



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년02월15일
 (11) 등록번호 10-1110224
 (24) 등록일자 2012년01월19일

- (51) Int. Cl.
H01J 37/244 (2006.01) *H01J 1/30* (2006.01)
C01B 31/02 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2005-7013694
- (22) 출원일자(국제출원일자) 2004년01월27일
 심사청구일자 2008년12월10일
- (85) 번역문제출일자 2005년07월25일
- (65) 공개번호 10-2005-0099977
- (43) 공개일자 2005년10월17일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2004/000711
- (87) 국제공개번호 WO 2004/068529
 국제공개일자 2004년08월12일
- (30) 우선권주장
 JP-P-2003-00016987 2003년01월27일 일본(JP)
 JP-P-2003-00020126 2003년01월29일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
 JP2001508592 A*
 WO2000072355 A1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
가부시끼가이샤 도시바
 일본국 도쿄도 미나토구 시바우라 1쵸메 1방 1고
가부시끼가이샤 에바라 세이사꾸쇼
 일본국 도쿄도 오타쿠 하네다아사히쵸 11-1
- (72) 발명자
와타나베 겐지
 일본국 가나가와켄 히라츠카시 고우치 461-5
무라카미 다케시
 일본국 도쿄도 시나가와구 히가시나카노부
 1-10-2-305
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인화우

전체 청구항 수 : 총 9 항

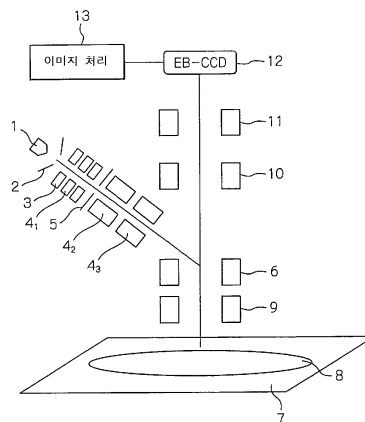
심사관 : 최훈영

(54) 샘플에서 반사된 전자들을 이용하여 샘플을 검사하는 맵핑 투영식 전자빔 장치

(57) 요약

고도의 정확성 및 신뢰성을 가지고 높은 스루풋으로 샘플 상의 패턴의 결함을 검출할 수 있는 장치 및 이를 이용하는 반도체 제조 방법이 제공된다. 전자빔 장치는, 샘플을 1차 전자빔으로 조사하고, 샘플로부터 방출된 반사 전자의 이미지를 검출기에 형성하여 샘플 표면을 관찰 또는 평가하는 맵핑 투영식 전자빔 장치이다. 전자 충돌식 CCD 또는 전자 충돌식 TDI와 같은 전자 충돌식 검출기가 반사 전자를 검출하는 검출기로 사용된다. 반사 전자는 반사 전자와 샘플로부터 방출된 2차 전자간의 에너지 차로부터 선택적으로 검출된다. 1차 전자빔을 조사하여 샘플 표면이 대전되는 것을 피하기 위하여, 샘플 표면이 샘플 위에 위치된 커버로 덮이고, 가스가 커버로 덮인 샘플 위의 공간에 공급된다. 가스는 샘플 표면과 접촉하여 샘플 표면상의 대전 상태를 감소시킨다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

하타케야마 마사히로

일본국 가나가와켄 후지사와시 가메이노 2-34-9-
비-305

히라바야시 요시나오

일본국 나가노켄 마츠모토시 우즈바시 1-1-12

사타케 도루

일본국 가나가와켄 치가사키시 히가시카이간키타
2-쵸메14-47

노지 노부하루

일본국 가나가와켄 즈시시 히사키 8-2-7

야마자키 유이치로

일본국 도쿄도 에도가와구 니시카사이 6-28-20-907

나가하마 이치로타

일본국 이바라키켄 고키시 요코야마쵸 1-3-19

특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

샘플 표면으로부터 방출된 2차 전자빔을 토대로 상기 샘플 표면을 평가하기 위하여 샘플 챔버에 위치한 상기 샘플 표면을 1차 전자빔으로 조사하는 전자빔 장치에 있어서,

상기 1차 전자빔을 생성하는 제1 전자원과,

상기 샘플 표면을 균일하게 덮도록 가스를 하나 이상의 가스 유입구를 통해 상기 샘플 챔버에 공급하도록 구성되는 장치를 포함하고, 상기 샘플 표면 상의 대전 상태는 상기 샘플 표면과 상기 가스 사이의 접촉에 의해 감소되며,

상기 제1 전자원과 별도로 제공되고, 상기 샘플 표면을 전자들로 조사할 수 있는 제2 전자원을 더 포함하는 전자빔 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 샘플은 상기 샘플 챔버에 제공된 스테이지 상에 장착되고, 상기 가스를 공급하도록 구성되는 장치는 상기 스테이지에 장착된 상기 샘플을 덮는 커버를 구비하고, 상기 커버는 하나 이상의 가스 유입구를 구비하고 있는 것을 특징으로 하는 전자빔 장치.

청구항 8

삭제

청구항 9

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 제2 전자원은, 2 내지 4 keV 에너지 레벨의 전자를 방사하는 것을 특징으로 하는 전자빔 장치.

청구항 10

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 제2 전자원은, 탄소 나노튜브식 냉음극 전자원인 것을 특징으로 하는 전자빔 장치.

청구항 11

반도체 디바이스 제조 방법에 있어서,

제6항 또는 제7항에 따른 전자빔 장치를 이용하여, 처리 진행시에 웨이퍼를 평가하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 디바이스 제조 방법.

청구항 12

샘플 표면으로부터 방출된 2차 전자빔을 토대로, 상기 샘플 표면을 평가하기 위하여 상기 샘플 표면을 1차 전자빔으로 조사하여 상기 샘플 표면을 평가하는 방법에 있어서,

상기 1차 전자빔을 생성하기 위해 제1 전자원을 제공하는 단계와,

상기 샘플 표면을 균일하게 덮도록 가스를 하나 이상의 가스 유입구를 통해 상기 샘플 챔버에 공급하는 단계를 포함하며, 상기 샘플 표면 상의 대전 상태는 상기 샘플 표면과 상기 가스 사이의 접촉에 의해 감소되며,

상기 제1 전자원과 별도로 제공되고, 상기 샘플 표면을 전자들로 조사할 수 있는 제2 전자원을 제공하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 샘플 표면으로 도입된 상기 가스는, 질소, 수증기, 전자에 대하여 친화력을 가지는 할로젠 가스 및 그 화합물로 이루어진 그룹에서 선택되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 14

제12항 또는 제13항에 있어서,

상기 샘플이 상기 제2 전자원으로부터 나온 전자로 조사되고; 이에 따라, 상기 샘플 표면이 음전하로 대전되고, 상기 가스에 의하여 대전 상태가 중성화되고; 그 후, 상기 1차 전자빔에 의하여 상기 샘플 표면의 평가가 수행되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 15

반도체 디바이스 제조 방법에 있어서,

제12항 또는 제13항에 따른 샘플 평가 방법을 이용하여, 공정의 중간 단계에서 웨이퍼 평가를 수행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 디바이스 제조 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 전자빔으로 샘플 표면을 조사하여 샘플 표면의 구조, 전기 전도성 등의 검사, 관찰 및 평가(전자빔 테스트)를 수행하기 위한 전자빔 장치에 관한 것이며 또한, 고도의 정확성 및 신뢰성을 가지고 예를 들어, 0.15 μm 이하의 최소 선폭을 가지는 패턴상의 결함을 검사하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 기관의 표면이 전자빔으로 조사되고 스캐닝될 때 방출되는 2차 전자들이 검출되는 방식으로 웨이퍼에 존재하는 결함이 검출되고, 검출 결과를 토대로 웨이퍼 이미지 데이터가 생성되고, 인접한 이미지 데이터가 서로 비교되는 검사 장치가 잘 알려져 있다. 기관이 1차 전자빔으로 조사되고, 기관으로부터 방출된 2차 전자빔이 2차 렌즈 시스템에 의하여 묘화되는 방식으로 웨이퍼상의 이미지에 대한 데이터를 획득하는 매핑 투영식 검사 장치도 잘 알려져 있다.

[0003] 매핑 투영식 검사 장치는 한번에 넓은 면적을 조사할 수 있다. 따라서, 이러한 시스템은 스캐닝 회수를 현저하게 감소시킬 수 있으며, SEM 시스템에 비하여 높은 스투풋으로 샘플을 평가 및 관찰할 수 있다. 매핑 투영식 검사 장치와 같은 전자빔 장치는 매핑 투영 시스템을 통하여, 샘플로부터 방출된 2차 전자를 검출기상에 묘화하여 관찰된 이미지를 획득한다. 그러나, 이러한 빔 장치는, 2차 전자가 샘플 근방에서 비교적 작은, 수 전자 볼트의 에너지를 가지므로, 대전으로 인한 표면 전위차 즉, 배선 도체 등에 의해 발생하는 전위차 및 배선 도체들 간에 존재하는 절연재의 영향으로 드리프트가 발생하고, 관찰된 이미지의 왜곡이 발생하는 문제점을 가진다.

- [0004] 한편, 반사된 전자들 즉, 전자빔으로 조사된 샘플에 의해 반사된 전자들은 실질적으로 입사 에너지와 동일한 에너지 즉, 2차 전자보다 100배 정도 높은 2 내지 3 keV를 가진다. 따라서, 반사된 전자들이 매핑 투영 시스템에 의해 묘화될 때, 표면 전위차에 의해 쉽게 영향을 받지 않고 제한된 이미지 왜곡만을 가지는 관찰된 이미지가 획득될 수 있다. 그러나, 반사된 전자들의 방출비는 2차 전자들보다 훨씬 크다. 따라서, 종래의 검출 시스템 예를 들어, MCP, 형광 스크린 및 CCD의 조합을 토대로 하는 시스템을 이용하여 반사된 전자들을 검출하는 경우에, S/N 비가 충분히 높지 않기 때문에, 전자빔 전류량 및 MCP 게인을 증가시켜야 하므로, 전자원 및 MCP가 단 기간에 저하되는 문제점이 있다.
- [0005] 2차 전자에 관하여, 예를 들어, SiO₂로 만들어진 절연체를 1차 전자빔으로 조사하는 경우에, 1차 전자빔 조사 에너지 및 2차 전자의 방출 효율(σ)은 도 1에 도시된 관계를 가진다. 도면에 도시된 바와 같이, 조사 전자 에너지가 하한치 50eV에서 상한치 1500 내지 2000 eV 까지의 범위인 경우에, 2차 전자 방출 효율(σ)은 1이상이며, 입사하는 1차 전자보다 더 많은 2차 전자들이 방출된다. 따라서, 절연체 표면이 양전하로 대전된다(charge up). 조사 전자 에너지가 상술된 범위를 벗어나는 경우에는, 2차 전자 방출 효율(σ)이 1미만이므로, 절연체 표면이 음전하로 대전된다.
- [0006] 이러한 대전이 증가하면, 관찰 및 평가를 위하여 2차 전자에 의해 형성되는 이미지에 왜곡이 발생된다. 따라서, 예를 들어, 디바이스 웨이퍼상의 인접한 다이들의 이미지들간의 비교에 의한 결함 검사의 경우에, 결함 미검출 문제 즉, 잘못된 결함 검출 결과가 획득되는 문제점이 발생한다.
- [0007] 음전하 대전(negative charge-up)에 있어서, 샘플상의 관찰 위치에 가스를 국부적으로 공급하기 위해 모세관 튜브를 사용하여, 가스 분자들이 샘플 표면과 충돌하고 이온들이 전자들과 결합하여 샘플 표면상의 전기 전하를 중성화시키는 방법이 제안되었다. 그러나, 이러한 방법은 넓은 면적에 빔을 방사하는 매핑 투영식 전자빔의 전체 샘플 표면에 가스를 균일하게 공급할 수 없다.
- [0008] 양전하 대전에 관하여, 텅스텐과 같은 고온 필라멘트식 전자원에 의해 샘플이 전자들로 조사되어, 대전 상태(charge-up)를 중성화시키는 방법을 생각할 수 있다. 그러나, 이러한 경우에, 절연체가 양전하로 대전된 상태에서 중성 상태(charge-zero state)로 쉽게 변화하고, 더 나아가 음전하로 대전된 상태로 변환한다. 이러한 변이는 제어가 어렵다.

발명의 상세한 설명

- [0009] 특히, 고감도 전자 충돌식 CCD(high-sensitivity electron-bombardment-type CCD; 이하 "EB-CCD"라 함)가 반사 전자 검출기로 사용되는 경우에, 전류량 및 MCP게인이 종래 기술의 경우와 동일한 수준으로 유지되면서, S/N 비가 개선될 수 있다. 또한, 종래의 MCP를 이용하는 경우에 발생하는 곱셈(multiplication) 변동으로부터 자유로운 고감도 이미지가 획득될 수 있다. 또한, EB-CCD의 곱셈 게인이 CCD상으로 입사하는 에너지에 의해 결정되기 때문에, EB-CCD가 사용되는 경우에, 2차 전자와 반사 전자간의 에너지 차를 이용하여 반사된 전자들을 선택적으로 빼낼 수 있다(take out).
- [0010] 따라서, 본 발명의 목적은 상술된 지식을 토대로, 고도의 정확성 및 신뢰성을 가지고 높은 스루풋으로 패턴의 결함을 검사하여, 종래의 검사 장치의 문제점을 해결할 수 있는 전자빔 장치를 제공하는 것이다.
- [0011] 본 발명의 또 다른 목적은, 전체 샘플 표면이 대전되지 않은 상태로, 표면상의 결함 검출 및 샘플 표면의 관찰과 평가를 할 수 있도록 배열된 전자빔 장치를 제공하는 것이다.
- [0012] 또한, 본 발명의 또 다른 목적은, 이러한 전자빔 장치를 이용하는 반도체 디바이스 제조 방법을 제공하는 것이다.
- [0013] 삭제
- [0014] 평가 및 검사를 위하여 이미지를 출력하도록 전자 충돌식 검출기로부터의 출력에 대한 이미지 처리를 수행하는 이미지 처리 기구가 더 제공되고, 평가 및 검사를 위하여 샘플에 입사하는 1차 전자빔의 에너지를 변화시킴으로써 이미지의 노출량 및 전자 충돌식 검출기의 게인이 조정되는 것이 바람직하다.
- [0015] 샘플에 입사하는 1차 전자빔의 에너지가 2 내지 4 keV로 설정되어, 샘플 표면이 음전하로 대전되어, 샘플 표면상의 대전으로 인한 이미지 왜곡을 감소시키는 것이 바람직하다.

- [0016] 삭제
- [0017] 삭제
- [0018] 본 발명의 또 다른 형태에 따르면, 샘플 챔버내에 위치한 샘플 표면을 1차 전자빔으로 조사하고 샘플 표면으로부터 나오는 2차 전자빔을 기초로 샘플 표면을 평가하는 전자빔 장치가 제공되고, 상기 장치는 전체 샘플 표면을 균일하게 덮도록 가스를 공급하는 수단을 구비하여, 샘플 표면과 가스의 접촉에 의해 샘플 표면상의 대전을 감소시킨다.
- [0019] 전자빔 장치는 균일하게 공급되는 가스에 의하여 샘플 표면상에 발생하는 전전을 균일하게 감소시킬 수 있다. 보다 상세하게는, 샘플이 샘플 챔버내에 설정된 스테이지에 장착되고, 가스 공급 수단은 스테이지에 장착된 샘플을 덮는 커버를 가진다. 적어도 하나의 가스 유입구가 커버에 제공되고, 가스가 가스 유입구를 통해 샘플 위의 커버로 둘러싸인 공간으로 공급된다. 샘플 표면, 바람직하게는 전체 샘플 표면은 전전을 감소시키도록 균일하게 가스로 덮인다.
- [0020] 더 상세하게는, 1차 전자빔을 발생시키기 위한 1차 전자원으로, 샘플 표면을 전자로 조사하는 전자원이 제공된다. 샘플 표면은 2차 전자 방출물에 따라 음전하 또는 양전하로 대전된다. 여하한 경우에도, 샘플 표면은 전자원으로부터의 전자 조사에 의해 음전하로 대전된 상태로 먼저 설정되고, 대전된 상태가 가스에 의해 중성화될 수 있다. 1차 전자원과 별도로 제공되는 전자원은 2 내지 4 keV의 전자 에너지의 전자들을 방사한다. 전자원은 탄소 나노튜브식 냉음극 전자원인 것이 바람직하다.
- [0021] 본 발명의 또 다른 형태에 따르면, 샘플 표면이 1차 전자빔으로 조사되고, 샘플 표면으로부터 방출된 2차 전자빔을 기초로 샘플 표면이 관찰 및 평가되는 샘플 평가 방법이 제공되고, 상기 방법은 샘플 표면을 균일하게 덮도록 가스를 공급하여 음전하로 대전된 샘플 표면을 중성화시키고, 가스의 압력을 0.01 내지 0.1 Pa로 설정하는 단계를 포함한다. 이러한 가스 압력에서는, 샘플 표면이 안정적으로 중성화될 수 있다.
- [0022] 샘플 챔버로 도입되는 가스는 질소, 수증기, 전자에 대하여 높은 친화력을 가지는 할로젠 가스 및 그 화합물 중에 하나인 것이 바람직하다. 또한, 상기 방법은 1차 전자빔에 대한 생성원 이외의 전자원을 준비하는 단계; 전자원으로부터의 전자로 샘플을 조사하는 단계; 샘플 표면을 음전하로 대전시키는 단계; 가스로 대전 상태를 중성화시키는 단계; 및 그 후, 1차 전자빔에 의하여 샘플 표면의 관찰 및 평가를 수행하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0023] 본 발명에 따르면, 상술된 전자빔 장치 및 방법을 이용하여 공정의 중간 단계에서 웨이퍼 평가를 수행하는 단계를 포함하는 반도체 디바이스 제조 방법이 더 제공된다. 이러한 반도체 제조 방법은, 샘플 표면상에 발생된 대전에 의해 영향을 받지 않고, 적절한 웨이퍼 평가를 수행하면서, 반도체 디바이스가 현저하게 높은 효율로 제조될 수 있도록 보증한다.
- [0024] 본 발명의 상기 및 기타 목적 및 특징은 첨부된 도면을 참조하여 후술되는 내용을 통해 더 명확하게 이해할 수 있을 것이다.

실시예

- [0035] 본 발명에 따른 전자빔 장치의 실시예들이 후술된다. 본 발명은 후술되는 실시예들에 의해 제한되지 않음을 유의하여야 한다. 도면에서, 동일한 구성 요소들은 동일한 참조 부호로 표시된다.
- [0036] 본 발명에 따른 전자빔 장치의 일실시예에서, 고감도 EB-CCD 또는 전자 충돌식 TDI(time delayed integration) 장치(이하, "EB-TDI"라 함)가 종래의 매핑 투영식 전자빔 장치내의 반사 전자 검출기로 사용된다. 기관이 1차 전자빔으로 조사될 때, 샘플 기관으로부터 방출된 반사 전자가 매핑 투영 광학 조건하에서 EB-CCD와 같은 2차 광학 시스템내의 검출기상에 묘화된다.
- [0037] 도 2는 Au 기관으로부터 방출된 전자의 에너지 및 Au 기관이 155 eV의 입사 에너지의 1차 전자로 조사될 때의 방출 효율에 관한 특성(c.f.: "K. Ura Electron Beam Interaction with Sample" edit by John T.L. Thong, Electron Beam Technology, p.180, Plenum Press, New York, 1993)을 나타내는 그래프이다. 이러한 그래프에 따르면, 전자의 저사에 의한 2차 전자의 에너지는 일반적으로 0 내지 50 eV로 분배되고, 대부분의 2차 전자들은

기관 전위가 접지 전위인 경우에 수 전자 볼트의 에너지를 가진다. 한편, 반사 전자는 입사 전자의 에너지와 실질적으로 동일한, 155eV 근처에서 에너지 분포의 피크를 가진다. 따라서, 샘플로부터 방출된 2차 전자는 저속으로 이동하고, 샘플 근처에 존재하며, 샘플의 대전시에 표면 전위에 의해 영향을 받는다. 반대로, 반사 전자는 입사 전자의 에너지와 실질적으로 동일한 에너지를 가진다. 때문에, 반사 전자를 이용하면, 기관 전자의 표면 전위에 의해 영향을 받지 않고 왜곡 없는 샘플 이미지가 획득될 수 있다.

[0038] 샘플 기관으로부터 방출된 2차 전자를 묘화하는 경우에, 0 내지 50 eV 범위로 분포된 에너지를 가지는 모든 전자들이 사용된다. 반대로, 샘플 기관으로부터 방출된 반사 전자를 이용하는 경우에는, 상술된 바와 같이, 입사 전자의 에너지 피크에 대응하는 전자들만 사용되므로, S/N비가 충분히 높지 않다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여, 고감도 EB-CCD 또는 EB-TDI를 이용하여 반사 전자가 검출된다.

[0039] 도 3은 입사 전자의 에너지에 대한 EB-CCD의 곱셈 계인을 나타내는 그래프이다. EB-CCD에 입사하는 반사 전자의 에너지가 4 keV이므로, 도 3의 그래프에 따라 반사 전자 곱셈은 200정도이다. 반대로, 수 전자 볼트의 에너지를 가지는 2차 전자는 곱해지지 않으므로 검출되지 않는다. 따라서, 반사 전자들만 검출된다. EB-TDI가 검출기로 사용되고, 샘플 기관이 장착되는 스테이지가 연속적으로 이동하는 경우에, 샘플의 연속 이미지들이 형성될 수 있다. 이에 따라 형성된 이미지들은 샘플의 관찰 및 평가를 가능하게 한다.

[0040] 도 4는 본 발명에 따른 매핑 투영식 전자빔 장치의 일 실시예의 구성을 개략적으로 나타낸다. 도면을 참조하면, 전자원(1)으로부터 방출된 전자빔은 Wehnelt 전극(2), 양극(가속 전극; 3), 정전 렌즈(4₁) 및 어퍼처 (또는 정방향 개구부; 5)를 통과하고, 2개의 정전 렌즈(4₂, 4₃)를 더 통과하고 E x B 필터(6)로 들어간다. Wehnelt 전극(2), 양극(3), 정전 렌즈(4₁) 및 어퍼처(5), 정전 렌즈(4₂, 4₃) 및 E x B 필터(6)가 1차 전자 광학 시스템을 형성한다.

[0041] E x B 필터(6)에서, 전자빔의 이동 방향은 전기 자기장의 작용에 의해 편향되어, 예를 들어, 8 내지 12인치 크기를 가지고 X-Y- θ 스테이지(7)상에 위치되는 그라운드 웨이퍼(8)를 조사한다. 이러한 경우에 전자빔의 에너지는 2 내지 4 keV, 바람직하게는 4 keV정도이다. 예를 들어, LSI를 제조하기 위한 회로 패턴이 웨이퍼(8)의 표면에 형성된다.

[0042] 전자빔으로 조사할 때, 입사 전자의 에너지와 실질적으로 동일한 에너지를 가지는 반사 전자가 웨이퍼(8)의 표면으로부터 방출된다. 반사 전자들은 2차 전자 광학 시스템의 1-스테이지 정전 렌즈(9), 2-스테이지 정전 렌즈(10) 및 3-스테이지 정전 렌즈(11)와 같은 몇 개의 정전 렌즈에 의해 50 내지 500배로 확대되고, 고감도 EB-CCD(12)상에 이미지를 형성한다. 웨이퍼(8)가 접지 전위를 가지고, 방해 전위가 웨이퍼(8)에 인가되지 않기 때문에, 웨이퍼(8)로부터 방출된 2차 전자가 2차 전자 광학 시스템으로 들어가지 않는다. 또한, 도 3을 참조하여 상술된 바와 같이, EB-CCD(12)가 곱셈 계인 특성을 가지기 때문에, 반사 전자가 EB-CCD(12)에 의해 선택적으로 반사될 수 있다.

[0043] 도 4에 도시된 전자빔 장치가 웨이퍼상에 형성된 패턴의 결함을 검출하는 장치로 사용되면, EB-CCD(12)에서 출력된 CCD 이미지가 공급되어 이미지 처리 시스템(13)에 의해 처리된다. 처리된 이미지는 웨이퍼의 패턴상의 결함 존재/부재 여부를 판정하고, 결함을 분류 및 식별하는데 사용된다. 예를 들어, LSI 제조 공정의 웨이퍼의 경우에, 셀내의 구조들을 비교하거나 다이들간의 구조를 비교함으로써 결함부가 검출된다. 또한, 이러한 결함 검사가 수행된 부분 및 결함이 검출된 부분의 데이터가 저장될 수 있고, 검출된 결함은 분류 및 식별되어 제조 단계의 관리자에게 피드백된다.

[0044] EB-CCD(12)의 계인이 도 3에 도시된 바와 같이 입사 전자의 에너지에 의해 결정되기 때문에, 반사 전자가 검출될 때, CCD 이미지의 노출량은 웨이퍼(8)에 입사하는 1차 전자의 에너지를 변화시킴으로써 조정될 수 있다. 또한, Peltier 요소와 같은 냉각 기구가 EB-CCD(12)에 제공되어, EB-CCD(12)에 닿는 입사빔에 의해 발생하는 열을 감소시킬 수 있다.

[0045] 도 1을 참조하여 상술된 바와 같이, 2차 전자 방출 효율(σ)이 1 미만인 범위에서, 2차 전자의 수가 방출된 입사 전자의 수보다 작기 때문에, 절연체의 표면은 음전하로 대전된다. 따라서, 도 4에 도시된 전자빔 장치의 경우에, 전자원(1)으로부터 방출된 전자들이 웨이퍼(8)상에 입사할 때 1.5 내지 2.0 keV의 에너지를 가지면, 웨이퍼(8)의 표면이 음전하로 대전된다. 따라서, 제한된 대전 왜곡(limited charge-up distortion)을 가지는, 평가 및/또는 관찰용 이미지가 얻어질 수 있다.

[0046] 도 4에 도시된 전자빔 장치가 구현되는 장치에서 실험이 수행될 때, 웨이퍼(8)의 전위 즉, 1차 전자빔의 랜딩

에너지가 -0.5 내지 -3 keV 특히, -2 keV로 설정되면, 반사 전자의 검출 효율이 증가하고, 높은 S/N비를 가지는 관찰 및/또는 평가용 이미지가 획득된다.

[0047] 고감도 EB-CCD(12)가 도 4에 도시된 전자빔 장치에 사용된다. EB-CCD(12) 대신에, 고감도 EB-TDI가 사용될 수도 있다. EB-TDI가 사용되는 경우에, 웨이퍼(8)가 접지되지(grounded) 않고, 예를 들어, 전자원(1)이 -4 kV의 전위로 설정되고, 웨이퍼(8)가 -2 kV의 전위로 설정된다. 따라서, 웨이퍼(8)에 입사하는 전자 에너지가 2 kV로 설정되고, 입사 전자의 에너지에 대응하여 2 kV의 에너지를 가지는 반사 전자가 생성될 수 있다. 반사 전자는 50 내지 500 배까지 확대되고, 도 4를 참조하여 상술된 바와 같이, EB-TDI상에 이미지를 형성한다. 한편, 수 전자 볼트의 에너지만을 가지는, 웨이퍼(8)에서 방출된 2차 전자들은 E x B 필터(6), 어퍼처(5) 및 정전 렌즈(9)에 미리 설정된 조건들 하에서 필터링되고, 2차 전자는 EB-TDI의 표면에 어떠한 이미지도 형성하지 않는다. 상술된 조건들은 이하의 내용과 같다 :

[0048] E x B 필터(6)의 전기장 : 1937 V,

[0049] E x B 필터(6)의 자기장 : 111.8 mA,

[0050] 어퍼처(5)의 직경 : 65 μ m,

[0051] 정전 렌즈(9) : -1436 V,

[0052] 정전 렌즈(10) : -322 V,

[0053] 정전 렌즈(11) : -499 V.

[0054] EB-TDI를 이용하는 전자빔 장치에서, 웨이퍼(8)가 장착되는 스테이지(7)가 연속적으로 이동하면서 웨이퍼(8)를 전자빔으로 조사하여 웨이퍼(8)가 연속적으로 포토리소그래피될 수 있다. 이러한 이미지 픽업에 대한 실제 작동 조건의 예는 다음과 같다 :

[0055] 스테이지(7)의 이동 속도 : 10 내지 100 nm/sec.

[0056] EB-TDI 픽셀의 수 : 4096 x 512(즉, 512 스테이지로 축적)

[0057] 라인 주파수 : 200 내지 500 kHz

[0058] 최소 분해능 : 30 내지 100 nm.

[0059] 이러한 연속적인 이미지를 픽업할 수 있는 전자빔 장치가 사용되면, 이미지들이 단계별로 반복적으로 픽업될 수 있다. 따라서, 고속의 이미지 픽업이 수행될 수 있어, EB-CCD를 이용하는 경우에 비해 높은 스루풋을 달성할 수 있다. 예를 들어, 2차 광학 시스템에 의해 분해가능한 50 x 50 nm 크기의 픽셀을 가지는 8인치 웨이퍼로부터 연속적인 이미지 픽업이 스테이지 이동 속도를 15 mm/sec로 설정하고, 라인 주파수를 300 kHz로 설정하여 수행되는 경우에, 검사 시간이 3시간이다.

[0060] 도 5는 본 발명에 따른 매핑 투영식 전자빔 장치의 또 다른 실시예를 나타낸다. 이러한 장치는 샘플 예를 들어, 8 내지 12인치의 실리콘 웨이퍼(22)가 장착되는 (X-Y- θ)스테이지(21)를 가지고, LSI 제조 공정 동안에 회로 패턴이 웨이퍼상에 형성된다. 샘플(22)은 1차 전자 광학 시스템을 통하여 전자원(23)으로부터 방출된 1차 전자빔으로 조사된다. 1차 전자 광학 시스템은 Wehnelt 전극(24), 양극(25), 정전 렌즈(27₁, 27₂, 27₃) 및 E x B필터와 같은 빔 스플리터(28)를 가진다. 1차 전자 조사에 의하여, 샘플(22)의 표면으로부터 2차 전자가 생성된다. 샘플 표면으로부터 방출된 2차 전자는 2차 전자 광학 시스템을 통하여 검출기상에 이미지를 형성한다. 2차 전자 광학 시스템은 매핑 광학 시스템에 정전 렌즈(29, 30, 31)를 가진다. 2차 전자는 이들 정전 렌즈들에 의하여 50 내지 500배로 확대되고, 후술되는 바와 같이 검출기로 들어간다.

[0061] 검출기는 마이크로 채널 플레이트(MCP; 32), 형광 스크린(33), 릴레이 렌즈(34) 및 TDI(time delayed integration; 35)를 가진다. 검출기에 도달하는 2차 전자는 MCP(32)에 의하여 곱해지고, 형광 스크린(33)에 의하여 광학 신호로 변환된다. 변환된 2차원 광학 신호는 릴레이 렌즈(34)에 의하여 TDI(35)로 안내되어 이미지로 검출된다.

[0062] 샘플(22)이 연속적으로 이동하기 때문에, 2차원 신호가 TDI(35)에 의하여 고속으로 획득될 수 있다. 이미지 처리 유닛(36)은 TDI(35)로부터 출력된 신호를 수신하고, 샘플(22)의 전기 파일을 형성하고, 이미지를 이용하여 샘플(22)내의 결함을 검출하고, 검출된 결함을 분류 및 식별한다. 이에 따라 획득된 정보는 제조 관리자에게 피드백된다.

[0063] 웨이퍼로서 이러한 샘플(22)로부터 방출된 2차 전자의 양은 샘플(22)에 방사된 1차 전자의 양보다 작다. 즉, 2차 전자 방출 효율(δ)은 1이하이고, 샘플(22)의 표면 특히, 절연재로 만들어진 부분에서 음전하 대전이 발생한다. 따라서, 2차 전자를 이용하여 형성된 관찰 및 평가용 이미지에 왜곡이 발생할 수 있다. 반대로, 2차 전자 방출 효율(δ)이 1이상인 경우에, 샘플(22)의 표면이 양전하로 대전되고, 음전하로 대전된 경우와 동일한 문제가 발생할 수 있다.

[0064] 이러한 대전을 없애기 위하여, 도 5에 도시된 실시예에 후술되는 수단이 제공된다. 음전하 대전에 대처하기 위하여, 도 6에 도시된 바와 같이, 스테이지(21)상에 장착된 샘플(22)의 전체 구역을 덮도록 커버(37)가 제공된다. 가스 유입구(38)가 커버(37)에 형성된다. 도 5에 도시된 바와 같이, 질소 탱크(40)가 유량 컨트롤러(39)를 통하여 가스 유입구(38)에 연결된다. 샘플(22)의 전체 표면상의 대전을 균일하게 제거하기 위하여, 가능한 한 균일하게 커버(37)에 질소 가스를 도입하는 것이 중요하다. 이렇게 하기 위하여, 복수의 가스 유입구(38) 바람직하게는, 8개의 가스 유입구(38)가 커버(37)의 둘레부에 동일한 간격으로 제공된다. 각 가스 유입구(38)의 직경은 1 mm 정도이다. 가스 유입구(38)를 통하여 커버(37)로 도입되는 질소 가스의 질소 분자가 샘플(22)의 표면에 부딪치고, 샘플(22)의 표면상의 음전하를 중성화시킨다.

[0065] 샘플(22)의 표면과 접촉하게 되는 가스는 질소로 제한되지 않는 것을 유의하여야 한다. 수증기, 전자에 높은 친화력을 가지는 할로젠 가스 또는 그 화합물이 사용될 수 있다. 따라서, 샘플(22)은 음전하 대전 상태에서부터 중성 상태로 중성화되고, 중성 상태를 유지하면서 1차 전자빔으로 관찰 및 평가된다.

[0066] 2차 전자 방출 효율(δ)이 1이상이고, 샘플이 양전하로 대전된 경우에, 도 5에 도시된 바와 같이 스테이지(21) 위의 위치에서 양전하로 대전되는 것을 피하기 위하여 또는 도 6에 도시된 바와 같이 커버(37)의 일부를 형성하기 위하여, 텅스텐 필라멘트를 구비한 고온 전자원(41)이 제공된다. 고온 전자원(41)이 양전하로 대전된 샘플(22)의 표면에 고온 전자를 방사한다. 이에 따라, 샘플(22)의 표면상의 양전하로 대전된 상태가 중성화된다. 통상적으로, 제어 상태에서, 고온 전자에 의하여 대전 상태를 중성화시키는 것은 어려운 일이다. 따라서, 커버(37)가 도 6에 도시된 바와 같이 제공되어, 샘플(22)을 가스와 접촉하게 한다. 이것은, 얼마나 많은 양의 고온 전자원(41)이 조사하는지 또는 얼마나 길게 샘플(22)이 방사되는지에 좌우되지 않고 샘플(22) 표면상의 전기 전하의 상태를 평형화시킬 수 있다. 따라서, 샘플(22)은 대전되지 않은 상태로 관찰 및 평가될 수 있다.

[0067] **예시 1**

[0068] 전체 샘플 챔버는 터보 분자 펌프로 1.0E-5Pa로 배기된다. 그 후, 조절 장치에 의하여 질소 가스의 압력을 0.1 MPa로 감소시키고 유량 조절기(39)로 유량을 5 sccm으로 조절한 다음, 질소 가스가 질소 탱크(40)로부터 가스 유입구(38)를 통하여 커버(37)로 도입된다. 도입된 가스는 커버(37)내의 압력을 4.0E-2Pa로 증가시키지만, 고도의 진공 환경을 필요로 하는 이러한 컨테이너들 예를 들어, 전자건 챔버 및 검출기는 차동 배기 기구(differential evacuation mechanism)에 의하여 도 7에 도시된 바와 같이 고도의 진공 상태로 유지된다. 도 7에서, MC는 커버(37)내의 가스 압력을 나타내고, EQ는 E x B(28)를 포함하는 전자 광학 시스템 챔버내의 가스 압력을 나타내고, MCP는 MCP(32) 및 형광 스크린(33)을 포함하는 검출기를 포함하는 챔버내의 압력을 나타낸다.

[0069] 이러한 압력 조건하에서, 텅스텐 필라멘트를 구비한 고온 전자원(41)은, 3 kV의 입사 에너지 및 1.0E-4A/cm²의 전류 밀도를 가지는 고온 전자로 미리 고온 전자원(41) 바로 아래의 20 x 20 mm 면적을 대략 1초 동안 조사한다. 따라서, 질소 가스는 3초 동안 웨이퍼를 중성화시키는데 사용된다. 그 후, 고온 전자로 조사된 면적은 웨이퍼가 1차 전자빔으로 조사되는 위치로 이동된 다음, 3 keV 에너지의 1차 전자로 조사된다. 이러한 방식으로 방출된 2차 전자들은 상술된 맵핑 투영 시스템에 의한 관찰 및 평가용 이미지를 형성하기 위해 사용된다. 따라서, 고온 전자원(41)으로부터 나온 전자로 조사하여 음전하로 대전된 샘플(22)이 질소 가스의 중성화 작용에 의하여 중성 상태 즉, 평형 상태로 변화된다. 절연체와 같은 재료가 전자빔으로 조사되면, 재료는 양전하로 대전되는 경향이 있다. 이를 피하기 위하여, 전자를 조사함으로써 재료의 표면을 양전하로 대전된 상태에서 중성 상태를 거쳐 음전하로 대전된 상태로 변화시키기 위하여, 고온 전자원이 사용되지만, 이러한 처리(중성화)를 제어하는 것은 어렵다. 질소 가스에서는, 샘플상의 음전하 대전의 진행이 전자에 대한 친화력에 의해 방해되는 것을 방지할 수 있다. 또한, 큰 이미지 고도(height)를 가지는 둘레부 또는 절연체로 만들어진 구역에서도 대전되거나 왜곡되지 않고 양호한 이미지를 얻을 수 있다. 웨이퍼상의 결함 검사가 이러한 이미지를 이용하여 수행되면, 오보 비율이 현저하게 감소될 수 있다.

[0070] **예시 2**

[0071] 예시1과 동일한 공정은 보다 많은 질소 가스를 도입하여 예시 1의 가스 압력 0.1 Pa보다 높은 가스 압력에서 수

행된다. 가스 분자가 보다 빈번하게 샘플(22)과 접촉하게 되기 때문에, 샘플(22)이 표면상의 전기 전하가 제거되고 샘플 표면이 양전하로 대전된다. 0.01 Pa 이하의 가스 압력에서는, 웨이퍼가 계속 음전하로 대전되어 있다. 여하한 경우에도, 왜곡없는 양호한 이미지가 획득될 수 없다.

[0072] 예시 3

[0073] 질소보다 전자 친화력이 높은 할로젠 가스가 도입되고, 예시 1의 공정이 수행된다. 전하가 샘플(22)의 표면을 평형화시키는데 필요한 시간이 줄어들고, 웨이퍼와 같은 샘플의 검사 스루풋을 향상시킬 수 있다.

[0074] 예시 4

[0075] 1차 전자빔으로 샘플(22)을 조사하기에 앞서, 텅스텐과 같은 고온 필라멘트를 가지는 고온 전자원(41) 대신에, 탄소 나노튜브식 냉음극관을 이용하여 샘플(22)이 전자로 조사된다. 이러한 경우에, 고온 필라멘트를 가지는 고온 전자원이 사용되는 경우보다 넓은 샘플 지역을 균일한 전류 밀도 분포로 조사할 수 있는 것이 발견되었다.

[0076] 도 8을 참조하여, 본 발명에 따른 전자빔 장치의 또 다른 실시예의 구성을 개략적으로 나타낸다. 전자빔 장치는 스캐닝 전자빔식이다. 샘플(22)이 상술된 방법으로 평형화된 후에, 샘플(22)은 스캐닝 전자빔 바로 아래의 위치로 이동된다. 전자건(51)으로부터 방출된 전자들은 양극(52)에 의해 가속화되고, 어퍼처(53) 및 정전 렌즈(54₁, 54₂)를 통과하며, 샘플(22)을 조사한다. 전자건(51)으로부터 샘플(22)로 이동하는 동안, 전자빔은 스캐닝 코일(55) 및 정전 렌즈(54₂)에 의해 편향되고, 소정의 배율로 샘플(22)의 표면을 스캐닝한다. 전자빔 조사에 의하여 샘플(22)로부터 방출된 2차 전자, 후방 산란 전자 또는 반사 전자는 광전자 증배관(photomultiplier)과 같은 검출기(56)에 의해 검출되어 2차원 이미지를 획득한다. 획득된 이미지는 결함 검사를 위하여 다이간 비교를 수행하거나 이미지 데이터를 데이터 이미지와 비교하는데 사용된다.

[0077] 이제, 본 발명에 따른 전자빔 장치를 이용하는 반도체 디바이스 제조 방법이 후술된다. 도 9는 다음의 메인 단계를 포함하는, 제조 방법의 예를 나타내는 흐름도이고, 각각의 메인 단계는 몇몇 서브 단계 :

- [0078] (1) 웨이퍼(62)를 제조 또는 준비하는 단계(61);
- [0079] (2) 노광에 사용된 마스크(레티클; 72)를 제조하는 마스크 제조 단계(또는 마스크를 준비하는 마스크 준비 단계; 71)
- [0080] (3) 웨이퍼 상에서 필요한 처리를 수행하는 웨이퍼 처리 단계(63);
- [0081] (4) 웨이퍼 상에 형성된 각각의 칩을 커팅하고 칩을 동작가능하게 만드는 칩 어셈블리 단계(64); 및
- [0082] (5) 칩 어셈블리 단계(64)에서 생산된 칩(65)을 검사하는 칩 검사 단계(66)를 포함한다.

[0083] 메인 단계들 중에, 웨이퍼 처리 단계(63)는 반도체 디바이스의 성능에 결정적인 영향을 미친다. 웨이퍼 처리 단계에서, 디자인된 회로 패턴이 웨이퍼상에 연속적으로 적층되고, 메모리 또는 MPU로 작동가능한 다수의 칩들이 형성된다. 웨이퍼 처리 단계(63)는 다음의 단계들 :

- [0084] (a) 배선 또는 전극들을 형성하는데 사용되는 금속 박막뿐만 아니라, 절연층으로 작동가능한 유전체 박막을 형성하는 박막 형성 단계(CVD, 스퍼터링 등을 이용);
- [0085] (b) 박막층 및 웨이퍼 기판을 산화시키는 산화 단계;
- [0086] (c) 박막층 및 웨이퍼 기판을 선택적으로 처리하기 위하여 마스크(레티클; 72)를 이용하여 레지스터의 패턴을 형성하는 리소그래피 단계(73);
- [0087] (d) 이온/불순물 주입/확산 단계;
- [0088] (e) 레지스트 제거 단계; 및
- [0089] (f) 처리된 웨이퍼를 검사하는 검사 단계를 포함한다.

[0090] 웨이퍼 처리 단계(63)는 디자인된 바와 같이 작동을 수행할 수 있는 반도체 디바이스를 제조하기 위하여 필요한 층의 수와 동일한 회수로 반복적으로 수행되는 것을 유의하여야 한다.

[0091] 리소그래피 단계(73)는 도 9에 도시된 웨이퍼 처리 단계(63)의 주요부를 형성한다. 도 10은 리소그래피 단계(73)에서 실행되는 다음의 단계들 :

- [0092] (a) 선행 단계에서 회로 패턴이 형성된 웨이퍼를 레지스트로 코팅하는 레지스트 도포 단계(81);
- [0093] (b) 레지스트를 노광하는 노광 단계(82);
- [0094] (c) 노광된 레지스트를 현상하여 레지스트 패턴을 획득하는 현상 단계(83);
- [0095] (d) 현상된 레지스트 패턴을 안정화시키는 어닐링 단계(84)를 나타낸다.
- [0096] 상술된 모든 반도체 디바이스 제조 공정, 웨이퍼 처리 단계(63) 및 리소그래피 단계(73)는 잘 알려져 있으며, 그에 대한 설명은 생략한다.
- [0097] 칩 검사 단계(66)에서, 결함 검사가 본 발명에 따른 전자빔 장치를 이용하여 형성되면, 미세한 패턴을 가지는 반도체 디바이스가 향상된 스루풋으로 검사될 수 있으며, 모든 반도체 디바이스들이 검사될 수 있고, 제품의 수율이 개선될 수 있으며, 결함 제품의 선적을 방지할 수 있다.

산업상 이용 가능성

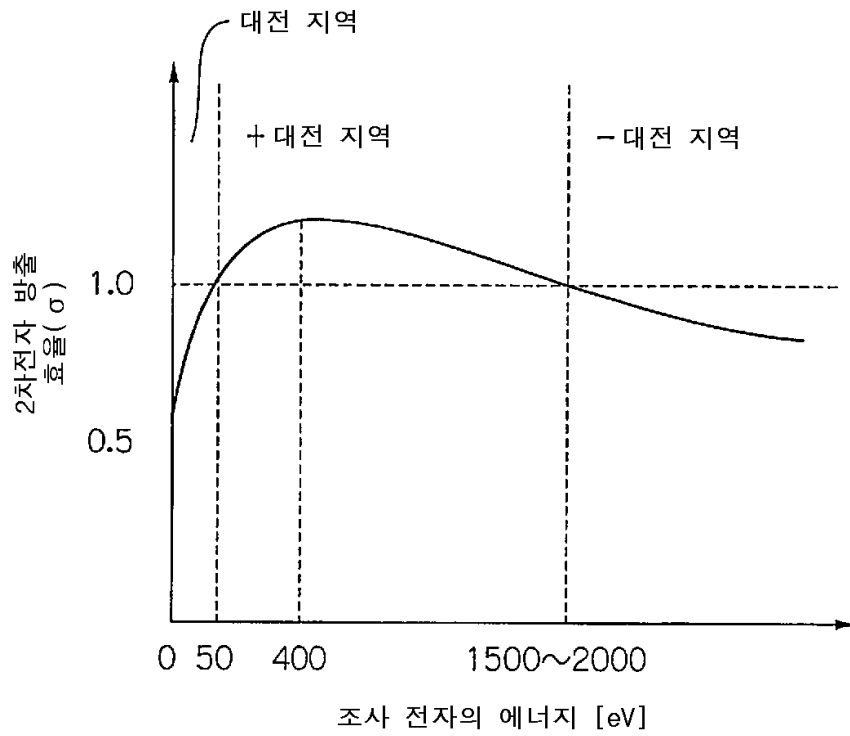
- [0098] 상술된 내용에서 알 수 있듯이, 본 발명은 샘플 표면상의 전위를 균일하게 만들 수 있고, 샘플 표면으로부터 방출된 반사 전자를 검출할 수 있다. 따라서, 본 발명은 수차 및 왜곡이 적은 방출된 전자 이미지를 획득할 수 있다. 따라서, 본 발명은, 신뢰할만한 결함 검사 및 이미지 처리가 달성될 수 있는 이점을 가진다.

도면의 간단한 설명

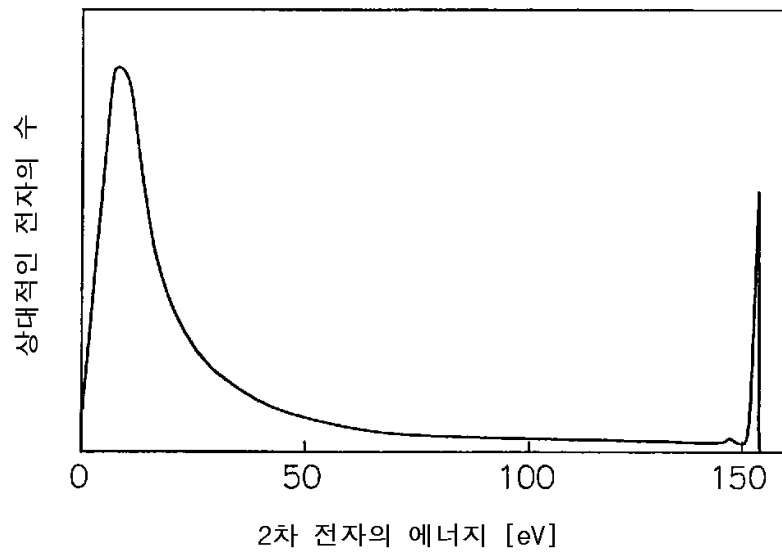
- [0025] 도 1은 조사 전자의 에너지와 절연체의 2차 전자 방출 효율간의 관계를 나타내는 다이어그램;
- [0026] 도 2는 방출된 2차 전자의 에너지 분포를 나타내는 다이어그램;
- [0027] 도 3은 입사 전자의 에너지와 EB-CCD의 곱셈 계인간의 관계를 나타내는 다이어그램;
- [0028] 도 4는 본 발명에 따른 매핑 투영식 전자빔 장치의 실시예를 개략적으로 나타내는 다이어그램;
- [0029] 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예의 구성을 개략적으로 나타내는 다이어그램;
- [0030] 도 6은 도 5에 도시된 장치의 샘플 및 샘플을 덮는 커버의 단면도;
- [0031] 도 7은 샘플 챔버를 포함하는 챔버들내의 압력과 전자빔 장치의 샘플 챔버로 도입된 가스의 유량을 나타내는 그래프;
- [0032] 도 8은 본 발명의 또 다른 실시예의 구성을 개략적으로 나타내는 다이어그램;
- [0033] 도 9는 본 발명에 따른 매핑 투영식 전자빔 장치가 적용될 수 있는 반도체 제조 방법의 예를 나타내는 흐름도;
- [0034] 도 10은 도 9에 도시된 웨이퍼 처리 단계의 핵심부를 형성하는 리소그래피 단계를 나타내는 흐름도.

도면

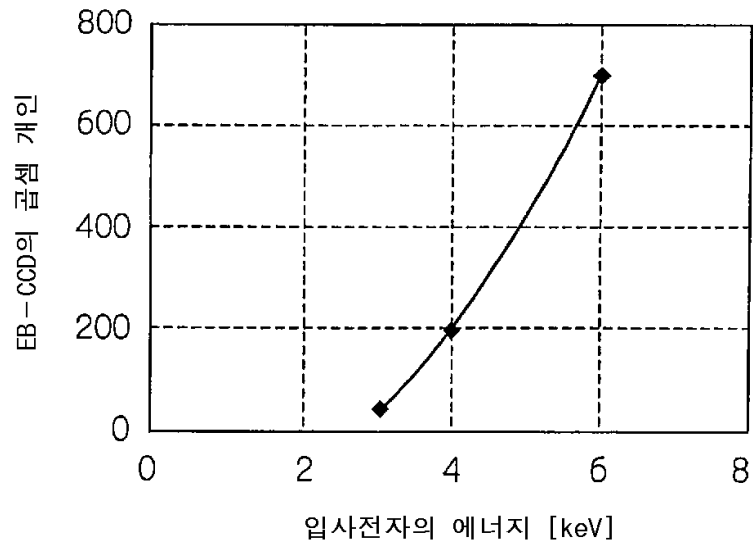
도면1



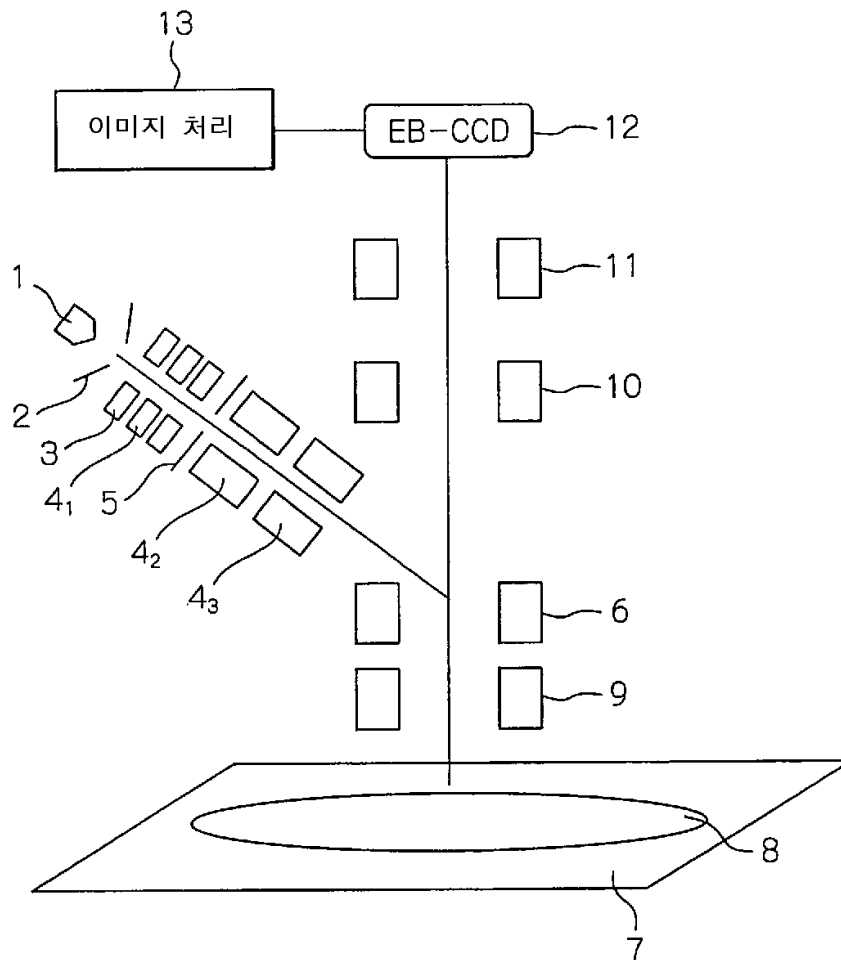
도면2



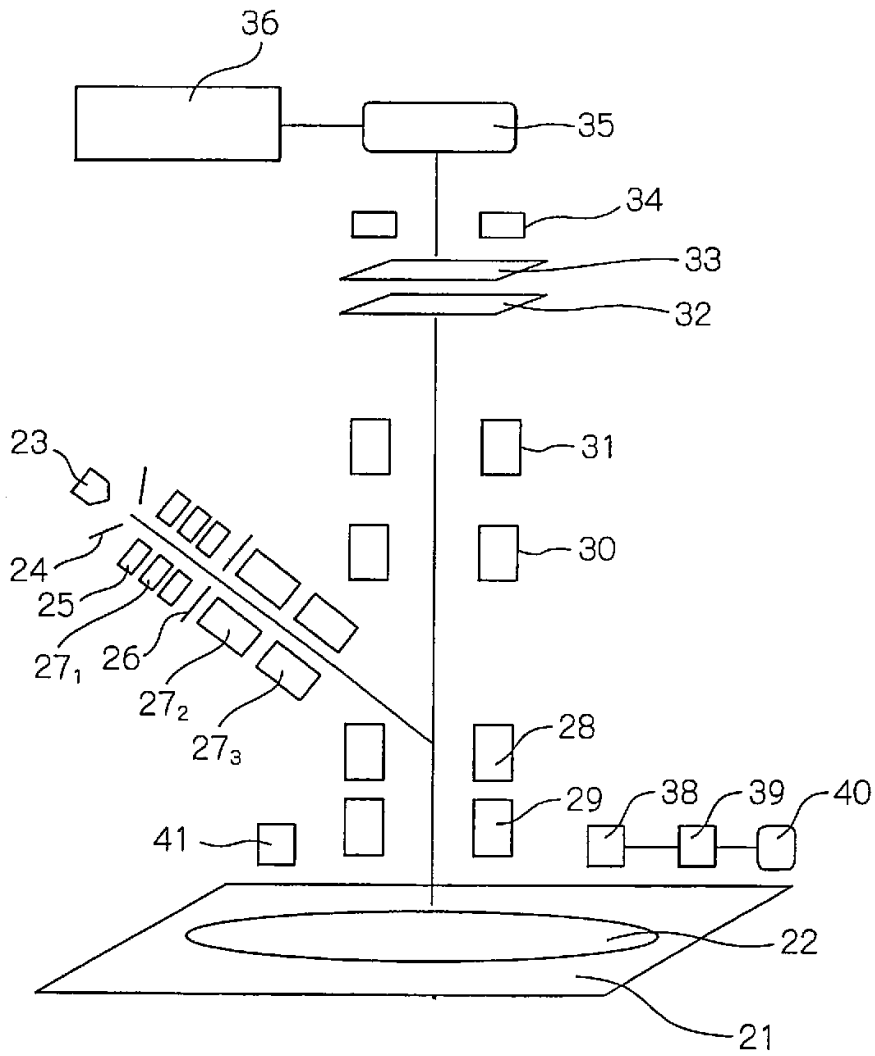
도면3



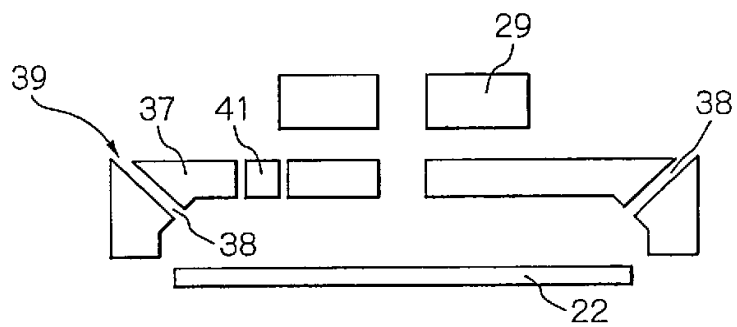
도면4



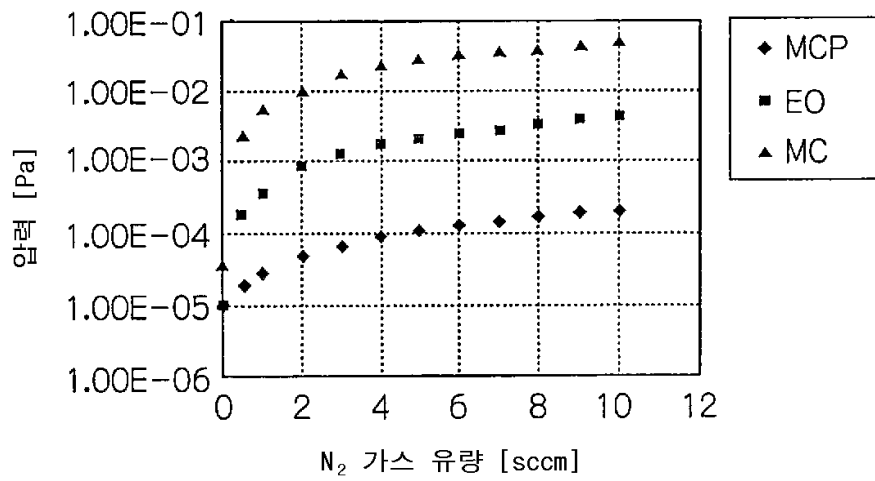
도면5



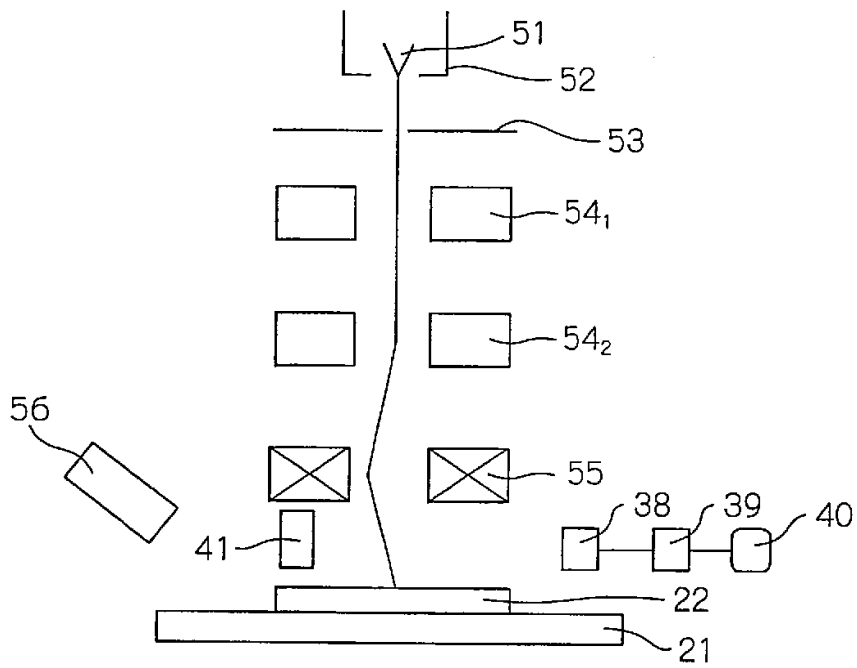
도면6



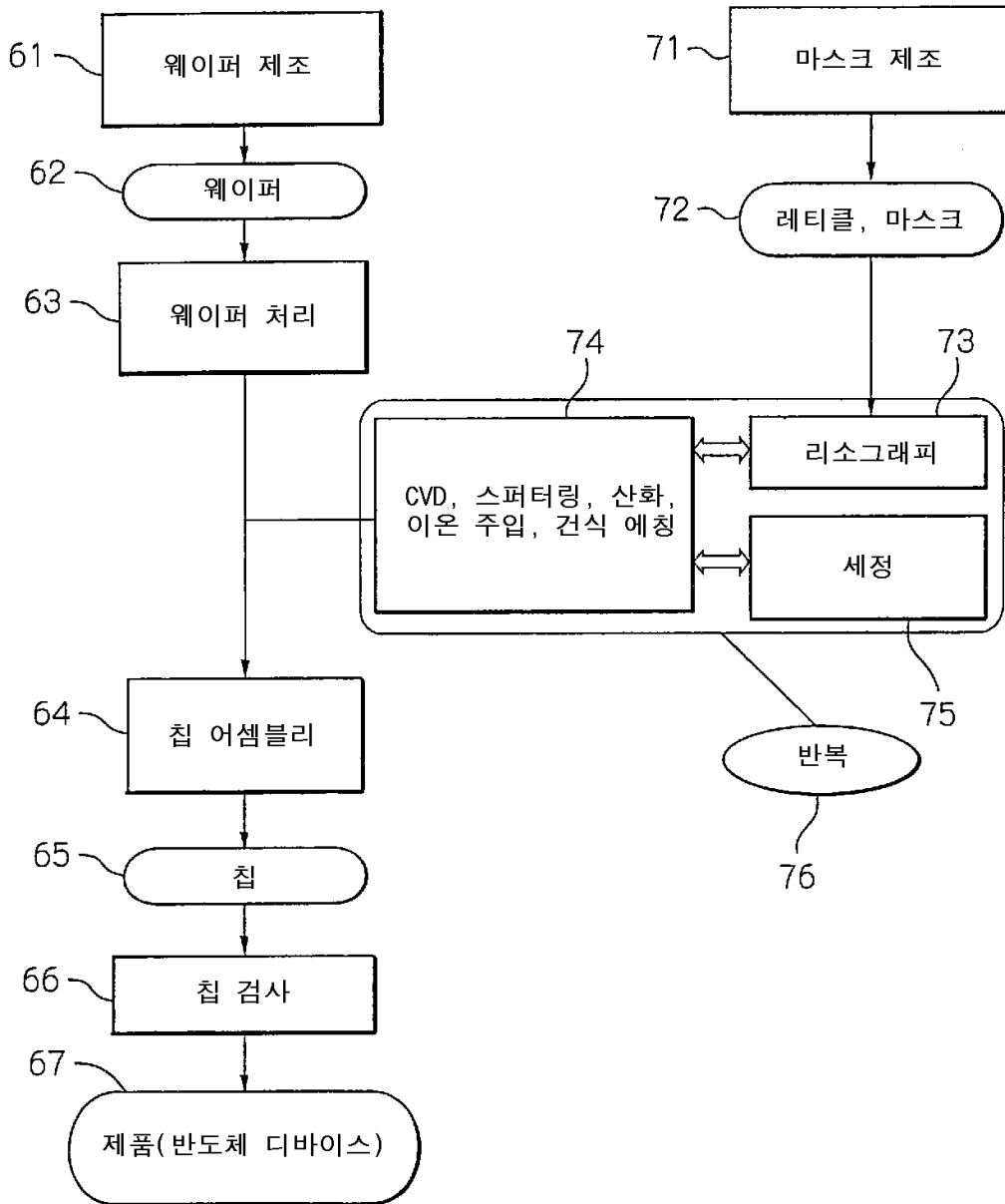
도면7



도면8



도면9



도면10

