

# 반도체 Package 용 Seam Seal Welding System 개발

이우영\* , 진경복\*\* , 오장환\*\*\* , 김경수\*\*\*\*

\*한국기술교육대 기계공학부, \*\*한국기술교육대 제어시스템공학과,  
\*\*\*한국기술교육대 제어시스템공학과 대학원, \*\*\*\*(주)미테크노 기술연구소

## 초록

Seam seal welding on the semi-conductor package is a process for sealing the packages of semi-conductors, crystal parts, saw filters, oscillators with lid plate by seam welding. This paper present the development process of automatic seam seal welding system. In this process, the process algorithm, high precision welding current control, design of welding head, high speed and high precision feeding mechanism, user interface process control program technologies are included.

## 1. 서론

Seam Seal Welding(SSW)은 Roller 전극을 이용하여 Package 형 반도체, Crystal 부품, Saw Filter, Oscillator 등의 Package 본체와 Lid 라 불리우는 박판형의 두경을 용접에 의한 접합을 통하여 완전 밀봉시키는 가공방법으로 그림 1은 그 적용 예를 보여주고 있다.

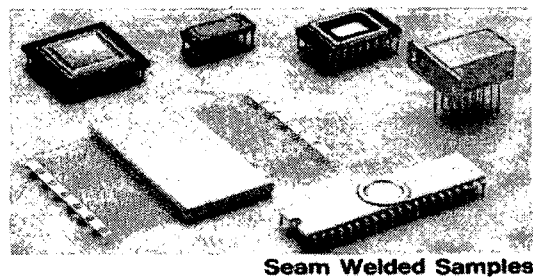


그림 1. Seam Seal Welding Samples

SSW 의 원리는 Roller 전극을 이용하여 정확한 전류와 용접시간, 그리고 압력을 조절하여 최상의 밀폐용접을 형성시키는 것으로 특수 용접 컨트롤러가 필수적이다.

그림 3 은 SSW 에 의한 Package 의 용접순서를 보여주는 것으로 일차적으로 Lid 가 Package로부터 지정된 위치에서 이탈이 없도록 하기 위한 Tag Welding 을 수행하고 이후 X 방향 및 Y 방향으로의 연속적인 Seam Welding 을 수행하게 된다.

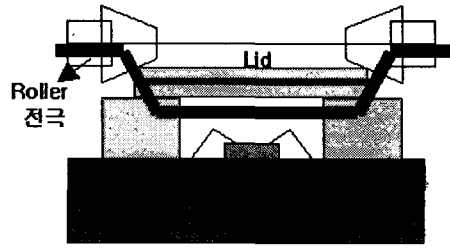


그림 2. 통전에 의한 package 와 Lid 간의 용접 원리

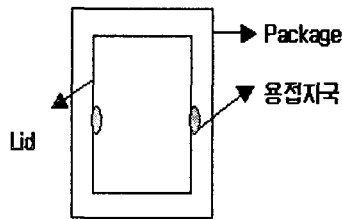


그림 3. Tag Welding

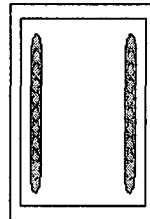


그림 4. X 방향 Seam Welding

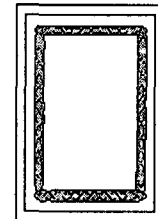


그림 5. Y 방향 Seam Welding

실링 및 리드의 재질은 열 팽창계수가 세라믹에 가까운 금속인 코발( $Fe-Ni-Co$ )를 사용함으로써 접합시의 열영향에 의한 세라믹베이스 균열을 피할 수 있도록 고려하며 또 밀봉시에 실링 및 리드의 소재를 녹이지 않고 적은 열 투입으로 확산 접합을 하기 위해 표면에는 니켈 도금이 되어있다. SMD 세라믹 패키지의 parallel seal 접합은 패키지의 실링위에 정확하게 리드를 얹고 평행하게 늘어놓은 한쌍의 테이퍼롤러 전극을 리드의 가장자리에 적당한 압력으로 접촉시켜, 롤러 전극을 펄세이션 통전하면서 회전 주행함으로써 전극과 리드사이 및 리드와 실링사이의 접촉저항에 의한 발열에 의해 미리실링과 리드에 도포되어 있는 니켈도금의 확산접합으로 seam 봉지하는 방법이다.

반도체 package 등에서 SSW 를 채용하는 이유로는 다음과 같은 장점이 있기 때문이다.

- ① 완벽한 sealing 이 이루어진다. 따라서 부품 내에 외부의 공기유입이 전혀 없다.
- ② 특수용접 컨트롤러의 사용으로 Lid 가 타지 않는다.
- ③ 짧은 Tact Time 에 이루어진다.
- ④ 질소 분위기에서 작업함으로써 산화 없이 깨끗이 sealing 된다.

## 2. Seam Seal Welding System의 설계

본 연구개발에서는 전체 제어 축수가 20 개인 자동 SSW 시스템을 개발하였으며 장비개발에 필요한 핵심 기술은 다음과 같다.

### (1) 미세 정밀 용접 전원기술

미세전류 및 전력제어기술, 고속응답 전력제어기술, 예열 자동조절제어기술, 용접전압 시간 제어기술

## (2) 용접 Head 및 전극기술

박판재료의 열적, 전기적 특성 분석기술, 용접 헤드부의 정밀 force 제어기술, 용접 헤드부의 dead weight 에 의한 정밀 stroke 제어기술, Seam roller 메커니즘에서 고정속도, 정점 정지 모드의 두점 미세제어 기술

## (3) 고속, 고정밀 이송메카니즘 및 제어기술

고강성 이송 메카니즘설계, Backlashless 메카니즘 설계, 고속 seek 알고리즘기술, 강인한 최적시간제어 알고리즘

## (4) User Interface 공정제어 프로그램 개발

신호계측 및 처리기술, 그래픽 프로그램 처리기술, Embeded 제어알고리즘, System Integration 기술

## 2-1. 기구 메커니즘 설계

### (1) 구조적 안정성을 고려한 구조설계

SSW 시스템은 이송부의 운동시 동작의 안정성 및 정밀성을 무엇보다 요구한다. 시스템의 구조는 단면의 강성계수가 높은  $\Gamma$ 자 단면형상 및  $\Sigma$ 자 단면형상의 견고한 알루미늄 압출 보를 기본 골격으로 하여 브릿지 형태의 구조체를 형성하도록 하였으며 이를 바탕으로 over hang 형태로 각 제어축을 부착하는 단순한 구조를 택하였다.

### (2) 위치결정 정밀도를 향상시키기 위한 기구설계

X, Y 축의 직선축으로 이루어진 station 과는 달리 Q 라는 회전축을 개발하여 X, Y, Q 를 결합한 3 방향 station 이 base 위에 안착된 PKG 의 형태에 대응하는 정밀한 Lid 장착이 가능한 구조를 설계하였다.

사진 1 은 마이크로 스텝모터를 채용하여 백래쉬가 발생하지 않는 정밀 용접 기구의 구조도를 보여주고 있다. 마이크로스텝 모터의 채용시 기존 서보모터의 채용에 비해 이송 위치 제어 분해능이 뛰어나고 보상제어가 필요없다는 장점과 빠른 응답성을 기대할 수 있다.

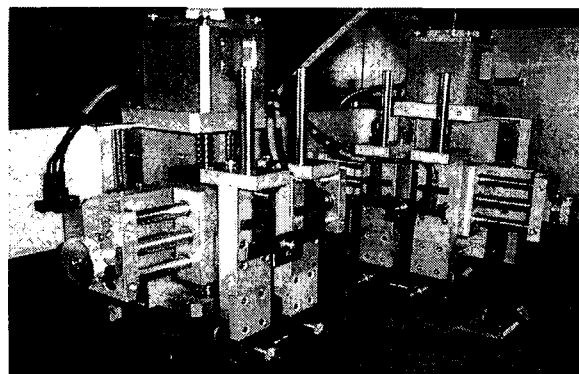


사진 1. 제작된 마이크로 스텝모터를 채용한 헤드구조

## 2-2. 시스템 공정제어

SSW 시스템의 공정제어는 앞서 기술한 시스템의 작동원리에 바탕을 두고 알고리즘을 작성, 프로그래밍 하였다. 사용자 편의성을 최대한으로 고려하여 GUI 그래픽 프로그램으로 작성하였다. 본 연구개발에서 적용한 제어기술은 다음과 같다.

### (1) 미세전력제어

반도체 웨이퍼, 또는 리드프레임을 접합하기 위해서는 수 암페어(A) 단위의 전류가 일정하게 공급되어야 한다. 일정한 전류를 공급하기 위하여 전체 시스템을 feedback 시스템으로 구성하였다. feedback 시스템에서 가장 중요한 요소는 현재 head 에 흐르는 전류를 검출하는 것인데 종래에 사용하던 망간판으로 구성된 전류센서는 기기의 내,외부의 온도편차 및 제작 오차등에 의하여 선형특성이 나쁘기 때문에 포화영역 내에서 우수한 선형특성(0.1~1%)을 유지하며 빠른 출력응답특성, 우수한 온도특성을 가진 홀소자센서를 채택하였다. 전류의 설정은 전면부의 외부 입력장치인 RUN 신호에 따라 설정된 값을 PWM (Pulse Width Modulation)변조하여 IGBT 의 게이트 신호로 보내어지고 AC 교류를 정류(RECTIFIER)하여 캐패시터 뱅크에 저장된 직류 전류 전부를 인버팅하여 변압기 1 차측에 가하고 2 차측으로부터 전파 정류된 펄스성의 전류가 부하에 공급될 때 전류센서에서 전류를 검출하여 실제 설정된 값과 비교하여 그 오차에 해당하는 양을 제어기에 주고 제어기를 통과한 양은 PWM 드라이브에 출력을 함으로써 Head 에 설정된 양만큼의 전류를 공급하도록 설계되어 있다.

### (2) 고속응답제어

설정된 값으로 변조된 PWM(Pulse Width Modulation)파형과 출력되어지는 전류값이 오버슈트 없이 실현되기 위해서는 전류검출기와 전류증폭 및 오차증폭기의 빠른 출력응답특성 따라 고속응답의 실현이 가능하다. 종래에는 사용되던 전류출력 값을 전류증폭기(AMP)에서 적분하여 MIX 회로에서 설정된 값과 오차 증폭을 하여 변조하던 방식은 고속응답을 실현하기가 매우 어렵다. 따라서 출력되어지는 파형이 기립 될 때 그 높이를 검출하여 출력 값으로 읽어 들이는 방식을 택하였다. 출력펄스의 1 펄스의 주기는 0.25ms 이고 이것에 동기 하여 매 주기의 기립 후 0.1ms 에서 값의 높이를 읽어 설정된 값과 비교함으로써 응답속도는 최고 1주기인 0.25ms 이내로 제한하였다. 또한 종래의 싸이리스터를 사용한 위상제어방식은 교류전원 주파수가 60Hz 일 때 반주기는 8ms 이어서 최저 오차수정을 위하여 필요한 1 주기인 16ms 이상이 걸리기 때문에 제어소자는 IGBT 를 택하였다. 1 GBT 의 제어 가능 주파수는 약 50Khz 에도 가능하므로 본 회로에서는 충분한 여유를 가지고 있다.

### (3) 용접모드변경이 가능한 자동조절제어

제어는 원칩 마이크로프로세서(Microprocessor)로 기본 프로그램은 롬(ROM)상에 상주하고 변화되는 설정된 값을 램(RAM)상에서 지정 또는 수정하도록 구성하였다.

사용된 마이크로프로세서 80C196 은 외부입력 장치인 PLC 등의 출력을 오픈콜렉터로 입력시킬 수 있으며 웨이퍼를 접합할 때는 먼저 태그(tack)를 하여 모재와 피용접물을 고정시킨 후 시임(seam) 용접을 하여야 하기 때문에 외부의 장치로부터 스폿(spot)과 시임(seam)의 모드를 변경 가능하도록 프로그램 되어있으며 태그와 시임의 외부 지정 시 미리 설정되어 있는 모드로 자동조절 되도록 구성되었다.

설정된 값은 최고 999 단계의 전류 또는 모든 작업 사양을 설정할 수 있으며, 만약 이것이 실현되지 않으면 1 판에 여러개의 용접을 할 경우 먼저 태그를 모두 한 다음 설정을 바꾸어야 하는 번거로움으로 인한 작업효율이 떨어지게 된다.

#### (4) 전압시간제어

출력펄스의 모양과 전류의 주기(시간)에 따라 용접의 품질의 변화를 가져온다. 이것은 사각형상의 모재를 가로와 세로로 시임 용접을 할 때 먼저 가로용접을 하고 세로로 용접을 하면 가로 용접했던 부분의 용접 시작점과 용접이 끝난 부분이 겹쳐지게 용접을 하게 되는데 이것은 한 부위에 2 번열을 가하게되어 용접 표면이 변색되거나 변질되어 용접 품질이 떨어지게 된다. 이것을 막기 위해 RUN 신호가 접수되면 SQZ 값이 설정된 시간 후에 Soft Start(UP)<0~999ms>하여 설정된 전류값까지 상승하여 유지(HT)<0~9999ms>한 다음 Soft Down(DP)<0~999msec>하도록 구성되었다. 또, 계속 전류를 가하게 되면 열 폭주로 인한 소재의 변형을 막기 위해 Start 에서 End 까지 전 주기에 걸쳐 출력은 ON, OFF 을 반복하도록 하였다.

### 3. Welding Unit 설계 및 제작

Welder power 는 seam seal welding 시스템의 welding 상태의 품질을 결정하는 결정적인 요소이다. 반도체 PKG 와 Lid 의 모재의 특성에 따라서 적절한 power 를 인가할 수 있도록 welder power 단은 설계가 되어 있다. Welder power 전체 시스템의 Block 선도는 아래그림과 같다.

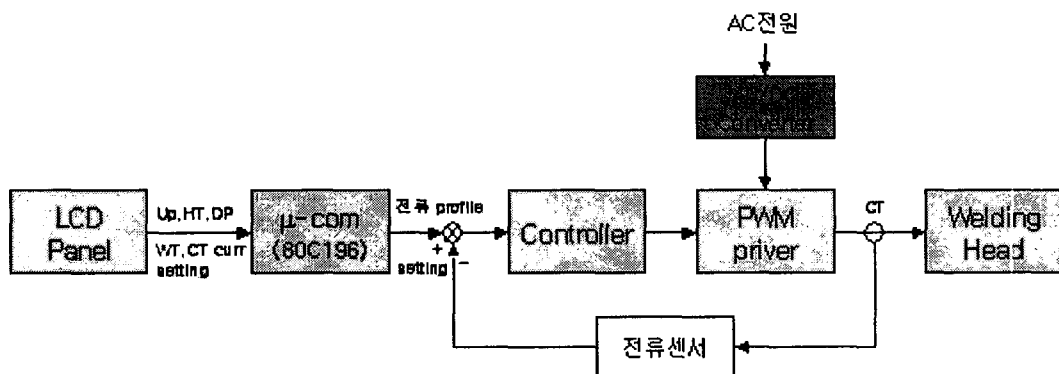


그림 6. Welder power 전체 시스템 블록도

또한, LCD panel 를 통하여 모재의 특성에 가장 적절한 power 를 조절하는 parameter 를 설정하도록 설계가 되어 있다.

#### 4. 단품 테스트 및 성능평가

개발된 시스템의 성능평가는 Weldre power 관련 평가, 용접속도 성능평가, 최종 시제품의 비전시스템에 의한 성능평가등으로 나누어 수행하였다. 아래 사진은 본 연구개발의 핵심 기술 분야인 welding 분야를 간이적으로 test 하기 위하여 만든 Lab 장비에서 여러 가지 조건을 바꾸어가면서 welding 한 시제품을 250 배 확대한 사진들이다.



사진 2. 3rd Test 결과(적합)

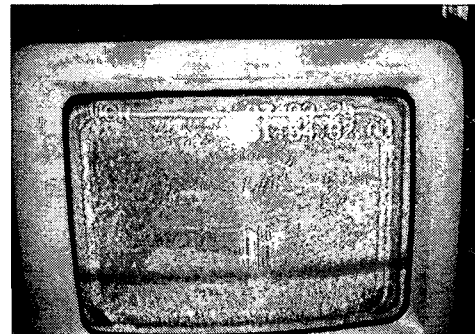


사진 3. 4th Test 결과(부적합)

#### 5. 결론

본 연구개발에서는 패키지형 반도체와 crystal 부품, saw filter, oscillator 등에 있어 package 와 lid 를 접합하여 밀봉시키는 seam seal welding 자동화 시스템을 개발하였으며 이를 위하여 공정제어 알고리즘, 기구부의 고속, 고정밀 이송 메커니즘 설계, 용접전원설계 및 제어기술, 시제품의 평가기술등 관련 핵심기술을 개발하여 시스템을 제작하였다. 본 연구개발에서 완성한 장비는 기존 외국 장비와 비교하여 가격, 성능면에서 우월한 것으로 평가할 수 있으며 이는 국내 반도체 산업의 기술력 향상과 국제경쟁력 향상을 가져올 수 있는 계기가 될 것으로 확신한다.

#### 후기

본 연구개발은 산자부 산업기반기술개발사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

#### 참고문헌

- [1] 전자회로, 손상희외 공역, 피어슨에듀케이션코리아, 2001 년
- [2] Measurement system Application and Design, Ernest O.Doebelin, McGRAW-HILL, 1990
- [3] Mechatronics, Bradely, Chapman Hall, 1999