

## 인쇄회로기판(PCB) 친환경 제품의 기술 동향



권 이 장  
(대덕GDS(주) 부설연구소장)

### 1. 서 론

최근들어 환경오염 배출이 높은 인쇄회로기판(PCB)의 수입 규제를 강화하려는 나라는 유럽, 일본등을 들 수가 있다. 이는 PCB를 소각할 때 발생하는 발암물질인 다이옥신이 배출되어 환경문제를 야기하기 때문이다. 따라서 국내 PCB업체들은 이에 대응하기 위하여 점차적으로 분주하게 움직이고 있다. 특히 도금시 사용하는 화학약품을 없애고, 폐수 발생을 획기적으로 줄여 환경 파괴의 요인들을 감소시킬 수 있는 실버스루홀(STH) 및 카파스루홀(CPTH) PCB를 개발하여 SET 제품화에 더욱 박차를 가하고 있다. 또한 정보통신 제품 및 반도체용 PCB인 BGA(Ball Grid Array) 기판에 대해서도 「그린(green) PCB」인증을 획득하고 있는 실정이다. 이는 동박과 적층판, 절연층, 솔더마스크(solder mask) 등의 공정에서 할로젠족 화합물이 배제된 환경친화적 재질을 사용함으로써 각종 규제에 대응 가능하게 되었다. CSP(Cip Size Packaging), 멀티칩 모듈, FPC(Flexible Printed Circuit)를 제조하는 업체중심으로 플라즈마 에칭시스템(부식기)에 대한 관심도 점차 고조되고 있다. 그 이유는 마이크로 홀을 가공한 이후에 남은 각종 이물질들을 깔끔하게 제거할뿐더러 환경친화적인 요소가 강하기 때문이다. 플라즈마방식을 적용해 산화물 에칭공정 등에서 발생하는 PFC 계열의 여러종류 가스를 분

해, 제거하는「PFC 가스 처리용 플라즈마 세정시스템」도 현재 개발되고 있는 실정이다.

또한 PCB 제조공정용 장비·재료 생산업체에도「환경친화 바람」이 불고 있다. 재료에 있어서도 솔더볼(solder ball) 생산업체의 경우, 환경 유해물질로 지목된 납(Pb)·주석(Sn) 솔더 합금을 대체할 수 있는 무연 솔더볼 즉, 납 대신 주석·은(Ag)·구리(Cu) 또는 주석·은·동·비스무트(Bi) 합금을 이용한 것이다. 제품 생산과정에서 납사용 규제는 이미 국제적인 추세이기에 앞으로는 무연솔더를 생산라인에 적용하려면 부품 설계에서부터 생산, 애프터서비스까지 업계 전반의 시스템조정이 불가피할 것으로 보여진다. 또한 알코올 기반의 기존 플럭스 제품과 달리 정화된 물(H<sub>2</sub>O)을 주성분으로 납땜 촉매액을 개발함으로써 공해 유해물질인 VOC·할라이드 성분을 제거해 오존층 파괴, 환경오염, 직업병 등의 문제를 해결할 수 있는 플럭스도 개발되고 있다. PCB 뿐만아니라, 재료, 장비, 공정까지 환경친화형으로 바뀌고 있다. 따라서 이에 부응하고자 환경대응 PCB의 대안으로 기존 동도금 양면공정을 이용하지 않는 인쇄공법의 새로운 실버, 카파스루홀 PCB를 소개하고자 한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 실버, 카파 스루홀 (이후 페이스트 스루홀) 개요

일반적으로 인쇄회로기판(PCB)은 단면, 양면, 다층으로 분류되며, 양면의 경우 제조 방법으로는 도금법, 페이스트 인쇄법 등 여러가지 제조방법이 이용되고 있다. 도금법의 경우 가장 오래된 방법으로 널리 이용되고 있으나, 약품 사용으로 인한 환경 오염등이 큰 문제라 지적될 수 있다. 80년대 초반부터 사용되어지기 시작한 인쇄법의 경우 도전성 페이스트를 스크린을 이용하여 홀 속에 주입하여 넣은 후 건조하는 방식으로 화학 약품의 사용이 거의 없고 공정이 단순하며, 제조 원가 또한 저렴하여 점차 그 영역을 확대해 나가고 있는 방법이다. 개발 초기에는 주로 실버를 도전성 페이스트로 제조하여 인쇄회로기판 제조에 사용하였으나, 실버의 가격이 비싸고 또한 실버마이그레이션이라는 취약한 단점을 가지고 있어 최근에는 마이그레이션 현상이 전혀 없는 구리를 도전성 페이스트로 제조하여 사용하고 있다. 실버 페이스트를 이용한 인쇄회로기판은 실버스루홀기판(STH PCB), 그리고 카파 페이스트를 이용하여 제조한 인쇄회로 기판은 카파스루홀기판(CPTH PCB)이라고 약칭하며, 이를 총칭하여 페이스트스루홀 기판이라 한다. 또한 Non-halogen페놀재질을 이용한 대량 양산 체제를 적용할 수 있어 환경규제가 까다로운 유럽 시장의 높은 수출장벽을 넘을 수 있는 제품으로 평가된다.

페이스트 스루홀 제품은 도전성 페이스트를 홀 속에 주입하여 양면회로의 전로를 형성케하는 공정으로서 실버 또는 카파 페이스트가 이용된다. 도금양면 공정인 동도금, 드라이 필름과 포토솔다레지스트 공정은 원가 상승요인과 생산성 저하의 원인으로 작용하고 있다. 반면 페이스트 스루홀의 경우 스크린 인쇄방식을 채택한 UV 경화용 솔다레지스트를 사용함으로써 30%정도의 원가절감과 단납기 체제에 대응 가능함으로써 고객만족은 물론 SET 업체에서 신제품 개발 기간을 대폭 단축할 수 있는 전기를 마련한 제품이다.

일반적으로 PCB기재인 동장적층판은 난연재로서 할로젠족이 사용되고 있다. 그러나 난연재가 연소할 때 발생하는 발암 물질인 다이옥신은 유럽의 독일(German Prohibited Chemical Law)에서 규제를 하고 있다. 1994. 7월에 초기

규제법이 제정된후 1999. 7에는 기존보다 10배이상 엄격한 규제법을 제정하였다. 따라서 환경규제가 점차적으로 강화됨에 따라 실버스루홀도 Non-halogen족 동장적층판을 사용함으로써 이러한 규제법에도 대응 할 수 있다.

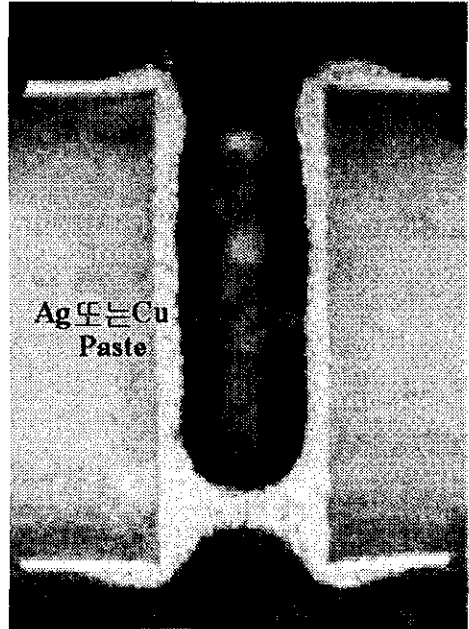


그림 1. 페이스트 스루홀 PCB구조

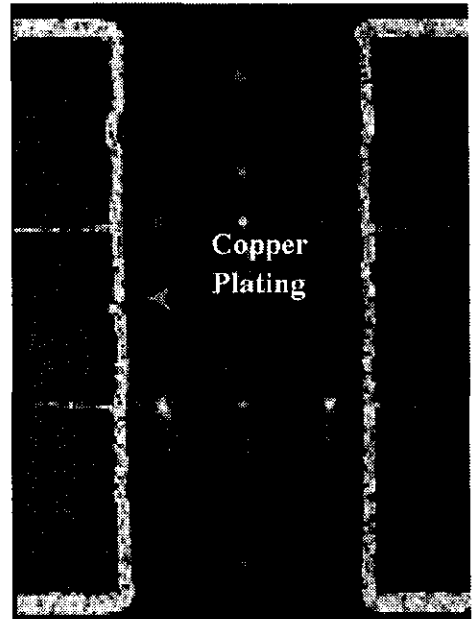


그림 2. 동도금 PCB구조

표 1. 동도금 제품과 페이스트 스루홀 비교자료

구분	페이스트 스루홀	동도금	비고
납기측면	평균1주	평균2주	* 평균 납기 1주일 단축 * 신제품 개발 기간단축
가격측면	20-30%저렴	100기준서	* 제조원가 절감 가능 * SET 가격경쟁력 우수
신뢰성 측면	우수	우수	* 페이스트스루홀 기판도 엄격한 자동차 제품에 적용 * 충분한 신뢰성 보증

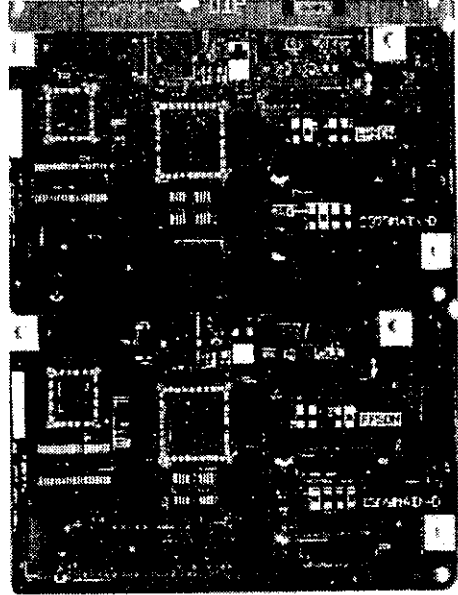
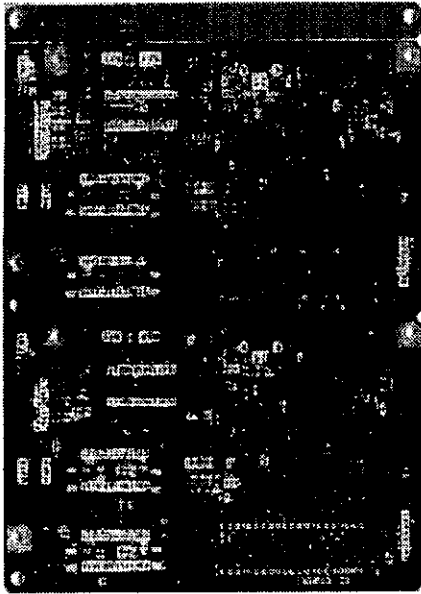


그림 3. 페이스트 스루홀 PCB

## 2.2 페이스트 스루홀 제조공정

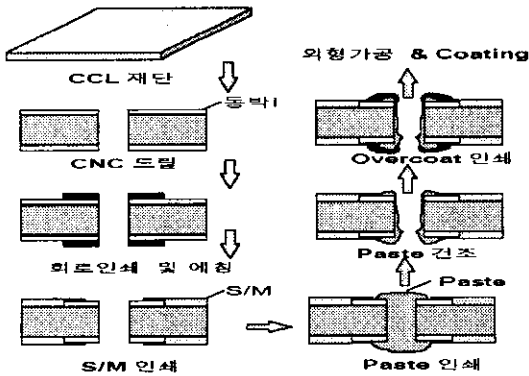
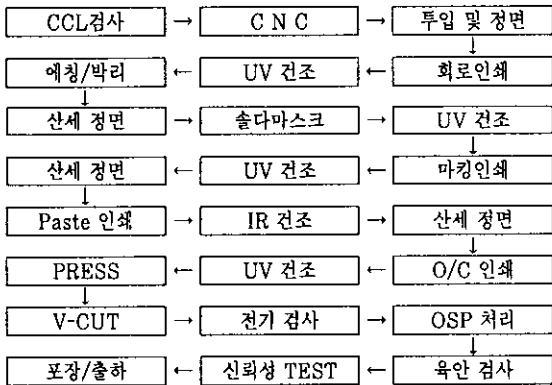


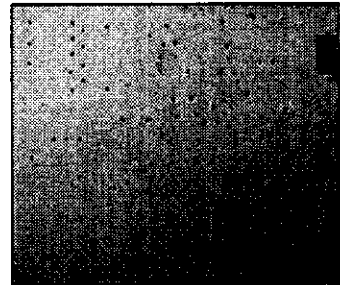
그림 4. 페이스트 스루홀 제조 공정도

### 2.2.1 수입검사

회로형성전에 투입시 불량 발생 및 실패비용을 최소화 하기 위하여 동박의 굵힘, 산화, Dent등을 검사한후 제조공정으로 투입한다.

### 2.2.2 CNC

인쇄회로기판에는 부품을 삽입하기 위한 부품홀과 상하면을 연결하기위한 스루홀등 수 많은 Hole이 존재하는데 이러한 홀들은 컴퓨터로 위치를 제어하여 드릴로 가공을 해야한다. 이러한 공정을 CNC라 한다.

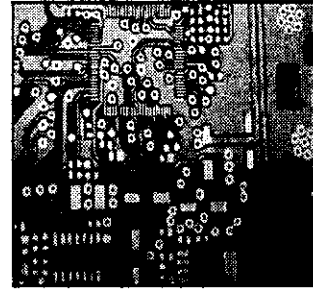
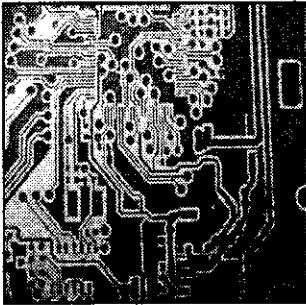


### 2.2.3 재단 및 정면

생산성 향상을 위하여 동장적층판을 재단하여 사용한다. 동박상의 지문, 이물질, 먼지등은 품질에 중대한 문제를 유발시킬 수 있다. 이러한 품질문제를 사전에 방지하기 위하여 표면상 정면을 해준다.

### 2.2.4 회로인쇄

일반적으로 회로 인쇄라함은 회로를 형성하기 위하여 에칭레지스트 잉크를 스크린을 사용하여 인쇄하는 방식으로 회로를 형성한다. 일반 가전제품에 있어서 회로의 폭/간격은 최소 150미크론까지 인쇄되고 있다.

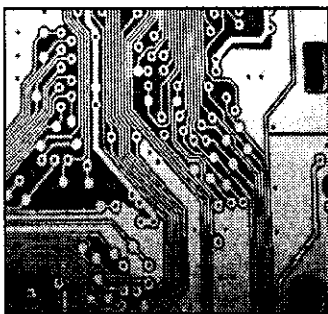


### 2.2.5 건조

잉크 종류에 있어서 열경화형을 사용할 경우 생산성이 저하된다. 따라서 자외선 경화형인 잉크를 사용하여 생산성 향상 측면을 추구하였다.

### 2.2.6 에칭/박리

회로를 제외한 불필요한 동박 부분을 부식시켜 없애고, 필요한 회로 부분만 남겨 주는 습식공정이다. 에칭레지스트 잉크로 덮여있던 동박부분은 전혀 부식되지 않고 에칭후까지 그대로 남아 있게 된다. 그리고 부식후에 에칭레지스트는 불필요하게 되므로 알카리 용액으로 제거해 주어야 한다.



### 2.2.7 솔다레지스트

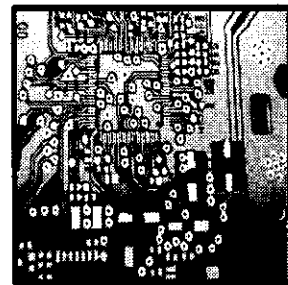
동박렌드등 납땀할 부위만 제외하고는 납이 묻지 않아야 한다. 따라서 솔다레지스트를 이용하여 동박 또는 기판에 영구적인 잉크를 인쇄해 줌으로써 중금속인 납의 사용량과 세트 제품의 무게를 줄일 수 있어 환경 친화적인 제조공정이라고 볼 수 있다. 이때 사용하는 솔다레지스트 잉크 또한 생산성을 고려하여 자외선 경화형 잉크를 사용한다.

### 2.2.8 마킹

세트 제품이 출하된 후 사용중에 고장이 발생할 경우가 종종 있다. 이때 고장난 부품이 어떤 종류의 것인지 쉽게 파악하고 교체함이 필요하다. 이를 위하여 문자 또는 숫자를 인쇄회로기판에 인쇄해둠으로써 쉽게 교체가 가능하다. 즉 마킹은 세트제품의 사후봉사 차원에서 반드시 필요하다

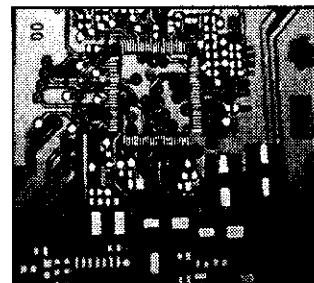
### 2.2.9 페이스트 스루홀 인쇄

CNC로 가공된 스루홀 내부에 도전성 페이스트인 Ag 및 Cu 페이스트를 스크린 위에서 홀 내부로 인쇄하여 상, 하면의 동박을 연결한다. 인쇄시 유동성을 가졌던 페이스트는 MAX 150℃의 열풍건조를 통해 건조되어 도전성을 띄게 된다.



### 2.2.10 O/C 인쇄

페이스트 스루홀이 건조된 후, 기판으로부터 약 100μm 높이의 Bump를 형성하게 된다. 이런 페이스트가 부품 실장 및 작동시 부품과 접촉하는 경우 절연 불량일 수 있는 가능성이 있다. 이런 절연 불량을 방지하며, 페이스트를 보호하기 위해 O/C(Over Coat)를 페이스트 위에 형성시킨다.



### 2.2.11 프레스 가공

외형가공이라고 한다. 타발시 인쇄회로기판에 유연성을 부여하기 위해서 예열을 하며, 원하는 외형을 금형을 이용하여 가공하는 공정이다.

### 2.2.12 전기검사

회로의 단락 또는 단선이 발생한 경우 제품으로서의 기능이 상실된다. 따라서 제품이 조립되기 전에 이러한 부류의 불량을 사전에 검사해내기 위한 전기를 이용한 검사공정을 지칭한다.

### 2.2.13 OSP 코팅

동박이 제조된 후 세트업체로 이동하는 중 열 또는 습기로 인한 동박의 산화를 방지하기 위하여 동박 표면에 플럭스를 코팅한다.

### 2.2.14 육안 검사, 신뢰성 평가, 출하

위의 공정을 통해 제조된 인쇄회로기판이 Set 업체의 프로세스를 통해 완제품의 형태로 고객에게 전달되어 사용하는 것을 보증하기 위해 최종 육안 검사 및 신뢰성 평가를 거쳐 출하된다.

## 2.3 PCB 시장 및 페이스트 스루홀 시장 전망

한국은 98년 기준에서 볼 때 미국, 일본, 대만, 중국, 독일에 이어 세계 6위의 PCB 생산국이지만 시장 점유율로 볼 때는 4%에 불과하여 일본의 26%는 물론 경쟁국인 대만의 9%에도 훨씬 미치지 못하였다. 그러나 현재 인쇄회로기판은 가전기기부터 첨단 컴퓨터, 통신기기, 군사기기, 우주항공산업 등 거의 모든 전자 제품에 들어가기 때문에 기술 진보에 따른 PCB 시장도 넓어지고 있다. 올해 PCB 세계 시장 규모는 작년보다 6.7% 가량 증가한 300억달러로 예상되어진다.

표 2. PCB 제품별 시장 전망

품목	환경변화	전 망
페이스트 스루홀	- DVD 등 정보가전 활발 - SET 업체 원가절감 강화	- 기존 예폭시 양면시장 대체예상 - 동도금 대체 현상이 내년에 가시화 - 디지털 가전제품 대체예상
양/단면	- 동남아 경기침체 - 가전부분만 다소 호조 - 세트 채산성 악화	- 생산성이 업체의 명암을 좌우 - 채산성이 지속적으로 악화 - 점차적으로 생산 기피될 전망
MLB	- 북미, EC 지역 경기호조 - 동남아 경제 부진 - 정보통신 수요 증대	- 직수출 능력에 따른 업체 차별화 - 북미, 유럽지역에 강한 업체 호조 - 정보통신 증가예상
FPC	- Note-Book, 통신기기 - 고집적기기 수요확대	- LCD, PDP 등 수요 증대 예상 - 연간 20% 이상 고성장 예상

국가별 점유율은 미국이 91억달러로 1위를 차지하고 있으며, 다음으로 일본이 70억달러, 대만이 32억 달러 우리나라는 전년 대비 7.3% 증가한 13억달러로 세계 5위 자리를 차지할 것으로 보여진다.

세계 PCB 시장 규모는 2004년까지 연평균 5.5% 성장하여 2004년에는 \$420억에 이를 것으로 전망된다. 전방 산업별로 보면 통신기기와 컴퓨터 분야의 성장이 가장 두드러져 2004년까지 연평균 8.8%, 8.0%씩 성장할 것으로 예측되어진다.

페이스트 스루홀은 세계적으로 월간 50만, 연간 600만 스케어메타 정도로 생산되고 있으며, 금액적으로는 \$3억 정도의 시장을 형성하고 있다. 향후 시장은 더욱더 늘어날 전망이다. 이유로는 CD롬 드라이브 등 일부 품목에 적용되어온 실버스루홀 기판이 DVD롬 및 플레이어·FDD·전화기·카오디오·튜너 등으로 적용범위가 확대되고 있으며, 정보·가전기기의 주력 PCB로 자리잡을 것으로 예측되어지기 때문이다. 에폭시 계열의 양면 또는 4층 인쇄회로기판을 채택해온 국내의 DVD롬 및 플레이어업체들이 원가절감 차원에서 실버스루홀 기판의 채택을 본격 추진하고 있어 이 부문에서의 수요가 크게 늘어날 것으로 보여진다. 국내 가전업체들도 CD롬 드라이브에서 축적한 실버스루홀 기판 생산경험을 바탕으로 DVD 플레이어·MP3 플레이어·대형모니터·무선전화기 등 정보·가전기기를 중심으로 적용범위를 넓혀가는 전략을 쓰고 있다.

## 2.4 페이스트 스루홀 업체동향

### 2.4.1 페이스트 업체동향

첨단 멀티미디어기기를 중심으로 채택되는 실버스루홀(STH)기판용 도전성 페이스트시장을 놓고 국산 대 일산 제품 사이의 치열한 시장 주도권 경쟁이 벌어질 전망이다. 올초까지만 해도 일본 후지쿠라가 국내시장을 거의 석권해온 STH기판용 도전성 페이스트시장에 한국다이요잉크, 창성, 대주정밀화학등이 신제품을 경쟁적으로 출시함에 따라 일산 독점체제가 와해될 것으로 예측되고 있다. PCB용 잉크 전문 생산업체인 한국다이요잉크는 최근 STH기판용 도전성 페이스트를 개발중에 있으며, 귀금속 분말 전문 생산업체인 창성도 도전성 페이스트를 PCB업체에 중점 공급한다는 전략 아래 신뢰성 테스트에 총력을 경주하고 있다. 이밖에 LG정밀, 대주정밀화학 등 기존 STH기판용 도전성 페이스트업체들도 앞으로 STH기판 수요가 첨단 멀티미디어 기기를 중심으로 크게 늘 것으로 보고, 이 사업을 크게 강화할 계획인 것으로 전해지고 있다. 국내 STH기판용 도전성 페이스트시장은 연간 50억원 정도로 달하는 것으로 추정되고 있다.

### 2.4.2 페이스트 스루홀 PCB 업체동향

일본의 업체들은 페이스트 스루홀 기판을 중국 또는 동남아로 이전하여 생산하고 있으며, 국내는 대덕GDS를 위시하여

LG전자, 성민전자, 코리아씨키트, 코스모텍등에서 실버 페이스트 스루홀 기판을 생산하고 있다. 국내에서는 유일하게 대덕지대에서 카파페이스트 스루홀 기판까지 생산하고 있으며, 생산은 세계에서 가장 많이하고 있다. 기술 품질 면에서도 일본 CMK보다 우수하다고 일본소니에서 평가를 받았다. 카파페이스트 스루홀은 신뢰성 면에서 실버 페이스트 스루홀보다 10배이상 우수할 뿐 아니라 협Pitch가 가능함으로서 고밀도 회로 설계에적합한 PCB라고 할 수 있다. 반면 제조공정의 어려움으로 세계적으로도 2-3개업체에서만 현재 생산하고 있는 제품이다. 향후 동도금 제품에 대하여환경에 대응하면서 저가형 제조가 가능한 공정이 카파페이스트 스루홀 PCB라 할 수 있으며, 앞으로 더욱더 활성화 될 것으로 보여진다.

### 2.5 페이스트 스루홀 기술동향

핵심기술로서는 동도금 제품과 품질, 기술적으로 동등한 신뢰성 측면이 매우 강조되고 있다. 따라서 재료의 기본 특성도 일반재료와는 다른 전용재질을 개발적용함으로써 동도금 제품에 버금갈 수 있는 수준의 PCB를 만들 수 있다. 특히 재료의 절연성은 기존보다 200배 향상시켰으며, 전기적인 특성에 치명적인 요소인 흡수율 또한 기존의 50%이상 낮춤으로써 충분한 신뢰성을 확보 할 수 있다. 따라서 실버 스루홀에서는 홀간의 거리가1.5mm Pitch, 그리고 카파 스루홀에서는 1.3mm Pitch까지 양산되고 있다. 이러한 차이는 회로로 형성된 금속 입자간에 동작 전압을 인가할 경우 양전극간에 이온화를 유발하며, 음극으로 이동, 석출, 성장하여 극성이 다른 인접회로간에 결과적으로 단락 또는 리스크를 발생시키는 고장메카니즘인 이온 이행성 즉 마이그레이션이 발생하는 정도의 차이로 기인한 것이다. 즉, 실버보다는 카파 페이스트가 이행성이 낮으며 신뢰성 또한 높은 것으로 나타나고 있다. 카파페이스트인 경우 이론적으로 1.0mm Pitch 까지 신뢰성에 문제 없는 것으로 보고 되고 있다.

일반적으로 인쇄회로기판은 수습에서 수천개의 전자부품을 고정시키는 동시에 전기적으로 연결하여 기능을 발휘케 하는 전자 부품이므로, 일단 전자 부품을 실장하게 되면 다시 수정할 수 없는 특성을 지니고 있으며, 또한 동시에 실장한 모든 전자부품을 같이 폐기해야 한다는 점을 지니고 있다. 페이스트 인쇄회로기판은 사용할 때는 물론 수송 보관중에 가해지는 온도, 습도, 진동, 기압, 일사, 유해가스, 잠음 등의 환경 스트레스에 의해서 영향을 받게된다. 이러한 환경조건에서 사용되어지는 인쇄회로기판의 품질 보증을 위해서 장기간 안정되게 사용할 수 있도록 환경조건 (온도, 습도, 전압) 등의 내구 시험을 실시하고 기계적, 열적, 전기적 스트레스를 가한 후의 도통성이나 절연성, 납땜성등의 변화를 조사하여 신뢰성을 확보해야만 한다.

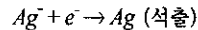
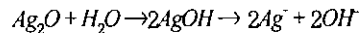
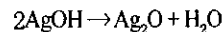
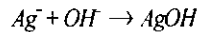
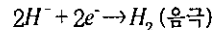
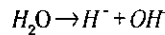
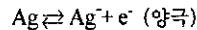
표 3. 신뢰성 시험의 판단 기준

	시험전	시험후	비 고
도통 저항	100mΩ이하/홀	200mΩ이하/홀	1개홀
절연 저항	1.0 $\times$ 10 <sup>8</sup> Ω 이상		홀간
외관 검사	Blistering 및 이물질 없을 것		육안검사

표 4. 인쇄회로기판 금속 자재에 따른 이행성 발생요인 및 환경조건

구 분	절연열화 요인	대표 재료	고장 모드	발생하기 쉬운 조건
1	금속이온 이행성	수지상 운상	은 구리 주석	단락 습도 75%RH 이상, 고온에서 쉬움 고전계에서 쉬움
2	일렉트로 이행성	Void 입자 경계면에 있음	알루미늄	단선 전류밀도 10 <sup>6</sup> A/cm <sup>2</sup> 이상 온도 0.31Tm~0.7Tm (Al 용점 Tm=660℃)
3	스트레스 이행성	Slit Void 입자 경계면에 있음	알루미늄	단선 내부응력·열응력 변형이 일어나는곳 고온방치

특히 실버페이스트인 경우의 고장 메카니즘은 다음과 같은 메카니즘으로 고장이 발생한다.



이와 같이 용출된 금속 이온은 산화 환원을 반복해 나가면서 금속의 수산화물·산화물을 거쳐 금속으로서 석출되는 과정을 반복하여 이동 성장을 한다. 이온 이행성에서 발생형태에 대하여 언급하면, 인쇄배선기판상에 평행된 금속 회로간에 직류 전압을 인가한 경우 수지상으로 금속이 석출된 상태를 덴드라이트라 한다. 이러한 수지상의 형태는 크게 다음과 같이 2종류로 나눌 수 있다. 양극에서 용출된 금속 이온이 음극까지 도달되어 여기에서 전자를 받아 환원 석출되어 양극 쪽을 향해 성장되어 나가는 경우와 양극에서 용출된 금속 이온이 양극 근방에서 환원 석출되어 음극을 향해 성장하는 경우, 또는 양극 근방에서의 pH변화에 의해 수산화물 또는 수산화물로서 석출하는 경우로 분류할 수 있으며, 실버페이스트에서 주로 나타나는 현상이다.

반면, 동도금 제품에 있어서는 유리섬유를 기재로 한 유리-

