반도체 소부장 산업

HBM 테스트 공정에 불어오는 변화 2

OVERWEIGHT

Analyst 박준영 1300900@hmsec.com
RA 윤동욱 donguk.youn@hmsec.com

다시 한 번 주목받는 HBM 테스트 장비군, 공정에 대한 간단 정리

- HBM 선두 업체의 HBM4 CAPA 증설이 초읽기에 들어감에 따라 HBM 테스트 공정의 기술적 변화에 대해 정리하고자 함
- HBM의 테스트 공정은 크게 두번의 웨이퍼 테스트를 거치게 됨
- 첫번째 단계는 적층되지 않은 HBM 웨이퍼를 테스트해 적층할만한 양품의 다이를 선별하는 Wafer Test1이며, 두번째 단계는 이렇게 선별된 다이를 로직 웨이퍼 위에 Chip to Wafer 적층<그림3>한 후 해당 HBM 웨이퍼의 다이들 중 양품의 다이를 선별하는 Wafer Test2임
- Wafer Test1은 일반적인 DRAM Wafer의 테스트 과정과 다르지 않으며 HBM 고유의 테스트 공정은 Wafer Test2라 할 수 있음
- 그리고 이 공정에서 국내외 수많은 장비사들이 각축전을 벌이고 있음
- <그림1>은 일반적인 테스트 공정에 사용되는 3대 장비를 보여주고 있음, 각 장비는 테스터, 프로브스테이션, 칠러(냉각장치, 온도조절장치)임
- 세 장비는 물리적으로 연결되어 사용되기에 테스터 1대에는 프로브스테이션 1대, 칠러 1대가 반드시 필요함
- 테스터의 경우 큰 동작이 있는 장비는 아님, 테스터는 웨이퍼에 그려져 있는 수많은 다이(네모난 칩)들 중 양품인 다이가 무엇인지 선별하는 거대한 컴퓨터의 역할을 함
- 반면 프로브스테이션은 테스트 공정에서 동작을 담당하는 장비라 할 수 있음. 일반적으로 <그림1>과 같이 테스터의 헤드에 프로브카드가 고정된 상태로 있고, 웨이퍼가 장착된 척(Wafer Chuck)이 위로 움직여 프로브카드의 핀과 웨이퍼에 그려져 있는 개별 다이의 I/O가 접촉하게 됨
- 이때 웨이퍼와 프로브카드의 정밀한 정렬과 접촉(Wafer Correlation)이 매우 중요하며 테스터의 성능평가에 있어서도 해당 과정이 가장 중요한 과정으로 평가됨
- 접촉이 이루어지면 테스터가 프로브카드를 통해 웨이퍼의 각 다이에 전기적 신호를 흘려보낸 후 수신된 데이터를 판단하고 <그림2>과 같은 Wafer Map에 각 다이의 양/불량 여부를 기록
- HBM의 경우 이 과정에서 총 6개의 테스트가 진행됨, 각 테스트는 Pre- Burn In - Hot/Cold - Low Frequency - High Frequency - DC의 순서로 추측됨

치열한 경쟁과 공정상의 변화가 진행되고 있는 테스트 장비 업계

- 현재 HBM Maker 중 선두 업체의 기준으로 테스트 공정에 사용 가능한(퀄리피케이션을 통과한) 장비는 두 종류의 테스터(High Frequency Tester, Burn In Tester) 그리고 두 종류의 프로브스테이션(Non-dicing Probe Station, Dicing Probe Station)임
- 테스터의 경우 High Frequency Tester는 Pre test부터 DC test까지를 모두 커버할 수 있는 만능 테스터이며 Burn In Tester는 Burn In 공정과 Hot/Cold 공정을 커버할 수 있는 테스터로 파악됨
- 현재는 High Frequncy Tester가 40% 정도, Burn In Tester가 60% 정도 수준으로 납품되고 있으며 국내 테스터 장비사들의 경우 HBM4용 Burn In Tester의 납품을 두고 경쟁을 벌이고 있는 것으

로 보임

- 반면 프로브스테이션의 경우 현재는 다이싱되지 않은 원형의 웨이퍼를 웨이퍼 척에 올려 6개 테스트 공정을 진행하는 장비(Non-dicing Probe Station)가 100% 사용되고 있으며 신규 도입이 될 것으로 예상되는 장비는 원형의 웨이퍼를 자른(Dicing) 후 웨이퍼 척 위에 다시 기존 웨이퍼처럼 원형으로 재배열해 테스트하는 장비(Dicing Probe Station)임
- 두 장비의 주요한 차이는 테스트 진행 전 Dicing의 여부인데 Dicing Probe Station의 도입으로 인해 1) 테스트 공정의 완결성과 2) 테스트 공정의 효율성 측면에서 개선을 이루어내려는 것이 원청의 목표로 추측됨
- 먼저 새롭게 도입이 될 것으로 예상되는 프로브스테이션은 Pre Test 이전에 Dicing이 이루어지게 되는데 이 과정에서 웨이퍼에 파티클(Particle, 반도체의 오류를 유발하는 인자/가루)이 떨어지게 됨
- 이렇게 파티클이 반영된 채로 테스트를 진행할 시 파티클로 인한 불량 다이가 테스트 과정에서 모두 검출되기 때문에 Dicing 하지 않은 웨이퍼로 모든 테스트를 진행한 후 Dicing을 진행하는 Non-dicing 방식과는 달리 불량 다이를 완전하게 걸러낼 수 있음(<그림4> 참고)
- 두번째로 테스트 공정의 효율성 측면에서는 테스트 시간을 대폭 줄이는 효과가 있는데 이는 HBM의 저조한 수율과 연관되어 있음
- 일반적으로 일반 DRAM 대비 HBM이 확연히 낮은 양산 수율을 가지게 되는데 이로 인해 테스트 공정의 초기 과정에서부터 많은 불량 다이가 검출되게 됨
- 가장 효율적인 테스트의 진행을 위해서는 각 테스트 공정이 마무리 될 때마다 이미 불량 판정을 받은 다이(뒷부분의 테스트 공정을 통과하더라도 어차피 고객에게 인도될 수 없는 다이)를 제거하고 다음 테스트 공정을 진행하는 것이 시간을 절약할 수 있는 방법이지만 기존의 프로브스테이션을 사용했을 때는 웨이퍼가 Dicing 되어 있지 않은 상태이기 때문에 불량 다이만을 뽑아서 제거하는 것이 불가능함
- 현재로서는 이러한 두가지 문제를 해결하기 위해 신규 프로브스테이션의 도입이 고려되고 있는 것으로 보임
- 테스트 공정뿐 아니라 모든 반도체 공정은 결과의 일관성이 중요함. 만약 두개의 서로 다른 장비를 동일한 공정에 채용했을 때 공정의 결과물이 다르다면 두 장비를 동시에 동일 공정에 채용하기는 힘듦
- 이러한 관점에서 보았을 때 파티클로 인한 불량이 검출되는 장비와 해당 불량이 검출되지 않는 장비를 테스트 공정에서 혼용하는 것은 결과의 일관성 측면에서 일반적이지 않은 시도로 보임
- 이에 더해 효율성의 측면을 고려했을 때 원청의 입장에서 가장 중요한 테스트 공정은 Burn In 공정임
- 6개 테스트 공정 중 압도적으로 많은 시간을 소요하게 되는 공정이며 해당 공정을 진행하기 전 최대한 많은 불량 다이를 걸러내는 것이 시간 절약의 측면에서 중요함
- 따라서 Burn In Test 직전 과정인 Pre Test 과정에서부터 Dicing Probe Station을 도입하여 최대한 많은 불량 다이를 검출하는 것이 합리적인 방법으로 생각되며 이러한 방식으로 공정이 진행될 경

우 테스트가 시작되기 이전에 Dicing이 선행되어야 함

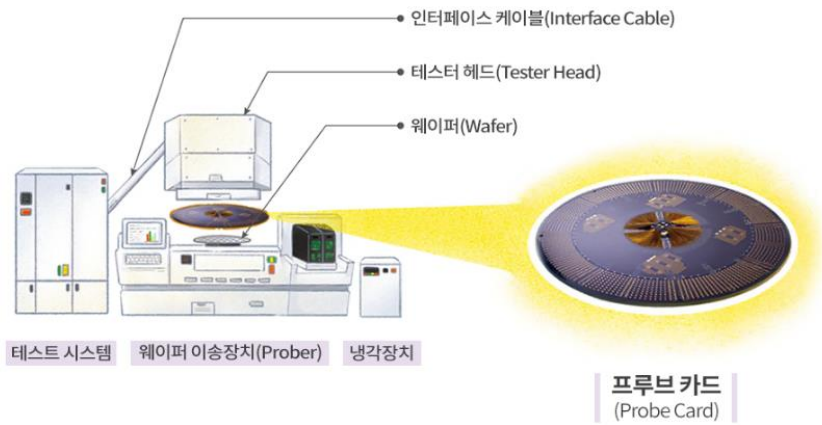
- Dicing이 진행된 이후에는 원형으로 다이를 재배열하는 기능이 있는 장비만이 사용 가능함

- 결론적으로 HBM 테스터와는 달리 프로브스테이션의 경우 하나의 업체가 원청의 TAM을 독식하는 구조가 되는 것이 현재로서는 더 가능성 있는 방식으로 사료됨

- 물론 이러한 장비 선택의 과정에서 공정상의 논리와 함께 고려되는 여러 요인들이 있음. 그러한 요인들에는 비용, 하청의 CAPA, 리드타임 등이 있음.

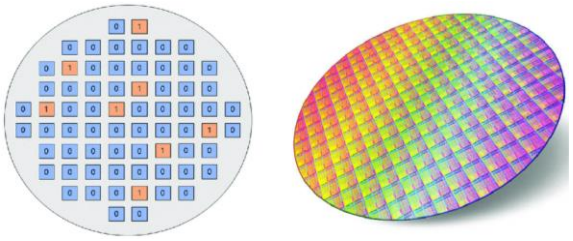
- 현재 HBM 테스트 공정에는 벤더 및 공정의 방식 측면에서 많은 변화가 일어나고 있음. 이러한 기술적 변화의 흐름을 따라가며 HBM Maker들의 선택을 받을 수 있는 업체를 선별하는 과정이 반드시 필요하다고 판단됨

〈그림1〉 Wafer Test 3대 장비



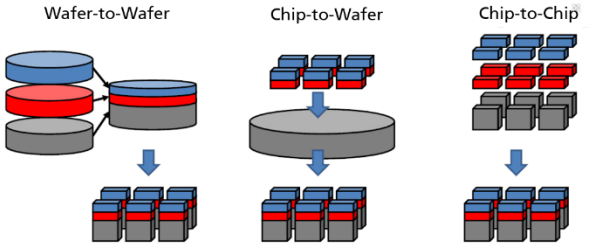
자료: SK하이닉스, 현대차증권

〈그림2〉 Wafer Map



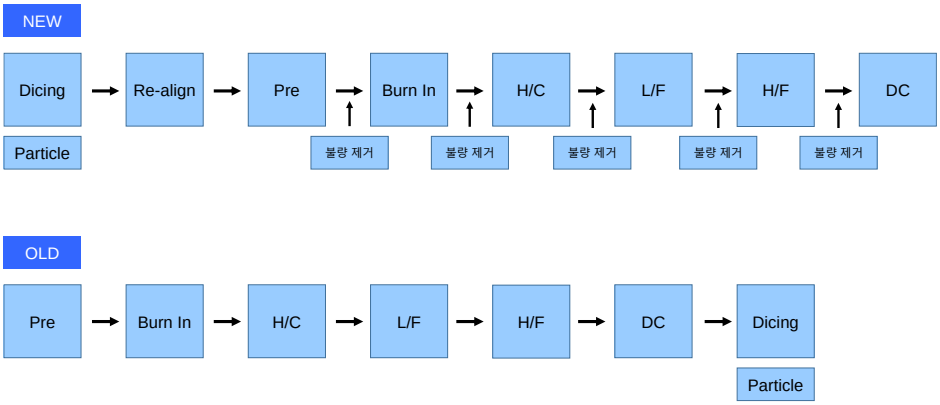
자료: Research Gate, 현대차증권

〈그림3〉 여러 종류의 적층 방식



자료: Fraunhofer, 현대차증권

〈그림4〉 프로브스테이션 공정 변화



자료: 현대차증권

Compliance Note

- 동 자료는 기관투자가 또는 제3자에게 사전제공한 사실이 없습니다.
- 동 자료에 언급된 종목의 지분율 1%이상 보유하고 있지 않습니다.
- 동 자료에 언급된 종목의 유가증권(DR, CB, IPO, 시장조성) 발행과 관련하여 지난 6개월간 주간사로 참여하지 않았습니다.
- 조사분석 담당자는 해당종목과 재산적 이해관계가 없습니다.
- 이 자료에 게재된 내용들은 자료작성자 박준영의 의견을 정확하게 반영하고 있으며, 외부의 부당한 압력이나 간섭 없이 작성되었음을 확인합니다.

▶ 투자의견 분류

▶ 업종 투자의견 분류 현대차증권의 업종투자의견은 3등급으로 구분되며 향후 6개월간 업종 펀더멘털과 업종주가의 전망을 의미함.

- OVERWEIGHT : 업종 펀더멘털의 개선과 함께 업종주가의 상승 기대
- NEUTRAL : 업종 펀더멘털상의 유의미한 변화가 예상되지 않음
- UNDERWEIGHT : 업종 펀더멘털의 악화와 함께 업종주가의 하락 기대

▶ 현대차증권의 종목투자의견은 3등급으로 구분되며 향후 6개월간 추천기준일 종가대비 추천종목의 예상 상대수익률을 의미함.

- BUY : 추천일 종가대비 초과수익률 +15%P 이상
- MARKETPERFORM(M.PERFORM) : 추천일 종가대비 초과수익률 -15%~+15%P 이내
- SELL : 추천일 종가대비 초과수익률 -15%P 이하

▶ 투자등급 통계 (2024.07.01~2025.06.30)

투자등급	건수	비율(%)
매수	150건	91.5%
보유	14건	8.5%
매도	0건	0%

- 본 조사자료는 투자자들에게 도움이 될 만한 정보를 제공할 목적으로 작성되었으며, 당사의 사전 동의 없이 무단복제 및 배포할 수 없습니다.
- 본 자료에 수록된 내용은 당사가 신뢰할 만한 자료 및 정보로 얻어진 것이나, 그 정확성이나 완전성을 보장할 수 없으므로 투자자 자신의 판단과 책임하에 최종결정을 하시기 바랍니다.
- 본 자료는 어떠한 경우에도 고객의 주식투자의 결과에 대한 법적 책임소재의 증빙자료로 사용될 수 없습니다.