

BGA 반도체 공정안전용 무용제 · 무방류 세척 시스템

강영구 · 송종혁*

호서대학교 안전시스템공학과 · *호서대학교 벤처전문대학원

I. 서 론

최근 첨단 반도체 패키지 공정에서는 전극형성 공정에 BGA package 시스템이 도입되고 있으며¹⁾BGA package은 잔존 flux 및 이물질의 제거공정이 필수적이다.²⁾ 잔존하는 flux는 세척이 제대로 이루어지지 않을 경우 solder ball들이 고온 또는 습도에 노출되었을 때 lead, circuit board 등의 부식과 conductor insulation 수축의 원인이 된다.

Flux의 cleaning agent로서 Rosin flux의 경우 Petroleum solvent, Terpene solvent나 IPA, Methanol과 같은 Alcohol류의 사용에 의한 화재 및 폭발 위험성과 또한 작업자의 유기용제 중독에 따른 건강위험성이 있으며 water-soluble flux의 경우도 package size의 소형화에 따라 Deionized water만으로는 완벽한 flux의 제거가 쉽지 않기 때문에 alcohol이나 surfactant를 첨가하고 있는 실정이다.³⁾⁻⁴⁾ 이에 본 연구에서는 기존 용제 사용방식을 탈피하여 화재 · 폭발 · 건강위험성에 대한 안전성을 확보할 수 있는 Hot Deionized water를 cleaning agent로 Conveyor type의 연속 세척 공정 방식을 채택하여 핵심세척 unit로는 초음파 세척 방식을 적용하고 세척시스템을 설계 · 제작하여 공정 및 운전조건을 도출하였으며 개발된 세척시스템을 통해 세척된 package의 Surface Insulation Resistivity, Ion Contamination level test 등을 수행하였다. 새로운 방식의 conveyor belt의 적용과 이온교환수지를 이용한 무방류 세척시스템의 적용을 통해 공정 개선 및 2차 오염 방지, 원가절감 효과를 도출하였다.

II. 이 론

현재 사용하고 있는 BGA flux cleaning system에서는 flux의 종류에 따라 RA, RMA 계열의 flux와 OA 계열의 flux를 사용하며 RA/RMA flux 계열의 Cleaning은 Solvent washing, Deionized water rinse, Dry 공정으로 이루어져 있으며 OA계열은 Deionized water washing, Hot Deionized water rinse, Dry 공정으로 구성되어 있다.⁵⁾

Table 1.은 일반적인 반도체 패키지 세척공정을 요약한 것이다.

Flux cleaning에 사용되는 세척장치는 세탁기와 같은 드럼구조의 bath 내에 solvent를 채우고 magazine에 package를 loading시킨 후 magazine을 회전시켜 package를 세척하는 batch process와 conveyor belt 위에 package를 loading시켜 이동시키면서 연속적으로 세척하는 In-line process가 주로 사용되고 있는데 batch process의 경우 package

Table 1. Cleaning Process Planning⁶⁾

Flux	Clearing Solvent	Cleaning Method Options			Cleaning Equipment Options
Rosin flux	Organic Solvent (single or azeotrope)	Vapor cleaning		Ultrasonic cleaning performed/ not performed	In-line system or batch system
		Cold cleaning	Overall cleaning		
Water plus alkali rosin cleaner	Cleaning with rosin cleaner				
water-soluble flux	Water	Cleaning with water only			
	Water plus neutralizer	Cleaning with water and neutralizer			

를 loading하고 밀폐한 후 세척하므로 organic solvent를 사용하여도 증발에 의한 fume을 억제할 수 있으나 magazine capacity의 한계가 있기 때문에 대량 세척이 불가능하고 고속회전에 의한 제품손상의 위험이 있다.^{7)~8)} 따라서 반도체 패키지의 세척공정에는 Conveyor belt를 이용한 연속공정 방식이 주로 채택되어 사용되는데 In-line process는 공정을 연속적으로 수행할 수 있는 장점은 있지만 package를 이송하는 conveyor belt의 구조상 세척도중에 제품의 이탈과 제품 하단의 불완전 세척문제가 있으며 시스템 구조상 cleaning space가 개방되어 있어 휘발성이 강한 유기용제를 사용할 경우 작업자의 유기용제 중독 위험성이 있다. 따라서 유기용제나 계면활성제를 첨가하지 않은 Deionized water를 이용해 water soluble flux를 세척하기 위해서는 초음파 세척장치와 같은 보조장치의 적용이 필요하다.⁹⁾

III. Flux Cleaning System의 설계 및 제작

1. Process Design

BGA package의 flux cleaning system의 구성은 package를 이송시키는 conveyor belt와 loading된 package의 1차 세척을 위한 Washing zone(Ultrasonic washing), washing process를 거친 BGA package에 pump를 이용하여 상부 및 하부의 water spray nozzle로 Hot Deionized fresh water를 분사하는 Rinsing Zone, washing과 rinsing 공정을 거친 package의 수분제거를 위해 Air knife로 고압 공기를 분사시키는 Air Blower Zone, package의 수분 및 이물질을 완전히 제거하기 위하여 IR-Heater를 이용해 열을 가하는 Hot Drying Zone으로 이루어져 있다. Fig. 1은 본 연구를 통해 개발된 Flux Cleaning System의 공정도이다.

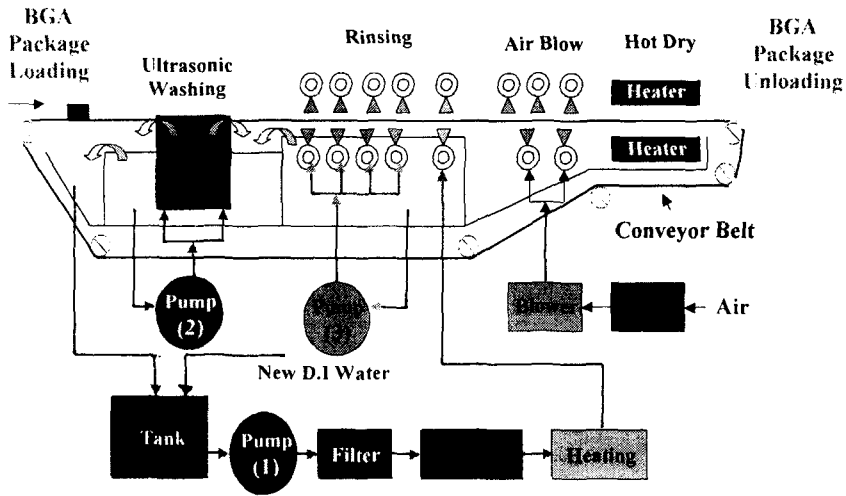
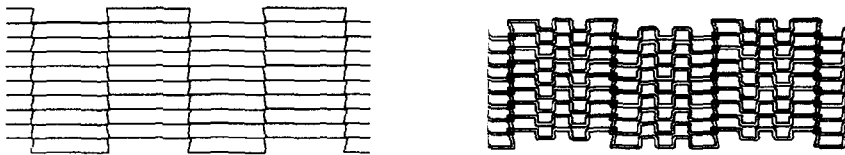


Fig. 1. Process Flowsheet for Flux Cleaning of BGA Package.

2. Conveyor Belt Unit

본 연구에서 개발한 Flux Cleaner는 In-line system으로서 reflow 공정이 끝난 BGA package는 연속적으로 세척장치의 conveyor belt에 loading된다. 기존의 conveyor belt는 stripe type의 package의 세척 시에는 문제가 없으나 unit type package의 경우 package의 size가 소형일 때 rinsing zone의 상·하부에서 분사되는 수압에 의해 package가 boat에서 이탈되어 conveyor belt 아래로 추락하는 문제가 있다. 이에 새로운 type의 conveyor belt를 설계·제작하였으며 small size package의 회수율을 향상시킬 수 있었다. Fig. 2는 기존의 belt 형태와 새로 제작한 conveyor belt를 나타낸 것이다. Conveyor belt의 재질은 SUS 304이며 top belt의 경우 BGA package의 손상을 방지하기 위해 PTFE로 coating 하였다. Conveyor belt의 이송속도는 750mm/min로 setting 하였다.



a) Conventional type

b) New type

Fig. 2. Conveyor Belt using Flux Cleaning System

3. Washing Unit & Rinsing Unit

Washing zone은 순환펌프에서 공급되는 fresh water를 저장하여 일정 level 이상의 fresh water는 overflow되게 함으로써 일정 level을 유지하는 cleaning bath와 cleaning bath에서 overflow되는 fresh water를 회수하는 store bath로 구성되어 있다. cleaning bath의 내부 하단에는 Ultrasonic generator가 설치되어 있으며 transducer를 통해 발생되는 초음파는 conveyor belt에 loading 되어 cleaning bath의 fresh water를 통과하는 package에 표면에 오염된 flux나 이물질을 세척한다. 초음파 세척장치는 40KHz 단주파 방식을 채택하였다. Ultrasonic으로 세척된 BGA package는 rinsing zone에서 spray nozzle을 통해 분사되는 fresh water에 의해 2차 세척된다. Package가 이송되는 conveyor belt의 상부에는 4개, 하부에는 1개의 manifold가 설치되며 각 manifold에는 6개의 spray nozzle이 설치된다.



a) Manifold and Nozzle



b) Air Knife

Fig. 3. Rinsing Unit & Air Blower Unit

4. Air Blowing Unit

Washing zone과 Rinsing zone을 거쳐 2차 세척을 마친 BGA package는 cleaning process를 거치면서 package에 부착되어 있는 수분을 제거하는 Air blowing zone으로 이송된다. Air blowing zone은 package가 이송되는 conveyor belt의 폭 방향으로 상부와 하부에 설치된 air spray nozzle과 air supply line 과 air blower로 구성되어 있다. 기초실험을 통하여 공기분사노즐로는 slit type의 air knife가 package의 수분을 제거하는데 다른 형태의 노즐보다 우수하여 flux cleaner 제작에 적용하였다. Air knife는 상부에 3개, 하부에 2개를 설치하였으며 air knife의 diameter는 1.5 inch이며 0.5mm의 slot으로 설계·제작하였다. 분사압력은 상부 air knife는 800~1,000mmH₂O이며 하부 air knife는 300~500mmH₂O 이다.

5. Hot Drying Unit

Cleaning 공정을 지나 고압공기를 이용한 air blowing process를 마친 BGA package의 표면에 잔존하는 수분을 완전히 제거하기 위한 장치로서 package가 이송되는

conveyor belt의 폭방향으로 평행하게 상부와 하부에 Heater를 설치하였다.

Heater는 IR-Heater로서 적외선과 열을 동시에 발산하는 방식이며 250W 용량의 IR-Heater 6개를 한 unit로 1.5KW씩 conveyor belt의 상부와 하부에 배치하였으며 process 중의 Hot drying zone의 온도는 $100^{\circ}\text{C}(\pm 10^{\circ}\text{C})$ 를 유지하도록 설계하였으며 IR-Heater의 temperature는 PLC에 의해 자동 조절된다.

6. Zero Discharge System

본 연구에서는 Carbon filter와 Ion exchange resin을 이용하여 Washing Zone에서 overflow된 wasted water를 filtration 하여 Final rinsing zone으로 공급함으로써 별도의 폐수처리장치가 필요하지 않는 무 방류 시스템을 개발하였다. Washing zone의 store bath에서 overflow된 wasted water는 Tank에 회수되어 pump에 의해 carbon filter로 이송되며 carbon filter에서 물리적 흡착에 의해 wasted water의 불순물이 1차 흡착되고 Ion exchange resin에서 정수되어 Final rinsing zone의 spray nozzle에 공급됨으로써 재사용된다.

IV. Flux Cleaning System의 성능 시험 및 결과

1. Cleaning Test & Recovery Test

본 연구에서 개발한 BGA 반도체용 무방류 세척장치는 양산화를 목표로 개발되었기 때문에 반도체 제조회사에서 실제 적용이 가능한지를 검증하기 위해 반도체 패키지 제조 업체인 A사의 광주공장에 개발된 세척장치를 setting 하여 Cleaning test와 Recovery test를 실시하였다. 본 실험에 사용된 package는 A사의 PBGA로서 기존의 세척장치에서 세척 불량률이 높은 small size package의 세척성과 회수율을 평가하고자 $13\text{mm} \times 13\text{mm}$ size를 선택하여 성능 실험에 이용하였다. Cleaning test는 일반적으로 BGA package 제조회사에서 Cleaning process가 끝난 package의 test에 이용되는 Surface Insulation Resistivity와 Ion Contamination Level을 test 하였으며 8Hr operating 후 세척된 package를 sampling 하여 test를 실시하였다. Conveyor belt system의 회수율을 비교하기 위해 recovery test를 실시하였으며 8Hr operating 한 후 drop된 package의 수로서 성능을 평가하였다.

2. 성능시험 결과

가. Cleaning Test

하나의 package가 세척되는데 소요되는 시간은 약 4min이었으며 8시간 operating 후 package를 sampling 하여 Surface Insulation Resistivity와 Ion Contamination Level을 측정된 결과 반도체 패키지 제조회사에서 요구하는 기준에 모두 통과되었다.

Table. 2 Experimental Results

Test	Customer Requirement level	Results
Surface Insulation Resistivity(ohm-m)	$> 6 \times 10^{11}$	$9 \times 10^{11} \sim 2 \times 10^{12}$ (Pass)
Ionic Contamination Level (micro-gram NaCl/inch ²)	< 1.4	0.8~1.1(Pass)

나. Recovery Test

세척된 package의 회수율은 package의 type과 package의 size에 따라 차이가 있으며 세척장치의 노즐 분사압력에도 영향을 받는다. Standard setting하에서 실험한 결과 본 실험에 사용된 PBGA package는 13mm×13mm의 small size package로서 conventional conveyor system에서는 8Hr operating 결과 dropped package가 100ppm을 상회하였으나 본 연구를 통해 설계·제작된 New type conveyor belt system에서는 1~3ppm을 나타내었다.

참고문헌

1. W. B. Hampshire, "The Search for Lead-free Solders", Soldering & Surface Mount Technology, No. 14, pp. 49~52, 1993.
2. Edward Surette and Adam Pattantys, "Rinse Water Requirements for Semi-Aqueous/Aqueous Cleaning System, " NEPCON West '94, Anaheim, California, pp227-234 March 1994.
3. Hayes, M. E. "Chlorinated and CFC Solvent Replacement in the Electronics Industry : The terpene Hydrocarbon Alternative", Proceeding of the Program of Nepcon East, June, 1988.
4. B. Kanegsberg, "Cleaning Systems for Low-Flashpoint Solvents", Proceedings of the 1994 Surface Mount International Technical Program, Vol. III, No. 3, pp. 21-28, 1995
5. Hayes M. and Hood, C., "Alternative Cleaning Methods : One Possibility", Printed Curcuit Assembly, September 1989.
6. Fumiaki Ogura, "The Selection of Washing Process", 1998.
7. Randolph, S., "A Quick Lood At Centrifugal Cleaning," Printed Circuit Assembly, September, 1989.
8. Rich, R, "Advanced In Centrifugal Cleaning", Proceeding of the Program of Nepcom West, Anaheim, CA, March, 1989.
9. Munson T. and Ford M, "Component Cleanliness, "Circuit Assembly Asia, pp34-38, 1993.