



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년01월25일
(11) 등록번호 10-1226517
(24) 등록일자 2013년01월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 21/265 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2005-0099006

(22) 출원일자 2005년10월20일

심사청구일자 2010년10월20일

(65) 공개번호 10-2006-0060553

(43) 공개일자 2006년06월05일

(30) 우선권주장

JP-P-2004-00347834 2004년11월30일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2003288857 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

가부시킴가이샤 에스이엔

일본국 도쿄도 시나가와구 오사키 2-1-1

(72) 발명자

가바사와 미츠아키

일본국 에히메켄 사이조시 이마자이케 1501반치
스미토모이튼노바가부시킴가이샤 에히메지교쇼 나
이

츠키하라 미츠클리

일본국 에히메켄 사이조시 이마자이케 1501반치
스미토모이튼노바가부시킴가이샤 에히메지교쇼 나
이

(74) 대리인

특허법인택, 홍재일, 홍중원

전체 청구항 수 : 총 41 항

심사관 : 이석주

(54) 발명의 명칭 이온 빔 조사 시스템 및 조사 정밀도 향상방법

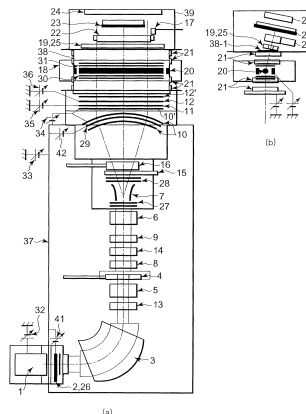
(57) 요약

본 발명은, 빔 조사(照射) 시스템의 빔 조사 정밀도 향상방법이다.

조사(照射) 시스템은, 빔 생성 소스, 질량 분석 장치, 빔 변환기, 고속으로 빔을 왕복 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치, 에너지 필터링 장치, 및 빔 모니터로 구성된다. 빔 변환기는, 종방향으로 집속하는 싱크로나이즈드 4극 전자석(syQD) 및 횡방향으로 집속하는 싱크로나이즈드 4극 전자석(syQF)으로 구성된다.

결국, 스캐너에 의한 빔의 스윙 후에, 중심궤도와 외측궤도 사이 범위 내에서, 빔 발산 각도의 편차와 빔 사이즈의 편차 중의 적어도 하나를 보정할 수 있다.

대표도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

빔 생성 소스(source)로부터의 빔을, 전단(前段)의 질량 분석 전자석장치 및 빔 변환기를 통과시키고, 빔을 빔 진행방향과 직교하는 방향으로 스캔하는 스캐너 및 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 거쳐서 후단(後段)의 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 행한 후, 기관에 조사(照射)하도록 구성된 빔 조사장치에 있어서,

상기 질량 분석 전자석장치의 하류측에는, 상기 빔 변환기로서 상하방향 집속(集束)용의 DC 4극 전자석(QD)을 설치하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)의 하류에는 질량 분석 슬릿을 설치하고, 상기 질량 분석 슬릿의 하류측에는 상기 스캐너를 설치하여, 상기 빔을, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 변환기, 상기 질량 분석 슬릿, 그리고 상기 스캐너를 통과시키도록 구성한 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 빔 변환기는, 종방향 집속용의 4극 전자석(syQD)과 횡방향 집속용의 4극 전자석(syQF)을 더욱 구비함으로써, 상기 스캐너에 의한 스캔 후의 중심궤도와 외측궤도 사이의 빔 발산각의 편차, 빔 사이즈의 편차 중의 적어도 일방을 보정하는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 빔 변환기는, 종방향 집속용의 4중극 전극(syEQD)과 횡방향 집속용의 4중극 전극(syEQF)을 더욱 구비함으로써, 상기 스캐너에 의한 스캔 후의 중심궤도와 외측궤도 사이의 빔 발산각의 편차, 빔 사이즈의 편차 중의 적어도 일방을 보정하는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 빔 변환기를, 빔의 종과 횡의 수속(收束) 발산(發散)에 맞춰서 각각 배치된 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)과 횡방향 집속용의 DC 4극 전자석(QF)에 의하여 구성하고,

상기 빔 변환기는, 종방향 집속용의 4극 전자석(syQD)과 횡방향 집속용의 4극 전자석(syQF)을 더욱 구비함으로써, 상기 스캐너에 의한 스캔 후의 중심궤도와 외측궤도 사이의 빔 발산각의 편차, 빔 사이즈의 편차 중의 적어도 일방을 보정하는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 5

빔 생성 소스로부터의 빔을, 전단의 질량 분석 전자석장치 및 빔 변환기를 통과시키고, 빔을 빔 진행방향과 직교하는 방향으로 스캔하는 스캐너 및 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 거쳐서 후단의 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 행한 후, 기관에 조사(照射)하도록 구성된 빔 조사장치에 있어서,

상기 빔 변환기로서, 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)과 횡방향 집속용의 DC 4극 전자석(QF)을 빔의 종과 횡의 수속(收束) 발산(發散)에 맞춰서 설치함과 함께,

상기 질량 분석 전자석장치의 하류측에는, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)을 설치하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)의 하류에는 질량 분석 슬릿을 설치하고, 상기 질량 분석 슬릿의 하류측에는, 상기 횡방향 집속용의 DC 4극 전자석(QF)을 설치하고, 상기 횡방향 집속용의 DC 4극 전자석(QF)의 하류측에는 상기 스캐너를 설치하여, 상기 빔을, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 변환기, 상기 질량 분석 슬릿, 그리고

상기 스캐너를 통과시키도록 구성한 것을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 스캐너에 의한 빔 사이즈의 편차를 보정하는 보정시스템을 탑재한 것을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

종방향 집속용의 4극 전자석(syQD)과 횡방향 집속용의 4극 전자석(syQF)을, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)과 상기 횡방향 집속용의 DC 4극 전자석(QF)의 사이에 배치한 것을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 8

빔 생성 소스(source)로부터의 빔을, 전단의 질량 분석 전자석장치 및 빔 변환기를 통과시키고, 빔을 횡방향으로 스캔하는 스캐너 및 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 거쳐서 후단의 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 행한 후, 기관에 조사하도록 구성함과 함께, 상기 질량 분석 전자석장치의 하류측에는, 상기 빔 변환기로서 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)을 설치하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)의 하류에는 질량 분석 슬릿을 설치하고, 상기 질량 분석 슬릿의 하류측에는 상기 스캐너를 설치하여, 상기 빔을, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 변환기, 상기 질량 분석 슬릿, 그리고 상기 스캐너를 통과시키도록 구성한 빔 조사장치로서,

상기 빔 생성 소스로부터 빔을 인출하기 위한 인출전극을 전후측, 횡측, 종방향의 틸트축의 3축 구동기구로 구동 가능하게 함과 함께, 상기 질량 분석 전자석장치를 조정가능하게 하고,

빔 중심 검출용 슬릿과, 종횡의 빔 중심위치를 측정할 수 있는 2개의 프로파일(profile) 모니터를 더욱 설치하고,

상기 3축 구동기구, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 중심 검출용 슬릿, 상기 2개의 프로파일 모니터에 의하여, 상기 스캐너에 있어서의 편향전극 입구 및 빔 조사위치의 빔의 중심궤도의 편차를 보정하는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 2개의 프로파일 모니터는, 편향주사 후의 위치와 빔 조사위치 직전의 위치에 배치되어 있는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 10

빔 생성 소스(source)로부터의 빔을, 전단의 질량 분석 전자석장치 및 빔 변환기를 통과시키고, 빔을 빔 진행방향과 직교하는 방향으로 스캔하는 스캐너 및 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 거쳐서 후단의 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 행한 후, 기관에 조사하도록 구성한 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차를 보정하는 방법에 있어서,

상기 질량 분석 전자석장치의 하류측에는, 상기 빔 변환기로서 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)을 설치하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)의 하류에는 질량 분석 슬릿을 설치하고, 상기 질량 분석 슬릿의 하류측에는 상기 스캐너를 설치하여, 상기 빔을, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 변환기, 상기 질량 분석 슬릿, 그리고 상기 스캐너를 통과시키도록 구성하고,

상기 빔 생성 소스로부터 빔을 인출하기 위한 인출전극을 전후측, 횡측, 종방향의 틸트축의 3축 구동기구로 구

동 가능하게 하고,

연직방향 중심궤도 보정용의 스티어링(steering) 전자석(STY)과, 종횡의 빔 중심위치를 측정할 수 있는 2개의 프로파일 모니터를 더욱 설치하고,

상기 3축 구동기구, 상기 스티어링 전자석(STY), 상기 2개의 프로파일 모니터에 의하여, 상기 스캐너에 있어서의 편향전극 입구 및 빔 조사 위치의 빔의 중심궤도의 종방향 편차를 보정하는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 11

청구항 5에 있어서,

수평방향 중심궤도 보정용의 스티어링 전자석(STX)과, 연직방향 중심궤도 보정용의 스티어링 전자석(STY)을 포함하고,

상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)과 상기 횡방향 집속용의 DC 4극 전자석(QF)을 빔의 종과 횡의 수축 발산에 맞춰서 각각 배치함과 함께, 상기 스티어링 전자석(STX), 상기 스티어링 전자석(STY)을 각각, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD), 상기 횡방향 집속용의 DC 4극 전자석(QF)의 앞에 배치한 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 12

청구항 7에 있어서,

상기 스캐너는, 정전(靜電)편향기능형이고, 상기 스캐너를 정전편향기능으로 동작시키고 있을 때, 상기 종방향 집속용의 4극 전자석(syQD)과 상기 횡방향 집속용의 4극 전자석(syQF)을, 상기 스캐너의 동작과 동기하여 제어하는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 13

청구항 7에 있어서,

상기 스캐너는, 전자(電磁)편향기능형이고, 상기 스캐너를 전자편향기능으로 동작시키고 있을 때, 상기 종방향 집속용의 4극 전자석(syQD)과 상기 횡방향 집속용의 4극 전자석(syQF)을, 상기 스캐너의 동작과 동기하여 제어하는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 14

청구항 1 내지 청구항 9 및 청구항 11 내지 청구항 13 중 어느 하나에 있어서,

상기 빔은, 그 단면(斷面)이 원형 혹은 일방향으로 긴 장원(長圓)형 혹은 타원형의 빔을, 그 단면이 스캔방향으로 긴 장원 형상 혹은 타원 형상이 되도록 정형된 후 편향주사되는 빔인 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 15

빔 생성 소스로부터의 빔을, 전단의 질량 분석 전자석장치 및 빔 변환기를 통과시키고, 빔을 빔 진행방향과 직교하는 방향으로 스캔하는 스캐너 및 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 거쳐서 후단의 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 행한 후, 기관에 조사하도록 구성한 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차를 보정하는 방법에 있어서,

상기 질량 분석 전자석장치의 하류측에는, 상기 빔 변환기로서 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)을 설치하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)의 하류측에는 질량 분석 슬릿을 설치하고, 상기 질량 분석 슬릿의 하류측에는 상기 스캐너를 설치하여, 상기 빔을, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 변환기, 상기 질량 분석

슬릿, 그리고 상기 스캐너를 통과시키도록 구성하고,

상기 스캐너에 오프셋(offset) 전압을 인가할 수 있도록 구성하고,

수평방향 중심궤도 보정용의 스티어링 전자석(STX)과, 횡의 빔 중심위치를 측정할 수 있는 2개의 프로파일 모니터를 더욱 설치하고,

상기 오프셋 전압의 조정, 상기 스티어링 전자석(STX), 상기 2개의 프로파일 모니터에 의하여, 상기 스캐너에 있어서의 편향전극 입구 및 빔 조사위치의 빔의 중심궤도의 횡방향 편차를 보정하는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 16

빔 생성 소스로부터의 빔을, 전단의 질량 분석 전자석장치 및 빔 변환기를 통과시키고, 빔을 횡방향으로 스캔하는 스캐너 및 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 거쳐서 후단의 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 행한 후, 기관에 조사하도록 구성된 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차를 보정하는 방법에 있어서,

상기 질량 분석 전자석장치의 하류측에는, 상기 빔 변환기로서 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)을 설치하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)의 하류에는 질량 분석 슬릿을 설치하고, 상기 질량 분석 슬릿의 하류측에는 상기 스캐너를 설치하여, 상기 빔을, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 변환기, 상기 질량 분석 슬릿, 그리고 상기 스캐너를 통과시키도록 구성하고,

상기 질량 분석 전자석장치를 조정가능하게 하고,

수평방향 중심궤도 보정용의 스티어링 전자석(STX)과, 종횡의 빔 중심위치를 측정할 수 있는 2개의 프로파일 모니터를 더욱 설치하고,

상기 질량 분석 전자석장치, 상기 스티어링 전자석(STX), 상기 2개의 프로파일 모니터에 의하여, 상기 스캐너에 있어서의 편향전극 입구 및 빔 조사 위치의 빔의 중심 궤도의 횡방향 편차를 보정하는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 17

빔 생성 소스로부터의 빔을, 전단의 질량 분석 전자석장치 및 빔 변환기를 통과시키고, 빔을 빔 진행방향과 직교하는 방향으로 스캔하는 스캐너 및 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 거쳐서 후단의 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 행한 후, 기관에 조사하도록 구성된 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차를 보정하는 방법에 있어서,

상기 질량 분석 전자석장치의 하류측에는, 상기 빔 변환기로서 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)을 설치하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)의 하류에는 질량 분석 슬릿을 설치하고, 상기 질량 분석 슬릿의 하류측에는 상기 스캐너를 설치하여, 상기 빔을, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 변환기, 상기 질량 분석 슬릿, 그리고 상기 스캐너를 통과시키도록 구성하고,

상기 빔 생성 소스로부터 빔을 인출하기 위한 인출전극을 전후측, 횡측, 종방향의 틸트축의 3축 구동기구로 구동 가능하게 하고,

상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD) 및 횡방향 집속용의 DC 4극 전자석(QF)과, 상기 가속/감속장치에 더하여, 종횡의 빔 중심위치를 측정할 수 있는 2개의 프로파일 모니터를 더욱 설치하고,

상기 3축 구동기구, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD) 및 상기 횡방향 집속용의 DC 4극 전자석(QF), 상기 가속/감속장치와, 상기 2개의 프로파일 모니터에 의하여, 상기 스캐너에 있어서의 편향전극 입구 및 빔 조사위치의 빔의 수축 발산 정도의 빔 중심축 방향 상의 전후 편차를 보정하는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 18

빔 생성 소스로부터의 빔을, 전단의 질량 분석 전자석장치 및 빔 변환기를 통과시키고, 빔을 횡방향으로 스캔하는 스캐너 및 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 거쳐서 후단의 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 행

한 후, 기관에 조사하도록 구성한 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차를 보정하는 방법에 있어서,

상기 질량 분석 전자석장치의 하류측에는, 상기 빔 변환기로서 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)을 설치하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)의 하류에는 질량 분석 슬릿을 설치하고, 상기 질량 분석 슬릿의 하류측에는 상기 스캐너를 설치하여, 상기 빔을, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 변환기, 상기 질량 분석 슬릿, 그리고 상기 스캐너를 통과시키도록 구성하고,

수평방향 중심궤도 보정용의 스티어링 전자석(STX)과, 연직방향 중심궤도 보정용의 스티어링 전자석(STY)과 빔 조사 위치 직전의 위치에 배치되어 있는 리어(rear) 프로파일 모니터를 구비하고,

상기 스티어링 전자석(STX) 및 상기 스티어링 전자석(STY)에 의하여, 빔 조사 위치의 빔의 중심궤도의 종방향 편차와 횡방향 편차를 보정하는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 19

빔 생성 소스로부터의 빔을, 전단의 질량 분석 전자석장치 및 빔 변환기를 통과시키고, 빔을 횡방향으로 스캔하는 스캐너 및 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 거쳐서 후단의 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 행한 후, 기관에 조사하도록 구성한 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차를 보정하는 방법에 있어서,

상기 질량 분석 전자석장치의 하류측에는, 상기 빔 변환기로서 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)을 설치하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)의 하류에는 질량 분석 슬릿을 설치하고, 상기 질량 분석 슬릿의 하류측에는 상기 스캐너를 설치하여, 상기 빔을, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 변환기, 상기 질량 분석 슬릿, 그리고 상기 스캐너를 통과시키도록 구성하고,

상기 빔 생성 소스로부터 빔을 인출하기 위한 인출전극을 전후축, 횡축, 종방향의 틸트축의 구동기구로 구동 가능하게 하고,

상기 구동기구와 빔 조사 위치 직전의 위치에 배치되어 있는 리어 프로파일 모니터에 의하여, 빔 조사 위치의 빔의 중심궤도의 종방향 편차를 보정하는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 20

빔 생성 소스로부터의 빔을, 전단의 질량 분석 전자석장치 및 빔 변환기를 통과시키고, 빔을 횡방향으로 스캔하는 스캐너 및 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 거쳐서 후단의 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 행한 후, 기관에 조사하도록 구성한 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차를 보정하는 방법에 있어서,

상기 질량 분석 전자석장치의 하류측에는, 상기 빔 변환기로서 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)을 설치하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)의 하류에는 질량 분석 슬릿을 설치하고, 상기 질량 분석 슬릿의 하류측에는 상기 스캐너를 설치하여, 상기 빔을, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 변환기, 상기 질량 분석 슬릿, 그리고 상기 스캐너를 통과시키도록 구성하고,

상기 질량 분석 전자석장치를 조정가능하게 하고,

상기 질량 분석 전자석장치와 빔 조사 위치 직전의 위치에 배치되어 있는 리어 프로파일 모니터에 의하여, 빔 조사 위치의 빔의 중심궤도의 횡방향 편차를 보정하는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 21

빔 생성 소스로부터의 빔을, 전단의 질량 분석 전자석장치 및 빔 변환기를 통과시키고, 빔을 횡방향으로 스캔하는 스캐너 및 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 거쳐서 후단의 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 행한 후, 기관에 조사하도록 구성한 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차를 보정하는 방법에 있어서,

상기 질량 분석 전자석장치의 하류측에는, 상기 빔 변환기로서 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)을 설치하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)의 하류에는 질량 분석 슬릿을 설치하고, 상기 질량 분석 슬릿의 하류측에는 상기 스캐너를 설치하여, 상기 빔을, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 변환기, 상기 질량 분석

슬릿, 그리고 상기 스캐너를 통과시키도록 구성하고,

빔 중심 검출용 슬릿과 빔의 중심궤도 보정기구를 더욱 설치하고,

상기 빔 중심 검출용 슬릿과 상기 빔의 중심궤도 보정기구에 의하여, 상기 스캐너에 있어서의 편향전극 입구의 빔의 중심궤도의 편차를 보정하는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 22

빔 생성 소스로부터의 빔을, 전단의 질량 분석 전자석장치 및 빔 변환기를 통과시키고, 빔을 횡방향으로 스캔하는 스캐너 및 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 거쳐서 후단의 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 행한 후, 기관에 조사하도록 구성된 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차를 보정하는 방법에 있어서,

상기 질량 분석 전자석장치의 하류측에는, 상기 빔 변환기로서 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)을 설치하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)의 하류에는 질량 분석 슬릿을 설치하고, 상기 질량 분석 슬릿의 하류측에는 상기 스캐너를 설치하여, 상기 빔을, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 변환기, 상기 질량 분석 슬릿, 그리고 상기 스캐너를 통과시키도록 구성하고,

중형의 빔 중심 위치를 측정할 수 있는 프론트 프로파일 모니터를 더욱 설치하고,

상기 프론트 프로파일 모니터에 의하여, 상기 스캐너에 있어서의 편향전극 입구의 빔의 중심궤도의 편차를 보정하도록 한 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 23

청구항 10 및 청구항 15 내지 청구항 22 중 어느 하나에 있어서,

상기 빔은, 그 단면이 원형 혹은 장원형 혹은 타원형의 빔, 또는 그 단면이 스캔방향으로 긴 장원 형상 혹은 타원 형상으로 되도록 정형된 후 편향주사된 빔인 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 24

청구항 10, 청구항 15 내지 청구항 17, 청구항 21, 및 청구항 22 중 어느 하나에 있어서,

빔 조사 위치 직전의 위치에 리어 프로파일 모니터를 구비하고,

상기 리어 프로파일 모니터는, 빔의 상하방향의 사이즈를 커버할 수 있도록 상하방향으로 배열된 적어도 1열의 멀티홀과, 상기 멀티홀에 인접하여 병설된 상하방향으로 뻗는 슬릿을 가지는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 25

청구항 24에 있어서,

프론트 패러데이 컵을, 상기 빔 평행화 장치의 상류측 또는 상기 스캐너의 상류측에 배치하는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 26

청구항 24에 있어서,

프론트 패러데이 컵을, 상기 빔 평행화 장치의 상류측에 있어서의 프론트 프로파일 모니터의 후방에 배치하는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 27

청구항 10 및 청구항 15 내지 청구항 22 중 어느 하나에 있어서,
프론트 프로파일 모니터를, 상기 스캐너의 하류측에 배치하는 것
을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 28

청구항 10 및 청구항 15 내지 청구항 22 중 어느 하나에 있어서,
프론트 프로파일 모니터를, 상기 스캐너의 상류측에 배치하는 것
을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 29

청구항 10 및 청구항 15 내지 청구항 21 중 어느 하나에 있어서,
빔 전류 계측수단으로서 프론트 패러데이 컵을 구비하고,
상기 프론트 패러데이 컵과 프론트 프로파일 모니터를 1 세트로 하여, 상기 빔 평행화 장치의 상류측에 배치하
는 것
을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 30

청구항 15, 청구항 16 및 청구항 18 중 어느 하나에 있어서,
상기 수평방향 중심궤도 보정용의 스티어링 전자석(STX)을, 상기 전단의 질량 분석 전자석장치와 상기 스캐너의
사이로서, 빔이 횡방향 수축(收束)이 되는 위치에 배치하는 것
을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 31

청구항 18에 있어서,
상기 전단의 질량 분석 전자석장치의 하류측에 상기 질량 분석 슬릿이 배치되고,
상기 수평방향 중심궤도 보정용의 스티어링 전자석(STX)과 상기 연직방향 중심궤도 보정용의 스티어링 전자석
(STY)을, 상기 전단의 질량 분석 전자석장치와 상기 스캐너의 사이에 배치하는 것
을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 32

청구항 10 또는 청구항 18에 있어서,
상기 연직방향 중심궤도 보정용의 스티어링 전자석(STY)을, 상기 전단의 질량 분석 전자석장치와 상기 스캐너의
사이로서, 빔이 종방향 수축(收束)이 되는 위치에 배치하는 것
을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 33

청구항 10 또는 청구항 18에 있어서,
상기 전단의 질량 분석 전자석장치의 하류측에 상기 질량 분석 슬릿이 배치되고,
상기 연직방향 중심궤도 보정용의 스티어링 전자석(STY)을, 상기 질량 분석 슬릿과 상기 스캐너의 사이에 배치
하는 것
을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 34

청구항 17에 있어서,

연직방향 중심궤도 보정용의 종방향 스티어링 전자석(STY)을, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)과 상기 횡방향 집속용의 DC 4극 전자석(QF)의 사이에 배치하는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치에 있어서의 빔 궤도편차 보정방법.

청구항 35

이온 소스로부터의 빔을, 전단의 질량 분석 전자석장치 및 빔 변환기를 통과시키고, 빔을 횡방향으로 스캔하는 스캐너 및 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 거쳐서 후단의 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 행한 후, 기관에 조사(照射)하도록 구성된 빔 조사장치에 있어서,

상기 질량 분석 전자석장치의 하류측에는, 상기 빔 변환기로서 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)을 설치하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)의 하류에는 질량 분석 슬릿을 설치하고, 상기 질량 분석 슬릿의 하류측에는 상기 스캐너를 설치하여, 상기 빔을, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 변환기, 상기 질량 분석 슬릿, 그리고 상기 스캐너를 통과시키도록 구성하고,

상기 질량 분석 슬릿은, 제1 질량 분해능 및 제1 도즈의 이온주입용 슬릿, 제1 질량 분해능보다 높은 제2 질량 분해능 및 제1 도즈보다 낮은 제2 도즈의 이온주입용 슬릿, 및 구멍을 가지는 빔 중심축 센터링용 슬릿의 3개의 슬릿이 일체적으로 구성되고, 제1 도즈의 이온주입, 제1 도즈보다 낮은 제2 도즈의 이온주입, 빔 중심축 센터링에 따라서 전환되는 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 36

이온 소스로부터의 빔을, 전단의 질량 분석 전자석장치 및 빔 변환기를 통과시키고, 빔을 빔 진행방향과 직교하는 방향으로 스캔하는 스캐너 및 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 거쳐서 후단의 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 행한 후, 기관에 조사(照射)하도록 구성된 빔 조사장치에 있어서,

상기 질량 분석 전자석장치의 하류측에는, 상기 빔 변환기로서 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)을 설치하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)의 하류에는 질량 분석 슬릿을 설치하고, 상기 질량 분석 슬릿의 하류측에는 상기 스캐너를 설치하여, 상기 빔을, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 변환기, 상기 질량 분석 슬릿, 그리고 상기 스캐너를 통과시키도록 구성하고,

상기 가속/감속 장치는 제1 및 제2 가속/감속 전극으로 구성되고,

상기 이온 소스의 출구측에 설치된 인출전극으로부터 적어도 상기 스캐너까지의 구성요소는, 상기 이온 소스와는 별개로 터미널에 수용되고,

상기 이온 소스에는 플러스의 이온 소스 전압 E_B 가 인가되고,

상기 인출전극에는 인출전압 V_{ext} 가 인가되고,

상기 터미널에는 마이너스의 터미널 전압 ($E_B - V_{ext}$)가 인가되고,

상기 제1 가속/감속 전극에는 플러스의 전압이, 상기 제2 가속/감속 전극에는 마이너스의 전압이 각각 인가되는 전압접속형태로 한 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 37

청구항 18에 기재된 빔 궤도편차 보정방법의 빔에 적용되는 자동궤도편차 보정 튜닝방법으로서,

상기 빔 생성 소스로부터 빔을 인출하기 위한 인출전극을 전후측, 횡측, 종방향의 틸트축의 3축 구동기구로 구동 가능하게 하고,

또한, 종횡의 빔 중심위치를 측정할 수 있는 2개의 프로파일(profile) 모니터를 설치하고,

상기 2개의 프로파일 모니터와 상기 리어 프로파일 모니터의 궤도편차의 각각의 값을 검출하고, 상기 스티어링 전자석(STX) 및 스티어링 전자석(STY), 상기 틸트축 및 상기 질량 분석 전자석장치의 조정을 행하도록 구성한 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치의 튜닝방법.

청구항 38

청구항 10 및 청구항 15 내지 청구항 34 중 어느 하나에 기재된 빔 궤도편차 보정방법의 빔에 적용되는 자동 궤도편차 보정 튜닝방법으로서,

2개소의 종과 횡의 궤도편차의 조정을 동시에 행하도록 구성한 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치의 튜닝방법.

청구항 39

빔 생성 소스로부터의 빔을, 전단의 질량 분석 전자석장치 및 빔 변환기를 통과시키고, 빔을 횡방향으로 스캔하는 스캐너 및 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 거쳐서 후단의 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 행한 후, 기관에 조사(照射)하도록 구성한 빔 조사장치에 있어서,

상기 질량 분석 전자석장치의 하류측에는, 상기 빔 변환기로서 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)을 설치하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)의 하류측에는 질량 분석 슬릿을 설치하고, 상기 질량 분석 슬릿의 하류측에는 상기 스캐너를 설치하여, 상기 빔을, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 변환기, 상기 질량 분석 슬릿, 그리고 상기 스캐너를 통과시키도록 구성하고,

발산 마스크(mask)를 후단의 에너지 필터링 장치의 후방에 설치하고, 리어 빔 프로파일 모니터에 의하여 평행도를 측정하도록 구성한 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 40

빔 생성 소스로부터의 빔을, 전단의 질량 분석 전자석장치 및 빔 변환기를 통과시키고, 빔을 횡방향으로 스캔하는 스캐너 및 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 거쳐서 후단의 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 행한 후, 기관에 조사(照射)하도록 구성한 빔 조사장치에 있어서,

상기 질량 분석 전자석장치의 하류측에는, 상기 빔 변환기로서 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)을 설치하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)의 하류측에는 질량 분석 슬릿을 설치하고, 상기 질량 분석 슬릿의 하류측에는 상기 스캐너를 설치하여, 상기 빔을, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 변환기, 상기 질량 분석 슬릿, 그리고 상기 스캐너를 통과시키도록 구성하고,

발산 마스크(mask)를 후단의 에너지 필터링 장치의 후방에 설치하고,

리어 빔 프로파일 모니터에 의하여 빔 발산각을 측정하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD) 및 횡방향 집속용의 DC 4극 전자석(QF)에 의하여 빔 발산각을 조정하도록 구성한 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 41

빔 생성 소스로부터의 빔을, 전단의 질량 분석 전자석장치 및 빔 변환기를 통과시키고, 빔을 횡방향으로 스캔하는 스캐너 및 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 거쳐서 후단의 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 행한 후, 기관에 조사(照射)하도록 구성한 빔 조사장치에 있어서,

상기 질량 분석 전자석장치의 하류측에는, 상기 빔 변환기로서 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)을 설치하고, 상기 상하방향 집속용의 DC 4극 전자석(QD)의 하류측에는 질량 분석 슬릿을 설치하고, 상기 질량 분석 슬릿의 하류측에는 상기 스캐너를 설치하여, 상기 빔을, 상기 질량 분석 전자석장치, 상기 빔 변환기, 상기 질량 분석 슬릿, 그리고 상기 스캐너를 통과시키도록 구성하고,

에너지 슬릿을 후단의 에너지 필터링 장치의 후방에 설치하고,

리어 빔 프로파일 모니터에 의하여 종방향의 이온 주입 각도를 측정하고, 후단의 에너지 필터링 장치에 의하여 종방향의 이온 주입 각도를 보정하도록 구성한 것

을 특징으로 하는 빔 조사장치.

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- [0024] 이 출원은 선행 일본국 특허출원 JP2004-347834에 대하여 우선권을 주장하며, 그 공개내용은 참고로서 여기에 포함되어 있다.
- [0025] 본 발명은, 이온 주입(implantation) 시스템과 같은, 이온 빔 조사(照射) 시스템의 개량에 관한 것이다. 이온 주입 시스템에 있어서, 조사(照射) 대상물은, GaAs 상의 실리콘으로 만들어진 웨이퍼이다.
- [0026] 반도체 디바이스의 미세화에 따라서, 고(高)전류 이온 주입 프로세스에 있어서도 "이온 주입 정밀도"가 매우 중시되게 되었다. 종래에는, 주입된 이온의 수(도즈(dose))의 변동량이, 대상 웨이퍼 표면 내에서, 및 대상 웨이퍼 끼리 사이에서, 1% 이하라면 충분하였다. 그러나, 최첨단 프로세스에서는, 도즈 정밀도 외에, 이온 주입 각도 정밀도 및 저에너지에서의 에너지 정밀도를 관리할 수 있도록 함이 요구되고 있다. 주입 각도 정밀도를 저하시키는 요인은, 이하와 같이 분류된다.
- [0027] (1) 실제로 수송되는 이온 빔(이하, '빔'이라 약칭한다)의 중심축이, 설계된 중심축에 대하여 각도를 가진다. 이는 중심축도 편차라 불리운다.
- [0028] (2) 이온의 집단으로서의 빔의 내부에서, 빔의 중심축에 대한 개개의 이온의 진행방향의 변동이 커진다. 이는 빔 발산 각도의 증대를 말한다.
- [0029] (3) 배치(batch)식 이온 주입 시스템에 있어서, 웨이퍼를 탑재한 디스크의 회전축과 빔의 설계된 중심축이, 서로 평행이 아닌 값으로 설정된 대상 웨이퍼의 중심에서의 주입각도의 경우, 빔 중심축에 대한 웨이퍼의 요동(로킹 모션)에 의하여, 웨이퍼의 좌우에서의 주입 각도는, 그 설정값과 달라진다. 이는 주입 각도 편차라 불리운다.
- [0030] 이들 중, 항목 (1)과 (3)은, 디바이스 특성의 4중(상하·좌우)의 비대칭성을 어지럽힌다. 이는, 디바이스 성능의 변동을 증가시키고, 최첨단 디바이스의 생산성을 극히 저하시킨다. 항목 (2)의 빔 발산각도는, 작으면 항목 (1) 및 (3)의 영향을 완화하도록 작용한다. 하지만, 빔 발산각도가 너무 크면, 도펀트(dopants)의 횡방향 분포를 증대시키는 것이 되어, 기본적인 디바이스 구조의 사이즈가 설계된 것과 달라져서, 디바이스 성능이 저하된다.
- [0031] 배치(batch)식 이온 주입 시스템에 있어서 항목 (1)의 문제를 해소하기 위해서는, 웨이퍼를 회전시켜서, 설계된 빔 축에 대하여 4 방향에서 이온 주입을 행할 필요가 있다. 그러나, 이 방법에서는, 원래의 1회 주입 동작을 4회 주입 동작으로 나누고, 각 주입 동작에 대하여 10여장의 모든 웨이퍼를 90도씩 회전시킬 필요가 있다. 따라서, 생산성(throughput)이 극히 저하된다.
- [0032] 항목 (3)의 문제는, 디스크의 회전축과 빔 중심축이 서로 평행해지도록 조정하고, 디스크 상의 웨이퍼에 특정 옅셋각도를 설정함으로써, 회피될 수 있다. 하지만, 주입각도(틸트각)의 유연성이 없어진다. 항목 (3)에 대한 별도의 해소안으로서, 작은 주입각도 편차를 가지는 디스크를 제조하는 것은 가능하지만, 그러한 디스크의 웨이

퍼 냉각성능은 반드시 불충분하게 된다. 따라서, 배치(batch)식 고전류 이온 주입 시스템에 있어서, 시스템의 현재의 성능을 저하시키지 않으면서 주입각도의 정확성을 향상시키는 것은 불가능하다.

- [0033] 상기 뿐만 아니라, 배치식 이온 주입 시스템의 결점으로서, 이하의 포인트를 들 수 있다.
- [0034] (A) 7° 를 초과하는 큰 주입각도에서는 이온주입을 수행할 수 없다.
- [0035] (B) 웨이퍼가 위에 탑재된 디스크의 고속회전에 따라서, 웨이퍼 위를 움직이는 파티클로 인하여 각 웨이퍼의 표면 구조가 손상될 가능성이 있다.
- [0036] (C) 1 배치(batch)마다 반드시 10여장의 웨이퍼를 로드(load)해야 하기 때문에, 적은 수의 웨이퍼가 처리될 때에도 많은 더미(dummy) 웨이퍼가 필요하다.
- [0037] (D) 웨이퍼와 냉각된 디스크 사이의 열 전도체로서 일래스토머(elastomer)(고무)가 사용된다. 이 일래스토머는 수많은 웨이퍼에 접촉됨으로써 깎이기 쉽기 때문에, 각 웨이퍼의 이면에 있어서의 파티클 오염량이 크다.
- [0038] 배치식 이온 주입 시스템은, 빔 이용효율이 높고 생산성이 극히 높다는 크나큰 장점을 가지고 있다. 그러나, 이는, 디바이스 미세화에 대처하기 위하여 높은 정밀도를 가져야 하는 고전류 이온 주입 시스템으로서는 더이상 이용될 수 없다.
- [0039] 이하, 배치식 이온 주입 시스템에 대신하는, 종래의 싱글 웨이퍼 이온 주입 시스템의 제1 내지 제3 예에 대하여 설명한다. 제1 예는, 리본(ribbon) 빔 타입 싱글 웨이퍼 고전류 이온 주입 시스템이고, 제2 예는, 2차원 기계식 스캔 타입 싱글 웨이퍼 고전류 이온 주입 시스템이며, 제3 예는, 빔 스캔 타입 싱글 웨이퍼 중전류 이온 주입 시스템이다. 여기 우리가 제안할 빔 스캔 타입 싱글 웨이퍼 고전류 이온 주입 시스템은 아직 제안되어 있지 않음을 밝혀둔다.
- [0040] 도 1 및 2를 참조하여, 리본 빔 타입 싱글 웨이퍼 고전류 이온 주입 시스템에 대하여 설명한다.
- [0041] 도 1에 있어서, 인출전극(102)을 통하여 이온 소스(source)(101)로부터 인출된 빔이, 2극(dipole) 자석(103)에서 질량분석된다. 질량분석 후, 빔은 횡방향으로 발산된다. 발산된 빔은, 가속/감속 칼럼 전극부(104)를 통과하여, 평행화 및 필터링 기능도 수행하는 2극 자석(105)에 의하여 다시 집속 및 평행화되어, 리본 빔으로 형성된다. 이 리본 빔은, 시트(sheet) 같은 단면 형상을 가져서, 시트 빔이라고도 불리운다. 하여간, 상기 리본 빔은, 횡폭이 웨이퍼 사이즈보다 크고, 종폭이 웨이퍼 사이즈보다 훨씬 작은 빔 단면을 가진다.
- [0042] 여기서, '횡(horizontal)'축 방향은, 질량분석 자석 내의 빔 중심궤도에 의하여 형성되는 수평(분산)면 상에 있고, 빔 중심궤도에 직교하는 것으로 정의된다. '종(vertical)'축은, 수평면과 빔 중심궤도 양측에 직교한다. '진행(longitudinal)'축은, 빔 중심궤도에 평행하다. 횡축과 종축 양자는, '횡단(transverse)'면 상에 있다. 스캐닝 방향이 비록 횡방향과는 다를 수 있지만, 편의상, 이하의 설명에서는 스캐닝 방향이 횡방향이라고 간주된다.
- [0043] 이온주입은, 플레이트(platen)(106)을 이용하여 웨이퍼를 기계적으로 상하로 움직이는 동안에 빔을 고정시켜 돔으로써 수행된다. 고에너지의 빔을 인출하고 수송하여, 웨이퍼 가까이에 설치된 감속 스테이지(107)에서 이를 감속함으로써, 저에너지 빔이 얻어진다.
- [0044] 제1 예의 이온 주입 시스템은, 다음의 장점을 가진다.
- [0045] 저에너지 빔 전류의 저감을 야기하는 공간전하 효과(이온 간의 반발성)는, 빔 밀도에 비례한다. 리본 빔은 큰 단면적을 가지기 때문에, 빔 전류가 동일한 한, 다른 타입과 비교할 때 빔 밀도는 낮아진다. 한편, 수송 가능한 빔 밀도가 동일하다면, 빔 전류는 커진다.
- [0046] 하지만, 제1 예의 이온 주입 시스템은, 다음의 단점을 가진다.
- [0047] 횡방향의 빔 밀도의 균일성이, 그대로, 횡방향의 도즈(dose) 균일성을 나타낸다. 그리고, 1% 이하의 빔 밀도 비 균일성을 달성하는 것은 극히 어렵다. 특히 저에너지에서는, 공간전하 효과에 의하여 빔은 자연스레 발산하며, 따라서 빔 밀도를 제어하는 것은 거의 불가능하다.
- [0048] 게다가, 웨이퍼 근처에서 빔이 감속되기 때문에, 플라스마 샤워 가스 또는 레지스트 아웃 가스와의 상호작용에 의하여 감속 전에 중성화된 빔 이온은, 감속되지 않고 그대로 주입된다. 이러한 빔 이온은, 에너지 컨태미네이션(contamination)이 된다. 게다가, 이러한 빔 이온은 빔 전류로서 측정되지 않기 때문에, 도즈에 있어서의 예리(오버도즈)도 발생된다.

- [0049] 또한, 빔이 평행화 전자석(105)을 통과하는 동안 가스와의 충돌에 의하여 중성화되는 이들 이온은, 편향 각도상 불확정이 되고, 따라서, 도 2에 화살표로 나타낸 바와 같이, 비정상적 주입각도로 웨이퍼(108) 속에 주입된다. 이는, 리본 빔의 시트면과 편향면(평행화 전자석(105) 내의 빔 궤도면)이, 서로 수평면에서 일치한다는 사실 때문에 야기되는 것이다.
- [0050] 결국, 앞서의 배치식 이온 주입 시스템과 마찬가지로, 리본 빔 타입 싱글 웨이퍼 고전류 이온 주입 시스템은, 그 빔 전류가 크기 때문에 생산성이 높지만, 주입 정밀도는 나쁘다.
- [0051] 도 3을 참조하여, 2차원 기계식 스캔 타입 고전류 이온 주입 시스템에 대하여 설명한다.
- [0052] 도 3에 있어서, 인출전극(202)을 통해서 이온 소스(201)로부터 인출된 빔은, 질량분석 전자석 장치(203)에서 질량분석이 된다. 질량분석 후, 플레튼(206) 상의 웨이퍼는, 디퍼렌셜 렌즈(205)를 통하여 빔에 조사(照射)된다. 본 예에서, 빔은 고정되고, 기계적 스캐닝에 의하여, 즉 플레튼(206)의 사용에 의하여 웨이퍼를 종방향 및 횡방향으로 기계적으로 움직임으로써, 웨이퍼 전체 면에 걸쳐서 이온주입이 수행된다. 빔의 단면 사이즈는, 종방향 및 횡방향 둘다 웨이퍼 사이즈보다 훨씬 작다. 극저에너지 주입의 경우에는, 감속된 빔이 이용된다.
- [0053] 제2 예의 이온 주입 시스템은, 다음의 장점을 가진다.
- [0054] 비교적 많은 양의 빔 전류가, 저에너지에서 얻어진다.
- [0055] 이온 소스(201)에서 플레튼(206)까지의 빔 라인이 짧고, 이온 주입 시스템이 비교적 저가로 제공된다.
- [0056] 하지만, 제2 예의 이온 주입 시스템은, 다음의 단점을 가진다.
- [0057] 빔 축 편차, 저에너지에서의 빔 발산각도의 증가, 및 빔의 감속에 있어서의 에너지 컨테머네이션의 발생 등과 같은, 배치식 이온 주입 시스템의 빔 라인 고유의 단점을, 그대로 물려받는다.
- [0058] 기계식 스캐닝에 있어서, 스캐닝 주파수는 높게 설정될 수가 없고, 오직 1Hz 정도로만 설정할 수 있기 때문에, 빔이 단위시간당 웨이퍼 상의 각 점을 통과하는 스캔 횟수는 적다. 웨이퍼 표면의 도즈 불균일성을 1% 이하로 억제하기 위해서는, 스캔 횟수는 약 100 정도로 설정되어야 한다. 낮은 스캐닝 주파수를 사용하는 시스템에서 이를 달성하기 위해서는, 주입시간을 연장하기 위하여, 빔은 의도적으로 감소되어야 한다. 즉, 도즈(dose) 정확성의 향상을 위하여, 생산성이 희생되어야 한다.
- [0059] 결국, 2차원 기계식 스캔 타입 고전류 이온 주입 시스템은, 생산성이 낮고, 또한 주입각도 정확도에 있어서도 좋지 않다.
- [0060] 도 4 (a) 및 4 (b)를 참조하여, 빔 스캔 타입 중(中)전류 이온 주입 시스템에 대하여 설명한다. 이 시스템의 평면도는 도 4 (a)에 도시되어 있고, 측면도는 도 4 (b)에 도시되어 있다. 이러한 중전류 이온 주입 시스템은, 예컨대 일본국 특허공개 제2003-288857호에 공개되어 있다.
- [0061] 도 4 (a)에서, 이온 소스(301)에서 생성된 이온은, 인출전극(미도시)을 통하여 이온 빔(302)으로서 인출된다. 인출된 빔(302)은, 2극 전자석(303)에서 질량분석이 되어, 필요한 이온 종(種)만이 선택되게 된다. 필요한 이온 종만으로 이루어진 이온 빔(302)은, 빔 변환기(304)에 공급되는데, 여기서 빔(302)의 단면 형상이 빔 수송 라인에 맞춰 정형된다. 이 빔 변환기(304)는, 자석 Q(Quadrupole; 4극) 렌즈, 정전(靜電)식 Q(Quadrupole) 렌즈, 등에 의하여 구성된다. 적절한 단면형상을 가지는 빔은, 도 4 (a)의 시트(sheet)면에 평행한 면 내에서 스캐너(305)에 의하여 편향된다.
- [0062] 스캐닝 빔은, 평행화 렌즈(이하, 'P-렌즈'라 한다)(306)에 의하여 평행화되어, 편향 각도 0°의 축에 평행하게 된다. 도 4 (a)에 있어서, 스캐너(305)에 의한 빔의 스캔 범위는, 굵은 흑선과 파선으로 표시되어 있다. P-렌즈(306)로부터의 빔은, 하나 이상의 가속/감속 칼럼 전극(307)을 통하여, 각도 에너지 필터(308)(이하, 'AEF'라고도 한다)에 보내진다. 각도 에너지 필터(308)는, 필요한 에너지를 가지는 이온 종만을 선별하기 위하여, 이온의 에너지에 대한 분석을 행한다. 도 4 (b)에 도시된 바와 같이, 오직 선택된 이온 종만이, 각도 에너지 필터(308) 내에서 약간 하향으로 편향된다. 이렇게 선택된 이온 종만으로 이루어진 빔은, 플라스마 전자 범람(flood) 시스템(309)을 통하여, 웨이퍼(310)로 수송된다. 웨이퍼(310)에 조사되지 않는 빔은, 빔 스톱퍼(311)에 입사되어, 그 에너지가 소진된다. 통상, 이온 소스(301)에서 웨이퍼(310)가 수용되어 있는 진공 처리 챔버까지의 구조는, 빔 라인이라 불리운다.
- [0063] 이 형태의 이온 주입 시스템에 있어서, 이온 소스(301)에서 인출된 빔은, 질량분석 후에, 스캐너(305)에 의하여 수백 Hz에서 수 KHz의 스캐닝 주파수로 횡방향으로 편향되고, 그 후 P-렌즈(306)에 의하여 평행화된다. 빔의 단

면 사이즈는, 웨이퍼(310)의 사이즈보다 훨씬 작고, 횡방향의 빔 스캔 범위는, 웨이퍼(310)보다 크게 설정된다. 종방향에 대하여는, 리본 빔 타입에서와 마찬가지로, 기계적 스캐닝이 행하여져서 웨이퍼(310)를 움직인다. 평행화 후에, 빔은 가속/감속 칼럼 전극(307)에 의하여 가속 또는 감속되어, 5 keV에서 260 keV의 넓은 에너지 범위를 커버한다. 가속 또는 감속 후에 전계 또는 자계의 형태로 각도 에너지 필터(308)를 통하여 에너지 분석을 행함으로써, 순수 빔이 웨이퍼(310)에 주입될 수 있다. 도시되지 않았지만, 각도 에너지 필터(308)의 하류측에는 에너지 슬릿이 배치된다.

[0064] 제3 예의 이온 주입 시스템은 다음의 장점을 가진다.

[0065] 빔 평행도가 측정될 수 있어서, 높은 정밀도를 가지고 웨이퍼 상에 균일하게 횡방향의 주입 각도가 설정될 수 있다.

[0066] 스캐닝 주파수가 높기 때문에, 단시간 동안의 주입에 의해서도, 웨이퍼 내에 높은 도즈(dose) 균일성이 달성될 수 있다.

[0067] 각도 에너지 필터(308)의 사용에 의하여, 모든 에너지 컨테머네이션 및 빔 라인에서 발생하는 파티클과 메탈 컨테머네이션의 주요 부분이, 웨이퍼 쪽으로 가지 못하게 된다.

[0068] 빔 스캔 면(횡방향) 및 각도 에너지 필터(308)의 편향 궤도면(종방향)이 서로 직교하도록 설정될 수 있도록, 빔의 평행화 및 빔에 대한 에너지 필터링은, 별도의 장치에 의하여 수행된다. 이 때문에, 각도 에너지 필터(308)를 통과하는 동안 중성화되고, 비정상적 각도로 여기서 나오는 빔의 일부는, 웨이퍼 앞의 좁은 슬릿을 통과하지 못하며, 따라서 웨이퍼(310)에 주입되지 못한다.

[0069] 하지만, 제3 예의 이온 주입 시스템은 다음의 단점을 가진다.

[0070] 수송 가능한 빔의 양이 적다. 특히 극저에너지에서, 빔은 거의 수송되지 못한다.

[0071] 결국, 빔 스캔 타입 중전류 이온 주입 시스템은 높은 정밀도의 주입을 가능케 하지만, 고전류 이온 주입 프로세스에서 사용되기에 충분한 만큼의 높은 빔 전류를 웨이퍼에 수송하지 못한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

[0072] 본 발명의 주된 과제는, 빔 조사 시스템의 조사 정밀도를 향상시키는 것이다.

[0073] 본 발명의 구체적 과제는, 높은 생산성을 유지하면서도 정확도 높은 고전류 이온 주입을 가능케 하는, 싱글 조사 타겟 이온 주입에 적합한 빔 생성 및 수송 시스템을 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

[0074] 본 발명에 의한 조사 정밀도 향상 방법은, 빔 생성 소스(source), 질량 분석 장치, 빔 변환기, 빔을 고속으로 왕복 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치, 종(縱)방향 에너지 필터링 장치, 및 빔 모니터로 이루어지는, 이온 빔(beam) 조사(照射) 시스템을 위한 것이다.

[0075] 본 발명의 제1 관점에 의하면, 상기 빔 변환기는, 종방향으로 집속(集束)하는 싱크로나이즈드 4극 전자석(syQD)과 횡방향으로 집속(集束)하는 싱크로나이즈드 4극 전자석(syQF)으로 구성되고, 상기 스캐너에 의한 빔의 스윙 후에, 중심궤도와 외측궤도 사이의 범위 내에서, 빔 발산 각도의 편차와 빔 사이즈의 편차 중의 적어도 하나를 제거한다.

[0076] 본 발명의 제2 관점에 의하면, 상기 빔 변환기는, 종방향으로 집속(集束)하는 싱크로나이즈드 4극 전극(syEQD)과 횡방향으로 집속(集束)하는 싱크로나이즈드 4극 전극(syEQF)으로 구성되고, 상기 스캐너에 의한 빔의 스윙 후에, 중심궤도와 외측궤도 사이의 범위 내에서, 빔 발산 각도의 편차와 빔 사이즈의 편차 중의 적어도 하나를 제거한다.

[0077] 본 발명의 제3 관점에 의하면, 상기 빔 변환기는, 빔의 종방향 및 횡방향 사이즈에 맞춰서, 각각 최적 위치에 배치되는, 종방향으로 집속(集束)하는 DC 4극 전자석(QD; Quadrupole Defocusing)과 횡방향으로 집속(集束)하는 DC 4극 전자석(QF; Quadrupole Focusing)으로 구성된다. 상기 빔 변환기는 또한, 종방향으로 집속(集束)하는 싱크로나이즈드 4극 전자석(syQD)과 횡방향으로 집속(集束)하는 싱크로나이즈드 4극 전자석(syQF)으로 구성되고, 상기 스캐너에 의한 빔의 스윙 후에, 중심궤도와 외측궤도 사이의 범위 내에서, 빔 발산 각도의 편차나 빔 사이즈의 편차 중의 하나를 제거한다.

- [0078] 본 발명에 의한 빔 조사(照射) 시스템은, 빔 생성 소스로부터의 빔이, 질량 분석 장치 및 빔 변환기를 통과하게 되고, 그 후 진행방향에 수직인 평면 내에서 빔을 왕복 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치, 및 에너지 필터링 장치를 통과하고, 그 후 조사 대상 상에 주입되도록 구성된다.
- [0079] 본 발명의 제4 관점에 의하면, 빔 조사 시스템은, 상기 스캐너에 의한 빔의 왕복 스윙 후에 중심궤도와 외측궤도 사이의 범위 내에서 빔 발산 각도를 보정하고, 저에너지 고전류 빔에 대해서도 뛰어난 입사 각도 균일성을 가능하게 하는, 보정시스템으로 구성된다.
- [0080] 본 발명의 제5 관점에 의하면, 빔 조사(照射) 시스템은, 상기 스캐너와 상기 빔 평행화 장치에 의하여 발생된 빔 사이즈의 편차를 제거하고, 저에너지 고전류 빔에 대해서도 뛰어난 주입 도즈(dose) 균일성을 가능하게 하는 보정시스템으로 구성된다.
- [0081] 제4 및 제5 관점에 의한 빔 조사(照射) 시스템에 있어서, 상기 보정시스템은 상기 빔 변환기로 구성되고, 또한 상기 빔 변환기는, 종방향으로 집속(集束)하는 싱크로나이스트 4극 전자석(syQD)과 횡방향으로 집속(集束)하는 싱크로나이스트 4극 전자석(syQF)으로 구성된다.
- [0082] 제4 및 제5 관점에 의한 빔 조사(照射) 시스템에 있어서, 상기 빔 변환기는 더욱, 종방향으로 집속(集束)하는 DC 4극 전자석(QD)과 횡방향으로 집속(集束)하는 DC 4극 전자석(QF)으로 구성된다. 상기 종방향으로 집속(集束)하는 DC 4극 전자석(QD)과 상기 횡방향으로 집속(集束)하는 DC 4극 전자석(QF)은, 종방향 및 횡방향 빔 사이즈에 맞춰서, 각각, 최적 위치에 배치되어, 조사 위치에서의 빔의 종방향 및 횡방향 수축(收束) 및 발산(發散)을 제어한다.
- [0083] 제4 및 제5 관점에 따른 빔 조사(照射) 시스템에 있어서, 상기 빔 변환기는 더욱, 종방향으로 집속(集束)하는 DC 4극 전자석(QD)과 횡방향으로 집속(集束)하는 DC 4극 전자석(QF)으로 구성되어도 좋다. 상기 종방향으로 집속(集束)하는 DC 4극 전자석(QD)과 상기 횡방향으로 집속(集束)하는 DC 4극 전자석(QF)은, 종방향 및 횡방향 빔 사이즈에 맞춰서, 각각, 최적 위치에 배치되어, 빔의 종방향 및 횡방향 수축(收束) 및 발산(發散)을 제어한다. 종방향으로 집속(集束)하는 싱크로나이스트 4극 전자석(syQD)과 횡방향으로 집속(集束)하는 싱크로나이스트 4극 전자석(syQF)이, 상기 DC 4극 전자석들(QD 및 QF)의 사이에 배치된다.
- [0084] 제4 및 제5 관점에 의한 빔 조사(照射) 시스템에 있어서, 횡방향 중심궤도 보정용의 스티어링(steering) 전자석(STX)과 종방향 중심궤도 보정용의 스티어링(steering) 전자석(STY)이 구비되고, 또한 종방향으로 집속(集束)하는 DC 4극 전자석(QD)과 횡방향으로 집속(集束)하는 DC 4극 전자석(QF)이, 종방향 및 횡방향 빔 사이즈에 맞춰서, 각각 최적 위치에 배치된다. 상기 스티어링 전자석들(STX 및 STY)은, 각각 상기 종방향으로 집속(集束)하는 DC 4극 전자석(QD)과 상기 횡방향으로 집속(集束)하는 DC 4극 전자석(QF)의 앞에 배치되어도 좋다.
- [0085] 제4 및 제5 관점에 의한 빔 조사(照射) 시스템에 있어서, 상기 스캐너는 전기(電氣) 타입일 수 있다. 상기 스캐너가 작동되는 동안에, 상기 싱크로나이스트 4극 전자석들(syQD 및 syQF)은, 상기 스캐너의 동작과 동기적으로 제어된다.
- [0086] 제4 및 제5 관점에 의한 빔 조사(照射) 시스템에 있어서, 상기 스캐너는 또한 전자기(電磁氣) 타입일 수 있다. 상기 스캐너가 전자기적으로 작동되는 동안에, 상기 싱크로나이스트 4극 전자석들(syQD 및 syQF)은, 상기 스캐너의 동작과 동기적으로 제어된다.
- [0087] 제4 및 제5 관점에 의한 빔 조사(照射) 시스템에 있어서, 상기 빔은, 한 방향으로 긴 원형 단면 또는 타원형 혹은 달걀형 단면을 가지는 빔으로부터, 스캐닝을 위한 편향 후에, 스캔 방향(횡방향)으로 긴 타원형 또는 달걀형 단면을 가지는 빔으로 변환된다.
- [0088] 본 발명에 의한 빔 조사 정밀도 향상 방법은, 빔 생성 소스(source), 질량 분석 장치, 빔 변환기, 빔을 왕복 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치, 에너지 필터링 장치, 및 조사 대상으로 이루어지는, 빔(beam) 조사(照射) 시스템을 위한 것이다.
- [0089] 본 발명의 제6 관점에 의하면, 상기 빔 변환기는, 종방향 및 횡방향 빔의 사이즈에 맞춰서, 각각, 최적 위치에 배치되는, 종방향으로 집속(集束)하는 DC 4극 전자석(QD)과 횡방향으로 집속(集束)하는 DC 4극 전자석(QF)으로 구성되어, 조사 대상에서의 빔의 종방향 및 횡방향 수축 및 발산을 제어한다.
- [0090] 본 발명의 제7 관점에 의하면, 상기 빔 생성 소스로부터 빔을 인출하는 한 쌍의 인출전극이, 빔을 종방향으로 편향시키기 위하여, 적어도 종방향으로 운동가능하거나 또는 횡축 주위로 틸팅 가능하고, 상기 질량 분석 장치가 미세하게 조정가능하다. 또한 빔 중심 한정 홀, 및 각각 횡방향 및 종방향 빔 중심위치를 측정할 수 있는 2

개의 프로파일(profile) 모니터가 구비된다. 상기 스캐너의 입구에서 및 빔 조사 위치에서의 빔의 설계된 중심 궤도로부터의 편차가, 상기 빔 인출전극, 상기 질량 분석 장치, 상기 빔 중심 한정 홀, 및 상기 2개의 프로파일 모니터의 사용에 의하여 억제된다. 이 제7 관점에 있어서, 상기 2개의 프로파일 모니터는, 상기 스캐너의 뒤의 위치와, 조사(照射) 위치의 바로 앞의 위치에, 각각 배치됨이 바람직하다.

[0091] 본 발명에 의한 빔 궤도 보정방법은, 빔 생성 소스(source), 질량 분석 장치, 빔 변환기, 진행방향에 수직인 방향으로 빔을 왕복 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치, 에너지 필터링 장치, 및 조사 대상으로 이루어지는, 빔(beam) 조사(照射) 시스템에 사용되기 위한 것이다.

[0092] 본 발명의 제8 관점에 의하면, 상기 빔 생성 소스로부터 빔을 인출하는 인출전극이, 빔을 종방향으로 편향시키기 위하여, 적어도 종방향으로 운동가능하거나 또는 횡축 주위로 틸팅 가능하다. 종방향에 있어서의 중심궤도 보정용 스티어링 전자석(STY), 및 각각 종방향 빔 중심위치를 측정할 수 있는 2개의 프로파일(profile) 모니터가 구비된다. 상기 스캐너의 입구에서 및 조사 위치에서의 빔의 설계된 중심궤도로부터의 종방향 편차가, 상기 빔 인출전극, 상기 스티어링 전자석(STY), 및 상기 2개의 프로파일 모니터의 사용에 의하여 제거된다. 이 제8 관점에 있어서, 상기 2개의 프로파일 모니터는, 상기 스캐너의 뒤의 위치와, 빔 조사(照射) 위치의 바로 앞의 위치에, 각각 배치됨이 바람직하다.

[0093] 본 발명의 제9 관점에 의하면, 오프셋(offset) 전압이 상기 스캐너에 인가될 수 있고, 또한 횡방향 중심궤도 보정용 횡방향 스티어링 전자석(STX), 및 각각 횡방향 빔 중심위치를 측정할 수 있는 2개의 프로파일 모니터가 구비된다. 상기 스캐너의 입구에서 및 대상 조사 위치에서의 빔의 설계된 중심 궤도로부터의 횡방향 편차가, 상기 오프셋 전압의 조정을 통하여, 및 상기 횡방향 스티어링 전자석(STX) 및 상기 2개의 프로파일 모니터의 사용에 의하여 제거된다. 이 제9 관점에 있어서, 상기 2개의 프로파일 모니터는, 상기 스캐너의 뒤의 위치와, 빔 조사(照射) 위치의 바로 앞의 위치에, 각각 배치됨이 바람직하다.

[0094] 본 발명의 제10 관점에 의하면, 상기 질량 분석 장치가 미세 조정가능하고, 또한 횡방향 중심궤도 보정용 횡방향 스티어링 전자석(STX), 및 각각 횡방향 빔 중심위치를 측정할 수 있는 2개의 프로파일 모니터가 구비된다. 상기 스캐너의 입구에서 및 조사 위치에서의 빔의 설계된 중심 궤도로부터의 횡방향 편차가, 상기 질량 분석 장치, 상기 횡방향 스티어링 전자석(STX), 및 상기 2개의 프로파일 모니터의 사용에 의하여 제거된다. 이 제10 관점에 있어서, 상기 2개의 프로파일 모니터는, 상기 스캐너의 뒤의 위치와, 빔 조사(照射) 위치의 바로 앞의 위치에, 각각 배치됨이 바람직하다.

[0095] 본 발명의 제11 관점에 의하면, 상기 빔 생성 소스로부터 빔을 인출하는 인출전극이, 빔을 종방향으로 편향시키기 위하여, 적어도 종방향으로 운동가능하거나 또는 횡축 주위로 틸팅 가능하다. 또한 종방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QD), 횡방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QF), 및 각각 종방향 및 횡방향 빔 중심위치를 측정할 수 있는 2개의 프로파일 모니터가 구비된다. 상기 종방향 및 상기 횡방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QD 및 QF), 및 상기 가속/감속장치에 의하여, 상기 스캐너의 입구에서 및 조사위치에서 생성되는 빔 중심궤도의 편차는, 상기 빔 인출전극 및 상기 2개의 프로파일 모니터의 사용에 의하여 억제된다. 이 제11 관점에 있어서, 상기 2개의 프로파일 모니터는, 상기 스캐너의 뒤의 위치와, 빔 조사(照射) 위치의 바로 앞의 위치에, 각각 배치됨이 바람직하다.

[0096] 본 발명의 제12 관점에 의하면, 횡방향 중심궤도 보정용 횡방향 스티어링 전자석(STX), 종방향 중심궤도 보정용 종방향 스티어링 전자석(STY), 및 조사 위치 바로 앞 위치에 배치되는 리어(rear) 프로파일 모니터가 구비된다. 조사 위치에서의 빔의 설계된 중심궤도로부터의 종방향 및 횡방향 편차가, 상기 스티어링 전자석(STX 및 STY) 및 리어 프로파일 모니터의 사용에 의하여 억제된다.

[0097] 본 발명의 제13 관점에 의하면, 상기 빔 생성 소스로부터 빔을 인출하는 인출전극이, 빔을 종방향으로 편향시키기 위하여, 적어도 종방향으로 운동가능하거나 또는 횡축 주위로 틸팅 가능하다. 조사 위치에서의 빔의 설계된 중심궤도로부터의 종방향 편차가, 상기 빔 인출전극, 및 조사 위치의 바로 앞 위치에 배치된 리어 프로파일 모니터의 사용에 의하여 억제된다.

[0098] 본 발명의 제14 관점에 의하면, 상기 질량 분석 장치가 미세하게 조정가능하다. 조사 위치에서의 빔의 설계된 중심궤도로부터의 횡방향 편차가, 상기 질량 분석 장치, 및 조사 위치 바로 앞 위치에 배치된 리어 프로파일 모니터의 사용에 의하여 억제된다.

[0099] 본 발명의 제15 관점에 의하면, 빔 중심 한정 홀 및 빔 중심궤도 보정 메카니즘이 구비된다. 상기 스캐너의 입구에서의 빔의 설계된 중심궤도로부터의 편차가, 상기 빔 중심 한정 홀 및 상기 빔 중심궤도 보정 메카니즘의

사용에 의하여 제거된다.

- [0100] 본 발명의 제16 관점에 의하면, 종방향 및 횡방향 빔 중심 위치를 측정할 수 있는 프론트(front) 프로파일 모니터가 구비된다. 상기 스캐너의 입구에서의 빔의 설계된 중심궤도로부터의 편차가, 상기 프론트 프로파일 모니터의 사용에 의하여 검출된다.
- [0101] 제7 내지 제16 관점에 의한 방법에 있어서, 상기 빔은, 처음에는 원형 단면을 가지거나, 또는 타원형 또는 달걀형 단면을 가지도록 정형되며, 그 후 스캐닝을 위한 편향 후에 스캔 방향으로 긴 타원형 또는 달걀형 단면으로 변환된다.
- [0102] 제7 내지 제14 관점에 의한 방법에 있어서, 대상 조사 위치의 바로 앞 위치에 배치된 리어 프로파일 모니터가 구비된다. 또한, 상기 리어 프로파일 모니터는, 빔의 종방향 사이즈를 커버하기 위하여 종방향으로 배열된 적어도 1열의 멀티컵(multicups) 또는 마이크로 패러데이(Faradays), 및 상기 마이크로 패러데이에 인접하여 배치되어 종방향으로 뻗는 패러데이 컵(프로파일 컵)을 가진다. 이 방법에 있어서, 프론트 패러데이 컵이, 상기 빔 평행화 장치의 상류측에 또는 상기 스캐너의 상류측에 배치되어도 좋다. 또는, 프론트 패러데이 컵이, 프론트 프로파일 모니터와 상기 빔 평행화 장치의 사이에 배치됨이 바람직하다.
- [0103] 제7 내지 제11, 및 제16 관점에 의한 방법에 있어서, 상기 프론트 프로파일 모니터가, 상기 스캐너의 하류측에 배치되어도 좋다. 또는, 상기 프론트 프로파일 모니터가, 상기 스캐너의 상류측에 배치되어도 좋다.
- [0104] 제7 내지 제11, 및 제16 관점에 의한 방법에 있어서, 프론트 패러데이 컵이, 빔 전류를 측정하는 도구로서 구비되고, 상기 프론트 패러데이 컵과 상기 프론트 프로파일 모니터가, 1 세트로서, 상기 빔 평행화 장치의 상류측에 배치됨이 바람직하다.
- [0105] 제9, 제10, 및 제12 관점에 의한 방법에 있어서, 상기 횡방향 스티어링 전자석(STX)가, 상기 질량 분석 장치와 상기 스캐너의 사이로서, 빔이 횡방향으로 집속되는 또는 거의 횡방향으로 집속되는 위치에 배치된다.
- [0106] 제12 관점에 의한 방법에 있어서, 질량 분석 슬릿이 상기 질량 분석 장치의 하류측에 구비되고, 또한 상기 횡방향 스티어링 전자석(STX) 및 상기 종방향 스티어링 전자석(STY)이, 상기 질량 분석 장치와 상기 스캐너의 사이에 배치된다.
- [0107] 제8 및 제12 관점에 의한 방법에 있어서, 상기 종방향 스티어링 전자석(STY)이, 상기 질량 분석 장치와 상기 스캐너의 사이로서, 빔이 종방향으로 집속되거나 또는 거의 종방향으로 집속되는 위치에 배치된다. 이 방법에 있어서, 질량 분석 슬릿이 상기 질량 분석 장치의 하류측에 구비되고, 상기 종방향 스티어링 전자석(STY)이, 상기 질량 분석 슬릿과 상기 스캐너의 사이에 배치된다.
- [0108] 제11 관점에 의한 방법에 있어서, 중심궤도를 종방향으로 보정하기 위한 종방향 스티어링 전자석(STY)이, 종방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QD)과 횡방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QF)의 사이에 배치되어도 좋다.
- [0109] 본 발명의 제17 관점에 의하면, 이온 소스로부터의 빔이, 질량 분석 장치 및 빔 변환기를 통과하게 되고, 그 후 횡방향으로 빔을 왕복 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치, 및 에너지 필터링 장치를 통과하고, 그 후 조사 대상 상에 주입되도록 이온 빔 조사(照射) 시스템이 구성된다. 질량 분석 슬릿이 상기 질량 분석 장치의 하류측에 배치되어, 정상 주입 구멍, 높은 질량 분해능을 가지는 고 분해능 구멍, 및 좁은 구멍을 가지는 빔 중심 홀을 포함하는 3개의 구멍(슬릿)으로 일체적으로 구성되고, 상기 3개의 구멍은, 정상 고전류 주입용 동작, 고 분해능 저전류 주입용 동작, 및 빔 센터링 동작에 따라서 그들간에 스위치된다.
- [0110] 본 발명의 제18 관점에 의하면, 이온 소스로부터의 빔이, 질량 분석 장치 및 빔 변환기를 통과하게 되고, 그 후 횡방향으로 빔을 왕복 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치, 및 에너지 필터링 장치를 통과하고, 그 후 조사 대상 상에 주입되도록 이온 빔 조사(照射) 시스템이 구성된다. 상기 가속/감속 장치는, 접지 레벨로 배치된 제1 및 제2 가속/감속 칼럼 전극으로 구성된다. 상기 이온 소스의 출구측에 배치된 인출전극으로부터 적어도 상기 스캐너까지의 라인 내의 그 구성요소들은, 상기 이온 소스에서 별개로 터미널 내에 수용된다. 전원 공급 연결 방식은, 포지티브 전압인 E_b 가 상기 이온 소스에 인가되고, 네가티브 터미널 전압인 $(E_b - V_{ext})$ 가 상기 터미널에 인가되며, N_b 가 정전형 감속 P-렌즈의 감속비일 때, 정전(靜電)형 감속 P-렌즈에, V_{ext} / ND 로 정의되는 전압이 공급되고, 또한 네가티브 전압이 상기 제2 가속/감속 칼럼 전극에 인가되는 한편, 포지티브 또는 네가티브 전압이 상기 제1 가속/감속 칼럼 전극에 인가되도록 되며, 이에 의하여 조사 에너지의 고정밀도를 달성한다. 자동적으로, 이온 소스와 인출전극 사이의 전압은 V_{ext} 가 되고, 이온 소스와 조사 대상 사이는 E_b 가

된다.

- [0111] 본 발명의 제19 관점에 의한 자동 궤도 보정방법은, 제9 및 제10 관점에 의한 방법에 적용된다. 이 보정방법에 있어서, 상기 스티어링 전자석(STX 및 STY), 상기 빔 인출전극의 틸트, 및 상기 질량 분석 장치의, 상기 2개의 프로파일 모니터에 의하여 검출된 궤도 편차에 기하여 조정된다.
- [0112] 본 발명의 제20 관점에 의한 자동 궤도 보정방법은, 제7 내지 제10 관점에 의한 방법에 적용된다. 이 보정방법에 있어서, 2개소에서의 종방향 및 횡방향 궤도 편차의 조정이, 동시에 수행된다.
- [0113] 본 발명의 제21 관점에 의하면, 빔 생성 소스로부터의 빔이, 질량 분석 장치 및 빔 변환기를 통과하게 되고, 그 후 횡방향으로 빔을 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치, 및 에너지 필터링 장치를 통과하고, 그 후 조사 대상 상에 주입되도록 이온 빔 조사(照射) 시스템이 구성된다. 발산 마스크(mask)가, 상기 에너지 필터링 장치의 하류측에 구비되고, 빔의 평행도가, 발산 마스크 및 리어 빔 프로파일 모니터에 의하여 측정된다.
- [0114] 본 발명의 제22 관점에 의하면, 빔 생성 소스로부터의 빔이, 질량 분석 장치 및 빔 변환기를 통과하게 되고, 그 후 횡방향으로 빔을 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치, 및 에너지 필터링 장치를 통과하고, 그 후 조사 대상 상에 주입되도록 이온 빔 조사(照射) 시스템이 구성된다. 발산 마스크(mask)가, 상기 에너지 필터링 장치의 하류측에 구비되고, 빔 발산 각도가, 리어 빔 프로파일 모니터에 의하여 측정되어, 발산 마스크 및 종방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QD) 및 횡방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QF)에 의하여 조정된다.
- [0115] 본 발명의 제23 관점에 의하면, 빔 생성 소스로부터의 빔이, 질량 분석 장치 및 빔 변환기를 통과하게 되고, 그 후 횡방향으로 빔을 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 통과하고, 그 후 에너지 필터링 장치에 의하여 에너지 분석을 받고, 그 후 조사 대상 상에 주입되도록 이온 빔 조사(照射) 시스템이 구성된다. 에너지 슬릿이 상기 에너지 필터링 장치의 하류측에 구비되고, 또한 종방향에 있어서의 이온 주입 각도가, 에너지 슬릿과 리어 빔 프로파일 모니터에 의하여 측정되어, 상기 에너지 필터링 장치 또는 조사 대상 틸팅 시스템에 의하여 보정된다.
- [0116] <실시예>
- [0117] 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하기 전에, 이하에 이온 주입 시스템에 본 발명을 적용하기 위하여 개량된 점에 대하여 설명한다.
- [0118] 이하 "횡측"이라 함은, 빔 진행 방향에 직교하는 방향의 평면 내로서, 질량 분석 2극 자석 내의 궤도에 의하여 형성되는 평면(분산면) 내의 한 축을 말한다. 마찬가지로, "종측"이란, 빔 진행 방향에 직교하고, 또한 횡측에 직교하는 방향의 평면 내의 한 축을 말한다. "진행(longitudinal) 방향"이라 함은, 빔 진행 방향을 말한다. 따라서, "횡" 및 "종"은, 반드시 지표면을 가리키는 것은 아니다.
- [0119] 본 발명에 의하여, 높은 정밀도로 이온 주입을 가능케 하는 빔 스캔 타입 싱글 웨이퍼 중전류 이온 주입 시스템의 능력을 유지하면서, 고전류 빔이 수송될 수 있게 되었다. 고전류 빔을 수송하기 위해서는, 공간전하 효과의 극복이 필요하다. 이 공간전하 효과의 악영향은, 빔을 발산시키는 것 뿐만이 아니다. 즉, 빔이 스캐닝을 위하여 편향될 때, 빔 궤도의 경로 길이는, 스캔 각도의 증가에 따라 증가한다. 빔 궤도의 경로 길이가 변화할 경우, 공간전하 효과의 정도에도 차이가 일어난다. 빔 수송 행로 상에 공간전하 효과의 차이가 일어나는 경우, 웨이퍼 상에서의 빔 발산 각도 및 빔 사이즈의 편차가 발생된다. 본 발명에 의한 이온 주입 시스템은, 이를 보정할 시스템을 탑재하고 있다.
- [0120] 게다가, 본 발명에 의한 이온 주입 시스템은, 중전류 이온 주입 시스템에서는 고려되지 않는 종방향 주입 각도 정밀도를 포함하는 주입 각도 정밀도를 향상시킬 수 있는 시스템을 탑재하고 있다.
- [0121] 빔 전류가 충분히 높아질 경우, 포토 레지스트 아웃가싱(outgassing)의 증가에 기인하는 도즈(dose) 편차 및 도즈 균일성 저하, 주입 동안의 웨이퍼 차징(charging)에 기인하는 게이트 산화물의 정전 파괴(electrostatic breakdown), 및 빔 스퍼터링 생산물의 증가에 기인하는 금속 컨테머네이션 및 이중 도판트(dopants)의 컨테머네이션의 증가와 같은 문제점이 발생된다. 본 발명에 의한 이온 주입 시스템은, 이러한 종류의 문제점에 대한 대응책도 또한 고려하고 있다.
- [0122] 상기의 요점을 요약하여, 개량을 위하여 취해진 구체적 수단은 다음과 같다.
- [0123] (1) 빔 인출 시스템 및 질량 분석 시스템으로서, 배치식 고전류 이온 주입 시스템의 것이 사용되어, 고전류 빔

의 인출 및 질량 분석이 가능하게 된다.

- [0124] (2) 질량 분석 전자석 장치와 스캐너 사이에, 한쌍의 종방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QD; Quadrupole Defocusing) 및 횡방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QF; Quadrupole Focusing)이 배치된다. 이들 전자석들의 사용에 의하여, 스캐너의 입구에서의 빔의 단면이, 빔 스캐닝 방향으로 긴 달걀형 또는 타원형으로 변형된다. 스캐너는, 바람직하게는, 그 발생된 전계가, 스캐닝 방향으로 긴 단면을 가지는 빔의 수축 및 발산에 영향을 주는 일을 가능한 한 방지할 수 있는 전극 형상을 가짐을 밝혀둔다.
- [0125] (3) 질량 분석 전자석 장치와 스캐너 사이에, 종방향으로 집속하는 싱크로나이즈드 4극 전자석(syQD; synchronized Quadrupole Defocusing) 및 횡방향으로 집속하는 싱크로나이즈드 4극 전자석(syQF; synchronized Quadrupole Focusing)이 배치되어, 전기(電氣) 스캐너와 동기적으로 작동된다. 이들 전자석들의 사용에 의하여, 웨이퍼의 중심을 향하여 인도되는 빔 궤도(내측 궤도) 및 웨이퍼의 좌측 및 우측단을 향하여 인도되는 각 빔 궤도 사이의 공간전하 효과의 차이에 의하여 야기되는 빔 발산 각도 및 빔 사이즈의 편차가 보정된다.
- [0126] (4) 정전(靜電)식 감속 P(평행화)-렌즈가, 스캐너의 하류측에 배치되고, 각각의 내부에 포지티브 또는 네가티브 전압이 공급될 수 있는 한쌍의 전극을 포함하는 A/D(가속/감속) 칼럼이, 감속 P-렌즈의 하류측에 배치된다. 상기 감속 P-렌즈의 사용에 의하여, 저에너지에서의 이온 주입의 감속비가, 비교적 작아질 수 있어서, 감속에 의한 빔의 발산이 억제될 수 있다. 더욱이, 감속 P-렌즈에 의하여 생성되는 종방향에 있어서의 강한 수축(收束)력과 A/D 칼럼의 강한 수축력 사이의 균형을 취함으로써, 빔은, 종방향에 대하여 웨이퍼를 향하여 적절히 집속될 수 있다.
- [0127] (5) 질량 분석 전자석 장치와 전기(電氣) 스캐너 사이에, 종방향 중심 궤도 보정용 및 횡방향 중심 궤도 보정용의 한쌍의 스티어링 전자석(STY 및 STX)이 배치된다. 게다가, 종방향 및 횡방향에 대하여 빔 중심 위치를 각각 측정할 수 있는 2개의 프로파일 모니터가, 각각, 스캐너 바로 앞과 웨이퍼 근처에 배치된다. 이들 모니터, 스티어링 전자석(STY 및 STX), 인출 전극(3축 가동(可動))의 틸트(tilt), 및 질량 분석 전자석 장치 및 스캐너의 편향 각도의 미세 조정의 조합에 의하여, 빔의 설계된 중심 궤도로부터의 편차가 제거된다. 이는 주입 각도 정밀도의 향상을 가능케 한다.
- [0128] (6) 하이브리드 각도 에너지 필터(이하 "AEF"라 한다)가, A/D 칼럼 및 웨이퍼 사이에 배치된다. 일반적으로, 각도 에너지 필터는, 에너지 필터링 장치라 불리운다. 에너지 슬릿이, AEF의 하류측에 구비되어, 미리 정해진 에너지를 가지는 이온 중만이 이 에너지 슬릿을 통과할 수 있다. 이러한 구성에 의하여, 빔 라인의 상류측으로부터 오는 에너지 컨테머네이션(중성입자), 메탈 컨테머네이션, 파티클 등이 제거된다.
- [0129] 하이브리드 AEF는, 전계 및 자계를 모두 발생시킬 수 있는 에너지 필터링 장치로서, 저에너지에서의 이온 주입을 위하여 자계를 사용하고, 주로 고에너지에서의 이온 주입을 위하여 전계를 사용한다. 전계를 가지는 AEF 영역에는 전자가 들어갈 수 없기 때문에, 빔 내에서는, 포지티브로 대전된 이온들 사이의 반발에 의하여 야기되는 강한 발산력이 발생된다(공간전하 효과). 따라서, 저에너지에서의 이온 주입에 있어서, 전계가 사용되면, 빔 전류는 거의 0(제로)이 된다. 한편, 자계 AEF는 전자를 트랩(trap; 끌어들임)하기 때문에, 빔의 포지티브 전하는 무효화되어, 공간전하 효과가 크게 약화된다. 하지만, 빔 스캔면(수평면)에 평행한 자계를 생성할 필요가 있기 때문에, AEF 편향 전자석의 자극 갭은 극히 커서, 강한 자계가 생성될 수 없다. 따라서, AEF는, 자계의 단순한 사용에 의해서는 고에너지 이온을 편향시킬 수 없다.
- [0130] 하이브리드 AEF는, 전계 AEF와 자계 AEF가 가지는 단점들을 보상하는 에너지 필터링 장치이며, 또한 고순도 빔을 수송한다는 주 기능의 훼손 없이, 저에너지 고전류 빔을 웨이퍼에 수송할 수 있다.
- [0131] 자계 AEF는, 웨이퍼의 정전(靜電) 대전을 방지하기 위하여 필요한 저에너지 전자의 운동을 방해하지 않기 위하여, 작은 누설 자계를 가지는 구조를 가진다.
- [0132] 하이브리드 AEF는, 특히, AEF 편향 전자석 및 AEF 편향 전극으로 형성된다. 스캔면(수평면)과 편향면(연직면 또는 서로 반대(vice versa)임)은 서로 직교하기 때문에, 필터링은 작은 벤딩 각으로 수행될 수 있다. 따라서, 빔의 편향 동안에 빔 이온과 잔류 가스 원자 사이의 전하 교환 반응에 의하여 비록 중성입자들이 생성된다고 하더라도, 이들 중성입자는 비정상적 각도로 웨이퍼에 주입되지 않는다.
- [0133] (7) 플라즈마 샤워 시스템(AEF 플라즈마 샤워)이, 하이브리드 AEF의 자계의 중심축 상에 구비된다. A/D 칼럼과 AEF 사이 영역 및 하이브리드 AEF의 자계 영역에 AEF 플라즈마 샤워로부터 전자가 공급되어, 공간전하 효과를 감소시켜서, 저에너지 고전류 빔의 수송을 가능케 한다. AEF 진공챔버의 내벽 상에는, 복수개의 영구자석이 탑

재되어, 커스프(cusp) 자계를 형성하여, 전자 감금(confining) 효과를 증가시킨다.

- [0134] (8) 웨이퍼의 정전(靜電) 대전을 방지하고, 또한 동시에, AEF와 웨이퍼 사이의 빔에 전자를 공급하여 이온에 포지티브 전하를 보상(중화)하기 위하여, 앞서 언급한 AEF 플라즈마 샤워와 별도로, AEF의 하류측에 플라즈마 샤워가 배치된다.
- [0135] (9) 메탈 컨테이너네이션을 방지하기 위하여, 슬릿과 빔 덤프와 같은 빔이 충돌하는 부분은 모두 그라파이트로 만들어진다. 게다가, 횡방향으로 긴 단면을 가지는 빔이 벽에 충돌하는 것을 방지하기 위하여, 감속 P-렌즈에서 에너지 슬릿까지의 영역 내의 각 전극 개구, 진공 챔버(알루미늄으로 만들어짐), 등의 폭은,
- [0136] (빔 스캔 범위) + $2 \times$ (빔 폭)
- [0137] 이상으로 세팅된다.
- [0138] 크로스 컨테이너네이션(다른 도펀트(dopant) 종류에 의한 오염)을 방지하기 위하여, 웨이퍼 근방으로서 많은 빔 이온이 충돌하는, 각 에너지 슬릿과 빔 덤프는, 한 면이 하나의 이온 중에 전적으로 대응하는, 한쌍의 회전식 다면 구조를 가져서, 주입 이온 종이 변경될 때 자동으로 스위치된다.
- [0139] (10) 발산 마스크(에너지 슬릿 유닛의 한 면) 및 웨이퍼 근방의 리어 프로파일 모니터의 사용에 의하여, 빔 중심축과 웨이퍼 표면 사이에 형성되는 주사 각도가, 횡(스캐닝)방향의 모든 스캔 영역에 걸쳐서 일정함을 확인 가능하게 된다. 동시에, 횡방향의 빔의 발산 각도를 측정하는 것이 가능해진다. 이들이 불충분할 때에는, P-렌즈, 및 스티어링 전자석(STX 및 STY)의 전압, 4극 전자석(QD, QF, syQD 및 syQF)의 코일 전류가, 미세 조정된다.
- [0140] (11) 전자를 흡수하는 포지티브 전압 전극의 앞과 뒤에, 및 가속 전자의 전계를 생성할 수 있는 전극의 낮은 전압측 앞에, 전자 억제(suppression) 전극이 배치된다. 이는, 공간전하를 보상(중화)하기 위한 전자가 불충분한 영역을 짧게 한다.
- [0141] (12) 주입 에너지가, 이온 소스에 인가되는 고전압에 의해서만 결정되도록, 고전압 전원 공급의 연결 방식이 구성된다. 게다가, 이온 소스의 고전압 전원 공급은, 고에너지용의 것과, 이들간의 스위칭에 의하여 사용되는 저에너지용의 것으로 분리된다. 이 방식에서, 다이내믹 영역을 분할하고, 각각 극히 정확한 고전압 소스를 사용함으로써, 주입 에너지 정밀도는 전체 영역에 걸쳐서 확보된다. 게다가, 주입 에너지는 오직 이온 소스의 고전압 전원 공급에 의해서만 결정되기 때문에, 감속 P-렌즈의 전원, A/D 칼럼 전원, 및 터미널 전원과 같은 다른 고전압 전원의 정밀도는, 엄밀히는 요구되지 않는다.
- [0142] 고전류 빔을 이용한 이온 주입 동안에, 웨이퍼 상의 포토레지스트로부터 가스가 많이 발생하는 때에는, 가스 분자와 빔 이온 사이에, 전하 교환 반응이 발생하여, 이온의 일부는 중성화되어, 빔 전류로서 측정되지 않는다. 이 현상에 의한 도즈(dose) 에러의 증가를 방지하기 위하여, 프로세스 챔버(진공 프로세스 챔버) 내의 측정된 압력에 의하여 측정된 빔 전류의 보정을 위한 압력 보상 시스템이 도입된다.
- [0143] 다음으로, 도 5 (a) 및 도 5 (b)를 참조하여, 본 발명이 싱글 웨이퍼 이온 주입 시스템에 적용된 실시예를 설명한다. 이온 소스에서 하류측으로 설명을 시작한다. 본 이온 주입 시스템의 구조는 다음과 같다. 이온 소스(1)의 출구측 상에, 인출 전극(2)이 구비된다. 질량 분석 전자석 장치(3)는, 인출 전극(2)의 하류측에 배치된다. 질량 분석 전자석 장치(3)의 하류측 상에, 횡방향 중심 궤도 보정용 스티어링 전자석(STX)(13), 종방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QD)(5), 횡방향으로 집속하는 싱크로나이스트 4극 전자석(syQD)(8), 종방향 중심 궤도 보정용 스티어링 전자석(STY)(14), 횡방향으로 집속하는 싱크로나이스트 4극 전자석(syQF)(9), 및 횡방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QF)(6)이, 그 이름순으로 배치된다. 또한, 전자 억제 전극(26)이, 인출 전극(2) 하류측 근방에 마련되고, 3-스테이지 선택가능한 질량 분석 슬릿(4)이, DC 4극 전자석(QD)(5)과 싱크로나이스트 4극 전자석(syQD)(8) 사이에 배치된다.
- [0144] DC 4극 전자석(QF)(6)의 하류측 상에, 스캐너(편향기)(7)가 배치된다. 전자 억제 전극(27 및 28)이, 각각 스캐너(7)의 상류측 및 하류측에 배치된다. 전자 억제 전극(28)의 하류측 상에, 프론트 프로파일 모니터(15) 및 주입 패러데이 컵(Faraday cup)(16)이 그 순서대로 배치된다.
- [0145] 인출 전극(2)에서 주입 패러데이 컵(16)까지의 요소는, 터미널(37) 내에 수용되고, 고전압이 이 터미널(37)에 인가된다.
- [0146] 주입 패러데이 컵(16)의 하류측 상에는, 프론트 커브(curved) 개구(10-1), 정전(靜電) 감속 P-렌즈(평행화 렌즈)(10), 감속 P-렌즈 출구측 전극(10'), 제1 A/D 칼럼 전극(11), 제2 A/D 칼럼 전극(12), 및 하이브리드

AEF(18)가, 그 순서대로 배치된다. 상기 프론트 커브 개구(10-1)는, 빔을 성형하기 위한 것이다. 본 실시예에 있어서, 도 5 (a)에 정전(靜電) 감속 P-렌즈가 싱글 전극(10)으로 예시되어 있지만, 정전 감속 P-렌즈는, 10 및 29로 도시된 2개의 전극에 의하여 실행된다. 특히, 이들 2개의 전극의 상류측 전극은, 전자 억제 전극(29)로서 사용되도록 조정된다. 상기 전극(29)이 전자 억제 전극으로 불리우는 이유는 추후 설명된다. 이하의 설명에서, 정전 감속 P-렌즈(10)는, 전자 억제 전극(29)을 포함한다고 하기로 한다. 어쨌든, 종래의 감속 P-렌즈는 4개의 전극을 필요로 하였지만, 본 실시예의 감속 P-렌즈(10)는, 오직 2개의 전극만을 필요로 한다. 상기 4개의 전극(10', 11, 12, 12') 및 이들의 절연체가, A/D 칼럼을 형성한다.

[0147] 상기 AEF(18)은, 각각 그 상류측 및 하류측 상에, 전자 억제 전극(30 및 31)을 가진다. 상기 AEF(18)은, 또한, 그 양 횡측 상에, AEF 플라즈마 샤워(20)가 구비된다. AEF 챔버(38)의 벽 상에 복수개의 영구자석(21)이 배치되어, 플라즈마 한정용 커스프(cusp) 자계를 형성한다. 커스프 자계를 형성하기 위하여, 그 자극이 AEF 챔버(38)의 내측을 향하고, 인접 자석의 극성이 서로 반대가 되도록, 영구자석(21)은 배치된다. AEF 챔버(38)의 출구측 상에는, AEF(18)에 의하여 편향되지 않고 직진하는 메탈 원자, 파티클, 등을 포획하기 위한 스트라이커 플레이트(38-1)가 구비된다.

[0148] AEF 챔버(38)는, 프로세스 챔버(진공 프로세스 챔버)(39)에 연결된다. 프로세스 챔버(39) 내에는, 3면 에너지 슬릿 유닛(19)과 발산 마스크(25)의 결합 구조, 플라즈마 샤워(22), 웨이퍼(23), 및 3면 빔 덤프(24)가 그 순서로 배치된다. 리어 프로파일 모니터(17)는, 웨이퍼(23)의 근방에 배치되어, 스캔 영역에 삽입되거나 꺼내어진다. 말할 필요도 없이, 빔 라인의 내측을 따라 배치된 챔버는, 고진공으로 유지된다.

[0149] 상기 각 요소에 대한 다양한 전원의 연결 방식은 다음과 같다.

[0150] 이온 소스 고전압 전원(32)이 이온 소스(1)와 접지 사이에 연결되고, 전자 억제 전원(41)이 인출 전극(2)과 터미널(37) 사이에 연결된다. 터미널 고전압 전원(33)이 터미널(37)과 접지 사이에 연결되고, 억제 전원(42)이 터미널(37)과 전자 억제 전극(29) 사이에 연결된다. 전극(29)이 전자 억제 전극이라 불리우는 이유는 바로 이것이다. P-렌즈 고전압 전원(34)이, 터미널(37)과, 각 정전 감속 P-렌즈(10) 및 그 출구측 전극(10') 사이에 연결된다. 제1 A/D 칼럼 고전압 전원(35)이, 제1 A/D 칼럼 전극(11)과 접지 사이에 연결되고, 제2 A/D 칼럼 고전압 전원(36)이, 제2 A/D 칼럼 전극(12)과 접지 사이에 연결된다. 실제로, 후술되는 바와 같이, 제1 A/D 칼럼 고전압 전원(35) 및 제2 A/D 칼럼 고전압 전원(36)은, 2개의 전원 사이의 스위칭에 의하여, 각각, 포지티브 또는 네가티브 전압 중 하나를 인가할 수 있다.

[0151] 이하, 상기 각 요소의 구체적인 구조 및 기능에 대하여 설명한다.

[0152] **[이온 소스(1), 인출 전극(2), 질량 분석 전자석 장치(3), 3-스테이지 선택가능한 질량 분석 슬릿(4)]**

[0153] 이들은 기본적으로 배치식 고전류 이온 주입 시스템에서 사용된 것과 같으며, 고전류 빔의 인출 및 질량 분석을 가능케 한다. 그럼에도 불구하고, 인출 전극(2)은, 진행방향 위치("갭(gap)" 축), 횡방향 위치("사이드(side)" 축), 및 종방향 각도("틸트(tilt)" 축)를 조정할 수 있는 3축 조정 구조를 가진다. 진행방향 및 횡방향 위치 조정은, 단순히 고전류 빔 인출을 위하여 사용되고, 종방향 각도 조정은, 빔의 센터링을 위하여 사용된다.

[0154] 도 6에 도시된 바와 같이, 인출 전극(2)은, 3축 드라이브 메카니즘(2-1)에 의하여, "갭" 축을 따라서 앞 또는 뒤쪽으로 이동가능하고, "사이드" 축을 따라서 좌측 또는 우측으로 이동가능하며, 횡방향 틸트 축을 따라서 앞 또는 뒤쪽으로 틸트 가능하도록 설계된다.

[0155] 질량 분석 슬릿(4)은, 3 스테이지 자동 선택가능 타입이다. 특히, 도 7에 도시된 바와 같이, 질량 분석 슬릿(4)은, 정상 고전류 주입 슬릿(4-1), 고 분해능 및 저도즈(dose) 주입 슬릿(4-2), 및 빔 센터링용 구멍(4-3) 중에서, 사용용도에 따라서 선택할 수 있다. 상기 고전류 주입 슬릿(4-1)은, 약 50의 질량 분해능을 가져서, 50 amu 이온과 51 amu 이온을 분리시킬 수 있다. 한편, 고 분해능 및 저도즈(dose) 주입 슬릿(4-2)은, 약 200의 질량 분해능을 가진다. 여기서, 질량 분석 슬릿(4)을 통과할 때의 빔의 위치는 고정이다.

[0156] **[종방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QD)(5), 횡방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QF)(6), 스캐너(7)]**

[0157] DC 4극 전자석(QD)(5) 및 DC 4극 전자석(QF)(6)의 사용에 의하여, 스캐너(7)의 하류측 상의 빔의 단면은, 스캐닝(횡) 방향으로 긴 달걀형으로 형성된다. 스캐너(7)의 하류측 상에는, 빔 궤도가 횡방향으로 움직이기 때문에, 횡방향의 빔 통과 영역은 매우 넓고, 따라서 빔을 횡방향으로 집속하는 장치는 배치될 수 없다. 따라서, 스캐너(7)의 하류측 상에는, 공간전하 효과에 의하여 야기되는 빔 발산력이 횡방향으로 너무 많이 생성되지 않도록 할 필요가 있다. 이는, 빔의 단면을 횡방향으로 긴 형상으로 형성함으로써 실현된다.

[0158] 공간전하 효과에 의하여 야기된 횡방향 및 종방향의 빔 발산력의 진폭(K_x 및 K_y)(초점 거리의 역수)은, 하기 수학적 식 1a 및 1-2에 의하여 각각 근사화될 수 있다.

수학적 식 1a

$$K_x = - \frac{qm^{0.5}I}{\sqrt{2\pi\epsilon_0}E_B^{1.5}} \frac{1-\eta}{\sigma_x(\sigma_x + \sigma_y)}$$

[0159]

수학적 식 1b

$$K_y = - \frac{qm^{0.5}I}{\sqrt{2\pi\epsilon_0}E_B^{1.5}} \frac{1-\eta}{\sigma_y(\sigma_x + \sigma_y)}$$

[0160]

[0161] 상기 수학적 식 1a 및 수학적 식 1b에 있어서, ϵ_0 는, 진공의 유전상수이고, q 는, 이온의 전하이며, m 은, 이온의 질량이고, E_B 는, 빔 에너지이며, I 는, 빔 전류이고, η 는, 공간전하 중성화 계수($0 \leq \eta \leq 1$, $\eta = 0$ 은 전자 부족 상태를 나타내고, $\eta = 1$ 은 완전히 보상(중화)된 상태를 나타냄)이다. 또한, 횡방향 빔 사이즈는, $2\sigma_x$ 로 주어지고, 한편, 종방향 빔 사이즈는, $2\sigma_y$ 로 주어진다.

[0162] 이들 식으로부터, 횡방향 빔 사이즈($2\sigma_x$)가 종방향 빔 사이즈($2\sigma_y$)보다 충분히 클 때는, 횡방향 빔 발산력의 진폭(K_x)은, 종방향 빔 발산력의 진폭(K_y)보다 훨씬 작아진다는 것을 알 수 있다.

[0163] DC 4극 전자석(QD)(5) 및 (QF)(6)는, $2\sigma_x$ 및 $2\sigma_y$ 의 종방향 및 횡방향 빔 사이즈에 따라서, 각각 최적 위치에 배치됨이 바람직하다. QD(5)를 위한 최적 위치는, 종방향 빔 사이즈가 최대가 되고, 횡방향 빔 사이즈가 최소가 되는 위치이다. QF(6)를 위한 최적 위치는, 종방향 빔 사이즈가 최소가 되고, 횡방향 빔 사이즈가 최대가 되는 위치이다.

[0164] [종방향으로 집속하는 싱크로나이스트 4극 전자석(syQD)(8), 횡방향으로 집속하는 싱크로나이스트 4극 전자석(syQF)(9), 정전(靜電) 감속 P-렌즈(10)]

[0165] 수학적 식 1a 및 수학적 식 1b에서 알 수 있는 바와 같이, 공간전하 효과는, 빔 에너지의 1.5승에 반비례하여 약화된다. 따라서, 고전류 빔을 수송하기 위하여, 빔 에너지는, 가능한 한 높은 것이 바람직하다. 한편, 빔 스캔 타입 이온 주입 시스템에 있어서, 웨이퍼의 모든 표면에 걸쳐서 동일 각도로 빔을 주입시키기 위하여, 스캐너 후의 빔 중심 궤도는, 어떤 수단에 의하여 평행화되어야 한다. 감속 P-렌즈(10)의 전계는, 이온에 작용하는 횡방향 요소를 가져서, 스캔 중심 궤도에서 더 멀리 위치되는 궤도 상의 이들 이온이, 더 크게 내측으로 돌도록 만든다. 하지만, 전계의 상하방향 요소는, 동시에 이온을 감속시킨다. 따라서, 빔 에너지는, 감속 P-렌즈(10)를 통과할 때 수분의 1의 비율로 감소된다. 또한, 감속 P-렌즈(10)에서 제1 A/D 칼럼 전극(11)까지의 영역에 걸쳐서, 강한 전계가 작용되기 때문에, 이 영역 내에는 거의 전자가 존재하지 않는다. 따라서, 이 영역 내의 빔에는, 강한 공간전하 효과가 작용한다.

[0166] 도 8에 도시된 바와 같이, 0(제로)차 근사에 의하여, 감속 P-렌즈(10)가 원형 아크 형태를 가진다고 하자. 이 경우에, 일점쇄선으로 표시된 스캔 중심 궤도와 스캔 각도 θ 에서의 빔 궤도에 대하여, 전자 결핍 영역의 경로차는

[0167] (초점 거리) $\times (1 - \cos\theta)$

[0168] 가 된다. 따라서, 빔 발산 경향은, 스캔 각도(θ)가 증가함에 따라서 $(1 - \cos\theta)$ 에 비례하여 강해진다. 중심 궤도와 외측 궤도 사이의 발산력에 있어서의 이 차이가 그대로 방치되면, 빔은 외측 궤도로 거의 지나가지 못하여, 도 9 (a) 및 도 10 (a)에 도시된 바와 같이, 횡방향의 주입 균일성은 극히 악화된다. 비록 상기 경로차에 의하여 야기되는 발산력의 차이가 작더라도, 이 효과는, 제1 A/D 칼럼 전극(11) 및 제2 A/D 칼럼 전극(12)에서의 감속을 통하여 증폭된다.

[0169] 이 문제는, 스캔 각도(θ)에 따라서 싱크로나이스트 4극 전자석(syQD)(8) 및 (syQF)(9)의 자체 구배(기울기)를

변화시킴으로써 해결될 수 있다. 구체적으로, 도 9 (a) 및 도 10 (a)의 예에 있어서, 싱크로나이즈드 4극 전자석(syQD)(8) 및 (syQF)(9) 쌍의 자계 구배(기울기)는, 도 11에 도시된 바와 같이, 네가티브 비례상수를 가지고 $(1 - \cos\theta)$ 에 비례하여 변화된다. 결국, 도 9 (b) 및 도 10 (b)에 도시된 바와 같이, 빔 사이즈와 빔 발산 각도가 서로 실질적으로 매칭될 수 있기 때문에, 스캔 중심의 궤도에서와 같은 양의 빔이, 외측 궤도 상에서도 수송될 수 있다. 이는 싱크로나이즈드 4극 전자석(syQD)(8) 및 (syQF)(9)에 의하여 달성된다.

[0170] 본 실시예에서, 싱크로나이즈드 4극 전자석(syQD)(8) 및 (syQF)(9)의 코일 전류는, 스캐너(7)의 편향 전극 전압(스캔 전압)에 동기적으로 제어된다. 스캔 각도(θ)와 스캔 전압(V) 사이의 관계는, 실질적으로 다음의 수학적 식 2에 의하여 주어진다.

수학적 식 2

$$V = Ca \cdot V_{\text{ext}} \cdot \tan\theta$$

[0171]

[0172] 수학적 식 2에서, V_{ext} 는 인출 전압(이온 소스(1)와 터미널(37) 사이의 전위차)이고, Ca 는 비례상수이다. 싱크로나이즈드 4극 전자석의 코일 전류(I_Q)는, 그 자계 구배에 비례하고, 도 11에 도시된 바와 같이, 각 자계 구배는, $(1 - \cos\theta)$ 에 비례한다. 비례상수 및 그 절편을 Cb 및 Cc 라 하면, 다음의 수학적 식 3이 얻어진다.

수학적 식 3

$$I_Q = Cb \cdot (1 - \cos\theta) + Cc$$

[0173]

[0174] 스캔 각도(θ)는 작기 때문에, 스캔 각도(θ)에 대하여 수학적 식 2 및 수학적 식 3의 테일러 전개를 행하고, 여기서 1차항을 취하여, 수학적 식 2의 θ 를 수학적 식 3에 대입함으로써, 다음의 수학적 식 4가 얻어진다.

수학적 식 4

$$I_Q = A \cdot V^2 + B$$

[0175]

[0176] 수학적 식 4에서, 상수 부분은 정리되어, 계수 A 및 B 로서 새로이 주어진다.

[0177] 이와 같이, 싱크로나이즈드 4극 전자석의 코일 전류(I_Q)가, 수학적 식 4에 의하여 주어진 2차식의 형태로 편향 스캔 전압(V)에 따르도록 제어됨이 타당하다.

[0178] 스캔 전압(V)(스캔 속도)의 파형은, 빔 전류가 웨이퍼 상의 스캐닝 영역에 걸쳐서 균일해지도록, 이온 주입 이전에 결정된다. 계수 A 및 B 에 대하여, 이들의 적절한 값은, 리어 프로파일 모니터(17)의 사용에 의하여, 중심 궤도와 외측 궤도에서 얻어지는 빔 이미지를 비교함으로써 결정된다.

[0179] 이러한 시스템을 탑재함으로써, 스캐닝을 위한 중심 궤도와 외측 궤도 사이에서의 빔 양과 품질에 있어서 차이가 발생하지 않아서, 웨이퍼 스캐닝을 저에너지 고전류 빔으로 행할 수 있게 된다.

[0180] 감속 P-렌즈(10)의 감속비는, 바람직하게는 약 4:1이다. 또한, 스캔 중심 궤도와 외측 궤도 사이의 경로 길이의 차이를 줄이기 위하여, 감속 P-렌즈(10)의 곡률은 작게 설정됨이 바람직하다. 스캐너(7)의 하류측과 감속 P-렌즈(10) 사이의 거리는, 높은 감속비에서의 공간전하 효과를 줄이기 위하여 짧아진다.

[0181] 빔 변환기는, 싱크로나이즈드 4극 전자석(syQD)(8) 및 싱크로나이즈드 4극 전자석(syQF)(9) 대신에, 종방향으로 집속하는 싱크로나이즈드 4극 전극(syEQD) 및 횡방향으로 집속하는 싱크로나이즈드 4극 전극(syEQF)으로 형성되어도 좋다. 이들 전극은 공지이므로, 그 설명은 생략한다.

[0182] [제1 A/D 칼럼 전극(11), 제2 A/D 칼럼 전극(12), 제1 A/D 칼럼 고전압 전원(35), 제2 A/D 칼럼 고전압 전원(36)]

[0183] 정전 감속 P-렌즈(10)는, 횡(스캐닝) 방향으로의 그 수축(收束) 동작에 의하여 스캐닝을 위하여 빔을 평행화하고, 종방향으로 상당히 강한 수축력을 가진다. 만일 종방향 수축력이 그대로 놔두면, 이는, 과다 수축(收束)에 의하여, 감속 P-렌즈(10)를 통과한 후의 빔을, 종방향으로 급속히 발산하게 한다. 이 동작은 특히 저에너지 빔

에 대하여 크다.

- [0184] 이러한 관점에서, 종방향으로만 빔에 대한 강한 수축 효과를 가지고, 횡방향의 빔에는 작용하지 않는 한 쌍의 전극이, 감속 P-렌즈(10) 근방에 배치된다. 이들 전극은, 제1 A/D 칼럼 전극(11) 및 제2 A/D 칼럼 전극(12)이다. 감속 P-렌즈에 의하여 생성된 종방향 발산은, 제1 및 제2 A/D 칼럼 전극(11 및 12)의 종방향의 집속 렌즈 효과에 의하여 소거되어, 웨이퍼 상의 종방향의 빔 사이즈 및 빔 발산 각도의 조절에 가능하게 된다. 렌즈 효과는, 에너지 감소에 따라 증가한다. 감속 P-렌즈(10)의 하류측 전극과 A/D 칼럼 전극(12)의 하류측에 배치된 접지 전극(12') 사이에는, 저에너지 이온 주입에 있어서의 감속 또는 고에너지 이온 주입에 있어서의 가속을 위하여, 진행방향 전계가 형성된다. 구체적으로, 감속 P-렌즈(10)의 출구측 전극(10')은, 접지 전극(12')에 대하여, 감속 중에는 네가티브 전위를, 가속 중에는 포지티브 전위를 가진다. 이와 대응하여, A/D 칼럼 전극(11 및 12)가 집속 렌즈 효과를 가지도록 하기 위하여, 포지티브 및 네가티브 고전압이 선택적으로, 또한 독립적으로 각각 A/D 칼럼 전극(11 및 12)에 인가될 수 있도록 조정된다. 포지티브 고전압이 전극에 인가되어 있는 동안에 이온 빔이 전극에 충돌하면, 제1 A/D 칼럼 고전압 전원(35)이 그 역전류를 허용하지 않기 때문에, 전압이 불안정해지거나 전원이 고장나거나 한다.
- [0185] 따라서, 도 12에 도시된 바와 같이, 제1 A/D 칼럼 고전압 전원(35) 및 제2 A/D 칼럼 고전압 전원(36)은, 서로 스위칭 가능한 2개의 포지티브 및 네가티브 전원을 가진다. 각 포지티브 및 네가티브 전원은 각각, 역전류가 흐르도록 하기 위하여, 평행하게 연결된 피드백 저항(38)을 가진다. 또한, 이들 전극은 AEF 플라즈마 샤워(20) 근방에 위치하기 때문에, 플라즈마의 이온과 전자가 유입되기 쉽다. 따라서, 네가티브 전압이 인가되는 동안의 역전류에 대해서도 또한 동일 대응책이 취해진다.
- [0186] 도 13은, 전자 억제 전극(29), P-렌즈 출구측 전극(10'), 제1 및 제2 A/D 칼럼 전극(11 및 12), 및 접지 전극(12')을 포함하는, 감속 P-렌즈(10)의 조합의 일례를 나타낸다. 이 도면은 그 구조 및 A/D 칼럼의 하측 절반을 나타낸다. 상기한 바와 같이, A/D 칼럼은 전극(10', 11, 12, 12') 및 그 사이의 절연체로 구성되어 있다.
- [0187] 도 14는, P-렌즈 출구측 전극(10'), 제1 및 제2 A/D 칼럼 전극(11 및 12), 접지 전극(12'), 및 하이브리드 AEF(18)의 조합을 나타낸다. AEF(18)는 A/D 칼럼의 하류측 상에 배치되어 있다. AEF(18)는, 2극 전자석(18-1) 및 AEF 코일의 실질적으로 중심에 있는 공간 내에 삽입되어 배치되는 AEF 챔버(18-2)로 구성된다. AEF(18)는 또한, 각각 빔 입사측 및 빔 출사측에 배치된 자석 실드(shield)(18-3 및 18-4)로 구성된다. AEF(18)은, A/D 칼럼측 및 프로세스 챔버(39) 사이에 고정되어 있다.
- [0188] [횡방향 중심 궤도 보정용 스티어링 전자석(STX)(13), 종방향 중심 궤도 보정용 스티어링 전자석(STY)(14), 프런트 프로파일 모니터(15), 주사 패러데이 컵(16), 리어 프로파일 모니터(17)]
- [0189] 빔 라인 내의 전극 및 전자석 등의 장치는, 실제로는 설계된대로의 위치에 배치되지 않아서, 근소한 정렬 에러가 항상 발생한다. 예컨대, 질량 분석 전자석 장치(3)가, 회전축으로서의 빔 축 주위로 근소하게 회전하는 동안, 자계의 작은 횡방향 요소가 생성되어, 이것이 빔을 종방향으로 근소하게 편향시킨다. 횡단면(빔 축과 직교함)에 있어서의 4극 전자석의 평행 운동의 에러, 빔 축에 대해 상대적인 전극의 작은 틸트(tilt), 빔 축에 대한 전극의 미소한 회전, 등이, 빔의 중심 궤도를 근소하게 구부러져 주요 설계 궤도로부터 쉬프트하도록 작용한다. 이들 에러가 그대로 남으면, 웨이퍼의 결정 축에 대한 이온 주입 각도가 잘못될 뿐 아니라, 최악의 경우에는 수송가능한 빔 전류가 크게 감소한다. 이 문제점에 대한 대응책으로서, 이하의 중심 궤도 보정 시스템이 탑재된다.
- [0190] 이 시스템은, 각각 빔의 중심 위치를 측정할 수 있는, 정밀하게 정렬된 프런트 및 리어 프로파일 모니터(15 및 17), 스티어링 전자석(STX)(13) 및 (STY)(14) 쌍, 인출 전극(2)의 3축 드라이브 메카니즘(2-1)(특히 틸트 축), 질량 분석 전자석 장치(3)의 미세조정 기능, 및 질량 분석 슬릿(4)의 빔 센터링 구멍(4-3)으로 구성된다.
- [0191] 도 15 (a) 및 도 15 (b)는, 프런트 프로파일 모니터(15)의 일례를 나타낸다. 프런트 프로파일 모니터(15)는, 빔을 수용하기에 충분히 큰 공간을 에워싸는 프레임(15-1), 및 프레임(15-1)과 드라이브 메카니즘(미도시) 사이를 연결하는 지지부(15-2)로 구성된다. 프레임(15-1)에 의하여 정의되는 공간 내에, 2개의 와이어(15-3 및 15-4)가 서로 직교하도록 팽팽히 당겨져 설치되어 있다. 각 와이어 상에 빔이 충돌할 때, 빔의 강도에 따라 전류가 와이어 내에 흐른다. 도 15 (b)에 도시된 바와 같이, 프런트 프로파일 모니터(15)는 빔 통과 영역에 비스듬히 삽입 및 탈착된다. 빔 이온의 횡방향 및 종방향 분포는, 2개의 와이어(15-3 및 15-4)를 흐르는 전류를 측정함으로써 얻어진다. 본 실시예에 있어서, 프런트 프로파일 모니터(15)는, 스캐너(7)의 하류측 상에 배치되며, 그 상류측 상에 배치되어도 좋다.

- [0192] 도 16은, 리어 프로파일 모니터(17)의 일례를 나타낸다. 리어 프로파일 모니터(17)는, 종방향으로 정렬된 2행의 멀티 컵(17-1) 및 종방향으로 뺀 좁은 패러데이 컵(프로파일 컵)(17-2)으로 구성된다. 멀티 컵(17-1)은, 도면에 단면이 일점쇄선으로 표시된 스캐닝 빔의 종방향 및 횡방향의 프로파일을 검출하기 위하여 사용된다. 멀티 컵(17-1)은, 제2행의 멀티 컵이 제1행의 멀티 컵들 사이에 각각 위치되도록 조정되어, 외견상 연속적인 검출 데이터를 얻을 수가 있다. 한편, 좁은 패러데이 컵(17-2)은, 빔 전류 및 횡방향 빔 프로파일을 측정하는데 사용된다.
- [0193] 리어 프로파일 모니터(17)는, 일정 속도로 전진하고, 신속하게 후퇴함에 있어서 횡방향으로 이동 가능하도록(이동 방향은 도면에 화살표로 표시되어 있다), 드라이브 메카니즘(미도시)에 의하여 구동된다. 횡방향 및 종방향 빔 프로파일은, 각 컵으로부터 흐르는 전류와 컵의 위치를 동시에 측정함으로써 얻을 수 있다. 빔 전류는 프로파일 컵으로부터의 전류를 통합함으로써 얻을 수 있다.
- [0194] 주사(injection) 패러데이 컵(프론트 패러데이 컵)(16)은 주지의 것이어도 좋다. 본 실시예에 있어서, 주사 패러데이 컵(16)은, 스캐너(7)와 빔 평행화 장치로서의 감속 P-렌즈(10) 사이에 배치되지만, 스캐너(7)의 상류측 상에 배치되어도 좋다. 주사 패러데이 컵(16)은, 빔이 도중에서 차단되는 장소에서도 또한 사용된다. 또한, 프론트 프로파일 모니터(15)와 주사 패러데이 컵(16)은, 한 세트로서, 스캐너(7)와 감속 P-렌즈(10) 사이 또는 스캐너(7)의 상류측 상에 배치되어도 좋다.
- [0195] 그런데, 빔의 중심 궤도는, 보정되어야 할 2개의 물리량을 가지며, 그 중 하나는 설계된 중심 궤도에 대한 상대 위치의 편차이고, 나머지 하나는 설계된 중심 궤도에 대한 상대 각도의 편차이다. 따라서, 횡방향 및 종방향 각각에 대하여, 2개의 보정 장치가 구비될 필요가 있다.
- [0196] 본 실시예에 있어서, 횡방향에 대하여, 보정은, 질량 분석 전자석 장치(3) 및 횡방향 스티어링 전자석(STX)(13)의 미세 조정에 의하여 수행된다. 한편, 종방향에 대하여, 보정은, 인출 전극(2)의 틸트 축 및 종방향 스티어링 전자석(STY)(14)에 의하여 수행된다. 각 스티어링 전자석은, 출력이 작은 벤딩 전자석이다.
- [0197] 이제, 횡방향으로 x_1 의 빔 중심 편차가 프론트 빔 프로파일 모니터(15)에 의하여 검출되고, 횡방향으로 x_2 의 빔 중심 편차가 리어 프로파일 모니터(17)에 의하여 검출되었다고 가정한다. 또한, 이러한 편차를 제거하기 위하여, 벤딩(편향) 각도가 질량 분석 전자석 장치(3)의 미세 조정에 의하여 $\Delta\theta_1$ 만큼 변화되고, 횡방향 스티어링 전자석(STX)(13)의 킥(kick; 편향) 각도가 $\Delta\theta_2$ 로 설정된다고 가정한다. 이 경우, 다음의 연립방정식이 성립된다.

수학식 5

$$\begin{aligned} b_{11}\Delta\theta_1 + b_{21}\Delta\theta_2 &= -x_1 \\ b_{12}\Delta\theta_1 + b_{22}\Delta\theta_2 &= -x_2 \end{aligned}$$

[0198]

- [0199] 여기서, b_{11} , b_{21} , b_{12} , 및 b_{22} 는, 각각, 질량 분석 전자석 장치(3)에서 프론트 프로파일 모니터(15)까지, 횡방향 스티어링 전자석(STX)(13)에서 프론트 프로파일 모니터(15)까지, 질량 분석 전자석 장치(3)에서 리어 프로파일 모니터(17)까지, 및 횡방향 스티어링 전자석(STX)(13)에서 리어 프로파일 모니터(17)까지의 수송 매트릭스의 제 1행 제2열 요소이다. 이들 계수는, 빔 광학 계산에 의하여 이론적으로 유도된다. 수학식 5을 풀으로써, 필요한 편향 각도($\Delta\theta_1$, $\Delta\theta_2$)는, 다음의 수학식 6a 및 6-2 각각에 의하여 유도된다.

수학식 6a

$$\Delta\theta_1 = (b_{21}x_2 - b_{22}x_1) / (b_{11}b_{22} - b_{12}b_{21})$$

[0200]

수학식 6b

$$\Delta\theta_2 = (b_{12}x_1 - b_{11}x_2) / (b_{11}b_{22} - b_{12}b_{21})$$

[0201]

- [0202] 이는 또한 종방향에도 적용된다.

- [0203] 2개의 프로파일 모니터로부터의 이미지 상의 상실된 빔을 센터링함으로써, 주입 각도의 에러는 또한 자동으로 보정된다.
- [0204] 도 17은, 정렬 오류가 있을 때 및 상기 방법에 의하여 보정이 수행되었을 때에 얻어진 빔 중심 궤도를 나타낸다. 횡방향의 조정 요소로서, 질량 분석 전자석 장치(3)에 의한 편향 각도의 미세조정 대신에, 옹셋 전압이 스캐너(7)에 인가되어도 좋다.
- [0205] 상기 단계는 자동 제어에 의하여 수행되어도 좋다. 이를 실현하기 위하여, 웨이퍼 근방에 위치된 리어 프로파일 모니터(17)에 빔이 수송될 수 있을 것이 최소한 필요하다. 이렇게 구성되지 않으면, 3-스테이지 선택가능한 질량 분석 슬릿(4)의 빔 센터링 구멍(4-3) 및 프론트 프로파일 모니터(15)의 사용에 의하여, 질량 분석 전자석 장치(3) 및 4개의 4극 전자석(QD)(5), (QF)(6), (syQD)(8), 및 (syQF)(9) 각각에 대하여 정렬 조정이 수행되어야 한다. 만일 적절히 정렬되면, 프론트 프로파일 모니터(15) 상의 빔 위치는, 상기 4개의 4극 전자석의 코일 전류가 변화될 때에도 움직이지 않는다.
- [0206] 도 18은, 자동 제어에 의하여 상기 단계를 수행하기 위한 자동 중심 궤도 보정 알고리즘의 일례를 나타내는 플로차트이다. 이하 간단히 설명한다. 단계 S1에 있어서, 횡방향 빔 중심 편차(x_1)가, 프론트 프로파일 모니터(15)에 의하여 측정된다. 단계 S2에 있어서, 횡방향 빔 중심 편차(x_2)가, 리어 프로파일 모니터(17)에 의하여 측정된다. 단계 S3에 있어서, 측정된 빔 중심 편차(x_1 및 x_2)가, 설정값보다 각각 작은지 여부가 체크된다. 여기서, 설정값으로서, 빔 중심 편차(x_1 및 x_2)에 대하여, 각각 2 mm 및 1 mm가 설정된다. 이는 물론, 단지 하나의 예이다. 만일 양쪽 측정된 빔 중심 편차(x_1 및 x_2)가 각각 설정값보다 작다고 단계 S3가 판단하면, 동작은 종료된다. 한편, 만일 측정된 빔 중심 편차(x_1 및 x_2) 중 적어도 하나가 설정값 이상일 때는, 동작은 단계 S4로 진행된다.
- [0207] 단계 S4는, 스캔 각도 0도에서의 질량 분석 전자석 장치(3) 및 4극 전자석(QD)(5) 및 (QF)(6), 및 싱크로나이즈드 4극 전자석(syQD)(8) 및 (syQF)(9)의 설정 전류값을 읽는다. 이어서, 단계 S5는, 수학적 식 6a 및 수학적 식 6b의 계수 b_{ij} ($i = 1, 2; j = 1, 2$)를 유도하기 위하여, 상기 빔 광학 계산을 수행한다. 단계 S6에서, 유도된 계수 b_{ij} 를 이용하여, 편향 각도 조정량($\Delta\theta_1$ 및 $\Delta\theta_2$)이 수학적 식 6a 및 수학적 식 6b로부터 유도된다. 단계 S7에서, 질량 분석 전자석 장치(3)의 코일 전류의 미세 조정량이, 벤딩(편향) 각도 조정량($\Delta\theta_1$)으로부터 계산되고, 횡방향 스티어링 전자석(STX)(13)의 전류값이, 킥(kick; 편향) 각도($\Delta\theta_2$)로부터 계산된다. 단계 S8에서, 미세 조정량이 질량 분석 전자석 장치(3)의 코일 전류에 더해지고, 상기 계산된 전류값이 횡방향 스티어링 전자석(STX)(13)의 설정 전류값으로서 주어진다. 상기 단계 S1 내지 S8은, 단계 S3의 조건이 만족될 때까지 반복된다.
- [0208] 주사(injection) 패러데이 컵(16)은, 프론트 프로파일 모니터(15)가 사용되는 동안, 빔을 멈추는 기능을 가진다. 프론트 프로파일 모니터(15)는 2개의 텅스텐 와이어를 사용하는 빔을 건너서 있기 때문에, 스퍼터된 텅스텐 전자가 하류로 가는 것을 방지하기 위하여 빔을 멈출 필요가 있다. 또한, 주사 패러데이 컵(16)은, 이온 소스 및 질량 분석 시스템의 튜닝 도중에, 고전류 빔이 프로세스 챔버(39)에 도달하여, 웨이퍼 주위 부분을 오염시키는 것을 방지하는 기능도 가진다.
- [0209] 도 19는, 4개의 4극 전자석(QD)(5), (QF)(6), (syQD)(8), 및 (syQF)(9) 및 스티어링 전자석(STX)(13) 및 (STY)(14)의 조합의 일례를 나타낸다. 스티어링 전자석(STX)(13)은, 도 5 (a) 및 도 5 (b)에 도시된 바와 같이, 질량 분석 전자석 장치(3)와 질량 분석 슬릿(4) 사이에 배치되어 있지만, 이런 장소에 한정되는 것은 아니다. 스티어링 전자석(STX)(13)이, 질량 분석 전자석 장치(3)와 스캐너(7) 사이에서 빔이 횡방향으로 집속되거나 또는 거의 집속되는 위치에 배치됨이 좋다. 한편, 종방향 스티어링 전자석(STY)(14)은, 질량 분석 슬릿(4)과 스캐너(7) 사이, 특히 4극 전자석(syQD)(8) 및 (syQF)(9) 사이에 배치되어 있는데, 4극 전자석(syQD)(8) 및 (syQF)(9) 사이 장소에 한정되지는 않는다. 특히, 종방향 스티어링 전자석(STY)(14)은, 프론트 프로파일 모니터(15)의 상류측 상의 어느 곳에 배치되어도 좋다.
- [0210] [하이브리드 AEF(18), 3중 표면 에너지 슬릿 유닛(19)]
- [0211] 각도 에너지 필터 및 에너지 슬릿은, 싱글 웨이퍼 중전류 이온 주입 시스템에서도 사용된다. 그러나, AEF(18)는, 저에너지 고전류 빔의 발산을 방지하기 위하여, 고에너지에서만 전계가 자체를 보조할 수 있는 하이브리드 타입이다. 더욱이, 도 20에 도시된 바와 같이, 고전류 빔에 의한 스퍼터링으로 인한 크로스 컨테머네이

선을 방지하기 위하여, 에너지 슬릿 유닛(19)의 쌍은, 회전식 3면 자동 스위칭 타입이어서, B(또는 BF₂), P, 및 As의 다른 이온 종은, 절대로 동일 표면에 충돌하지 않는다. 실제로, 후술하는 발산 마스크(25)가 다른 표면을 사용하기 때문에, 에너지 슬릿 유닛(19)의 쌍 각각은, 회전식 4면 자동 스위칭 타입이다.

[0212] AEF(18) 및 에너지 슬릿 유닛(19)의 기능은, 종래의 것과 같이, 빔 스캔면(횡방향 평면)에 직교하는 평면(종방향 평면) 내의 빔을 편향시켜서, 미리 정해진 에너지, 대전 상태, 및 질량을 가지는 이온만을 웨이퍼로 통과시킨다. 중성화되어 빔 전류(도즈(dose) 에러의 원인)로서 측정될 수 없는 도펀트(dopant) 파티클, 상류 빔 라인에서 스퍼터된 금속 원자, 및 상류 요소에서 생성된 파티클은, 직진하여, 그라파이트 판으로 구성된 스트라이커 판(38-1)에 충돌한다. 또한, 전하, 질량, 또는 에너지에 있어서 다른 이온은, 그 편향 각도가 다르기 때문에, 에너지 슬릿 유닛(19)의 벽에 충돌한다. 이런 방식으로, 종래의 중전류 이온 주입 시스템에도 존재하였던, 필터링에 의하여 빔의 순도를 증가시키는 기능은, 저에너지 고전류 빔에 대해서도 또한 유지되어야 한다. 중전류 이온 주입 시스템의 것 이상의 에너지 분해능을 가짐으로써, 이는 보증된다.

[0213] 저에너지의 경우, 빔 전류의 감소는, 자체 AEF의 사용에 의하여 억제된다. 그러나, 전계에 의한 편향과 비교할 때, 자체에 의한 편향은 에너지 분해능을 저하시킨다. 편향 전극 및 편향 전자석으로부터 L만큼 각각 떨어진 위치에서의 에너지 분해능(E/ΔE)은, 다음의 수학식 7 및 수학식 8에 의하여 주어진다.

수학식 7

$$\frac{E}{\Delta E} = \frac{\frac{2}{3} \rho [1 - \cos(\sqrt{3}\theta)] + \frac{2\sqrt{3}}{3} L \sin(\sqrt{3}\theta)}{2h}$$

[0214]

수학식 8

$$\frac{E}{\Delta E} = \frac{\rho [1 - \cos\theta] + L \sin\theta}{2h}$$

[0215]

[0216] 여기서, ρ는 곡률반경이고, h는 에너지 슬릿의 종방향 폭이며, θ는 AEF(18)에 의한 벤딩(편향) 각도이다. 벤딩 각도(θ)가 작을 때는, 테일러 전개를 행함에 의하여, 에너지 분해능이, 전계의 경우에 있어서 약 2배가 됨을 알 수 있다(전계에 있어서: E/dE ~ Lθ/h, 자체에 있어서: E/dE ~ Lθ/2h).

[0217] 이 문제를 해결하기 위하여, AEF(18)의 벤딩 각도(θ)는, 종래의 중전류 이온 주입 시스템에서의 것보다 크게 설정된다(벤딩 각도(θ)가 작을 때, 에너지 분해능은 벤딩 각도(θ)에 비례함). 이러한 설정에 의하여, 에너지 분해능은, 자체 AEF의 사용시에 있어서조차도 종래보다 높게 된다. 전계 AEF는, 에너지 분해능에 대응하는 마진이 구비될 수 있기 때문에, 종방향 슬릿 폭(h)이 넓어져서, 에너지가 높은 곳의 빔 전류를 증가시킨다.

[0218] 에너지 슬릿 유닛(19)의 폭은, 가변(可變)이어서, 빔 라인 내에서 해리되는 BF₂⁺ 이온에 대해서만은 좁게 설정되고, 다른 이온에 대해서는 넓게 설정된다. 이 설정에 의하여, 해리에 의하여 생성된 BF⁺ 이온이 잘못된 각도로 웨이퍼에 주입되는 것이 방지될 수 있다.

[0219] 일부의 빔이 항상 충돌하는 슬릿과 스트라이커 판의 표면에는, 앞서 주입된 이온이 축적된다. 이온 종이 스위칭 되었을 때는, 빔이 동일 부분에 충돌하면, 먼지의 이온 종이 스퍼터링에 의하여 퇴출되어, 웨이퍼의 표면 상에 부착된다. 이것이 크로스 컨테미네이션의 생성 과정이다. 이는, 각 이온 종이 다른 표면에 충돌하도록 함으로써 방지될 수 있다. 이는, 특히, 스퍼터링 속도가 높아지는, 상대적으로 고에너지를 가지는 고전류 빔에 대하여 효과적이다.

[0220] AEF(18)의 뒷쪽에 구비되는 에너지 슬릿 유닛(19)와 리어 프로파일 모니터(17)의 쌍은, 종방향 빔 주입 각도에 대한 측정 시스템을 구성한다. 좁혀진 에너지 슬릿 유닛(19)의 쌍을 통하여 빔을 통과하도록 하여, 이미지가 리어 프로파일 모니터(17) 상의 종방향의 중심에 존재하는지 여부가 확인된다. 만일 편차가 존재하면, 종방향 빔 주입 각도는, AEF 또는 웨이퍼의 틸트 각도의 조정을 통하여 보정된다.

[0221] [AEF 플라즈마 샤워(20), 감속 자계 형성용 영구자석(21)]

[0222] 이는, 자계 AEF의 횡방향(빔 스캐닝 방향)의 자계를 이용하여, AEF 플라즈마 샤워(20)로부터 인출된 전자를 빔(정상(正常) 모드)에 공급하여, 감속 후의 저에너지 빔의 이온 전하를 보상(중화)하는 시스템이다. 또는, 이는, 인출된 전자를 1차 전자로 하고, 전계 AEF의 전극을 플라즈마 아크 챔버의 벽으로 하며, 자계 AEF의 자계를 플라즈마 한정 자계로서 이용하여, 빔이 통과하는 영역에 플라즈마를 생성하여 빔(플라즈마 박스(box) 모드)에 많은 양의 전자를 공급함으로써, 감속 후의 저에너지 빔의 이온 전하를 보상(중화)하는 시스템이어도 좋다.

[0223] 이 전하 중화 시스템을 탑재하고, 상기 4개의 4극 전자석과 A/D 칼럼 전극(11, 12)의 집속력을 조정함으로써, 웨이퍼에 저에너지 고전류 빔을 수송할 수 있다.

[0224] [플라즈마 샤워(22), 웨이퍼(23)]

[0225] 플라즈마 샤워(22)는, 웨이퍼(23)의 대전을 방지하는 역할을 하며, 동시에, AEF(18)와 웨이퍼(23) 사이의 빔에 전자를 공급하여, 이온의 전하를 중화하여, 공간전하 효과를 저감시키는 역할을 한다.

[0226] [3중면 빔 덤프(24)]

[0227] 빔 덤프(24)는, 웨이퍼 근방의 다른 장소와 비교할 때, 가장 많은 양의 빔이 충돌하는 장소이며, 따라서, 컨테머네이션 소스로서의 위험이 가장 높은 장소이다. 이런 관점에서, 도 21에 도시된 바와 같이, 빔 덤프(24)는, 3개의 회전형 3중면 구조체(24-1, 24-2, 24-3)에 의하여 형성된다. 빔이 충돌하는 각 3중면 구조체의 면은, B(또는 BF_2), P, 및 AS 이온의 각 필드마다 자동으로 스위칭되어, 크로스 컨테머네이션을 방지한다. 예컨대, B(또는 BF_2) 이온이 주입될 때는, 3중면 구조체(24-1, 24-2, 24-3)의 표면(24-1a, 24-2a, 24-3)이, 빔 입사 방향으로 향하도록 된다. 한편, P 이온이 주입될 때는, 3중면 구조체(24-1, 24-2, 24-3)의 표면(24-1b, 24-2b, 24-3b)가 빔 입사 방향으로 향하도록 된다. 도 21에 도시된 상태에서, 3중면 구조체의 인접 정점들은, 서로 오버랩되어, 빔이 빔 덤프의 바닥부에 누설됨을 방지한다. 이 시스템을 탑재함으로써, 크로스 컨테머네이션을 고전류 주입 프로세스에서도 저 수준으로 억제할 수 있다.

[0228] 또한, 빔 덤프(24)는, 패러데이 컵의 원리와 동일 원리에 기초하여, 빔 전류 측정 기능을 가지며, 측정된 값은 최종 빔 전류 조정에 있어서 참조된다. 또한, 도 20에 도시된 3중면 에너지 슬릿 유닛(19)와 빔 덤프(24)의 3중면 구조체(24-1 내지 24-3)의 쌓은, 웨이퍼에 주입되는 이온 종에 따라서 자동으로 동시에 스위칭되도록 구성된다.

[0229] [발산 마스크(25)]

[0230] 발산 마스크(25)와 리어 프로파일 모니터(17)는, 횡방향의 스캔 궤도의 평행도와 빔 발산 각도에 대한 측정 시스템을 구성한다. 도 20에 도시된 바와 같이, 발산 마스크(25)는, 3중면 에너지 슬릿 유닛(19)와 함께, 날개를 가지는 2개의 4각 프리즘 각각의 4개의 표면을 이용한다. 발산 마스크(25)의 각 날개는, 그 선단에 오목 및 볼록부를 가진다. 회전에 의하여 2개의 날개의 선단이 서로 가장 가까이 접근했을 때는, 발산 마스크(25)의 볼록부(25-1)는 서로 부합되어, 빔을 차단하고, 발산 마스크(25)의 오목부(25-2)는 빔이 통과하도록 한다. 이 상태에서 상류측에서 하류측을 관찰하면, 약 10개(도 20에서는 7개)의 구멍이 한 판에 형성된 것과 같이 보인다.

[0231] 이들 구멍을 통과하여 횡방향으로 움직이는 빔의 이미지가, 후방에 위치하는 리어 프로파일 모니터(17)에 의하여 측정되면, 구멍의 수만큼의 피크(peak)가 나타난다. 피크의 간격과 구멍들의 중심의 간격이 서로 모두 같다면, 빔은 웨이퍼의 전 영역에 걸쳐서 평행하다. 또한, 각 피크(피크의 90%)의 베이스 부분의 폭이 $2W$, 각 구멍의 지름이 $2r$, 발산 마스크(25)와 리어 프로파일 모니터(19) 사이 거리가 D_1 이라면,

[0232]
$$(W - r) / D_1$$

[0233] 이, 그 스캔 위치에서의 빔 발산 각도(네가티브 값인 경우에는 수축(收束) 각도)이다. 만일 이 값이 모든 피크에 대하여 동일하다면, 빔 발산 각도는 웨이퍼의 전체 표면에 대하여 일정하다.

[0234] 평행도가 낮을 때는, 감속 P-렌즈(10)의 인가 전압이 조정된다. 빔 발산 각도가 너무 클 때 또는 빔 발산 각도가 일정하지 않을 때는, DC 4극 전자석(QD)(5) 및 (QF)(6), 싱크로나이즈드 4극 전자석(syQD)(8) 및 (syQF)(9)의 코일 전류, 및 A/D 칼럼 전극(11, 12)의 전압이, 미세 조정된다. 피드백 제어는 실행될 때는, 빔의 평행도를 측정한 후에, 리어 프로파일 모니터(17)가, 빔 평행화 장치에 측정 결과를 피드백하여, 빔 평행도가 미리 정해진 값에 맞춰진다.

- [0235] 이 시스템의 탑재에 의하여, 횡방향의 주입 각도 정밀도는 보증될 수 있다.
- [0236] [전자 억제 전극(26 내지 31)]
- [0237] 전자 억제 전극은, 전자를 흡수하는 포지티브 전압 전극의 앞과 뒤와, 빔 라인을 따라서 전자를 가속하는 방향으로 전계를 생성할 수 있는 한 쌍의 전극의 저전압측의 앞에 배치되며, 노출된(bare) 이온 빔의 전위보다 높은 네가티브 전압이 이에 인가된다. 이 구성에 의하여, 전자는 반발되며, 이로써 빔 라인에서 누출됨이 방지된다. 비록 플라스마 샤워와 같은 전자의 능동적인 공급 시스템이 없기는 하지만, 이온이 개구의 주변부에 충돌하거나 잔류 가스와 충돌할 때에, 전자는 어느 정도 생성된다. 이들을 빔 라인 내에 유지시켜서 이들을 빔 전하의 중화에 이용함으로써, 수송가능한 빔 전류는 증가한다.
- [0238] [이온 소스 고전압 전원(32), 터미널 고전압 전원(33), 감속 P-렌즈 고전압 전원(34)]
- [0239] 일반적으로, 이온 소스와 그 전원은, 터미널(37) 내(터미널 전위 위)에 탑재되며, 주입 에너지는, 이온 소스 전압과 터미널 전압의 합이 된다. 이 경우, 에너지 정밀도를 향상시키기 위하여, 터미널 고전압 전원(33) 및 터미널(37) 내의 모든 고전압 전원의 정밀도를 향상시킬 필요가 있다. 터미널(37) 내 및 터미널(37)과 접지 사이에서 발생하는 방전은, 주입 에너지를 직접적으로 변화시킨다. 따라서, 터미널(37) 외측에 이온 소스(1)를 배치하고, 각 전위로부터 고전압을 인가함으로써, 주입 에너지는 이온 소스(1)의 전위에 의해서만 결정될 수 있다. 이 경우, 이온 소스 고전압 전원(32)의 정밀도만을 향상시키기만 하면, 주입 에너지 정밀도가 확보된다. 그러나, 다이내믹 영역이 2자리 수를 초과하면, 전원 정밀도를 보증하기가 어렵다. 따라서, 이온 소스 전압을 고에너지용의 것과 저에너지용의 것으로 나누고, 양자에 대하여 정밀한 전원 장치를 사용하며, 이들 사이에서 자동으로 스위칭함으로써, 정밀도는 0.2 keV 내지 80 keV의 모든 에너지 영역에 걸쳐서 보증된다.
- [0240] 한편, 감속 P-렌즈 고전압 전원(34)는, 빔 평행도를 결정하는 전원이며, 빔 평행도는, P-렌즈(10)에 들어가기 전의 빔 에너지에 의하여 결정된다. 특히, P-렌즈(10) 이전의 빔 에너지는, 저에너지에서의 터미널 전압에 의하여 거의 결정되고, 따라서, P-렌즈 고전압 전원(34)은, 터미널 전위 상에 놓였을 때에, 평행도의 정밀도를 보다 잘 달성할 수 있다.
- [0241] 도 22는, 각 부분의 전압과 빔 에너지 사이의 관계를 나타낸다. 이 전원 연결 방식을 이용함으로써, 저에너지 고전류 빔의 에너지 정밀도를 보증할 수 있다.
- [0242] 본 발명은 바람직한 실시예에 의하여 설명되었으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되는 것이 아니며, 다양한 변형이 가능하다.
- [0243] 도 23은, 도 7을 참조하여 설명된 3 스테이지 선택가능한 질량 분석 슬릿(4)의 변형을 나타낸다. 도 23에 도시된 질량 분석 슬릿(4')은, 3중 3세트 선택가능 타입의 것으로서, 도 7에 도시된 질량 분석 슬릿(4)에 각각 대응하는 3개의 질량 분석 슬릿(4A, 4B, 4C)으로 구성된다. 질량 분석 슬릿(4A, 4B, 4C)은, 각각 B(또는 BF₂), P, 및 As 이온 중에 대하여 사용된다. 즉 각 슬릿(4A, 4B, 4C)은, 이온 중에 대하여 일대일 대응성을 가진다. 질량 분석 슬릿(4A, 4B, 4C)은, 각각 전진/후퇴(횡방향 운동) 드라이브 메카니즘(4-5A, 4-5B, 4-5C)에 의하여 구동되어, 질량 분석 위치에 대하여 전진 또는 후퇴하게 된다. 예컨대, 도 23에 있어서, 질량 분석 슬릿(4C)은, 횡방향 드라이브 메카니즘(4-5C)에 의하여 구동되어, 점선으로 표시된 위치, 즉 질량 분석 위치로 전진한다. 진행방향의 조정을 위하여, 진행방향 드라이브 메카니즘(4-5)이 구비된다. 진행방향 드라이브 메카니즘(4-5)에 의한 진행방향의 조정 후에, 질량 분석 슬릿(4A, 4B, 4C)은 고정된다.
- [0244] 상기와 같은 빔 라인을 이용하여 빔을 수송함으로써, 비록 저에너지에서도 생산성이 높고, 높은 주입 각도 정밀도, 높은 도즈(dose) 정밀도, 및 높은 빔 순도를 달성하는, 싱글 웨이퍼 고전류 이온 주입 시스템을 구현할 수 있다.
- [0245] 본 발명에 의하면, 빔 사이즈의 편차, 빔 중심 축의 편차, 및 빔 발산 각도를 측정하고, 이들을 쉽게 보정하고 조정할 수 있다. 이에 기하여, 정밀 반도체 장치의 제조에 필요한 극히 정밀한 빔 조사(照射)를 실현할 수 있고, 특히 싱글 웨이퍼 고전류 이온 주입 시스템에 적합한 실리콘 웨이퍼(조사 대상) 제어 시스템이 제공될 수 있다.
- [0246] 본 발명에 의한 이온 빔 조사 시스템은, 반도체 장치의 제조, 일반 재료의 표면의 향상, TFT 액정 디스플레이 장치의 제조, 등에 사용될 수 있다.
- [0247] 이하, 본 발명이 이온 주입 시스템에 적용된 경우의 본 발명의 여러 태양에 대하여 설명한다.

- [0248] **[제1 실시예]**
- [0249] 이온 소스로부터의 이온 빔(이하, "빔"이라 함)이, 질량 분석 전자석 장치, 빔 변환기, 진행방향에 직교하는 평면 내에서 반복적으로 빔을 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치, 및 에너지 필터링 장치를 통과하게 되고, 그 후 대상 웨이퍼에 주입되는 이온 주입 시스템으로서, 질량 분석 슬릿은 질량 분석 전자석 장치의 하류측 상에 배치되고, 정상 주입 슬릿, 고 분해능 저 도즈(dose) 주입 슬릿, 및 작은 구멍을 가지는 빔 센터링 구멍을 포함하는 3개의 슬릿으로 일체적으로 구성되며, 정상 주입 동작, 고 분해능 저 도즈(dose) 주입 동작, 및 빔 센터링 동작에 따라서 상기 3개의 슬릿은 서로 스위칭된다.
- [0250] **[제2 실시예]**
- [0251] 제1 실시예에 의한 이온 주입 시스템에 있어서, 빔이, 한 방향으로 긴 원형 단면 또는 타원형 또는 달걀형 단면을 가지는 빔으로부터, 스캐닝을 위한 편향 후에 스캔 방향(횡방향)으로 긴 타원형 또는 달걀형 단면을 가지는 빔으로 변환된다.
- [0252] **[제3 실시예]**
- [0253] 이온 소스로부터의 빔이, 질량 분석 전자석 장치, 빔 변형기, 횡방향으로 반복적으로 빔을 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치, 및 필터링 장치를 통과하게 되고, 그 후 실리콘 웨이퍼에 주입되도록 구성된 이온 주입 시스템을 위한 조사(照射) 정밀도를 향상시키는 방법으로서, 빔 변환기는, 종방향으로 집속하는 싱크로나이스트 4극 전자석(syQD) 및 횡방향으로 집속하는 싱크로나이스트 4극 전자석(syQF)으로 구성되어, 스캐너에 의한 빔의 스윙 후에 스캔 중심 궤도와 외측 궤도 사이의 영역 내에서 빔 발산 각도의 편차 또는 빔 사이즈의 편차 중 어느 하나를 제거한다.
- [0254] **[제4 실시예]**
- [0255] 제3 실시예에 의한 이온 주입 시스템을 위한 조사 정밀도를 향상시키는 방법으로서, 빔 변환기는 또한, 각각 빔의 종방향 및 횡방향 사이즈에 따라서 최적 위치에 배치된, 종방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QD) 및 횡방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QF)으로 구성되어, 빔의 종방향 및 횡방향 수축 및 발산을 제어한다.
- [0256] **[제5 실시예]**
- [0257] 이온 소스로부터의 빔이, 질량 분석 전자석 장치, 빔 변환기, 진행방향에 수직인 평면 내에서 반복적으로 빔을 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 통과하게 되고, 그 후 각도 에너지 필터에 의한 에너지 필터링에 적용되고, 그 후 실리콘 웨이퍼에 주입되도록 구성된 이온 주입 시스템으로서, 이온 주입 시스템은, 빔 스캐닝의 스캔 중심 궤도와 외측 궤도 사이의 영역 내에서 빔 발산 각도의 편차와 빔 사이즈의 편차를 제거하는 보정 시스템으로 구성되어, 저에너지 고전류 빔에 대해서도 뛰어난 주입 각도와 도즈(dose) 균일성을 가능케 한다.
- [0258] **[제6 실시예]**
- [0259] 제5 실시예에 의한 이온 주입 시스템으로서, 보정 시스템은, 빔 변환기로 구성되고, 빔 변환기는, 종방향으로 집속하는 싱크로나이스트 4극 전자석(syQD) 및 횡방향으로 집속하는 싱크로나이스트 4극 전자석(syQF)으로 구성된다.
- [0260] **[제7 실시예]**
- [0261] 제6 실시예에 의한 이온 주입 시스템으로서, 빔 변환기는 더욱, 종방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QD) 및 횡방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QF)으로 구성되고, 종방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QD) 및 횡방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QF)은, 빔의 종방향 및 횡방향 사이즈에 따라서, 각각, 최적 위치에 배치된다.
- [0262] **[제8 실시예]**
- [0263] 제6 실시예에 의한 이온 주입 시스템으로서, 빔 변환기는 더욱, 종방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QD) 및 횡방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QF)으로 구성되고, 이들 DC 4극 전자석(QD, QF)은, 빔의 종방향 및 횡방향 사이즈에 따라서, 각각, 최적 위치에 배치되고, 싱크로나이스트 4극 전자석(syQD, syQF)이, DC 4극 전자석(QD, QF)와 조합되어 배치된다.
- [0264] **[제9 실시예]**

- [0265] 제6 또는 제8 실시예에 의한 이온 주입 시스템으로서, 빔 변환기는 더욱, 횡방향 중심 궤도 보정용 스티어링 전자석(STX) 및 종방향 중심 궤도 보정용 스티어링 전자석(STY)로 구성되고, DC 4극 전자석(QD) 및 DC 4극 전자석(QF)이, 빔의 종방향 및 횡방향 사이즈에 따라서, 각각, 최적 위치에 배치되며, 스티어링 전자석(STX, STY)은, DC 4극 전자석(QD, QF)와 조합되어 배치된다.
- [0266] **[제10 실시예]**
- [0267] 제6 또는 제8 실시예에 의한 이온 주입 시스템으로서, 스캐너는, 편향을 위하여 전계를 사용하거나, 또는 편향을 위하여 자계를 사용하는 타입 중의 하나일 수 있고, 싱크로나이스트 4극 전자석(syQD, syQF)은, 스캐너의 동작과 동기되어 동작된다.
- [0268] **[제11 실시예]**
- [0269] 제5 내지 제10 실시예 중의 어느 하나에 의한 이온 주입 시스템으로서, 빔은, 한 방향으로 긴 원형 단면 또는 타원형 또는 달걀형 단면을 가지는 빔으로부터, 스캐닝을 위한 평향 후에 스캔 방향(횡방향)으로 긴 타원형 또는 달걀형 단면을 가지는 빔으로 변환된다.
- [0270] **[제12 실시예]**
- [0271] 이온 소스로부터의 빔이, 질량 분석 전자석 장치 및 빔 변환기를 통과하고, 그 후 진행방향에 수직인 평면 내에서 반복적으로 빔을 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치, 및 에너지 필터링 장치를 통과하게 된 후, 대상 웨이퍼에 주입되도록 구성된 이온 주입 시스템의 빔 궤도 편차를 제거하는 방법으로서, 빔 생성 소스로부터 빔을 인출하기 위한 한 세트의 인출 전극이, 적어도 종방향으로 가변이거나, 횡축 주위로 틸팅 가능하여, 종방향으로 빔을 편향시키며, 질량 분석 장치는 미세 조정 가능하다. 빔 중심 한정 구멍 및 각각 종방향 및 횡방향 빔 중심 위치를 측정할 수 있는 2개의 프로파일 모니터가 구비된다. 스캐너 입구에서 및 웨이퍼 부분에서의 빔의 설계된 중심 궤도로부터의 편차는, 빔 인출 전극, 질량 분석 장치, 빔 중심 한정 구멍, 및 2개의 프로파일 모니터의 사용에 의하여 보정된다. 본 실시예에 있어서, 2개의 프로파일 모니터는, 각각 스캐너 뒤 위치와 웨이퍼 위치 직전 위치에 배치됨이 바람직하다.
- [0272] **[제13 실시예]**
- [0273] 이온 소스로부터의 빔이, 질량 분석 전자석 장치 및 빔 변환기를 통과하고, 진행방향에 수직인 평면 내에서 반복적으로 빔을 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치를 통과하게 되고, 그 후 각도 에너지 필터에 의하여 에너지에 대하여 필터링되고, 그 후 대상 웨이퍼에 주입되도록 구성된 이온 주입 시스템의 빔 궤도 편차를 제거하는 방법으로서, 빔 생성 소스로부터 빔을 인출하기 위한 인출 전극이, 적어도 종방향으로 가변이거나, 횡축 주위로 틸팅 가능하여, 종방향으로 빔을 편향시킨다. 종방향의 중심 궤도 보정용 스티어링 전자석(STY)과 각각 종방향 빔 중심 위치를 측정할 수 있는 2개의 프로파일 모니터가 구비된다. 스캐너 입구에서 및 웨이퍼 위치에서의 빔의 설계된 중심 궤도로부터의 종방향 편차는, 빔 인출 전극, 스티어링 전자석(STY), 및 2개의 프로파일 모니터의 사용에 의하여 제거된다. 본 실시예에서, 2개의 프로파일 모니터는, 각각 스캐너 뒤 위치와 웨이퍼 위치 직전 위치에 배치됨이 바람직하다.
- [0274] **[제14 실시예]**
- [0275] 이온 소스로부터의 빔이, 질량 분석 전자석 장치 및 빔 변환기를 통과하고, 그 후 진행방향에 수직인 평면 내에서 반복적으로 빔을 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 및 가속/감속 장치를 통과하게 되고, 그 후 각도 에너지 필터에 의하여 에너지에 대하여 필터링되고, 그 후 대상 웨이퍼에 주입되도록 구성된 이온 주입 시스템의 빔 궤도 편차를 제거하는 방법으로서, 질량 분석 장치는 미세 조정가능하고, 중심 궤도 보정용 스티어링 전자석(STX)과 각각 횡방향 빔 중심 위치를 측정할 수 있는 2개의 프로파일 모니터가 구비된다. 스캐너 입구 및 웨이퍼 위치에서의 빔의 설계된 중심 궤도로부터의 횡방향 편차는, 질량 분석 장치, 횡방향으로 스티어링하는 전자석(STX), 및 2개의 프로파일 모니터의 사용에 의하여 제거된다. 본 실시예에서, 2개의 프로파일 모니터는, 스캐너 뒤 위치 및 웨이퍼 위치 바로 앞 위치에 배치됨이 바람직하다.
- [0276] **[제15 실시예]**
- [0277] 이온 소스로부터의 빔이, 질량 분석 전자석 장치 및 빔 변환기를 통과하고, 그 후 횡방향으로 반복적으로 빔을 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치, 및 에너지 필터링 장치를 통과하게 되고, 그 후 대상 웨이퍼에 주입되도록 구성된 이온 주입 시스템의 빔 궤도 편차를 제거하는 방법으로서, 빔 생성 소스에서 빔을 인출하기 위한 인출 전극은, 적어도 종방향으로 가동(可動)이거나 또는 횡축 주위로 틸팅(tilting) 가능하여, 빔을

종방향으로 편향시킨다. 종방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QD), 횡방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QF), 및 각각 종방향 및 횡방향 빔 중심 위치를 측정할 수 있는 2개의 프로파일 모니터가 구비된다. 스캐너 입구 및 웨이퍼 위치에서 DC 4극 전자석(QD, QF)과 가속/감속 장치에 의하여 생성된 빔 중심 궤도에서의 편차는, 빔 인출 전극 및 2개의 프로파일 모니터의 사용에 의하여 억제된다. 본 실시예에서, 2개의 프로파일 모니터는, 각각 스캐너 뒷 위치 및 웨이퍼 바로 앞 위치에 배치됨이 바람직하다.

[제16 실시예]

이온 소스로부터의 빔이, 질량 분석 장치 및 빔 변환기를 통과하고, 그 후 진행방향에 수직인 평면 내에서 반복적으로 빔을 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치, 및 에너지 필터링 장치를 통과하게 되고, 그 후 대상 웨이퍼에 주입되도록 구성된 이온 주입 시스템의 빔 궤도를 보정하는 방법으로서, 횡방향 중심 궤도 보정용 스티어링 전자석(STX), 종방향 중심 궤도 보정용 스티어링 전자석(STY), 및 웨이퍼 위치 바로 앞 위치에 배치된 리어 프로파일 모니터가 구비된다. 웨이퍼 위치에서의 빔의 설계된 중심 궤도에서의 종방향 및 횡방향 편차는, 스티어링 전자석(STX, STY) 및 리어 프로파일 모니터의 사용에 의하여 억제된다.

[제17 실시예]

이온 소스로부터의 빔이, 질량 분석 전자석 장치 및 빔 변환기를 통과하고, 진행방향에 수직인 평면 내에서 반복적으로 빔을 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 및 가속/감속 장치, 에너지 필터링 장치를 통과하게 되고, 그 후 대상 웨이퍼에 주입되도록 구성된 이온 주입 시스템의 빔 궤도를 보정하는 방법으로서, 빔 생성 소스로부터 빔을 인출하기 위한 인출전극은, 적어도 종방향으로 가동(可動)이거나 횡축 주위로 틸팅(tilting) 가능하여, 종방향으로 빔을 편향시킨다. 웨이퍼 위치에서의 빔의 설계된 중심 궤도로부터의 종방향 편차는, 빔 인출 전극 및 웨이퍼 위치 바로 앞 위치에 배치된 리어 프로파일 모니터의 사용에 의하여 억제된다.

[제18 실시예]

이온 소스로부터의 빔이, 질량 분석 전자석 장치 및 빔 변환기를 통과하고, 그 후 진행방향에 수직인 평면 내에서 반복적으로 빔을 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 및 가속/감속 장치, 에너지 필터링 장치를 통과하게 되고, 그 후 대상 웨이퍼에 주입되도록 구성된 이온 주입 시스템의 빔 궤도를 보정하는 방법으로서, 질량 분석 장치는, 미세 조정 가능하다. 웨이퍼 위치에서의 빔의 설계된 중심 궤도로부터의 횡방향 편차는, 질량 분석 장치 및 웨이퍼 위치 바로 앞 위치에 배치된 리어 프로파일 모니터의 사용에 의하여 억제된다.

[제19 실시예]

이온 소스로부터의 빔이, 질량 분석 전자석 장치 및 빔 변환기를 통과하고, 그 후 진행방향에 수직인 평면 내에서 반복적으로 빔을 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치, 및 에너지 필터링 장치를 통과하게 되고, 그 후 대상 웨이퍼에 주입되도록 구성된 이온 주입 시스템의 빔 궤도를 보정하는 방법으로서, 빔 중심 한정 구멍 및 빔 중심 궤도 보정 메카니즘이 구비된다. 스캐너 입구에서의 빔의 설계된 중심 궤도로부터의 편차는, 빔 중심 한정 구멍 및 빔 중심 궤도 보정 메카니즘의 사용에 의하여 제거된다.

[제20 실시예]

이온 소스로부터의 빔이, 질량 분석 전자석 장치 및 빔 변환기를 통과하고, 그 후 진행방향에 수직인 평면 내에서 반복적으로 빔을 스윙하는 스캐너, 빔 평행화 장치, 가속/감속 장치, 및 에너지 필터링 장치를 통과하게 되고, 그 후 대상 웨이퍼에 주입되도록 구성된 이온 주입 시스템의 빔 궤도를 보정하는 방법으로서, 종방향 및 횡방향 빔 중심 위치를 측정할 수 있는 프론트 프로파일 모니터가 구비된다. 스캐너 입구에서의 빔의 설계된 중심 궤도로부터의 편차는, 프론트 프로파일 모니터의 사용에 의하여 검출된다.

[제21 실시예]

제12 내지 제20 실시예 중의 어느 하나에 의한 이온 주입 시스템의 빔 궤도 편차를 제거하는 방법으로서, 빔이, 원형 단면 또는 한 방향으로 긴 타원형 또는 달걀형 단면을 가지는 빔으로부터, 스캐닝을 위한 편향 후에 스캔 방향(횡방향)으로 긴 타원형 또는 달걀형 단면을 가지는 빔으로 변환된다.

[제22 실시예]

제12 내지 제21 실시예 중의 어느 하나에 의한 이온 주입 시스템의 빔 궤도 편차를 제거하는 방법으로서, 리어 프로파일 모니터는, 빔의 종방향 사이즈를 커버할 수 있도록 종방향으로 배열된 적어도 한 행의 멀티 컵이나 마이크로 패러데이와, 이 마이크로 패러데이에 인접하여 배치되어 종방향으로 뻗은 패러데이 컵(프로파일 컵)을

가진다.

[제23 실시예]

제22 실시예에 의한 이온 주입 시스템의 빔 궤도 편차를 제거하는 방법으로서, 패러데이 컵은, 빔 평행화 장치의 상류측 또는 스캐너의 상류측에 배치된다.

[제24 실시예]

제12 내지 제15 및 제20 실시예 중의 어느 하나에 의한 이온 주입 시스템의 빔 궤도 편차를 제거하는 방법으로서, 프론트 프로파일 모니터는, 스캐너의 상류측 또는 하류측에 배치된다.

[제25 실시예]

제12 내지 제15 및 제20 실시예 중의 어느 하나에 의한 이온 주입 시스템의 빔 궤도 편차를 제거하는 방법으로서, 빔 전류를 측정하는 도구로서 프론트 패러데이 컵이 더욱 구비되며, 프론트 패러데이 컵 및 프론트 프로파일 모니터는, 빔 평행화 장치의 상류측 또는 스캐너의 상류측에, 한 세트로서 배치됨이 바람직하다.

[제26 실시예]

제14 및 제16 실시예 중의 어느 하나에 의한 이온 주입 시스템의 빔 궤도 편차를 제거하는 방법으로서, 스티어링 전자석(STX)이, 질량 분석 전자석 장치와 스캐너 사이의, 빔이 횡방향으로 집속되는 또는 거의 횡방향으로 집속되는 위치에 배치된다.

[제27 실시예]

제14 및 제16 실시예 중의 어느 하나에 의한 이온 주입 시스템의 빔 궤도 편차를 제거하는 방법으로서, 질량 분석 슬릿이, 질량 분석 전자석 장치의 하류측에 배치되고, 스티어링 전자석(STX)이, 질량 분석 전자석 장치와 질량 분석 슬릿 사이에 배치된다.

[제28 실시예]

제13 및 제16 실시예 중의 어느 하나에 의한 이온 주입 시스템의 빔 궤도 편차를 제거하는 방법으로서, 스티어링 전자석(STY)이, 질량 분석 전자석 장치와 스캐너 사이의, 빔이 종방향으로 집속되는 또는 거의 종방향으로 집속되는 위치에 배치된다.

[제29 실시예]

제13 내지 제16 실시예 중의 어느 하나에 의한 이온 주입 시스템의 빔 궤도 편차를 제거하는 방법으로서, 질량 분석 슬릿이, 질량 분석 전자석 장치의 하류측에 배치되고, 스티어링 전자석(STY)이, 질량 분석 슬릿과 스캐너 사이에 배치된다.

[제30 실시예]

제15 실시예에 의한 이온 주입 시스템의 빔 궤도 편차를 제거하는 방법으로서, 스티어링 전자석(STY)이, 종방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QD)과 횡방향으로 집속하는 DC 4극 전자석(QF) 사이에 배치된다.

발명의 효과

본 발명에 의하면, 빔 조사 시스템의 조사 정밀도가 향상된다.

본 발명의 구체적 효과는, 높은 생산성을 유지하면서도 정확도 높은 고전류 이온 주입을 가능케 하는, 싱글 조사 타겟 이온 주입에 적합한 빔 생성 및 수송 시스템이 제공된다.

도면의 간단한 설명

도 1은, 제1 종래 예로서의 리본 빔 타입 싱글 웨이퍼 고전류 이온 주입 시스템의 개략 구조를 나타내는 다이어그램이다.

도 2는, 도 1의 이온 주입 시스템에 있어서의 빔 평행화 및 필터링 작용도 겸하는 전자석에 있어서의 컨테머네이션의 발생 메커니즘을 설명하기 위한 다이어그램이다.

도 3은, 제2 종래 예로서의 2차원 기계식 스캔 타입 싱글 웨이퍼 고전류 이온 주입 시스템의 개략 구조를 나타

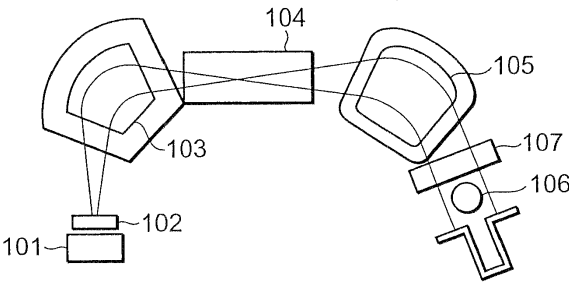
내는 다이어그램이다.

- [0004] 도 4 (a) 및 도 4 (b)는, 제3 종래 예로서의 빔 스캔 타입 싱글 웨이퍼 중전류 이온 주입 시스템의 개략 구조를 나타내는 도면으로서, 각각 평면도 및 측면도이다.
- [0005] 도 5 (a)는, 본 발명이 이온 주입 시스템에 적용된 경우의 실시예의 개략 구조를 나타내는 다이어그램이고, 한편 도 5 (b)는, 도 5 (a)에 도시된 구조의 끝 부분을 보이는 측면도이다.
- [0006] 도 6은, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템에 있어서의 인출전극이 3축에 대하여 움직이도록 하는 메카니즘을 설명하기 위한 다이어그램이다.
- [0007] 도 7은, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템에서 사용되는 질량 분석 슬릿의 일례를 나타내는 다이어그램이다.
- [0008] 도 8은, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템에서 사용되는 감속 P-렌즈의 동작을 설명하기 위한 다이어그램이다.
- [0009] 도 9 (a)는, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템에 있어서의 싱크로나이즈드 4극 전자석에 의하여 보정이 없을 때의 내측 및 외측 궤도 사이의 빔 사이즈의 차이를 설명하기 위한 다이어그램이고, 한편, 도 9 (b)는, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템에 있어서의 싱크로나이즈드 4극 전자석에 의하여 보정이 수행되었을 때의 내측 및 외측 궤도 사이의 빔 사이즈의 차이를 설명하기 위한 다이어그램이다.
- [0010] 도 10 (a)는, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템에 있어서의 싱크로나이즈드 4극 전자석에 의하여 보정이 없을 때의 내측 및 외측 빔 궤도를 설명하기 위한 다이어그램이고, 한편, 도 10 (b)는, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템에 있어서의 싱크로나이즈드 4극 전자석에 의하여 보정이 수행되었을 때의 내측 및 외측 빔 궤도를 설명하기 위한 다이어그램이다.
- [0011] 도 11은, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템에 있어서의 보정에 필요한 각 싱크로나이즈드 4극 전자석들의 강도를 설명하기 위한 특성 다이어그램이다.
- [0012] 도 12는, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템에 있어서의 각 A/D(가속/감속) 칼럼 전극들의 위한 A/D(가속/감속) 칼럼 고전압 전원 공급 회로의 일례를 나타내는 다이어그램이다.
- [0013] 도 13은, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템에 있어서의 감속 P-렌즈와 A/D 칼럼 전극의 배치 방식의 일례를 나타내는 사시도이다.
- [0014] 도 14는, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템에 있어서의 A/D 칼럼 전극과 각도 에너지 필터의 배치 방식의 일례를 나타내는 단면도이다.
- [0015] 도 15 (a) 및 도 15 (b)는, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템에 있어서의 프론트 프로파일 모니터의 일례를 나타내는 다이어그램이다.
- [0016] 도 16은, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템에 있어서의 리어 프로파일 모니터의 일례를 나타내는 다이어그램이다.
- [0017] 도 17은, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템에 있어서의 스티어링 자석에 의한 보정이 행하여지지 않은 경우 및 행하여진 경우에 얻어진 빔 중심 궤도를 설명하기 위한 다이어그램이다.
- [0018] 도 18은, 본 발명에 의한 자동 중심 궤도 보정 알고리즘을 나타내는 플로차트이다.
- [0019] 도 19는, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템에 있어서의 4개의 4극 전자석(QD, QF, syQD, 및 syQF) 및 스티어링 전자석(STX 및 STY)의 일례를 나타내는 사시도이다.
- [0020] 도 20은, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템에 있어서의 함께 조합되어 사용되는 에너지 슬릿과 발산 마스크를 설명하기 위한 다이어그램이다.
- [0021] 도 21은, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템에 있어서의 3중 표면(triple-surface) 빔 덤프(dump)의 일례를 나타내는 다이어그램이다.
- [0022] 도 22는, 도 5 (a) 및 도 5 (b)의 이온 주입 시스템 내의 각 부분에 인가되는 전압과, 이에 상응하는 빔 에너지를 설명하기 위한 다이어그램이다.

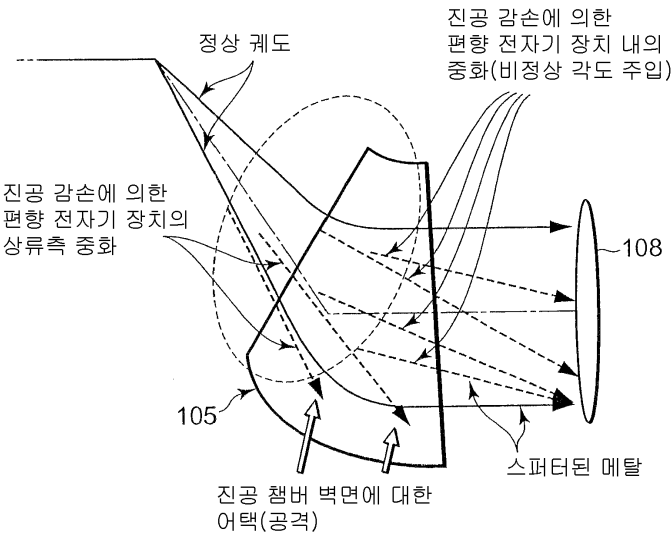
[0023] 도 23은, 도 7에 나타난 질량 분석 슬릿의 변경예를 나타내는 다이어그램이다.

도면

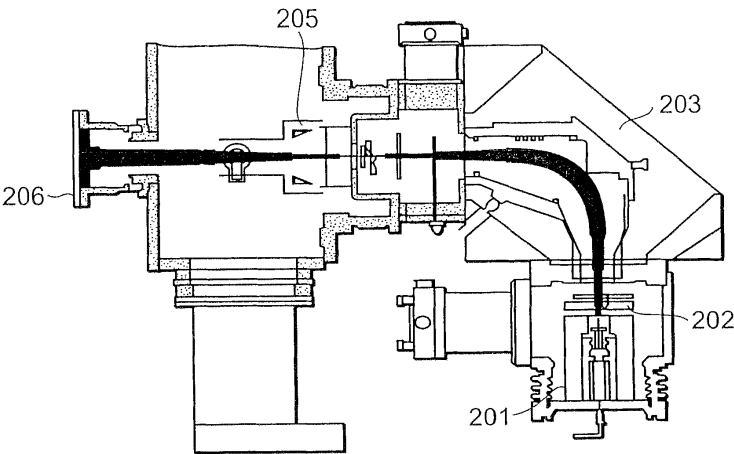
도면1



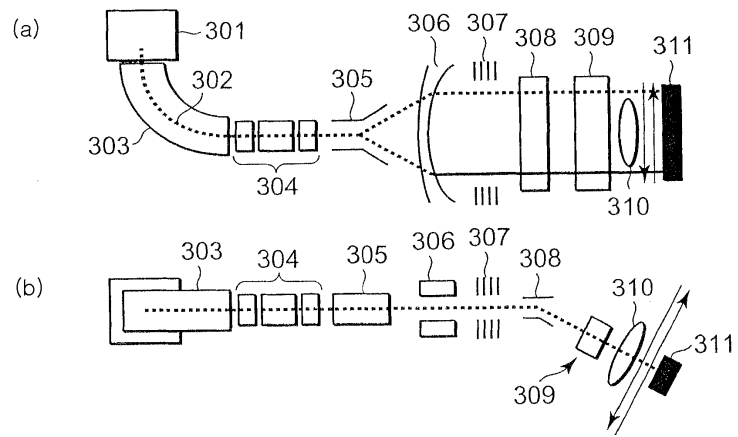
도면2



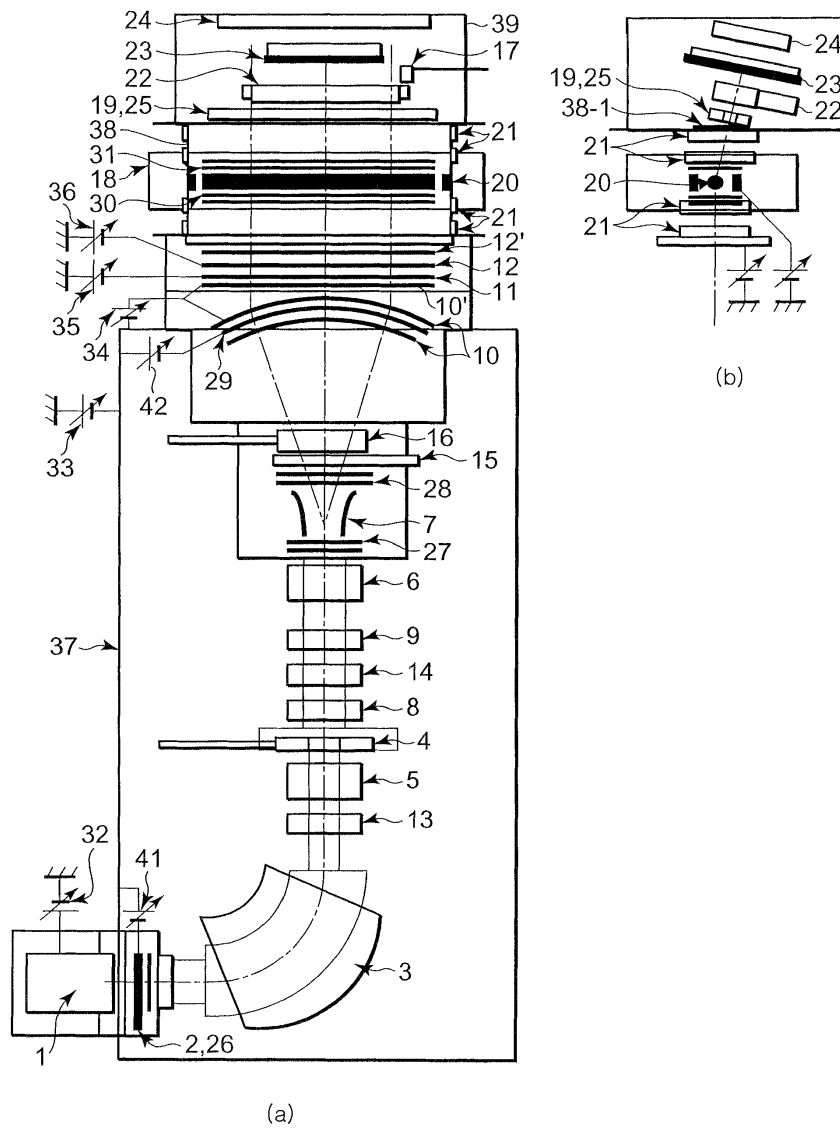
도면3



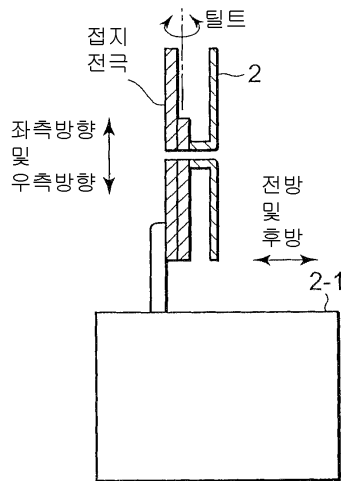
도면4



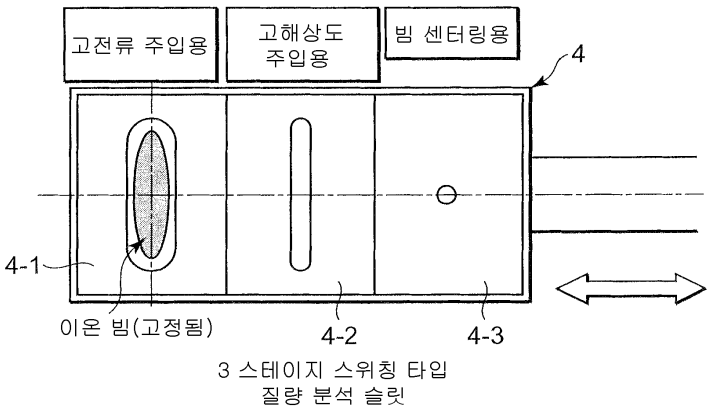
도면5



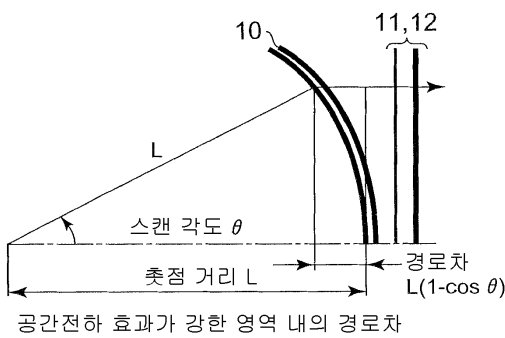
도면6



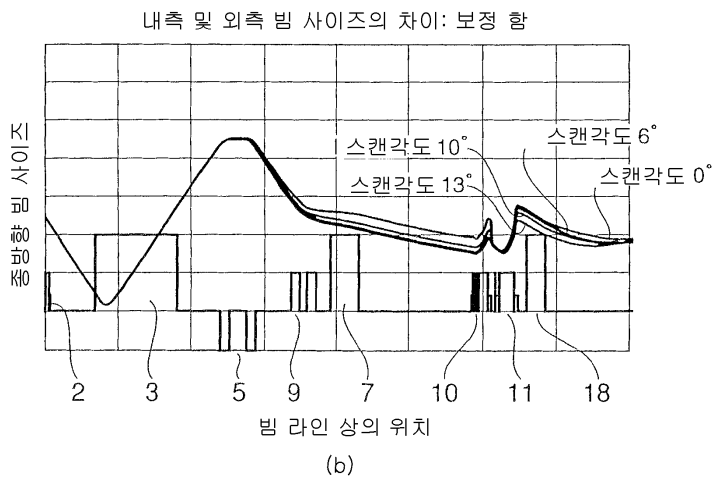
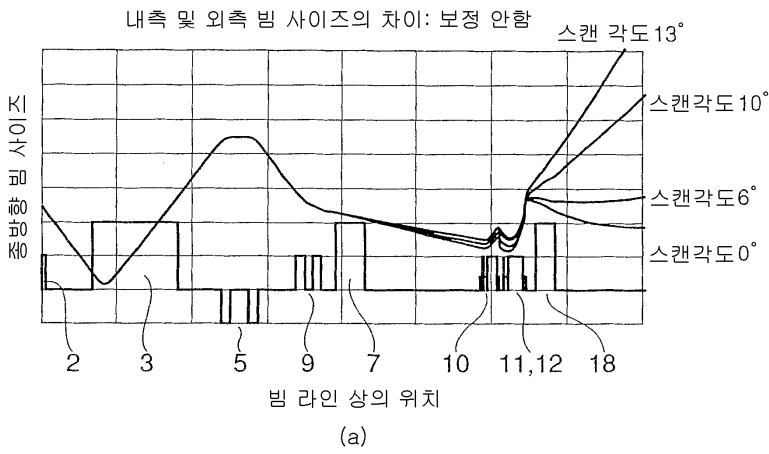
도면7



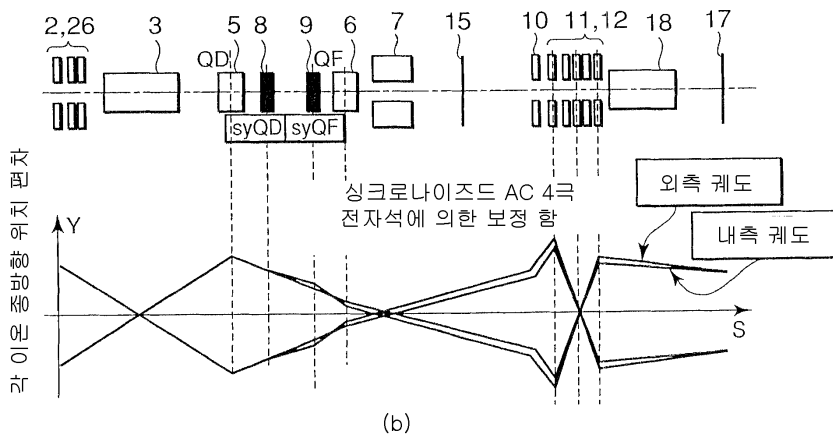
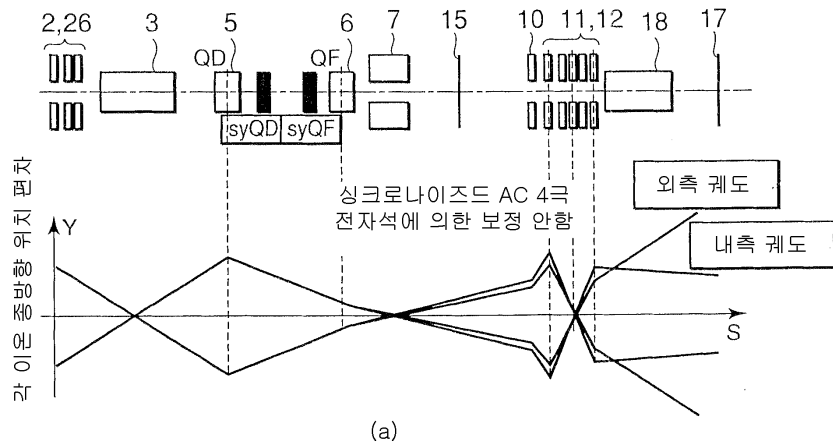
도면8



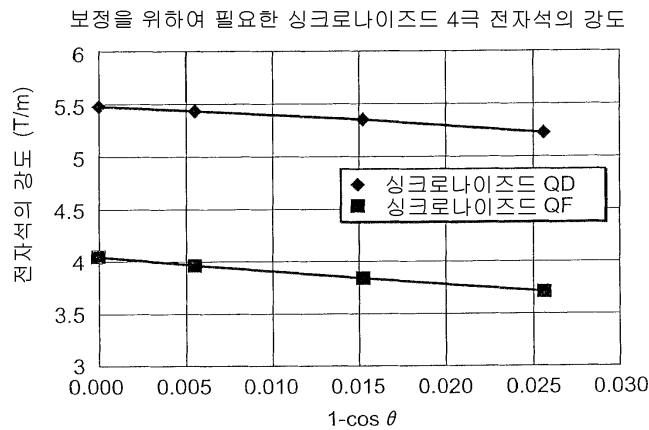
도면9



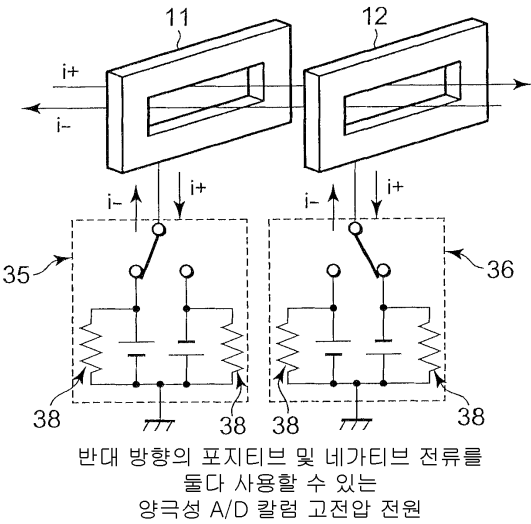
도면10



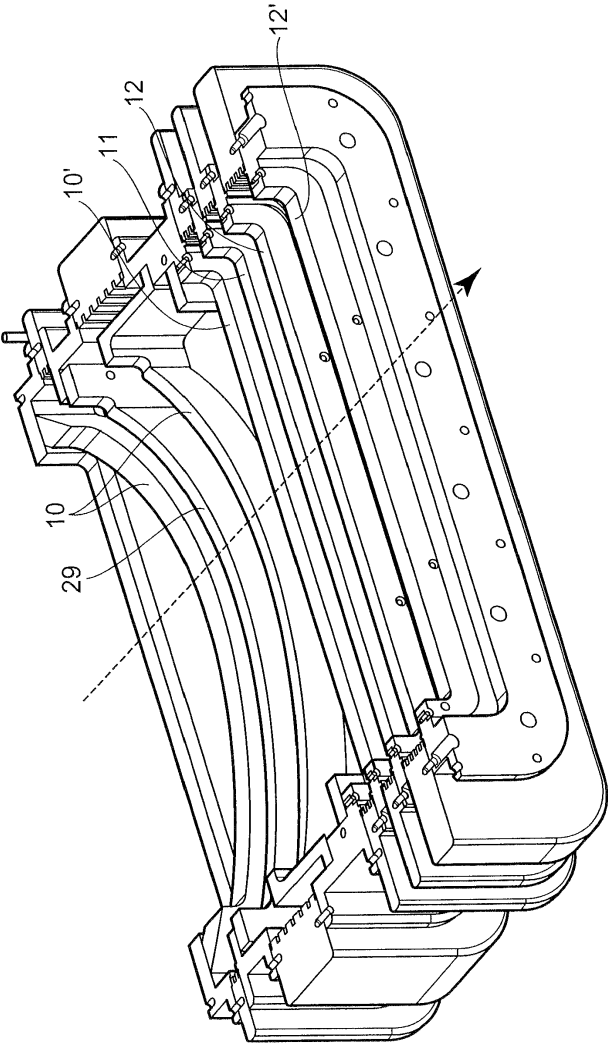
도면11



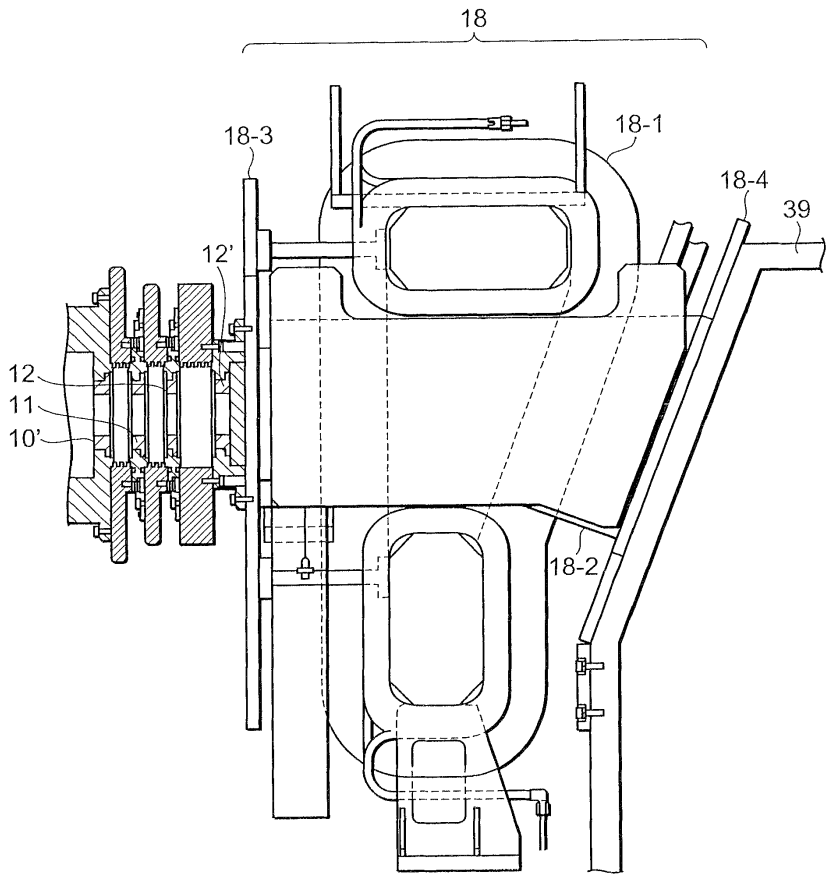
도면12



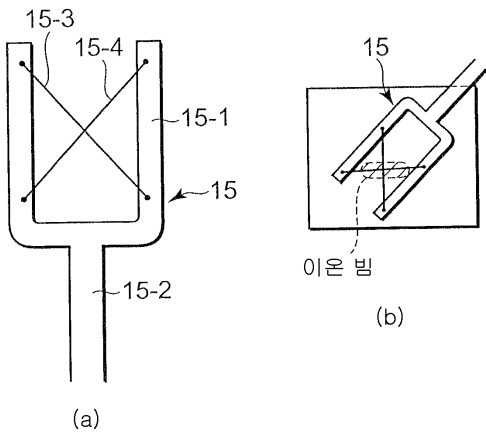
도면13



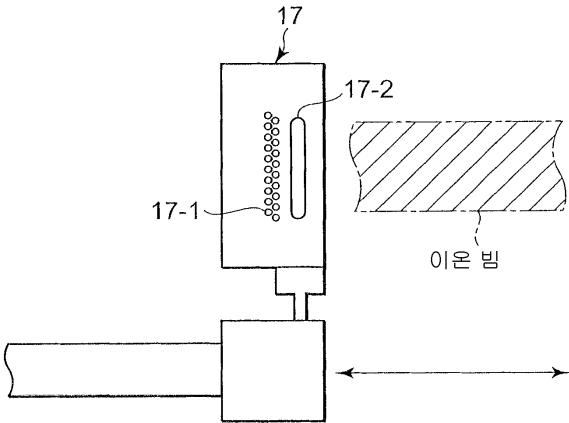
도면14



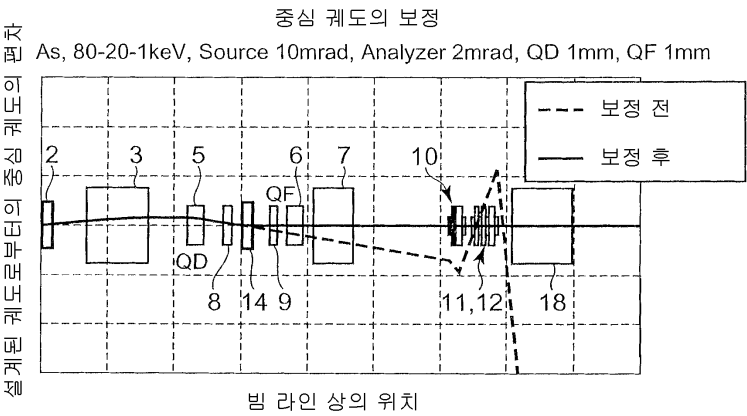
도면15



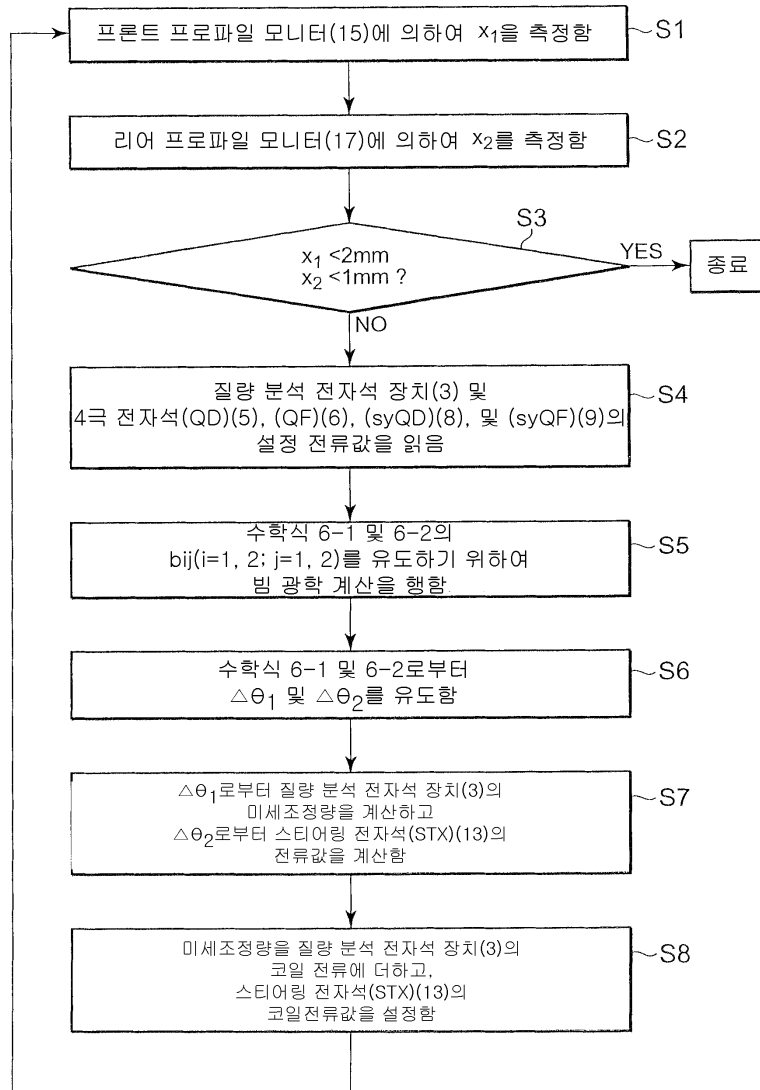
도면16



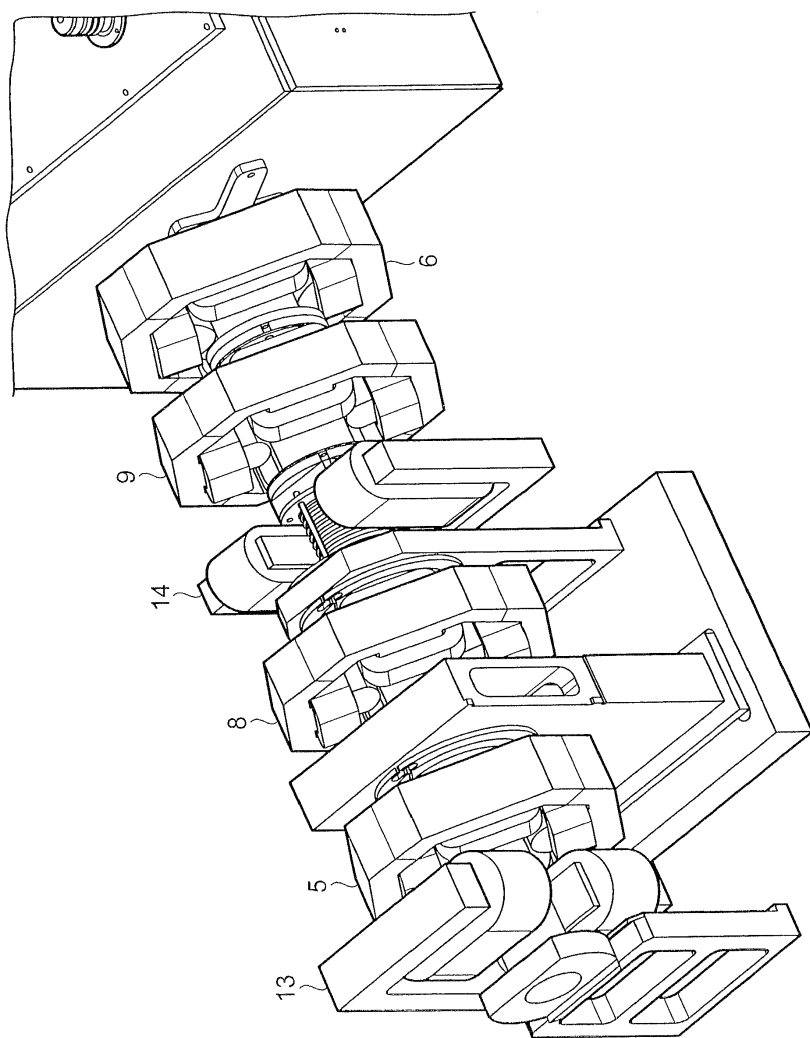
도면17



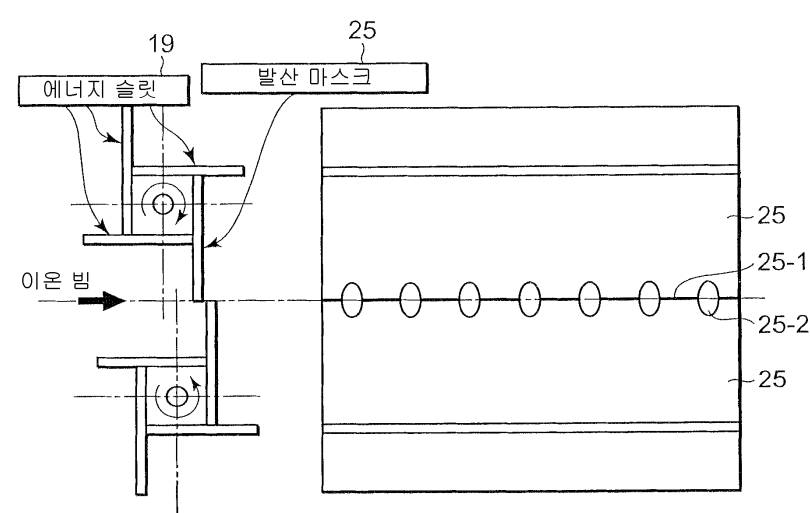
도면18



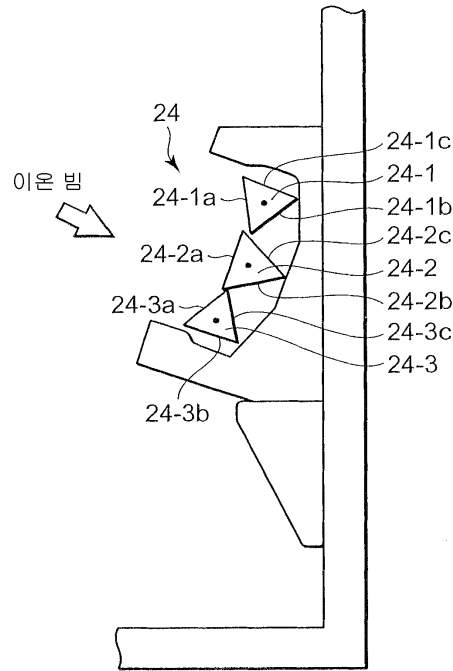
도면19



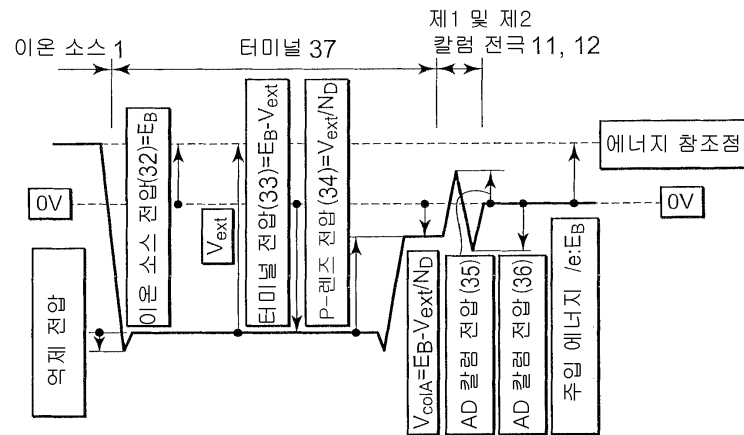
도면20



도면21



도면22



각 부에 인가된 전압 및 빔 에너지

상향 화살표는 포지티브 전압을 나타내고,
하향 화살표는 네가티브 전압을 나타내며,
 N_D 는 감속 P-렌즈의 감속비를 나타낸다.

각 부분을 통과한 직후의 빔 에너지는
에너지 참조점 라인(점선)과 인가된 전압(실선) 사이의 차다.

도면23

