

## (19)대한민국특허청(KR) (12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. <i>H01L 21/66</i> (2006.01)	(45) 공고일자 2006년05월03일 (11) 등록번호 10-0576402 (24) 등록일자 2006년04월26일
--	--

(21) 출원번호	10-2003-0096184	(65) 공개번호	10-2004-0058053
(22) 출원일자	2003년12월24일	(43) 공개일자	2004년07월03일

(30) 우선권주장 JP-P-2002-00371587 2002년12월24일 일본(JP)

(73) 특허권자 동경 엘렉트론 주식회사  
일본국 도쿄도 미나토구 아카사카 5초메 3반 6고

(72) 발명자 오니시다다시  
일본야마나시켄니라사키시호사카쵸미츠자와650동경엘렉트론에이티주  
식회사내  
  
하마마나부  
일본야마나시켄니라사키시호사카쵸미츠자와650동경엘렉트론에이티주  
식회사내

(74) 대리인 김창세

심사관 : 김주식

### (54) 막 처리 방법 및 막 처리 장치

#### 요약

본 발명의 막 처리 방법은, 피처리체 표면의 막에 전자빔을 조사하여 상기 막을 처리하는 처리 공정과, 상기 처리 공정 중에서, 상기 피처리체의 근방에서 전자빔을 포착하여 전류값으로서 측정하는 전류 측정 공정과, 상기 전류값을 시간 적분하여 얻어지는 전자량에 근거하여 막 처리의 종점을 검출하는 검출 공정을 구비한 것을 특징으로 하는 막 처리 방법이다. 본 발명에 따르면, 피처리체의 막에 대한 전자빔의 과부족(過不足)없는 조사가 실현되어, 적절한 막질을 얻을 수 있다.

#### 대표도

도 1

#### 명세서

#### 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 막 처리 장치의 일 실시예를 모식적으로 나타내는 단면도,

도 2는 도 1에 나타내는 막 처리 장치의 전자빔관의 배열의 일례를 나타내는 평면도,

도 3(a) 내지 도 3(c)는 도 1에 나타내는 막 처리 장치에서의 막 처리의 종점 검출의 원리를 설명하기 위한 설명도,  
 도 4는 도 1에 나타내는 그리드 전극의 전압과 전류 센서를 흐르는 센서 전류의 관계를 나타내는 그래프,  
 도 5(a) 및 도 5(b)는 각각, 도 4에 나타내는 전압과 센서 전류의 미분값의 관계를 나타내는 그래프,  
 도 6은 종점 검출의 원리를 설명하기 위한 그래프로, 처리 시간과 센서 전류 및 탐재대의 온도의 관계를 나타내는 그래프,  
 도 7은 웨이퍼 입사 전하량 및 수축율과 처리 시간의 대응 관계의 일례를 도시하는 도면,  
 도 8은 막 처리 장치의 다른 일례를 도시한 도 1에 상당하는 도면,  
 도 9는 도 8에 나타내는 막 처리 장치를 이용한 종점 검출의 원리를 설명하기 위한 그래프,  
 도 10은 막 처리 장치의 또다른 일례를 도시한 도 1에 상당하는 도면,  
 도 11은 막 처리 장치의 또다른 일례를 도시한 도 1에 상당하는 도면,  
 도 12는 막 처리 장치의 또다른 일례를 도시한 도 1에 상당하는 도면,  
 도 13은 도 12에 나타내는 막 처리 장치를 이용한 종점 검출의 원리를 설명하기 위한 그래프,  
 도 14는 도 12에 나타내는 막 처리 장치를 이용한 종점 검출의 원리를 설명하기 위한 그래프,  
 도 15(a)는 개량된 막 처리 장치에 이용되는 웨이퍼 W의 승강 기구를 모식적으로 나타내는 도면,  
 도 15(b)는 종래의 막 처리 장치에 이용되는 웨이퍼 W의 승강 기구를 모식적으로 나타내는 도면.

#### 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

1 : 막 처리 장치 2 : 처리 용기  
 3 : 탐재대 4 : 전자빔관  
 5 : 그리드 전극 6 : 제어 장치  
 7 : 승강 기구 8 : 벨로즈  
 9 : 게이트밸브 20 : 종점 검출 장치  
 22 : 전류계 23 : 전자량 연산 수단  
 24 : 온도센서 25 : 시간 적분 수단  
 26 : 기억 수단

#### 발명의 상세한 설명

##### 발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 막 처리 방법 및 막 처리 장치에 관한 것으로, 더 자세하게는, 웨이퍼 등의 피처리체 표면의 층간 절연막 등의 막의 처리를 알맞게 실시할 수 있는 막 처리 방법 및 막 처리 장치에 관한 것이다.

반도체 장치의 고 집적화 및 고속화에 따라, 배선 구조가 미세화되어, 배선간의 절연막에 의한 기생 용량의 저감이 점점 중요하게 되고 있다. 그래서, 최근, 미세한 배선 구조의 배선간의 절연막에 의한 기생 용량을 저감시키기 위해서, 저유전율의 유기재료가 여러 가지 개발되고, 이들 유기재료가 Low-k재로서 층간 절연막이나 보호막 등에 사용되고 있다. 이 Low-k 막재는, 예컨대, 스피코터 및 베이크 화로를 이용하여 피처리체의 표면에 도포하여 사용되는 SOD막으로서 알려져 있다. 그러나, SOD막은 대부분이 유기재료이며, 또한 일부의 SOD막은 기공율을 높여 저유전율을 얻고 있기 때문에, 기계적 강도가 열화한다. 그래서, 예컨대, 전자빔 처리 장치 등을 이용하여, SOD막의 저유전율을 유지하고 기계적 강도를 높이는 등의 개질이 행해지고 있다.

전자빔 처리 장치는, 복수의 전자빔관으로부터 웨이퍼 등의 피처리체의 표면에 전자빔을 조사하여, 피처리체 표면의 SOD 막 등의 막을 개질 및 경화하는 것이다. 이 개질 및 경화를, 이하에서는 EB 큐어라고 부른다. EB 큐어에 즈음하여, 동종의 막을 사전에 평가했을 때의 배경 데이터를 참고로 하여 전자빔 처리 장치에 대하여 처리 조건(예컨대, 처리 시간)을 설정한 후에 EB 큐어를 실시하고 있다.

그러나, 종래의 전자빔 처리 장치를 이용하여 막 개질을 실행하는 경우에는, 사전 평가에서 얻어진 처리 시간 등의 처리 조건을 설정해도, 피처리체로의 전자빔의 조사량에 편차가 있기 때문에, 최적의 처리 시간을 실현하는 것이 어렵다. 즉, 처리 시간이 동일해도, 피처리체로의 조사 전자량에 과부족이 발생해서, 피처리체 표면의 막에 있어서 소망의 막질을 얻는 것이 어려워, 스루풋의 저하도 초래한다고 하는 문제가 있었다. 예컨대, EB 큐어시의 처리 시간이 불충분한 경우에는, 경화가 완료되지 않아, 소망의 막강도를 얻을 수 없어서 적절한 막질을 얻을 수 없다. 한편, EB 큐어시의 처리 시간이 과잉으로 되면, k값이 악화하는 등 하여, 역시 적절한 막질을 얻을 수 없다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기 과제를 해결하기 위해서 이루어진 것으로, 피처리체의 막에 대하여 전자빔을 과부족없이 조사하여 적절한 막질을 얻을 수 있는 막 처리 방법 및 막 처리 장치를 제안하는 것을 목적으로 하고 있다.

### 발명의 구성 및 작용

본 발명은, 피처리체 표면의 막에 전자빔을 조사하여 상기 막을 처리하는 처리 공정과, 상기 처리 공정 중에서, 상기 피처리체의 근방에서 전자빔을 포착하여 전류값으로서 측정하는 전류 측정 공정과, 상기 전류값을 시간 적분하여 얻어지는 전자량에 근거하여 막 처리의 종점을 검출하는 검출 공정을 구비한 것을 특징으로 하는 막 처리 방법이다.

본 발명에 따르면, 처리중인 전자량에 근거하여 막 처리의 종점을 검출함으로써, 피처리체 표면의 막에 대한 전자빔의 과부족없는 조사가 실현되어, 적절한 막질을 얻을 수 있다.

상기 처리 공정에서, 상기 전자빔의 상기 막으로의 조사량이 그리드 전극에 의해서 제어되는 것이 바람직하다.

또한, 본 발명 방법은, 미리, 기준으로 되는 피처리체의 막 처리의 종점까지 보충되는 전자량을 기준 전자량으로서 구하는 공정을 더 구비하고, 상기 검출 공정은, 상기 기준 전자량에 근거하여 막 처리의 종점을 검출하는 것이 바람직하다.

또한, 상기 검출 공정은, 상기 피처리체를 유지하는 유지체의 온도 또는 상기 피처리체의 온도에 근거하여 막 처리의 종점을 검출하는 것이 바람직하다.

또한, 본 발명은, 피처리체 표면의 막에 전자빔을 조사하여 상기 막을 처리하는 처리 장치와, 상기 피처리체의 근방에서 전자빔을 전류로서 포착하는 전류 센서와, 상기 전류 센서에 의해 포착된 전류의 전류값을 측정하는 전류 측정 수단과, 상기 전류값을 시간 적분하여 전자량을 구하는 연산 수단과, 상기 전자량에 근거하여 막 처리의 종점을 검출하는 검출 수단을 구비한 것을 특징으로 하는 막 처리 장치이다.

본 발명에 따르면, 처리중인 전자량에 근거하여 막 처리의 종점을 검출함으로써, 피처리체 표면의 막에 대한 전자빔의 과부족없는 조사가 실현되어, 적절한 막질을 얻을 수 있다.

상기 처리 장치는, 상기 전자빔의 상기 막으로의 조사량을 제어하는 그리드 전극을 갖고 있는 것이 바람직하다.

또한, 본 발명 장치는, 기준으로 되는 피처리체의 막 처리의 종점까지 보충되는 기준 전자량을 기억하는 기억 수단을 더 구비하고, 상기 검출 수단은, 상기 기준 전자량에 근거하여 막 처리의 종점을 검출하도록 되어 있는 것이 바람직하다.

또한, 상기 검출 수단은, 상기 피처리체를 유지하는 유지체의 온도 또는 상기 피처리체의 온도에 근거하여 막 처리의 종점을 검출하도록 되어 있는 것이 바람직하다.

또한, 예컨대, 상기 처리 장치는, 처리 용기와, 상기 처리 용기 내에 배치된 탑재대와, 상기 탑재대 상에 탑재된 피처리체에 전자빔을 조사하는 복수의 전자빔관을 구비하고 있다.

이하, 첨부 도면에 나타내는 실시예에 근거하여 본 발명을 설명한다.

우선, 본 발명의 막 처리 장치의 일 실시예에 대하여 도 1을 참조하면서 설명한다.

본 실시예의 전자빔 처리 장치(1)는, 예컨대, 도 1, 도 2에 도시하는 바와 같이, 알루미늄 등에 의해서 감압할 수 있게 형성된 처리 용기(2)와, 이 처리 용기(2) 내의 저면 중앙에 배치되고, 또한 피처리체(웨이퍼) W를 탑재하는 탑재대(3)와, 이 탑재대(3)와 대향하는 처리 용기(2)의 상면에 동심원 형상으로 배열하여 부착된 복수(예컨대, 19개)의 전자빔관(4)과, 이들 전자빔관(4)으로부터의 전자빔 B의 조사량을 제어하는 그리드 전극(5)을 구비한다. 제어 장치(6)의 제어 하에, 각 전자빔관(4)으로부터 탑재대(3) 상의 웨이퍼 W 전면에 전자빔 B가 조사되어, 웨이퍼 W 표면에 형성된 도포형 절연막(이하, 「SOD막」이라고 함)의 막질이 개질된다. SOD막은, 예컨대, Si, O, C, H의 각 원소를 구성 성분으로서 포함하는 유기재료에 의해서 형성되어 있다. 또한, 웨이퍼 W의 표면에 형성된 막은, SOD막에 제한되는 것이 아니라, 층간 절연막이나 보호막으로서 사용되는 다른 막이더라도 좋다. 이하에서는, 필요에 따라, 전자빔에 의한 개질을 EB 큐어라고 한다.

또한, 상기 탑재대(3)의 하면에는, 승강 기구(7)가 연결되어 있다. 승강 기구(7)의 볼나사(7A)를 거쳐서, 탑재대(3)가 승강한다. 탑재대(3)의 하면과 처리 용기(2)의 저면은, 신축이 자유자재인 스테인레스제의 벨로즈(8)에 의해서 연결되어 있다. 이에 따라, 처리 용기(2) 내의 기밀이 유지되어 있다. 또한, 처리 용기(2)의 주위면에는, 웨이퍼 W의 반출입구(2A)가 형성되어 있다. 이 반출입구(2A)에는, 게이트밸브(9)가 개폐 가능하게 부착되어 있다. 또한, 처리 용기(2)의 반출입구(2A)의 위쪽 위치에는 가스 공급구(2B)가 형성되고, 처리 용기(2)의 저면에는 가스 배기구(2C)가 형성되어 있다. 그리고, 가스 공급구(2B)에는 가스 공급원(도시하지 않음)이 가스 공급관(10)을 거쳐서 접속되고, 가스 배기구(2C)에는 진공배기 장치(도시하지 않음)가 가스 배기관(11)을 거쳐서 접속되어 있다. 또한, 도 1에서, 도면 부호 12는 벨로즈 커버이다.

또한, 상기 탑재대(3)는 히터(도시하지 않음)를 갖고 있다. 이 히터에 의해서 웨이퍼 W는 소망의 온도까지 가열된다. 또한, 19개의 전자빔관(4)은, 예컨대, 도 2에 도시하는 바와 같이, 처리 용기(2) 상면의 중심에 배치된 1개의 전자빔관(4)과, 이 중심의 전자빔관(4)의 주위에 배치된 6개의 전자빔관(4)과, 이들 6개의 전자빔관(4)의 주위에 배치된 12개의 전자빔관(4)으로 구성되어 있다. 전자빔관(4)은 처리 용기(2) 내에 배치된 전자빔의 투과창을 갖고 있다. 이 투과창은, 예컨대, 투명 석영유리에 의해서 봉지되어 있다. 이 투과창의 아래쪽에는, 그리드 전극(5)이 대향 배치되어 있다.

또한, 상기 막 처리 장치(전자빔 처리 장치)(1)는, 도 1에 도시하는 바와 같이, 종점 검출 장치(20)를 구비하고 있다. 종점 검출 장치(20)는 웨이퍼 W 표면의 SOD막의 EB 큐어의 종점을 검출한다. 이 종점 검출 장치(20)는, 탑재대(3) 상면에 웨이퍼 W를 둘러싸도록 배치되고, 또한 전자빔관(4)으로부터의 전자빔을 웨이퍼 W의 근방에서 포착하는 전류 센서(21)와, 이 전류 센서(21)에 접속된 전류 측정 수단(예컨대, 전류계)(22)과, 이 전류계(22)의 측정값을 시간으로 적분하여(적산하여) 전류 센서(21)에 의해 포착한 전자량을 구하는 전자량 연산 수단(23)과, 이 연산 전자량을 저장하는 기억 수단(26)을 구비하고 있다. 전류 센서(21)는, 전자빔관(4)으로부터의 전자빔을 포착할 수 있는 재료에 의해서 형성된다. 예컨대, 금속 등의 도체나 Si 등의 반도체를 이용할 수 있다. 또한, 종점 검출 장치(20)는, 탑재대(3)의 온도를 측정하는 온도센서(24)와, 이 온도센서(24)의 측정값을 시간으로 적분하는 시간 적분 수단(25)을 더 구비한다. 이에 따라, 종점 검출 장치(20)는, 웨이퍼 W가 흡열한 총열량을 간접적으로 연산할 수도 있다.

도 3(a)~도 5는 본 실시예의 종점 검출 장치(20)의 측정 원리를 설명하기 위한 도면이다. 도 3(a)에 도시하는 바와 같이, 전자빔관(4)(도 1 참조)로부터의 전자빔 B의 조사량은 그리드 전극(5)으로 제어된다. 조사량 제어 후의 전자빔 B는 전류 센서(21)에 의해 포착된다. 그리고, 전류계(22)가 전류 센서(21)로부터의 센서 전류를 측정한다. 이 전류값에 의해서, 전자빔관(4)으로부터 전류 센서(21)에 입사한 전자량을 정량적으로 파악할 수 있다. 이에 따라, 전류 센서(21)의 내측에 배치된 웨이퍼 W에 입사하는 전자량을, 간접적이지만 정량적으로 파악할 수 있다.

이 때, 전자빔관(4)으로부터 조사되는 전자는, 전자빔관(4)에 대한 인가 전압에 의해서, 도 3(b)에 실선 A로 나타내는 일정한 에너지값을 갖는 것이 아니라, 도 3(b)에 파선 B로 나타내는 임의의 폭을 갖는 에너지 분포를 갖는다고 생각된다. 따라서, 그리드 전극(5)의 전압을 올려가면, 도 3(c)에 도시하는 바와 같이, 소정의 그리드 전압  $V_g$ 에서 전자빔이 그리드 전극(5)에 의해서 차단된다. 즉, 전류 센서(21)에 전자빔이 도달하지 않고, 전류값이 0이 된다. 이 때, 도 3(c)에 실선 C로 도시하는 바와 같이, 임의의 전류값으로부터 즉시 0이 되는 것은 아니고, 도 3(b)에 파선 B로 도시되는 전자수의 분포에 의거하여, 전류 센서(21)로의 전자수는 도 3(c)의 파선 D로 도시하는 바와 같이, 완만히 감소하여 0이 된다고 생각된다.

실제로, 그리드 전압과 센서 전류(21)의 관계가 구해졌다. 도 4에 그 결과를 나타낸다. 도 4의 결과는 도 3(c)에 대응하는 것을 알았다. 또한, 도 5(a)는, 도 4에 나타낸 그래프 중, 전자빔관(4)의 인가 전압이 20kV인 경우의, 센서 전류의 그리드 전압에 대한 변화율( $dI/dV$ )을 그래프화한 것이다. 또한, 도 5(b)는, 도 4에 나타낸 그래프 중, 전자빔관(4)의 인가 전압이 22kV인 경우의, 센서 전류의 그리드 전압에 대한 변화율( $dI/dV$ )을 그래프화한 것이다. 도 5(a) 및 도 5(b)로부터도 분명하듯이, 이들 그래프는 도 3(b)에 나타낸 전자의 에너지 분포와 대응하는 것을 알았다. 즉, 전류 센서(21)는, 전자빔을 확실하고 또한 재현성 좋게 포착할 수 있어, 전자빔 B의 조사량을 확실히 검출할 수 있고, 막 처리의 종점 검출에 이용할 수 있다.

그래서, 웨이퍼 W의 SOD막에 전자빔이 조사될 때, 전류 센서(21)에 의해 포착되는 전자량을, 전류계(22)에 의해서 전류값으로서 파악할 수 있다. 이 전류값은, 그리드 전극(5)의 제어 하에, 예컨대, 도 6에 실선 A로 도시하는 바와 같이, 급격히 커져 일정한 값으로 안정하게 유지된다. 이 때, 웨이퍼 W의 SOD막이 EB 큐어된다. 그리고, 이 전류값을 시간으로 적분함으로써, 그 시간까지 입사한 전자량을 구할 수 있다. 임의의 조건에서, 전류 센서(21)로의 입사 전자량과 웨이퍼 W의 SOD막으로의 입사 전자량 사이에는, 임의의 상관 관계가 성립되어 있다. 그래서, 본 실시예에서는, 미리, 기준으로 되는 웨이퍼 W의 SOD막의 EB 큐어가 행해진다. 그리고, 알맞은 개질 상태가 얻어졌을 때, 전자량 연산 수단(23)에서 전류 센서(21)로 검출된 전류값이 시간으로 적분된다. 이 적분값이 기준 전자량으로서 기능한다. 이 기준 전자량은 제어 장치(6)의 기억 수단(26)에 저장된다. 그리고, 이 기준 전자량과 전자량 연산 수단(23)을 거쳐서 얻어지는 실제의 웨이퍼 W의 처리시의 연산 전자량이 차례로 비교되어, 실제 웨이퍼 W의 SOD막의 EB 큐어의 종점이 검출된다. 기준 전자량은 웨이퍼 W의 SOD막 등의 막질에 의해서 결정된다. 이 때문에, 기준 전자량은 막종류마다 구해진다.

또한, EB 큐어는 입사하는 전자와 열의 복합 작용에 의해서 진행된다. 그래서, 최적의 EB 큐어의 종점을 검출하기 위해서, 온도의 시간 적분을 이용할 수 있다. 그래서, 미리, 기준으로 되는 웨이퍼 W의 SOD막의 EB 큐어가 행해진다. 기준 전자량을 구한 경우와 마찬가지로, 알맞은 개질 상태가 얻어졌을 때, 도 6의 실선 B로 도시하는 바와 같이 온도센서(24)에 의해 검출된 온도가 시간 적분 수단(25)에서 시간으로 적분된다. 이 적분값이 기준 열량(기준 적분 온도)으로서 기능한다. 이 기준 열량은 제어 장치(6)의 기억 수단(26)에 저장된다. 그리고, 이 기준 열량과 전자량 연산 수단(23)을 거쳐서 얻어지는 실제의 웨이퍼 W의 처리시의 연산 열량이 차례로 비교되고, 상기 기준 전자량에 근거하여 종점이 검출되고, 또한 기준 열량에 근거하여 종점이 검출된 때를, 실제 웨이퍼 W의 SOD막의 EB 큐어의 종점으로서 검출하도록 해도 좋다. 또는, 실제의 웨이퍼 처리 중의 연산 전자량과 연산 열량을 곱한 값을 기준 전자량과 기준 열량을 곱한 값과 비교하여, 종점을 결정할 수도 있다. 즉, 본 실시예에서는, 기준 전자량에 근거하여 EB 큐어의 종점을 정량적으로 검출하는 것에 부가하여, 기준 열량도 참조함으로써, 보다 정확히 종점을 검출할 수 있다.

또한, 웨이퍼 입사 전하량 및 수축율이라는 지표를 이용하여 종점을 검출해도 좋다. 웨이퍼 입사 전하량은, 전류 센서(21)에 의해 검출된 전류량에, 전류 센서 면적과 웨이퍼 면적의 비를 곱해서 구한 총 웨이퍼 입사 전류량(계산값)을 웨이퍼 면적으로 나눈 값이다. 수축율은 막두께 수축율이다. 이들의 지표와 처리 시간의 대응 관계의 일례를 도 7에 나타낸다. 도 7에 나타내는 예에서는, 처리 시간과 함께 수축율이 증가하고, 측정·계산되는 웨이퍼 입사 전하량도 증가하고 있다. 수축율은 전자빔의 큐어 효과를 나타내는 지표가 되기 때문에, 미리 웨이퍼 입사 전하량과 수축율의 상관 관계를 파악해 놓고, 실제의 처리시에는 웨이퍼 입사 전하량을 모니터링하여, 소정의 수축율로 되는 웨이퍼 입사 전하량을 검출했을 때에 처리를 종료하면 좋다.

그런데, SOD막 등의 막에 EB 큐어를 실시하면, 일반적으로 막 표면에 가까운 영역일수록 탄소 성분이 감소하여, 막질의 균일성이 저하한다. 이러한 SOD막 등의 막에 대하여 에칭이나 애싱을 실시하면, 깊이에 따라 에칭 조건이나 애싱 조건이 변동하여, 에칭이나 애싱의 형상이 열화하고, 또는 에칭레이트 등이 저하할 우려가 있다. 또한, 세정액 등에 의한 에칭을 받을 가능성도 있다. 그래서, 웨이퍼 W에 SOD막을 도포하는 경우에는, 도포 공정이 복수의 공정으로 분할되고, 각 공정에서 단계적으로 탄소 농도가 높은 도포 재료가 도포되어, SOD막의 깊이 방향으로 탄소 농도의 경사가 마련된다. 이에 따라, 상층일수록 탄소 농도가 높다. 이와 같이 깊이 방향으로 탄소 농도의 경사를 마련하는 것에 의해, EB 큐어에 의해서 SOD막의 표층부의 탄소 농도가 감소해도, 이 부분의 탄소 농도는 미리 고농도로 되어 있기 때문에, EB 큐어 종료시에는 SOD막의 깊이 방향의 농도가 대략 균일하도록 되어, 상술한 문제점을 해소할 수 있다.

다음에, 본 실시예의 전자빔 처리 장치(1)에서의 막 처리의 종점 검출 방법에 대하여 설명한다. 웨이퍼 W의 SOD막에 EB 큐어가 실시되는 경우에는, 우선, 웨이퍼 W가 웨이퍼 반송암(도시하지 않음)을 거쳐서 전자빔 처리 장치(1)까지 반송된다. 다음에, 게이트밸브(9)가 열리고, 웨이퍼 반송암이 반출입구(2A)로부터 웨이퍼 W를 처리 용기(2) 내로 반송하여 처리 용기(2) 내에서 대기하는 탑재대(3) 상에 인도한다. 그 후, 웨이퍼 반송암이 처리 용기(2)로부터 퇴피하고, 게이트밸브(9)가 닫혀, 처리 용기(2) 내가 기밀 상태로 된다. 그 사이에, 승강 기구(7)를 거쳐서 탑재대(3)가 상승하여, 웨이퍼 W와 전자빔 관(4)의 간격이 소정 거리로 유지된다.

그 후, 진공배기 장치를 거쳐서 처리 용기(2) 내의 공기가 배기되고, 또한, 가스 공급원으로부터 처리 용기(2) 내로 예컨대, Ar나 N<sub>2</sub> 등의 비활성 가스가 공급된다. 이에 따라, 처리 용기(2) 내의 공기가 비활성 가스로 치환되고, 또한, 처리 용기(2) 내의 비활성 가스의 압력이 소정의 압력으로 유지된다. 이 때, 탑재대(3)의 히터가 작동하여, 웨이퍼 W가 가열되어 소정의 온도로 유지된다. 이 상태에서, 모든 전자빔관(4)에 소정의 전압이 인가되어, 도 3(b)에 도시하는 바와 같이, 각 전자빔관(4)으로부터 웨이퍼 W를 향해서 임의의 에너지 분포를 갖는 전자빔 B가 조사된다. 그리고, 그리드 전극(5)에 의해 전자빔의 조사량이 제어되면서, SOD막의 EB 큐어가 시작된다.

그리드 전극(5)을 통과한 전자는 웨이퍼 W의 SOD막 또는 전류 센서(21)에 입사한다. 그리고, 전류계(22)는 전류 센서(21)에 의해 포착된 전자를 전류값으로서 측정한다. 이 측정값은 제어 장치(6)에 출력된다. 제어 장치(6)에서는, 전류계(22)에 의한 측정값이 A/D 변환된 후, 전자량 연산 수단(23)에서 전류값이 시간으로 적분되어 전자량이 연산된다. 또한, 이것과 병행하여, 온도센서(24)에서 탑재대(3)의 온도가 측정된다. 전자량과 마찬가지로, 시간 적분 수단(25)에서 측정 온도가 시간으로 적분되어 적분 온도가 연산된다.

제어 장치(6)에서는, 전자량 연산 수단(23)에서의 연산 전자량과 기준 전자량이 차례로 비교된다. 연산 전자량이 기준 전자량에 도달하면, EB 큐어가 종점에 도달했다고 판단되어, 제어 신호가 출력되고 전자빔 B의 조사가 정지되어 EB 큐어가 종료된다. 또는, 이 때, 시간 적분 수단(25)의 적분 온도가 기준 적분 온도에 도달하고 있지 않을 때에는, 연산 열량이 기준 적분 온도에 도달할 때까지 EB 큐어가 속행되더라도 좋다.

이상 설명한 바와 같이, 본 실시예에 따르면, 웨이퍼 W의 근방에서 전자빔 B가 전류 센서(21)에 의해 포착되고, 전류 센서(21)에 의해 포착된 전자량이 전류계(22)에서 전류값으로서 측정되며, 이 측정값을 전자량 연산 수단(23)에서 시간 적분하여 얻어지는 전자량에 근거하여 EB 큐어의 종점이 검출되기 때문에, 웨이퍼 W의 SOD막 등의 막에 대하여 전자빔이 과부족없이 조사되어, 항상 최적의 EB 큐어를 실시할 수 있다. 즉, 소망의 k값을 갖는 적정한 막질을 얻을 수 있다.

또한, 본 실시예에 따르면, 미리, 기준으로 되는 웨이퍼 W의 막의 EB 큐어의 종점까지 포착되는 기준 전자량이 구해지고, 이 기준 전자량에 근거하여 EB 큐어의 종점이 검출되기 때문에, 적정한 막질에 대응하는 EB 큐어의 종점을 확실히 검출할 수 있어, 실시간으로 EB 큐어를 자동적으로 종료시킬 수 있다. 이 때, 탑재대(3)의 온도가 측정되고, 이 측정값의 적분 온도에 근거하여 종점이 검출되기 때문에, EB 큐어의 종점을 보다 확실히 검출할 수 있다. 또한, 그리드 전극(5)이 마련되어 있기 때문에, 전자빔 B의 조사량을 보다 확실히 제어할 수 있다.

다음에, 다른 종점 검출 방법 및 장치에 대하여, 도 8~도 12를 참조하면서 동일 부분에는 동일 부호를 붙여 특정 부분을 중심으로 설명한다. 도 8 및 도 9는, 푸리에 변환 적외분광분석(FT-IR) 장치나 질량 분석 장치 등의 가스분석 장치를 이용하여 특정 가스를 정량 분석함으로써 EB 큐어의 종점을 검출하는 장치를 나타내고 있다.

도 8에 나타내는 전자빔 처리 장치(1)는, 처리 용기(2), 탑재대(3), 전자빔관(4) 및 그리드 전극(5)을 구비하고 있고, 종점 검출 수단을 다르게 하는 것 이외는 상기 실시예에 준하여 구성되어 있다. 그리고, 처리 용기(2)에는, 가스 배기관(11)을 거쳐서 진공배기 장치(13)가 접속되어 있다. 가스 배기관(11)에는, 가스 도입관(11A) 및 가스 도출관(11B)이 접속되어 있다. 이들 가스 도입관(11A) 및 가스 도출관(11B)을 거쳐서, 종점 검출 장치가 가스 배기관(11)에 접속되어 있다. 종점 검출 장치는, 예컨대, 질량 분석 장치나 FT-IR 장치 등에 의해서 구성된다. 여기서는, 질량 분석 장치(40)가 이용되고 있다.

EB 큐어에 의해서 웨이퍼 W의 SOD막으로부터 가스가 이탈하면, 당해 이탈 가스는 처리 용기(2)로부터 가스 배기관(11)으로 배출된다. 이 배출 가스는 가스 도입관(11A)으로부터 질량 분석 장치(40) 내에 도입되어, 가스 성분이 분석된다. 분석 후의 가스는 가스 도출관(11B)으로부터 가스 배기관(11)으로 도출된다. 예컨대, 웨이퍼 W 표면의 SOD막이 EB 큐어될 때, SOD막에서는 입사 전자의 에너지에 의해서 중축합 반응(重縮合反應) 등의 화학반응이 일어나, 물이나 수소 가스 등이

SOD막으로부터 이탈한다. 이 이탈 가스에 대하여, 질량 분석 장치(40)에 의해서 복수의 가스 성분이 차례로 정량되고, 즉, EB 큐어시의 이탈 가스 성분이 감시된다. 이에 따라, 종점 검출을 할 수 있고, 즉, 상기 실시예와 마찬가지로의 작용 효과를 기대할 수 있다.

도 9는, SOD막이 피막된 샘플 웨이퍼와 피막되어 있지 않은 실리콘 웨이퍼가 EB 큐어됐을 때의, 처리 시간과 각 가스 성분의 농도(강도)의 관계를 나타내는 그래프이다. (i)가 수소 가스의 강도를 나타내고 있다. 도 9로부터도 분명하듯이, 수소 가스에 대해서는, 시간 경과에 따라 SOD막으로부터의 이탈량(강도)이 감소하고 있다. 그래서, 여기서는 수소 가스의 강도를 지표로 하여 종점 검출이 행해진다. 미리, SOD막에 대하여 적정한 EB 큐어가 행해졌을 때까지의 수소 가스의 강도가 시간으로 적분되고, 그 적분값이 종점 판단의 기준값으로서 이용된다. 그리고, 실제 웨이퍼가 EB 큐어될 때, 상술한 경우와 마찬가지로, 실제 처리시의 강도 적분값과 상기 기준값이 비교되어, 강도 적분값이 기준값에 도달한 시점이 EB 큐어의 종점으로 판단된다. 따라서, 이 경우도 상기 실시예와 마찬가지로의 작용 효과를 기대할 수 있다. 또한, 도 9에 나타내는 결과는 EB 큐어가 하기 조건에서 행해졌을 때에 얻어진 것이다.

[EB 큐어의 조건]

웨이퍼 온도 : 350℃

비활성 가스 : Ar(10Torr, 3L/분)

전자빔관

인가 전압 : 13kV

관 전류 : 170 $\mu$ A

처리 시간 : 5분

질량 분석 장치(40)를 이용하면, 상술한 바와 같이 EB 큐어의 종점을 검출할 수 있다. 그러나, 그 외에도 이탈 가스를 분석함으로써, 예컨대, 처리 용기(2)의 내벽에 퇴적되는 가스 성분을 파악할 수 있다. 이 가스 성분을 정량함으로써, 내벽으로의 퇴적막 두께를 추정할 수 있다. 그리고, 이 퇴적막 두께에 근거하여, 처리 용기(2) 내의 클리닝 시기를 추정할 수 있다. 또한, 산소 가스를 분석함으로써, 처리 용기(2)에서의 가스 리크의 유무를 감시할 수도 있다.

또한, SOD막에서는 전자빔의 조사에 의해 중축합 반응이 일어나, SOD막으로부터 물분자가 이탈한다. 도 10에 도시하는 바와 같이, FT-IR 장치를 종점 검출 장치로서 이용해서, 상기 물분자를 정량하여 시간으로 적분함으로써, 상기 각 실시예와 마찬가지로 EB 큐어의 종점을 검출할 수 있다. 도 10의 경우, 처리 용기(2)에 FT-IR 장치(50)가 배관(51)을 거쳐서 접속되어 있다. 이에 따라, 웨이퍼 W의 위쪽을 부유하는 물분자(수증기)가 배관(51)으로부터 취출되고, FT-IR 장치(50)에 의해서 당해 물분자의 수소-산소 결합의 적외선 흡수 강도가 측정된다. 이 흡수 강도를 시간으로 적분함으로써, EB 큐어의 종점을 검출할 수 있다. 물론, 이 경우에도, 종점 검출 장치로서 질량 분석 장치 등의 가스분석 장치를 이용할 수 있다.

또한, 발광 분광 분석을 이용하여 EB 큐어의 종점을 검출할 수 있다. 이 경우에는, 도 11에 도시하는 바와 같이, 처리 용기(2) 주벽의 상부에 예컨대, 콜리메이터(61)가 부착되고, 이 콜리메이터(61)에 광섬유(62)를 거쳐서 분광기(60)가 접속된다. 그리고, 콜리메이터(61) 및 광섬유(62)를 거쳐서 취입된 발광 스펙트럼이 분광기(60)에서 분광되고, 특정 이탈 가스(예컨대, 수소 라디칼 등)에 대응하는 플라즈마의 특정 파장의 발광 스펙트럼 강도가 측정되며, 이 발광 강도가 시간으로 적분된다. 그리고, 이 적분값에 근거하여 EB 큐어의 종점이 검출된다. 이 경우에도, 미리 기준 웨이퍼를 이용하여 기준값으로 되는 적분값이 산출된다. 그리고, 실제 웨이퍼 W가 EB 큐어될 때에 얻어지는 적분값과 기준값을 비교함으로써, EB 큐어의 종점을 검출할 수 있어, 상기 실시예와 마찬가지로의 작용 효과를 기대할 수 있다.

또한, EB 큐어의 종점은, 웨이퍼 표면의 SOD막의 굴절율을 이용해도 검출할 수 있다. 웨이퍼 W의 SOD막의 EB 큐어에 있어서는, 전자빔관으로부터 SOD막으로의 입사 전자에 의해서 SOD막을 형성하는 유기 화합물에 활성화 에너지가 부여되어, 중축합 반응 등에 의해 가스가 생성되고, 이 결과 SOD막이 수축하여 경화한다. SOD막의 수축에 의해서 SOD막의 굴절율이 변화한다. 이 때문에, SOD막의 굴절율과 수축율의 관계에 근거하여, EB 큐어의 종점을 검출할 수 있다. 이 경우에도, 상기 실시예와 마찬가지로의 작용 효과를 기대할 수 있다.

예컨대, 도 12에 나타내는 전자빔 처리 장치(1)에서는, 처리 용기(2)의 상면에 굴절을 측정기(예컨대, 단일 파장을 이용하는 분광 엘립소미터)(70)가 부착되어 있다. 이 굴절을 측정기(70)에 의해서, SOD막의 굴절율이 측정된다. 그 밖의 부분은 상기 각 전자빔 처리 장치(1)에 준하여 구성되어 있다. 도 13은, 전자빔 처리 장치(1)가 하기 조건으로 설정되어 EB 큐어가 행해졌을 때의 EB 큐어의 처리 시간과 SOD막의 수축율 및 그 굴절율(RI)의 관계를 나타내고 있다. 이 때, 633nm의 단일 파장이 이용되어 굴절율이 측정되었다. 도 13에 도시하는 바와 같이, 수축율 및 굴절율은 모두, 처리 시간의 경과에 따라 대략 비례하여 증가하고 있다. EB 큐어의 종점을 검출하는 경우에는, 상술의 경우와 마찬가지로, 기준 웨이퍼에 대하여 미리 적정한 EB 큐어가 실시됐을 때까지의 굴절율이 시간으로 적분되고, 그 적분값이 종점 판단의 기준값으로서 이용된다. 그리고, 실제 웨이퍼 W가 EB 큐어될 때, 굴절율이 시간으로 적분되고, 당해 적분값이 기준값에 도달한 시점이 EB 큐어의 종점으로서 판단된다. 이 경우에도 상기 실시예와 마찬가지로의 작용 효과를 기대할 수 있다.

#### [EB 큐어의 조건]

처리 용기 내 압력 : 10Torr

웨이퍼 온도 : 350℃

아르곤 가스 : 표준 상태에서 3L/분

전자빔관

인가 전압 : 13kV

관 전류 : 260μA

또한, 상술한 바와 같이, EB 큐어는 웨이퍼 온도의 영향을 받는다. 그래서, 처리 시간을 일정하게 하면서 전자빔관(4)의 관 전류를 변화시켜, SOD막의 EB 큐어시의 온도의 영향을 조사했다. 그 결과, 관 전류가 클수록, 또한 온도가 높을수록, 수축율 및 경도(탄성율)가 커지는 것을 알았다. 또한, 관 전류를 일정하게 하여 처리 시간을 바꾸더라도 동일한 결과가 얻어졌다.

수축율과 탄성율의 상관 관계가 도 14에 도시되어 있다. 이 도면에서는, 웨이퍼 온도를 변화시켜 EB 큐어를 행한 경우의 SOD막의 수축율과 탄성율의 상관 관계를 나타내고 있다. 도 14에 따르면, 웨이퍼 온도가 높아질수록, 수축율에 대한 탄성율의 경사가 커지는 것을 알았다. 또한, 수축율이 동일해도, 웨이퍼 온도가 다르면 탄성율이 다른 것을 알았다. 이와 같이, 웨이퍼 온도에 의해서 수축율과 탄성율의 관계가 변화하기 때문에, 필요로 되는 SOD막의 탄성율을 얻기 위해서 SOD막의 굴절율에 근거하여 EB 큐어의 종점을 검출하는 경우에도, 웨이퍼 온도의 적분 온도를 참조함으로써, 종점을 보다 정확히 검출할 수 있다. 이 경우에도, 상기 실시예와 마찬가지로의 작용 효과를 기대할 수 있다.

또한, 상기 굴절을 측정기(70) 대신에, 광 간섭식 막후계(光干涉式膜厚計)를 부착할 수 있다. 이 광 간섭식 막후계를 이용하여 막두께 변화를 검출함으로써, EB 큐어의 종점을 검출할 수 있다. SOD막에 EB 큐어가 실시되면, 시간의 경과에 따라 SOD막이 수축하여 막두께가 서서히 감소한다. 이 막두께 변화를 광 간섭식 막후계에 의해서 검출하는 것으로, EB 큐어의 종점이 검출된다. 이 경우에도, 상기 실시예와 마찬가지로, 웨이퍼 온도의 적분 온도를 참조함으로써, 종점을 보다 정확히 검출할 수 있다.

또한, 도시하고 있지 않지만, 탑재대에 중량 검출기를 마련하고, 이 중량 검출기에 의해서 웨이퍼의 중량을 검출하도록 해도 좋다. 이 경우에는, 미리 기준 웨이퍼의 적정한 EB 큐어가 행해졌을 때의 중량이 기준 중량으로서 기억 수단에 저장된다. 이 경우에는, 실제 웨이퍼가 EB 큐어될 때 웨이퍼의 중량이 차례로 검출되고, 웨이퍼의 중량이 기준 중량에 도달한 시점이 EB 큐어의 종점으로서 판단된다.

또한, 도 15(a) 및 도 15(b)는, 전자빔 처리 장치에 이용되는 웨이퍼 W의 승강 기구를 모식적으로 도시한 것이다. 상기 각 실시예의 전자빔 처리 장치(1)는, 도 15(a)에 도시하는 바와 같이, 처리 용기(2)의 저면에 배치된 복수(예컨대, 3개)의 승강편(15)을 구비하고 있다. 승강편(15)은, 외부의 웨이퍼 반송 기구와의 사이에서 웨이퍼 W들의 교환할 때에, 도 15(a)에 화살표로 도시하는 바와 같이 승강한다. 승강편(15)은, 예컨대, 편부(15A)와, 이 편부(15A)와 일체적으로 형성된 지지부(15B)로 형성되어 있다. 지지부(15B)는, 도 15(a)에 도시하는 바와 같이, O링(16)을 거쳐서 처리 용기(2)의 바닥부를 승강 가능하게 관통하고 있다.



예컨대, 상기 핀부(15A)는, 스테인레스 등의 금속의 표면에 알루미늄 등의 세라믹을 용착(溶着)하여 형성되고, 또한, 지지부(15B)는 스테인레스 등의 금속에 의해서 형성되어 있다. 핀부(15A)에 세라믹을 용착함으로써, 승강편(15)은 그라운드 전위로부터 절연되어 있다. 이에 따라, 전자빔이 조사될 때의 방전이 방지되어 있다. 또한, 지지부(15B)를 금속소재로 정밀 가공하고, 또한 O링(16)을 이용하는 것으로 기밀성을 높이고 있다. 물론, 핀부(15A)는, 세라믹 이외의 절연체로 피복해도 좋다. 또한, 핀부(15A) 자체를 세라믹 등의 절연체에 의해서 형성해도 좋다. 승강편(15)이 이러한 구성을 갖는 것에 의해, 처리 용기(2)의 진공 밀봉 구조가 채용되면서 방전대책을 채용할 수 있다. 이에 따라, EB 큐어가 확실하고 또한 양호하게 실시될 수 있고, 또한, 지지부(15B)의 표면(O링(16)과 접한 면)을 소망의 가공 정밀도로 마무리하기 위한 비용을 저감할 수 있다. 이 승강편(15)은 전자빔 처리 장치(1)의 탑재대(3)에 마련할 수도 있다.

그런데, 도 15(b)에 나타내는 종래의 전자빔 처리 장치(100)의 경우에는, 승강편(115)이 스테인레스 등의 금속에 의해서 형성되어 있다. 이 때문에, 승강편(115)이 그라운드 전위로 된다. 이에 따라, 전자빔이 조사되는 시에 승강편(115)을 거쳐서 방전하고, 도 15(b)에 흰색의 화살표로 나타내는 전류가 흘러, EB 큐어에 지장을 초래할 우려가 있다. 또한, 도 15(b)에서, 도면 부호 102는 처리 용기, 도면 부호 104는 전자빔관, 도면 부호 116은 O링이다.

또한, 본 발명은 상기 실시예에 하등 제한되는 것이 아니다. 본 발명의 요지를 일탈하지 않는 한, 여러 가지의 변형예가 본 발명에 포함된다. 예컨대, 상기 실시예에서는, 탑재대(3)의 온도가 측정되고, 이 온도를 웨이퍼 W의 온도로서 이용하고 있다. 그러나, 웨이퍼 W의 온도를 직접적으로 측정해도 좋다. 이 경우, 더 정확히 종점을 검출할 수 있다. 또한, 상기 실시예에서는 그리드 전극(5)이 마련되어 있지만, 그리드 전극이 생략된 경우에도 본 발명을 적용할 수 있다.

## 발명의 효과

본 발명에 의하면, 피처리체의 막에 대하여 전자빔을 과부족없이 조사하여 적절한 막질을 얻을 수 있는 막 처리 방법 및 막 처리 장치를 제공할 수 있다.

## (57) 청구의 범위

### 청구항 1.

피처리체 표면의 막에 전자빔을 조사하여 상기 막을 처리하는 처리 공정과,

상기 처리 공정 중에서, 상기 피처리체의 근방에서 전자빔을 포착하여 전류값으로서 측정하는 전류 측정 공정과,

상기 전류값을 시간 적분하여 얻어지는 전자량에 근거하여 막 처리의 종점을 검출하는 검출 공정

을 구비한 것을 특징으로 하는 막 처리 방법.

### 청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 처리 공정에서, 상기 전자빔의 상기 막으로의 조사량이, 그리드 전극에 의해서 제어되는 것을 특징으로 하는 막 처리 방법.

### 청구항 3.

제 1 항에 있어서,

미리, 기준으로 되는 피처리체의 막 처리의 종점까지 보충되는 전자량을 기준 전자량으로서 구하는 공정을 더 구비하고,

상기 검출 공정은, 상기 기준 전자량에 근거하여 막 처리의 종점을 검출하는 것을 특징으로 하는 막 처리 방법.

#### 청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 검출 공정은, 상기 피처리체를 유지하는 유지체의 온도 또는 상기 피처리체의 온도에 근거하여 막 처리의 종점을 검출하는 것을 특징으로 하는 막 처리 방법.

#### 청구항 5.

피처리체 표면의 막에 전자빔을 조사하여 상기 막을 처리하는 처리 장치와,

상기 피처리체의 근방에서 전자빔을 전류로서 포착하는 전류 센서와,

상기 전류 센서에 의해 포착된 전류의 전류값을 측정하는 전류 측정 수단과,

상기 전류값을 시간 적분하여 전자량을 구하는 연산 수단과,

상기 전자량에 근거하여 막 처리의 종점을 검출하는 검출 수단

을 구비한 것을 특징으로 하는 막 처리 장치.

#### 청구항 6.

제 5 항에 있어서,

상기 처리 장치는, 상기 전자빔의 상기 막으로의 조사량을 제어하는 그리드 전극을 갖고 있는 것을 특징으로 하는 막 처리 장치.

#### 청구항 7.

제 5 항에 있어서,

기준으로 되는 피처리체의 막 처리의 종점까지 보충되는 기준 전자량을 기억하는 기억 수단을 더 구비하고,

상기 검출 수단은, 상기 기준 전자량에 근거하여 막 처리의 종점을 검출하도록 되어 있는 것을 특징으로 하는 막 처리 장치.

#### 청구항 8.

제 5 항에 있어서,

상기 검출 수단은, 상기 피처리체를 유지하는 유지체의 온도 또는 상기 피처리체의 온도에 근거하여 막 처리의 종점을 검출하도록 되어 있는 것을 특징으로 하는 막 처리 장치.

## 청구항 9.

제 5 항에 있어서,

상기 처리 장치는,

처리 용기와,

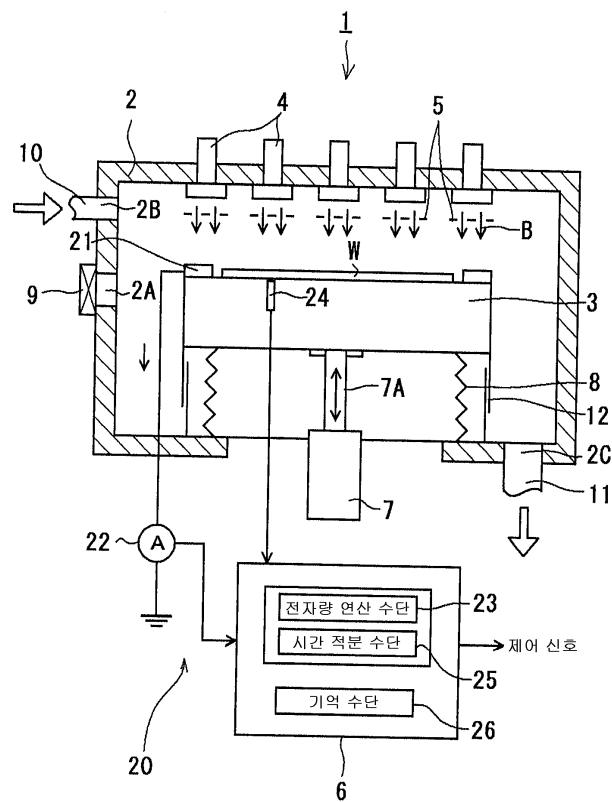
상기 처리 용기 내에 배치된 탐재대와,

상기 탑재대 상에 탑재된 피처리체에 전자빔을 조사하는 복수의 전자빔관

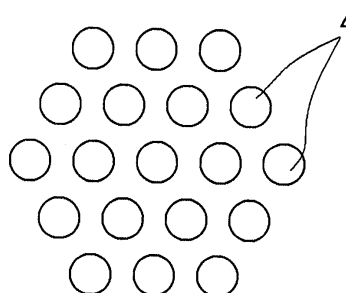
을 구비하고 있는 것을 특징으로 하는 막 처리 장치.

도면

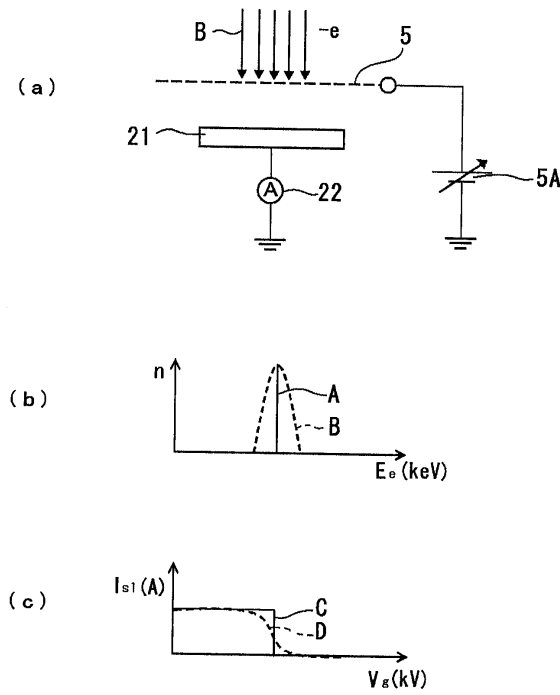
도면1



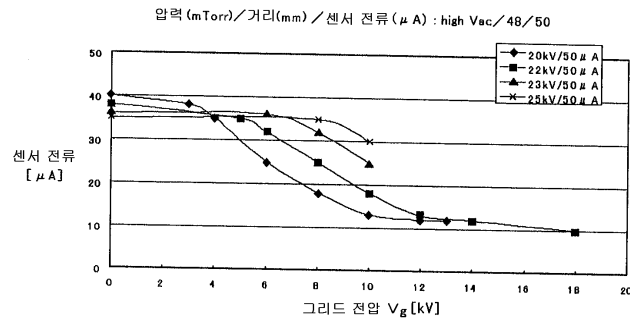
도면2



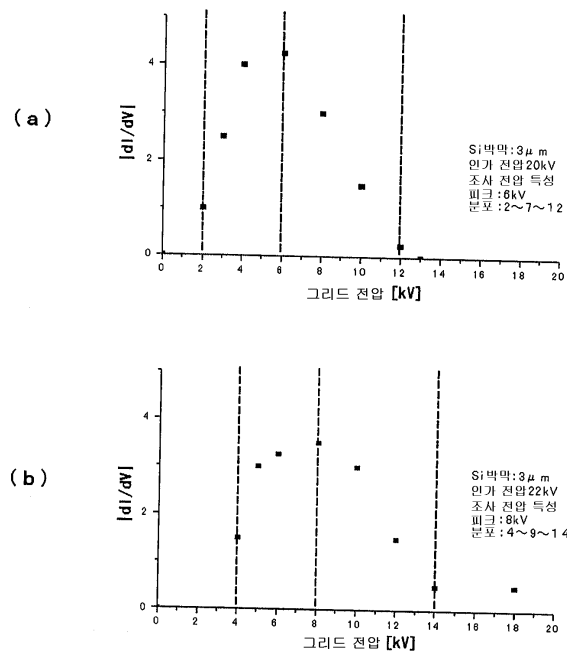
도면3



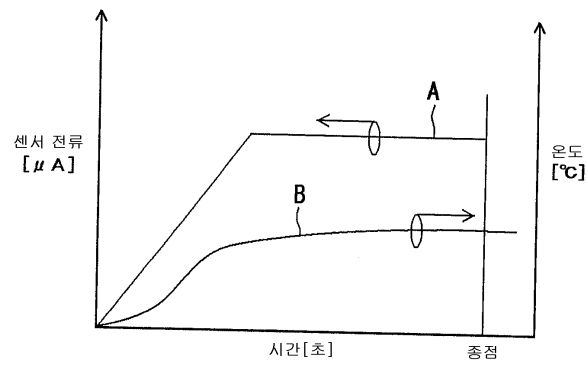
도면4



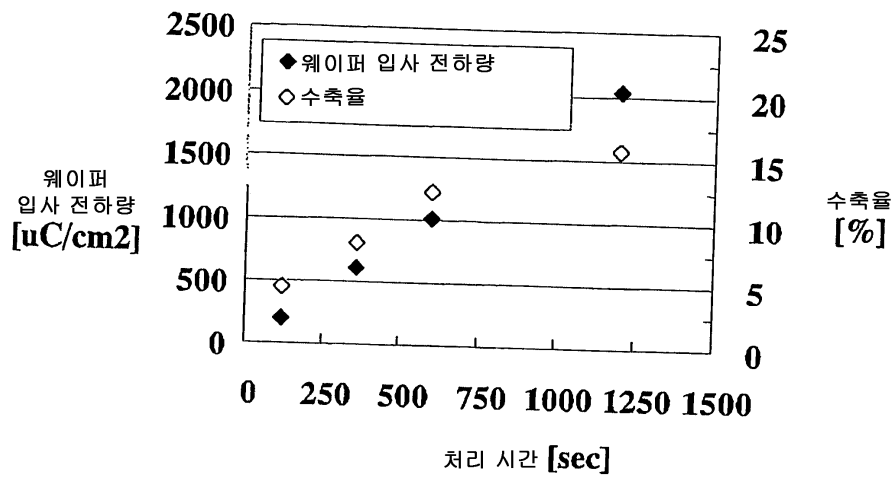
도면5



도면6

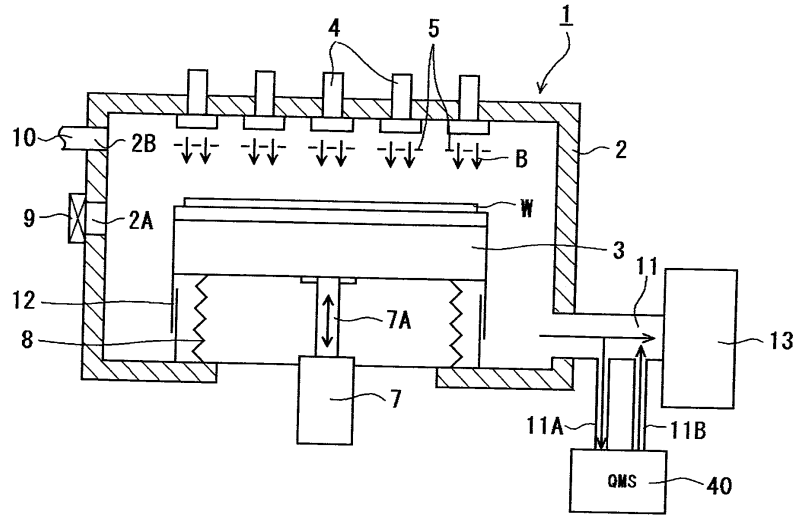


도면7

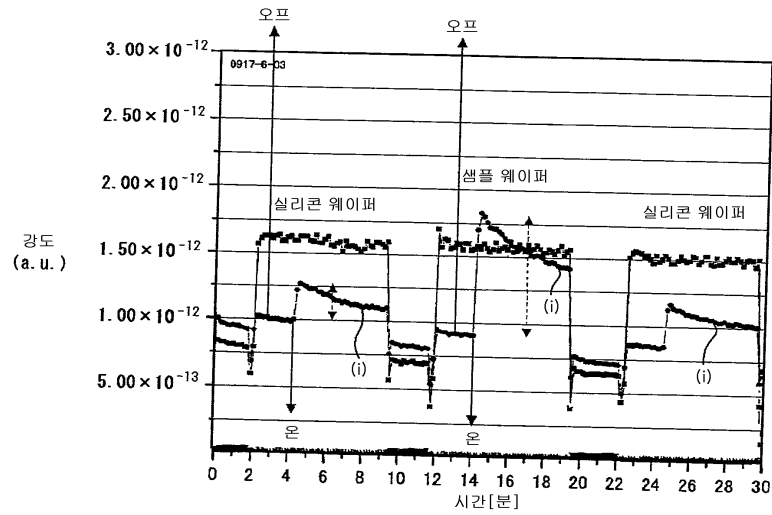


SOD 막 : LKD5109  
 (제이에스알사제)  
 동일 막두께 : 5000Å  
 인가 전압 : 13kV  
 인가 전류 : 250 μA  
 Ar 유량 : 3slm  
 웨이퍼 온도 : 350°C  
 거리 : 75mm

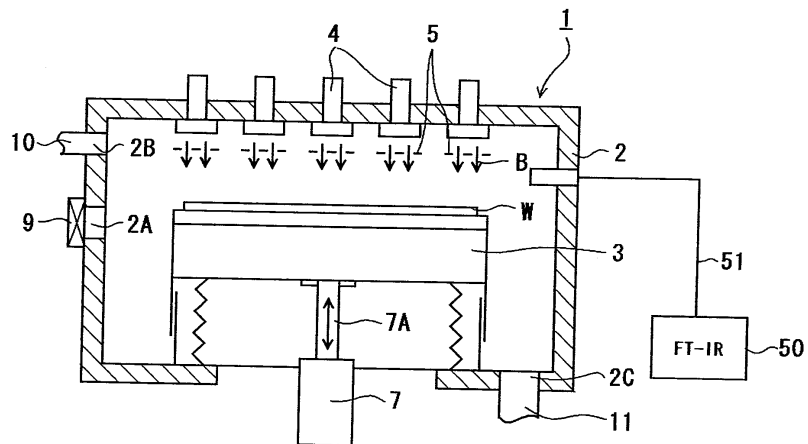
도면8



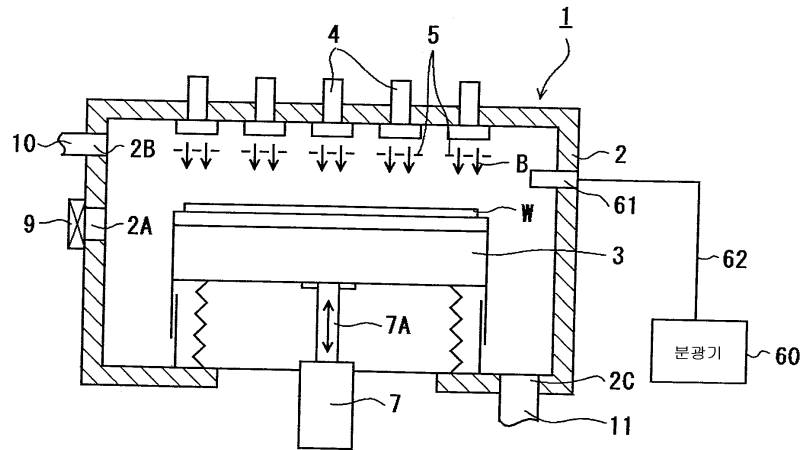
도면9



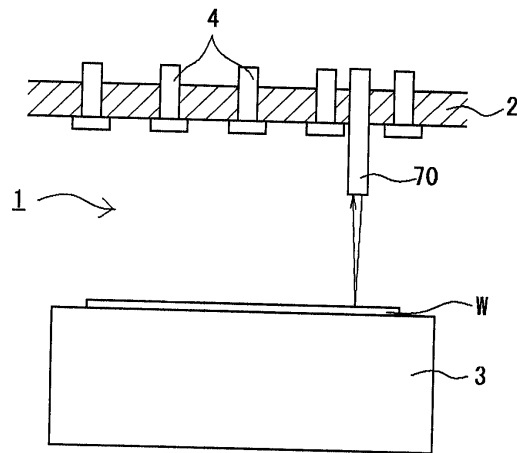
도면10



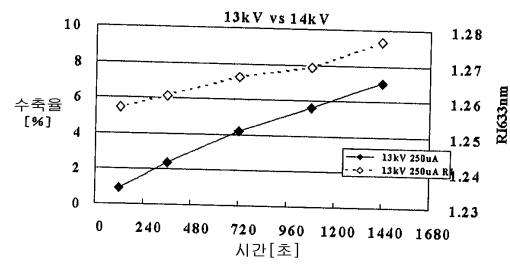
도면11



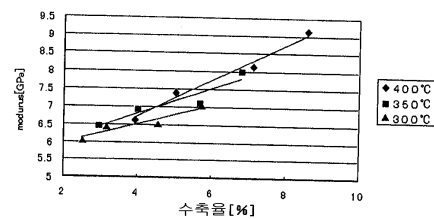
도면12



도면13



도면14



도면15

