



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년07월16일  
(11) 등록번호 10-0970492  
(24) 등록일자 2010년07월08일

(51) Int. Cl.

H01L 21/66 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2003-7015073

(22) 출원일자(국제출원일자) 2002년04월02일

심사청구일자 2007년04월02일

(85) 번역문제출일자 2003년11월19일

(65) 공개번호 10-2004-0004632

(43) 공개일자 2004년01월13일

(86) 국제출원번호 PCT/US2002/012827

(87) 국제공개번호 WO 2002/97878

국제공개일자 2002년12월05일

(30) 우선권주장

09/865,286 2001년05월25일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현

JP2002093871 A

JP2002198410 A

JP1999145231 A

JP1998135296 A

전체 청구항 수 : 총 66 항

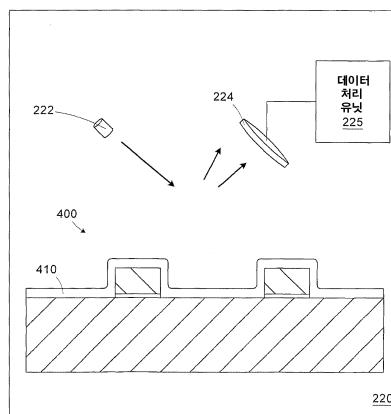
심사관 : 오창석

(54) 처리층 컨포멀리티의 결정을 위한 방법 및 장치

### (57) 요 약

처리층의 컨포멀리티를 결정하기 위한 방법은 격자 구조와 상기 격자 구조 위에 형성된 처리층을 갖는 웨이퍼를 제공하는 단계와; 상기 격자 구조 위에 놓인 상기 처리층의 적어도 일부분을 광원으로 조사하는 단계와; 상기 조사된 격자 구조 및 처리층의 부분으로부터 반사된 광을 측정하여 반사 프로파일을 생성하는 단계와; 그리고 상기 생성된 반사 프로파일에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계를 포함한다. 격자 구조와 상기 격자 구조 위에 형성된 처리층을 갖는 웨이퍼를 수용하도록 구성된 계측 툴은 광원과, 검출기와 그리고 데이터 처리 유닛을 포함한다. 상기 광원은 상기 격자 구조 위에 놓인 상기 처리층의 적어도 일부분을 조사하도록 구성된다. 상기 검출기는 상기 조사된 격자 구조 및 처리층의 부분으로부터 반사된 광을 측정하여 반사 프로파일을 생성하도록 구성된다. 상기 데이터 처리 유닛은 상기 생성된 반사 프로파일에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하도록 구성된다.

### 대 표 도 - 도4



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

격자 구조와 상기 격자 구조 위에 형성된 처리층을 갖는 웨이퍼를 제공하는 단계와;

상기 격자 구조 위에 놓인 상기 처리층의 적어도 일부분을 광원으로 조사하는 단계와;

상기 격자 구조 및 상기 처리층의 조사된 부분으로부터 반사된 광을 측정하여 반사 프로파일을 생성하는 단계와; 그리고

상기 반사 프로파일에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계는,

상기 생성된 반사 프로파일을 기준 반사 프로파일들의 라이브러리와 비교하는 단계와. 여기서 상기 기준 반사 프로파일들 각각은 관련 컨포멀리티 메트릭을 구비하고;

상기 생성된 반사 프로파일에 가장 가까운 기준 반사 프로파일을 선택하는 단계와; 그리고

상기 선택된 기준 반사 프로파일과 관련된 컨포멀리티 메트릭에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

### 청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 반사 프로파일을 생성하는 단계는 상기 반사된 광의 강도와 위상 중 적어도 하나에 기초하여 상기 반사 프로파일을 생성하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

### 청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 웨이퍼를 제공하는 단계는 웨이퍼 상에 시험 구조로 형성된 상기 격자 구조를 갖는 웨이퍼를 제공하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

### 청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 웨이퍼를 제공하는 단계는 웨이퍼 상에 제조 디바이스로 형성된 상기 격자 구조를 갖는 웨이퍼를 제공하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

### 청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계는:

상기 생성된 반사 프로파일을 목표 반사 프로파일과 비교하는 단계와; 그리고

상기 생성된 반사 프로파일과 상기 목표 반사 프로파일의 비교에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

### 청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 결정된 컨포멀리티에 기초하여 처리틀의 동작 방식에 대한 적어도 하나의 파라미터를 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

**청구항 8**

제 1항에 있어서,

상기 격자 구조는 기판과 상기 기판 상에 놓인 측벽을 갖는 적층을 구비하고, 그리고 상기 컨포멀리티를 결정하는 단계는 상기 측벽 위에 놓인 상기 처리층의 두께를 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

**청구항 9**

제 1항에 있어서,

상기 격자 구조는 기판과 상기 기판에 놓인 측벽을 갖는 적층을 구비하고, 그리고 상기 컨포멀리티를 결정하는 단계는 상기 측벽 위에 놓인 상기 처리층의 두께와 상기 기판 위에 놓인 상기 처리층의 두께 간의 비율을 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

**청구항 10**

격자 구조와 상기 격자 구조 위에 형성된 처리층을 갖는 웨이퍼를 제공하는 단계와;

상기 격자 구조 위에 놓인 상기 처리층의 적어도 일부분을 광원으로 조사하는 단계와;

상기 격자 구조 및 처리층의 상기 조사된 부분으로부터 반사된 광을 측정하여 반사 프로파일을 생성하는 단계와;

상기 반사 프로파일에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계와; 그리고

상기 결정된 컨포멀리티에 기초하여 상기 격자 구조 위에 상기 처리층을 증착하도록 된 증착틀의 동작 방식의 적어도 하나의 파라미터를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

**청구항 11**

제 10항에 있어서,

상기 증착틀의 동작 방식의 적어도 하나의 파라미터를 결정하는 단계는 상기 결정된 컨포멀리티에 기초하여 RF-바이어스 설정, 압력 설정, 담금(soak) 온도, 그리고 담금 시간 중 적어도 하나를 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

**청구항 12**

제 10항에 있어서, 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계는:

상기 생성된 반사 프로파일을 기준 반사 프로파일들의 라이브러리와 비교하는 단계와, 여기서 상기 기준 반사 프로파일들 각각은 관련 컨포멀리티 메트릭을 구비하고;

상기 생성된 반사 프로파일과 가장 가까운 기준 반사 프로파일을 선택하는 단계와; 그리고

상기 선택된 기준 반사 프로파일과 관련된 컨포멀리티 메트릭에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

**청구항 13**

제 10항에 있어서, 상기 반사 프로파일을 생성하는 단계는 상기 반사된 광의 강도와 위상 중 적어도 하나에 기초하여 상기 반사 프로파일을 생성하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

**청구항 14**

제 10항에 있어서, 상기 웨이퍼를 제공하는 단계는 웨이퍼 상에 시험 구조로 형성된 상기 격자 구조를 갖는 웨이퍼를 제공하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

**청구항 15**

제 10항에 있어서, 상기 웨이퍼를 제공하는 단계는 웨이퍼 상에 제조 디바이스로 형성된 상기 격자 구조를 갖는

웨이퍼를 제공하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

### 청구항 16

제 10항에 있어서, 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계는:

상기 생성된 반사 프로파일을 목표 반사 프로파일과 비교하는 단계와; 그리고

상기 생성된 반사 프로파일과 상기 목표 반사 프로파일의 비교에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

### 청구항 17

제 10항에 있어서, 상기 격자 구조는 기판과 상기 기판 위에 놓인 측벽을 갖는 적층을 구비하고, 그리고 상기 컨포멀리티를 결정하는 단계는 상기 측벽 위에 놓인 상기 처리층의 두께를 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

### 청구항 18

제 10항에 있어서,

상기 격자 구조는 기판과 상기 기판에 놓인 측벽을 갖는 적층을 구비하고, 그리고 상기 컨포멀리티를 결정하는 단계는 상기 측벽 위에 놓인 상기 처리층의 두께와 상기 기판 위에 놓인 상기 처리층의 두께 간의 비율을 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

### 청구항 19

격자 구조와 상기 격자 구조 위에 형성된 처리층을 갖는 웨이퍼를 제공하는 단계와;

상기 격자 구조 위에 형성된 상기 처리층의 적어도 일부분을 광원으로 조사하는 단계와;

상기 조사된 격자 구조 및 처리층의 부분으로부터 반사된 광을 측정하여 반사 프로파일을 생성하는 단계와;

상기 반사 프로파일에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계와; 그리고

상기 결정된 컨포멀리티에 기초하여 상기 처리층을 후속하여 예정하도록 된 예정 툴의 동작 방식의 적어도 하나의 파라미터를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

### 청구항 20

제 19항에 있어서, 상기 예정 툴의 동작 방식의 적어도 하나의 파라미터를 결정하는 단계는 상기 결정된 컨포멀리티에 기초하여 예정 시간을 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

### 청구항 21

제 19항에 있어서, 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계는:

상기 생성된 반사 프로파일을 기준 반사 프로파일들의 라이브러리와 비교하는 단계와, 여기서 상기 기준 반사 프로파일들 각각은 관련 컨포멀리티 메트릭을 구비하고;

상기 생성된 반사 프로파일과 가장 가까운 기준 반사 프로파일을 선택하는 단계와; 그리고

상기 선택된 기준 반사 프로파일과 관련된 컨포멀리티 메트릭에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

### 청구항 22

제 19항에 있어서, 상기 반사 프로파일을 생성하는 단계는 상기 반사된 광의 강도와 위상 중 적어도 하나에 기초하여 상기 반사 프로파일을 생성하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

### 청구항 23

제 19항에 있어서, 상기 웨이퍼를 제공하는 단계는 웨이퍼 상에 시험 구조로 형성된 상기 격자 구조를 갖는 웨

이퍼를 제공하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

#### 청구항 24

제 19항에 있어서, 상기 웨이퍼를 제공하는 단계는 웨이퍼 상에 제조 디바이스로 형성된 상기 격자 구조를 갖는 웨이퍼를 제공하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

#### 청구항 25

제 19항에 있어서, 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계는:

상기 생성된 반사 프로파일을 목표 반사 프로파일에 비교하는 단계와; 그리고

상기 생성된 반사 프로파일과 상기 목표 반사 프로파일의 비교에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

#### 청구항 26

제 19항에 있어서, 상기 격자 구조는 기판과 상기 기판에 놓인 측벽을 갖는 적층을 구비하고, 상기 컨포멀리티를 결정하는 단계는 상기 측벽 위에 놓인 상기 처리층의 두께를 결정하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

#### 청구항 27

제 19항에 있어서, 상기 격자 구조는 기판과 상기 기판 위에 놓인 측벽을 갖는 적층을 구비하고, 상기 컨포멀리티를 결정하는 단계는 상기 측벽 위에 놓인 상기 처리층의 두께와 상기 기판 위에 놓인 상기 처리층의 두께 사이의 비율을 결정하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

#### 청구항 28

격자 구조와 상기 격자 구조 위에 형성된 처리층을 갖는 웨이퍼를 수용하도록 구성된 계측틀로서,

상기 격자 구조 위에 놓인 상기 처리층의 적어도 일부분을 조사하도록 구성된 광원과;

반사 프로파일을 생성하도록 상기 격자 구조 및 상기 처리층의 조사된 부분으로부터 반사된 광을 측정하여 반사 프로파일을 생성하도록 구성된 검출기와; 그리고

상기 생성된 반사 프로파일에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하도록 구성된 데이터 처리 유닛을 포함하는 것을 특징으로 하는 계측틀.

#### 청구항 29

제 28항에 있어서,

상기 데이터 처리 유닛은 상기 생성된 반사 프로파일을 기준 반사 프로파일들 - 상기 기준 반사 프로파일들 각각은 관련 컨포멀리티 메트릭을 구비한다 - 의 라이브러리와 비교하고, 상기 생성된 반사 프로파일에 가장 가까운 기준 반사 프로파일을 선택하고, 그리고 상기 선택된 기준 반사 프로파일과 관련된 컨포멀리티 메트릭에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하도록 더 구성된 것을 특징으로 하는 계측틀.

#### 청구항 30

제 28항에 있어서,

상기 검출기는 상기 반사된 광의 강도와 위상 중 적어도 하나에 기초하여 상기 반사 프로파일을 생성하도록 더 구성된 것을 특징으로 하는 계측틀.

#### 청구항 31

제 28항에 있어서, 상기 계측 틀은 산란계(scatterometer), 타원계(ellipsometer) 및 반사계(reflectometer) 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 계측 틀.

#### 청구항 32

제 28항에 있어서, 상기 격자 구조는 시험 구조를 포함하는 것을 특징으로하는 계측 틀.

### 청구항 33

제 28항에 있어서, 상기 격자 구조는 상기 웨이퍼 상에 형성된 제조 디바이스의 일부분을 포함하는 것을 특징으로 하는 계측 틀.

### 청구항 34

제 28항에 있어서,

상기 데이터 처리 유닛은 상기 생성된 반사 프로파일을 목표 반사 프로파일에 비교하고, 상기 생성된 반사 프로파일과 상기 목표 반사 프로파일의 비교에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하도록 더 구성된 것을 특징으로 하는 계측 틀.

### 청구항 35

제 28항에 있어서, 상기 격자 구조는 기판과 상기 기판에 놓인 측벽을 갖는 적층을 구비하고, 상기 데이터 처리 유닛은 상기 측벽 위에 놓인 상기 처리층의 두께를 결정하도록 더 구성된 것을 특징으로 하는 계측 틀.

### 청구항 36

제 28항에 있어서, 상기 격자 구조는 기판과 상기 기판에 놓인 측벽을 갖는 적층을 구비하고, 상기 데이터 처리 유닛은 상기 측벽 위에 놓인 상기 처리층의 두께와 상기 기판 위에 놓인 상기 처리층의 두께 사이의 비율을 결정하도록 더 구성된 것을 특징으로 하는 계측 틀.

### 청구항 37

격자 구조와 상기 격자 구조 위에 형성된 처리층을 갖는 웨이퍼를 수용하도록 구성된 계측 틀과; 처리 제어기를 포함하는 처리 라인으로서, 상기 계측 틀은:

상기 격자 구조를 덮는 상기 처리층의 적어도 일부분을 조사하도록 구성된 광원과;

반사 프로파일을 생성하도록 상기 격자 구조 및 상기 처리층의 조사된 부분으로부터 반사된 광을 측정하도록 구성된 검출기와; 그리고

상기 생성된 반사 프로파일에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하도록 구성된 데이터 처리 유닛을 포함하고; 그리고

상기 처리 제어기는 상기 결정된 컨포멀리티에 기초하여 상기 격자 구조 위에 상기 처리층을 증착하도록 구성된 증착 틀의 동작 방식의 적어도 하나의 파라미터를 결정하도록 구성된 것을 특징으로 하는 처리 라인.

### 청구항 38

제 37항에 있어서,

상기 데이터 처리 유닛은 상기 생성된 반사 프로파일을 기준 반사 프로파일들 - 상기 기준 반사 프로파일들 각각은 관련 컨포멀리티 메트릭을 구비한다 - 의 라이브러리와 비교하고, 상기 생성된 반사 프로파일과 가장 가까운 기준 반사 프로파일을 선택하고, 그리고 상기 선택된 기준 반사 프로파일과 관련된 컨포멀리티 메트릭에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하도록 더 구성된 것을 특징으로 하는 처리 라인.

### 청구항 39

제 37항에 있어서, 상기 검출기는 상기 반사된 광의 강도와 위상 중 적어도 하나에 기초하여 상기 반사 프로파일을 생성하도록 더 구성된 것을 특징으로 하는 처리 라인.

### 청구항 40

제 37항에 있어서, 상기 계측 틀은 산란계, 타원계 및 반사계 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 처리 라인.

**청구항 41**

제 37항에 있어서, 상기 격자 구조는 시험 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 처리 라인.

**청구항 42**

제 37항에 있어서, 상기 격자 구조는 상기 웨이퍼 상에 형성된 제조 디바이스의 일부분을 포함하는 것을 특징으로 하는 처리 라인.

**청구항 43**

제 37항에 있어서, 상기 데이터 처리 유닛은 상기 생성된 반사 프로파일과 목표 반사 프로파일을 비교하고, 상기 생성된 반사 프로파일과 상기 목표 반사 프로파일의 비교에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하도록 더 구성된 것을 특징으로 하는 처리 라인.

**청구항 44**

제 37항에 있어서, 상기 격자 구조는 기판과 상기 기판에 놓인 측벽을 갖는 적층을 구비하고, 상기 데이터 처리 유닛은 상기 측벽 위에 놓인 상기 처리층의 두께를 결정하도록 더 구성된 것을 특징으로 하는 처리 라인.

**청구항 45**

제 37항에 있어서, 상기 격자 구조는 기판과 상기 기판에 놓인 측벽을 갖는 적층을 구비하고, 상기 데이터 처리 유닛은 상기 측벽 위에 놓인 상기 처리층의 두께와 상기 기판 위에 놓인 상기 처리층의 두께 사이의 비율을 결정하도록 더 구성된 것을 특징으로 하는 처리 라인.

**청구항 46**

제 37항에 있어서, 상기 처리 제어기는 상기 결정된 컨포멀리티에 기초하여 RF-바이어스 설정, 압력 설정, 담금 온도 및 담금 시간 중 적어도 하나를 결정하도록 더 구성된 것을 특징으로 하는 처리 라인.

**청구항 47**

격자 구조와 상기 격자 구조 위에 형성된 처리층을 갖는 웨이퍼를 수용하도록 된 계측 틀과; 처리 제어기를 포함하는 처리 라인으로서, 상기 계측 틀은:

상기 격자 구조를 덮는 상기 처리층의 적어도 일부분을 조사하도록 구성된 광원과;

반사 프로파일을 생성하도록 상기 격자 구조 및 상기 처리층의 조사된 부분으로부터 반사된 광을 측정하도록 구성된 검출기와; 그리고

상기 생성된 반사 프로파일에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하도록 구성된 데이터 처리 유닛을 포함하고,

상기 처리 제어기는 상기 결정된 컨포멀리티에 기초하여 상기 격자 구조 위에 상기 처리층을 증착하도록 구성된 증착 틀의 동작 방식의 적어도 한 파라미터를 결정하도록 구성된 것을 특징으로 하는 처리 라인.

**청구항 48**

제 47항에 있어서, 상기 데이터 처리 유닛은 상기 생성된 반사 프로파일을 기준 반사 프로파일들 - 상기 기준 반사 프로파일들 각각은 관련 컨포멀리티 메트릭을 구비한다 - 의 라이브러리와 비교하고, 상기 생성된 반사 프로파일과 가장 가까운 기준 반사 프로파일을 선택하고, 그리고 상기 선택된 기준 반사 프로파일과 관련된 컨포멀리티 메트릭에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하도록 더 구성된 것을 특징으로 하는 처리 라인.

**청구항 49**

제 47항에 있어서, 상기 검출기는 상기 반사된 광의 강도와 위상 중 적어도 하나에 기초하여 상기 반사 프로파일을 생성하도록 더 구성된 것을 특징으로 하는 처리 라인.

**청구항 50**

제 47항에 있어서, 상기 계측 툴은 산란계, 타원계 및 반사계 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 처리 라인.

#### 청구항 51

제 47항에 있어서, 상기 격자 구조는 시험 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 처리 라인.

#### 청구항 52

제 47항에 있어서, 상기 격자 구조는 상기 웨이퍼 상에 형성된 제조 디바이스의 일부분을 포함하는 것을 특징으로 하는 처리 라인.

#### 청구항 53

제 47항에 있어서, 상기 데이터 처리 유닛은 상기 생성된 반사 프로파일과 목표 반사 프로파일을 비교하고 상기 생성된 반사 프로파일과 상기 목표 반사 프로파일의 비교에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하도록 더 구성된 것을 특징으로 하는 처리 라인.

#### 청구항 54

제 47항에 있어서, 상기 격자 구조는 기판과 상기 기판에 놓인 측벽을 갖는 적층을 구비하고, 상기 데이터 처리 유닛은 상기 측벽 위에 놓인 상기 처리층의 두께를 결정하도록 더 구성된 것을 특징으로 하는 처리 라인.

#### 청구항 55

제 47항에 있어서, 상기 격자 구조는 기판과 상기 기판에 놓인 측벽을 갖는 적층을 구비하고, 상기 데이터 처리 유닛은 상기 측벽 위에 놓인 상기 처리층의 두께와 상기 기판 위에 놓인 상기 처리층의 두께 사이의 비율을 결정하도록 더 구성된 것을 특징으로 하는 처리 라인.

#### 청구항 56

제 47항에 있어서, 상기 처리 제어기는 상기 결정된 컨포멀리티에 기초하여 예정 시간을 결정하도록 더 구성된 것을 특징으로 하는 처리 라인.

#### 청구항 57

격자 구조와 상기 격자 구조 위에 형성된 처리층을 갖는 웨이퍼를 제공하는 단계와;

상기 격자 구조를 덮는 상기 처리층의 적어도 일부분을 광원으로 조사하는 단계와;

상기 격자 및 상기 처리층의 조사된 부분으로부터 반사된 광을 측정하여 반사 프로파일을 생성하는 단계와;

상기 생성된 반사 프로파일과 기준 반사 프로파일들의 라이브러리를 비교하는 단계와, 여기서 상기 기준 반사 프로파일들 각각은 관련 컨포멀리티 메트릭을 구비하고;

상기 생성된 반사 프로파일에 가장 가까운 기준 반사 프로파일을 선택하는 단계와; 그리고

상기 선택된 기준 반사 프로파일에 관련된 컨포멀리티 메트릭에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

#### 청구항 58

격자 구조와 상기 격자 구조 위에 형성된 처리층을 갖는 웨이퍼를 제공하는 단계와;

상기 격자 구조를 덮는 상기 처리층의 적어도 일부분을 광원으로 조사하는 단계와;

상기 격자 구조 및 상기 처리층의 조사된 부분으로부터 반사된 광을 측정하여 반사 프로파일을 생성하는 단계와;

상기 생성된 반사 프로파일과 목표 반사 프로파일을 비교하는 단계와; 그리고

상기 생성된 반사 프로파일과 상기 목표 반사 프로파일의 비교에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 방법.

**청구항 59**

격자 구조와 상기 격자 구조 위에 형성된 처리층을 갖는 웨이퍼를 제공하는 단계와;  
 상기 격자 구조를 덮는 상기 처리층의 적어도 일부분을 광원으로 조사하는 단계와;  
 상기 격자 구조 및 상기 처리층의 조사된 부분으로부터 반사된 광을 측정하여 반사 프로파일을 생성하는 단계와;  
 상기 생성된 반사 프로파일과 기준 반사 프로파일들의 라이브러리를 비교하는 단계와, 여기서 상기 기준 반사 프로파일들 각각은 관련 컨포멀리티 메트릭을 구비하고;  
 상기 생성된 반사 프로파일에 가장 가까운 기준 반사 프로파일을 선택하는 단계와; 그리고  
 상기 선택된 기준 반사 프로파일과 관련된 컨포멀리티 메트릭에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계와;  
 상기 결정된 컨포멀리티에 기초하여 상기 격자 구조 위에 상기 처리층을 증착하도록 구성된 증착 툴의 동작 방식의 적어도 하나의 파라미터를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

**청구항 60**

격자 구조와 상기 격자 구조 위에 형성된 처리층을 갖는 웨이퍼를 제공하는 단계와;  
 상기 격자 구조를 덮는 상기 처리층의 적어도 일부분을 광원으로 조사하는 단계와;  
 상기 격자 구조 및 상기 처리층의 조사된 부분으로부터 반사된 광을 측정하여 반사 프로파일을 생성하는 단계와;  
 상기 생성된 반사 프로파일과 목표 반사 프로파일을 비교하는 단계와;  
 상기 생성된 반사 프로파일과 상기 목표 반사 프로파일의 비교에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계와; 그리고  
 상기 결정된 컨포멀리티에 기초하여 상기 격자 구조 위에 상기 처리층을 증착하도록 구성된 증착 툴의 동작 방식의 적어도 하나의 파라미터를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

**청구항 61**

격자 구조와 상기 격자 구조 위에 형성된 처리층을 갖는 웨이퍼를 제공하는 단계와;  
 상기 격자 구조를 덮는 상기 처리층의 적어도 일부분을 광원으로 조사하는 단계와;  
 상기 격자 구조 및 상기 처리층의 조사된 부분으로부터 반사된 광을 측정하여 반사 프로파일을 생성하는 단계와;  
 상기 생성된 반사 프로파일과 기준 반사 프로파일들의 라이브러리를 비교하는 단계와, 여기서 상기 기준 반사 프로파일들 각각은 관련 컨포멀리티 메트릭을 구비하고;  
 상기 생성된 반사 프로파일에 가장 가까운 기준 반사 프로파일을 선택하는 단계와;  
 상기 선택된 기준 반사 프로파일에 관련된 컨포멀리티 메트릭에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계와; 그리고  
 상기 결정된 컨포멀리티에 기초하여 상기 처리층을 후속하여 에칭하도록 구성된 에칭 툴의 동작 방식의 적어도 하나의 파라미터를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

**청구항 62**

격자 구조와 상기 격자 구조 위에 형성된 처리층을 갖는 웨이퍼를 제공하는 단계와;  
 상기 격자 구조를 덮는 상기 처리층의 적어도 일부분을 광원으로 조사하는 단계와;  
 상기 격자 구조 및 상기 처리층의 조사된 부분으로부터 반사된 광을 측정하여 반사 프로파일을 생성하는

단계와;

상기 생성된 반사 프로파일과 목표 반사 프로파일을 비교하는 단계와;

상기 생성된 반사 프로파일과 상기 목표 반사 프로파일의 비교에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계와; 그리고

상기 결정된 컨포멀리티에 기초하여 상기 처리층을 후속하여 에칭하도록 구성된 에칭 툴의 동작 방식의 적어도 하나의 파라미터를 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 처리층의 컨포멀리티 결정 방법.

### 청구항 63

격자 구조와 상기 격자 구조 위에 형성된 처리층을 갖는 웨이퍼를 받기 위한 수단과;

상기 격자 구조를 덮는 상기 처리층의 적어도 일부분을 광원으로 조사하기 위한 수단과;

상기 격자 구조 및 상기 처리층의 조사된 부분으로부터 반사된 광을 측정하여 반사 프로파일을 생성하기 위한 수단과; 그리고

상기 반사 프로파일에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하기 위한 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 처리 라인.

### 청구항 64

제 63항에 있어서,

상기 결정된 컨포멀리티에 기초하여 처리 툴의 동작 방식의 적어도 하나의 파라미터를 결정하기 위한 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 처리 라인.

### 청구항 65

제 63항에 있어서,

상기 결정된 컨포멀리티에 기초하여 상기 격자 구조 위에 상기 처리층을 증착하도록 구성된 증착 툴의 동작 방식의 적어도 하나의 파라미터를 결정하기 위한 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 처리 라인.

### 청구항 66

제 63항에 있어서,

상기 결정된 컨포멀리티에 기초하여 상기 처리층을 후속하여 에칭하도록 구성된 에칭 툴의 동작 방식의 적어도 하나의 파라미터를 결정하기 위한 수단을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 처리 라인.

## 명세서

### 기술 분야

[0001]

본 발명은 포괄적으로는 반도체 디바이스 제작에 관한 것이고, 보다 구체적으로는 처리층 컨포멀리티 결정을 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002]

US-A-5 867 276은 넓은 과장의 산란 측정을 위한 방법 및 장치를 개시한다. 기술된 기법은 포토레지스트 라인, 금속, 절연체 또는 반도체 물질로 구성되고 아래에 얇은 막을 구비한 샘플을 조사하는 단계와, 분광기 (spectrometer)를 이용하여 상기 샘플로부터의 회절 빔을 분석하는 단계를 포함한다. 회절 특성들은 라인들의 폭, 높이, 측벽의 각도 등과 같은 파라미터들을 결정하는데 사용될 수 있다.

US-A-4 600 597은 반도체 기판상의 스핀 코팅된 얇은 막(spin-coated thin film)의 윤곽을 결정하기 위한 방법 및 장치를 개시한다. 이 방법은 기판 표면의 평평한 부분(flat portion)상에 복수의 도드라진(raised), 절연의 평행 라인들을 형성하는 단계와, 그리고 그에 따라서 형성된 라인들을 측정하는 단계를 포함한다. 그 다음, 점착성 재료의 스핀 코팅된 막이 상기 라인들 및 기판 위에 형성되고, 단의 높이(step height)는 그 다음 프로필로미터(profilometer: 치수측정장치)로 측정된다. 단의 높이는 스핀 코팅된 막의 평탄화 윤곽을 결정하기 위해

각 라인들에서 측정된다.

US-A-5 393 624는 울트라 마이크로패턴 전극들(ultra-micropattern electrodes)을 가진 반도체 디바이스의 제작 방법을 개시한다. 레지스트 막의 두께를 측정하기 위해, 광이 레지스트 막에 조사되고, 그리고 수평 영역으로부터의 반사광이 검출된다. 후속의 처리 단계들이 측정된 두께에 기초하여 제어되어, 전극들은 원하는 폭을 갖는다.

반도체 집적 회로 디바이스는 마이크로 프로세서를 포함하여 많은 용도에 사용된다. 일반적으로, 반도체 디바이스의 성능은 그 안에 형성된 디바이스들의 밀도 및 속도 모두에 의존한다. 그 성능에 지대한 영향을 주는 반도체 디바이스의 공통 소자는 트랜지스터이다. 더 높은 패키지 밀도를 달성하고 디바이스의 성능을 높이기 위해, 게이트 길이와 채널 길이 등과 같은 설계 피쳐(feature)들이 꾸준히 축소되어 왔다. 전계 효과 트랜지스터(field effect transistor) 설계의 급속한 발전은 트랜지스터들이 이진 스위칭 모드(binary switching mode)로 동작하는 일렉트로닉스 분야에서 많은 다양한 활동에 영향을 미쳤다. 특히, 마이크로프로세서 등과 같은 복잡한 디지털 회로들은 고속 스위칭 트랜지스터들을 요구한다. 따라서, 일반적으로 채널 길이(channel length) 또는 게이트 길이(gate length) 치수로 불리는 전계 효과 트랜지스터의 드레인 영역과 소스 영역간의 거리가, 스위칭 게이트 전압이 인가되자마자 소스와 드레인 전극 사이에 도통 채널의 형성을 가속시키기 위해, 그리고 또한, 채널의 전기적 저항을 감소시키기 위해 축소되어 왔다.

[0003] 드레인 영역과 소스 영역 사이의 거리 즉, 채널 길이가  $0.2\mu\text{m}$  이하로 축소될 수 있는 것에 반하여, 일반적으로 폭 치수(width dimension)로 불리는 트랜지스터의 길이 치수는 최대  $20\mu\text{m}$ 까지 연장되도록 트랜지스터 구조가 형성된다. 원하는 소스-드레인 라인의 스위칭 특성을 얻기 위해 채널 길이가 감소됨에 따라, 게이트 전극의 길이도 감소된다.

[0004] 트랜지스터들은 일련의 단계들을 통해 형성된다. 예시적인 트랜지스터 구조(100)가 도 1a 및 도 1b를 참조로 기술된다. 먼저, 얇은 트렌치 절연 영역(shallow trench isolation region)(105)들이 기판(110)에 트렌치들을 에칭함으로써 기판(110)에 형성되며, 그 다음, 이 트렌치들에 적절한 절연 물질(예를 들면, 실리콘 다이옥사이드(silicon dioxide))을 채운다. 그 다음, 게이트 절연층(115)이 트렌치 절연 영역(105)간의 기판(110) 위에 형성된다. 이 게이트 절연층(115)은 다양한 물질로 구성될 수 있으나, 전형적으로는 실리콘 다이옥사이드를 열적으로 성장시킨 층으로 구성된다. 그 다음, 게이트 전극 물질(전형적으로는, 폴리실리콘(polysilicon)) 층을 게이트 절연층(115) 위에 형성하고, 공지의 포토리소그래피 기법 및 에칭 기법을 이용하여 게이트 전극 물질 층을 패터닝하여 게이트 전극(120)의 형상을 정함으로써, 트랜지스터(100)를 위한 게이트 전극(120)이 형성된다. 물론, 수백만개의 이러한 게이트 전극(120)이 패터닝 과정 동안 기판(110)의 전체 표면에 걸쳐 형성된다.

[0005] 트랜지스터(100)의 활성 영역을 형성하기 위해, 일련의 주입이 수행되며, 그럼으로써 다양한 도편트 원자들(dopant atoms)이 기판에 주입될 수 있다. 전형적으로, 트랜지스터의 작은 치수의 트랜지스터와 약간 도팽된 드레인(LDD: lightly doped drain)으로부터 발생되는 쇼트 채널 효과(short channel effect)를 감소시키기 위해 할로 주입(halo implant)이 수행되고, 트랜지스터(100)의 접합 용량(junction capacitance)을 감소시키기 위해 연장 주입(extension implant)이 수행된다. 그 다음, 소스 영역/드레인 영역의 형성을 완성하기 위해 비교적 고농도의 도편트 원자들이 기판에 주입될 수 있다. 이 마지막의 주입은 종종 소스/드레인 주입으로 불린다. 몇몇의 주입 영역들의 위치를 제어하기 위해, 스페이서(spacer)(125)들이 게이트 전극(120) 주위에 형성된다. 스페이서(125)들을 형성하기 위해, 절연 물질 층(130)(예를 들면, 실리콘 다이옥사이드)이 기판(110)과 게이트 전극(120) 위에 형성된다. 절연층(130)은, 스페이서(125)를 형성하도록 게이트 전극(120)에 인접한 절연층(130)의 일부분을 남기고 기판(110)이 노출될 때까지, 이방성으로 에칭된다. 이어서, 소스/드레인 주입을 위한 경계를 정하기 위해 제 2 스페이서 세트(미도시)가 스페이서(125) 위에 형성된다. 전형적으로는, 제 2 스페이서 세트(미도시)는 동일한 방식으로 실리콘 나이트라이드(silicon nitride) 층을 이용하여 형성된다.

[0006] 스페이서(125)의 최종적인 폭이, 적어도 부분적으로, 게이트 전극(120)의 측벽(135)들 상에 위치한 절연층(130) 부분의 두께에 의하여 결정된다. 스페이서(125)를 형성하기 위한 에칭 과정을 완성하는데 필요한 시간은 기판(110)과 게이트 전극의 상면(140) 위에 놓인 절연층 부분의 두께에 따라 달라진다.

[0007] 절연층(130) 등과 같은 층의 전포밀리티(conformality)는 측벽 증착물(deposition)의 두께 "X"(즉, 기판(110)에 수직인 증착물의 두께)와 편평한 영역(flat area)의 증착물의 두께 "Y"(즉, 기판(110)에 평행인 증착물의 두께)간의 비율로서 정해진다. 증착층의 전포밀리티는 증착된 특정 물질 및 아래에 놓인 피쳐들(features)의 밀도에 따라 변한다. 저밀도 토포그래피(topography) 위에 증착된 처리층(process layer)은 일반적으로 고도의 전포밀리티를 나타낸다. 결과적으로 이 처리층의 전포밀리티는 스페이서(125)의 폭에 영향을 미친다. 전형적으로,

컨포멀리티는, 제작될 디바이스의 실제 제조 런(production runs) 동안이 아니라, 공정 특성부여 단계(process characterization phase) 동안 검토(study)된다. 증착된 막의 컨포멀리티의 결정을 위해 일반적으로 사용되는 검사 기법들은 과괴적인, 단면 기법들(cross-section techniques)이다.

[0008] 제조 런 동안 증착 공정에서의 통상적인 편차(normal variation)는 증착층의 컨포멀리티에 영향을 줄 수 있다. 어떤 인라인 컨포멀리티 모니터링(in-line conformality monitoring)도 유용하지 않기 때문에, 이러한 편차는 다른 처리 단계들에 전파된다. 예를 들면, 절연층(130)의 컨포멀리티에서의 편차는 스페이서(125)의 폭에서의 편차와, 주입 영역들의 사이즈 및 간격에서의 대응하는 편차를 발생시킬 수 있다. 주입 영역에서의 편차는 완성된 디바이스의 성능에서의 편차를 유발할 수 있다. 전체적으로, 증가되는 편차는 작업 처리량(throughput), 양 품률(yield) 및 수익성(profitability)을 감소시킨다.

[0009] 본 발명은 상기 설명된 하나 이상의 문제점들을 극복하거나 또는 적어도 그 영향을 감소시키도록 한다.

### 발명의 상세한 설명

[0010] 본 발명의 한 양상은 처리층의 컨포멀리티 결정을 위한 방법에서 보여진다. 이 방법은 격자 구조(grating structure)와 이 격자 구조 위에 형성된 처리층(process layer)을 갖는 웨이퍼를 제공하는 단계와; 상기 격자 구조 위에 덮인 상기 처리층의 적어도 일부분을 광원으로 조사하는 단계와; 상기 조사된 격자 구조 및 처리층의 부분으로부터 반사되는 광을 측정하여 반사 프로파일(reflection profile)을 생성하는 단계와; 그리고 상기 반사 프로파일에 기초하여 상기 처리층의 컨포멀리티를 결정하는 단계를 포함한다.

[0011] 본 발명의 또 다른 양상은 격자 구조와 상기 격자 구조 위에 형성된 처리층을 갖는 웨이퍼를 수용하도록 구성된 계측틀(metrology tool)에서 보여진다. 이 계측틀은 광원(light source), 검출기(detector), 그리고 데이터 처리 유닛(data processing unit)을 포함한다. 상기 광원은 격자 구조를 덮는 처리 층의 적어도 일부분을 조사하도록 구성된다. 상기 검출기는 상기 처리 층 및 상기 격자 구조의 조사된 부분으로부터 반사된 광을 측정하여 반사 프로파일을 생성하도록 구성된다. 상기 데이터 처리 유닛은 상기 생성된 반사 프로파일에 기초하여 상기 처리 층의 컨포멀리티를 결정하도록 구성된다.

### 실시 예

[0020] 본 발명의 예시적인 실시예가 이하 기술된다. 명확한 기술을 위하여, 실제 구현예가 본 명세서에서 모두 기술되지는 않는다. 이러한 임의의 실제 실시예들의 개발에 있어서, 구현마다 특정한 많은 결정들이 시스템 관련 제약 및 사업 관련 제약 등과 같은 개발자의 특정한 목표를 달성하도록 만들어져야 하며, 이는 구현에 따라 변화할 수 있음을 이해해야 할 것이다. 또한, 그러한 개발 노력은 복잡하고 시간도 많이 소요되지만, 그럼에도 불구하고 본 개시에 대한 이익을 갖는 당업자들에게는 일상적인 작업이 될 수 있음을 이해되어야 할 것이다.

[0021] 도 2를 참조하면, 본 발명의 예시적인 일 실시예에 따른, 웨이퍼(205)들을 처리하기 위한 예시적인 처리 라인(processing line)(200)의 간략도가 제공된다. 처리 라인(200)은 웨이퍼(205) 위에 처리층(process layer)을 증착하기 위한 증착틀(deposition tool)(210)을 포함한다. 예시된 실시예에서, 처리층은 격자 구조(예를 들면, 게이트 전극) 위에 형성되는 절연층(예를 들면, 실리콘 다이옥사이드 또는 실리콘 나이트라이드)일 수 있다. 다양한 조성의 처리층을 증착하기 위한 구체적인 기법들은 당업자에게 공지되어 있다. 증착틀(210)로서 사용되기 위한 적절한 틀의 예가 캘리포니아, 산 호세의 Novellus Systems, Inc. Corporation에 의해 제공되는 컨셉 2(Concept 2) 등과 같은 PE-VCD(plasma-enhanced vapor chemical deposition)이다. 증착틀(210)의 증착 동작에서의 편차들 및 처리층 아래 놓인 웨이퍼(205) 위에 형성된 피쳐들의 기하구조(geometry)에 대한 편차는 전술한 바와 같이 처리층의 컨포멀리티에서의 편차들을 발생시킬 수 있다.

[0022] 처리 라인(200)은 상기 웨이퍼(205) 위에 형성된 처리층의 컨포멀리티를 측정하도록 구성된 산란 측정틀(scatterometry tool)(200)을 포함한다. 일반적으로, 산란 측정틀(220)은 타원계(ellipsometer) 또는 반사계(reflectometer) 등과 같은 광학적 하드웨어(optical hardware)와, 이 광학적 하드웨어에 의해 수집된 데이터를 처리하기 위한 산란 측정 소프트웨어 어플리케이션(scatterometer software application)이 로딩된 데이터 처리 유닛을 포함한다. 예를 들면, 광학적 하드웨어는 캘리포니아, 프리몬트의 Thermawave, Inc.에 의해 제공되는 모델 OP5230 또는 OP5240의 분광 타원계(spectroscopic ellipsometer)를 포함할 수 있다. 데이터 처리 유닛은 Timbre Technologies(텍사스, 오스틴의 Tokyo Electron America, Inc.의 완전 자회사)에 의해 제조되어, Thermawave, Inc.에 의해 배포되는 프로파일 어플리케이션 서버(profile application server)를 포함한다.

[0023] 산란 측정틀(220)은 증착틀(210)의 외부에 있을 수 있고, 아니면 대안적으로는, 산란 측정 틀(220)은 인-시츄

장치(in-situ arrangement)(증착틀(210)의 내부)에 설치될 수 있다. 증착된 처리층의 측정된 컨포멀리티에 기초해서 처리 라인의 다른 툴들의 동작을 제어하기 위하여 처리 제어기(process controller)(230)가 제공된다. 처리 라인은 또한 스페이서 에칭 과정 등과 같이, 처리층위에 추가적인 처리 단계들을 수행하기 위한 에칭틀(240)을 포함한다. 에칭틀(240)로 사용되기 위한 적절한 툴의 예가 캘리포니아, 프리몬트의 Lam Research Corporation에 의해 제공되는 레인보우 에칭 시스템(Rainbow etch system)이다.

[0024] 처리 제어기(230)는 증착틀(210)에 피드백 정보를 제공하여, 후속하여 처리되는 웨이퍼(205)들에의 증착 처리의 컨포멀리티를 항상시키도록 그의 동작 방식(operating recipe)을 조절할 수 있다. 처리 제어기는 또한 산란 측정틀(220)에 의해 측정되는 현재 웨이퍼(205) 상의 에칭 동작을 제어하기 위해 에칭틀(240)에 피드포워드(feedforward) 정보를 제공할 수 있다. 이들 피드백 및 피드포워드 제어 기법들은 하기에서 더욱 자세히 기술될 것이다.

[0025] 예시적인 실시예에서, 처리 제어기(230)는 기술된 기능들을 소프트웨어로 구현하기 위해 컴퓨터 프로그래밍된다. 그러나, 당업자에게 이해될 것과 같이, 특정한 기능들을 구현하도록 설계된 하드웨어 제어기 또한 사용될 수 있다. 게다가, 본 명세서에서 기술되는 바와 같이 처리 제어기(230)에 의해 수행되는 기능들은 시스템 전체에 걸쳐 배치된 멀티플 제어기 디바이스들(multiple controller devices)에 의해 수행될 수 있다. 또한, 처리 제어기(230)는 독립형 제어기(stand-alone controller)일 수도 있고, 증착틀(210)이나 산란 측정틀(220) 등과 같은 툴에 통합될 수도 있고, 또는 설비를 제작하는 집적 회로에서 동작을 제어하는 시스템의 일부일 수도 있다. 본 발명의 부분 및 대응하는 상세한 설명은 소프트웨어, 또는 컴퓨터 메모리 내의 데이터 비트의 동작에 대한 기호 표시들(symbolic representations) 및 알고리즘에 의하여 표현된다. 이들 설명 및 표시들은 당업자들이 그들의 연구 내용을 다른 당업자들에게 효과적으로 전달하기 위한 것이다. 본 발명에서 사용되는 그리고 일반적으로 사용되는 용어로서, 알고리즘은 원하는 결과를 이끌어 내는 일관성 있는 일련의 단계들로 생각된다. 이 단계들은 물리량의 물리적 조작을 요구하는 것들이다. 일반적으로, 필수적인 것은 아니지만, 이 양들은 저장되고, 전송되고, 결합되고, 비교되고, 그리고 달리 조작될 수 있는 광학적, 전기적, 또는 자기적 신호의 형태를 취한다. 주로 일반적인 사용의 이유를 위해, 이들 신호들을 비트(bits), 값(values), 소자(elements), 기호(symbols), 문자(characters), 용어(terms), 숫자(numbers) 등으로 부르는 것이 때에 따라 편리하다는 것이 증명되었다.

[0026] 그러나, 모든 이 용어들 및 유사한 용어들은 적절한 물리량과 관계된 것이고, 이들 물리량에 적용된 편리한 라벨일 뿐이라는 것을 유념해야 한다. 구체적으로 언급하지 않거나, 혹은 개시로부터 명백하지 않는한, "처리(processing)", "계산(computing)", 계산(calculating)", "결정(determining)", "표시(displaying)" 등과 같은 용어들은 컴퓨터 시스템의 레지스터 및 메모리 내의 물리적, 전기적 양들로 표현되는 데이터를 조작하여 컴퓨터 시스템 메모리 또는 레지스터나 다른 이와 같은 정보 저장, 전송 또는 디스플레이 디바이스 내의 물리적 양으로 유사하게 표현되는 다른 데이터로 변환하는 컴퓨터 시스템 또는 이와 유사한 전기적 컴퓨팅 디바이스의 동작 및 처리를 지칭한다. 기술된 바와 같은 처리 제어기(230)의 기능들을 수행하도록 구성될 수 있는 예시적인 소프트웨어 시스템이 KLA-Tencor, Inc.에 의해 제공된 촉매 시스템(Catalyst system)이다. 촉매 시스템은 SEMI(Semiconductor Equipment and Materials International) CIM(Computer Integrated Manufacturing) 프레임워크 순응 시스템(framework compliant system) 기술들을 사용하고, APC(Advanced Process Control) 프레임워크에 기초한다. CIM 사양서(SEMI E81-0699- CIM 프레임워크 도메인 구조에 대한 임시 사양서)와 APC 사양서(SEMI E93-0999-CMI 프레임워크 개선 프로세스 제어 구성요소에 대한 임시 사양서)는 SEMI로부터 공개적으로 입수할 수 있다.

[0027] 일 실시예에서, 산란 측정틀(220)은 제조 디바이스들 내에 형성된 피쳐들에서 만들어진 처리층의 컨포멀리티를 측정한다. 예를 들면, 산란 측정틀(220)은 게이트 전극 둘레에 절연 스페이서를 형성하기 위해 게이트 전극 위에 증착된 절연층(예를 들면, 실리콘 다이옥사이드 또는 실리콘 나이트라이드)의 컨포멀리티를 측정할 수 있다. 몇몇 경우에서, 피쳐들의 형세나 하부 구조들의 존재는 산란 측정을 방해할 수도 있다. 따라서, 웨이퍼(205) 위에 형성된 피쳐들(예를 들면, 게이트 전극들)과 동일한 전체적인 형상을 갖는 시험 구조(test structure)들이 이용될 수 있다. 이 시험 구조들은 디바이스들을 형성하는데 일반적으로 사용되지 않는 웨이퍼(205) 영역(예를 들면, 식별 코드들이 전형적으로 새겨진 주변 영역 또는 제조 다이(production die) 사이의 스크라이브 라인들(scribe lines))에 형성될 수 있다.

[0028] 간단히 도 3을 참조하면, 웨이퍼(205) 상의 시험 구조로서 사용될 수 있는 예시적인 격자 구조(300)가 도시된다. 격자 구조(300)는 웨이퍼(205) 위에 형성된 제조 디바이스에 포함된 피쳐들과 동일한 전체적인 형상(예를 들면, 형세(geometry), 재료들, 피치(pitch) 등)을 갖는다. 처리층(310)이 격자 구조(300) 위에

형성된다. 예시된 실시예에서, 격자 구조(300)는 기판(330) 위에 형성된 적층(stack)(320)들을 포함한다. 적층(320)들은 웨이퍼(205) 위의 디바이스들의 실제 트랜지스터의 게이트 전극들을 형성하는데 사용되는 동일한 처리층들을 패터닝함으로써 형성되는 절연층(340) 및 폴리실리콘 게이트 전극(350)을 포함한다.

[0029] 이제 도 4를 보면, 격자 구조(400)와 상기 격자 구조를 덮는 처리층(410)을 가진 웨이퍼(205)가 놓여진 산란 측정틀(220)의 간략도가 제공된다. 격자 구조(400)는 웨이퍼(205) 상의 제조 디바이스(production device)로 형성된 피쳐일 수도 있고(즉, 도 4에는 도시되지 않은 STI 구조들), 또는 대안적으로는, 격자 구조(400)는 도 3과 관련하여 전술된 격자 구조(300)와 유사한 시험 구조(test structure)일 수도 있다. 산란 측정틀(220)은, 격자 구조(400) 및 처리층(410)과 가까이 위치된 광원(222) 및 검출기(224)를 포함한다. 산란 측정틀(220)의 광원(222)은 격자 구조(400) 위에 덮인 처리층(410)의 적어도 일부분을 조사하며, 검출기(224)는 반사광의 강도(intensity) 또는 위상 등과 같은 광측정치(optical measurements)를 취한다. 데이터 처리 유닛(225)이 검출기(224)로부터 광측정치를 수신하고, 이 데이터를 처리하여 처리층(410)의 컨포멀리티를 결정하게 된다.

[0030] 산란 측정틀(220)은 구체적인 실시예에 따라 단색광(monochromatic light), 어떤 다른 파장의 또는 파장들의 조합인 백색광(white light)을 사용할 수 있다. 광의 입사각 또한 구체적인 실시예에 따라 변할 수 있다. 전형적으로는 산란 측정틀(220)에 의해 분석된 광은 반사된 성분(즉, 입사각은 반사각과 같다)과 굴절 성분(즉, 입사각은 반사각과 같지 않다)을 포함한다. 여기서 논의의 목적으로, "반사" 광이라는 용어는 상기 두 성분을 모두 포함하는 의미이다.

[0031] 처리층(410)의 컨포멀리티에서의 편자는 완전히 컨포멀(conformal)한 처리층(410) 또는 적어도 허용 가능한 컨포멀리티를 가진 처리층(410)에 존재할 수 있는 광 산란 측정 프로파일에 비교됨으로써 산란 측정틀(220)에 의해 측정된 반사 프로파일에서의 변화(예를 들면, 강도 대 파장- $\tan(\delta)$ , 위상 대 파장- $\sin(\Psi)$ , 여기서  $\delta$ 와  $\Psi$ 는 당업자에게 공지된 일반적인 산란 측정 출력)를 야기한다.

[0032] 도 5a, 도 5b 및 도 5c는 측정된 반사 프로파일에 기초하여 처리층(410)의 컨포멀리티의 특성을 정하기 위해 데이터 처리 유닛(225)에 의해 사용되는 기준 반사 프로파일 라이브러리(232)(도 2 참조)에 포함될 수 있는, 예시적인 반사 프로파일(500, 510, 520)을 도시한다. 임의의 구조에 대해 기대되는 개별 반사 프로파일은 격자 구조(400)의 특정 기하구조, 처리층(410)의 컨포멀리티 및 산란 측정틀(220)에 의해 채용되는 측정 기법의 파라미터들(예를 들면, 광 대역폭, 입사각 등)에 의존한다. 기준 반사 프로파일 라이브러리(232)의 프로파일들은 전형적으로는 처리층(410)의 특성 및 격자 구조(400)의 토폴로지(topology) 및 기하구조에 기초하여 맥스웰 방정식을 이용함으로써 이론적으로 계산된다. 산란 측정 라이브러리들은 Timbre Technologies, Inc로부터 영리적으로 이용 가능하다. 기준 반사 프로파일 라이브러리(232)의 프로파일들은 또한 샘플 웨이퍼들의 반사 프로파일들을 측정하고, 후속하여 파괴적인 또는 비파괴적인 시험 기법에 의해 측정된 웨이퍼들의 컨포멀리티의 특성을 정함으로써 경험적으로 생성될 수 있다.

[0033] 도 5a의 반사 프로파일(500)은 본질적으로 완전한 컨포멀리티(즉, 측벽의 두께와 편평한 표면 두께가 동일함)를 갖는 처리층(410)에 대하여 예상되는 프로파일을 나타낸다. 도 5b의 반사 프로파일(510)은 약간 감소된 측벽 두께(즉, 더 낮은 컨포멀리티)를 가진 처리층(410)에 대하여 예상되는 프로파일을 나타내고, 도 5c의 반사 프로파일(520)은 컨포멀리티에 있어서 현저한 감소를 갖는 처리층(410)에 대하여 예상되는 프로파일을 나타낸다. 변화하는 컨포멀리티 값을 갖는 처리층(410)의 반사 프로파일들은 기준 반사 프로파일 라이브러리(232)에 포함될 수 있다.

[0034] 데이터 처리 유닛(225)은 측정된 반사 프로파일을 기준 반사 프로파일 라이브러리(232)와 비교한다. 각각의 기준 프로파일은 관계된 컨포멀리티 메트릭(metric : 관정기준)을 가지며, 이는 예를 들면 개별 측벽 및 편평한 표면의 실제 두께들에 의해 또는 측벽 두께와 편평한 표면 두께간의 비율에 의해 표현될 수 있다. 데이터 처리 유닛(225)은 측정된 반사 프로파일에 가장 근접하게 매칭되는 기준 반사 프로파일을 결정한다. 측정된 반사 프로파일을 가장 근접하는 기준 반사 프로파일에 매칭하기 위한 기법들은 당업자에게 잘 알려져 있으며, 따라서 그 것들은 여기서 더 자세히 기술하지 않는다.

[0035] 또 다른 실시예에서, 처리 제어기(230) 또는 다른 외부 제어기(미도시)는 측정된 반사 프로파일을 기준 반사 프로파일 라이브러리(232)와 비교하도록 구성될 수 있다. 이와 같은 경우에서, 산란 측정틀(220)은 매칭 기준 반사 프로파일을 출력할 수 있으며, 처리 제어기(230)는 그 기준 반사 프로파일을 관련된 컨포멀리티 메트릭에 연결할 수 있다.

[0036] 또 다른 실시예에서, 측정된 반사 프로파일은 공지의 원하는 컨포멀리티 특성(예를 들면, 컨포멀리티 1)을 갖는

처리층(410)에 대한 기준 반사 프로파일 라이브러리(232)로부터 선택된 목표 반사 프로파일(target reflection profile)과 비교될 수 있다. 예를 들면, 목표 반사 프로파일은 이상적인 또는 허용 가능한 컨포멀리티 프로파일을 갖는 처리층(410)에 대해 맥스웰 방정식을 이용하여 계산될 수 있고, 그리고 그 목표 반사 프로파일은 기준 반사 프로파일 라이브러리(232)에 저장될 수 있다. 그 다음, 미지의 정도(unknown degree)의 컨포멀리티를 갖는 처리층(410)의 측정된 반사 프로파일은 목표 반사 프로파일과 비교된다. 이 비교에 기초하여, 컨포멀리티의 비교적 대략적인 근사(approximation)가 결정될 수 있다. 즉, 상기 측정된 반사 프로파일을 상기 목표 반사 프로파일과 비교함으로써, 처리층(410)의 컨포멀리티가 근사될 수 있고, 따라서 기준 반사 프로파일 라이브러리(232)로부터의 추가적인 기준 반사 프로파일과 상기 측정된 반사 프로파일과의 추가적인 매칭이 보장되지 않는다. 이 기법을 이용하여, 초기 결정이 처리층(410)의 컨포멀리티에 관하여 이루어질 수 있다. 물론, 이 단계는 측정된 반사 프로파일을 전술한 바와 같은 기준 반사 프로파일 라이브러리(232)로부터의 기준 반사 프로파일에 매칭 또는 연관시키는 것에 더하여 수행될 수 있다.

[0037] 산란 측정툴(220)로부터의 컨포멀리티 메트릭을 수신한 다음, 처리 제어기(230)는 다양한 자율적인 동작들을 취할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서, 처리 제어기(230)는 증착툴(210)에 의해 처리된 후속의 웨이퍼들 상에의 증착 동작을 제어하기 위해 컨포멀리티 메트릭에 기초하여 증착툴(210)의 동작 방식을 조절하도록 구성된다. 본 발명의 또 다른 실시예에서, 처리 제어기(230)는 컨포멀리티 메트릭에 기초하여 처리층(410)의 에칭을 제어하기 위해 에칭툴(240)의 동작 방식을 조절하도록 구성된다. 물론, 양 실시예들은 결합될 수 있고, 처리 제어기(230)는 증착툴(210)과 에칭툴(240) 모두의 동작 방식을 동시적으로 제어할 수 있다.

[0038] 증착툴(210)의 다양한 동작 방식의 파라미터들이 증착된 처리층(410)의 컨포멀리티에 영향을 주도록 제어될 수 있다. 예를 들면, 컨포멀리티에 영향을 주는 일반적으로 공지된 방식 파라미터들은 플라즈마 발생기의 RF-바이어스(RF-bias), 증착 처리가 수행되는 압력, 그리고 증착 전에 웨이퍼(205)를 표준화하는데 이용되는 시간 및 온도(즉, 일반적으로 담금 시간(soak time) 및 담금 온도(soak temperature)라 부름)이다.

[0039] 처리 제어기(230)는 그 동작 방식을 바꾸기 위해 증착툴(210)의 제어 모델을 사용할 수 있다. 예를 들면, 처리 제어기(230)는 컨포멀리티 편차(conformality deviation)의 보정을 위해 증착툴(210)의 개별 동작 방식 파라미터에 측정된 컨포멀리티를 연관시키는 제어 모델을 사용하여 RF-바이어스, 압력 또는 담금 파라미터들을 제어할 수 있다. 제어 모델은 일반적으로 공지된 선형 기법 또는 비선형 기법을 이용하여 실험적으로 개발될 수 있다. 제어 모델은 비교적 간단한 방정식 기반 모델(예를 들면, 선형(linear), 지수(exponential), 가중평균(weight average) 등)이나, 또는 신경 회로망 모델(neural network model), PCA(principal component analysis) 모델, 또는 PLS(projection to latent structures) 모델 등과 같은 보다 복잡한 모델일 수 있다. 모델의 구체적인 실시예는 선택된 모델링 기법에 따라 변화할 수 있다.

[0040] 컨포멀리티 모델이 처리 제어기(230)에 의해 발생될 수 있고, 또는 대안적으로는, 서로 다른 처리 자원(미도시)에 의해 발생되어 전개된 다음 처리 제어기(230)에 저장될 수 있다. 컨포멀리티 모델은 증착툴(210)을 이용하여 또는 유사한 동작 특성들을 갖는 이와 다른 툴(미도시)을 이용하여 전개될 수 있다. 예시를 위하여, 컨포멀리티 모델은 산란 측정툴(220)에 의해 측정된 것과 같이 증착툴(210)의 실제 성능에 기초하여 처리 제어기(230) 또는 다른 처리 자원에 의해 발생되어 업데이트된다고 가정한다. 컨포멀리티 모델은 증착툴(210)의 수많은 처리 런으로부터 수집된 경험적인 데이터에 기초하여 트레이닝될 수 있다.

[0041] 처리층(410)의 측정된 컨포멀리티에 기초하여, 처리 제어기(230)는 후속의 에칭 공정들을 제어하도록 에칭툴(240)의 동작 방식을 조절할 수 있다. 게이트 전극 둘레에 형성된 스페이서의 폭은 처리층(410)의 측벽 두께만큼 큰 치수로 결정된다. 그러나, 에칭 후 스페이서(post-etch spacer) 폭은 또한 에칭툴(240)의 에칭 시간을 제어함으로써 제어될 수 있다. 예를 들면, 처리층(410)의 측벽 두께가 원하는 목표 스페이서 폭보다 두껍다면, 에칭 공정은 실리콘 기판이 노출된 다음 스페이서 폭이 감소되어 목표 스페이서 폭에 가까워 지도록 일정 시간동안 계속될 수 있다. 증착툴(210)을 제어하기 위한 전술한 컨포멀리티 모델과 유사하게, 스페이서 폭 모델이 컨포멀리티 측정치에 기초하여 에칭툴(240)의 에칭 시간을 제어하도록 발생될 수 있다. 스페이서 에칭 모델은 상기 기술한 바와 같은 단순한, 방정식 기반 제어 모델이나 또는 더욱 진보한 예측 모델일 수 있다.

[0042] 본 발명의 또 다른 실시예에서, 처리 제어기(230)는, 처리층(410)의 컨포멀리티를 결정하는데 사용하기 위한 처리층(410)의 형성에 앞서, 아래에 놓인 격자 구조(400)의 프로파일에 관한 앞서 저장된 계측 정보를 액세스할 수 있다. 예를 들면, 격자 구조(400)의 프로파일은 외견상(apparent) 컨포멀리티에 영향을 미칠 수 있다. 격자 구조(400)의 프로파일이 오목하다면, 그것은 측벽 두께가 실제보다 작다는 것을 나타내는 것이다. 마찬가지로, 격자 구조(400)가 양(positive)이라면, 측벽 두께가 실제보다 큰 것을 나타낸다. 격자 구조(400)의 프로파일을

계산에 넣음으로써, 처리 제어기(230)는 컨포멀리티 측정치를 보정할 수 있다.

[0043] 이제 도 6을 참조하면, 본 발명의 또 다른 예시적인 실시예에 따라 처리총의 컨포멀리티를 결정하기 위한 방법의 간단화된 흐름도가 제공된다. 블록(600)에서, 격자 구조(400)와 이 격자 구조(400)위에 형성된 처리총(410)을 갖는 웨이퍼가 제공된다. 블록(610)에서, 격자 구조(400)를 덮는 처리총(410)의 적어도 일부분이 광원으로 조사된다. 블록(620)에서, 조사된 격자 구조(400) 및 처리총(410)의 부분으로부터 반사된 광이 반사 프로파일을 생성하기 위해 측정된다. 블록(630)에서, 처리총(410)의 컨포멀리티가 반사 프로파일에 기초하여 결정된다.

[0044] 상기 기술된 바와 같이, 산란 측정틀(220)로부터의 피드백에 기초하여 컨포멀리티를 모니터하는 것은 많은 이점들을 갖는다. 중착틀(210)은 처리총(410)의 컨포멀리티가 증가되도록 제어될 수 있다. 예칭틀(240)은 예칭 이후의 스페이서 폭의 편차가 감소되도록 제어될 수 있다. 감소된 편차는 처리 라인(200)에서 제조되는 디바이스들의 품질과 처리 라인(200)의 효율 모두가 증가된다.

[0045] 상기 기술된 구체적인 실시예들은 단지 예시를 위한 것으로, 본 발명은 본 명세서에 개시의 이점을 갖는 당업자에게 명백한, 다르지만 균등한 방식으로 변형되고 실시될 수 있다. 또한, 본 명세서에서 예시된 상세한 구성 또는 설계는 이하의 청구항에 기재된 것 외의 어느 것으로 한정되지 않는다. 따라서 상기 기술된 구체적인 실시예들은 대체되고 변형될 수 있으며, 모든 그러한 변경들은 본 발명의 범주 및 정신 내에서 고려될 수 있는 것이 명백하다. 따라서, 본 발명에서 추구되는 보호는 이하의 청구항에서 기재된 것에 놓인다.

### 도면의 간단한 설명

[0012] 본 발명은 첨부된 도면과 관련하여 고려된 하기의 설명을 참조함으로써 이해될 수 있으며, 도면들에서 동일한 소자들을 동일한 참조 번호로 표시한다.

[0013] 도 1a 및 도 1b는 처리총이 격자 구조 위에 중착된 예시적인 반도체 디바이스의 단면도이고;

[0014] 도 2는 본 발명의 예시적인 일 실시예에 따라 웨이퍼 처리를 위한 예시적인 처리 라인의 간략도이고;

[0015] 도 3은 처리총의 컨포멀리티를 측정하기 위한 시험 격자 구조를 포함하는 예시적인 반도체 디바이스의 단면도이고;

[0016] 도 4는 격자 구조를 포함한 웨이퍼가 놓여진 도 2의 산란 측정틀의 간략도이고;

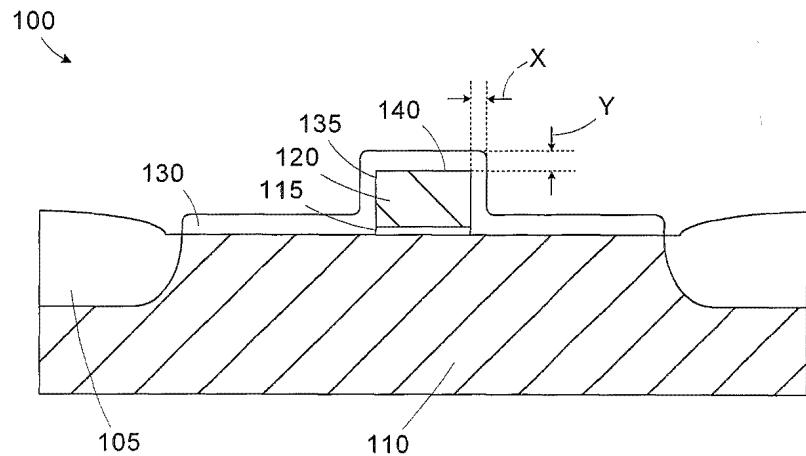
[0017] 도 5a, 도 5b 및 도 5c는 도 4의 산란 측정틀에서 측정된 웨이퍼의 특성을 나타내는데 사용되는 예시적인 산란 측정에 의한 곡선의 라이브러리를 도시하고; 그리고

[0018] 도 6은 본 발명의 또 다른 예시적인 실시예에 따른, 처리총의 컨포멀리티를 결정하기 위한 방법의 간략화된 흐름도를 도시한다.

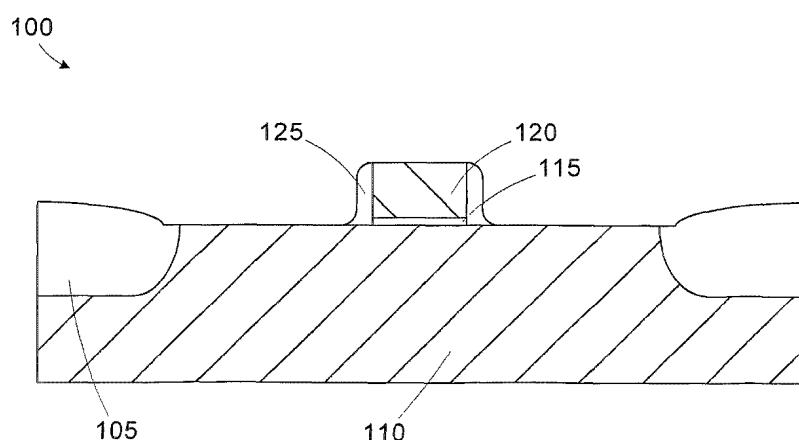
[0019] 본 발명은 다양한 변형과 대안적인 형태가 가능 하지만, 그 구체적인 실시예들이 도면에서 예로서 도시되고 본 발명에서 자세히 기술된다. 그러나, 본 명세서에 기재된 구체적인 실시예들은 본 발명을 개시된 특정한 형태로만 한정하도록 의도된 것은 아니고, 그와 반대로, 첨부된 청구항에 의해 정해지는 바와 같이 본 발명의 정신 및 범주에 드는 모든 변형물, 균등물 및 대체물을 포함하도록 의도된 것이다.

도면

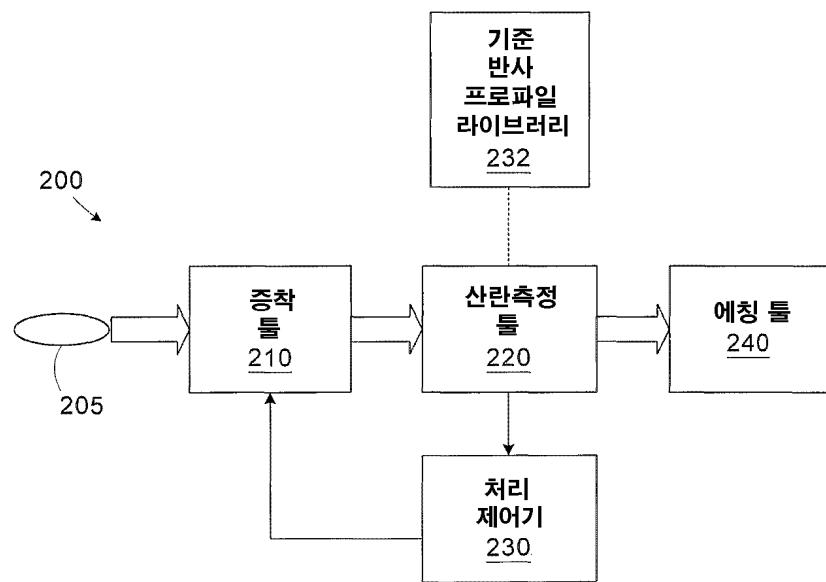
도면1a



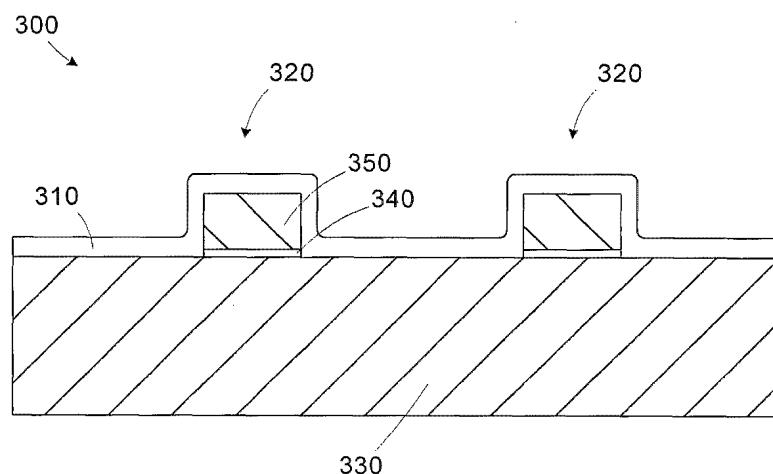
도면1b



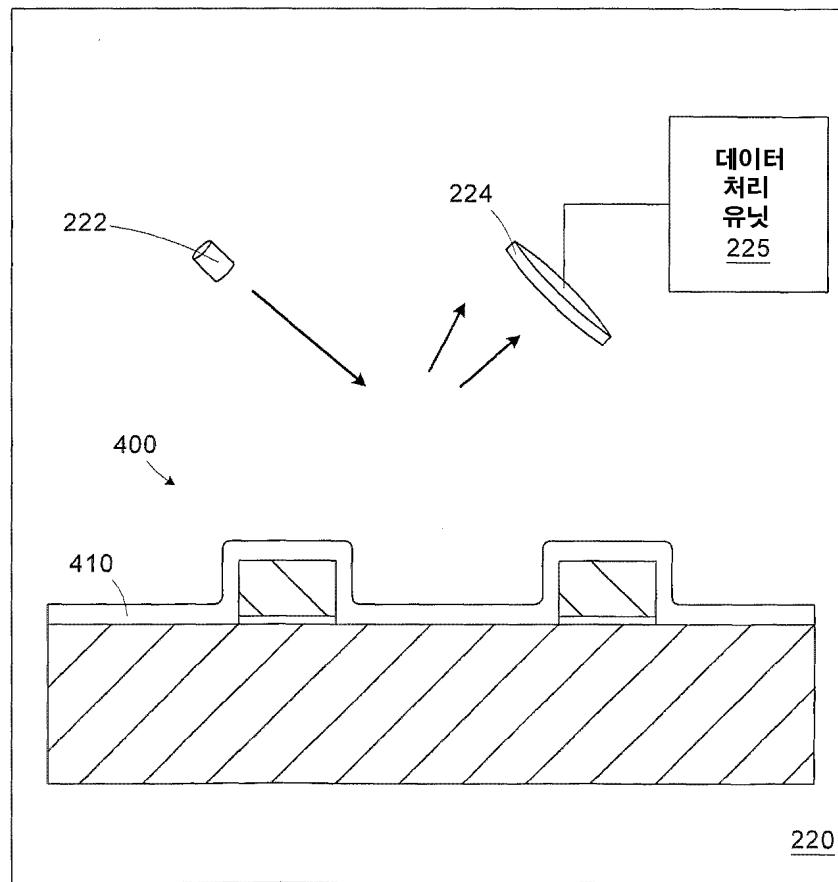
도면2



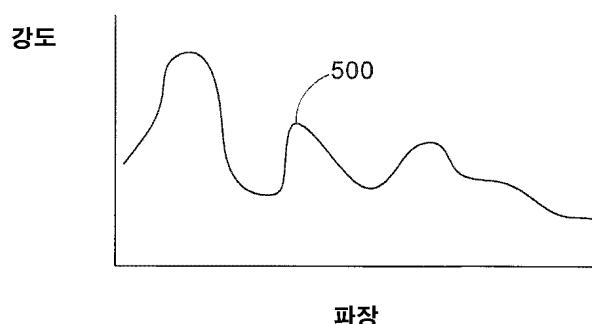
도면3



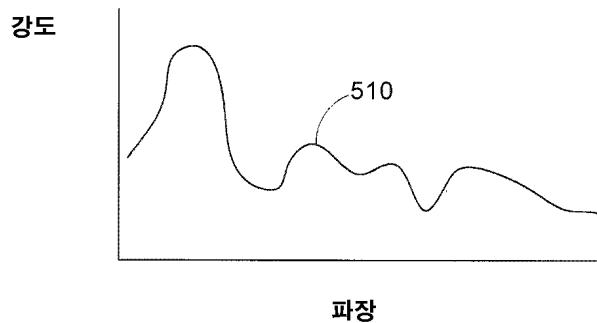
도면4



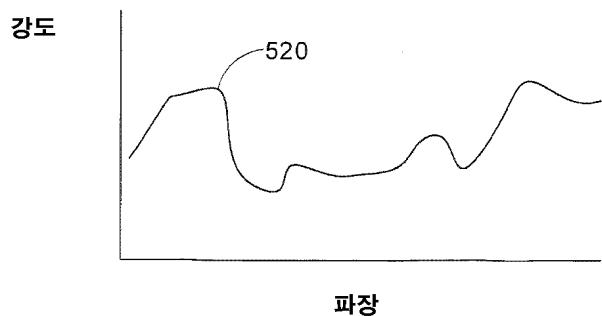
도면5a



도면5b



도면5c



도면6

