

# 최적화 설계 초음파 혼의 진동 특성 실험

## Vibration Test for Ultrasonic Horn Designed by Topology Optimization

김종민\* · 김지수\* · 이수일†  
**Jong Min Kim, Ji Soo Kim and Soo Il Lee**

### 1. 서 론

최근 반도체 시장에서는 플립칩 접합 방식을 이용한 새로운 패키징 기법들이 개발되었다. 플립칩 접합은 기존의 와이어 접합 방식 등에 비해 접합 시간을 줄일 수 있으며, 전기적인 성능 또한 향상시킬 수 있다. 초음파 혼은 플립칩 접합 방식에서 접합부에 초음파 진동 에너지를 가해주는 접합의 핵심 부품이다<sup>(1)</sup>. 현재 반도체를 사용하는 다양한 전자 장비들은 새로운 제품들이 빠른 속도로 출시되고 있다. 따라서 반도체 패키징 시장 역시 다양한 어플리케이션에 빠르게 대처하기 위하여 초음파 혼과 같은 주요 장비에 대한 체계적인 설계 방식을 확립하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 위상최적화 방법을 적용하여 초음파 혼의 길이방향 설정 모드로 최적화한 3 차원 설계<sup>(2)</sup>를 바탕으로 실제 혼을 제작하고, 제작된 혼의 진동 특성 실험과 가속수명 시험을 통하여 그 안정성과 신뢰성을 검증하였다.

### 2. 진동 실험

Fig. 1 은 위상최적화 결과 계산된 모델을 바탕으로 실제 설계를 진행하고 이를 바탕으로 제작된 초음파 혼 모델이다. 재질은 SUS440C 를 사용하였으며 와이어커팅을 이용하여 가공하였다.

Fig. 2 는 제작된 초음파 혼에 대한 진동 실험 장치 구성도와 실제 사진이다.

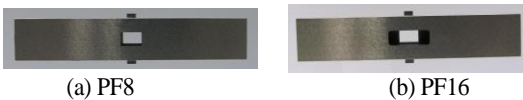


Fig. 1 Manufactured ultrasonic horn

초음파 혼의 구동을 위하여 초음파 발생기에서 60kHz 기준 1kV 의 전압을 인가하고, 이 때 발생하는 초음파 혼의 진동을 플립칩 접합부에 대하여 길이방향 진동을 측정하였다. 초음파 진동측정을 위하여 비접촉 레이저 진동계(GRAPHTEC-AT3700)을 사용하였고, 신호 수집은 PC 기반 데이터 측정 NI-5122 디지털타이저를 이용하여 200kHz 까지 신호를 저장하고 주파수 분석을 진행하였다.

Fig. 3 과 4 는 측정된 진동 신호 파형과 이것의 주파수 스펙트럼이다. 각각 예상한 진동 변위와 주파수가 나타남을 알 수 있다.

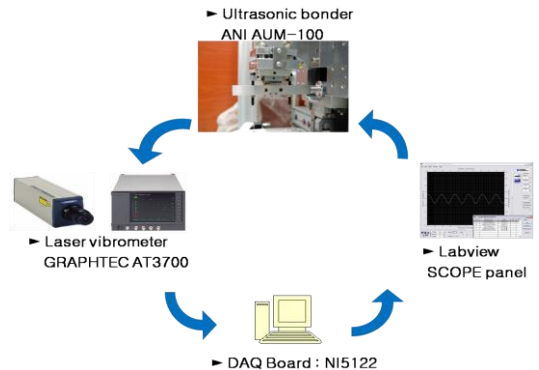


Fig. 2 Experiment setup

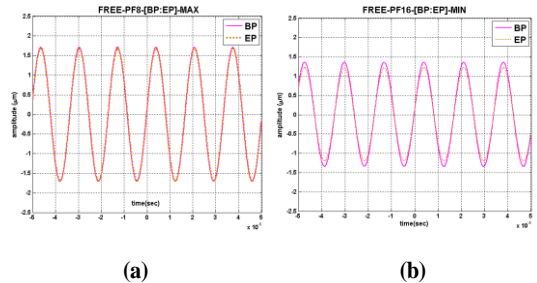


Fig. 3 Time signal: (a) PF8, (b) PF16

† 교신저자; 이수일, 서울시립대학교 기계정보공학과  
 E-mail : leesooil@uos.ac.kr

Tel :02-2210-5251 , Fax :02-2210-5575

\* 서울시립대학교 대학원 에너지환경시스템공학과

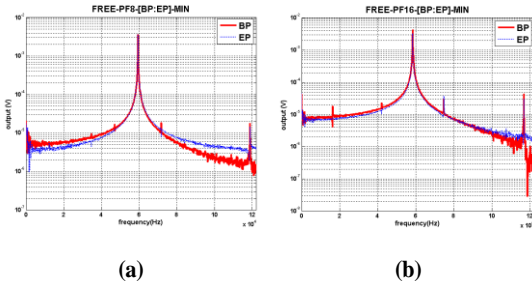


Fig. 4 FFT spectrum: (a) PF8, (b) PF16

### 3. 신뢰성 실험

본 연구에서는 단순한 초음파 진동 성능 뿐 아니라 실제 접합 공정에 신뢰성 확보를 위하여 300 시간 가속수명 시험을 진행하였다. Fig. 5 와 같은 수명시험용 안전 챔버를 구성하고 PF16 과 동일 형상 모델 3 대를 추가 제작하여 0.2MPa 의 일정한 압력을 접합부에 작용한 상태에서 Fig. 6 과 같은 작동 프로파일로 300 시간 연속 작동 시험을 수행하였다. 이는 실제 공정 대비 약 4 배 정도 많은(빠른) 작동 사이클을 적용한 일종의 가속시험이다. 또한 매 10 시간 단위로 초음파 혼의 정상작동 여부를 확인하기 위하여 레이저 진동계를 이용한 실시간 초음파 진동 변위 측정을 병행하였다.

Fig. 7 은 300 시간 동안 매 10 시간 단위로 측정한 초음파 혼 3 대의 가압(0.2 MPa)과 비가압(Free) 시 진동 변위 분포를 나타낸다. 전체적으로 제작 및 조립 초기의 성능과 300 시간 작동 후의 성능이 크게 일정함을 알 수 있다.



Fig. 5 Safety chamber for reliability test

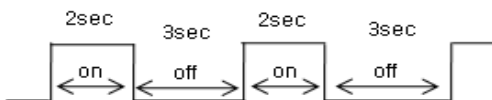


Fig.6 Ultrasonic loading profile for reliability test

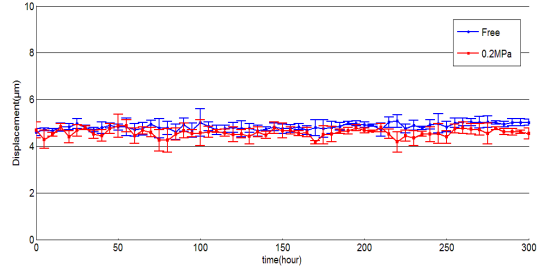


Fig. 7 Vibration displacement (peak-to-peak) variation during 300 hours

### 4. 결론

본 연구에서는 최적화 모델 중 3차원 PF8과 PF16 모델을 실제 제작하여 레이저 진동계를 통한 실험으로 진동 특성을 측정하였다. 또한 실제 제작된 초음파 혼의 가속수명 시험 후 성능변화까지 관찰하였다. 제작된 초음파 혼의 주파수는 57.483kHz로 이는 초기 설정 주파수인 60kHz에서 4.195% 이내의 차이를 보이며 300시간 작동 후에도 진동 진폭은  $\pm 5\%$  이내 범위에 있음을 확인하였다. 이를 통해 위상최적화를 통한 체계적인 초음파 혼 설계 및 제작이 공정 현장에 적용 가능하다는 것을 보였다.

### 후 기

본 연구는 서울시 산학연 협력사업(10890)의 지원으로 이루어졌음.

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연공동기술개발사업(No.00045000-1)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

### 참 고 문 헌

- (1) Gao, S., 2005, "New technologies for lead-free chip assembly", Ph.D. Dissertation, University of London.
- (2) 김지수, 하창용, 이수일, 2011, "설정된 주파수 및 모드에 대한 초음파 혼의 위상 최적화 설계" 한국소음진동공학회 추계 학술대회 논문집