

FPC용 접착관련 제품 및 기술 소개

김광무 · 장경호

1. 서론

전자·정보용 부품에서 점·접착은 그 용도, 기능 및 기술면에서 매우 다양하고 광범위하게 활용되고 있다. 국내의 경우 현재 관련 제품의 50% 이상이 수입되고 있으며 특히 고기능성 제품의 경우 거의 전량을 수입에 의존하고 있는 형편으로, 업계의 절실한 국산요구에 부응하고 국가의 기반기술 자립을 통하여, 전자정보산업의 고도화에 매우 중요한 역할이 기대되는 분야라 하겠다.

여기에서는 최근 국내 전자산업의 근간을 이루고 급속한 성장을 보이고 있는 cellular phone, TFT-LCD (Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display) 및 컴퓨터 등의 핵심 소자인 FPCB (Flexible Printed Circuit Board)의 제품, 재료, 관련 기술 및 시장에 대하여 개괄적으로 기술하고자 한다.

2. FPC 제품 소개

2.1 FPC 제품 및 용도

전자제품의 소형화 및 경량화 요구가 가속화되면서 개발된 전자부품으로 작업성이 뛰어나고, 내열성, 내굴곡성 및 내화학성이 우수하여, 카메라, 컴퓨터 및 주변기기, cellular phone, video & audio 기기, camcorder, printer, DVD, TFT-LCD, 위성장비, 군사장비, 의료장비 등 많은 전자제품의 핵심 부품으로 사용되고 있다.

제품은 **그림 1~3**과 같이 회로의 구조와 적층 형

태에 따라 단면, 양면, 양면노출, 다층 FPCB 그리고 재료의 구성에 따라 FPCB, Rigid Flex PCB 등으로 구분된다.¹

국내의 경우 용도별 점유율은 cellular phone (30%), TFT-LCD (20%), computer (20%), 기타 (30%)의 순이며, 향후 PDP-TV와 IMT-2000 관련 수요가 급증 할 것으로 전망된다.²

2.2 FPC 제품 구조

FPC에 사용되는 주재료로는 polyimide base film 상에 내열 열경화성 접착제를 도포하고, 전해 (electro deposit) 또는 압연 (rolled) copper foil을 적



김광무

1987 서울대학교 화학공학과 (학사)
 1987 제철화학 중앙연구소 연구원
 1995 한국과학기술원 신소재공학과 (석사)
 1995~2001 (주)새한 기술연구소 선임연구원
 2002~현재 (주)새한마이크로닉스 연구개발 팀장



장경호

1986 공주사범대학 화학교육과 (학사)
 1989 한국과학기술원 화학과 (석사)
 1997 한국과학기술원 신소재공학과 (박사)
 1989~2001 (주)새한 기술연구소 선임/수석 연구원
 2002~현재 (주)새한마이크로닉스 기술총괄/상무이사

Introduction to FPC Related Products and Technology

(주)새한마이크로닉스 (Koang-Moo Kim and Kyeong-Ho Chang, Saehan Micronics, 820-6, Donghang-Ri, Yangsung-Myun, Ahnsung-City, Kyunggi-Do 456-931, Korea) e-mail: semchang@saemic.co.kr



그림 1. 단면 FPC 사진.

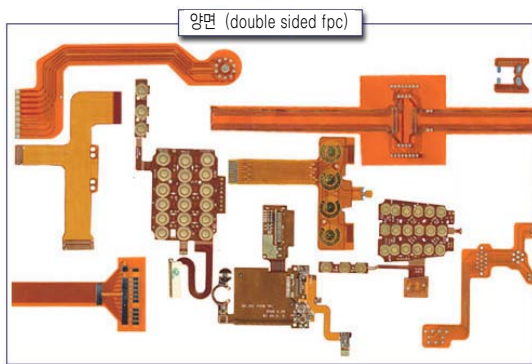


그림 2. 양면 FPC 사진.

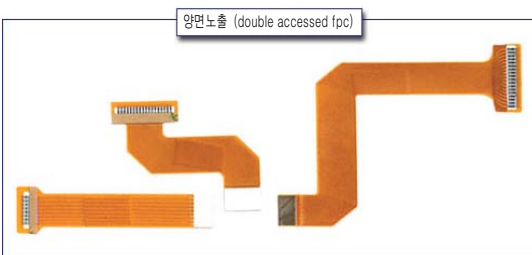


그림 3. 양면노출 FPC 사진.

층시킨 FCCL (Flexible Copper Clad Laminate), polyimide base film상에 B-stage의 열경화성 접착제가 도포된 coverlay 그리고 다층 FPC 제조시 층간 접착을 위한 B-stage 상의 열경화성 접착필름 (bonding sheet) 등이 있다.

단면구조 (single side FPC)의 경우 단면 FCCL에 회로를 형성시키고 그 위에 polyimide coverlay를 적층시킨 구조로 그림 4와 같이 가장 단순한 구조를 가진다. 양면 FPC의 경우 양면 FCCL의 상

하에 polyimide coverlay를 적층시킨 구조로 이 경우 Land (납땀 할 수 있는 곳)가 상·하 모두 형성될 수 있기 때문에 부품을 장착할 경우 동일 크기에서 부품의 밀도를 높일 수 있다. 단, 이 경우 PI 필름 상하의 pattern을 연결해야 하기 때문에 hole가공 (drill)공정과 동도금 공정을 거치게 되며, 그 구조는 그림 5와 같다. 양면노출 (double access) FPC는 bare Cu foil의 밑면에 먼저 coverlay를 접착시킨 후 pattern을 형성하고 윗면 coverlay를 접착시키는 공정을 거치게 되며, 그 구조는 그림 6과 같다.³

2.3 FPC 제조공정 및 품질관리 항목

FPC의 제조공정은 제품의 구조나 공법 (batch; sheet작업, roll to roll; 연속작업)에 따라 다소 차이가 있지만 그 핵심공정은 DFR (Dry Film Photoresist)을 이용하여 노광, etching 공정 등을 거쳐 회로를 형성시킨 다음 coverlay film을 적층하

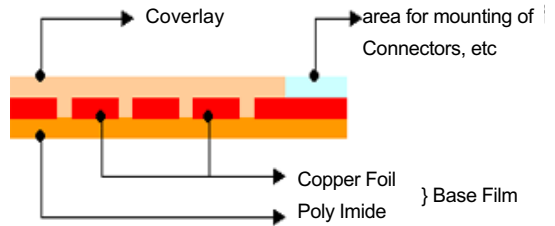


그림 4. 단면 FPC 구조.

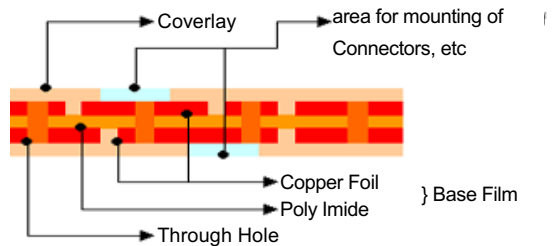


그림 5. 양면 FPC 구조.

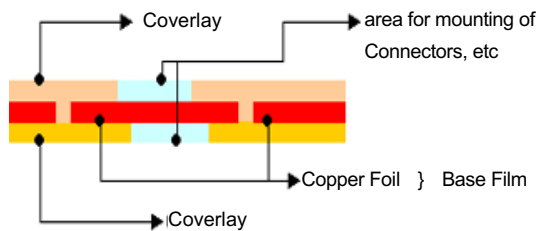


그림 6. 양면노출 FPC 구조.

고 solder plating, trimming, 검사 등의 단계를 거쳐 제조되며, 상세 공정은 **그림 7**과 그리고 제조공정 중 제품의 품질관리 항목은 **그림 8**과 같다.⁴

3. FPC용 재료

3.1 FCCL

FCCL은 **표 1**과 같이 FPC의 회로형성을 위한 PI 필름의 단면 또는 양면에 Cu foil이 적층된 제품으로 두 기재의 접착을 위하여 아크릴 또는 에폭시 계통의 열경화성 접착제가 주로 사용되고 있다. 최근에는 제품의 내열성, fine pattern형성, 박형화, 내굴곡성 및 환경 친화형 난연제품 등에 대한 요구가 심화되면서 cellular phone, TFT-LCD 등을 중심으로 접착층이 없는 2 layer FCCL의 채용이 가속화 되고 있으며 그 제조 방법에 따라 다음의 3가지로 분류된다.

3.1.1 Casting Method

Cu foil상에 polyamic acid 용액을 도포한 후 가열하여 용제를 건조하고 이미드화 시켜 제조하는 방법으로 이미드화시 필름층의 수축으로 인한 curl 발생 억제를 위한 단량체의 선정과 중합 그리고 curl 교정장치가 핵심기술로 알려져 있다. 제조시 고온의 공정을 통과해야 하기 때문에 Cu foil의 산화를 방지하기 위한 조치도 필요하다. 또한 1/2 Oz 미만의 박막 Cu foil을 사용한 제품이나, 50 μm 이상의 두꺼운 PI layer 형성에 제약이 있다. 일부 업체에서는 박막의 Cu foil 제품을 얻기 위하여 1/2 Oz의 FCCL을 제조한 후 half etching 기술을 이용하여 1/3, 1/4 Oz의 제품을 생산하려는 시도가 진행 중이다. 이 공법이 현재 2L FCCL제품에 가장 많이 사용되고 있으며, 일본의 Nippon Steel Chemical사가 market leader로 전 수요의 60% 이상을 점하

제조 공정도

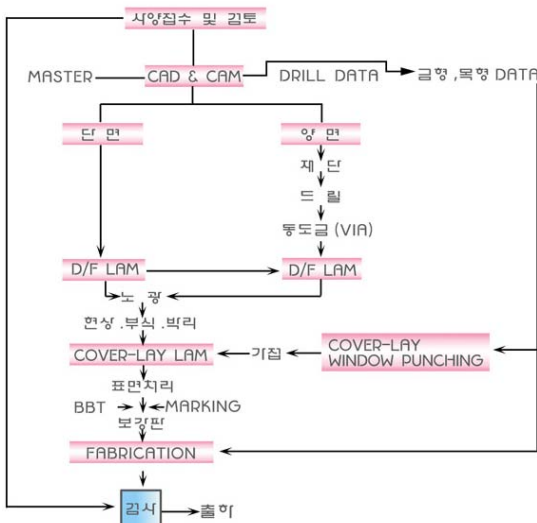


그림 7. FPC 제조공정도.

품질관리도

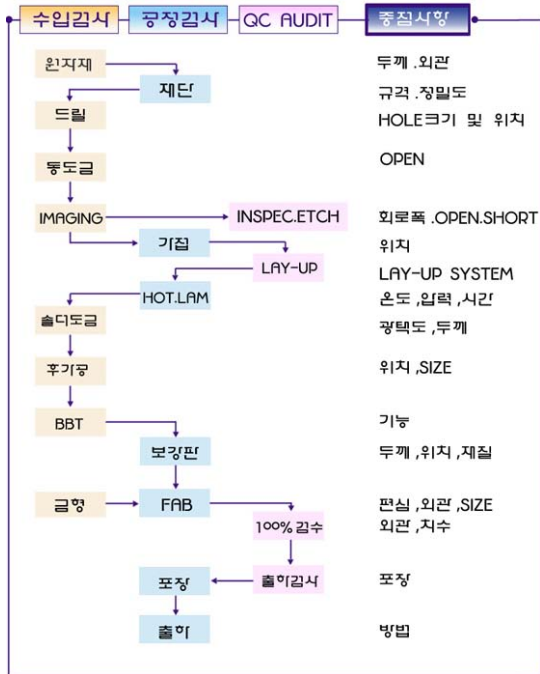


그림 8. FPC 품질관리도.

표 1. FCCL 구조 및 사양

재료 Spec	구조
Single Side	
Cu Foil	
Adhesive	
PI Film	
Cu Foil : 3/1, 2/1, 10Z (Ed or Rd Foil)	
Adhesive : 10.0~25 μm	
PI Film : 12.5~75 μm	
Double Side	
Cu Foil	
PI Film	
Adhesive	

고 있으며, 대만의 thin flex 제품도 양산되고 있다. 국내의 경우 LG화학 등 2~3개사에서 양산을 준비 중으로 2003년 말경에는 시장에서 국산제품을 볼 수 있을 것으로 기대된다.

3.1.2 TPI (ThermoPlastic Polyimide) Laminating Method

기존의 3 layer FCCL과 같은 구조를 갖으나, thermoset adhesive 대신에 thermoplastic PI adhesive를 사용한다는 점에서 차이가 있고, PI계 adhesive를 사용함으로써 casting법의 2 layer FCCL과 유사한 특성의 제품을 얻을 수 있다. 장점으로서는 2/1 Oz 이하의 박막 Cu foil 제품과 양면 FCCL의 제조가 용이하다. 여기에 사용하는 PI adhesive는 Larc TPI 계통이나, soluble PI를 사용할 수 있다. 일본의 Mitsui Chemical사, UBE사에서 이 공법을 이용한 제품을 양산하고 있으며, 2L FCCL 시장의 약 30%를 점하고 있다.

3.1.3 Sputtering Method

PI 필름상에 copper를 진공 증착 후 Cu plating에 의해 Cu layer를 형성하는 방법으로 박막의 Cu 층을 얻을 수 있는 장점이 있다. 그러나 열충격 후 PI 필름과의 계면 접착력 약화, 압연박과 같은 내굴곡성의 Cu foil 특성부여 불가 및 두꺼운 도전층 형성 시에 pin-hole발생 등의 단점이 있어 FPC용으로서의 사용에 제약이 많은 것으로 알려져 있다. 이 공법을 이용한 제품은 일본의 Sumitomo Bakelite사 등에서 양산 중이며 주로 박막의 CCL을 사용하는 TFT-LCD의 COF (Chip On Film)용으로 사용되고 있다. 국내의 3~4기업에서 이 공법을 이용한 FCCL의 양산을 준비 중이거나 검토 중에 있다.

3.1.4 3L FCCL⁵

일본의 5~6개 기업을 중심으로 제조 중이며, 최근에는 대만, 중국 등으로 기술이전이나 생산기지 이전이 활발히 진행 중이다. 이 제품의 경우 각사 고유의 접착제 제조기술과 제품 생산기술에 의해 품질 및 제조원가가 좌우되는 제품으로 공급과잉에 의한 가격경쟁이 매우 치열한 상황이다. 제품의 제조공정이나, 사용 시에 요구되는 주요물성으로는 안정적인 미세회로 형성을 위한 접착력, 치수안정성, 에칭 및 세정공정에 필요한 내산, 내알카리, 내 trichloroethane 등의 내화학성, solder plating에 견딜 수 있는 내열성 및 장착된 전자제품의 발열, 화재 시 난연성 등을 중심으로 한 표 2와 같은 제

표 2. Properties of Flexible Copper Clad Laminate (FCCL)

Property	Condition	Value	Test Method	
Peel Strength (kg/cm)	Solder 260 °C /30 Sec	0.8	IPC-FC-241B Method 2.4.9	
	150 °C/100 hrs	0.7	Sliding Plate Test	
Solder Resistance	Trichloroethane /1 min	280 °C/ 60 Sec	JIS-C-5016	
Dimensional Change (%)	Etching & 150 °C/30 min	MD	0.1	IPC-FC-241B Method 2.2.4
		TD	0.05	
Bendability (Times)	After Etching	MD	200	JIS-C-5016
		TD	150	
Surface Resistivity (Ω)	-	10 ¹³	JIS-C-6481	
Volume Resistivity (Ω.cm)	-	10 ¹⁴		
Dielectric Constant (1 MHz)	-	3.8	Weight Method	
Water Absorption (%)	-	1.3		
Non Flammability	-	V-0		UL94

반 특성을 충족시킬 수 있어야 한다. 여기에 사용되는 대표적인 열경화성 접착제의 경우 acrylic rubber와 같은 soft segment, epoxy, phenolic resin과 같은 hard segment, amine, anhydride계통의 crosslink agent 및 소량의 촉매와 각종 첨가제의 블랜드물로 구성되어 있다. 접착물의 난연성 부여를 위하여 brominated epoxy를 많이 사용하는 것으로 알려져 있으나, 향후 환경규제 등이 강화되면서 수년 내에 non-halogen 난연 제품으로 급속히 교체될 전망이다.

3.2 Coverlay Film

PI 필름상에 B-stage 열경화성 접착제가 도포된 제품으로 접착층을 보호하고, 사용 시 hole 가공을 용이하게 하기 위하여 release paper가 부착된 상태로 생산된다. 제품의 두께는 제조되는 FPC의 사양과 FCCL의 copper foil 두께에 따라 결정되며, PI 필름의 경우는 12.5, 25 μm이 주로 사용되며, 접착제 층의 두께는 같이 사용하는 FCCL의 Cu foil의 두께와 동일하게 하는 것이 일반적이다. 이는 회로 형성 후 coverlay 적층 시 접착제 층이 회로의 etching된 부분을 완전히 채워줄 수 있도록 하기 위함이다. 여기에 사용되는 접착제의 요구특성은 경화 후에는 FCCL의 요구특성과 동일한 물성을 갖으면 된다는 점에서 FCCL의 접착제와 주성분을 같이 할 수 있지만, 반 경화된 B-stage 상태로 제품화되고 회로 가공 후 적층 시 경화가 진행되어야 한다는 점에서 차이가 있다. 제품의 주요 요구특성으로는 상온 (23 °C) 에서 6개 이상, 10 °C에

서 1년 이상 동일 물성을 유지할 수 있는 저장(경시)안정성이 필요하다. 이를 위하여는 최소한 40 °C 부근까지 잠재성이 있고 160 °C에서 1시간 이내에 원하는 수준까지 경화가 진행될 수 있는 경화제 및 촉매의 선정이 중요하다. 이 외에도 hole 가공을 위한 punching시 burr발생 억제를 위한 절단특성, press 압착공정에서 접착제의 wetting성 및 resin flow에 의해 생성되는 fillet 형상과 크기가 관리될 수 있어야 하며, 50~100 μm 크기의 fillet이 형성되어야 한다. 그 외의 요구 물성은 FCCL과 동일하다. 최근에는 coverlay를 대신하여 2L FPC를 중심으로 roll to roll공정에서 감광성 PI 용액이나 필름의 사용이 점차 증가하는 추세이다. 기존의 coverlay 보다는 다소 가격이 높으나 완제품까지 연속생산 공정구성이 가능하고, coverlay 방식보다 월등한 내열성, 내굴곡성의 fine pattern을 갖는 박형의 제품을 생산할 수 있다는 장점이 있다. PSPI를 이용한 coverlay process는 일반 photo 공정과 유사한 다음과 같은 공정을 거친다.⁶

Etching된 회로원판 상에 PSPI 도포 후 건조→UV노광→노출부위 알카리 현상→수세/건조→Imidization

4. 제품 시장 전망

PCB (Printed Circuit Board)의 세계 시장규모는 2002년 42조원, 2006년 50조원 (년간 4~5% 성장) 규모가 예상되며, 지역별 수요는 일본 (25%), 한국 (5%) 대만 (10%), 중국(14%), 북미 (19%), 유럽(19%), 기타 (8%)의 점유율을 보이고 있는 성숙기 후반의 제품이다. 중국시장의 경우 성숙초기로 향후 5년 내에 일본을 능가하는 세계 제1의 시장으로 부상할 전망이다. FPCB의 경우 PCB 전체 수요 중 약 10% 수준이며, 향후 5년간 8~10% 성장이 예상되어 2008년 경에는 전체 PCB의 20%에 달할 것으로 예상된다. 현재 일본은 FPC 비율이 20%, 한국은 약 15% 수준인 것으로 관측되고 있다.⁷

한국의 FPC 생산액의 경우 2002년 약 4,000억 원으로 추정되며, 향후 3년간 15% 전후의 고성장을 계속하여 2006년 7,000억원 수준에 달할 것으로 기대된다. 최근 cellular phone과 TFT-LCD 분야의 수요급증에 힘입어 Interflex, Siflex, 영풍전자 등 3개사는 금년 1,000억 이상의 매출을 계획하고 있는 것으로 알려져 있으며, 대덕 GDS 등

업체들의 경쟁적인 신규참여로 인해 현재 국내 FPC 제조업체는 30여 개사에 달하고 있다.

PCB 재료의 세계 시장규모는 5조원 (2003년)에 달하며, 그 중 FPC 원재료인 PI 필름 수요는 약 5,000천억원 정도이다. 국내의 금년 FCCL 및 coverlay를 포함한 FPC 원부재료 시장 규모는 1,500억원 전후로 추정된다. 국내에 FPC재료를 공급하고 있는 업체로는 일본의 Arisawa, Nikkan, Toray 등 7~8개사를 포함한 대만의 와이어렉스, 마이크로코즘 등 10여개사 제품이 수입 중으로, 3 layer 제품의 경우 Arisawa가 약 60%의 시장점유율을, 2 layer FCCL의 경우 Nippon Steal Chemical의 Espnax가 90% 이상의 시장을 점하고 있다. 국내의 FPC재료 생산업체는 당시인 새한마이크로닉스에서 2002년 말부터 FCCL, coverlay, bonding sheet, 보강판접착 필름, carrier 필름 등 재료를 생산하고 있으며, 한화 등 2~3개사에서 2003년 중 출시를 목표로 양산을 준비 중에 있어 2004년부터는 수입품과 국산품간의 경쟁이 한층 더 치열해질 전망이다.

5. 결론

본 고에서는 전자제품의 핵심부품으로 사용되는 FPC에 관한 전반적인 사항을 개략적으로 기술하고, 그 중에서 접착관련 재료에 대한 제품, 기술, 시장현황 및 동향을 간략히 소개하였다. 향후의 제품의 요구특성을 다시 요약해 보면 제품의 고내열화, 초박형화, 고밀도화 및 환경친화 등이 제품생산 측면으로는 roll to roll 연속 생산공정에 적합한 특성의 재료로 볼 수 있다. 이에 부응하는 제품의 전개방향은 PI계 2 layer FCCL, non-halogen type의 난연성 3 layer FCCL 및 coverlay 필름, 그리고 photo sensitive coverlay 제품으로 집약된다고 할 수 있다. 향후 FPC 시장의 성장전망은 매우 밝은 편이나, 가격과 기술경쟁은 더욱 치열해질 것으로 보인다. 후발인 국내 재료 업체들의 경우 원가경쟁력 확보뿐만 아니라 국내에서 조기의 기술/품질 검증과 방대한 중국시장에서 선전 여부가 본 사업의 성공여부를 판가름 한다 해도 과언이 아닐 것이다.

참고문헌

1. 沼倉研史, “フレキシブル基板の機能設計”, 공업조

- 사회 (1986).
2. 沼倉 外, “兩面露出構造 フレキシブルプリント 配線板”, 技報 no. 71, p. 50 (1986).
 3. 영풍전자 홈페이지 (www.ypfpc.co.kr).
 4. 씨키트플렉스 홈페이지 (www.f-pcb.co.kr).
 5. A. lind, *et al.*, “Metalized Film Flex Circuits Yield Fine Line”, *Electronic Packaging & Production*, no. 6 p. 64 (1986).
 6. Ghosh, “Polyimides”, Marcel Dekker, New York, 1996.
 7. “電子回路産業の 現況”, 日本プリント回路工業會, p. 35 (2002).