



(19) 대한민국특허청(KR)
 (12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년04월15일
 (11) 등록번호 10-1252068
 (24) 등록일자 2013년04월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/306 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2006-0001698
 (22) 출원일자 2006년01월06일
 심사청구일자 2011년01월05일
 (65) 공개번호 10-2006-0081365
 (43) 공개일자 2006년07월12일
 (30) 우선권주장
 11/031,400 2005년01월08일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 US06161054 A
 US06413147 B1
 US20010037994 A1
 US20030045131 A1

전체 청구항 수 : 총 8 항

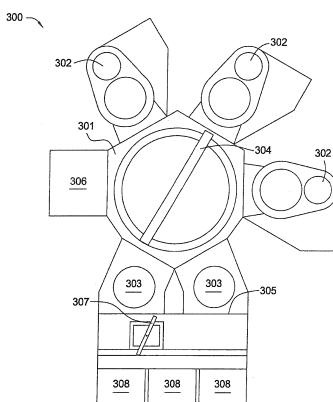
심사관 : 오순영

(54) 발명의 명칭 투명 기판을 위한 통합 측정 챔버

(57) 요 약

본 발명의 실시예들은 반도체 포토마스크 처리 시스템의 교번 위상 변이 포토마스크를 위해 에칭들 간에 에칭 깊이를 측정하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다. 에칭 프로세싱 시스템에서 기판의 에칭 깊이를 측정하기 위한 장치는 에칭 프로세싱 시스템의 메인프레임에 결합된 측정 셀, 및 측정 셀의 하부에 결합된 에칭 깊이 측정 도구를 포함하며, 측정 셀의 하부에서의 개구부는 광선(light beam)들이 에칭 깊이 측정 도구와 기판 사이를 통과할 수 있게 한다. 또한 본 발명의 실시예들은 석영 기판을 초기 에칭 깊이까지 부분적으로 에칭하고 그 후에 통합 측정 도구를 이용하여 에칭 깊이를 측정함으로써 교번(alternate) 위상 변이 마스크를 준비하는 방법에 관한 것이다. 기판은 목표한 에칭 깊이에 도달할 때까지 반복적으로 에칭되고 측정된다.

대 표 도 - 도3



(72) 발명자
앤더슨, 스코트
미국 94551 캘리포니아 리버모어 아스펜우드 웨이
6432

엔구엔, 크하임
미국 95148 캘리포니아 샌어제이 케플러 코트 2724

특허청구의 범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

예칭 프로세싱 시스템에서 기판의 예칭 깊이를 측정하기 위한 장치로서,

상기 예칭 프로세싱 시스템의 메인프레임에 결합되는 측정 셀;

상기 측정 셀의 하부에 결합되는 예칭 깊이 측정 도구; 및

기판을 상기 측정 셀과 예칭 프로세싱 챔버 사이에서 이송하기 위해 상기 메인프레임 내에 위치한 기판 이송 로봇

을 포함하며, 상기 측정 셀의 하부에서의 개구부는 광빔들이 상기 예칭 깊이 측정 도구와 상기 기판 사이를 통과하게 하고, 상기 기판 이송 로봇은 기판을 홀딩하기 위한 로봇 블레이드를 가지며, 상기 로봇 블레이드는 상기 기판의 후면상에 광빔이 비추어 지게 하기 위한 개구부를 갖고,

상기 예칭 프로세싱 챔버는 상기 예칭 깊이 측정에 의해 결정되는 예칭 시간 동안 상기 기판을 예칭하도록 구성되며, 상기 기판 이송 로봇은 타겟 예칭 깊이가 도달될 때까지 상기 기판을 상기 측정 셀 및 상기 예칭 프로세싱 챔버 사이에서 이송하도록 구성되는, 예칭 깊이 측정 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 측정 셀의 하부에서의 개구부는 원형인, 예칭 깊이 측정 장치.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 로봇 블레이드의 개구부는 정사각형인, 예칭 깊이 측정 장치.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 로봇 블레이드는 상기 예칭 깊이 측정 도구를 교정하는데 사용되는 교정 패드를 포함하는, 예칭 깊이 측정 장치.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 교정 패드는 베어(bare) 실리콘을 포함하는, 예칭 깊이 측정 장치.

청구항 14

제 9 항에 있어서,

상기 로봇 블레이드는 상기 기판의 표면을 상기 예칭 깊이 측정 도구로부터 방출된 광빔에 수직이도록 배치하기 위한 롤링 및 텔팅 기능을 갖는, 예칭 깊이 측정 장치.

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

교번 위상 변이 마스크를 준비하는 방법으로서,

- a) 예칭 프로세싱 챔버 내에 기판을 위치시키는 단계 – 상기 기판은 광학적으로 투명한 물질로 제조되고 상기 광학적으로 투명한 물질상에 제 1 패터닝된 불투명층 및 제 2 패터닝된 포토레지스트 층을 가짐 – ;
 - b) 상기 광학적으로 투명한 물질을 제 1 예칭 깊이까지 예칭하는 단계;
 - c) 상기 기판을 기판 이송 챔버에 결합되는 측정 셀로 이송시키는 단계;
 - d) 다음 예칭의 예칭 시간을 결정하기 위해 상기 측정 셀의 하부에 결합되는 예칭 깊이 측정 도구에 의하여 상기 기판의 후면으로부터 예칭 깊이를 측정하는 단계;
 - e) 상기 기판을 상기 예칭 프로세싱 챔버로 다시 위치시키는 단계;
 - f) 상기 예칭 깊이 측정에 의하여 결정되는 상기 예칭 시간 동안 예칭하는 단계;
 - g) 상기 기판을 상기 측정 셀로 이송하는 단계;
 - h) 다음 예칭의 예칭 시간을 결정하기 위해 상기 측정 셀의 하부에 결합되는 예칭 깊이 측정 도구에 의하여 상기 기판의 후면으로부터 예칭 깊이를 측정하는 단계; 및
 - i) 목표한 예칭 깊이에 도달할 때까지 상기 e) 단계 내지 상기 h) 단계를 반복하는 단계
- 를 포함하는, 교번 위상 변이 마스크 준비 방법.

청구항 18

삭제

청구항 19

제 9 항에 있어서,

상기 측정 셀의 상부에 결합되는 CD 측정 도구를 더 포함하며, 상기 측정 셀의 상부에서의 개구부는 광빔들이 상기 CD 측정 도구와 상기 기판 사이를 통과하게 하는, 예칭 깊이 측정 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

[0019] 본 발명은 집적회로의 제조에 유용한 포토마스크 제작에 관한 것이다.

[0020] 포토리소그래피 기술은 에칭 프로세스 이전에 기판 표면 상에 정밀한 패턴을 현상하기 위해 기판 표면 상에 증착된 포토레지스트 물질 및 광 패턴을 사용한다. 종래 포토리소그래피 프로세스에 있어서, 포토레지스트는 에칭될 층 상에 부가되고 콘택, 비아 또는 상호접속부와 같이 층 내에서 에칭될 피쳐는 피쳐의 원하는 구조에 대응하는 포토리소그래피 포토마스크를 통해 광 패턴에 포토레지스트를 노출시킴으로써 형성된다. 예컨대, 자외선(UV) 광을 방출하는 광소스는 포토레지스트의 구성을 바꾸기 위해 포토레지스트를 노광하는데 사용될 수 있다. 일반적으로, 노광된 포토레지스트 물질은 화학적 프로세스에 의해 제거되어 하부 기판 물질을 노출시킨다. 다음에 노출된 하부 기판 물질은 기판 표면에 피쳐를 형성하도록 에칭되는 한편, 잔류 포토레지스트 물질은 노출되지 않은 하부 기판 물질을 위한 보호 코팅으로서 남아 있다. 포토마스크는 소자 패턴을 생성하기 위해 반복적으로 사용되기 때문에, 포토마스크 제작의 품질 제어는 매우 중요하다.

[0021] 포토리소그래피 포토마스크 또는 레터클은 서브 $0.13\mu\text{m}$ 기술에 사용될 수 있는 바이너리(binary) (또는 종래) 포토마스크 및 위상 변이 마스크(PSM)를 포함한다.

[0022] 바이너리 (또는 종래) 마스크는 통상적으로 석영(즉, 실리콘 디옥사이드, SiO_2)과 같이 광학적으로 투명한 실리콘 기반 물질로 제조된 기판을 포함하며, 기판 표면 상에 크롬과 같은 금속의 불투명한 광-차폐층을 가진다. 위상 변이 마스크는 위상 변이에 의해 에어리얼 이미지(aerial image)의 해상도를 개선시킨다. 위상 변이 마스크의 원리는 2000년에 프렌티스 홀(Prentice Hall)에서 발간한 플루머(Plummer), 딜(Deal) 및 그리핀(Griffin) 공저 "실리콘 VLSI 기술의 기초, 실습 및 모델링"이란 문헌의 230-234쪽에 개시되어 있다. 위상 변이 마스크는 감쇠 위상 변이 또는 교번 위상 변이 마스크일 수 있다. 통상적으로 감쇠 위상 변이 마스크는 석영과 같은 광학적으로 투명한 실리콘 기반 물질로 제조된 기판을 포함하며, 상부에 몰리브데늄 실리사이드(MoSi) 또는 몰리브데늄 실리콘 옥시나이트라이드(MoSiON)와 같은 물질의 반투명 층을 갖는다. 포토리소그래피 광은 예컨대 248nm의 파장에서 반투명 층에 의해 덮인 패터닝된 마스크 표면을 통과하여 비출 때, 반투명 층의 투과(예컨대 248 nm 파장에서 6%) 및 두께는 반투명 층에 의해 덮히지 않은 패터닝된 마스크 표면을 통과하여 비추는 포토리소그래피 광에 의해 예컨대 180° 의 위상 변이를 발생시킨다. 통상적으로 교번 위상 변이 마스크는 석영과 같은 광학적으로 투명한 실리콘 기반 물질로 제조된 기판을 포함하며, 상기 기판은 포토리소그래피 광이 패터닝된 마스크를 통해 비출 때 예칭되지 않은 투명 기판과의 위상 변이를 생성하도록 소정의 깊이까지 에칭된다. 이는 또한 석영과 같이 동일한 패턴을 갖는 크롬층을 갖는다. 크롬층이 제거된 크롬리스 페이즈 리소그래피(CPL:Chromeless Phase Lithography) 마스크와 같은 다른 타입의 위상 변이 마스크가 존재한다.

[0023] 포토마스크는 광을 정밀한 패턴으로 통과시켜 기판 표면에 도달하게 한다. 포토마스크 기판상의 금속층은 기판에 전사될 피쳐에 대응하도록 패터닝된다. 포토마스크상의 패턴은 웨이퍼 기판 상에 패터닝될 패턴 크기의 1배, 2배 또는 4배일 수 있다. 통상적으로, 포토리소그래피 스템퍼(stripper)는 포토마스크의 이미지를 4배만큼 감소시키고 웨이퍼 표면을 덮는 포토레지스트 상의 패턴을 인쇄한다. 종래 포토마스크는 먼저 석영과 같이 광학적으로 투명한 실리콘 기반 물질을 포함하는 기판 상에 형성되고 있는 마스크의 타입에 따라 불투명하거나 반투명일 수 있는 금속의 한 개 내지 두 개의 얇은 층을 증착시키고, 포토레지스트층을 기판 상에 증착시킴으로써 제조된다. 다음에 포토마스크는 종래 레이저 또는 전자빔 패터닝 장비를 이용하여 포토레지스트에 임계치수를 규정하도록 패터닝된다. 통상적으로 불투명한 상부 금속층은 그 후 패터닝된 포토레지스트에 의해 보호되지 않는 금속 물질을 제거하도록 에칭되고, 이로써 하부 실리콘 기반 물질을 노출시킨다. 바이너리 마스크에 있어서, 포토마스크는 금속 에칭 단계 후에 형성된다. 반면, 감쇠 및 교번 위상 변이 마스크에 대해서는, 투명 기판 또는 반투명 금속층의 추가의 포토레지스트 패터닝 및 에칭이 포토마스크를 형성하기 위해 필요하다.

[0024] 포토마스크는 소자 패턴을 생성하기 위해 반복적으로 사용되기 때문에, 임계치수들의 정확성과 밀집한 분포, 및 기판에 걸친 위상 변이 각도와 그것의 균일성을 바이너리 및 위상 변이 포토마스크에 있어서 중요한 요건이다. 교번 위상 변이 마스크에 대해, 위상 각도는 석영과 같은 투명한 물질의 깊이에 영향을 받는다. 위상 변이의

정밀한 제어는 매우 중요하기 때문에, 석영과 같은 투명 물질의 예칭은 종종 마스크의 위상 변이가 제어 범위 내에 있음을 보장하기 위해 다수의 예칭 프로세스와 다수의 예칭 깊이 측정 후에 수행된다. 만약 예칭 깊이 측정이 예칭 시스템과 통합되지 않은 시스템 내에서 수행된다면, 프로세스 주기는 매우 길어질 것이며 이러한 방법은 전체 결함 카운트를 증가시킬 것이다.

[0025] 따라서, 반도체 포토마스크 프로세싱 시스템 내에서 포토마스크의 예칭 깊이(또는 위상 변이 각도)를 측정하는 통합 계측 도구에 대한 당업계의 필요성이 존재한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

[0026] 본 발명은 임계치수의 정확성과 밀접한 분포 및 기판에 걸친 위상 변이 각도와 균일한 마스크를 제조하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

[0027] 본 발명의 실시예들은 반도체 포토마스크 프로세싱 시스템에서 교변 위상 변이 포토마스크를 위한 예칭 간에 예칭 깊이를 측정하기 위한 방법과 장치에 관한 것이다. 일 실시예에서, 예칭 프로세싱 시스템에서 기판의 예칭 깊이를 측정하기 위한 장치는 예칭 프로세싱 시스템의 메인프레임에 결합된 측정 셀, 및 측정 셀의 하부에 결합된 예칭 깊이 측정 도구 – 측정 셀의 하부에서의 개구부는 광 빔이 예칭 깊이 측정 도구와 기판 사이를 통과할 수 있게 함 –, 및 기판을 측정 셀로 이송하기 위해 메인프레임 내에 위치한 기판 이송 로봇 – 기판 이송 로봇은 기판을 홀딩하기 위한 로봇 블레이드를 가지며 로봇 블레이드는 광 빔이 기판의 후면 상에 비추어지게 하기 위한 개구부를 가짐 – 을 포함한다.

[0028] 또 다른 실시예에서, 예칭 프로세싱 시스템에서 기판의 예칭 깊이를 측정하기 위한 장치는 예칭 프로세싱 시스템의 메인프레임에 결합된 측정 셀, 측정 셀의 하부에 결합된 예칭 깊이 측정 도구 – 측정 셀의 하부에서의 개구부는 광 빔이 예칭 깊이 측정 도구와 기판 사이를 통과할 수 있게 함 –, 및 기판을 측정 셀로 이송하기 위해 메인프레임 내에 위치한 기판 이송 로봇 – 기판 이송 로봇은 기판을 홀딩하기 위한 로봇 블레이드를 가지며 로봇 블레이드는 광 빔이 기판의 후면 상에 비추어지게 하기 위한 개구부를 가짐 – 을 포함한다.

[0029] 또 다른 실시예에서, 교변 위상 변이 마스크를 준비하는 방법은 a) 기판을 예칭 프로세싱 챔버 내에 위치시키는 단계 – 상기 기판은 광학적으로 투명한 물질로 제조되고 광학적으로 투명한 물질 상에 제 1 패터닝된 불투명층 및 제 2 패터닝된 포토레지스트층을 가짐 –, b) 석영을 제 1 예칭 깊이까지 예칭하는 단계, c) 기판 이송 챔버에 결합된 측정 셀로 기판을 이송시키는 단계, d) 다음 예칭의 예칭 시간을 결정하기 위해 측정 셀의 하부에 결합된 예칭 깊이 측정 도구에 의해 기판의 후면으로부터 예칭 깊이를 측정하는 단계, e) 기판을 다시 예칭 프로세싱 챔버로 위치시키는 단계, f) 예칭 깊이 측정에 의해 결정된 예칭 시간 동안 예칭하는 단계, g) 기판을 측정 셀로 이송시키는 단계, h) 다음 예칭의 예칭 시간을 결정하기 위해 측정 셀의 하부에 결합된 예칭 깊이 측정 도구에 의해 기판의 후면으로부터 예칭 깊이를 측정하는 단계, i) 목표한 예칭 깊이에 도달할 때까지 상기 e) 단계 내지 h) 단계를 반복하는 단계를 포함한다.

[0030] 또 다른 실시예에서, 예칭 프로세싱 시스템 내에서 기판의 예칭 깊이를 측정하기 위한 장치는 예칭 프로세싱 시스템의 메인프레임에 결합된 측정 셀, 측정 셀의 하부에 결합된 예칭 깊이 측정 도구 – 측정 셀의 하부에서의 개구부는 광 빔이 예칭 깊이 측정 도구와 기판 사이를 통과할 수 있게 함 –, 측정 셀의 상부에 결합된 CD 측정 도구 – 측정 셀의 상부에서의 개구부는 광 빔이 CD 측정 도구와 기판 사이를 통과할 수 있게 함 –, 및 기판을 측정 셀로 이송시키기 위해 메인프레임 내에 위치한 기판 이송 로봇 – 기판 이송 로봇은 기판을 홀딩하기 위한 로봇 블레이드를 가지며 로봇 블레이드는 광 빔이 기판을 비출 수 있게 하는 개구부를 가짐 – 을 포함한다.

[0031] 상기 설명한 본 발명의 특징을 달성하고 보다 상세히 이해할 수 있도록, 상기에서 간략히 요약한 본 발명의 보다 구체적인 설명은 첨부된 도면에 도시된 실시예들을 참조하여 행해질 수 있다.

[0032] 하지만, 첨부된 도면은 본 발명의 전형적인 실시예일 뿐 본 발명의 범위를 제한하고자 하는 것이 아니며, 본 발명은 다른 균등하게 유효한 실시예들을 허용할 수 있다.

[0033] 이해를 쉽게 하기 위해, 본 발명은 주로 교변 위상 변이 마스크의 예칭을 참조하여 설명될 것이다. 본 발명의 사상은 다른 타입의 포토마스크를 예칭하는데 사용될 수 있다.

[0034] 도 1a-f는 교변 위상 변이 마스크를 생성하는 예시적인 프로세스를 도시한다. 기판(100)은 프로세싱 챔버 안으로 유입된다. 기판(100)(또는 레티클)은 예컨대 광학 특성(quality) 석영, 칼슘 플루오라이드, 알루미나, 사파이어, 또는 이들의 조합과 같이 통상적으로 광학 특성 석영 물질로 만들어진 광학적으로 투명한 물질(110)의 기본 물질을 포함한다. 크로뮴과 같은 불투명(또는 광-차폐) 금속층(120)은 도 1a에 도시된 바와 같이 광학적으

로 투명한 물질(110) 상에 증착된다. 크로뮴층과 같은 광-차폐 금속층은 물리 기상 증착(PVD) 또는 화학 기상 증착(CVD) 기술과 같은 당업계에 공지된 종래 방법에 의해 증착될 수 있다. 통상적으로 광-차폐(또는 불투명) 금속층(120)은 대략 50 내지 150 나노미터(nm) 사이의 두께로 증착되지만, 층의 두께는 제작자의 요건 및 기판 또는 금속층의 물질 조성에 따라 바뀔 수 있다.

[0035] 도 1b를 참조하면, 기판(100)은 Du Pont de Nemours Chemical Company에 의해 제조된 "RISTON" 레지스트와 같은 레지스트 물질(130)의 층이 대략 200 내지 600 nm 두께로 불투명 금속층(120) 상에 증착되는 또 다른 프로세싱 챕버로 이송된다. 다음에 레지스트 물질(130)은 종래 레이저 또는 전자빔 패터닝 장비를 사용하여 불투명한 금속층(120)에 형성될 제 2 개구부(135)의 치수들을 한정하는데 사용되는 제 1 개구부(125)를 형성하도록 패턴에 칭된다.

[0036] 다음에 기판(100)은 캘리포니아 산타클라라에 있는 Applied Material, Inc에서 제작한 (하기 설명하는) 도 3에 설명된 Tetra II™ 포토마스크 에칭 시스템의 Tetra II™ 포토마스크 에칭 챕버와 같은 에칭 시스템으로 이송된다. 본 발명의 양상들은 Tetra II™ 포토마스크 에칭 챕버를 포함하는 유도성 결합 플라즈마 에칭 챕버를 참조하여 하기에서 설명할 것이다. 하지만, 예컨대 용량성 결합 평행판 챕버 및 자기 강화 이온 에칭 챕버 뿐만 아니라 다른 구조의 유도성 결합 플라즈마 에칭 챕버를 포함하는 다른 프로세스 챕버도 본 발명의 프로세스를 수행하는데 사용될 수 있다.

[0037] 광-차폐 금속층(120)은 도 1c에 도시된 것처럼 하부 투명 물질(110)을 노출시키는 제 2 개구부(135)를 형성하도록 현상될 수 있는 당업계에 공지된 금속 에칭 기술 또는 새로운 금속 에칭 기술을 이용하여 에칭된다.

[0038] 도 1a-1c를 참조하면, 광-차폐 금속층(120)의 에칭이 완료된 후에, 기판(100)은 나머지 레지스트 물질(130)이 기판(100)으로부터 일반적으로 제거되도록 프로세싱 챕버로 이송된다. 레지스트 제거는 산소 플라즈마 프로세스 또는 당업계에 공지된 다른 레지스트 제거 기술을 이용하여 수행될 수 있다.

[0039] 도 1d-1f를 참조하면, 기판(100)은 투명 물질(110)을 에칭함으로써 추가로 프로세싱될 수 있다. 투명 물질(110)을 에칭할 때, 레지스트 물질(130)이 제거되고 제 2 포토레지스트(140)가 부가되고 패터닝되어 제 2 개구부(135) 내의 하부 투명 물질(110)을 노출시킨다. 레지스트 물질은 대략 200 내지 600 nm 두께 사이의 깊이까지 증착되지만 임의의 두께로 증착될 수 있으며 포토마스크를 형성하기 위해 투명 물질(110) 내에 에칭될 피처의 깊이와 동일한 두께를 가질 수도 있다. 포토레지스트(140)는 그 후 레지스트층(140)과 금속층(120) 내에 제 3 개구부(145)를 형성하도록 에칭된다. 다음에 패터닝된 기판(100)은 투명 물질(110)의 플라즈마 에칭을 위해 (하기 설명할) 도 3에 개시된 Tetra II™ 포토마스크 에칭 시스템과 같은 에칭 챕버로 이송된다.

[0040] 투명 물질(110)의 에칭 깊이(175)는 위상 변이 각도를 결정하기 때문에, 에칭 깊이(175)의 정밀한 제어가 매우 중요하다. 예컨대, KrF 엑시머 레이저 리소그래피용 교변 위상 변이 마스크에 대한 180°의 위상 변이 각도를 달성하기 위해서, 석영 에칭 깊이는 대략 2400Å이다. 오버-에칭을 방지하기 위해, 초기 에칭은 목표한 에칭 깊이 중 50%-75%와 같이 부분적으로만 에칭한다. 에칭된 기판(100)의 에칭 깊이(175)(또는 위상 변이 각도)는 통합 계측 도구에서 측정된다. 후속하여 목표한 에칭 깊이(175)에 도달할 때까지 추가의 에칭과 에칭 깊이 측정이 기판(100)에 행해진다. 통합 계측 도구에서 에칭 깊이 측정을 수행하는 것은 동일한 진공 환경이 아닌 영역으로 기판을 이송할 필요가 없다는 장점을 갖는다. 동일한 진공 환경이 아닌 영역으로 기판을 반복적으로 이송하는 것은 진공을 해제해야 하기 때문에 시간이 소모되고, 포토마스크 제작에 매우 바람직하지 않은 입자를 발생시킬 수 있다.

[0041] 목표한 에칭 깊이(175)에 도달한 후에, 제 2 레지스트 물질(140)은 패터닝된 기판 표면(155)을 형성하기 위해 그 후 제거된다. 패터닝된 기판 표면(165)을 갖는 교변 위상 변이 마스크는 금속층(120)이 제거된 후에 형성된다. 때때로, 습식 에칭은 표면 조도를 감소시키고 포토마스크 기판상의 마이크로-트렌칭을 감소시킬 수 있기 때문에 에칭 챕버내에서의 건식 에칭만이 최종 에칭 깊이의 소정 백분율(percentage)에 도달하도록 에칭하고 최종 단계는 습식 에칭 단계이다.

[0042] 크롬과 같은 광-차폐 층, 및 석영과 같은 광학적으로 투명한 물질을 위한 교변 위상 변이 포토마스크 에칭 프로세스는 건식 에칭 프로세스를 포함한다. 염소-함유 가스(예컨대, Cl₂) 또는 불소-함유 가스(예컨대 SF₆ 또는 CF₄)와 같은 에칭 가스, 산소와 같은 산화 가스, 및 헬륨과 같은 불활성 가스의 플라즈마는 기판 상에 형성된 금속층 또는 기판 자체를 에칭하는데 사용될 수 있다. 이러한 응용을 위한 광-차폐 층을 에칭하는데 사용된 에칭 화학제의 세부 사항은 본원과 양수인이 동일한 2003년 4월 18일에 출원된 "에칭 포토마스크용 프로세스"란 제목의 미국특허출원 제10/418,795호와 2002년 9월 4일에 출원된 "기판 상의 금속층을 에칭하기 위한 방법 및

"장치"란 제목의 미국특허출원 제10/235,223호에 개시되어 있다. 기판의 실리콘 기반 물질의 예칭은 본원과 양수인이 동일한 2003년 3월 18일에 부여된 "포토마스크를 예칭하기 위한 방법 및 장치"란 제목의 미국특허 제6,534,417호와 2002년 5월 21일에 부여된 역시 "포토마스크를 예칭하기 위한 방법 및 장치"란 제목의 미국특허 제6,391,790호에 개시되어 있다. 상기 출원과 특허의 모든 개시 내용은 본 발명의 양상과 일치하는 범위까지 인용에 의해 본원에 포함된다.

[0043] 본 발명에 의해 사용되는 예칭 깊이 계측 기술은 진보된 프로세스 제어(APC) 이네이블러이다. 예칭 깊이 계측 기술은 넓은 과장 범위에 걸쳐 기판의 반사를 검출한다. 검출된 과장 스펙트럼은 이론적인 모델에 적용되어 막의 특성화를 가능하게 한다. 계측은 기판상의 다수의 위치에서 투명도, 예칭 깊이, 막 두께 및 위상 변이 각도를 측정하는데 사용될 수 있다. 예칭 깊이(또는 위상 변이 각도) 측정 도구의 예는 캘리포니아, 산타클라라에 있는 n&k Technology에서 이용가능한 n&k Analyzer 1512T이다.

[0044] 본 발명의 예시적인 실시예는 예컨대 예칭 깊이(또는 위상 변이 각도) 측정 도구와 같은 측정 도구(210)를 포함하는, 도 2에 도시된 프로세싱 시스템(200)내의 예칭 깊이 측정 도구를 사용하여 구현된다. 프로세싱 시스템(200)은 본 명세서에서 개시된 분석을 전기적으로 수행하는 프로세서(220) 및 프로세서(220)의 분석 결과를 디스플레이하는 모니터(230)를 더 포함한다. 프로세서(220)는 반도체 메모리와 같은 메모리 장치(240) 및 프로세스 정보의 저장을 위해 일반적으로 사용되는 "제조 실행 시스템"(MES)으로서 알려진 컴퓨터 소프트웨어-구현 데이터베이스 시스템(250)과 통신할 수 있다. 또한 프로세서(220)는 측정 도구(210) 및 에처(270)와 통신할 수 있다.

[0045] 예칭 깊이(또는 위상 변이 각도)를 측정할 수 있는 외부 계측 도구와 통합된 예칭 시스템의 예는 도 3에 도시되어 있다. 시스템, Tetra II™는 예컨대, Tetra II™ 포토마스크 리액터(또는 챔버)(302)와 같은 다수의 프로세싱 챔버 및 "로드 락"이라 불리는 하나 이상의 이송 챔버(303)를 장착하기 위한 캘리포니아, 산타클라라에 있는 Applied Materials, Inc로부터 이용가능한 Centura™ 프로세싱 시스템과 같은 챔버 또는 "메인프레임"(301)을 포함한다. 본 발명의 일 실시예에서, 세 개의 예칭 리액터(302) 및 하나의 계측 도구(306)는 메인프레임(301)에 장착된다. 계측 도구(306)는 유체 소통이 가능하도록 메인프레임(301)과 계측 도구(306) 사이에 개구부(도시 안됨)가 존재하기 때문에 메인프레임(301)과 동일한 진공 상태에 있을 수 있다. 일 실시예에서, 세 개의 에처(302)가 예칭을 위해 사용된다. 로봇(304)은 프로세싱 리액터(302), 이송 챔버(303), 및 통합 계측 도구(306) 사이에서 웨이퍼를 이송시키기 위해 메인프레임(301) 내에 제공된다. 통합 계측 도구(306)는 예칭 깊이(또는 위상 변이 각도)를 측정할 수 있다. 이송 챔버(303)는 제어된 환경을 유지하는 "미니 환경"으로도 알려진 팩토리 인터페이스(305)에 연결된다. 본 발명의 일 실시예에서, 메인프레임(301)에 장착된 계측(또는 측정) 도구(306)는 고속 데이터 수집 및 분석 능력을 갖는다. 카세트 홀더(308)는 팩토리 인터페이스(305)의 다른 단부에 연결된다. 로봇(307)은 카세트 홀더(308)와 "로드 락"(303) 사이에서 기판을 이송시키기 위해 내부(305)에 위치한다.

[0046] 예칭 깊이 측정 도구(306)는 예칭 챔버(302)로부터의 예칭된 기판이 측정되고 다시 예칭되도록 예칭 챔버(302)로 돌려보내질 수 있게 메인프레임(301)에 장착된다. 예칭 및 측정 프로세스 시퀀스는 목표한 예칭 깊이(또는 위상 변이 각도)에 도달할 때까지 여러번 반복될 수 있다. 투명한 물질(110)의 목표 예칭 깊이까지의 반복되는 예칭 및 측정의 특성으로 인해, 예칭 깊이 측정 도구(또는 위상 변이 각도 측정 도구)가 메인프레임(301)에 장착되게 하는 것이 바람직하다. 메인프레임(301)과 계측 도구(306)는 통합된 진공 환경 하에 있으며, 진공이 아닌 영역으로 기판을 이송시킬 필요가 없기 때문에 추가의 기판 이동 및 진공 해제로 인한 시간 소모를 방지한다. 진공하에 있는 프로세싱 영역과 진공이 아닌 프로세싱 영역 간에 기판을 반복하여 이송하는 것은 시간이 소모될 뿐만 아니라 입자를 발생시킨다.

[0047] 본 발명의 또 다른 실시예에서, 계측 도구(306)는 이송 챔버(303)들 중 하나의 챔버의 위치에 배치된다. 이송 챔버(303)들 중 하나의 챔버의 위치에 계측 도구(306)를 배치시키는 것은 기판을 진공이 아닌 영역으로 이송시킬 필요가 없다는 장점을 갖는다.

[0048] 기판이 투명하기 때문에, 기판의 후면으로부터 반사된 광을 분석함으로써, 위상 변이 각도(또는 예칭 깊이)가 측정될 수 있고, 이는 불투명 막(320) 및 포토레지스트 막(340)의 제거를 요구하지 않는다. 종래의 위상 변이 각도 측정은 기판 전면으로부터 수행되고, 위상 변이 각도 측정 이전에 불투명 막(320) 및 포토레지스트 막(340)의 제거를 요구한다. 막을 제거하는 추가의 프로세싱 단계는 입자 또는 다른 프로세싱 결함을 유발할 수 있으며, 이는 포토마스크 준비에 매우 바람직하지 않다. 게다가, 만약 위상 변이 각도(또는 예칭 깊이)가 목표에 도달하지 않은 것으로 밝혀지면, 투명 물질(310)의 추가 예칭을 허용하기 위해, 불투명 막(320) 및 포토레지

스트 막(340)이 다시 재-증착되고 재-페터닝될 필요가 있으며, 이는 입자 및 다른 프로세싱 결함 문제를 악화시킬 수 있다.

[0049] 도 4는 기판(400)의 후면 아래에 위치한 에칭 깊이 측정 도구(또는 위상 변이 각도 측정 도구)(460)의 개략도이다. 기판(400)은 에칭 기피(450)를 가지며 또한 전면 상에 불투명 막(410) 및 포토레지스트 막(420)을 갖는다. 기판(400)의 후면에는, 입사 광빔(430, 431, 및 432) 및 반사된 광빔(430', 431', 및 432')이다. 입사 광빔의 광소스는 측정 도구(460)로부터 나올 수 있다. 광소스는 바람직하게는 넓은 대역폭을 갖는 광소스이다. 입사 광빔(430)의 일부인 반사 광빔(430')은 기판(400)과 주위(470) 사이의 계면으로부터 반사된다. 반사 광빔(431')은 기판 에칭 계면(451)으로부터 주위(470)로 반사된다. 반사 광빔(432')은 불투명층(410)과 기판(400) 사이의 계면으로부터 반사된다. 에칭 깊이 측정 도구는 기판 후면의 소정 범위에 걸쳐 반사된 광빔을 수집한다. 참조 번호 431' 및 432'와 같은 광빔들 간의 위상 변이를 계산함으로써, 기판(400)의 불투명 막(410) 및 포토레지스트 막(420)과 같은 전면 상의 막들을 제거하지 않으면서, 투명 기판의 에칭 깊이(450) 및 위상 변이가 결정될 수 있다.

[0050] 본 발명의 일 실시예에서, 도 3의 메인프레임(301)의 로봇(304)의 일부분인 로봇 암(500)은 기판 홀더(501)를 포함하도록 설계된다. 기판 홀더(501)는 기판 후면의 입사 광빔과 반사 광빔이 통과할 수 있는 개구부를 가지며, 이는 도 5a에 도시되어 있다. 도 5a는 기판 홀더(501)가 구비된 로봇 블레이드(510)를 포함하는 로봇 암(500)의 단부의 개략도이다. 기판 홀더(501)는 기판 크기에 비례하는 애피쳐(502)를 갖는다. 일 실시예에서, 애피쳐(502)는 6×6인치 기판의 경우에 대략 4×4인치이다. 애피쳐(502)의 크기는 기판의 에지가 기판 홀더에 의해 지지될 수 있도록 기판 크기보다 작다. 일 실시예에서, 로봇 블레이드(510)의 두께는 대략 2/5인치(1.02cm)이다. 애피쳐(502)의 크기는 측정 데이터가 기판 상의 큰 영역에 걸쳐 수집될 수 있도록 가능한 커야 한다.

[0051] 도 5b는 기판(520)이 도 3의 계측 도구(306)의 내부에 위치한 것을 도시한다. 측정 도구(306)는 측정 셀(550)과 에칭 깊이 측정 도구(460)를 포함한다. 기판은 로봇 암(500)에 의해 측정 포인트 위에 있도록 이동된다. 측정 포인트(560) 아래에는 에칭 깊이 측정 도구(460)가 있다. 에칭 깊이 측정 도구(460)는 기판(520)의 후면으로 광을 방출시키는 넓은 대역폭의 광소스(도시안됨)를 포함한다. 로봇 블레이드(510)는 로봇 암(500)에 부착되고 기판(520)의 표면이 측정 도구(460)로부터 방출된 측정 광빔에 대해 수직이 되게 허용하도록 롤링(roll) 및 틸팅(tilt) 기능을 갖는다. 에칭 깊이 측정 도구(460)는 기판 후면으로부터 반사된 광을 수집한다. 반사광으로부터 발생된 데이터는 측정 도구(460)에 의해 에칭 깊이를 계산하도록 분석된다. 본 발명의 일 실시예에서, 로봇 블레이드(510) 상에 베어(bare) 실리콘 조각과 같은 에칭 깊이 측정 교정(calibration) 장치를 포함하는 교정 패드(580)가 존재한다. 일 실시예에서, 교정 패드의 크기는 직경이 대략 1/2인치(1.27cm)이다. 주기적으로, 교정 패드(580)는 측정 도구(460)를 교정하기 위해 측정 포인트(560) 위로 이동할 수 있다. 통상적으로 천연 옥사이드층이 베어 실리콘 표면 상에 존재한다. 천연 옥사이드층의 존재는 일부 측정 도구의 교정에 있어서 중요하다. 일 실시예에서, 측정 포인트(560)는 대략 1인치(2.54cm)과 같은 직경의 원형 개구부이다.

[0052] 후면 에칭 깊이 측정의 장점은, 측정이 전면의 막의 제거를 요구하지 않는 것이다. 따라서, 기판은 먼저 부분적으로 에칭되고, 그 다음에, 다음 에칭양을 목표 설정하기 위해 측정될 수 있다. 다음에, 포토레지스트 층 스트리핑(stripping)을 수행하기 위해 또 다른 시스템으로 기판을 이동시킬 필요 없이, 기판이 여러번 재-에칭 및 재-측정될 수 있다. 교변 위상 변이 마스크를 제작하기 위해, 위상 변이 각도(또는 에칭 깊이)의 정밀한 제어가 매우 중요하다. 기판이 투명하며 후면으로부터 위상 변이 각도가 측정될 수 있기 때문에, 기판 에칭의 미세한 조정이 에칭 모듈로부터의 기판의 제거를 요구하지 않으므로, 프로세싱 시간이 크게 감소될 수 있다.

[0053] 본 발명의 일 실시예에서, 측정 셀(306) 하부에 장착된 에칭 깊이 측정 도구(460)에 부가하여, CD 측정 도구(590)는 (도 5c에 도시된 바와 같이) 개구부(595)를 통해 임계치수(CD) 측정 데이터를 수집하도록 측정 셀(306)의 상부에 장착된다. 수집된 CD 측정 데이터는 기판 에칭 방법(recipe)을 조절하기 위해 애처에 피드 포워드(feed forward) 및 피드 백워드(feed backward)될 수 있다. CD 측정은 에칭 깊이 측정보다 더 엄격한 측정 위치 요건을 갖기 때문에, 메인프레임(301)의 로봇(304)의 일부인 로봇 암(500)은 필요한 만큼 충분히 정밀하게 제어되지 않을 수 있다. CD 측정 도구(590)는 CD 측정 도구 내의 측정 장치(도시안됨)가 기판(520) 위의 특정 측정 위치 위로 이동할 수 있도록 이동 장치(도시안됨)를 포함할 수 있다. 이동 장치의 이동은 정밀한 이동을 제어하도록 제어기에 의해 제어된다. 도 5c는 상부 CD 측정 도구(590) 및 하부 에칭 깊이 측정 도구(460)를 갖는 계측 셀(306)의 개략도이다.

- [0054] CD 측정 도구(590)는 OCD(optical critical dimension) 계측 기술을 사용할 수 있다. OCD 계측 기술은 진보된 프로세스 제어(APC) 이네이블러이다. 예컨대, 일반적인 입사 스펙트로스코픽 OCD 계측 시스템은 인-라인 비파괴 SEM에서는 가능하지 않은 상세한 라인 프로파일을 제공한다. 포토마스크에 있어서, OCD 계측은 (반사광을 이용한) 반사 모드 또는 (투과광을 이용한) 투과 모드에서 작동할 수 있다. OCD 기술의 소형 크기와 속도로 인해 본 발명의 측정 시스템이 Applied Material의 Tetra II™ 또는 DPS® II 예칭 시스템과 같은 프로세스 도구에 완전히 통합될 수 있다. APC 소프트웨어와 결합될 때, 이는 웨이퍼-대-웨이퍼 폐루프 제어를 위한 완전한 피드-포워드(feed-forward) 솔루션을 제공한다. 광학 CD 측정 도구의 일 예는 캘리포니아, 밀피타스(Milpitas)의 Nanometrics로부터 이용가능한 Nano OCD 9000 또는 미국특허 제5,963,329호에 개시된 광학 이미저이다. 광학 CD 측정 도구는 산란계측, 반사계측 또는 투과 타원편광 기술을 이용할 수 있다.

- [0055] 상기 설명은 본 발명의 바람직한 양상에 대해 다루었지만, 본 발명의 다른 추가 양상들이 본 발명의 기본적인 범위를 벗어나지 않고 개량될 수 있으며, 그 범위는 하기 청구항들에 의해 결정될 것이다.

발명의 효과

- [0056] 본 발명은 통합 계측 도구를 이용하여 반도체 포토마스크 프로세싱 시스템에서 포토마스크의 예칭 깊이(또는 위상 변이 각도)를 측정함으로써 정확한 임계치수와 밀접한 분포 및 기판에 걸친 위상 변이 각도가 균일하게 마스크를 제작하는 효과를 갖는다.

도면의 간단한 설명

- [0001] 도 1a-1f는 교변(alternate) 위상 변이 포토마스크를 프로세싱하기 위한 에칭 시퀀스를 도시하는 단면도이다.

[0002] 도 2는 통합된 에칭 시스템의 주요 부품에 대한 블록도이다.

[0003] 도 3은 통합된 에칭 시스템의 일 실시예에 대한 다이어그램이다.

[0004] 도 4는 기판, 측정 도구, 및 기판과 측정 도구 사이에서의 방해되고 반사된 광빔(light beam)을 도시하는 개략도이다.

[0005] 도 5a는 로봇 블레이드를 구비한 로봇 암의 단부에 대한 개략도를 도시한다.

[0006] 도 5b는 측정 셀 및 에칭 깊이 계측 도구의 개략도를 도시한다.

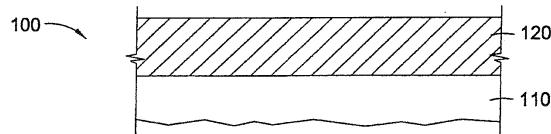
[0007] 도 5c는 에칭 깊이 측정 도구 및 CD 측정 도구를 구비한 측정 셀의 개략도를 도시한다.

[0008] * 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 *

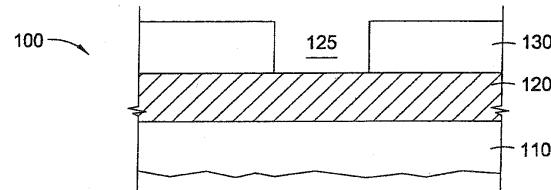
[0009] 100,400,520: 기판	110: 광학적으로 투명한 물질
[0010] 130: 레지스트 물질	140: 포토레지스트
[0011] 155,165: 패터닝된 기판 표면	175,450: 에칭 깊이
[0012] 200: 프로세싱 시스템	210,460,590: 측정 도구
[0013] 301: 메인프레임	303: 이송 챔버
[0014] 304,307: 로봇	306: 통합 계측 도구
[0015] 430: 광빔	431,432: 반사된 광빔
[0016] 500: 로봇 암	501: 기판 홀더
[0017] 510: 로봇 블레이드	550: 측정 셀
[0018] 560: 측정 포인트	580: 교정 패드

도면

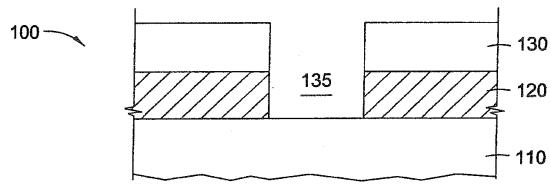
도면1a



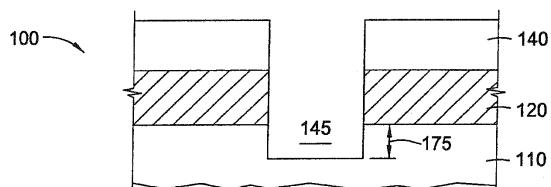
도면1b



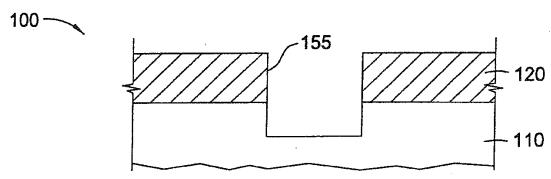
도면1c



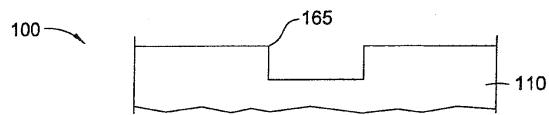
도면1d



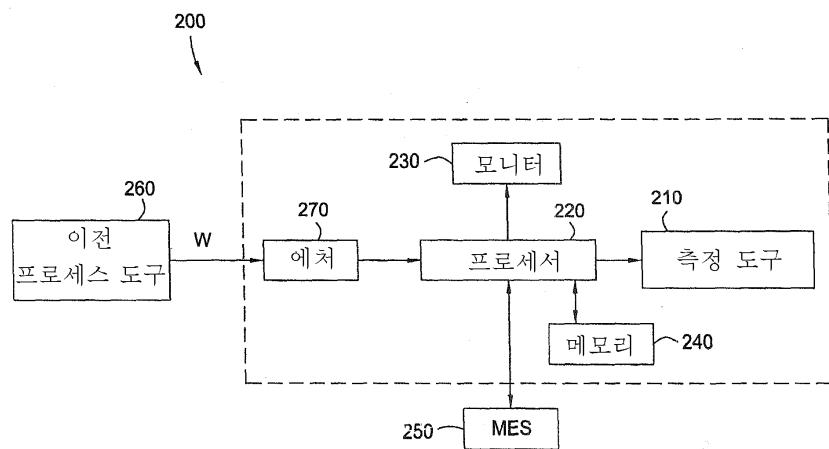
도면1e



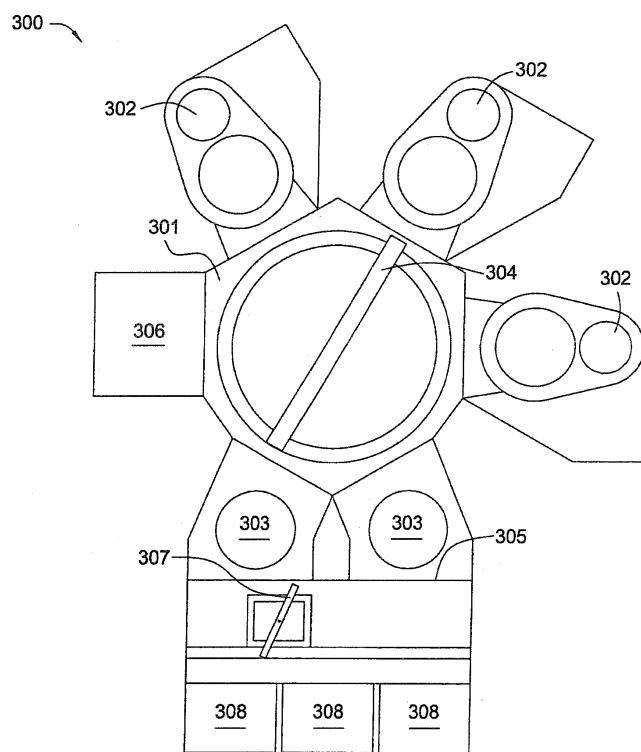
도면1f



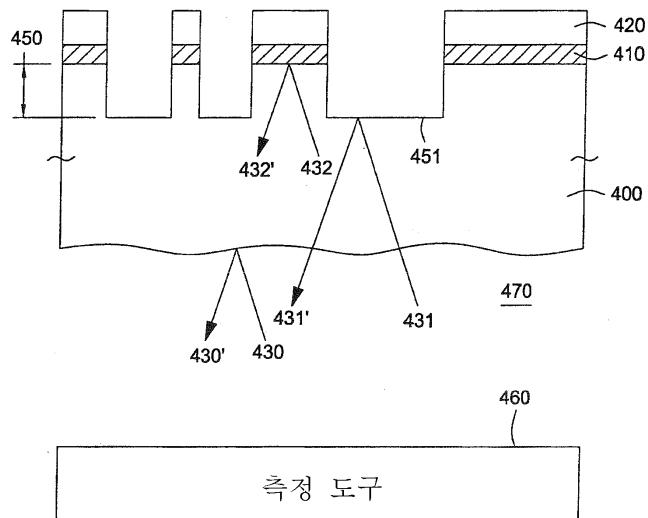
도면2



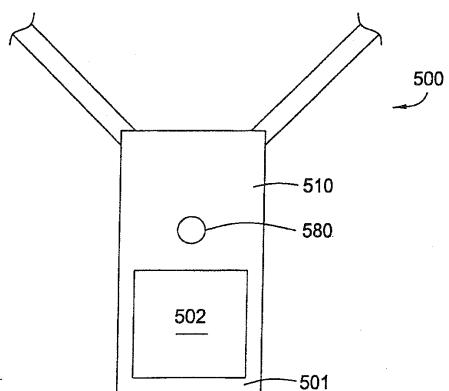
도면3



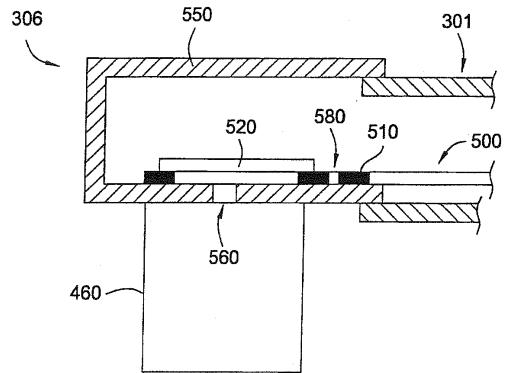
도면4



도면5a



도면5b



도면5c

