



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0009056
 (43) 공개일자 2014년01월22일

- | | |
|--|---|
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/317 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0081544
(22) 출원일자 2013년07월11일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
JP-P-2012-156935 2012년07월12일 일본(JP) | (71) 출원인
가부시키가이샤 에스이엔
일본국 도쿄도 시나가와구 오사키 2-1-1
(72) 발명자
니노미야 시로
일본 에히메켄 사이조시 이마자이케 1501번치
아키히로 오치
일본 에히메켄 사이조시 이마자이케 1501번치
(74) 대리인
성재동, 장수길 |
|--|---|

전체 청구항 수 : 총 10 항

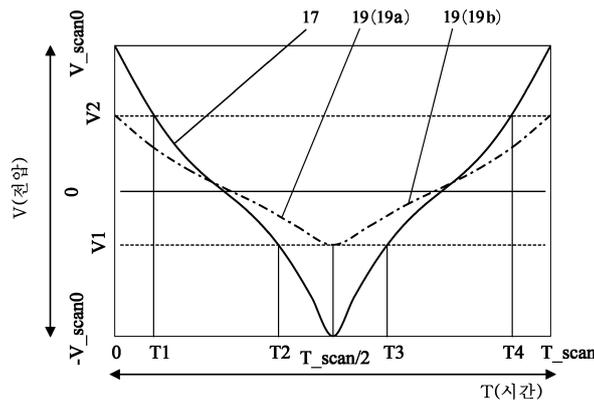
(54) 발명의 명칭 이온주입방법 및 이온주입장치

(57) 요약

효율이 좋은 이온주입이 가능한 기술을 제공한다.

이온주입방법은, 하이브리드 스캔에 의한 이온주입방법이다. 이 이온주입방법은, 이온주입 시의 이온빔의 주사속도 및 물체의 주사속도를 미리 설정하는 공정과, 설정된 이온빔의 주사속도 및 물체의 주사속도에 근거하여 이온을 주입하는 공정을 가진다. 미리 설정하는 공정은, 이온빔의 주사주파수가 일정하게 유지되도록, 이온 조사되는 물체의 표면형상에 따라 변화하는 이온빔의 주사진폭의 각각에 근거하여 이온빔의 주사속도를 복수 설정하고, 물체의 표면에 주입되는 단위면적당 이온주입량이 일정하게 유지되도록, 이온빔의 주사속도에 대응한 물체의 주사속도를 설정한다.

대표도 - 도11



특허청구의 범위

청구항 1

하이브리드 스캔에 의한 이온주입방법으로서,

이온주입 시의 이온빔의 주사속도 및 물체의 주사속도를 미리 설정하는 공정과,

설정된 이온빔의 주사속도 및 물체의 주사속도에 근거하여 이온을 주입하는 공정을 가지고,

상기 미리 설정하는 공정은,

이온빔의 주사주파수가 일정하게 유지되도록, 이온 조사되는 물체의 표면형상에 따라 변화하는 이온빔의 주사진폭의 각각에 근거하여 이온빔의 주사속도를 복수 설정하고,

물체의 표면에 주입되는 단위면적당 이온주입량이 일정하게 유지되도록, 이온빔의 주사속도에 대응한 물체의 주사속도를 설정하는 것을 특징으로 하는 이온주입방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

물체의 전체를 이온빔으로 주사하는 동안의 소정의 타이밍에 이온빔의 전류량을 측정하는 공정을 더욱 가지고,

상기 이온빔의 전류량을 측정하는 횟수는, 상기 이온빔으로 물체를 주사하는 횟수보다 적은 것을 특징으로 하는 이온주입방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

취할 수 있는 이온빔의 주사진폭 중 가장 큰 주사진폭으로 주사되고 있는 타이밍에, 상기 이온빔의 전류량을 측정하는 것을 특징으로 하는 이온주입방법.

청구항 4

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,

취할 수 있는 이온빔의 주사진폭 중 가장 큰 주사진폭으로 주사되는 이온빔을 제어하기 위한 제1 제어함수를 산출하는 공정과,

상기 가장 큰 주사진폭 이외의 주사진폭으로 주사되는 이온빔을 제어하는 제2 제어함수를 상기 제1 제어함수에 근거하여 산출하는 공정을 가지는 것을 특징으로 하는 이온주입방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 제1 제어함수는, 주기적으로 변동하는 전장 또는 자장을 나타내는 함수인 것을 특징으로 하는 이온주입방법.

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 제1 제어함수 및 상기 제2 제어함수는, 이온빔의 제어전압의 시간 변화로서,

상기 제1 제어함수의 제어전압의 최대치와 최소치와의 차를 $\Delta V1$,

상기 제2 제어함수의 제어전압의 최대치와 최소치와의 차를 $\Delta V2$ 로 하면,

상기 제2 제어함수는,

$\Delta V2 < \Delta V1$ 을 충족시키도록,

또한, 당해 제2 제어함수의 제어전압의 최대치로부터 최소치까지 변화하는 시간이, 상기 제1 제어함수의 제어전압이 최대치로부터 최소치까지 변화하는 시간과 동일해지도록 설정되어 있는 것을 특징으로 하는 이온주입방법.

청구항 7

청구항 4에 있어서,

상기 제1 제어함수를 산출하는 공정은, 이온을 주입하는 공정보다 전에 행하여지는 것을 특징으로 하는 이온주입방법.

청구항 8

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에 있어서,

상기 물체는, 반도체 웨이퍼인 것을 특징으로 하는 이온주입방법.

청구항 9

하이브리드 스캔에 의한 이온주입방법으로서,

이온주입 시의 이온빔의 주사속도 및 물체의 주사속도를 설정하는 공정과,

설정된 이온빔의 주사속도 및 물체의 주사속도에 근거하여 이온을 주입하는 공정을 가지고,

상기 설정하는 공정은,

이온빔의 주사주파수가 일정하게 유지되도록, 이온 조사되는 물체의 표면형상에 따라 변화하는 이온빔의 주사진폭의 각각에 근거하여 이온빔의 주사속도를 복수 설정하고,

상기 이온을 주입하는 공정은,

상기 이온빔의 전류량을 측정하는 횟수가, 상기 이온빔으로 물체를 주사하는 횟수보다 적게 되도록 실행되는 것을 특징으로 하는 이온주입방법.

청구항 10

물체를 지지하는 지지부와,

상기 물체의 표면에서 이온빔을 주사하도록 구성된 주사부와,

상기 지지부를 이온빔의 주사방향과 교차하는 방향으로 이동시키는 이동부와,

이온주입 시의 이온빔의 주사속도 및 물체의 주사속도가 미리 설정되고, 설정된 이온빔의 주사속도 및 물체의 주사속도에 근거하여 상기 주사부 및 상기 이동부의 동작을 제어하는 제어부를 구비하고,

상기 제어부는,

이온빔의 주사주파수가 일정하게 유지되도록, 물체의 표면형상에 따라 이온빔의 주사진폭을 변화시키면서, 상기 주사진폭에 대응하여 변화하는 소정의 주사속도로 이온빔을 주사하도록 상기 주사부를 제어하고,

이온빔의 주사속도에 대응하여 변화하는 물체의 주사속도로 물체를 이동시키도록 상기 이동부를 제어하는 것을 특징으로 하는 이온주입장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 출원은 2012년 7월 12일에 출원된 일본 특허출원 제2012-156935호에 근거하여 우선권을 주장한다. 그 출원의 전체 내용은 이 명세서 중에 참고로 인용되어 있다.

[0002] 본 발명은, 이온주입에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 이온주입방법 및 이온주입장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 반도체제조공정에서는, 도전성을 변화시킬 목적, 반도체 웨이퍼의 결정구조를 변화시킬 목적 등을 위하여, 반도체 웨이퍼에 이온을 주입하는 공정이 표준적으로 실시되고 있다. 이 공정에서 사용되는 장치는, 일반적으로 이온주입장치로 일컬어진다.
- [0004] 이온주입장치는, 예를 들면, 이온원, 인출전극, 질량분석 자석장치, 질량분석 슬릿, 가속/감속장치, 웨이퍼 처리실 등이, 빔라인을 따라 배치되어 있으며, 반도체용 기관인 웨이퍼에 이온을 주입하도록 구성되어 있다.
- [0005] 통상, 웨이퍼에 조사되는 이온빔은, 그 단면적이 웨이퍼 사이즈보다 작기 때문에, 웨이퍼의 전체면을 이온빔으로 조사하기 위하여 여러 가지 조사방법이 고안되어 있다. 이러한 조사방법의 예로서는, 이온빔을 일 방향으로 주사함과 함께, 이온빔의 주사방향과 직교하는 방향으로 웨이퍼를 왕복 주사시킴으로써 웨이퍼 전체면에 이온주입하는 방법이 알려져 있다(특허문헌 1 참조).
- [0006] 또, 이온주입 영역을 제어하는 수단으로서, X방향(이온빔의 주사방향)에서의 전류검출을 행하는 복수개로 이루어지는 이온빔 검출기를, 웨이퍼를 신는 플레트의 후방에 설치하고, X스캔폭을 자동제어하는 X스캔폭 자동제어기와, Y스캔스피드(웨이퍼의 이동속도)를 자동제어하는 Y스캔스피드 자동제어기를 가지는 이온주입장치가 고안되어 있다(특허문헌 2 참조).
- [0007] 또, 마찬가지로, 이온주입 영역을 제어하는 다른 수단으로서, 이온주입 중에 빔전류량을 측정하여, 그 측정된 빔전류량에 근거하여 Y방향(웨이퍼의 이동방향)의 메커니컬 스캔장치를 자동보정 추종시키는 방법이 고안되어 있다(특허문헌 3 참조).

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 일본 특허공개공보 2008-262756호
- (특허문헌 0002) 일본 특허공보 3125384호
- (특허문헌 0003) 일본 특허공개공보 2011-258353호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 그러나, 예를 들면, 특허문헌 3에 개시된 이온주입의 기술에서는, 빔전류량에 근거하여 Y방향의 메커니컬 스캔장치를 자동보정 추종시키기 위하여, 빔전류량을 스캔마다 측정할 필요가 있다. 이것은, 웨이퍼에 이온이 주입되지 않는 시간을 증가시키기 때문에, 이온주입 효율에는 더욱 개선의 여지가 있다.
- [0010] 본 발명은 이러한 상황을 감안하여 이루어진 것이며, 그 목적으로 하는 것은, 효율이 좋은 이온주입이 가능한 기술을 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 일 양태의 이온주입방법은, 하이브리드 스캔에 의한 이온주입방법으로서, 이온주입 시의 이온빔의 주사속도 및 물체의 주사속도를 미리 설정하는 공정과, 설정된 이온빔의 주사속도 및 물체의 주사속도에 근거하여 이온을 주입하는 공정을 가진다. 미리 설정하는 공정은, 이온빔의 주사주파수가 일정하게 유지되도록, 이온 조사되는 물체의 표면형상에 따라 변화하는 이온빔의 주사진폭의 각각에 근거하여 이온빔의 주사속도를 복수 설정하고, 물체의 표면에 주입되는 단위면적당 이온주입량이 일정하게 유지되도록, 이온빔의 주사속도에 대응한 물체의 주사속도를 설정한다.
- [0012] 본 발명의 다른 양태는, 이온주입장치이다. 이 장치는, 물체를 지지하는 지지부와, 물체의 표면에서 이온빔을 주사하도록 구성된 주사부와, 지지부를 이온빔의 주사방향과 교차하는 방향으로 이동시키는 이동부와, 이온주입 시의 이온빔의 주사속도 및 물체의 주사속도가 미리 설정되고, 설정된 이온빔의 주사속도 및 물체의 주사속도에 근거하여 주사부 및 이동부의 동작을 제어하는 제어부를 구비한다. 제어부는, 이온빔의 주사주파수가 일정하게

유지되도록, 물체의 표면형상에 따라 이온빔의 주사진폭을 변화시키면서, 상기 주사진폭에 대응하여 변화하는 소정의 주사속도로 이온빔을 주사하도록 주사부를 제어하고, 이온빔의 주사속도에 대응하여 변화하는 물체의 주사속도로 물체를 이동시키도록 이동부를 제어한다.

[0013] 다만, 이상의 구성요소의 임의의 조합이나 본 발명의 구성요소의 표현을, 방법, 장치, 시스템 등의 사이에서 서로 치환한 것도 또한, 본 발명의 양태로서 유효하다.

발명의 효과

[0014] 본 발명에 의하면, 효율이 좋은 이온주입이 가능한 기술을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1에 있어서, 도 1(a)는, 본 실시형태에 관한 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치의 개략구성을 나타내는 평면도, 도 1(b)는, 본 실시형태에 관한 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치의 개략구성을 나타내는 측면도이다.

도 2는 도 1에 나타내는 이온주입장치에 있어서의 반도체 웨이퍼의 주변을 더욱 상세하게 설명하는 개략도이다.

도 3은 이온주입장치의 동작을 설명하기 위한 도이다.

도 4는 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서의 이온주입방법을 설명하기 위한 도이다.

도 5는 빔스캐너에 부여하는 주기적으로 변동하는 전장의 예를 나타낸 도이다.

도 6은 반도체 웨이퍼 지지장치를 소형 반도체 웨이퍼용으로 개조했을 경우를 나타낸 도이다.

도 7은 본 실시형태에 관한 가상이온주입 영역의 형상을 설명하기 위한 도이다.

도 8은 전장타입의 빔스캐너에 부여되는, 주기적으로 변동하는 전장 일주기분을 취출한 도이다.

도 9는 빔스캐너에 부여하는 전장과 시간과의 관계의 예를 나타낸 도이다.

도 10은 빔스캐너에 부여하는 전장과 시간과의 관계의 다른 예를 나타낸 도이다.

도 11은 본 실시형태에 관한 변환 섭동(攝動)함유전장의 예를 나타낸 도이다.

도 12는 이온빔의 주사속도 및 전장 반복주기와, 빔스캔 길이와의 관계를 나타낸 도이다.

도 13은 이온빔의 주사속도, 웨이퍼의 주사속도 및 전장 반복주기와, 이온주입량과의 관계를 나타낸 도이다.

도 14는 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 대응한 반도체 웨이퍼 자체에 이온을 주입하는 경우에 있어서, 본 실시형태에 의한 가상이온주입 영역의 예를 나타낸 도이다.

도 15는 반도체 웨이퍼 지지장치에, 5개의 소형 반도체 웨이퍼를 배치한 상태를 나타낸 도이다.

도 16은 반도체 웨이퍼 지지장치에, 3개의 소형 반도체 웨이퍼를 배치한 상태를 나타낸 도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 도면을 참조하면서, 본 발명을 실시하기 위한 형태에 대하여 상세하게 설명한다. 다만, 도면의 설명에 있어서 동일한 요소에는 동일한 부호를 붙이고, 중복되는 설명을 적절히 생략한다. 또, 이하에서 서술하는 구성은 예시이며, 본 발명의 범위를 전혀 한정하지 않는다. 또, 이하에서는, 이온주입이 행하여지는 물체로서 반도체 웨이퍼를 예로 들어 설명하지만, 다른 물질이나 부재여도 된다.

[0017] 먼저, 본 실시형태에 관한 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 대하여 설명한다. 반도체제조공정에서는, 도전성을 변화시킬 목적, 반도체 웨이퍼의 결정구조를 변화시킬 목적 등을 위하여, 반도체 웨이퍼에 이온을 입사하는 공정이 표준적으로 실시되고 있다. 이 공정에서 사용되는 장치는, 일반적으로 이온주입장치로 일컬어진다.

[0018] 이온주입장치는, 이온원에서 발생한 이온을 이온빔으로 하여 이온주입 영역까지 수송하는 장치이다. 여기에서, 매엽식 이온주입장치란, 그 이온주입 영역에 반도체 웨이퍼를 1매씩 설치하고, 그 반도체 웨이퍼에 이온을 주입한 후, 다시 다른 반도체 웨이퍼를 1매씩 설치하여, 그 과정을 반복함으로써, 당초 처리를 예정하고 있던 매수의 반도체 웨이퍼에 이온을 주입하는 이온주입장치를 말한다. 그리고, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치

란, 매엽식 이온주입장치 중에서도, 이온원으로부터 이온주입 영역까지의 이온빔을 수송하는 공간 상에서, 이온에 전장 혹은 자장을 작용시켜, 결과적으로 이온주입 영역 공간 내에서 이온빔을 일 방향으로 주사하고, 이에 더하여, 그 이온빔의 주사방향에 직교하는 방향으로, 반도체 웨이퍼를 주사(이동)하는, 이온주입장치를 말한다.

[0019] 다만, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서는, 이온빔은 일 방향으로 주사되고, 그 이온빔의 주사방향에 직교(교차)하는 방향으로 반도체 웨이퍼가 주사된다. 그러나, 반도체 웨이퍼로의 이온주입을 생각할 때에는, 반도체 웨이퍼를 가상적으로 고정하여, 이온빔의 상대적인 거동을 고려하면 된다. 즉, 반도체 웨이퍼의 메커니컬적인 주사에 의하여, 반도체 웨이퍼는 이온빔에 대하여 일 방향으로 주사되지만, 반도체 웨이퍼를 고정된 가상적인 공간에서 생각하면, 이온주입 영역 공간까지 수송된 이온이, 이온빔의 주사와 반도체 웨이퍼의 메커니컬적인 주사에 의하여, 이온주입 영역 공간 내에서 가상적인 평면형상의 이온주입 영역을 작성하면서, 결과적으로 반도체 웨이퍼에 이온이 주입된다고 생각할 수 있다.

[0020] 바꾸어 말하면, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치란, 이온원에서 발생한 이온을 이온빔으로 하여 이온주입 영역 공간까지 수송하고, 그 이온주입 영역 공간 내에서 반도체 웨이퍼에 이온을 주입한다. 이 경우, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치는, 이온빔의 수송 중에 있어서, 이온에 주기적으로 변동하는 전장 혹은 주기적으로 변동하는 자장을 작용시켜, 이온주입 영역 공간 내에서 이온빔을 일 방향으로 주사하고, 그 주사방향에 직교하는 방향으로, 반도체 웨이퍼를 주사한다. 그리고, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치는, 이 2종류의 주사를 이용함으로써, 반도체 웨이퍼에 대하여 주입되는 이온에 대하여, 그 상대적인 관계가, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역이라고 볼 수 있는 이온주입장치라고도 할 수 있다.

[0021] 또, 이하, 이온빔을 주사하는 방향을 X스캔방향, 반도체 웨이퍼를 주사하는 방향을 Y스캔방향으로 일컫는 경우가 있다. 또한, Y스캔방향이라는 용어에 관해서는, 상술의 가상적인 평면형상의 이온주입 영역 내에서, 이온빔을 주사하는 방향에 직교하는 방향에 대해서도, Y스캔방향이라는 용어를 사용하는 경우가 있다. 이와 같이 "Y스캔방향"은, 현실 공간에 있어서 반도체 웨이퍼를 메커니컬적으로 주사하는 방향이기도 하고, 상술의 가상적인 평면형상의 이온주입 영역 내에서, 이온빔을 주사하는 방향에 직교하는 방향이기도 하다. 그러나, 이들의 구별은, 반도체 웨이퍼를, 현실 공간의 상황과 같이 구동하는 것으로서 생각하는지, 혹은, 상술의 가상적인 평면형상의 이온주입 영역 내에서 고정하여 생각하는지의 차이이며, 그 방향의 의미 내용은 동일하고, 또한 문맥 중에서는 어느 것의 의미로 사용하고 있는지도 명백하므로, 이하, 특별히 구별하지 않고 기술한다.

[0022] 최근의 반도체 제조에 있어서는, 이온주입장치에 대한 요구가 그 목적에 맞추어 다양화되고 있다. 여기에서, 원리적으로는 통상의 이온주입장치에서 그 요구를 달성하는 것은 가능하지만, 공학적 요청 및 시장 경제적 이유로부터, 통상 개발되고 있는 이온주입장치에서 그 요구의 달성이 곤란한 경우가 있을 수 있다.

[0023] 그 대표예로서, 반도체 웨이퍼의 크기의 제한과, 이에 대응하는 이온주입장치의 개발상의 제한을 들 수 있다. 이하, 상세하게 서술한다.

[0024] 현재, 가장 많이 사용되는 반도체 웨이퍼는 실리콘제 반도체 웨이퍼이다. 실리콘제 반도체 웨이퍼에 있어서는, 현재 직경 300mm의 반도체 웨이퍼가 반도체 디바이스 양산공장에서 널리 채용되고 있다. 또 현재, 직경 450mm의 반도체 웨이퍼의 채용에 대하여, 전 세계적으로 검토가 진행되고 있는 상황이다. 한편, 직경 300mm보다 작은 실리콘제 반도체 웨이퍼에 관해서는, 일부에서 직경 200mm의 반도체 웨이퍼가 양산에 사용되고 있지만, 그 마켓쉐어는 서서히 줄어들고 있다. 또, 직경 150mm의 실리콘제 반도체 웨이퍼도 약간 양산공장에서 사용되고는 있다.

[0025] 이 사정은, 실리콘제 이외의 반도체 웨이퍼에서는 크게 상이하다. 예를 들면 현재, 주로 와이드갭 반도체 파워 디바이스의 생산용으로서, 탄화 실리콘(SiC)제 반도체 웨이퍼나, 질화 갈륨(GaN)제 반도체 웨이퍼가 이용되는 경우가 있다. 이러한 실리콘제 이외의 반도체 웨이퍼에서는, 그 대구경화가 어려워, 양산공정으로서 직경 100mm 이하의 반도체 웨이퍼 사용이 일반적이라고 할 수 있다.

[0026] 그런데, 이온주입장치 개발의 입장에서부터 생각하는 경우, 이 광범위한 반도체 웨이퍼 직경의 존재는 시장 경제적 측면에 반한다. 즉, 옛날에는 실리콘제 반도체 웨이퍼도 그 직경이 100mm 이하였던 시대가 있었으므로, 탄화 실리콘(SiC)제 반도체 웨이퍼나, 질화 갈륨(GaN)제 반도체 웨이퍼용의 이온주입장치를 개발, 제작하는 것은 원리적으로는 가능하다. 그러나, 이온주입장치 개발에는 다대한 비용이 필요하며, 상술의 광범위한 반도체 웨이퍼 직경에 대응하는 별개의 이온주입장치의 개발은, 시장 경제적으로는 결코 바람직한 것은 아니다. 따라서, "대(大)는 소(小)를 겸한다"라는 생각에 따라, 보다 대구경의 실리콘제 반도체 웨이퍼의 직경, 예를 들면 직경 300mm에 맞추어 이온주입장치를 개발하여, 그 장치를 실리콘제 이외의 와이드갭 반도체용의 반도체

웨이퍼, 예를 들면 직경 100mm의 반도체 웨이퍼에 적용하는 것이 행하여진다.

- [0027] 여기에서, 직경 300mm의 반도체 웨이퍼용으로 개발된 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치를 이용하여, 직경 100mm의 반도체 웨이퍼로 이온주입을 행하는 경우에 대하여 생각한다.
- [0028] 이 경우, 직경 300mm의 반도체 웨이퍼를 지지할 수 있는 기구가 있으면, 적절한 반도체 웨이퍼의 홀더를 이용함으로써, 직경 100mm의 반도체 웨이퍼를 지지하는 것은 비교적 간단하게 할 수 있다. 그런데, 이온빔의 주사 및 반도체 웨이퍼의 주사를, 직경 100mm의 반도체 웨이퍼에 적합시키는 것은 어렵다. 이하, 그 이유를 설명한다.
- [0029] 통상, 이온주입은, 반도체 웨이퍼의 전체면에 행하는 것이 요구된다. 따라서, 직경 300mm의 웨이퍼의 경우, 그 300mm의 직경을 넘는 범위에서 이온빔을 주사할 필요가 있고, 또한 반도체 웨이퍼도 메커니컬적으로 주사할 필요가 있다. 물론, 직경 100mm의 웨이퍼의 경우에는, 그 100mm의 직경을 넘는 범위에서 이온빔을 주사할 필요가 있고, 또한 반도체 웨이퍼도 메커니컬적으로 주사할 필요가 있다.
- [0030] 그런데, 반도체 웨이퍼의 외측에 이온빔이 주사되는 경우, 이 이온빔은 반도체 웨이퍼에는 주입되지 않기 때문에, 반도체 웨이퍼로의 이온주입이라는 관점에서는 불필요한 이온이 된다. 이것은, 반도체 웨이퍼가 메커니컬적으로 주사됨으로써, 이온이 그 방향에 대하여 반도체 웨이퍼의 외측이 되는 경우도 마찬가지이다. 혹은, 상술의 가상적인 평면형상의 이온주입 영역 내를 고려하여, 그 이온주입 영역 내에서 반도체 웨이퍼의 외측에 있는 영역이 불필요하다고 생각해도 된다.
- [0031] 여기에서, 통상의 직경 300mm의 반도체 웨이퍼용으로 개발된 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에서는, 특별히 연구되어 있지 않기 때문에, 직경 300mm의 웨이퍼의 경우에 맞추어 이온빔의 주사방법이나 반도체 웨이퍼의 메커니컬적인 주사방법이 정해진다. 따라서, 직경 100mm의 웨이퍼의 경우에도, 동일하게 직경 300mm의 웨이퍼의 경우에 맞추어 이온빔의 주사방법이나 반도체 웨이퍼의 메커니컬적인 주사방법이 정해진다. 통상의 경우, 이들 주사를 할 필요가 있는 것을 포함하며, 이러한 상황에 대해서는, 다음에 상세하게 서술하지만, 여기에서 중요한 것은, 통상의 직경 300mm의 반도체 웨이퍼용으로 개발된 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에서는, 이온의 주사수법이나 반도체 웨이퍼의 메커니컬적인 주사수법이, 정해져 있는 것이다.
- [0032] 이 경우, 확실히, "대는 소를 겸한다" 라는 생각에 따라, 보다 대구경의 실리콘계 반도체 웨이퍼의 직경, 이 경우는 직경 300mm에 맞추어 이온빔을 주사하고, 혹은 반도체 웨이퍼를 메커니컬적으로 주사함으로써, 직경 100mm의 반도체 웨이퍼의 전체면에 이온주입을 행하는 것은 가능하다. 혹은, 상술의 가상적인 평면형상의 이온주입 영역 내를 고려하여, 이 중에서, 직경 300mm의 반도체 웨이퍼가 차지하는 면적이, 직경 100mm의 반도체 웨이퍼가 차지하는 면적보다 크고, 또한, 직경 300mm의 반도체 웨이퍼가 차지하는 영역이 직경 100mm의 반도체 웨이퍼가 차지하는 영역을 완전히 포함하고 있다고 생각해도 된다. 그러나, 확실히, "대는 소를 겸하고" 있으며, 원리적으로는 이 수법으로, 직경 300mm의 반도체 웨이퍼용으로 개발된 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치를 이용하여, 직경 100mm의 반도체 웨이퍼의 전체면에 이온을 주입하는 것은 가능하지만, 양산용 반도체제조공정에서는, 이 수법은 채용할 수 없다. 그 이유에 대해서는 다음에 상세하게 서술하는데, 요컨대, 이온주입의 효율이 너무 나쁘기 때문에, 실용적이지 않기 때문이다.
- [0033] 즉, 상술의 이온주입 영역 공간 내에서 설정되는, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적이 동일한 경우, 양산용 반도체제조공정에 있어서, 직경 300mm의 반도체 웨이퍼용으로 개발된 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치를 이용하여, 직경 100mm의 반도체 웨이퍼로 이온주입을 행하는 것은 곤란하다. 따라서, 양산용 반도체제조공정에 있어서, 직경 300mm의 반도체 웨이퍼용으로 개발된 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치를 이용하여, 직경 100mm의 반도체 웨이퍼로 이온주입을 행하기 위해서는, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적에 대하여, 연구하여야 한다.
- [0034] 이에 더하여, 다음에 상세하게 서술하지만, 예를 들면, 직경 300mm의 반도체 웨이퍼용으로 개발된 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치를 이용하여, 직경 100mm의 반도체 웨이퍼로 이온주입을 행하는 경우에, 실용적인 이온주입의 효율을 확보하려고 하면, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 면적을 작게 할 필요가 있다. 이 경우, 직경 300mm의 반도체 웨이퍼를 지지하고 있는 플래튼으로 일컬어지는 모재의 면적에 비하여, 직경 100mm의 반도체 웨이퍼로 이온주입이 행하여지는 경우의 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 면적을 작게 할 필요가 있다. 따라서, 직경 100mm의 반도체 웨이퍼로의 이온주입 중에는, 이온빔은 모재로부터 외측으로 나오는 일은 없어, 직경 100mm의 반도체 웨이퍼로의 이온주입 중에 이온빔의 전류치를 측정할 수 없다.
- [0035] 이러한 이온주입 영역 공간 내에서 설정되는, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적의 중요성은, 직경이 크게 상이한 반도체 웨이퍼에 대하여 동일한 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치를 이용하여 이

온주입을 실시하려고 하는 경우에만 명백해지는 것은 아니다.

- [0036] 예를 들면, 이온주입의 효율을 향상시킬 때에도, 상기 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적의 중요성이 두드러지게 나타나고 있다. 이하, 그 이유를 간단하게 설명한다.
- [0037] 실리콘계 반도체 웨이퍼는, 통상 원형을 하고 있다. 여기에서, 통상의 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, 특별히 연구되어 있지 않은 경우에는, 이온의 주사와 반도체 웨이퍼의 메커니컬적인 주사는 독립적으로 행하여진다. 이 경우, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상이 사각형상이 되는 것은, 용이하게 이해할 수 있다. 즉, 둥근 반도체 웨이퍼에 대하여, 사각의 가상적인 평면형상의 이온주입 영역이 되지만, 사각형의 4개의 정점 부근에, 다른 이유가 없는 한, 명백하게 불필요한 이온주입 영역이 발생한다. 통상의 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에서는, 이 부분에도 이온을 주입하고 있으므로, 이온주입의 효율의 관점에서, 아직 향상의 여지가 있다고 할 수 있다.
- [0038] 다음에 상세하게 서술하지만, 이온주입 효율의 관점에서, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상을 반도체 웨이퍼의 형상에 접근시키는 연구도 몇 가지 제안되고 있다. 물론, 이 때, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 면적도 작은 쪽이, 이온주입 효율이 향상하는 것은 말할 필요도 없다. 즉, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치를 이용하여 효율 좋은 이온주입을 실시하는 경우에, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적이 중요한 것은, 명백하다.
- [0039] 이상, 구체적인 예시에 의하여, 이온주입 영역 공간 내에서 설정되는, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적의 중요성을 지적하였다. 이 중요성은, 상술의 구체적인 예시에 그치는 것은 아니며, 일반성을 가지고 있다. 바꾸어 말하면, 다른 목적에 대해서도, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적이 중요한 경우가 있을 수 있는 것은, 용이하게 미루어 짐작할 수 있다. 특히 지적해 두고 싶은 점으로서, 현재 이용되고 있는 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, 이온주입 영역 공간 내에서 설정되는, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적을 제어하는 것이, 공학적 요청 및 시장 경제적 이유로부터, 강하게 요구되고 있다. 혹은, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적은, 그 중요한 요소 중 하나라고 할 수 있다.
- [0040] 이와 같이 생각하면, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서의, 이온주입 영역 공간 내에서 설정되는, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적의 제어는, 그 목적이나 구체적인 요청에 관계없이, 기술적으로는 통일적으로 생각하면 된다. 즉, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적의 제어가, 그 목적에 관계없이, 소정 범위 내에서 가능하다고 하는 것이 중요하다.
- [0041] 또, 이온주입 자체에도 당연히 중요한 요소가 있다. 예를 들면, 주입하는 이온종, 주입하는 이온의 에너지, 반도체 웨이퍼에 대한 이온의 주입각도, 주입하는 이온의 총량(이하, "이온주입 도스량" 으로 일컫는 경우가 있다.) 등은, 특히 중요한 요소이다. 또한, 주입하는 이온이 반도체 웨이퍼에 주는 데미지량도, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치를 이용한 이온주입에 있어서, 중요한 요소가 된다.
- [0042] 특히, 주입하는 이온이 반도체 웨이퍼에 주는 데미지량에 대하여 부언하면, 이 데미지량은, 반도체 웨이퍼의 온도에 따라 변화하는 것이 알려져 있다. 따라서, 데미지량은, 반도체 웨이퍼를 지지하고 있는 플랫폼으로 일컬어지는 모재의 온도나, 이온빔이 반도체 웨이퍼의 어느 지점을 통과하는 주기, 즉, 이온빔을 일 방향으로 주사하는 그 주사의 주파수에 의존하는 것이 알려져 있다. 즉, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, 반도체 웨이퍼를 지지하고 있는 플랫폼으로 일컬어지는 모재의 온도나, 이온빔을 일 방향으로 주사하는 그 주사의 주파수도 또한, 이온주입에 있어서의 중요한 요소라고 할 수 있다.
- [0043] 그리고 또한, 이미 설명한 이온주입에 있어서의 중요한 요소가, 반도체 웨이퍼의 면 내에서 균일한 것도 중요하다. 왜냐하면, 반도체제조공정에서는, 반도체 웨이퍼 전체면에 동일성능의 반도체 디바이스를 제작하는 것이 중요하며, 따라서, 이온주입에 있어서의 중요한 요소가, 반도체 웨이퍼의 면 내에서 균일한 것이 필요하게 되기 때문이다. 특히, 상술의 이온주입 도스량이 반도체 웨이퍼의 전체면에서 균일한 것은 중요하다고 여겨지고 있다.
- [0044] 이상을 정리하면, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적과 함께, 이온주입 자체의 중요한 요소로서, 구체적으로는, 이온종, 이온 에너지, 이온주입각도, 이온주입 도스량, 반도체 웨이퍼를 지지하고 있는 모재의 온도, 이온빔 주사주파수를 들 수 있다. 특히, 이온주입 도스량에 대해서는 그 반도체 웨이퍼 내의 균일성도 또한 중요한 요소로서 들 수 있게 된다. 다음에 상세하게 설명하지만, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형

상 및 그 면적을 제어할 때에는, 특히 이온빔 주사주파수와 이온주입 도스량의 반도체 웨이퍼 내의 균일성의 유지가, 연구를 필요로 한다.

- [0045] 또한, 이미 설명한 바와 같이, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, 주입 중의 이온빔의 전류량의 측정을 필수로 하는 일 없이, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적을 제어할 수 있으면 된다.
- [0046] 따라서, 이하에서 서술하는 본 실시형태에 관한 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치는, 이온의 주입 중에 이온빔의 전류치 측정을 필수로 하는 일 없이, 상술의 이온주입에 있어서의 중요한 요소를 반도체 웨이퍼의 면 내에서 균일하게 유지하면서, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적을 제어할 수 있다.
- [0047] 도 1(a)는, 본 실시형태에 관한 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치의 개략구성을 나타내는 평면도, 도 1(b)는, 본 실시형태에 관한 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치의 개략구성을 나타내는 측면도이다.
- [0048] 본 실시형태에 관한 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치(이하, 적절히 黽結聃梁爻로 일컫는 경우가 있다.)(100)는, 이온원(1)으로부터 인출전극(2)에 의하여 인출된 이온빔이, 반도체 웨이퍼(9)에 이르는 빔라인 상을 지나도록 구성되어 있다. 그리고, 빔라인을 따라, 질량분석 자석장치(3), 질량분석 슬릿(4), 빔스캐너(5), 웨이퍼 처리실(이온주입실)이 배치되어 있다. 웨이퍼 처리실 내에는, 반도체 웨이퍼(9)를 지지하는 반도체 웨이퍼 지지장치(10)가 배치되어 있다. 반도체 웨이퍼(9)는 매우 얇기 때문에, 도 1에서는, 반도체 웨이퍼(9)와 반도체 웨이퍼 지지장치(10)를 구별하지 않고 도시하고 있다. 이온원(1)으로부터 인출된 이온빔은, 빔라인을 따라 웨이퍼 처리실의 이온주입 위치에 배치된 반도체 웨이퍼 지지장치(10) 상의 반도체 웨이퍼(9)에 유도된다.
- [0049] 이온빔은, 빔스캐너(5)를 이용하여, 일 방향, 즉 X스캔방향으로 왕복 스캔되고, 패러렐 렌즈(6)의 기능에 의하여, 평행화된 후, 반도체 웨이퍼(9)까지 유도된다. 여기에서, 도 1에 나타내는 빔스캐너(5)는, 전장타입의 빔스캐너(5), 즉 주기적으로 변동하는 전장을 작용시켜 이온주입 영역 공간 내에서 이온빔을 일 방향으로 주사하고 있는 빔스캐너이다. 다만, 이것은 예이며, 자장타입의 빔스캐너, 즉 주기적으로 변동하는 자장을 작용시켜 이온주입 영역 공간 내에서 이온빔을 일 방향으로 주사하고 있는 빔스캐너를 이용하여도 된다. 또, 도 1에서는, 빔스캐너(5)에 전압을 가하지 않는 경우에는 이온빔이 스캔되지 않고, 빔스캐너(5)에 정부의 전압을 가함으로써, 빔이 X스캔방향으로 왕복 스캔되도록 도시하고 있다. 그러나, 이것은 예이며, 빔스캐너(5)로의 전압의 인가 방법은 다양하게 생각할 수 있다. 예를 들면, 도 1에 있어서, 이온원(1)으로부터 빔스캐너(5)까지의 빔라인 상에, 이온빔으로 전자기학적인 힘을 가하는 기기를 배치함으로써, 빔스캐너(5)에 전압을 가하지 않는 경우에, 도 1(a)에 있어서 빔이 하방으로 스캔되도록 구성하는 것도 생각할 수 있다. 다만, 본 실시형태에서는 간단히, 이하, 빔스캐너(5)에 전압을 가하지 않는 경우에는 이온빔이 스캔되지 않고, 빔스캐너(5)에 정부의 전압을 가함으로써, 빔이 X스캔방향으로 왕복 스캔되는 경우에 대하여 설명한다.
- [0050] 또, 이미 설명한 바와 같이, 본 실시형태에 관한 이온주입장치는, 이온빔의 주사방향 즉 X스캔방향에 대하여, 그 직교하는 방향 즉 Y스캔방향으로, 반도체 웨이퍼(9)를 메커니컬적으로 주사하여, 이온을 반도체 웨이퍼(9)에 주입한다. 도 1에 나타내는 이온주입장치(100)에서는, 각도 에너지 필터(7)를 이용하여 이온빔을 굴곡시켜, 이온 에너지의 균일성을 높이고 있지만, 이것은 예이며, 각도 에너지 필터(7)를 이용하지 않아도 된다.
- [0051] 본 실시형태에서는, 반도체 웨이퍼(9)로의 주입 전에, 이온빔의 계측을 행한다. 도 1에 나타낸 이온주입장치(100)에서는, 이온빔의 계측을 위하여, 빔측정장치(8)를 이용한다. 도 1에서는, 반도체 웨이퍼(9)로의 이온주입 중에, 반도체 웨이퍼(9)와 기하학적으로 간섭하는 위치에 가동하는 빔측정장치(8)를 도시하고 있다. 여기에서, 도 1에서는, 빔측정장치(8)는 가동하도록 도시되어 있지만, 이것은 예이며, 비가동타입의 빔측정장치(8)를 이용하여도 된다. 또, 이온빔의 주입 전에, 반도체 웨이퍼(9)의 위치에 있어서의 이온빔의 형상이나 그 강도를 측정하여, 그것으로 실제의 반도체 웨이퍼(9)로의 이온주입 시에 있어서의 이온빔의 형상이나 그 강도를 추측하면 된다.
- [0052] 따라서, 빔측정장치(8)는, 반도체 웨이퍼(9)로의 이온주입 중에 있어서 반도체 웨이퍼(9)와 기하학적으로 간섭하는 위치에 놓여지는 것이 바람직하다. 그러나, 빔측정장치(8)를 반도체 웨이퍼(9)로의 이온주입 중에 있어서 반도체 웨이퍼(9)와 기하학적으로는 간섭하지 않는 위치에, 즉, 그 빔라인에 있어서 반도체 웨이퍼(9)의 위치보다 약간 상류측이나, 그 빔라인에 있어서 반도체 웨이퍼(9)의 위치보다 약간 하류측에 두는 것도 가능하다. 또한, 복수개의 빔측정장치(8)를 이용하여, 실제의 반도체 웨이퍼(9)로의 이온주입 시에 있어서의 이온빔의 형상이나 그 강도를 추측하여도 된다. 다만, 이하의 설명에서는, 간략히, 가동타입의 빔측정장치(8)를 이용하여 설명한다.
- [0053] 도 2는, 도 1에 나타내는 이온주입장치(100)에 있어서의 반도체 웨이퍼(9)의 주변을 더욱 상세하게 설명하는 개

략도이다. 도 2에 나타내는 바와 같이, 이온주입장치(100)에 있어서의 반도체 웨이퍼(9)의 주변은, 반도체 웨이퍼 지지장치(10), 웨이퍼 회전장치(11), 웨이퍼 승강장치(12) 등으로 구성되어 있으며, 이들을 메커니컬 스캔장치(13)(도 3 참조)로 일컫는 경우가 있다. 도 2에서는, 이온빔(L)은 지면에 대하여 수직인 방향으로 주사된다. 바꾸어 말하면, X스캔방향은, 도 2에서는 지면에 대하여 수직인 방향이다. 그리고, 도 2에 있어서, 이온빔은 반도체 웨이퍼 지지장치(10) 상에 지지되어 있는 반도체 웨이퍼(9)에 조사된다. 반도체 웨이퍼 지지장치(10)는, 웨이퍼 승강장치(12)에 의하여 도면 내 화살표방향으로 왕복 구동된다. 그 결과, 반도체 웨이퍼 지지장치(10) 상에 지지되어 있는 반도체 웨이퍼(9)는, 도면 내 화살표방향으로 왕복 구동된다. 이온주입장치(100)는, 이러한 동작에 의하여, 반도체 웨이퍼(9)에 이온을 주입한다.

[0054] 여기에서, 도 3을 참조하여, 반도체 웨이퍼(9)로의 이온주입 시에 있어서의, 이온주입장치(100)의 동작을 더욱 상세하게 설명한다. 도 3은, 이온주입장치(100)의 동작을 설명하기 위한 도이다. 도 3에 있어서, 이온빔은 가로방향으로 스캔되고, 반도체 웨이퍼(9)는 반도체 웨이퍼 지지장치(10)에 지지되며, 세로방향으로 스캔된다. 도 3에서는, 반도체 웨이퍼(9)의 최상 위치와 최하 위치를 나타내고, 또한 메커니컬 스캔장치(13)의 동작범위를 도시함으로써, 이온주입장치(100)의 동작을 설명하고 있다. 여기에서, 도 3에서는, 이온빔이 빔스캐너(5)에 의하여 주사되는 모습을 예시하고 있다. 이와 같이, 빔스캐너(5)에 의하여, X스캔방향으로 주사된 이온빔을 "스캔 이온빔"으로 일컫는 경우가 있다. 여기에서, 도 3에서는 가로로 긴 이온빔이 주사되어, 스캔 이온빔 상태에서 반도체 웨이퍼(9)에 조사되는 양태를 나타내고 있지만, 이것은 예시이며, 빔스캐너(5)에 의하여 스캔되는 이온빔은, 도 3에 나타내는 바와 같은 가로길이는 한정되지 않으며, 세로로 길어도 되고, 원형에 가까운 형상이어도 된다.

[0055] 여기에서 도 4를 참조하여, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에서, 행하여지는 이온주입방법의 예에 대하여 설명한다. 도 4는, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서의 이온주입방법을 설명하기 위한 도이다. 도 4에서는, 이온빔의 주사방향을 도면 상 가로방향으로 나타내고, 또, 이온주입 영역 공간 내에서 이온빔이 주사되는 범위를 "빔스캔 길이"로서 나타내고 있다.

[0056] 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치는, 도 3에 나타낸 바와 같이, 빔스캔방향에 직교하는 방향으로 반도체 웨이퍼(9)를 메커니컬적으로 스캔하여, 이온을 반도체 웨이퍼(9)에 주입한다. 도 4에 있어서, 반도체 웨이퍼(9)로의 이온주입을 생각할 때에는, 이온빔과 반도체 웨이퍼(9)와의 상대운동이 문제가 되므로, 이해의 편의상, 마치 반도체 웨이퍼(9)가 정지하고 있는 것으로 하여, 이온빔의 가상적인 주입영역(이하, "가상이온주입 영역(14)"으로 일컫는다)을 생각하면 된다. 다음에 상세하게 설명하지만, 이온주입장치는, 이온주입 영역 공간 내에서 물체에 이온을 주입하는 장치이며, 그 물체는 반도체 웨이퍼(9)에 한정하지 않고 반도체 웨이퍼 지지장치(10)여도 되며, 혹은 그 자체에는 반도체 웨이퍼의 지지기구가 없이 다른 기기를 통하여 반도체 웨이퍼(9)를 지지하는 기기여도 된다. 이들의 경우에 있어서도, 이해의 편의상, 마치 반도체 웨이퍼 지지장치(10)로 대표되는 이들 물체가 정지하고 있는 것으로 하여, 가상이온주입 영역(14)을 생각하면 된다. 정리하면, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, 주입되는 이온과 물체에 대한 상대적인 관계가, 가상이온주입 영역(14)으로서, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역이라고 볼 수 있는 경우에 관한 것이다. 따라서, 이하의 설명에서는, 모든 반도체 웨이퍼(9)나 반도체 웨이퍼 지지장치(10)로 대표되는 물체가 가상적으로 정지하고 있는 것으로 하여, 설명을 진행시킨다. 이 경우, 도 4에 있어서, 가상이온주입 영역(14)의 세로방향의 길이는, 웨이퍼가 메커니컬적으로 주사되는 길이에 상당하므로, 이후 "웨이퍼 스캔길이"로서 나타내는 것으로 한다.

[0057] 여기에서 주의해 두어야 할 점은, 가상이온주입 영역(14)의 전체에 대하여, 스캔 이온빔을 구성하는 이온빔의 무게중심이 도달하는 것, 및, 가상이온주입 영역(14)의 경계선은, 스캔 이온빔을 구성하는 이온빔의 무게중심이 도달하는, 상하좌우방향의 한계선이라고 볼 수 있는 것이다. 또, 도 4에서는, 웨이퍼의 메커니컬적으로 주사되는 방향의 위치에 관계없이, 빔스캔 길이는 일정하다. 이온빔을 일 방향으로 주사하는 그 주사의 주파수를 변경하는 일 없이, 또, 이온의 주입 중에 이온빔의 전류치 측정을 행하는 일 없이, 상기 이온주입 도스량을 반도체 웨이퍼(9)의 전체면에서 균일하게 하려고 하면, 본 실시형태에 관한 이온주입방법이나 이온주입장치를 이용하지 않는 경우에는, 도 4에 나타내는 바와 같이, 빔스캔 길이를 일정하게 할 필요가 있다.

[0058] 도 4에 있어서, 반도체 웨이퍼(9)의 전체면에 이온주입을 행하는 경우를 생각하면, 적어도 가상이온주입 영역(14)이 반도체 웨이퍼(9)를 완전히 포함할 필요가 있다. 따라서 도 4와 같이, 가상이온주입 영역(14)이 직사각형 형상인 경우에는, 반도체 웨이퍼(9)의 전체면에 이온을 주입하기 위해서는, 빔스캔 길이 및 웨이퍼 스캔길이가, 반도체 웨이퍼(9)의 직경보다 클 필요가 있다. 또한, 상기 스캔길이에 대한 조건만으로는, 확실히 반도체 웨이퍼(9)의 전체면에 이온을 주입할 수는 있지만, 이 조건에만 의한 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 의하여 주입되는, 반도체 웨이퍼(9)로의 이온주입 도스량이 반도체 웨이퍼(9)의 전체면에서 균일하다는 것이 보

증되는 것은 아니다. 즉, 가상이온주입 영역(14)에 있어서, 반도체 웨이퍼(9)에 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온주입량이 일정해지도록, 빔스캔방향의 이온주입량 균일성 및 웨이퍼 스캔방향의 이온주입량 균일성을 확보해야 한다.

[0059] 본 실시형태에 관한 이온주입장치(100)에서는, 빔측정장치(8)를 이용하여 주입 전에 이온빔을 필요에 따라서 계측하고, 추가로 또, 필요에 따라서 빔스캐너(5)에 부여하는 주기적으로 변동하는 전장 또는 자장을 미세조정함으로써, X스캔방향의 이온주입량 균일성을 확보한다. Y스캔방향의 이온주입량 균일성에 관해서는, 빔 변동이 발생하고 있지 않는 경우에는, 메커니컬 스캔장치(13)를 이용하여 반도체 웨이퍼(9)를 등속도로 스캔함으로써, 그 균일성을 확보하고 있다. 이들 2차원의 이온주입량 균일성을 확보함으로써, 반도체 웨이퍼(9)에 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온주입량이 일정해지도록 하고 있다.

[0060] 여기에서 도 5를 참조하여, X스캔방향의 이온주입량 균일성을 확보하기 위하여 행하여지는, 빔스캐너(5)에 부여하는 주기적으로 변동하는 전장 또는 자장의 미세조정에 대하여 설명한다. 도 5는, 빔스캐너(5)에 부여하는 주기적으로 변동하는 전장의 예를 나타낸 도이다. 도 5에서는, 도 1에 예시한 전장타입의 빔스캐너(5)에 대하여 상세하게 설명하지만, 이것은 예이며, 도 5를 이용한 설명은, 자장타입의 빔스캐너(5)에도, 전장을 자장으로 바꿔놓음으로써 대략 그대로 적용된다. 또, 본 실시형태에서는, 간략화를 위하여, 빔스캐너(5)에 전압을 가하지 않는 경우에는 이온빔이 스캔되지 않고, 빔스캐너(5)에 정부의 전압을 가함으로써, 빔이 X스캔방향으로 왕복 스캔되는 경우에 대하여, 도 5를 참조하여 설명한다.

[0061] 도 1에서 설명한 바와 같이, 전장타입의 빔스캐너(5)는, 이온주입 영역 공간 내에서 이온빔을 일 방향으로 주사하는 목적을 위하여, 예를 들면 도 1에서 나타낸 바와 같은 빔라인에 있어서, 그 이온빔의 수송 중에, 주기적으로 변동하는 전장을 이온에 작용시키는 기기이다. 여기에서 주기적으로 변동하는 전장으로서, 도 5의 점선과 같이 시간의 함수로서 주기적으로 반복되는 삼각형 형상(이하, 삼각형상 전장(16)으로 일컫는 경우가 있다)을 부여하는 것만으로는, 현재 반도체 디바이스의 양산에 이용되는 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, X스캔방향의 이온주입량 균일성을 확보할 수 없다. 따라서, 현재 반도체 디바이스 양산에 이용되는 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서는, X스캔방향의 이온주입량 균일성을 확보하기 위하여, 반도체 웨이퍼(9)로의 이온주입 전에, 이온빔의 빔전류계측치의 공간위치의존성을 이용하여, 도 5의 실선과 같이, 주기적으로 변동하는 전장을, 전장타입의 빔스캐너(5)에 부여하는 것이 통상이다. 여기에서, 주기적으로 변동하는 전장은, 시간의 함수로서 삼각형상 전장(16), 즉 주기적으로 반복되는 삼각형 형상을 기준으로 하고, 그 삼각형 형상에 더하여, 주기적으로 변동하는 전장에 섭동을 가한 전장이다. 이하, 도 5의 실선으로 나타낸 전장을, 섭동 함유전장(17)으로 일컫는 경우가 있다. 이로써, 반도체 웨이퍼(9)에 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온주입량이 일정해지도록 하고 있다.

[0062] 다만, "공간위치의존성" 이란, 예를 들면, 이온빔의 빔전류계측치의 장소(주사방향의 위치)에 의한 차라고 파악할 수 있다. 공간위치의존성은, 예를 들면, 가동타입의 패러데이컵형 빔측정장치를 이용하여, 그 장소에 따른 빔전류치를 연속적으로(빔측정장치를 멈추지 않고) 측정함으로써 산출된다. 구체적인 산출 방법은 여러 가지 있을 수 있지만, 특별히 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 처음에는 이온빔의 주사를, 당초 설정되어 있는 초기 파라미터에 근거하여 실행하고, 빔측정장치에 의하여 측정된 빔전류계측치에 근거하여, 초기 파라미터를 보정하고, 다시 이온빔의 주사를 행한다. 그리고, 이 처리를, 빔전류계측치와 이상치와의 차가, 허용되는 값 이하가 될 때까지 반복하여, 섭동함유전장(17)을 산출하여도 된다.

[0063] 따라서, 예를 들면 도 5에서는, 전장타입의 빔스캐너(5)에 부여되는 전장으로서, 도 5의 실선과 같은 섭동 함유전장(17)이 선택된다. 여기에서 도 5에서는, 섭동함유전장(17)의 최소치는 $-V_{scan}(V)$ 이며, 그 최대치는 $V_{scan}(V)$ 이다. 반도체 웨이퍼(9)로의 이온주입에서는, 통상, X스캔방향에 대해서는, 좌우 대칭인 가상이온주입 영역(14)이 선택되므로, 전장타입의 빔스캐너(5)에 부여되는 전장의 최대치와 최소치는, 그 절대치를 동일하게 하는 경우가 통상이다. 물론, 전장타입의 빔스캐너(5)에 부여되는 전장의 최대치와 최소치의 절대치가 상이한 경우에도, 도 5에서 설명한 논의는 성립된다.

[0064] 여기에서, 주기적으로 변동하는 전장에 섭동을 가하는 시간적인 주기에 대하여 덧붙인다. 전장반복주기를 $T_{scan}(sec)$ 로 하면, 일반적으로 그 전장에 섭동을 가하는 주기는 $T_{scan}/N(sec)$ 으로 부여된다. 여기에서 N 은 정수치이다. 현재 반도체 디바이스의 양산에 이용되는 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, X스캔방향의 이온주입량 균일성을 확보하기 위하여, 주기적으로 변동하는 전장으로서, 섭동함유전장을, 전장타입의 빔스캐너(5)에 부여하는 경우에 있어서는, 그 효과와 제어 가능성을 비교 고려하면, N 의 값은 16부터 16384의 사이의 정수치, 바람직하게는 64에서 512의 사이의 정수치를 취하도록 하는 것이 좋다. 예를 들면, 시간의 함

수로서 주기적으로 반복되는, 삼각형 형상을 기준으로 하여 전장타입의 빔스캐너(5)에 부여되는 전장의 주기, 즉 이온빔의 스캔 주기가 4msec인 경우를 예로 취하면, 그 전장에 섭동을 가하는 주기는 0.25msec부터 0.24 μ sec의 사이, 바람직하게는 0.063msec부터 7.8 μ sec의 사이를 취하도록 하는 것이 좋다.

[0065] 여기에서, 전장타입의 빔스캐너(5)에 부여되는 전장과, X스캔방향의 이온빔의 위치에 대하여 설명한다. 도 1로부터 명백한 바와 같이, 전장타입의 빔스캐너(5)에 부여되는 전장과 X스캔방향의 이온빔의 위치와의 사이에는, 상관관계가 있다. 구체적으로 예시하면, 도 5에 예시한 바와 같은, 빔스캐너(5)에 전압을 가하지 않는 경우에 이온빔이 스캔되지 않고, 빔스캐너(5)에 정부의 전압을 가함으로써, 빔이 X스캔방향으로 왕복 스캔되는 경우에 있어서, 예를 들면 도 1(a)에 있어서, 빔스캐너(5)에 정의 전압을 가하면 이온빔이 하방으로 이동하는 경우에 대해서는, 빔스캐너(5)에 정의 전압을 가하면 가할수록, X스캔방향의 이온빔의 위치는 하방으로 이동하고, 반대로 빔스캐너(5)에 부의 전압을 가하면 가할수록, X스캔방향의 이온빔의 위치는 상방으로 이동한다. 그 상관관계가, 비례관계가 되는지, 2차 함수형의 상관관계를 취하는지, 혹은 더욱 복잡한 함수에 근거하는 상관관계를 취하는지는, 빔스캐너(5)의 형상에 따라 상이하지만, 어쨌든, 수학적으로 단조 함수형의 상관관계가 있는 것은 다르지 않다. 따라서, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압과 X스캔방향의 이온빔의 위치와의 사이에, 빔스캐너(5)의 형상에 따라 정해지는 대응 관계가 발생한다. 따라서, 그 대응 관계를 이용함으로써, 전장타입의 빔스캐너(5)에 부여하는 전압강도를 제어하고, X스캔방향의 이온빔의 위치를 제어함으로써, 예를 들면 도 4에 나타난 바와 같은, 가상이온주입 영역(14)의 빔스캔 길이를 제어할 수 있다.

[0066] 다만, 도 1(a)에 있어서, 빔스캐너(5)에 정의 전압을 가하면 이온빔이 상방으로 이동하는 경우에 대하여, 혹은, 빔스캐너(5)에 전압을 가하지 않는 경우에 이온빔이 스캔되도록, 이온원(1)으로부터 빔스캐너(5)까지의 빔라인 상에, 이온빔으로 전자기학적인 힘을 가하는 기기를 배치한 경우에 있어서도, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압과 X스캔방향의 이온빔의 위치와의 사이에, 빔스캐너(5)의 형상에 따라 정해지는 대응 관계가 발생하는 것은, 말할 필요도 없다.

[0067] 여기에서 도 6을 참조하여, 예를 들면, 직경 300mm의 반도체 웨이퍼용으로 개발된 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치를 이용하여, 직경 100mm의 반도체 웨이퍼로 이온주입을 행하는 경우와 같은, 그 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 본래 대응한 반도체 웨이퍼(9)보다 작은 반도체 웨이퍼(이하, "소형 반도체 웨이퍼(15)"로 일컫는다.)에, 이온을 주입하는 경우의 문제점에 대하여 설명한다.

[0068] 우선, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, 그 당초의 대상물인 반도체 웨이퍼(9)보다 작은 소형 반도체 웨이퍼(15)를, 웨이퍼 처리실 내에서 빔라인 상에 설치하는 수법에 대하여 설명한다. 도 6은, 반도체 웨이퍼 지지장치(10)를 소형 반도체 웨이퍼(15)용으로 개조한 경우를 나타낸 도이다. 그러나, 소형 반도체 웨이퍼(15)를 웨이퍼 처리실 내에서 빔라인 상에 설치하는 수법은 반드시 이에 한정되는 것은 아니고, 예를 들면, 반도체 웨이퍼 지지장치(10)와 소형 반도체 웨이퍼(15)의 사이에 그 변환용 어댑터를 배치해도 되고, 반도체 웨이퍼 지지장치(10)에 소형 반도체 웨이퍼(15)를 점착성 테이프를 이용하여 붙여도 되며, 반도체 웨이퍼(9)에 소형 반도체 웨이퍼(15)를 점착성 테이프를 이용하여 붙여 두어, 그 반도체 웨이퍼(9)를 반도체 웨이퍼 지지장치(10)에 지지시켜도 된다.

[0069] 여기에서, 도 6에 있어서, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 전체면에 이온주입을 행하는 경우를 생각하면, 가상이온주입 영역(14)이 소형 반도체 웨이퍼(15)를 완전히 포함할 필요가 있다. 그런데, 도 6으로부터 명백한 바와 같이, 도 6에 도시한 직사각형 형상의 가상이온주입 영역(14)에서는, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 면적에 비하여 명백하게 너무 크다. 이 이유는, 여기에서 생각하고 있는 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치가, 소형 반도체 웨이퍼(15)보다 큰 반도체 웨이퍼(9)에 대응하고 있기 때문이다. 따라서, 반도체 웨이퍼 지지장치(10)도 소형 반도체 웨이퍼(15)에 비하여 큰 점, 직사각형 형상의 가상이온주입 영역(14)을 생각하는 한, 반도체 웨이퍼(9)에 대응한 크기로 할 수 밖에 없고, 결과적으로 직사각형 형상의 가상이온주입 영역(14)이, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 면적에 비하여 커져 버리기 때문이다. 소형 반도체 웨이퍼(15)의 외측의 가상이온주입 영역(14)은, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 외측에 이온빔이 주사되고 있거나, 또는 소형 반도체 웨이퍼(15)가 반도체 웨이퍼 지지장치(10)와 함께 메커니컬적으로 주사된 결과, 이온이 메커니컬적으로 주사된 방향에 대하여 소형 반도체 웨이퍼(15)의 외측에 주사되고 있는 것과 동일한 것이 되어, 이 경우, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 외측에 주사되는 이온빔은 소형 반도체 웨이퍼(15)에는 주입되지 않는다. 따라서, 소형 반도체 웨이퍼(15)로의 이온주입이라는 관점에서는, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 외측에 주사되는 이온빔은 불필요한 이온이 된다.

[0070] 여기에서, 도 6에서는, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치를 이용하여, 그 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 대응한 반도체 웨이퍼(9)보다 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 이온을 주입하는 경우를 생각하고 있지만,

여기에서는 반도체 웨이퍼(9)로의 이온주입과 동일한 이온주입 방식을 이용할 뿐이며, 특별히 연구되어 있지 않다. 즉, 상기 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 대응한 반도체 웨이퍼(9)에 맞춘 이온빔의 주사방법이나 반도체 웨이퍼 지지장치(10)의 메커니컬적인 주사방법이 이용되고 있으며, 특별히 연구되어 있지 않다.

[0071] 이 경우, 확실히 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치의 반도체 웨이퍼(9)로의 이온주입기술을 그대로 적용하여, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 전체면에, 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온주입량이 일정해지도록 주입하는 것은 가능하다. 즉, "대는 소를 겸한다" 라는 생각에 따라, 원리적으로는 이 수법으로, 예를 들면 도 5에 도시한 바와 같이, 반도체 웨이퍼(9)에 대처하기 위한 직사각형 형상의 가상이온주입 영역(14)을 이용하여, 소형 반도체 웨이퍼(15)에 이온을 주입하면, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 전체면에, 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온주입량이 일정해지도록 이온을 주입할 수 있다.

[0072] 그러나, 그 이온주입 효율은 매우 나빠, 양산용 반도체제조공정에서는 실용적이지 않다. 그 이온주입 효율의 불량은, 도 6으로부터도 명백하지만, 더욱 상세하게 이하에 예시한다. 여기에서 예를 들면, 반도체 웨이퍼(9)로서 직경 300mm의 반도체 웨이퍼를 생각하여, 직경 300mm의 반도체 웨이퍼용으로 개발된 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, 소형 반도체 웨이퍼(15)로서 직경 100mm의 반도체 웨이퍼를 생각하여, 상기 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치를 이용하여, 직경 100mm의 반도체 웨이퍼에 이온을 주입하는 것을 생각한다. 여기에서 직경 100mm의 반도체 웨이퍼의 면적은, 직경 300mm의 반도체 웨이퍼의 면적의 9분의 1이다. 여기에서, 직경 300mm의 반도체 웨이퍼용으로 개발된 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치의 직사각형 형상의 가상이온주입 영역(14)의 면적은, 적어도 직경 300mm의 반도체 웨이퍼의 면적보다는 크게 해야 하기 때문에, 직경 100mm의 반도체 웨이퍼의 면적에 비하면, 결과적으로 적어도 9배 이상, 전형적으로는 10배 이상의 직사각형상의 가상이온주입 영역이 된다. 또한, 통상의 가상이온주입 영역(14)의 형상은 직사각형이며, 반도체 웨이퍼의 형상은 원형이기 때문에, 직경 100mm의 반도체 웨이퍼의 면적에 비한 가상이온주입 영역(14)의 면적은 그 만큼 더욱 커진다. 이에 더해, 가상이온주입 영역(14)의 경계선은, 스캔 이온빔을 구성하는 이온빔의 무게 중심이 도달하는, 상하좌우방향의 한계선이라고 볼 수 있다. 실제의 이온빔은 도 4에 나타난 바와 같이 유한의 폭을 가지기 때문에, 직경 100mm의 반도체 웨이퍼의 면적에 비한 가상이온주입 영역(14)의 면적은, 더욱 그 만큼 커진다. 이와 같이, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 대응한 반도체 웨이퍼(9)보다 작은 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 특별히 연구하지 않고 이온을 주입하는 경우에는, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 면적에 비하여 가상이온주입 영역(14)의 면적이 너무 크고, 그 이온주입 효율이 매우 나빠, 양산용 반도체제조공정에서는 실용적이지 않다.

[0073] 따라서, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 대응한 반도체 웨이퍼(9)보다 작은 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로, 이온을 주입하기 위해서는, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞도록, 가상이온주입 영역(14)의 형상이나 면적을 변경할 필요가 있다.

[0074] 여기에서 도 7을 참조하여, 본 실시형태에 관한 가상이온주입 영역(14)에 대하여 설명한다. 도 7은, 본 실시형태에 관한 가상이온주입 영역(14)의 형상을 설명하기 위한 도이다. 본 실시형태에서는, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 대응한 반도체 웨이퍼(9)보다 작은 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하기 위하여, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞도록, 가상이온주입 영역(14)의 형상이나 면적을 변경한다. 도 7과 같이 소형 반도체 웨이퍼(15)가 1매인 경우에는, 예를 들면 도 7에 나타난 가상이온주입 영역(14)이 적절하다고 생각된다. 즉, 가상이온주입 영역(14)의 형상으로서, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 근사한 형상, 즉 정이십각형보다 정점수가 많은 다각형 형상에 근사할 수 있는 형상, 또는 원형 형상이 적절하다고 생각된다. 또, 가상이온주입 영역(14)의 면적으로서는, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 면적보다는 크지만, 크더라도 그 몇 배에 그치는 면적이 적절하다고 생각된다. 여기에서 중요한 것은, 도 7로부터 명백한 바와 같이, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞도록, 직사각형 형상이 아닌 가상이온주입 영역(14)의 형상을 선택하는 경우에는, 빔스캔 길이가 일의적으로 정해지지 않아, 적어도 복수개의 빔스캔 길이가 필요한 것이다. 도 6에서는 최대 빔스캔 길이를 명시했지만, 도 7의 예에서는, 빔스캔 길이가 최대 빔스캔 길이인 것은 소형 반도체 웨이퍼(15)의 중앙 부근뿐이며, 그 이외의 장소에서는 빔스캔 길이는 최대 빔스캔 길이 이하의 길이로 되어 있다.

[0075] 또, 도 7의 예에서는, 가상이온주입 영역(14)은 소형 반도체 웨이퍼(15)를 완전히 포함하고 있지만, 한편 반도체 웨이퍼 지지장치(10)와의 관계에서는, 가상이온주입 영역(14)은 반도체 웨이퍼 지지장치(10)에 완전히 포함되어 있다. 혹은, 반도체 웨이퍼 지지장치(10)가 형성하는 평면 영역이, 가상이온주입 영역(14) 즉 가상적인 평면형상의 이온주입 영역을 포함하고 있다고 표현하여도 된다(이하, "가상적인 평면형상의 이온주입 영역"을 적절히 "가상이온주입 영역(14)"으로 일컫는 경우가 있다.). 이 경우, 소형 반도체 웨이퍼(15)로의 이온주입

중에 이온은 반도체 웨이퍼 지지장치(10)의 외측으로 나오는 일은 없다. 이 경우, 이온주입 중에는 이온빔의 전류치의 측정이 불가능하므로, 이러한 가상이온주입 영역(14)을 작성할 때에, 이온빔의 전류치의 측정이 불필요한 이온주입방법을 이용하지 않는 한, 도 7과 같이 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞도록, 가상이온주입 영역(14)의 형상이나 면적을 변경하는 것은 불가능하게 된다. 따라서, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 대응한 반도체 웨이퍼(9)보다 작은 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하기 위하여, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞도록, 가상이온주입 영역(14)의 형상이나 면적을 변경하기 위해서는, 이온의 주입 중에, 이온빔의 전류치의 측정이 필수가 아닌 이온주입방법을 이용하여야 한다.

[0076] 이미 설명한 바와 같이, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, 그 당초의 대상물인 반도체 웨이퍼(9)보다 작은 소형 반도체 웨이퍼(15)를, 웨이퍼 처리실 내에서 빔라인 상에 설치하는 수법은, 도 6이나 도 7에서 나타난 바와 같이, 반도체 웨이퍼 지지장치(10)를 소형 반도체 웨이퍼(15)용으로 개조했을 경우에는 한정되지 않는 것이며, 예를 들면, 반도체 웨이퍼 지지장치(10)와 소형 반도체 웨이퍼(15)의 사이에 그 변환용 어댑터를 배치하여도 되고, 반도체 웨이퍼 지지장치(10)에 소형 반도체 웨이퍼(15)를 접촉성 테이프를 이용하여 붙여도 되며, 반도체 웨이퍼(9)에 소형 반도체 웨이퍼(15)를 접촉성 테이프를 이용하여 붙여 두어 그 반도체 웨이퍼(9)를 반도체 웨이퍼 지지장치(10)에 지지시켜도 된다. 따라서, 도 7에서 예시한 반도체 웨이퍼 지지장치(10)는, 반도체 웨이퍼(9)인 경우도 있을 수 있다. 이 경우, 도 7과 유사한 상황에서는, 가상이온주입 영역(14)은 반도체 웨이퍼(9)에 완전히 포함되어 있다. 혹은, 반도체 웨이퍼(9)에 이온을 주입하는 경우에, 반도체 웨이퍼(9)가 형성하는 평면 영역이, 가상이온주입 영역(14)을 포함하고 있다고 표현하여도 된다. 이 경우, 소형 반도체 웨이퍼(15)로의 이온주입 중에, 이온은 반도체 웨이퍼(9)의 외측으로 나오는 일 없이, 주입 개시부터 주입 종료까지, 이온빔이 반도체 웨이퍼(9)에 계속해서 주입된다고 할 수 있다.

[0077] 여기에서 중요한 것은, 가상이온주입 영역(14)의 형상이나 면적을 변경하여도, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 전체 면에, 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온주입량이 일정해지도록 주입하는 것, 즉, 이온주입 도스량이 소형 반도체 웨이퍼(15)의 전체면에서 균일한 것이 필요한 것이다.

[0078] 이미 도 5를 이용하여 설명한 바와 같이, 가상이온주입 영역(14)이 직사각형 형상인 경우, 현재 반도체 디바이스 양산에 이용되는 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서는, X스캔방향의 이온주입량 균일성을 확보하기 위하여, 주기적으로 변동하는 전장에 섭동을 가한 전장을, 전장타입의 빔스캐너(5)에 부여하는 것이 통상이다. 이로써, 반도체 웨이퍼(9)에 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온주입량이 일정해지도록 하고 있다. 이 상황은, 소형 반도체 웨이퍼(15)로의 주입시에도 다르지 않다. 이로 인하여, 가상이온주입 영역(14)이 직사각형 형상인 경우는, 도 5와 동일한 수법으로, 소형 반도체 웨이퍼(15)에 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온주입량이 일정해지도록 할 수 있다. 그러나, 가상이온주입 영역(14)의 형상이 직사각형 형상 이외인 경우에는, 소형 반도체 웨이퍼(15)에 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온주입량이 일정해지도록 하기 위해서는, 연구가 필요하다.

[0079] 또 하나 중요한 점으로서, 가상이온주입 영역(14)의 형상이나 면적을 변경하여도, 이온빔을 일 방향으로 주사하는 그 주사의 주파수를 변경하는 것이 곤란한 점, 즉, 전장 반복주기를 변경하는 것이 곤란한 점이다.

[0080] 여기에서, 도 8을 참조하여, 복수개의 빔스캔 길이에 대응한 빔스캔 길이의 변경 수법의 예를 설명한다. 도 8은, 전장타입의 빔스캐너(5)에 부여되는, 주기적으로 변동하는 전장 일주기분을 추출한 도이다. 이미 설명한 바와 같이, 현재 반도체 디바이스 양산에 이용되는 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서는, 섭동함 유전장을, 전장타입의 빔스캐너(5)에 부여하고 있으며, 도 8의 실선은 그 섭동함유전장(17)이 가해진 전장을 나타내고 있다.

[0081] 여기에서, 도 8을 참조하여, 복수개의 빔스캔 길이에 대응한 빔스캔 길이의 변경 수법의 예를 설명한다. 도 8은, 전장타입의 빔스캐너(5)에 부여되는, 주기적으로 변동하는 전장 일주기분을 추출한 도이다. 이미 설명한 바와 같이, 현재 반도체 디바이스 양산에 이용되는 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서는, 섭동함 유전장을, 전장타입의 빔스캐너(5)에 부여하고 있으며, 도 8의 실선은 그 섭동함유전장(17)이 가해진 전장을 나타내고 있다.

[0082] 예를 들면, 도 8에 있어서, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이가 실현될 수 있도록, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압으로서, 최대치 $V_2(V)$, 최소치 $V_1(V)$ 을 부여했을 때에, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압과 X스캔방향의 이온빔의 위치와의 사이에 발생하는, 빔스캐너(5)의 형상에 따라 정해지는 대응 관계로부터, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이의 양단의 이온빔 위치를 제어할 수 있다고 하자. 이 경우, 도 8

에 있어서, 시각 T1에서 빔스캐너(5)에 부여하는 전압이 최대치 V2(V)가 되고, 시각 T2에서 빔스캐너(5)에 부여하는 전압이 최소치 V1(V)이 되며, 시각 T3에서 빔스캐너(5)에 부여하는 전압이 최소치 V1(V)이 되고, 시각 T4에서 빔스캐너(5)에 부여하는 전압이 최대치 V2(V)가 되게 된다.

[0083] 여기에서, 도 9를 참조하여, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현하기 위한 예를 설명한다. 도 9는, 빔스캐너에 부여하는 전장과 시간과의 관계의 예를 나타낸 도이다. 이미 설명한 바와 같이, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이의 양단의 이온빔 위치는, 예를 들면 도 8의 경우라면, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압으로서, 최대치 V2(V), 최소치 V1(V)로 나타낼 수 있다. 따라서, 그 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현화하기 위해서는, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압으로서, V2(V) 이상의 전압은 허용되지 않고, 또 V1(V) 이하의 전압도 허용되지 않는다. 따라서, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현하기 위하여, 예를 들면 도 9와 같이 시간적으로 변화하는 전압을 빔스캐너(5)에 부여하는 것을 생각할 수 있다. 도 9의 실선으로 나타나는 전장은, 삼각형상 전장(16)과의 형상의 차가 너무 커, 시간의 함수로서 삼각형상 전장(16), 즉 주기적으로 반복되는 삼각형 형상을 기준으로 하여, 그 삼각형 형상에 더하여, 주기적으로 변동하는 전장에 섭동을 가한 전장을, 전장타입의 빔스캐너(5)에 부여하고 있다고는 할 수 없기 때문에, 섭동함유전장(17)이라고는 할 수 없지만, 매우 큰 보정을 삼각형상 전장(16)에 가하고 있다고 생각할 수 있으므로, 유사 섭동함유전장(18)으로서 취급하여도 된다.

[0084] 도 9의 유사 섭동함유전장(18)을 간단하게 설명하면, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압으로서, 시각 T1까지 최대치 V2(V)의 일정치이며, 시각 T1부터 시각 T2까지 도 8에서 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이에 대하여 얻어진 섭동함유전장(17)을 그대로 이용하고, 시각 T2부터 시각 T3까지 최소치 V1(V)의 일정치이며, 시각 T3부터 시각 T4까지 도 8에서 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이에 대하여 얻어진 섭동함유전장(17)을 그대로 이용하며, 시각 T4부터는, 최대치 V2(V)의 일정치인, 유사 섭동함유전장(18)이다.

[0085] 이 경우, 확실히 빔스캐너(5)에 부여하는 전압은 최대치 V2(V), 최소치 V1(V)의 사이에 있고, 또, 전장 반복주기는 T_scan(sec)인 채이기 때문에, 이온빔 주사주파수는 변경되어 있지 않다. 그러나, 도 9의 유사 섭동함유전장(18)에서는, 예를 들면, 시각 T2부터 시각 T3까지 빔스캐너(5)에 부여하는 전압은 최소치 V1(V)의 일정치를 취하고, 따라서, 이온빔은 X스캔방향으로 스캔되지 않고 그 자리에서 머물고 있는 것뿐이며, 이온주입 효율이 향상하고 있는 것은 아니다.

[0086] 즉, 도 9에 나타낸 유사 섭동함유전장(18)에서는, 확실히 이온빔 주사주파수를 변경하는 일 없이, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현할 수 있다. 그러나, 이온주입 효율의 향상은 달성할 수 없기 때문에, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 대응한 반도체 웨이퍼(9)보다 작은 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하기 위하여, 이온빔 주사주파수를 변경하는 일 없이, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞도록, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현한다는 목적에 합치하지 않는다.

[0087] 여기에서, 도 10을 참조하여, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현하기 위한 수법의 다른 예를 설명한다. 도 10은, 빔스캐너에 부여하는 전장과 시간과의 관계의 다른 예를 나타낸 도이다. 도 10에 있어서도, 도 9를 이용하여 이미 설명한 바와 같이, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이의 양단의 이온빔 위치는, 예를 들면 도 10의 경우라면, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압으로서, 최대치 V2(V), 최소치 V1(V)로 나타낼 수 있으므로, 그 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현화하기 위해서는, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압으로서, V2(V) 이상의 전압은 허용되지 않고, 또 V1(V) 이하의 전압도 허용되지 않는다. 따라서, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현하기 위하여, 예를 들면 도 10과 같이 시간적으로 변화하는 전압을 빔스캐너(5)에 부여하는 것을 생각할 수 있다.

[0088] 도 10의 섭동함유전장(17)을 간단하게 설명하면, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압으로서, 시각 T5까지, 도 8에서 시각 T1부터 시각 T2까지 설정된, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이에 대하여 얻어진 섭동함유전장(17)을 그대로 이용하고, 시각 T5부터 시각 T6까지, 도 8에서 시각 T3부터 시각 T4까지 설정된, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이에 대하여 얻어진 섭동함유전장(17)을 그대로 이용하는, 섭동함유전장(17)이다.

[0089] 이 경우, 확실히 빔스캐너(5)에 부여하는 전압은 최대치 V2(V), 최소치 V1(V)의 사이에 있으며, 또, 이온빔은 X스캔방향으로 항상 계속해서 스캔되므로, 이온주입 효율의 향상은 달성할 수 있다. 그러나, 도 10의 섭동함유전장(17)에서는, 전장 반복주기가 T_scan(sec)보다 짧아진다.

[0090] 즉, 도 10에 나타낸 섭동함유전장(17)에서는, 확실히 이온주입 효율의 향상이 달성될 수 있는 상황으로, 가상이

온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현할 수 있다. 그러나, 이온빔 주사주파수가 변경되어 버리므로, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 대응한 반도체 웨이퍼(9)보다 작은 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하기 위하여, 이온빔 주사주파수를 변경하는 일 없이, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞도록, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현한다는 목적에 합치하지 않는다.

[0091] 이상의 설명으로 명백한 바와 같이, 도 9에 나타난 유사 섭동함유전장(18)이나, 도 10에 나타난 섭동함유전장(17)에서는, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 대응한 반도체 웨이퍼(9)보다 작은 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하기 위하여, 이온빔 주사주파수를 변경하는 일 없이, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞도록, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현할 수는 없다.

[0092] 여기에서, 도 11을 참조하여, 본 실시형태에 관한 이온주입방법에 있어서, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현하기 위하여, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압을 구하는 수법을 설명한다. 도 11은, 본 실시형태에 관한 변환 섭동함유전장의 예를 나타낸 도이다. 도 11에 있어서나, 도 9나 도 10을 이용하여 이미 설명한 바와 같이, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이의 양단의 이온빔 위치는, 예를 들면 도 11의 경우라면, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압으로서, 최대치 $V_2(V)$, 최소치 $V_1(V)$ 로 나타낼 수 있으므로, 그 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현화하기 위해서는, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압으로서, $V_2(V)$ 이상의 전압은 허용되지 않고, 또 $V_1(V)$ 이하의 전압도 허용되지 않는다. 본 실시형태에서는, 도 11에서는 점선으로 나타난 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현화할 때에 빔스캐너(5)에 부여하는 변환 섭동함유전장(19)은, 도 11에서는 실선으로 나타난 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이에 대하여 얻어진 섭동함유전장(17)의 일부를 그대로 이용하지 않고, 섭동함유전장(17)을 변환하여 새롭게 작성한다.

[0093] 여기에서, 도 11에 있어서, 최대 빔스캔 길이에 대하여 얻어진 섭동함유전장(17)을, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대한 변환 섭동함유전장(19)으로 변환하는 방법을 상세하게 설명한다. 이미 도 9나 도 10을 이용하여 설명한 바와 같이, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 대응한 반도체 웨이퍼(9)보다 작은 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하기 위하여, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현하면서, 전장 반복주기를 변경하지 않는 것, 즉 이온빔 주사주파수를 변경하지 않는 것이 요구된다. 이 요청을 충족시키기 위하여, 본 실시형태에서는, 시각 T_1 부터 시각 T_2 까지 설정된, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이에 대하여 얻어진 섭동함유전장(17)을, 시각 0부터 시각 $T_{scan}/2$ 까지 시간적으로 연장하고, 이 수법으로 얻어지는 전장을, 시각 0부터 시각 $T_{scan}/2$ 까지 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대한 변환 섭동함유전장(19a)으로 한다. 또, 시각 T_3 부터 시각 T_4 까지 설정된, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이에 대하여 얻어진 섭동함유전장(17)을 시각 $T_{scan}/2$ 부터 시각 T_{scan} 까지 시간적으로 연장하여 얻어지는 전장을, 시각 $T_{scan}/2$ 부터 시각 T_{scan} 까지 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대한 변환 섭동함유전장(19b)으로 한다. 그 결과로서, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현하기 위하여, 빔스캐너(5)에 부여하는, 변환 섭동함유전장(19)을 얻을 수 있다.

[0094] 수학적으로 표현하면, 최대 빔스캔 길이에 대하여 얻어진 섭동함유전장(17)(V_{norm})이 시간(t)의 함수로서, $V_{norm}=f(t)$ 의 관계식으로 나타나는 경우, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대한 변환 섭동함유전장(19)(V_{trans})은, 시각 $T_{scan}/2$ 까지는, $V_{trans}=f(at+T_1)$ 의 관계식으로, 그 후 시각 T_{scan} 까지는, $V_{trans}=f(b\times t-T_{scan}/2)+T_3$ 의 관계식으로 나타난다. 여기에서, $a=(2\times T_2-T_1)/T_{scan}$ 이며, $b=(2\times T_4-T_3)/T_{scan}$ 이다.

[0095] 지금까지 도 11을 이용하여 설명한 것으로부터도 명백한 바와 같이, 최대 빔스캔 길이에 대하여 얻어진 섭동함유전장(17)을, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대한 변환 섭동함유전장(19)으로 변환하는 방법은, 섭동함유전장(17)과, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압과 X스캔방향의 이온빔의 위치와의 사이에 빔스캐너(5)의 형상에 따라 정해지는 대응 관계가 얻어지면, 그것만으로 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대한 변환 섭동함유전장(19)을 얻을 수 있다. 바꾸어 말하면, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대해서는, 소형 반도체 웨이퍼(15)로의 이온주입 전에, 이온빔의 빔전류계측치의 공간위치의존성을 이용하여, 섭동함유전장(17)을 직접 구할 필요는 없다. 혹은, 도 7에 나타난 바와 같은, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 대응한 반도체 웨이퍼(9)보다 작은 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하기 위하여, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞는 가상이온주입 영역(14)의 형상을 실현화하기 위

하여 이용되는, 복수개의 이온주사 진폭 중에서, 가장 긴 이온주사 진폭 이외의 이온주사 진폭에 대한, 주기적으로 변동하는 전장이, 가장 긴 이온주사 진폭에 대한 섭동함유전장(17)으로부터, 계산에 의하여, 자동적으로 구해진다고 표현할 수도 있다.

[0096] 도 11을 이용하여 설명한 본 실시형태에 의한, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현하기 위하여, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압을 구하는 수법은, 가상이온주입 영역(14)의 빔스캔 길이를, 그 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이이면 일반적으로 성립되는 수법이며, 복수개의, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 얻을 수 있는 것은 명백하다. 또, 도 11을 이용한 설명으로부터 명백한 바와 같이, 본 실시형태에 의한 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현하기 위하여, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압을 구하는 수법은, V1(V)과 V2(V)의 대소 관계만을 그 전제로 하고 있으며, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압의 정부는 전제로 하고 있지 않다. 이것은, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이의 양단에 대응하는 X스캔방향의 2개의 빔스캔 중단 위치는, 빔스캐너(5)에 전압을 가하지 않는 경우에 비하여, 도 1에 있어서 한쪽이 하방에 위치하고 한쪽이 상방에 위치하도록 구성할 수도 있고, 쌍방 모두 하방에 위치하도록 구성할 수도 있으며, 혹은 또 쌍방 모두 상방에 위치하도록 구성할 수도 있는 것을 의미한다.

[0097] 또, 도 11을 이용하여 설명한 본 실시형태에 의한 수법은, 이온주입 영역 공간 내에서 이온빔을 일 방향으로 주사하는 목적으로 부여되는, 주기적으로 변동하는 자장을 이용한 빔스캐너(5)에서도 동일한 것은 명백하다.

[0098] 이와 같이, 도 11에서 설명한, 최대 빔스캔 길이에 대하여 얻어진 섭동함유전장(17)을, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대한 변환 섭동함유전장(19)으로 변환하는 본 실시형태에 관한 방법을 이용함으로써, 하이브리드 스캔형 매입식 이온주입장치에 대응한 반도체 웨이퍼(9)보다 작은 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하는 경우에 있어서, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞도록, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현한다는 목적을 위하여, 이온주입 효율의 향상이 달성될 수 있는 상황에서, 이온빔 주사주파수를 변경하는 일 없이, X스캔방향의 이온주입량 균일성을 확보하면서, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현하는 것이 가능해진다.

[0099] 또한 본 실시형태에서는, 메커니컬 스캔장치(13)를 이용하여 행하여지는, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 메커니컬적인 스캔 속도에 제어를 가함으로써, Y스캔방향의 이온주입량 균일성에 관해서도, 그 균일성을 확보하고, 변환 섭동함유전장(19)에 의한 X스캔방향의 이온주입량 균일성의 확보와 함께, 소형 반도체 웨이퍼(15)에 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온주입량이 일정해지도록 하고 있다. 이하, 상세하게 설명한다.

[0100] 여기에서, 도 12를 참조하여, 동일한 이온빔 주사주파수에 있어서, 상이한 빔스캔 길이를 이용하는 경우의 이온주입량에 대하여 설명한다. 도 12는, 이온빔의 주사속도 및 전장 반복주기와, 빔스캔 길이와의 관계를 나타낸 도이다. 다만, 이미 도 11에서 설명한 바와 같이, 실제의 소형 반도체 웨이퍼(15)로의 이온주입에서는, X스캔방향의 이온주입량의 균일성을 확보하기 위하여, 섭동함유전장(17) 및 변환 섭동함유전장(19)을 이용하고 있지만, 도 12에서는 그 섭동이 충분히 작은 것으로 하여 설명한다. 도 12의 설명에 있어서, 섭동의 크기를 무시할 수 없는 경우에 대해서도, 그 논지가 동일한 것은 말할 필요도 없다.

[0101] 도 12에 있어서, 가로축은 전장 반복주기를 나타내고, 세로축은 이온빔 주사속도를 나타낸다. 이미 설명한 바와 같이, 전장 반복주기는 이온빔 주사주파수의 역수이며, 일정치 T_{scan} 이 된다. 또, 일반적으로는 빔스캔 길이는 이온주사속도의 시간 적분으로 나타난다. 도 12에서는, 최대 빔스캔 길이(S0)에 대한 이온주사속도를 v_0 으로 나타내고, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이(S1)에 대한 이온주사속도를 v_1 로 나타내고 있다. 도 12로부터 명백한 바와 같이, 동일한 이온빔 주사주파수에 있어서, 상이한 빔스캔 길이를 이용하는 경우에는, 이온주사속도도 변화된다. 따라서, 가상이온주입 영역(14)이 직사각형인 경우에 이용되는, Y스캔방향의 이온주입량 균일성을 확보하기 위하여, 메커니컬 스캔장치(13)를 이용하여 소형 반도체 웨이퍼(15)를 등속도로 스캔하는 수법을 이용하면, 빔스캔 길이에 따라 상기 이온주사속도가 변화되므로, 거기에 맞추어, 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온주입량도 변화되어, Y스캔방향의 이온주입량 균일성이 확보되지 않게 된다.

[0102] 따라서, 본 실시형태에서는, 이온주입 중에, 빔스캔 길이에 따라, 주기적으로 변동하는 전장을 전환할 때에, 동시에 소형 반도체 웨이퍼(15)를 스캔하는 속도를 전환함으로써, 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온주입량을 동일하게 하여, Y스캔방향의 이온주입량 균일성을 확보함으로써, 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온의 주입량을 일정하게 유지하도록 하고 있다. 이하, 상세하게 설명한다.

- [0103] 여기에서, 도 13을 참조하여, 본 실시형태에 의한, 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온주입량의 균일성을 확보하는 수법에 대하여, 개략적으로 설명한다. 도 13은, 이온빔의 주사속도, 웨이퍼의 주사속도 및 전장 반복주기와, 이온주입량과의 관계를 나타낸 도이다. 이온주입장치에서의 이온주입량을 생각할 경우, 통상은 1차원적, 즉 이온빔의 주사속도만을 고려하면 되지만, 정확하게는, 2차원적으로 취급하여야 한다. 예를 들면, 도 7의 예에서는, 소형 반도체 웨이퍼(15)는 메커니컬 스캔장치(13)에 의하여, 이온빔의 주사방향 즉 X스캔방향에 대하여, 그 직교하는 방향 즉 Y스캔방향으로 메커니컬적으로 주사되므로, 메커니컬 스캔장치(13)에 의하여 제어되는 웨이퍼 스캔 속도를 고려하여야 한다. 가상이온주입 영역(14)이 직사각형인 경우에는, 소형 반도체 웨이퍼(15)를 등속도로 스캔하는 수법을 이용함으로써, Y스캔방향의 이온주입량 균일성이 확보되므로, 마치 웨이퍼 스캔 속도의 고려가 이루어지지 않는 것처럼 취급되는 것일 뿐이다.
- [0104] 여기에서, 이온빔 주사주파수, 빔스캔 길이, 웨이퍼 주사속도의 관계를 한 번에 고찰하기 위해서는, 도 13과 같이, 한 변을 주입시간(t), 한 변을 이온주사속도(v_s), 한 변을 웨이퍼 주사속도(V_s)로 하는 3차원 공간을 이용하는 것이 편리하다. 여기에서 일반적으로, 이온주입량은, 이온주사속도(v_s)와 웨이퍼 주사속도(V_s)의 곱, $v_s \times V_s$ 에 반비례한다.
- [0105] 이미 도 12를 이용하여 설명한 바와 같이, 최대 빔스캔 길이(S_0)에 대한 이온주사속도는 v_0 이며, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이(S_1)에 대한 이온주사속도는 v_1 이기 때문에, 이들 2개의 빔스캔 길이에 대한, 2개의 이온주사속도는 반드시 상이하다. 본 실시형태에서는, 이 상이한 이온주사속도에 대하여, 웨이퍼 스캔 속도를 의도적으로 변경함으로써, 이온주입량을 일정하게 하고 있다. 도 13의 경우, 곱($v_0 \times V_0$)과 곱($v_1 \times V_1$)이 일정해지도록, 최대 빔스캔 길이(S_0)에 대한 웨이퍼 주사속도(V_0)와 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이(S_1)에 대한 웨이퍼 주사속도(V_1)와의 관계를 정함으로써, 이온주입량이 일정해진다. 즉, 본 실시형태에 의하면, 상이한 이온주사 진폭에 대응하여, 소형 반도체 웨이퍼(15)를 메커니컬적으로 주사하는 속도, 즉 웨이퍼 주사속도를 각각 변화시켜, 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온의 주입량을 일정하게 유지할 수 있다.
- [0106] 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이(S_1)에 대한 웨이퍼 주사속도(V_1)는, 최대 빔스캔 길이(S_0)에 대한 웨이퍼 주사속도(V_0)보다 빨라진다. 따라서, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이(S_1)에 대한 웨이퍼 주사속도(V_1)의, 최대 빔스캔 길이(S_0)에 대한 웨이퍼 주사속도(V_0)에 대한 비는, 1 이상의 수치가 된다. 이 수치는, 웨이퍼 주사속도에 대한 보정계수로 볼 수 있다.
- [0107] 그리고 또한, 최대 빔스캔 길이(S_0)에 대한 웨이퍼 주사속도(V_0)를 기준으로 하는, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이(S_1)에 대한 웨이퍼 주사속도(V_1)에 대한 보정계수는, 최대 빔스캔 길이(S_0)에 대하여 얻어진 섭동함유전장(17)을, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대한 변환 섭동함유전장(19)으로 변환하기 위하여, 계산에 의하여, 주기적으로 변동하는 전장이 자동적으로 구해질 때, 동시에 계산에 의하여 구할 수 있다. 이것은, 이미 도 11 및 도 13을 이용한 설명으로부터 명백하다.
- [0108] 도 12 및 도 13을 이용한 설명은, 도 1에 예시한 전장타입의 빔스캐너(5)에 대하여 행하여진 것이지만, 이것은 예이며, 도 12 및 도 13을 이용한 설명은, 자장타입의 빔스캐너(5)에도, 전장을 자장으로 바꿔 넣음으로써 대략 그대로 적용된다.
- [0109] 또, 도 13을 이용하여 설명한, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대하여, 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온의 주입량을 일정하게 유지하기 위해서 행하여지는, 웨이퍼 주사속도의 의도적인 변경에 관한 수법은, 가상이온주입 영역(14)의 빔스캔 길이로서, 그 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이이면 일반적으로 성립되는 수법이며, 복수개의, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 얻을 수 있는 것은 명백하다.
- [0110] 이와 같이, 본 실시형태에서는, 도 11을 이용하여 설명한, 최대 빔스캔 길이에 대하여 얻어진 섭동함유전장(17)을, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대한 변환 섭동함유전장(19)으로 변환하는 방법을 복수회 이용함으로써, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 복수 종류 설정한다. 그리고, 도 13을 이용하여 설명한, 각각의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대하여, 웨이퍼 주사속도를 복수 종류 설정하고, 이것으로 최대 빔스캔 길이에 대한 웨이퍼 주사속도를 기준으로 한 복수개의 웨이퍼 주사속도에 대한 보정계수를 취득하여, 복수 종류의 빔스캔 길이를 전환하면서, 소형 반도체 웨이퍼(15)에 대한 이온주입을 행한다. 이로써, 주입 중의 이온빔 주사주파수를 일정하게 유지하면서, 단위시간, 단위면적당 소형 반도체 웨이퍼(15)에 주입되는 이온의 주입량을 일정하게 유지하고, 도 7에 나타낸 바와 같이, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 위치에 따라 이온주사 진폭을 변경하면서, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하는 것이 가능해진다. 즉, 본 실시형태에 의하여, 반도체 웨이퍼(9)보다 반경이 작은 소형 반도체 웨이퍼(15)를 반도체 웨이퍼(9)에

설치하고, 혹은 첨부하여, 소형 반도체 웨이퍼(15)로의 이온주입 개시 시부터 이온주입 종료시까지, 빔전류계측을 행하는 일 없이, 소형 반도체 웨이퍼(15)를 포함하는 반도체 웨이퍼(9)에 이온을 계속해서 조사하고, 소형 반도체 웨이퍼(15)에 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온의 주입량을 일정하게 유지할 수 있는 것은 명백하다.

[0111] 또, 지금까지의 설명에 있어서, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 메커니컬적인 주사에 대하여, 이온주입 중에 중단할 필요는 없는 것이기 때문에, 본 실시형태에서는, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 주사를 중단하는 일 없이, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 위치에 따라 이온주사 진폭을 변경하면서, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하는 것이 가능해지고 있다.

[0112] 그리고 또한, 이미 설명한 바와 같이, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대한 변환 섭동함유전장(19)으로의 변환에는, 소형 반도체 웨이퍼(15)로의 주입 전에 행하여지는 최대 빔스캔 길이에 대하여 얻어진 섭동함유전장(17)과, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압과 X스캔방향의 이온빔의 위치와의 사이에 빔스캐너(5)의 형상에 따라 정해지는 대응 관계가 얻어지는 것이 필요하다. 또, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대한 웨이퍼 주사속도, 혹은 최대 빔스캔 길이에 대한 웨이퍼 주사속도를 기준으로 한, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대한 웨이퍼 속도의 보정계수의 도출에는, 최대 빔스캔 길이에 대하여 얻어진 섭동함유전장(17)과, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대한 변환 섭동함유전장(19)이 필요하다. 즉, 소형 반도체 웨이퍼(15)로의 이온주입 중에 있어서, 이온빔의 전류치의 측정은 불필요하다. 이로 인하여, 본 실시형태에서는, 소형 반도체 웨이퍼(15)로의 이온주입 중에, 이온빔전류치를 측정하는 일 없이, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 위치에 따라 이온주사 진폭을 변경하면서, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하는 것이 가능해지고 있다.

[0113] 여기에서 중요한 것은, 가상이온주입 영역(14)의 형상이나 면적은, 도 7에서 나타낸 형상이나 면적에 한정되지 않는 것이다. 이하, 구체적인 상황을 나타내어, 가상이온주입 영역(14)으로서, 어떠한 형상이나 면적이 요구되는지 나타낸다. 그 후, 본 실시형태에 관한 방법이, 이들 요구되는 가상이온주입 영역(14)의 형상이나 면적에, 대응하는 것이 가능한 것을 나타내기로 한다.

[0114] 여기에서 도 14를 참조하여, 우선, 가상이온주입 영역(14)의 면적에 대하여, 도 7에서 나타낸 면적과 상이한 면적이 요구되는 경우에 대하여 설명한다. 이미 설명한 바와 같이, 예를 들면 도 7에서는, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 대응한 반도체 웨이퍼(9)보다 작은 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하기 위하여, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞도록, 가상이온주입 영역(14)의 형상을 원형에 근사할 수 있는 형상으로 제어하고, 또한 가상이온주입 영역(14)의 면적을 소형 반도체 웨이퍼(15)의 면적에 적응하도록 제어하는 경우를 나타내고 있다. 이와 같이, 반도체 웨이퍼의 형상에 맞도록 가상이온주입 영역(14)의 형상을 원형에 근사할 수 있는 형상으로 제어하고, 이것으로 이온주입 효율을 향상시키는 것은, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 대응한 반도체 웨이퍼(9)보다 작은 소형 반도체 웨이퍼(15)에 이온을 주입하는 경우에 한정되지 않으며, 예를 들면 도 12와 같이, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 대응한 반도체 웨이퍼(9) 자체에 이온을 주입하는 경우에 있어서도, 반도체 웨이퍼의 형상에 맞도록 가상이온주입 영역(14)의 형상을 원형에 근사할 수 있는 형상으로 제어하고, 이것으로 이온주입 효율을 향상시키는 것은 가능하다.

[0115] 도 14는, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 대응한 반도체 웨이퍼(9) 자체에 이온을 주입하는 경우에 있어서, 본 실시형태에 의한 가상이온주입 영역(14)의 예를 나타낸 도이다. 이미 설명한 바와 같이, 반도체 웨이퍼(9)에 이온을 주입할 때에는, 반도체 웨이퍼(9)의 전체면에, 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온주입량이 일정해지도록 주입하는 것이 중요하다. 여기에서, 반도체 웨이퍼(9)에 대한 가상이온주입 영역(14)의 형상은, 소형 반도체 웨이퍼(15)에 대한 가상이온주입 영역(14)의 형상과 상사형(相似形)을 하고 있으며, 단순히 면적이 변하는 것뿐이다. 따라서, 도 12에 예시한 반도체 웨이퍼(9)의 형상에 맞도록 가상이온주입 영역(14)의 형상을 원형에 근사할 수 있도록 제어하는 경우에 있어서의, 반도체 웨이퍼(9)의 전체면에 대한 이온주입량 균일성의 실현화 수법에 대해서는, 이미 설명한 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞도록 가상이온주입 영역(14)의 형상을 원형에 근사할 수 있도록 제어하는 경우에 있어서의, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 전체면에 대한 이온주입량 균일성의 실현화 수법과 다르지 않다. 단, 반도체 웨이퍼(9)가 가상이온주입 영역(14)에 완전히 포함되어 있다. 혹은, 반도체 웨이퍼(9)에 이온을 주입하는 경우에, 가상이온주입 영역(14)이, 반도체 웨이퍼(9)가 형성하는 평면 영역을 포함하고 있다고 표현하여도 된다.

[0116] 이상, 도 7과 도 14를 이용한 설명으로부터 명백한 바와 같이, 본 실시형태에 관한 방법을 이용하면, 반도체 웨이퍼(9)에 이온을 주입하는 경우에, 반도체 웨이퍼(9)가 형성하는 평면 영역이, 가상이온주입 영역(14)을 포함

하고 있으며, 주입 개시부터 주입 종료까지, 이온빔이 반도체 웨이퍼(9)에 계속하여 주입되도록 구성할 수도 있고, 가상이온주입 영역(14)이, 반도체 웨이퍼(9)가 형성하는 평면 영역을 포함하도록 구성할 수도 있다. 이들 복수의 구성 수법은, 그 목적에 따라 구분해서 사용할 수 있다. 또한, 도 9에 있어서 반도체 웨이퍼(9)를 지지하는 반도체 웨이퍼 지지장치(10)(도시하지 않음)를 생각하면, 반도체 웨이퍼 지지장치(10)와 반도체 웨이퍼(9)의 형상 및 면적은 대략 동일하기 때문에, 도 14의 이온주입방법은, 가상이온주입 영역(14)이, 반도체 웨이퍼 지지장치(10)가 형성하는 평면 영역을 포함하고 있는 이온주입방법이라고 표현할 수도 있다.

[0117] 여기에서 도 15를 참조하여, 가상이온주입 영역(14)의 면적 및 형상에 대하여, 도 7이나 도 14에서 나타난 면적 및 형상과 상이한 면적 및 형상이 요구되는 경우에 대하여 설명한다. 도 15에서는, 반도체 웨이퍼(9)에 대응한 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, 반도체 웨이퍼(9)보다 작은 5개의 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하기 위하여, 5개의 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞도록, 가상이온주입 영역(14)의 형상이나 면적을 적절히 제어하는 경우를 설명한다.

[0118] 도 15는, 반도체 웨이퍼 지지장치(10)에, 5개의 소형 반도체 웨이퍼(15)를 배치한 상태를 나타낸 도이다. 5개의 소형 반도체 웨이퍼(15)의 배치방법은 여러 가지로 생각할 수 있지만, 예를 들면, 도 15와 같은 5개의 소형 반도체 웨이퍼(15)의 배치방법을 생각할 수 있다. 이 경우, 이 5개의 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하기 위하여, 5개의 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞는 가상이온주입 영역(14)의 형상은, 예를 들면 도 15와 같이 유사 고형(鼓形) 형상이라고 할 수 있다.

[0119] 물론, 5개의 소형 반도체 웨이퍼(15)의 배치방법은 도 15에 한정되지 않는 것이며, 5개의 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하기 위하여, 5개의 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞는 가상이온주입 영역(14)의 형상은, 도 15와 같은 유사 고형 형상에 한정되지 않는 것은 말할 필요도 없다.

[0120] 이미 설명한 바와 같이, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대한 변환섭동함유전장(19)으로의 변환에는, 소형 반도체 웨이퍼(15)로의 주입 전에 행하여지는 최대 빔스캔 길이에 대하여 얻어진 섭동함유전장(17)과, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압과 X스캔방향의 이온빔의 위치와의 사이에 빔스캐너(5)의 형상에 따라 정해지는 대응 관계가 얻어지는 것이 필요하다. 또, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대한 웨이퍼 주사속도, 혹은 최대 빔스캔 길이에 대한 웨이퍼 주사속도를 기준으로 한, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대한 웨이퍼 속도의 보정계수의 도출에는, 최대 빔스캔 길이에 대하여 얻어진 섭동함유전장(17)과, 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이에 대한 변환 섭동함유전장(19)만이 필요하다. 여기에서, 최대 빔스캔 길이가 반도체 웨이퍼 지지장치(10)의 Y스캔방향 상, 어디에 있는지는 특별히 조건으로서 필요하지 않다.

[0121] 즉, 도 14를 이용한 설명에서는, 반도체 웨이퍼 지지장치(10)의 Y스캔방향에 있어서, 최대 빔스캔 길이가 중앙 부근에 있지만, 도 15에서는 반도체 웨이퍼 지지장치(10)의 Y스캔방향에 있어서, 최대 빔스캔 길이가 양단에 있다. 본 실시형태에서는, 이온의 주입 중에 이온빔의 전류치 측정을 행하는 일 없이, 가상이온주입 영역(14)의 형상 및 그 면적의 제어를 행할 수 있으므로, 도 14나 도 15를 이용한 설명과 같이, 최대 빔스캔 길이가 반도체 웨이퍼 지지장치(10)의 Y스캔방향에 있어서, 어느 위치에 있어도 된다.

[0122] 도 15의 경우를, 가상이온주입 영역(14)과 반도체 웨이퍼 지지장치(10)의 포함 관계로 표현하면, 반도체 웨이퍼 지지장치(10)가 형성하는 평면 영역과, 가상이온주입 영역(14)의 관계가, 각각 서로 다른 것을 포함하고 있지 않다고 할 수 있다.

[0123] 다음으로, 도 16을 참조하여, 가상이온주입 영역(14)의 면적 및 형상에 대하여, 더욱 상이한 면적 및 형상이 요구되는 경우에 대하여 설명한다. 도 16은, 반도체 웨이퍼 지지장치(10)에, 3개의 소형 반도체 웨이퍼(15)를 배치한 상태를 나타낸 도이다. 여기에서 도 16에서는, 반도체 웨이퍼(9)에 대응한 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, 반도체 웨이퍼(9)보다 작은 3개의 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하기 위하여, 3개의 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞도록, 가상이온주입 영역(14)의 형상이나 면적을 적절히 제어하는 경우를 설명한다.

[0124] 3개의 소형 반도체 웨이퍼(15)의 배치방법은 여러 가지로 생각할 수 있지만, 예를 들면, 도 16과 같은 3개의 소형 반도체 웨이퍼(15)의 배치방법을 생각할 수 있다. 이 경우, 이 3개의 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하기 위하여, 3개의 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞는 가상이온주입 영역(14)의 형상은, 예를 들면 도 16과 같이 유사 D형 형상이라고 할 수 있다.

[0125] 도 16의 경우를, 가상이온주입 영역(14)과 반도체 웨이퍼 지지장치(10)의 포함 관계로 표현하면, 반도체 웨이퍼

지지장치(10)가 형성하는 평면 영역과, 가상이온주입 영역(14)의 관계가, 각각 서로 다른 것을 포함하고 있지 않다고 할 수 있지만, 3개의 소형 반도체 웨이퍼(15)의 배치방법에 따라서는, 가상이온주입 영역(14)이 반도체 웨이퍼 지지장치(10)에 완전히 포함되어 있도록 구성할 수 있는 것은 명백하다.

[0126] 다만, 3개의 소형 반도체 웨이퍼(15)에, 양산용 반도체제조공정에서 실용적인 이온주입 효율로 이온을 주입하기 위하여, 3개의 소형 반도체 웨이퍼(15)의 형상에 맞는 가상이온주입 영역(14)의 형상은, 도 16과 같은 유사 D형 형상에 한정되지 않는 것은 말할 필요도 없다.

[0127] 이상, 설명한 바와 같이, 가상이온주입 영역(14)의 최대 빔스캔 길이보다 짧은 빔스캔 길이를 실현하기 위하여, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압을 구하는 수법은, V1(V)과 V2(V)의 대소 관계만을 그 전제로 하고 있으며, 빔스캐너(5)에 부여하는 전압의 정부는 전제로 하고 있지 않다. 따라서, 도 16과 같이, 소형 반도체 웨이퍼(15)의 Y 스캔 중심축에 대하여, 좌우 비대칭의 가상이온주입 영역(14)도 실현 가능하다.

[0128] 또, 본 실시형태에서는, 가상이온주입 영역(14)과 반도체 웨이퍼 지지장치(10)의 포함 관계 및, 가상이온주입 영역(14)과 반도체 웨이퍼(9)의 포함 관계를 여러 가지로 취할 수 있다. 이것은, 이온의 주입 중에 이온빔의 전류치 측정을 전혀 행하는 일 없이, 가상이온주입 영역(14)의 형상 및 그 면적의 제어를 행할 수 있기 때문이다. 또, 본 실시형태에서는, 가상이온주입 영역(14)의 형상 및 그 면적을 다양하게 제어할 수 있다. 다만, 본 실시형태에 관한 이온주입장치에서는, 이온의 주입 중에 이온빔의 전류치 측정을 행하는 일 없이, 가상이온주입 영역(14)의 형상 및 그 면적의 제어를 행할 수 있지만, 이것은, 이온의 주입 중에 이온빔의 전류치 측정을 행해서는 안된다는 것을 의미하는 것이 아니라, 행할 필요가 없다는 것을 말한다. 따라서, 가상이온주입 영역(14)과 반도체 웨이퍼 지지장치(10)의 포함 관계 및, 가상이온주입 영역(14)과 반도체 웨이퍼(9)의 포함 관계에 따라, 가능하다면 이온의 주입 중에 이온빔의 전류치 측정을 행해도 된다.

[0129] 또, 지금까지의 설명으로부터 명백한 바와 같이, 본 실시형태에서는, 가상이온주입 영역(14)의 형상에 대하여, 이온주사 방향의 이온주사 진폭을 복수 종류 설정하고, 주사되는 물체의 위치에 따라, 이온주사 진폭을 변경하면서 이온주입을 행한다. 이로 인하여, 본 실시형태에서는, 지금까지 예시하여 들어 온 다양한 가상이온주입 영역(14)을 선택하는 것이 가능해진다. 구체적으로는, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역 형상, 즉 가상이온주입 영역(14)으로서, 도 7이나 도 14와 같이 정이십각형보다 정점수가 많은 다각형 형상에 근사할 수 있는 형상, 또는 원형 형상을 선택하는 것이 가능하고, 혹은, 도 15와 같이 유사 고형 형상을 선택하는 것이 가능하며, 혹은, 도 16과 같이 유사 D형 형상을 선택하는 것이 가능한 이온주입방법이라고 할 수 있다.

[0130] 다만, 가상이온주입 영역(14)의 형상은, 지금까지 예시한 형상에 한정되지 않는다. 예를 들면, 상하 비대칭인 가상이온주입 영역(14)도 실현 가능하다.

[0131] 이상, 설명해 온 바와 같이, 본 실시형태에 관한 이온주입방법에 따라, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, 주입 중의 이온빔 주사주파수를 일정하게 유지하고, 또, 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온의 주입량을 일정하게 유지하면서, 이온주입을 행하는 반도체 웨이퍼의 크기나, 동시 주입하는 매수에 대하여, 각각의 상황에 따라 웨이퍼 생산성을 향상시킬 수 있다.

[0132] 이하, 본 발명의 몇 가지의 양태를 든다.

[0133] 일 양태의 이온주입방법은, 이온원에서 발생한 이온을 이온빔으로 하여 이온주입 영역 공간까지 수송하고, 이온주입 영역 공간 내에서 물체에 이온을 주입하는 경우에, 이온빔의 수송 중에 이온에, 주기적으로 변동하는 전장 혹은 주기적으로 변동하는 자장을 작용시켜, 이온주입 영역 공간 내에서 이온빔을 일 방향으로 주사하고, 그 주사방향에 직교하는 방향으로, 물체를 주사하며, 이 2종류의 주사를 이용함으로써, 물체에 대하여 주입되는 이온에 대하여, 이온의 물체에 대한 상대적인 관계가, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역이라고 볼 수 있는 경우에 있어서, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역에서 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온의 주입량을 일정하게 유지하면서, 또한, 이온빔을 일 방향으로 주사하는 그 주사의 주파수를 일정하게 유지하면서, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상에 대하여, 이온주사 방향의 이온주사 진폭이 복수 종류 설정되고, 물체의 주사를 중단하는 일 없이, 주사되는 물체의 위치에 따라, 이온주사 진폭을 변경하면서, 이온주입을 행한다. 이 이온주입방법은, 이온주입 영역 공간에 있어서의 이온의 주입 중에, 이온빔의 전류치의 측정을 평소에는 행하지 않거나, 혹은 전혀 행하지 않는 것을 특징으로 하고 있다.

[0134] 또, 이온주입 영역 공간 내에서 이온빔을 일 방향으로 주사하는 목적으로 부여되는, 이온빔의 수송 중에 이온에 작용하는, 주기적으로 변동하는 전장 혹은 주기적으로 변동하는 자장에 대하여, 복수개의 이온주사 진폭 중에서, 가장 긴 이온주사 진폭에 대한, 주기적으로 변동하는 전장 혹은 주기적으로 변동하는 자장을 기준으로

하여, 그 기준으로부터, 복수개의 이온주사 진폭 중에서, 가장 긴 이온주사 진폭 이외의 이온주사 진폭에 대한, 주기적으로 변동하는 전장 혹은 주기적으로 변동하는 자장을 구하여, 주사되는 물체의 위치에 따라, 주기적으로 변동하는 전장 혹은 주기적으로 변동하는 자장을 전환함으로써, 이온주사 진폭을 변경하는 것, 그 주기적으로 변동하는 전장 혹은 주기적으로 변동하는 자장이, 시간의 함수로서, 주기적으로 반복되는 삼각형 형상을 기준으로 하여, 주입 전에, 이온빔의 빔전류계측치의 공간위치의존성을 이용하여, 주기적으로 반복되는 삼각형 형상에 더하여, 주기적으로 변동하는 전장 혹은 주기적으로 변동하는 자장에 섭동을 가한 제어함수를 구하는 것, 또한, 복수개의 이온주사 진폭 중에서, 가장 긴 이온주사 진폭 이외의 이온주사 진폭에 대한, 주기적으로 변동하는 전장 혹은 주기적으로 변동하는 자장이, 계산에 의하여, 자동적으로 구해지는 것도 또한, 그 특징 중 하나이다.

[0135] 또, 일 양태의 이온주입장치는, 이온원에서 발생한 이온을 이온빔으로 하여 이온주입 영역 공간까지 수송하고, 이온주입 영역 공간 내에서 물체에 이온을 주입하는 이온주입장치에 대하여, 이온빔의 수송 중에 이온에, 주기적으로 변동하는 전장 혹은 주기적으로 변동하는 자장을 작용시켜, 이온주입 영역 공간 내에서 이온빔을 일 방향으로 주사하고, 그 주사방향에 직교하는 방향으로, 물체를 주사하며, 이 2종류의 주사를 이용함으로써, 물체에 대하여 주입되는 이온에 대하여, 이온의 물체에 대한 상대적인 관계가, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역이라고 볼 수 있는 경우에 있어서, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역에서 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온의 주입량을 일정하게 유지하면서, 또한, 이온빔을 일 방향으로 주사하는 그 주사의 주파수를 일정하게 유지하면서, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상에 대하여, 이온주사 방향의 이온주사 진폭이 복수 종류 설정되고, 물체의 주사를 중단하는 일 없이, 주사되는 물체의 위치에 따라, 이온주사 진폭을 변경하면서, 이온주입을 행하는 것이 가능한 이온주입장치이다. 이 이온주입장치는, 이온주입 영역 공간에 있어서의 이온의 주입 중에, 이온빔의 전류치의 측정이 불필요한 이온주입장치인 것을 특징으로 하고 있다.

[0136] 상술의 이온주입방법 또는 이온주입장치는, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역에서 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온의 주입량을 일정하게 유지하기 위하여, 이온주사 방향의 복수 종류의 이온주사 진폭 중에서 가장 긴 이온주사 진폭을 선택하고, 가장 긴 이온주사 진폭에 대하여, 주입 전에 이온빔의 빔전류계측치의 공간위치의존성을 이용하여, 이온주사 방향의 이온주입량 균일성을 확보하는 제어함수를 구하고, 가장 긴 이온주사 진폭에 대한 제어함수로부터, 복수 종류의 이온주사 진폭에 대한 제어함수를, 계산에 의하여 자동적으로 구하여도 된다.

[0137] 또, 상술의 주입방법 또는 이온주입장치는, 이온빔을 일 방향으로 주사하는 그 주사의 주파수를 일정하게 유지하면서, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역에서 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온의 주입량을 일정하게 유지하기 위하여, 복수 종류의 이온주사 진폭에 대한 복수 종류의 제어함수로부터, 주기적으로 변동하는 전장 혹은 주기적으로 변동하는 자장을 구하여도 된다. 그리고, 주사되는 물체의 위치에 따라, 주기적으로 변동하는 전장 혹은 주기적으로 변동하는 자장을 전환함으로써, 이온주사 진폭을 변경하면서, 이온주입을 행하여도 된다.

[0138] 또, 상술의 이온주입방법 또는 이온주입장치는, 복수개의 이온주사 진폭에 대응하여, 물체를 주사하는 속도를 각각 변화시켜, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역에서 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온의 주입량을 일정하게 유지하여도 된다.

[0139] 또, 상술의 이온주입방법 또는 이온주입장치는, 이온주사 방향의 복수 종류의 이온주사 진폭 중에서 가장 긴 이온주사 진폭을 선택했을 경우에, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역 중에서, 가장 긴 이온주사 진폭의 위치가 어느 위치에서도 설정 가능하게 구성되어 있어도 된다.

[0140] 또, 상술의 이온주입방법 또는 이온주입장치는, 물체로서, 반도체 웨이퍼 홀더를 이용하여, 반도체 웨이퍼 홀더에 반도체 웨이퍼를 설치하고, 빔전류계측을 행하는 일 없이, 반도체 웨이퍼에 단위시간, 단위면적당 주입되는 이온의 주입량을 일정하게 유지하도록 구성되어 있어도 된다.

[0141] 또, 다른 양태의 이온주입방법은, 이온빔을 주사함과 함께, 이온빔의 주사방향과 교차하는 방향으로 웨이퍼를 주사시키는 하이브리드 스캔에 의한 이온주입방법이다. 그리고, 이 방법은, 이온주입 시의 이온빔의 주사속도 및 물체의 주사속도를 미리 설정하는 공정과, 설정된 이온빔의 주사속도(예를 들면, 도 13에 나타내는 v_0 이나 v_1) 및 물체의 주사속도(예를 들면, 도 13에 나타내는 V_0 이나 V_1)에 근거하여 이온을 주입하는 공정을 가진다. 미리 설정하는 공정은, 이온빔의 주사주파수($1/(T_{scan})$)가 일정하게 유지되도록, 이온 조사되는 물체의 표면형상에 따라 변화하는 이온빔의 주사진폭(빔스캔 길이(S_0 나 S_1))의 각각에 근거하여 이온빔의 주사속도(예를 들면, 도 13에 나타내는 v_0 이나 v_1)를 복수 설정하여, 물체의 표면에 주입되는 단위면적당 이온주입량이 일정하게 유지되도록, 이온빔의 주사속도에 대응한 물체의 주사속도(예를 들면, 도 13에 나타내는 V_0 이나 V_1)

1)를 설정한다.

- [0142] 이 양태에 의하면, 이온빔의 전류량을 측정하지 않아도 이온주입량을 일정하게 유지할 수 있다
- [0143] 상술의 이온주입방법은, 물체의 전체를 이온빔으로 주사하는 동안의 소정의 타이밍에 이온빔의 전류량을 측정하는 공정을 더욱 가져도 된다. 또, 이 공정에 있어서는, 이온빔의 전류량을 측정하는 횟수는, 이온빔으로 물체를 주사하는 횟수보다 적으면 좋다. 예를 들면, 물체의 전체를 N회로 주사할 수 있는 경우, 빔측정장치(8)에서 측정할 수 있는 기회는 N회 있게 된다. 그러나, 가상이온주입 영역(14)의 형상이 이온빔의 주사방향과 평행한 변을 가지는 직사각형이 아닌 경우(웨이퍼와 같은 원형의 경우), 이온빔이 빔측정장치(8)의 위치에 도달하기 까지, 가상이온주입 영역(14) 이외의 영역을 주사하는 시간이 증가하여, 이온주입 효율이 저하되어 버린다. 따라서, 이온빔의 전류량의 측정을, 이온빔의 주사마다 행할 필요가 없는 (N-1)회 이하로 하여, 이온빔의 전류량의 측정을 줄이면 좋다. 이로써, 예를 들면, 이온빔의 전류량에 근거한 피드백 제어를 가능하게 하면서, 이온빔의 주사마다 이온빔의 전류량을 측정하는 경우와 비교하여, 이온주입에 기여하지 않는 시간을 삭감할 수 있어, 이온주입 효율을 향상시킬 수 있다. 또, 측정된 이온빔의 전류량에 근거하여 이온주입량의 정밀도를 높일 수 있다.
- [0144] 또, 이온빔의 전류량의 측정은, 물체의 외측에 배치된 장치, 예를 들면, 사이드킵 전류 측정기로 행하여진다. 즉, 이온빔의 주사방향에 있어서, 물체의 폭이 가장 넓은 영역보다 외측에 장치가 배치된다. 이로 인하여, 물체의 폭이 좁은 영역을 이온빔이 주사하고 있는 타이밍에, 이온빔전류량을 측정하려고 하면, 물체의 외측을 이온빔이 주사하는 시간이 증가하기 때문에, 이온주입 효율이 저하된다. 따라서, 상술의 이온주입방법은, 취할 수 있는 이온빔의 주사진폭 중 가장 큰 주사진폭으로 주사되고 있는 타이밍에, 이온빔의 전류량을 측정하여도 된다. 이로써, 물체의 외측을 이온빔이 주사하는 시간을 저감할 수 있다.
- [0145] 또, 상술의 이온주입방법은, 취할 수 있는 이온빔의 주사진폭 중 가장 큰 주사진폭으로 주사되는 이온빔을 제어하기 위한 제1 제어함수를 산출하는 공정과, 가장 큰 주사진폭 이외의 주사진폭으로 주사되는 이온빔을 제어하는 제2 제어함수를 제1 제어함수에 근거하여 산출하는 공정을 가져도 된다.
- [0146] 제1 제어함수는, 예를 들면, 도 11에 나타내는 섭동함유전장(17)을 나타내는 함수이며, 제1 제어함수를 산출하는 공정은, 예를 들면, 빔측정장치(8)의 계측 결과에 근거하여 섭동함유전장(17)을 산출하여도 된다. 또, 도 11에 나타내는 변환 섭동함유전장(19)을 나타내는 함수이며, 제2 제어함수를 제1 제어함수에 근거하여 산출하는 공정은, 예를 들면, 도 11에 나타내는 섭동함유전장(17)의 함수를 변환하는 것만으로, 특단의 측정을 필요로 하지 않고 섭동함유전장(17)을 산출하여도 된다. 또한, 제2 제어함수는, 예를 들면, 대응하는 이온빔의 주사진폭이 섭동함유전장(17)의 주사진폭보다 작다.
- [0147] 이로써, 제1 제어함수를 산출하면, 가장 큰 주사진폭 이외의 주사진폭으로 주사되는 이온빔을 제어하는 제2 제어함수를 간편하게 산출할 수 있다. 또한, 제2 제어함수는, 대응하는 주사진폭의 크기에 따라 복수 산출되어도 된다. 상술의 이온주입방법에 있어서는, 제1 제어함수가, 주기적으로 변동하는 전장 또는 자장을 나타내는 함수여도 된다.
- [0148] 또, 상술의 이온주입방법은, 제1 제어함수 및 제2 제어함수는, 이온빔의 제어전압의 시간 변화이며, 제1 제어함수의 제어전압의 최대치와 최소치와의 차를 $\Delta V1$, 제2 제어함수의 제어전압의 최대치와 최소치와의 차를 $\Delta V2$ 로 하면, 제2 제어함수는, $\Delta V2 < \Delta V1$ 을 충족시키도록, 또한, 당해 제2 제어함수의 제어전압의 최대치(도 11에 나타내는 V2)로부터 최소치(도 11에 나타내는 V1)까지 점점 감소하는 시간(도 11에 나타내는 $T_{scan}/2$)이, 제1 제어함수의 제어전압이 최대치 V_{scan0} 부터 최소치 $-V_{scan0}$ 까지 점점 감소하는 시간과 동일해지도록 설정되어 있어도 된다. 이로써, 이온빔의 주사주파수를 일정하게 유지하면서, 이온빔의 주사속도를 변화시킬 수 있다.
- [0149] 또, 상술의 이온주입방법은, 제1 제어함수를 산출하는 공정은, 이온을 주입하는 공정보다 전에 행해져도 된다. 이로써, 이온을 주입하는 공정에 있어서의 제어를 간략화할 수 있다.
- [0150] 또, 다른 양태의 이온주입장치(100)는, 물체인 웨이퍼를 지지하는 지지부로서의 반도체 웨이퍼 지지장치(10)와, 웨이퍼의 표면에서 이온빔을 주사하도록 구성된 주사부로서의 빔스캐너(5)와, 반도체 웨이퍼 지지장치(10)를 이온빔의 주사방향과 교차하는 방향으로 이동시키는 이동부로서의 웨이퍼 승강장치(12)와, 이온주입 시의 이온빔의 주사속도 및 물체의 주사속도가 미리 설정되어, 설정된 이온빔의 주사속도 및 물체의 주사속도에 근거하여 빔스캐너(5) 및 웨이퍼 승강장치(12)의 동작을 제어하는 제어부(110)(도 2 참조)를 구비한다. 제어부(110)는, 이온빔의 주사주파수($1/(T_{scan})$)가 일정하게 유지되도록, 물체의 표면형상에 따라 이온빔의 주사진폭을 변화시키면서, 그 주사진폭에 대응하여 변화하는 소정의 주사속도로 이온빔을 주사하도록 빔스캐너(5)를 제어하고, 이

온빔의 주사속도에 대응하여 변화하는 웨이퍼의 주사속도로 물체를 이동시키도록 웨이퍼 승강장치(12)를 제어한다.

- [0151] 이 양태에 의하면, 이온빔의 전류량을 측정하지 않아도 이온주입량을 일정하게 유지할 수 있다.
- [0152] 이상에 예시된 이온주입방법이나 이온주입장치에 의하면, 더욱 이하의 작용 효과를 나타내는 것이 가능하다. 예를 들면, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상으로, 5각형보다 정점수가 많은 다각형 형상에 근사할 수 있는 이온주입 형상을 얻을 수 있다. 특히 그 이온주입 형상의 예를 구체적으로 들면, 이십각형보다 정점수가 많은 다각형 형상에 근사할 수 있는 형상, 또는 원형 형상, 또는 유사 D형 형상, 또는 유사 고형 형상, 또는 유사 별형 형상, 또는 유사 오각형 형상, 또는 유사 육각형 형상을 얻을 수 있다.
- [0153] 또, 하이브리드 스캔형 매엽식 이온주입장치에 있어서, 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적을 제어할 수 있다.
- [0154] 또, 이온의 주입 중에 이온빔의 전류치 측정을 행하는 일 없이, 상기 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적의 제어를 행할 수 있다.
- [0155] 또, 이온빔을 일 방향으로 주사하는 그 주사의 주파수를 변경하는 일 없이, 상기 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적의 제어를 행할 수 있다.
- [0156] 또, 이온주입 도스량이, 반도체 웨이퍼의 전체면에서 균일하도록 하면서, 상기 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적의 제어를 행할 수 있다.
- [0157] 또, 물체로의 이온주입을 중단하는 일 없이, 상기 가상적인 평면형상의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적의 제어를 행할 수 있다. 특히, 물체가 반도체 웨이퍼인 경우, 반도체 웨이퍼의 주사를 중단하는 일 없이, 반도체 웨이퍼의 이온주입 영역의 형상 및 그 면적의 제어를 행할 수 있다. 또, 반도체 웨이퍼에 이온을 주입하는 경우에, 주입 개시부터 주입 종료까지, 이온빔을 반도체 웨이퍼에 계속해서 조사시킬 수도 있다.
- [0158] 이상, 본 발명을 상술의 실시형태를 참조하여 설명했지만, 본 발명은 상술의 실시형태에 한정되는 것은 아니고, 각 실시형태의 구성을 적절히 조합한 것이나 치환된 것에 대해서도 본 발명에 포함되는 것이다. 또, 당업자의 지식에 근거하여 실시형태에 있어서의 조합이나 처리의 순서를 적절히 재조합하는 것이나 각종 설계 변경 등의 변형을 실시형태에 대하여 가하는 것도 가능하고, 그러한 변형이 가해진 실시형태도 본 발명의 범위에 포함될 수 있다.

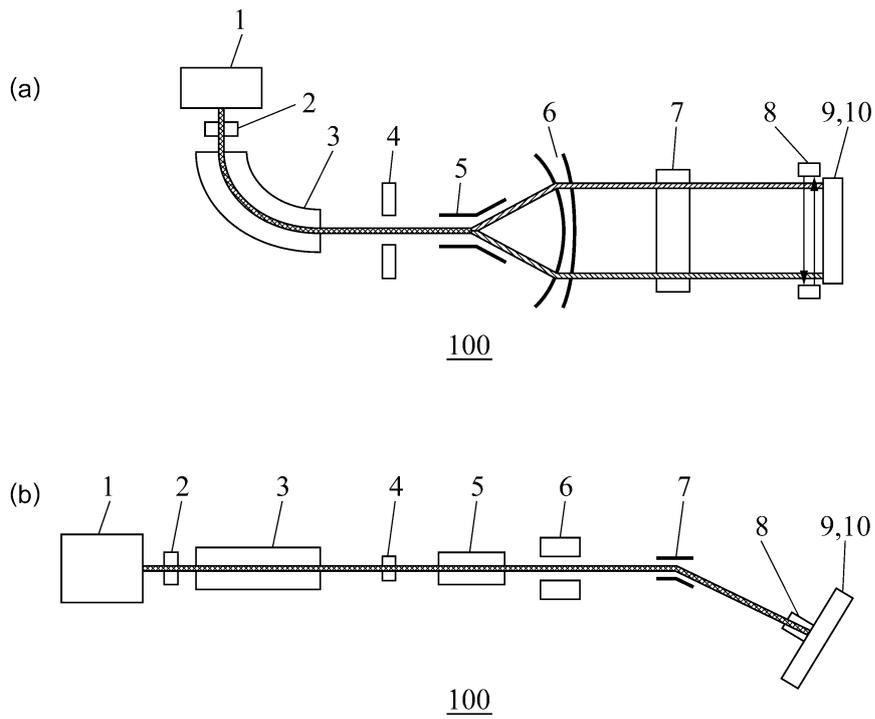
부호의 설명

- [0159] 1 이온원
- 2 인출전극
- 3 질량분석 자석장치
- 4 질량분석 슬릿
- 5 빔스캐너
- 6 패러렐 렌즈
- 7 각도 에너지 필터
- 8 빔측정장치
- 9 반도체 웨이퍼
- 10 반도체 웨이퍼 지지장치
- 11 웨이퍼 회전장치
- 12 웨이퍼 승강장치
- 13 메커니컬 스캔장치

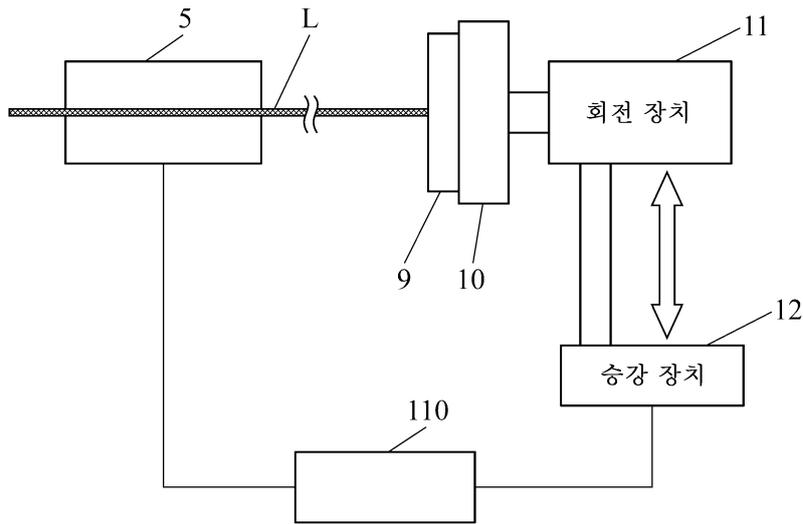
- 14 가상이온주입 영역
- 15 소형 반도체 웨이퍼
- 16 삼각형상 전장
- 17 섭동함유전장
- 18 유사 섭동함유전장
- 19, 19a, 19b 변환 섭동함유전장
- 100 이온주입장치
- 110 제어부

도면

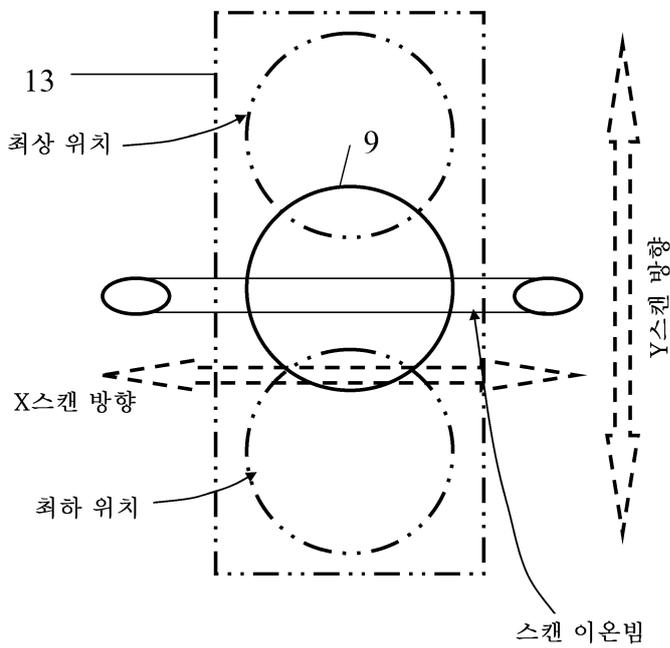
도면1



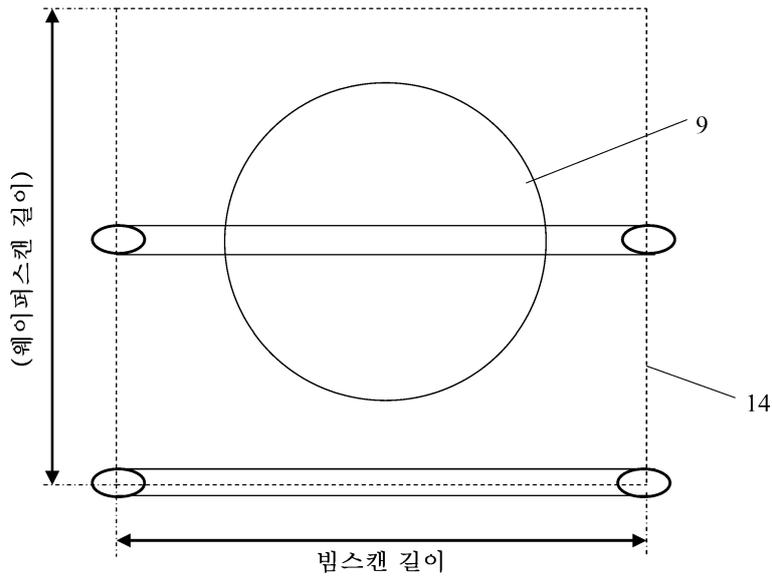
도면2



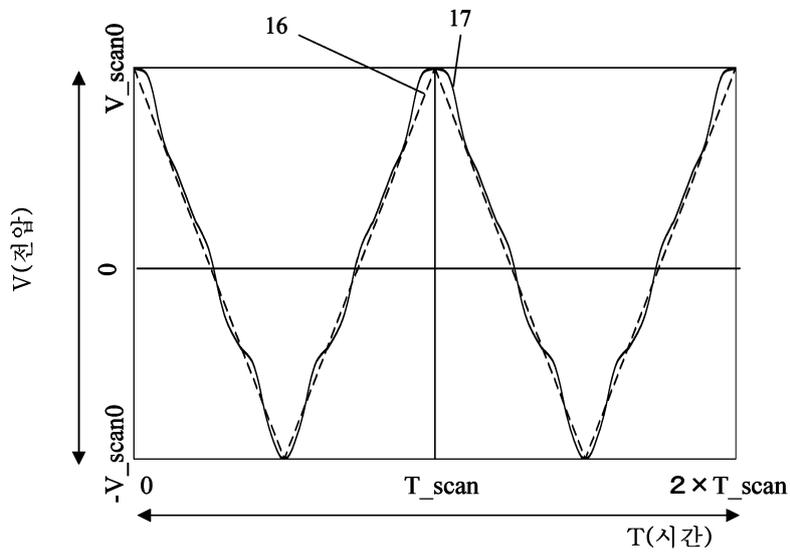
도면3



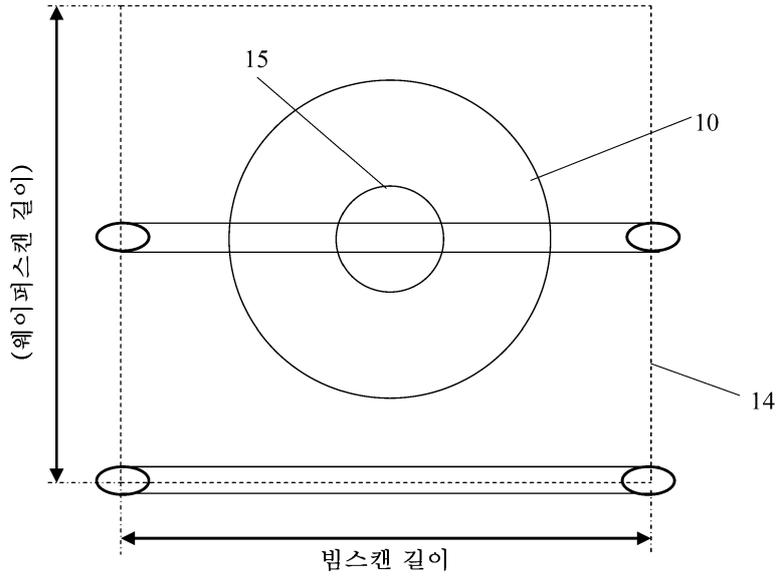
도면4



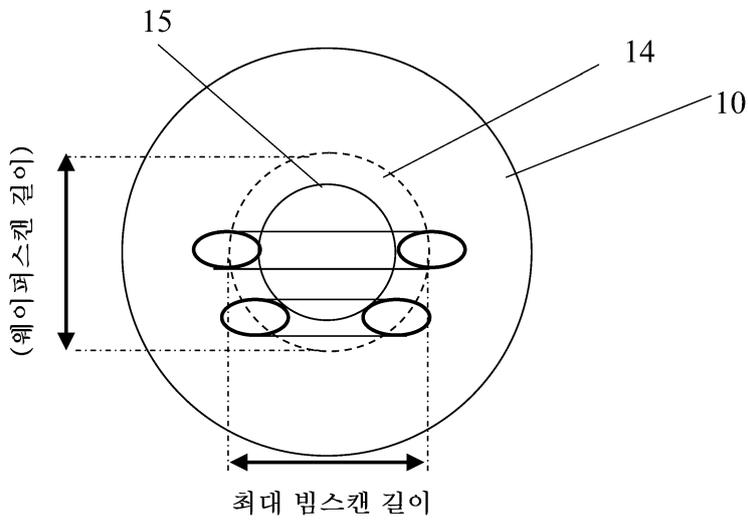
도면5



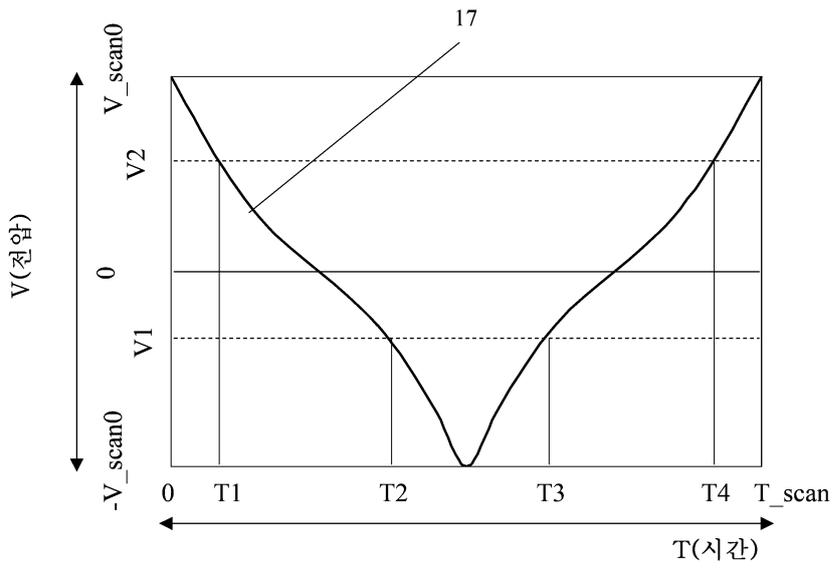
도면6



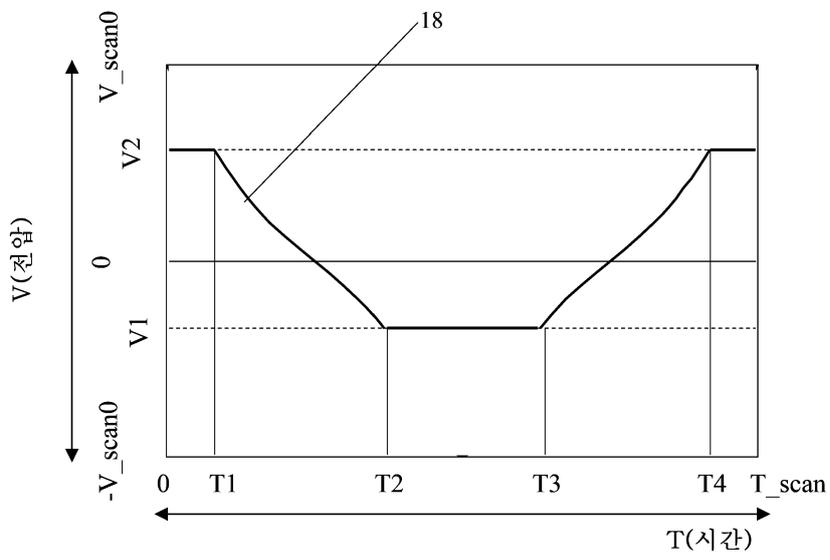
도면7



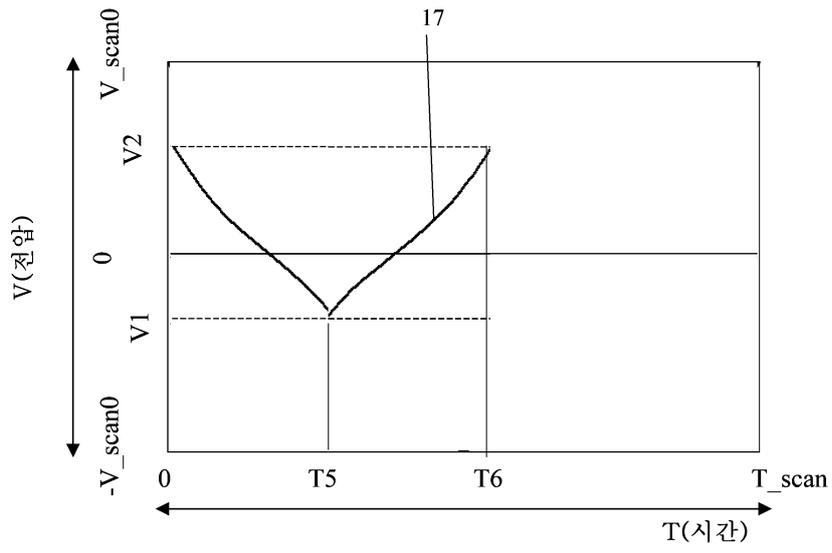
도면8



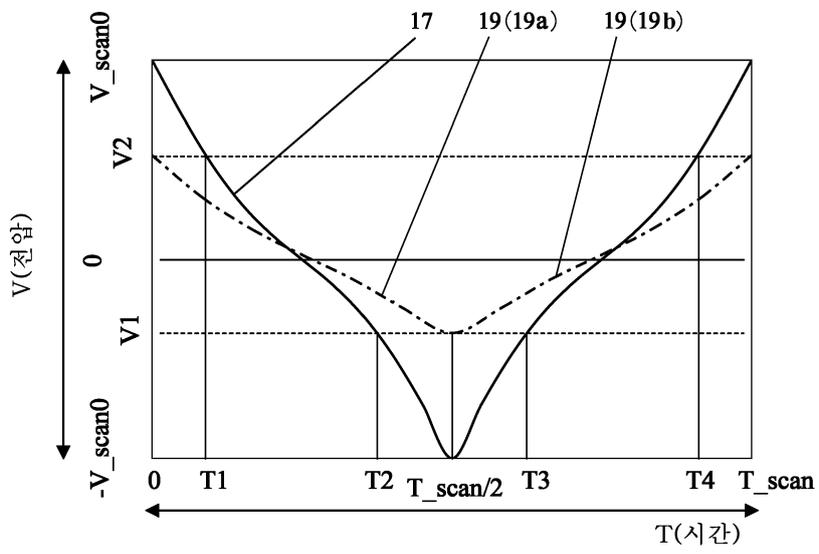
도면9



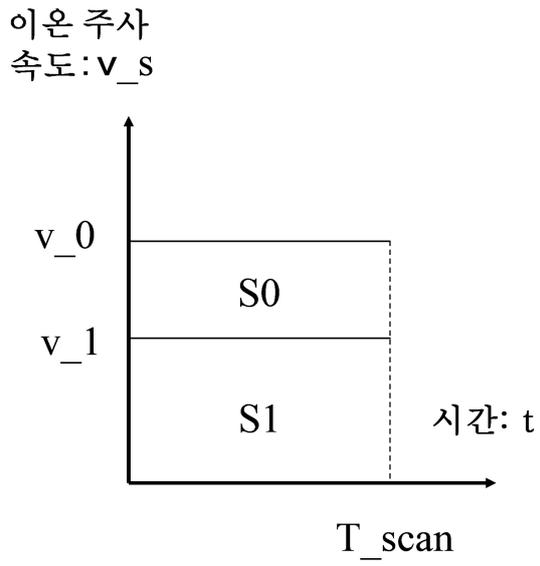
도면10



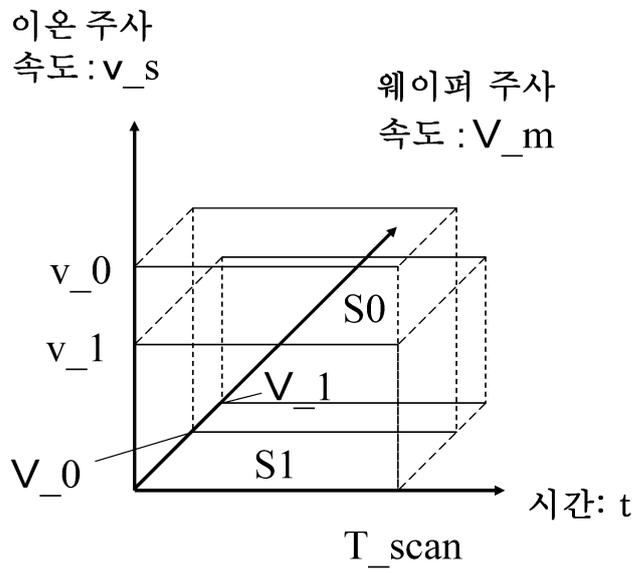
도면11



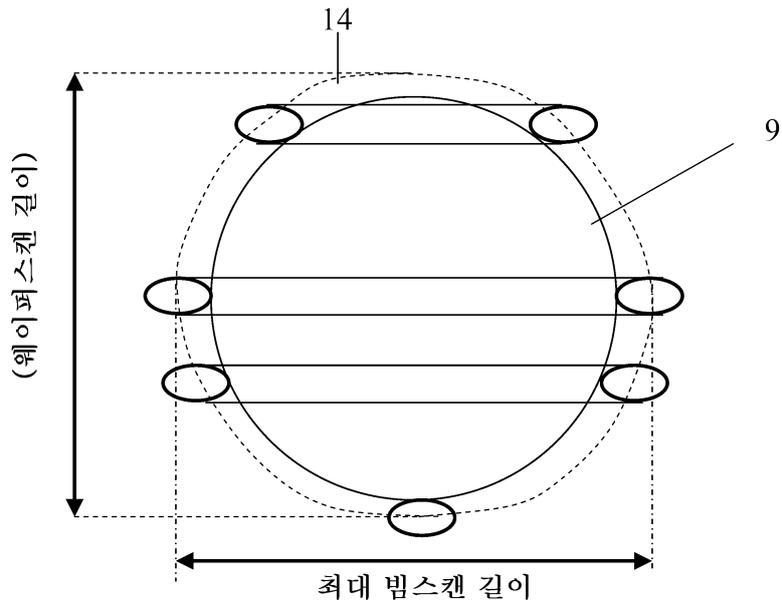
도면12



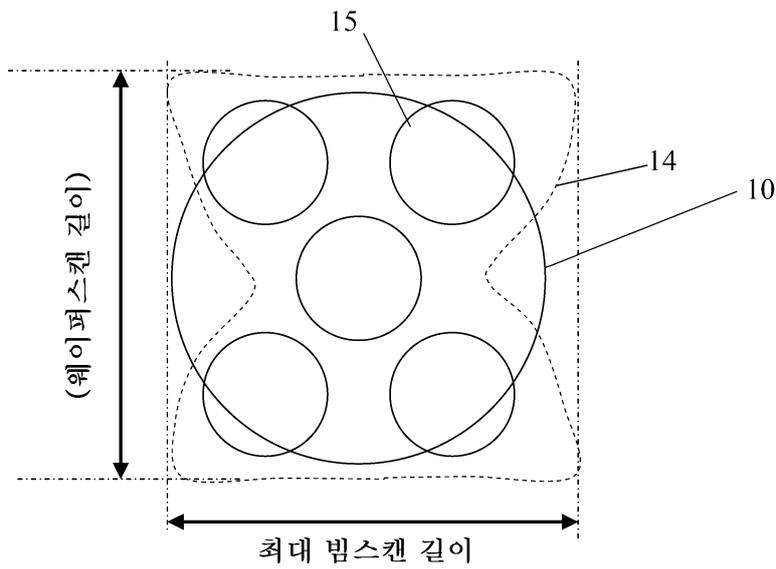
도면13



도면14



도면15



도면16

