

400DPI LED array 구동을 위한 패키지 기술

최성호, 문현찬, 박광범, 김인희
전자부품연구원

Packaging Technology for Driving 400DPI LED Array

S. H. Choi, H. C. Moon, K. B. Park, I. H. Kim
KETI (Korea Electronics Technology Institute)

Abstract - 이동통신단말기 등의 표시소자로 사용되는 LCD(Liquid Crystal Diode)나 LED(Light Emitting Diode)의 표현의 한계를 극복하고 보다 많은 정보를 표시할 수 있는 가상의 화면을 구성하기 위한 400dpi급 LED array 칩과 이를 구동하기 위한 driver 칩을 패키징하는 방법에 대하여 연구하였다. 연성 인쇄회로기판(Flexible Printed Circuit) 기판 위에 칩을 실장하여 제품의 소형화와 경량화 그리고 전선을 대체하여 신뢰성을 높일 수 있도록 설계하였고, 알루미늄 wire bonding법으로 각각의 칩을 연결하는데 있어 고려해야할 패키지의 조건에 대하여 연구하였다. 본 연구의 목적은 휴대용 이동통신단말기의 경박단소화를 위한 패키징 기술을 확보하는데 있다.

1. 서 론

최근 다양한 전자기기가 사무실과 가정까지 보급되고 있는 가운데, 이동통신 시스템을 비롯한 휴대용 전자제품의 개별 부품들은 갈수록 경박단소화 되고, 고기능과 저소비전력 등 그 요구 사항도 점차 다양해지고 있다. 따라서, 저항이나 콘덴서 같은 개별 부품들도 모듈화시키거나 주문형반도체(ASIC)화 하는 추세이며, 보드 및 기판 면적의 최소화를 목적으로 내부전선이나 경성 인쇄회로기판을 사용하던 것을 가볍고 얇은 연성 인쇄회로기판과 같은 기판을 다양한 분야에 적용하고 있는 실정이다. 본 연구에서도 선행 연구에서 사용하던 경성 인쇄회로기판과 내부전선을 연성 인쇄회로기판을 적용시켜 400DPI LED array를 구동시키기 위한 연구를 수행하여 휴대형의 디스플레이에 적용 가능한 패키지 기술을 확보하고자 하였다.

2. 본 론

2.1 연성 인쇄회로기판의 장단점

연성 인쇄회로기판은 Flexible이라는 말이 의미하듯이 굴곡사용이 가능하며 단독으로 3차원 배선을 실현할 수 있다. 이론적으로는 기기내 배선의 대부분을 1매의 연성 인쇄회로기판으로 처리할 수 있다. 커넥터와 전선이 생략되어 인쇄회로기판 자체가 작아지기 때문에 배선에 필요한 공간도 작아지고 전자기기 전체의 소형화 및 경량화에도 크게 기여하고 있다. 또한 연성 인쇄회로기판 위에 미리 많은 부품을 탑재해 놓고서 기기 속으로 삽입하면 기기내의 좁은 공간에서 납땜 등 배선작업이 불필요하게 되어 조립 및 조정에서 쓰이는 원가를 절감할 수 있다. 더욱이 연성 인쇄회로기판은 작은 곡률 반경에서의 반복굴곡에 대해 높은 내구성이 있는데, 이러한 기능을 다른 전선류로 교환하기는 어렵다. 최근의 프린터 헤드류에 사용되는 케이블로는 연성 인쇄회로기판이 압도적으로 많으며 소형 전자식 탁상 계산기와 퍼스컴 등의 프린터는 대부분 연성 인쇄회로기판으로 배선되고 있다.

또한 최신의 회로형성기술은 양산수준에서 회로선폭 100 μ m 정도가 가능하며, 가장 작은 리본형 케이블의 3배 이상의 배선밀도를 얻을 수 있다. 또한, 리본형 케이블은 일정한 pitch로 제작되지만 연성 인쇄회로기판은 회로폭 및 pitch로 자유롭게 할 수 있다. 연성 인쇄회로기판의 또 다른 특징으로는 얇고 가볍다는 것이다. 일반적으로 사용되는 인쇄회로기판은 두께가 1.6mm이며, 얇다는 glass 에폭시(epoxy)재 기판이 0.4*0.6mm 정도이다. 전선도 통상 직경이 1mm 정도가 된다. 한편, 연성 인쇄회로기판의 경우 가장 일반적인 25 μ m 두께의 베이스 필름을 사용한다고 하면 전체 두께는 100~140 μ m 정도이다. 수 g의 차이도 무시할 수 없는 것이 요즘의 휴대 단말기의 추세이고 보면 단순히 인쇄회로기판이 차지하는 공간과 중량이 작아질 뿐 아니라 기기전체가 작아질 수 있기 때문에 연성 인쇄회로기판의 공헌도를 무시할 수 없다고 하겠다. 또한, 전선을 1개씩 납땜하는 것에 비하면 배선의 오류가 없으며 조립공정의 작업량 향상 및 신뢰성 향상에도 큰 몫을 한다.

그러나 연성 인쇄회로기판의 가장 큰 결점이라면 비싸다는 것이다. 소재도 비싸지만 구조가 복잡한 만큼 가공공정이 일반 인쇄회로기판보다 길어서 가공비도 많이 든다. 그리고, 얇고, 굴곡성이 있기 때문에 자동납땜 공정을 적용하기가 곤란하고 기계적 강도도 기존의 인쇄회로기판보다 약하기 때문에 채용에 있어서는 이러한 결점을 보완할 수 있는 대책을 마련하고, 꼭 필요한 부분에만 사용하는 등의 회로 설계부터 신중히 고려해야할 것이다.

앞서 서술했듯이 단순한 가격비교만으로는 연성 인쇄회로기판을 배선재료로 채용하는 것은 결코 유리하다고 할 수 없다. 결과적으로는 연성 인쇄회로기판을 적용할 수밖에 없는 한두 가지의 이유가 있다고 하겠다. 그림 1은 자기헤드와 카메라에 적용된 연성 인쇄회로기판을 나타내고 있다.



(a) HDD의 자기 헤드



(b) 자동카메라

그림 1. 연성 인쇄회로기판이 적용된 제품

2.2 연성 인쇄회로기판의 재료 및 구조

연성 인쇄회로기판은 경성 인쇄회로기판에 비해 베이스필름이 얇고, 연성 인쇄회로기판의 독특한 구조로서 커버레이필름과 보강판이 있다.

연성 인쇄회로기판이 경성 인쇄회로기판과 구조상 크게 구분되는 또 다른 점은 보강판이다. 연성 인쇄회로기판은 얇고 유연한 것이 특징인데 전체가 유연하면 부품을 탑재하거나 커넥터에 삽입되는 부분은 기계적 강도와 강성이 필요하다. 이것을 보완하는 것이 바로 보강판으로서, 보강판의 형태와 재료는 상당히 다양하다.

일반적으로는 경성 인쇄회로기판용의 베이스재료인 종이 페놀과 글라스에폭시 적층판의 동박이 없는 것을 사용하며, 연성 인쇄회로기판에 보강판을 접착하는 것은 대개 수작업으로 이루어진다.

그림 2는 본 연구에서 적용한 양면 throughhole 구조 연성 인쇄회로기판의 단면도이다. 단면구조 연성 인쇄회로기판과 기본적으로 다른 점은 베이스필름 양측에 도체층이 있는 것과 throughhole 도금이 되어 있는 것이다.

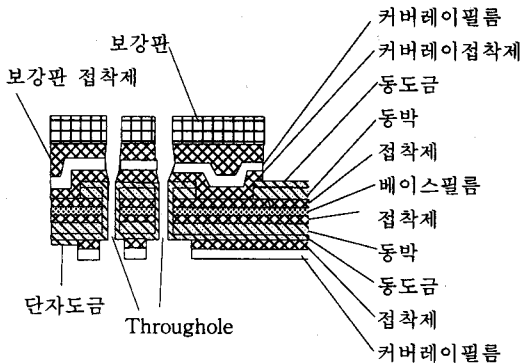


그림 2. 양면 Throughhole 구조 연성 인쇄회로기판

연성 인쇄회로기판의 베이스에 사용되는 소재로는 각종 재료가 제안되고 있는데 그중 실용화되어 양산되고 있는 것은 폴리이미드(PI), 폴리에스테르(PET), 또한 두께 0.2mm 이하의 글라스에폭시(GE)의 3종류이다.

폴리이미드 필름은 납땀에 잘 견디는 우수한 내열성을 갖고 있기 때문에 연성 인쇄회로기판의 베이스재료로서 가장 범용성이 있으며 대부분의 용도에서 사용되고 있다. 높은 흡습성이 결점으로 납땀과 크기 안정성에 다소 문제가 있다.

폴리에스테르필름은 내열성과 난연성을 제외하면, 대단히 안정되고 균형적인 특성을 갖고 있으며 또한 저렴하다. 따라서 납땀이 불필요하고 난연성에 대한 요구가 적은 제품에는 대량으로 사용된다.

글라스에폭시는 이미 경성 인쇄회로기판용으로서 많은 실적이 있고 취급이 간단하며 그 특성도 다양하다. 한편, 내열성이 약한 결점이 있으며 큰 곡률 각도의 부분이나 반복굴곡이 있는 부분에는 사용할 수 없다.

커버레이 필름에는 보통 베이스재료와 같은 재질의 필름이 사용된다. 가격저하를 목적으로 폴리이미드 베이스에 폴리에스테르의 커버레이를 적층하기도 한다. 글라스에폭시 베이스의 연성 인쇄회로기판에 커버레이 필름을 적층하는 것은 의미가 없기 때문에 사용되지 않으며 회로표면의 보호층으로는 솔더레지스트 인쇄 뿐이다. 연성 인쇄회로기판의 솔더레지스트로 사용되는 잉크에는 유연성이 요구되는데 경성 인쇄회로기판용 잉크는 그대로 사용할 수 없기 때문에 연성 인쇄회로기판용 잉크로 해야 한다.

연성 인쇄회로기판 자체로는 기계적 강도가 불충분하여 부분적으로 경도를 크게 하기 위해 보강판을 접착한

다. 보강판에 쓰이는 재료에는 보통 경성 인쇄회로기판용 기재 외에 폴리이미드, 폴리에스테르 등이 일반적이다. 사용목적에 따라 기계적 강도, 난연성 등을 고려해 선정하도록 한다. 보강판으로 쓰이는 재료의 특징을 표 4에 나타냈다. 보강판과 연성 인쇄회로기판을 접착하는 접착제에도 주의가 필요하다. 접착제는 보통 필름상태로서 감압성 접착제와 열경화성 접착제의 2종류로 나눌 수 있다.

2.3 400dpi LED 및 구동 칩용 연성 인쇄회로기판 설계 및 제작

연성 인쇄회로기판을 제작하기에 앞서 먼저 해야 할 것은 기본적인 회로의 설계이며, 그 다음으로 형상의 설계를 하게된다. 먼저 기기의 형상과 크기를 정하고 기능상 중요한 부품의 배치도 우선적으로 정해야 한다. 케이스에 장착하기 위한 칩의 위치와 커넥터와 터미널 등의 위치를 고려하여 설계를 해야 한다. 칩의 위치가 결정되면 칩 상의 pad와 연성 인쇄회로기판상의 pad의 간격은 2.5mm미만으로 설계하여야 한다. 단자부의 금도금 두께는 0.05 μ m 이상으로 제작하면 후속 공정에 무리가 없다.

본 연구에서 제작한 연성 인쇄회로기판의 도면을 그림 3에 나타냈다. 연성 인쇄회로기판을 제작하기 위해 설계시 고려한 것은 양면 동박을 사용하기 위한 throughhole의 직경과 land부의 크기, 배선의 폭과 간격, 단자부의 폭과 간격, LED 및 구동 칩의 위치와 후속되는 칩 실장 및 wire bonding을 위한 거리와 배선의 간격과 폭, pad 위치와 크기, 칩 보호용 투명 cap 위치 등이었다. 배선의 폭과 간격은 200 μ m로 하였고, throughhole의 직경은 400 μ m로 설계하였다. 회로의 구성을 위해 양면 동박막이 있는 폴리이미드계를 기본으로 하였고, 두께는 25 μ m(1mil, 1OzED)를 사용하였다. 커버레이 필름은 두께 25 μ m의 폴리이미드를 사용하였다. 커버레이의 접착제는 가스성의 glass epoxy로 두께는 대략 30 μ m로 하였다. 칩을 부착할 부위와 단자부위의 뒷면에 보강판을 부착하였는데, 보강판의 재질은 폴리에스테르(PET, 3M 467)였으며, 두께는 500 μ m로 하였고, 접착제는 glass epoxy를 사용하였다. 칩의 접지와 회로 연결을 위해 단자 및 칩 주변에는 금도금 처리를 하였으며, 두께는 대략 0.1 μ m로 하였다.

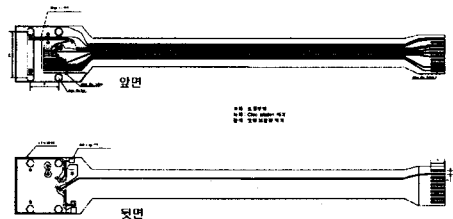


그림 3. 400DPI용 연성 인쇄회로기판 설계 도면

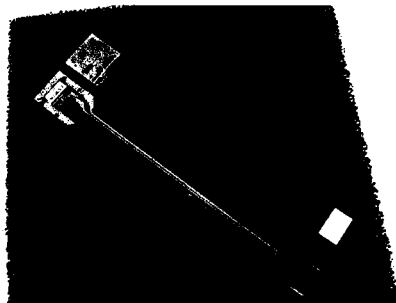


그림 4. 400DPI용 연성 인쇄회로기판 시제품

그림 4는 본 연구를 통해 제작한 연성 인쇄회로기판의 전면과 후면의 사진이다. 그림 5는 제작한 연성 인쇄회로기판 위에 LED 칩과 구동 칩을 부착한 후 알루미늄 wire로 칩과 연성 인쇄회로기판의 pad를 연결시킨 다음 칩을 보호하기 위한 투명 플라스틱 cap을 부착시킨 사진을 나타낸 것이다.

보강판의 재질과 두께 그리고 집착제의 종류가 자동 wire bonding에 있어서 문제를 발생하였는데 본 연구에서 적용한 폴리에스터가 얇고 연해 열접착과정에서 휘어 wire bonding시 텀이 튀는 현상이 발생하여 부분적으로 불량률이 발생하였으며, 한편으로 보강판 집착시 폴리이미드 필름과 보강판사이의 기포도 문제가 되었던 것으로 생각되며, 보강판이 휘면 칩 실장시 문제가 될 수 있다. 문제가 된 보강판을 폴리에스터에서 글라스에폭시로 바꿔 평탄도를 유지할 수 있었으며, wire bonding시 발생하는 불량을 제거할 수 있었다.

그림 6은 제작한 연성 인쇄회로기판 위에 부착된 LED array 부분과 driver IC 부분에 알루미늄 wedge bonding이 이루어진 부분을 확대한 SEM 사진을 나타낸 것으로 규칙적으로 wire bonding이 잘 이루어졌음을 확인할 수 있다. LED array와 driver IC는 Ag paste를 이용하여 연성 인쇄회로기판 상에 die attach시켰으며, 최종 bonding 되어진 wire 간격은 64 μ m 간격을 이루고 있다.

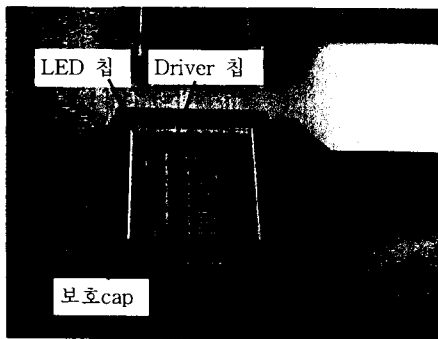


그림 5. 칩을 실장 후 보호 cap을 부착한 모습

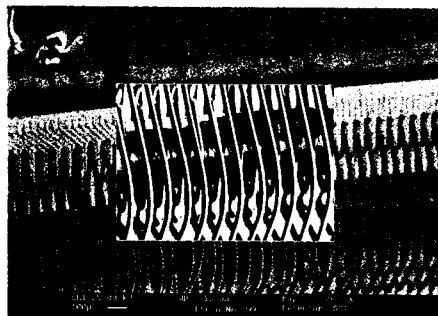


그림 6. Driver IC 부분의 wire bonding 사진

그림 5에서처럼 조립된 LED array 모듈은 발광 평가 시험기를 이용하여 제작된 LED array의 모든 발광원이 정상적으로 발광이 이루어지는지를 평가하게 된다. 그림 7은 각 발광원에 전원을 공급하여 모든 발광원을 동작시켜 발광시킨 사진을 나타낸 것이다. 발광원은 모두 정상적으로 발광됨을 확인할 수 있다.

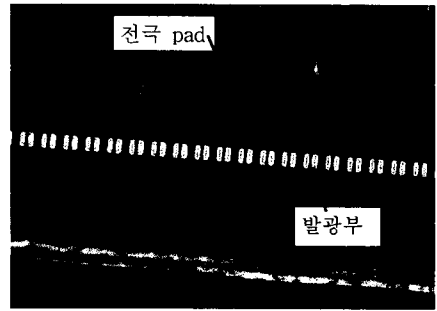


그림 7. LED array 발광부 부분 사진

3. 결 론

본 연구개발은 표시소자를 구성하는 광원 LED array 패키지 모듈을 제작하는 것으로 앞서 내용에서와 같이 연성 인쇄회로기판을 설계 제작하였으며, 제작된 연성 인쇄회로기판 상에 고밀도 LED array와 Driver IC를 실장하고 wedge wire bonding을 함으로 LED array module을 제작할 수 있었다. 제작된 LED array module의 발광 특성을 확인한 결과 연구개발에서 시제품으로 제작된 LED array module의 LED array 발광은 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

이와 같은 결과를 바탕으로 보다 소형화된 표시소자에서 line 이미지를 구현할 수 있는 고밀도 LED array 기술개발이 이루어졌으며, 향후 보다 향상된 고밀도 LED array 모듈을 제작 및 응용함으로써 보다 높은 해상도의 마이크로 디스플레이 소자와 이를 이용한 기타 OA 기기 및 display 분야에서 많은 응용이 기대되어진다.

[참 고 문 헌]

- [1] 沼倉研史, "플렉시블기판의 기능설계", 電子資料社, p.14, 1990
- [2] 문현찬, "이동통신 단말기용 scanned linear array 개발" 보고서, 1998
- [3] 최영규, "인쇄회로설계기초", 홍릉과학출판사, p.13, 1998
- [4] Jack Lexin, "Meeting the challenges of flexible circuits", Printed Circuit Design, Vol.9, No.7, 1992
- [5] Jack Lexin, "Comparison of printed flexible circuitry and traditional cabling", Interconnection Technology, 1992