

# Leadframe Feeder Heat Rail의 설계와 검증 Leadframe Feeder Heat Rail Design and Verification

김원종<sup>1\*</sup>, 황은하<sup>2</sup>  
Won-Jong Kim<sup>1\*</sup>, Eun-Ha Hwang<sup>2</sup>

## <Abstract>

Trends in semiconductor equipment industry are to reduce the cost of producing semiconductor, semiconductor process development, facility development, and the minimum investment in terms of cost and quality. Semiconductor equipments are being considered to review and development is proceeding at the same time. In the first part of the semiconductor assembly process, in which the importance of die bonding process is emerging, a wide leadframe type die bonding machine is demanded for productivity. Die bonding machine was designed through experiments and by trial and error. It costs a lot of time and financial burden. The purpose of this study is to solve these problems by using the CAE tool 3G. By using finite element method, thermal analysis of die bonding machine to the various widths leadframe die bonder machine rail is performed for design.

**Keywords :** Chip Bonding, Heat Rail, Heat Rail Analysis

## 1. 서론

최근 반도체 장치산업의 동향은 반도체 생산 원가의 절감, 반도체 공정의 개발, 이에 따른 설비 개발 및 최소의 투자비용과 고품질이란 측면에서 전 부문에 걸쳐 검토와 개발이 동시에 진행 되고 있으며 그중 반도체 어셈블리 공정의 가장 첫 번째인 Chip Bonding 공정은 그 중요성이 날로 부각되고 있으며 사용자들의 요구사항은 다음과 같다.

첫째, 보다 빠른 장비 index로 높은 반도체 생산량을 원하고 있으며, 둘째 폭이 넓은 Leadframe을 수용할 수 있는 넓은 Feeding Rail 를 요구하고 있다. 셋째 앞의 두 조건을 만족하

면서 공간 활용도가 높은 장비를 요구하고 있다.

첫 번째 사용자의 요구사항은 일반적으로 국내외에서 많은 장비 연구가 이루어지고 있으며, 고속인 경우 한 개의 Chip 생산속도가 약 2~2.5 sec/chip인 장비가 개발 되어 있다. 두 번째 폭이 넓은 Leadframe을 수용하는 장비의 개발도 활발히 이루어지고 있으며 릴타입의 경우 Leadframe 폭이 30mm 정도를 수용할 수 있는 Rail도 개발 되어 있다. 세 번째 공간 활용도가 높은 장비의 경우 빠른 생산량과 폭이 넓은 Leadframe수용 등을 고려해 장비의 크기가 비례적으로 커진다고 볼 수 있으며 이는 Leadframe폭의 증가와 반도체 Wafer의 크기에 따른 기구물 간섭간의 문제 등을 고려하기 때문이다.

<sup>1</sup>교신저자, 종신회원, 금오공과대학교 대학원, 기계설계공학과 박사수료, E-mail : gcrow@hanmail.net

<sup>2</sup>종신회원, 금오공과대학교, 기계설계공학과, 교수, 工博,

<sup>1</sup>Corresponding Author, Graduate Student, Department of Engineering Science & Mechanics, Graduate School, KIT

<sup>2</sup>Department of Mechanical Design Engineering, KIT, Prof., Ph.D.

일반적으로 Chip Bonding Machine은 Loader Unit에서 공급된 Leadframe에 Head Unit을 이용해서 Chip을 Bonding하는 Machine이다. 기존 Chip Bonding Machine의 경우 높은 생산 속도를 구현하기 위해 폭이 넓은 Leadframe 공급을 만족시키기 위해 개발이 필요하다. 이제까지 Chip Bonding Machine 설계에 있어서 실험과 시행착오에 의한 경험적인 방법의 설계가 이루어져 왔으며 이는 수많은 시간과 노력등 금전적 비용이 부담되어 왔다. 본 연구의 목적은 이러한 여러문제들을 해결하기 위해 Chip Bonding Machine을 설계후 열해석을 통해 폭이 넓은 Leadframe의 사용가능유무를 검증하는 것이다.

## 2. 관련이론

Chip Bonding Machine은 반도체 공정중 Chip을 LeadFrame위에 붙이는 공정에 사용한 Machine을 말한다.

### 2.1 Eutectic Bonding

금속과 다른 금속원소는 합쳐져 합금을 만들어 새로운 상(Phase)을 만들거나 주금속이 존재하는 조직 속에 끼어 들어간다.

일정한 조성의 합금이 특정한 온도에서 평형을 이루고 있는 상을 나타낸 것을 상태도(Phase Diagram)라 하며 이 상태로 부터 용액이 액체상태로 유지될 수 있는 최저온도를 찾을 수 있는데 이온도를 공정온도(Eutectic Temperature)라 한다. 금속과 금속이 합금상태가 될때, 공정온도는 각 단일 금속의 용점보다 훨씬 낮아진다. 금(Au)의 용점(Melting Point)은 1063℃이며 은(Ag)의 용점은 961℃이다.

금(Au)또는 은(Ag)과 실리콘(웨이퍼의 소재)의 공정온도는 대단히 낮아져 500℃이하에서도 Chip을 Lead frame 위에 붙일 수 있다.

또한 금(Au)과 구리(Cu)의 공정온도는 884℃이며 실리콘(Si)까지 더하면 450℃전후로 공정온도가 낮아지므로 Gold Back을 가진 Chip을 구리(Cu)도금된 Lead frame위에 접합 할 수 있다.

Au-Si 계통에서 공정합금(Eutectic Alloy)이 용점 또는 공정점에 도달하기 위해서는 약370℃~450℃의 온도가 필요하다. 또한 공정흐름(Eutectic Flow)과 Bonding 도중에 존재할 수 있는 공기주머니(Air Pocket)을 밀어내기 위해 약간의 문지르기(Scrub Motion)가 필요하다.

Au-Si 상태도를 보면 C점은 공정점(Eutectic Point)이므로 고체와 액체상태가 공존한다.

금(Au)과 실리콘(Si)의 공정온도는 370℃이나 금(Au)이나 실리콘(Si) 어느 하나라도 온도가 높아지면 Fig. 2.1의 Area E와 Area D 혹은 Area E와 Area B의 경계곡선에 닿게 된 후에 모두 액체 상태가 된다.

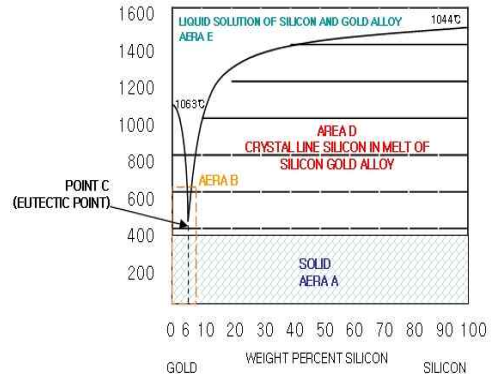


Fig. 2.1. Au-Si phase diagram.

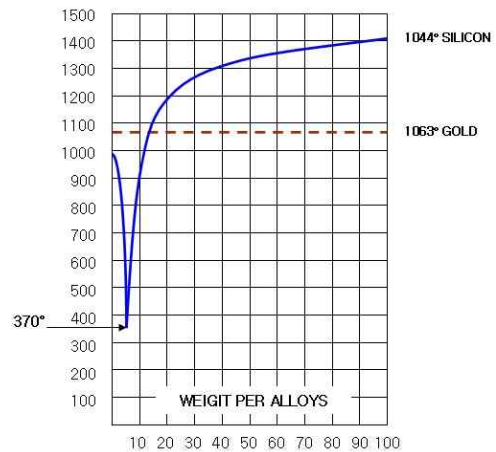


Fig.2.2. Gold alloy phase diagram.

**2.2 유한요소 이론**

연속체에서 실제의 자유도는 무한히 많으며 해석적으로 해를 구하는 경우를 제외하면 지배 미분 방정식의 복잡성, 초기조건과 경계조건 의 어려움 등으로 정확한 해석은 불가능하다.

그러므로 수치적인 근사화가 필요하며 수치해 석법에서 근사 해는 연속체의 거동을 유한개의 미지수의 조합으로 치환하여 구하며 이는 ‘절점’ 이라고 불리는 이산화 된 점에서 근사하여 해 를 구할 수 있다.

이러한 수치적인 방법으로 유한차분법(finite difference methods)과 유한요소법(finite element methods)의 두 가지 방법이 있다.

유한차분법은 미분 방정식이 각 절점에서 표현 되고, 도함수는 차분 방정식(difference equation)으 로 바꾸어 연립 선형 방정식이 유도되므로 이 해하기 쉽고, 간단한 문제에 적용하기 쉽지만, 현실에서 적용할 수 있는 복잡한 형상이나 많 은 경계조건을 갖는 문제에는 적용하기 어렵다 는 단점이 있다.

유한요소법은 대수 방정식을 만들기 위해 적분 과정(integral formulations)을 사용 근사 연속 함수는 각 요소의 해를 나타내는 것으로 가정 하며 해는 각각의 해를 조합하여 얻어지게 되 며 이때 요소 경계는 연속성이 보장되어야 한 다.

유한요소법에서 연속체를 유한개의 요소로 분 할하고 유한개의 절점을 매개로 결합하는 이산 화(discretization)과정에서 형상함수(shape function) 가 도입된다.

구조역학 문제의 적용시 계(system)를 지배하 는 방정식 즉 최소 총 포텐셜 에너지 원리에 의해 안정된 시스템에서 평행인 경우의 변위는 시스템의 총 포텐셜 에너지가 최소인 경우에 생긴다.

$$\Pi = \frac{1}{2} \int_V \{\sigma\}dV - \int_V \{\delta\}dV - \int_S \{\delta\}dV$$

$\sigma$ 는 응력

$\epsilon$ 는 변형률

$\delta$ 는 변위

{P} 단위체적당 체적력 (body force)

{q} 표면력 (surface force)

u 구조물내의 변형률 에너지 (strain energy)

변위법(displacement) 유한요소 해석은 절점의 변위가 미지량으로 취급되므로 요소 내부에서 의 변위는 절점 좌표 값에 대한 내삽함수 (interpolation funtion) 즉 형상함수를 이용하여 표현된다.

**2.3 Heater 용량 및 사용**

**열량계산법**

A(W) = 중량\*비열\*상승온도/860\*가열시간

A : 피가열체의 온도 상승 필요전력 (W)

Watt Density란 히타 표면적 1cm<sup>2</sup> 표면부하를 말한다. 트리지 히터의 내부온도는 Watt Density에 의해 좌우된다. 그러므로 피가열체의 온도를 올리는데 있어서 필요한 만큼의 적절한 Watt Density를 선택하는 것이 매우 중요하다.

카트리지 히터의 온도를 결정하고 적절한 작 업을 수행할 수 있는 범위에서 가능한 만큼의 낮은 온도로 사용하여야 한다. 무조건 높은 Watt Density로 제작하는 것 보다는 적절한 Watt Density를 선택하는 것이 그 만큼 긴 수 명을 보장 받을 수 있다.

카드리지 히터의 경우 열전도가 크고 효과적 인 사용을 위해서는 피가열체와 히터의 간격이 꼭 맞게 삽입 되어야 한다. 틈이 느슨하면 열전 도가 잘 안되어 그만큼의 열이 더 필요하게 되 므로 히터의 수명단축의 원인이 된다.

카트리지 히터를 피가열체 홀에 장착시켜 사 용할 경우 피가열체의 가열에 필요한 최고온도 를 설정해서 소요전력을 결정하고 피가열체의 용량에 알맞은 히터를 선택하여 전력밀도와 밀 착도를 계산해 주어야 한다.

카트리지 히터의 양단부에는 6.35mm의 비발열 부가 있으며 이것은 히터의 전체길이에서 비발 열부를 빼내 주어 발열면적을 결정해준다.

**히터의 발열면적**

$$S=(전체길이-비발열부)*히터의 직경*3.14$$

따라서 밀착도는 홀의 최대 내경에서 히터의 최저 외경을 뺀 값으로 결정해주며 카트리지가 히터의 허용공차는 공차표를 이용하여 피가열체의 홀에 알맞은 밀착도로 가공해준다.

### 3. Die Bonding Machine Rail 설계

#### 3.1 Eutectic Bonding Machine

Eutectic Bonding은 작업방법에 따라 전기로(Belt Furnace)를 사용 할 수도 있고 하나씩 작업할 수 있도록 장비를 구성 할 수도 있다.

전기로 방식의 경우 적정한 온도로 조절 가능한 히터에 의해 둘러싸인 터널(Tube)과 그 속을 지나가는 벨트에 의해 부품들이 발열 지점(Hot Zone)을 지나가도록 구성해야 하므로 장비의 이동과 설치 차후 개조시의 문제점등의 단점으로 기피 했으며 전기로 방식의 단점을 보완한 개별 작업할 수 있는 장비를 구성하였다.

Machine의 구조는 중앙에 Chip을 이동 시키는 Head Unit을 좌측엔 Hoop Type의 LeadFrame 적재할수 있는 Hoop Loading Unit을 우측은 반도체 후공정 장비와 연결 할 수 있도록 Buffer Unit을 위치 시켰다.

Fig. 3.1은 개략도를 나타낸 것이다.

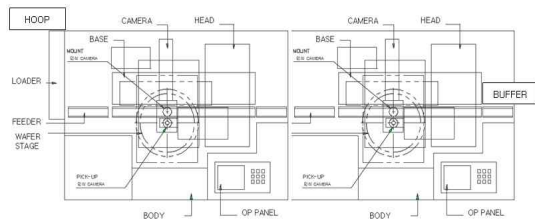


Fig. 3.1. Drawing of Chip Bonding Machine Lay-out.

#### 3.2 Rail 설계

Chip Bonding을 위해 가장 먼저 구현해야 하는 사항은 Leadframe의 온도 Profile을 설정하는 것이며 또한 고열에서 수소와 질소를 사용하여 환원을 통해 Leadframe 산화를 방지하게 하는 것이다.

타 장비의 경우 Hole을 이용한 이송방식이지만 고속 Speed에 대응을 위해서는 한계가 있으

므로 Servo Motor에 의한 Drum을 회전하여 Leadframe을 이송 시키는 방식으로 Flexible한 Leadframe을 대응 가능하도록 Rail Feeder를 설계했다.

앞서 설계한 Chip Bonding Machine의 구조상 2개의 Rail을 연결하여 Rail을 설계 하였으며 중앙에 장비의 작업Speed를 조절하기 위해 Buffer를 위치 시켰다.

Fig. 3.2는 Feeding Unit을 3차원 모델링한 도면이다.

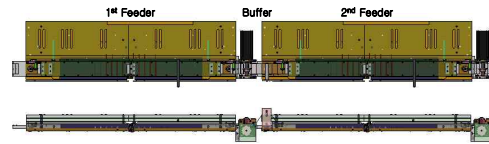


Fig. 3.2. Feeding unit 3D modeling.

### 4. 열 해석

SolidEdge를 이용하여 Feeding Rail을 모델링 후 CAE 프로그램인 3G를 이용해 열 해석을 실시하였다.

#### 4.1 Feeding Rail 열 해석

Chip Bonding Machine의 Bonding을 위해 가장 먼저 구현해야 하는 사항은 Leadframe이 지나가는 경로인 Rail의 온도 Profile을 설정하는 것이다. LeadFrame의 이동경로인 Rail에 급격한 온도는 LeadFrame위에 Chip이 Bonding 되지 못하는 문제점을 가진다. 이를 위해 Rail의 적절한 온도는 Chip Bonding Machine의 우선 과제가 된다.



Fig. 4.1. Cartridge-Heat.

이를 위해 CAE Software인 3G를 이용해 Rail 내부에 삽입되는 Cartridge Heater의 온도를 420℃로 Rail 표면은 상온인 23℃로 조건을 부여(자연대류 조건)하여 Rail 전체에 대한 온도 분포를 구하였다. Fig. 4.1은 Rail에 사용된 Cartridge-Heat 이다. Fig. 4.2는 열 해석을 위한 초기 온도 조건이다.

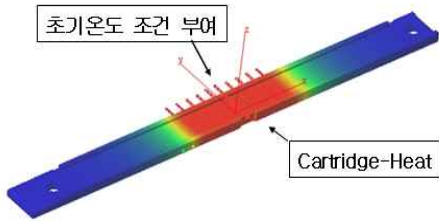


Fig. 4.2. Initial temperature of rail.

Fig. 4.3은 열 해석을 실시한 결과이다.

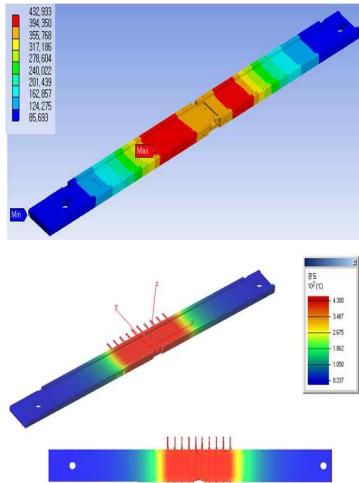


Fig. 4.3. Thermal analysis of rail.

3G를 이용한 Rail 열 해석을 통해 Rail의 온도 분포를 구하였고 이를 통해 Chip Bonding Feeder Rail에 대한 설계의 타당성을 확인 할 수 있었다. Fig. 4.4는 Rail의 길이와 열 해석 온도곡선이다.

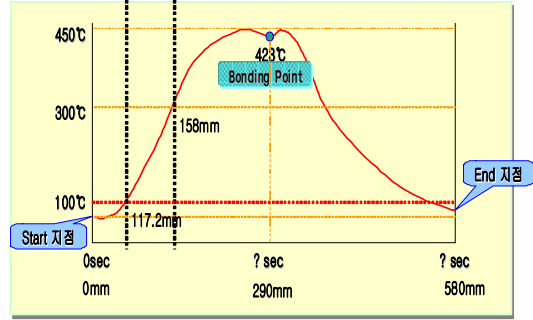


Fig. 4.4. Thermal profile of rail.

열해석의 검증을 위해 실제 Rail을 제작하여 Rail의 온도를 측정 하였다.

Fig. 4.5는 실제 Rail의 길이와 온도 곡선을 비교한 결과이다.

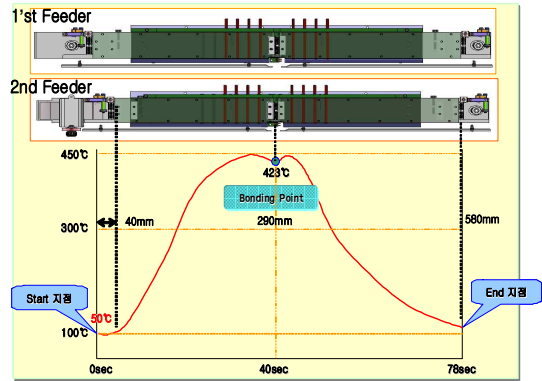


Fig. 4.5. Rail length and thermal profile.

열해석과 실제 Rail의 온도 분포는 동일한 경향을 보였으며 실험을 통해 LeadFrame의 산화되는 정도를 확인 할수 있었다. 산화되는 정도를 통해 실제 Rail에서 수용 가능한 Leadframe과 Heating 거리를 알 수 있었다.

Fig. 4.6은 Rail을 통과하는 Leadframe 이다.

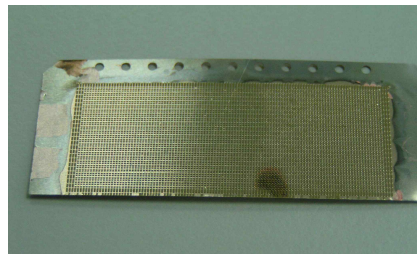


Fig. 4.6. Leadframe.

Table 4.1은 Rail을 통과후 산화되지 않은 Leadframe의 명칭과 Heating 거리 및 시간을 기록한 표이다.

**Table 4.1 Leadframe of bonding zone time**

L/F	Pitch	Index	Heating Time	Heating 거리	비고
TFSC (4열)	2.8	0.135	55.92	290	
ESC (4열)	2.2	0.135	71.17	290	
ESM (4열)	2.8	0.135	55.93	290	
SOT-23 (4열)	4.2	0.135	34.285	290	
<b>TFSC (12열)</b>	<b>2.2</b>	<b>0.155</b>	<b>122.59</b>	<b>158</b>	
<b>SOT-23 (8열)</b>	<b>4.2</b>	<b>0.158</b>	<b>86.66</b>	<b>250</b>	

## 5 결론

Chip Bonding Machine Feeder Rail 설계모델에 대해 CAE Software(3G,)에 의한 열해석을 통해 구조물의 사용에 적합성을 확인하였다. 해석 결과 Bonding의 가장 적합한 온도인 420도의 열 분포를 확인 할 수 있었다.

그 결과를 바탕으로 Rail의 Heat 온도 profile 비교를 통해 장비의 적정한 길이를 검증 할 수 있어 궁극적으로 장비 전체의 크기를 설계에 반영함으로써 차후 장비의 조립 및 이동 설치 공간 확보에 따른 정보를 얻을수 있었다.

실험을 통해 실제 LeadFrame의 산화정도를 확인 했으며 이를 기초로 Feeder Rail에 사용되는 Leadframe의 사용 가능성을 확인할 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- 1) 신중계, "LOGAN의 유한요소법 첫걸음 pp. 471~526, (1986)
- 2) CENGEL, YUNUS A, "열역학4판", McGraw-Hill, pp.2~52, (2002)
- 3) 3G Training Manual, P&S, pp. 217~242, (2005)

---

(접수:2012.01.22. 수정:2012.02.07. 게재 확정:2012.02.24)