



반도체 (Positive)

HBM4E에서의 Hybrid Bonding 도입 가능성에 대하여

▶ Analyst 박준영 jyp94@hanwha.com 3772-7481 / RA 김나우 now.kim@hanwha.com 3772-7710

최근 반도체 업계에서는 차세대 고대역폭 메모리(HBM) 규격인 HBM4E 와 관련해 스택 높이(stack height)를 기존보다 더 완화하는 방안이 논의되고 있다는 이야기가 언급되고 있다. 현재 HBM4 규격에서는 스택 높이가 약 775 μm 수준으로 정의되어 있지만 HBM4E 에서는 이를 약 900 μm 수준까지 허용하는 방안이 검토되고 있다는 관측이 나온다. 만약 이러한 변화가 실제 규격에 반영된다면 다이 간 간격을 다소 여유 있게 확보할 수 있기 때문에 기존 micro-bump 기반 TC 본딩(Thermal Compression Bonding) 방식의 적용이 더 연장될 수 있다.

그럼에도 불구하고 업계에서는 HBM4E 세대에서 hybrid bonding 이 실제로 사용될 가능성이 여전히 높다는 의견도 존재한다. 이는 hybrid bonding 이 단순히 스택 높이를 줄이기 위한 기술이 아니라, 차세대 HBM 구조에서 여러 가지 기술적 장점을 제공하기 때문이다.

현재 HBM 패키징에서 널리 사용되는 TC 본딩은 micro-bump 라는 작은 금속 접점을 이용해 DRAM 다이를 서로 연결하는 방식이다. 각 다이 위에 형성된 미세 금속 돌기를 서로 맞게 한 뒤 열과 압력을 가해 접합한다. 이 방식은 이미 양산 경험이 충분하고 공정 안정성이 높다는 장점이 있다. 하지만 micro-bump 구조는 물리적으로 일정한 높이를 가지기 때문에 전기적 특성과 연결 밀도 측면에서 한계를 가질 수 있다.

반면 hybrid bonding 은 micro-bump 를 사용하지 않고 금속 패드와 절연막을 직접 접합하는 방식이다. 구리(Cu) 패드가 서로 직접 결합하고 산화막이 동시에 접합되는 구조를 통해 두 다이를 사실상 틈없이 연결할 수 있다. 이러한 구조 차이는 HBM 설계에서 다음과 같은 몇 가지 중요한 장점으로 이어질 수 있다.

첫째, 신호가 이동하는 거리가 짧아진다.

micro-bump 구조에서는 금속 bump 자체가 일정 높이를 가지기 때문에 신호가 지나가는 경로가 길어진다. 반면 hybrid bonding 에서는 돌출된 bump 가 없기 때문에 다이 간 연결 거리가 매우 짧다. 이는 신호 전달 과정에서 발생하는 저항과 기생 커패시턴스를 줄이는 데 도움이 된다. 특히 HBM 은 수천 개의 I/O 가 동시에 동작하는 구조이기 때문에 이러한 차이는 전체 데이터 전송 속도와 안정성에 영향을 줄 수 있다.

둘째, 전력 손실을 줄일 수 있다.

HBM 스택에서는 수천 개의 접점을 통해 전력과 신호가 동시에 전달된다. 접점 저항이 높을수록 전력 전달 과정에서 손실이 증가하고 발열이 커질 수 있다. hybrid bonding 은 금속 패드 간 직접 접합 구조를 사용하기 때문에 접촉 저항이 상대적으로 낮으며 이는 전력 전달 효율 개선으로 이어질 수 있다. 이러한 특성은 대규모 AI 가속기 시스템에서 중요한 요소가 될 수 있다.

셋째, 더 많은 연결을 만들 수 있다.

micro-bump 방식에서는 금속 접점 사이의 간격, 즉 pitch 를 지나치게 줄이기 어렵다. 하지만 hybrid bonding 은 bump 구조가 없기 때문에 접점 간 간격을 훨씬 더 좁게 만들 수 있다. 이는 동일한 면적 안에 더 많은 신호 연결을 구현할 수 있다는 의미이며 차세대 HBM 에서 요구되는 높은 속도의 데이터 전송 구조를 설계하는 데 유리하게 작용할 수 있다.

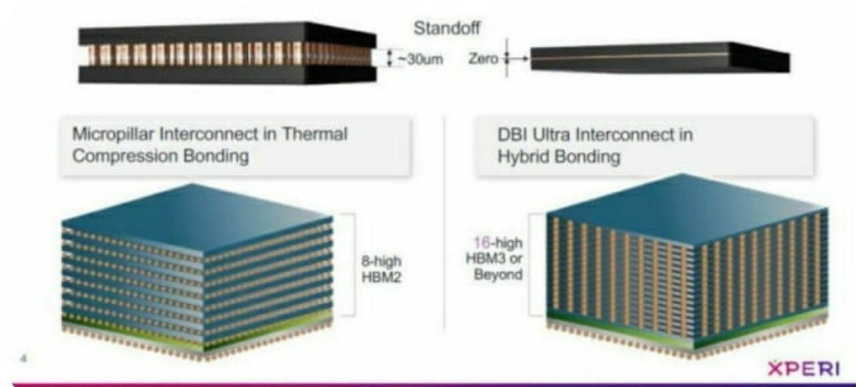
물론 hybrid bonding 과 관련해 가장 많이 제기되는 우려는 공정 수율 문제이다. hybrid bonding 은 금속 패드와 절연막을 직접 접합하는 방식이기 때문에 다이 간 정렬 정확도와 표면 상태가 매우 중요하다. 특히 HBM 처럼 여러 개의 DRAM 다이를 수직으로 적층하는 구조에서는 각 층의 정렬 오차가 누적될 수 있기 때문에 공정 관리가 쉽지 않다는 지적도 존재한다.

그러나 최근 장비 기술의 발전을 고려하면 이러한 수율 문제는 점차 완화되고 있는 것으로 평가된다. hybrid bonding 장비 기술력의 정점이라 평가받는 BESi(BE Semiconductor Industries)는 고정밀 정렬 기술과 안정적인 접합 공정을 기반으로 hybrid bonding 의 생산성을 지속적으로 개선하고 있다. 특히 최신 장비에서는 sub-micron 수준의 정렬 정확도와 높은 반복정밀도(repeatability)를 구현함으로써 다층 적층 구조에서도 안정적인 접합이 가능하도록 장비를 설계하고 있다. 이러한 장비 기술 발전은 hybrid bonding 공정의 수율 개선에 중요한 역할을 하고 있으며 차세대 메모리 패키징에서 hybrid bonding 채택 가능성을 높이는 요인으로 작용하고 있다.

또한 hybrid bonding 은 이미 이미지 센서와 같은 일부 첨단 반도체 분야에서 상용화가 진행되고 있으며 이러한 경험은 공정 안정성과 생산 기술 축적에도 기여하고 있다. 이러한 흐름을 고려하면 hybrid bonding 은 과거의 연구 단계 기술에서 벗어나 점차 양산 가능한 패키징 기술로 발전하고 있는 단계로 평가할 수 있다.

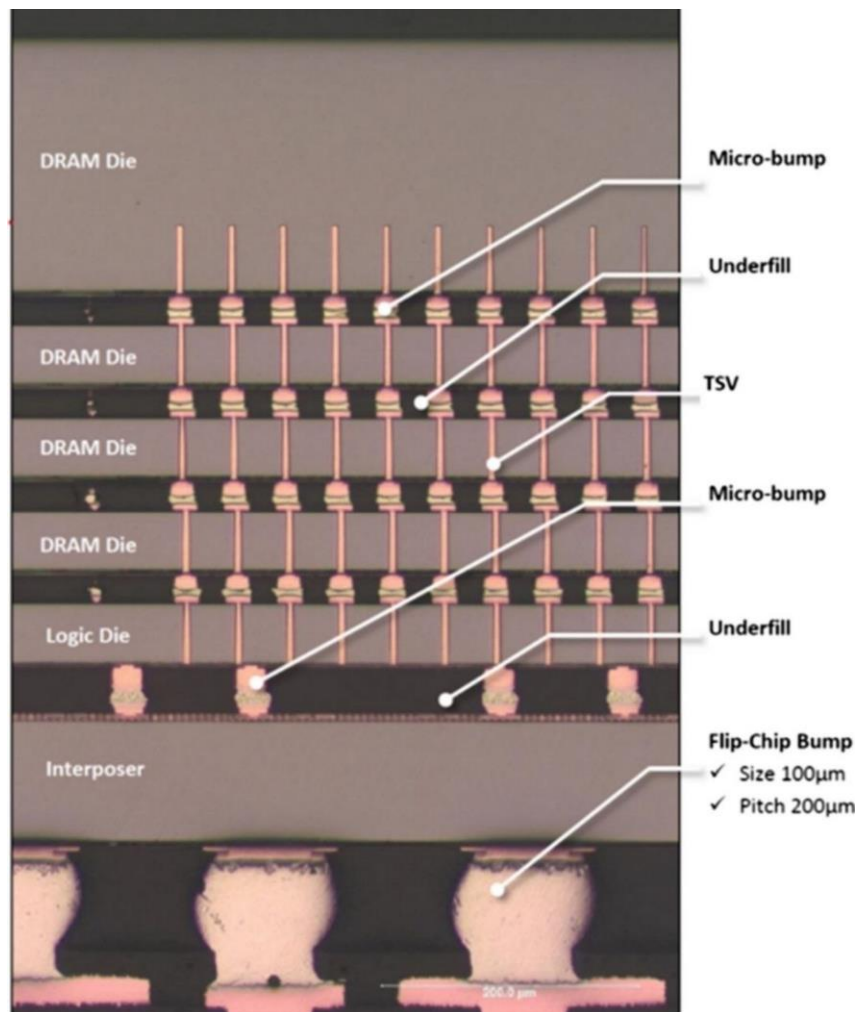
종합적으로 보면 HBM4E 에서 스택 높이 규격이 완화될 가능성이 있다는 점은 기존 TC 본딩 기술의 적용 여지를 넓혀 줄 수 있다. 그러나 hybrid bonding 은 신호 전달 거리 감소, 전력 손실 감소, 연결 밀도 증가와 같은 구조적 장점을 제공한다. 또한 장비 기술의 발전으로 공정 수율에 대한 우려도 점차 완화되고 있다는 점을 고려하면 HBM4E 세대에서는 기존 TC 본딩이 일부 제품에서 유지될 가능성이 존재하더라도 고성능 제품을 중심으로 hybrid bonding 이 실제로 채택될 가능성이 충분히 높은 기술로 판단된다.

[그림1] Hybrid Bonding 에서의 Package Height 축소



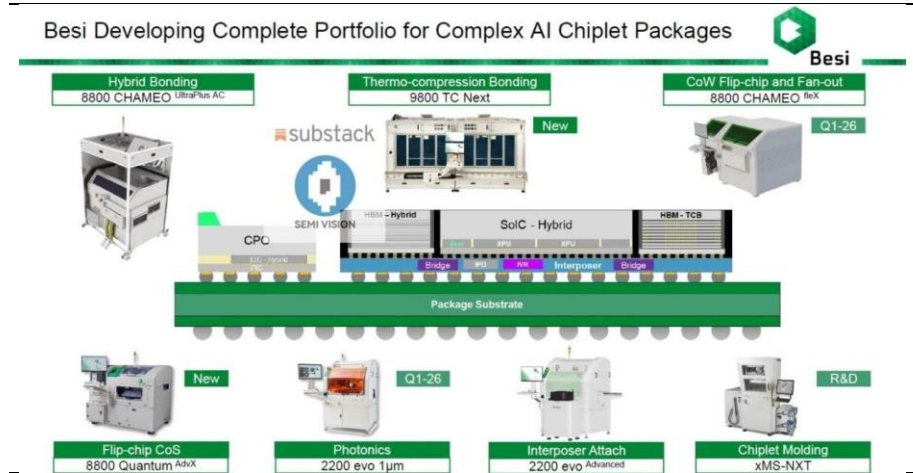
자료: XPERI, 한화투자증권 리서치센터

[그림2] 마이크로범프를 이용한 현재의 Bonding 방식



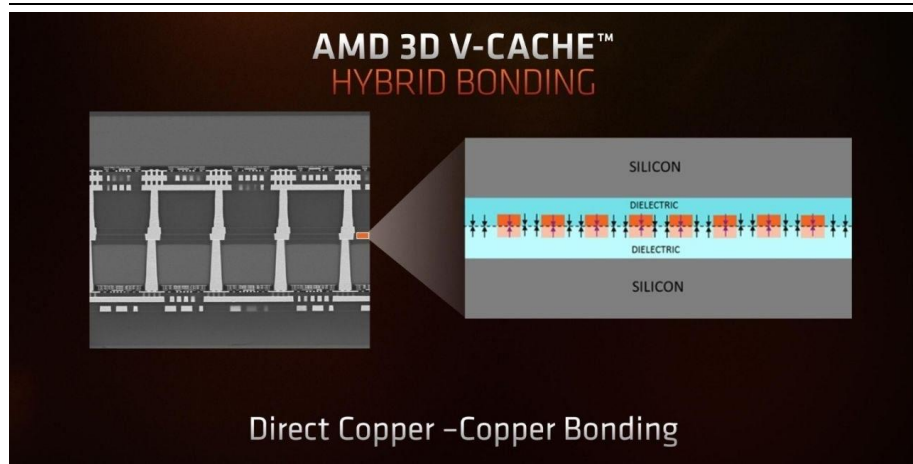
자료: ResearchGate, 한화투자증권 리서치센터

[그림3] Besi의 본더 장비군 라인업



자료: Besi, 한화투자증권 리서치센터

[그림4] AMD의 3D V-Cache에 적용된 Hybrid Bonding



자료: AMD, 한화투자증권 리서치센터

[Compliance Notice]

(공표일: 2026년 3월 17일)

이 자료는 조사분석 담당자 본인의 의견을 정확하게 반영하고 있으며, 외부의 부당한 압력이나 간섭 없이 작성됐음을 확인합니다. 본인은 이 자료에서 다른 종목과 관련해 공표일 현재 관련 법규상 알려야 할 재산적 이해관계가 없습니다. 본인은 이 자료를 기관투자자 또는 제 3자에게 사전에 제공한 사실이 없습니다. (박준영, 김나우)
 저희 회사는 공표일 현재 이 자료에서 다른 종목의 발행주식을 1% 이상 보유하고 있지 않습니다.

이 자료는 투자자의 증권투자를 돕기 위해 당사 고객에 한하여 배포되는 자료로서 저작권이 당사에 있으며 불법 복제 및 배포를 금합니다. 이 자료에 수록된 내용은 당사 리서치센터가 신뢰할 만한 자료나 정보출처로부터 얻은 것이지만, 당사는 그 정확성이나 완전성을 보장할 수 없습니다. 따라서 이 자료는 어떠한 경우에도 고객의 증권투자 결과와 관련된 법적 책임소재에 대한 증빙으로 사용될 수 없습니다.

[종목 투자등급]

당사는 개별 종목에 대해 향후 1년간 +15% 이상의 절대수익률이 기대되는 종목에 대해 Buy(매수) 의견을 제시합니다. 또한 절대수익률 -15~+15%가 예상되는 종목에 대해 Hold(보유) 의견을, -15% 이하가 예상되는 종목에 대해 Sell(매도) 의견을 제시합니다. 밸류에이션 방법 등 절대수익률 산정은 개별 종목을 커버하는 애널리스트의 추정에 따르며, 목표주가 산정이나 투자의견 변경 주기는 종목별로 다릅니다.

[산업 투자의견]

당사는 산업에 대해 향후 1년간 해당 업종의 수익률이 과거 수익률에 비해 양호한 흐름을 보일 것으로 예상되는 경우에 Positive(긍정적) 의견을 제시하고 있습니다. 또한 향후 1년간 수익률이 과거 수익률과 유사한 흐름을 보일 것으로 예상되는 경우에 Neutral(중립적) 의견을, 과거 수익률보다 부진한 흐름을 보일 것으로 예상되는 경우에 Negative(부정적) 의견을 제시하고 있습니다. 산업별 수익률 전망은 해당 산업 내 분석대상 종목들에 대한 담당 애널리스트의 분석과 판단에 따릅니다.

[당사 조사분석자료의 투자등급 부여 비중]

(기준일: 2025년 12월 31일)

투자등급	매수	중립	매도	합계
금융투자상품의 비중	87.0%	13.0%	0.0%	100.0%