(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년08월21일
(11) 등록번호 10-0913271
(24) 등록일자 2009년08월13일

(51) Int. Cl.
H01L 21/027 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0122385
(22) 출원일자 2007년11월29일
심사청구일자 2007년11월29일
(65) 공개번호 10-2008-0048966
(43) 공개일자 2008년06월03일
(30) 우선권주장
JP-P-2006-00322526 2006년11월29일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP11288870 A
KR1020070062416 A
전체 청구항 수 : 총 9 항

(73) 특허권자
캐논 가부시끼가이샤
일본 도꾜도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고
(72) 발명자
모리 켄이치로
일본국 도꾜도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고캐논가부시끼가이샤나이
(74) 대리인
신중훈, 임옥순

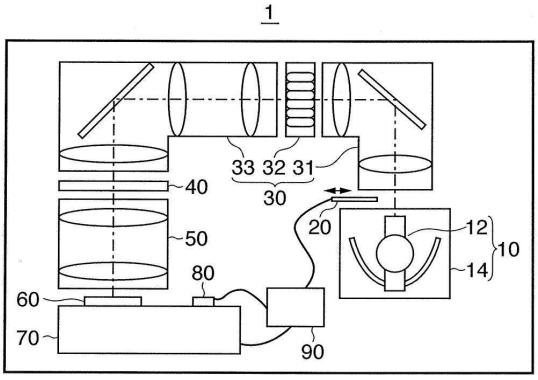
심사관 : 최정윤

(54) 노광장치, 노광방법, 및 디바이스의 제조방법

(57) 요 약

본 발명의 노광장치는 광원으로부터의 광속에 의해 레티클을 조명하는 조명광학계, 상기 레티클의 패턴을 기판상에 투영하는 투영광학계, 상기 투영광학계의 상면에 있어서의 노광영역 내의 광량분포를 측정하는 측정부, 및 상기 측정부에 의해 측정된 광량분포에 의거하여 상기 조명광학계 및 상기 투영광학계 내에 존재하는 이물질을 검출하는 검출부를 가진다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

광원으로부터의 광속에 의해 레티클을 조명하는 조명광학계;

상기 레티클의 패턴을 기판 상에 투영하는 투영광학계;

상기 투영광학계의 상면에 있어서의 노광영역 내의 광량분포를 측정하는 측정부; 및

상기 측정부에 의해 측정된 광량분포에 의거하여 상기 조명광학계 및 상기 투영광학계 내의 이물질의 존재를 검출하는 검출부를 가지고,

상기 측정부는 상기 노광영역 내의 복수의 측정위치에서 광량을 검출함으로써 상기 광량분포를 측정하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 검출부는 상기 광량분포를 나타내는 함수를 측정위치에 대해서 2계 미분하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 측정부는 핀홀과 상기 핀홀을 통과한 광속을 수광하는 수광부를 가지는 핀홀센서를 포함하고,

상기 측정부는 상기 핀홀센서를 2차원 격자패턴을 따라 이동시키면서 광량을 검출함으로써 상기 노광영역 내의 광량분포를 측정하고,

상기 검출부는 상기 핀홀센서에 의해 측정된 광량분포의 측정위치에 대한 2계 미분치에 의거하여 상기 조명광학계 및 상기 투영광학계 내의 이물질의 존재를 검출하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 레티클과 상기 기판은 상대적으로 주사되고

상기 측정부는 상기 레티클 및 상기 기판의 주사방향에 대응하는 길이방향을 가지는 슬릿과 상기 슬릿을 통과한 광속을 수광하는 수광부를 가지는 슬릿센서를 포함하고,

상기 측정부는 상기 슬릿센서를 상기 레티클 및 상기 기판의 주사방향에 대해서 직교하는 방향으로 이동시키면서 광량을 검출함으로써 상기 노광영역 내의 광량분포를 측정하고,

상기 검출부는 상기 슬릿센서에 의해 측정된 광량분포의 측정위치에 대한 2계 미분치에 의거하여 상기 조명광학계 및 상기 투영광학계 내의 이물질의 존재를 검출하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 광원은 레이저광을 사출하고,

상기 노광장치는 상기 레이저광을 도광하는 광학계를 요동하는 요동부를 부가하여 포함하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 7

레티클의 패턴을 기판 상에 노광에 의해 전사하는 노광방법으로서,

상기 레티클의 패턴을 상기 기판에 투영하는 투영광학계의 상면(像面)에 있어서 노광영역 내의 광량분포를 측정하는 측정스텝;

상기 측정스텝에서 측정된 광량분포에 의거하여 상기 레티클을 조명하는 조명광학계 및 상기 투영광학계 내에 이물질이 존재하는지의 여부를 판단하는 존재 판단스텝; 및

상기 존재판단스텝에서 이물질이 존재한다고 판단했을 경우에, 노광을 계속할지의 여부를 판단하는 노광판단스텝을 가지고,

상기 측정스텝에서 상기 노광영역 내의 복수의 측정위치에서 광량을 검출함으로써 상기 광량분포를 측정하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 노광판단스텝에서 노광의 계속이 불가능하다고 판단했을 경우에, 노광을 정지하고, 상기 이물질을 제거하거나, 또는 조명광학계 또는 투영광학계 내의 광학소자를 대체하는 스텝을 부가하여 포함하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 존재판단스텝에서 이물질이 존재한다고 판단했을 경우에, 상기 조명광학계 및 상기 투영광학계 내에 존재하는 이물질의 위치를 특정하는 특정스텝을 부가하여 포함하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 10

제 2 항에 기재된 노광장치를 사용하여 기판을 노광하는 스텝; 및

상기 노광된 기판에 대해서 현상처리를 하는 스텝

을 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스의 제조방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 노광장치, 노광방법, 및 디바이스의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 포트리소그래피 기술을 사용하여 극히 미세한 반도체소자를 제조할 때에, 투영노광장치가 종래부터 사용되고 있다. 투영노광장치는 레티클(마스크) 상에 형성된 회로패턴을 투영광학계에 의해, 예를 들면, 웨이퍼 상에 투영하여 전사한다.

<3> 투영노광장치는 노광영역 내의 광량(노광량)을 균일하게 유지하는 것이 요구된다. 특히, CCD 센서 나 CMOS 센서 등의 촬상소자, LCD 등의 표시소자를 제조하기 위해서는, 엄밀하게 균일한 광량이 필요하게 된다. 여기서, 노광영역이란 웨이퍼 등의 기판 상에 노광광이 입사하는 영역이다. 노광영역 내의 광량이 변화하면 감광제에 전사되는 회로의 선폭이 변화하여, 회로의 전기특성의 변화를 초래한다. 이 경우에, 촬상장치를 제조하는 경우에는 감도 불균일이 발생하고, 표시장치를 제조하는 경우에는 발색 불균일이 발생한다. 감도 불균일이나 발색 불균일이 큰 경우에는, 제조된 촬상장치나 표시장치가 불량품이므로 제거되어야 한다. 관찰자는 화상 내에서 밝기(발색)가 연속적으로 변화하고 있는 경우에는 표시장치에 표시된 화상을 어떠한 불편도 느끼지 않고 볼 수 있지만, 밝기(발색)가 불연속적으로 변화하고 있는 경우에는 불편함을 느낀다. 예를 들면, 도 11에 도시된 바와 같은 화상을 보았을 경우, 그들은 우측의 어두운 화소영역(영역에서의 회로선폭 변화에 기인함)을 민감하게 감지한다. 이

이유 때문에, CCD 센서나 CMOS 센서 등의 촬상소자, LCD 등의 표시소자를 제조하는 경우, 노광영역 내의 광량의 연속적인 변화는 거의 문제가 되지 않지만, 광량의 국소적인 변화(노광영역 내의 광량의 불균일성)가 문제가 된다. 여기서, 도 11은 발색의 불균일이 발생한 표시장치에 표시되는 화상의 일례를 나타내는 도면이다.

<4> 노광영역 내의 광량의 국소적인 변화는 조명광학계 내 또는 투영광학계 내의 이물질(차광물)에 의한 차광 또는 감광에 기인하여 자주 발생된다(광량이 불균일해진다). 이물질의 예로서는, 렌즈에 부착하는 더스트(먼지), 유리재료에 존재하는 거품, 렌즈에 막을 형성할 때에 발생하는 막의 변질물, 렌즈의 변질(노출), 및 렌즈의 상처 등이며, 감광물을 포함한다.

<5> 도 12는 투영광학계 내의 이물질에 의해 광량을 국소적으로 변화시키는 것을 설명하기 위한 도면이다. 도 12는 투영광학계(1000)를 구성하는 평행평면판(1100)의 사출면에 더스트(DST)가 부착했을 경우를 예시한다. 평행평면판(1100)의 사출면에 부착된 더스트(DST)는 노광광을 차광 또는 감광(減光)한다. 그 결과, 도 12에 해칭된 부분에 의해 나타낸 바와 같이 음영이 나타나므로, 기판(1200) 상의 영역 A에 있어서의 광량이 감소해서 광량의 국소적인 변화가 생긴다. 더스트 이외의 차광물이 존재했을 경우나 조명광학계에 차광물이 존재했을 경우에도 동일하게 적용된다.

<6> 투영노광장치는 소정의 발산각의 광만을 사용하기 때문에, 도 12에 해칭된부분에 의해 나타낸 음영(차폐된 광속)은 소정의 패턴으로 확장된다. 이에 의해, 기판상에 투영되는 음영의 크기를 측정함으로써, 이물질의 위치를 특정할 수 있다. 예를 들면, 도 13에 도시된 바와 같이, 평행평면판(1100)의 입사면에 더스트(DST)가 부착하고 있는 경우에는, 기판(1200) 상에 있어서, 도 12에 도시된 영역 A와는 다른 영역 B에 음영을 형성한다. 도 13은 투영광학계(1000) 내의 이물질의 위치에 따라 기판(1200) 상에 투영되는 음영의 크기가 변화하는 것을 설명하기 위한 도면이다.

<7> 이러한 광량의 국소적인 변화(광량의 불균일성)가 발생되었는지의 여부는 소위 오픈 프레임 검사에 의해 확인할 수 있다. 이 검사는 이하의 방법에 있어서 광량의 국소적인 변화가 발생되었는지의 여부를 확인하기 위해 사용된다. 즉, 레티클 없이 감광제가 도포된 기판을 감광제의 감도보다 충분히 적은 광량으로 노광한다 ("오픈 프레임 노광"으로 부름). 현상 후에, 감광제의 잔막상태를 육안으로 확인한다. 광량의 국소적인 변화가 발생된 경우, 감광제의 잔막의 두께가 불균일하게 된다. 감광제의 잔막에 있어서의 간섭광 성분이 서로 강하게 하는 파장은 잔막두께에 따라 다르다. 이 이유 때문에, 광량의 국소적인 변화를 발생시키는 노광장치에 의해 오픈 프레임 노광된 기판을 백색광으로 관찰하면, 무지개형상과 같은 색의 계조를 나타난다. 이러한 색의 계조를 육안으로 확인하고, 소정의 한도 견본(기준)과 비교함으로써, 광량의 국소적인 변화를 허용할 수 있는지의 여부를 판단한다.

<8> 오픈 프레임 검사에 의해 광량의 국소적인 변화가 허용될 수 없다고 판단되었을 경우는, 기판 상에 투영되는 음영의 크기를 측정하여 이물질의 위치를 특정한다. 그리고, 적절한 대책을 행하여 광량의 균일성을 향상시킨다. 상세한 상기 대책의 예는 이물질이 더스트인 경우에는 클리닝이고, 이물질이 유리재료에 존재하는 거품, 막의 변질물, 렌즈의 변질 및 상처인 경우에는 렌즈의 교환이다.

<9> 이물질에 대한 조명광학계의 검사방법으로서는 일본국 특개평 2-25016호 공보에 제안되어 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<10> 그러나, 오픈 프레임 검사는 감광제의 도포, 노광, 현상 및 육안확인 공정을 필요로 하기 때문에, 검사에 많은 시간이 걸린다. 더욱 좋지 않은 것은, 오픈 프레임 검사는 감광제의 도포 불균일이나 현상시의 현상 분균일 등의 오차요인의 영향하에서 감광제를 현상한 후 잔막을 평가하는 것이다. 이 때문에, 이물질에 의한 광량의 국소적인 변화의 유무를 정확하게 확인할 수 없다. 더욱이, 오픈 프레임 검사는 불가피하게 검사자의 기능에 의존한 육안확인에 의해 광량의 국소적인 변화가 발생되었는지의 여부를 확인하기 때문에 정량적인 평가(검사)를 하지 못한다.

<11> 본 발명은 광학계 내의 이물질(차광물)을 간단히 검출할 수 있는 노광장치를 제공한다.

과제 해결수단

<12> 본 발명의 일 측면에 의하면, 광원으로부터의 광속에 의해 레티클을 조명하는 조명광학계, 상기 레티클의 패턴을 기판 상에 투영하는 투영광학계, 상기 투영광학계의 상면에 있어서의 노광영역 내의 광량분포를 측정하는 측

정부, 및 상기 측정부에 의해 측정된 광량분포에 의거하여 상기 조명광학계 및 상기 투영광학계 내의 이물질의 존재를 검출하는 검출부를 가지는 것을 특징으로 하는 노광장치를 제공한다.

<13> 본 발명의 다른 측면에 의하면, 레티클의 패턴을 기판 상에 노광하는 노광 방법으로서, 상기 레티클의 패턴을 상기 기판 상에 투영하는 투영광학계의 상면(像面)에 있어서 노광영역 내의 광량분포를 측정하는 측정스텝, 상기 측정스텝에서 측정된 광량분포에 의거하여 상기 레티클을 조명하는 조명광학계 및 상기 투영광학계 내에 이물질이 존재하는지의 여부를 판단하는 존재판단스텝, 및 상기 존재판단스텝에서 이물질이 존재한다고 판단했을 경우에, 노광을 계속할지의 여부를 판단하는 노광판단스텝을 가지는 것을 특징으로 하는 노광방법을 제공한다.

<14> 본 발명의 또 다른 측면에 의하면, 상기 노광장치를 사용하여 기판을 노광하는 스텝; 및 상기 노광된 기판에 대해서 현상처리를 하는 스텝을 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스의 제조방법을 제공한다.

<15> 본 발명의 다른 특징은 첨부된 도면을 참조한, 다음의 전형적인 실시형태의 설명으로부터 명백해질 것이다.

효 과

<16> 본 발명에 의한 노광방법에 의하면, 노광시에 광량의 국소적인 변동의 유무를 판단한다. 이에 의해, 노광의 국소적인 변동이 상대적으로 큰 상태에서 웨이퍼(60)를 노광함으로써 반도체디바이스의 불량품의 제조를 방지할 수 있다. 따라서, 반도체디바이스의 제품수율 및 생산성을 향상할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<17> 이하 첨부도면을 참조하면서, 본 발명에 의한 일 실시형태의 노광장치를 설명한다. 각 도면에서의 동일한 참조번호는 동일한 구성요소를 나타내고, 그것의 중복설명은 생략한다. 여기서, 도 1은 본 발명에 의한 노광장치의 개략단면도이다.

<18> 노광장치(1)는 스텝-앤드-스캔 방식으로 레티클(40)의 패턴을 웨이퍼(60) 상에 전사하는 투영노광장치이다. 노광장치(1)는 조명장치, 레티클(40)을 탑재하는 레티클스테이지, 투영광학계(50), 웨이퍼(기판)(60)를 탑재하는 웨이퍼스테이지 (70), 측정부(80), 및 제어부(90)를 가진다.

<19> 조명장치는 광원부(10), 셔터(20), 및 조명광학계(30)를 가지고, 전사되는 회로패턴이 형성된 레티클(40)을 조명한다.

<20> 광원부(10)는 광원(12) 및 램프박스(14)를 가진다. 광원(12)은, 본 실시형태에서는, 초고압 수은램프(g선(파장 약 436nm) 또는 i선(파장 약 365nm))를 사용한다. 그러나, 광원(12)은 램프로 한정되는 것은 아니고, 레이저를 사용해도 된다. 램프 박스(14)는 광원(12)으로부터 사출되는 광속을 집광하는 집광미러를 가진다.

<21> 셔터(20)는 광원부(10)와 조명광학계(30) 사이에 삽입된다. 셔터(20)는 제어부(후술함)(90)의 제어하에 개폐하고 광원부(10)에 의해 사출되는 광속의 공급과 차단을 절환한다. 환언하면, 셔터(20)는 제어부(90)와 연동하여 노광영역 내의 광량(노광량)을 제어한다.

<22> 조명광학계(30)는 광원부(10)로부터의 광속에 의해 레티클(40)을 조명하는 광학계이다. 본 실시형태에서, 조명광학계(30)는 접이식광학계(light-leading optical system)(31), 파리의 눈렌즈(32), 및 콘덴서광학계(33)를 가진다.

<23> 접이식광학계(31)는 광원부(10)로부터의 광속을 증대 또는 감소시켜서, 소정의 분포로 파리의 눈렌즈(32)에 도광한다.

<24> 파리의 눈렌즈(32)는 광속의 파면을 분할하여, 균일한 각도 분포를 가지는 광속을 사출한다.

<25> 콘덴서광학계(33)는 파리의 눈렌즈(32)의 사출면을 2차 광원으로서 사출한 광속에 의해 레티클(40)을 균일한 조도분포로 조명한다.

<26> 레티클(40)은 회로패턴을 가지고, 레티클스테이지에 의해 유지 및 구동된다. 레티클(40)은 레티클스테이지를 개재하여, 교환가능하고, 광로 내에 배치가능하며, 광로로부터 퇴피가 가능하다. 레티클(40)에 의해 회절된 광은 투영광학계(50)를 통하여 웨이퍼(60)에 투영된다.

<27> 투영광학계(50)는 레티클(40)의 패턴 상(像)을 웨이퍼(60) 상에 투영하는 광학계이다. 투영광학계(50)는 디옵트릭계, 카타디옵트릭계 또는 카톱트릭계를 사용할 수 있다.

<28> 웨이퍼(60)는 웨이퍼스테이지(70)에 의해 유지 및 구동된다. 본 실시형태에서는, 기판으로서 웨이퍼를 사용하고 있지만, 유리 플레이트 등 다른 기판을 사용할 수도 있다. 웨이퍼(60)에는 포토레지스트가 도포되어 있다.

<29> 웨이퍼스테이지(70)는 웨이퍼(60)및 측정부(80)(후술함)를 유지 및 구동한다. 웨이퍼스테이지(70)는 당업계 주지의 어떠한 구성도 적용할 수 있고, 6개의 동축을 가지는 것이 바람직하다.

<30> 측정부(80)는 웨이퍼스테이지(70) 상에 배치된다. 측정부(80)는 웨이퍼스테이지(70)에 의해 노광영역 내에 반송되어 투영광학계(50)의 상면에 있어서 노광영역 내의 광량분포를 측정한다. 측정부(80)는, 예를 들면, 노광영역 내의 복수의 측정위치에서 광량을 검출함으로써 광량분포를 측정해도 된다. 환언하면, 측정부(80)는 노광영역보다 작은 영역(즉, 노광영역 내의 일부)의 광량을 검출함으로써 광량분포를 측정해도 된다. 이 경우에, 측정부(80)는 웨이퍼스테이지(70)를 개재하여 노광영역 내를 스텝 이동하면서 광량을 검출하여 노광영역 내의 광량분포를 측정한다.

<31> 측정부(80)는 본 실시형태에서는 핀홀센서를 사용한다. 도 2에 도시된 바와 같이, 측정부(80)로서의 핀홀센서는 마스크(82) 및 수광부(84)를 가진다. 마스크(82)는 직경 a(㎜)의 핀홀(개구)(82a)을 가진다. 수광부(84)는 핀홀(82a)을 통과한 광속을 수광한다. 측정부(80)로서의 핀홀센서는, 직경 a의 영역의 광량을 측정할 수 있다. 핀홀(82a)의 직경 a는 노광영역의 1/50 이하인 것이 바람직하다. 예를 들면, 26(㎜)× 33(㎜)의 노광영역을 가지는 노광장치의 경우, 핀홀(82a)의 직경 a(㎜)는 0.5(㎜) 이하인 것이 바람직하다. 여기서, 도 2는 측정부(80)의 일례로서의 핀홀센서의 구성을 나타내는 개략 평면도이다.

<32> 도 3은 측정부(80)로서의 핀홀센서에 의한 노광영역 내의 광량(광량분포)의 측정을 설명하기 위한 도면이다. 도 3을 참조하면, 점선은 광량을 측정할 때의 핀홀센서, 즉, 핀홀(82a)의 위치(측정위치)를 나타낸다. 측정부(80)로서의 핀홀센서는, c(㎜)×c(㎜)의 노광영역(또는 노광영역의 일부)을 피치 b(㎜)로 2차원 격자패턴으로 스텝 이동하면서 각 측정위치(측정점)의 광량을 검출한다. 이 동작에 의해, 측정부(80)로서의 핀홀센서는 노광영역의 광량분포를 미세하게 측정할 수 있다. 피치 b(㎜)는 노광영역의 1/50 이하인 것이 바람직하다. 예를 들면, 26(㎜) x 33(㎜)의 노광 영역을 가지는 노광장치의 경우, 피치 b(㎜)는 0.5(㎜) 이하인 것이 바람직하다. 다음의 이유 때문에, 노광영역의 일부의 영역에 있어서의 광량(광량분포) 만을 검출할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 즉, 노광영역의 전체 영역의 광량(광량분포)을 검출하면 다수의 측정점이 필요하므로, 측정시간이 너무 많이 소요된다. 상기 노광영역의 일부의 영역은 임의의 영역을 지정할 수 있도록 하면 된다.

<33> 제어부(90)는 CPU 및 메모리를 가지고, 노광장치(1)의 동작을 제어한다. 제어부(90)는, 예를 들면, 셔터(20)를 개재하여 노광영역의 광량(노광량)을 제어한다. 또, 본 실시형태에 의하면, 제어부(90)는 측정부(80)로부터의 출력(측정결과)을 해석해서, 노광영역 내의 광량의 국소적인(불연속인) 변화를 검출 및 평가한다. 환언하면, 제어부(90)는 측정부(80)에 의해 측정된 광량분포에 의거하여 광량의 국소적인 변화의 원인이 되는 광학계(조명광학계(30) 또는 투영광학계(50)의 적어도 한쪽)에 존재하는 이물질(차광물)을 검출하는 이상검출부로서 기능한다.

<34> 제어부(90)는 측정부(80)에 의해 측정된 광량분포로부터 연속적인 광량의 변화와 국소적인(불연속적인) 광량의 변화를 분리해서 노광영역 내의 광량의 국소적인 변화를 검출 및 평가한다. 보다 구체적으로는, 제어부(90)는 측정부(80)에 의해 측정된 광량분포를 나타내는 함수를 측정점에 대해서 2계미분함으로써(2계미분 방식), 광량의 국소적인 변화를 분리한다.

<35> 도 4를 참조해서, 광량분포를 나타내는 함수를 측정위치에 대해서 2계미분 함으로써, 광량의 국소적인 변화를 분리할 수 있는 원리를 설명한다. 도 4는 측정부(80)에 의해 측정된 광량분포의 일례를 나타내는 단면도이다. 도 4를 참조하면, 횡축은 측정위치를 나타내고, 종축은 각 측정위치에서의 광량을 나타낸다. 도 4에 도시된 광량분포는 광량이 연속적으로(대체적으로 완만하게) 변화하는 영역(주변을 향해서 광량이 감소하는 영역), 및 광학계 내의 이물질에 의해 광량이 국소적으로 급격하게 변화하는 영역을 포함한다.

<36> 예를 들면, 광량의 최대치와 최소치 간의 차이에 의거하여 광량의 국소적인 변화를 검출(평가)하는 경우, 대체적으로 연속적인 변화는 국소적인 변화와 분리할 수 없다. 측정부(80)에 의해 측정된 광량분포를 나타내는 함수를 측정위치에 대해서 1계 미분함으로써 광량의 국소적인 변화를 검출(평가)하는 경우를 상정한다. 측정위치에 대한 광량분포의 1계미분은 인접한 측정위치(측정점)와의 광량의 차이를 나타낸다. 도 4에 나타내는 광량분포의 경우, 광량이 연속적으로 변화하는 영역과 광학계 내의 이물질의 존재에 의해 광량이 국소적으로 변화하는 영역을 구별(분리)할 수 없다. 인접한 측정위치와의 광량의 차가 동일하면, 동일값(1계미분치)이 산출된다.

<37> 광량분포를 나타내는 함수를 측정위치에 대해서 2계미분한 절대값은 광량이 극값을 가지는 측정위치에서 상대적

으로 크게 된다. 2계미분치의 절대값이 상대적으로 크다는 것은 측정위치의 함수인 광량의 기울기의 변화가 상대적으로 큰 것을 의미한다. 즉, 연속적으로(대체적으로 완만하게) 광량이 변화하는 영역에서는 2계미분치의 절대값이 상대적으로 작은 값이 되는 반면에, 국소적으로 급격하게 광량이 변화하는 영역에서는 2계미분치의 절대값이 상대적으로 큰 값이 된다. 이에 의해, 측정위치의 함수인 광량분포의 2계미분치의 절대값을 평가함으로써, 광량의 국소적인 변화를 검출할 수 있다. 2계미분치의 절대값이 아니라, 2계미분치의 제곱을 평가함으로써, 광량의 국소적인 변화를 검출할 수도 있다. 2계미분치의 제곱은 정수가 되기 때문에, 2계미분치의 절대값보다 취급하기 용이하다. A(i, j)를 격자 패턴으로 배열된 측정위치(i, j)의 측정값으로 놓는다. 그러면, 2차원의 광량분포의 2계미분치의 제곱 A"(i, j)는 이하의 식 1로 주어진다.

<38> $$A''(i, j) = \{A(i + 1, j) - 2 \times A(i, j) + A(i - 1, j)\}^2$$

<39> $$+ \{A(i, j + 1) - 2 \times A(i, j) + A(i, j - 1)\}^2 \quad ...(1)$$

<40> 본 발명자가 검토한 바, 광량분포의 2계미분치의 제곱 A"(i, j)가 노광영역 내에서 0.015 이하이면, 광량의 국소적인 변화는 종래의 오픈 프레임 검사의 허용값 이내에 들어가는 것을 밝혀냈다. 이 관점에서, 광량분포의 2계미분치의 제곱 A"(i, j)가 노광영역 내에서 0.015를 초과할 경우에는, 제어부(90)는, 도 12 및 도 13을 참조하면서 설명한 바와 같이, 웨이퍼(60) 상에 투영되는 음영의 크기로부터 이물질의 위치를 특정한다. 웨이퍼(60) 상에 투영되는 음영은, 도 4에 도시된 바와 같이, 광량분포에 있어서 광량이 국소적으로 변화하는 영역의 크기에 상당한다. 즉, 제어부(90)는 측정부(80)에 의해 측정된 광량분포에 의거하여 조명광학계(30) 및 투영광학계(50)의 적어도 한쪽 내의 이물질의 위치를 특정한다. 위치가 특정된 이물질은 클리닝이나 렌즈의 교환 등에 의해 제거된다.

<41> 이물질이 더스트인 경우, 광량의 국소적인 변화는 항상 국소적인 최소값을 가지며, 광량분포의 2계미분치는 반드시 정의 값이 된다. 따라서, 광학계 내의 이물질로서 더스트만을 검출하는 경우에는, 2계미분치 자체에 의거하여 광량의 국소적인 변화를 검출(평가)해도 된다.

<42> 상기한 바와 같이, 노광장치(1)에 의해 노광영역 내의 광량분포를 사용하여 광학계 내의 이물질(광량의 국소적인 변화)을 간단하게(예를 들면, 단시간에 정량적으로) 검출할 수 있다.

<43> 노광에 있어서, 광원부(10)에 의해 사출된 광속은 조명광학계(30)에 의해 레티클(40)을 조명한다. 레티클(40)을 통과한 광속은 투영광학계(50)에 의해 도광되어 웨이퍼(60) 상에 결상된다. 노광장치(1)는, 상술한 바와 같이, 광학계(조명광학계(30) 및 투영광학계(50)) 내의 이물질을 검출해서, 이러한 이물질을, 예를 들면, 클리닝 또는 렌즈교환에 의해 제거할 수 있다. 따라서, 노광장치(1)는 높은 스루풋으로 고품위인 디바이스(반도체소자, LCD 소자, 촬상소자(예를 들면, CCD), 박막자기헤드 등)를 제공할 수 있다.

<44> 이하, 노광장치(1)의 변형예인 노광장치(1A)에 대해 설명한다. 도 5는 본 발명에 의한 노광장치(1A)의 개략 단면도이다. 노광장치(1A)는 스텝-앤드-스캔 방식의 투영노광장치이며, 레티클(40)과 웨이퍼(60)를 상대적으로 주사(구동)하면서 레티클(40)의 패턴을 웨이퍼(60) 상에 전사한다. 노광장치(1A)는 광원부(10A), 측정부(80A) 및 제어부(90A)를 사용하는 점에서 노광장치(1)와 다르다.

<45> 광원부(10A)는 광원(12A), 접이식광학계(14A), 및 요동부(16A)를 가진다. 본 실시형태에서는, 광원(12A)은 ArF 엑시머 레이저(파장 약 193nm)나 KrF 엑시머 레이저(파장 약 248nm) 등의 엑시머 레이저를 사용한다. 그러나, 광원(12A)은 엑시머 레이져로 한정되는 것은 아니고, 그 외의 레이저나 고압 수은램프를 사용해도 된다. 접이식광학계(14A)는 광원(12A)에 의해 사출되는 레이저광을 조명광학계(30)에 도광한다. 요동부(16A)는 접이식광학계(14A)를 직선적 또는 회동적으로 요동하여, 레이저광의 코히런스에 기인하는 얼룩(speckle)을 저감한다.

<46> 노광장치(1A)에 있어서는, 웨이퍼(60) 상의 광량은 광량분포를 주사방향(구동방향)에 대해서 적분한 값이기 때문에, 노광영역 내의 주사방향의 광량분포는 균일하게 된다. 따라서, 노광영역 내의 광량의 국소적인 변화는 레티클(40) 및 웨이퍼(60)의 주사방향에 대해서 수직인 방향으로만 발생한다. 이 관점에서, 본 실시형태에서 측정부(80A)는 슬릿센서를 사용한다.

<47> 도 6에 도시된 바와 같이, 측정부(80A)로서의 슬릿센서는 슬릿(82Aa) 및 수광부(84A)를 가진 마스크(82A)를 가진다. 상기 슬릿(82Aa)은 폭방향으로 a(㎜)의 치수를 가지고, 그 길이방향은 레티클(40) 및 웨이퍼(60)의 주사방향에 대응한다.수광부(84A)는 슬릿(82Aa)을 통과한 광속을 수광한다. 측정부(80A)로서의 슬릿센서는 (폭방향의 치수 a) × (길이방향의 치수)의 영역의 광량을 측정할 수 있다. 슬릿(82Aa)의 폭방향의 치수 a(㎜)는 노광영역의 1/50 이하인 것이 바람직하다. 예를 들면, 26(㎜)×33(㎜)의 노광영역을 가지는 노광장치의 경우, 폭방

향의 치수 a(㎜)는 0.5(㎜) 이하인 것이 바람직하다. 여기서, 도 6은 측정부(80A)의 일례로서의 슬릿센서의 구성을 나타내는 개략 평면도이다.

<48> 도 7은 측정부(80A)로서의 슬릿센서에 의한 노광영역 내의 광량(광량분포)의 측정을 설명하기 위한 도면이다. 도 7을 참조하면, 점선은 광량을 측정할 때의 슬릿센서, 즉, 슬릿(82Aa)의 위치(측정위치)를 나타낸다. 측정부(80A)로서의 슬릿센서는 c(㎜)×c(㎜)의 노광영역(또는 노광영역의 일부)을 피치 b(㎜)로 스텝이동하면서 각 측정위치(측정점)의 광량을 검출한다. 이 동작에 의해, 측정부(80A)로서의 슬릿센서는 노광영역 내의 주사방향에 있어서 직교하는 방향의 광량분포를 미세하게 측정할 수 있다. 피치 b(㎜)는 노광영역의 1/50 이하인 것이 바람직하다. 예를 들면, 26(㎜)×33(㎜)의 노광영역을 가지는 노광장치의 경우, 피치 b(㎜)는 0.5(㎜) 이하인 것이 바람직하다. 다음의 이유 때문에, 노광영역의 일부의 영역에 있어서의 광량(광량분포)만을 검출할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 즉, 노광영역의 전체영역의 광량(광량분포)의 검출은 다수의 측정점이 필요하므로, 측정시간이 매우 길어진다. 상기 노광영역의 일부의 영역은 임의의 영역을 지정할 수 있도록 해도 된다.

<49> 측정부(80A)는 슬릿센서로 한정되는 것은 아니고, 레티클(40) 및 웨이퍼(60)의 주사방향으로 센서를 배치한 센서어레이를 사용해도 된다. 측정부(80A)로서 센서어레이를 사용하는 경우에는, 각 센서로부터의 출력값을 서로 가산함으로써 노광영역 내의 광량분포를 측정할 수 있다.

<50> 제어부(90A)는 CPU, 메모리를 가지고, 노광장치(1A)의 동작을 제어한다. 제어부(90A)는, 예를 들면, 광원(12A)에 있어서의 레이저광의 발진을 조정함으로써, 노광영역 내의 광량(노광량)을 제어한다. 또, 본 변형예에서는, 제어부(90A)는 측정부(80A)로부터의 출력(측정결과)을 해석해서, 노광영역 내의 광량의 국소적인(불연속인) 변화를 검출 및 평가한다. 환언하면, 제어부(90A)는 측정부(80A)에 의해 측정된 광량분포에 의거하여 광량의 국소적인 변화의 원인이 되는 광학계(조명광학계(30) 또는 투영광학계(50)의 적어도 한쪽)에 존재하는 이물질을 검출하는 검출부로서 기능한다.

<51> 보다 구체적으로는, 제어부(90A)는 측정부(80A)에 의해 측정된 1차원(주사방향에 대해서 직교하는 방향)의 광량분포를 나타내는 함수를 측정위치에 대해서 2계미분한다. 환언하면, 제어부(90A)는 측정부(80A)에 의해 측정된 광량분포의 측정위치에 대한 2계미분치에 의거하여 광량의 국소적인 변화를 검출(평가)한다. 본 실시형태에서는, 제어부(90A)는 1차원의 광량분포의 2계미분치의 제곱을 사용한다. B(i)를 측정위치(i)의 측정값으로 놓는다. 그러면, 1차원의 광량분포의 2계미분치의 제곱 B"(i)는 식 2로 주어진다.

<52> $$B"(i)= \{B(i + 1) - 2\times B(i) + B(i-1)\}^2 \quad ...(2)$$

<53> 본 발명자가 검토한 바, 1 차원의 광량분포의 2계미분치의 제곱 B"(i)이 노광영역 내에서 0.01 이하이면, 광량의 국소적인 변화는 종래의 오픈 프레임 검사에서허용치 이내에 들어가는 것을 밝혀냈다. 이 관점에서, 2계미분치의 제곱 B"(i)이 노광영역 내에서 0.01을 초과하는 경우에는, 제어부(90A)는, 도 12 및 도 13을 참조하면서 설명한 바와 같이, 웨이퍼(60) 상에 투영되는 음영의 크기로부터 이물질의 위치를 특정한다. 웨이퍼(60) 상에 투영되는 음영은 광량분포에 있어서 광량이 국소적으로 변화하는 영역의 크기에 상당한다. 즉, 제어부(90A)는 측정부(80A)에 의해얻은 광량분포에 의거하여 조명광학계(30) 및 투영광학계(50)의 적어도 한쪽의 이물질의 위치를 특정한다. 위치가 특정된 이물질은 클리닝이나 렌즈의 교환 등에 의해 제거된다.

<54> 상기와 같이, 노광영역 내의 광량분포를 사용하여 노광장치(1A)에 의해 광학계 내의 이물질(광량의 국소적인 변화)을 간단히(예를 들면, 단 시간내에 정량적으로) 검출할 수 있다.

<55> 이하, 도 8을 참조하면서, 노광장치(1) 또는 (1A)를 사용한 노광방법에 대해서 설명한다. 도 8은 본 발명의 일측면에 의한 노광방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 이 노광방법은 노광시에 노광영역 내의 광량의 국소적인 변화를 모니터해서, 허용치를 벗어나는 국소적인 변화가 검출되었을 경우에 노광을 정지한다. 이에 의해, 반도체 소자(촬상 소자나 표시 소자)의 불량품의 제조를 방지할 수 있어서 제품 수율을 향상시킬 수 있다. 노광장치(1)를 사용한 노광방법과 노광장치(1A)를 사용한 노광방법은, 실질적으로 동일하기 때문에, 이하에서는, 노광장치(1)을 사용한 노광방법을 예로 설명한다.

<56> 도 8을 참조하면, 노광이 개시되면, 측정부(80)가 노광영역 상의 측정위치의 광량을 검출해서, 노광영역 내의 광량분포를 측정한다(스텝 302). 측정부(80)에 의해 측정된 광량분포는 제어부(90)에 전송된다. 제어부(90)는 측정부(80)로부터의 광량분포를 나타내는 함수를 측정위치에 대해서 2계미분해서, 노광영역 내에 있어서 광량의 국소적인 변화가 발생하는지의 여부를 판단한다(스텝 304). 환언하면, 제어부(90)는 측정부(80)로부터의 광량분포에 의거하여 조명광학계(30) 및 투영광학계(50)의 적어도 한쪽에 이물질이 존재하는지의 여부를 판단한다(이

상판단스텝).

<57> 스텝 304(이상판단스텝)에 있어서, 노광영역 내에 광량의 국소적인 변화가 발생하지 않으면, 스텝 302에 돌아와, 노광을 계속하면서 노광영역 상의 광량을 측정한다. 스텝 304에 있어서, 노광영역 내에 광량의 국소적인 변화가 발생하면, 제어부(90)는 노광을 계속할지의 여부(즉, 노광영역 내의 광량의 국소적인 변화가 허용치 내에 들어가는지의 여부)를 판단한다(스텝 306). 예를 들면, 광량분포의 2계미분치의 제곱에 의거하여 광량의 국소적인 변화를 평가하는 것을 상정한다. 이 경우에, 이 값이 0.015 이하이면, 노광의 계속이 가능하다고 판단하고, 반면에 이 값이 0.015 보다 크면, 노광의 계속이 불가능하다고 판단한다. 노광의 계속이 불가능하다고 판단되었을 경우에는, 측정부(80)에 의해 측정된 광량분포에 의거하여 조명광학계(30) 및 투영광학계(50)의 적어도 한쪽의 이물질의 위치를 특정하는 것이 바람직하다.

<58> 스텝 306(노광판단스텝)에 있어서, 노광의 계속이 가능하다고 판단되었을 경우, 노광을 계속한다(스텝 312). 스텝 306에 있어서, 노광의 계속이 불가능하다고 판단되었을 경우, 노광을 정지하고, 에러메시지(즉, 이물질이 광학계에 존재한다는 메시지)를 표시한다(스텝 308). 광량이 변화하는 영역의 크기에 의해 이물질의 위치를 표시하는 것이 바람직하다. 상기 에러의 표시에 따라, 조명광학계(30) 및 투영광학계(50)의 적어도 한쪽의 이물질을 제거한다(스텝 310). 다음에, 스텝 302로 복귀한다.

<59> 상기와 같이, 본 실시형태의 노광방법에 의하면, 노광시에 광량의 국소적인 변동이 발생되었는지의 여부를 판단한다. 이에 의해, 노광량의 국소적인 변동이 상대적으로 큰 상태에서 웨이퍼(60)를 노광함으로써 반도체디바이스의 불량품의 제조를 방지할 수 있다. 따라서, 반도체디바이스의 제품수율 및 생산성을 향상할 수 있다.

<60> 다음에, 도 9 및 도 10을 참조하면서, 상술한 노광장치(1) 또는 (1A)를 사용한 디바이스의 제조방법의 실시예를 설명한다. 도 9는 디바이스(예를 들면, IC 및 LSI 등의 반도체 칩, LCDs, CCDs 등)의 제조방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 여기에서는, 반도체 칩의 제조방법을 예로서 설명한다. 스텝 1(회로설계)에서는, 반도체 디바이스의 회로를 설계한다. 스텝 2(레티클 제작)에서는, 회로패턴이 설계된 레티클을 제작한다. 스텝 3(웨이퍼 제조)에서는 실리콘 등의 재료를 사용하여 웨이퍼를 제조한다. 스텝 4(웨이퍼 프로세스)는 전공정으로도 부르고, 레티클과 웨이퍼를 사용하여 리소그래피에 의해 웨이퍼 상에 실제의 회로를 형성한다. 스텝 S5(조립)는 후공정으로도 부르며, 스텝 S4에서 형성된 웨이퍼를 반도체칩으로 형성하는 공정이고, 어셈블리 공정(다이싱, 본딩), 패키징 공정(칩 밀봉) 등을 포함한다. 스텝 6(검사)에서는 스텝 5에서 제작된 반도체 디바이스의 동작확인 테스트, 내구성 테스트 등의 각종 검사를 실시한다. 이들 공정을 거쳐서 반도체 디바이스가 완성되고, 출하(스텝 7)된다.

<61> 도 10은 웨이퍼 프로세스(스텝 4)의 상세한 흐름도이다. 스텝 11(산화)에서는 웨이퍼의 표면을 산화시킨다. 스텝 S12(CVD)에서는 웨이퍼의 표면에 절연막을 형성한다. 스텝 13(전극 형성)에서는 증착 등에 의해 웨이퍼에 전극을 형성한다. 스텝 14(이온주입)에서는 웨이퍼에 이온을 주입한다. 스텝 15(레지스트 처리)에서는 웨이퍼에 레지스트를 도포한다. 스텝 16(노광)에서는 상기의 노광장치(1) 또는 (1A)를 사용하여 레티클로부터 회로패턴을 웨이퍼에 노광한다. 스텝 17(현상)에서는 상기 노광된 웨이퍼를 현상한다. 스텝 S18(에칭)에서는, 현상된 레지스트상 이외의 부분을 에칭한다. 스텝 19(레지스트 박리)에서는, 에칭이 끝난 후 사용되지 않는 레지스트를 제거한다. 이들 스텝을 반복하여 웨이퍼 상에 다층의 회로패턴을 형성한다. 이 디바이스의 제조방법에서는, 종래의 노광장치보다 고품위의 디바이스를제조할 수 있다. 따라서, 상기 노광장치(1) 또는(1A)를 사용한 디바이스의 제조방법과 결과물인 디바이스는 본 발명의 한 측면을 구성한다.

<62> 본 발명을 전형적인 실시형태에 대해서 설명하였지만, 본 발명은 상기 개시된 전형적인 실시형태에 한정되지 않는 것으로 이해되어야 한다. 다음의 특허청구범위는 이러한 모든 변경과 등가의 구성 및 기능을 망라하도록 가장 넓게 해석되어야 한다.

도면의 간단한 설명

<63> 도 1은 본 발명의 일 측면에 의한 노광장치의 개략적인 단면도;

<64> 도 2는 도 1에 도시된 노광장치의 측정부의 일례인 핀홀센서의 개략적인 평면도;

<65> 도 3은 도 1에 도시된 노광장치의 측정부인 핀홀센서에 의해 노광영역 내의 광량(광량분포)의 측정을 설명하는 도면;

<66> 도 4는 도 1에 도시된 노광장치의 측정부에 의해 측정된 광량분포의 일례의 단면도;

<67> 도 5는 본 발명의 다른 측면에 의한 노광장치의 개략적인 단면도;

<68> 도 6은 도 5에 도시된 노광장치의 측정부의 일례인 슬릿센서의 개략적인 평면도;

<69> 도 7은 도 6에 도시된 노광장치의 측정부인 슬릿센서에 의해 노광영역 내의 광량(광량분포)의 측정을 설명하는 도면;

<70> 도 8은 본 발명의 일 측면에 의한 노광방법을 설명하는 흐름도;

<71> 도 9는 디바이스의 제조방법을 설명하는 흐름도;

<72> 도 10은 도 9의 스텝 4의 웨이퍼프로세스의 상세한 흐름도;

<73> 도 11은 발색 불균일이 발생한 표시장치에 표시되는 화상의 일례를 나타내는 도면;

<74> 도 12는 투영광학계 내의 이물질이 노광량을 국소적으로 변화시키는 것을 설명하는 도면;

<75> 도 13은 투영광학계 내의 이물질의 위치에 따라 기판 상에 투영되는 음영의 크기가 변화하는 것을 설명하는 도면.

<76> [도면의 주요부분에 대한 부호의 설명]

<77> 1: 노광장치 10: 광원부

<78> 12: 광원 14: 램프박스

<79> 20: 셔터 30: 조명광학계

<80> 31: 접이식광학계 32: 파리의 눈렌즈

<81> 33: 콘덴서광학계 40: 레티클

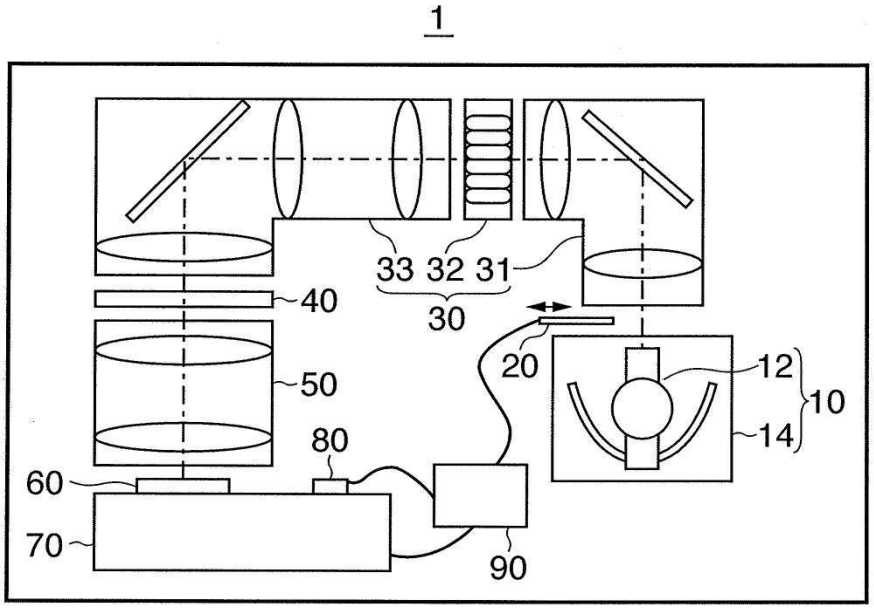
<82> 50: 투영광학계 60: 웨이퍼

<83> 70: 웨이퍼스테이지 80: 측정부

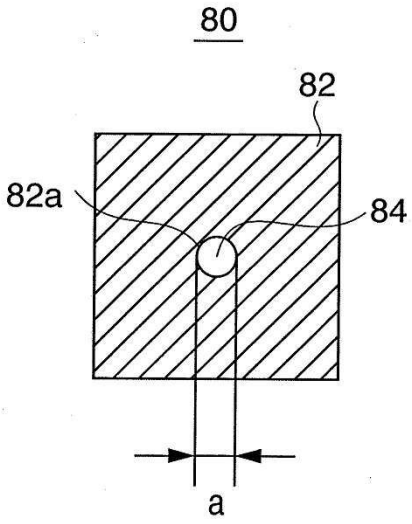
<84> 82a: 핀홀(개구) 90: 제어부

도면

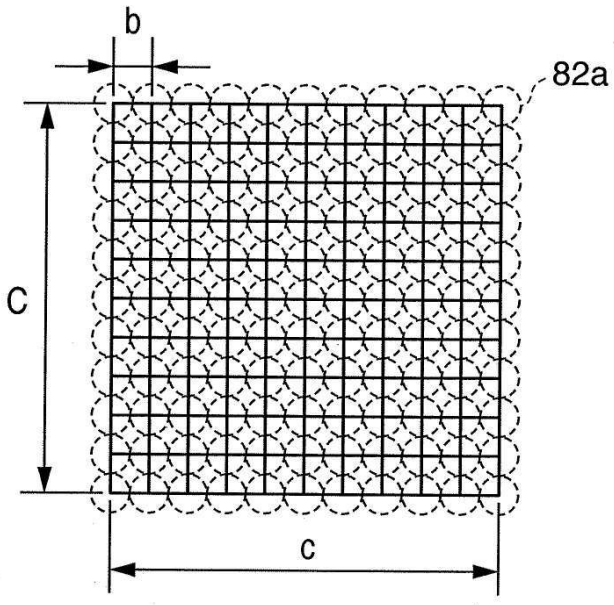
도면1



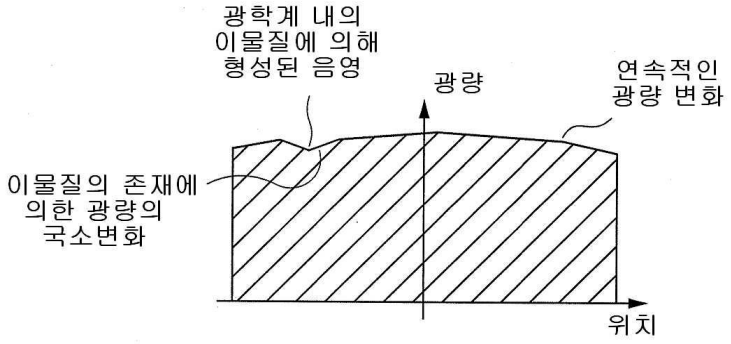
도면2



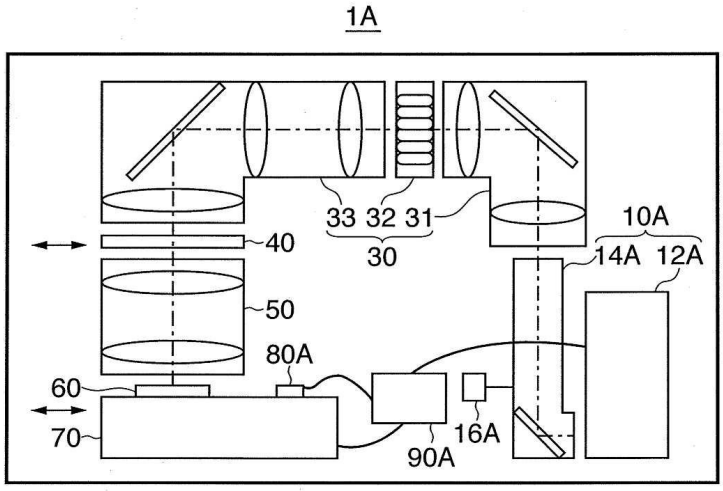
도면3



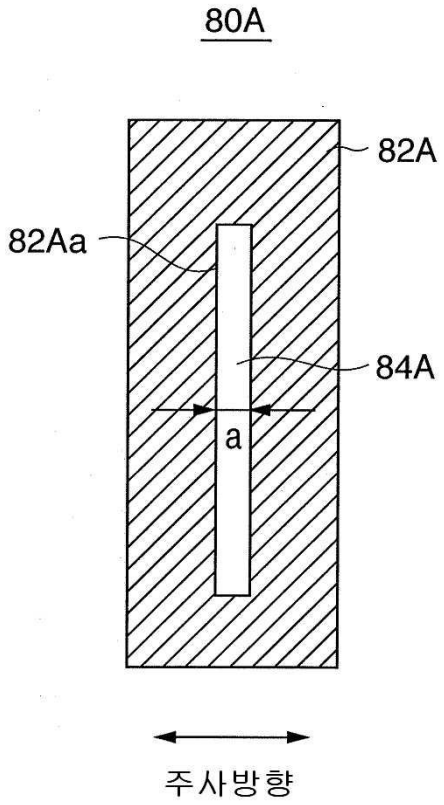
도면4


광학계 내의
이물질에 의해
형성된 음영
광량
연속적인
광량 변화
이물질의 존재에
의한 광량의
국소변화
위치

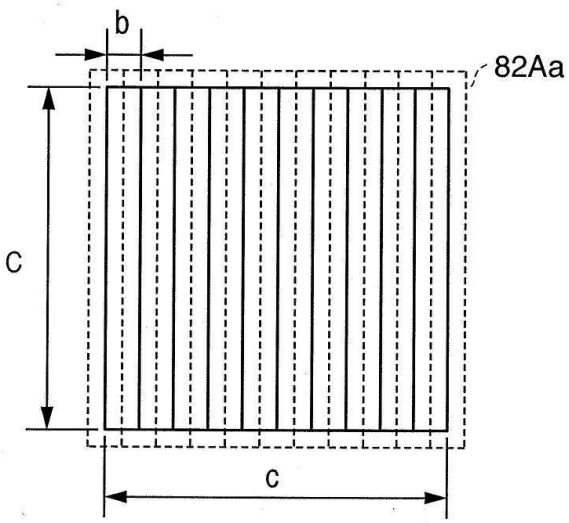
도면5


1A
33 32 31
30
10A
14A 12A
40
50
80A
60
70
16A
90A

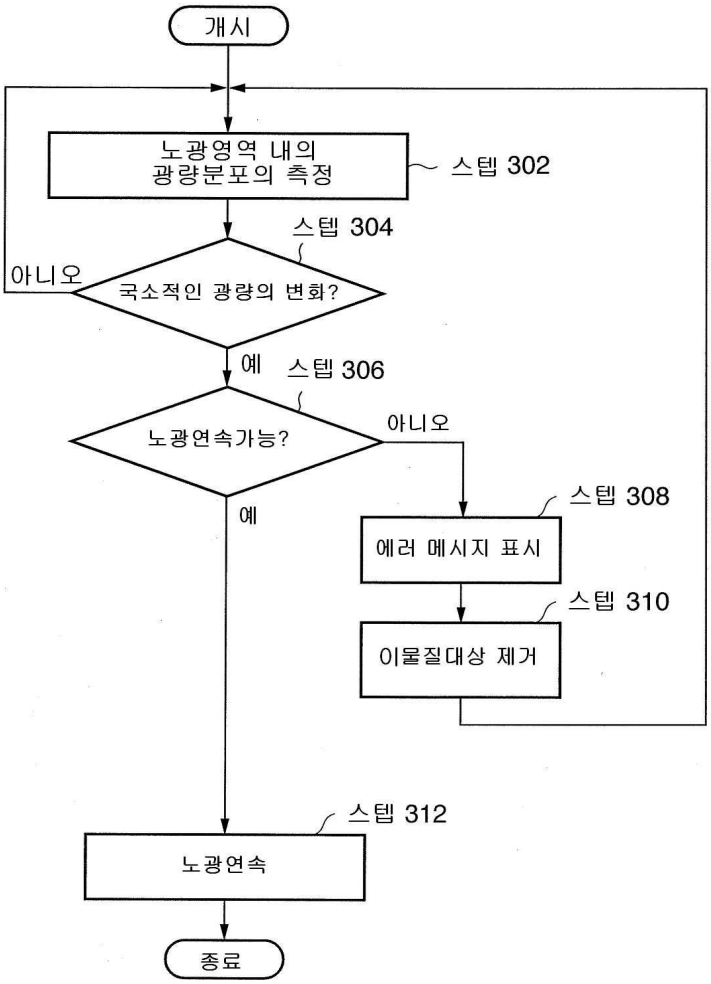
도면6



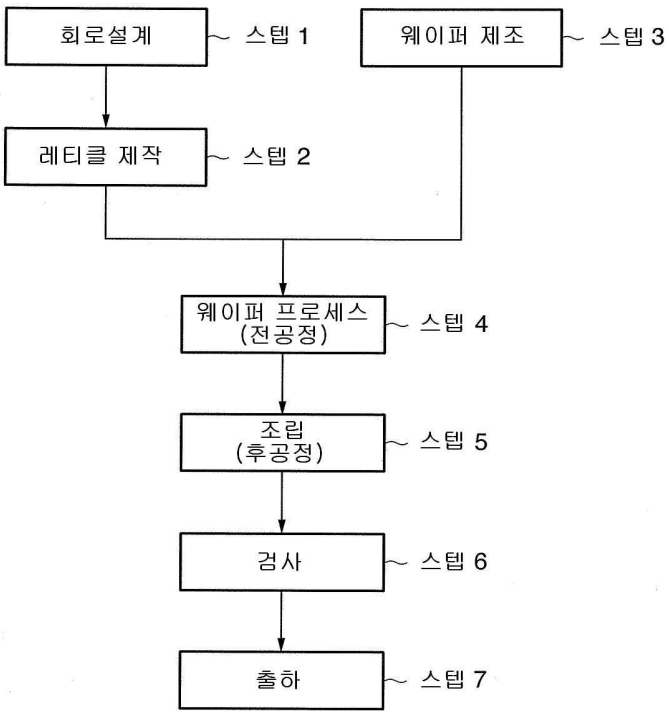
도면7



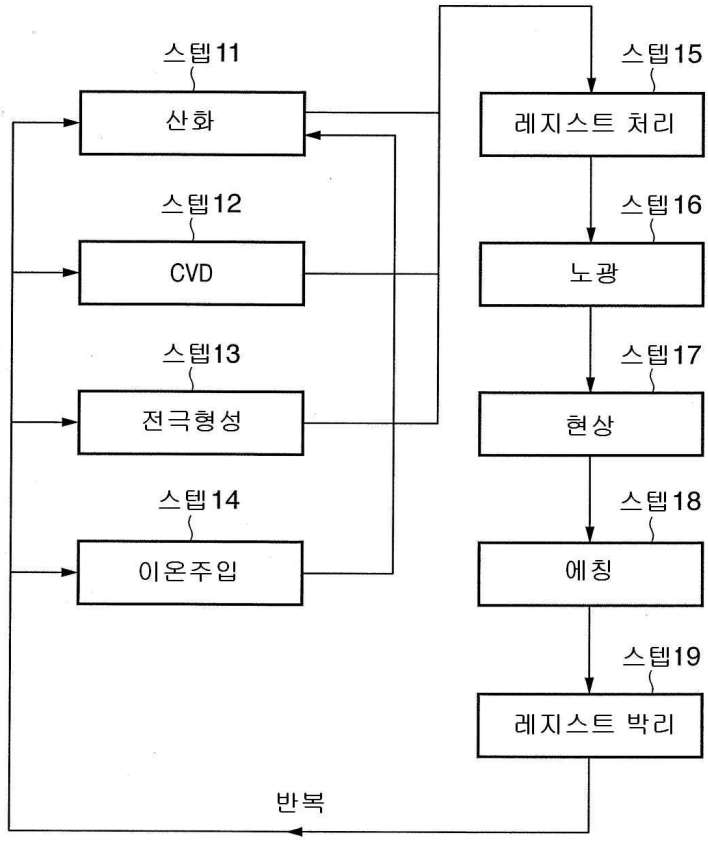
도면8


개시
노광영역 내의
광량분포의 측정
스텝 302
스텝 304
아니오
국소적인 광량의 변화?
예
스텝 306
노광연속가능?
아니오
예
스텝 308
에러 메시지 표시
스텝 310
이물질대상 제거
스텝 312
노광연속
종료

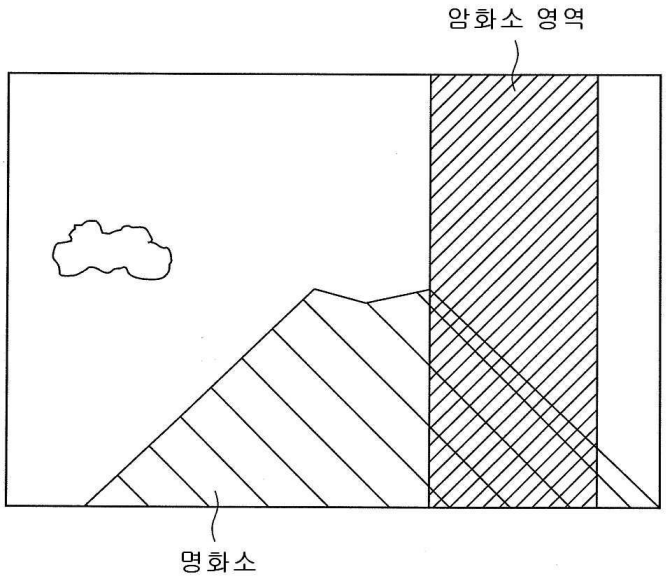
도면9


회로설계
스텝 1
웨이퍼 제조
스텝 3
레티클 제작
스텝 2
웨이퍼 프로세스
(전공정)
스텝 4
조립
(후공정)
스텝 5
검사
스텝 6
출하
스텝 7

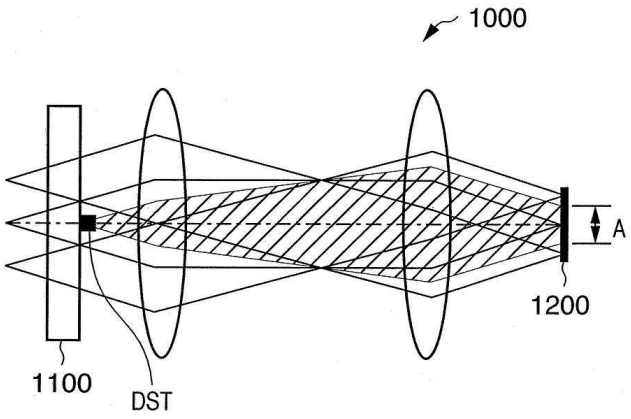
도면10


스텝11
산화
스텝12
CVD
스텝13
전극형성
스텝14
이온주입
스텝15
레지스트 처리
스텝16
노광
스텝17
현상
스텝18
에칭
스텝19
레지스트 박리
반복

도면11


암화소 영역
명화소

도면12



도면13

