



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년12월17일
(11) 등록번호 10-2340973
(24) 등록일자 2021년12월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 31/28 (2006.01) G01R 31/26 (2014.01)
(52) CPC특허분류
G01R 31/281 (2013.01)
G01R 31/2601 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0132027
(22) 출원일자 2015년09월18일
심사청구일자 2020년07월21일
(65) 공개번호 10-2017-0033989
(43) 공개일자 2017년03월28일
(56) 선행기술조사문헌
US20130181722 A1

(73) 특허권자
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
이순영
경기도 안산시 상록구 구룡로 86, 302호 (일동)
배상우
경기도 성남시 분당구 판교로 20, 305동 2102호
(판교동, 판교원마을3단지아파트)
(74) 대리인
특허법인가산

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 10 항

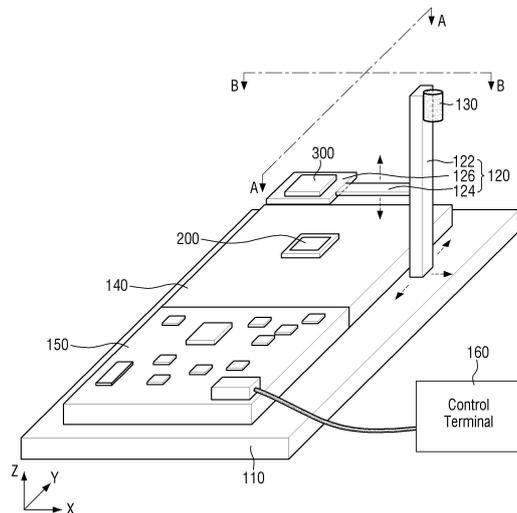
심사관 : 오경환

(54) 발명의 명칭 반도체 테스트 장치 및 방법과 데이터 분석 장치

(57) 요약

본 발명은 알파 입자의 에너지 소모를 효율적으로 측정하고, 측정된 데이터를 기초로 SER을 개선시킬 수 있는 데이터를 제공하는 반도체 테스트 장치를 제공하는 것이다. 상기 반도체 테스트 장치는, 방사선 소스(radiation source)를 거치하고, 상기 방사선 소스와 측정 샘플 사이의 거리(distance)를 조절하는 액츄에이터, 및 상기 액츄에이터의 동작을 제어하고, 상기 거리에 따른 상기 측정 샘플의 SER(Soft Error Rate)을 계산하는 컨트롤러를 포함하되, 상기 컨트롤러는, 상기 측정 샘플의 SER(Soft Error Rate)이 제로(0)가 되는, 상기 방사선 소스와 상기 측정 샘플 사이의 제1 거리를 계산하고, 상기 제1 거리를 기초로, 상기 측정 샘플에 포함된 금속(metal)과 절연체(dielectric) 간의 비율을 계산한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01R 31/2806 (2013.01)

G01R 31/2815 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

US20100001738 A1

US20090002717 A1

JP63083681 A

CN103941173 A

CN101548371 A

JP01248070 A

명세서

청구범위

청구항 1

방사선 소스(radiation source)를 거치하고, 상기 방사선 소스와 측정 샘플 사이의 거리(distance)를 조절하는 액츄에이터; 및

상기 액츄에이터의 동작을 제어하고, 상기 거리에 따른 상기 측정 샘플의 SER(Soft Error Rate)을 계산하는 컨트롤러를 포함하되,

상기 컨트롤러는,

상기 측정 샘플의 SER(Soft Error Rate)이 제로(0)가 되는, 상기 방사선 소스와 상기 측정 샘플 사이의 제1 거리를 계산하고,

상기 제1 거리를 기초로, 상기 측정 샘플에 포함된 금속(metal)과 절연체(dielectric) 간의 비율을 계산하는 반도체 테스트 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 측정 샘플에 포함된 패시베이션층(passivation layer)의 두께와, 상기 측정 샘플에 포함된 BEOL(Back-End-Of-Line)의 두께를 기초로, 상기 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산하는 반도체 테스트 장치.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 BEOL의 두께와, 상기 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율에 대한 관계를 나타내는 룩업 테이블(LUT)을 이용하여, 상기 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산하는 반도체 테스트 장치.

청구항 4

제2 항에 있어서,

상기 컨트롤러는, 물질의 두께와 상기 물질의 방사선 에너지 감소 관계에 대한 데이터를 기초로, 상기 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산하는 반도체 테스트 장치.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 방사선 소스와 상기 측정 샘플 사이의 거리를, 제로(0)에서부터 상기 제1 거리까지 변화하도록 상기 액츄에이터를 제어하는 반도체 테스트 장치.

청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 컨트롤러는, 상기 측정 샘플의 SER이 최대가 되는 상기 방사선 소스와 상기 측정 샘플 사이의 제2 거리를 계산하는 반도체 테스트 장치.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 컨트롤러는, 미리 정한 기준 시간 내에 상기 측정 샘플에서 발생하는 싱글 이벤트(SE)의 발생 횟수를 기초

로, 상기 측정 샘플의 SER을 계산하는 반도체 테스트 장치.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 컨트롤러는,

상기 측정 샘플의 싱글 이벤트(SE)를 검출하기 위한 테스트 패턴(test pattern)과, 상기 테스트 패턴에 대한 결과값을 저장하는 메모리를 포함하고,

상기 싱글 이벤트(SE)가 발생하는 경우, 상기 싱글 이벤트(SE)가 발생한 부분의 값을, 상기 테스트 패턴에 대한 결과값을 이용하여 보정하는 반도체 테스트 장치.

청구항 9

제1 항에 있어서,

상기 액츄에이터는,

기판 상에 수직하게 배치되고, 상기 기판 상에서 제1 방향으로 이동하는 필러부와,

상기 필러부에 가이드되어, 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 이동하는 연결부와,

상기 연결부의 일단에 연결되고, 상기 방사선 소스가 거치되는 거치부를 포함하는 반도체 테스트 장치.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

제1 항에 있어서,

상기 측정 샘플을 고정시키고, 상기 측정 샘플에 파워를 공급하며, 상기 측정 샘플에서 발생한 데이터를 상기 컨트롤러에 전달하는 DUT(Device Under Testing) 보드를 더 포함하는 반도체 테스트 장치.

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 반도체 테스트 장치 및 방법과 데이터 분석 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 집적회로의 소프트 에러율(Soft Error Rate; 이하 SER)은 집적회로의 반도체 소자를 통과하는 알파 입자 등의 이온화 방사선에 의해 발생한다. 이 에러는 일반적으로 집적회로 기능의 다음 사이클까지만 존속하기 때문에 "소프트 에러"라고 부른다.

[0003] 알파 입자가 반도체 소자를 통과할 때, 정공-전자 쌍의 "클라우드"가 그 경로 부근에서 발생될 수 있다. 이때, 집적회로에 존재하는 전계는, 정공과 전자를 반대 방향으로 이주시켜 과잉의 전하가 특정한 회로 노드에 도달하게 만들고, 결과적으로 집적회로의 기능을 업셋(upset)시킨다.

[0004] 집적회로 장치가 계속하여 스케일링(scale) 됨에 따라, 커패시터 셀 사이즈 및 동작 전압은 계속하여 감소하고 회로 밀도는 증가한다. 이로 인해, 집적회로의 소프트 에러율(SER)은 증가될 수 있다.

[0005] 따라서, 집적회로의 소프트 에러율(SER)을 측정하고, 소프트 에러율(SER)을 감소시킬 수 있는 솔루션을 제공할 수 있는 장치의 필요성이 증대된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하려는 과제는, 알파 입자의 에너지 소모를 효율적으로 측정하고, 측정된 데이터를 기초로 SER을 개선시킬 수 있는 데이터를 제공하는 반도체 테스트 장치를 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명이 해결하려는 다른 과제는, 알파 입자의 에너지 소모에 대한 데이터를 기초로 SER을 계산하고, 계산된 SER을 기초로 측정 샘플에 포함된 금속(metal)과 절연체(dielectric) 간의 비율을 계산할 수 있는 데이터 분석 장치를 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명이 해결하려는 다른 과제는, 알파 입자의 에너지 소모에 대한 데이터를 기초로 SER을 계산하고, 계산된 SER을 기초로 측정 샘플에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산할 수 있는 반도체 테스트 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명이 해결하려는 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 반도체 테스트 장치의 일 태양(aspect)은, 방사선 소스(radiation source)를 거치하고, 상기 방사선 소스와 측정 샘플 사이의 거리(distance)를 조절하는 액츄에이터, 및 상기 액츄에이터의 동작을 제어하고, 상기 거리에 따른 상기 측정 샘플의 SER(Soft Error Rate)을 계산하는 컨트롤러를 포함하되, 상기 컨트롤러는, 상기 측정 샘플의 SER(Soft Error Rate)이 제로(0)가 되는, 상기 방사선 소스와 상기 측정 샘플 사이의 제1 거리를 계산하고, 상기 제1 거리를 기초로, 상기 측정 샘플에 포함된 금속(metal)과 절연체(dielectric) 간의 비율을 계산한다.

[0011] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 컨트롤러는, 상기 제1 거리와, 상기 측정 샘플에 포함된 패시베이션층(passivation layer)의 두께와, 상기 측정 샘플에 포함된 BEOL(Back-End-Of-Line)의 두께를 기초로, 상기 BEOL

에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산할 수 있다.

- [0012] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 컨트롤러는, 상기 BEOL의 두께와, 상기 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율에 대한 관계를 나타내는 룩업 테이블(LUT)을 이용하여, 상기 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산할 수 있다.
- [0013] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 컨트롤러는, 물질의 두께에 따른 방사선 에너지 감소 비율에 대한 데이터를 기초로, 상기 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 컨트롤러는, 상기 방사선 소스와 상기 측정 샘플 사이의 거리를, 제로(0)에서부터 상기 제1 거리까지 변화하도록 상기 액추에이터를 제어할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 컨트롤러는, 상기 측정 샘플의 SER이 최대가 되는 제2 거리를 계산할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 제1 거리와 상기 제2 거리는, 상기 방사선 소스와 상기 측정 샘플 사이의 거리에 따른 SER을 나타내는 데이터를 기초로 계산될 수 있다.
- [0017] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 컨트롤러는, 미리 정한 기준 시간 내에 상기 측정 샘플에서 발생하는 싱글 이벤트(SE)의 발생 횟수를 기초로, 상기 측정 샘플의 SER을 계산할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 컨트롤러는, 상기 측정 샘플의 싱글 이벤트(SE)를 검출하기 위한 테스트 패턴(test pattern)과, 상기 테스트 패턴에 대한 결과값을 저장하는 메모리를 포함하고, 상기 싱글 이벤트(SE)가 발생하는 경우, 상기 싱글 이벤트(SE)가 발생한 부분의 값을, 상기 테스트 패턴에 대한 결과값을 이용하여 보정할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 방사선 소스는, 알파 입자(alpha Particle)를 방출하는 방사선 물질을 포함할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 액추에이터는, 기관 상에 수직하게 배치되고, 상기 기관 상에서 제1 방향으로 이동하는 필러부와, 상기 필러부에 가이드되어, 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 이동하는 연결부와, 상기 연결부의 일단에 연결되고, 상기 방사선 소스가 거치되는 거치부를 포함할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 거치부는, 상기 거치부의 하면에 형성되어, 상기 방사선 소스의 일부를 노출시키는 개구부를 포함할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 필러부는, 상기 측정 샘플과 상기 방사선 소스의 중심(C)을 일치시킬 수 있다.
- [0023] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 필러부와 상기 연결부의 동작을 제어하고, 상기 컨트롤러에 의해 제어되는 서브 컨트롤러를 더 포함할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 서브 컨트롤러는, 상기 필러부의 일측면 상에 배치될 수 있다.
- [0025] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 측정 샘플을 고정시키고, 상기 측정 샘플에 파워를 공급하며, 상기 측정 샘플에서 발생한 데이터를 상기 컨트롤러에 전달하는 DUT(Device Under Testing) 보드를 더 포함할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 컨트롤러에 테스트 패턴과 테스트 명령어를 전달하고, 상기 측정 샘플에 포함된 상기 금속과 상기 절연체 간의 비율에 대한 데이터를 수신하는 제어 단말기(control terminal)를 더 포함할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 제어 단말기는, 상기 컨트롤러와 무선 또는 유선으로 연결될 수 있다.
- [0028] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 측정 샘플은, 패시베이션층, BEOL, 및 FEOL을 포함하는 반도체 소자를 포함할 수 있다.
- [0029] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 금속은 구리(Cu) 또는 텅스텐(W)을 포함할 수 있다.
- [0030] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 반도체 테스트 장치의 다른 태양은, 방사선 소스와 측정 샘플의 중심을 얼라인(align) 시키고, 상기 방사선 소스와 상기 측정 샘플 사이의 거리를 조절하는 액추에이터, 및 상기 액추에이터의 동작을 제어하고, 상기 측정 샘플에 포함된 BEOL의 금속(metal)과 절연체(dielectric) 간의 비율을 계산하는 컨트롤러를 포함하되, 상기 액추에이터는, 기관 상에 수직하게 배치되고, 상기 기관 상에서 제1 방향으

로 이동하는 필러부와, 상기 필러부에 가이드되어, 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 이동하는 연결부와, 상기 연결부의 일단에 연결되고, 상기 방사선 소스가 거치되는 거치부를 포함한다.

- [0031] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 컨트롤러는, 상기 측정 샘플의 SER이 제로(0)가 되는 상기 방사선 소스와 상기 측정 샘플 사이의 최소 거리인 제1 거리를 계산하고, 상기 제1 거리를 기초로, 상기 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산할 수 있다.
- [0032] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 컨트롤러는, 상기 제1 거리와, 상기 측정 샘플에 포함된 패시베이션층의 두께와, 상기 측정 샘플에 포함된 BEOL의 두께를 기초로, 상기 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산할 수 있다.
- [0033] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 컨트롤러는, 상기 BEOL의 두께와, 상기 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율에 대한 관계를 나타내는 룩업 테이블(LUT)을 이용하여, 상기 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산할 수 있다.
- [0034] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 컨트롤러는, 상기 측정 샘플의 SER이 최대가 되는 제2 거리를 계산할 수 있다.
- [0035] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 컨트롤러는, 미리 정한 기준 시간 내에 상기 측정 샘플에서 발생하는 싱글 이벤트(SE)의 발생 횟수를 기초로, 상기 측정 샘플의 SER을 계산할 수 있다.
- [0036] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 컨트롤러는, 상기 방사선 소스와 상기 측정 샘플 사이의 거리를, 제로(0)에서부터 상기 제1 거리까지 변화하도록 상기 액츄에이터를 제어할 수 있다.
- [0037] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 제1 방향은, X-Y 평면상의 임의의 방향을 포함하고, 상기 제2 방향은, 상기 X-Y 평면과 수직한 Z축 방향을 포함할 수 있다.
- [0038] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 데이터 분석 장치의 일 태양은, 프로세서, 및 입력 데이터를 제공받고, 상기 프로세서를 이용하여 측정 샘플에 포함된 금속(metal)과 절연체(dielectric) 간의 비율을 도출하는 데이터 분석 모듈이 저장된 메모리를 포함하되, 상기 입력 데이터는, 상기 측정 샘플과 방사선 소스와의 측정 거리에 따른 싱글 이벤트(SE)의 발생 빈도를 포함하고, 상기 프로세서는, 상기 측정 거리에 따른 상기 싱글 이벤트(SE)의 발생 빈도를 기초로, 상기 측정 샘플의 SER을 계산하고, 상기 측정 거리에 따른 상기 SER에 대한 데이터를 이용하여, 상기 SER이 제로(0)인 제1 거리와, 상기 SER이 최대치인 제2 거리를 계산하고, 상기 제1 거리를 기초로, 상기 측정 샘플에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산하는 것을 포함한다.
- [0039] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 프로세서는, 상기 제1 거리와, 상기 측정 샘플에 포함된 패시베이션층의 두께와, 상기 측정 샘플에 포함된 BEOL의 두께를 기초로, 상기 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산할 수 있다.
- [0040] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 프로세서는, 상기 BEOL의 두께와, 상기 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율에 대한 관계를 나타내는 룩업 테이블(LUT)을 이용하여, 상기 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산할 수 있다.
- [0041] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 프로세서는, 물질의 두께에 따른 방사선 에너지 감소 비율에 대한 데이터를 기초로, 상기 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산할 수 있다.
- [0042] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 메모리는, 상기 측정 샘플에 전달되는 테스트 패턴과, 상기 테스트 패턴에 대한 결과값에 대한 데이터를 저장하고, 상기 측정 거리에 따른 상기 싱글 이벤트(SE)의 발생 빈도를 저장할 수 있다.
- [0043] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 싱글 이벤트(SE)가 발생하는 경우, 상기 프로세서는 상기 싱글 이벤트(SE)가 발생한 부분의 값을, 상기 메모리에 저장된 상기 테스트 패턴에 대한 결과값을 이용하여 보정할 수 있다.
- [0044] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 싱글 이벤트(SE)의 발생 빈도는, 미리 정한 기준 시간 내에 상기 측정 샘플에서 발생하는 싱글 이벤트(SE)의 발생 횟수를 기초로 계산될 수 있다.
- [0045] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 데이터 분석 장치의 다른 태양은, 측정 샘플에 포함된 BEOL의 금속(metal)과 절연체(dielectric) 간의 비율을 계산하기 위한 알고리즘 및 룩업 테이블(LUT)을 저장하는 메모리, 및 상기 알고리즘을 수행하는 프로세서를 포함하되, 상기 룩업 테이블은, 상기 BEOL의 두께와, 상기 BEOL에 포

함된 금속과 절연체 간의 비율에 대한 상관 관계에 대한 데이터를 포함하고, 상기 알고리즘은, 상기 측정 샘플에서 발생한 싱글 이벤트(SE)를 기초로, 상기 측정 샘플의 SER이 제로(0)가 되는 방사선 소스와 상기 측정 샘플 사이의 제1 거리를 계산하고, 상기 제1 거리와 상기 룩업 테이블을 기초로, 상기 BEOL의 금속과 절연체 간의 비율을 계산한다.

- [0046] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 알고리즘은, 미리 정한 기준 시간 내에 상기 측정 샘플에서 발생하는 싱글 이벤트(SE)의 발생 횟수를 기초로, 상기 측정 샘플의 SER을 계산할 수 있다.
- [0047] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 메모리는, 상기 측정 샘플의 싱글 이벤트(SE)를 검출하기 위한 테스트 패턴, 상기 테스트 패턴에 대한 결과값을 포함하고, 상기 알고리즘은, 상기 싱글 이벤트(SE)가 발생하는 경우, 상기 싱글 이벤트(SE)가 발생한 부분의 값을, 상기 테스트 패턴에 대한 결과값을 이용하여 보정할 수 있다.
- [0048] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 반도체 테스트 방법의 일 태양은, 측정 샘플과 방사선 소스와의 측정 거리에 따른 싱글 이벤트(SE)의 발생 빈도를 측정하고, 상기 측정 거리에 따른 상기 싱글 이벤트(SE)의 발생 빈도를 기초로, 상기 측정 샘플의 SER을 계산하고, 상기 측정 거리에 따른 상기 SER에 대한 데이터를 이용하여 상기 SER이 제로(0)인 제1 거리를 계산하고, 상기 제1 거리를 기초로, 상기 측정 샘플에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산하는 것을 포함한다.
- [0049] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 측정 샘플의 SER이 최대가 되는 제2 거리를 계산하는 것을 더 포함할 수 있다.
- [0050] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 측정 샘플에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산하는 것은, 상기 측정 샘플의 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산하는 것을 포함할 수 있다.
- [0051] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산하는 것은, 상기 BEOL의 두께와, 상기 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율에 대한 관계를 나타내는 룩업 테이블(LUT)을 기초로 계산하는 것을 포함할 수 있다.
- [0052] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 측정 샘플에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산하는 것은, 상기 제1 거리와, 상기 측정 샘플에 포함된 패시베이션층의 두께와, 상기 측정 샘플에 포함된 BEOL의 두께에 대한 데이터를 이용하는 것을 포함할 수 있다.
- [0053] 본 발명의 몇몇 실시예에서, 상기 싱글 이벤트(SE)의 발생 빈도는, 미리 정한 기준 시간 내에 상기 측정 샘플에서 발생하는 싱글 이벤트(SE)의 발생 횟수를 기초로 계산될 수 있다.
- [0054] 본 발명의 기타 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

도면의 간단한 설명

- [0055] 도 1은 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 반도체 테스트 장치를 설명하기 위한 사시도이다.
- 도 2는 도 1의 A - A를 따라서 절단한 단면도이다.
- 도 3은 도 1의 B - B를 따라서 절단한 단면도이다.
- 도 4는 도 1의 액츄에이터에서 거치부와 연결부의 하면을 도시한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 반도체 테스트 장치를 설명하기 위한 블록도이다.
- 도 6은 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 방사선 소스와 측정 샘플을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 데이터 분석 장치를 설명하기 위한 블록도이다.
- 도 8은 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 반도체 테스트 장치의 동작 방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 9는 도 8의 SER 테스트 방법을 구체적으로 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 10은 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 반도체 테스트 장치의 데이터 분석 방법을 구체적으로 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 11은 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 방사선 소스와 측정 샘플간의 거리(Distance)에 따른 측정 샘플의 SER을 나타내는 그래프이다.

도 12는 물질의 두께에 따른 방사선 에너지 감소 비율을 나타내는 그래프이다.

도 13a 내지 도 13c는 각각의 방사선 에너지에 따른, 침투 깊이(penetration depth)와 금속-절연체 사이의 비율을 나타내는 테이블이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0056] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 도면에서 층 및 영역들의 상대적인 크기는 설명의 명료성을 위해 과장된 것일 수 있다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0057] 소자(elements) 또는 층이 다른 소자 또는 층의 "위(on)" 또는 "상(on)"으로 지칭되는 것은 다른 소자 또는 층의 바로 위뿐만 아니라 중간에 다른 층 또는 다른 소자를 개재한 경우를 모두 포함한다. 반면, 소자가 "직접 위(directly on)" 또는 "바로 위"로 지칭되는 것은 중간에 다른 소자 또는 층을 개재하지 않은 것을 나타낸다.
- [0058] 비록 제1, 제2 등이 다양한 소자, 구성요소 및/또는 섹션들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 소자, 구성요소 및/또는 섹션들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 소자, 구성요소 또는 섹션들을 다른 소자, 구성요소 또는 섹션들과 구별하기 위하여 사용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 소자, 제1 구성요소 또는 제1 섹션은 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 소자, 제2 구성요소 또는 제2 섹션일 수도 있음은 물론이다.
- [0059] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0060] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0061] 이하에서, 도 1 내지 도 13c를 참조하여, 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 반도체 테스트 장치 및 방법과 데이터 분석 장치에 대해 설명한다.
- [0062] 도 1은 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 반도체 테스트 장치를 설명하기 위한 사시도이다. 도 2는 도 1의 A - A를 따라서 절단한 단면도이다. 도 3은 도 1의 B - B를 따라서 절단한 단면도이다. 도 4는 도 1의 액츄에이터에서 거치부와 연결부의 하면을 도시한 도면이다. 도 5는 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 반도체 테스트 장치를 설명하기 위한 블럭도이다.
- [0063] 도 1 내지 도 5를 참조하면, 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 반도체 테스트 장치는 기관(110), 액츄에이터(actuator)(120), 서브 컨트롤러(sub controller)(130), DUT(Device Under Testing; 이하 DUT) 보드(140), 메인 컨트롤러(main controller)(150), 제어 단말기(control terminal)(160)를 포함한다.
- [0064] 기관(110)은 액츄에이터(120), DUT 보드(140), 및 메인 컨트롤러(150)의 하부에 위치할 수 있다. 기관(110)은 액츄에이터(120)와 DUT 보드(140)와 메인 컨트롤러(150)를 지지할 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 예를 들어, 메인 컨트롤러(150)는 기관(110)과 별개로 분리되어 위치할 수 있다.
- [0065] 기관(110)은 예를 들어, 반도체(semiconductor) 기관일 수 있다. 또한, 기관(110)은 필요에 따라서는 반도체 기관이 아닌 유기(organic) 플라스틱, 금속 물질, 또는 절연체 물질을 포함할 수 있다.
- [0066] 도면에 명확하게 도시하지는 않았으나, 기관(110) 내에는 액츄에이터(120)의 필러부(122)를 움직이게 하는 구동장치를 포함할 수 있다. 상기 구동장치는 메인 컨트롤러(150) 또는 서브 컨트롤러(130)에 의해 동작이 제어될 수 있으며, 필러부(122)의 위치를 변경시킬 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0067] 액츄에이터(120)는 기관(110) 상에 위치할 수 있다. 구체적으로 액츄에이터(120)는 기관(110) 상에서 기관(11

0)의 상면을 따라 움직이거나, 고정되어 있을 수 있다. 액츄에이터(120)는 방사선 소스(300)를 거치할 수 있으며, 방사선 소스(300)의 위치 또는 높이를 조절할 수 있다.

- [0068] 액츄에이터(120)는 필러부(122), 연결부(124), 거치부(126)를 포함할 수 있다.
- [0069] 구체적으로, 필러부(122)는 기관(110) 상에 수직하게 배치되고, 상기 기관(110) 상에서 제1 방향으로 이동할 수 있다. 이때 제1 방향은 X-Y 평면상의 임의의 방향을 포함한다. 예를 들어, 필러부(122)는 기관(110)의 상면 상에서 전후좌우, 대각선 등의 방향으로 움직일 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0070] 연결부(124)는 필러부(122)에 가이드되어, 상기 제1 방향에 수직한 제2 방향으로 이동할 수 있다. 제2 방향은 X-Y 평면과 수직한 Z축 방향을 포함할 수 있다. 따라서, 연결부(124)는 필러부(122)의 일면을 따라 상하로 움직일 수 있다. 연결부(124)는 필러부(122)의 일면에 수직하도록 배치될 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0071] 거치부(126)는 연결부(124)의 일단에 연결되고, 방사선 소스(300)를 거치할 수 있다. 거치부(126)는 방사선 소스(300)를 거치할 수 있도록 상부에 오목한 트렌치(129)가 형성될 수 있다. 트렌치(129)의 일 단면의 형상은 방사선 소스(300)의 일 단면의 형상과 일치할 수 있다. 예를 들어, 방사선 소스(300)의 일면의 형상은, 트렌치(129)의 바닥면의 형상과 동일할 수 있다. 트렌치(129)는 방사선 소스(300)와 결합하여, 방사선 소스(300)가 거치부(126) 상에서 움직이지 않게 고정시킬 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0072] 거치부(126)는 연결부(124)와 일체로 형성될 수 있다. 거치부(126)는 연결부(124)와 동일한 물질로 형성될 수 있다. 예를 들어, 거치부(126)는 방사선이 통과하지 못하는 재질로 형성될 수 있다. 거치부(126)의 일면은 연결부(124)의 일면보다 크게 형성될 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0073] 도 4를 참조하면, 거치부(126)는 하면에 개구부(127)를 포함할 수 있다. 개구부(127)는 거치부(126)는 하면의 중심(C)에 위치할 수 있다. 개구부(127)는 방사선 소스(300)의 일부를 노출시킬 수 있고, 방사선 소스(300)에서 나온 방사선(R)의 일부는 개구부(127)를 통해 아래 방향으로 방출될 수 있다. 도면에서 개구부(127)의 형상은 사각형으로 도시되었으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 개구부(127)는 원형, 타원형, 다각형의 형상을 포함할 수 있다.
- [0074] 또한, 도면에 명확하게 도시하지는 않았으나, 거치부(126)는 개구부(127)의 크기를 조절할 수 있는 조절 장치를 포함할 수 있다. 조절 장치를 통하여 개구부(127)의 크기를 조절함으로써, 아래 방향으로 방출되는 방사선(R)의 세기 또는 방출되는 방사선(R)의 양을 조절할 수 있다.
- [0075] 거치부(126)의 아래에는 측정 샘플(200)이 위치할 수 있다. 액츄에이터(120)는 거치부(126)에 거치된 방사선 소스(300)의 중심(C)과, 거치부(126) 하부에 위치하는 측정 샘플(200)의 중심(C)이 일치하도록 필러부(122)의 위치가 이동될 수 있다. 또한, 액츄에이터(120)는 방사선 소스(300)와 측정 샘플(200) 사이의 거리(distance; 이하 D)를 조절할 수 있다.
- [0076] 서브 컨트롤러(130)는 필러부(122)와 연결부(124)의 동작을 제어할 수 있다. 구체적으로, 서브 컨트롤러(130)는 필러부(122)의 기관(110) 상에서의 이동과, 연결부(124)의 필러부(122) 상에서의 이동을 조절할 수 있다. 이를 통해, 측정 샘플(200)과 방사선 소스(300)의 중심(C)을 일치시켜 서로 오버랩되도록 할 수 있다. 서브 컨트롤러(130)의 동작은 메인 컨트롤러(150)에 의해 제어될 수 있다.
- [0077] 도 3에 도시된 바와 같이, 서브 컨트롤러(130)는, 필러부(122)의 일측면 상에 배치될 수 있다. 서브 컨트롤러(130)는 필러부(122)의 상부에 접하도록 배치될 수 있다. 서브 컨트롤러(130)는 연결부(124)를 가이드하는 필러부(122)의 일면과 마주보는 타면 상에 배치될 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 서브 컨트롤러(130)는 액츄에이터(120) 내에 포함되거나, 메인 컨트롤러(150) 내에 포함될 수 있다.
- [0078] DUT 보드(140)는 측정 샘플(200)을 고정시킬 수 있다. 또한, DUT 보드(140)는 측정 샘플(200)에 파워를 공급하며, 측정 샘플(200)에서 발생한 데이터를 메인 컨트롤러(150)에 전달할 수 있다. DUT 보드(140)는 메인 컨트롤러(150)에 의해 제어될 수 있다. DUT 보드(140)는 측정 샘플(200)과 메인 컨트롤러(150)를 연결하기 위한 브릿지(bridge) 역할을 할 수 있다. 또한, DUT 보드(140)는 측정 샘플(200)에 공급하는 파워를 일정하게 유지시키고, 파워 공급을 제어할 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0079] 메인 컨트롤러(150)는 액츄에이터의 동작을 제어하고, 방사선 소스(300)와 측정 샘플(200)의 거리(D)에 따른 측정 샘플(200)의 SER(Soft Error Rate)을 계산할 수 있다. 메인 컨트롤러(150)는 측정 샘플(200)의 동작을 제어할 수 있다. 메인 컨트롤러(150)는 측정 샘플(200)을 테스트하기 위한 알고리즘, 테스트 패턴(Test Pattern),

상기 테스트 패턴에 대한 결과값을 저장할 수 있다. 메인 컨트롤러(150)는 상기 알고리즘을 이용하여, 측정 샘플(200)의 SER이 제로(0)가 되는 방사선 소스(300)와 측정 샘플(200) 사이의 제1 거리를 계산하고, 상기 제1 거리를 기초로 측정 샘플(200)에 포함된 금속(metal)과 절연체(dielectric) 간의 비율을 계산할 수 있다.

- [0080] 또한, 메인 컨트롤러(150)는 측정 샘플(200)의 SER이 최대가 되는 제2 거리를 계산할 수 있다. 이때, 상기 제1 거리와 상기 제2 거리는 방사선 소스(300)와 측정 샘플(200) 사이의 거리에 따른 SER을 나타내는 데이터(예를 들어, 도 11과 같은 그래프)를 기초로 계산될 수 있다. 이를 위해, 메인 컨트롤러(150)는 방사선 소스(300)와 측정 샘플(200) 사이의 거리를, 제로(0)에서부터 제1 거리까지 변화하도록 액츄에이터(120)를 제어할 수 있다.
- [0081] 메인 컨트롤러(150)에서 측정 샘플(200)에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산하는 방법에 대한 구체적인 설명은 이후 도 8 내지 도 10을 참조하여 후술하도록 한다.
- [0082] 또한, 도면에 명확하게 도시하지는 않았으나, 메인 컨트롤러(150)는 알고리즘을 수행하기 위한 프로세서와, 알고리즘 및 계산을 위한 데이터를 저장하는 메모리를 포함할 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0083] 제어 단말기(160)는 메인 컨트롤러(150)에 테스트 패턴과 테스트 명령어를 전달하고, 측정 샘플(200)에 포함된 금속과 절연체 간의 비율에 대한 데이터를 수신할 수 있다. 도면에는 제어 단말기(160)와 메인 컨트롤러(150)가 유선으로 연결된 것으로 도시되었으나, 제어 단말기(160)는 메인 컨트롤러(150)와 유선 또는 무선으로 연결될 수 있다.
- [0084] 제어 단말기(160)는 사용자에게 반도체 테스트 장치를 제어할 수 있는 인터페이스를 제공할 수 있다. 즉, 사용자는 제어 단말기(160)를 통하여 메인 컨트롤러(150)를 제어할 수 있다. 예를 들어, 제어 단말기(160)는 메인 컨트롤러(150)에 저장된 알고리즘을 수정하거나, 새로운 알고리즘을 추가할 수 있고, 메인 컨트롤러(150)를 통하여 액츄에이터(120)의 동작을 제어할 수 있다. 또한, 제어 단말기(160)는 메인 컨트롤러(150)에 테스트 패턴과 테스트 명령어를 제공하여, 측정 샘플(200)을 동작 및 테스트 할 수 있다. 제어 단말기(160)는 메인 컨트롤러(150)로부터 측정 샘플(200)의 테스트 결과를 수신하여 사용자에게 제공할 수 있다.
- [0085] 예를 들어, 제어 단말기(160)는 개인용 컴퓨터(Personal Computer), UMPC (Ultra Mobile PC), 워크스테이션, 넷북(net-book), PDA (Personal Digital Assistants), 포터블(portable) 컴퓨터, 웹 태블릿(web tablet), 무선 전화기(wireless phone), 모바일 폰(mobile phone), 스마트폰(smart phone), e-북(e-book), PMP(portable multimedia player), 네비게이션(navigation) 장치, 블랙 박스(black box), 정보를 무선 환경에서 송수신할 수 있는 장치, 홈 네트워크를 구성하는 다양한 전자 장치들 중 하나, 컴퓨터 네트워크를 구성하는 다양한 전자 장치들 중 하나, 텔레매틱스 네트워크를 구성하는 다양한 전자 장치들 중 하나, RFID 장치, 또는 컴퓨팅 시스템을 구성하는 다양한 구성 요소들 중 하나 등과 같은 전자 장치의 다양한 구성 요소들 중 하나로 제공될 수 있다. 또한, 제어 단말기(160)는 정보를 유선 또는 무선환경에서 송신 및/또는 수신할 수 있는 모든 전자 제품에 적용될 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0086] 도 6은 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 방사선 소스와 측정 샘플을 설명하기 위한 도면이다.
- [0087] 도 6을 참조하면, 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 측정 샘플(200)은, 패시베이션층(passivation layer), BEOL(Back-End-Of-Line; 이하 BEOL), 및 FEOL(Front-End-Of-Line; 이하 FEOL)을 포함하는 반도체 소자를 포함할 수 있다.
- [0088] 측정 샘플(200)은 방사선 소스(300)와 측정거리(D)만큼 이격될 수 있다. 측정거리(D)가 제로(0)인 경우, 측정 샘플(200)과 방사선 소스(300)는 접할 수 있다. 방사선 소스(300)와 측정 샘플(200) 사이에는 특정 매질의 물질이 위치할 수 있다. 예를 들어, 방사선 소스(300)와 측정 샘플(200) 사이에는 공기(air)가 위치할 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니고, 방사선 소스(300)와 측정 샘플(200) 사이에는 공기와 다른 특성(예를 들어, 밀도, 전도율 등)을 갖는 매질이 배치될 수 있다.
- [0089] 측정 샘플(200)은 패시베이션층, BEOL, 및 FEOL이 순차적으로 위치할 수 있다. 패시베이션층은 복수의 레이어가 스택(stack)된 단층 구조를 포함할 수 있다. 패시베이션층은 외부의 노이즈 또는 외부의 환경 요인으로부터 BEOL 또는 FEOL을 보호하는 역할을 할 수 있다. 따라서, 패시베이션층은 외부로 노출되도록 배치될 수 있다. 패시베이션층은 금속, 결정질 물질, 비결정질 물질, SixNy, SiOxNy, AlOxNy 등의 물질을 포함할 수 있으나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0090] BEOL은 금속과 절연체가 스택되어 있는 구조를 포함할 수 있다. 금속과 절연체는 BEOL 내에서 일정한 비율을 가

질 수 있다. BEOL 내에 포함된 금속과 절연체의 비율에 따라, 방사선 입자의 투과율이 달라질 수 있다.

- [0091] FEOL은 실질적으로 회로를 구성하는 능동 또는 수동 소자들을 포함할 수 있다. 예를 들어, FEOL은 트랜지스터, 커패시터, 다이오드 등을 포함할 수 있다. FEOL은 반도체 기판 상에 형성되며, 이러한 반도체 기판은 실리콘, 스트레인 실리콘(strained Si), 실리콘 합금, 실리콘 카바이드(SiC), 실리콘 게르마늄(SiGe), 실리콘 게르마늄 카바이드(SiGeC), 게르마늄, 게르마늄 합금, 갈륨 아세나이드(GaAs), 인듐 아세나이드(InAs) 및 III-V 반도체, II-VI 반도체 중 하나, 이들의 조합물, 이들의 적층물을 포함할 수 있다.
- [0092] 측정 샘플(200)은 다양한 형태들의 패키지로 실장될 수 있다. 예를 들면, 측정 샘플(200)은 PoP(Package on Package), Ball grid arrays(BGAs), Chip scale packages(CSPs), Plastic Leaded Chip Carrier(PLCC), Plastic Dual In Line Package(PDIP), Die in Waffle Pack, Die in Wafer Form, Chip On Board(COB), Ceramic Dual In Line Package(CERDIP), Plastic Metric Quad Flat Pack(MQFP), Thin Quad Flatpack(TQFP), Small Outline(SOIC), Shrink Small Outline Package(SSOP), Thin Small Outline(TSOP), Thin Quad Flatpack(TQFP), System In Package(SIP), Multi Chip Package(MCP), Wafer-level Fabricated Package(WFP), Wafer-Level Processed Stack Package(WSP) 등과 같은 방식으로 패키지화되어 실장될 수 있다.
- [0093] 또한, 측정 샘플(200)은, 하나의 반도체 장치로 집적된 DDR SDRAM(Double Data Rate Static DRAM), SDR SDRAM(Single Data Rate SDRAM)과 같은 하나 이상의 휘발성 메모리 장치 및/또는 EEPROM(Electrical Erasable Programmable ROM), 플래시 메모리(flash memory)과 같은 하나 이상의 비휘발성 메모리 장치를 포함할 수 있다.
- [0094] 방사선 소스(300)는 알파 입자(alpha Particle)를 방출하는 방사선 물질을 포함할 수 있다. 알파 입자를 방출하는 방사선 물질을 포함하는 방사선 소스(300)를 사용하는 경우, 알파 입자에 의해 측정 샘플(200)에서 발생하는 알파-SER(alpha-SER; 이하 SER)을 측정할 수 있다. 알파 입자는 방사선 소스(300)에서 방출되어 공기층을 통과함에 따라, 에너지의 일부를 잃고, 패시베이션층과 BEOL층을 통과함에 따라, 다시 에너지의 일부를 더 잃을 수 있다. 이후 남은 알파 입자가 FEOL 상에 도달하는 경우, 알파 입자는 FEOL 내에 포함된 반도체 소자가 정상적으로 동작하는 것을 방해할 수 있다. 이러한, 알파 입자의 방해로 인해 발생하는 어려움은 SER을 통해 수치로 나타낼 수 있다. 따라서, SER은 반도체 제조단계에서 반드시 고려해야 하는 신뢰성 요소 중의 하나이다.
- [0095] 본 발명의 반도체 테스트 장치는 알파 입자에 의한 측정 샘플(200)의 SER을 측정하고, 이를 분석하여 측정 샘플(200)의 SER을 최적의 비용으로 감소시키기 위한 패시베이션층 또는 BEOL의 설계 방법을 계산할 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 반도체 테스트 장치는 SER이 제0(0)가 되는 방사선 소스(300)와 측정 샘플(200) 사이의 최소 거리인 제1 거리, SER이 최대가 되는 제2 거리, 측정 샘플(200)의 BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율 등을 계산할 수 있다. 이때, BEOL에 포함된 금속은 구리(Cu) 또는 텅스텐(W)을 포함할 수 있다.
- [0096] 본 발명의 반도체 테스트 장치는, BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산할 때, BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율에 대한 관계를 나타내는 룩업 테이블(LUT)을 이용할 수 있다. 또한, 본 발명의 반도체 테스트 장치는 물질의 두께에 따른 방사선 에너지 감소 비율에 대한 데이터를 기초로, BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산할 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0097] 이를 통해, 본 발명의 반도체 테스트 장치는 측정 샘플(200)의 알파 입자에 대한 제품 특성(product characteristic)을 분석할 수 있고, 알파 입자의 영향을 최소화 할 수 있는 BEOL 또는 패시베이션층의 스펙을 사용자에게 제공하여, 측정 샘플(200)의 성능을 개선시키는데 도움을 줄 수 있다.
- [0098] 도 7은 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 반도체 테스트 장치의 메인 컨트롤러를 설명하기 위한 블록도이다.
- [0099] 도 7을 참조하면, 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 데이터 분석 장치는 프로세서(1110), 입출력 장치(1120, I/O), 기억 장치(1130, memory device), 인터페이스(1140) 및 버스(1150, bus)를 포함할 수 있다.
- [0100] 프로세서(1110), 입출력 장치(1120), 기억 장치(1130) 및/또는 인터페이스(1140)는 버스(1150)를 통하여 서로 결합될 수 있다. 버스(1150)는 데이터들이 이동되는 통로(path)에 해당한다.
- [0101] 프로세서(1110)는 마이크로프로세서, 디지털 신호 프로세서, 마이크로컨트롤러, 및 이들과 유사한 기능을 수행할 수 있는 논리 소자들 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 본 발명의 몇몇 실시예에서, 프로세서(1110)는 복수의 코어를 포함하는 멀티 코어 환경으로 구성될 수 있다.
- [0102] 입출력 장치(1120)는 키패드(keypad), 키보드 및 디스플레이 장치등을 포함할 수 있다.
- [0103] 기억 장치(1130)는 데이터 및/또는 명령어등을 저장할 수 있다. 기억 장치(1130)는 DDR SDRAM(Double Data

Rate Static DRAM), SDR SDRAM(Single Data Rate SDRAM)과 같은 하나 이상의 휘발성 메모리 장치 및/또는 EEPROM(Electrical Erasable Programmable ROM), 플래시 메모리(flash memory)과 같은 하나 이상의 비휘발성 메모리 장치를 포함할 수 있다.

- [0104] 도시하지 않았지만, 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 반도체 테스트 장치는 프로세서(1110)의 동작을 향상시키기 위한 동작 메모리로서, 고속의 디램 및/또는 에스램 등을 더 포함할 수도 있다.
- [0105] 인터페이스(1140)는 통신 네트워크로 데이터를 전송하거나 통신 네트워크로부터 데이터를 수신하는 기능을 수행할 수 있다. 인터페이스(1140)는 유선 또는 무선 형태일 수 있다. 예컨대, 인터페이스(1140)는 안테나 또는 유무선 트랜시버등을 포함할 수 있다.
- [0106] 버스(1150)는 다층 구조를 가질 수 있다. 구체적으로, 이러한 버스(1150)의 예로는 다층 AHB(multi-layer Advanced High-performance Bus), 또는 다층 AXI(multi-layer Advanced eXtensible Interface)가 이용될 수 있으나, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0107] 데이터 분석 장치는, 앞에서 도 1 내지 도 5를 참조하여 설명한 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 반도체 테스트 장치의 메인 컨트롤러(150) 또는 제어 단말기(160)에 적용될 수 있다.
- [0108] 본 발명의 데이터 분석 장치에 대한 일 실시예로, 메인 컨트롤러(150)는 프로세서(1110)와, 메모리(1130)를 포함할 수 있다. 이때, 메모리(1130)는 외부에서 입력 데이터를 제공받고, 상기 프로세서(1110)를 이용하여 측정 샘플(200)에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 도출하는 데이터 분석 모듈이 저장될 수 있다.
- [0109] 입력 데이터는, 측정 샘플(200)과 방사선 소스(300)와의 측정 거리(D)에 따른 싱글 이벤트(SE)의 발생 빈도를 포함할 수 있다. 싱글 이벤트(SE)는 방사선 소스(300)에서 방출된 알파 입자에 의해 측정 샘플(200)에서 발생하는 에러를 나타낸다. 싱글 이벤트(SE)의 발생 빈도는, 미리 정한 기준 시간 내에 측정 샘플(200)에서 발생하는 싱글 이벤트(SE)의 발생 횟수를 기초로 계산될 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0110] 프로세서(1110)는 측정 거리에 따른 싱글 이벤트(SE)의 발생 빈도를 기초로, 측정 샘플의 SER을 계산하고, 측정 거리에 따른 SER에 대한 데이터를 이용하여, SER이 제로(0)인 제1 거리와, SER이 최대치인 제2 거리를 계산하고, 제1 거리를 기초로, 측정 샘플에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산할 수 있다.
- [0111] 이때, 프로세서(1110)는, 제1 거리와, 측정 샘플에 포함된 패시베이션층의 두께와, 측정 샘플에 포함된 BEOL의 두께를 기초로, BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산할 수 있다.
- [0112] 또한, 프로세서(1110)는, BEOL의 두께와, BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율에 대한 관계를 나타내는 룩업 테이블(LUT)을 이용하여, BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산할 수 있다. 프로세서(1110)는, 물질의 두께에 따른 방사선 에너지 감소 비율에 대한 데이터를 기초로, BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율을 계산할 수 있다.
- [0113] 메모리(1130)는, 측정 샘플에 전달되는 테스트 패턴과, 테스트 패턴에 대한 결과값에 대한 데이터를 외부에서 입력받아 저장할 수 있다. 메모리(1130)는 측정 거리에 따른 싱글 이벤트(SE)의 발생 빈도를 저장할 수 있다. 싱글 이벤트(SE)의 발생 빈도에 대한 데이터는 제어 단말기(160)를 통해 사용자에게 제공될 수 있다.
- [0114] 싱글 이벤트(SE)가 발생하는 경우, 프로세서(1110)는 싱글 이벤트(SE)가 발생한 부분의 값을, 메모리(1130)에 저장된 테스트 패턴에 대한 결과값을 이용하여 보정할 수 있다.
- [0115] 본 발명의 데이터 분석 장치에 대한 다른 실시예로, 메인 컨트롤러(150)는 측정 샘플에 포함된 BEOL의 금속과 절연체 간의 비율을 계산하기 위한 알고리즘 및 룩업 테이블(LUT)을 저장하는 메모리(1130)와, 상기 알고리즘을 수행하는 프로세서(1110)를 포함할 수 있다.
- [0116] 이때, 룩업 테이블(LUT)은, BEOL의 두께와, BEOL에 포함된 금속과 절연체 간의 비율에 대한 상관 관계에 대한 데이터를 포함할 수 있다.
- [0117] 알고리즘은, 측정 샘플에서 발생한 싱글 이벤트(SE)를 기초로, 측정 샘플의 SER이 제로(0)가 되는 방사선 소스와 측정 샘플 사이의 제1 거리를 계산하고, 제1 거리와 룩업 테이블을 기초로, BEOL의 금속과 절연체 간의 비율을 계산할 수 있다. 알고리즘은, 미리 정한 기준 시간 내에 측정 샘플에서 발생하는 싱글 이벤트(SE)의 발생 횟수를 기초로, 측정 샘플의 SER을 계산할 수 있다.
- [0118] 메모리(1130)는, 측정 샘플의 싱글 이벤트(SE)를 검출하기 위한 테스트 패턴, 테스트 패턴에 대한 결과값을 포

함할 수 있다. 이때, 알고리즘은, 싱글 이벤트(SE)가 발생하는 경우, 싱글 이벤트(SE)가 발생한 부분의 값을, 테스트 패턴에 대한 결과값을 이용하여 보정할 수 있다. 다만, 이는 본 발명의 일 실시예에 불과할 뿐, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

- [0119] 도 8은 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 반도체 테스트 장치의 동작 방법을 설명하기 위한 순서도이다. 도 9는 도 8의 SER 테스트 방법을 구체적으로 설명하기 위한 순서도이다. 도 10은 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 반도체 테스트 장치의 데이터 분석 방법을 구체적으로 설명하기 위한 순서도이다. 도 11은 본 발명의 몇몇 실시예에 따른 방사선 소스와 측정 샘플간의 거리(Distance)에 따른 측정 샘플의 SER을 나타내는 그래프이다. 도 12는 물질의 두께에 따른 방사선 에너지 감소 비율을 나타내는 그래프이다. 도 13a 내지 도 13c는 각각의 방사선 에너지에 따른, 침투 깊이(penetration depth)와 금속-절연체 사이의 비율을 나타내는 테이블이다.
- [0120] 우선 도 8을 참조하면, 액츄에이터(120)의 위치를 조절하여, 방사선 소스(300)와 측정 샘플(200) 사이의 거리(D)를 제로(0)로 만든다(S410). 이는 반도체 테스트 장치의 초기화에 해당한다. 이때, 메인 컨트롤러(150)는 액츄에이터(120)의 필러부(122)를 조절하여 방사선 소스(300)와 측정 샘플(200)의 중심을 얼라인(align) 시키고, 액츄에이터(120)의 연결부(124)를 조절하여 방사선 소스(300)와 측정 샘플(200) 사이의 거리(D)가 제로(0)가 되도록 만든다.
- [0121] 이어서, 방사선 소스(300)로부터 나오는 방사선(예를 들어, 알파 입자)의 양을 계산한다(S420). 이는 측정 샘플(200)에 입사되는 방사선의 양을 계산하기 위함이다. 방사선 소스(300)와 측정 샘플(200) 사이의 거리(D)가 제로(0)인 경우, 방사선 소스(300)에서 나오는 방사선이 손실없이 측정 샘플(200) 상에 입사될 수 있으나, 방사선 소스(300)와 측정 샘플(200) 사이의 거리(D)가 증가하는 경우, 측정 샘플(200)에 입사되는 방사선의 양은 점차 감소할 수 있다. 측정 샘플(200)에 입사되는 방사선의 양은, 방사선 소스(300)와 측정 샘플(200) 사이의 거리(D)를 기초로 계산할 수 있다.
- [0122] 이어서, 측정 샘플(200)의 SER을 테스트 한다(S430). 이에 대한 자세한 설명은 도 9를 참조하여 후술하도록 한다.
- [0123] 이어서, S430 단계에서 측정된 측정 샘플(200)의 SER이 제로인지 판단한다(S440).
- [0124] 이어서, S430 단계에서 측정된 측정 샘플(200)의 SER이 제로가 아닌 경우, 방사선 소스(300)와 측정 샘플(200) 사이의 거리(D)를 증가시킨다(S445). 이어서, S420 단계 내지 S440 단계를 반복한다.
- [0125] 반면, S430 단계에서 측정된 측정 샘플(200)의 SER이 제로인 경우, 방사선 소스(300)와 측정 샘플(200) 사이의 거리(D)에 따른 SER에 대한 데이터를 기초로, 거리(D)에 대한 SER의 그래프를 생성한다(S450).
- [0126] 이어서, 생성된 거리(D)에 대한 SER를 분석한다(S460). 이에 대한 자세한 설명은 도 10을 참조하여 후술하도록 한다.
- [0127] 도 9를 참조하면, 측정 샘플(200)의 SER을 테스트하는 방법은, 우선 테스트 패턴과, 상기 테스트 패턴에 대한 결과값을 메모리에 기록한다(S431). 테스트 패턴과 테스트 패턴에 대한 결과값은, 예를 들어, 측정 샘플(200)의 싱글 이벤트(SE)를 검출하기 위한 것으로, 제어 단말기(160)에서 수신하여, 메인 컨트롤러(150) 내에 포함된 메모리 내에 저장될 수 있다. 다만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니고, 메인 컨트롤러(150)에 테스트 패턴과 테스트 패턴에 대한 결과값은 미리 내장되어 있을 수 있다.
- [0128] 이어서, 측정 샘플(200)에서 발생한 싱글 이벤트(SE)이 발생했는지를 탐색한다(S433, S435). 싱글 이벤트(SE)의 발생 여부는 DUT 보드(140)를 통해 측정 샘플(200)에 테스트 패턴을 제공하고, 이에 대한 측정 샘플(200)의 출력이 테스트 패턴에 대한 결과값과 일치하는지를 통해 발견할 수 있다.
- [0129] 이어서, 싱글 이벤트(SE)가 발생한 경우, 싱글 이벤트(SE)의 발생 정보를 저장하고, 싱글 이벤트(SE)가 발생한 부분의 값을, 테스트 패턴에 대한 결과값을 이용하여 보정한다(S437).
- [0130] 이어서, SER 테스트 시간(T)이 기준시간(N)을 경과했는지 판단한다(S439). 만약, SER 테스트 시간(T)이 기준시간(N)을 경과하지 않은 경우, S433 단계 내지 S437 단계를 반복한다.
- [0131] 반면, SER 테스트 시간(T)이 기준시간(N)을 경과한 경우, SER 테스트를 종료한다.
- [0132] 만약, 싱글 이벤트(SE)가 발생하지 않은 경우, SER 테스트 시간(T)이 기준시간(N)을 경과했는지 판단한다. SER 테스트 시간(T)이 기준시간(N)을 경과하지 않은 경우, S433 단계 내지 S437 단계를 반복한다. 반면, SER 테스트 시간(T)이 기준시간(N)을 경과한 경우, SER 테스트를 종료한다.

150: 메인 컨트롤러

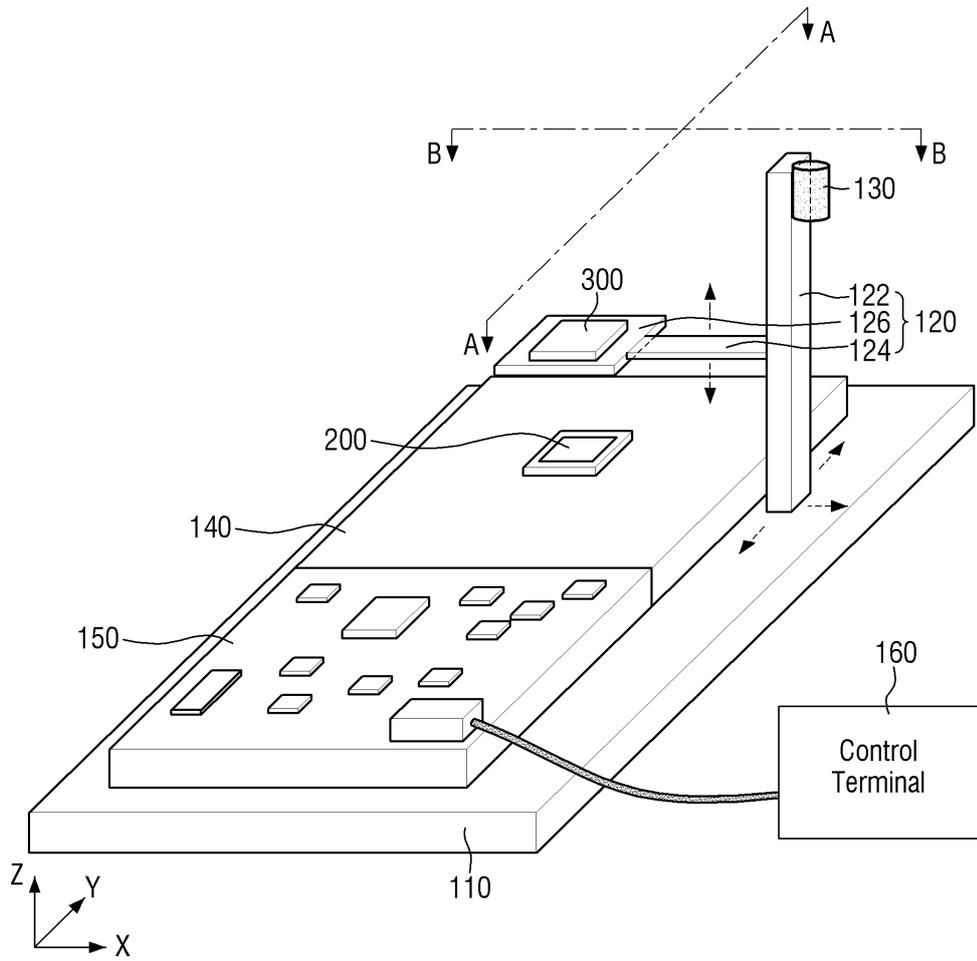
160: 제어 단말기

200: 측정 샘플

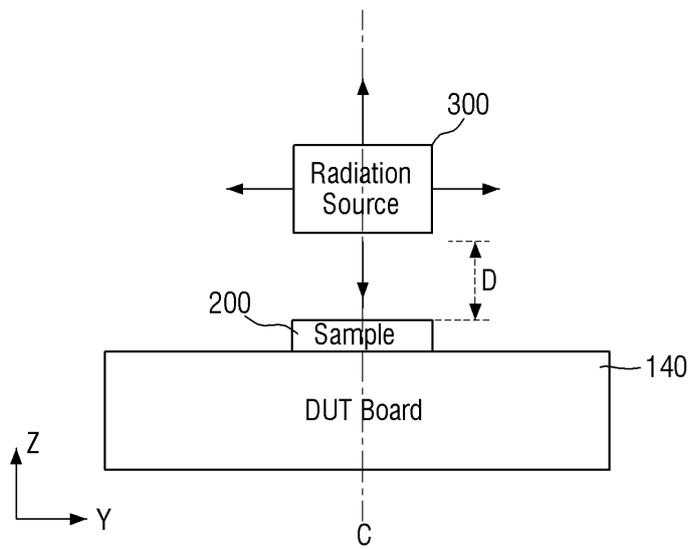
300: 방사선 소스

도면

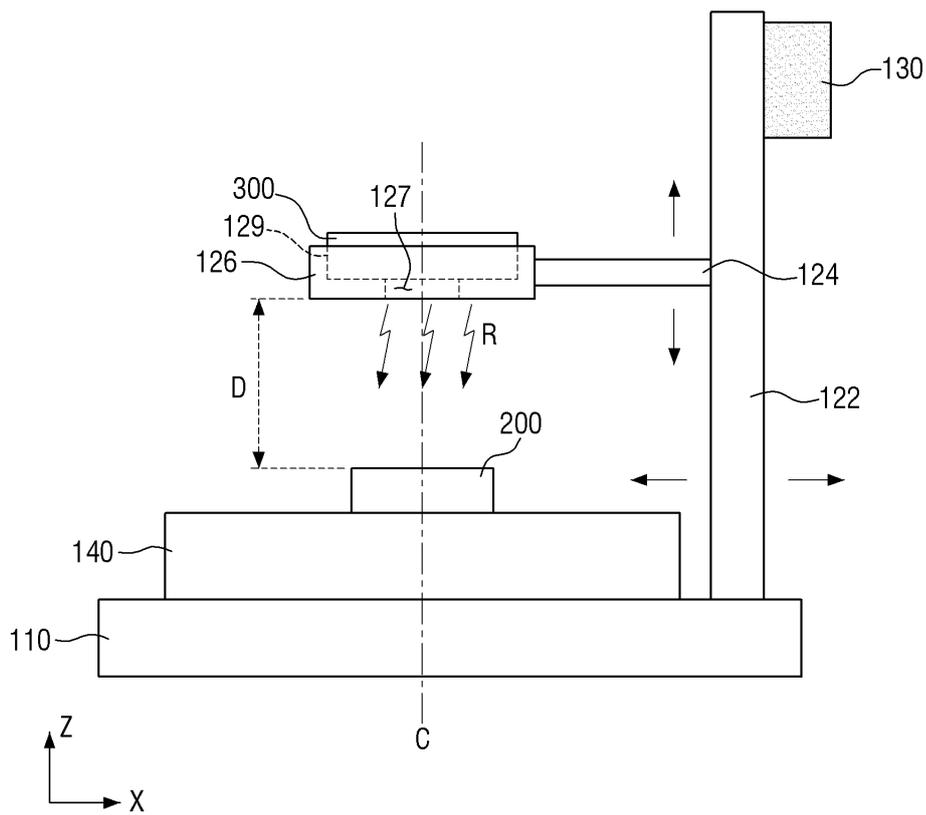
도면1



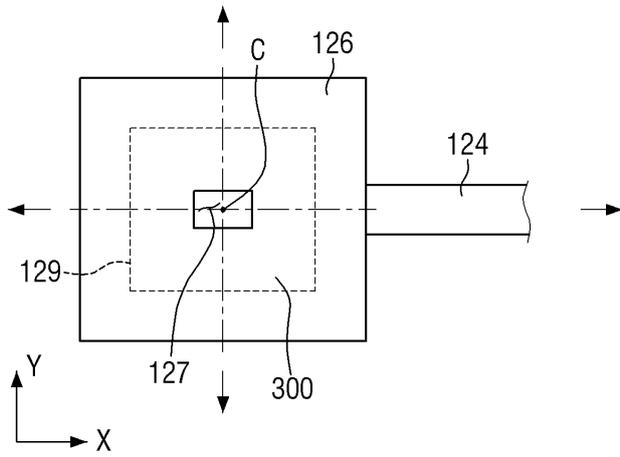
도면2



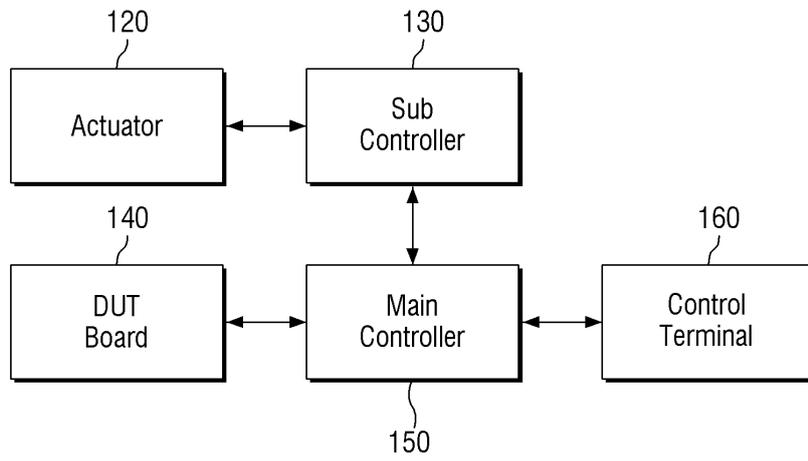
도면3



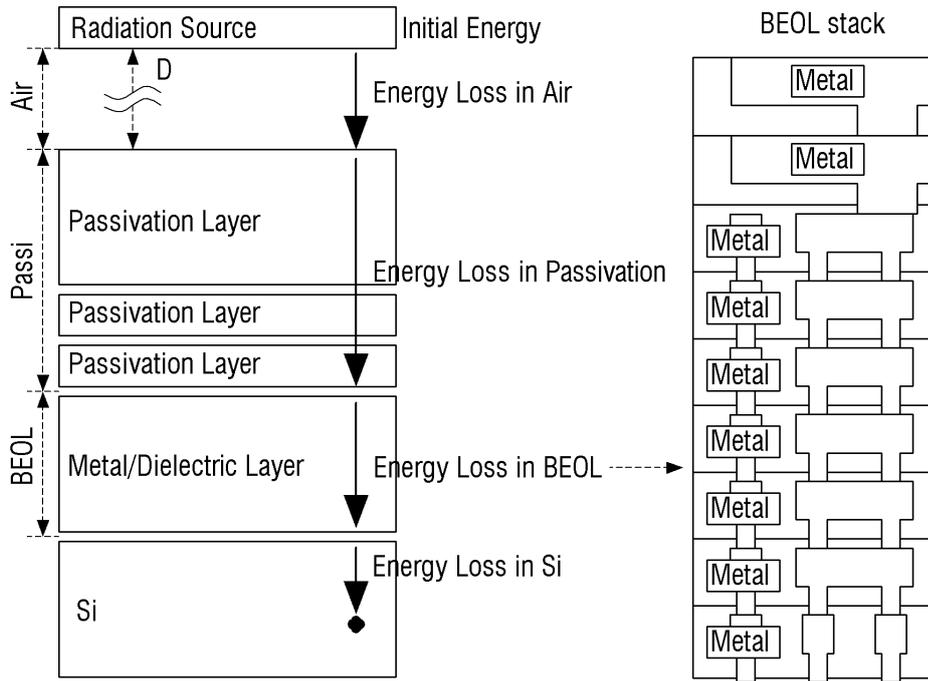
도면4



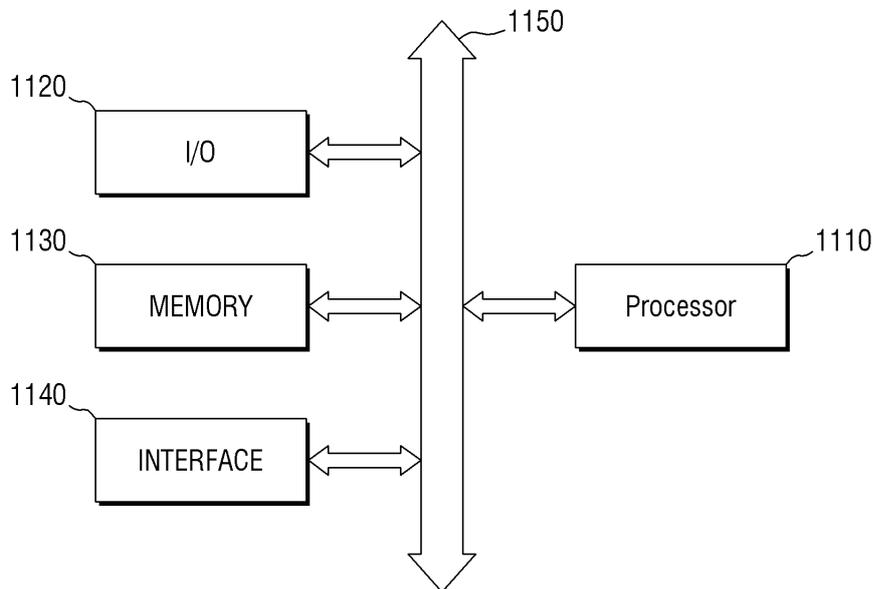
도면5



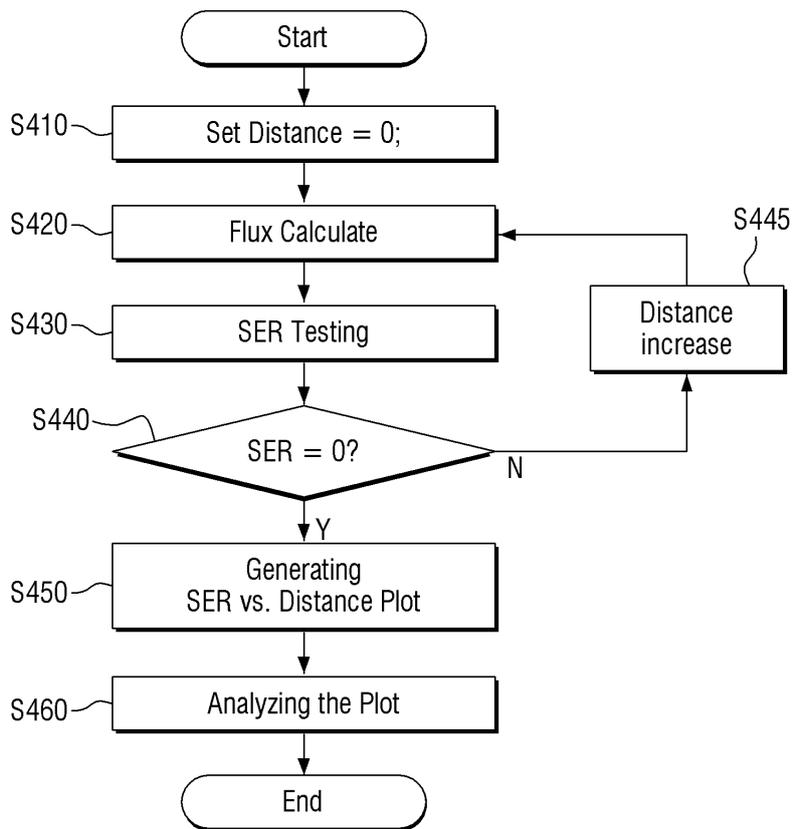
도면6



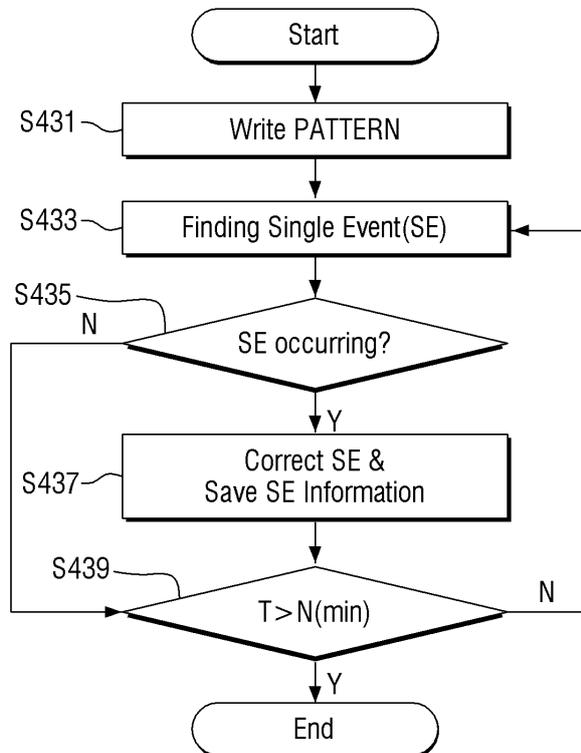
도면7



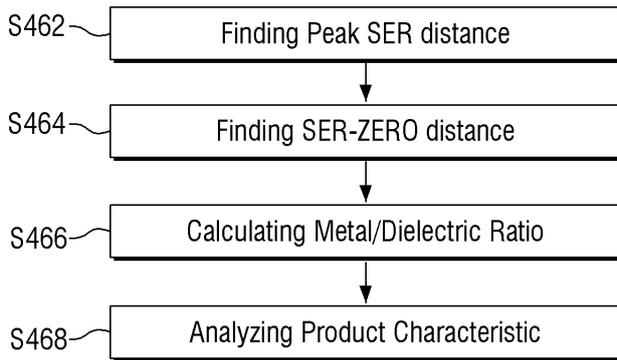
도면8



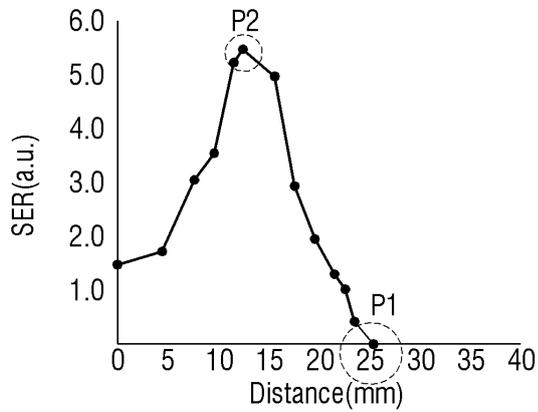
도면9



도면10

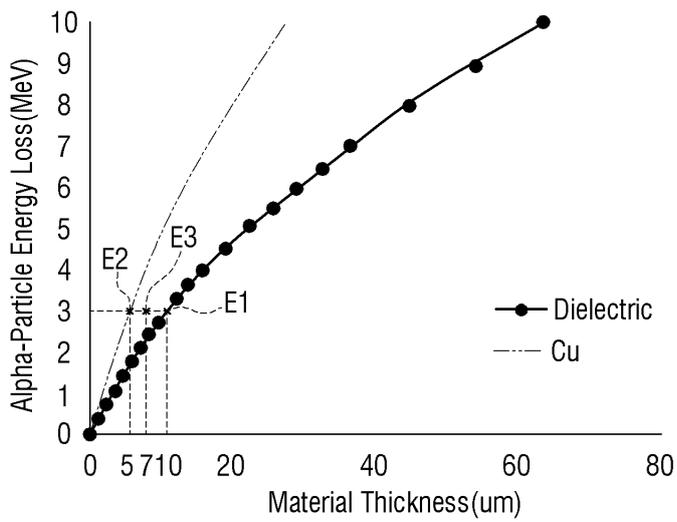


도면11



<SER vs. Distance Plot>

도면12



도면13a

<Alpha-Particle : 1.0 MeV)

Metal/Dielectric Ratio	Penetration depth(um)	Note
0.0	3.4	Dielectric 100%
0.2	3.1	
0.4	2.8	
0.6	2.5	
0.8	2.2	
1.0	1.9	Metal 100%

도면13b

<Alpha-Particle : 3.0 MeV)

Metal/Dielectric Ratio	Penetration depth(um)	Note
0.0	10.9	Dielectric 100%
0.2	9.82	
0.4	8.74	
0.6	7.66	
0.8	6.58	
1.0	5.5	Metal 100%

도면13c

<Alpha-Particle : 5.5 MeV)

Metal/Dielectric Ratio	Penetration depth(um)	Note
0.0	25.1	Dielectric 100%
0.2	22.4	
0.4	19.7	
0.6	16.9	
0.8	14.2	
1.0	11.5	Metal 100%