

# 반도체 패키징용 이방성 전도성 접착제 기술의 최신 동향

글 \_ 백경욱, 임명진 || 한국과학기술원 신소재공학과  
myungjin@kaist.ac.kr

## 1. 서 론

경박단소화, 고성능, 고집적화, 환경친화적 반도체 패키징 기술의 시대적 부응에 따라 칩 레벨 접속 방법 중 플립 칩 기술의 중요성이 부각되고 있다. 플립 칩 (Flip Chip) 기술은 현재 스마트 카드(Smart Cards), LCD, PDP 등의 디스플레이 패키징(Display Packaging), 컴퓨터, 휴대용 전화기, 통신시스템 등에 그 활용 범위를 넓혀 가고 있다. 플립 칩 기술에서의 접속재료는 크게 솔더와 비솔더 재료로 나눌 수 있으며, 솔더를 이용한 플립 칩 기술이 많이 사용되고 있다. 솔더를 이용한 복잡한 접속공정, 즉 솔더 플럭스 도포, 칩/기판 정렬, 솔더 범프 리플로우, 플럭스 제거, 언더필 충전 및 경화 등의 공정을 거치게 됨으로 인하여 공정의 복잡성 및 원가상승의 문제점이 있으며, 칩 사이즈가 작아질수록 솔더 불을 형성하기가 어렵고 박막공정 및 리소그라피 공정 등 공정비용이 상승하므로 미세 피치 접속 및 저가형 플립 칩 기술에 대한 관심이 높아지고 있어 비솔더 재료에 대한 관심이 높아지고 있다. 따라서 일반적인 솔더 플립 칩에 비해 저가이며 극미세의 전극 피치가 가능하고 리드 프리(lead free), 환경친화적인 플럭스리스(fluxless) 공정, 저온 공정 등의 장점을 가지는 전도성 접착제를 이용한 플립 칩 접속 기술개발이 진행되고 있다.

반도체 패키징용 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 threshold 보다 적은 함량을 가지면 이방성 도전 접착제가 되며, 그 이상이 되면 재료의 자체만으로 통전성을 가지는 등방성 도전 접착제가 되는 것이다. 각각의 특성상 반도체 패키징 접속재료용으로서의 목적과 기능, 적용분야도 각각 다르다.

이 글에서는 반도체 패키징용 접속재료로서 이방성 전도성 접착제(Anisotropic Conductive Adhesive)의 기술 동향과 시장현황 및 전망에 대해 소개하고자 하며, 구체적으로 기본 원리와 평판디스플레이 구동회로 IC 실장, 반도체 패키징용 플립 칩 실장, 칩 사이즈 실장(CSP), 웨이퍼 레벨 실장의 응용에 대해 집중적으로 소개하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 ACF 기술의 개요

ACF는 막의 두께 방향으로의 도전성, 면방향으로는 절연성이라는 전기 이방성 및 접착성을 갖는 고분자막으로, 기본적으로 니켈, 금/폴리머, 은(Ni, Au/polymer, Ag) 등

의 도전성 입자들과 열경화성, 열가소성의 절연수지 (insulating resin)로 구성되어 있다. 이를 이용한 실장방법 으로는 칩 또는 칩이 실장된 플렉서블 기판(flexible circuit substrate)과 글라스 또는 경성 기판 (Rigid Substrate) 사이에서 상부 및 하부 전극간에 위치하면서 열과 압력을 동시에 받아 ACF 내 분산된 도전입자가 상부 및 하부 전극 사이에 기계적으로 접촉되어 형성된 전기적 연결에 의해 통전이 이루어지는 방식이다(Fig. 1). 이 때 가해진 열에 의해 절연수지의 경화가 일어나서 강한 접착력을 갖게 된다. 저가의 접착제 제조공정과 이러한 접착제를 이용한 저가의 플립 칩 공정개발을 위하여 경화가 빠른 열경화성 에폭시 레진 또는 아크릴계 레진을 이용

한 ACF도 상품화가 되었다. ACA도 필름 형태 (Anisotropic Conductive Film; ACF)와 페이스트 (Anisotropic Conductive Paste; ACP) 형태로 구분할 수 있으며, 접속공정과 접착제의 제조공정의 간편성을 위해 최근 페이스트 형태의 접착제가 개발되고 있다. 또 초극 미세피치 접속 및 저가격화를 위해 도전입자를 제거한 비전도성 필름(Non-conductive Film; NCF), ACF와 NCF의 기능은 똑같은데 필름이 아닌 페이스트 (Paste) 형태인 ACP, NCP의 제품이 있다.

2.2 시장 동향

2.2.1 ACF 세계 시장규모 추이 및 예측 (2002~2007년)

2004년도 기준으로 전세계 ACF 시장규모는 3,351 억 원 정도이며, 디스플레이 시장에서 한국이 차지하는 비율을 40% 점유율로 계상하면 1,340 억원의 시장규모가 된다. 우리나라의 뒤를 바짝 뒤쫓고 있는 대만의 디스플레이 시장도 비슷한 규모이다. 평판디스플레이 시장의 성장속도가 빠르고 이에 따라 ACF의 시장규모도 연평균 성

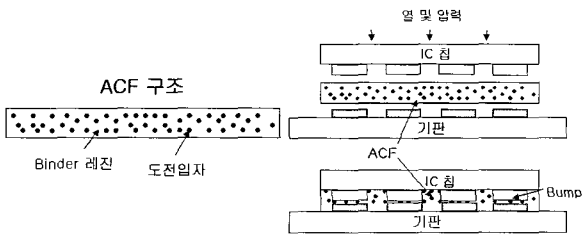


Fig. 1. ACF 구조 및 접속 원리.

Table 1. ACF 및 기타 반도체 패키징용 접속재료의 세계 시장 규모 추이

Amount: km, Cost: Mil US\$(백만불), G/R: %

Year		2002(Record)	2003(Record)	2004(Estimate)	2005(Estimate)	2006(Estimate)	2007(Estimate)	
ACF	Production	vol.(km)	102,000	130,724	170,150	211,570	255,010	300,650
		% to LY	-	128.2%	130.2%	124.3%	120.5%	117.9%
	Sales	Amount	208.6	255.2	319.2	378.3	427.5	476.0
		% to LY	-	122.3%	125.1%	118.5%	113.0%	111.4%
NCF	Production	vol.(km)	630	1,610	4,100	9,320	15,020	23,655
		% to LY	-	255.6%	254.7%	227.3%	161.2%	157.5%
	Sales	Amount	2.6	6.3	15.1	32.9	52.4	80.8
		% to LY	-	240.0%	241.7%	217.0%	159.7%	154.0%
ACP	Production	vol.(kg)	635	640	650	800	1,050	1,500
		% to LY	-	100.8%	101.6%	123.1%	131.3%	142.9%
	Sales	Amount	6.4	6.2	5.9	7.0	9.1	12.9
		% to LY	-	96.1%	95.6%	119.1%	129.6%	141.5%
NCP	Production	vol.(kg)	1,535	2,530	6,180	12,950	19,535	25,750
		% to LY	-	164.8%	244.3%	209.5%	150.8%	131.8%
	Sales	Amount	10.4	16.9	40.1	82.2	121.2	157.4
		% to LY	-	161.7%	237.9%	204.8%	147.5%	129.8%
UF	Production	vol.(kg)	52,000	69,860	99,320	148,900	182,540	210,000
		% to LY	-	134.3%	142.2%	149.9%	122.6%	115.0%
	Sales	Amount	167.8	219.5	307.5	453.5	522.1	627.0
		% to LY	-	130.8%	140.1%	147.4%	121.7%	113.9%
Net Amount		Amount	396.0	5,796	6,879	953.7	1,162.3	1,356.1
		% to LY	-	127.3%	136.5%	138.6%	121.9%	116.7%

출처: JMS (Japanese Market Survey Co., Ltd), www.jms21.co.jp

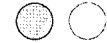


Table 2. ACF의 용도별 시장규모 및 추이

Amount: km, Cost: Mil US\$(백만불), G/R: %

Year		2002(Record)	2003(Record)	2004(Estimate)	2005(Estimate)	2006(Estimate)	2007(Estimate)	
OLB	Amount	129.6	160.9	200	240	282.6	324.3	
	% to LY	-	124.2%	124.3%	120.0%	117.8%	114.8%	
IC Pkg	LCD	Amount	60	66.8	77.2	83.9	83.5	81.7
		% to LY	-	111.3%	115.6%	108.7%	99.5%	97.9%
	IC pkg	Amount	7.8	8.8	10.2	10.9	10.8	9.1
		% to LY	-	112.6%	115.8%	106.8%	99.2%	84.7%
	IC card	Amount	8.3	12.2	18.3	23.9	30.9	39.1
		% to LY	-	147.4%	150.0%	131.0%	129.1%	126.8%
	Camera module	Amount	2.2	5.3	11.5	16.4	14.8	14.8
		% to LY	-	244.0%	216.4%	142.4%	90.4%	100.0%
	others	Amount	0.9	1.3	2.0	3.2	5.0	6.9
		% to LY	-	140.8%	162.1%	157.4%	154.1%	138.6%
	Sub total	Amount	79.1	94.3	119.2	138.2	144.9	151.7
		% to LY	-	119.2%	126.4%	116.0%	104.8%	104.7%
Total	Amount	208.7	255.1	319.2	378.3	427.5	476.0	
	% to LY	-	122.3%	125.1%	118.5%	113.0%	111.4%	

출처: JMS (Japanese Market Survey Co., Ltd), www.jms21.co.jp

장률 20% 대를 유지하고 있다. 따라서 한국 전자산업의 핵심인 평판디스플레이 시장에서의 세계적 경쟁력을 갖 추기 위해서는 ACF 같은 핵심소재의 수입의존도를 낮추어야 한다. 국내 ACF 개발 및 생산업체의 경우 현단계의 가장 큰 시장규모를 가지고 있는 TFT-LCD, STN-LCD와 같은 평판디스플레이용 ACF에 주력하면서 차세대 디스플레이인 유기 EL용, PDP용 ACF, 반도체 실장용 ACF 및 페이스트 제품 등 제품의 범위를 넓혀가고 있다.

### 2.2.2 용도별 동향 (2002 ~ 2007년) :

Table 2에서 보듯, ACF 시장 내에서 LCD 용의 수요가 대부분이고, 그 중에도 TAB용 (OLB 및 PCB용 합계)에의 채용이 63%를 차지하고 있다. 최근 COG, COF용 등 극미세피치 접속용 ACF의 성장이 높고 약 25%를 점유하고 있다 (위 표에서 IC 패키지 내 LCD 부분). 반도체 실장용 ACF의 점유율은 현재로서는 미약한 수준이나 반도체 실장용 ACF의 장점이 알려지면서 그 시장규모가 확대되고 있는 상황이다. 특히 IC 카드 시장이나 카메라 모듈 시장 규모가 커지면서 ACF의 시장규모도 커질 것으로 예상하고 있다. 그러나 각 패키지의 시장 성장에 따른 접속재료의 선택은 디바이스의 특성에 따라 달라지게 되므로 관련 디바이스 시장이 커진다고 해서 ACF 시장이 커지는 것은 아니다. 대체재료인 NCF, NCP, ACP의

시장의 변화를 눈여겨 볼만한 이유가 여기에 있다.

관련 제조업체의 기술개발동향이나 영업활동 현황은 이러한 기술시장의 변화에 민감하게 대응하고 있다. 국내 제조업체의 경우 기존 LCD 적용 시장에서보다 향후 성장가능성이 풍부한 IC 패키징용 ACF 시장에서의 점유율 확대를 위해 노력하고 있으나 일본 업체의 경우 기존 LCD 시장에서의 기술적 시장지배력을 무기로 반도체 패키징용 ACF 시장에서도 선도적 위치를 점하고 있다.

### 2.3 LCD 구동 회로 칩 실장용 이방성 전도성 필름

평판디스플레이의 하나인 LCD 모듈은 현대 전자산업의 필수불가결한 부품으로 부상하고 있으며, 휴대폰, 개인휴대단말기, 노트북, 중소형 디스플레이장치 등 적용범위가 광범위해지고 있는 추세에 있다. 그러므로 고성능, 저가, 경박단소화 되고 있는 LCD 모듈 제조를 가능하게 하는 LCD 패키징 기술은 고집적/고밀도 실장, 저가형 공정이 필요하게 되면서 그 기술의 형태가 변하고 있다. LCD 패키징이란 LCD 패널과 구동회로 IC 간의 전기적 신호를 연결해 주기 위한 모듈 제조에 필요한 제조 공정, 디자인, 재료 등을 총칭한다. 이때 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,

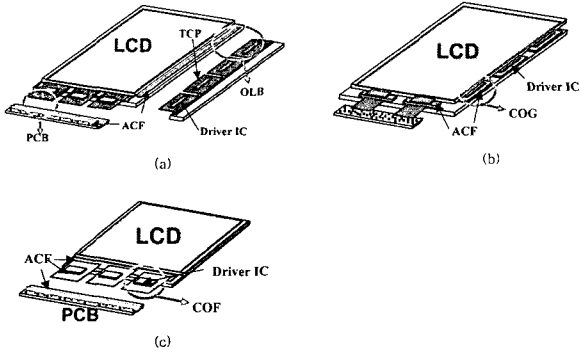


Fig. 2. LCD 모듈 제조용 ACF 종류 (a) TCP OLB & PCB 본딩용 ACF, (b) COG 본딩용 ACF, (c) COF 본딩용 ACF.

환경친화적인 재료 및 공정, 저가의 공정 등의 장점으로 LCD 패키징 재료로서 입지를 굳혀가는 ACF는 여러 종류가 있는데, 즉, 구동회로 IC가 실장된 TAB을 LCD 기판과 접속시키는 OLB용, PCB기판과 접속시키는 PCB용, 구동회로 IC를 직접 LCD 기판에 접속시키는 COG용, 구동회로 IC를 Flex film에 접속시키는 COF용이다(Fig. 2).

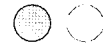
### 2.3.1 OLB 및 PCB 접속용 ACF

LCD 패널 모듈을 제조하는 데 가장 일반적인 성능의 ACF로서, 플렉서블 기판과 글라스 기판과의 접속에 쓰이는 OLB용과, 플렉서블 기판과 PCB 기판과의 접속용으로 PCB용 ACF가 있다. OLB용 ACF는 보통 두께 16~25  $\mu\text{m}$ , 폭은 1.0 mm ~ 3.0 mm, 그리고 길이는 대체로 50 m, 100 m, 200 m 길이를 갖는다. 이형지 필름으로는 50  $\mu\text{m}$  두께의 PET 필름을 사용하며 경우에 따라서 ACF 필름 위에 투명한 보호필름이 형성되어 있기도 하다. 이를 사용하여 OLB 본딩을 수행할 때 공정 조건은 크게 두가지로 나뉜다. 먼저 보호필름이 있는 경우 보호 필름을 제거한 후 ACF를 글라스 기판 전극 부위에 가압착하여 PET 필름을 제거하는 공정이 가압착공정이다. 이때 가하는 압력은 보통 0.1~0.5 MPa이며, 80  $^{\circ}\text{C}$ 에서 약 1~3 초간 열압착공정에 의한다. 그 후 플렉서블 기판과의 전극과 글라스 기판 전극과 정렬 작업을 거친후 본압착공정을 수행하는데 이때의 공정조건은 대개 180  $^{\circ}\text{C}$ 에서 20 초간 3MPa의 압력을 가하면서 수행된다. 이때 가해지는 온도와 시간에 의해 에폭시계 레진의 ACF 필름은 완전

경화가 일어나 플렉서블 기판과 글라스 기판 사이에 강한 접착력을 띠게 되며, 도전입자는 플렉서블 기판의 금속 전극과 글라스 기판의 ITO (Indium Tin Oxide) 전극 사이에서 압착변형에 의해 변형된다. 안정적인 전기적 통전특성과 작업자의 검사를 위해 도전입자의 초기 직경 대비 40~50 %의 변형량이 가장 적당하다. 이 때 도전입자는 폴리스티렌 입자에 니켈과 금을 무전해 도금으로 표면에 입힌 금속 코팅된 폴리머 입자가 가장 보편적으로 쓰이며 그 직경과 함량은 플렉서블 기판 전극의 피치에 따라 다르다. 보통 최소 피치 50  $\mu\text{m}$ 일 경우 도전입자의 직경은 5  $\mu\text{m}$ 을 사용하며 100  $\mu\text{m}$  피치의 경우 4  $\mu\text{m}$  직경의 도전입자를 사용한다.

플렉서블 기판의 종류 또한 제조 업체에 따라 다른 재질의 폴리이미드 재료를 사용하게 되거나 플렉서블 기판 내의 전극 형성시 더 극미세피치의 전극을 형성하기 위해 폴리이미드 필름과 금속전극 사이에 접착제 층이 없는 adhesiveless 타입의 플렉서블 기판의 경우 에폭시계 레진의 ACF와의 접착력이 떨어질 수 있다. 이를 방지하거나 다른 재질의 플렉서블 기판 사용에 상관없이 동일한 ACF를 사용하고자 하는 요구가 LCD 모듈 업체로부터 많아지고 있는 추세이므로 다양한 기판재질에 모두 접착력 특성이 좋은 ACF가 개발되고 있다.

PCB 접속용 ACF는 플렉서블 기판과 PCB 메인 보드와의 접속을 위함이다. 이때 사용되는 ACF는 OLB용 ACF와는 달리 금속 분말을 도전입자로 사용하며 두께 또한 두껍다. 대개 45 ~ 50  $\mu\text{m}$  두께를 가지며, 니켈 또는 니켈 입자에 금도금을 한 금속입자를 도전입자로 사용한다. 니켈 도전입자의 직경은 2, 5, 8  $\mu\text{m}$ 으로 다양하며 이 경우 본압착공정을 통해 해진 압력에 의해 니켈 도전입자는 플렉서블 기판의 전극과 PCB 기판의 전극 사이에 끼어서 전기적 통전을 담당하게 되는데 금속입자의 변형보다는 각 기판 위의 금속전극의 변형에 의해 통전이 일어난다. 본딩 조건은 OLB용 ACF와 유사하지만 저온속경화용 ACF의 개발 요구에 따라 150  $^{\circ}\text{C}$  또는 160  $^{\circ}\text{C}$ 에서 10 ~ 15초에 경화가 가능한 새로운 레진 시스템이 개발되어 상용화되었다. 이러한 저온속경화형의 ACF의 개발 및 활용은 플렉서블 기판 내의 전극의 피치가 점점



작아지면서 열압착 본딩공정시 상대적으로 고온에서 본딩을 수행할 경우 열팽창에 의한 전극간의 정렬오차가 커지면서 더욱 필요성이 확대되고 있다. 현재 TFT-LCD 패널은 OLB용 ACF와 PCB용 ACF 모두 사용하여 LCD 모듈을 제조하고 있으며 LCD의 해상도가 더 증가하면서 플렉서블 기판 내의 전극간 피치도 작아지고 이로 인해 정렬오차가 더 증가하게 되므로 저온속경화형 ACF의 활용도가 더욱 커질 전망이다.

휴대폰 및 PDA용 LCD는 대개 TN, STN-LCD이며 이 때 ACF 접착은 글라스 기판과 플렉서블 기판 사이의 OLB 접착이 대부분이었고 휴대폰의 메인 기판과의 전기적 접착은 커넥터나 솔더 접착이었다. 그러나 휴대폰 LCD 모듈의 해상도 및 화소수 증가에 의해 구동회로 IC의 전극밀도가 커지게 되어 플렉서블 기판 내의 금속 전극 또한 피치의 감소가 이루어지면서 PCB 기판과의 접착에도 ACF가 불가피하게 사용되어지고 있다. 아직은 그 사용량이 많지 않지만 앞으로는 더욱 증가할 전망이다.

### 2.3.2 COG용 ACF

고해상도를 위한 pixel 수가 증가하는 디스플레이의 구동회로 IC 실장방법이 극미세피치 접착, 실장 평가의 용이성, 수리 가능성, 고신뢰성, 저가격화 등이 요구되는 가운데, 기존의 실장방법인 TAB 방식에서 구동회로 IC를 디스플레이 기판인 유리기판에 직접 접속시키는 COG (chip-on-glass) 방식, TAB tape 대신 극미세피치 회로 구성이 가능한 폴리이미드 필름 (polyimide film)에 구동회로 IC를 접속시키는 COF (chip-on-film) 방식이 점점 필요해지고 있다. COG 기술은 구동회로를 뒤집어 구동회로의 패드를 유리패널에 직접 실장하는 방법으로 기존 방식보다 훨씬 미세한 pitch를 가진 IC 실장이 가능하며, 칩 점유면적도 최소화시킬 수 있어 시스템 크기를 작게 할 수 있고, 박판화가 가능하며, 해상도의 향상도 가져올 수 있으며, 제조비용도 줄일 수 있는 차세대 실장기술이다. 또한 COG 기술은 실장공정의 step 수가 적고 사용부품의 수가 적어 높은 수율을 기대할 수 있으며, 화소 전극 간의 접촉저항이 균일하며, 액정패널, 구동회로, 액정패널과 모듈 간의 검사 및 보수가 용이하여, 보다 높은

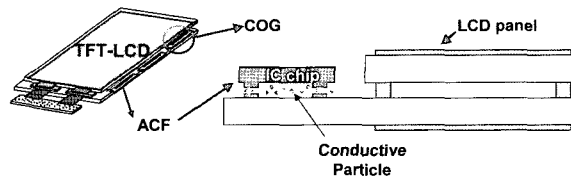


Fig. 3. ACF를 이용한 COG 패키지 모식도

신뢰성을 가지는 구동 IC의 실장을 구현할 수 있는 기술로 인식되고 있다. 이러한 COG 방법으로 이방성 도전 필름 (ACF; anisotropic conductive film)을 이용한 방법이 가장 효과적이라고 알려져 있다(Fig. 3).

ACF는 막의 두께 방향으로는 도전성, 면방향으로는 절연성이라는 전기 이방성 및 접착력을 갖는 고분자막이며, 금속입자 또는 금속 도금된 수지입자 등의 도전성 입자를 에폭시, 우레탄 등의 열경화성 수지에 분산시킨 필름 구조이다.

ACF 방법은 ACA 방식에 비해 필름제조 공정이 복잡하고 제조단가가 높으나, 극미세 피치의 실장에서도 단락을 최소화시키고, 빠른 제조 throughput, 전기적 특성의 신뢰도가 높으며, 저온공정이 가능하고 환경문제에 대해 크게 우려하지 않아도 된다는 등의 장점이 있다.

그러나 구동회로 IC의 실장기술에서 가장 핵심적인 부품인 ACF는 현재 일부 국내에서 생산되어지고 있으나 많은 양을 수입에 의존하고 있는 실정이며, 극미세피치 접착인 COG용 ACF는 국내에서 생산되고 있지 않아 전량 수입에 의존하고 있다. 이런 핵심부품을 수입에 의존하는 것은 자칫 우리가 중점을 두고 확장해가는 LCD를 비롯한 차세대 평판디스플레이 사업 전체의 재료 기반이 매우 취약해질 수 있는 심각한 문제점이 있으며 수입가격도 매우 비싼 편이어서 모듈공정에서의 비용을 크게 증가시킨다. ACF의 재료 가격 중에는 도전입자가 차지하는 비율이 매우 높다. 최근에는 범프 배열이 균일화되었기 때문에 도전입자가 불필요한 경우가 있다. 이 때문에 가격이 높은 도전입자를 제거한 NCF(Non Conductive Film), NCP(Non Conductive Paste), underfill 등이 제품화되고 있다. 그러나 glass panel에 IC를 붙이는 COG의 경우 NCF나 NCP의 방법으로는 안정한 접속저항 및 높

은 신뢰성을 확보하지 못하고 있어서 ACF 방식이 우세할 것으로 예상된다.

극미세피치 COG용 ACF의 개발을 위해 무엇보다 기존 일본 제조회사의 특허저축을 피하는 것이 중요하다. 이를 위해 Sony사에서 특허권을 가지고 있는 절연코팅된 도전입자를 사용하지 않고 38 μm 수준의 극미세피치 접속 가능, 낮은 접속저항 및 높은 신뢰성을 갖게 하는 COG용 ACF의 개발이 필요하다. 이를 위해서는 ACF 구조 개량, 레진 및 도전입자분포의 개선을 통해 기존의 ACF보다 성능이 개량된 ACF의 개발을 수행하고자 한다.

ACF를 이용한 접착공정에서 열을 받은 ACF 수지가 유동성을 가지게 되면 ACF내의 도전성입자들이 인접한 범프간 또는 전극간의 gap에 흘러들어 도전성 입자간 단락이 일어나기 쉽기 때문에 극미세피치 COG 모듈에서 범프간 또는 전극간 단락이 일어나기 쉽다.

본당후, 범프와 전극간에 적절한 전도도를 얻기 위해서 충분한 수의 도전입자를 범프와 전극사이의 접속에 기여하도록 하여야 하므로 충분한 수의 도전입자를 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 특히 접착 공정시 전극상에 위치하여야 할 도전입자들이 인접한 범프간 또는 전극간 gap으로 흘러들어가면서 발생되기 때문에 적절한 수의 도전입자수보다 더 많은 도전입자를 ACF 내에 함유시켜야 하므로, 단락위험도 높아지고, 제조원가도 높아지며, gap에 과도한 도전입자가 분포함으로써 ACF의 접착력을 저하시키는 단점이 있다. 그렇다고, 도전입자가 범프간 또는 전극간 gap에 흘러들어가지 않도록 ACF의 점도를 높여두는 것은 원활한 접착을 이룰 수 없고, gap에 공극이 존재함으로써 접착력이 저하됨은 물론 기계적 강도도 떨어진다.

이러한 문제를 해결하기 위해 COG용 ACF 내의 도전입자가 범프간 또는 전극간의 gap으로 흘러들어가지 않도록 도전입자를 포함하지 않은 접착 재료층을 가진 2층

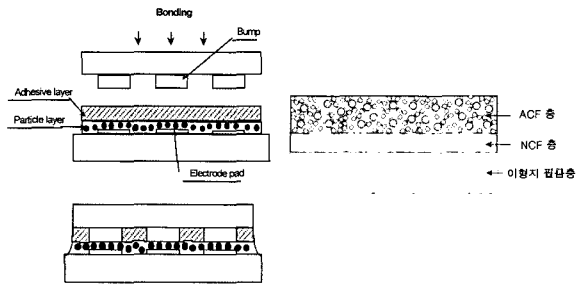
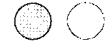


Fig. 4. 2층 구조 ACF를 이용한 COG 본딩 공정 및 2층 구조 ACF 구조

구조 ACF를 개발한다. 상기 범프간 또는 전극간 단락을 방지하기 위하여 비전도성 입자를 상기 도전입자를 함유한 접착층에 함유시킬 수 있다. 비도전성입자는 테프론, 폴리에틸렌 등의 폴리머입자 또는 알루미늄, 실리카, 글래스, 실리콘카바이드 등의 세라믹입자중 선택한 하나 이상일 수 있으며 평균직경이 도전입자 직경의 1/2 ~ 1/10 사이, 바람직하게는 1/5 정도의 크기를 갖는다. 비전도성 입자는 도전입자의 사이에 위치하여 도전입자간의 단락을 방지하는 역할을 한다. 도전 및 비도전입자가 많이 함유되면 될수록 접착층은 접착력이 떨어지지만, 추가 접착층을 구비함으로써 도전입자간 단락방지는 물론 접착력 저하를 방지할 수 있다(Fig. 4).

상기 2층 구조 ACF를 사용하여 본딩(접착)을 할 경우, 범프간 또는 전극간 gap에 상기 추가 접착층이 충전되므로 도전입자가 범프간 또는 전극간 gap으로 흘러들어가 는 양도 낮아진다. 따라서, 도전입자가 범프와 전극간 도통에 충분히 기여할 수 있게 되어 안정적인 전도성을 얻을 수 있으며, ACF의 총 두께는 규격이 정해져 있으므로 추가 접착층을 구비할 경우 도전입자를 함유하고 있는 ACF 층의 두께를 낮출 수 있으므로 그만큼 ACF에 함유되는 도전입자 수가 적어져서 원가 절감 효과가 있다.

통상적으로 이방성 도전 필름 (ACF)은 필름 모양의 접착제 안에 도전성 불이 불규칙적으로 배워진 형태를 나타내고 있다. 실장 시, 기판 위에 방향성 도전 필름을 위치하고 구동 IC의 범프와 기판의 패드를 정렬하여 압력 (50 ~ 100 g/pad)을 주면 완료된다. 최근의 ACF에 관한 연구동향은 회사 고유의 필름제조 방법과 형태를 개발하여 타 회사의 특허를 피하고, 극미세 피치로 인해 유발될



수 있는 단락을 최소화시키는 방향으로 이루어지고 있다. Hitachi사의 ACF는 기존의 필름과는 달리 particle monolayer와 adhesive layer의 2층으로 이루어져 있다. Particle monolayer는 고점도의 열경화성 수지이며, 두께는 도전 입자의 지름과 비슷하다. Adhesive layer는 두께가 구동 IC에 형성된 범프의 높이와 일치하며, 점도가 낮은 열경화성 수지이다. 이러한 형태의 ACF는 실장 후 adhesive layer가 범프 사이에 위치하여, 도전입자가 범프 사이에 끼어 발생하는 단락의 위험을 줄일 수 있다. Sony사에서 개발된 ACF는 일반도전입자의 최외각층에 절연코팅층이 형성되어 있는 도전볼을 사용하여 ACF 내에 많은 수의 도전입자를 함유하더라도 COG 실장 후 극미세피치 전극간 절연성을 확보하고 범프와 기판 전극간 접촉에는 많은 수의 도전입자를 확보하고 있다. Sumitomo에서 개발된 ACF는 도전성 볼의 지름보다 얇은 두께의 필름에 도전성 볼이 규칙적으로 배열된 형태를 취하고 있어, 단락의 위험성이 전혀 없을 것으로 예상된다. 그러나 필름의 제조단가가 매우 높아 경제성의 문제점이 지적된다. 이방성 도전 필름 등의 각 기업 및 연구소의 연구방향은 도전입자가 패드 위에 가능한 많이 위치하도록 하는 것이며, 단락의 위험성을 줄이는 것으로 삼성의 경우, Dielectric dam을 인접한 패드 사이에 형성하는 방법을 사용하였다.

### 2.3.3 COF용 ACF

COF 기술은 LCD 모듈 제조에 있어 Tape-automated bonding(TAB), COG 기술 이후의 신기술로서, 기존의 TAB tape보다 두께가 얇아 flexible한 특성을 가지며, COG 기술이 가지고 있지 않은 pre-test 기능을 가지고 있어 차세대 LCD 모듈 패키지 기술로서 관심을 모으고 있다(Fig. 5). COF tape의 기본 구조는 TAB의 그것과 유사하나, 기존의 TAB tape은 두꺼운 3층 구조(Polyimide+epoxy adhesive+Cu line)를 가지고 있는 반면, COF 기판이 polyimide 기판 위에 Cu line이 형성되어 있는 2층 구조를 가지고 있어서 훨씬 얇고 극미세피치, 고밀도 실장이 가능하며, 뛰어난 고내열성 패키지를 가능하게 한다. 이 COF 기술은 컬러 휴대폰이나 PDA

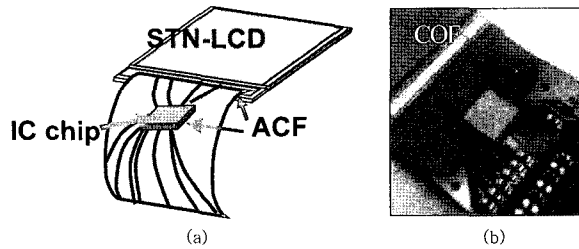


Fig. 5. (a) ACF를 이용한 COF 패키지 모식도, (b) ACF를 이용한 COF 패키지 샘플 사진.

제조용 극미세피치/고밀도 실장이 필요한 LCD 모듈 생산에 빠르게 확산되어 가고 있으며, 칩사이즈 패키지(CSP; Chip Size Package)나 멀티칩모듈(MCM; Multi-Chip Module)같은 고밀도 경박단소 반도체 패키징에도 적용가능하다.

LCD 단말기가 점점 컬러화 되어가면서 구동회로IC의 크기가 입출력단자(I/O) 밀도가 늘어나면서 구동회로IC I/O간 간격이 점점 작아지고 있는 추세에 극미세 피치 접속이 요구가 되고 있는 상황이다. 이런 COF 기술을 구현하는 데에는 여러 가지 요소 기술이 필요하며, 대부분 플립 칩 본딩 기술을 이용한다. COF용 플립 칩 기술에는 현재 Au/Sn 공정(Eutectic) 본딩, 솔더 본딩, ACF 본딩, NCP 본딩 등이 알려져 있다. 이 중 Au/Sn 공정 본딩 방법은 IC chip의 Au 범프와 COF film의 Sn 전극간의 금속간 화합물 형성에 의해 본딩이 이루어지고 언더필 공정으로 칩과 기판 사이의 부분을 보호해 주는 기술이다. 이 방법은 기존의 TCP 패키지에서도 사용이 되었으며, TCP의 3층 구조 중 epoxy layer의 내열성 문제로 인해 본딩 부분에 window를 마련해야 하고, 본딩 후 언더필 공정을 통해 본딩 부분 전체가 외부로부터 보호되는 encapsulation 공정이 수반되어야 한다. 반면 COF 기술에서 COF 필름은 공정 본딩 같은 고온 공정도 견딜 수 있는 내열성 tape이므로 Au/Sn 공정 본딩이 가능하다. 그러나 언더필을 통한 encapsulation 공정이 수반되어야 하는 번거로움이 있다.

솔더 공정은 기본적으로 IC chip의 솔더 범프와 tape의 금속 전극의 리플로우를 통해 접속을 시키는 방법이다. 솔더 리플로우 공정 후 언더필 공정을 통해 COF 패키지를 완성하는데, 극미세피치 접속에서 솔더 범프간

단락의 위험이 크므로 극미세피치 COF 패키지 구현에 적합하지 않다.

반면 ACF 공정이나 NCP 공정은 본딩 공정과 encapsulation 공정을 동시에 수행하는 기술이며, 상대적으로 저온 공정이므로 고온에서 본딩해야 하는 Au/Sn 공정 본딩이나 극미세피치접속에서 단락의 위험이 큰 솔더 본딩보다는 ACF 본딩, NCP 본딩이 COF 패키지 접속 방법의 대안으로 자리잡아 가고 있다. COF 패키지 제조에 많이 활용되고 있다. ACF와 NCP 재료의 가장 큰 차이점은 도전입자의 유무에 있으며, ACF는 필름 타입의 재료이고, NCP는 페이스트 타입의 재료여서 도포방법상의 차이가 있다. ACF 본딩은 도전입자들이 IC 범프와 COF tape 전극 사이에 접촉됨으로써 전기적 통전이 가능하게 되는 반면, NCP 본딩은 IC 범프가 COF tape 전극에 직접 접촉됨으로써 본딩이 이루어진다. NCP 본딩은 접속시 접촉 면적이 크고 도전입자를 함유하고 있지 않아 전기적 단락의 위험이 전혀 없는 것을 특징으로 하므로, 극미세피치 접속의 새로운 방식으로 인식되어지고 있어서 가까운 미래를 위해 개발되어야 재료이지만 현재 관련 본딩 라인 infrastructure가 부족하여 양산으로 가기에는 시간이 더 필요한 실정이다. COF 패키지용 ACF 본딩 방식은 기존의 TCP 라인을 그대로 사용할 수 있으며 COF 패키지 양산의 기본적인 방향으로 인식되어지고 있다.

이러한 배경 하에서 ACF를 이용한 COF 패키지는 극미세피치 접속 특성 및 다양한 신뢰성 요구에 대응할 수 있어야 하며, 기존 ACF를 이용한 COF 패키지는 다음과 같은 문제점이 발생한다. ACF를 이용한 COF 본딩 후 접속 특성 평가로는 최소 전극 면적에서의 전기 전도도

평가, 최소 전극 간격에서의 절연성 평가, 신뢰성 항목으로는 85°C/85%RH 테스트, 열충격 테스트, Pressure Cooker Test(PCT) 전후의 전기 전도도 및 절연성의 평가 등이 있다. COF 패키지의 접속 피치가 점점 작아지고, 요구하는 신뢰성 항목 및 조건이 점점 다양해지면서 까다로워지고 있어서 기존의 ACF 재료로 대응이 어려워지고 있다. 특히 IC 범프간 최소 간격이 15 μm 이하가 되면서 기존의 ACF보다 더 미세간격에서 절연특성을 보장해야 하며, 접속 범프 위에 접촉되어야 할 도전입자 개수가 많아져야 한다. 그리고 COF 필름 위에 각종 표면실장형 부품(SMD; Surface Mount Device)이 늘어나면서 신뢰성 시험 전 솔더 리플로우 테스트를 통과한 후 반도체 패키지 수준의 고신뢰성을 요구하게 되었다. 기존의 ACF를 이용한 COF 패키지로서는 PCT와 같은 테스트 항목을 통과하기에 고온고습 조건에서의 신뢰성이 확보가 되지 않고 있다.

COF 패키지는 epoxy를 기반으로 하는 ACF와 2층 구조를 가지고 있어서 PI가 직접 ACF 층과 접착이 되므로 보통 PI와 ACF 간의 접착력이 약하므로 Adhesion 문제 및 신뢰성 테스트 후 adhesion 약화로 인한 신뢰성 감소도 문제점으로 나타나고 있다. 그러므로 ACF를 이용한 COF 패키지 제조에 있어서 초기 접착력 강화 및 여러 약조건 하에서의 접착력 강화도 요구가 되고 있다(Fig. 6).

따라서 극미세피치, 최소 범프 면적에서 전기 전도도와 절연성을 확보할 수 있고, PCT, 고온고습 신뢰성 요건을 만족하며, PI와의 접착력을 강화하기 위해 3층 구조 ACF를 제안한다. COF용 3층 구조 ACF는 이형지 필름 위에 3층 구조 ACF가 있으며 ACF 자체 내에서도 도전

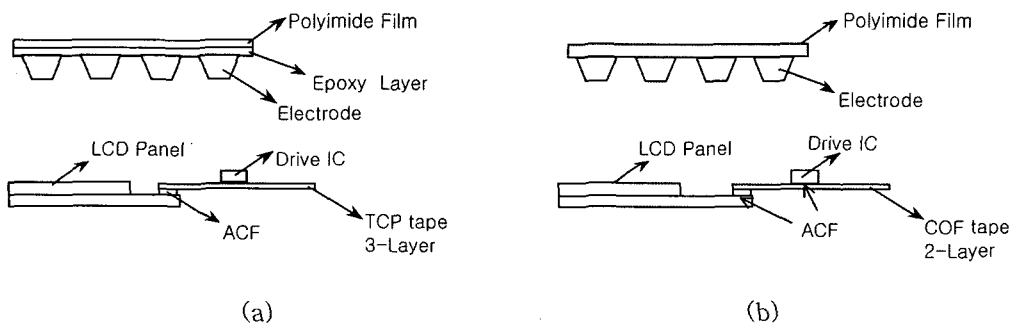


Fig. 6. (a) 3 layer TCP tape과 (b) 2 layer COF tape의 구조와 Package 차이.



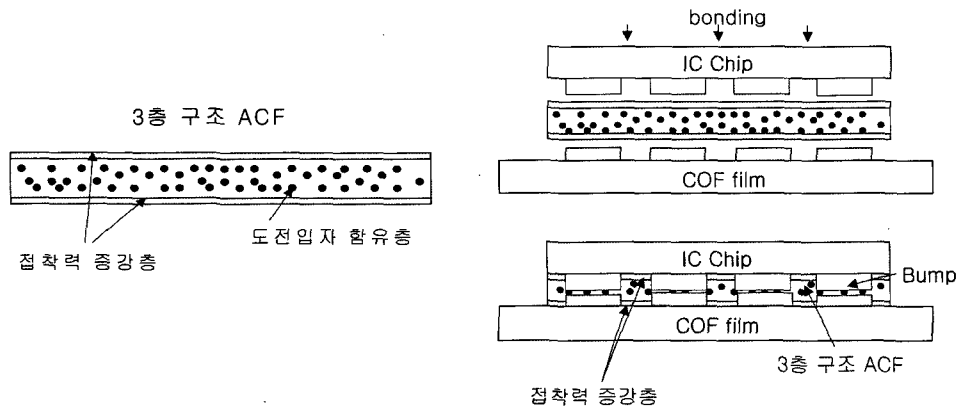


Fig. 7. 극미세피치, 고신뢰성 COF 패키징용 3층 구조 ACF 및 본딩 방법.

입자가 함유되어 있는 층의 양면에 접착력 증강층이 있는 형태로 되어 있다. 이는 PI에 Cu 전극 및 배선이 형성되어 있는 COF tape과 Au 범프가 형성되어 있는 IC chip 사이에서 열압착 본딩 공정에 의해 본딩이 될 때 온도 상승시 저점도 흐름성을 갖는 상하 접착력 증강층의 레진 흐름이 발생하여 IC chip의 범프간, COF tape의 Cu 전극간 공간을 채워서 기포 발생이나 ACF 층내의 도전입자의 흐름을 최소화한다. 본딩시 도전입자의 흐름이 최소화되면 범프와 전극간 도전입자의 개수가 많아지고 극미세간격에서의 도전입자간 접촉에 의한 전기적 단락 현상을 방지할 수 있다(Fig. 7).

고신뢰성 요구를 해결하는 대안은 COF 패키지에서 IC chip과 PI 기판과의 ACF 계면 접착력과 밀접한 관계가 있으므로 접착력 증강층에 의해 PI와의 계면 접착력을 개선하고 고온고습 조건에서 습기가 침투하는 통로인 계면침투성을 최소화하여 고온고습 신뢰성을 향상시켰다.

#### 2.4 반도체 플립 칩 접속용 이방성 전도성 필름

현대에 급변하는 전자 산업은 반도체 집적 기술의 발달과 함께 점점 고성능화, 고집적화하고 있다. Chip Interconnection에 있어 기존의 접속방식인 Wire Bonding, TAB 기술로는 시스템 크기를 줄이며 전기적 성능을 향상시키는데 그 한계에 이르고 있다. 따라서 새로운 Interconnection 기술인 Flip Chip 기술을 사용한 Direct Chip Attach (DCA) 기술, Chip Size Package (CSP),

Multichip Module (MCM) 기술의 필요성이 점점 커지고 있다. Flip-Chip 기술은 최소한의 크기와 무게, 공정과 시스템 가격의 감소, 전기적 성능 향상, 열관리 가능, I/O 수가 많은 고밀도 회로소자 접속 가능, Area array 접속 설계 가능 등의 장점을 갖고 있다(Fig. 8).

Flip Chip 기술의 활용도는 매우 다양하며 광소자 (GaAs 소자, IR emitter / detector), 마이크로웨이브 통신 소자(휴대용 단말기 등 4 GHz ~ 10 GHz에서 성공적으로 활용), 메모리소자 (PCMCIA카드, PC 등에 SRAM, DRAM 소자 사용), LCD 소자 (COG 기술에 사용), 자동차 under hood 전자부품용 등과 같은 분야에서 사용되고 있다.

이와 같은 광범위한 활용에 있어서 최근의 Flip Chip 기술동향은 저가형 Flip Chip bump 기술과 Flip Chip on organic substrate (MCM-L 또는 MCM-D/L 포함) 기술이 점차 중요하게 되고 있다.

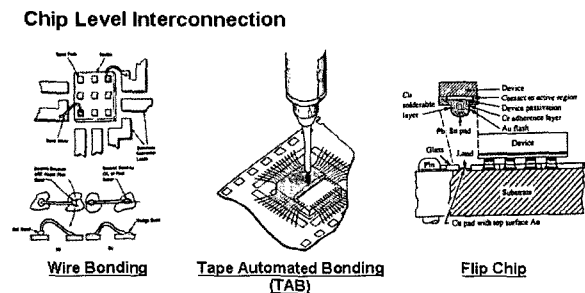


Fig. 8. 칩 레벨 접속 기술

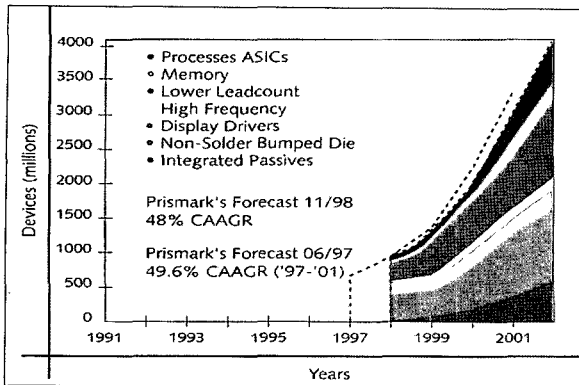


Fig. 9. Global consumption of flip chip devices (Source : Prismark partners LLC).

이 때 플립 칩 범프 기술을 고주파용 회로에 적용할 때는 1 GHz~10 GHz 범위의 고주파 대역에서의 전기적 특성이 매우 중요하게 되어지고 이는 사용하는 접속방법과 재료, 디자인에 큰 영향을 받는다. 플립 칩 기술에서의 접속재료는 솔더를 이용한 플립 칩 기술이 많이 사용되고 있다. 그러나 칩 사이즈가 작아질수록 솔더 볼을 형성하기가 어렵고 박막공정 및 리소그래피 공정 등 공정 비용이 상승하고 환경에 해로운 물질을 사용하는 단점을 갖고 있어 플립 칩 기술의 방법 중 비솔더 범프를 이용한 플립 칩의 비중이 점차 증가하고 있다(Fig. 9).

비솔더 범프로서는 금 스타드 범프나 금 도금범프, 무전해 니켈, 구리 범프 등이 있으며, 이 경우 높은 용융점 때문에 리플로우에 의한 플립 칩 접속이 불가능하므로 새로운 접속 재료가 필요하다. 이 때 전도성 접착제가 대체 재료로서 주목을 받고 있다. 전도성 접착제 중 미세 피치 접속 및 저가형 접속재료인 이방성 전도 접착제(ACA)에 관심이 특히 높아지고 있으며, ACA는 다루기 쉽게 필름 타입으로 제조되어 Anisotropic Conductive Film(ACF)로 액정 디스플레이용 구동소자, COG, COG 패키징 기술에 널리 쓰여 왔다. 이 재료는 Solder를 이용한 접속 및 조립 기술에 비해 몇 가지 장점을 가지고 있다. 장점으로는 저온 조립 가능, Solder Flux가 없으므로 세척 공정이 필요 없으며, PCB 기판과 비슷한 열팽창 계수, 미세선 간격 Resolution, 경량, 낮은 장치 설비비, 제조 공정수의 감소, 빠른 제조 Throughput, 저가 등이 있

다. 그러나 ACF를 사용한 플립 칩 기술은 압력 문제, 기판 평탄도 문제, 최적 범프 형성, 신뢰성 검증 등 여러 가지 문제점이 해결되어야 할 상황이다. 그러나 ACF나 ACA를 사용하여 위의 문제들을 해결할 재료 또는 공정이 개발될 경우 새로운 저가형 플립칩 접속 기술 가능성은 매우 높다. 게다가 전자제품의 환경문제(Flux 사용 및 Cleaning, Pb 포함 Solder 등) 또한 심각하게 받아들여지고 있어 CFC 사용 및 납(Pb)의 사용을 규제하려는 움직임도 일어나는 형편에서 환경친화적인 대체 재료로서 관심이 집중되고 있다.

한편, 기존의 이방성 전도성 필름은 필름 내에 금속 입자 또는 금속 코팅된 폴리머 입자가 분산된 구조로 되어 있어서 전기적 접속재료로만 사용되고 있다. 이러한 이방성 전도 필름은 보통 열팽창계수가 커서 플립 칩된 실리콘 칩과 유기기판 사이의 열팽창계수의 차이를 줄여주지 못함으로써 열 주기 실험에서 고 신뢰성을 가지지 못하므로 범용 PCB 기판에의 적용이 이루어지지 못하고 있다.

#### 2.4.1 플립 칩용 ACF 소재

PCB 기판 플립 칩용 저가형 고신뢰성 이방성 전도성 필름 기술은 에폭시 수지를 주성분으로 하고 커플링제, 경화제, 전도성 물질 및 비전도성 물질을 혼합하여 최적화 설계된 특성을 가진 플라스틱 기판 플립 칩 접속용 고신뢰성 이방성 전도성 필름의 제조에 관한 기술이다. 본 이방성 전도성 필름은 종전의 LCD 구동회로 칩이 실장된 Flexible Printed Circuit (FPC)과 ITO 유리 전극 간의 전기적 접속 기능과, 솔더 접속 플립 칩의 하부 충전재료의 기계적 신뢰성 향상기능을 동시에 갖고 있는 재료로서, 실리콘 메모리 칩이나 RF 고주파 칩 등을 플라스틱 기판 등 여러 기판에 플립 칩 접속시킬 때 이방성 전도성 필름을 가압착한 후, 칩의 I/O와 기판 전극을 정렬하여 열과 압력을 동시에 가해 접속공정을 마무리하게 된다. 이로써 PCB 기판 플립 칩용 저가형 고신뢰성 이방성 전도성 필름은 간단한 접속공정과 높은 생산성, 높은 신뢰성을 구현할 수 있는 접속재료이다.

기존의 이방성 전도성 필름 내에는 금속 입자 또는 금속 코팅된 폴리머 입자가 분산된 구조로 되어있어서 전

기적 접착재료로만 사용되고 있다. 그러나 보통 열팽창 계수가 커서 플립 칩된 실리콘 칩과 유기기판 사이의 열 팽창계수의 차이를 줄여주지 못함으로써 열 주기 실험에서 고 신뢰성을 가지지 못하므로 범용 PCB 기판에의 적용이 이루어지지 않고 있다. 그러나 개발된 PCB 기판 플립 칩용 저가형 고신뢰성 이방성 전도성 필름은, 비전도 충전제를 적정량 첨가함으로써 열팽창계수를 낮추어 봉지제(underfill) 기능을 부여함과 동시에, 기존 이방성 전도성 필름의 전기적 접속 특성을 유지시킴으로서 기존 이방성 전도성 필름을 이용한 플립 칩 제품에 비해 신뢰

성을 2배 이상 증가시킴으로 이방성 전도성 필름 재료를 이용한 플립 칩 기술을 플라스틱 기판 위에 구현할 수 있게 하는 새로운 플립 칩 접속 재료이다(Fig. 10). 즉, PCB 기판용으로 사용되는 개선된 이방성 전도 필름은 두께가 30 ~ 50  $\mu\text{m}$ 이며, 절연성 수지로 만들어진다. 이 수지에는 지름이 5  $\mu\text{m}$ 인 전도성 니켈입자, 금 코팅된 폴리머 입자 등이 사용되며, 지름이 5  $\mu\text{m}$ 보다 작은 비전도성 무기물 입자들이 분산되어 있다. 접착성 수지는 에폭시 수지를 처리하여 준비되며, 교정용 화학제와 유연성 화학제는 취급을 용이하게 하기 위해 건조 필름 형태로 변환된다. 도전성 입자는 일정량으로 고정시킨 채, 비전도성 무기물 입자의 함량은 0에서 50 wt%까지 변화하여 열팽창계수를 조절할 수 있다.

PCB 기판 플립 칩용 저가형 고신뢰성 이방성 전도성 필름의 일반적인 특성으로서, 경화특성 150  $^{\circ}\text{C}$ 에서 1 min 이하, 플립 칩 접속시 I/O 당 접촉저항 10 m $\Omega$  이하, 절연저항  $10^{12}\Omega$  이상, 경화 후 Ionic content (Cl: <5 ppm, Na:<5 ppm, K:<9 ppm), 열팽창계수 25-30 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ , Storage modulus 5 GPa @25 $^{\circ}\text{C}$ , 흡습율 < 1 wt%의 특성을 가지는 이방성 전도성 필름이며, PCB 유기기판 위에 플립 칩 접속 후 신뢰성 평가(흡습 실험: JEDEC level 2, 85/85테스트:1000시간, 고온테스트:1000시간 @150 $^{\circ}\text{C}$ , PCT 테스트: 336 시간, 열주기시험: -65 - 150 $^{\circ}\text{C}$ , 1000시간)를 통과하는 수준의 신뢰성을 갖는 제품이다.

적용대상은 패키지가 되어 있지 않은 칩 (bare chip)을 시스템 보드에 플립 칩 기술을 이용하여 실장 할 때 이방성 전도성 필름을 사용한다. 이 개발제품을 적용할 때 패키징된 칩의 전기적 특성은 종래의 패키지, 예를 들어 와이어 본딩이나 솔더 플립 칩 본딩 등을 사용할 때와 비교하여 전혀 특성의 저하가 없으며 또한 신뢰성 측면도 문제가 없다. 가장 큰 장점으로 단위 면적당 패키지 접속 밀도가 높아 시스템의 소형화를 구현할 수 있다.

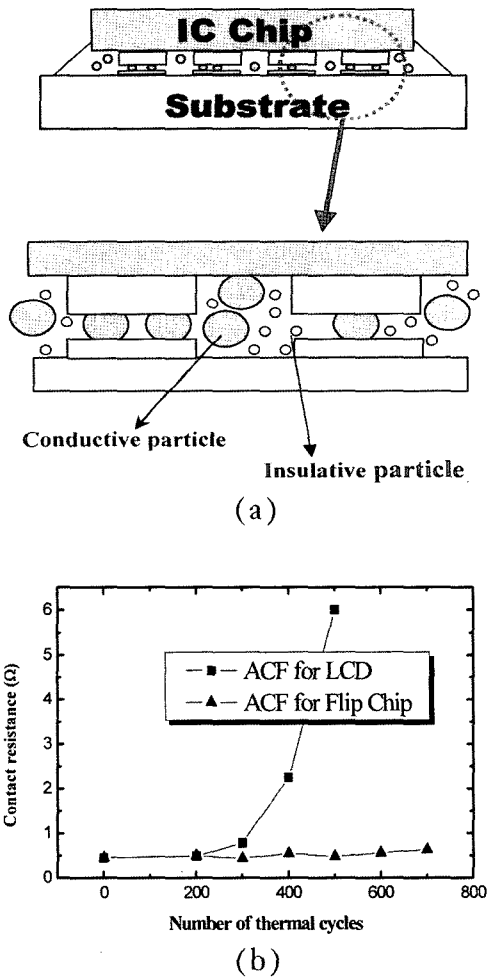


Fig. 10. (a) 비솔더 범프와 PCB 기판용 이방성 전도 필름 플립 칩 어셈블리의 개략적 단면과, (b) -65  $^{\circ}\text{C}$ 에서 150  $^{\circ}\text{C}$  까지의 열 사이클링 시험 동안에 이방성 전도 필름을 이용한 플립 칩 어셈블리의 접속 저항 거동.

#### 2.4.2 플립 칩용 ACF의 연구 동향

PCB 기판 플립 칩용 이방성 전도성 필름의 세계시장의 성격은 현재 연평균 40%의 성장률이 예상되고 있으며, 현재까지 LCD 구동회로 실장용 이방성 전도성 필름 제

조 업체가 일본의 메이저 2개사, 미국의 2개사 정도로서, 위의 이방성 전도성 필름의 제조경험이 있는 업체들만 PCB 기판 플립 칩용 이방성 전도성 필름의 제조 및 판매를 할 수 있는 상황이므로 독점성의 성격이 있는 제품이라 할 수 있다. 국내의 경우, LG전선에서 LCD 패키지용 이방성 전도성 필름의 제조의 경험이 있으나 범용 PCB 기판 플립 칩용 고신뢰성 이방성 전도성 필름의 개발 연구 및 특허권에 대한 후발주자이므로 국내에서는 독점의 성격이 될 수 있다.

주요 소비자는 국내의 경우, LG 전자, LG 정보통신, 삼성전자, 삼성전기, 아남반도체, Chip Pack사 등이 있으며, 주로 램버스 D램 등의 메모리칩 패키징 접속재료로 이방성 전도성 필름의 적용을 검토 중에 있다. 또 삼성전자, 현대전자, LG종합기술원, LG전자기술원, LG정밀, 대우전자, 한국전자통신연구원, 나리지온, 씨티아이반도체, 에이에스비, S&S 테크놀로지, 네오세미테크, FCI, 에피밸리, 마이크로 통신 등이 RF MMIC 소자 관련분야 사업을 하고 있는데, 대개 소자 및 모듈 설계 개발에 한정되어 있으며 기존의 와이어 본딩을 이용한 플라스틱 패키지를 이용하고 있는데, RF 소자 패키지 기술 또한 플립 칩 기술에 대한 요구가 절실해 지고 있는 상황이어서 저가형 고신뢰성 이방성 전도 필름을 이용한 플립 칩 개발에 대한 연구 및 투자가 확대되고 있다. 또한 Amkor, Signetics, Chipak 등과 같은 패키지 업체들은 플립 칩 패키징 기술, CSP (chip scale package) 기술 등 차세대 패키지 기술 개발에 이방성 전도성 필름의 적용 연구를 수행하고 있다.

국외의 경우, 이방성 전도성 필름의 플립 칩 기술에의 응용에 관한 패키지 제조업체 및 통신업체, 컴퓨터 업체의 관심은 날로 증대해 지고 있다. 일본의 경우, smart card 업체, RF 소자 등의 통신업체, 가전업체 등에서 제품 내의 환경친화적 제품 정책 때문에 납땜 성분의 패키징 접속 물질을 제거하려는 동향에 힘입어, 도전성 페이스트 및 이방성 전도성 필름과 같은, 비솔더 접속재료의 사용이 절대적으로 필요하게 되었다. 또 환경문제에 더욱 관심이 많은 유럽연합의 전자제조회사의 경우도 마찬가지이다.

아시아 시장에서는 특히 중국 및 대만의 통신 시장의 확대에 따른 RF 통신소자의 플립 칩 온 유기기판의 패키지 재료로서, 본 제품의 이방성 전도성 필름의 수요가 확대될 전망이다. 미국의 경우, IBM, Motorola, Intel 등과 같은 컴퓨터, 전자통신 업체들의 플립 칩 패키지의 적용 확대에 따른 이방성 전도성 필름의 시장도 넓어질 전망이다.

수출입 법규, 독과점 방지 방안, 세금, 고객의 성향 등에 대한 법적, 사회적 환경에 대한 국가별 조사는 이루어지지 않았으나, 미국, 일본, 한국 내에서 PCB 기판 플립 칩용 이방성 전도성 필름의 원천 특허확보를 통한 기술보호권 획득으로 법적인 기술보호를 받을 수 있는 상황이며, 특허 출원되지 않은 지역들(중국, 대만, 유럽국가들)에 대해서는 개량특허를 출원할 예정이다.

특히, 1990년대 초반부터 전자제품 실장기술에 쓰이는 솔더에 포함되어 있는 납이 암이나 소아의 신경장애를 유발시킬 가능성이 있다고 하여, 다양한 분야에 대해 납 사용 규제 법안이 선진 각국의 회의 상에 제출되고 있다. 유럽의 국가들에서는 PCB 기판 플립 칩 제조에 있어서 환경규제의 노력으로 납을 함유한 솔더의 제거 및 사용량의 감소에 대한 법안의 상정이 진행 중에 있으며, 미국 및 일본에서는 시장의 환경친화적인 제품에 대한 수요가 폭증할 것이라는 정책판단에 각 회사 및 정부연구기관에서 무연솔더에 대한 연구 및 대체기술에 대한 연구를 수행하고 있다. 이러한 법적, 사회적 환경하에 이방성 전도성 필름 재료는 플립 칩 재료로서 더욱 환영을 받을 것이라 판단된다.

## 2.5 반도체 플립 칩 접속용 이방성 전도성 필름의 활용에

### 2.5.1 플립 칩 CSP 기술에의 적용

최근 전자 산업이 경량화, 소형화, 고속화, 다기능화 및 고성능화되어 감에 따라 보다 높은 신뢰성을 가지는 제품을 저렴하게 제조하는 기술이 요구되고 있다. 이와 같은 요구 조건의 실현을 가능하게 하기 위한 중요한 기술 중의 하나가 패키지 기술인데, 반도체 칩의 고성능화 및

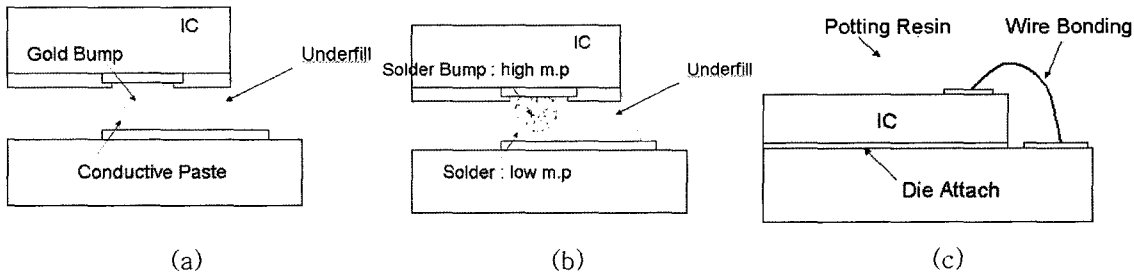


Fig. 11. 다양한 CSP 칩 어셈블리 기술들.

고속화에 수반하여 반도체 칩 패키지는 TSOP(thin small outline package)에서 BGA(ball grid array) 또는 CSP(chip size package)를 거쳐 플립 칩 기술로 발전하고 있다. 그 중 CSP 기술은 패키지의 크기를 칩 크기의 수준으로 줄이고 베어칩(bare chip)의 특성을 패키지 상태에서 그대로 유지할 수 있다는 장점으로 인해 이동통신, DVC(digital video cassette), PC(personal computer) 카드, PDA(personal digital assistant) 등에 활발하게 적용되고 있다.

통상적으로 CSP 기술을 구현하기 위해서는 칩과 패키지 기판을 본딩하는 칩 어셈블리 단계와, 패키지 기판과 회로 기판을 본딩하는 보드 어셈블리 단계를 거친다. CSP 기술 중에서도 가장 최신 기술이며, 신뢰성 및 고신뢰성 특성을 얻을 수 있는 플립 칩 CSP 기술을 구현하기 위해서는 칩 어셈블리 단계에서 플립 칩 기술을 이용한다.

칩 어셈블리 단계에서 플립 칩 기술을 이용하는 종래 기술에 따른 CSP 기술로서, Au 범프를 이용하여 도전성 페이스트에 의해 칩과 기판을 본딩한 후, 칩과 기판 사이를 수지 조성물로 언더필하는 방법(Fig. 11-(a)), 솔더 볼을 이용하여 칩과 기판을 본딩한 후 수지조성물로 언더필하는 방법(Fig. 11-(b)), 와이어 본딩을 이용하는 방법(Fig. 11-(c)) 등이 알려져 있다.

CSP 기술 중에서도 가장 최신 기술이며, 신뢰성 및 고전기적 특성을 얻을 수 있는 플립 칩 CSP 기술을 위해서는 칩 어셈블리 단계에서 플립 칩 기술을 사용한다.

대표적인 플립 칩 방법으로서, Au stud 범프에 conductive paste를 이용하여 본딩 한 후 언더필을 하는 방법과, 솔더 볼을 이용하여 본딩한 후 언더필하는 방법이 대표적이다. 이 둘 방법 모두 언더필 공정이 추가되는 번

거로움이 있으며, conductive paste 전사 및 경화, 솔더 볼 전사 및 UBM 증착 등의 기본 공정이 소요되므로 저가형의 플립 칩 기술을 이루기 어렵다.

칩 레벨 어셈블리를 플립 칩으로 구현하면서 저가형 공정, 고신뢰성 패키지를 이루기 위해서 아래와 같이 패키지를 구현하고자 한다. 개별 칩에 Au stud 범프를 형성한 뒤, ACF가 도포된 기판의 전극과 정렬하여 본딩 시 적당한 압력과 온도를 가하여 접속을 이루게 한다. 이후 CSP module을 보드와 접합하기 위한 보드 어셈블리용 BGA 볼을 형성하여 접속하면 플립 칩 CSP 기술을 이용하여 패키지를 구현할 수 있다(Fig. 12).

플립 칩 CSP를 구현하기 위해 아래와 같은 순서로 구현한다. (1) ACF 또는 ACP를 사용하여 기판에 라미네이션 또는 도포한 뒤, (2) 범프가 형성된 개별 칩을 본딩한 후, (3) 솔더 볼을 attach한다. 그 후 (4) 각 CSP로 singulation 하여 각각의 플립 칩 CSP를 얻게 되어 이를 보드에 접속시킬 수 있다. 이 때 ACF 또는 ACP는 기판에 먼저 라미네이션 또는 도포할 수도 있고, 범프가 형성된

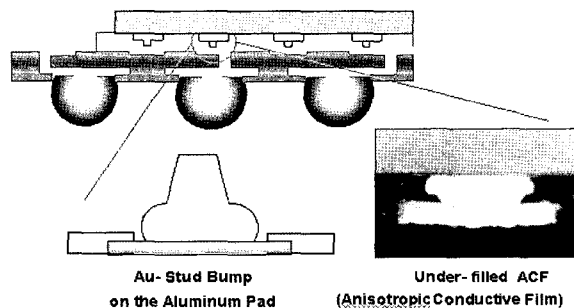
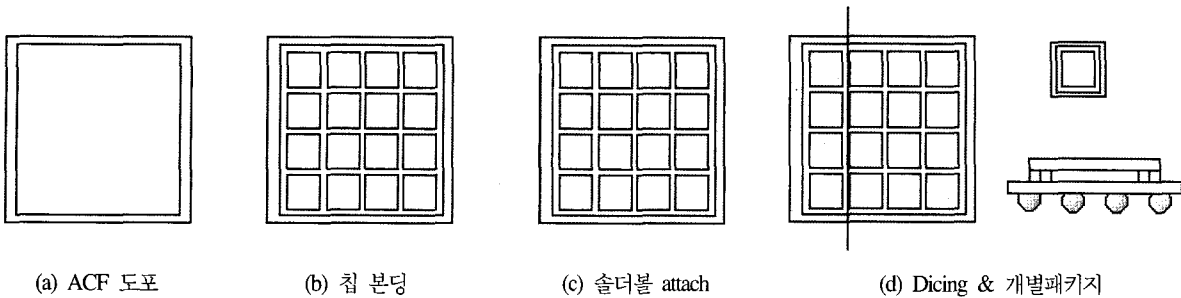


Fig. 12. ACF 또는 ACP를 이용한 플립 칩 Chip Size Package의 구조



(a) ACF 도포 (b) 칩 분당 (c) 솔더볼 attach (d) Dicing & 개별패키지  
**Fig. 13.** ACF를 이용한 플립 칩 CSP 제조 공정.

각 개별 칩에 먼저 도포되어 사용할 수가 있다(Fig. 13).

### 2.5.2 이방성 전도 필름을 이용한 웨이퍼 레벨 패키지 (WLP)

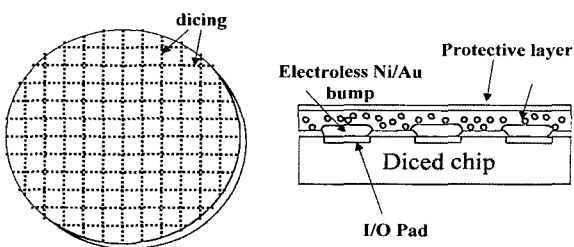
최근 전자 패키징 기술에는 복잡한 공정 수 및 재료를 줄이고 수율을 높이기 위해 웨이퍼 상태에서 플렉스와 언더필의 기능을 갖는 폴리머 재료를 도포하여 가공하는 웨이퍼 차원 패키지 기술에 많은 관심을 가지고 있다. 이방성 전도 필름을 사용하는 패키지에 있어서도, 환경 친화적인 이방성 전도성 필름이나 페이스트를 접속 재료로 하는 플립 칩 기술에 대한 기술적인 연구가 활발히 이루어져 왔지만, ACF용 플립 칩 형태의 패키지를 위한 칩의 설계 및 범프 형성 공정, 접속재료의 대량생산 및 접속 공정의 자동화 등이 저가형으로 구현이 되어야 범용성이 확대될 수 있다. 즉, 비솔더 범프 기술인 굽 스테드(stud) 범프, 무전해 Ni/Au 범프 등을 사용한 웨이퍼형 플립 칩 패키지 기술과, 저가형 비솔더 범프 기술과 이방성 전도 접착제 재료기술을 사용하여 웨이퍼 상에서 가공함으로써 새로운 웨이퍼 차원 플립 칩 패키지 기술을 구현하게 되었다. 또한 이 기술은 웨이퍼 상태에서 다이싱된 칩을 기판에 정렬시킨 후 열과 압력만을 가함으로써 이방성 전도 접착제 내의 도전 입자들을 통해 전기적

으로 접속되며 폴리머 수지를 통해 기계적으로 접속시키며 저가형 비솔더 범프 기술과 이방성 전도 접착 필름을 웨이퍼 상태에서 구현하여 새로운 웨이퍼형 패키지를 제조하는 기술이다(Fig. 14). 이방성 전도성 접착제를 이용한 웨이퍼형 플립 칩 패키지 기술은 공정이 간단하여 경제적이고 기술적 파급효과가 크며 부가가치가 높다. 또한 환경 친화적인 공정을 채택하고 있으므로 실용성이 높은 기술이다.

### 2.5.3 기타 반도체 패키지에서의 ACF 접속의 활용에

ACF는 환경친화적인 접속재료, 상대적으로 저온공정, 저가의 재료 및 공정, 증가된 실장밀도 등의 장점으로 반도체 패키지의 접속재료로 그 시장성이 더욱 커질 전망이다. 그러나 보편적인 반도체 패키지용 접속 재료로 확대되기 위해서는 넘어야 할 산이 아직 많이 있다. 솔더 접속과 비교해서 아직 신뢰성의 수준이 증가되지 않았고 ACF 접속 재료를 활용할 양산 체제 등의 인프라구조가 확보되지 않았다. 또 열압착 공정에 의해 접속공정이 이루어지고 있기 때문에 I/O 개수가 많은 칩의 경우 지나친 압력을 가해 줄 경우 칩의 깨질 우려가 있다. 따라서 Si 칩의 경우 약 500 개의 I/O 이하에서 활용이 적극 검토되고 있는 상황이다. 그러나 반도체 패키지의 환경친화적 제품화, 저온공정화, 저가의 공정화에 따른 기술적 요구가 증가하면서 새로운 형태의 ACF 개발 또는 이를 이용한 패키지 공정 설계가 더욱 확대될 전망이다.

LCD 이외에 가장 먼저 시장에 활용도가 큰 디바이스가 바로 카메라 모듈 접속용 ACF이다. 과거 20년 동안 CCD 센서가 이미지 센서 시장을 독점해왔으나 최근에



**Fig. 14.** 이방성 전도성 필름을 이용한 웨이퍼 레벨 플립 칩 기술

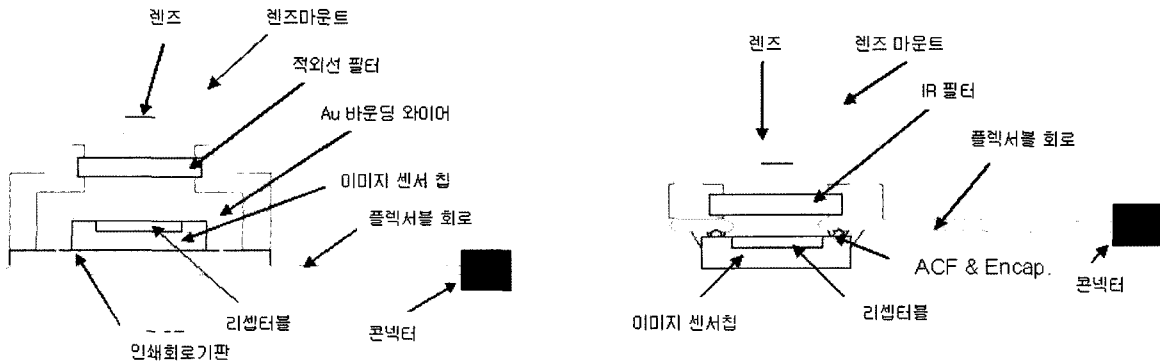


Fig. 15. 카메라 모듈용 CMOS 이미지센서 패키지 모식도 (a) COB 방식, (b) COF 방식.

CMOS 이미지 센서 시장이 급격히 성장하여 물량 및 매출액 면에서 CCD를 추월할 것이 예상되며 저전력 특성이 중요한 모바일 분야나 고기능, 고집적화가 중요한 특수 분야, 고속 고화소 특성 분야 등에서 CMOS 이미지 센서의 사용이 급증하고 있고 대표적인 주요 시장으로는 모바일 폰, 디지털 스틸카메라, 광마우스, 감시카메라, 생체인식 등이다.

CMOS 이미지 센서 또한 전자 패키지 기술로 인해 CMOS 이미지 센서 칩에서 이미지 센서 모듈로 제조되어 다양한 응용의 제품에 장착되고 있는데, 이 때 CMOS 이미지 센서 모듈이 요구하는 패키지 사양도 결국 최종 응용 제품의 특성에 따라 좌우된다. 특히 CMOS 이미지 센서 모듈의 최근 동향인 고전기적 성능, 극소형/고밀도, 저 전력, 다기능, 초고속 신호 처리, 높은 신뢰성 등은 최근의 전자제품의 극소형 패키지 부품화의 대표적인 예라 할 수 있다.

과거 CMOS 이미지 센서는 일반적인 CMOS 칩과 달리 물리적인 환경에 약하고 불순물에 오염되기 쉬우며, 크기가 중요하지 않은 경우에는 LCC (Leadless Chip Carrier) 타입의 패키지를 사용하였다. 그러나 카메라 폰용과 같이 경박단소한 특성이 중요한 시장에서는 Chip-On-Board (COB), Chip-On-Film (COF), Chip Size Package (CSP) 등이 많이 사용되고 있는 추세이다.

COB 방식은 연성 PCB와 이미지 센서 칩의 뒷면을 다 이 접착제로 접착시킨 후 금 본딩 와이어로 이미지 센서의 입출력 단차(I/O)와 PCB 전극을 연결하는 방식으로 기존의 반도체 생산라인과 유사한 공정을 사용하여 생산

성이 높으나 와이어 본딩을 위한 공간이 필요하여 모듈의 크기가 커지는 단점이 있다. COF 방식은 COB와 같이 연성 PCB에 바로 부착하지만 이미지 센서의 앞면 (Active side)이 연성 PCB나 Flexible Printed Circuit (FPC)의 전극에 직접 플립 칩 본딩되므로 COB처럼 금본딩 와이어를 필요로 하지 않고 렌즈 경통까지의 높이도 낮추게 되어 경박단소한 모듈을 제조할 수 있다. 이 때 이미지 센서를 연성 PCB나 FPC에 부착하기 위해 이방성 전도성 필름(Anisotropic Conductive Film; ACF)를 주로 사용하며 이미지 센서 칩의 입출력 단차 위에 형성된 범프 (Bump)로는 금 도금 범프나 무전해 니켈/금 범프가 많이 쓰인다. 또 연성 PCB나 FPC는 이미지 센서의 앞면 부분으로 빛이 전달되기 위해 센싱 부분의 넓이만큼 뚫려 있다. Fig. 15에 COB 방식과 COF 방식의 모식도를 보여 주고 있다.

ACF 재료의 반도체 패키지 접속 재료의 또다른 잠재적 시장은 바로 RF ID Tag 제조에 있다. RF ID 시스템에서 태그는 리더와 전자기 에너지 교환에 의해 동작을 하며 배터리를 사용하는 active 형 태그와 배터리를 사용하지 않는 passive 형 태그로 크게 구분된다. RF ID 태그 제조에 있어 핵심적인 기술동향은 RF chip을 안테나가 형성된 태그 기판에 접속하기 위한 저가형 접속재료 및 접속 기술의 개발에 있다. 즉, PET 기판 또는 얇은 종이 기판에 Al 또는 Cu 안테나가 형성되어 있고 이에 RF chip이 플립 칩 본딩되어 RF ID 태그의 기본적인 구성이 완성되는데 이때 플립 칩 본딩용 접속 재료로 ACF 나 NCP 재료가 저가형 본딩 재료로 주목을 받고 있다. Fig. 16에

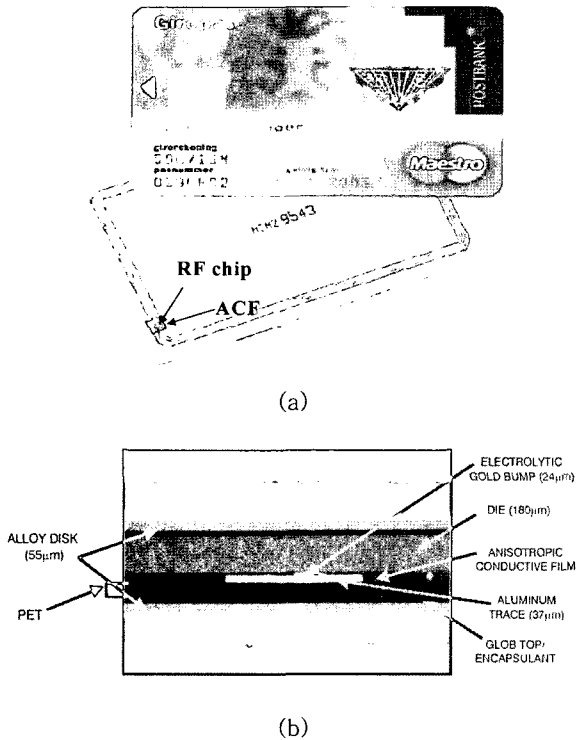


Fig. 16. (a) RF ID Tag 제조에 쓰인 ACF의 예 (b) ACF 접속의 단면 사진.

보듯이 RF ID 태그 제조에 사용된 ACF의 활용 예를 볼 수 있다.

#### 4. 결 론

이방성 전도성 필름(Anisotropic Conductive Film)은 전자패키지용 접속재료로서 매우 많은 장점을 가지고 있는 재료이다. 즉 금속/폴리머 복합체로서 접속시 전기적 전도성과 접착력을 가지게 하며 극미세피치 접속을 비교적 낮은 온도와 빠른 공정 시간 내에 이룰 수 있어 매력적인 접속재료의 요소를 갖추고 있다. 이미 LCD 모듈을 대표로 평판디스플레이 모듈 패키지에서 그 시장성을 입증한 뒤 반도체 패키지 시장으로 그 영역을 확대해 나가고 있다. 가장 대표적인 반도체 패키지용 접속기술로서 플립 칩 기술에서의 활용도가 기대되는데, 이미 카메라 모듈, 메모리 모듈, RF ID Tag 모듈 등에서 활용도를 넓혀가고 있으며, 앞으로 컴퓨터, 휴대용 전화기, 통신시스

템 등에 폭넓게 활용될 것으로 예상된다. 높은 공정 비용과 환경에 해로운 물질을 사용하는 단점을 가지고 있는 기존의 솔더를 이용한 플립 칩 기술을 대체할 저가, 극미세 전극 피치 가능, 무용제 (fluxless) 공정의 환경 친화적인 전도성 접착제를 이용한 플립 칩 기술의 적용범위가 확대될 전망이다. 이에 핵심접속재료인 ACF의 수요가 증가될 것이며 다양한 대체재료(ACP, NCF, NCP)등의 수요도 급증할 것이다.

또 ACF를 이용한 플립 칩 기술은 고주파 및 광소자의 플립 칩 실장이 확대되면서 High-speed photoreceiver, LED printer 그리고 이미지 센서 등의 다양한 microelectronics 분야에 활용되고 있으며, 정보통신 분야에서 대용량 및 장거리 통신을 위한 플립 칩 기술의 접속 재료, GHz band SAW filter 등의 RF 및 MW 이동 통신용 고주파 부품의 저가격화, slim화, 신뢰성 향상 등을 선도할 것이다.

그러나 이렇게 기술적으로 시장적으로 중요한 접속재료인 ACF/NCF/ACP/NCP 공급의 해외업체 의존도가 높은 것은 참으로 안타까운 현실이 아닐 수 없다. LCD 모듈 시장에서의 ACF 시장성을 염두에 두고 국내에도 여러 ACF 제조업체들이 시장에 뛰어 들었으나 핵심기술의 부족과 핵심원자재의 일본 의존성을 여전히 탈피하지 못하고 있다. 현단계에서부터 ACF 관련 핵심원자재의 기술개발과 차세대 디스플레이 모듈 제조 및 반도체패키지용 ACF/NCF/ACP/NCP 재료의 기술적 흐름을 간파하여 선도기술을 확보하고 이들의 체계적이면서 전폭적인 지적재산권화 및 사업화에 아낌없는 투자가 이루어져야 반도체 패키지용 핵심소재로 떠오르고 있는 ACF 재료의 해외 의존도를 낮추고 무역적자를 해소하며 원천부품소재 기술 확보에 기여할 수 있다.

#### 참고문헌

1. M. J. Yim and K. W. Paik, "Effect of Non-conducting filler additions on ACA properties and the Reliability of ACA Flip chip on Organic Substrates," *IEEE Trans. Component & Packaging Tech.* **23**, 171-6, (2000).
2. COF (Chip-On-Film) 패키지용 이방성 전도 필름 개발 /중소기업 기술혁신개발사업 최종보고서/중소기업청





/2003. 8.  
3. 극미세피치 COG용 2층 구조 이방성 전도성 필름 개발  
/산업기술개발사업 최종보고서/산업자원부/2004. 10.

4. Technology and Market Trend of Flip chip  
Interconnection Materials, Japan Marketing Survey Co.,  
Ltd./2003. 10, <http://www.jms21.co.jp>.

●● 백경옥



- \* 1979. 2. 서울대학교 금속공학과(학사)
- \* 1981. 2. 한국과학기술원 재료공학과(석사)
- \* 1989. 8. Cornell 대학교 재료공학과(박사)
- \* 1982. 3.-1985. 7. 한국과학기술연구원(KIST) 연구원
- \* 1989. 8.-1995. 1. 미국 제너럴 일렉트릭 연구센터 책임연구원
- \* 1995. 3.-1998. 2. 한국과학기술원 재료공학과 조교수
- \* 1998. 3.-2004. 8. 한국과학기술원 재료공학과 부교수
- \* 2004. 9.-현재. 한국과학기술원 신소재공학과 교수

●● 임명진



- \* 1995. 2. 한국과학기술원 재료공학과(학사)
- \* 1997. 2. 한국과학기술원 재료공학과(석사)
- \* 1997. 7.-1997. 8. LS 전선 기술연구소 초빙연구원
- \* 1999. 6.-1999. 8. 미국 조지아공대 Packaging Research Center (PRC) 방문연구원
- \* 2000. 9.-2001. 2. 미국 IBM T.J.Watson 연구소 방문연구원
- \* 2001. 8. 한국과학기술원 재료공학과(박사)
- \* 2001. 8.-2004. 8. 텔레포스(주) ACF 사업부 책임연구원
- \* 2004. 9. 1.-현재 한국과학기술원 신소재공학과 박사후연구원