



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년02월19일  
(11) 등록번호 10-1365336  
(24) 등록일자 2014년02월13일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G01N 21/64* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2008-7011175
- (22) 출원일자(국제) 2006년10월11일  
심사청구일자 2011년10월11일
- (85) 번역문제출일자 2008년05월09일
- (65) 공개번호 10-2008-0089566
- (43) 공개일자 2008년10월07일
- (86) 국제출원번호 PCT/AU2006/001420
- (87) 국제공개번호 WO 2007/041758  
국제공개일자 2007년04월19일
- (30) 우선권주장  
2005905598 2005년10월11일 오스트레일리아(AU)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP05218163 A\*  
JP08035934 A\*  
JP2001500613 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 56 항

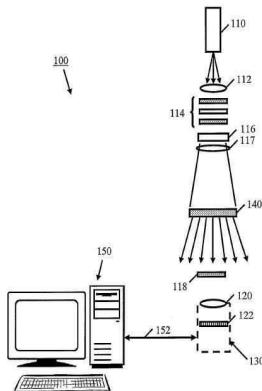
심사관 : 임동우

(54) 발명의 명칭 간접 밴드캡 반도체 구조 검사 방법 및 시스템

**(57) 요 약**

본 발명은 간접 밴드캡 반도체 구조(140)를 검사하는 방법들(600) 및 시스템들(100)을 개시한다. 광원(110)은 간접 밴드캡 반도체 구조(140)에 광루미네센스를 유도하기에 적합한 광을 생성한다(612). 단파장 통과 필터부(114)는 특정 방사 최고값보다 큰 상기 생성된 광의 장파장 광을 감소시킨다. 시준기(112)는 빛을 시준한다(616). 간접 밴드캡 반도체 구조(140)의 넓은 영역은 상기 시준된 단파장 통과 필터링된 광에 의해 실질적으로 균일하면서도 동시에 조명된다(618). 영상 획득 소자(130)은 상기 간접 밴드캡 반도체 구조의 넓은 영역에 걸쳐 입사하는 상기 실질적 균일하면서 동시에성을 갖는 조명에 의해 동시에 유도되는 광루미네센스의 영상들을 획득한다(620). 광루미네센스 영상들은 영상 처리되어, 상기 넓은 영역에 유도되는 광루미네센스의 공간 변화들을 사용하여 간접 밴드캡 반도체 구조의 특정 전기적 특성들을 공간적으로 분석하여 수치화한다.

**대 표 도** - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

간접 밴드캡 반도체 물질의 하나 이상의 특성들을 분석하는 방법에 있어서,

상기 물질로부터 광루미네센스(photoluminescence)를 생성하기 위해 상기 물질의 적어도  $1\text{cm}^2$  영역에 미리 결정된 광을 조명하는 단계;

상기 광루미네센스의 이미지를 이미지 캡쳐 장치로 캡쳐하는 단계; 및

상기 영역에서 상기 하나 이상의 특성들을 분석하기 위해 상기 이미지를 처리하는 단계를 포함하는 방법.

### 청구항 2

간접 밴드캡 반도체 물질의 하나 이상의 특성들을 분석하는 방법에 있어서,

상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 위해 상기 물질에 미리 결정된 광을 조명하는 단계;

상기 조명된 광에 의해 상기 물질의 넓은 영역에서 유도되는 광루미네센스의 이미지를 이미지 캡쳐 장치로 캡쳐하는 단계; 및

상기 영역에서 상기 하나 이상의 특성들을 분석하기 위해 상기 이미지를 처리하는 단계를 포함하는 방법.

### 청구항 3

간접 밴드캡 반도체 물질의 하나 이상의 특성들을 분석하는 방법에 있어서,

상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 위해 상기 물질의 영역에 미리 결정된 광을 조명하는 단계;

상기 광루미네센스의 이미지를 이미지 캡쳐 장치로 캡쳐하는 단계; 및

상기 영역에서 상기 하나 이상의 특성들을 분석하기 위해 상기 이미지를 처리하는 단계를 포함하고,

적어도 상기 조명하는 단계와 캡쳐하는 단계는 1초 내에 수행되는 방법.

### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 이미지 처리 단계는 상기 이미지에서 루미네센스의 공간적 변화를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

### 청구항 5

제4항에 있어서, 상기 이미지 처리 단계는 상기 이미지의 공간적 변화를 이용하여 상기 하나 이상의 특성의 공간적 변화들을 결정하는 단계를 포함하는 방법.

### 청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명은 상기 영역 전체에 실질적으로 균일하게 이루어지는 방법.

### 청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명되는 광 또는 상기 이미지 캡쳐 장치에 입사되는 광은 상기 이미지를 캡쳐하기 전에 필터링되는 방법.

### 청구항 8

제7항에 있어서, 상기 조명되는 광 또는 상기 이미지 캡쳐 장치에 입사되는 광은 특정 파장을 선택적으로 제거시키기 위하여 단파장 또는 장파장 통과 필터링되는 방법.

### 청구항 9

제8항에 있어서, 상기 광루미네센스의 파장 범위 내의 성분들을 실질적으로 제거하기 위하여 상기 광을 단파장

통과 필터링시키는 방법.

### 청구항 10

제8항에 있어서, 상기 이미지 캡쳐 장치에 입사되는 광은 상기 조명이 이미지화되는 것을 실질적으로 막기 위하여 장파장 통과 필터링되는 방법.

### 청구항 11

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명이 이미지화되는 것을 실질적으로 막기 위해 상기 물질이 장파장 통과 필터로 작용하는 방법.

### 청구항 12

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 영역은 1초까지 동안 조명되는 방법.

### 청구항 13

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 조명 단계 및 캡쳐 단계들이 1초 내에 이루어지는 방법.

### 청구항 14

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 이미지를 처리하는 단계가 1초 내에 이루어지는 방법.

### 청구항 15

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명, 캡쳐 및 처리 단계들 중의 어느 하나가 생산과정에서 인라인(in-line)으로 수행되는 방법.

### 청구항 16

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명, 캡쳐 및 처리 단계들 중의 어느 하나가 생산과정으로부터 오프라인(off-line)으로 수행되는 방법.

### 청구항 17

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 방법이 실리콘 구조, 베어(bare) 또는 부분적 처리된 웨이퍼, 베어(bare) 또는 부분적 처리된 실리콘-온-인슐레이터(SOI) 구조, 완전히 제작된 실리콘 장치, 및 실리콘 태양 전지로 구성된 그룹으로부터 선택된 간접 밴드갭 반도체 물질에 이용되는 방법.

### 청구항 18

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 간접 밴드갭 반도체 물질은 크기가 150mm x 150mm인 방법.

### 청구항 19

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 영역은 상기 물질의 일 측면 전체를 포함하는 방법.

### 청구항 20

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 조명, 캡쳐 및 처리 단계들이 상기 물질에 대한 전기적 접촉 없이 이루어지는 방법.

### 청구항 21

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광루미네센스 이미지를 생성하기 위한 조명, 또는 상기 광루미네센스 이미지의 캡쳐 및 처리 단계들이 미리 정해진 시간 내에서 수행되는 방법.

### 청구항 22

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 하나 이상의 특성들은 결합 밀도들, 센트들, 전류-전압 특성들, 확산 거리 및 소수 캐리어 수명으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 방법.

**청구항 23**

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 적어도 상기 조명하는 단계 및 상기 캡처하는 단계는 상기 물질이 실온에 있는 동안 수행되는 방법.

**청구항 24**

간접 밴드캡 반도체 물질의 하나 이상의 특성들을 분석하는 방법에 있어서,

상기 물질의 적어도  $1\text{cm}^2$ 에 상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 적절한 방사로 조명하는 단계;

상기 광루미네센스의 이미지를 캡처하는 단계; 및

상기 이미지의 공간적 변화를 이용하여 상기 하나 이상의 특성들의 공간적 변화를 결정하기 위해 상기 이미지를 처리하는 단계를 포함하는 방법.

**청구항 25**

간접 밴드캡 반도체 물질의 하나 이상의 특성들을 분석하는 방법에 있어서,

상기 물질에 상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 적절한 방사로 조명하는 단계;

상기 조명에 의해 상기 물질의 넓은 영역에서 유도되는 광루미네센스의 이미지를 캡처하는 단계; 및

상기 이미지의 공간적 변화를 이용하여 상기 하나 이상의 특성들의 공간적 변화를 결정하기 위해 상기 이미지를 처리하는 단계를 포함하는 방법.

**청구항 26**

간접 밴드캡 반도체 물질의 하나 이상의 특성들을 분석하는 방법에 있어서,

상기 물질에 상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 적절한 방사로 조명하는 단계;

상기 광루미네센스의 이미지를 캡처하는 단계; 및

상기 이미지의 공간적 변화를 이용하여 상기 하나 이상의 특성들의 공간적 변화를 결정하기 위해 상기 이미지를 처리하는 단계를 포함하고,

적어도 상기 조명하는 단계 및 캡처하는 단계는 1초 내에 이루어지는 방법.

**청구항 27**

간접 밴드캡 반도체 물질로부터 반도체 장치들을 생산하기 위한 다단계 공정에서, 상기 물질의 하나 이상의 특성들을 분석하는 방법에 있어서,

상기 물질의 적어도  $1\text{cm}^2$  영역에 상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 적절한 방사로 조명하는 단계;

상기 광루미네센스의 이미지를 캡처하는 단계; 및

상기 하나 이상의 특성들의 공간적 변화들을 결정하기 위해 상기 이미지에서 공간적 변화를 처리하는 단계를 포함하고,

상기 조명, 캡처 및 처리 단계들이 상기 공정의 미리 결정된 생산단계 내에서 이루어지는 방법.

**청구항 28**

간접 밴드캡 반도체 물질로부터 반도체 장치들을 생산하기 위한 다단계 공정에서, 상기 물질의 하나 이상의 특성들을 분석하는 방법에 있어서,

상기 물질에 상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 적절한 방사로 조명하는 단계;

상기 조명에 의해 상기 물질의 넓은 영역에서 유도되는 광루미네센스의 이미지를 캡처하는 단계; 및

상기 하나 이상의 특성들의 공간적 변화들을 결정하기 위해 상기 이미지를 처리하는 단계를 포함하고,

상기 조명, 캡쳐 및 처리 단계들이 상기 공정의 미리 결정된 생산단계 내에서 이루어지는 방법.

#### 청구항 29

간접 밴드캡 반도체 물질로부터 반도체 장치들을 생산하기 위한 다단계 공정에서, 상기 물질의 하나 이상의 특성을 분석하는 방법에 있어서,

상기 물질에 상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 적절한 방사로 조명하는 단계;

상기 광루미네센스의 이미지를 캡쳐하는 단계; 및

상기 하나 이상의 특성들의 공간적 변화들을 결정하기 위해 상기 이미지에서 공간적 변화를 처리하는 단계를 포함하고,

상기 조명, 캡쳐 및 처리 단계들이 상기 공정의 미리 결정된 생산단계 내에서 이루어지고, 적어도 상기 조명 단계 및 캡쳐 단계는 1초 내에 이루어지는 방법.

#### 청구항 30

간접 밴드캡 반도체 물질로부터 반도체 장치를 생산하는 공정에서 상기 물질의 하나 이상의 특성을 분석하는 방법에 있어서,

상기 물질의 넓은 영역에 상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 적절한 방사로 조명하는 단계;

상기 광루미네센스의 이미지를 캡쳐하는 단계; 및

상기 하나 이상의 특성들의 공간적 변화를 결정하기 위해 상기 이미지를 처리하는 단계를 포함하고,

상기 방법이 실리콘 공급원료(feedstock), 블록(block) 또는 잉곳(ingot) 및 완성된 장치 사이의 어느 위치에 있는 상기 물질에 이용되는 방법.

#### 청구항 31

간접 밴드캡 반도체 물질로부터 반도체 장치를 생산하는 공정에서 상기 물질의 하나 이상의 특성을 분석하는 방법에 있어서,

상기 물질에 상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 적절한 방사로 조명하는 단계;

상기 조명에 의해 상기 물질의 넓은 영역에서 유도되는 광루미네센스의 이미지를 캡쳐하는 단계; 및

상기 하나 이상의 특성들의 공간적 변화를 결정하기 위해 상기 이미지를 처리하는 단계를 포함하고,

상기 방법이 실리콘 공급원료(feedstock), 블록(block) 또는 잉곳(ingot) 및 완성된 장치 사이의 어느 위치에 있는 상기 물질에 이용되는 방법.

#### 청구항 32

제30항 또는 제31항에 있어서, 적어도 상기 조명 단계 및 캡쳐 단계들이 1초 내에 이루어지는 방법.

#### 청구항 33

간접 밴드캡 반도체 물질의 하나 이상의 특성을 분석하는 장치로서,

상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 위해 미리 결정된 광으로 상기 물질의 적어도 1cm<sup>2</sup> 영역을 조명하기 위한 광원;

상기 광루미네센스의 이미지를 캡쳐하기 위한 이미지 캡쳐 장치; 및

상기 영역에서 상기 하나 이상의 특성을 분석하기 위하여 상기 이미지를 처리하는 처리기를 포함하는 장치.

#### 청구항 34

간접 밴드캡 반도체 물질의 하나 이상의 특성을 분석하는 장치로서,

상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 위해 미리 결정된 광으로 상기 물질을 조명하기 위한 광원;

상기 조명된 광에 의해 상기 물질의 넓은 영역에서 유도되는 광루미네센스의 이미지를 캡쳐하기 위한 이미지 캡쳐 장치; 및

상기 영역에서 상기 하나 이상의 특성들을 분석하기 위하여 상기 이미지를 처리하는 처리기를 포함하는 장치.

### 청구항 35

간접 밴드캡 반도체 물질의 하나 이상의 특성들을 분석하는 장치로서,

상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 위해 미리 결정된 광으로 상기 물질의 영역에 조명하기 위한 광원;

상기 광루미네센스의 이미지를 캡쳐하기 위한 이미지 캡쳐 장치; 및

상기 영역에서 상기 하나 이상의 특성들을 분석하기 위하여 상기 이미지를 처리하는 처리기를 포함하고,

적어도 상기 광원과 이미지 캡쳐 장치는 1초 이내에 상기 광루미네센스 이미지를 제공하기 위해 상호 동작하는 장치.

### 청구항 36

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 이미지의 처리는 상기 이미지의 공간적 변화를 이용하여 상기 하나 이상의 특성들의 공간적 변화를 결정하는 단계를 포함하는 장치.

### 청구항 37

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 장치는 상기 영역을 실질적으로 균일하게 조명하는 장치.

### 청구항 38

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 하나 이상의 필터들을 더 포함하고, 상기 조명되는 광 또는 상기 이미지 캡쳐 장치에 입사되는 광은 캡쳐되기 전에 필터링되는 장치.

### 청구항 39

제38항에 있어서, 상기 필터들은 상기 광루미네센스의 과장 범위에서 상기 광의 성분들을 실질적으로 제거하기 위하여 상기 광원 및 상기 물질 사이에 위치하는 단파장 통과 필터를 포함하는 장치.

### 청구항 40

제38항에 있어서, 상기 필터들은 상기 광이 상기 이미지 캡쳐 장치에 실질적으로 도달하는 것을 막기 위해 상기 물질 및 상기 이미지 캡쳐 장치 사이에 위치하는 장파장 통과 필터를 포함하는 장치.

### 청구항 41

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광이 상기 이미지 캡쳐 장치에 실질적으로 도달하는 것을 막기 위해 상기 물질이 상기 광원 및 상기 이미지 캡쳐 장치 사이에 위치하는 장치.

### 청구항 42

제33항 또는 제34항에 있어서, 상기 장치는 1초 이하의 시간 동안 상기 영역을 조명하는 장치.

### 청구항 43

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 장치는 실리콘, 베어 또는 부분적 처리된 웨이퍼, 베어 또는 부분적으로 처리된 실리콘-온-인슐레이터(SOI) 구조, 완전히 제작된 실리콘 장치, 및 태양 전지로 구성된 그룹으로부터 선택된 간접 밴드캡 반도체 물질을 분석하는 장치.

### 청구항 44

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 장치는 크기가 150mm x 150mm인 간접 밴드캡 반도체 물질을 분석하는 장치.

**청구항 45**

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 장치는 상기 물질의 일 측면 전체에 대응되는 영역을 분석하는 장치.

**청구항 46**

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 장치는 결합 밀도들, 션트들, 전류-전압 특성들, 확산 거리 및 소수 캐리어 수명으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 하나 이상의 특성들을 분석하는 장치.

**청구항 47**

제33항 내지 제35항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 이미지 캡쳐 장치는 집속 요소(focusing element)와 감광 전자 요소들(light sensitive electronic elements)의 집속면 배열(focal plane array), 또는 픽셀 검출기를 포함하는 장치.

**청구항 48**

제47항에 있어서, 상기 집속면 배열은 전하 결합 소자들(CCDs)의 배열을 포함하는 장치.

**청구항 49**

제47항에 있어서, 상기 집속면 배열은 실리콘 또는 InGaAs로 만들어지는 장치.

**청구항 50**

간접 밴드갭 반도체 물질의 하나 이상의 특성들을 분석하는 장치로서,

상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 적절한 방사로 상기 물질의 적어도 1cm<sup>2</sup>에 조명하기 위한 광원;

상기 광루미네센스의 이미지를 캡쳐하기 위한 이미지 캡쳐 장치; 및

상기 이미지 내의 공간적 변화들을 이용하여 상기 하나 이상의 특성들의 공간적 변화들을 결정하기 위하여 상기 이미지를 처리하기 위한 처리기를 포함하는 장치.

**청구항 51**

간접 밴드갭 반도체 물질의 하나 이상의 특성들을 분석하는 장치로서,

상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 적절한 방사로 상기 물질을 조명하기 위한 광원;

상기 조명에 의해 상기 물질의 넓은 영역에서 유도되는 광루미네센스의 이미지를 캡쳐하기 위한 이미지 캡쳐 장치; 및

상기 이미지 내의 공간적 변화들을 이용하여 상기 하나 이상의 특성들의 공간적 변화들을 결정하기 위하여 상기 이미지를 처리하기 위한 처리기를 포함하는 장치.

**청구항 52**

간접 밴드갭 반도체 물질의 하나 이상의 특성들을 분석하는 장치로서,

상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 적절한 방사로 상기 물질에 조명하기 위한 광원;

상기 광루미네센스의 이미지를 캡쳐하기 위한 이미지 캡쳐 장치; 및

상기 이미지 내의 공간적 변화들을 이용하여 상기 하나 이상의 특성들의 공간적 변화들을 결정하기 위하여 상기 이미지를 처리하기 위한 처리기를 포함하고,

상기 광원과 이미지 캡쳐 장치는 1초 이내에 상기 광루미네센스 이미지를 생성하고 캡쳐하기 위해 상호 동작하는 장치.

**청구항 53**

간접 밴드갭 반도체 물질로부터 반도체 장치들을 생산하기 위한 다단계 공정에서, 상기 물질의 하나 이상의 특

성들을 분석하는 장치에 있어서,

상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 적절한 방사로 상기 물질의 적어도 1cm<sup>2</sup> 영역에 조명하는 광원;

상기 광루미네센스의 이미지를 캡쳐하는 이미지 캡쳐 장치; 및

상기 하나 이상의 특성들의 공간적 변화를 결정하기 위해 상기 이미지에서 공간적 변화들을 처리하는 처리기를 포함하는 장치.

#### 청구항 54

간접 밴드캡 반도체 물질로부터 반도체 장치들을 생산하기 위한 다단계 공정에서, 상기 물질의 하나 이상의 특성들을 분석하는 장치에 있어서,

상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 적절한 방사로 상기 물질에 조명하는 광원;

상기 조명에 의해 상기 물질의 넓은 영역에서 유도되는 광루미네센스의 이미지를 캡쳐하는 이미지 캡쳐 장치; 및

상기 하나 이상의 특성들의 공간적 변화를 결정하기 위해 상기 이미지에서 공간적 변화들을 처리하는 처리기를 포함하는 장치.

#### 청구항 55

간접 밴드캡 반도체 물질로부터 반도체 장치들을 생산하기 위한 다단계 공정에서, 상기 물질의 하나 이상의 특성들을 분석하는 장치에 있어서,

상기 물질로부터 광루미네센스를 생성하기 적절한 방사로 상기 물질에 조명하는 광원;

상기 광루미네센스의 이미지를 캡쳐하는 이미지 캡쳐 장치; 및

상기 하나 이상의 특성들의 공간적 변화를 결정하기 위해 상기 이미지에서 공간적 변화들을 처리하는 처리기를 포함하고,

상기 광원과 이미지 캡쳐 장치는 1초 이내에 상기 광루미네센스 이미지를 생성하고 캡쳐하기 위해 상호 동작하는 장치.

#### 청구항 56

공정의 하나 이상의 단계들에 위치하는 제53항 내지 제55항 중 어느 한 항에 정의된 하나 이상의 장치들을 포함하는 반도체 장치를 생산하기 위한 다단계 공정.

#### 청구항 57

삭제

#### 청구항 58

삭제

#### 청구항 59

삭제

#### 청구항 60

삭제

#### 청구항 61

삭제

#### 청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

청구항 67

삭제

청구항 68

삭제

청구항 69

삭제

청구항 70

삭제

청구항 71

삭제

청구항 72

삭제

청구항 73

삭제

청구항 74

삭제

청구항 75

삭제

청구항 76

삭제

청구항 77

삭제

청구항 78

삭제

청구항 79

삭제

청구항 80

삭제

청구항 81

삭제

청구항 82

삭제

청구항 83

삭제

청구항 84

삭제

청구항 85

삭제

청구항 86

삭제

청구항 87

삭제

청구항 88

삭제

청구항 89

삭제

청구항 90

삭제

청구항 91

삭제

청구항 92

삭제

청구항 93

삭제

청구항 94

삭제

청구항 95

삭제

청구항 96

삭제

청구항 97

삭제

청구항 98

삭제

청구항 99

삭제

청구항 100

삭제

청구항 101

삭제

청구항 102

삭제

청구항 103

삭제

청구항 104

삭제

청구항 105

삭제

청구항 106

삭제

청구항 107

삭제

청구항 108

삭제

청구항 109

삭제

청구항 110

삭제

청구항 111

삭제

청구항 112

삭제

청구항 113

삭제

청구항 114

삭제

청구항 115

삭제

청구항 116

삭제

## 명세서

### 기술분야

[0001]

본 발명은 일반적으로 반도체 검사에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는 간접 밴드갭 반도체 물질을 검사하는 것에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002]

광기전력 소자 제조 시장은 일반적으로 연간 30%보다 더 높은 성장율로 시장이 확장되고 있다. 태양 전지(solar cell) 제조의 가장 우세한 분야는 다중 결정 웨이퍼에 기초한 기술이다. 이 산업분야에서, 전체 생산량 중 많은 부분이 규정 이하이어서 거절되며, 매년 산업 분야에 엄청난 경제적인 손실을 초래하고 있다. 태양 전지의 제조는 실리콘과 같은 베어 반도체로 시작되는 매우 특화된 일련의 제조 공정들과 관련된다.

[0003]

Bel'kov, VV 등에 의하여 *Physical Review B*, Vol. 61, No. 20, *The American Physical Society*, 15 May 2000, pp. 13698-13702에 기재된 "n-GaAs에서의 마이크로 웨이브-유도 패턴들 및 그들의 광루미네센스 이미징"은 n-GaAs의 광루미네센스(Photoluminescence) 이미징의 기술을 설명하고 있다. 광루미네센스(Photoluminescence)는 광여기에 반응하여 반도체 물질에 의해 방사되는 광이다. 광루미네센스 이미징을 사용하여, 높은 전자 밀도를 갖는 자체-구성되는(self-organized) 패턴들은 호모지니어스 마이크로웨이브 방사에서의 호모지니어스 n-GaAs 층에서 비접촉적으로 연구된다. n-GaAs 비접촉 샘플은 관찰을 위한 금속성의 그물 창(mesh window)를 갖는 사각형 웨이브가이드(waveguide)내에 고정되며, 마이크로파 생성기와 연결되며, 마이크로파 여기에 반응한다. n-GaAs 샘플을 포함하는 이러한 어셈블리는 배스-냉각기(bath-cryostat)내에서 4.2 K로 냉각되는데, 상기 배스-냉각기는 액체 헬륨을 포함하며, 원형으로 구성된 다수 개의 적색 (620nm) 발광 다이오드들(LEDs)에 의해 균일하게 조명된다. 상기 냉각기는 금속성의 그물창과 정렬된 창을 갖는다. 비디오 카메라가 광학적으로 상기 샘플과 마주보도록 방향 설정되며, 간접 820nm(장파장 통과) 필터가 상기 냉각기 창과 상기 카메라의 사이에 정렬되도록 중간에 놓여진다. 카메라는 3mm × 4mm의 영상들을 캡쳐하고, 그들 중의 일부는 마이크로파 여기하에서의 샘플로부터 유도되는 광루미네센스에 검은 점(dark spots)들이 형성되는 것을 보여준다.

[0004]

Bel'kov의 시스템은 간접 밴드갭 반도체인 n-GaAs 검사에 사용될수 있다. 전술한 반도체에서 광루미네센스 효율이 큰 것을 고려하면, 상기 n-GaAs 샘플은 상대적으로 저전력의 LED들이 광루미네센스를 유도하기 위한 광원으로 사용될 수 있게 되는데, 여기서 상기 광원 조명은 차이가 있다. 또한, 웨이브가이드 및 냉각기 창들의 정렬은 카메라의 가시 영역(viewing area)을 제한한다. 이러한 문제점으로 인하여, 이는 좁은 영역(3mm × 7mm)에서만이 테스트할 수 있게 된다. 더 나아가서, 이 시스템에서는 검사할 샘플들이 냉각기에 의해 만들어지는 저온

환경을 필요로 한다. Bel'kov의 구성은 LED들로부터 나오는 소스 조명이 비디오 카메라에 의해 캡쳐되도록 한다. 장파장 통과 필터는 LED들로부터의 조명을 차단하고 820nm 이상의 광루미네센스를 카메라로 전송하고자 하는 것일 뿐만 아니라, 카메라로 820nm 이상의 LED들로부터 나온 다른 조명들도 전송하기 위한 것이다. n-GaAs 샘플의 경우, 생성된 높은 효율의 광루미네센스는 LED들로부터의 원하지 않는 조명을 많이 초과한다. 이러한 점들과 다른 제한 사항들을 고려하면, Bel'kov의 시스템은 간접 밴드갭 반도체를 검사하기에는 적합하지 않다.

[0005] Masarotto 등에 의하여 Eur J AP 20, 141-144, 2002에 발표된 "SiC 특성용 UV 스캐닝 광루미네센스 장치의 개발"은 SiC에 특성화된 적응형 스캐닝 광루미네센스 장치를 개시하고 있다. 광루미네센스 매핑은  $1\mu\text{m}$  스텝(step)을 갖는 x-y 스테이지 및 현미경 대물렌즈에 의해 집속되며  $4\mu\text{m}$ 의 스포트 직경을 갖는 이중  $\text{Ar}^+$  레이저 빔을 사용하여 샘플을 스캐닝하여 얻게 된다. 집적된 광루미네센스 강도 또는 스펙트럼으로 분석되는 광루미네센스(PL)가 포함될 수 있다. 이 시스템은 점대점(point-to-point) 방식으로 PL을 스캔한다. 이러한 문제점으로 인하여 상기 시스템은 좁은 영역, 예컨대 한 점(a point) 정도만이 스캐닝 동작에 의하여 주어진 시간에 테스트할 수 있게 된다. 광루미네센스는 반도체 소자의 동작 조건에 더 잘 근접할 수 있는 넓은 영역에 걸쳐 균일한 조명을 제공하는 상태에서 상기 샘플의 넓은 영역의 맞은편에서 동시적으로 캡쳐될 수 없다. 더 나아가서, 이러한 시스템은 시스템의 스캐닝 동작으로 인하여 천천히 동작하는 문제점이 있다.

[0006] 따라서, 결과적으로 실패된 태양 전지를 만들게 되는 베어 또는 부분적으로 처리된 웨이퍼들을 포함하는 간접 밴드갭 반도체 구조들, 특히 실리콘에 대한 검사 시스템이 필요하다.

### 발명의 상세한 설명

[0007] 본 발명의 일 태양에 따라, 간접 밴드갭 반도체 구조를 검사하는 방법을 제공한다. 상기 방법은, 간접 밴드갭 반도체 구조에서 광루미네센스를 유도하기에 적합한 광을 생성하는 단계; 단파장 통과 필터링하여 특정 방사 최고값보다 큰 상기 생성된 광의 장파장광을 제거하는 단계; 상기 광을 시준하는(collimating) 단계; 상기 시준되고 단파장 통과 필터링된 광을 이용하여 상기 간접 밴드갭 반도체 구조의 넓은 영역을 실질적으로 균일하면서도 동시에 조명하는 단계; 상기 유도된 광루미네센스를 동시에 캡쳐할 수 있는 영상 획득 장치를 사용하여 상기 간접 밴드갭 반도체 구조의 상기 넓은 영역에 걸쳐 입사하는 상기 실질적으로 균일하면서도 동시에 조명하는 것에 의해 동시에 유도된 광루미네센스에 대한 영상을 캡쳐하는 단계; 상기 광루미네센스 영상들을 영상처리하여, 상기 넓은 영역에서 유도된 광루미네센스의 공간적 변화를 이용하여 상기 간접 밴드갭 반도체 구조에 대한 특정 전기적 특성들을 공간적으로 분석하여 수치화하는 단계;를 구비한다.

[0008] 상기 간접 밴드갭 반도체는 실리콘으로 이루어질 수 있다. 상기 구조는 간접 밴드갭 반도체 물질로 된 베어(bare) 또는 부분적으로 처리된 웨이퍼, 적어도 하나의 부분적으로 형성된 전자 소자, 베어 또는 부분적으로 처리된 실리콘-온-인슐레이터(SOI) 구조로 이루어질 수 있다. 상기 전자 소자는 광기전력(photovoltaic) 소자일 수 있다.

[0009] 상기 단파장 통과 필터링 단계는 하나 또는 그 이상의 단파장 통과 필터들을 사용하여 구현될 수 있다. 상기 단파장 통과 필터링 단계는 하나 또는 그 이상의 유전체 미러들을 사용하여 구현되어, 사용될 단파장 광은 반사시키고, 원치않는 장파장 성분은 전송한다. 상기 단파장 통과 필터링 단계는 상기 생성된 광의 장파장 꼬리에서 전체 광자 플럭스를 약 10 또는 그 이상의 인수(factor)에 의해 감소하며, 상기 장파장 꼬리는 상기 광을 생성하는 광원의 최장 파장 방사 최고값보다 약 10% 높은 파장에서 시작된다.

[0010] 상기 간접 밴드갭 반도체 구조의 조명 영역은 약  $1.0\text{cm}^2$ 보다 크거나 같을 수 있다.

[0011] 상기 방법은 상기 생성된 광을 균질화하는 단계를 더 구비할 수 있다.

[0012] 상기 방법은 상온에서 실행될 수 있다.

[0013] 상기 생성된 광은 단색광이거나 실직적으로 단색광일 수 있다. 상기 광은 적어도 하나의 레이저, 레이저 다이오드, 레이저 다이오드 배열체, 또는 고출력 발광 다이오드(LED)에 의해 생성될 수 있다. 선택적으로, 상기 광은 상기 발광 다이오드들(LEDs)의 배열에 생성되거나 또는 광역(broad) 스펙트럼 램프에 의해 생성된 후 필터링되어 상기 광의 스펙트럼을 제한할 수 있다.

[0014] 상기 광의 전체 광 세기는 약 1와트(Watt)를 초과할 수 있다.

[0015] 상기 생성된 광의 광원은 상기 구조의 일측의 표면을 향하도록 방향 설정되어 상기 표면을 발광시키고, 상기 영상 획득 소자는 상기 구조의 동일한 표면을 향하도록 방향설정되어 상기 표면으로부터 유도되는 광루미네센스

영상들을 획득할 수 있다. 선택적으로, 상기 생성된 광의 광원은 상기 구조의 일측의 표면을 향하도록 방향 설정되어 상기 표면을 발광시키고, 상기 영상 획득 장치는 상기 구조의 반대측의 표면을 향하도록 방향 설정되어 상기 반대측의 표면으로부터 유도되는 광루미네센스 영상들을 획득할 수 있다.

- [0016] 상기 방법은 상기 실리콘 구조에 유도되는 광루미네센스를 장파장 통과 필터링하는 단계를 더 구비할 수 있다. 상기 구조는 상기 광루미네센스의 여기를 위하여 사용되는 입사광의 장파장 통과 필터로서 동작할 수 있다. 하나 또는 그 이상의 장파장 통과 필터들은 상기 영상 획득 소자와 결합되어 사용될 수 있다. 상기 영상 획득 소자는 집속 요소(focusing element) 및 감광 전자 요소들(light sensitive electronic elements)의 집속면 배열을 구비할 수 있다. 상기 감광 전자 요소들의 상기 집속면 배열은 전하 결합 소자들(CCDs)로 이루어질 수 있다. 상기 집속면 배열은 실리콘으로 만들어질 수 있다. 상기 감광 전자 요소들의 상기 집속면 배열은 InGaAs로 만들어질 수 있다. 상기 집속면 배열은 냉각될 수 있다.
- [0017] 상기 영상 획득 소자는 픽셀 검출기로 이루어질 수 있다. 상기 픽셀 검출기는 상기 구조의 표면과 연결되는 접촉형 픽셀 검출기일 수 있다.
- [0018] 상기 영상 획득 소자는 픽셀 검출기 또는 전하 결합 소자들(CCDs)의 배열이며, 테이퍼된 광섬유 다발이 상기 구조의 표면과 상기 픽셀 검출기 또는 상기 CCD 배열의 사이에 연결될 수 있다.
- [0019] 상기 특정 전기적 특성들은 로컬 결합 밀도들, 로컬 션트들, 로컬 전류-전압 특성들, 로컬 확산 거리 및 로컬 소수 캐리어 수명의 하나 또는 그 이상으로 이루어질 수 있다.
- [0020] 본 발명의 다른 태양에 따라, 간접 밴드갭 반도체 구조를 검사하는 시스템을 제공한다. 상기 시스템은, 간접 밴드갭 반도체 구조에서 광루미네센스를 유도하기에 적합한 광을 생성하는 광원; 상기 광원 및 상기 간접 밴드갭 반도체 구조의 사이에 배치되어 특정 방사 최고값보다 큰 상기 생성된 광의 장파장 광을 감소하는 단파장 통과 필터; 상기 광원과 상기 간접 밴드갭 반도체 구조의 사이에 배치되고, 상기 시준되고 단파장 통과 필터링된 광이 상기 간접 밴드갭 반도체 구조의 넓은 영역을 실질적으로 균일하면서도 동시적으로 조명하는 시준기; 상기 입사광에 의해 상기 간접 밴드갭 반도체 구조의 넓은 영역에 걸쳐 입사하는 상기 실질적으로 균일하면서도 동시적인 조명에 의해 유도된 광루미네센스의 영상들을 캡처하는 영상 획득 소자를 구비한다.
- [0021] 상기 광루미네센스 영상들을 처리하여 상기 간접 밴드갭 반도체 구조에 대한 특정 전기적 특성들을 공간적으로 분석하여 수치화하는 영상 처리기를 더 구비할 수 있다.
- [0022] 상기 간접 밴드갭 반도체는 실리콘으로 이루어질 수 있다.
- [0023] 상기 구조는 간접 밴드갭 반도체 물질의 베어 또는 부분적 처리된 웨이퍼, E 또는 하나의 부분적으로 형성된 전자 소자, 또는 베어 또는 부분적으로 처리된 실리콘-온-인슐레이터(SOI) 구조로 이루어질 수 있다. 상기 전자 소자는 광기전력 소자로 이루어질 수 있다.
- [0024] 상기 단파장 통과 필터부는 하나 또는 그 이상의 단파장 통과 필터들로 이루어질 수 있다. 상기 단파장 통과 필터부는 하나 또는 그 이상의 전자 미러들로 이루어져, 사용될 단파장 광은 반사시키고, 원치않는 장파장 성분들은 전송한다. 상기 단파장 통과 필터부는 상기 생성된 광의 장파장 꼬리에서 전체 광자 플럭스를 약 10 또는 그 이상의 인수(factor)에 의해 감소하며, 상기 장파장 꼬리는 상기 광을 생성하는 상기 광원의 최장 파장 방사 최고값보다 약 10% 높은 파장에서 시작한다.
- [0025] 상기 간접 밴드갭 반도체 구조의 조명 영역은 약 1.0 cm<sup>2</sup>보다 크거나 같을 수 있다.
- [0026] 상기 시스템은 균질화기(homogenizer)를 더 구비하여, 조명 영역을 걸쳐 입사되는 광을 균질화시킨다.
- [0027] 상기 시스템은 상온에서 상기 간접 밴드갭 반도체 샘플을 검사할 수 있다.
- [0028] 상기 생성된 광은 단색광이거나 실질적인 단색광일 수 있다.
- [0029] 상기 광원은 적어도 하나의 레이저, 레이저 다이오드, 레이저 다이오드 배열, 또는 고출력 발광 다이오드(LED), 또는 발광 다이오드(LED)들의 배열로 이루어지거나, 하나 이상의 필터들과 결합된 광역 스펙트럼 램프로 이루어져 상기 광의 스펙트럼을 제한할 수 있다.
- [0030] 상기 광의 전체 광 세기는 약 1와트(Watt)를 초과할 수 있다.
- [0031] 상기 광원은 상기 구조의 일측의 표면을 향하도록 방향설정되어 상기 표면을 조명하고, 상기 영상 획득 소자는 상기 동일한 표면을 향하도록 방향설정되어 상기 표면으로부터의 광루미네센스의 영상들을 획득할 수 있다. 선

택적으로, 상기 광원은 상기 구조의 일측의 표면을 향하도록 방향 설정되어 상기 표면을 조명하고, 상기 영상 획득 소자는 상기 구조의 반대측의 표면을 향하도록 방향 설정되어 상기 반대측의 표면으로부터의 광루미네센스 영상들을 획득할 수 있다.

[0032] 상기 구조는 상기 광루미네센스의 여기를 위하여 사용되는 상기 입사광의 장파장 통과 필터로서 동작할 수 있다.

[0033] 상시 시스템은 상기 영상 획득 소자와 조합되어 사용되는 하나 또는 그 이상의 장파장 통과 필터들을 더 구비할 수 있다. 상기 영상 획득 소자는 접속 요소 및 감광 전자 요소들의 접속면 배열로 이루어질 수 있다. 상기 감광 전자 구성요소들의 접속면 배열은 전하 결합 소자들(CCDs)의 배열로 이루어질 수 있다. 상기 접속면 배열은 실리콘으로 이루어질 수 있다. 상기 감광 전자 요소들의 접속면 배열은 InGaAs로 이루어질 수 있다. 상기 접속면 배열은 냉각될 수 있다.

[0034] 상기 영상 획득 소자는 픽셀 검출기로 이루어질 수 있다. 상기 픽셀 검출기는 상기 구조의 표면에 연결되는 접촉형 픽셀 검출기일 수 있다.

[0035] 상기 영상 획득 소자는 픽셀 검출기 또는 전하 결합 소자들(CCDs)의 배열이며, 상기 구조와 상기 픽셀 검출기 또는 상기 CCD 배열의 사이에 연결된 테이퍼된 광섬유 다발을 더 구비할 수 있다.

[0036] 상기 특정 전기적 특성들은 로컬 결합 밀도들, 로컬 션트들, 로컬 전류-전압 특성들, 로컬 확산 거리 및 로컬 소수 캐리어 수명 중 하나 또는 그 이상으로 이루어질 수 있다.

[0037] 본 발명의 또 다른 태양에 따라, 실리콘 구조를 검사하는 방법을 제공한다. 상기 방법은, 실리콘 구조에서 광루미네센스를 유도하기에 적합한 광을 생성하는 단계; 단파장 통과 필터링하여 특정 방사 최고값보다 큰 상기 생성된 광의 장파장광을 감소하는 단계; 상기 광을 시준하는(collimating) 단계; 상기 시준된 단파장 통과 필터링된 광을 이용하여 상기 실리콘 구조의 넓은 영역을 실질적으로 균일하면서도 동시적으로 조명하는 단계; 상기 유도된 광루미네센스를 동시적으로 캡쳐할 수 있는 영상 획득 소자를 사용하여 상기 실리콘 구조의 상기 넓은 영역에 걸쳐 입사하는 상기 실질적으로 균일하면서도 동시적인 조명에 의해 유도되는 광루미네센스 영상을 획득하는 단계;를 구비한다.

[0038] 상기 방법은 상기 광루미네센스 영상들을 영상처리하여, 상기 실리콘 구조의 특정 전기적 특성들을 공간적으로 분석하여 수치화하는 단계를 더 구비할 수 있다.

[0039] 상기 구조는 실리콘 재질의 베어 또는 부분적으로 처리된 웨이퍼, 실리콘 재질의 적어도 부분적으로 형성된 광기전력 또는 다른 전자 소자, 또는 베어 또는 부분적으로 처리된 실리콘-온-인슐레이터(SOI) 구조로 이루어질 수 있다.

[0040] 상기 단파장 통과 필터링 단계는 하나 또는 그 이상의 단파장 통과 필터들을 사용하여 구현될 수 있다. 상기 단파장 통과 필터링 단계는 하나 또는 그 이상의 유전체 미러들을 사용하여 구현되어, 사용될 단파장 광은 반사시키고, 원치않는 장파장 성분은 전송한다.

[0041] 상기 단파장 통과 필터링 단계는 상기 생성된 광의 장파장 꼬리에서 전체 광자 플럭스를 약 10 또는 그 이상의 인수(factor)에 의해 감소하며, 상기 장파장 꼬리는 상기 광을 생성하는 광원의 최장 파장 방사 최고값보다 약 10% 높은 파장에서 시작된다.

[0042] 상기 실리콘 구조의 조명 영역은 약 1.0cm<sup>2</sup>보다 크거나 같을 수 있다.

[0043] 상기 방법은 상기 생성된 광을 균질화하는(homogenizing) 단계를 더 구비할 수 있다.

[0044] 상기 방법은 상온에서 실행될 수 있다.

[0045] 상기 생성된 광은 단색광이거나 실질적으로 단색광일 수 있다. 상기 광은 적어도 하나의 레이저, 레이저 다이오드, 레이저 다이오드 배열, 고출력 발광 다이오드(LED), 발광다이오드들(LEDs)의 배열, 또는 광역 스펙트럼 램프에 의해 생성되고 필터링되어 상기 광의 스펙트럼을 제한할 수 있다. 상기 광의 전체 광 세기는 약 1와트(Watt)를 초과할 수 있다.

[0046] 상기 생성된 광의 광원은 상기 구조의 일측의 표면을 향하도록 방향 설정되어 상기 표면을 조명하고, 상기 영상 획득 소자는 상기 동일한 표면을 향하도록 방향 설정되어 상기 표면으로부터의 광루미네센스의 영상들을 획득할 수 있다. 선택적으로, 상기 생성된 광의 광원은 상기 구조의 일측의 표면을 향하도록 방향 설정되어 상기 표면

을 조명하고, 상기 영상 획득 소자는 상기 구조의 반대 측의 표면을 향하도록 방향 설정되어 상기 반대측의 표면으로부터의 광루미네센스의 영상들을 획득할 수 있다.

[0047] 상기 구조는 상기 광루미네센스의 여기에 사용되는 입사광의 장파장 통과 필터로서 동작할 수 있다. 상기 방법은 상기 실리콘 구조에서 유도되는 광루미네센스를 장파장 통과 필터링하는 단계를 더 구비할 수 있다. 하나 또는 그 이상의 장파장 통과 필터들이 상기 영상 획득 소자와 결합되어 사용될 수 있다. 상기 영상 획득 소자는 접속 요소와 감광 전자 요소들의 접속면 배열로 이루어질 수 있다. 상기 감광 전자 요소들의 상기 접속면 배열은 전하 결합 소자들(CCDs)의 배열로 이루어질 수 있다. 상기 접속면 배열은 실리콘으로 이루어질 수 있다. 상기 감광 전자 요소들의 접속면 배열은 InGaAs로 이루어질 수 있다. 상기 접속면 배열은 냉각될 수 있다. 상기 영상 획득 소자는 픽셀 검출기로 이루어질 수 있다. 상기 픽셀 검출기는 상기 구조의 표면에 연결된 접촉형 픽셀 검출기일 수 있다.

[0048] 상기 영상 획득 소자는 픽셀 검출기 또는 전하 결합 소자들(CCDs)의 배열이며, 테이퍼된 광섬유 다발은 상기 구조의 표면과 상기 픽셀 검출기 또는 상기 CCD 배열의 사이에 연결될 수 있다.

[0049] 상기 특정 전기적 특성들은 로컬 결합 밀도들, 로컬 센트들, 로컬 전류-전압 특성들, 로컬 확산 거리 및 로컬 소수 캐리어 수명 중 하나 또는 그 이상으로 이루어질 수 있다.

[0050] 본 발명의 또 다른 태양에 따라, 실리콘 구조를 검사하는 시스템을 제공한다. 상기 시스템은, 실리콘 구조에 광루미네센스를 유도하기에 적합한 광을 생성하는 광원; 상기 광원과 상기 실리콘 구조의 사이에 배치되어 특정 방사 최고값보다 큰 상기 생성된 광의 장파장 광을 제거하는 단파장 통과 필터; 상기 광원과 상기 실리콘 구조의 사이에 배치되고, 상기 시준되고 단파장 통과 필터링된 광이 상기 실리콘 구조의 넓은 영역을 실질적으로 균일하면서도 동시적으로 조명하는 시준기; 상기 실리콘 구조의 넓은 영역에 걸쳐 입사하는 상기 실질적으로 균일하면서도 동시적인 조명에 의해 유도되는 광루미네센스의 영상들을 캡쳐하는 영상 획득 소자;를 구비한다.

[0051] 상기 시스템은 상기 광루미네센스 영상들을 처리하여, 상기 실리콘 구조의 특정 전기적 특성들을 공간적으로 분석하여 수치화하는 영상 처리기를 더 구비할 수 있다.

[0052] 상기 구조는 실리콘 물질의 베어 또는 부분적으로 처리된 웨이퍼, 적어도 부분적으로 형성된 실리콘 재질의 광기전력 소자, 또는 베어이거나 부분적으로 처리된 실리콘-온-인슐레이터(SOI) 구조로 이루어질 수 있다.

[0053] 상기 단파장 통과 필터부는 하나 또는 그 이상의 단파장 통과 필터들로 이루어질 수 있다. 상기 단파장 통과 필터부는 하나 또는 그 이상의 유전체 미러들로 이루어져, 사용될 단파장 광은 반사되고, 원치않는 장파장 성분은 전송할 수 있다.

[0054] 하나 또는 그 이상의 단파장 통과 필터들은 상기 생성된 광의 장파장 꼬리에서 전체 광자 플러스를 약 10 또는 그 이상의 인수(factor)에 의해 감소하며, 상기 장파장 꼬리는 상기 광을 생성하는 광원의 최장 파장 방사 최고값보다 약 10% 높은 파장에서 시작된다.

[0055] 상기 실리콘 구조의 조명 영역은 약  $1.0\text{cm}^2$  보다 크거나 같을 수 있다.

[0056] 상기 시스템은 상기 생성된 광을 균질화시키는 균질화기(homogenizer)를 더 구비할 수 있다.

[0057] 상기 시스템은 상기 실리콘 구조를 상온에서 검사할 수 있다.

[0058] 상기 생성된 광은 단색광이거나 실질적으로 단색광일 수 있다.

[0059] 상기 광원은 적어도 하나의 레이저, 레이저 다이오드 배열, 고출력 발광 다이오드(LED), 발광 다이오드들(LEDs)의 배열 또는 광역 스펙트럼 램프로 이루어지고, 필터링되어 상기 광의 스펙트럼을 제한할 수 있다.

[0060] 상기 광의 전체 광 세기는 약 1 Watt를 초과할 수 있다.

[0061] 상기 광원은 상기 구조의 일측의 표면을 향하도록 방향 설정하여 상기 표면에 대한 조명을 제공하고, 상기 영상 획득 소자는 동일한 표면을 향하도록 방향 설정하여 상기 표면으로부터의 광루미네센스의 영상들을 획득할 수 있다. 선택적으로, 상기 광원은 상기 구조의 일측의 표면을 향하도록 방향 설정되어 상기 표면으로 조명을 제공하고, 상기 영상 획득 소자는 상기 구조의 반대측의 표면을 향하도록 방향 설정하여 상기 반대측의 표면으로부터 광루미네센스의 영상들을 획득할 수 있다.

[0062] 상기 시스템은 상기 영상 획득 소자와 결합되어 사용되는 하나 또는 그 이상의 장파장 통과 필터들을 더 구비할 수 있다.

- [0063] 상기 영상 획득 소자는 접속 요소 및 감광 전자 요소들의 접속면 배열로 이루어질 수 있다. 상기 감광 전자 요소들의 접속면 배열은 전하 결합 소자들(CCDs)의 배열로 이루어질 수 있다. 상기 접속면 배열은 실리콘으로 이루어질 수 있다. 상기 감광 전자 요소들의 접속면 배열은 InGaAs로 이루어질 수 있다. 상기 접속면 배열은 냉각될 수 있다.
- [0064] 상기 영상 획득 소자는 픽셀 검출기로 이루어질 수 있다. 상기 픽셀 검출기는 상기 구조의 표면과 연결된 접촉형 픽셀 검출기로 이루어질 수 있다.
- [0065] 상기 영상 획득 장치는 픽셀 검출기 또는 전하 결합 소자들(CCDs)의 배열이며, 상기 구조의 표면과 상기 픽셀 검출기 또는 상기 CCD 배열의 사이에 연결된 테이퍼된 광섬유 다발을 더 구비할 수 있다.
- [0066] 상기 특정 전기적 특성들은 로컬 결합 밀도들, 로컬 센트들, 로컬 전류-전압 특성들, 로컬 확산 거리, 및 로컬 소수 캐리어 수명의 하나 또는 그 이상으로 이루어질 수 있다.
- [0067] 이 시스템의 다른 태양들은 아래의 방법들의 세부 설명에 따라 구현될 수 있다.

### 실시예

- [0076] 간접 밴드갭 반도체 구조들을 검사하는 방법 및 시스템을 개시한다. 아래의 설명에서, 간접 밴드갭 반도체 물질들, 영상 획득 소자들 등을 포함하는 많은 세부 사항들을 설명한다. 그런데, 이러한 개시된 내용들로부터, 당업자에 의해 수정 및/또는 대체들이 본 발명의 범주 및 권리 범위로부터 벗어남이 없이 행해질 수 있음을 분명하다. 다른 환경하에서, 특정된 세부 사항들은 발명을 불명확하게 하지 않기 위하여 생략될 수도 있다.
- [0077] 참조 번호는 하나 또는 그 이상의 첨부된 도면의 단계들 및/또는 특성들에 대해 부여되는데, 상기 단계들 및/또는 특성들에 대해 동일하거나 유사한 참조번호들을 가지는 것은 특별히 상반되는 의사를 나타내지 않는 한 동일한 기능 또는 동작을 설명하기 위한 목적을 갖는 것이다.
- [0078] 본 명세서에 있어서, "이루어지는(Comprising)"의 단어는 개방형이며(Open-ended) 비배타적(non-exclusive) 의미를 갖는다: "주로 포함하되 완전히 필요한 것은 아닌(including principally, but not necessarily solely)"이며, 그러나 "필수적으로 이루어지는(consisting essentially of)" 및 "만으로 이루어지는(consisting only of)"은 아니다. "comprise" 및 "comprises"와 같은 단어 "구비하는(comprising)"의 다양한 변화는 대응되는 의미들을 갖는다.

### 1. 서론

- [0080] 본 발명의 실시예들은 베어(bare) 또는 부분적 처리된 웨어퍼들을 포함하는 간접 밴드갭 반도체 구조들에 대한 검사 시스템들 및 방법들을 제공한다. 특히, 상기 시스템들 및 방법들은 특히 베어 또는 부분적 처리된 웨어퍼들, 부분적으로 형성된 실리콘 소자들, 베어 또는 부분적으로 처리된 실리콘-온-인슐레이터(Silicon-On-Insulator; 이하 'SOI'라 한다) 구조들 및 완전히 형성된 실리콘 소자들을 포함하는 실리콘 구조들을 검사하는데 특히 적합하다. 상기 시스템들 및 방법들은 프로세싱하기 전에 베어 웨이퍼(bare wafer)에 존재하는 결함을 접촉없이 검출할 수 있으며, 부분적으로 금속배선공정이 완료된 소자들을 포함하여 완성된 반도체 소자들에 대한 다양한 제조 단계를 통해 웨이퍼에 존재하는 결함을 접촉없이 검출할 수 있다. 비접촉에 의한 것이라는 것은 전기적 접촉이 필요없다는 것을 의미한다. 예를 들면, 본 발명의 실시예들은 실리콘 구조들을 검사하고 결함을 식별할 수 있는데, 이러한 결함들은 결과적으로 태양 전지나 다른 광전지 소자들을 불합격되도록 만들게 된다. 상기 시스템들 및 상기 방법들은 또한 공간적으로 분석된 물질 변수들, 예컨대 로컬 결합 밀도들, 로컬 센트들(shunts), 로컬 전류-전압 특성들, 로컬 확산 거리 및 로컬 소수 캐리어 수명을 다양상 처리 단계들 후에 비접촉적으로 결정할 수 있다. 본 발명의 실시예들은 간접 밴드갭 반도체 구조들의 넓은 영역들에 대해 동시적으로 유도되는 광루미네스цен스(Photoluminescence; 이하 'PL'이라고도 한다)를 사용하여, 상기 간접 밴드갭 반도체 구조들에 대한 특성을 파악한다.

- [0081] 본 발명의 실시예들에 있어서, 광루미네센스의 스펙트럼의 내용을 분석하는 대신에, 광루미네센스 신호의 스펙트럼의 변화를 사용하여 상기 간접 밴드갭 반도체 물질의 성능에 대한 정보를 획득한다. 본 발명의 실시예들은 특히 실리콘에 사용하기에 매우 적합하기 때문에, 이하 설명은 실리콘 웨이퍼들을 포함하는 실리콘 구조들을 기준으로 한다. 그런데, 발명의 개시에 비추어, 본 발명이 속하는 분야의 당업자는 본 발명의 실시예들이 다른 간접 밴드갭 반도체들, 예컨대 게르마늄 및 실리콘과 게르마늄의 합금들에도 적용될 수 있음을 분명히 이해할 것

이다. 실리콘 구조들을 검사하기 위한 시스템들 및 방법들은 웨이퍼들이 산업 현장에서의 응용(예를 들면, 1초당 약 1장의 웨이퍼)에 적합한 비율로 검사될 수 있도록 한다.

[0082] 본 발명의 실시예들에 있어서, 실리콘에서 광루미네센스를 유도하기에 적합한 광이 생성되어 실리콘 샘플의 넓은 영역을 실질적으로 균일하게 조명하기 위하여 사용된다. 조명은 완전하게 균일하지 않다는 실제 상황들 때문에, 용어 "실질적으로 균일"은 균질한 것과 동일한 것으로 취급되는 광을 설명하기 위하여 사용된다. 예를 들면, 단색광 또는 실질적으로 단색광(예를 들면, 레이저나 레이저 다이오드로부터의) 또는 광역(broad) 스펙트럼 광원(예를 들면 플래시 램프)으로부터의 부분적 필터링된 광은 실리콘 샘플을 조명하기 위하여 사용될 수 있다. 특히, 단파장 통과 필터링은 상기 생성된 광에 응용되어, 특정 파장위의 광의 스펙트럼 내용을 크게 감소시킨다. 광학적 배열이 상기 광원과 결합하여 사용됨으로써, 상기 웨이퍼의 넓은 영역을 균질하게 조명할 수 있게 된다. 바람직하게는, 검사하고자 하는 전체 웨이퍼 영역은 균질하게 조명된다. 상기 실질적으로 균일하면서도 동시적으로 제공되는 입사광에 의해, 상기 실리콘 구조에 동시에 유도되는 광루미네센스는 상기 유도된 광루미네센스를 동시에 캡쳐할 수 있는 영상 획득 소자를 사용하여 캡쳐된다. 상기 영상 획득 소자는 바람직하게는 접속 요소(a focusing element)와 감광 전자 요소들(light sensitive electronic elements)의 접속면 배열(a focal plane array)을 구비한다. 상기 감광 전자 요소들의 접속면 배열은 전하 결합 소자(CCD) 배열을 구비할 수 있다. 접속면 배열은 실리콘으로 만들어진다. 그런데, 이하에서 설명하는 바와 같이, CCD 배열외에도 다른 소자들이 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 사용될 수 있다. 상기 영상 획득 소자는 광학적 이미징 및/또는 필터링 정렬들과 결합하여 사용될 수 있다.

[0083] 본 발명의 일부 실시예에서는, 실리콘 웨이퍼가 상기 알려진 광원을 사용하여 일측으로부터 조명되고, 상기 입사광에 의해 상기 웨이퍼의 넓은 영역에 유도되는 광루미네센스가 실리콘 웨이퍼의 반대측으로부터 캡쳐된다. 다른 실시예에서는, 광루미네센스가 조명된 실리콘 웨이퍼의 동일측으로부터 캡쳐된다. 이미징(imaging) 및 영상 처리 기술들은 이후 캡쳐된 광루미네센스 영상들에 적용된다. 데이터를 분석하는 것은 상기 넓은 영역에 유도되는 광루미네센스의 공간상의 변화를 사용하여 실리콘 구조내의 로컬 물질 변수들을 결정할 수 있게 한다. 이는 소자 제작의 초기 단계에서 결함있는 실리콘 구조를 식별할 수 있도록 하여, 궁극적으로 불합격될 소자의 구조들을 거절하게 된다.

[0084] 본 발명의 실시예들이 산업 분야의 응용에 적합하기는 하나, 상기 방법들 및 시스템들은 과학적 연구에도 적용될 수 있다. 광루미네센스 영상들은 예를 들어 로컬 결함이 많은 영역, 로컬 션트들, 로컬 전류-전압 특성들, 로컬 확산 길이 및/또는 로컬 소수 캐리어 수명을 결정하는데 사용될 수 있으며, 이는 광전지뿐만 아니라 마이크로 일렉트로닉스와 같은 그 외의 다른 분야에서도 사용될 수 있을 것이다. 본 발명의 실시예들은 비접촉 모드에 적용될 수 있으며, 그 결과 특히 개별 처리 단계 이후의 로컬 물질 변수들을 검사하는데 적합하다. 이하 본 발명의 실시예들에 대하여 보다 상세하게 설명할 것이다.

## 2. 간접 밴드캡 반도체 구조 검사

[0085] 도 6은 간접 밴드캡 반도체 구조를 검사하는 방법(600)을 나타내는 높은 수준의 흐름도이다. 단계 610에서, 처리를 시작한다. 단계 612에서, 간접 밴드캡 반도체 구조에 광루미네센스를 유도하기에 적합한 광이 생성된다. 단계 614에서, 광은 단파장 통과 필터링되어 특정 방사 최고값보다 큰 상기 생성된 빛의 장파장 빛을 감소한다. 단계 616에서, 광이 시준된다. 단계 614 및 단계 616은 또한 역순서로 실행될 수도 있다. 단계 618에서, 간접 밴드캡 반도체 구조의 넓은 영역은 상기 시준되고 단파장 통과 필터링된 빛으로 실질적으로 균일하면서도 동시적으로 조명된다. 단계 620에서, 상기 간접 밴드캡 반도체 구조의 넓은 영역에 걸쳐 입사하는 상기 실질적 균일하고 동시성을 갖는 조명에 의해 동시에 유도되는 광루미네센스의 영상들은 상기 유도된 광루미네센스를 동시에 캡쳐링할 수 있는 영상 획득 장치를 사용하여 획득하게 된다. 단계 622에서, 상기 광루미네센스 영상들은 영상 처리되어, 상기 넓은 영역에서 유도된 광루미네센스의 공간상의 변화를 이용하여 상기 간접 밴드캡 반도체 구조의 특정 전기적 특성들을 수치화한다. 이후 처리는 단계 622에서 종료된다. 이하, 앞서 말한 간접 밴드캡 반도체 구조를 검사하는 방법은 상기 구조들을 검사하는 다양한 시스템들을 구현하는 다수 개의 실시예를 참조하여 설명한다.

## 3. 반대측 면들에 대한 조명 및 영상

[0086] 도 1은 실리콘 구조(140), 바람직하게는 실리콘 웨이퍼를 검사하는 시스템(100)을 도시한다. 광전지 및 마이크

로일렉트로닉 소자들은 전술한 실리콘 웨이퍼위에 다수 개의 단계들을 거쳐 제조될 수 있다. 도 1의 시스템(100)은 베어 또는 부분적으로 처리된 웨이퍼를 검사하기 위하여 사용되는데, 상기 웨이퍼는 여러 처리 단계들을 거쳐 광기전력 소자, 예를 들면 태양전지 또는 마이크로 일렉트로닉스 소자들을 형성하며, 상기 제조 공정을 통해 결과적으로 최종 소자들이 제조된다. 예를 들면, 상기 실리콘 웨이퍼(140)는 150 mm × 150mm × 0.25 mm의 크기를 갖는다. 상기 구조는 상기 입사광에 대해 투명한 기판을 갖는 베어 또는 부분적으로 처리된 실리콘-온-인슐레이터(SOI) 구조를 구비할 수 있다. 상기 검사 방법은 상온에서 실행될 수 있다. 설명을 쉽게 하기 위하여, 상기 실리콘 구조는 이하에서 단순히 실리콘 샘플로서 언급한다.

[0089] 상기 시스템(100)은 광원(110), 단파장 통과 필터부(114) 및 영상 획득 소자(122)를 구비한다. 상기 단파장 통과 필터부(114)는 하나 또는 그 이상의 단파장 통과 필터들을 구비할 수 있다. 단파장 통과 필터는 여기광을 관통하며, 원치않는 장파장 방출을 흡수하거나 반사한다. 단파장 통과 필터들의 예로서 색상 필터 및 유전체 간섭 필터들이 있다. 선택적으로, 유전체 미러들이 사용될 수 있는데(예: 45도하에서), 상기 미러들은 사용될 일부의 광들을 반사시키고 원치 않는 장파장 빛을 전송한다. 상기 단파장 통과 필터부는 단파장 통과 필터들과 유전체 미러들의 조합을 또한 구비한다.

[0090] 또한, 상기 시스템은 시준기(collimator;112)를 구비하며, 균질화기(homogenizer;116)를 구비할 수 있으며, 상기 균질화기는 비균일 밀도를 갖는 광의 시준빔을, 상기 시준된 빔으로 수직으로 입사하는 면의 균일 조명 영역으로 변환시킨다. 예로서, 크로스(cross) 원통형 렌즈 배열 및 마이크로렌즈 배열을 포함한다. 시준기는 다양한 종류의 렌즈들이 될 수 있다. 도 1의 실시예에서, 시스템(100)의 구성요소들은 다음과 같이 배열된다: 실리콘 샘플(140)과 마주보는 광원(100), 시준기(112), 단파장 통과 필터부(114), 및 균질화기(116)가 전술한 순서로 광학적으로 정렬된다. 본 발명의 다른 실시예에서, 시준기(112) 및 단파장 통과 필터부(114)는 역으로 배치될 수 있다. 필드 렌즈(117)가 균질화기 및 실리콘 샘플의 사이에 사용될 수 있다. 상기 구성요소들은 실리콘 샘플(140)로부터 공간적으로 이격되어 배치되도록 하여, 샘플(140)의 넓은 영역이 균질하게 조명될 수 있다.

[0091] 광원(110)은 실리콘 샘플(140)의 넓은 영역에 걸쳐 광루미네센스를 동시에 유도하기에 적합한 광을 생성한다. 상기 생성된 광의 전체 광 출력은 1.0와트를 초과한다. 광원의 출력이 높을수록, 실리콘 샘플(140)에 광루미네센스를 보다 빠르게 그리고 강하게 유도할 수 있게 된다. 광원(110)은 단색성 또는 실질적으로 단색성 광을 생성할 수 있다. 광원(110)은 적어도 하나의 레이저가 될 수 있다. 예를 들면, 808nm 다이오드 레이저는 단색성 광을 생성하는데 사용될 수 있다. 또한, 서로 다른 중심 파장을 갖는 둘 또는 그 이상의 레이저들이 사용될 수 있다. 다른 광원(110)은 적절한 필터링과 결합된 넓은 스펙트럼 광원(예컨대 플래시 램프)을 구비하여, 부분적으로 필터링된 광을 제공할 수 있다. 또 다른 광원(110)은 고 출력 발광다이오드(LED)일 수 있다. 또 다른 광원(110)은 발광 다이오드(LED)의 배열을 구비한다. 예를 들면, 전술한 LED 배열체는 히트싱크를 갖는 콤팩트한 배열의 형태로 많은 LED들(예를 들면, 60)을 구비할 수 있다. 다른 고출력 광원들은 본 발명의 범주 및 범위로부터 벗어남이 없이 사용될 수 있다.

[0092] 광원(110)으로부터의 광원은 시준기 또는 시준기부(112)에 의해 평행빔으로 시준되며, 상기 시준기 또는 시준기부는 단일의 구성요소보다 더 많은 것을 구비할 수 있다. 단파장 통과 필터링이 생성된 광에 적용된다. 이는 하나 또는 그 이상의 필터 구성 요소들을 구비하는 간섭 단파장 통과 필터부(114)를 사용하여 구현될 수 있다. 생성된 광을 단파장 통과 필터링하는 것은 특정 방사 최고값보다 큰 장파장 광을 감소시킨다. 단파장 통과 필터(114)는 상기 생성된 광의 장파장 꼬리에서 전체 광자 플럭스를 약 10 또는 그 이상 인수만큼 감소시킨다. 상기 장파장 꼬리는 광원(100)의 최장 파장 방사 최대값보다 약 10% 정도 높은 파장에서 시작될 수 있다. 예를 들면, 상기 필터링은 900nm에서 1800nm의 범위 또는 상기 범위의 하부 범위의 파장을 갖는 적외선 성분과 같은 원치 않는 스펙트럼 성분들을 제거할 수 있다. 단일의 필터가 원치 않는 스펙트럼 성분들을 제거하거나 감소하기에 충분하지 않은 경우에는, 다중 단파장 통과 필터들이 사용될 수 있다. 단파장 통과 필터들은 광원(110)과 실리콘 샘플(140)의 사이의 광학 소자들과의 전체적인 결합에 의해 서로 다른 다양한 위치에서 수행될 수 있다. 예를 들면, 필터들은 균질화기(116)과 필드 렌즈들(117)의 사이에 위치할 수 있다. 만약 하나 이상의 단파장 통과 필터들이 사용된 경우, 하나 또는 그 이상의 필터들이 시준빔의 광축에 대하여 일정각도로 경사지도록 배열하여 반사광의 다중 반사들을 피할 수 있다. 다음, 단파장 통과 필터링되고 시준된 광은 균질화기(116)에 의해 균질화되어, 실리콘 샘플(140)의 넓은 영역을 균일하게 조명할 수 있다. 그런데, 상기 단계들의 순서는 변경될 수 있다. 상기 실리콘 샘플에서 균일하게 조명된 상기 영역은 약 1.0cm<sup>2</sup>보다 크거나 같을 수 있다. 균질화기(116)는 상기 시준빔들을 실리콘 샘플(140)의 상기 표면에 걸쳐 고르게 분포시킨다.

[0093] 상기 실리콘 샘플(140)의 상기 표면에 입사하는 상기 균일 조명은 실리콘 샘플에 동시적으로 광루미네센스를 유도시키기에 충분하다. 이러한 광루미네센스는 도 1에 상기 실리콘 샘플(140)의 반대 표면으로부터 나온 화살표

또는 선들로 표시된다. 단지 설명을 쉽게 하기 위하여, 광원(110)이 전면에 오도록 방향설정된 실리콘 샘플(140)의 제1 표면으로부터 나온 광루미네센스는 도시하지 않았다. 실리콘의 외부 광루미네센스 양자 효율은 매우 적을 수 있다( $10^{-6}$  보다 작은 수준의). 영상 획득 소자(130)는 상기 실리콘 샘플에 동시적으로 유도된 광루미네센스의 영상들을 캡처한다. 단파장 통과 필터부(114)는 상기 광원(110)으로부터 나온 입사광이 상기 영상 획득 소자(130)에 의해 수신된 것을 감소하거나 제거한다. 광원 꼬리 방사는 광원 최대값의  $10^{-4}$  수준이 될 수 있는데, AlGaAs와 같은 직접 밴드갭 반도체들의 최대값( $10^{-2}$  수준)과는 달리, 상기 광원 최대값은 주로 실리콘의 광루미네센스 효율을 초과한다( $10^{-6}$ 의 수준). 본 실시예에서, 광원(110)은 조명을 제공하고자 하는 실리콘 샘플(140)의 일측의 표면을 향하도록 방향설정된다. 실리콘 샘플(140)은 상기 실리콘 샘플(140)을 조명하는 상기 생성된 광에 대하여 장파장 통과 필터로서 동작한다. 상기 영상 획득 소자(130)는 상기 실리콘 샘플(140)의 반대 측의 표면을 향하도록 방향설정되어, 상기 반대측으로부터 광루미네센스 영상들을 획득한다. 장파장 통과 필터부(118)는 상기 영상 획득 소자(130)와 결합되어 사용될 수 있다. 실리콘 웨이퍼(140)가 웨이퍼의 두께와 입사 광의 과장들에 따라 광원(110)으로부터의 다른 잔류광을 제거할 수 있기 때문에, 상기 필터부(118)는 선택적으로 사용될 수 있다. 상기 영상 획득 소자(130) (및 상기 장파장 통과 필터(118))는 상기 영상 획득 소자(130)가 마주보고 있는 다른 표면으로부터 적절하게 공간적으로 이격된다.

[0094]

상기 영상 획득 소자(130)는 접속 요소(120)(예, 하나 또는 그 이상의 렌즈들) 및 감광 전자 요소들의 접속면 배열(122)을 구비한다. 본 실시예에서, 감광 전자 요소들의 접속면 배열(122)은 전하 결합 소자들(CCD)의 배열로 이루어진다. 상기 접속면 배열은 실리콘으로 제작될 수 있으며 냉각될 수 있다. 냉각은 전술한 접속면 배열의 신호대 잡음비를 향상시킬 수 있다. 예를 들면, 영상 획득 소자(130)는 실리콘 CCD 배열을 갖는 디지털 비디오 카메라일 수 있으며, 디지털 인터페이스(예:USB 또는 Firewire) 또는 저장 매체(예:DV 테이프 또는 메모리 스틱)가 제공되어 기록 영상들을 송수신할 수 있다. 선택적으로, 감광 전자 요소들의 접속면 배열(122)은 InGaAsfh 만들어질 수 있다. 본 발명의 다른 실시예들을 참조하여 아래에서 설명되는 바와 같이, 상기 영상 획득 소자(130)는 핵셀 검출기를 구비할 수 있다. 상기 핵셀 검출기는 상기 실리콘 샘플의 반대 표면과 연결되는 접촉형 핵셀 검출기일 수 있다. 선택적으로, 상기 영상 획득 소자(130)는 접촉 모드에서 상기 실리콘 샘플(140)의 반대면과 핵셀 검출기 또는 CCD 배열(140) 또는 CCD의 사이에 연결되는 핵셀 검출기 또는 전하 결합 소자들(CCD) 및 테이퍼된 광섬유 다발을 구비할 수 있다. 상기 반도체 샘플의 넓은 영역의 맞은편에 상기 유도된 광루미네센스를 동시에 캡처할 수 있는 장치가 있다면, 다른 영상 획득 소자들이 사용될 수 있다.

[0095]

영상 처리 기술들이 광루미네센스 영상들에 적용되어, 실리콘 샘플(140)의 특정 전기적 특성들을 수치화할 수 있다. 광루미네센스 강도의 다양한 변화들은 확인된다. 도 1에 도시된 바와 같이, 범용 목적의 컴퓨터(150)가 통신 채널(152)를 경유하여 상기 영상 획득 소자(130)의 의해 저장된 광루미네센스 영상들을 획득하고 분석할 수 있으며, 여기서 상기 통신 채널은 적절한 통신 인터페이스 또는 저장 매체가 될 수 있다. 상기 영상 처리 기술들은 소프트웨어, 하드웨어 또는 이들의 결합에 의해 구현될 수 있다. 상기 특정 전기적 특성들은 로컬 결합 풍부 영역들, 로컬 션트들(shunts), 로컬 전류-전압 특성들, 로컬 확산 길이 및 로컬 소수 캐리어 수명의 하나 또는 그 이상을 구비한다. 본 발명의 실시예들은 전술한 특성들을 비접촉방식으로 결정할 수 있다. 영상은 광루미네센스 매핑과는 다르며, 상기 광루미네센스 매핑은 느리기 때문에 인라인(inline) 제조 도구로서 산업분야에 응용하기에는 적합하지 않으며, 또한 상기 영상은 광루미네센스 분광 검사와도 다른데, 상기 분광 검사는 반도체의 작은 영역을 검사하는데 주로 관련되어 있다. 본 발명의 본 실시예에 따른 시스템은 웨이퍼(140)의 결합 영역들을 식별하기 위하여 사용될 수 있다. 본 발명의 실시예들은 광기전력 소자들의 제조 공정의 각 단계이후에 실리콘 구조를 광루미네센스를 사용하여 비접촉방식으로 검사하기 위하여 사용될 수 있다. 이로 인해, 공간 상의 물질 성능에서의 개별 제조 단계들에 따른 영향들을 모니터링할 수 있게 된다.

[0096]

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 실리콘 구조(440)을 검사하는 시스템(400)을 도시한다. 도면에서, 도 1의 특징들과 유사한 도 4의 특징들은 유사한 참조 번호를 부여한다(예:도 1의 광원(110) 및 도 4의 광원(410)은 유사한 참조 번호들을 갖는다). 구조(440)도 실리콘 웨이퍼인 것이 바람직하다. 도면을 단순화시키기 위하여, 범용 컴퓨터는 도시하지 않는다. 시스템(400)은 광원(410), 단파장 통과 필터부(414) 및 영상 획득 소자(422)를 구비한다. 또한 상기 시스템은 시준기(412)를 구비하고 균질화기(416)를 구비할 수도 있다. 필드 렌즈들도 사용될 수 있다(도면에 도시되지 않음).

[0097]

다시, 상기 광원(410)은 실리콘 샘플(440)의 넓은 영역에 걸쳐 동시적으로 광루미네센스를 유도하기에 적합한 광을 생성한다. 상기 생성된 광의 세기는 1.0 와트를 초과한다. 광원들(410)은 레이저들, 적절한 필터링과 결합되어 부분적으로 필터링된 빛을 제공하는 광역(broad) 스펙트럼 광원 및 발광 다이오드들(LED)의 배열의 하나

또는 그 이상을 구비할 수 있다. 다른 고출력 광원들도 본 발명의 범주 및 요지로부터 이탈됨이 없이 사용될 수 있다.

[0098] 본 실시예에서, 상기 영상 획득 소자는 상기 실리콘 샘플(440)의 상기 조명된 표면의 반대 표면과 연결되는 픽셀 검출기(422) 및 특히 접촉형 픽셀 검출기(422)를 구비한다. 상기 접촉형 픽셀 검출기(422)는 상기 실리콘 샘플(440)의 넓은 영역에 걸쳐 동시적으로 유도된 광루미네센스를 검출한다. 상기 접촉형 픽셀 검출기(422)은 도 1의 영상 획득 소자보다 광루미네센스를 수집하는 효율이 더 높을 수 있다. 더 나아가, 상기 접촉형 픽셀 검출기(422)은 도 1의 CCD 배열보다 낮은 해상도를 가질 수 있다. 또한, 장파장 통과 필터는 상기 샘플(440)과 상기 접촉형 픽셀 검출기(422)의 사이에 필요하지 않을 수도 있다. 상기 실리콘 샘플(440)이 이러한 기능을 수행할 수 있다.

[0099] 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 실리콘 구조(540)을 검사하는 또 다른 시스템(500)을 도시한다. 다시, 도 1의 특징들과 유사한 도 5의 특징들은 유사한 참조 번호가 주어진다. 구조(540)는 실리콘 웨이퍼로 이루어지는 것이 바람직하다. 도면을 단순화시키기 위하여, 범용 컴퓨터는 도시하지 않는다. 시스템(500)은 광원(510), 단파장 통과 필터부(514) 및 영상 획득 소자(522)로 이루어진다. 또한, 상기 시스템은 시준기(512)를 구비하고, 균질화기(516)를 구비할 수도 있다.

[0100] 본 실시예에 있어서, 상기 영상 획득 소자는 픽셀 검출기 또는 전하 결합 소자(CCD)(522)의 배열을 구비하는데, 이는 상기 실리콘 샘플(540)의 조명 표면과 반대면에 테이퍼된 광섬유 다발(560)에 의해 연결된다. 상기 테이퍼된 광섬유 다발(Tapered fiber bundle)(560)은 샘플 크기에 비해 CCD 배열의 면적을 2 내지 3, 최고 10의 인수(factor)에 의해 감소할 수 있다. 예를 들면, 상기 CCD 배열 또는 픽셀 검출기는 60mm×60mm의 크기를 가질 수 있다.

#### 4. 동일면의 조명 및 영상

[0102] 도 2는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 실리콘 구조(240)을 검사하는 시스템(200)을 도시한다. 이 도면에서, 도 1의 특징과 유사한 도 2의 특징들은 유사한 참조 번호를 부여한다. 상기 구조(240)도 실리콘 웨이퍼인 것이 바람직하다. 도면을 단순화시키기 위하여, 범용 목적의 컴퓨터는 도시하지 않는다. 시스템(200)은 광원(210), 단파장 통과 필터부(214) 및 영상획득소자(230)를 구비한다. 또한 상기 시스템(200)은 시준기(212)를 구비하고, 균질화기(216)를 구비할 수 있다. 또한, 필드 렌즈(도면에 도시되지 않음)가 사용될 수도 있다.

[0103] 다시, 광원(210)은 실리콘 샘플(240)의 넓은 영역에 걸쳐 광루미네센스를 동시에 유도하기에 적합한 광을 생성한다. 상기 생성된 광의 전체 세기는 1.0 와트를 초과한다. 다수의 광원들은 광원(210)으로서 적용될 수 있다. 이러한 광원들의 세부 사항은 도 1을 참조하여 위에서 설명한 내용으로부터 시작한다.

[0104] 도 2의 실시예에 있어서, 상기 시스템(200)의 구성 요소들은 아래와 같이 배열된다. 실리콘 샘플(240)과 마주하는 광원(210), 시준기(212), 단파장 통과 필터부(214) 및 균질화기(216)의 순서로 광학적으로 정렬된다. 그런데, 이러한 구성 요소들의 일부 또는 모든 것들에 대한 다른 순서들은 본 발명의 범주 및 요지로부터 벗어남없이 사용될 수 있다. 광원(210)과 관련 광학 구성 요소들은 90도보다 적은 각도에서 샘플(240)의 표면으로 방향 설정되어 있다는 점에서, 전술한 광학 구성 요소들의 결합은 광축으로부터 벗어나 있다(off-axis). 상기 구성 요소들은 모두 실리콘 샘플(240)로부터 일정거리 이격되어 있어, 상기 샘플(240)의 넓은 영역이 조명될 수 있다. 상기 영상 획득 소자(230)(및 장파장 통과 필터부 (218))은 상기 실리콘 샘플(240)의 표면에 대해 수직으로 방향 설정된다. 장파장 통과 필터부(218)는 광원(210)으로부터의 입사광을 제거할 필요가 있다. 그 결과, 영상 획득 소자(230)는 광원(210)으로부터 입사되는 광에 의해 조명되어 광루미네센스를 유도할 때 동일면으로부터 광루미네센스를 캡처한다(광루미네센스는 실리콘 샘플(240)의 표면으로부터 나오는 선들 또는 화살표들에 의해 표시된다).

[0105] 광원(210)은 실리콘 샘플에 광루미네센스를 유도하기에 적합한 광을 생성한다. 상기 생성된 광의 전체 광 세기는 1.0 와트를 초과한다.

[0106] 본 실시예에서의 상기 영상 획득 소자(130)는 접속 요소(220)(예:렌즈)와 감광 전자 요소들의 접속면 배열(222)을 구비한다. 본 실시예에 있어서, 감광 전자 요소들의 접속면 배열(222)은 전하 결합 소자들(CCDs)의 배열을 구비한다. 바람직하게는, 접속면 배열은 실리콘으로 제작되고 냉각된다. 예를 들면, 영상 획득 소자(130)은 실리콘 CCD 배열을 갖는 디지털 비디오 카메라일 수 있으며, 기록된 영상들을 송수신하기 위한 디지털 인터페이스(예:USB 또는 Firewire) 또는 저장 매체(예:DV 테이프 또는 메모리 스틱)이 제공될 수 있다. 선택적으로, 감광

전자 요소들의 접속면 배열(222)은 InGaAs로 만들어질 수 있다. 본 발명의 다른 실시예를 참조하여 아래 설명하는 바와 같이, 상기 영상 획득 소자(230)는 광셀 검출기로 이루어질 수 있다.

[0107] 영상 처리 기술들을 광루미네센스 영상들에 적용함으로써, 상기 넓은 영역에 유도된 광루미네센스의 공간적 변화를 이용하여 실리콘 샘플(240)의 특정 전기적 특성들을 수치화할 수 있다. 상기 특정 전기적 특성들은 로컬 결합 풍부 영역들, 로컬 센트들, 로컬 전류-전압 특성들 및 로컬 소수 캐리어 수명들 중 하나 또는 그 이상으로 이루어질 수 있다.

[0108] 도 3은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 실리콘 구조(340)를 검사하는 시스템(300)을 도시한다. 또한 이 시스템(300)은 광원(310), 단파장 통과 필터부(314) 및 영상 획득 소자(330)를 구비한다. 상기 시스템(300)은 시준기(312)를 더 구비하고 균질화기(316)을 구비할 수 있다. 상기 시스템은 필드 렌즈들(도면에 도시되지 않음)을 더 구비할 수 있다. 상기 영상 획득 소자(330)는 접속 요소(320)(예:렌즈)와 감광 전자 요소들의 접속면 배열(322)을 구비한다. 장파장 통과 필터부(318)는 또한 카메라(330)와 광루미네센스가 나오는 표면의 사이에 배치될 수 있다. 상기 시스템(300)의 구성 요소들은, 광원(310)과 관련 광학 구성 요소들이 샘플(340)의 표면에 수직되도록 방향 설정되는 것을 제외하고는, 도 2에 도시된 것들과 같다. 상기 영상 획득 소자(330)(및 장파장 통과 필터부(318))는 90도보다 작은 각도로 샘플(340)의 표면으로 방향설정된다는 점에서, 상기 영상 획득 소자(330)(및 장파장 통과 필터부(318))은 광축으로부터 벗어나 있다. 상기 영상 획득 소자(330)는 상기 실리콘 샘플(340)의 표면으로부터 나오는 광루미네센스(선이나 화살표로 표시)을 유도하는 광원(310)에 의해 조명되는 것과 동일한 측면으로부터 나온 광루미네센스를 캡쳐한다.

[0109] 도 7은, 본 실시예에서 광원(710) 및 관련 광학 구성요소들(712, 714, 716) 및 영상 획득 소자(730, 722, 720, 718)은 모두 샘플(740)에 대한 광축으로부터 벗어나 있다(수직이 아님)는 점을 제외하고는, 도 2 및 3의 것들과 유사한 실리콘 구조(740)를 검사하는 시스템(700)을 도시한다.

[0110] 본 발명의 실시예들은 GaAs, AlGaAs 및 많은 III-V 반도체들과 같은 직접 밴드갭 반도체들처럼 효율적으로 광루미네센스를 생성하지 않는 간접 밴드갭 반도체들에 대해 유리하게 사용될 수 있다. 웨이퍼의 최고 전체 영역을 포함하는 넓은 영역들이 조명되어 동시에 광루미네센스를 유도할 수 있다. 유리하게, 전체 웨이퍼가 동시에 조명되면 더 빨리 그리고 보다 지속적으로 검사를 할 수 있게 된다. 예를 들면, 태양 전지는 일반적으로 태양 전지의 일부분이 아닌 소자 전체에 조명될 때 동작한다. 상기 태양 전지에 대한 수량적인 보다 상세 정보는 이러한 형태에서 얻을 수 있게 된다. 본 발명의 실시예들은 웨이퍼들의 결함을 식별하기 위하여 웨이퍼를 검사하는 것을 기준하여 기술되었지만, 본 발명의 실시예들은 이러한 응용들에 제한되지는 않는다. 본 발명의 실시예들은 부분적으로 또는 완전히 형성된 소자들을 검사하기 위하여 사용되어, 상기 소자들의 결함들을 식별할 수 있게 된다. 본 발명의 실시예들은 마이크로 전자 산업에 보다 광범위한 응용을 할 수 있다.

[0111] 광원 및 영상 획득 시스템이 간접 밴드갭 반도체 구조의 반대면들 또는 동일한 면에 있는 본 발명의 실시예들은 베어 웨이퍼들 및 부분적으로 제조된 반도체 소자들에 있는 가능한 결함들을 식별하기 위하여 사용될 수 있다. 광원 및 영상 획득 시스템이 동일면에 있는 구조는 완전히 제작된 반도체 소자들을 검사하는데 사용될 수 있으며, 특히 소자의 일 표면이 완전히 금속 배선된 경우에 사용될 수 있다.

[0112] 위에서 본 발명의 실시예들에 따른 간접 밴드갭 반도체를 검사하는 시스템들 및 방법들의 소수만을 단지 기술하였다. 여기에 본 발명의 범위 및 요지를 벗어남 없이도 수정 및/또는 대체가 행해질 수 있다. 상기 실시예들은 상세히 설명하기 위한 것이며 권리범위를 제한하고자 하는 것은 아니다.

## 도면의 간단한 설명

[0068] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명한다.

[0069] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 간접 밴드갭 반도체 구조를 검사하는 시스템에 대한 블록도이다.

[0070] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 간접 밴드갭 반도체 구조를 검사하는 시스템에 대한 블록도이다.

[0071] 도 3은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 간접 밴드갭 반도체 구조를 검사하는 시스템에 대한 블록도이다.

[0072] 도 4는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 간접 밴드갭 반도체 구조를 검사하는 시스템에 대한 블록도이다.

[0073] 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 간접 밴드갭 반도체 구조를 검사하는 시스템에 대한 블록도이다.

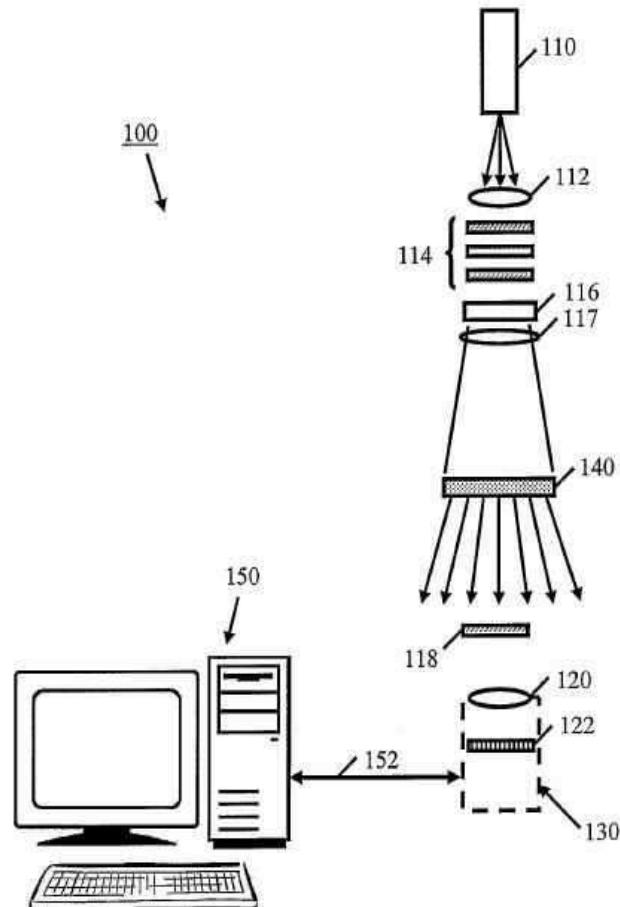
[0074] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 간접 밴드갭 반도체 구조를 검사하는 방법에 대한 흐름도이다.

[0075]

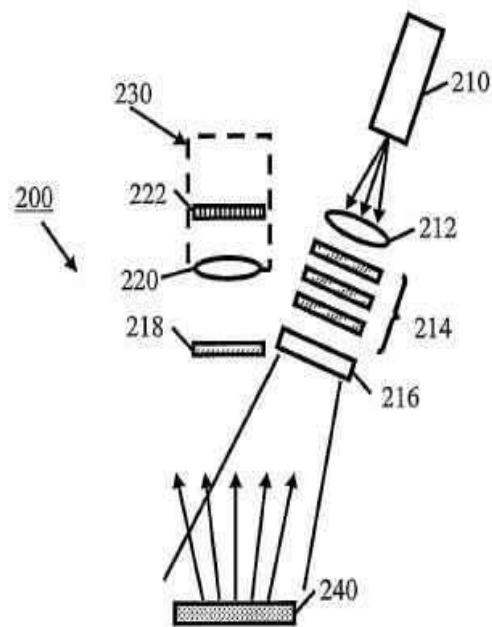
도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 간접 밴드캡 반도체 구조를 검사하는 시스템에 대한 블록도이다.

## 도면

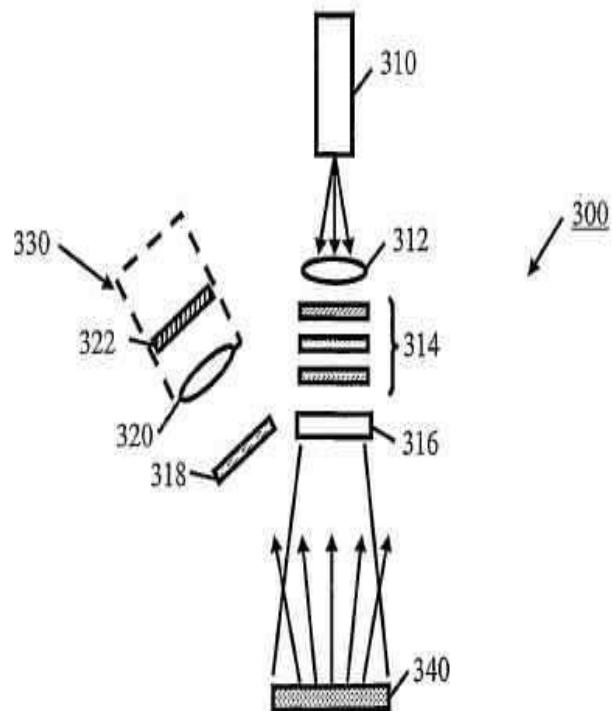
### 도면1



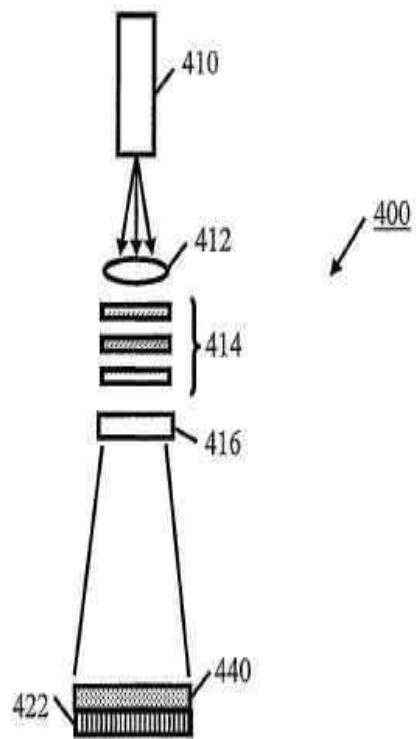
도면2



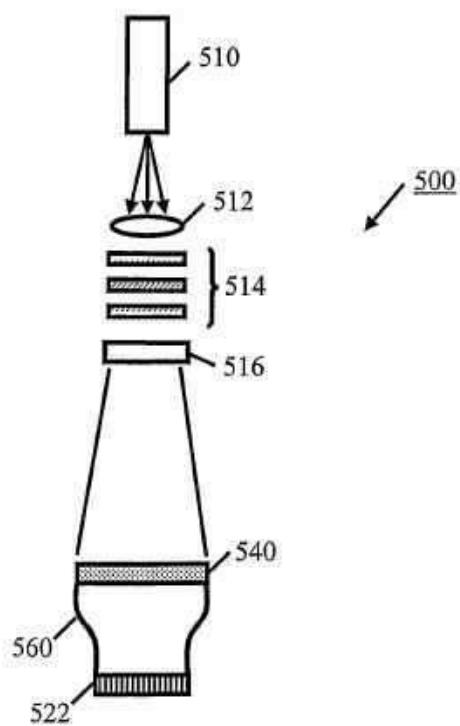
도면3



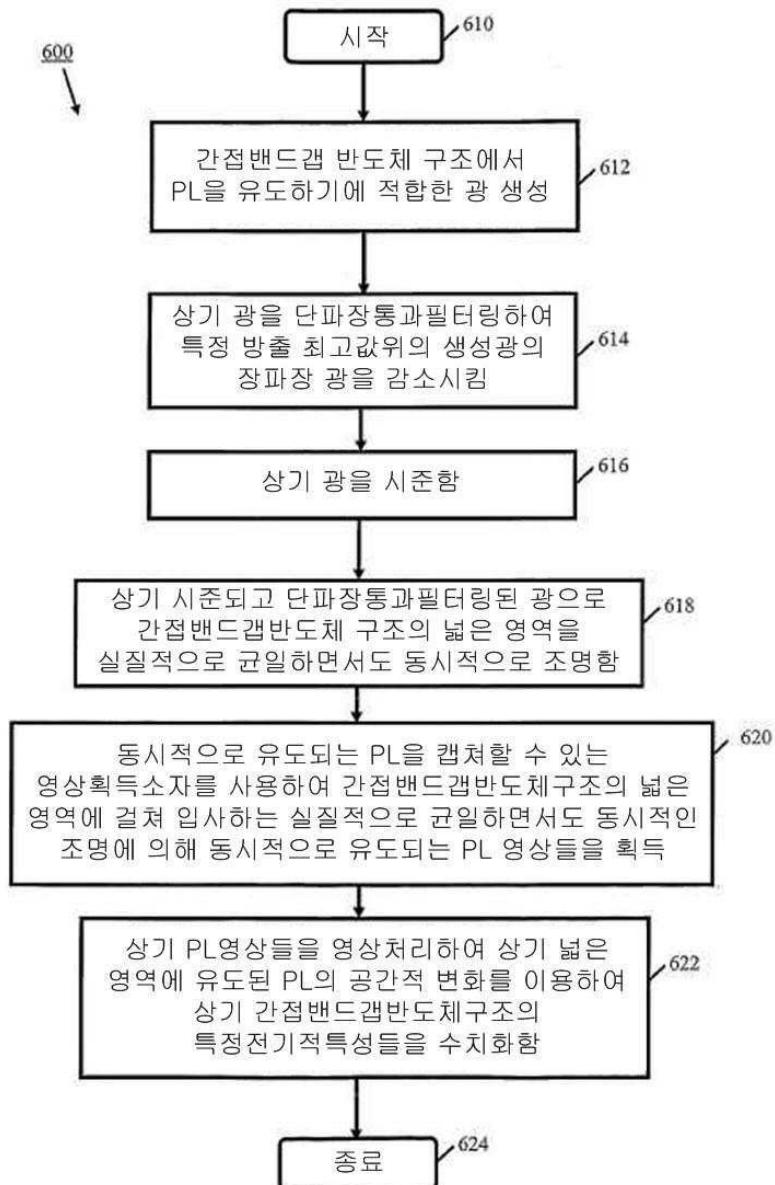
도면4



도면5



## 도면6



도면7

