

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
G01N 21/28

(45) 공고일자 1995년09월 16일
(11) 공고번호 95-010389

(21) 출원번호	특1986-0006366	(65) 공개번호	특1987-0002644
(22) 출원일자	1986년08월01일	(43) 공개일자	1987년04월06일
(30) 우선권 주장	762,086 1985년08월02일 미국(US)		
(71) 출원인	아메리칸 텔리폰 앤드 텔레그라프 캄파니 오레고 이. 앨버 미합중국, 뉴욕 10022, 뉴욕, 매디슨 애비뉴 550		
(72) 발명자	게리 어네스트 카버 미합중국, 뉴저지 08822, 플레밍턴, 왈드론 레인 3		
(74) 대리인	이병호		

심사관 : 윤정열 (책자공보 제4122호)

(54) 반도체 결함 검출 방법

요약

내용 없음.

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

반도체 결함 검출 방법

[도면의 간단한 설명]

제1도는 공지된 결함 검출 시스템의 개략도.

제2도는 본 발명의 결함 검출 시스템의 개략도.

제3도는 본 결함 검출 시스템의 블록 선도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

12 : 펌프(pump) 레이저

14 : 프로브(probe) 레이저

18 : 검출기

58 : 갈바노미터 미러

77 : 컴퓨터

78 : 주사 제어기

82 : 비디오 스크린

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 반도체 웨이퍼의 품질 검사에 관한 것으로, 특히 비파괴 기술을 이용하여 웨이퍼 결함을 검출하는 것에 관한 것이다.

반도체 소자의 제조에 있어서, 소자가 만들어지는 반도체 재료의 표면은 물리적으로 그리고 결정학 상으로 거의 결함이 없어야 한다. 따라서, 소자의 특성을 제어하기 위해, 소자를 만드는데 사용되는 반도체 재료의 품질을 결정하는 것이 필요하다.

반도체 재료(예를들어, 실리콘, InP, InGaAsP 또는 유사한 것)의 결함으로는 불규칙 배열, 적층 결함, 산소 응결 및 중금속 응결 등이 있다. 때로는 크기가 1 내지 2미크론인 상기 결함은 피트(pit) 분석, X-레이 토포그래피 및 전자 빔 유도 전류를 포함한 다양한 기술을 이용하여 검출될 수 있다.

에칭 피트 분석은 실리콘 웨이퍼를 에칭하여 간섭 현미경으로 결함 영역에서 성장하고 있는 피트를 관찰하는 것이다. 개별적인 적층 결함, 불규칙 배열 및 소스(saucer) 피트 등은 결함이 성장되는 피트의 형태로 에칭한 후, 구별될 수 있다. X레이 토포그래프는 X레이빔, 웨이퍼 필름을 설정하고 브래그 반사선을 추적하여 결함을 검출할 수 있다. 상기 3가지 성분의 상대적인 각도 위치는 빔이 무

결함 재료에 닿았을 때는 브래그 법칙을 만족시키고, 결함이 있는 곳에 닿았을 때는 상기 법칙을 만족시키지 못하도록 되어 있다. 이 경우, 필름과 샘플은 웨이퍼상의 모든 점에 대해 반사된 빔의 강도가 필름상에 맵핑(mapping)되도록 이동된다. 3 내지 20시간 노출시킨 후 1 내지 10미크론의 공간 분해능이 얻어진다.

전자빔 유도 전류(EBIC)는 주사형 전자 현미경(SEM) 내부에서 이루어진다. 즉, SEM 빔에 의해 샘플 내에서 캐리어를 유도하며, 상기 캐리어는 전기장에 의해 분리된다. 이 전기장은 샘플내의 pn접합, 샘플 표면상의 쇼트키 접합 또는 외부 전기장 내에 샘플을 배치하여 얻어질 수 있다. 샘플에 대한 접촉은 일반적으로 은(silver) 페이스트 또는 스프링 장착의 미세 도선에 의해 실현된다. SEM빔이 X-Y 평면에 라스터 주사될 때, 집합된 캐리어는 X-Y 표시의 강도 변조를 제공한다. 결함에서의 캐리어 재결합은 표시 스크린상에서 어렵게 나타나 0.5미크론의 공간 분해능으로 떨어진다. 상기 방법은 반도체 재료의 결함을 높은 공간 분해능으로 나타내지만, 파괴적이며, 시간 소모가 크며, 진공 상태를 필요로 한다.

반도체 웨이퍼에서 전기적 불균일성을 측정하는 비파괴 광학 기술은 1980년 7월 8일자로 클라인크넷트에게 허여된 미국특허 제4,211,488호에 기술되어 있다. 상기 특허에 의한 방법은 반도체 웨이퍼의 결정 결함 또는 도핑 성장 무늬의 발생에 의해 광전 여기 동안 캐리어의 이동성이 낮아지고 수명이 짧아져서, 재료의 적외선 반사율이 변화된다는 사실을 이용하고 있다. 전기적 불균일 또는 결함 영역은 반도체 웨이퍼 재료의 밴드갭 에너지보다 훨씬 큰 에너지를 갖는 단색 광선빔을 반도체 웨이퍼에 조사하여 검출될 수 있다. 이것은 고밀도의 전자 및 홀을 광전 여기(즉, 펌프함)시키며, 이로써, 펌프된 영역의 적외선 반사율이 변화된다. 웨이퍼의 동일 표면 영역에는 반도체 재료의 밴드 갭보다 적은 에너지를 갖는 제2의 단색 광선빔이 동시에 조사되어 제2빔의 일부가 표면으로부터 반사된다.

모니터링된 영역이 비교적 낮은 결함 밀도 및 높은 캐리어 이동도를 갖는 경우, 표면의 반사율은 광전 여기동안 변화하며, 따라서 반사된 제2빔의 강도도 변할 것이다. 그러나 만약 상기 모니터링 영역내의 결함 밀도가 높다면, 표면의 반사율은 광전 여기 동안 변하지 않으며, 반사된 제2빔의 강도 또한 변하지 않는 상태로 남아 있는다. 반사된 빔의 강도가 검출되고 그 검출된 빔의 크기는 반도체 재료의 표면 또는 표면 부근의 밀도에 직접 관련된 캐리어의 이동도 및 재결합 시간의 척도가 된다. 클라인크넷트의 특허에서 광선빔은 약 0.25평방 밀리미터의 면적을 동시에 조사한다.

상기 방법은 0.25평방 밀리미터의 면적에 대해 평균 캐리어 수명 및 이동도에 관한 정보를 효과적으로 제공하지만, 1 내지 2미크론 크기의 개별적인 결함을 분석해 낼 수는 없다. 이러한 사실에는 2가지 기본적인 이유가 있다. 첫째, 밴드갭 이하의 에너지를 제공하는 레이저는 스펙트럼의 적외선 부분인 장파장 광선을 방출한다. 기본적인 회절 이론에 의해, 최소의 스폿 크기가 파장의 f배에 비례한다는 사실을 예측할 수 있기 때문에, 결함 검출을 위해 필요한 파장을 갖는 적외선 광은 10 내지 20미크론 보다 작지 않은 스폿에 집중될 수 있다. 둘째로, 클라인크넷트 특허에서 프로브 빔(probe beam)은 웨이퍼 표면의 수직면에 대해 큰 입사각을 갖는다. 이러한 큰 각은 프로브 빔 스폿을 확대시킨다. 따라서, 상기 방법은 통용되는 기초 광학 이론 때문에, 미크론 크기의 개별 결함을 분석할 만큼 충분히 작은 스폿의 적외선 빔을 집중시킬 수 없다. 그러나, 미크론 크기의 특징을 갖는 VLSI 회로에 대한 영향 때문에, 미크론 크기의 결함을 분석하는데 지대한 관심이 집중되어 있다.

따라서, 1 내지 2미크론 크기의 개별 결함이 분석될 수 있는 비파괴 결함 검출 시스템이 필요하다.

상기 필요성에 부합하며, 반도체 재료의 표면 또는 표면 부근에서 각각의 결함을 검출하는 본 방법은, 반도체 재료의 밴드갭 에너지 이하의 에너지 레벨을 갖는 단색광의 적외선 빔을 반도체 표면의 제1영역으로 향하게 하는 단계와, 동시에 반도체 재료의 밴드갭 에너지 이상의 에너지 레벨을 갖는 단색광의 시간 변조된 빔을 반도체 표면의 상기 표면으로 향하게 하는 단계와, 상기 제1영역내에 있으며, 이 제1영역보다 실제로 작은 제2영역에 시간 변조된 광선빔을 집중시켜서 빔의 에너지가 상기 표면에 의해 흡수되어 상기 재료 표면 또는 부근에 있는 전자 또는 홀을 여기시키는 단계와, 상기 반도체 표면으로부터 반사된 적외선 광선빔의 강도를 검출하는 단계 및, 반도체 표면내 또는 부근에서 개별적인 결함을 찾아내기 위해 시간 변조된 광선빔의 주파수로 변조된 적외선 빔 강도의 일부만을 처리하는 단계로 구성된다.

제1도는 본원에 참조된 상기 클라인크넷트 특허에 기술된 공지 기술을 개략적으로 도시한 것이다. 10KHz로 변조된 레이저(12) 및 레이저(14)는 모두 반도체 기판(16)에 광선빔을 조사한다. 레이저(12)는 기판(16)의 밴드갭 이상인 에너지를 제공하는 펌프빔을 출력하는 반면에, 레이저(14)는 기판(16)의 밴드갭 이하인 에너지를 제공하는 빔을 방출한다. 2개의 레이저 빔의 기판 입사부분은 약 0.25평방 밀리미터의 영역(17)에서 일치하게 된다. 기판의 표면 또는 부근에서 결함 밀도가 낮도록 조절되어 있다면, 표면의 적외선 반사율은 변하게 되고, 따라서 레이저(14)로부터 반사된 광선의 양이 변하게 된다. 만약, 기판 표면에서 또는 그 부근에서 결함 밀도가 높다면 표면의 반사율은 광전 여기 동안 거의 변하지 않으며 반사된 빔(14)의 강도는 거의 변하지 않는다.

레이저(14)로부터의 빔은 기판(16)의 표면으로부터 반사되어 그 강도를 측정하는 검출기(18)에 입사된다. 모든 강도 정보는 전기 신호로 변환되어 오실로스코프(도시하지 않았음)에 전달되며, 그 전기 신호의 강도가 볼트로 표시된다. 상기에서 지적된 바와 같이, 상기 방법은 0.25평방 밀리미터 면적에서의 평균 캐리어 수명 및 이동도에 관한 정보를 제공하지만, 1 내지 2미크론 크기의 각각의 결함을 분석할 수는 없다.

제2도에 개략적으로 도시된 발명은 상기의 문제를 극복한다. 밴드갭 이하의 레이저(32)로부터 적외선 광선(10.6 μ m)의 단색광 프로브 빔(34)을 실리콘 기판(16)으로 향하게 하여 브루스터(Brewster) 각도로 입사시킨다. 프로브 빔(34)은 기판(16)상에 빔을 집중시키는 렌즈(36)를 통과한다. 프로브 빔(34)이 기판(16)의 수직 평면에 대해 79도의 입사각을 가질 때, 약 0.126평방 밀리미터의 프로브 스폿이 기판에 형성된다.

밴드갭 이상의 레이저(42)는 기판(16)을 향하여 펌프 빔(44)을 동시에 조사한다. 렌즈(46)는 기판

(16)상의 약 $2\mu\text{m}$ 직경의 작은 펌프 스포트(48)로 빔(44)을 집속시킨다. 집속된 펌프 빔(44)은 상기에서 기술된 바와 같이 반도체 재료의 적외선 반사율을 변화시킬 것이다. 작은 펌프 스포트(48)는 보다 큰 프로브 스포트(48)내에 있게 된다. 제2도에서 펌프 스포트(48)와 프로브 스포트(38)의 상대적 크기는 실제 크기가 아니며 도면의 명확성을 위해 상기와 같이 도시하였다. 또한, 펌프 빔(44)은 본 실시예에서 음향 셀(도시안됨)을 통과하여 30KHz로 변조된다.

프로브 빔(34)은 기관(16)의 표면으로부터 반사되며, 렌즈(52)를 통해 검출기(54)에 입사하는데, 여기서, 반사광의 강도가 전기 신호로 변환된다. 상기 검출기(54) 및 관련 전자 회로는 펌프 빔(44)의 30KHz 주파수로 변조된 프로브 빔(34)으로부터의 반사된 신호만을 처리한다. 상기에서 지적된 바와 같이 펌프 빔(44)은 결함이 없을 때 기관(16) 표면의 적외선 반사율을 변화시키지만, 펌프 스포트가 결함위에 형성될 때 적외선의 반사율은 거의 변하지 않는 채로 유지된다. 따라서 펌프 스포트(48)상에 입사되는 프로브 빔(34) 부분은 펌프 빔(44)의 30KHz 주파수로 변조되며, 이 주파수에서 표면 반사율이 변화된다.

또한, 변조된 펌프 빔(44)은 공지된 방법으로 펌프 빔 및/또는 기관(16)을 선택적으로 이동시킴으로써 프로브 빔(34)의 0.126평방 밀리미터 스포트내에서 라스터 주사될 수도 있다. 프로브 스포트(38)를 펌프 스포트(48)에 의해 완전히 주사하면, 웨이퍼(16)상의 다른 위치로 이동될 수 있으며 펌프 빔 스포트(48)가 다시 라스터 주사될 수 있다. 이런 과정은 웨이퍼(16)의 전체 표면이 주사되어 반사 빔이 검출되며 비디오 장치(도시안됨)에 전송될 때까지 반복된다.

제3도는 본 발명의 결함 검출기(54)의 광학 및 전자 장치의 블록도이다. $0.488\mu\text{m}$ 파장을 갖는 300mW의 수냉식(water cooled) 아르곤 펌프 레이저(42)는 빔 분산기(55)와, 빔(44)을 30KHz로 시간 변조시키는 음향 광학(AO) 변조기(56)와, 갈바노미터 미러(58) 및 집속 광학 장치(62)를 통해, 실리콘 기관(16)쪽으로 향하게 된다. 아르곤 펌프 레이저(42)로부터 나온 약 30mW의 광전력은 실제로 웨이퍼(16)의 표면에 입사되는데, 상기 광선은 손상 강도 밀도 이하이다. 5와트의 공냉식(air-cooled) CO_2 프로브 레이저(32)에서 나오는 1.5와트 레이저는 고정된 미러(66)로부터 빔(34)이 반사되어 기관에 수직인 평면에 79도의 입사각을 형성하도록 집속 렌즈(36)를 통해 기관(16)상의 동일 위치에 조사된다. 프로브 빔(34)은 웨이퍼의 표면으로부터 반사되어, 고정 미러(68)에서 반사되며 고정(lockin) 증폭기(74)의 입력에 접속된 출력을 갖는 HgCdTe 검출기(72)에 향하게 된다. 검출기(72) 및 고정 증폭기(74)는 30KHz 주파수로 변조된 반사 프로브 빔의 강도 부분만을 처리한다. 상기 방법은 펌프 빔(44)의 가시적 방사를 위해 전형적인 스포트 크기를 프로브 빔(34)의 긴 파장 적외선 방사로 변환하는데 유리하다.

광 검출기(76)는 빔 분산기(55)로부터 반사광을 검출하여 그 정보를 고정 증폭기(74)의 입력에 전달함으로써, 펌프 레이저 빔(44)의 위치를 모니터링 한다. 고정 증폭기(74)의 구동 접속으로부터의 신호는 음향 광학 변조기(56)로 전달되어, 수신을 위해 조정된 고정 증폭기(74)의 입력 주파수와 동일한 주파수로 펌프 빔(44)을 변조시킨다. 고정 증폭기(74)의 출력은 컴퓨터(77)에 전송되며, 컴퓨터(77)는 주사 제어기(78) 및 비디오 스크린(82)에 대해 출력을 갖는다. 주사 제어기(78)의 출력은 이동 가능한 테이블(80) 및 갈바노미터 미러(58)에 접속되어 테이블 및 미러(58)의 상대 위치를 제어한다.

기관(16)은 X, Y, Z 및 θ 방향으로 이동 가능한 이동성 테이블(80)상에 지지된 수정 진공 척(chuck)(도시하지 않았음)에 장치된다. Z단에 의해 기관(16)을 집광 스포트내에 위치시킨다. Z방향의 집광 위치는 사용된 렌즈의 초점 심도로 인하여 한 주사 위치로부터 다른 주사 위치로 변화될 수 있다. Y 및 θ 단은 웨이퍼(16)의 표면상의 여러 지점에 접근하는 데 이용된다. X단과 회전 가능한 갈바노미터 미러(58)는 공지된 방법에 의해 약 30초 프레임 속도로 라스터 주사를 실행하는데 이용된다.

상기 4개의 모든 단과 갈바노미터 미러(58)는 컴퓨터(77)의 제어하에서 작동된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

반도체 재료의 표면 또는 그 부근의 개별적인 결함을 검출하는 방법에 있어서, 반도체 재료의 밴드갭 에너지 이하의 에너지 레벨을 갖는 단색광의 적외선 빔(34)을 반도체 표면의 제1영역(38)으로 향하게 하는 단계와, 반도체 재료의 밴드갭 에너지 이상의 에너지 레벨을 갖는 단색광의 시간 변조된 빔(44)을 상기 반도체 표면으로 향하게 하는 단계와, 상기 제1영역(38)보다 작으며 상기 제1영역(38)내에 위치한 제2영역(48)에, 상기 시간 변조된 광선빔(44)을 집속시켜서, 상기 표면에 의해 흡수된 빔의 에너지가 상기 재료 표면내의 또는 그 부근에 있는 전자 및 홀을 여기시켜 상기 표면의 반사율을 변화시키는 단계와, 상기 반도체 표면으로부터 반사된 적외선 빔의 강도를 검출하는 단계 및, 상기 시간 변조된 광선빔(44)의 주파수로 변조된 상기 검출된 적외선 빔(34)의 강도만을 처리하여 상기 반도체 표면내의 또는 그 부근의 결함을 찾아내는 단계로 구성되는 것을 특징으로 하는 반도체 결함 검출 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 밴드갭 이상의 광선 빔(44)을 라스터 주사하여 상기 제2영역(48)내에서 제1영역(38)을 이동시키는 단계 및, 상기 변조 주파수로 표면으로부터 반사된 상기 밴드갭 이하의 광선 빔(34)만으로부터의 광선 강도를 검출하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 결함 검출 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제1영역(38)은 약 0.126평방 밀리미터이며, 상기 제2영역(48)은 직경이 약 1

내지 2미크론인 스포트인 것을 특징으로 하는 반도체 결함 검출 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 반도체 재료는 실리콘인 것을 특징으로 하는 반도체 결함 검출 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 반도체 재료는 InP인 것을 특징으로 하는 반도체 결함 검출 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 반도체 재료는 InGaAsP인 것을 특징으로 하는 반도체 결함 검출 방법.

청구항 7

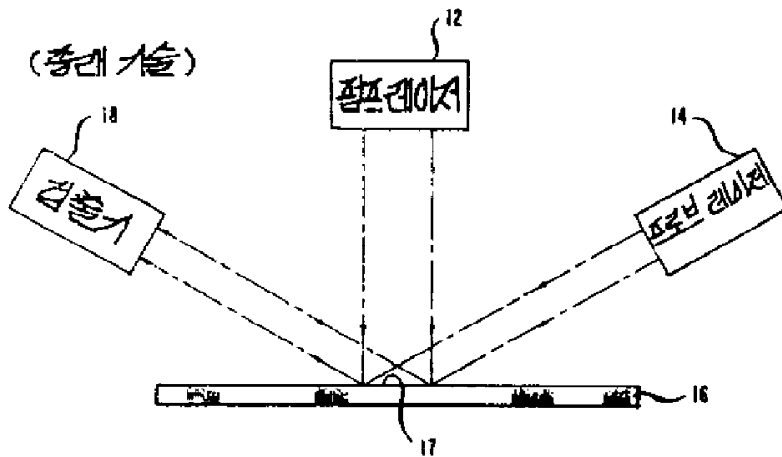
제1항에 있어서, 상기 프로브 빔(34)은 상기 반도체 표면에 수직인 평면에 대해 79도인 반도체 표면 입사각을 갖는 것을 특징으로 하는 반도체 결함 검출 방법.

청구항 8

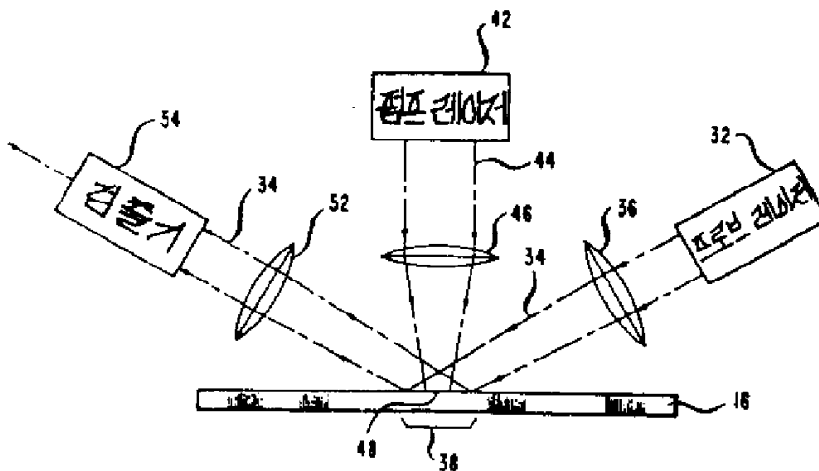
제1항에 있어서, 상기 시간 변조된 빔(44)은 아르곤 레이저(52)에 의해 발생되며, 상기 적외선 빔(34)은 CO₂ 레이저(64)에 의해 발생하는 것을 특징으로 하는 반도체 결함 검출 방법.

도면

도면1



도면2



도면3

