



등록특허 10-2383708



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년04월05일  
(11) 등록번호 10-2383708  
(24) 등록일자 2022년04월01일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01L 21/304* (2006.01) *B24B 37/013* (2012.01)  
*B24B 37/04* (2006.01) *H01L 21/306* (2006.01)  
*H01L 21/321* (2006.01) *H01L 21/66* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*H01L 21/304* (2013.01)  
*B24B 37/013* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7002030
- (22) 출원일자(국제) 2015년06월18일  
심사청구일자 2020년05월26일
- (85) 번역문제출일자 2017년01월23일
- (65) 공개번호 10-2017-0018960
- (43) 공개일자 2017년02월20일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2015/036520
- (87) 국제공개번호 WO 2015/200101  
국제공개일자 2015년12월30일
- (30) 우선권주장  
14/312,503 2014년06월23일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현

JP2008286766 A

(뒷면에 계속)

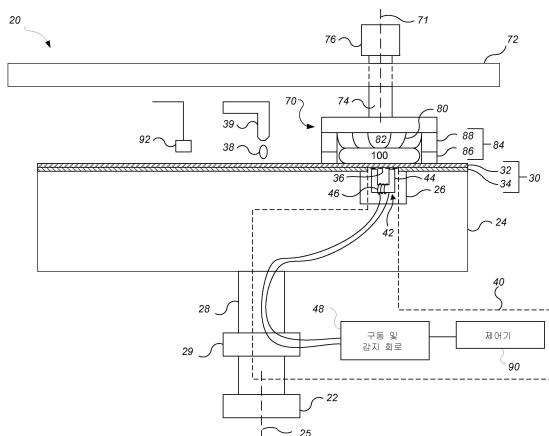
전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 강명희

(54) 발명의 명칭 전도성 트렌치 깊이의 유도성 모니터링

**(57) 요 약**

복수의 전도성 상호접속부들을 갖는 층을 갖는 집적 회로의 제작 시에, 집적 회로의 층을 제공하기 위해, 기판의 층이 연마된다. 기판의 층은 전도성 상호접속부들을 제공하기 위해 전도성 라인들을 포함한다. 기판의 층은 트렌치에 전도성 재료로 형성된 폐쇄된 전도성 루프를 포함한다. 트렌치에서의 전도성 재료의 깊이는 유도성 모니터링 시스템을 사용하여 모니터링되고, 신호가 생성된다. 모니터링은 폐쇄된 전도성 루프를 간헐적으로 통과하는 자기장을 생성하는 것을 포함한다. 신호로부터 시간에 걸친 값들의 시퀀스가 추출되고, 값들의 시퀀스는 시간에 걸친 전도성 재료의 깊이를 표현한다.

**대 표 도**

(52) CPC특허분류

*B24B 37/04* (2013.01)  
*H01L 21/30625* (2013.01)  
*H01L 21/3212* (2013.01)  
*H01L 22/14* (2013.01)  
*H01L 22/26* (2013.01)

(72) 발명자

**왕, 지홍**

미국 95051 캘리포니아 산타 클라라 베킹엄 드라이  
브 100 아파트먼트 234

**이라바니, 하싼 지.**

미국 94086 캘리포니아 써니베일 홀리 테라스 147  
**벤베뉴, 도미닉 제이.**

미국 94020 캘리포니아 라 혼다 베벌리 드라이브  
241

**칼슨, 잉마르**

미국 95035 캘리포니아 밀피타스 스프링 크릭 레인  
3474

**스위텍, 보그슬라우 에이.**

미국 95014 캘리포니아 쿠퍼티노 에이 엘 파도 웨  
이 10315

**투, 웬-치양**

미국 94043 캘리포니아 마운틴 뷰 웨스트 미들필드  
로드 777

(56) 선행기술조사문헌

JP2014514770 A  
US20030201768 A1  
US20030223150 A1  
US20050072528 A1

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기판을 화학적 기계적 연마하는 방법으로서,

복수의 전도성 상호접속부들을 갖는 층을 갖는 집적 회로의 제작 시에, 상기 집적 회로의 층을 제공하기 위해 기판의 층을 연마하는 단계 – 상기 기판의 층은 상기 전도성 상호접속부들을 제공하기 위한 전도성 라인들을 포함하고, 상기 기판의 층은 트렌치 내에 전도성 재료로 형성된 폐쇄된 전도성 루프를 포함함 –;

유도성 모니터링 시스템을 사용하여 상기 트렌치 내 상기 전도성 재료의 깊이를 모니터링하고, 신호를 생성하는 단계 – 상기 모니터링하는 것은 상기 폐쇄된 전도성 루프를 간헐적으로 통과하는 자기장을 생성하는 것을 포함함 –;

상기 신호로부터 시간에 걸친 값들의 시퀀스를 추출하는 단계 – 상기 값들의 시퀀스는 시간에 걸친 전도성 재료의 깊이를 표현함 –; 및

상기 값들의 시퀀스로부터 상기 전도성 재료의 깊이가 타겟 깊이에 도달했다고 결정함으로써, 연마 엔드포인트를 검출하는 단계, 또는

상기 층을 연마하는 동안 캐리어 헤드에 의해 상기 기판에 가해지는 적어도 하나의 압력을 상기 값들의 시퀀스에 기초하여 조정하여, 상기 기판 상의 상이한 구역들이 이러한 조정이 없는 경우보다 동일한 엔드포인트 시간에 더 근접하게 되도록 하는 단계

중 적어도 하나의 단계

를 포함하는,

기판을 화학적 기계적 연마하는 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 값들의 시퀀스를 추출하는 단계는, 상기 값들의 시퀀스로부터 값을 생성하기 위해, 상기 자기장이 상기 기판에 작용하는 시간 기간 동안 상기 신호를 평균화하는 단계를 포함하는,

기판을 화학적 기계적 연마하는 방법.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 값들의 시퀀스를 추출하는 단계는, 상기 자기장이 상기 기판에 작용하는 시간 기간 동안 상기 신호에서 피크들을 식별하고, 각각의 피크에 대해 신호 세기를 결정하는 단계를 포함하는,

기판을 화학적 기계적 연마하는 방법.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 값들의 시퀀스를 추출하는 단계는, 상기 값들의 시퀀스로부터 값을 생성하기 위해, 상기 피크들의 신호 세기들을 평균화하는 단계를 포함하는,

기판을 화학적 기계적 연마하는 방법.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 폐쇄된 전도성 루프는 상기 전도성 라인들 중 어떠한 전도성 라인에도 전기적으로 연결되지 않는, 기판을 화학적 기계적 연마하는 방법.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

트렌치 내의 상기 전도성 재료를 연마하기 전에, 상기 트렌치가 형성된 유전체 층의 표면을 노출시키기 위해 상기 전도성 재료의 오버라잉(overlying) 층을 제거(clear)하는 단계를 포함하는, 기판을 화학적 기계적 연마하는 방법.

#### 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 유도성 모니터링 시스템을 별크(bulk) 두께 모니터링 모드로부터 트렌치 깊이 모니터링 모드로 스위칭하는 단계를 포함하는,

기판을 화학적 기계적 연마하는 방법.

#### 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 값들의 시퀀스의 크기 변화률의 변화를 검출함으로써, 상기 오버라잉 층의 제거를 결정하는 단계를 포함하는,

기판을 화학적 기계적 연마하는 방법.

#### 청구항 9

제 1 항에 있어서,

규칙적인 주기적인 진동을 제거하기 위해, 상기 값들의 시퀀스를 필터링하는 단계를 포함하는,

기판을 화학적 기계적 연마하는 방법.

#### 청구항 10

프로세서로 하여금, 연마 동작을 제어하기 위한 동작들을 수행하게 하는 명령들을 포함하는, 컴퓨터 관독가능 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로서,

상기 동작들은,

연마 중인 기판의 층에서 트렌치 내에 전도성 재료로 형성된 폐쇄된 전도성 루프를 통해 자기장을 간헐적으로 통과시킴으로써 생성되는 신호를 유도성 모니터링 시스템으로부터 수신하는 동작;

상기 신호로부터 시간에 걸친 값들의 시퀀스를 추출하는 동작 — 상기 값들의 시퀀스는 시간에 걸친 전도성 재료의 깊이를 표현함 —; 및

상기 값들의 시퀀스로부터 상기 전도성 재료의 깊이가 타겟 깊이에 도달했다고 결정함으로써, 연마 엔드포인트를 검출하는 동작, 또는

연마 스테이션에서 상기 층을 연마하는 동안 캐리어 헤드에 의해 상기 기판에 가해지는 적어도 하나의 압력이 상기 값들의 시퀀스에 기초하여 조정되게 하여, 상기 기판 상의 상이한 구역들이 이러한 조정이 없는 경우보다 동일한 엔드포인트 시간에 더 근접하게 되도록 하는 동작

중 적어도 하나의 동작

을 포함하는,

컴퓨터 관독가능 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

### 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 값들의 시퀀스를 추출하는 동작은, 상기 값들의 시퀀스로부터 값을 생성하기 위해, 상기 자기장이 상기 기관에 작용하는 시간 기간 동안 상기 신호를 평균화하는 동작을 포함하는,

컴퓨터 관독가능 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

### 청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 값들의 시퀀스를 추출하는 동작은, 상기 자기장이 상기 기관에 작용하는 시간 기간 동안 상기 신호에서 피크들을 식별하고, 각각의 피크에 대해 신호 세기를 결정하는 동작을 포함하는,

컴퓨터 관독가능 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

### 청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 값들의 시퀀스를 추출하는 동작은, 상기 값들의 시퀀스로부터 값을 생성하기 위해, 상기 피크들의 신호 세기들을 평균화하는 동작을 포함하는,

컴퓨터 관독가능 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

### 청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 값들의 시퀀스를 추출하는 동작은, 상기 시간 기간 동안 베이스 신호 세기를 결정하고, 각각의 피크에 대한 신호 차이를 생성하기 위해 상기 피크들의 신호 세기들로부터 상기 베이스 신호 세기를 감산하는 동작을 포함하는,

컴퓨터 관독가능 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

### 청구항 15

화학적 기계적 연마를 위한 장치로서,

연마 패드를 지지하기 위한 표면을 갖는 플래튼(platen);

기판 상의 층이 상기 연마 패드와 접촉하도록 상기 기판을 훌딩하는 캐리어 헤드;

상기 기판의 층에서의 폐쇄된 전도성 루프를 간헐적으로 통과하는 자기장을 생성함으로써, 상기 기판 상의 층에서 트렌치 내의 전도성 재료의 깊이를 모니터링하기 위한 유도성 센서; 및

상기 유도성 센서로부터 신호를 수신하고, 상기 신호로부터 시간에 걸친 값들의 시퀀스를 추출하도록 구성된 제어기

를 포함하고,

상기 값들의 시퀀스는, 상기 폐쇄된 전도성 루프를 제공하는 상기 층에서 트렌치 내의 전도성 재료의 깊이를 표현하고,

상기 제어기는,

상기 값들의 시퀀스로부터 상기 전도성 재료의 깊이가 타겟 깊이에 도달했다고 결정함으로써, 연마 엔드포인트를 검출하는 것, 또는

상기 층을 연마하는 동안 상기 캐리어 헤드에 의해 상기 기판에 가해지는 적어도 하나의 압력을 상기 값들의 시퀀스에 기초하여 조정하여, 상기 기판 상의 상이한 구역들이 이러한 조정이 없는 경우보다 동일한 엔드포인트 시간에 더 근접하게 되도록 하는 것

중 적어도 하나를 행하도록 구성되는,  
화학적 기계적 연마를 위한 장치.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 개시는 기판들의 화학적 기계적 연마 동안의 유도성 모니터링에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 집적 회로는 전형적으로, 실리콘 웨이퍼 상의 전도성, 반전도성, 또는 절연성 층들의 순차적인 증착에 의해 기판 상에 형성된다. 다양한 제작 프로세스들은 기판 상의 층의 평탄화를 요구한다. 예컨대, 하나의 제작 단계는 절연성 층에서의 트렌치들 또는 홀들을 충전하기 위해, 패터닝된 절연성 층 상에 전도성 충전재 층을 증착하는 것을 수반한다. 그 후에, 충전재 층은, 절연성 층의 상승된 패턴이 노출될 때까지, 연마된다. 평탄화 후에, 절연성 층의 상승된 패턴 사이에 남게 되는 전도성 충전재 층의 부분들은, 기판 상의 박막 회로들 사이에 전도성 경로들을 제공하는 비아들, 플러그들, 및 라인들을 형성한다.

[0003] 화학적 기계적 연마(CMP)는 평탄화의 하나의 용인되는 방법이다. 이러한 평탄화 방법은 전형적으로, 기판이 캐리어 헤드 상에 탑재되는 것을 요구한다. 기판의 노출된 표면은 회전 연마 패드에 대하여 배치된다. 캐리어 헤드는 연마 패드에 대해 기판을 푸시하기 위해 기판 상에 제어 가능한 부하를 제공한다. 연마재 입자들을 갖는 슬러리와 같은 연마 액체가 연마 패드의 표면에 공급된다.

[0004] CMP에서의 하나의 문제는, 연마 프로세스가 완료되었는지 여부, 즉, 기판 층이 원하는 평탄도 또는 두께로 평탄화되었는지 여부, 또는 원하는 양의 재료가 제거된 때를 결정하는 것이다. 슬러리 조성, 연마 패드 조건, 연마 패드와 기판 사이의 상대적인 속도, 기판 층의 초기 두께, 및 기판 상의 부하에서의 변화들은 재료 제거 레이트에서의 변화들을 야기할 수 있다. 이러한 변화들은 연마 엔드포인트에 도달하는데 요구되는 시간에서의 변화들을 야기한다. 그에 따라, 단지 연마 시간의 함수로서 연마 엔드포인트를 결정하는 것은 웨이퍼 내 또는 웨이퍼 간 불-균일성을 초래할 수 있다.

[0005] 몇몇 시스템들에서, 기판이, 예컨대 연마 패드를 통해, 연마 동안에 인-시튜로 모니터링된다. 하나의 모니터링 기법은 전도성 층에서 와전류를 유도하고, 전도성 층이 제거됨에 따른 와전류에서의 변화를 검출하는 것이다.

#### 발명의 내용

[0006] 몇몇 집적 회로 제작 프로세스들에서, 패터닝된 절연성 층이 노출된 후에, 예컨대, 트렌치들에서의 전도성 라인들의 깊이를 감소시키기 위해, 연마가 계속된다. 트렌치들이 타겟 깊이를 갖는 경우에 기판의 연마를 신뢰성 있게 중단하는 것이 바람직할 것이다. 그러나, 트렌치들의 작은 라인 폭으로 인해, 전도성 라인들에서 와전류들을 유도하는 것은 어려울 수 있다. 결과적으로, 종래의 와전류 모니터링 기법들은 트렌치들의 깊이를 신뢰성 있게 결정하는데 충분하지 않을 수 있고, 그에 따라, 트렌치들이 타겟 깊이를 갖는 경우에, 신뢰성 있게 연마를 중단하지 않을 수 있다.

[0007] 그러나, 대안적인 접근법은 연마되고 있는 기판에 전도성 루프를 포함시키는 것이다. 전도성 루프를 통하는 자기장의 통과는 루프에서 전류를 유도할 수 있다. 자기장을 생성하는 전압 소스에 대하여, 전도성 루프는 일반적으로, 전도성 재료의 깊이에 따르는 임피던스로서 작용한다. 이는, 트렌치에서의 전도성 재료의 깊이에 따르는 신호의 생성을 허용한다.

[0008] 일 양상에서, 기판을 화학적 기계적 연마하는 방법은, 복수의 전도성 상호접속부들을 갖는 층을 갖는 집적 회로의 제작 시에, 집적 회로의 층을 제공하기 위해, 기판의 층을 연마하는 단계를 포함하고, 여기에서, 기판의 층은 전도성 상호접속부들을 제공하기 위해 전도성 라인들을 포함한다. 기판의 층은 트렌치에 전도성 재료로 형성된 폐쇄된 전도성 루프를 포함한다. 트렌치에서의 전도성 재료의 깊이는 유도성 모니터링 시스템을 사용하여 모니터링되고, 신호가 생성된다. 모니터링은 폐쇄된 전도성 루프를 간헐적으로 통과하는 자기장을 생성하는 것을 포함한다. 시간에 걸친 값들의 시퀀스가 신호로부터 추출되고, 값들의 시퀀스는 시간에 걸친 전도성 재료의 깊이를 표현한다. 연마 엔드포인트는, 전도성 재료가 타겟 깊이에 도달한 것을 값들의 시퀀스로부터 결정함으로써 검출되거나, 또는, 층의 연마 동안에 기판에 대해 캐리어 헤드에 의해 가해지는 적어도 하나의 압력이, 기판 상의 상이한 구역들이, 그러한 조정을 행하지 않은 경우보다, 동일한 엔드포인트 시간에 더 근접하게

되도록, 값들의 시퀀스에 기초하여 조정된다.

[0009] 다른 양상에서, 기판을 화학적 기계적 연마하는 방법은, 복수의 전도성 상호접속부들을 갖는 층을 갖는 집적 회로의 제작 시에, 집적 회로의 층을 제공하기 위해, 기판의 층을 연마하는 단계를 포함한다. 기판의 층은 전도성 상호접속부들을 제공하기 위해 전도성 라인들을 포함하고, 기판의 층은 트렌치에 전도성 재료로 형성된 폐쇄된 전도성 루프를 포함한다. 트렌치에서의 전도성 재료의 깊이는 유도성 모니터링 시스템을 사용하여 모니터링되고, 신호가 생성된다. 모니터링은 기판의 층에 대해 실질적으로 수직으로 배향된 프롱을 갖는 코어로부터 자기장을 생성하는 것을 포함한다. 자기장은 폐쇄된 전도성 루프를 간헐적으로 통과한다. 폐쇄된 전도성 루프의 측방향 치수는 프롱의 측방향 치수의 약 1 내지 2 배이다.

[0010] 다른 양상에서, 이러한 방법들을 수행하는 컴퓨터 프로그램 제품 또는 연마 시스템이 제공된다.

[0011] 다른 양상에서, 집적 회로의 제작 시에 사용하기 위한 기판은 복수의 전도성 상호접속부들을 갖는 층을 갖는다. 기판은, 반도체 바디, 반도체 바디 위에 배치된 유전체 층, 전도성 상호접속부들을 제공하기 위해, 유전체 층에서의 제 1 트렌치들에 배치된 전도성 재료의 복수의 전도성 라인들, 및 유전체 층에서의 제 2 트렌치들에 배치된 전도성 재료의 폐쇄된 전도성 루프 구조를 포함한다. 폐쇄된 전도성 루프 구조는, 복수의 전기적으로 연결된 전도성 루프들을 제공하기 위해, 전도성 영역을 통하는 복수의 개구들을 포함한다. 폐쇄된 전도성 루프는 전도성 라인들 중 어떠한 전도성 라인에도 전기적으로 연결되지 않는다.

[0012] 다른 양상에서, 집적 회로의 제작 시에 사용하기 위한 기판은 복수의 전도성 상호접속부들을 갖는 층을 갖는다. 기판은, 반도체 바디, 반도체 바디 위에 배치된 제 1 유전체 층, 전도성 상호접속부들의 적어도 일부를 제공하기 위해, 제 1 유전체 층에서의 제 1 트렌치들에 배치된 전도성 재료의 제 1 복수의 전도성 라인들, 제 1 유전체 층에서의 제 2 트렌치들에 배치된 전도성 재료의 제 1 폐쇄된 전도성 루프 구조, 제 1 유전체 층 위에 배치된 제 2 유전체 층, 전도성 상호접속부들 중 적어도 일부를 제공하기 위해, 제 2 유전체 층에서의 제 3 트렌치들에 배치된 전도성 재료의 제 2 복수의 전도성 라인들, 및 제 2 유전체 층에서의 제 4 트렌치들에 배치된 전도성 재료의 제 2 폐쇄된 전도성 루프 구조를 포함하고, 여기에서, 제 2 폐쇄된 전도성 루프 구조의 폭은 제 1 폐쇄된 전도성 루프 구조의 폭보다 더 크다.

[0013] 특정한 구현들은 다음의 이점들 중 하나 또는 그 초과를 포함할 수 있다. 트렌치에서의 예컨대 구리와 같은 금 속과 같은 전도성 재료의 깊이(또는 전도도)가 감지될 수 있다. 트렌치들이 타겟 깊이를 갖는 경우에 더 신뢰성 있게 연마가 중단될 수 있고, 캐리어 헤드 압력의 폐쇄된 루프 제어가 균일한 금속 라인 두께 및 전도도가 되도록 하기 위해 수행될 수 있다. 따라서, 전체 제작 프로세스가 개선된 수율을 가질 수 있다.

[0014] 하나 또는 그 초과의 구현들의 세부사항들이 첨부 도면들 및 아래의 설명에서 설명된다. 다른 양상들, 특징들, 및 이점들이 설명 및 도면들로부터, 그리고 청구항들로부터 명백하게 될 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은, 유도성 모니터링 시스템을 포함하는 화학적 기계적 연마 스테이션의 부분적으로 단면인 개략적인 측면도이다.

도 2는, 유도성 모니터링 시스템의 부분들의 개략적인 회로도이다.

도 3은, 화학적 기계적 연마 스테이션의 플래튼의 개략적인 상면도이다.

도 4a는, 기판의 개략적인 상면도이다.

도 4b는, 기판 상의 전도성 루프의 개략적인 사시도이다.

도 5는, 예컨대 도 4a로부터의 라인(5)을 따르는, 기판의 개략적인 단면도이다.

도 6은, 다수의 층들을 갖는 기판의 개략적인 단면도이다.

도 7은, 다수의 전도성 루프 구조의 개략적인 상면도이다.

도 8은, 유도성 모니터링 시스템으로부터의 신호를 예시한다.

도 9는, 유도성 모니터링 시스템에 의해 생성된 값들의 시퀀스를 예시한다.

도 10은, 기판 상의 2개의 구역들에 대해 유도성 모니터링 시스템에 의해 생성된 값들의 2개의 시퀀스를 예시한다.

도 11a 내지 도 11e는, 기판의 연마를 개략적으로 예시한다.

다양한 도면들에서의 동일한 참조 부호들은 동일한 엘리먼트들을 표시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016]

CMP 시스템들은 기판 상의 트렌치에서의 전도성 재료의 깊이를 검출하기 위해 유도성 모니터링 시스템을 사용할 수 있다. 측정들은 트렌치들이 타겟 깊이를 갖는 경우에 연마를 중단하기 위해, 또는 실시간으로 연마 프로세스의 프로세싱 파라미터들을 조정하기 위해 사용될 수 있다. 예컨대, 기판 캐리어 헤드는, 기판의 상이한 영역들에서의 트렌치들이 연마 후에 실질적으로 동일한 깊이를 갖도록, 기판의 후방 측 상의 압력을 조정할 수 있다.

[0017]

도 1은, 화학적 기계적 연마 장치의 연마 스테이션(20)의 예를 예시한다. 연마 스테이션(20)은 연마 패드(30)가 위에 위치된 회전가능한 디스크-형상 플래튼(platen)(24)을 포함한다. 플래튼(24)은 축(25)을 중심으로 회전하도록 동작가능하다. 예컨대, 모터(22)가 플래튼(24)을 회전시키기 위해 구동 샤프트(28)를 터닝(turn)할 수 있다. 연마 패드(30)는 외측 층(34) 및 더 연성인 배킹 층(32)을 갖는 2-층 연마 패드일 수 있다.

[0018]

연마 스테이션(20)은 연마 패드(30) 상에 슬러리와 같은 연마 액체(38)를 분주하기 위해 공급 포트 또는 조합된 공급-린스 암(39)을 포함할 수 있다. 연마 스테이션(20)은 연마 패드의 조건을 유지하기 위해 컨디셔닝 디스크를 갖는 패드 컨디셔너 장치를 포함할 수 있다.

[0019]

캐리어 헤드(70)는 연마 패드(30)에 대하여 기판(100)을 홀딩(hold)하도록 동작가능하다. 캐리어 헤드(70)는 예컨대 캐러셀(carousel) 또는 트랙과 같은 지지 구조(72)로부터 현수되고, 캐리어 헤드가 축(71)을 중심으로 회전할 수 있도록 구동 샤프트(74)에 의해 캐리어 헤드 회전 모터(76)에 연결된다. 선택적으로, 캐리어 헤드(70)는 예컨대 캐러셀 또는 트랙 상의 슬라이더들 상에서 측방향으로 진동(oscillate)할 수 있거나; 또는 캐러셀 그 자체의 회전 진동에 의해 진동할 수 있다. 동작 시에, 플래튼은 그러한 플래튼의 중심 축(25)을 중심으로 회전되고, 캐리어 헤드는 그러한 캐리어 헤드의 중심 축(71)을 중심으로 회전되고, 연마 패드(30)의 상단 표면에 걸쳐 측방향으로 병진이동된다. 다수의 캐리어 헤드들이 존재하는 경우에, 각각의 캐리어 헤드(70)는 그러한 캐리어 헤드(70)의 연마 파라미터들의 독립적인 제어를 가질 수 있고, 예컨대, 각각의 캐리어 헤드는 각각의 기판 각각에 가해지는 압력을 독립적으로 제어할 수 있다.

[0020]

캐리어 헤드(70)는 기판(100) 상의 예컨대 상이한 방사상 구역들과 같은 상이한 구역들에 상이한 압력을 가하기 위한 복수의 가압가능한 챔버들(82) 및 기판(100)의 후방 측과 접촉하기 위한 기판 탑재 표면을 갖는 가요성 멤브레인(membrane)(80)을 포함할 수 있다. 캐리어 헤드는 또한, 기판을 홀딩하기 위해 리테이닝 링(retaining ring)(84)을 포함할 수 있다. 몇몇 구현들에서, 리테이닝 링(84)은 고도로 전도성인 부분을 포함할 수 있고, 예컨대, 캐리어 링은 연마 패드와 접촉하는 얇은 하측 플라스틱 부분(86) 및 두꺼운 상측 전도성 부분(88)을 포함할 수 있다. 몇몇 구현들에서, 고도로 전도성인 부분은 금속, 예컨대 연마되고 있는 층과 동일한 금속, 예컨대 구리 또는 코발트이다.

[0021]

플래튼(24)에 리세스(recess)(26)가 형성되고, 선택적으로, 얇은 섹션(36)이 리세스(26) 위에 놓이도록 연마 패드(30)에 형성될 수 있다. 리세스(26) 및 얇은 패드 섹션(36)은, 플래튼 회전의 부분 동안에, 캐리어 헤드의 병진이동 위치와 상관없이, 이들이 기판(100) 아래를 통과하도록 위치될 수 있다. 연마 패드(30)가 2-층 패드인 것으로 가정하면, 얇은 패드 섹션(36)은 배킹 층(32)의 일부를 제거함으로써 구축될 수 있다. 얇은 섹션은 선택적으로, 예컨대, 인-시튜 광학 모니터링 시스템이 플래튼(24)에 통합된 경우에, 광학적으로 투과성일 수 있다.

[0022]

인-시튜 모니터링 시스템(40)은 기판(100) 상의 전도성 트렌치의 두께에 따르는 값들의 시변 시퀀스를 생성한다. 특히, 인-시튜 모니터링 시스템(40)은 유도성 모니터링 시스템일 수 있다. 동작 시에, 연마 스테이션(20)은 트렌치들이 타겟 깊이까지 연마된 때를 결정하기 위해 모니터링 시스템(40)을 사용한다.

[0023]

유도성 모니터링 시스템(40)은 플래튼에서의 리세스(26)에 설치된 유도성 센서(42)를 포함할 수 있다. 센서(42)는 리세스(26)에 적어도 부분적으로 위치된 자기 코어(44) 및 코어(44) 주위에 와인딩된 적어도 하나의 코일(46)을 포함할 수 있다. 구동 및 감지 회로(48)가 코일(46)에 전기적으로 연결된다. 구동 및 감지 회로(48)는 제어기(90)에 전송될 수 있는 신호를 생성한다. 플래튼(24) 외부에 있는 것으로 예시되지만, 구동 및 감지 회로(48)의 일부 또는 전부는 플래튼(24)에 설치될 수 있다. 회전식 커플러(29)는 예컨대 코일(46)과 같은, 회전가능한 플래튼에서의 컴포넌트들을 예컨대 구동 및 감지 회로(48)와 같은, 플래튼 외부의 컴포넌트들에 전

기적으로 연결하기 위해 사용될 수 있다.

[0024] 코어(44)는 후방 부분(52)으로부터 평행하게 연장되는 2개(도 1 참조) 또는 3개(도 2 참조)의 프롱들(50)을 포함할 수 있다. 하나의 프롱만을 갖는(그리고 후방 부분을 갖지 않는) 구현들이 또한 가능하다.

[0025] 도 2를 참조하면, 회로(48)는 코일(46)에 AC 전류를 인가하고, 이는, 코어(44)의 2개의 극들(54a 및 54b) 사이에 자기장(56)을 생성한다. 동작 시에, 자기장(56)의 일부가 기판(100) 내로 연장된다.

[0026] 도 2는 구동 및 감지 회로(48)의 예를 예시한다. 회로(48)는 코일(46)과 병렬로 연결된 캐패시터(60)를 포함한다. 코일(46) 및 캐패시터(60)는 함께 LC 공진 탱크를 형성할 수 있다. 동작 시에, 전류 생성기(62)(예컨대, 한계 발진기 회로에 기초한 전류 생성기)는 (인덕턴스(L)를 갖는) 코일(46) 및 (캐패시턴스(C)를 갖는) 캐패시터(60)에 의해 형성되는 LC 탱크 회로의 공진 주파수로 시스템을 구동한다. 전류 생성기(62)는 일정한 값으로 사인곡선적인 진동의 퍼크 대 퍼크 진폭을 유지하도록 설계될 수 있다. 진폭( $V_0$ )을 갖는 시간-종속 전압이 정류기(64)를 사용하여 정류되고, 피드백 회로(66)에 제공된다. 피드백 회로(66)는 전류 생성기(62)가 전압의 진폭( $V_0$ )을 일정하게 유지하기 위한 구동 전류를 결정한다. 한계 발진기 회로들 및 피드백 회로들은 인용에 의해 포함되는 미국 특허 번호 제 4,000,458 호 및 제 7,112,960 호에서 더 설명된다.

[0027] 자기장(56)이 기판 상의 전도성 루프를 통과하는 경우에, 자기장(56)은 루프에서 전류를 생성한다. 이는, 유효 임피던스를 증가시키고, 그에 따라, 전류 생성기(62)가 전압의 진폭( $V_0$ )을 일정하게 유지하기 위해 요구되는 구동 전류를 증가시킨다. 유효 임피던스의 증가의 정도는 루프의 전도도에 따르고, 그러한 루프의 전도도는 루프를 정의하는, 트렌치에서의 전도성 재료의 깊이에 따른다. 예컨대, 전도성 루프에 의한 전력 손실은 트렌치에서의 전도성 재료의 깊이에 선형적으로 관련된다. 따라서, 전류 생성기(62)에 의해 생성되는 구동 전류는 트렌치에서의 전도성 재료의 깊이의 측정을 제공한다.

[0028] 구동 및 감지 회로(48)에 대해 다른 구성들이 가능하다. 예컨대, 별개의 구동 및 감지 코일들이 코어 주위에 와인딩될 수 있고, 구동 코일이 일정한 주파수로 구동될 수 있고, 감지 코일로부터의 전류의 (구동 발진기에 관한) 진폭 또는 위상이 신호에 대해 사용될 수 있다.

[0029] 도 1로 돌아가면, 몇몇 구현들에서, 연마 스테이션(20)은 연마 스테이션에서의 또는 연마 스테이션의/에서의 컴포넌트에서의 온도를 모니터링하기 위해 온도 센서(92)를 포함한다. 연마 패드(30) 및/또는 패드(30) 상의 슬러리(38)의 온도를 모니터링하도록 위치된 것으로 도 1에서 예시되지만, 온도 센서(92)는 기판(100)의 온도를 측정하도록 캐리어 헤드 내부에 위치될 수 있다. 온도 센서는 기판(100)의 노출된 표면 또는 연마 패드와 직접적으로 접촉할 수 있거나(즉, 접촉 센서), 또는 온도 센서는 비-접촉 센서(예컨대, 적외선 센서)일 수 있다. 모니터링된 온도(들)는 유도성 모니터링 시스템으로부터의 측정들을 조정하는데 사용될 수 있다.

[0030] 몇몇 구현들에서, 연마 장치는 부가적인 연마 스테이션들을 포함한다. 예컨대, 연마 장치는 2개 또는 3개의 연마 스테이션들을 포함할 수 있다. 예컨대, 연마 장치는 와전류 모니터링 시스템을 갖는 제 1 연마 스테이션 및 유도성 모니터링 시스템을 갖는 제 2 연마 스테이션을 포함할 수 있다.

[0031] 예컨대, 동작 시에, 제 1 연마 스테이션에서, 기판 상의 전도성 층의 벌크(bulk) 연마가 수행될 수 있고, 배리어 층 또는 패터닝된 유전체 층이 노출되는 경우에, 연마가 중단될 수 있다. 그 후에, 기판은 제 2 연마 스테이션으로 이송되고, 기판은 트렌치들이 타겟 깊이에 도달할 때까지 연마될 수 있다.

[0032] 도 3은 플래튼(24)의 상면도를 예시한다. 플래튼(24)이 회전함에 따라, 센서(42)가 기판(100) 아래에서 스위핑(sweep)한다. 특정한 주파수로 회로(48)로부터의 신호를 샘플링함으로써, 회로(48)는 기판(100)에 걸친 샘플링 구역들(94)의 시퀀스에서의 측정들을 생성한다. 각각의 스위프에 대해, 샘플링 구역들(94) 중 하나 또는 그 초과에서의 측정들이 선택될 수 있거나 또는 조합될 수 있다. 따라서, 다수의 스위프들에 걸쳐, 선택된 또는 조합된 측정들은 값들의 시변 시퀀스를 제공한다. 부가하여, 센서(42)가 기판(100) 아래에 위치되지 않은 위치들에서 오프-웨이퍼(off-wafer) 측정들이 수행될 수 있다.

[0033] 연마 스테이션(20)은 또한, 유도성 센서(42)가 기판(100) 아래에 있을 때, 그리고 유도성 센서(42)가 기판에서 벗어난 때를 감지하기 위해, 광학 인터럽터와 같은 위치 센서(96)를 포함할 수 있다. 예컨대, 위치 센서(96)는 캐리어 헤드(70) 반대편의 고정된 위치에 탑재될 수 있다. 플래그(98)가 플래튼(24)의 주변부에 부착될 수 있다. 플래그(98)의 길이 및 부착의 포인트는, 센서(42)가 기판(100) 아래에서 스위핑하는 경우에, 플래그(98)가 위치 센서(96)에 시그널링할 수 있도록 선택된다.

- [0034] 대안적으로, 연마 스테이션(20)은 플래튼(24)의 각도 위치를 결정하기 위해 인코더를 포함할 수 있다. 유도성 센서는 플래튼의 각각의 회전에 따라 기판 아래에서 스위핑할 수 있다.
- [0035] 예컨대 범용 프로그래머블 디지털 컴퓨터와 같은 제어기(90)가 유도성 모니터링 시스템으로부터 값들의 시퀀스를 수신한다. 플래튼의 각각의 회전에 따라 센서(42)가 기판 아래에서 스위핑하기 때문에, 트렌치들의 깊이에 관한 정보는 인-시튜로 그리고 연속적인 실시간 기초로(플래튼 회전당 한번) 측정된다. 제어기(90)는, (위치 센서에 의해 결정되는 바와 같이) 기판이 대체로, 얇은 셕션(36) 위에 놓인 경우에, 모니터링 시스템으로부터의 측정들을 샘플링하도록 프로그래밍될 수 있다. 연마가 진행됨에 따라, 전도성 층의 두께가 변화되고, 샘플링된 신호들이 시간에 따라 변화된다. 모니터링 시스템으로부터의 측정들은, 디바이스의 오퍼레이터로 하여금 연마 동작의 진행을 시각적으로 모니터링하게 허용하기 위해, 연마 동안에 출력 디바이스 상에 디스플레이될 수 있다.
- [0036] 부가하여, 제어기(90)는, 기판 아래에서의 각각의 스위프로부터의 유도성 전류 모니터링 시스템(40)으로부터의 측정들을 복수의 샘플링 구역들로 분할하고, 그에 따라, 각각의 샘플링 구역의 방사상 위치를 계산하고, 방사상 범위들로 측정들을 분류한다.
- [0037] 제어기(90)는 또한, 캐리어 헤드(70)에 의해 가해지는 압력을 제어하는 압력 메커니즘들에 연결될 수 있거나, 캐리어 헤드 회전 레이트를 제어하기 위해 캐리어 헤드 회전 모터(76)에 연결될 수 있거나, 플래튼 회전 레이트를 제어하기 위해 플래튼 회전 모터(21)에 연결될 수 있거나, 또는 연마 패드에 공급되는 슬러리 조성을 제어하기 위해 슬러리 분배 시스템(39)에 연결될 수 있다. 구체적으로, 방사상 범위들로 측정들을 분류한 후에, 아래에서 추가로 논의되는 바와 같이, 캐리어 헤드에 의해 가해지는 연마 압력 프로파일을 주기적으로 또는 연속적으로 변경하기 위해, 트렌치 깊이에 관한 정보가 폐쇄-루프 제어기로 실시간으로 공급될 수 있다.
- [0038] 도 4a 및 도 4b는 폐쇄된 전도성 루프(102)를 갖는 기판(100)을 예시한다. 일반적으로, 기판은 다수의 폐쇄된 전도성 루프들(102)을 가질 것이고, 폐쇄된 전도성 루프들은 기판에 걸쳐 균일하게 분배될 수 있다. 각각의 전도성 루프(102)는 기판에서의 다른 배선 와이어링에 연결될 필요가 없고; 각각의 전도성 루프(102)는 기판 상의 독립된 피처일 수 있다. 더욱이, 전체 집적 회로의 완성 후에도, 전도성 루프들(102)은 집적 회로에서 독립된 피처들일 수 있고, 즉, 이들은 다른 배선 와이어링에 연결될 필요가 없고, 집적 회로의 임의의 기능적 회로의 일부가 아니다.
- [0039] 전도성 루프는, 사용되고 있는 금속 층에 따라, 약 0.5 내지 10  $\mu\text{m}$ 의 라인 폭(W)(도 5 참조)을 가질 수 있다. 전도성 루프(102)는 층에서의 다른 배선 와이어링과 동일한 깊이를 갖는다.
- [0040] 몇몇 구현들에서, 폐쇄된 전도성 루프(102)는 다이(104)를 둘러싼다. 예컨대, 폐쇄된 전도성 루프는 다이들(104) 사이의 스크라이브(scribe) 라인 영역(106)에 위치될 수 있다. 몇몇 구현들에서, 폐쇄된 전도성 루프(102)는 스크라이브 라인 영역(106)에 위치되지만 다이(104)를 둘러싸지 않는다. 대안적으로, 폐쇄된 전도성 루프(102)는 다이 내에 위치될 수 있다. 이러한 경우에, 집적 회로에 의해 사용되지만 루프(102) 내에 위치될 임의의 회로에 대한 전기 연결들은 다른 전도성 층에서 루프(102) 위 또는 아래를 통과하는 전도성 라인들을 통해 라우팅될 필요가 있을 것이다.
- [0041] 도 4a에서 도시된 바와 같이, 단일 웨이퍼(100)가 전형적으로 다수의 다이들(104)로 제작된다. 몇몇 구현들에서, 각각의 다이(104)는 연관된 전도성 루프(102)를 갖는다. 예컨대, 각각의 다이(104)는 그 고유의 전도성 루프에 의해 에워싸일 수 있거나, 또는 전도성 루프는 각각의 다이(104) 내에 위치될 수 있거나, 또는 전도성 루프는 스크라이브 라인 영역에서의 각각의 다이(104) 근처에 위치될 수 있다. 각각의 다이는 다수의 전도성 루프들을 가질 수 있고, 전도성 루프들은 동일한 사이즈를 가질 수 있거나 또는 상이한 사이즈들일 수 있다. 결국, 웨이퍼는 개별적인 다이들을 분리하기 위해 다이싱된다.
- [0042] 도 4a 및 도 4b는 대체로 직사각형인 것으로서 루프를 예시하지만, 이는 필수적인 것이 아니고; 루프는 임의의 단순한(즉, 비-자기-교차) 형상, 예컨대, n-면의 간단한 다각형일 수 있다. 루프는 또한, 하나 또는 그 초과의 휘어진 세그먼트들을 가질 수 있다.
- [0043] 유도성 모니터링 시스템(40)으로부터의 신호 세기는, 센서(42)에 관한, 그리고 특히, 프롱들(50)의 수평 치수들 및 코어(44)로부터의 루프(102)의 거리에 관한 전도성 루프(102)의 사이즈에 따라 좌우될 것이다. 전도성 루프를 통하는 전력 손실은 루프를 통하는 자기 플럭스 및 루프의 전기 저항 양자 모두에 의해 결정된다. 한편으로, 전도성 루프가 작을수록, 더 적은 자기 플럭스가 루프를 통과할 것이고, 신호가 더 약하게 될 것이다. 다른 한편으로, 전도성 루프가 너무 큰 경우에, 극들 중 하나로부터 발생하는 자기장 라인들이 루프의

면적 내에서 며무르면서 다른 극으로 휘어질 것이고, 그에 따라, 루프를 통하는 총 자기 플럭스가 다시 감소된다. 부가하여, 루프의 전기 저항은 루프의 총 길이에 따라 선형적으로 증가된다. 이는, 특정한 사이즈를 갖는 센서에 대해, 전력 손실에서의 증가, 그에 따라, 더 약한 신호를 초래한다. 일반적으로, 루프의 사이즈는 코어(44)의 프롱들(50) 중 하나의 사이즈와 대체로 매칭해야 한다. 예컨대, 전도성 루프(102)의 측방향 치수(L)는 코어(44)의 프롱들(50) 중 하나의 측방향 치수의 대략 1 내지 2 배이어야 한다.

[0044] 도 5를 참조하면, 폐쇄된 전도성 루프(102)는 제작되고 있는 전도성 층에서의 다른 전도성 피쳐들과 동시에 제작된다. 특히, 웨이퍼(110) 상에 증착된 유전체 층(112)에, 예컨대 에칭에 의해, 트렌치가 형성된다. 유전체 층(112)은, 예컨대, 저-k 층, 캐핑 층 등과 같은 층들의 스택일 수 있다. 유전체 층(112)의 상단 표면 및 트렌치의 내부를 코팅하기 위해, 얇은 배리어 층(114)이 증착될 수 있다. 그 후에, 전도성 재료(116)가 트렌치를 충전하기 위해 증착될 수 있고; 전도성 재료는 또한, 유전체 층(112)의 상단 표면을 덮는다. 전도성 재료는, 예컨대 구리 또는 코발트와 같은 금속일 수 있다. 배리어 층은 티타늄, 티타늄 질화물, 또는 탄탈륨 질화물일 수 있다.

[0045] 그 후에, 유전체 층(114)의 상단 표면을 노출시키기 위해, 전도성 재료(116)가 연마된다. 이러한 포인트에서, 기판이 도 4a에서 도시된 상태에 도달한다. 기판(100)의 연마는 트렌치에서의 전도성 재료(116)가 타겟 깊이에 도달할 때까지 계속될 수 있다. 연마 단계의 이러한 부분 동안에, 트렌치의 깊이는 유도성 모니터링 시스템을 사용하여 모니터링될 수 있다. 트렌치 깊이를 감소시키기 위한 연마는 유전체 층(114)의 상단 표면을 노출시키기 위해 사용된 것과 동일한 플래튼에서 수행될 수 있다.

[0046] 전도성 루프(102)가 층에서의 다른 전도성 캠포넌트들과 동일한 프로세스에서 제작되기 때문에, 전도성 루프(102)의 트렌치는 집적 회로의 회로를 제공하게 될 다이에서의 트렌치들과 동일한 깊이를 가져야 한다. 따라서, 전도성 루프(102)의 두께의 모니터링은 다른 전도성 피쳐들의 두께의 모니터링을 위해 상당히 의존될 수 있다.

[0047] 다수의 기판들에서, 기판 상에 형성된 금속 피쳐들을 갖는 다수의 층들이 존재한다. 이러한 층들은 때때로, M1, M2 등이라고 지칭되고, M1은 반도체 웨이퍼에 가장 근접한 금속 층이다. 도 6을 참조하면, 다수의 층들을 갖는 기판이 연마되고 있는 경우에, 전도성 루프가 각각의 층에 형성될 수 있다. 예컨대, 전도성 루프들(102a, 102b, 102c)이 각각 금속 층들(M1, M2, M3)에 형성될 수 있다. 몇몇 구현들에서, 2개의 상이한 층들에서의 전도성 루프들이 실질적으로 정렬되고, 예컨대, 전도성 루프(102b)는 전도성 루프(102a) 바로 위에 있다.

[0048] 가능한 문제는, 하측 층들에서의 전도성 루프들이 측정되는 신호에 기여하고, 결과적으로, 최외측 층에서의 트렌치 깊이의 모니터링 동안에 노이즈의 소스로서 역할을 하는 것이다. 몇몇 구현들에서, 층이 기판으로부터 멀리 있을수록, 전도성 루프가 더 넓게 된다. 예컨대, M3에서의 전도성 루프(102c)는 M2에서의 전도성 루프(102b)보다 더 넓을 수 있고, 그러한 전도성 루프(102b)는 M1에서의 전도성 루프(102a)보다 더 넓을 수 있다. 반대로, 집적 회로의 전도성 상호접속부들을 제공하는 라인들은 각각의 층에서 동일한 폭을 가질 수 있다.

[0049] 루프의 증가된 폭으로 인해, 루프는 더 낮은 저항을 갖는다. 결과로서, 각각의 층에서의 루프로부터의 신호 세기는 연속하여 더 강하게 된다. 예컨대, 전도성 루프(102c)로부터의 신호 세기는 전도성 루프(102b)로부터의 신호 세기보다 더 클 수 있고, 그러한 전도성 루프(102b)로부터의 신호 세기는 전도성 루프(102a)로부터의 신호 세기보다 더 강할 수 있다. 신호 세기가 각각의 층에 따라 증가되기 때문에, 하측 층들에서의 전도성 루프들로부터 기인하는 노이즈는 최외측 층에서의 트렌치 깊이의 모니터링의 의존 동안에 더 적은 영향을 미치고, 더 적은 신호 대 노이즈 비의 노이즈의 소스가 된다.

[0050] 선택적으로, 각각의 전도성 루프는 다음 하측 층에서의 전도성 루프에 전기적으로 연결될 수 있다. 예컨대, 전도성 루프(102c)는 전도성 루프(102b)에 전기적으로 연결될 수 있고, 전도성 루프(102b)는 전도성 루프(102a)에 전기적으로 연결될 수 있다.

[0051] 도 7을 참조하면, 몇몇 구현들에서, 단일의 전도성 루프(102)가 다-루프 구조(122)로 대체된다. 구조(122)는 전도성 라인들(128)에 의해 분리된 다수의 개구들(126)을 갖는다. 개구들(126)은 균일하게 이격될 수 있다. 몇몇 구현들에서, 구조(122)는 금속 링 라인에 유전체 슬릿들을 삽입함으로써 형성된다. 다-루프 구조(122)의 합성 구조는, 다이(104)에서의 집적 회로의 부분을 형성하게 될 배선 라인들 또는 임계(critical) 디바이스 트렌치들과 근접한 또는 유사한 CMP 거동들을 갖도록 설계될 수 있다.

[0052] 라인들(128)에 의해 덮인 면적에 관한 개구들(126)에 의해 덮인 면적의 비율은 인접한 다이에서의 디바이스 패턴의 패턴 밀도와 매칭하도록 선택될 수 있다. 예컨대, 인접한 다이에서의 디바이스 패턴이 50 %의 패턴 밀도

를 갖는 경우에, 총 면적에 대한 라인들에 의해 덮인 면적의 비율은 0.5일 수 있다. 이는, 금속 라인들이 다이에서의 패턴과 유사한 CMP 동작에 대한 응답을 갖게 허용한다.

[0053] 도 1 내지 도 3으로 돌아가면, 위에서 기재된 바와 같이, 자기장(56)이 기판(100) 상의 전도성 루프(102)를 통과하는 경우에, 자기장(56)은 루프(102)에서 전류를 생성하고, 이는 유도성 모니터링 시스템으로부터의 신호 세기에서 변화를 발생시킨다. 그러나, 센서(42)가 기판에 관하여 이동하고 있고, 루프들이 기판에 걸쳐 분배되기 때문에, 센서(42)는 때때로, 루프가 없는 영역 위에 위치될 것이고, 루프(102)에 걸쳐 간헐적으로만 스위핑할 수 있다. 결과로서, 유도성 모니터링 시스템으로부터의 신호는 루프들로부터의 효과들을 간헐적으로만 레지스터링(register)할 것이다.

[0054] 도 8은, 기판(100)에 걸친 센서(42)의 단일의 스위프로부터의 샘플 신호(130)의 그래프를 예시한다. 그레프에서, 수평 축은 기판의 중심으로부터의 거리를 표현하고, 수직 축은 신호 세기(임의의 단위)를 표현한다. 신호(130)는 낮은 신호 세기의 초기 부분(132)을 포함한다. 부분(132)은, 센서가 캐리어 헤드 아래에 있지 않은 시간을 표현할 수 있고, 따라서, 신호를 생성할 것이 존재하지 않는다. 이에 이어서, 중간의 신호 세기의 부분(134)이 후속된다. 이러한 부분(134)은, 센서가 리테이닝 링 아래에 있는 시간을 표현할 수 있고, 따라서, 캐리어 또는 리테이닝 링에서의 금속 부분들이 어떤 신호를 생성할 수 있다.

[0055] 그 후에, 밸리들(142)에 의해 분리된 다수의 개별적인 스파이크들(140)을 갖는 상당한 "노이즈"를 갖는 것으로 나타나는 부분(136)이 후속된다. 일반적으로, 부분(136)에 걸쳐, 신호 세기는 최소치(144) 아래로 떨어지지 않는다. 임의의 특정한 이론에 제한되지 않으면서, 스파이크들(140)은 센서(42)가 루프 아래에 위치된 시간들을 표현할 수 있고, 밸리들(142)은 센서가 루프를 갖지 않는 영역 아래에 위치된 시간들을 표현할 수 있다.

[0056] 스파이크들(140)의 신호 세기가 트렌치들의 깊이를 표현하기 때문에, 신호는 이질적인 배경 신호 및 노이즈를 제거하도록 프로세싱될 필요가 있다. 신호 프로세싱은 제어기(90)에 의해 수행될 수 있다.

[0057] 일반적으로, 신호 윈도우가 선택된다. 신호 윈도우는 센서가 기판 또는 기판 상의 방사상 구역에 걸쳐 스캐닝하고 있는 시간의 부분을 표현할 수 있다. 선택적으로, 신호는 초기에, 기판 상의 전도성 루프들에 의해 생성되지 않은 신호의 DC 부분을 제거하기 위해 고역-통과 필터를 겪을 수 있다. 센서가 캐리어 헤드 아래에 있지 않은 경우의 신호 세기는 래퍼런스 값을 생성하기 위해 측정된다. 이러한 래퍼런스 값은, 센서가 캐리어 헤드 아래에 있는 동안에, 예컨대, 신호 윈도우 동안에 측정된 신호로부터 감산된다. 이는, 예컨대, 화학적 또는 열적 환경 변화들로 인한, 기판에 대한 연마 동작 내의 신호 드리프트를 보상할 수 있다.

[0058] 일 구현에서, 신호(130)의 세기는 평균 신호 값을 생성하기 위해 전체 신호 윈도우에 걸쳐 평균된다. 평균 값은 출력 값으로서 사용될 수 있다. 이러한 기법은, 전도성 루프들이 기판에 걸쳐 균일하게 그리고 조밀하게 분배되는 경우에 적절할 수 있다.

[0059] 다른 구현에서, 신호 윈도우 내의 개별적인 피크들(140)이 식별된다. 각각의 피크(140)의 최대 신호 세기가 결정된다. 플로어의 신호 세기, 예컨대, 피크들 사이의 밸리 영역의 평균 값은 피크-대-플로어 신호 값들의 세트를 생성하기 위해 각각의 피크의 신호 세기로부터 감산된다. 신호 윈도우로부터의 피크-대-플로어 신호 값들의 세트는 평균 피크-대-플로어 신호 값을 생성하기 위해 평균될 수 있다. 평균 피크-대-플로어 신호 값은 출력 값으로서 사용될 수 있다. 이러한 기법은, 희박한 피크들 및 평탄한 플로어를 갖는 신호들에 대해, 예컨대, 전도성 루프들이 각각의 다이 내에서 비교적 낮은 밀도로 분배되고 위치된 경우에 적절할 수 있다.

[0060] 다른 구현에서, 신호 윈도우 내의 개별적인 피크들(140)이 식별된다. 각각의 피크(140)의 최대 신호 세기가 결정된다. 신호 윈도우 내의 피크들의 신호 세기는 평균 피크 값을 생성하기 위해 평균될 수 있다. 평균 피크 신호 값은 출력 값으로서 사용될 수 있다. 이러한 기법은, 희박한 그리고 균등하지 않은 피크들을 갖는 신호들에 대해, 예컨대, 각각의 다이 내의 상이한 사이즈들의 그리고 비교적 낮은 밀도로 분배된 전도성 루프들이 존재하는 경우에 적절할 수 있다.

[0061] 위의 구현들 각각에서, 스위프 당 신호 윈도우에 대한 하나의 출력 값이 존재하기 때문에, 연마가 진행됨에 따라, 이는 엔드포인트 검출 또는 폐쇄된 루프 연마 레이트 제어를 위해 사용될 수 있는 값들의 시퀀스를 생성한다.

[0062] "피크들"이 더 낮은 베이스라인 신호로부터의 상방의 스파이크들 또는 더 높은 베이스라인 신호로부터의 하방의 스파이크들일 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 후자의 경우에, "최대 신호 세기"는 실제로 피크의 가장 낮은 포인트이다.

- [0063] 도 9는, 디바이스 기판(100)의 연마 동안에 유도성 모니터링 시스템에 의해 생성되는 출력 값들(150)의 예시적인 그래프이다. 그래프에서, 수평 축은 시간을 표현하고, 수직 축은 출력 값을 표현한다. 몇몇 구현들에서, 출력 값은, 예컨대, 툭-업 테이블을 사용하여, 값들(150)을 제공하는 두께 값으로 변환될 수 있다.
- [0064] 몇몇 구현들에서, 제 2 스펙트럼 피처의 전류 값이 타겟 값(152)에 도달하는 경우에, 엔드포인트가 호출될 수 있다. 타겟 값(152)은 트렌치가 타겟 깊이를 갖는 경우의 유도성 모니터링 시스템의 출력을 표현한다.
- [0065] 몇몇 구현에서, 함수(154)가, 예컨대 로버스트 라인 피팅을 사용하여, 출력 값들(150)에 대해 피팅된다. 함수(154)는 연마 엔드포인트 시간을 결정하기 위해 사용될 수 있다. 몇몇 구현들에서, 함수는 시간의 선형 함수이다. 몇몇 구현들에서, 함수(154)가 타겟 값(152)과 동등한 시간이 엔드포인트 시간(156)을 제공한다.
- [0066] 도 10은, 기판(100) 상의 2개의 상이한 구역들에 대한 출력 값들의 예시적인 그래프이다. 예컨대, 유도성 모니터링 시스템(40)은, 기판(100)의 예지 부분을 향하여 위치된 제 1 구역, 및 기판(100)의 중심을 향하여 위치된 제 2 구역을 트래킹할 수 있다. 제 1 출력 값들(160)의 시퀀스는 기판(100)의 제 1 구역으로부터 측정될 수 있고, 제 2 출력 값들(162)의 시퀀스는 유사하게, 기판(100)의 제 2 구역으로부터 측정될 수 있다.
- [0067] 예컨대 제 1 라인과 같은 제 1 함수(164)는 제 1 출력 값들(160)의 시퀀스에 대해 피팅될 수 있고, 예컨대 제 2 라인과 같은 제 2 함수(166)는 제 2 출력 값들(162)의 시퀀스에 대해 피팅될 수 있다. 제 1 함수(164) 및 제 2 함수(166)는 기판(100)의 연마 레이트에 대한 조정을 결정하기 위해 사용될 수 있다.
- [0068] 연마 동안에, 타겟 값(168)에 기초한 추정된 엔드포인트 계산은, 기판(100)의 제 1 구역에 대해 제 1 함수를 이용하여, 그리고 기판(100)의 제 2 구역에 대해 제 2 함수를 이용하여, 시간(TC)에서 행해진다. 타겟 값(168)은 트렌치가 타겟 깊이를 갖는 경우의 유도성 모니터링 시스템의 출력을 표현한다. 제 1 및 제 2 구역들에 대한 추정된 엔드포인트 시간들(T1 및 T2)가 상이한 경우에(또는, 추정된 엔드포인트 시간(170)에서의 제 1 함수 및 제 2 함수의 값들이 상이한 경우에), 구역들 중 적어도 하나의 연마 레이트는, 제 1 구역 및 제 2 구역이 그러한 조정을 행하지 않은 경우보다 동일한 엔드포인트 시간에 더 근접하게 되도록 조정될 수 있다. 예컨대, 제 1 구역이 제 2 구역 전에 타겟 값(168)에 도달하게 될 경우에, 제 2 구역의 연마 레이트는, 제 2 구역이 제 1 구역과 실질적으로 동일한 시간에 타겟 값(168)에 도달하게 되도록, 증가될 수 있다(라인(172)에 의해 도시됨). 몇몇 구현들에서, 기판의 제 1 부분 및 제 2 부분 양자 모두의 연마 레이트들은, 부분들 양자 모두에서 엔드포인트가 동시에 도달되도록 조정된다. 대안적으로, 제 1 부분만 또는 제 2 부분만의 연마 레이트가 조정될 수 있다.
- [0069] 출력 값들의 시퀀스는 출력 신호를 제공한다. 몇몇 구현들에서, 출력 신호는 함수를 피팅하기 전에 필터링될 수 있다. 예컨대, 몇몇 상황들에서, 출력 신호는 규칙적인 주기적인 진동을 나타낸다. 임의의 특정한 이론에 제한되지 않으면서, 이는, 플래튼의 회전마다의 기판의 배향의 시프팅으로 인한 것일 수 있다. 이러한 주기적인 진동을 보상하기 위해, 다음의 알고리즘이 출력 값들의 시퀀스에 적용될 수 있다.
- [0070] 프로세싱된 신호 =  $\text{sqrt}[\text{signal}(t)*\text{signal}(t) + \text{signal}(t-\Delta t)*\text{signal}(t-\Delta t)]$
- [0071] 여기에서,  $\Delta t$ 는 진동의 주기의 사분의 일이다. 진동의 주기는, 예컨대, 출력 신호의 푸리에 변환을 수행하고, 피크 주파수 세기를 결정함으로써, 결정될 수 있다.
- [0072] 초기에, 연마를 실시하기 전에, 전류 생성기(62)는, 임의의 기판이 존재하지 않으면서, LC 회로의 공진 주파수로 튜닝될 수 있다. 이러한 공진 주파수는 출력 신호의 최대 진폭을 발생시킨다.
- [0073] 도 11a에서 도시된 바와 같이, 연마 동작 동안에, 기판(100)은 연마 패드(30)와 접촉하도록 배치된다. 기판(100)은 아래놓인 패터닝된 유전체 층(112)을 덮는 전도성 층(116)을 갖는다. 연마 전에, 전도성 층(116)의 벌크가 초기에 비교적 두껍고 연속적이기 때문에, 이는 낮은 저항률을 갖는다. 결과로서, 유도성 모니터링 시스템(40)으로부터의 자기장은 전도성 층에서 와전류들을 생성할 수 있다. 와전류들은 금속 층이 임피던스 소스로서 기능하게 하고; 이는 전도성 층의 벌크 연마 동안의 기판의 두께의 모니터링을 허용한다.
- [0074] 도 11b를 참조하면, 기판(100)이 연마됨에 따라, 전도성 층(116)의 벌크 부분이 얇게 된다. 전도성 층(116)이 얇게 됨에 따라, 그러한 전도성 층(116)의 시트 저항률이 증가되고, 금속 층에서의 와전류들이 약화된다. 몇몇 구현들에서, 유도성 모니터링 시스템 또는 상이한 모니터링 시스템이 전도성 층의 미리 결정된 두께(T)가 아래놓인 층들 위에 남은 것으로 결정하는 경우에, 기판이 상이한 플래튼으로 이동될 수 있다.

- [0075] 도 11c를 참조하면, 결국, 전도성 층(116)의 벌크 부분이 제거되어, 배리어 층(114)이 노출되고, 패터닝된 유전체 층(112) 사이의 트렌치들에 전도성 재료(116)가 남게되어, 루프 전도체(102) 및 디바이스의 배선들(108)이 제공된다. 몇몇 구현들에서, 유도성 모니터링 시스템 또는 상이한 모니터링 시스템, 예컨대 광학 모니터링 시스템이 배리어 층이 노출된 것으로 결정하는 경우에, 기판이 상이한 플래튼으로 이동될 수 있다.
- [0076] 도 11d를 참조하면, 배리어 층(114)을 제거하기 위해 연마가 계속되어, 패터닝된 유전체 층(112)의 상단 표면이 노출된다. 트렌치들에서의 전도성 재료(116)의 깊이가 또한 감소된다. 몇몇 구현들에서, 유도성 모니터링 시스템 또는 상이한 모니터링 시스템, 예컨대 광학 모니터링 시스템이 배리어 층이 노출된 것으로 결정하는 경우에, 기판이 상이한 플래튼으로 이동될 수 있다.
- [0077] 기판이 동일한 플래튼에서 전도성 층의 벌크 연마 및 유전체 층의 박형화를 겪는 경우에, 유전체 층(112)의 상단 표면 또는 배리어 층(114)의 노출 후에, 유도성 모니터링 시스템(40)의 모드가 벌크 두께 모니터링 모드로부터 트렌치 깊이 모니터링 모드로 스위칭된다. 일반적으로, 트렌치 깊이 모니터링 모드에서, 전도성 루프들로부터 기인하는 신호에서의 피크들은 값들의 시퀀스를 생성하기 위해 전체 신호로부터 검출 및 추출될 필요가 있다. 반대로, 벌크 두께 모니터링 모드에서, 그러한 피크들이 예측 또는 추출되지 않고, 벌크 전도성 층 두께를 모니터링하기 위해 원시 신호가 평균될 수 있다.
- [0078] 도 11e를 참조하면, 유도성 모니터링 시스템(40)이 트렌치 깊이 모니터링 모드에 있으면서, 기판이 연마된다. 이는 유전체 층(112)을 얕게 하고, 트렌치들에서의 전도성 상호접속부들(116')의 깊이를 감소시킨다. 위에서 논의된 바와 같이, 유도성 모니터링 시스템(40)으로부터의 신호는, 연마 앤드포인트를 검출하고, 트렌치들이 타겟 깊이(D)에 도달하는 경우에 연마를 중단하고, 그리고/또는 연마 균일성을 개선하기 위해 기판의 상이한 부분들의 연마 레이트를 변경하기 위해 사용될 수 있다.
- [0079] 몇몇 구현들에서, 벌크 연마를 모니터링하기 위해 유도성 모니터링 시스템을 사용하기보다는, 연마 스테이션은 별개의 와전류 모니터링 시스템을 포함한다. 몇몇 구현들에서, 연마 스테이션은 광학 모니터링 시스템을 포함한다. 광학 모니터링 시스템은 배리어 또는 패터닝된 유전체 층의 노출을 검출하기 위해 사용될 수 있다. 배리어 또는 패터닝된 유전체 층의 노출의 검출은, 유도성 모니터링 시스템에 의한 모니터링을 트리거링하기 위해, 또는 벌크 두께 모니터링 모드로부터 트렌치 깊이 모니터링 모드로 스위칭하도록 유도성 모니터링 시스템을 트리거링하기 위해 사용될 수 있다.
- [0080] 몇몇 구현들에서, 연마 후에, 기판은 버핑 단계를 겪는다.
- [0081] 유도성 모니터링 시스템들은 다양한 연마 시스템들에서 사용될 수 있다. 연마 패드 또는 캐리어 헤드 또는 양자 모두는, 연마 표면과 기판 사이의 상대적인 모션을 제공하도록 이동할 수 있다. 연마 패드는 플래튼에 고정된 원형(또는 어떤 다른 형상) 패드, 공급 및 테이크-업 롤러들 사이에서 연장되는 테이프, 또는 연속적인 벨트일 수 있다. 연마 패드는 플래튼 상에 고정될 수 있거나, 연마 동작들 사이에 플래튼 위에서 충분적으로 전진될 수 있거나, 또는 연마 동안에 플래튼 위에서 연속적으로 구동될 수 있다. 패드는 연마 동안에 플래튼에 고정될 수 있거나, 또는 연마 동안의 플래튼과 연마 패드 사이의 유체 베어링일 수 있다. 연마 패드는 표준(예컨대, 충전재들을 갖거나 또는 갖지 않는 폴리우레탄) 거친 패드, 연성 패드, 또는 고정된 연마재 패드일 수 있다.
- [0082] 부가하여, 전술한 설명이 연마 동안의 모니터링에 대해 집중하지만, 또한, 인-라인 모니터링 시스템에 이러한 기법들을 적용하는 것이 가능할 것이다. 예컨대, 정지된 센서가 연마 스테이션 전의 연마 장치의 섹션에, 예컨대, 팩토리 인터페이스에, 또는 팩토리 인터페이스에 부착된 모듈에 위치될 수 있다. 기판을 운반하는 것을 담당하는 로봇은 센서를 지나도록 기판을 이동시킬 수 있다. 대안적으로, 기판은 팩토리 인터페이스에서 또는 팩토리 인터페이스에 부착된 모듈에서 서서 위치될 수 있고, 기판이 정지된 채로 놓여 있는 동안에, 액추에이터가 기판에 걸쳐 센서를 이동시킬 수 있다. 어느 경우에도, 기판에 걸쳐 행해지는 인력의 측정들은 기판에 걸친 인-시튜 모니터링 시스템의 센서의 단일 스캔과 동등할 수 있고, 트렌치들의 깊이의 측정을 생성하기 위해 위에서 설명된 바와 같이 프로세싱될 수 있다.
- [0083] 본 발명의 실시예들 및 본 명세서에서 설명된 기능적 동작들 전부는, 디지털 전자 회로로, 또는 컴퓨터 소프트웨어로, 펌웨어로, 또는 본 명세서에서 개시된 구조적인 수단 및 그 구조적인 동등물들을 포함하는 하드웨어로, 또는 이들의 조합으로 구현될 수 있다. 본 발명의 실시예들은, 하나 또는 그 초과의 컴퓨터 프로그램 제품들, 즉, 예컨대 프로그래머블 프로세서, 컴퓨터, 또는 다수의 프로세서들 또는 컴퓨터들과 같은 데이터 프로세싱 장치에 의한 실행을 위한, 또는 그러한 데이터 프로세싱 장치의 동작을 제어하기 위한 정보 캐리어에, 예컨대 비-

일시적인 머신 판독가능 저장 매체에, 또는 전파되는 신호에 유형으로 구현된 하나 또는 그 초과의 컴퓨터 프로그램들로서 구현될 수 있다. 컴퓨터 프로그램(또한, 프로그램, 소프트웨어, 소프트웨어 애플리케이션, 또는 코드로 알려짐)은 컴파일링된 또는 해석된 언어들을 포함하는 임의의 형태의 프로그래밍 언어로 기록될 수 있고, 그러한 컴퓨터 프로그램은 독립형 프로그램으로서 또는 모듈로서, 컴포넌트, 서브루틴, 또는 컴퓨팅 환경에서 사용하는데 적합한 다른 유닛을 포함하는 임의의 형태로 배치될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 반드시 파일에 대응할 필요는 없다. 프로그램은 다른 프로그램들 또는 데이터를 훌륭하는 파일의 부분에, 해당되는 프로그램에 전용되는 단일 파일에, 또는 다수의 협력되는 파일들(예컨대, 하나 또는 그 초과의 모듈들, 서브프로그램들, 또는 코드의 부분들을 저장하는 파일들)에 저장될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 하나의 컴퓨터, 또는 하나의 사이트에서의 또는 다수의 사이트들에 걸쳐 분배된 그리고 통신 네트워크에 의해 상호연결된 다수의 컴퓨터들 상에서 실행되도록 배치될 수 있다.

[0084]

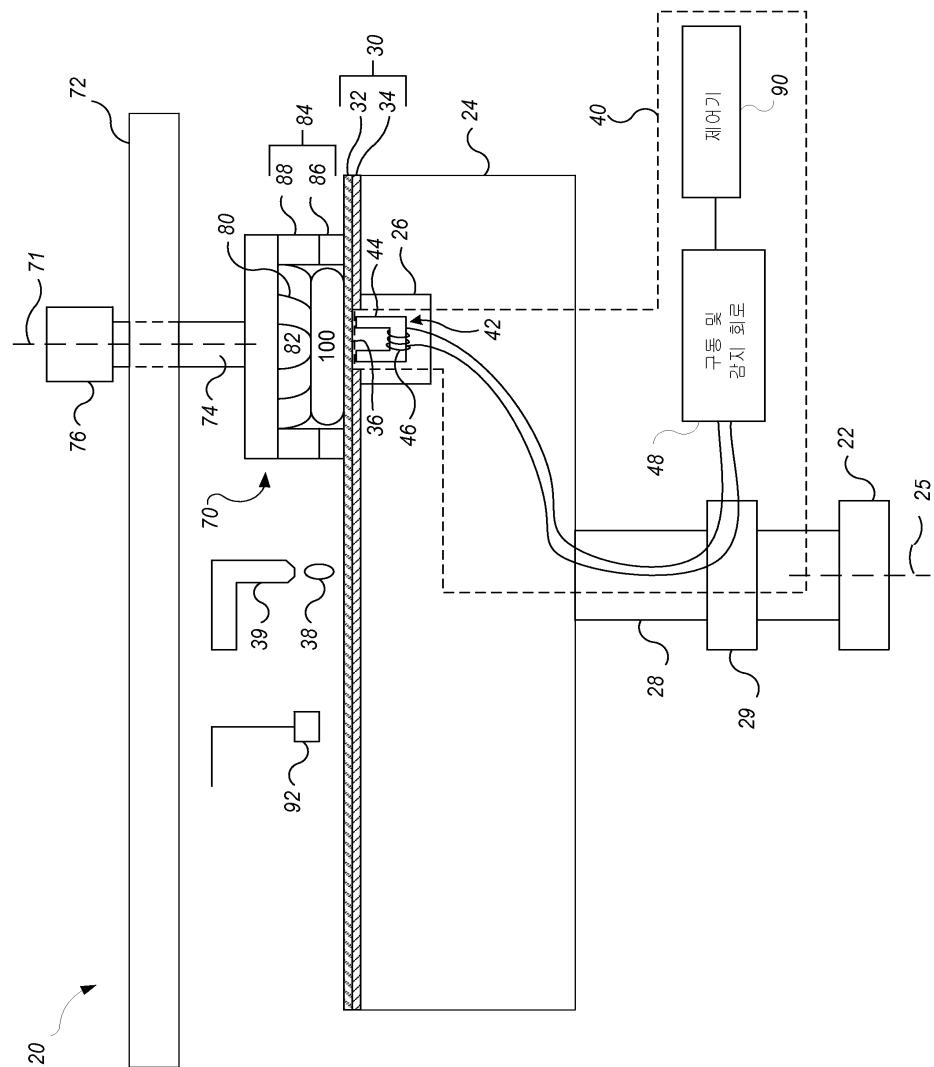
본 명세서에서 설명되는 프로세스들 및 로직 회로들은, 입력 데이터에 대해 동작하고 출력을 생성함으로써 기능들을 수행하도록 하나 또는 그 초과의 컴퓨터 프로그램들을 실행하는 하나 또는 그 초과의 프로그래머블 프로세서들에 의해 수행될 수 있다. 프로세스들 및 로직 회로들은 또한, 특수 목적 로직 회로, 예컨대, FPGA(field programmable gate array) 또는 ASIC(application specific integrated circuit)에 의해 수행될 수 있고, 장치는 또한, 특수 목적 로직 회로, 예컨대, FPGA(field programmable gate array) 또는 ASIC(application specific integrated circuit)로서 구현될 수 있다.

[0085]

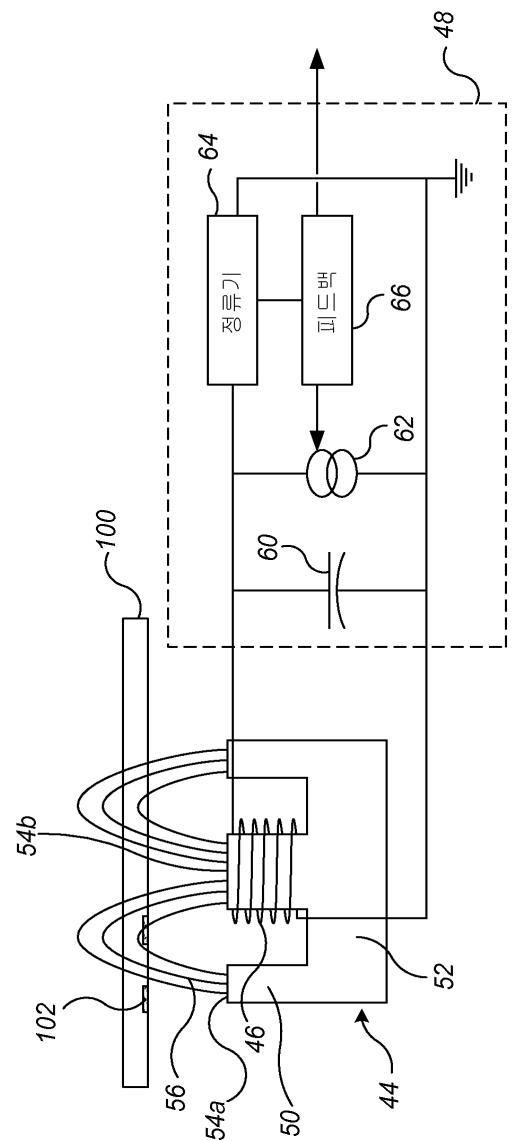
본 발명의 다수의 실시예들이 설명되었다. 그렇지만, 본 발명의 사상 및 범위로부터 벗어나지 않으면서 다양한 변경들이 이루어질 수 있다는 것이 이해될 것이다. 따라서, 다른 실시예들이 다음의 청구항들의 범위 내에 속한다.

도면

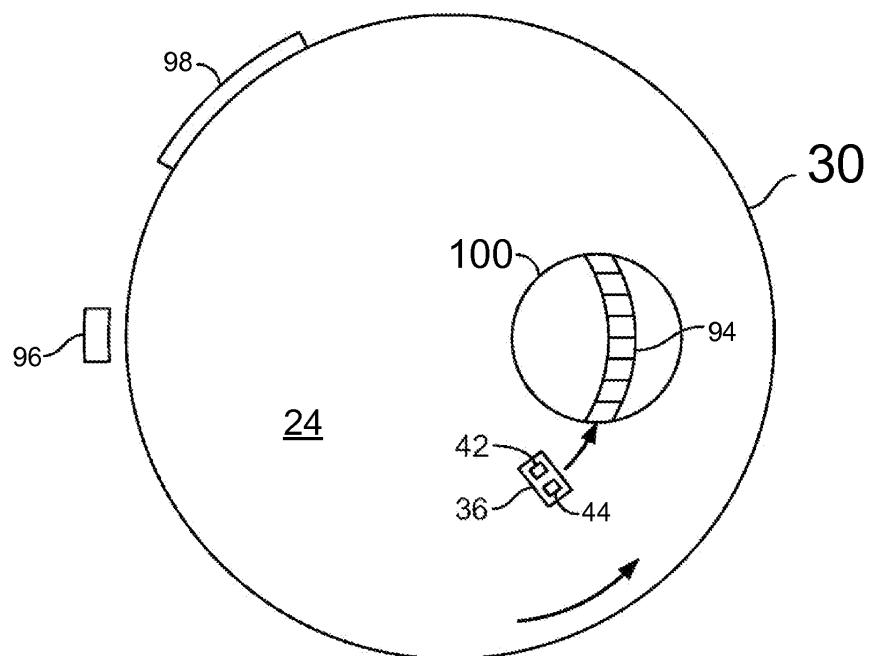
도면1



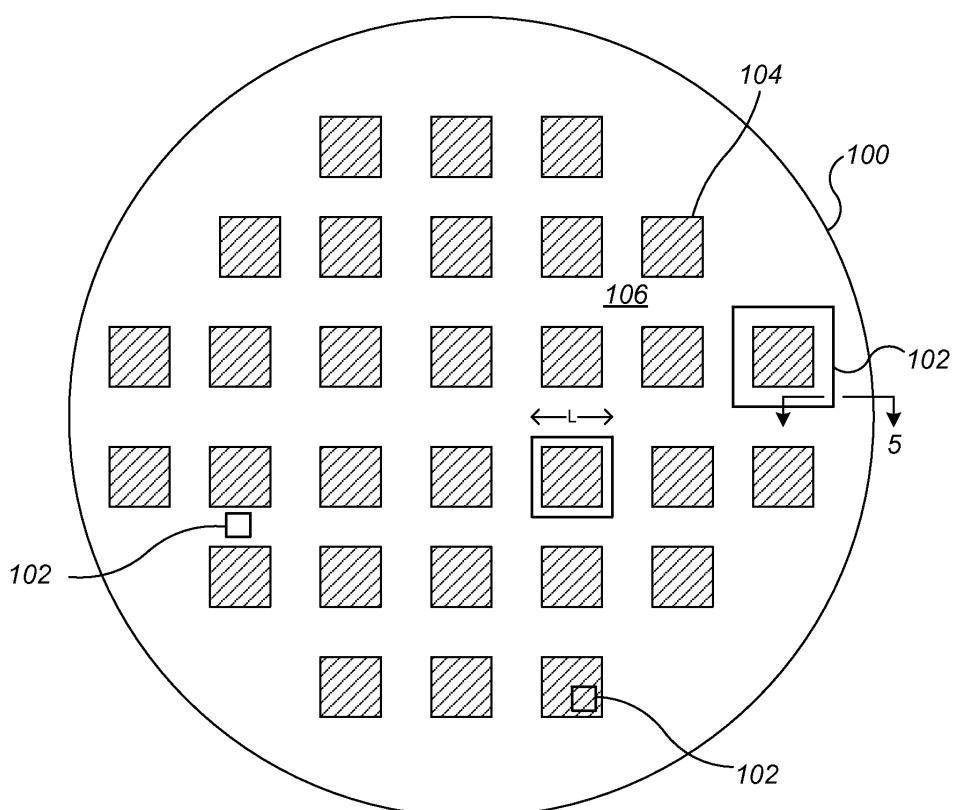
도면2



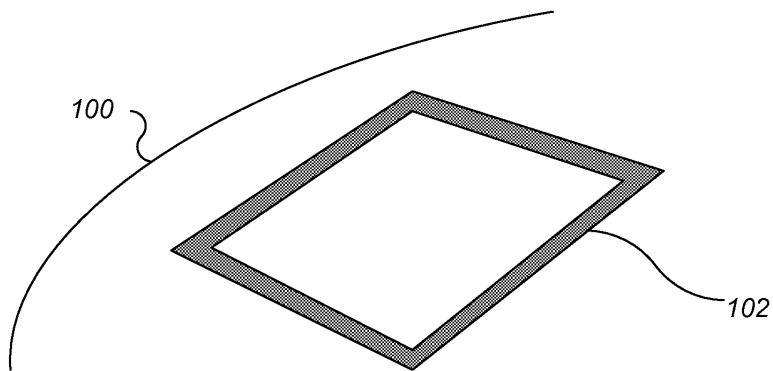
도면3



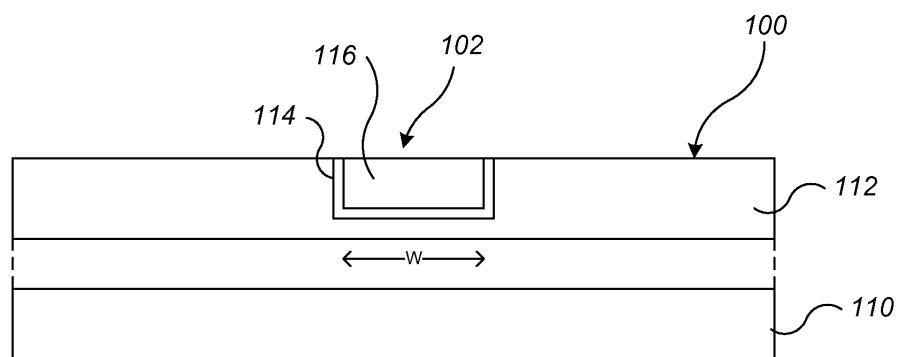
도면4a



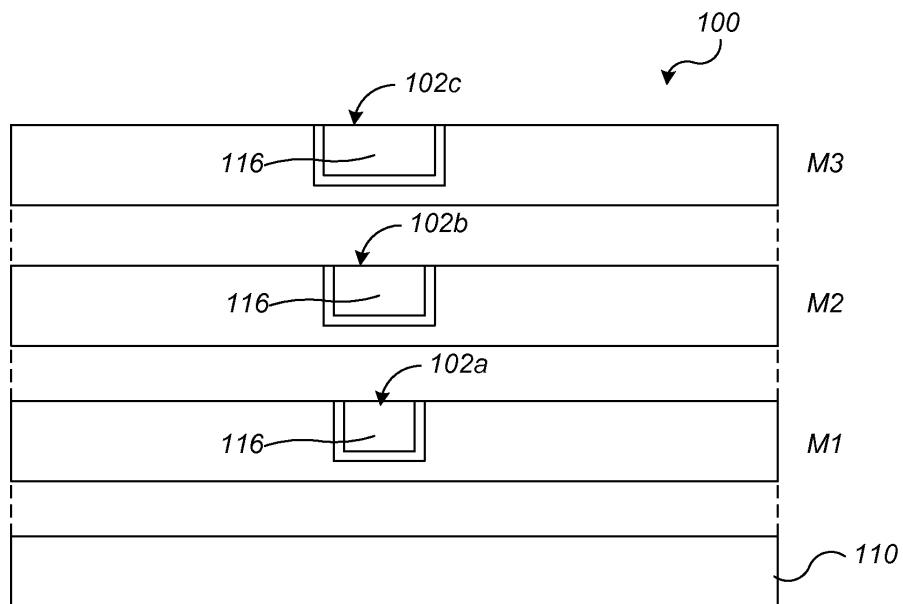
도면4b



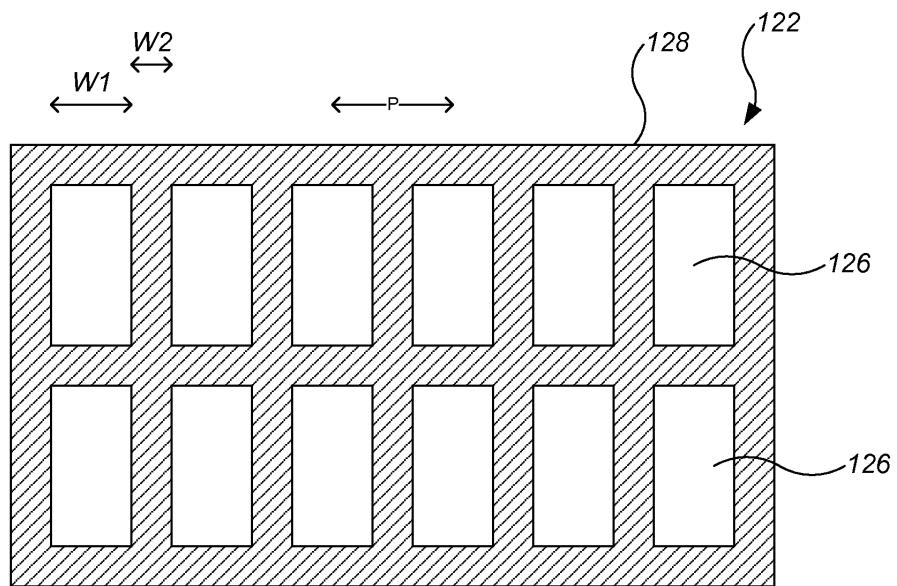
도면5



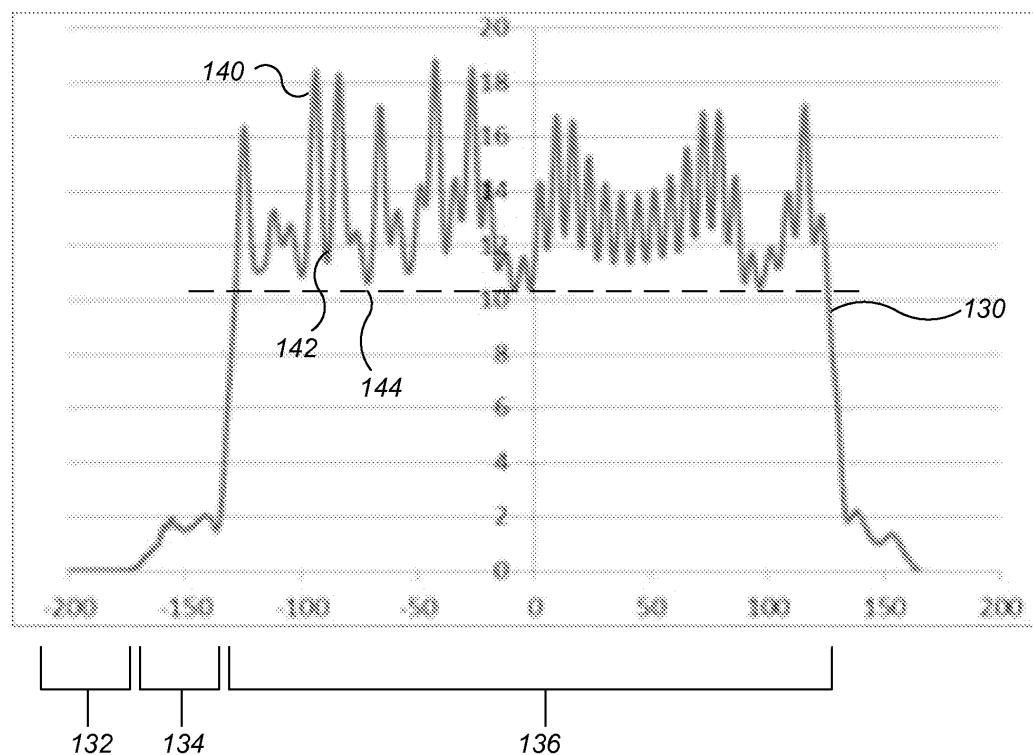
도면6



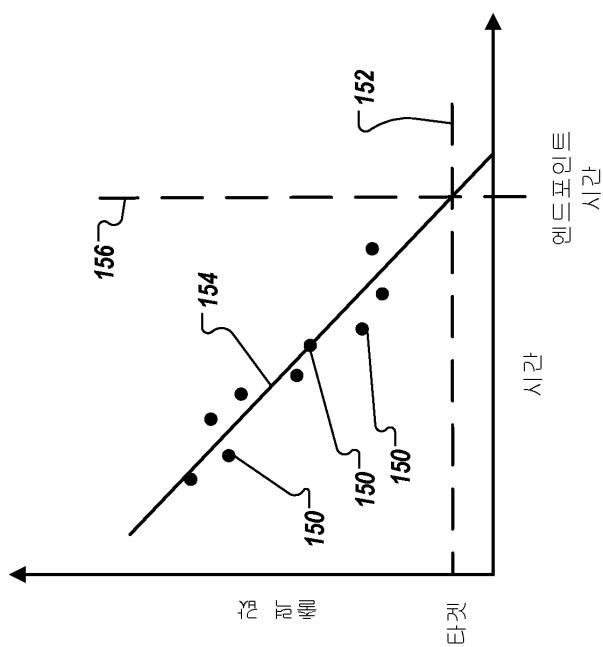
도면7



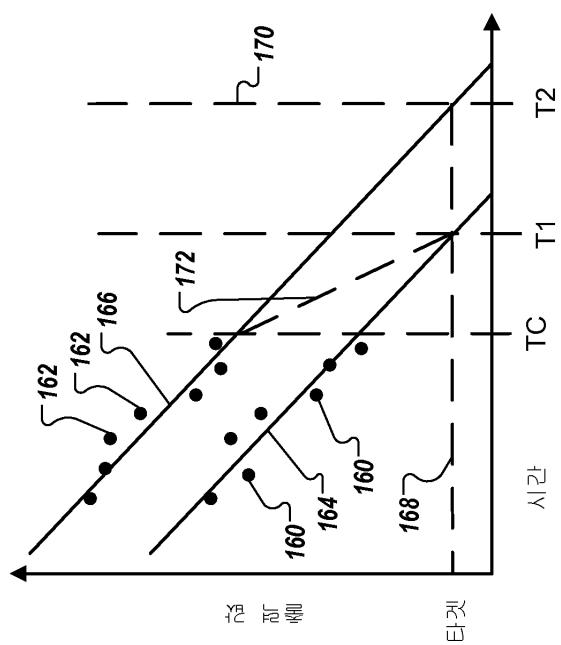
도면8



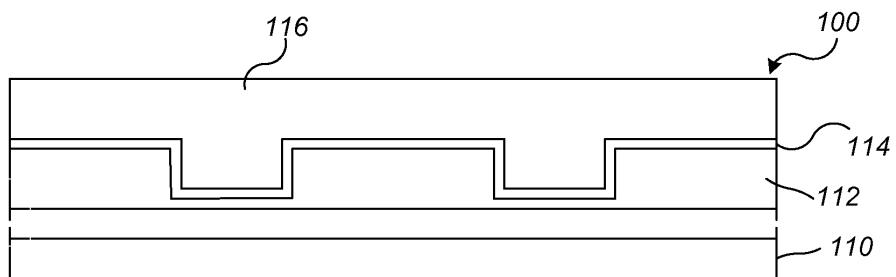
도면9



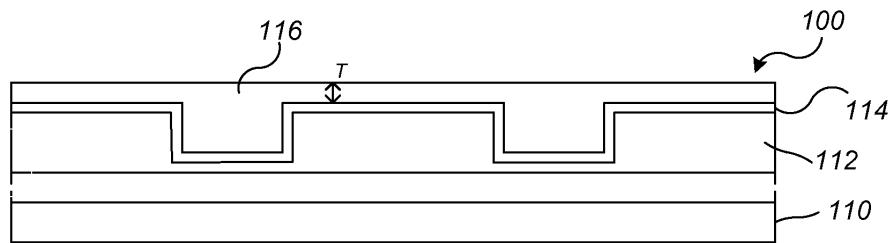
## 도면10



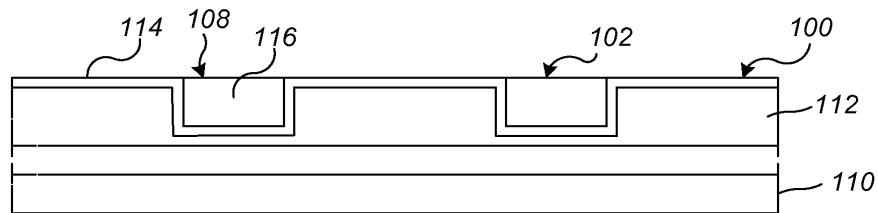
## 도면11a



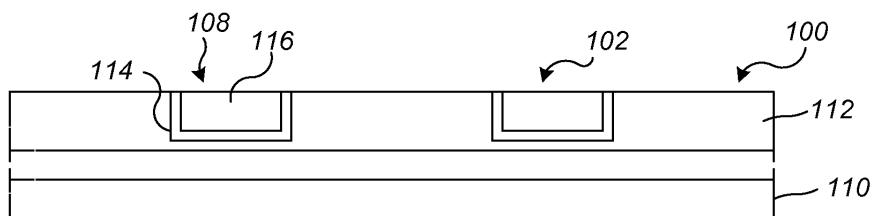
도면11b



도면11c



도면11d



도면11e

