

이방성 전도 필름 (Anisotropic Conductive Film, ACF)의 기술 동향

이상수 · 박 민 · 임순호 · 김준경

1. 서론

20세기 후반에 시작된 개인용 컴퓨터와 이동 통신 기기 등 각종 디지털 기기의 개발 및 활용은 신세기에 접어든 이후 더욱 가속화되어, 오늘날 사회 거의 모든 영역에서 디지털 정보 네트워크가 구성되었으며, 이 네트워크에 기반하여 현대인의 일상생활이 구성되어 가고 있다. 대용량의 멀티미디어 정보 이동이 방대하고 끊임없이 이루어지고 있는 이러한 현재의 시점에서 LCD, PDP 등으로 대변되는 평판형

디스플레이(flat panel display, FPD)는 멀티미디어 시대에서 가장 핵심적인 위치를 점하고 있음은 주지의 사실이다. TV와 비디오를 중심으로 하는 AV 기기용 디스플레이, 그리고 모니터와 노트북 컴퓨터와 같은 OA 기기용 디스플레이로서 FPD는 선도적 역할을 담당할 것으로 생각되고 있다. 현재 FPD는 박형·경량·저소비전력을 무기로 mobile형 상품을 중심으로 다양한 방면에서 응용상품이 개발·상품화되고 있는데, 향후 차량탑재 TV와 비디오에 있어서도 더욱 경박단소 및 저전력소비화가 기대되고 있고,



이상수
 1986 ~ 서울대학교 공업화학과 (학사)
 1990 ~ 서울대학교 공업화학과 (석사)
 1992 ~ 서울대학교 공업화학과 (박사)
 1995 U. Michigan, Mat. Sci. Eng.,
 1997 Research Fellow
 1997 ~ 한국과학기술연구원 선임연구원
 현재



임순호
 1976 ~ 서울대학교 공업화학과 (학사)
 1980 한국과학기술원 화학공학과
 1981 ~ (석사)
 1983 Akron U., 고분자공학과 (박사)
 1986 ~ 1991 Akron U., Polymer Blending
 1990 ~ Center, Principal Scientist
 1992 ~ 한국과학기술연구원 책임연구원
 현재



박 민
 1981 ~ 서울대학교 섬유공학과 (학사)
 1985 서울대학교 섬유공학과 (석사)
 1987 서울대학교 섬유공학과 (박사)
 1989 ~ 1994 U. Michigan, Mat. Sci. Eng.,
 1996 ~ Research Fellow
 1997 한국과학기술연구원 책임연구원
 현재



김준경
 1976 ~ 서울대학교 섬유공학과 (학사)
 1980 서울대학교 섬유공학과 (석사)
 1980 ~ 1982 U. Michigan, 고분자전공 (박사)
 1985 ~ 1990 U. Michigan, Mat. Sci. Eng.,
 1990 ~ Research Fellow
 1991 한국과학기술연구원 책임연구원,
 1991 ~ 재료연구부장
 현재

Technological Trend of ACF Development

한국과학기술연구원, 고분자하이브리드연구센터 (Sang-Soo Lee, Min Park, Soonho Lim, and Junkyung Kim, Polymer Hybrids Research Center, Korea Institute of Science and Technology, 39-1, Hawolgok-dong, Sungbuk-gu, Seoul 136-791, Korea) e-mail: s-slee@kist.re.kr

이에 따라 FPD 모듈의 디바이스 구성과 프로세스에 있어서도 대폭적인 합리화가 요구되고 있다. 이와 같은 요구에 부응하고자 FPD 모듈에 있어서 드라이버(LSI)의 실장방식은 QFP(quad flat package) 방식으로부터 TAB(tape automated bonding) 방식, 그리고 COG(chip on glass) 방식으로 옮겨가게 되었으며,¹⁻⁷ 이러한 실장 방식의 진화에 있어서 가장 핵심적인 요소는, 전도성 확보와 접착성 부여라는 특징을 동시에 제한할 수 있는 이방성 전도필름(anisotropic conductive film, ACF)의 적용이었다.

ACF는 1977년 일본 Sony에서 최초로 상품화되어 전자계산기의 LCD와 카본인쇄배선의 접속에 적용된 이래, 다수의 전극을 일괄하여 접속할 수 있다는 이점을 살려 LCD 주변의 접속재료로서 널리 보급되었고, 현재에는 TAB 방식으로 실장된 중대형 LCD 모듈의 대부분에 사용되고 있는 외에도, COG 방식의 LCD panel 및 COF(chip on film) 실장 방식에도 적용되고 있다(그림 1). 더욱이, TAB과 FPC, PWB(printed wiring board)의 접속에도 사용되고, free-Pb/Sn 접합재 및 fine pitch용으로 일반적으로 사용되고 있다. 또한, flip chip 실장분야에서는, 새로운 접합과 실장기술이 연구 개발되는 가운데 ACF 접속에 대한 검토도 이루어지고 있으며, 일부 실용화되고 있다. 이와 같이, ACF는 다접점을 일괄로 접속하는 것이 가능하고, 신뢰성이 높다는 것으로부터, 접합이라는 분야에서, 폭넓게 전개되고 있다.

본 고에서는 FPD 시장의 확대에 따른 시스템 구성 소재에 대한 소개의 일환으로 전도성 접착 공정의 핵심 소재인 ACF의 구성 요소와 기술 개발 동향에 대하여 고찰하여, 대일 수입 의존도가 지극히 높은 부품 소재 개발에 대한 국내 연구 및 개발의 기술적, 산

업적 의미를 진단해 보고 아울러 연구 개발의 활성화를 촉구해 보고자 한다.

2. ACF의 구성

ACF는 절연성을 갖는 접착성 유기 재료 속에 전기를 통하는 역할을 담당하는 도전성 입자를 균일하게 분산시키고 이를 필름 형태로 제품화한 것으로, 필름의 두께 방향으로는 도전성, 면 방향으로는 절연성이라는 전기 이방성 그리고 접착성이라는 세 가지 기능을 동시에 갖는 고분자 접착 필름이다. 「이방성」이란, 한쪽 면으로는 전기가 통하지만 다른 쪽 면으로는 절연 상태인, 즉, 한쪽 방향으로만 전기가 흐르게 됨을 의미한다. 이러한 ACF는 LCD의 실장 기술에 있어서 가장 핵심 소재로 사용되고 있으며 LCD의 투명 전극으로 사용되는 ITO(indium tin oxide)의 솔더링(soldering) 등의 고온 접속법의 적용이 불가능한 전극의 접속을 목적으로 사용된다.

전기 전도성을 부여하는 도전 입자는 크게 두 가지 종류로 나누어 볼 수 있는데 하나는 입자의 내부가 전도성 금속으로 되어있는 경우이고 다른 하나는 내부가 절연성 물질로 되어있는 경우이다. 니켈(Ni)은 도전 입자의 내부 금속으로 주로 사용되는 것으로 Ni만으로 도전 입자가 구성되는 경우도 있으나 표면 산화를 막기 위하여 입자 표면을 금(Au)으로 코팅한 경우도 있다. 이러한 전 금속 도전 입자는 ACF 내 입자의 양이 많아지게 되면 전체 밀도가 올라가고, formulation 단계에서 입자의 침강 현상이 심각하게 나타나 고른 분산 조건의 확보가 어려우며, 생산 가격이 다소 높다는 점 때문에 무게가 가볍고 생산 가격이 훨씬 저렴한 절연성 유기 고분자로 입자 내부를 만들고 그 표면에 전도성 금속 성분, 주로 은(Ag), Ni, 또는 Au를 코팅시킨 경우가 ACF 시스템에 주로 적용되어 왔다. 초기 ACF에는 은 코팅이 주류를 이루었는데 은도금이 비교적 쉬운 공정이라는 점과 산화 환경 속에서도 은 성분은 전도 특성을 잘 유지한다는 점 때문이었다.⁸

한편, TCP와 PCB 접속의 경우, PCB의 전극의 종류에 따라서는 LCD 패널의 전극과 달리 전극표면에 금속산화물이 형성되기 쉽다. 이 금속산화물을 뚫고, 안정되게 낮은 접속저항을 얻기 위해서, TCP와 PCB 접속용의 Sony의 Anisolm AC-2052 같은 ACF에서는 밤송이 형상의 Ni 입자를 사용하고 있다.

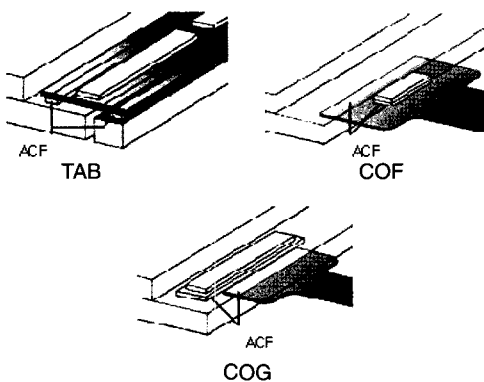


그림 1. 다양한 LCD 모듈 실장방식에 대응한 ACF 적용 사례.

현재 ACF용 도전 입자는 절연성 고분자 입자 표면에 1차로 Ni가 코팅되고 다시 그 위에 Au가 코팅된 이중 core-shell 형태를 지니고 있는 경우가 대부분이며, 미세 피치에 대응하는 고성능 ACF 용으로 최근에는 다시 그 위에 절연층이 도입된 형태가 제품화되어 시장에 선보이고 있다.

ACF가 사용되던 초기에는 유리 성분이나 가교된 고분자 성분의 경질 입자가 적용되었는데 이 경우 압력 인가 시 입자와 전극 사이의 접촉면이 매우 작았다. 이에 도전 입자의 접촉 통전을 보장하기 위하여 ACF로 접속되는 두 피착면 사이에 평행 조건(coplanarity)이 엄격히 요구되었으며, 이와 함께 금속 전극과 도전 입자, 그리고 그 주위를 감싸고 있는 절연성 고분자 접착제 사이의 열팽창 계수 차이로 가열과 냉각 조건이 연속되는 실장 단계에서 도전 입자가 전극 위에서 탈락하는 등 문제점이 많이 나타났다. 이 같은 까다로운 피착면 사이의 평행 조건과 열팽창 계수의 불일치 문제를 해결하고자 인가 압력에 따라 입자 형태가 일정 수준 변형될 수 있는 고분자 입자가 ACF에 적용되게 되었으며 그 결과 입자와 전극 사이의 접촉 면적 확대로 접촉 불량 해소와 실장 공정의 단순화를 획기적으로 이룰 수 있었다.

절연성 바인더이자 접착제로는 열가소성 수지와 열경화성 수지가 모두 사용된다. 열경화성 수지의 경우에는 현재 에폭시 계열 수지가 주종을 이루고 있으나^{9,10} 최근에는 아크릴 계열이 혼합된 경우가 새로이 적용되고 있다. ACF의 개발 초기에는, 접착제로서 styrene계 블록 공중합체(SBS, SEBS 등) 등의 열가소성 수지가 사용되었다. 열가소성 수지는 범용 용제에 녹기 때문에, repair성이 우수하다는 특징이 있는 반면, 내열성이 열악하고, 용융 점도가 높아 접속 저항이 높은 점 등의 단점이 지적되었다. 이 때문에 현재의 주류 ACF는 접속신뢰성 향상이라는 관점으로부터 에폭시 수지 등의 열경화성 수지를 사용하고 있으며, 접속시 등에 발생하는 응력 완화, repair성을 부여하기 위하여 일부 열가소성 수지나 낮은 가교도의 고분자 수지를 분산시킨 열경화성 수지도 접착제로서 사용되고 있다.

열경화성 수지 접착제는, 열가소성 수지 접착제에 비교하여, 접속 초기에 있어서 용융점도의 저하가 빠르게 일어난다. 그러므로 열경화성 수지를 사용한 ACF는, 도전입자와 전극 사이에서의 접착제의 배제성에서 우수하기 때문에 높은 도전성이 얻어진다. 또한 열경화성 수지 접착제는, 고온 영역에서의 탄성률

저하가 없고, 응력-변형 시험에서의 응력 값이 높고 파괴신도는 수%로 작아서 연성이 거의 없는 특성을 갖는다. 반면에 열가소성 수지 접착제는, 고온(100 ℃ 부근)에서의 탄성률 저하가 열경화성 수지 접착제에 비교하여 크고, 응력-변형시험에서의 응력 값이 낮고 파괴신도는 수십%로 크기 때문에 유연하고 점성이 크며 질긴 특성을 갖는다. 한편 가교 고분자 수지를 분산시킨 열경화성 수지 접착제는, 고온 영역에서의 탄성률 저하가 작고, 응력-변형 시험에서의 응력 값이 높고 파괴신도는 10% 미만으로 작지만 약간의 연성을 갖기 때문에 경하고 점성이 강한 특성을 갖는다. 도전입자와 기판 사이의 기계적 접촉을 유지하는 접속신뢰성의 점에서는 경한 특성이 유리하고, 응력 완화라는 점에서는 점성이 강한 특성이 유리하므로 접속신뢰성 및 응력완화가 가교성 수지를 분산시킨 열경화성 수지 접착제가 가장 유리한 접착제라고 할 수 있다.

이상과 같이 도전 입자와 절연성 접착제로 구성된 ACF를 IC 전극과 기판 전극과의 사이에 위치시키고 위치 alignment를 시행한 후 열압착시키면, ACF 내의 도전 입자가 압전된 IC 전극과 기판 전극과의 사이, 즉 겹쳐진 전극 사이에만 존재함으로써 전기적으로 접속된다. 이 때문에 ACF를 ZAF(Z-direction adhesive film) 이라고도 한다. ACF의 개념 및 실장 메커니즘을 그림 2에 나타내었고 그림 3에는 ACF의 구성 요소를 나타내었다.

현재, 대형 display panel과 구동 IC의 실장방식은 TCP(tape carrier package)를 ACF로 접속하는 TAB 공법이 주류를 이루고 있는데, TCP가 갖는, 박

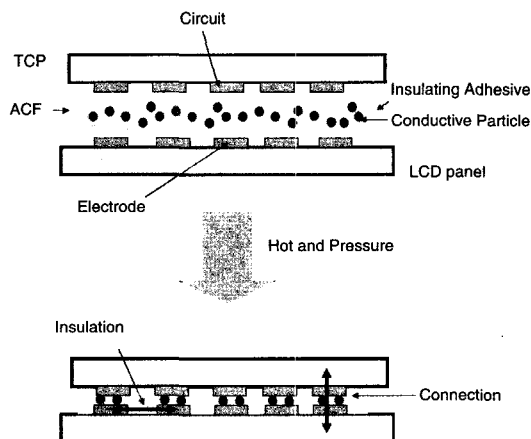
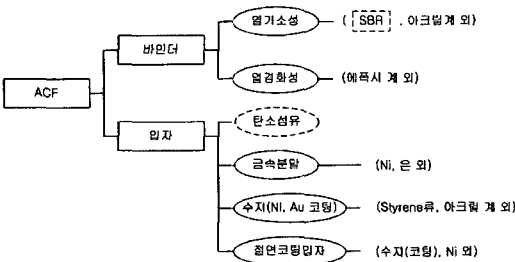


그림 2. Concept and mechanism of ACF application.

형, multi-pin 대응, fine-pitch, flexibility와 같은 특징이 LCD에 매우 합치되어, 특성 측면에서 충분히 만족시키는 상황이다. 그리고 소형 LCD panel에는 bare IC를 직접 유리 기판에 접속하는 COG 실장의 실용화가 진행되고 있는데 COG는 fine-pitch화가 비교적 용이하고, 가격 측면에서 가장 유리하다. COG의 실장방법으로 wire-bonding을 채용하는 경우도 있지만, 주류는 ACF를 사용한 flip-chip 실장이다.¹¹⁻¹⁴ LCD 패널과 TCP, FPC, motherboard 등의 outer 접속방법에는 ACF 이외에 heat seal connector, 도전성 고무 등이 있지만, ACF의 경우 0.1 mm 정도의 fine pitch화에 대응할 수 있고, 다수의 전극과 드라이버 IC의 리드와 PCB, FPC의 전극을 일괄 접속할 수 있다는데 우위성이 존재한다.

그림 4에는 ACF 기술이 적용되는 대표적인 분야



※ [---]는 개발 당초에는 채용되었던 재료였지만, 현재는 사용되지 않음.

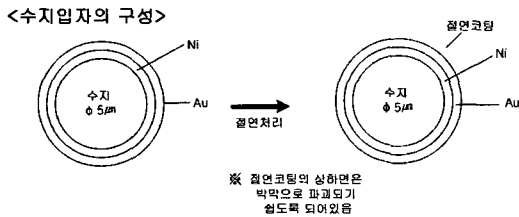


그림 3. The Component of ACF.

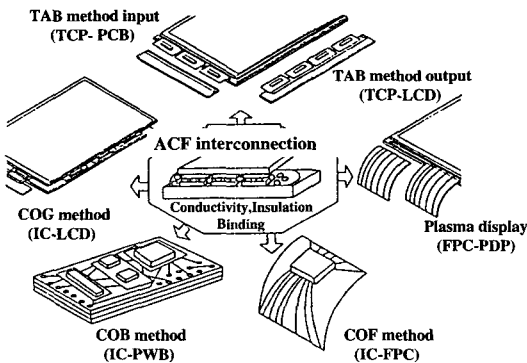


그림 4. ACF의 적용 분야.

표 1. Product List of ACF Manufacturers

회사명	제품명	분류			비고
		TCP용	COG용	COF용	
Hitachi Chemical	Anisole	○	○	○	
Sony Chemical	CP series	○	○	○	※ FP series는 COB용에도 대응됨
	FP series			○	
Sumitomo-Bakelite	SUMIZAC® SZF	○		○	
Sumitomo-3M	—				
Kanegafuchi Chemical	SACT series	○			
LG 전선	—	○			
Asahi Chemical	—				

를 나타내었고, 표 1에서 ACF를 시판하고 있는 대표적인 기업들의 제품을 소개하였다.

3. ACF 기술 동향

현재 ACF의 기술 및 연구 동향은 크게 접속 신뢰성(전기적 성질)의 향상 및 접속 pitch의 미세화에 대응하는 것으로 크게 나눌 수 있다. 접속재료로서 ACF에 요구되는 특성은 적용제품군에 따라 상이하다. 중대형 LCD 패널에서의 ACF 접속에 주로 쓰이는 TAB 공법은 접속 pitch 크기가 150μm 정도로 비교적 크기 때문에 x-y 방향으로의 절연성은 크게 문제가 되지 않으므로 접속신뢰성의 부여에 중점을 두고 있다. 인접한 전극 사이에는 접착제가 채워져, 도전입자가 서로 고립되어 있기 때문에 높은 절연성이 얻어지며 도전입자와 전극 사이의 기계적 접촉은 접착제의 높은 접착력에 의하여 유지되므로 접착제의 성능이 ACF의 접속신뢰성에 미치는 영향이 크다. 그러나 bare chip을 직접 LCD 패널에 실장하는 COG 실장에서는 접속 pitch의 초미세화에 따라 미소면적의 범프당 최소 포획 입자수(5개)의 달성을 위한 입자 혼입밀도 증가에 따른 x-y 방향에 대한 절연신뢰성이 확보가 매우 중요해진다(그림 5).

최근 새로 개발된 COF LCD 모듈 기술(그림 6)은 COB나 COG 등의 강직 지지체가 요구되는 유사 기술에 비해 유연성 확보의 우위를 바탕으로 혁신적인 wearable 전자제품의 설계·생산이 가능해져 현재 우리나라의 성장 동력인 휴대폰, 컴퓨터 디스플레이, PDA, 캠코더 등을 잇는 차세대 성장 동력으로서 고성능 콤팩트형 신제품 개발에 필수적인 기술로 부상하였다. 또한 ACF는 LCD의 실장에 널리 사용되어 발전할 수 있었지만, 그 접속신뢰성, 미세접속성, 저온

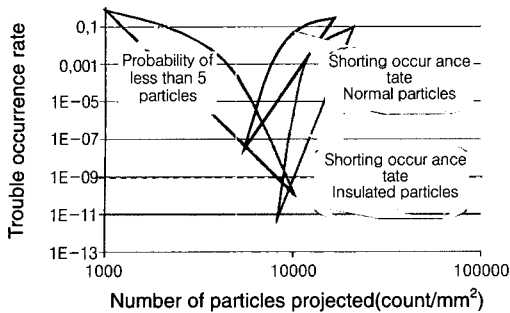


그림 5. ACF에 있어 단위 면적당 입자수에 따른 문제 발생률.

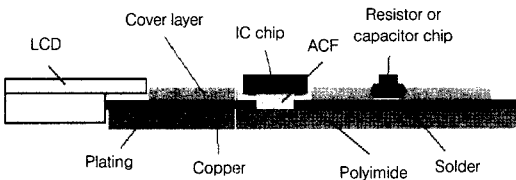


그림 6. COF 실장 방식에 의한 LCD 모듈의 구성 모식도.

접속성 등의 특징을 갖기 때문에, COB, COF 등의 반도체 실장용 재료로서도 기대되고 있다. 이 때문에, 반도체 실장 재료로서 더욱 크게 요구되는 접속신뢰성 및 LCD 접속재료로서는 LCD panel의 생산성 향상과 저가격화에 대응하고, 저온접속성 및 접속시간의 단축화가 가장 중요한 기술 개발 포인트가 되고 있다.

도전 입자의 고집적화에 따른 X-Y 방향의 절연 신뢰성 문제 해결을 위하여 여러 가지 새로운 ACF가 제안되었는데,^{15,16} COG, COF에 대응가능한 ACF의 높은 도전 입자 함량으로 인한 인접 전극 단자 간의 절연특성 확보를 위해서는 기존 ACF와는 다른 설계 및 실장 방식이 요구된다. 따라서 일본과 한국의 주요 LCD 업체에서는 자사 고유의 기술 및 재료로 FCOG 실장 방식에 대응하고 있으며, 표 2는 각 업체의 ACF 기술에 대한 비교표이다. 이러한 새로운 실장 기술 중 현재 상업화가 진행 중인 대표적인 방식은 도전 입자의 표면에 절연층을 도입하여 x-y 방향으로 절연 신뢰성을 부여하는 방법과 ACF층과 절연층을 함께 사용하는 double-layer 방식을 적용하는 방식으로 크게 나뉘어 진다(그림 7). 전자의 방법은 Sony Chemical의 경우로서, Sony는 Casio의 microconnector 기술을 통하여 절연성 도전성 불의 표면에 다시 고분자 미립자로 이루어진 절연층을 도입하여 입자간 접촉이 발생하더라도 전기의 흐름을 방지할 수 있는 새로운 도전성 입자를 사용한 ACF를 개발

표 2. 주요 LCD 업체의 FCOG 실장 기술 비교

LCD 업체	기술의 특징	장점	단점
Sharp	· ELASTIC (Electrical interconnection using Light-setting Adhesive Selectively cured and Conductive particle) · 도전입자가 IC 패드에만 위치	· 절연신뢰성 확보 · 도전입자 단층의 취다층전밀도 가능 · 취저 접촉저항 실현	· 다이싱 전에 웨이퍼 처리 필요 · Probing 테스트 수행 곤란
Seiko-Epson	· printing and bonding method · Sharp사와 유사	· 절연신뢰성 확보 · z-통전성 우수	· 대량생산 부적합
Mitsubishi	· UV 경화 및 예칭법 · 도전입자가 전극패드에만 위치	· 공정 단순 · x-y 방향 절연성우수	· Sharp나 Seiko-Epson법 대비 패드 상 도전입자수 적음 · 도전입자 낭비
Samsung (Zymer)	· Modified ACA FCOG · UV 경화 및 예칭법 · dielectric dam이 있는 ITO glass를 사용	· short circuit 문제 제거 · 공정 단순	· 다단계 공정
Casio	· Microconnector 기술: 부가적절연층 갖는 도전입자 사용	· 단층 공정으로 기존 ACA FCOG법의 문계점 대부분 해결 · 기존 ACF 공정과 동일	· 높은 재료가격(절연층 갖는 도전입자)
Hitachi	· Double layer ACF: 제1 접착층(단층의 도전입자 포함)과 예복시 접착제만의 제2 접착층으로 구성됨	· 공정 단순 · x-y 절연성 및 z 통전성 우수	· 높은 ACF 제조비용
Sumitomo	· VIS (Vertical Interconnection Sheet) 법	· short circuiting 문제 해소	· 공정 복잡/고가 · VIS 취급 곤란
Sony	· Hybridizer 이용, 물리기계적 방법으로 입자에 절연층 도입	· 절연층 설계를 통한 microconnector 기술의 단점 해결	· 높은 재료가격 · 절연층 두께 불균질

하였으며,¹⁷ 후자의 방식은 Hitachi Chemical이 주도하는 경우로 ACF층과 NCF(non-conducting film) 층이 결합된 이중형 필름을 개발하여 초미세 pitch화에 따른 x-y 방향에 대한 절연신뢰성을 부여하고 있다.^{18,19} 최근 Hitachi는 bilayer ACF를 사용하여 실험실적으로 10 μm pitch의 배선에 성공하였다고 주장하고 있으며 20 μm pitch 배선용 ACF의 양산화를 추진하여 FCOG 분야에서 주도권을 노리고 있는 것으로 알려져 있다. 하지만 Casio의 microconnector 기술이 기존의 ACF 공정에 직접 적용 가능한 가장 현실적인 대책으로 인식되고 있으며 현재 Sony의 일부 고성능 ACF가 이들 기술을 이용하고 있는 것으로 알려져 있다. Microconnector 기술의 핵심은 절연층이 도입된 도전입자의 제조에 있으며, 이를 구현하는 기술을 보유하고 있는 업체는 Sony가 유일한 것으로 파악되고 있다. 한편 이 기술

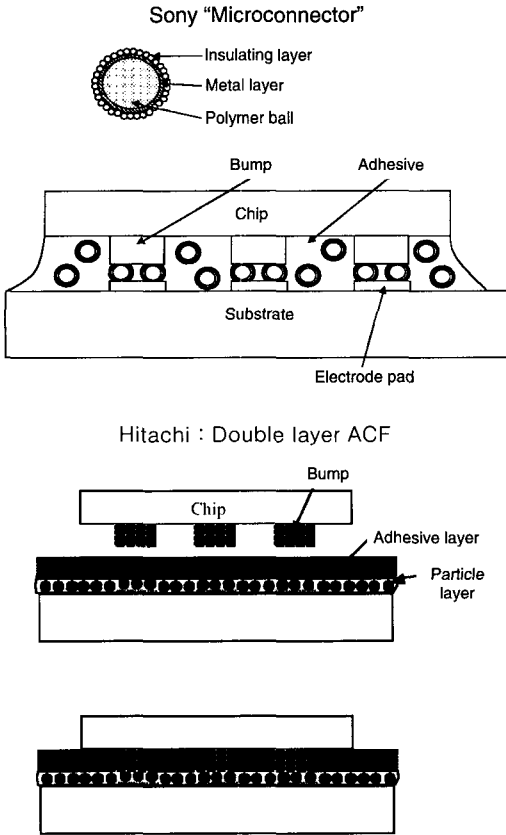


그림 7. 초미세 pitch 대응을 위한 차세대 ACF를 이용한 접속 모식도.

은 1990년을 전후하여 한국, 미국 및 유럽 등지에 특허권을 획득하였다. 따라서 현재 국제특허 관례상 2010년까지 기술보호를 받을 수 있게 된다. 그러나 이러한 특수 도전 입자에 대한 국내외 특허를 살펴 보면(최근의 Sony 특허 포함) 단순히 고분자 미립자가 물리적으로 금속피막 전체에 부착된 입자 및 이를 이용한 도전 접속 구조에 관련된 것으로 파악된다. 한편 Sumitomo-3M이 개발한 'REX 공법'은 ACF를 사용하지 않고 미세 pitch화에 대응할 수 있고, 기존 ACF의 경우와는 달리 냉동보존의 필요성이 없는 등의 장점이 있지만, 금후의 시장에서의 평가, 보급률은 현 시점에서는 정해지지 않았다.

현재 COG 및 COF용으로 개발되었거나 개발 중인 소니의 ACF(CP8830IH4 및 CP9xxx 시리즈)가 기술적으로 가장 앞선 것으로 보이며 이들은 전술한 바와 같이 Au 코팅 위에 다시 절연층이 도포된 특수한 도전입자를 포함하고 있다. 특히 LCD-COG용으로 개발된 CP8830IH4는 $2,000 \mu\text{m}^2$ 의 미세한 범프

와의 접속을 위하여 절연층 도포형 도전입자를 사용함으로써 입경 $4 \mu\text{m}$ 의 입자 혼입 밀도를 $2,350,000 \text{ 개}/\text{mm}^2$ 까지 증가시켜 범프 간에 포획되는 입자 수를 획기적으로 증가시키고 있다. 이 외에도 높은 압착온도 조건($210 \text{ }^\circ\text{C}$, 3초)에의 대응을 위한 high T_g 및 chip과 ITO의 강체와 강체 간의 접속에서 접촉저항 저하를 위한 도전볼의 탄성을 제어 및 COF의 경우 polyimide 에의 접착특성 향상을 위한 수지 개질 및 새로운 ACF 설계 등이 연구되고 있다.

도전 입자의 표면에 절연층을 도입하는 방법은 크게 두 가지로 제안되고 있다. 하나는 건식 코팅법을 이용한 방법이고 다른 하나는 습식 방법을 통한 절연층의 확보 방법이다. ACF 생산 업계 중 처음으로 인접 도전 입자의 접촉 및 이에 따른 x-y 방향의 통전 및 인접 전극 사이의 단락과 같은 문제를 해결하기 위해 일본 Sony Chemical에서는 하이브리다이제이션 시스템을 사용하여 건식 입자 개질법 중의 하나인 정전기법(electrostatic method)으로 금속 도금된 도전 입자의 표면에 접착 수지에 불용성인 고분자 수지를 피복하였다.²⁰ 이렇게 피복된 절연층 수지는 ACF 본딩 공정에서 가열가압에 의해 제거될 수 있고, 따라서 ACF 두께 방향으로의 접속 신뢰성을 부여하고, x-y 방향으로의 절연 신뢰성을 부여할 수 있다(그림 8). 그러나 이러한 건식 방식에 의한 입자 표면의 개질은 몇 가지 문제점이 발생하고 있다. 우선 정전기를 유발하기 위해 도전 입자를 강한 공기압을 이용하여 충돌 시키는데 이때 도전 입자 자체의 파손이 야기되는 문제점이 있다. 또한 열가소성수지로 피복한 도전 입자의 경우, ACF를 제조할 때 사용하는 용제에 의해 열가소성수지 피막이 벗겨지는 경우가 있고, 용제가 한정되어, 배합 조성도 한정된다는 문제가 있다. 또한 ACF 내의 도전 입자의 배합량을 증대시키면 열가소성 수지의 비율도 증대되므로 ACF의 내열성이 저하되는 문제도 있다. 열경화성 수지로 피복한 도전 입자의 경우에는 열가소성 수지로 피복한 도전 입자의 사용에 따른 문제는 발생하지 않지만 이방성 도전 접속 시에 도전성 입자의 절연성 피막을 파괴하기 위해, 높은 압력으로 가압할 필요가 있어, 접속하기 위해 피접속체, 즉 도전 입자 자체가 손상되는 등의 문제가 있다.

습식 코팅법은 물이나 다른 용매의 존재 하에 입자의 표면을 유기 또는 무기 물질로 코팅하는 것이다. 이러한 방식에는 공유결합을 이용하는 것과 비공유결합을 이용하는 것으로 나눌 수 있다. 공유결합을 이

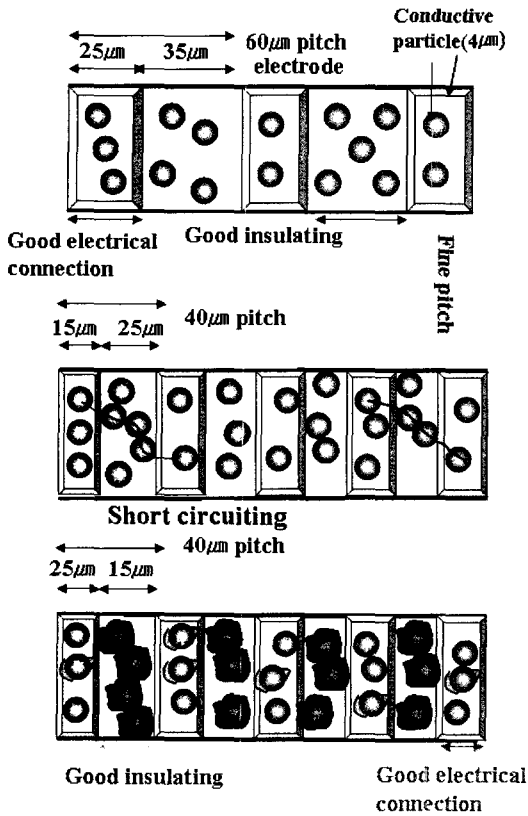


그림 8. Sony solution to short circuiting problem in ACF.

용하는 경우는 표면 코팅을 원하는 입자의 표면에 중합이 진행될 수 있는 그룹을 반응시켜 입자의 표면에서 중합을 진행시키거나, 입자와 입자가 공유 결합을 할 수 있는 환경을 유도하여 원하는 입자의 표면을 개질할 수 있다. 비공유 결합을 이용하는 예로는 우선 표면 개질을 하고자 하는 입자의 표면에 단량체를 물리적으로 흡착시킨 후 호스트 입자의 표면에서 중합이 진행되도록 하는 캡슐화 방법이 있고, 또 다른 방법으로는 에멀전 중합에 의해 형성된 안정된 콜로이드계에 헤테로 물질을 첨가함으로써 비균질 응집(heterocoagulation)을 유도하는 방식, 전하를 지닌 입자나 polyelectrolyte를 이용하여 SEA(sequential electrostatic assembly)를 유도하는 LBL(layer-by-layer) 방식 등이 있다.^{21,22} 이러한 습식 코팅법은 표면 개질을 하고자 하는 입자의 손상 없이 입자의 표면을 개질할 수 있다. 또한 호스트(host) 입자의 모양과 크기에 제약 없이 표면 개질이 용이하다. 현재 3차원 구조물의 코팅에 습식 코팅법이 주로 이용되고 있으며, 그 예로는 콘택트 렌즈에 친수성 고분자의 코팅, 고분자 입자의 표면에 실리카 입자의 코

팅 후 고온처리를 통한 중공(中空) 입자 합성 등이 있다. 이러한 습식 코팅법을 이용하여 ACF의 도전 입자의 표면을 개질하고자 하는 연구는 대한민국 공개특허 특2003-0051731에서 처음 공개되었다. 특허는 각각 금속 표면을 갖는 입자를 모입자로 포함하고 그 표면의 금속에 대해 결합성을 지니는 관능기를 통해 유기 화합물로 부분 개질시킴으로써 생성되는 코팅 입자로 구성된다고 서술하고 있다. 즉 코팅된 입자는 중합 또는 연쇄 중합이 가능한 단량체 또는 촉매부를 핵으로서 기능하는 금속으로 코팅된 입자의 표면에 도입한 후, 각각의 중합 또는 연쇄 중합이 가능한 단량체 또는 촉매부를 개시 위치로 하여 graft 중합시킴으로써 제조할 수 있다고 언급하고 있다.

4. ACF 시장²³

그림 9는 1996년 이후 ACF의 세계 시장의 성장 규모를 살펴 본 것으로, 2001년 까지의 완만한 시장 성장세 이후, 2002년에 전 세계 시장규모가 2,800억 원에 이르며 액정, 반도체 관련을 중심으로 한 시장의 회복세를 바탕으로 판매량 기준으로 37.0% 높은 신장률을 보였다. 2003년 이후로는 판매량 기준으로 연간 20% 정도, 금액 기준으로 11~12%대의 성장이 예상되어 2006년에는 5,000억원 이상의 시장을 형성할 것으로 예상된다. 현재의 ACF 시장은 LCD 실장 분야에 거의 집중되어있는 상황이며, 아직 그 규모는 크지 않지만 일부 반도체 실장 분야로의 ACF 적용이 활발히 시도되고 있다(표 3).

ACF 시장에서의 메이커별 시장 점유율을 보면 Hitachi Chemical과 Sony Chemical이 과점 상태를 유지하고 있으며, Hitachi는 그 중에서도 대형 LCD용에 강하여 약 70 내지 80%의 시장 점유율을 보이고

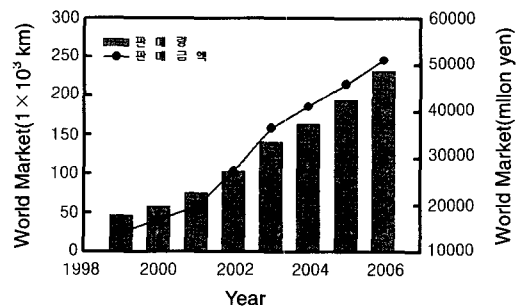


그림 9. 판매량과 판매 금액으로 본 ACF 세계 시장의 성장.

표 3. 용도별 ACF 세계 수요량 (2002년 기준)

ACF 용도	판매량(km ²)	비율(%)	구체적 용도
LCD panel	98,000	95.6	TAB, COF, COG
반도체 실장	4,500	4.4	-
합계	102,500	100.0	-

출처 : 2003 Fuji Chimera Report.

표 4. 제조업체별 ACF 세계 시장 점유율

ACF 업체	판매량(km ²)	비율(%)	비고
Hitachi Chemical	51,500	50.2	대형 LCD용, 보급형
Sony Chemical	48,500	47.3	중소형 LCD용, 고급
Sumitomo-Bakelite	1,000	1.0	-
기타	1,500	1.5	-
합계	102,500	100.0	-

출처 : 2003 Fuji Chimera Report.

표 5. 지역별 ACF 시장 규모

ACF 수요 지역	판매량 (km ²)	비율 (%)
한국	29,600	28.9
대만	28,600	27.9
일본	25,500	24.9
중국	13,500	13.2
기타 (유럽 지역 등)	5,300	5.2
합계	102,500	100.0

출처 : 2003 Fuji Chimera Report.

있다. 한편 Sony는 소형, 중형 LCD용에 강하고, COG 용이 비교적 많기 때문에 금액 베이스로 보면 top-share를 점하는 것으로 추정된다. 국내 메이커에는 LG 케미칼이 시장에 제품을 내보내고 있지만 시장 점유율로 보면 미미하여 현재는 국내 시장에만 출하하고 있을 뿐이다(표 4). 세계 시장에서의 비율로 보면 표 5에서 나타나듯이 한국 28.9%, 대만 27.9%, 일본 24.9%, 그리고 중국 순으로 극동 지역 4개국의 세계 시장 구성비가 90%가 넘는 등, 기타 LCD용 부품 소재의 경우와 마찬가지로 한국, 대만의 시장이 규모가 가장 크며 향후 신장세도 가장 현저할 것으로 예측되지만 이와 아울러 중국의 약진도 매우 클 것이라 예상된다.

5. 결론

전술한 바와 같이 ACF는 지금까지 주로 TAB 공법에 쓰이나 앞으로 대용량화, 초미세 pitch화 등의 요구에 맞추어 COG, COF 등에서의 적용이 크게 늘어나리라 예측되며 PDP에서의 사용도 PDP 시장의 확

대 추세와 더불어 증가할 것으로 예측된다. 더욱이 ACF가 환경친화적 무연 접합재 및 고 I/O 단자대용 미세 피치용으로 새로운 접합과 실장기술의 연구개발을 통하여 COB의 flip chip 실장분야에서 실용화되면서 그 시장이 폭발적으로 성장하고 있다.

한편, 현재 국내의 박막액정표시장치(TFT-LCD)는 삼성전자를 선두로 LG-필립스, 현대전자 등에 의해 세계 시장을 석권하며 수출 주력 산업으로 성장하였지만 부품·소재 국산화율은 매우 저조하다. 그 중에서도 특히 ACF 접속재는 거의 전량 일본으로부터 수입되고 있는데, 향후, 데스크 톱 모니터 및 대형 TV 모니터용의 LCD 모듈 패키지 재료로 뿐만 아니라 휴대폰, PDA, 차량탑재용 네비게이션 등의 소형 고해상도 디스플레이 분야 및 IC 카드 등에서의 폭발적 수요가 예상된다. 특히 삼성 SDI는 65,000 칼리 STN-LCD 모듈 실장에 초미세 pitch 대응 가능한 COG, COF 기술을 적용할 계획이며 향후 휴대형 화상표시기에 대폭적으로 적용될 예정이며 이에 따라 선진 업체에서는 제품 및 시제품이 이미 개발되었고 국내 ACF 업체에서도 연구개발을 추진 중인 상황으로 이에 대응한 ACF 개발이 시급하다. 기술적인 면에서 무연(lead free) 접속 및 underfill-free 접속의 추구라는 측면에서 각각 21 세기형 환경친화 기술과 저가 flip chip 실장기술의 토대 마련, 차량탑재용 LCD, 이동형 개인정보말단 등의 용도로 큰 수요의 창출이 예상되는 소형 고화질 LCD에서의 fine pitch 접속기술에 대한 원천기술 확보라는 측면에서 그리고 재료 제조분야의 중요한 emerging technology로 개발 성공 시 타 산업 분야에의 임팩트가 매우 크다는 점에서 향후 ACF 관련 기술의 국산화 및 선진화는 우리가 당면한 가장 시급한 숙제 중의 하나라 할 수 있다.

참고문헌

1. J. R. Morris, *AMLCD '95*, 66 (1995).
2. W. C. O'Mara, *Liquid Crystal Flat Panel Displays: Manufacturing Science and Technology*, Van Nostrand Reinhold, 1993.
3. H. Nishida, K. Sakamoto, H. Ogawa, and H. Ogawa, *J. Res. Develop.*, **42**, 3 (1998).
4. D. C. Whalley, S. H. Mannan, and D. J. Whillans, *Microelectronics Int.*, **16**, 2 (1999).
5. S. H. Mannan, D. C. Whalley, A. O. Ogunjimi,

- and D. J. Williams, *IEEE Transaction on Components, Packaging, and Manufacturing Technology: Part C*, **19**, 4 (1996).
6. D. J. Williams and D. C. Shalley, *J. Electronics Manufact.*, 3 (1993).
 7. M. J. Yim, K. W. Paik, T. S. Kim, and Y. K. Kim, 1998 *Electronic Components and Technology Conference*, 1036, 1988.
 8. K. Gilleo and D. Blumel, *Area Array Packaging Materials*, K. Gileo, Editor McGraw-Hill Co., New York, 2004.
 9. D. D. Chang, P. A. Crawford, J. A. Fulton, R. McBrode, M. B. Schmidt, R. E. Sinitski, and C. P. Wong, *IEEE Transact. CHMT-16*, **8**, 828 (1993).
 10. H. Nishida, K. Sakamoto, H. Ogawa, and H. Ogawa, *J. Res. Develop.*, **42**, 517 (1998).
 11. H. Kristiansen and J. Kiu, *IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology: Part A*, **21**, 2 (1998).
 12. M. Masuda, K. Sakuma, E. Satoh, Y. Yamasaki, H. Miyasaka, and J. Takeuchi, *Proc. Int. Electron. Manufact. Technol. Symp.*, 57 (1989).
 13. H. Kristiansen and A. Bjorneklepp, *J. Electron. Manufact.*, **2**, 7 (1992).
 14. H. Andoh, Y. Yanada, and Y. Fukuda, *Hybrids*, **8**, 6 (1993).
 15. M. Kazuyuki, O. Masaki, I. Takayuki, and G. Hideo, *Fujikura Tech. Rev.*, 26 (2002).
 16. J. Kim, E. Kim and D. W. Ihm, *J. Inform. Display*, **4**, 17 (2003).
 17. U. S. Patent 6,632,532 (2003).
 18. U. S. Patent 6,080,443 (2000).
 19. K. Ishibahi, J. Kimura, *IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology: Part B*, **19**, 4 (1996).
 20. European Patent 1,098,361 (2001).
 21. F. Caruso, *Colloids and Colloid Assemblies*, Wiley-VCH Verlag Co., Weinheim (2004).
 22. R. Davier, G. A. Schurr, P. Meenan, R. D. Nelson, H. E. Bergna, C. A. S. Brevett, and R. H. Goldbaum, *Adv. Mater.*, **10**, 1264 (1998).
 23. 2003 エレクトロニクス, 高分子 材料の 現状と 将来展望, 富士キメラ総研, 2003.