(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.
H01L 21/02 (2006.01)

(45) 공고일자 2007년04월18일
(11) 등록번호 10-0708585
(24) 등록일자 2007년04월11일

(21) 출원번호 10-2000-0017524
(22) 출원일자 2000년04월04일
심사청구일자 2005년04월04일

(65) 공개번호 10-2000-0071553
(43) 공개일자 2000년11월25일

(30) 우선권주장 09/286,929 1999년04월06일 미국(US)

(73) 특허권자
루센트 테크놀러지스 인크
미합중국 뉴저지 머레이 힐 마운틴 애비뉴 600 (우편번호 : 07974-0636)

(72) 발명자
앨러스글렌비
미국캘리포니아주95060산타크루즈레드우드드라이브1771

치체스터로버트제이
미국뉴저지주08876서머빌이스트메인스트리트487

선돈엑스
미국뉴저지주07059와렌슈체르만테라스48

토마스고든알버트
미국뉴저지주08540프린스턴랜달로드107

(74) 대리인
김창세
장성구

(56) 선행기술조사문헌
US05098199
* 심사관에 의하여 인용된 문헌

심사관 : 이용배

전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 하이브리드 광 온도측정기 시스템을 이용한 실리콘 공정소재 온도 측정 방법

(57) 요약

제조 물질(fabrication material)이 공정소재(workpiece)에 부착되어 있거나 부착되고 있는 경우 처리 온도를 측정 및 제어하는 하이브리드 온도측정 시스템을 포함하는 실리콘 공정소재 처리 방법이 개시된다. 이 하이브리드 온도측정 시스템은 광 반사와, 열전쌍 및/또는 고온계와 같은 다른 온도측정 기술을 이용한다. 실시간 스펙트럼 데이터는 스펙트럼 라이브러리 내의 값과 비교되어 표면 상태를 결정한다. 그 다음, 표면 상태에 기초하여 예를 들어 광 반사, 고온계, 또는 열전쌍을

이용하여 온도가 어떻게 측정되는 지에 대한 결정이 이루어지며, 적절하게 선택된 기술을 이용하여 온도가 측정된다. 하이브리드 온도측정 시스템을 이용하여, 실리콘 공정소재의 온도는 제조 물질의 존재를 고려하여 낮은 온도에서도 정확하게 측정될 수 있다.

대표도

도 1

특허청구의 범위

청구항 1.

실리콘 공정소재(workpiece)의 온도를 측정하는 방법에 있어서,

(a) 스펙트럼 데이터를 온도값으로 변환하는 변환 시스템을 제공하는 단계와,

(b) 광 반사 온도측정을 이용하여 상기 실리콘 공정소재의 상기 온도를 측정하는 단계를 포함하되,

상기 단계 (b)는

(i) 자외선 광을 포함하는 편광 빔을 상기 실리콘 공정소재 위로 향하게 하여, 상기 자외선 광을 상기 공정소재로부터 스펙트럼 분석기로 반사시키는 단계와,

(ii) 상기 스펙트럼 분석기를 이용하여, 상기 공정소재로부터 반사된 상기 광의 스펙트럼을 분석하여 스펙트럼 데이터를 얻는 단계와,

(iii) 상기 변환 시스템을 이용하여 상기 스펙트럼 데이터를 온도값으로 변환하는 단계를 포함하는

실리콘 공정소재 온도 측정 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

(c) 상기 변환 시스템을 전자 회로 또는 가열 소자에 결합하는 단계와,

(d) 상기 변환 시스템으로부터 얻어진 상기 온도값을 근거로 상기 전자 회로 또는 상기 가열 소자를 조정하여 상기 실리콘 공정소재의 상기 온도를 제어하는 단계를 더 포함하는 실리콘 공정소재 온도 측정 방법.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 변환 시스템을 제공하는 단계는,

테스트 기판을 제공하는 단계와,

열전쌍을 갖는 온도측정기를 이용하여 상기 테스트 기판의 온도를 측정함으로써, 제 1 테스트 값을 얻는 단계와,

광 반사 온도측정을 이용하여 상기 테스트 기판의 온도를 측정함으로써, 제 2 테스트 값을 얻는 단계로서, (i) 자외선 광을 포함하는 편광 빔을 상기 테스트 기판 위로 향하게 하여, 상기 자외선 광을 상기 테스트 기판으로부터 상기 스펙트럼 분석기로 반사시키는 단계와, (ii) 상기 반사된 광의 상기 스펙트럼을 분석하여 스펙트럼 데이터를 얻는 단계와, (iii) 상기 스펙트럼 데이터를 상기 제 2 테스트 값을 정의하는 온도값으로 변환하는 단계를 포함하는 단계와,

상기 제 1 및 2 테스트 값을 적용하여 상기 변환 시스템을 조정하는 단계를 포함하는

조정된 변환 시스템을 제공하는 단계를 더 포함하는 실리콘 공정소재 온도 측정 방법.

청구항 4.

처리 중에 실리콘 공정소재의 온도를 측정하는 방법에 있어서,

(a) 알려진 조성을 갖는 적어도 하나의 테스트 물질에 관련된 데이터를 포함하는 스펙트럼 라이브러리를 제공하는 단계와,

(b) 광 반사 온도측정을 이용하여 상기 실리콘 공정소재의 상기 온도를 측정함으로써, 실시간 스펙트럼 데이터를 얻는 단계와,

(c) 상기 실시간 스펙트럼 데이터와 상기 스펙트럼 라이브러리 내의 데이터를 비교하여 표면 상태를 결정하는 단계와,

(d) 상기 표면 상태에 적합한 온도 측정 기술을 선택하는 단계와,

(e) 상기 단계 (d)에 따라 선택된 온도 측정 기술을 이용하여 상기 온도를 측정하는 단계를 포함하는 실리콘 공정소재 온도 측정 방법.

청구항 5.

제 4 항에 있어서,

상기 실리콘 공정소재는 상기 방법이 수행되기 전에 그 표면 중 적어도 하나에 부착된 적어도 하나의 제조 물질 (fabrication material)을 갖는 실리콘 공정소재 온도 측정 방법.

청구항 6.

제 4 항에 있어서,

상기 실리콘 공정소재의 상기 온도를 측정하는 상기 단계(단계 b)는 상기 적어도 하나의 제조 물질이 상기 공정소재의 표면상에 부착될 때에 수행되는 실리콘 공정소재 온도 측정 방법.

청구항 7.

제 6 항에 있어서,

상기 실리콘 공정소재의 상기 온도를 측정하는 상기 단계(단계 b)는,

(i) 상기 적어도 하나의 제조 물질이 부착될 때, 자외선을 포함하는 편광 빔을 실리콘 공정소재 위로 향하게 하여, 상기 자외선 광을 상기 공정소재 및 상기 적어도 하나의 제조 물질로부터 스펙트럼 분석기로 반사시키는 단계와,

(ii) 상기 스펙트럼 분석기를 이용하여, 상기 공정소재 및 상기 적어도 하나의 제조 물질로부터 반사된 상기 광의 스펙트럼을 분석하여 실시간 스펙트럼 데이터를 얻는 단계를 포함하는 실리콘 공정소재 온도 측정 방법.

청구항 8.

제 6 항에 있어서,

상기 단계(c)에 따라 결정된 상기 표면 상태는 상기 기판에 부착된 상기 적어도 하나의 제조 물질의 조성 및 두께를 포함하는 실리콘 공정소재 온도 측정 방법.

청구항 9.

제 4 항에 있어서,

상기 스펙트럼 라이브러리를 제공하는 단계는,

(a) 테스트 기판과, 상기 테스트 기판에 부착되기 위한 알려진 조성을 갖는 적어도 하나의 테스트 물질을 제공하는 단계와,

(b) 온도측정기를 이용하여 상기 테스트 기판 및 상기 테스트 물질의 온도를 측정함으로써, 제 1 온도값을 얻는 단계와,

(c) 광 반사를 이용하여 상기 테스트 기판 및 상기 테스트 물질의 상기 온도를 측정함으로써, 스펙트럼 데이터를 얻는 단계와,

(d) 상기 제 1 온도값을 적용하여 상기 스펙트럼 데이터를 상기 적어도 하나의 테스트 물질의 조성 및 온도를 특징짓는 기본 함수 및 계수 세트로 분해하는 단계를 포함하는 실리콘 공정소재 온도 측정 방법.

청구항 10.

제 9 항에 있어서,

상기 테스트 물질이 상기 테스트 기판의 표면상에 부착되어 있는 경우, 온도측정기 및 광 반사를 이용하여 상기 온도를 측정하는 상기 단계(단계 b 및 단계 c)는 상기 테스트 물질이 부착된 상기 테스트 기판의 온도를 측정하는 단계를 포함하는 실리콘 공정소재 온도 측정 방법.

청구항 11.

제 9 항에 있어서,

상기 테스트 물질이 상기 테스트 기판의 표면상에 부착되고 있는 경우, 온도측정기 및 광 반사를 이용하여 상기 온도를 측정하는 상기 단계(단계 b 및 단계 c)는 테스트 물질이 상기 테스트 기판에 부착될 때 상기 테스트 기판의 온도를 측정하는 단계를 포함하는 실리콘 공정소재 온도 측정 방법.

청구항 12.

제 9 항에 있어서,

상기 온도측정기는 열전쌍을 포함하는 실리콘 공정소재 온도 측정 방법.

청구항 13.

제 4 항에 있어서,

상기 단계 (d)의 온도 측정 기술은 광 반사, 고온계, 및 열전쌍으로부터 선택되는 실리콘 공정소재 온도 측정 방법.

청구항 14.

제 4 항에 있어서,

상기 온도 측정 단계(단계 e)로부터 얻어진 온도 정보를 처리 조건 제어용 컴퓨터로 전송하는 단계를 더 포함하는 실리콘 공정소재 온도 측정 방법.

청구항 15.

제 14 항에 있어서,

상기 처리 조건은 상기 공정소재의 온도 및 상기 제조 물질이 상기 공정소재에 부착되는 비율을 포함하는 실리콘 공정소재 온도 측정 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 출원은 알러스(Alers) 등이 1998년 5월 19일에 출원하고 본 명세서에서 참조 자료로서 인용된 미국 특허 출원 제 09/080,430호와 관련된다.

본 발명은 실리콘 디바이스를 처리하기 위한 방법에 관한 것으로서, 구체적으로는, 실리콘 공정소재(silicon workpieces)가 처리될 때, 그 온도를 측정 및 제어하는 광 온도측정기 시스템에서 이용하는 방법에 관한 것이다.

실리콘 공정소재의 온도를 주의 깊게 제어하는 장치는 실리콘 디바이스 제조에 있어서 중요한 부분이다. 처리가 수행되는 동안 공정소재의 온도를 제어하도록 본질적으로 설계된 실리콘 디바이스의 제조에 이용하기 위해 개발된 많은 시스템이 있다. 전형적인 실리콘 공정소재 가열 장치는 공정소재 지지부, 공정소재 온도 측정 장치, 및 적외선 벌브(infrared bulb)와 같은 제어 가능한 가열 소자로 구성된다. 전자 회로는 측정 온도를 수신하여 가열 소자를 제어함으로써 시간의 함수로서 희망하는 온도를 달성할 수도 있다.

실리콘 처리 기술이 진보함에 따라, 개선된 공정소재 가열 장치 및 온도 제어에 대해 상응하는 필요성이 존재하고 있다. 하나의 주요 어려움은 처리 단계에서 500℃ 이하의 온도가 이용되는 경우에 공정소재의 온도를 측정 및 제어하기 위한 노력과 관련된다. 다른 어려움은 증착된 물질에 의해 변경되었거나 또는 변경되고 있는 공정소재의 온도 측정 및 제어와 관련된다. 집적 회로 디바이스의 제조에 있어서, 실리콘 공정소재 상에 물질을 증착하거나 또는 이들 증착된 물질의 일부를 제거하는 공정을 비롯하여, 실리콘 공정소재를 처리할 수 있는 많은 방법이 있다. 이러한 처리에 이용되는 제조 물질(fabrication material)의 존재는 공정소재의 온도 측정에 영향을 준다. 통상, 이러한 방법에서는, 공정소재의 적어도 하나의 표면 상에서 처리가 수행되어, 물질이 공정소재 상에 부착되어 있거나 또는 부착되고 있을 때 공정소재의 정확한 측정을 어렵게 한다.

공정소재의 온도를 측정 및 제어하기 위한 하나의 방법은 열전쌍(thermocouples)을 이용하는 것이다. 열전쌍은 넓은 온도 범위에 대하여 효과적이기는 하지만, 이들은 공정소재에 직접 정확하게 부착되어야 하며, 이러한 부착은 값이 비싸고 시간-소모적이며, 공정소재를 오염시킬 위험이 있다. 광 고온계(optical pyrometers)는 공정소재에 부착될 필요가 없기 때문에, 온도의 측정 및 제어에서의 사용에 유리하다. 그러나 고온계는 더 낮은 온도에서 정확도가 저하되며, 500℃ 이하의 온도에서는 실리콘 처리에 필요한 정확도가 부족하다. 고온계는, 또한, 실리콘의 표면 상태에 따라 그들의 신호를 온도로 변환하기 위한 다른 조정(calibration)을 필요로 한다. 최근, 리플 기술(ripple technique)을 이용하여 가열 램프에 전력을 공급하는 AC 전류의 열 변조를 이용하는 개선된 고온계가 개발되고 있다. 이러한 개선된 고온계는 1100℃ 가까이의 온도에서 12℃의 정확도로 제어될 수 있으며, 이러한 기술을 이용하는 고온계들은 정확도가 떨어지기는 하지만은 600℃ 근처에서 효과적이다. 그러나 표면 상태를 고려하는 방법과 마찬가지로 더 낮은 온도 및 더 높은 정확도가 여전히 필요하다.

따라서, 개선된 온도 측정 장치 및 방법은, 더 낮은 온도에서 더 큰 정확도를 달성하고, 물질이 실리콘 공정소재에 부착되어 있거나 부착되고 있는 경우에 이용될 수도 있는 실리콘 디바이스의 제조에서의 이용에 바람직하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

요약하여 설명하면, 본 발명은 실리콘 공정소재 온도 측정 방법을 이용하여 실리콘 웨이퍼 상의 집적 회로를 처리하는 방법을 포함한다. 집적 회로의 처리를 제어할 수 있는 온도측정 방법은 스펙트럼 데이터를 온도값으로 변환하는 변환 시스템을 제공하는 단계와, 광 반사를 이용하여 상기 스펙트럼 데이터를 측정하는 단계를 포함한다. 광 반사 온도측정은 자외선 광을 포함하는 편광 빔을 실리콘 공정소재 상에 조사하여, 이 광이 공정소재로부터 스펙트럼 분석기로 반사되게 하는 단계와, 공정소재로부터 반사된 광의 스펙트럼을 분석하여 스펙트럼 데이터를 얻는 단계와, 상기 스펙트럼 데이터를 웨이퍼의 표면에 관한 정보로 변환하는 단계를 포함한다. 이 정보를 이용하여, 온도측정 방법이 선택되고, 온도가 결정되며, 처리가 제어된다.

본 발명의 광 반사 시스템을 이용하여, 공정소재에 부착되어 있거나 부착되고 있는 제조 물질의 존재를 고려하면서 실리콘 공정소재의 온도를 측정 및 제어하는 하이브리드 온도측정기 시스템이 제공된다. 이 하이브리드 시스템은 실리콘 공정소재에 인접하게 배치된 다수의 온도측정기, 바람직하게는, 예를 들어, 열전쌍, 고온계, 및 반사율 온도측정기와 같은 3가지 유형의 온도측정기를 이용한다. 온도측정기는 제조 물질의 존재를 고려하여 실시간 스펙트럼 데이터를 얻는 데에 이용된다. 스펙트럼 데이터 라이브러리(예를 들어, “스펙트럼 라이브러리”)는 알려져 있는 제어 조건을 이용하는 실시간 적용에 앞서 측정된다. 실시간 스펙트럼 데이터는 스펙트럼 라이브러리 내의 값과 비교되어, 부착되어 있거나 또는 부착되고 있는 제조 물질의 종류 및 농도(예를 들어, “표면 상태”)를 결정한다. 그 다음, 표면 상태를 근거로 하여, 예를 들어, 광 반사, 고온계, 또는 열전쌍을 이용하여 온도가 어떻게 측정되어야 하는지에 대한 결정이 이루어지며, 적절하게 선택된 기술을 이용하여 온도가 측정된다. 이러한 스펙트럼 라이브러리는 테스트 기판과 다수의 테스트 제조 물질을 제공하는 단계와, 테스트 기판에 부착된 열전쌍 및 광 반사 온도측정기를 이용하여 제조 물질이 부착될 때 테스트 기판 및 테스트 제조 물질의 온도를 측정하는 단계와, 스펙트럼 데이터를 기본 함수 및 계수 세트로 분석(decompose)하는 단계를 이용하여 생성 또는 개선될 수도 있다. 그 후, 알려진 테스트 제조 물질의 측정 시에 얻어진 값은 스펙트럼 라이브러리를 제공하는 데에 이용된다. 본 발명을 더욱 잘 이해하기 위해, 예시적인 실시예가 첨부된 도면을 참조하여 이하에서 설명된다. 이들 도면은 본 발명의 개념을 예시적으로 설명할 목적을 위한 것으로서, 그래프는 실제 축척이 아니라는 것이 이해될 것이다.

발명의 구성

본 발명에 따르면, 물질의 온도를 측정 및 제어하기 위한 개선된 시스템을 이용하여 실리콘 공정소재 상의 물질을 처리하는 방법이 제공된다. 본 시스템에 따르면, 스펙트럼 데이터는 실리콘 공정소재가 제조될 때 그로부터 UV 및 가시광을 반사시킴으로써 얻어진다. 이러한 스펙트럼 데이터는 공정소재의 표면과 접촉할 필요없이 공정소재의 온도를 측정하는 데 여러 개의 온도 측정치 중에서 어떤 것을 이용할 것인지를 결정하는 데 이용될 수 있다. 이러한 하이브리드 광 온도 측정 시스템에 따르면, 광 반사 온도측정, 및 열전쌍 또는 고온계 온도측정과 같은 하나 이상의 온도측정 기술이 이용되어 제조 물질이 부착될 때 실리콘 공정소재를 정확하게 측정 및 제어한다. 처음에, 하이브리드 온도 측정 시스템의 경우, 알려진 제조 물질의 반사율과 표면 상태 및 그 온도를 나타내는 기본 반사율 함수 및 계수 세트를 포함할 수 있는 스펙트럼 데이터의 라이브러리(“스펙트럼 라이브러리”라 지칭함)가 제공된다. 그 다음, 스펙트럼 라이브러리는 실시간 반사율 값과 비교되어 어떤 온도측정 기술을 적용할 것인지를 결정한다. 바람직하게는, 최선의(즉, 가장 정확한) 온도측정 기술을 선택 및 적용하여 제조 물질이 부착되어 있을 때의 공정소재의 온도를 측정 및 제어한다.

도 1을 참조하면 광 반사 방법의 단계를 나타내는 블록선도가 도시된다. 광 반사 수행 방법 및 장치는 알러스(Alers) 등이 “개선된 온도 제어를 갖는 실리콘 디바이스의 처리 장치(Apparatus for Processing Silicon Devices with Improved

Temperature Control)"라는 명칭으로 1998년 5월 19일에 출원한 미국 특허 출원 제09/080,430호에 기술되어 있으며, 이는 본 출원의 양수인에게 양도되었고 발명자가 본 출원과 동일하며, 본 명세서에서 참조자료(이하 "430 출원"이라 함)로서 인용된다. 블록(1)에 나타낸 본 방법의 제 1 단계는 스펙트럼 데이터를 실리콘 공정소재의 표면 상태에 관한 정보 또는 온도값으로 변환할 때에 이용되는 변환 시스템을 제공한다. 블록(2)에 나타낸 제 2 단계는 광 반사 온도측정을 이용하여 실리콘 공정소재의 온도를 측정한다. 광 반사 온도측정을 이용하여 공정소재의 온도를 측정하는 단계는 (i) 자외선 광을 포함하는 편광 빔을 실리콘 공정소재 위로 향하게 하여, 자외선 광이 공정소재로부터 스펙트럼 분석기로 반사되게 하는 하위 단계 및 (ii) 반사된 광의 스펙트럼을 분석하여 스펙트럼 데이터를 얻는 하위 단계를 포함한다. 블록(3)에 나타낸 바와 같이, 이 변환 시스템은 스펙트럼 데이터를 온도값으로 변환하는 데에 이용된다. 이 변환 시스템은 조정되어야 하며, 이 조정 절차는 '430 출원에 기술되어 있다. 이후, 블록(4)에 나타낸 바와 같이, 온도값에 관한 정보는 전자 회로 또는 가열 소자로 전송되어 공정소재의 온도가 제어되게 한다.

본 발명의 하이브리드 온도측정 시스템은, 광 반사 온도측정을 이용하여, 공정소재에 제조 물질이 코팅, 식각 등이 될 때 공정소재의 온도를 정확하게 측정한다. 도 2a는 처리 중에 실리콘 공정소재에 부착되어 있거나 부착되고 있는 하나 이상의 제조 물질의 존재를 고려한 하이브리드 온도측정 시스템의 각 단계를 설명한다. 실리콘 공정소재 처리 기술은, (예를 들어, 화학 기상 증착, 스퍼터링, 증발, 또는 에피택시에 의한) 필름 증착, 확산 및 이온 주입, 습식 화학 및 건식 식각, 어닐링 등을 포함한다. 이러한 처리 기술의 수행에 있어서, 하나 이상의 물질이 공정소재에 부착될 수도 있으며, 이들은 일반적으로 본 명세서에서 "제조 물질(fabrication material)"이라 지칭된다. 제조 물질은 증착 중에 실리콘 공정소재의 온도에 큰 영향을 줄 수도 있으며, 실리콘 공정소재의 뒤쪽 표면을 변형시키는 경우 온도 측정에 영향을 줄 수도 있다. 도 2a의 방법을 이용하면, 그래도 정확한 측정을 할 수 있게 된다.

하이브리드 온도측정 시스템은, 이전에 설명한 바와 같이, 광 반사 온도측정을 포함하는 측정 기술, 및 고온계, 열전쌍과 같은 하나 이상의 다른 온도측정 기술이나 그 밖의 기술의 결합을 이용한다. 본 발명의 방법에 따르면, 실리콘 공정소재는 처리 전에 분석되어 물질의 유형 및 두께(또는 농도)와 표면의 거칠기(roughness)를 포함하는 표면 상태(참조의 용이성을 위해 이들 파라미터는 본 명세서에서 "표면 상태(surface condition)"이라 지칭)을 결정한다. 표면 상태에 따라서, 예를 들어, 소프트웨어 프로그램 또는 컴퓨터를 이용하여, 처리 중에 어떤 측정 기술, 바람직하게는 가장 정확한 기술이 이용되어야 하는지에 대한 결정이 이루어진다. 측정이 수행되고, 온도 정보는 공정소재의 온도 및 증착율을 제어하기 위한 가열 소자를 포함하며 실리콘 디바이스 처리를 제어하는 전자 회로로 보내진다.

특히, 도 2a는 이러한 방법의 단계를 나타낸 블록선도이다. 처음에, 데이터 라이브러리를 제공하는 조정 단계(예를 들어, 블록 a, b, c)가 수행되며, 이 데이터 라이브러리는 표면 반사율 라이브러리(블록 a), 온도 반사율 라이브러리(블록 b), 및 고온계 및 열전쌍 온도 라이브러리(블록 c)를 포함할 수 있다. 스펙트럼 라이브러리는 실시간 데이터와의 비교를 위해, 컴퓨터와 같은 메모리 시스템에 저장된다. 도 2a에서, 조정 단계는 이들 단계가 하이브리드 온도측정 시스템의 사용자가 아닌 제 3자에 의해 수행될 수도 있다는 관점에서 선택적이기 때문에, 점선으로 정의된 블록으로 설명된다. 스펙트럼 라이브러리가 임의의 소스로부터 본 방법을 이용하는 사용자에게 전달되거나, 또는 본 방법의 사용자가 본 방법을 실행하기 전에 라이브러리를 생성할 수도 있다. 본 방법의 사용자는 또한, 예를 들어 실리콘 디바이스의 처리 시에 새로운 제조 물질이 선택되어 부착될 때 라이브러리를 확장 또는 강화할 수도 있다.

스펙트럼 라이브러리를 생성 또는 확장하는 데에 필요한 단계가 도 2b에서 설명된다. 이들 조정 단계는 테스트 기판에 부착하기 위한 하나 이상의 알려진 테스트 제조 물질을 제공함으로써 수행되며, 이 테스트 물질은 공지된 것으로서 처리 전 또는 처리 중의 공정소재에 부착될 수도 있는 제조 물질의 유형을 나타낸다. 알려진 표면 상태를 갖는 실리콘의 반사율이 측정되며(도 2b 블록 a)i)), 스펙트럼 데이터는 각 표면 상태에 대한 기본 함수 및 계수 세트로 분석되어 "표면 반사율 라이브러리"를 제공한다(블록 a)ii)). 각 표면 상태에 대하여, 알려진 온도에서 대한 반사율이 측정되며(블록 b)i)), 반사율로부터 온도로의 수학적인 변환이 각 표면에 대해 계산되어 "온도 반사율 라이브러리"를 제공하게 된다(블록 b)ii)). 고온계(블록 c)i)) 및 열전쌍(블록 c)iii)) 신호가 각 표면 상태 및 열전쌍 배열마다 알려진 온도에 대하여 측정되고, 반사율로부터 온도로의 수학적인 변환이 표면마다 계산되어 "고온계 온도 라이브러리"(블록 c)ii)) 및 "열전쌍 온도 라이브러리"(블록 c)iv))를 제공한다. 다른 측정 기술이 이용되는 경우(예를 들어, 도 2의 블록(4d)), 그 기술은 같은 방식으로 조정될 수도 있다. '430 출원에 기술된 광 반사 온도측정이 적용되어 반사율이 측정될 수도 있다.

하이브리드 온도측정 시스템을 적용함에 있어서, 일단 테스트 라이브러리가 제공되면 실시간 데이터가 얻어진다. 실리콘 공정소재를 실질적으로 처리하는 동안, 가령 도 3에 나타낸 바와 같은 반사 방법을 이용하여 표면 상태의 스펙트럼이 얻어진다(도 2a의 블록(1)). 이러한 반사 방법은 이전에 설명한 광 반사 방법을 포함할 수도 있지만, 또한 본 분야에 공지된 다른 반사 방법을 포함할 수 있는 것으로, 중요한 고려사항은, 표면 상태의 실시간 스펙트럼 데이터가 처리 중에 얻어지고 동일한 방법이 조정 시에 이용되어야 한다는 것이다. 반사 스펙트럼 및 블록 a)마다 수행되는 조정을 이용하여, 표면 코팅 및 조건이 확인된다(도 2a의 블록(2)). 이 확인 단계는 실시간 스펙트럼 데이터를, 스펙트럼 라이브러리의 계수와 비교되는

기본 함수 및 계수 세트로 분석함(도 2b의 블록 a)ii))으로써 수행될 수도 있다(블록(3)). 이러한 비교를 통해, 실질적인 표면 상태가 결정되며, 예를 들어, 주어진 표면 상태가 주어지는 경우 가장 정확한 측정을 제공하는지를 근거로 하여 온도측정 기술이 선택된다(도 2의 블록(3)).

예를 들어, 확인 단계(예를 들어, 블록(2))가 이전의 처리에 의해 매우 얇은 SiO_2 코팅이 이루어졌음을 지시하는 경우, 본 발명의 바람직한 실시예를 적용하면 광 반사 온도측정이 그 코팅의 조정에 이용된다(블록(4a)). 비교에 의해 SiN 코팅이 두꺼운 것으로 밝혀지게 되면, 바람직하게는 고온계가 그 물질에 대하여 결정되는 조정에 이용된다(블록(4b)). 실시간 데이터와 스펙트럼 데이터의 비교 결과가 "매칭"되지 않음을 나타내는 경우, 예를 들어 표면 상태를 알 수 없는 경우라면, 열전쌍이 이용될 수도 있다(블록(4c)). 물론, 상기 설명된 기술(블록(4d, 5d))에 추가하여 또는 그 대신에, 다른 측정 기술이 본 발명에 통합되어 이용될 수도 있는 것으로, 중요한 고려사항은, 비교 데이터가 이들 조건에 대하여 가장 정확한 것으로 계산되는 측정 기술을 결정하는 데에 적용되어야 한다는 것이다(블록(3)). 이 방법은 조정 정보를 기반으로 하여 가장 효과적인 온도측정기 시스템을 이용할 수 있게 한다. 하나 이상의 온도측정기로부터의 신호는 바람직하게는 온도측정기 및 증착 시스템의 작동을 조사하는 데에 한 차례 이용된다. 이 단계(즉, 블록(3)의 단계)를 수행하기 위한 소프트웨어 컴퓨터 프로그램이 본 기술분야에 공지된 원리들을 이용하여 개발될 수도 있다. 일단 이러한 결정이 내려지게 되면, 적절한 온도측정기로부터의 데이터를 이용하여 온도가 얻어지며, 그 온도 및 물질의 증착율을 포함하는 온도 정보가 (예를 들어, 컴퓨터 제어를 통해) 공정소재 처리를 제어하기 위하여 전자 회로 또는 가열 소자로 전송된다(도 2a의 단계(6)).

컴퓨터의 제어 하에서 광 반사 온도측정을 수행하는 데에 이용될 수도 있으며 하이브리드 온도측정 시스템 내에 통합될 수도 있는 장치가 '430 출원에 기술되어 있다. '430 출원의 장치는 공정소재의 표면 위로 향하게 하여 이 공정소재로부터 반사된 자외선 광을 이용하여 공정소재의 온도를 측정하며, 이 자외선 광은 스펙트럼 분석기 및 컴퓨터에 전송되어, 스펙트럼 데이터로부터 온도값으로 변환된다. '430 출원에서, 온도값으로의 스펙트럼 데이터의 변환은 열전쌍과 같은 온도측정기 및 반사된 광의 스펙트럼을 이용하는 테스트 기판에 의한 초기의 조정 단계를 포함한다.

도 3은 도 1 및 도 2a의 방법 단계를 수행하는 데에 이용될 수도 있는 실리콘 디바이스 제조 장치를 예시한다. 실리콘 공정소재(10)는 노출 표면(10A)과 활성 표면(10B)을 포함하며, 여기에서 마이크로-회로 또는 다른 디바이스가 형성 또는 변경된다. 이 장치는 편광기(13)를 통하여, 바람직하게는 비교적 큰 입사각 Φ(바람직하게는, $\Phi > 45^{o}$)으로 실리콘 공정소재(10)의 표면(10A) 위로 향하는 자외선 광빔(12)의 광원(11)을 구비한다. 이 장치는 또한 실리콘 공정소재로부터 반사된 빔을 수신하기 위한 장치로서 제 2 편광기(14)와, 분산 소자(16) 및 광검출기 어레이(17)와 같은 스펙트럼 분석 장치(15)를 더 구비한다. 바람직한 실시예에서, 광원(11)은 250㎚ 내지 550㎚의 파장 범위에서 자외선 및 가시광을 강하게 발산하는 중수소 램프(deuterium lamp)이다. 입사각은 바람직하게는 45° 내지 80°이다. 편광기(13, 14)는 바람직하게는 선형 편광기이며, 스펙트럼 분석기(15)는 광 회절격자 분산 소자(16) 및 실리콘 광검출기 어레이(17)를 포함할 수도 있다.

도 2의 장치를 이용하여, 250㎚ 내지 550㎚의 파장 범위 내의 광은 조준 렌즈(도시하지 않음)에 의하여 편광기(13)를 통해 빔(12)으로서 실리콘 표면 위로 향하게 된다(도 1의 단계(2(i))). 또한, 제조 물질은 선(43a)으로 개략적으로 나타낸 바와 같이 실리콘 표면(10A)에 인접하여 존재할 수도 있다. 제조 물질이 부착되어 있을 때에는, 빔(12)이 이들 물질로부터 반사된다. 바람직하게는, 광은 각 Φ(가장 바람직하게는 $\Phi \approx 70^{o}$)로 실리콘 공정소재 위로 (및 제조 물질(43a)에 대해서는 선택적으로) 향하게 되는데, 이 각도에서 실리콘으로부터의 반사 세기(intensity)는 편광에 민감하다. 바람직하게는, 편광기(13)는 실리콘 표면에 실질적으로 평행 및 수직인 성분을 갖도록 방위가 정해진 전계 벡터에 의해 선형으로 편광된 빔을 생성한다. 적절한 편광 방향은 광빔(12)에 의해 형성된 입사면으로부터 45°이며 실리콘 표면에 수직이다.

반사된 광 빔(또는 빔들)은 제 2 편광기(14)에 의해 변경되고, 렌즈(도시하지 않음)에 의해 집결되어 스펙트럼적으로 분석된다(도 1의 단계(2(ii))). 제 2 편광기(14)는 유익하게는, 넓은 범위의 파장에 걸쳐 편광된 광을 제로로 하기 위하여(실질적으로는 줄이기 위하여) 제 1 편광기와 비교하여 교차 편광기(cross polarizer)로서 방위가 정해진다. 이러한 제로화는 실리콘의 반사율이 상기 파장 범위에 걸쳐서 거의 일정하기 때문에 가능하다. 반대로, 약 450㎚보다 짧은 파장에서 실리콘의 반사율은 실질적으로 변한다. UV 범위에서의 실리콘의 반사율은 실리콘에 본질적이며 전형적인 농도 레벨에서의 불순물에 민감하지 않은 방식으로 온도에 따라 변한다. 따라서, 이러한 변화는 온도를 측정하기 위한 본 발명의 방법에 이용될 수도 있다.

도 4는 실리콘 표면으로부터 반사된 편광된 광에 대한 파장의 함수로서의 세기를 보여주는 그래프이다. 곡선(1)(위쪽 곡선)은 "제로"로부터 떨어져 있도록 방위가 정해진 제 2 편광기(14)에 의한 스펙트럼을 보여준다. 곡선(2)(아래쪽 곡선)은 "제로"위치로 회전되는 제 2 편광기(14)에 의한 세기를 보여준다. 알 수 있는 바와 같이, 제로화 편광기는 (>450㎚의 파장을 갖는) IR 및 가시광을 본질적으로 제거하여, 반사된 세기 중에서 일부의 UV 부분을 남겨두게 된다.

각 광검출기(도 3의 참조부호(17))에서, 작은 범위의 파장에 대한 광신호는 그 범위 내의 광 품질에 대응하는 전기 신호로 변환될 수도 있다. 다수의 상이한 파장 범위 각각에서의 세기들 및 파장을 나타내는 신호 쌍 세트는 디지털화된 다음, 컴퓨터(도시하지 않음)를 포함하는 변환 시스템으로 전송될 수도 있다.

도 5는 도 4에 도시된 세기 곡선의 비율에 의해 형성되는 잔여 반사율의 그래프이다. 각각의 UV 파장에서, 곡선(2) 상의 세기는 (예를 들어, 컴퓨터 내에서) 곡선(1) 상의 반사 세기로 나누어진다. 알 수 있는 바와 같이, UV 스펙트럼은 두 개의 피크들(P_1 및 P_2)을 갖는 것으로 특징화된다. 이들 피크들은 실리콘 내부대역 임계점(E'_O 및 E_1)에 의한 것이다. 이들 두 개의 피크는 실리콘의 특징으로서, 이들은 온도에 따라 위치 및 폭이 달라진다. 이러한 비율의 스펙트럼에 있어서의 변화는 각각의 10℃의 온도 변화에 대하여 대략 1%이며, 온도 변화를 직접적으로 측정할 수 있게 한다. 도 4 및 도 5가 (예를 들어, 어떠한 제조 물질도 존재하지 않는) 순수한 실리콘 공정소재에 대한 반사율 데이터를 나타내고는 있으나, 제조 물질이 부착된 스펙트럼 데이터를 얻는 데에 동일한 원리가 이용될 수도 있다.

소프트웨어 프로그램이 잔여 반사율 스펙트럼을 분석하고(예를 들어, 도 5) 스펙트럼 데이터를 온도값으로 변환하는 데에 이용될 수도 있다. 공정소재의 잔여 반사율 스펙트럼을 반사율 함수에 적용하여 반사율 변수를 결정한다. 그러면 이들 반사율 변수는 온도 함수 및 상수를 이용하여 온도를 계산하기 위한 입력의 역할을 한다. 변환에 이용되는 온도 함수 및 상수는 조정 절차에 의해 결정될 수도 있다. 조정 절차는 또한, 처리 동안 제조 물질의 존재를 고려한 스펙트럼 라이브러리를 제공하는 데에 수행될 수도 있다(도 2b).

작동 시, 일단 시스템이 제조 물질의 존재에 상응하여 조정되면(예를 들어, 스펙트럼 라이브러리가 제공되면), 처리되고 있는 실리콘 공정소재에 대해 광 반사 온도측정이 수행될 수 있다. UV 광이, 전술한 바와 같이, 공정소재 위로 향하고 제조 물질이 공정소재에 부착되어, 실시간 스펙트럼 데이터를 제공할 수 있다(도 2a의 블록(1)). 광은 공정소재(10A)로부터 반사될 것이며, 공정소재에 인접한 제조 물질(43a)에서도 또한 반사될 것이다. 이렇게 하여 얻어진 스펙트럼 데이터는 실시간 스펙트럼 데이터와 스펙트럼 라이브러리를 비교함으로써(도 2a의 블록(2)) 웨이퍼에 부착되어 있거나 또는 부착되고 있는 제조 물질의 구성 또는 제조 물질의 결합을 결정하는 데에 이용될 수 있으며, 이 정보는 스펙트럼 데이터를 온도값으로 변환하는 데에 이용될 수 있다.

도 6은 부착된 제조 물질의 존재를 고려한 본 발명의 방법을 수행하는 데에 이용될 수도 있는 개선된 실리콘 공정소재 처리 장치(39)의 개략도이다. 여기에서, 실리콘 공정소재(10)는, 램프와 같이 공정소재를 제어 가능하게 가열하는 가열 소자(42)를 포함하며 제어된 분위기(atmosphere)를 둘러싸고 있는 챔버(41) 내에서의 지지대(도시하지 않음) 상에 위치된다. 이 챔버(41)는 예를 들어 공정소재를 코팅하거나 또는 공정소재 상에 있는 물질을 제거 또는 변경하기 위하여 제조 물질을 공정소재 상에 부착하는 물질 장치(43)를 포함한다. 이는 CVD 장치, 스퍼터링 장치, 증발 장치, 또는 물질이 공정소재에 부착되는 다른 장치, 또는 어닐링 장치가 될 수 있다. 광 반사 시스템은 장치(39) 내에 통합되어, 편광기(13)를 통하여 바람직하게는 비교적 큰 입사각 Φ(예를 들어, $\Phi>45^o$)로 실리콘 공정소재(10)의 표면(10A) 위로 향하는 자외선 광빔의 광원(11)을 포함한다. 광 반사 시스템은 또한 제 2 편광기(14)와, 분산 소자(16) 및 광검출기 어레이(17)와 같은 스펙트럼 분석 장치(15)를 더 포함한다. 다양한 표면 상태 하에서 측정을 수행하기 위하여, 고온계(21)가 상기 시스템 및/또는 열전쌍(31)과 함께 이용될 수도 있으며, 상기 열전쌍(31)은 공정소재의 뒷면(10A)에 부착된다.

공정소재가 처리될 때, 제조 물질(43a)이 장치(43)로부터 방출되어 챔버(41) 내부를 이동하여 그 활성 표면(10B)에 부착된다. 바람직한 처리 구성에서는, 제조 물질이 활성 표면 반대편에 있는 웨이퍼(10B)의 뒷면에는 이르지 못하도록 차단된다. 그러나 다른 실시예에서는, 제조 물질이 예를 들어 참조부호(43a)로 개략적으로 나타낸 바와 같이 공정소재의 대향 표면(10B)에 인접하게 이동하여 공정소재를 실질적으로 둘러싼다. 따라서, 공정소재의 표면(10A)으로 향하는 광은 공정소재뿐 아니라 공정소재 위에 부착된 제조 물질(43a)로부터 반사될 수도 있다. 처리하는 동안, 변경된 표면 상태를 측정하는 데에 광 반사 장치가 이용될 수도 있으며, 표면 상태가 변경됨에 따라 스펙트럼 라이브러리로부터 다른 추가 정보를 얻어 이용할 수 있다. 처리하는 동안 조정 및 온도측정기가 변경될 수 있지만, 바람직하게는 제조 물질을 증착하기 전에 바람직한 온도측정기 및 조정을 선택한다. 이렇게 되면, 공정소재의 온도는 회로(42a)를 통해 가열 소자(42)를 제어하는 컴퓨터(44)에 제공되는 온도 정보에 의해 제어될 수 있다. 제조 물질이 부착되면 광 반사 장치에 의해 실시간 스펙트럼 데이터를 얻을 수 있다. 컴퓨터(44)의 소프트웨어를 이용하여, 스펙트럼 데이터는 컴퓨터에 이전에 저장된 스펙트럼 라이브러리와 비교될 수 있으며, 어떤 측정 기술, 예를 들어, 반사 시스템, 고온계(21) 또는 열전쌍(31)이 이용될지에 대한 결정을 한다. 컴퓨터는 (예를 들어, 회로(11a, 21a, 31a)를 통하여) 각각의 측정 디바이스에 결합하여, 필요 시 그들의 데이터가 이용될 수도 있다.

온도 정보는 가열 소자(42)를 제어하는 컴퓨터(44)로 보내지며, 컴퓨터는 또한 온도 정보를 이용하여 회로(43b)를 통해 온도-의존 처리 장치(43)를 제어할 수 있다. 따라서, 공정소재와 접촉하지 않으면서 500℃ 이하의 온도를 포함하는 넓은 온도 범위에 걸쳐 온도가 측정 및 제어될 수 있으며, 다양한 표면 상태 하에서 공정소재를 정확하게 측정할 수도 있다.

발명의 효과

결과적으로, 본 발명에 따르면 하이브리드 온도측정 시스템을 이용하여, 제조 물질의 존재를 고려하여 낮은 온도에서도 실리콘 공정소재의 온도를 정확하게 측정할 수 있다.

상기 설명한 실시예는 단지 본 발명의 적용을 나타낸 일부 특정한 실시예를 예시한 것이다. 당업자에게 있어, 본 발명의 원리 및 범위를 벗어나지 않으면서 여러 가지의 많은 변형 구성이 이루어질 수 있음은 자명하다. 이러한 모든 변형은 청구항의 범위 내에 포함된다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 광 반사 방법에 포함되는 단계들의 블록도이다.

도 2a는 본 발명의 하이브리드 온도측정 시스템에 관련된 단계들의 블록선도이다.

도 2b는 본 발명의 하이브리드 온도측정 시스템에 관련된 조정 단계들의 블록선도이다.

도 3은 본 발명의 광 반사 방법을 수행하는 데에 있어서 도 2a의 단계 5의 결정을 수행하여, 해당되는 경우, 실리콘 공정소재의 온도를 측정하는 데에 이용될 수도 있는 장치의 개략도이다.

도 4 및 도 5는 다른 온도, 편광 및 정규화에서, 실리콘 공정소재로부터 반사된 편광 UV 광의 스펙트럼이다.

도 6은 본 발명의 하이브리드 온도측정 방법을 수행하는 데에 이용될 수도 있는 실리콘 디바이스 제조 장치이다.

도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명

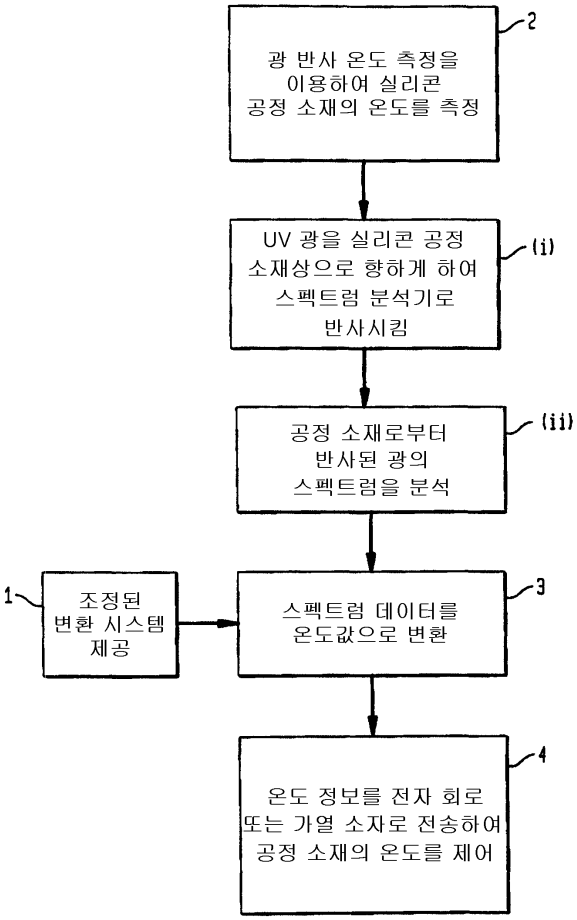
10: 실리콘 공정소재 13, 14: 편광기

15: 스펙트럼 분석장치 16: 분산 소자

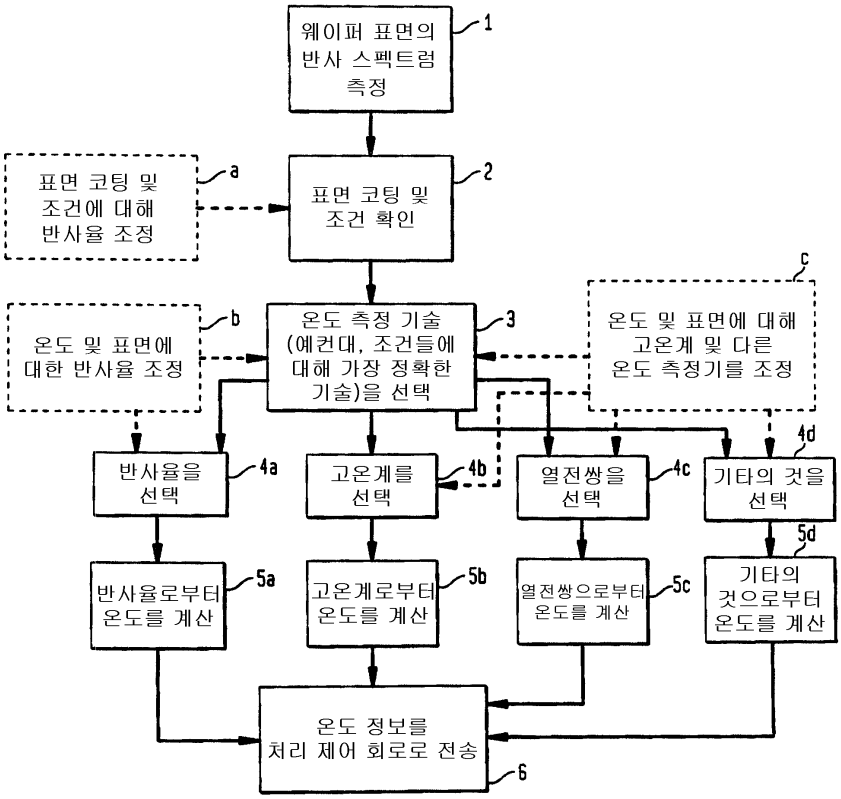
17: 광검출기

도면

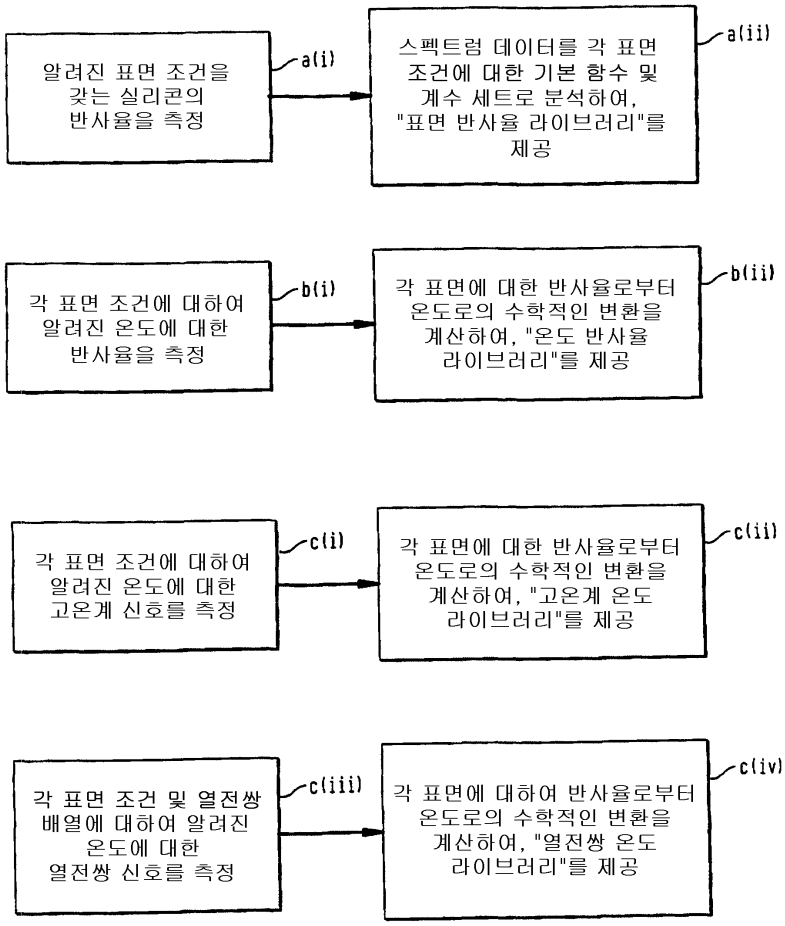
도면1


광 반사 온도 측정을 이용하여 실리콘 공정 소재의 온도를 측정
2
UV 광을 실리콘 공정 소재상으로 향하게 하여 스펙트럼 분석기로 반사시킴
(i)
공정 소재로부터 반사된 광의 스펙트럼을 분석
(ii)
조정된 변환 시스템 제공
1
스펙트럼 데이터를 온도값으로 변환
3
온도 정보를 전자 회로 또는 가열 소자로 전송하여 공정 소재의 온도를 제어
4

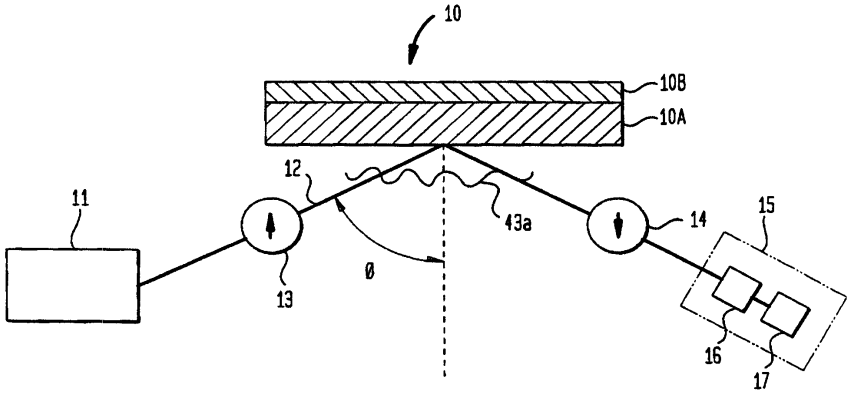
도면2a


웨이퍼 표면의 반사 스펙트럼 측정
1
표면 코팅 및 조건에 대해 반사율 조정
a
표면 코팅 및 조건 확인
2
온도 및 표면에 대한 반사율 조정
b
온도 측정 기술 (예컨대, 조건들에 대해 가장 정확한 기술)을 선택
3
온도 및 표면에 대해 고온계 및 다른 온도 측정기를 조정
c
반사율을 선택
4a
고온계를 선택
4b
열전쌍을 선택
4c
기타의 것을 선택
4d
반사율로부터 온도를 계산
5a
고온계로부터 온도를 계산
5b
열전쌍으로부터 온도를 계산
5c
기타의 것으로부터 온도를 계산
5d
온도 정보를 처리 제어 회로로 전송
6

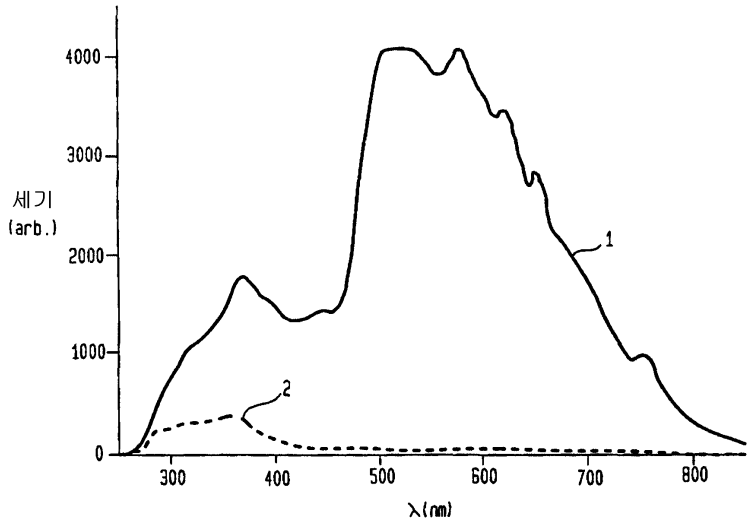
도면2b


알려진 표면 조건을 갖는 실리콘의 반사율을 측정
a(i)
스펙트럼 데이터를 각 표면 조건에 대한 기본 함수 및 계수 세트로 분석하여, "표면 반사율 라이브러리"를 제공
a(ii)
각 표면 조건에 대하여 알려진 온도에 대한 반사율을 측정
b(i)
각 표면에 대한 반사율로부터 온도로의 수학적인 변환을 계산하여, "온도 반사율 라이브러리"를 제공
b(ii)
각 표면 조건에 대하여 알려진 온도에 대한 고온계 신호를 측정
c(i)
각 표면에 대한 반사율로부터 온도로의 수학적인 변환을 계산하여, "고온계 온도 라이브러리"를 제공
c(ii)
각 표면 조건 및 열전쌍 배열에 대하여 알려진 온도에 대한 열전쌍 신호를 측정
c(iii)
각 표면에 대하여 반사율로부터 온도로의 수학적인 변환을 계산하여, "열전쌍 온도 라이브러리"를 제공
c(iv)

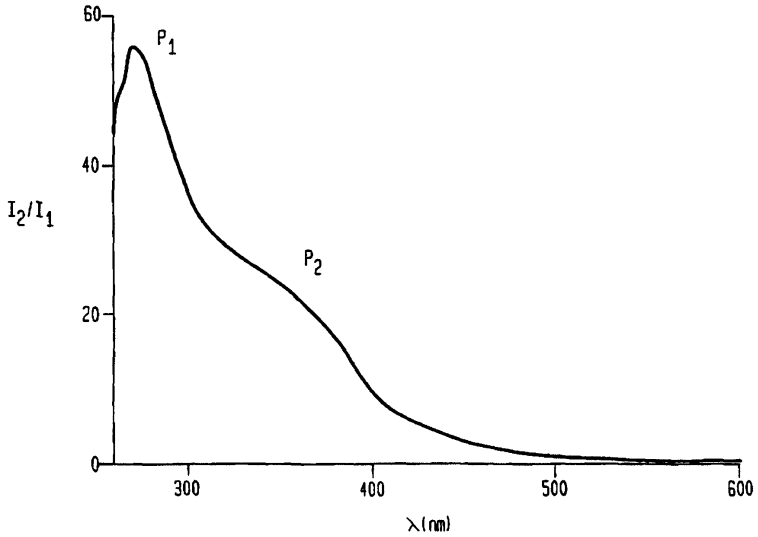
도면3


10
10B
10A
12
11
43a
14
15
13
Ø
16
17

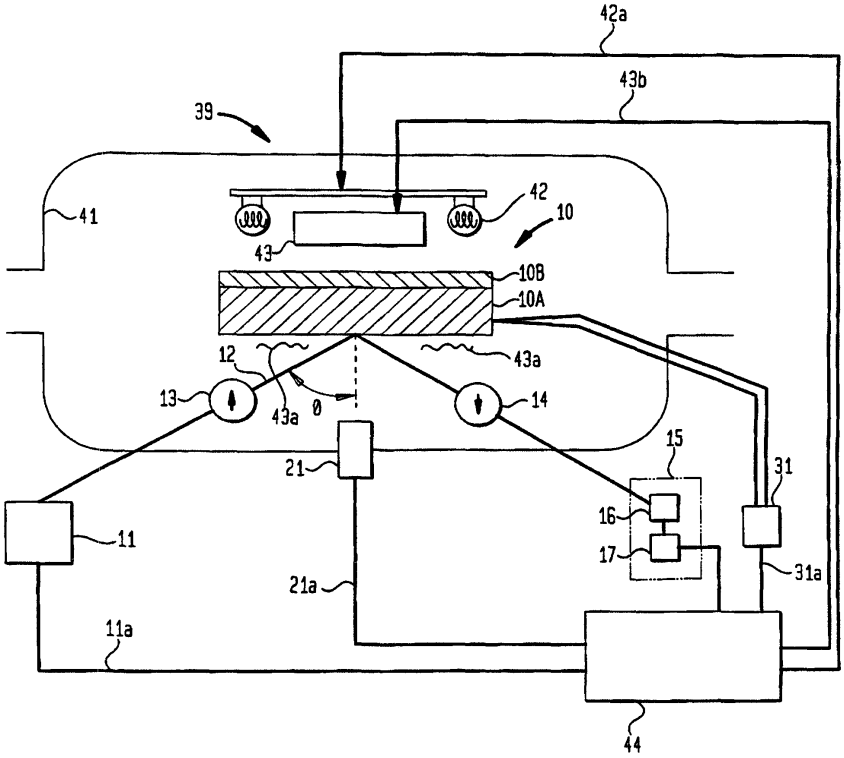
도면4


4000
3000
세기
(arb.)
2000
1000
0
1
2
300
400
500
600
700
800
λ(nm)

도면5


60
P1
40
I2/I1
P2
20
0
300
400
500
600
λ(nm)

도면6


42a
43b
39
41
42
10
43
10B
10A
12
43a
13
43a
θ
14
21
15
31
16
17
11
31a
21a
11a
44