

2026학년도 1학기 반도체 프로젝트 제안서

과제명	차세대 반도체 패키징의 열-기계적 힘 거동 해석 및 완화를 위한 FEM 시뮬레이션 기반 모델링과 타당성 검증			
과제유형 *1	<input type="checkbox"/> 아날로그시스템설계 <input type="checkbox"/> 디지털시스템설계 <input checked="" type="checkbox"/> 공정 <input type="checkbox"/> 소재 <input type="checkbox"/> 기타			
방법론 *2	<input checked="" type="checkbox"/> 시뮬레이션 <input type="checkbox"/> 실험 <input type="checkbox"/> 기타()			
결과물	<input type="checkbox"/> 실험결과물 (소자 등) <input type="checkbox"/> HW (보드, 칩 등) <input checked="" type="checkbox"/> SW (시뮬레이션, 앱 등)			
멘토	성 명	이용복	소속	전자컴퓨터공학부
	연락처	062-530-1753	이메일	yblee67@jnu.ac.kr
내용	1. 과제의 필요성 <ul style="list-style-type: none"> 첨단 패키징 기술은 기존의 패키징이 수행하던 외부 환경으로부터의 보호 역할을 넘어, 고집적 배선 구현, 효율적인 열 방출 경로 확보, 그리고 이중 칩 집적 등 다양한 기능을 포함하는 핵심 반도체 기술로 자리 잡고 있다. 또한, 최근 무어의 법칙이 한계에 도달함에 따라, 트랜지스터 미세화만으로는 성능 향상을 달성하기 어려워졌으며, 이에 대한 대안으로 칩 혹은 웨이퍼를 수평 또는 수직으로 적층하는 첨단 패키징 기술이 주목받고 있다. 특히, HBM(High Bandwidth Memory)과 같은 고대역폭 메모리 모듈은 3D Stacking 기술을 기반으로 하며, 이를 구현하기 위한 핵심 기술로 하이브리드 본딩(Hybrid Bonding)이 부상하고 있다. 하이브리드 본딩 공정은 Cu-Cu 확산을 통한 직접 접합 방식을 사용하기 때문에 비교적 높은 어닐링 온도가 요구되며, 이 과정에서 서로 다른 물성을 갖는 다양한 재료들이 복합적으로 거동하게 된다. 이로 인해, 재료 간 열팽창 계수 및 기계적 물성 차이에 의한 열로 인한 휨(warpage)이 발생하며, 이러한 휨은 본딩 계면의 박리(delamination)를 유발하거나 Cu pad 간 정밀한 얼라인을 어렵게 만드는 주요 원인이 된다. 특히 HBM과 같은 고단 적층 구조에서는 이러한 문제가 누적되어 신뢰성 저하로 직결되기 때문에, 열적 하중 조건에서 발생하는 휨을 예측하고 제어하는 것은 현재 첨단 패키징 분야의 핵심 신뢰성 이슈 중 하나이다. 본 프로젝트는 하이브리드 본딩 구조체에서 발생하는 열-기계적 힘의 메커니즘을 규명하고, 이를 효과적으로 제어할 수 있는 해석적-수치적 방법을 확립하고, 이를 FEM 시뮬레이션을 통해 검증하는 것을 목표로 한다. 			
	2. 프로젝트 활동 및 연구 방법 <ul style="list-style-type: none"> 본 프로젝트에서는 ANSYS FEM(Finite Element Method) 기반 툴을 활용하여 차세대 반도체 패키징 기술인 하이브리드 본딩 구조체의 열-기계적 거동을 시뮬레이션할 계획이다. 연구는 다음과 같은 단계로 진행된다. <ol style="list-style-type: none"> 다수의 배선층으로 구성된 상부 및 하부 구조체와 본딩 계면을 등가 물성(effective material properties)으로 치환하는 방법을 학습하고 적용한다. 이를 통해 실제 구조의 복잡성을 줄이면서도 열-기계적 거동을 합리적으로 대표할 수 있는 FEM 모델을 구축한다. 등가 물성으로 치환된 적층판 구조를 대상으로, 고전 적층판 이론(Classical Lamination Theory) 및 기존 이론을 기반으로 한 수식 해를 도출하고, 이를 FEM 해석 결과와 비교함으로써 FEM 모델의 타당성을 검증한다. 타당성이 검증된 FEM 모델을 기반으로 다양한 설계 변수(design parameters) 및 공정 변수(process parameters)에 대한 파라미터 스위프(parameter sweep)을 수행한다. 이를 통해 각 변수들이 열적 힘에 미치는 영향을 분석하고, FEM 결과를 수식 해와 비교하여 정량적으로 평가한다. 			
	3. 기대 결과 및 최종 목표 <ul style="list-style-type: none"> 본 프로젝트의 최종 결과물은 다음과 같다. <ol style="list-style-type: none"> 수식 해와 비교를 통해 검증된 하이브리드 본딩 구조체의 FEM 해석 모델 확보 검증된 모델을 기반으로 한 다양한 설계 및 공정 변수 변화에 따른 열-기계적 힘 거동 분석 파라미터 스위프를 통해 열적 힘을 최소화할 수 있는 최적 설계 방안 도출 			

	<p>4. 프로젝트 수행을 위해 필요한 툴</p> <p>1) ANSYS</p> <ul style="list-style-type: none"> ANSYS는 반도체 패키징 분야에서 가장 널리 사용되는 해석 시뮬레이션 툴로, 열, 기계, 전기, 유체 및 전자기 해석을 통합적으로 수행할 수 있다. 특히 CAD 기반의 설계 환경과 해석 시스템이 유기적으로 연동되어 있어, 구조 설계부터 열-기계적 해석까지 효율적으로 수행할 수 있다는 장점이 있다. 본 프로젝트에서는 하이브리드 본딩 구조체의 열-기계적 거동을 정밀하게 해석하는 데 활용할 예정이다. <p>2) MATLAB</p> <ul style="list-style-type: none"> MATLAB은 등가 물성 계산 및 수식 해 도출 과정에서 필요한 행렬 연산과 같은 복잡한 수치 계산을 수행하기 위한 툴이다. 또한 FEM 결과로부터 구조체의 변형 형상을 기반으로 곡률을 계산하고, 이를 2차 함수 피팅을 통해 정량화하여 힘의 정도를 평가하는 데 활용한다
기타*3	<p>지원 필요 사항</p> <ol style="list-style-type: none"> ANSYS 툴 구매 (무료판의 경우 mesh 수 제한으로 정밀 분석이 불가능) ANSYS 툴을 활용한 열-기계적 해석을 위해 학생들의 <u>ANSYS 교육 프로그램 필요</u>