

다이오드 레이저를 이용한 이방 전도성 필름(ACF) 접합

류광현*, 서명희*, 남기중*, 곽노홍**

*고등기술연구원, **㈜젯텍,

초록

디스플레이 모듈에서 hot plate를 이용한 이방 전도성 필름(ACF: Anisotropic Conductive Film) 접합의 공정을 고출력 다이오드 레이저를 이용한 공정으로 대체하였다. 다이오드 레이저를 이용한 ACF 접합은 공정 시간을 기존보다 줄일 수 있으며 평탄도 및 응용성에 있어서 hot plate 공정보다 뛰어나다. 또한 다양한 샘플에도 지그 및 레이저 광의 자유로운 변형으로 응용성이 매우 뛰어나다. 에너지 분포가 고른 선광을 이용하여 ACF 접합을 수행하였다. 레이저 에너지 밀도 100 W/cm², 압력 20 kg, 레이저 조사시간 4초 이상에서 800 gf/cm 이상의 인장력을 얻을 수 있었고 기존의 공정 시간을 두 배 이상 단축하였다.

1. 서론

디스플레이 모듈에서 ACF를 이용한 접합은 TAB(Tape Automated Bonding) 접합, COF(Chip on Film) 접합, COG(Chip on Glass) 접합 등이 있다[1-3]. 그림 1에 ACF 접합의 종류를 나타내었다.

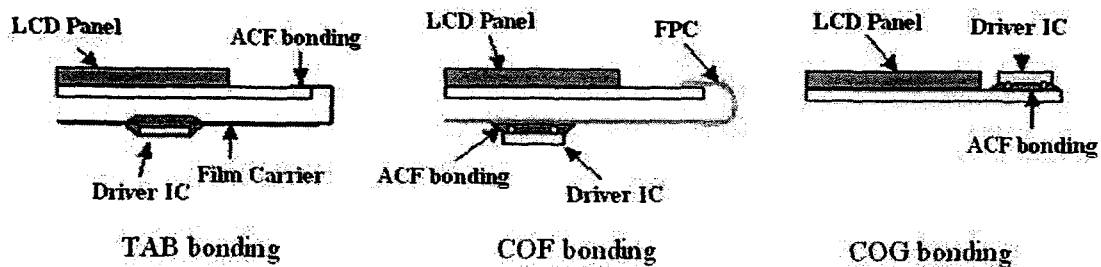


그림 1. ACF를 이용한 접합의 종류

TAB 접합은 필름 위에 IC를 내장한 TCP(Tape Carrier Package)를 유리 기판에 접합하는 공정이다. IC 실장 공정이 제외되어 모듈 공정이 단순한 것이 특징이고 현재 일반적인 4-gray graphic LCD에도 적용되고 있으며 칼라 모듈 이전의 모듈에는 가격 경쟁력이 있는 방식 중의 하나이다. COF 접합은 40 μm 두께의 필름 상태의 미세 회로 기판에 LCD drive IC를 접합하는 공정으로 통신 휴대 단말기의 소형 경량화에 대응할 수 있는 최신의 실장 방식이다. 그러나 기판이 얇은 필름이기 때문에 필름의 패턴과 driver IC의 패턴을 정렬하기가 쉽지 않다. COG

접합은 LCD 패널 위에 직접 LCD drive IC 를 접합하는 방식으로 기구의 단순화가 가능하여 각종 표시 장치에 적용되었으나 최근에는 초소형, 단순표시 및 AMOLED 디스플레이에 주로 사용되고 있다. 이러한 LCD 모듈에서의 ACF 접합은 현재 hot plate 를 이용하고 있다. 하지만 hot plate ACF 접합은 압력을 전달해주는 plate 의 열팽창으로 인해 압력에 불균형을 초래할 수 있으며 hot plate 의 온도가 ACF 열경화(curing) 온도까지 전달되는 시간이 길어 공정 시간이 증가한다. 그러나 레이저를 이용한 ACF 접합에서는 유리창으로 압력을 전달하기 때문에 평탄도가 좋으며 ACF의 열경화 온도까지 수초 이내에 상승이 가능하여 공정 시간을 단축시킬 수 있다.

2. 실험 방법

그림 2 는 레이저를 이용한 ACF 접합 중 TAB 접합에 대한 실험 개략도이다. 실험에 사용된 다이오드 레이저의 파장은 808 nm 이다. 다이오드 모듈에서 나온 레이저 광은 광학시스템에 의해 선 광으로 바뀌며 선 광의 길이는 샘플의 길이에 맞게 조절이 가능하다. 샘플을 진공으로 고정시킨 후 비전 장비를 이용하여 ITO 패턴과 TCP bump 패턴을 정렬 한 다음 유리창을 이용하여 요구하는 압력을 가해준다. 그 후 레이저를 조사하면 각 샘플 층에서 레이저 에너지의 흡수가 일어나 온도가 상승하여 접합이 된다.

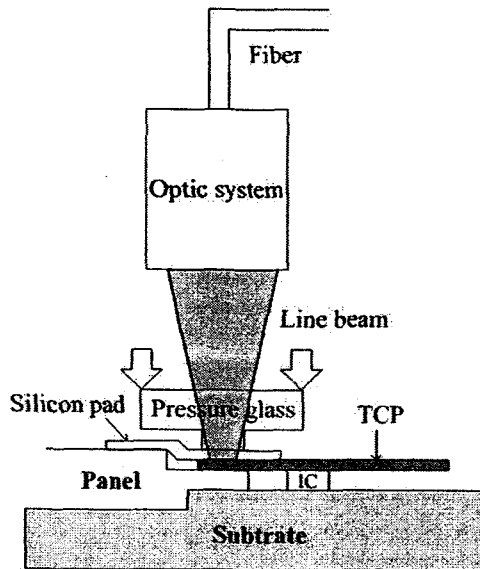


그림 2. 다이오드 레이저를 이용한 TAB 접합 시스템 개략도

3. 실험결과 및 고찰

레이저를 이용한 ACF 접합의 주요 조건은 레이저의 에너지 밀도(power density), 레이저의 조사 시간 및 압력이다. 레이저 에너지 밀도와 조사 시간은 hot plate 에서의 온도와 같은 역할을 한다. 에너지 밀도가 높으면 샘플에서의 에너지 흡수가 많아 온도가 빠르게 증가하고 또한 조사 시간이 길어도 많은 에너지를 흡수할 수 있기 때문에 공정 시간을 단축시킬 수 있다.

하지만 너무 높은 에너지 밀도는 샘플의 손상을 입힐 수 있기 때문에 조사 시간과 균형을 맞추어 최적의 공정 조건을 찾아야 한다. 압력은 ACF의 종류에 따라 입력 값이 다르기 때문에 ACF의 종류에 맞게 가해준다.

그림 3은 각각의 레이저 에너지 밀도에서 조사 시간에 대한 인장력을 측정한 그래프이다. 일반적으로 hot plate ACF 접합에서는 10초 이상의 접합 시간과 800 gf/cm 이상의 인장력을 요구하고 있다. 하지만 레이저를 이용한 ACF 접합에서는 4초 이상의 조사 시간 동안 모든 에너지 밀도에서 800 gf/cm 이상의 인장력이 측정되었으며 80W/cm²의 에너지 밀도인 경우에는 2초의 조사 시간에서도 800 gf/cm 이상의 인장력이 측정되었다. 이 모든 경우에서 샘플의 손상은 일어나지 않았다. 따라서 레이저를 이용한 ACF 접합이 공정시간 단축이 가능함을 확인할 수 있다.

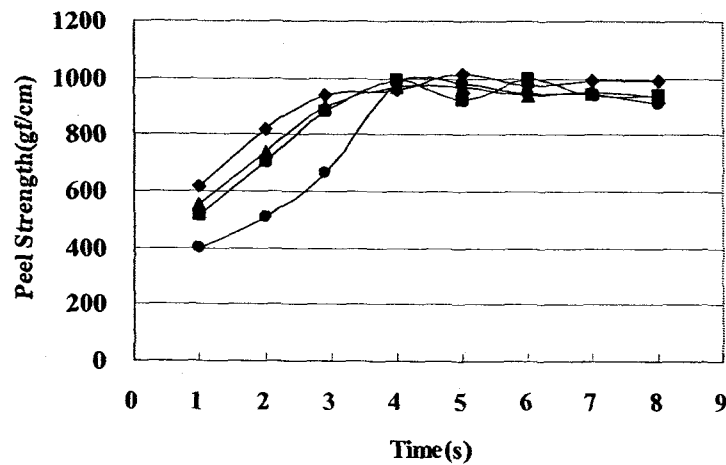


그림 3. 각각의 레이저 에너지 밀도에서 레이저 조사시간에 대한 인장력 그래프; 레이저 에너지 밀도: (●) 61W/cm², (■) 70W/cm², (▲) 79W/cm² and (◆) 80W/cm², 압력: 30 kg.

또한 레이저 ACF 접합은 열팽창에 대해서도 hot plate ACF 접합보다 우수하다. TCP의 기판 필름은 폴리이미드(Polyimide) 필름으로 200℃에서 약 0.1%의 열팽창을 한다. 그렇기 때문에 TCP의 bump 패턴을 제작할 때 열팽창을 고려하여 ITO 패턴보다 간격을 작게 만든다. 그래서 너무 많은 열이 전달되면 TCP의 열팽창이 증가하여 ITO 패턴과 정렬이 맞지 않을 수 있다. 그런데 hot plate ACF 접합은 ACF를 열경화 온도까지 상승시키는데 TCP를 통하여 열을 전달한다 따라서 많은 열이 TCP에 직접 전달되어 열팽창이 많이 발생하게 되고 부정확한 정렬이 발생할 확률이 증가하게 된다. 하지만 레이저 ACF 접합은 레이저 광이 ACF 층에서 가장 많은 에너지를 흡수하기 때문에 TCP에 직접 많은 열이 전달되지 않아 열팽창이 많이 일어나지 않는다.

그림 4는 hot plate ACF 접합과 레이저 ACF 접합의 열팽창을 비교한 것이다. Hot plate ACF 접합은 TCP의 좌측으로 70 μm, 우측으로 73 μm를 팽창하여 0.47%의 팽창률을 나타내고 있어 TCP에 열이 많이 전달되었음을 알 수 있다. 또한 bump 패턴이 많이 팽창하여 ITO 패턴보다 더 밀려 나가 정렬 오차의 가능성이 높다. 하지만 레이저 ACF 접합은 TCP의 좌측으로 17 μm, 우측으로 17 μm를 팽창하여 0.11%의 팽창률을 나타내고 있어 hot plate ACF 접합보다 적게 TCP에 열이 전달되었음을 알 수 있다.

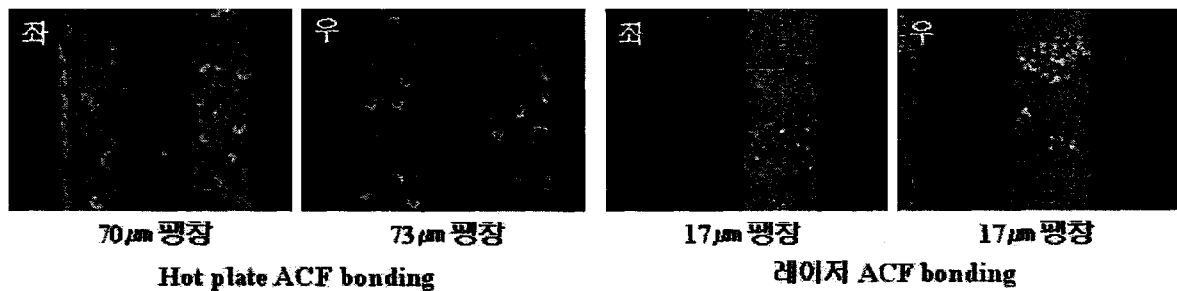


그림 4. Hot plate ACF 접합과 레이저 ACF 접합의 열팽창 비교; Hot plate 공정 조건: 온도: 180 ℃, 시간: 15 초, 압력: 30 kg, 레이저 공정 조건: 에너지 밀도: 80W/cm², 시간: 5 초, 압력: 30 kg

4. 결론

본 연구에서는 LCD 모듈에서의 ACF 접합 공정을 레이저를 이용하여 수행하였다. 레이저를 이용한 ACF 접합이 ACF를 열경화 온도까지 빠르게 상승시켜 공정 시간이 기존의 hot plate ACF 접합보다 두 배 이상 단축되고 또한 열에 의한 팽창에 대해서도 hot plate ACF 접합보다 우수함을 확인하였다. 그리고 TAB 접합 뿐만 아니라 COG 접합도 가능함을 확인하였으며 COF 접합에도 적용할 예정이다. 이러한 공정은 현재 국내외에 신 공정 기술로서 인정을 받고 있으며 자동화 장비로서도 개발되었다. 또한 디스플레이 공정에 정밀 제어가 가능한 레이저를 도입함으로써 대외 경쟁력 강화와 기업의 이익 증가의 효과에 기여할 수 있을 것이다.

후기

본 연구는 청정생산기술 개발보급사업 지원으로 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] M.J. Yim and K.W. Paik, "The contact resistance and reliability of anisotropically conductive film", IEEE Transactions on Advanced Packaging, vol. 22 (1999)
- [2] J.Y. Kim, E.R. Kim and D.W. Ihm, "Anisotropic Conductive Film(ACF) prepared from epoxy-rubber resins and its fabrication and reliability for LCD", Journal of Information Display, vol. 4 (2003)
- [3] K. Matsuda and I. Watanabe, "Recent progress toward anisotropic conductive films in flat panel display and semiconductor packaging applications", IEEE Proceeding of HDP'04
- [4] G.J. Nam, M.H. Seo, Y.S. Hong, S.W. Moon, K.H. Ryu, N.I. Kwon and N.H. Kwak, "High power diode laser bonding process between tape-carrier package and a glass panel with anisotropic conductive film", SPIE, Vol 5662, pp319(2004)