

OLED display device의 Line Defect 시험법에 관한 연구

A Study on OLED display device's line defect test methode

최영태* · 조재립**

Young-Tae Choi* · Jai-Rip Cho**

Abstract

The ACF(Anisotropic Conductive Film) is used for bonding Drive IC and OLED display device panel. If ACF bonding process is problem, a malfunction of line defect can occur. Because electric resistance increase between the panel and drive IC after a period of time, drive IC can not supply enough current to the panel. This paper is studied on a method of test for line defect.

Keywords: OLED, Line defect, ACF

1. 서론

1.1 연구의 목적

본 연구는 모바일 디스플레이의 고해상도에 적합하고 환경친화적인 IC 실장 방법인 COG(Chip On Glass)방식에 사용되는 비솔더의 리드 프리(lead free) 반도체 패키지용 접속재료인 이방성 도전 접착제(ACA)의 고장모드에 대한 스트레스를 발굴하여 최단 시간에 고장을 검출하는 시험법을 개발하는 것을 목적으로 한다.

ACA를 이용한 COG 본딩은 신뢰성 테스트 후 adhesion 약화로 인한 신뢰성 감소가 문제점으로 나타나고 있다.

* 경희대학교 산업공학과

** 경희대학교 공학대학

1.2 연구방법 및 범위

반도체 패키지용 접속재료로서의 전도성 접착제는 크게 이방성 도전 접착제(ACA; Anisotropic Conductive Adhesive), 등방성 도전 접착제(ICA; Isotropic Conductive Adhesive), 비전도성 접착제(NCA; Non-conductive ADhesive) 등의 형태가 있다. 대개 도전성 금속입자와 절연 및 접착력을 갖는 폴리머 레진으로 구성된 일종의 composite 재료이며, 도전입자의 함량에 따라 비전도성 접착제 또는 이방성 도전 접착제에서 등방성 도전 접착제로의 변이가 일어난다. 즉, 도전성 입자가 전혀 없는 접착제를 비전도성 접착제가 되고, percolation threshold보다 적은 함량을 가지면 이방성 도전 접착제가 되며, 그 이상이 되면 재료의 자체만으로 통전성을 가지는 등방성 도전 접착제가 되는 것이다. 각각의 특성상 반도체 패키지 접속재료용으로서의 목적과 기능, 적용분야도 각각 다르다. ACA도 필름 형태(Anisotropic Conductive Film; ACF)와 페이스트(Anisotropic Conductive Paste; ACP)형태로 구분된다.

이 글에서는 Mobile용 OLED Display Device에 사용되는 반도체 패키지용 접속재료로서 이방성 전도성 접착제 중 ACF의 평가법에 대한 연구 결과이다.

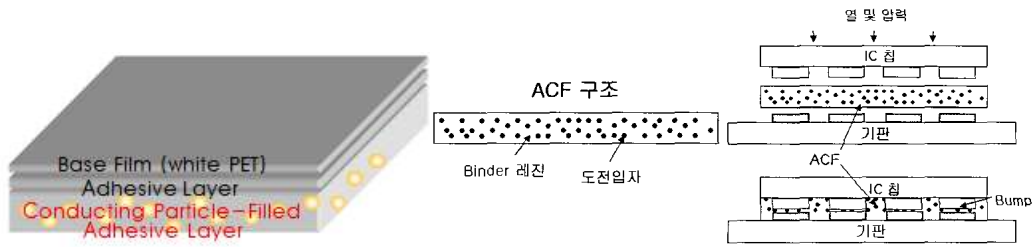
2. 이론적 배경

2.1 COG용 ACF

COG는 현재 대부분의 모바일용 디스플레이에 사용되고 있는 기술이다. 이는 구동회로를 뒤집어 구동회로의 패드를 유리패널에 직접 실장하는 방법으로 미세한 pitch를 가진 IC실장이 가능하며, 칩 점유면적도 최소화시킬 수 있어 시스템 크기를 작게 할 수 있고, 박판화가 가능한 기술이다. 이러한 COG 방법으로 이방성 도전 필름(ACF)을 이용한 방법이 가장 효과적이라고 알려져 있다.

ACF는 전기적, 기계적 접속을 이루는 데에 필요한 핵심재료이며 전통적인 Lead-tin solder를 이용한 접속으로 이룰 수 없는 극미세 피치 접속을 가능하게 한다. 저온 공정, 극미세피치 접속, 환경친화적인 재료 및 공정 등의 장점이 있다.

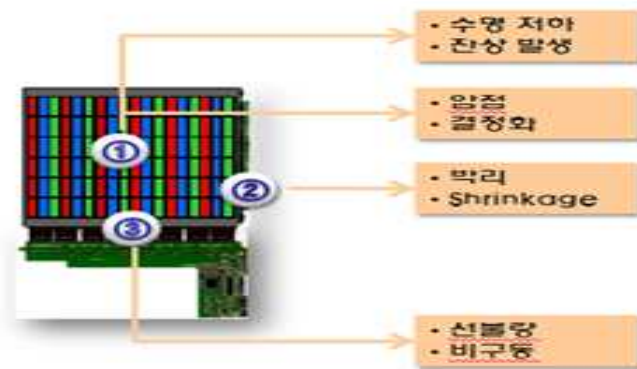
ACF는 막의 두께 방향으로는 도전성, 면방향으로는 절연성이라는 전기 이방성 및 접착성을 갖는 고분자막으로 니켈, 금/폴리머, 은(Ni, Au/polymer, Ag) 등의 도전성 입자들과 열경화성, 열가소성의 절연수지(insulating resin)로 구성되어 있다. 이를 이용한 실장방법으로는 칩 또는 칩이 실장된 플렉서블 기판(flexible circuit substrate)과 글라스 또는 경성 기판(rigid substrate) 사이에서 상부 및 하부 전극 간에 위치하면서 열과 압력을 동시에 받아 ACF 내 분산된 도전입자가 상부 및 하부 전극 사이에 기계적으로 접촉되어 형성된 전기적 연결에 의해 통전이 이루어지는 방식이다[그림1]. 이 때 가해진 열에 의해 절연수지의 경화가 일어나서 강한 접착력을 갖게 된다.



[그림1] ACF 구조 및 접속원리

2.2 OLED Display Device의 고장

OLED Display Device에서 발생하는 주요 고장의 종류는 수명/잔상, 암점, 결정화, 박리/Shrinkage, Line defect으로 발생 위치는 [그림2]와 같다.



[그림2] OLED Display Device의 주요 고장

본 연구의 대상인 [그림2]의 3번 부위에서 발생하는 선불량에 대한 현상은 [그림3]과 같다.



[그림3] COG 집합부의 저항 증가에 의한 Line Defect

2.3 COG 본딩의 고장 모드/메카니즘

COG공정은 ACF를 IC와 Glass 사이에 넣고 IC를 압착한다. 가압착과 본압착으로 나누어 진행되는데 가압착 조건은 압력은 보통 0.1~0.5 MPa이며 온도 80℃에서 몇 초간 진행된다. 본압착 조건은 약 200℃에서 몇 십초간 수 Mpa의 압력으로 진행된다.

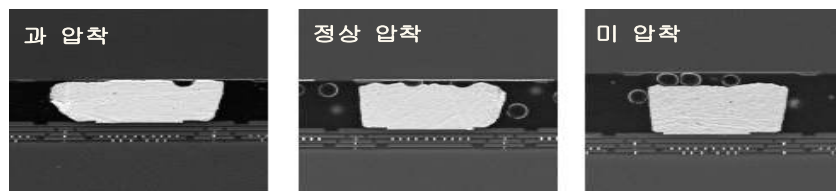
이때 가해지는 온도와 시간에 의해 에폭시계 레진의 ACF 필름은 완전 경화가 일어나 IC와 기판 사이에 강한 접착력을 띠게 되며, 도전입자는 금속 전극과 글리스 기판의 ITO(Indium Tin Oxide) 전극 사이에서 압착된다. 도전입자는 폴리스피렌 입자에 니켈과 금을 무전해 도금으로 표면에 입힌 금속 코팅된 폴리머 입자가 가장 보편적으로 사용된다. 도전입자의 직경은 보통 5 μ m 내외이다.

이방성 전도성 필름은 필름 내에 금속 입자 또는 금속 코팅된 폴리머 입자가 분산된 구조로 되어 있어 전기적 접속재료로만 사용되고 있다. 이러한 이방성 전도 필름은 보통 열팽창계수가 커서 실리콘 칩과 유리기판 사이의 열팽창계수의 차이를 줄여주기 못함으로써 열 주기 실험에서 고 신뢰성을 가지지 못하므로 열압착 본딩 공정 시 상대적으로 고온에서 본딩을 수행할 경우 열팽창에 의한 전극간의 정열오차가 커질 수 있다.

본딩 후 범프와 전극간에 적절한 전도도를 얻기 위해서 충분한 수의 도전입자를 범프와 전극사이의 접속에 기여하도록 하여야 하므로 충분한 수의 도전 입자를 확보하여야 할 필요가 있다. 그러나 도전입자를 과도하게 함유시키면 도전입자끼리 단락을 일으켜 인접한 범프 또는 전극끼리 전기적으로 도통되어 버리는 단락현상이 일어날 확률이 높아지게 되며, 도전입자의 수가 적으면 전극간 도통에 기여하는 도전입자의 수가 적어져 전극간 저항이 높아질 우려가 있다.

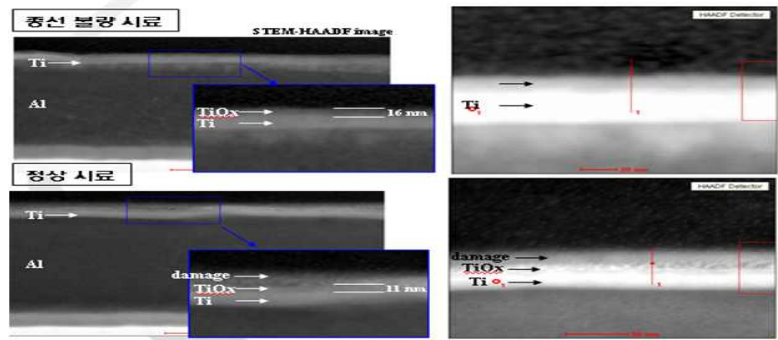
이 현상은 접착 공정 시 전극상에 위치하여야 할 도전입자들이 인접한 범프간 또는 전극간 gap으로 흘러 들어가면서 발생되기 때문에 적절한 수의 도전입자수보다 더 많은 도전입자를 ACF 내에 함유시켜야 하므로, 단락 위험도 높아지고, ACF의 접착력을 저하시키는 단점이 있다. ACF의 점도를 높여 도전입자가 범프간 또는 전극간 gap에 흘러들어가지 않도록 하는 것은 원할한 접착을 이룰 수 없고, gap에 공극이 존재함으로써 접착력이 저하됨은 물론 기계적 강도도 떨어진다[1][2].

ACF관련 고장은 [그림4]와 같이 과압착되거나 미압착된 상태에서 발생한다.



[그림4] ACF 도전입자의 압착상태

[그림5]의 종선불량 시료와 정상시료의 Glass 단면 사진을 보면 종선불량 시료가 정상 시료 대비 표면 저항층인 TiOx가 약 5nm정도 두꺼운 것을 확인할 수 있다.



[그림5] 정상 시료와 Line Defect 시료의 Glass 표면 단면 높이

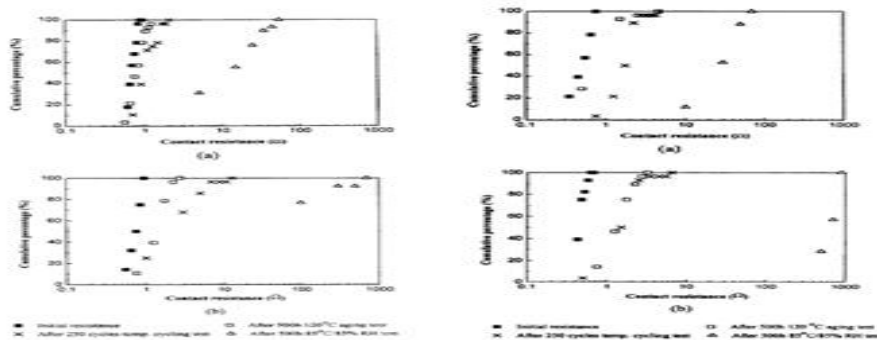
2.2 고장 스트레스

선행연구에서 온도와 습도에 노출 후 접촉저항을 평가한 결과 <표1>과 [그림6]과 같이 접촉저항이 증가하였음을 알 수 있다[4].

<표1> 온습도 노출 전/후 저항값

*A: Ni-filled ACF interconnection
B: Au-coated polymer-filled ACF interconnection

Test	ACF type	Bonding pressure (kgf/cm ²)	No. of test joint	Electrical Resistance(Ω) (mean value(standard deviation))		No. of open joints
				before	after	
125 °C aging 500 hrs	A	2	28	0.771(0.136)	1.614(0.488)	0
		3	28	0.459(0.059)	5.308(4.546)	0
		5	28	0.483(0.065)	1.687(0.125)	0
	B	2	28	0.718(0.095)	0.865(0.125)	0
		3	28	0.518(0.096)	0.530(0.101)	0
		5	28	0.56(0.141)	1.405(0.774)	0
85 °C/85%RH 500 hrs	A	2	28	0.771(0.136)	177.68(176.2)	15
		3	28	0.459(0.059)	72.06(28.89)	22
		5	28	0.483(0.065)	666.25(195.5)	21
	B	2	28	0.718(0.095)	21.44(15.20)	1
		3	28	0.518(0.096)	25.2(22.01)	2
		5	28	0.56(0.141)	41.347(20.8)	10
temperature cycling 250 cycles	A	2	28	0.771(0.136)	3.634(2.37)	0
		3	28	0.459(0.059)	1.702(0.901)	0
		5	28	0.483(0.065)	2.18(1.092)	0
	B	2	28	0.718(0.095)	1.165(0.361)	0
		3	28	0.518(0.096)	1.064(0.714)	0
		5	28	0.56(0.141)	2.02(0.706)	0



[그림6] 온습도 노출 전/후 저항값

3. 실험방법

ACF를 이용한 COG 본딩 후 접속 특성 평가로는 최소 전극 면적에서의 전기 전도도 평가, 최소 전극 간격에서의 절연성 평가, 신뢰성 항목으로서는 고온고습보관(85℃/85%RH) 테스트, 열충격(-40℃↔85℃) 테스트, PCT(Pressure Cooker Test) 전후의 전기 전도도 및 절연성의 평가 등이 있다[1][3]. 접착강도를 측정하기 위해서 당김시험을 하기도 한다[5].

본 연구에서는 고온고습보관 조건을 기준조건과 가속조건으로 실험을 실시하였다. 조건은 <표2>과 같다.

<표2> 실험 조건

구분	85℃		95℃	
	85%RH	95%RH	85%RH	95%RH
MTTF	144	76	50	32
AF	-	1.9	2.9	4.5

4. 실험 결과 및 검증

각 실험 조건별로 20개의 시료로 실험한 결과는 <표3>와 같다. 1차 실험의 시료는 본압착조건을 170℃, 2MPa로 하였다.

<표3> 1차 실험결과

구분	85℃		95℃	
	85%RH	95%RH	85%RH	95%RH
MTTF	212	125	82	53
AF	-	1.7	2.6	4.0

1차 실험의 결과에서 온도와 습도에 대해서 가속조건이 성립함을 확인하였고, 기준 조건 대비 온도 10℃ 상승과 상대 습도 10%RH 상승 시 가속 계수는 4.5이다. 상대습도가 동일하더라도 온도가 높을 수록 절대습도는 커지기 때문에 높은 온도에서 더욱 가속계수가 커진다.

1차 실험결과를 확인하기 위해서 공정 조건을 달리하여 1차 실험의 가속성의 성립 여부를 확인하였다. 2차 시험에 사용될 시료는 본압착 조건을 180℃, 3MPa로 하여 시험을 실시하였고, 결과는 <표4>과 같다.

<표4> 2차 실험결과

구분	기준조건	가속조건
온도	85℃	95℃
습도	85%RH	95%RH

2차 실험의 결과에서도 온도와 습도에 대해서 가속 조건이 성립함을 확인하였다. 1차 실험과 가속 계수의 차이가 발생하는 까닭은 COG 본딩 압착조건이 1차에 비하여 강건하여 외부 스트레스에 둔감하기 때문이다.

5. 결 론

본 연구의 목적은 COG 압착조건에 따른 Line Defect를 빨리 검출할 수 있는 시험법을 개발이다. 선행연구에서 전기적 저항을 증가시키는 요인으로 온도와 습도를 찾고, 각 요인에 대해서 가속이 성립함을 발견하였다.

근본적으로 불량률 감소시키기 위해서는 Line defect과 COG 본딩 시 IC와 Glass의 ACF 계면 접착력이 밀접한 관계가 있으므로 접착력을 개선하고 성능 좋은 방습제를 도포하여 고온고습 조건에서 습기가 침투하는 통로인 계면침투성을 최소화하여야 한다.

추후 연구에서는 온도에 따른 열팽창계수와 ACF종류를 감안한 가속계수를 구하여 Line Defect에 대한 가속 모델 개발이 필요하다.

6. 참 고 문 헌

- [1] 백경욱, 임명진, "반도체 패키지용 이방성 전도성 접착제 기술의 최신 동향", 세라미스트, v.8 no.6, pp.23-39, 2005.
- [2] 백경욱, 임명진, "플립 칩 패키지용 이방성 전도성 필름", 大韓機械學會誌, v.45 no.6, pp.57-63, 2005.
- [3] 임명진, 백경욱, "이방성 전도 접착제 물성과 유기 기판 플립 칩의 신뢰성에 미치는 비전도성 충전제의 영향", 한국재료학회지, v.10 no.3, pp.184-190, 2000.
- [4] 임명진, 백경욱, "이방성 전도 필름의 접촉 저항, 접착력 및 신뢰성에 미치는 접속 변수의 영향", 한국재료학회지, v.8 no.5, pp.399-407, 1998.
- [5] 양중환, 윤중근, "AMOLED 불량 및 신뢰성 평가", Information Display, pp. 11-21, 2007.