



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년11월09일
 (11) 등록번호 10-1081783
 (24) 등록일자 2011년11월03일

- (51) Int. Cl.
H01L 21/205 (2006.01) *H05H 1/46* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2008-7031919
- (22) 출원일자(국제출원일자) 2007년07월24일
 심사청구일자 2008년12월30일
- (85) 번역문제출일자 2008년12월30일
- (65) 공개번호 10-2009-0015158
- (43) 공개일자 2009년02월11일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2007/064500
- (87) 국제공개번호 WO 2008/018291
 국제공개일자 2008년02월14일
- (30) 우선권주장
 JP-P-2006-219839 2006년08월11일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
 US20060105106 A1*
 JP07111261 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
 미츠비시 주교교 가부시키키가이샤
 일본 도쿄도 미나토구 고난 2초메 16방 5고
- (72) 발명자
 시마즈 다다시
 일본 효고켄 고베시 효고쿠 와다사키쵸 1초메 1방 1고 미츠비시 주교교 가부시키키가이샤 고베조우센 쇼 나이
 이노우에 마사히코
 일본 효고켄 고베시 효고쿠 와다사키쵸 1초메 1방 1고 미츠비시 주교교 가부시키키가이샤 고베조우센 쇼 나이
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 7 항

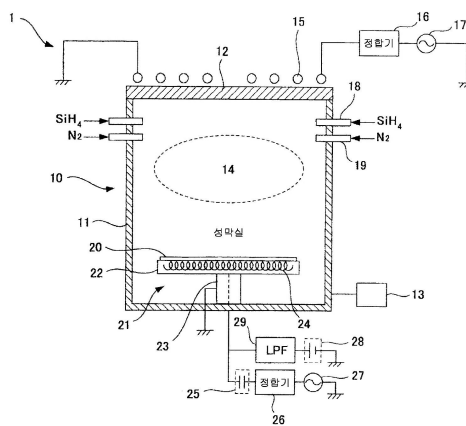
심사관 : 이성준

(54) 플라즈마 처리 방법 및 플라즈마 처리 장치

(57) 요약

높은 압축 스트레스를 갖는 질화실리콘막을 성막할 수 있는 플라즈마 처리 방법 및 플라즈마 처리 장치를 제공한다. 그 때문에, 실리콘 및 수소를 함유하는 원료 가스와 질소 가스의 플라즈마에 의해, 처리 대상인 기판에 대하여 질화실리콘막을 성장시키는 플라즈마 처리 방법에 있어서, 질화실리콘막을 성장시키는 동안, 원료 가스 중의 수소와 질소 가스의 결합 상태인 N-H 결합을 절단하기 위한 이온 에너지를 처리 대상인 기판에 인가하여, 질화실리콘막의 막 중에 포함되는 N-H 결합량을 저감시켰다.

대표도



(72) 발명자

니시모리 도시히코

일본 효고켄 다카사고시 아라이쵸 신하마 2쵸메 1
방 1고 미즈비시쥬고교 가부시키가이샤 다카사고켄
큐쇼 나이

가와노 유이치

일본 효고켄 다카사고시 아라이쵸 신하마 2쵸메 1
방 1고 미즈비시쥬고교 가부시키가이샤 다카사고켄
큐쇼 나이

특허청구의 범위

청구항 1

실리콘 및 수소를 함유하는 원료 가스와 질소 가스의 플라즈마에 의해, 처리 대상인 기판에 대하여 질화실리콘 막을 성장시키는 플라즈마 처리 방법으로서,

상기 질화실리콘막을 성장시키는 동안, 상기 원료 가스 중의 수소와 상기 질소 가스의 결합 상태인 N-H 결합을 절단하기 위한 이온 에너지를 처리 대상인 상기 기판에 조사하고, 상기 질화실리콘막의 막 중에 포함되는 N-H 결합량을 저감시키고,

처리 대상인 상기 기판에 인가하는 바이어스 전력을 $0.14\text{W}/\text{cm}^2$ 에서 $0.45\text{W}/\text{cm}^2$ 사이로 하고, 상기 바이어스 전력을 변화시켜 상기 이온 에너지를 변화시키는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

플라즈마를 생성하기 위해 인가하는 RF 전력을 변화시켜 상기 이온 에너지를 변화시키는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 4

제 1 항 또는 제 3 항에 있어서,

압력을 변화시켜 상기 이온 에너지를 변화시키는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

가스 공급량을 변화시켜 상기 이온 에너지를 변화시키는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 6

제 3 항에 있어서,

가스 공급량을 변화시켜 상기 이온 에너지를 변화시키는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 7

제 4 항에 있어서,

가스 공급량을 변화시켜 상기 이온 에너지를 변화시키는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 8

진공 용기의 내부에 실리콘 및 수소를 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단과,

진공 용기의 내부에 질소 가스를 공급하는 질소 가스 공급 수단과,

상기 진공 용기 내의 압력을 제어하는 압력 제어 수단과,

상기 진공 용기 내부의 상기 원료 가스와 상기 질소 가스에 RF 전력을 인가하여 플라즈마를 발생시키는 플라즈마 발생 수단과,

상기 진공 용기 내부의 하방에, 처리 대상이 되는 기판을 지지하는 가열 기능을 갖는 지지 수단과,

상기 지지 수단에 바이어스 전력을 인가하는 바이어스 전력 인가 수단과,

상기 바이어스 전력 인가 수단의 상기 바이어스 전력, 상기 플라즈마 발생 수단의 상기 RF 전력, 상기 압력 제어 수단의 상기 압력, 및 상기 원료 가스 공급 수단과 상기 질소 가스 공급 수단의 가스 공급량을 각각 제어하는 파라미터 제어 수단을 구비하고,

상기 파라미터 제어 수단으로 상기 바이어스 전력, 상기 RF 전력, 상기 압력, 및 상기 가스 공급량을 제어함으로써 질화실리콘막을 성장시키는 동안, 상기 원료 가스 중의 수소와 상기 질소 가스의 결합 상태인 N-H 결합을 절단하기 위한 이온 에너지를 처리 대상인 상기 기판에 인가하여, 상기 질화실리콘막의 막 중에 포함되는 N-H 결합량을 저감시키고,

처리 대상인 상기 기판에 인가하는 바이어스 전력을 0.14W/cm² 에서 0.45W/cm² 사이로 하고, 상기 바이어스 전력을 변화시켜 상기 이온 에너지를 변화시키는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

명세서

기술분야

본 발명은 플라즈마 처리 방법 및 플라즈마 처리 장치에 관한 것이다.

배경기술

종래, 플라즈마 CVD 법은 반도체 제조 공장에 있어서, 반응 용기 내에 수납되는 반도체 웨이퍼 등의 피처리 기판 상에 절연막을 형성하는 데 자주 사용되고 있다. 플라즈마 CVD 법을 사용하는 경우, 피처리 기판을 탑재하는 서셉터와, 반응 용기를 구성하는 페이스 플레이트 사이에 RF 전력을 인가하고, 반응 용기 내에 플라즈마를 생성시킨 상태로 하여 절연막 형성용 가스를 도입하며, 이로써 피처리 기판의 표면 상에 절연막이 형성된다.

이 방식의 플라즈마 CVD 장치는 용량 결합형 플라즈마 CVD 장치라고 불리고 있고, 가장 일반적인 플라즈마 CVD 장치이다. 이 때, 절연막은 막 박리나 소자 특성에 대한 영향이 잘 발생하지 않도록, 200MPa 이하의 압축 응력막인 것이 바람직하다. 이와 같은 기술의 일례가 하기 특허 문헌 1 에 개시되어 있다.

하기 특허 문헌 1 에서는, 플라즈마를 500W 이하라는 낮은 RF 전력으로 생성하고, 절연막을 500nm/min 이하라는 성막 속도로 형성하고 있으며, 이로써 형성된 절연막의 압축 응력은 100MPa 정도로 되어 있다. 트랜지스터 등의 소자 간 및 배선 간의 절연이나, 수분 등의 침입을 방지하는 목적에서 성막을 실시하는 보호막에 대해서도, 막의 응력은 200MPa 이하가 요구되었다.

[특허 문헌 1] 일본 특허 제3725100호

발명의 개시

발명이 해결하고자 하는 과제

LSI 에 사용되는 MOS 형 트랜지스터 (구조가 금속 (Metal), 산화물 (절연체) (Oxide), 반도체 (Semiconductor) 로 되어 있는 점에서, 그 세 가지의 요소 이름을 따서 MOS 형 트랜지스터라고 부르고 있다) 는 치수의 미세화에 따라 트랜지스터 게이트부의 면적이 작아짐으로써 기생 용량이 작아지고, 이것에 수반하여 과도 응답에 의한 동작 지연이 억제되어 회로 동작 속도의 향상으로 이어졌다. LSI 개발은 보다 미세한 소자의 실현을 목표로 하여 격렬한 경쟁이 계속되고 있다. 그러나, 트랜지스터 구조에 사용되고 있는 게이트 산화막은 이미 물리적 한계 가까이까지 박막화되고, 소자 간 및 배선 간의 절연막도 박막화가 진행되고 있어, LSI 내부에서 발생하는 리크 전류가 대폭 증대되는 것이 소비 전력의 증가로서 문제시되고 있다. 이 대책으로서 전원 전압을 저전압화하는 것이 실시되고 있는데, 단순히 저전압화할 뿐이면, 트랜지스터의 동작 전류가 작아져 동작 속도의 지연을 초래하게 된다. 이상과 같은 문제점의 대책을 위해서는, 소형화와 함께 MOS 형 트랜지스터의 동작 전류를 높이는 소자 특성의 개량이 필요하고, 이 대책의 하나로서 MOS 형 트랜지스터의 게이트부에 변형을 인가하는 기술이 채용되기 시작하였다. 이것은, MOS 형 트랜지스터의 전자 및 정공의 통로인 게이트부에 변형을 인가함으로써, 전자나 정공의 이동도가 높아지는 원리를 이용하고 있다. 45nm 노드의 트랜지스터에 필요한 응력은 2GPa ~ 3GPa 로 예상되고 있고, 이 응력을 MOS 트랜지스터의 게이트부에 인가하는 기술로서, 응력이 높은 질화실리콘막을 MOS 트랜지스터에 성막하는 기술이 개발되고 있다.

그러나, 상기 특허 문헌 1 에 개시되어 있는 바와 같이, 일반적인 절연막의 압축 응력은 100MPa 정도이며, 현재 요구되고 있는 2 ~ 3GPa 와는 먼 값이다.

이런 점에서, 본 발명은 높은 압축 응력을 갖는 질화실리콘막을 생성할 수 있는 플라즈마 처리 방법 및 플라즈

마 처리 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다.

- [0012] 과제를 해결하기 위한 수단
- [0013] 상기 과제를 해결하기 위한 제 1 발명에 관련된 플라즈마 처리 방법은,
- [0014] 실리콘 및 수소를 함유하는 원료 가스와 질소 가스의 플라즈마에 의해, 처리 대상인 기판에 대하여 질화실리콘막을 성장시키는 플라즈마 처리 방법에 있어서,
- [0015] 상기 질화실리콘막을 성장시키는 동안, 상기 원료 가스 중의 수소와 상기 질소 가스의 결합 상태인 N-H 결합을 절단하기 위한 이온 에너지를 처리 대상인 상기 기판에 인가하여, 상기 질화실리콘막의 막 중에 포함되는 N-H 결합량을 저감시키는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 상기 과제를 해결하기 위한 제 2 발명에 관련된 플라즈마 처리 방법은, 제 1 발명에 관련된 플라즈마 처리 방법에 있어서, 바이어스 전력을 변화시켜 이온 에너지를 변화시키는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 상기 과제를 해결하기 위한 제 3 발명에 관련된 플라즈마 처리 방법은, 제 2 발명에 관련된 플라즈마 처리 방법에 있어서, RF 전력을 변화시켜 이온 에너지를 변화시키는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 상기 과제를 해결하기 위한 제 4 발명에 관련된 플라즈마 처리 방법은, 제 2 발명 또는 제 3 발명에 관련된 플라즈마 처리 방법에 있어서, 압력을 변화시켜 이온 에너지를 변화시키는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 상기 과제를 해결하기 위한 제 5 발명에 관련된 플라즈마 처리 방법은, 제 2 발명에 관련된 플라즈마 처리 방법에 있어서, 가스 공급량을 변화시켜 이온 에너지를 변화시키는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 상기 과제를 해결하기 위한 제 6 발명에 관련된 플라즈마 처리 방법은, 제 3 발명에 관련된 플라즈마 처리 방법에 있어서, 가스 공급량을 변화시켜 이온 에너지를 변화시키는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 상기 과제를 해결하기 위한 제 7 발명에 관련된 플라즈마 처리 방법은, 제 4 발명에 관련된 플라즈마 처리 방법에 있어서, 가스 공급량을 변화시켜 이온 에너지를 변화시키는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 상기 과제를 해결하기 위한 제 8 발명에 관련된 플라즈마 처리 장치는,
- [0023] 진공 용기의 내부에 실리콘 및 수소를 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단과,
- [0024] 진공 용기의 내부에 질소 가스를 공급하는 질소 가스 공급 수단과,
- [0025] 상기 진공 용기 내의 압력을 제어하는 압력 제어 수단과,
- [0026] 상기 진공 용기의 내부에 상기 원료 가스와 상기 질소 가스에 RF 전력을 인가하여 플라즈마를 발생시키는 플라즈마 발생 수단과,
- [0027] 상기 진공 용기 내부의 하방에, 처리 대상이 되는 기판을 지지하는 가열 기능을 갖는 지지 수단과,
- [0028] 상기 지지 수단에 바이어스 전력을 인가하는 바이어스 전력 인가 수단과,
- [0029] 상기 바이어스 전력 인가 수단의 상기 바이어스 전력, 상기 플라즈마 발생 수단의 상기 RF 전력, 상기 압력 제어 수단의 상기 압력, 및 상기 원료 가스 공급 수단과 상기 질소 가스 공급 수단의 가스 공급량을 각각 제어하는 파라미터 제어 수단을 구비하고,
- [0030] 상기 파라미터 제어 수단으로 상기 바이어스 전력, 상기 RF 전력, 상기 압력, 및 상기 가스 공급량을 제어함으로써 질화실리콘막을 성장시키는 동안, 상기 원료 가스 중의 수소와 상기 질소 가스의 결합 상태인 N-H 결합을 절단하기 위한 이온 에너지를 처리 대상인 상기 기판에 인가하여, 상기 질화실리콘막의 막 중에 포함되는 N-H 결합량을 저감시키는 것을 특징으로 한다.
- [0031] **발명의 효과**
- [0032] 제 1 발명에 의하면, 실리콘 및 수소를 함유하는 원료 가스와 질소 가스의 플라즈마에 의해, 처리 대상인 기판에 대하여 질화실리콘막을 성장시키는 플라즈마 처리 방법에 있어서,
- [0033] 상기 질화실리콘막을 성장시키는 동안, 상기 원료 가스 중의 수소와 상기 질소 가스의 결합 상태인 N-H 결합을 절단하기 위한 이온 에너지를 처리 대상인 상기 기판에 인가하여, 상기 질화실리콘막의 막 중에 포함되는 N-H 결합량을 저감시킴으로써 질화실리콘막을 치밀한 막으로 할 수 있게 하여 질화실리콘막의 압축 스트레스를 비약

적으로 높일 수 있다.

- [0034] 제 2 발명에 의하면, 제 1 발명에 의한 효과에 추가로, 바이어스 전력을 변화시켜 이온 에너지를 변화시킴으로써 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합량을 효율적으로 저감시킬 수 있기 때문에, 질화실리콘막의 압축 스트레스를 비약적으로 높일 수 있다.
- [0035] 제 3 발명에 의하면, 제 2 발명에 의한 효과에 추가로, RF 전력을 변화시켜 이온 에너지를 변화시킴으로써 공급되고 있는 질소의 분해를 확실히 실시할 수 있기 때문에, 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합량을 보다 효율적으로 저감시킬 수 있다. 이로써, 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합량을 효율적으로 저감시킬 수 있기 때문에, 질화실리콘막의 압축 스트레스를 비약적으로 높일 수 있다.
- [0036] 제 4 발명에 의하면, 제 2 발명 또는 제 3 발명에 의한 효과에 추가로, 압력을 변화시켜 이온 에너지를 변화시킴으로써 바이어스 전력 인가시에 이온끼리의 충돌이 감소되어 이온을 효율적으로 기판 표면으로 끌어 들일 수 있기 때문에, 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합량을 보다 효율적으로 저감시킬 수 있다. 이로써, 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합량을 효율적으로 저감시킬 수 있기 때문에 질화실리콘막의 압축 스트레스를 비약적으로 높일 수 있다.
- [0037] 제 5 발명 내지 제 7 발명에 의하면, 제 2 발명 내지 제 4 발명 중 어느 하나에 의한 효과에 추가로, 가스 공급량을 변화시켜 이온 에너지를 변화시킴으로써 실리콘과 질소가 결합할 확률이 향상되기 때문에 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합량을 보다 효율적으로 저감시킬 수 있다. 이로써, 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합량을 효율적으로 저감시킬 수 있기 때문에 질화실리콘막의 압축 스트레스를 비약적으로 높일 수 있다.
- [0038] 제 8 발명에 의하면, 진공 용기의 내부에 실리콘 및 수소를 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 수단과, 진공 용기의 내부에 질소 가스를 공급하는 질소 가스 공급 수단과, 진공 용기 내의 압력을 제어하는 압력 제어 수단과, 진공 용기 내부의 원료 가스와 질소 가스에 RF 전력을 인가하여 플라즈마를 발생시키는 플라즈마 발생 수단과, 진공 용기 내부의 하방에, 처리 대상이 되는 기판을 지지하는 가열 기능을 갖는 지지 수단과, 지지 수단에 바이어스 전력을 인가하는 바이어스 전력 인가 수단과, 바이어스 전력 인가 수단의 바이어스 전력, 플라즈마 발생 수단의 RF 전력, 압력 제어 수단의 압력, 및 원료 가스 공급 수단과 질소 가스 공급 수단의 가스 공급량을 각각 제어하는 파라미터 제어 수단을 구비하고, 파라미터 제어 수단에 의해 바이어스 전력, RF 전력, 압력, 및 가스 공급량을 제어함으로써 질화실리콘막을 성장시키는 동안, 원료 가스 중의 수소와 질소 가스의 결합 상태인 N-H 결합을 절단하기 위한 이온 에너지를 처리 대상인 기판에 인가하여, 질화실리콘막의 막 중에 포함되는 N-H 결합량을 저감시킴으로써 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합량을 저감시킬 수 있다. 이로써, 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합량을 효율적으로 저감시킬 수 있기 때문에 질화실리콘막을 치밀한 막으로 할 수 있게 하여 질화실리콘막의 압축 스트레스를 비약적으로 높일 수 있다.

[0039] **도면의 간단한 설명**

- [0040] 도 1 은 본 발명의 일 실시형태에 관련된 플라즈마 처리 장치의 구성도이다.
- [0041] 도 2 는 본 발명의 일 실시형태에 관련된 바이어스 전력과 막 스트레스의 관계를 나타낸 도면이다.
- [0042] 도 3 은 FTIR 특성예를 나타낸 도면이다.
- [0043] 도 4 는 본 발명의 일 실시형태에 관련된 막 스트레스와 NH 함유량의 관계를 나타낸 도면이다.
- [0044] 도 5 는 본 발명의 일 실시형태에 관련된 N_2/SiH_4 와 막 스트레스의 관계를 나타낸 도면이다.
- [0045] 도 6 은 본 발명의 일 실시형태에 관련된 성막 압력과 막 스트레스의 관계를 나타낸 도면이다.
- [0046] 도 7 은 막 중 N-H 결합량과 SiN 막 스트레스의 관계를 나타낸 도면이다.
- [0047] 도 8 은 전자 충돌에 의한 CH_4 분자의 해리성 여기를 나타낸 도면이다.

[0048] *도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명*

- [0049] 1 플라즈마 처리 장치
- [0050] 10 진공 용기
- [0051] 11 통형상 용기

- [0052] 12 천정판
- [0053] 13 진공 장치
- [0054] 14 플라즈마
- [0055] 15 RF 안테나
- [0056] 16, 26 정합기
- [0057] 17 RF 전원
- [0058] 18 원료 가스 공급 노즐
- [0059] 19 N₂ 공급 노즐
- [0060] 20 기관
- [0061] 21 웨이퍼 지지대
- [0062] 22 탑재부
- [0063] 23 지지축
- [0064] 24 히터
- [0065] 25 콘덴서
- [0066] 27 바이어스 전원
- [0067] 28 정전 전원
- [0068] 29 로우 패스 필터 (LPF)
- [0069] 발명을 실시하기 위한 최선의 형태
- [0070] 본 발명에 관련된 플라즈마 처리 방법, 및 플라즈마 처리 장치에 대하여 도 1 내지 도 8 을 이용하여 설명한다.
 도 1 은 본 발명의 일 실시형태에 관련된 플라즈마 처리 장치의 구성도, 도 2 는 본 발명의 일 실시형태에 관련된 바이어스 전력과 막 스트레스의 관계를 나타낸 도면, 도 3 은 FTIR 특성예를 나타낸 도면, 도 4 는 본 발명의 일 실시형태에 관련된 막 스트레스와 NH 함유량의 관계를 나타낸 도면, 도 5 는 본 발명의 일 실시형태에 관련된 N₂/SiH₄ 와 막 스트레스의 관계를 나타낸 도면, 도 6 은 본 발명의 일 실시형태에 관련된 성막 압력과 막 스트레스의 관계를 나타낸 도면, 도 7 은 막 중 N-H 결합량과 SiN 막 스트레스의 관계를 나타낸 도면, 도 8 은 전자 충돌에 의한 CH₄ 분자의 해리성 여기를 나타낸 도면이다.
- [0071] 도 7 에 마그네트론 플라즈마 CVD 와 플라즈마 CVD (용량 결합형 플라즈마 CVD) 에 있어서의, 막 중 N-H 결합량과 SiN 막 스트레스의 관계를 나타낸다. 여기에서 가로축은 막 중의 N-H 결합량, 세로축은 SiN 막의 스트레스를 나타낸다. 또, 세로축인 SiN 막의 스트레스는 0 보다 큰 값은 인장 방향의 스트레스를 나타내고, 0 보다 작은 값은 압축 방향의 스트레스를 나타내고 있다.
- [0072] 도 7 에 나타내는 바와 같이, N-H 결합이 증가하면 막의 스트레스는 인장 방향으로 강해지고, 반대로 N-H 결합이 감소하면 막의 스트레스는 압축 방향으로 강해지는 것을 알 수 있다. 즉, 압축 스트레스를 높이기 위해서는 SiN 막 중의 N-H 결합량을 저감시키는 것이 매우 효과적인 것을 알 수 있다. 또, 이 경향은 마그네트론 플라즈마 CVD 와 플라즈마 CVD (용량 결합형 플라즈마 CVD) 에서 동일한 경향을 나타내고 있어 플라즈마 처리 장치의 종류와 관계 없다는 것을 시사하고 있다.
- [0073] 상기 서술한 막 중의 N-H 결합량을 저감시키는 방법으로는, 이하의 세 가지를 생각할 수 있다.
- [0074] (1) N-H 결합을 갖지 않는 원료 가스의 선정
- [0075] (2) N-H 결합을 가능한 한 분해하는 플라즈마 전력의 인가
- [0076] (3) N-H 결합 에너지와 동일한 이온 에너지를 갖는 이온을 N-H 결합에 충돌시켜 효율적으로 N-H 결합을 절단
- [0077] 상기 방법 중 (1), (2) 에 대해서는 고밀도형 플라즈마 처리 장치를 사용함으로써 실현할 수 있다. (1) 의

가스 선정은 실리콘을 함유하는 원료 가스로는 LSI 프로세스에서 가장 실적이 높은 SiH_4 를, N 을 함유하는 원료 가스는 NH_3 이 일반적이데, NH_3 은 N-H 결합을 갖기 때문에 N_2 가스를 이용하는 것이 바람직하다. 용량 결합형 플라즈마 CVD 장치의 고주파 전력 (RF 전력) 은 1kW 이하로 N_2 가스를 분해하는 데에는 전력이 부족하나, 고밀도형 플라즈마 처리 장치는 1kW 이상의 고주파 전력을 인가할 수 있기 때문에 N_2 가스를 분해하여 사용할 수 있다.

[0078] 도 8 에 전자 충돌에 의한 CH_4 분자의 해리성 여기의 데이터를 나타낸다. 여기에서, 가로축은 전자의 충돌 에너지, 세로축은 여기되는 수소 원자의 양을 나타낸다. 도 8 에 나타내는 바와 같이, 분자의 결합을 절단하기 (H 를 절단하기) 위해 필요한 충돌 에너지에는 최적값이 존재하는 것을 알 수 있다. 도 8 로부터, 이 최적값은 약 100eV 부근으로 되어 있는 것을 알 수 있다. 또, 단순히 충돌 에너지가 크면 보다 많은 H 를 절단할 수 있는 것은 아니라는 것도 알 수 있다. 이는 충돌 에너지가 지나치게 높은 경우에는 기관 내부로 숨어들기 때문인 것으로 생각된다. 이것이 이온인 경우, 과잉된 충돌 에너지는 Si-N 결합까지 절단하거나, 스퍼터링에 의한 막의 물리 에칭을 일으키거나 하는 등, 수소의 결합을 선택적으로 절단하는 목적에서 크게 일탈되어 버린다. 또, 과잉 바이어스 전력은 반대로 수소 이온을 끌어들여 SiN 막 중의 N-H 결합량을 증대시킬 가능성도 생각할 수 있다.

[0079] SiN 막의 성막 처리 중에 수소를 선택적으로 뽑아 내기 위해서는, SiN 막의 성막시에 있어서의 바이어스 전력의 인가에 의한, 성막 대상인 기관 표면에 대한 이온 끌어들임의 이용이 적합하다. 고밀도형 플라즈마 처리 장치에서는, 미세한 갭에 대한 매립 성능을 높이기 위해서, 성막시에 바이어스 전압을 인가하여 에칭을 성막과 동시에 실시하는 기술이 있고, 고밀도형 플라즈마 처리 장치로 바이어스 전압을 인가하는 것은 알려져 있다. 단, 이것은 SiO_x 성막에서 사용되고 있는 기술이다.

[0080] 여기에서 가장 중요한 것은, 에칭에 필요한 바이어스 전력은 직경 200mm 의 웨이퍼인 경우에도 3kW 에 도달하고, 충돌 에너지에 대해서는 일반적으로 스퍼터 효율이 높은 200eV 부근으로 설정된다. 이와 같은 조건을 SiN 막의 성막에 단순히 적용해도, 도 2 로부터도 분명한 바와 같이 최적인 Si-H 나 N-H 결합의 감소를 일으킬 수는 없다. 요컨대, 종래의 고밀도형 플라즈마 CVD 장치의 기본 사양으로는, 수소 결합을 절단하는 목적에서의 바이어스 전력의 적용은 알려져 있지 않았다.

[0081] 이하, 본 발명의 일 실시형태에 관련된 플라즈마 처리 장치의 구성에 대하여 설명한다. 도 1 에 본 발명의 일 실시형태에 관련된 플라즈마 처리 장치의 구성도를 나타낸다. 도 1 에 나타내는 바와 같이, 플라즈마 처리 장치 (1) 는 높은 진공도를 유지할 수 있는 진공 용기 (10) 를 구비하고 있다. 이 진공 용기 (10) 는 통형상 용기 (11) 의 상부에 천정판 (12) 을 장착함으로써 외기 (外氣) 로부터 밀폐된 공간을 형성할 수 있다.

[0082] 진공 용기 (10) 에는, 진공 용기 (10) 의 내부를 진공 상태로 유지하는 진공 장치 (13) 가 설치되어 있다. 천정판 (12) 의 상부에는 플라즈마 (14) 를 생성시키는 RF 안테나 (15) 가 설치되어 있다. 이 RF 안테나 (15) 에는, 정합기 (16) 를 통해 고주파 전원인 RF 전원 (17) 이 접속되어 있다. 즉, RF 전원 (17) 으로부터 공급된 RF 전력은 RF 안테나 (15) 에 의해 플라즈마 (14) 에 공급된다.

[0083] 통형상 용기 (11) 의 측벽 상부에는, 성막하는 막의 원료가 되는 원료 가스를 진공 용기 (10) 내에 공급하는 원료 가스 공급 노즐 (18) 이 설치되어 있다. 본 실시형태에서는, 원료 가스로서 SiH_4 를 공급한다. 또한, 통형상 용기 (11) 의 측벽 상부에는, N_2 를 진공 용기 (10) 내에 공급하는 N_2 공급 노즐 (19) 이 설치되어 있다. 이로써, 진공 용기 (10) 의 내부 상방에는 SiH_4 와 N_2 의 플라즈마 (14) 가 생성되게 된다.

[0084] 통형상 용기 (11) 내의 하방에는, 성막 대상인 기관 (20) 을 유지하는 웨이퍼 지지대 (21) 가 설치되어 있다. 이 웨이퍼 지지대 (21) 는 기관 (20) 을 탑재하는 탑재부 (22) 와, 이 탑재부 (22) 를 지지하는 지지축 (23) 에 의해 구성되어 있다. 탑재부 (22) 의 내부에는 가열을 위한 히터 (24) 가 설치되어 있다. 이로써, 플라즈마 처리 중인 기관 (20) 의 온도를 원하는 온도로 제어할 수 있다. 기관이 실리콘 웨이퍼인 경우, 열팽창 계수는 SiN 보다 실리콘이 크기 때문에, 처리 중 온도가 높을수록 상온으로 되돌아올 때의 수축량의 차이에 의해 압축축에 응력이 발생하는데, 처리 온도의 상한은 LSI 의 적용 부위로 정해진다. 예를 들어, 배선 공정 후에 처리하는 경우, 배선 재료에 대한 영향을 고려하여 400℃ 이하가 일반적인 처리 온도로 되어 있다. 트랜지스터의 특성 개선 목적에서 성막하는 트랜지스터 근방의 SiN 막은 400℃ ~ 500℃ 가 일반적이다.

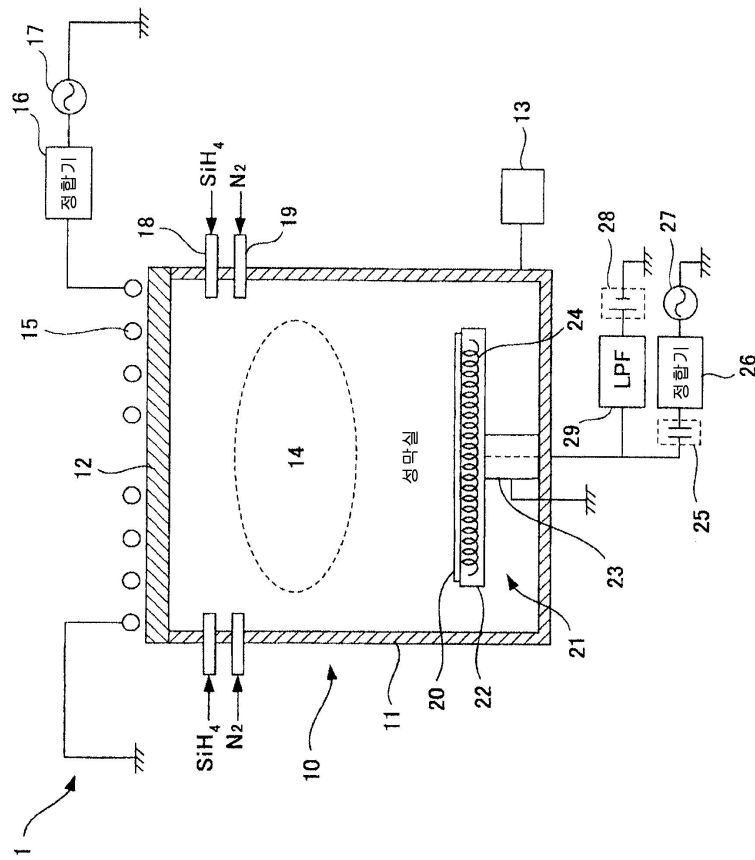
- [0085] 탑재부 (22) 에는, 기관 (20) 에 대하여 바이어스 전압을 인가할 수 있도록 콘덴서 (25) 및 정합기 (26) 를 통해 바이어스 전원 (27) 이 접속되어 있다. 이로써, 기관 (20) 의 표면에 플라즈마 (14) 중으로부터 이온을 끌어 들일 수 있다. 또한, 탑재부 (22) 에는, 기관 (20) 을 정전기력으로 유지할 수 있도록 정전 전원 (28) 이 접속되어 있다. 정전 전원 (28) 에 대한 RF 전원 (17) 이나 바이어스 전원 (27) 의 전력이 돌아 들어가지 않도록, 로우 패스 필터 (LPF) (29) 를 통해 탑재부 (22) 에 접속되어 있다.
- [0086] 또, 바이어스 전원 (27) 의 바이어스 전력과, RF 전원 (17) 의 RF 전력과, 진공 장치 (13) 의 압력과, 원료 가스 공급 노즐 (18) 및 N₂ 가스 공급 노즐 (19) 의 가스 공급량을 각각 제어할 수 있는 파라미터 제어 장치 (도시 생략) 가 설치되어 있다.
- [0087] 본 실시형태에 있어서는, 파라미터 제어 장치에 의해 바이어스 전력, RF 전력, 압력, 및 가스 공급량의 각 파라미터를 각각 제어함으로써 높은 압축 응력을 갖는 질화실리콘막을 생성하였다. 이하, 본 실시형태에 관련된 플라즈마 처리 방법에 대하여 상세히 서술한다.
- [0088] 본 실시형태에 관련된 플라즈마 처리 방법에서는, 고밀도 플라즈마 처리 장치에 저출력의 바이어스 전원을 채용하여, N-H 결합을 절단하기 위해서 필요한 최적 바이어스를 구하기 위해 SiN 막의 압축 스트레스 개선 실험을 실시하였다. 바이어스 전원은 300mm 사양의 장치에서도 500W 전원으로 충분해진다.
- [0089] 도 2 에 본 발명의 일 실시형태에 관련된 바이어스 전력과 막 스트레스의 관계를 나타낸다. 여기에서, 가로축을 바이어스 전력 (W), 세로축을 막 중 스트레스 (MPa) 로 한다. 또, 실험은 상기 서술한 본 발명의 일 실시형태에 관련된 플라즈마 처리 장치에 있어서 실시하고, 직경 200mm 의 웨이퍼를 사용하며, 성막 조건은 SiH₄=50sccm, N₂=100sccm, RF 전력=2000W, 처리 온도 250℃, 압력=2Pa 이하로 하였다.
- [0090] 도 2 에 나타내는 바와 같이, SiN 막의 압축 스트레스 개선 실험에 의해, 막 스트레스는 불과 75W 의 바이어스 전력을 인가함으로써 비약적으로 개선되는 것이 확인되었다. 또한, 바이어스 전력을 보다 높게 하면 압축 스트레스는 저하되어 가는 것도 확인되었다. 또, 바이어스 전력이 45W 내지 140W 사이에서는 막 스트레스는 -2000MPa 이상이 되어, 이 범위 내이면 높은 압축 스트레스가 얻어진다는 것이 확인되었다. 고밀도 플라즈마 처리 장치의 통상적인 사용 조건 하에서는, 바이어스 전력은 500W 내지 3000W 부근으로 설정하기 때문에, 이와 같은 바이어스 조건을 알아내는 것은 매우 곤란하다.
- [0091] 또한, 인가하는 바이어스 전력은 웨이퍼의 단위 면적당 바이어스 전력과 동일하면 된다. 다시 말하면, 웨이퍼의 단위 면적당 바이어스 전력이 동일해지도록 바이어스 전력을 인가하기만 하면 어떠한 웨이퍼의 직경이라도 상기 조건을 적용할 수 있다. 이 때문에, 직경이 300mm 인 웨이퍼의 경우, 300W 정도까지가 유효한 값이라고 할 수 있다.
- [0092] 또, SiN 막 중의 N-H 결합량은 FTIR (푸리에 변환 적외 분광 광도계) 계측에 의해 구할 수 있다. 도 3 에 FTIR 특성을 나타낸다. 도 3 에 나타내는 바와 같이 N-H 결합의 피크를 확인할 수 있다.
- [0093] 여기에서, 바이어스 전력을 변경하여, 실제로 스트레스값의 제어를 실시했을 때의 압축 스트레스와 막 중의 N-H 함유량의 관계를 측정하였다. 도 4 에 본 발명의 일 실시형태에 관련된 막 스트레스와 NH 함유량의 관계를 나타낸다. 여기에서, 가로축을 SiN 막의 스트레스 (GPa), 세로축을 NH 함유량 (10²⁰/cm³) 으로 하였다. 도 4 에 나타내는 바와 같이, 불과 수백 W 이하의 낮은 바이어스 전압을 인가함으로써 N-H 결합량이 저감되어 압축 스트레스를 높일 수 있는 것이 확인되었다.
- [0094] 다음으로, SiH₄ 공급량에 대한 N₂ 공급량의 비율인 가스 유량 비율과 막 스트레스의 관계에 대해서도 측정하였다. 도 5 에 N₂/Si₄ 와 막 스트레스의 관계를 나타낸다. 여기에서, 가로축을 N₂/SiH₄, 세로축을 SiN 막의 스트레스 (MPa) 로 하였다. 도 5 에 나타내는 바와 같이, N₂ 의 공급량은 SiH₄ 의 공급량에 대하여 3 배 이상의 비율로 첨가하면 되는 것을 알 수 있다.
- [0095] 다음으로, 성막시의 압력과 막 스트레스의 관계에 대해서도 측정하였다. 도 6 에 본 발명의 일 실시형태에 관련된 성막시의 압력과 막 스트레스의 관계를 나타낸다. 여기에서, 가로축을 성막시의 압력 (mTorr), 세로축을 SiN 막의 스트레스 (MPa) 로 하였다. 도 6 에 나타내는 바와 같이, 압축 스트레스를 높이기 위해서는 성막시의 압력은 낮을수록 좋다. 그리고, SiN 막의 스트레스를 -3000MPa 이상, 즉 압축 스트레스를 3GPa 이

상으로 하기 위해서는, 성막시의 압력은 15mTorr 이하, 즉 2Pa 이하로 하면 되는 것을 알 수 있다.

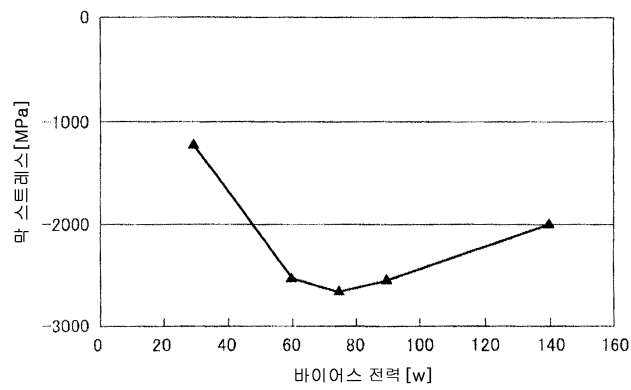
- [0096] 이러한 점에서, 높은 압축 스트레스를 갖는 SiN 을 형성하기 위한 조건으로서, 공급하는 가스종은 SiH₄ 와 N₂ 로 하고, RF 전력은 2000W 이상으로 하고, 바이어스 전력은 45 내지 300W 로 하고, N₂ 의 공급량은 SiH₄ 의 공급량에 대하여 3 배 이상의 비율로 첨가하며, 압력은 2Pa 이하로 하면 된다는 결론이 얻어졌다.
- [0097] 이와 같이, 본 실시형태에 관련된 플라즈마 처리 방법에 의하면, 실리콘을 함유하는 원료 가스와 질소 가스의 플라즈마에 의해, 처리 대상인 기판에 대하여 플라즈마 처리를 실시하는 플라즈마 처리 방법에 있어서, 질화실리콘막의 처리시에 바이어스 전력을 인가하여, 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합량을 저감시킴으로써 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합량을 저감시킬 수 있다. 또, 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합량을 저감시킴으로써 질화실리콘막의 압축 스트레스를 비약적으로 높일 수 있다.
- [0098] 또, 바이어스 전력을 직경 200mm 당 45W 내지 140W 로 하고, 바이어스 전력을 변화시켜 이온 에너지를 변화시킴으로써 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합을 효율적으로 절단할 수 있다. 이로써, 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합량을 저감시킬 수 있기 때문에 질화실리콘막의 압축 스트레스를 비약적으로 높일 수 있다.
- [0099] 또, RF 전력을 직경 200mm 당 2kW 이상으로 하고, RF 전력을 변화시켜 이온 에너지를 변화시킴으로써 공급되고 있는 질소의 분해를 확실히 실시할 수 있기 때문에, 보다 효율적으로 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합량을 저감시킬 수 있다.
- [0100] 또, 압력을 2Pa 이하로 하고, 압력을 변화시켜 이온 에너지를 변화시킴으로써 바이어스 전력 인가에 이온끼리의 충돌이 감소되기 때문에, 이온을 효율적으로 기판 표면으로 끌어 들일 수 있어 N-H 결합을 효율적으로 절단할 수 있다.
- [0101] 또, 실리콘을 함유하는 원료 가스의 공급량에 대하여, 질소 가스의 공급량을 3 배 이상으로 하고, 가스 공급량을 변화시켜 이온 에너지를 변화 시킴으로써 실리콘과 질소가 결합하는 확률이 향상되기 때문에 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합량을 저감시킬 수 있다.
- [0102] 또, 본 실시형태에 관련된 플라즈마 처리 장치에 의하면, 진공 용기 (10) 의 내부에 실리콘 및 수소를 함유하는 원료 가스를 공급하는 원료 가스 공급 노즐 (18) 과, 진공 용기 (10) 의 내부에 질소 가스를 공급하는 N₂ 공급 노즐 (19) 과, 진공 용기 (10) 내의 압력을 제어하는 진공 장치 (13) 와, 진공 용기 (10) 내부의 원료 가스와 질소 가스에 RF 전력을 인가하여 플라즈마를 발생시키는 RF 안테나 (15), 및 RF 전원 (17) 등과, 진공 용기 (10) 내부의 하방에, 처리 대상이 되는 기판 (20) 을 지지하는 가열 기능을 갖는 탑재부 (22) 와, 탑재부 (22) 에 바이어스 전력을 인가하는 바이어스 전원 (27) 과, 바이어스 전원 (27) 의 바이어스 전력, RF 안테나 (15), 및 RF 전원 (17) 등의 RF 전력, 진공 장치 (13) 의 압력, 및 원료 가스 공급 노즐 (18) 과 N₂ 공급 노즐 (19) 의 가스 공급량을 각각 제어하는 파라미터 제어 장치를 구비하고, 파라미터 제어 장치로 바이어스 전력, RF 전력, 압력, 및 가스 공급량을 제어함으로써 질화실리콘막을 성장시키는 동안, 원료 가스 중의 수소와 질소 가스의 결합 상태인 N-H 결합을 절단하기 위한 이온 에너지를 처리 대상의 기판 (20) 에 인가하여, 질화실리콘막의 막 중에 포함되는 N-H 결합량을 저감시킴으로써 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합량을 저감시킬 수 있다. 이로써, 질화실리콘막의 막 중 N-H 결합량을 효율적으로 저감시킬 수 있기 때문에 질화실리콘막을 치밀한 막으로 할 수 있게 하여 질화실리콘막의 압축 스트레스를 비약적으로 높일 수 있다.
- [0103] **산업상 이용가능성**
- [0104] 본 발명은 예를 들어, 높은 압축 스트레스를 갖는 질화실리콘막을 성막하는 경우의 플라즈마 처리 방법, 및 플라즈마 처리 장치에 적용할 수 있다.

도면

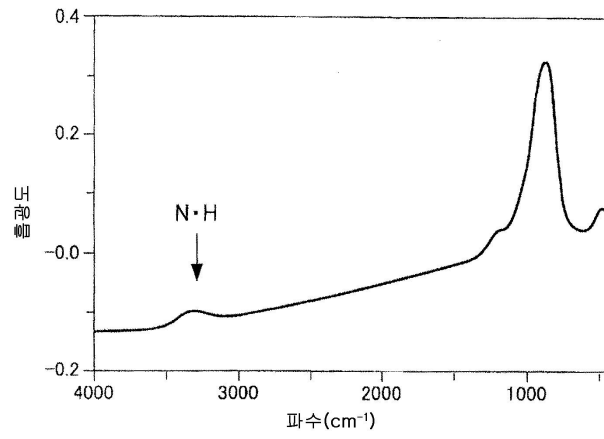
도면1



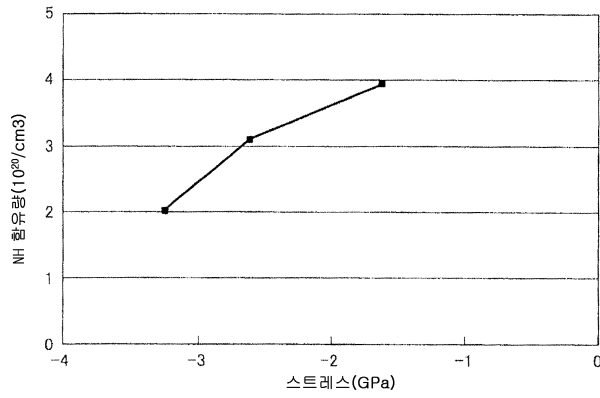
도면2



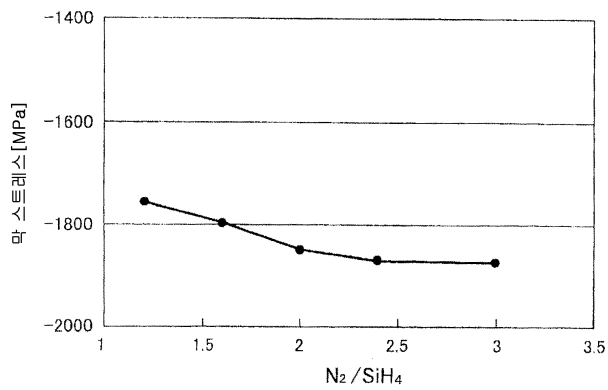
도면3



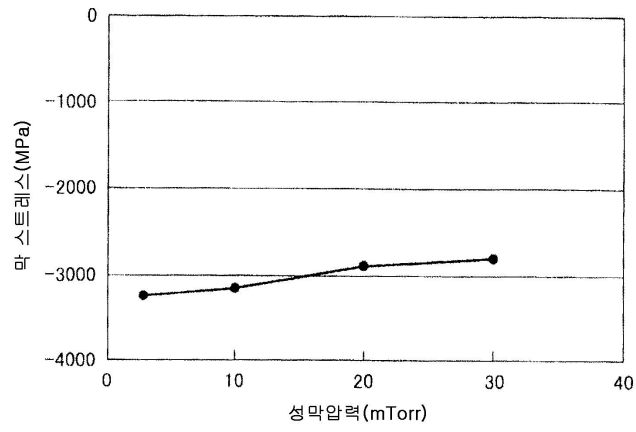
도면4



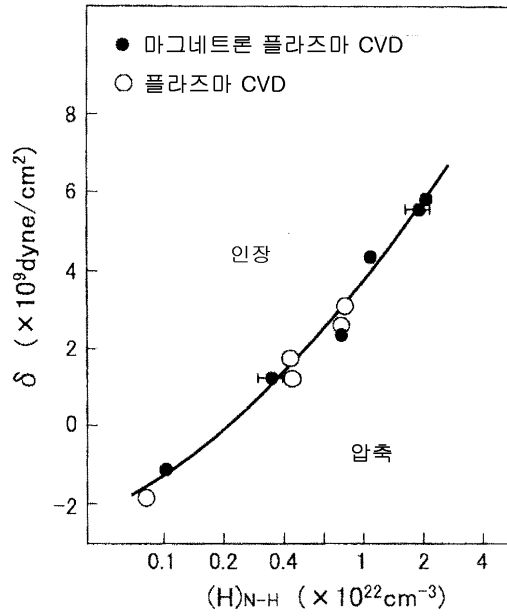
도면5



도면6



도면7



도면8

