

## LED칩 제조용 다이 본더의 전산 설계 및 해석에 대한 연구

조용규<sup>1\*</sup>, 이정원<sup>1</sup>, 하석재<sup>1</sup>, 조명우<sup>2</sup>, 최원호<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>인하대학교 기계공학과, <sup>2</sup>인하대학교 기계공학부, <sup>3</sup>우리 ATEC

### A Study on the Computational Design and Analysis of a Die Bonder for LED Chip Fabrication

Yong-Kyu Cho<sup>1\*</sup>, Jung-Won Lee<sup>1</sup>, Seok-Jae Ha<sup>1</sup>, Myeong-Woo Cho<sup>2</sup>  
and Won-Ho Choi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Inha University

<sup>2</sup>Division of Mechanical Engineering, Inha University

<sup>3</sup>Wooree ATEC Co. LTD

**요 약** LED 칩 패키징에서 다이 본더는 분할된 칩을 리드 프레임에 고정시켜 칩이 이후 공정을 견딜 수 있도록 충분한 강도를 제공하는 중요한 공정이다. 기존의 다이 본더의 픽업 장치는 단순히 콜렛의 하강 동작과 이젝터 핀의 상승 동작만으로 구동되어 픽업 장치와 다이가 접촉하는 순간 충격에 의한 다이의 손상과 위치 정렬 오차에 대한 문제점이 발생한다. 본 연구에서는 위치 정렬 에러 및 다이의 손상을 최소화시키기 위하여 고정밀, 고속 이송이 가능한 픽업 헤드를 사용한 다이 본더 시스템을 개발하였다. 구조적 안정성을 평가하기 위해 다이 본더의 유한요소모델을 생성하였고 구조 해석을 수행하였다. 그다음, 다이 본더의 작동 주파수에 대해 픽업 헤드의 유한요소모델을 이용하여 진동해석을 수행하였다. 해석 결과, 다이 본더에 작용하는 응력 및 변위, 고유진동수에 대해 분석하였고 개발된 시스템의 구조적 안정성에 대해 확인하였다.

**Abstract** In LED chip packaging, die bonding is a very important process which fixes the LED chip on the lead frame to provide enough strength for the next process. Conventional pick-up device of the die bonder is simply operated by up and down motion of a collet and an ejector pin. However, this method may cause undesired problems such as position misalignment and/or severe die damage when the pick-up device reaches the die. In this study, to minimize the position alignment error and die damage, a die bonder is developed by adopting a new pick-up head for precise alignment and high speed feeding. To evaluate structural stability of the designed system, required finite element model of the die bonder is generated, and structural analysis is performed. Vibration analysis of the pick-up head is also performed using developed finite element model at operation frequency range. As a result of the analysis, deformation, stress, and natural frequency of the die bonder are investigated.

**Key Words** : LED chip package, Die bonder, Pick-up head, Structural analysis, Vibration analysis

### 1. 서 론

LED(Light Emitting Diode)는 순방향으로 전압을 가했

을 때 발광하는 반도체 소자로 휴대폰의 액정 표시 소자, 교통 신호등, 자동차 부품, 모니터, TV와 같은 가전제품 등 모든 분야에서 다양한 용도로 사용되고 있다.[1] LED

본 논문은 지식경제 기술혁신사업(신성장동력장비경쟁력강화사업)의 일환으로 수행중인 'LED 패키지 In-line 자동화 시스템 개발' 과제 연구비 지원으로 수행되었음.

\*Corresponding Author : Yong-Kyu Cho

Tel: +82-10-7157-6538 email: ykcho@inha.edu

접수일 12년 07월 25일

수정일 12년 08월 07일

게재확정일 12년 08월 09일

는 광변환 효율이 높고 낮은 전압을 사용하기 때문에 소비전력이 적으며 소형화, 경량화에 유리하며 수명이 반영구적이라는 장점을 가지고 있어 출력과 효율 향상 방법, 제조 방법 등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.[2] 이러한 LED 칩 제작은 기판 위에 화합물 반도체를 성장시키는 에피 웨이퍼 제조 공정, 노광, 현상, 식각을 통해 전극을 형성하고 개별 칩으로 절단하는 칩 제조 공정, 제조된 칩과 리드(lead)를 연결하고 빛이 최대한 외부로 방출되도록 만들어주는 패키징(packaging) 공정, 제작된 개별 LED 소자를 하나의 모듈(module)로 제작하는 모듈화 공정을 거치게 된다.[3] 그중 패키징 공정은 외부 환경으로부터 LED 칩을 보호하고 열에 의한 LED 효율 저하와 관련이 있기 때문에 매우 중요하고 LED 칩 제작의 핵심 기술로 각광받고 있다.

LED 칩의 일반적인 패키징 공정은 웨이퍼에 형성된 칩의 양부를 검사하는 웨이퍼 검사 공정, 웨이퍼를 절단하여 날개로 분리된 칩을 리드 프레임(lead frame)에 부착시키는 다이 본딩(Die Bonding) 공정, 다이에 구비된 접촉 패드와 리드 프레임의 리드를 와이어로 연결시키는 와이어 본딩(wire bonding) 공정, 다이의 내부회로와 그 외의 구성 부품을 보호하기 위해 봉지재로 외부를 감싸는 몰딩(Molding) 공정, 리드와 리드를 연결하고 몰딩 시 액체 상태의 에폭시 몰딩 컴파운드(EMC)가 외부 리드로 흘러나오는 것을 방지하기 위한 댐(dam)역할을 하는 댐바(dambar)를 제거하는 트림 공정 및 리드를 원하는 형태로 성형시키는 포밍(Forming) 공정을 거치게 된다. 그중에서 다이 본딩 공정은 분할된 칩(Die)이 이후 공정에서 견딜 수 있는 충분한 강도의 접착력을 갖도록 칩을 고정시키고 칩으로부터 발생하는 열을 방출시키기 위해 적절한 열전도도 및 전기전도도를 부여하는데 있어 매우 중요한 공정이다.[4] 다이 본딩 공정은 그림 1과 같은 과정을 거치게 되는데, 특히 다이의 픽업(Pick-up) 공정은 웨이퍼로부터 다이를 분리하는 픽업 동작과 분리한 다이를 접착제가 도포된 리드 프레임 위에 고정시키는 접착 동작을 반복하는 다이 본딩의 핵심 공정이다.



[그림 1] 다이 본딩 공정  
[Fig. 1] Die bonding process

기존의 LED 칩 픽업 장치는 단순히 콜렛의 하강 동작과 이젝터 핀의 상승 동작만으로 구동되어 픽업 장치의 콜렛과 다이가 접촉하는 순간 다이에 충격이 가해져 다이가 손상되거나 접착테이프에서 떨어져 콜렛에 흡착된 다이가 흔들려 미세 회전이 발생하여 위치 정렬 오차가 발생하는 등 많은 불안정 요소를 가지고 있다. 이러한 픽업 에러는 제품의 소형화 및 생산 작업의 고속화에 대응하기 어렵게 만들고 공정 신뢰성을 저하시킨다.

본 연구에서는 이러한 픽업 에러 및 다이의 손상을 최소화시키기 위하여 정밀 이송 모터로 구성된 고속 픽업 헤드를 개발하여 LED 칩 다이 본더 시스템에 적용시켰다. 이에 대한 구조적 안정성을 평가하기 위해 다이 본더 프레임의 유한요소 모델링을 생성하였고 구조 해석을 수행하였다. 그다음, 다이 본더의 핵심 부품인 픽업 헤드의 유한요소 모델을 이용하여 작동 주파수에 대해 진동해석을 수행하였다. 해석 결과를 바탕으로 다이 본더 및 픽업 헤드에 작용하는 응력 및 변위, 고유 진동수를 분석함으로써 개발된 시스템의 유효성을 검증하였다.

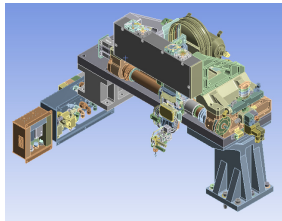
## 2. 다이 본더 설계

일반적인 다이 본더 시스템은 로더, 프리베이커(Pre-baker), 스탬프 장치, 어태칭 장치(Attaching apparatus), 웨이퍼 테이블 및 언로더를 포함하여 구성되며, 로더는 매거진(Magazine)에 적재된 기판을 레일을 통해 프리베이커에 공급하고, 프리베이커는 다이가 기판에 접착될 수 있도록 접착제의 작용에 적합한 온도로 기판을 가열한다. 스탬프 장치는 프리베이커로부터 가열된 기판을 전달받아 다이가 접착될 위치에 접착제를 도포하고, 어태칭 장치는 접착제 도포 작업이 완료된 기판에 다이를 접착시키고, 접착이 완료된 기판은 언로더에 의해 수거되는 형식으로 구성이 된다.

어태칭 장치는 다이를 웨이퍼로부터 떼어내는 픽업 동작과 떼어낸 다이를 접착제가 도포된 부위에 접착시키는 접착동작을 각각 수행하게 되며 픽업동작에 사용되는 픽업 장치는 반도체 다이를 콜렛(collet)을 통해 진공 흡입하여 이송시키는 픽업부(pick up unit), 접착테이프에 의해 고정된 상태의 반도체 다이가 놓여지는 이젝트 홀더(Eject holder) 및 이젝트 홀더 내부에 설치되어 반도체 다이를 상승시키는 이젝트 핀(eject pin)을 포함하여 구성이 된다.

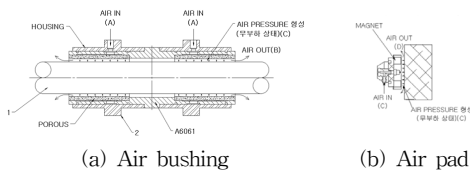
기존 어태칭 장치의 픽업 장치는 단순히 콜렛의 하강 동작과 이젝터 핀의 상승 동작만으로 구동되기 때문에 실제 픽업 장치의 콜렛이 다리와 접촉하는 순간에 다이

에 충격이 가해져 다이가 손상되거나, 접착테이프에서 떨어져 콜릿에 흡착된 다이가 흔들려 미세 회전을 해 위치 정렬 오차가 발생하는 등의 픽업 에러가 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 웨이퍼에서 절단된 각각의 LED 칩을 안정적으로 픽업할 수 있도록 그림 2와 같은 다이 본더 시스템을 설계하였다. 고속 정밀 구동을 위해 Robot은 linear servo motor로 구성하였고 효과적인 이송을 위하여 belt feeding 방식으로 이송 시스템을 구성하였다.



[그림 2] 다이본딩 시스템 모델  
[Fig. 2] Model of die bonding system

픽업 헤드(Pick-up Head)는 에어 부싱(Air bushing) 및 에어 패드(Air pad)를 이용하여 고속, 고정밀 운동이 가능한 이송 시스템을 구축하였다. 그림 3은 본 연구에서 적용한 에어 부싱과 에어 패드의 구조로 하우징의 입구로 공기가 주입되면 하우징 내부에 있는 다공질(Porous)를 통하여 축(Shaft)으로 공기가 이동되고 다공질과 축 사이의 간격으로 인해 공기압이 형성되어 무부하 상태로 하우징이 공중에 떠있게 된다. 이 때 동일한 압력을 형성하기 위해서는 다공질과 축은 일정한 간격이 유지되어야 한다. 개발된 시스템을 이용하여 표 1과 같은 사양의 시스템을 구축하였다.



[그림 3] 에어 부싱과 에어 패드의 구조  
[Fig. 3] Structure of air bushing and air pad

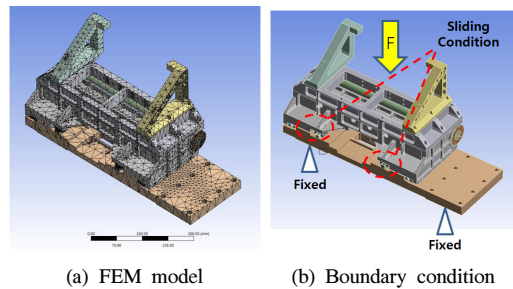
[표 1] 개발된 다이 본더의 사양  
[Table 1] Specification of developed die bonder

Parameter	Value
Operation frequency	0-60 Hz
Placement accuracy	$\pm 25 \mu m$
Bonding force range	25-300 g · f

### 3. 다이 본더의 구조해석

개발된 다이 본더의 구조적 안정성을 검증하기 위해 주요 부품의 3차원 모델링을 이용하여 유한요소모델을 구성하였고, 유한요소모델을 이용하여 다이 본더의 자중에 의한 변위 및 응력에 대한 해석을 통해 다이 본딩 시스템에 미치는 영향을 분석하였다.[5]

다이 본더의 구조 및 해석은 Ansys workbench V13을 이용하였고 그림 4(a)과 같이 Tetrahedrons mesh로 유한요소모델을 생성하였다. 유한요소 사이즈는 0.018mm로 설정하였다. 해석을 위한 다이 본더의 재질은 일반적인 다이 본더 시스템에 사용하는 Aluminum을 사용하였고 재질 특성은 표 2와 같다.



[그림 4] 구조해석 조건  
[Fig. 4] Condition of structure analysis

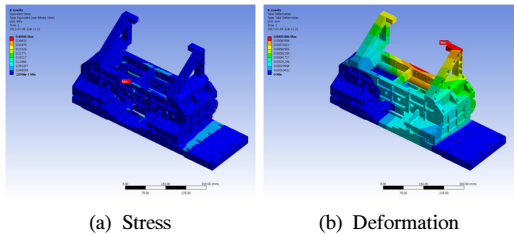
[표 2] 다이 본더의 재료 물성  
[Table 2] Material property of die bonder

Density	2770 kg/m <sup>3</sup>
Young's modulus	71 Gpa
Poisson's ratio	0.33
Yield strength	280 Mpa

그림 4(b)은 구조해석을 위한 경계 조건 및 접촉 조건을 나타낸 것으로, 다이 본더 하단부 프레임에 구속 조건을 부여하였고 픽업 모듈과 프레임을 연결하는 가이드 부분 접촉면에 슬라이딩 조건을 부여하였다. 전체 시스템에 대하여 중력이 작용하도록 설정하여 작용하는 자중에 의한 시스템의 변위 및 응력을 분석하였다.

그림 5는 자중에 의한 다이 본더의 변위 및 응력 해석 결과이다. 다이 본더에 작용하는 최대 응력은 픽업 모듈과 프레임을 연결하는 가이드 부분에 발생하였으며 0.4Mpa로 재료의 항복 강도에 비하여 무시할만한 수준으로 나타났다. 최대 변위는 0.9 $\mu$ m로 픽업 모듈의 상단부 및 픽업 헤드가 이송되는 축 부분의 중심에서 발생되었

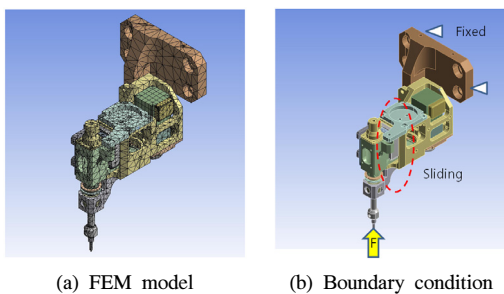
고, 픽업 헤드의 이송 방향으로는  $0.1\mu\text{m}$ 로 나타났다. 이는 시스템의 위치 정밀도  $25\mu\text{m}$ 이므로 자중에 의해서 발생하는 변위가 매우 작은 수치로 위치 정밀도에 미치는 영향이 미비할 것으로 판단할 수 있고 개발된 다이 본더 시스템이 구조적으로 안정됨을 확인할 수 있다.



[그림 5] 구조해석 결과  
[Fig. 5] Results of structural analysis

#### 4. 픽업 헤드의 진동해석

다이 본더의 핵심 부품인 픽업 헤드의 경우 일정한 속도로 반복 운동에 의해 발생하는 진동의 영향을 고려해야 한다. 따라서 본 연구에서는 픽업 헤드에 외력이 작용하지 않는다고 가정하고 전체적인 시스템의 고유진동수를 유한요소해석을 통해 분석하였고, 고유진동수 분석 결과를 바탕으로 다이 본딩 시 작용하는 최대 접촉력  $300\text{g} \cdot f$ 를 픽업 헤드의 작동 주파수인  $0\sim 60\text{Hz}$ 로 가할 때 응력 및 변위를 분석하였다.

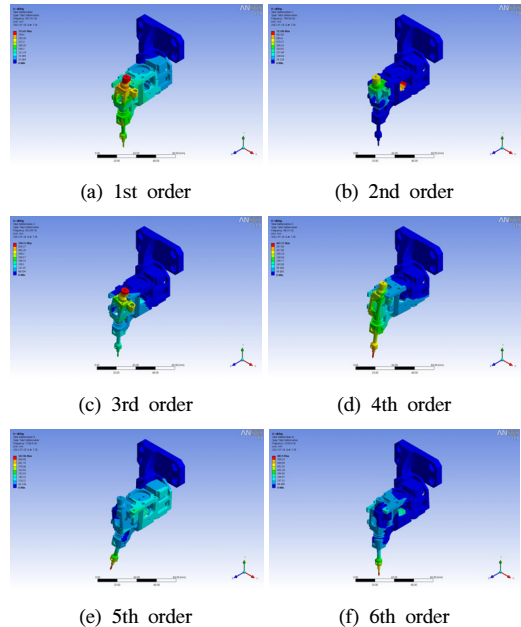


[그림 6] 진동해석 조건  
[Fig. 6] Condition of vibration analysis

진동 해석은 그림 6과 같이 픽업 헤드의 유한요소 모델 및 경계 조건을 부여하였다. 측면에 구속 조건을 부여하고 픽업 구동부 접촉면에 슬라이딩 조건을 부여하여 고유진동수를 분석하였다.

그림 7과 표 3은 픽업 헤드의 모드 해석 결과로 각 모

드에 따른 고유진동수를 나타낸 것이다. 1차 모드에서 고유진동수는  $557.91\text{Hz}$ 로 나타났으며 이는 픽업 헤드에 사용되는 모터의 정격 구동 주파수인  $60\text{Hz}$ 보다 현저하게 높은 값을 가짐을 알 수 있다. 이는 픽업 동작 시 시스템이 공진에 대해 안정성을 가짐을 의미한다.

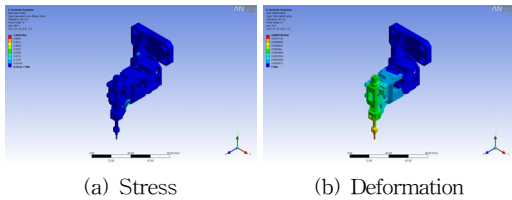


[그림 7] 픽업 헤드의 모드 형상  
[Fig. 7] Mode shape of the pick-up head

[표 3] 픽업 헤드의 고유진동수  
[Table 3] Natural frequencies of the pick up head

Mode	Frequency
1	557.91
2	788.56
3	813.98
4	882.9
5	1766.8
6	2326.5

고유진동수 분석 결과를 바탕으로 최대 접촉력에 대한 조화 진동 분석을 수행하였다. 그림 8은 접촉력이 작용할 때 조화 진동 해석 결과이다. 해석 결과  $60\text{Hz}$ 일 때 최대 응력은  $5\text{Mpa}$ , 최대 변위는  $8\mu\text{m}$ 로 낮은 값을 가졌다. 픽업 헤드 동작 시 작용하는 접촉력에 의한 변위 및 응력에 대해 시스템이 안정성을 가짐을 확인하였다.



[그림 8] 조화 진동해석 결과  
[Fig. 8] Results of harmonic vibration analysis

## 5. 결론

본 연구에서는 픽업 에러를 최소화시키고, 고속 및 고정밀 이송이 가능한 LED 칩 다이 본더 장치를 설계하였고, 설계된 시스템에 대하여 작용하는 자중 및 진동에 대한 분석을 수행하였고 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 구조 해석 결과, 다이 본더에 작용하는 자중에 대해 최대 변위는  $0.9\mu\text{m}$ 로 픽업 헤드가 이송되는 축 위치에서 발생하였으나 다이 본더 시스템에서 요구되는 위치 정밀도인  $\pm 25\mu\text{m}$ 에 대해 영향이 미비한 것을 확인하였다.
- 2) 픽업 동작 시 발생하는 진동에 대해 픽업 헤드의 모드 해석을 수행하였고 1차에서부터 6차까지의 모드 형상 및 고유진동수를 분석하였다. 해석 결과, 픽업 헤드의 가진 주파수보다 시스템의 고유진동수가 큰 값이 가지는 것을 확인하였다.
- 3) 고유진동수 해석을 바탕으로 픽업 헤드에 작용하는 접촉력에 대해 조화 진동 해석을 수행하였다. 해석 결과, 진동에 의한 응력 및 변위 값이 픽업 헤드의 가진 주파수 내에서 안정성을 보임을 확인하였다.

## References

- [1] M. Fan, M. Liang, D. Guo, F. Yang, L. Wang, G. Wang and J. Li, "Color Filter-less Technology of LED Back Light for LCD-TV," Proc. SPIE, Vol. 6841, pp. 68410G1-68410G6, 2007.
- [2] J. R. Ryu, "The Improvement for Performance of White LED chip using Improved Fabrication Process", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 13, No. 1, pp. 329-332, 2012.
- [3] B. C. Gather, A. Kohnen, A. Falcou, H. Becker and K.

Meerholz, "Solution-Processed Full-Color Polymer Organic Light-Emitting Diode Displays Fabricated by Direct Photolithography", Advanced Functional Materials, Vol. 17, pp. 191-200, 2007.

- [4] H. H. Kim, S. H. Choi, S. H. Shin, Y. K. Lee, S. M. Choi and S. Yi, "Thermal Transient Characteristics of Die Attach in High Power LED PKG", Microelectronics Reliability Vol. 48, pp. 445-454, 2008.
- [5] J. S. Lee and D. S. Baik, "Structural Analysis of Tension Controller Spring", Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society, Vol. 10, No. 1, pp. 1-5, 2009.

## 조 용 규(Yong-Kyu Cho)

[정회원]



- 2010년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 2012년 2월 : 인하대학교 기계공학과 대학원 (공학석사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 대학원 박사과정

<관심분야>

Maskless Lithography

## 이 정 원(Jung-Won Lee)

[정회원]



- 2006년 2월 : 한라대학교 기계공학과 (공학사)
- 2008년 2월 : 인하대학교 기계공학과 대학원 (공학석사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 대학원 박사과정

<관심분야>

MR Polishing, 미세측정

**하 석 재(Seok-Jae Ha)**

[정회원]



- 2006년 2월 : 서울산업대학교 금형설계학과 (공학사)
- 2010년 2월 : 인하대학교 기계공학과 대학원 (공학석사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 대학원 박사과정

<관심분야>

마이크로 절삭 모니터링, 마이크로 생산 시스템

**조 명 우(Myeong-Woo Cho)**

[정회원]



- 1983년 2월 : 서울대학교 기계설계과 (공학사)
- 1985년 2월 : 서울대학교 기계설계과 대학원 (공학석사)
- 1985년 ~ 1989년 : 한국생산성본부 자동화 사업부 전문위원
- 1992년 2월 : University of Illinois (공학박사)
- 1993년 ~ 1997년 : 대우전자 시스템 사업부 부장
- 1997년 2월 ~ 현재 : 인하대학교 기계공학과 교수

<관심분야>

CAD/CAM/CAI, 마이크로 생산 시스템, 머신 비전

**최 원 호(Won-Ho Choi)**

[정회원]



- 1992년 2월 : 동서울대학교 기계공학과 (전문학사)
- 1992년 3월 ~ 1998년 : 에스제이 엔지니어링
- 2005년 ~ 2007년 : (주)알티에스 FA사업부 개발팀장
- 2009년 ~ 현재 : (주)우리 ATEC 연구소장

<관심분야>

LED packaging, CAD/CAE, 금형 및 FA 부분