

# 적외선 센서를 사용한 레이저 솔더링 접합부 검사

## Quality Inspection of laser-soldered joint by IR sensor

한국기계연구원 레이저 가공연구그룹 한유희, 방남주

### I. 서론

기존의 일괄접합방식에서는 후검사공정이 필수적이며 접합부를 검사하는 방법은 여러 가지가 있다. 부품을 파괴하여 단면을 검사할 수도 있고 비파괴검사로 CCD카메라와 x-ray 등을 이용하여 리드사이의 결함이나 접합부 내부의 기공같은 결함을 검사할 수도 있다. 가장 간편한 검사는 전기검사로 도전성을 검사하는 것이지만 이것으로 접합부의 웨팅상태를 판별하기에는 부족하다. 레이저 솔더링에서는 개별납땀이 가능하므로 리드 하나 하나를 접합해 나갈 때 나오는 복사열을 측정하여 온도변화를 알고 그때의 접합상태를 조사하면 건전한 접합상태의 온도 변화곡선과 재접합이 필요한 경우의 온도변화 곡선을 구별할 수 있고 이를 바탕으로 접합공정 중에도 접합부의 상태를 판독할 수 있다.

### II. 실험방법

레이저 솔더링에서는 공정과정 중 온도 변화 영역은 상온에서 250 ~ 400 °C 사이이므로 이 영역에서 나오는 복사열을 측정할 수 있는 검출기를 선정해야 한다. 또, 측정부의 면적이 아주 적으므로 측정되는 최소 에너지량과 detector의 noise equivalent값을 고려해야 한다. 따라서, Plank's law를 사용하여 LQFP168 패키지를 사용할 때의 복사열 에너지를 대략적으로 계산한 후 필요한 시스템을 구성하였다.

기본적인 시스템에서 접합부 측정을 위한 부가된 부분만 자세히 그린 그림 1을 보면, 작업대에서 나오는 복사열은 Nd:YAG 레이저 빔이 지나가는 경로의 반대 방향으로 xy 스캐너(scanner) 안에 있는 거울에 반사되어 집속렌즈 ①을 지나고 dynamic focus lens ②를 지나서 90° 편향 거울 ③까지 이른다. 이것은 다시 경통내의 실리콘 필터 ④와 집속렌즈 ⑤를 지난다. 이때 ①, ②는 측정부가 내는 파장대의 복사열을 가능한 많이 투과시킬 수 있도록 MgF<sub>2</sub> 렌즈를 사용하고 편향거울 ③과 경통내의 집속렌즈 ⑤는 MgF<sub>2</sub>로 특수 코팅하여 사용하였다. 종래의 광학부품을 교체한 것은 역산란(back scattering)으로 나올 수 있는 1.06 μm의 Nd:YAG 빔을 차단하고 다른 파장대의 복사열은 투과시키기 위함이다. MgF<sub>2</sub> 코팅처리한 거울의 특성은 1.06 μm에서는 투과도가 거의 0이다. 검출기 경통 내의 실리콘 필터 ④는 1.06 μm의 레이저 빔을 차단하고 검출기로 들어가는 광량을 조절하는 효과를 위해서 사용한다.

본 연구에서는 측정하는 파장대에서 감도가 좋은 electrically cooled PbSe 검출기를 채용하여 적은 신호도 검출하기 위하여 -20 °C 로 설정하여 사용하였다. 주변의 noise를 제거하고 적

은 신호를 증폭하기 위하여 optical chopper와 lock-in amplifier를 설치하였으며 데이터는 PC로 저장되게 설치되었다.

### III. 결과 및 고찰

그림 2는 QFP100 시편에서 하나의 리드만 주사하였을 때 측정된 IR signal이다. Thermocouple을 사용하여 내부의 온도 변화를 측정된 결과와 유사하다. 레이저 셔터를 열면 접합부 온도가 급격히 상승하는 ① 영역에서 신호가 증가하다가 ② 영역에서 기울기가 감소한다. 패드 위에서 용융된 액상의 납재가 퍼지면서 모재인 리드와 구리 패드사이의 모세관 현상과 계면장력으로 접합영역과 표면적이 증가하기 때문에 온도가 거의 증가하지 않거나 감소하기도 하는 영역이며 IR signal에서도 같은 현상으로 설명할 수 있다. ③ 에서는 접합영역이 늘어나면서 접합된 질량이 증가하여 ① 영역보다 서서히 증가하고 있다. ④ 는 레이저를 차단하였을 때 접합부의 냉각되는 부분이다. 레이저 차단 후 상온 상태에 이르기까지 280 ms 정도 소요되는 것을 알 수 있다. 공정 중 이러한 신호를 보이는 접합부의 단면은 기공같은 결함이 없으며 리드 양끝에서 모재와의 웨팅이 잘 이루어진 것을 솔더의 외곽선으로 확인할 수 있다.

그림 3은 LQFP168 시편에서 리드와 패드의 접촉면이 거의 없을 때 얻은 적외선 신호이다. 보는 바와 같이 70 ms 주사하는 동안 연속적으로 온도가 상승하고 있다. 기울기의 증가나 감소와 같은 변화가 없다는 것은 솔더링 과정에서 보이는 용융, 웨팅, 응고의 과정을 통해 얻는 신호의 변화가 없다는 것을 의미하고 모재와 솔더사이의 접합이 이루어지지 않았음을 나타낸다. 이러한 경우는 건전한 접합이 일어날 때 얻을 수 있는 그림 2와 같은 신호와 분명히 구별할 수 있다. 이러한 데이터에서 접합과정은 레이저를 조사하는 동안 초기 온도상승단계, 온도감소또는 온도상승감소단계, 온도상승감소단계로 구분할 수 있고 시편에 따라 각 단계별 시간, 온도영역을 설정할 수 있다. 온도상승단계에서 온도감소단계로 들어갔음에도 신호의 변화없이 지속적인 상승만 있으면 접촉이 되어있지 않거나 잘못 놓여 있거나 또 다른 원인에 의해서 웨팅이 일어나지 않고 있다는 것을 알 수 있으므로 레이저빔을 차단하여 부품이나 보드가 과열되어 열적손상이 일어나는 것을 막을 수 있고 접합부의 위치를 표시하여 후에 재공정을 할 때 이용할 수 있다.

### IV. 결론

레이저 솔더링에서 접합부의 복사열은 접합부에서 웨팅이 일어나면서 나타나는 온도 변화에 비례하므로 이를 공정 중에 연속적으로 측정하기 위하여 적합한 IR sensor와 광학부품을 사용한 시스템을 구성하였다. 건전한 접합부가 형성될 때와 접합이 이루어지지 않을 때의 IR signal을 측정된 후 표면과 단면상태를 비교하여 분석하였고 이를 바탕으로 접합부 검사 공정을 좀 더 효율적으로 개선할 수 있다.

## V. 참고문헌

1. Jennie S. Hwang, Modern solder technology for competitive electronic manufacturing, McGraw-Hill, 1996
2. Ernest O. Doebelin, Measurement systems 4th edition, 1990, McGraw-Hill
3. 한유희, 김인용, 방남주, 제 8회 레이저 가공기술 심포지움, .p.91~102, 한국기계연구원, Nov., 1997

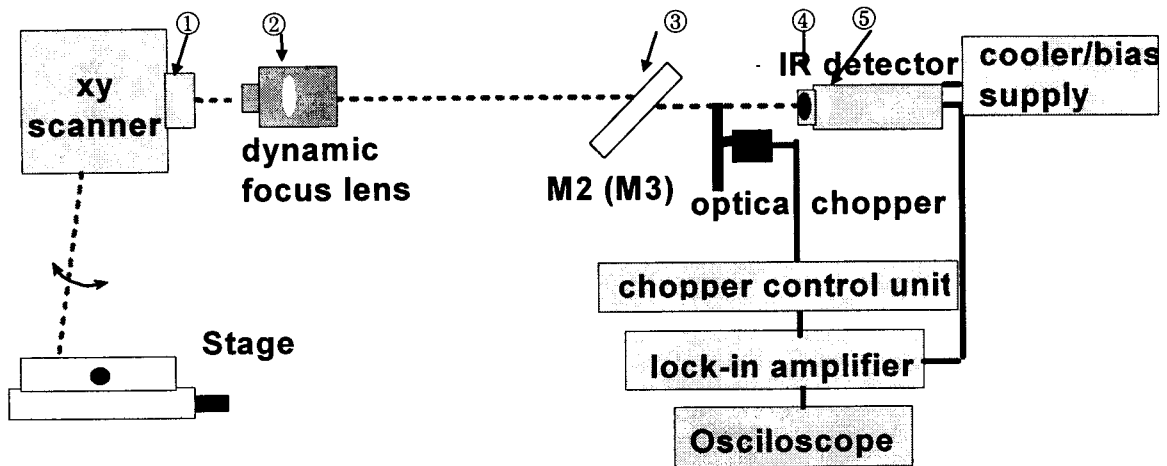


그림 1. Additional apparatus for measuring IR signal

- ① 집속렌즈, ② dynamic focus 렌즈, ③ 특수코팅된 거울, ④ silicon filter,
- ⑤ 특수코팅된 렌즈

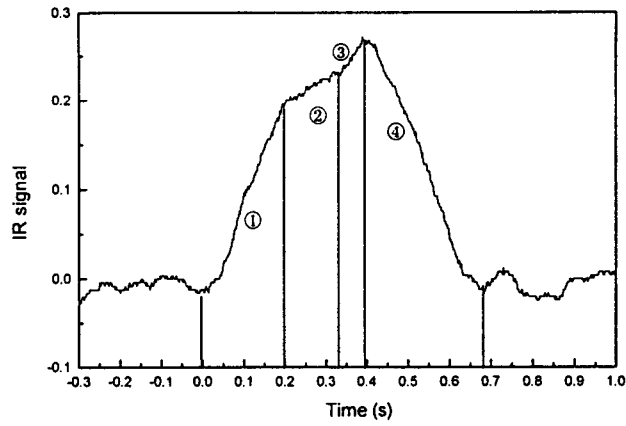


그림 2. IR signal from a 96.5Sn solder joint of QFP100  
: representing wetting process

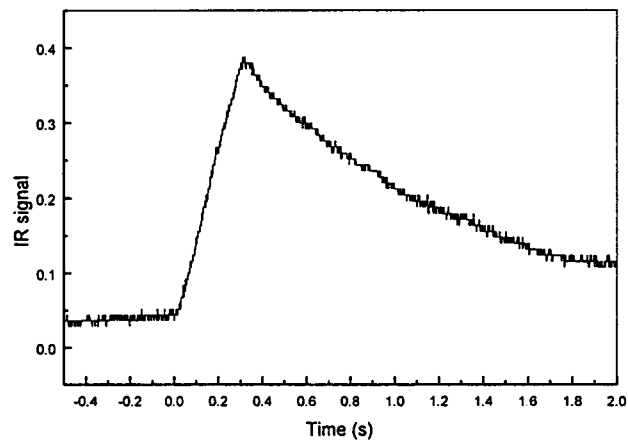


그림 3. IR signal from 63Sn solder joint  
of QFP100 : no wetting process