반도체 검사기술

한국과학기술정보연구원
전문연구위원 박세환
(world00117@reseat.re.kr)

1. 발명의 배경 및 주변기술

○ 반도체 제조는 일괄공정, 논리설계, Foundry 및 Chipless 등 전처리 공정(Front-End Process)과 어셈블리, 테스트 등 후처리 공정(Back-End Process)으로 분류할 수 있다.

- 반도체 제조공정은 800단계 이상의 초정밀 공정으로 이루어져 있어 반도체 장비의 종류도 매우 다양하다. 웨이퍼가공 이전의 전처리 장비, 웨이퍼가공 이후의 후처리 장비, 웨이퍼에 가스를 공급한 후 건조하여 이송시키는 이송 장비, 칩에 배선을 연결하여 안정성 있는 제품을 만드는 조립 장비 및 반도체의 성능을 시험하는 검사측정 장비 등으로 나누어진다.

- 가장 정밀성을 요구하는 전처리 장비가 전체 반도체 장비 비중의 60%를 차지하고 있으며 검사측청 장비, 조립 장비 순으로 산업구조가 형성되어 있다.

○ 반도체 장비는 논리회로설계, 실리콘 웨이퍼 제조 및 반도체 제조를 위한 준비단계에서 웨이퍼 가공, 칩 제작, 조립, 검사단계에 이르기까지의 전체 공정에 소요되는 장비를 의미한다.

- 본 발명은 전처리 과정을 거친 가공된 웨이퍼의 반도체적 성질(진성저항률, 전기전도도, 유전율 및 투자율 등)을 효과적이며 정밀하게 검사할 수 있는 매질 검사 장치에 관한 기술이다.

○ 본 발명에서 제안하고 있는 반도체 검사 기술과 관련된 주변기술로 최근의 기술개발 추세는 나노기술로써 다음과 같은 기술 분야에 적용되고 있다.

- 항균성 코팅(antimicrobial coating): 티타늄 다이옥사이드(TiO2)와 같은 광촉매를 이용하여 웨이퍼 표면을 살균하거나 이미 살균효과가 입증된 은을 나노 입자화하여 살균 능력을 강화할 수 있다.

- 지문방지(Anti-fingerprint): 금속재질 표면에 지문이 묻는 것은 피부의 지방성분이 표면에 묻어 금속의 광학적 굴절률이 변하기 때문이다. 지문방지 코팅은 지방성분과 비슷한 굴절률을 가져 지문이 묻어도 잘 안 보이는 효과가 있다.

- 부식 방지(Corosion protection): 반도체 웨이퍼나 금속성 부품 및 소재는 높은 온도에서 제조 공정을 거치기 때문에 표면이 쉽게 부식될 수 있는데 나노입자 코팅으로 고온에서의 부식을 막을 수 있다.

- 마모 방지(Wear and tear protection): 웨이퍼 표면의 마모를 막기 위해서는 마찰을 감소시키거나 표면 강화코팅이 필요한데, 탄소나노코팅 으로 마찰계수를 줄일 수 있다.

- 흠집 방지 및 자기 정화(Self-cleaning surfaces/Photocatalytic surface): 웨이퍼 재료로 가장 많이 이용되는 산화규소(SiO_2)와 같은 화합물의 표면에 발생하는 흠집은 곧 불순물이 되어 반도체의 물리적 성질을 변화시키는 요인이 될 수 있다. 이 같은 나노 분말 스크래칭을 방지할 수 있는 코팅재로 사용할 수 있으며, 웨이퍼 표면에 이산화 티타늄 같은 광촉매 오염물질을 쉽게 제거할 수 있다.

- 접착과 분리(Bond and disbond on command): 반도체 공정에서 강한 접착력을 위해 고온의 열을 가하는 경우가 있는데 자성 나노입자를 접착제에 분산시키면 전체적인 가열과정 없이 신속히 접착시킬 수 있는 효과가 있다. 이는 자성 나노입자가 전자기장 속에서 진동하면서 열을 발생시키는 특성을 이용한 것이다.

- 자외선 차단(UV protection): EPROM 같은 반도체의 창에 자외선 차단 기능을 갖게 하여 프로그래밍 된 논리기능이 오동작을 일으키거나, 심한 경우 지워져버릴 수 있는 현상을 막을 수 있다.

- 실링/댐핑(Sealing/damping): 반도체가 발산하는 강자성에 의해 자화력이 점차 저하되는 현상을 나노입자의 용매를 이용하여 자성 유체를 만들어 이를 방지할 수 있다.

- 터널링 효과(Tunneling effect): 두 개의 도체를 가까이 위치시켰을 때 진공과 같은 에너지 장벽을 전자가 뚫고 지나가는 현상을 이용하여 플래시 메모리에 전하를 저장하는 기술로 응용할 수 있다.

- GMR/TMR 효과: 하드디스크의 헤드와 같은 반도체 주위의 자기장에 따라 진성저항률이 변화하는 현상을 예방하여 수십 나노미터 정도로 근접하게 함으로써 헤드의 Read/Write 기능을 효율적으로 실행할 수 있다.

- 컴퓨터 전자소자(computation): 나노제품 중 가장 쉽게 접할 수 있는 제품은 나노미터 공정으로 제작된 CPU나 메모리 소자 등의 전자제품이다. 이러한 전자 소자들은 나노기술이 적용되면서 처리 속도는 더 빨라지고, 집적도가 높아지며 휴대성이 더 향상되고 있다.

ReSEAT

2. 발명의 상세한 설명

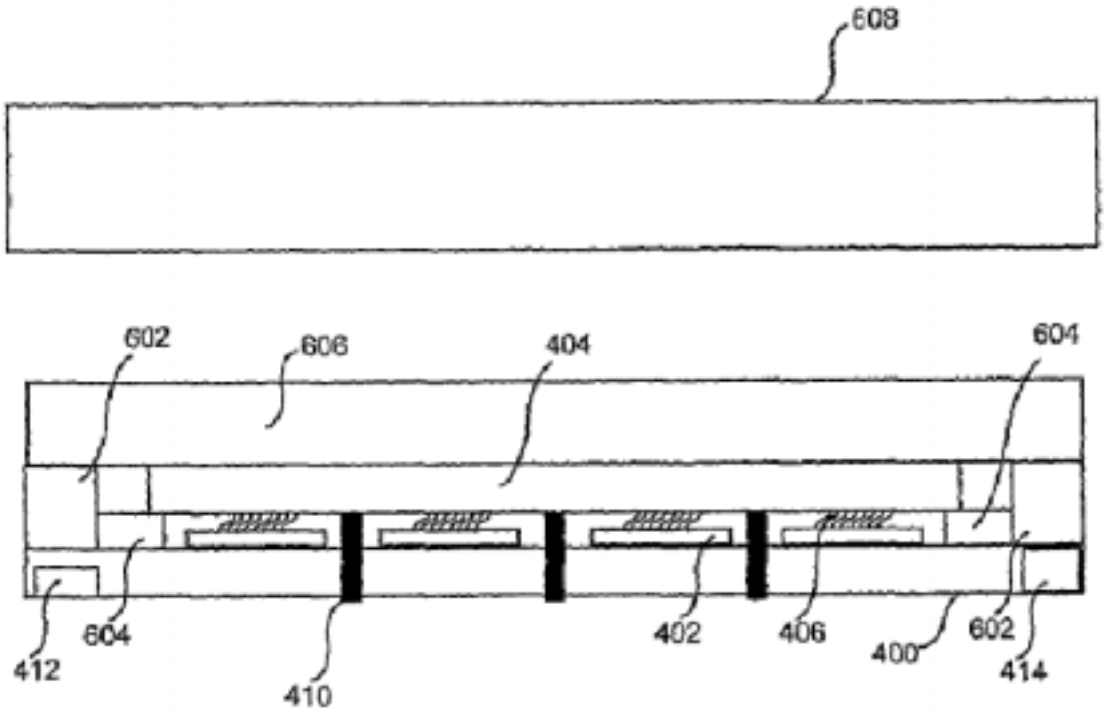
○ <그림 1>은 본 발명의 핵심인 반도체 검사장비의 소성가공 틀에 부착된 시험소자와 소성가공 틀 사이의 매질을 검사하기 위한 어셈블리의 개요도이다. 소성가공 틀에 홈을 파서 검사매질 위쪽에 반도체 웨이퍼를 위치시키고 고주파 측정, 통전(通電) 시험 및 최종검사 등을 실행한다.

- 본 검사장치의 어셈블리는 소성가공 틀(400)의 상단에 물리적 성질을 달리하는 다수개의 검사매질(402)과 여분의 매질(604)로 구성되어 있다. 이들은 서로 분리되거나 통합될 수 있도록 고정 장치(410)에 의해 소성가공 틀(400)의 측벽(602)에 형성되어 있다.

- 측벽(602)에 형성된 다수개의 고정 장치(410)를 풀어 전하주입단자(406)를 통해 전류를 공급하여 매질의 배치형상을 변화시켜가면서 반도체의 전기적, 물리적 특성을 검사할 수 있다.
- 검사장치의 최상층(606)은 중간층(404)의 표면과 검사소자와 전기적으

로 연결될 수 있도록 전하가 존재하는 공간이다. 고정 장치(410)의 ON/OFF를 제어하여 각 매질의 물리적 성질을 변하게 할 수 있다.

- 고정 장치(410)를 조절하여 각 검사매질(402)의 배치형태를 다양화함으로써 다중시험환경에서 검사를 실행할 수 있어 다양한 검사결과를 얻을 수 있다.



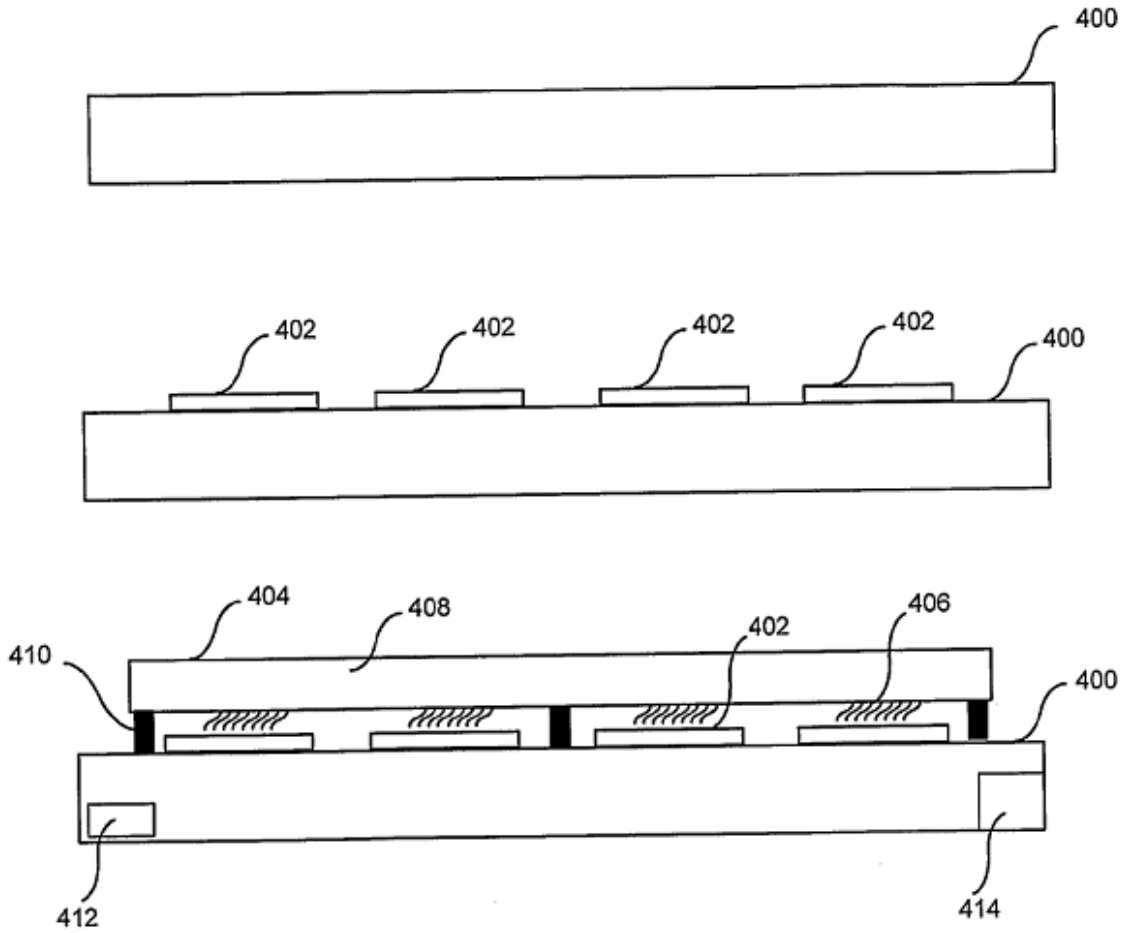
<그림 1> 매질 검사장치의 개요도

○ <그림 2>는 본 검사장치(그림 1)의 매질의 물리적 성질을 결정하는 매질 운반자의 배치형상을 구체화 한 것이다.

- 각 검사매질(402)의 물리적 성질을 변화시킬 수 있는 요소는 유전율 및 투자율로써 고정 장치(410)의 ON/OFF 조절방식에 따라 그 값을 각기 다르게 유지할 수 있다.

- 매질의 자연적 변화를 최소화하기 위해 본 어셈블리는 진공상태를 유지하는 것이 필요하며, 전하주입단자(406)의 전기전도도를 최상으로 유지할 수 있도록 금속세선의 정밀공정이 요구된다.

<그림 2> 검사장치의 매질 운반자 배치형상



3. 특허권리 청구범위

○ 본 반도체 검사장비의 구성은 반도체 웨이퍼를 위치시킬 수 있는 소성가공 틀, 물리적 성질을 달리하는 다수개의 검사매질, 각 매질을 분리시키기 위한 고정 장치, 매질에 전류를 공급하기 위한 전하주입단자 및 전하층으로 구성되어 있다.

- 소성가공 틀의 측벽에 형성된 다수개의 고정 장치를 풀어 최상층의 전계(電界)로부터 전하주입단자를 통해 각 매질에 전류가 공급되어 매질의 물리적 성질을 변화시킬 수 있다.

- 고정 장치를 조절하여 각 검사매질의 배치형태에 변화를 주면서 다중시험환경에서 검사를 실행할 수 있다.

○ 소성가공 틀의 전 계층에서 공급된 전하가 임시로 존재하는 중간영역(제2 전하영역)을 구비하여, 개방된 고정 장치 방향으로 전하주입단자를 통해 전하를 흐르게 한다.

- 전하주입단자는 최상의 전기전도도를 갖는 순도가 높은 금(Au) 세선을 이용하여 중간영역과 검사소자의 전하주입구를 전기적으로 연결한다.

○ 본 검사 장비를 이용하여 반도체 웨이퍼의 특성을 검사하는 과정을 요약하면 다음과 같다.

- 소성가공 틀의 측벽에 검사소자(웨이퍼)를 위치시킨 후, 전하주입을 필요로 하는 부분과 그렇지 않은 부분을 분리하여 고정 장치를 설치한다.

- 전하주입을 필요로 하는 부분의 고정 장치를 개방(ON)하여 전하주입단자를 통해 전하를 흐르게 한다.

- 전하가 주입된 웨이퍼의 표면을 조사하여 진성저항률, 전기전도도, 주파수특성, 주파수 안정도, 유전율 및 투자율 등의 반도체적 물질상수를 읽어낸다.

4. 결언

○ 본 발명은 800단계 이상의 초정밀 공정으로 이루어진 반도체 제조공정 중 전처리 과정을 거쳐 제조된 웨이퍼의 반도체적 성질을 정밀하게 검사할 수 있는 매질 검사 장치에 관한 공개된 기술이다.

- 반도체 검사장비의 소성가공 틀에 홈을 파서 검사매질 위쪽에 반도체 웨이퍼를 위치시켜 고주파 측정, 통전(通電) 시험 및 최종검사 등을 실행한다.

- 부착된 시험소자와 소성가공 틀 사이의 매질의 변화를 검사하기 위한 어셈블리로도 이용할 수 있는 장치로 구성되어 있다.

○ 특이한 점은 소성가공 틀의 측벽 안쪽에 다수개의 고정 장치들을 구비하여 검사소자의 필요에 따라 전하 주입을 가변적으로 제어할 수 있도록 구성되어 있다는 것이다.

○ 주입된 전하의 이동도에 따라 검사매질의 물리적 성질을 변화시킬 수 있어 다양한 물질상수를 읽어낼 수 있는 실용성 및 반영구적인 설계가 높이 평가된다.

○ 본 발명에서 제안하고 있는 검사장치의 주 검사대상은 실리콘 웨이퍼의 검사패턴이다. 패턴의 제조공정에서 나타난 형상이나 검사방식 혹은 환경에 따라 검사결과는 예측할 수 없는 상황이 발생 할 수도 있다. 웨이퍼의 이상 현상을 초래하는 요인들은 다음과 같다.

- 실리콘웨이퍼는 모래, 암석, 광물 등의 형태로 존재하는 실리콘을 원재료로 하여 생산되는 단결정 실리콘 박판을 의미한다. 얇고 둥근 조각형상으로 집적회로나 개별소자 등을 설계, 가공한 후 칩 형태의 반도체 소자로 제조되므로 특히 제조환경에 민감하게 반응할 수 있다.

- 실리콘은 고품질의 실리콘 산화물(SiO_2) 절연막을 쉽게 형성시킬 수 있고, 게르마늄에 비해 넓은 밴드 폭을 갖고 있어 고온에서도 오동작이 적고 안정화 된 주파수특성을 갖고 있다. 그러나 불순물의 유입이 곧 반도체적 성질을 저하시키는 주된 요인으로 작용할 수 있어 정밀공정이 요구된다.

- 실리콘 웨이퍼는 반도체 소자의 핵심 원재료로서 반도체 총 제조원가의 약 25%를 차지하고 있다. 제조공정에서 미세한 가공오차로 인하여 검사단계에서 다량의 웨이퍼가 폐기되고 있다는 점을 감안한다면 논리설계에서부터 제조공정은 물론 검사과정의 정밀기술의 적용은 곧 원가절감의 효과를 거둘 수 있다.

출처 : Formfactor Inc., “Apparayus and Method of Testing Singulated Dies", WO2007035664, pp.1~65

◁ 전문가 제언 ▷

○ 반도체 산업을 <논리설계 - 제조 - 검사> 분야로 대분류할 때 반도체 검사장비는 설계 및 제조공정과 마찬가지로 초정밀성이 요구되는 첨단 기술이다. 정보기술이 전 산업분야에 확산되고 산업간 융·복합화가 빠르게 진행되면서 고집적도와 고기능을 동시에 요구하는 반도체의 수요가 급격히 증가하고 있으며, 반도체 검사기술에 대한 관심이 고조되고 있다.

○ 본 반도체 검사장비의 기술적 가치는 화상전화 및 DMB 폰으로 대표되는 3.5~4G 형태의 이동통신단말기용 소자, 미래 유비쿼터스 시대 RFID/UNS 소자, 고 지능형 로봇의 내장부품, LCD 및 PDP로 대표되는 디스플레이 무기화학소재, Bio 기술과 접목된 생체인식 및 의료기기용 소재, Wearable PC가 요구하는 초고집적 메모리소자 및 모바일 시대 휴대기기에 내장되는 Embedded SW 집적소자 등에 내장되는 반도체 웨이퍼의 최종 성능을 검사하는 기술 분야에서 우수한 가치가 있다.

○ 본 기술 분야의 최근 동향은 나노 및 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems) 기술을 적용한 초정밀 검사기술이 확산되고 있다. 원자현미경으로 대표되는 나노 계측장비를 이용한 반도체 검사장비 기술이 좋은 사례가 될 수 있다.

- 연마된 광학 렌즈나 웨이퍼 증착막의 두께 및 굴곡도 측정, 반도체의 표면 측정, 콤팩트 디스크 및 광 자기디스크에 기록된 비트(bit)의 모양 검사 등에 응용되며, 최근 큰 성장을 보이고 있는 FPD(Flat Panel Display)의 제조공정 분석 장비로 크게 활용되고 있다. 일반 산업용으로도 천연 광석의 표면분석에 이르기까지 초정밀 측정이 요구되는 모든 산업 분야에 활용되고 있다.

- 가로, 세로, 길이 및 단면의 직경 등이 미리미터~마이크로미터 수준에서 마이크로미터~나노미터 단위를 갖는 나노 입자들을 측정하고 분석할 수 있는 첨단 검사장비들이 국내외 기업들에 의해 개발경쟁이 확산되고 있다. 특히, 비접촉식 및 광학식 미세형상 측정용 전자현미경 등이 전자산업분야에 적용되고 있다.