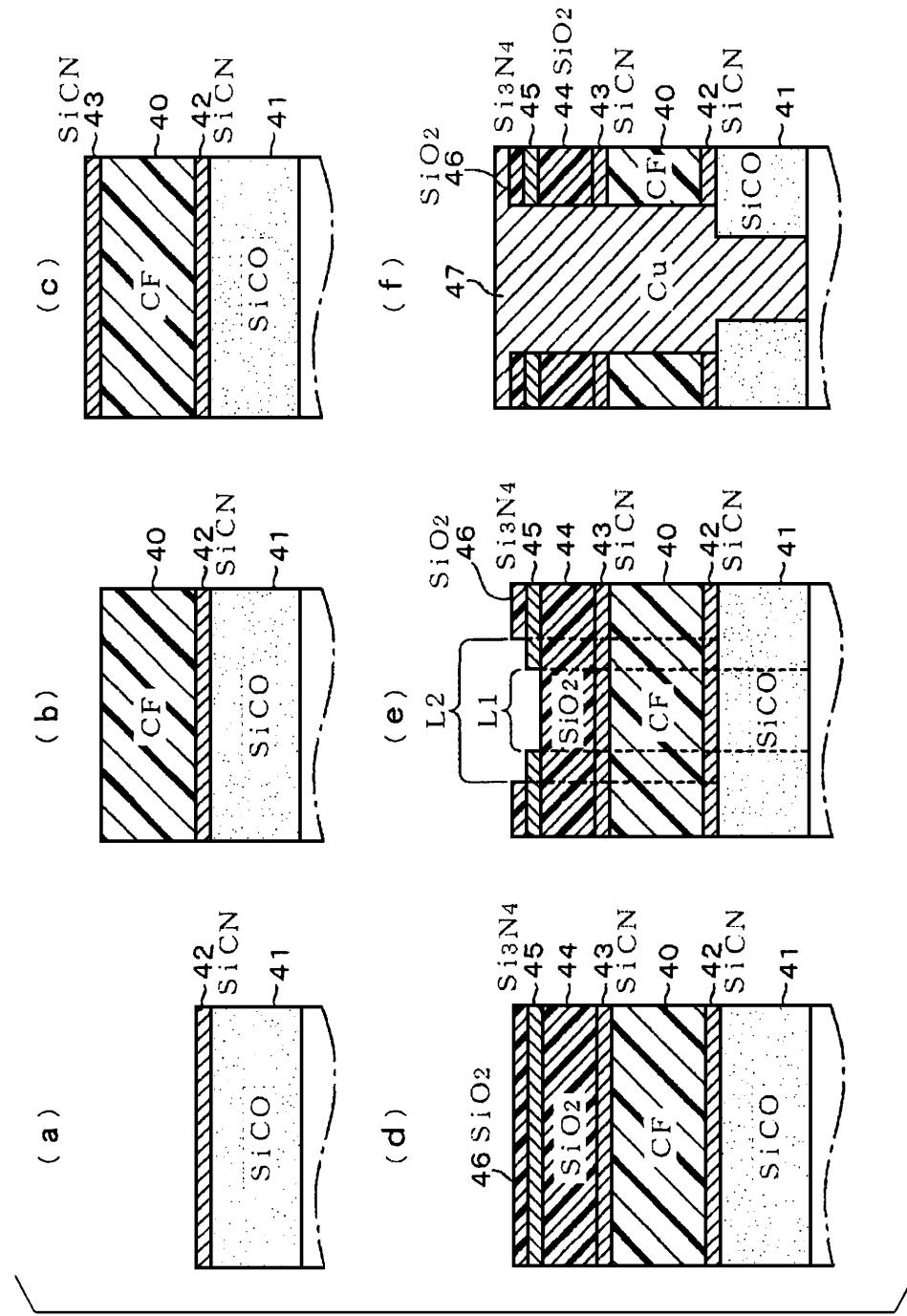
도면6



도면7



도면8



도면9

