

# 다이오드레이저를 이용한 디스플레이 모듈 내 이방성 전도 필름(ACF) 접합 기술에 관한 연구

## Study on a New ACF Bonding Methods in FPD Module Using a High Power Diode Laser

고등기술연구원 레이저초정밀공정팀 류광현, 서명희, 남기중  
(주)젯텍 곽노홍

### I. 서론

디스플레이 모듈에서 이방성 전도 필름을 이용한 접합은 TAB(Tape Automated Bonding) 접합, COF(Chip on Film) 접합, COG(Chip on Glass) 접합 등이 있다[1~3]. 그림 1에 이방성 전도 필름 접합의 종류를 나타내었다

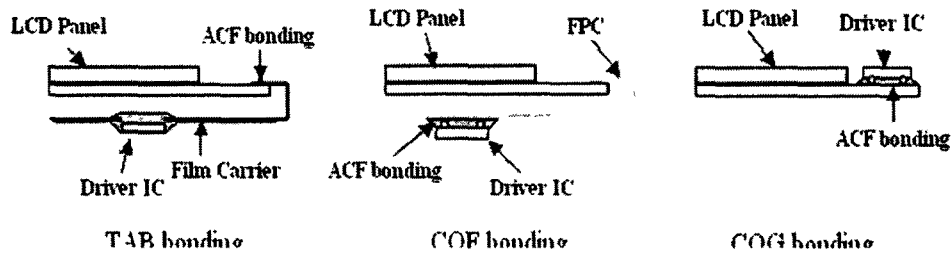


그림 1 이방성 전도 필름을 이용한 접합의 종류

TAB 접합은 필름 위에 IC를 내장한 TCP(Tape Carrier Package)를 디스플레이 패널에 접합하는 공정이다 IC 실장 공정이 제외되어 모듈 공정이 단순한 것이 특징이고 현재 일반적인 4-gray 그래픽 LCD에도 적용되고 있으며 칼라 모듈 이전의 모듈에는 가격 경쟁력이 있는 방식 중의 하나이다 COF 접합은 40 $\mu$ m 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 IC를 접합하는 방식으로 기구의 단순화가 가능하여 각종 표시 장치에 적용되었으나 최근에는 초소형, 단순표시 및 AMOLED 디스플레이에 주로 사용되고 있다. 이러한 LCD 모듈에서의 이방성 전도 필름 접합은 현재 hot plate를 이용하고 있다 하지만 hot plate를 이용한 이방성 전도 필름 접합은 압력을 전달해주는 plate의 열팽창으로 인해 압력에 불균형을 초래할 수 있으며 hot plate의 온도가 이방성 전도 필름의 경화 온도까지 전달되는 시간이 길어 공정 시간이 증가한다

본 연구에서는 디스플레이 모듈에서 hot plate를 이용한 이방 전도성 필름 접합의 공정을 고효율 다이오드 레이저를 이용한 공정으로 대체하였다 다이오드 레이저를 이용한 이방성 전도 필름 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 이방성 전도 필름 접합을 수행하였다

TAB 접합에서 레이저 에너지 밀도 100 W/cm<sup>2</sup>, 압력 20 kg, 레이저 조사시간 4초 이상에서 800 gf/cm<sup>2</sup> 이상의 인장력을 얻을 수 있었고 기존의 공정 시간을 두 배 이상 단축하였다 또한 COG 접합도 같은 방법으로 수행하였다

## II. 이방성 전도 필름 접합 모델링

이방성 전도 필름 접합 모델링은 샘플 각 층의 온도변화를 알아보기 위해 수행하였다 이방성 전도 필름 접합에서는 접합 수지의 경화 정도가 TCP와 ITO 유리 사이의 인장력을 결정하기 때문에 매우 중요하다 이방성 전도 필름의 온도를 경화온도까지 충분히 올려주어야 수지가 완전히 경화되어 높은 인장력을 얻을 수 있기 때문이다 다이오드 레이저를 이용한 접합에서는 온도를 직접 측정하기가 쉽지 않다 레이저의 특성상 샘플을 레이저 광이 투과하기 때문에 온도센서에 레이저가 직접 조사 되어 온도가 왜곡시키므로 정확한 온도를 측정할 수 없다 그렇기 때문에 모델링을 사용하여 이방성 전도 필름의 온도변화를 예측해 보았다 경계 조건과 형태적 특성상 폭 방향과 길이 방향에 따른 온도의 변화는 크지 않을 것이므로 두께 방향의 열 전달 및 온도 변화에 초점을 맞춘 해석 모델을 구성하여 유한 요소 해석을 수행하였다 특히, 두께 방향으로 서로 다른 형태와 물성을 가진 폴리이미드 필름, 구리, 이방성 전도 필름, ITO, 유리 등이 적층되어 있으며 모델에 표현되었다 상대적으로 매우 얇은 층을 갖고 있어 유한요소 모델링에 표현하기 다소 어려움이 따르는 ITO는 해석 모델에서 생략되었다 해석을 위하여 유한요소 상용 소프트웨어인 Abaqus v6.2를 이용하였다.

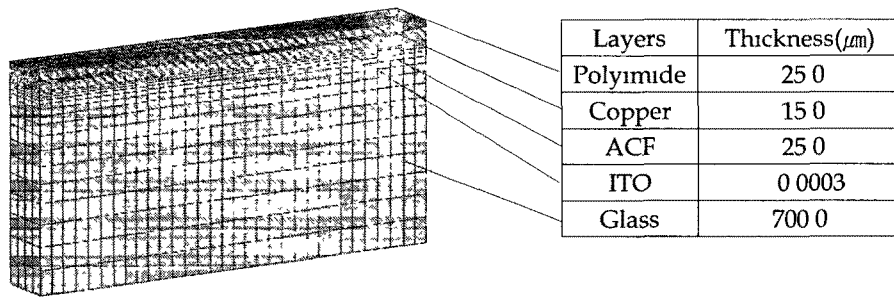


그림 2 각 구성 요소에 대한 형태 및 두께

표 1 각 샘플 층별 물성 특성

Material Unit	Conductivity (W/mK)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Specific heat (J/kg K)
Polyimide	0.16	1.42	1090.0
Copper	260.00	8.90	390.0
ACF	3.60	2.30	1400.0
ITO	8.70	7.14	233.0
Glass	1.70	2.54	840.0

이방성 전도 필름 접합의 모델링은 레이저 출력을 변화하여 접합 필름의 온도가 어떻게 변화되는지에 대하여 알아보았다. 레이저출력을 각  $100\text{W}/\text{cm}^2$ ,  $200\text{W}/\text{cm}^2$ ,  $300\text{W}/\text{cm}^2$ ,  $400\text{W}/\text{cm}^2$ 으로 유지하였을 때, 접합 필름 층에서 나타나는 레이저 조사 시간에 따른 온도의 변화는 그림 3과 같다 초기에는 상대적으로 급격한 온도 변화를 나타내며, 일정 시간이 지난 후, 거의 선형적인 증가를 보인다 접합 필름의 경화 온도인  $180^\circ\text{C}$ 까지 도달하는 시간은 레이저 출력이  $100\text{W}/\text{cm}^2$ 경우 약 1.36초,  $200\text{W}/\text{cm}^2$ ,  $300\text{W}/\text{cm}^2$ ,  $400\text{W}/\text{cm}^2$ 의 경우 각 0.57초, 0.32초, 0.2초로 레이저 출력이 증가할수록 온도 도달 시간은 감소하게 된다.

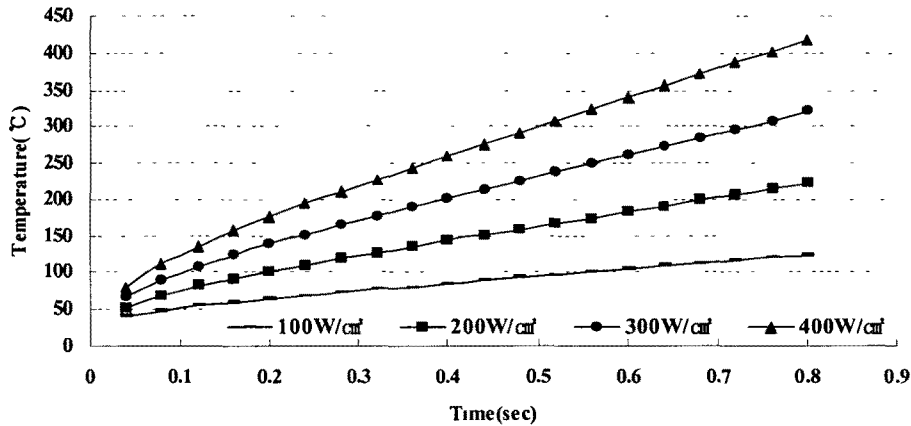


그림 3 각 레이저 출력에서 조사 시간에 대한 이방성 전도 필름의 온도 변화

TCP 층의 두께가 이방성 전도 필름의 온도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 TCP 층의 두께가  $25\mu\text{m}$ ,  $50\mu\text{m}$ 인 해석 모델을 구성하여 그 온도 변화를 측정하였다. 레이저 입력 출력은 동일한 값인  $100\text{W}/\text{cm}^2$ 으로 유지하였고, 조사 시간의 변화에 따른 이방성 전도 필름 층의 온도 변화에 대하여 계산한 결과 접합 필름 층의 온도 차이는 최대  $3^\circ\text{C}$  미만의 작은 값으로 나타났다. 또한 bump 층을 구성하고 있는 물성을 Au와 Cu로 변경시켜 전체 모델과 이방성 전도 필름 층의 온도 변화에 미치는 영향을 예측하여 보았다 레이저 입력 출력을  $200\text{W}/\text{cm}^2$ 로 부여한 후 해석한 결과 bump 층의 물성에 변화에 대한 이방성 전도 필름 층의 온도차는 최대  $1^\circ\text{C}$  내외로 매우 미미하였다

이러한 이방성 전도 필름 접합의 모델링 결과 TCP 두께 변화와 bump를 구성하는 물성은 이방성 전도 필름의 온도 변화에 미치는 영향은 크지 않을 것으로 예상되며 이방성 전도 필름의 온도는 레이저 출력과 조사 시간에 의해 영향을 받게 됨을 알 수 있다

### III. 실험방법

그림 4는 레이저를 이용한 이방성 전도 필름 접합 중 TAB 접합에 대한 실험 개략도이다. 다이오드 모듈에서 나온 레이저 광은 광학시스템에 의해 선 광으로 바뀌며 선 광의 길이는 샘플의 길이에 맞게 조절이 가능하다 샘플을 진공으로 고정 시킨 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 COG 접합의 실험 방법도 TAB 방법과 유사하다

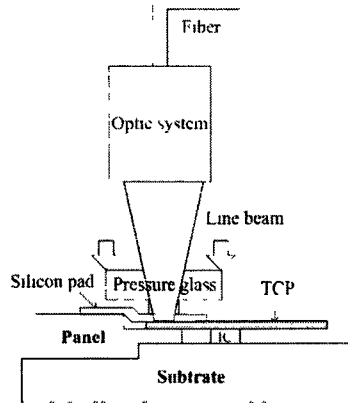


그림 4 다이오드 레이저를 이용한 TAB 접합 시스템 개략도

#### IV. 결과 및 고찰

레이저를 이용한 이방성 전도 필름 접합의 주요 공정 조건은 레이저 출력(power density), 레이저의 조사 시간 및 압력이다. 레이저의 출력과 조사 시간은 hot plate에서의 온도와 같은 역할을 한다. 레이저 출력이 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 레이저 출력은 샘플의 손상을 입힐 수 있기 때문에 조사 시간과 균형을 맞추어 최적의 공정 조건을 찾아야 한다. 압력은 이방성 전도 필름의 종류에 따라 입력 값이 다르기 때문에 접합 필름의 종류에 맞게 전달해 준다.

그림 5는 각각의 레이저 출력에서 조사 시간에 대한 인장력을 측정한 그래프이다. 일반적으로 hot plate 접합에서는 10초 이상의 접합 시간과 800 gf/cm 이상의 인장력을 요구하고 있다. 하지만 레이저를 이용한 이방성 전도 필름 접합에서는 4초 이상의 조사 시간 동안 모든 레이저 출력에서 800 gf/cm 이상의 인장력이 측정되었으며 80W/cm<sup>2</sup>의 레이저 출력인 경우에는 2초의 조사 시간에서도 800 gf/cm 이상의 인장력이 측정되었다. 이 모든 경우에서 샘플의 손상은 일어나지 않았다. 따라서 레이저를 이용한 이방성 전도 필름 접합이 공정시간 단축이 가능함을 확인할 수 있다.

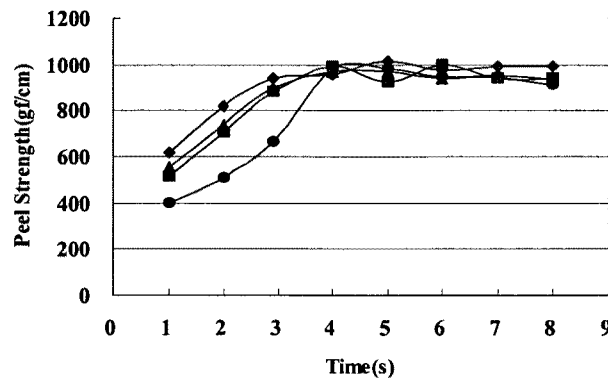


그림 5 각각의 레이저 출력에서 레이저 조사시간에 대한 인장력 그래프 레이저 출력 : (●) 61W/cm<sup>2</sup>, (■) 70W/cm<sup>2</sup>, (▲) 79W/cm<sup>2</sup> and (◆) 80W/cm<sup>2</sup>, 압력 30 kg

또한 레이저를 이용한 이방성 전도 필름 접합은 열팽창에 대해서도 hot plate 접합보다 우수하다 TCP의 기판 필름은 폴리이미드 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 접합은 이방성 전도 필름을 경화 온도까지 상승시키는데 TCP를 통하여 열을 전달한다 따라서 많은 열이 TCP에 직접 전달되어 열팽창이 많이 발생하게 되고 부정확한 정렬이 발생할 확률이 증가하게 된다 하지만 레이저를 이용한 이방성 전도 필름 접합은 레이저 광이 이방성 전도 필름 층에서 가장 많은 에너지를 흡수하기 때문에 TCP에 직접 많은 열이 전달되지 않아 열팽창이 많이 일어나지 않는다.

그림 6은 hot plate 접합과 레이저 접합의 열팽창을 비교한 것이다 Hot plate 접합은 TCP의 좌측으로 70 μm, 우측으로 73μm를 팽창하여 0.47%의 팽창률을 나타내고 있어 TCP에 열이 많이 전달되었음을 알 수 있다 또한 bump패턴이 많이 팽창하여 ITO 패턴보다 더 밀려 나가 정렬 오차의 가능성이 높다. 하지만 레이저를 이용한 접합은 TCP의 좌측으로 17 μm, 우측으로 17μm를 팽창하여 0.11%의 팽창률을 나타내고 있어 hot plate 접합보다 적게 TCP에 열이 전달되었음을 알 수 있다.

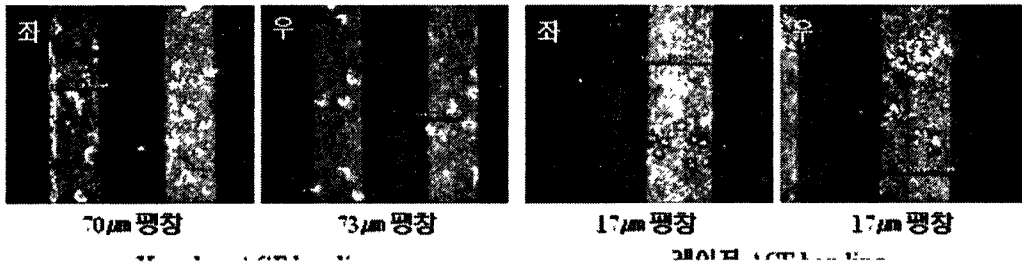


그림 6. Hot plate 접합과 레이저 접합의 열팽창 비교 Hot plate 공정 조건: 온도 180 ℃, 시간: 15초, 압력 30 kg, 레이저 공정 조건: 레이저 출력: 80W/cm<sup>2</sup>, 시간: 5초, 압력: 30 kg

COG 접합은 유리 패널위에 직접 IC 칩을 접합하는 것이다. TAB 접합과 달리 IC 칩이 면적으로 접합되기 때문에 인장력이 TAB 접합에 비해 상당히 크다 또한 COG 접합은 IC 칩의 패턴이 40μm 정도이기 때문에 정밀성이 요구된다 Hot plate의 COG 접합 공정은 hot plate가 IC 칩을 눌러 이방성 전도 필름에 열을 전달하게 된다. 그렇기 때문에 IC 칩의 열적 손상이 올 수 있으며 정렬이 흐트러지기 쉽다. 하지만 레이저를 이용한 접합 방법은 유리 패널을 통해 레이저가 조사되어 접합 필름에서 직접 흡수하기 때문에 IC 칩의 열적 손상을 방지 할 수 있으며 TAB 접합과 같은 방법인 유리로 압력을 전달하기 때문에 평탄도 유지에 유리하다. 그림 7은 레이저 출력에 대한 COG 접합의 인장력 측정 결과이다. 레이저를 이용한 COG 접합 실험 결과 기존의 hot plate 접합 보다 빠른 공정시간에 높은 인장력이 측정됨을 알 수 있다. COG의 경우는 인장력의 값이 크기 때문에 단위를 g 이 아닌 N 을 사용한다 150W/cm<sup>2</sup>의 레이저 출력인 경우 1초에 100N/cm이상의 인장력이 측정되며 조사시간이 증가할수록 인장력의 값이 급격히 상승한다 이러한 결과를 바탕으로 레이저를 이용한 이방성 전도 필름의 접합은 기존의 공정보다 공정시간을 단축시킬 수 있으며 평탄도 또한 우수함을 확인하였다.

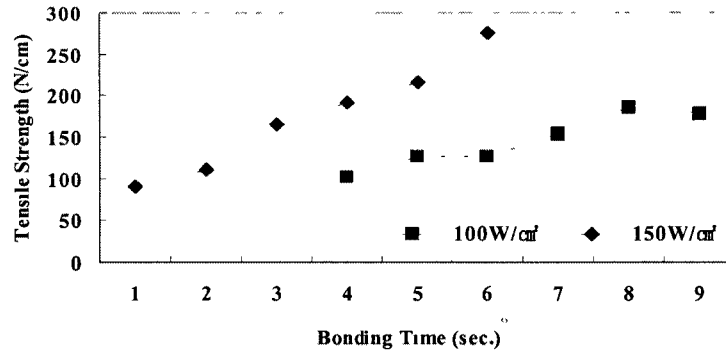


그림 7 레이저를 이용한 COG 접합의 인장력 측정 결과

## V. 결론

본 연구에서는 LCD 모듈에서의 이방성 전도 필름 접합 공정을 레이저를 이용하여 수행하였다. 레이저를 이용한 이방성 전도 필름 접합이 접합 필름의 경화 온도까지 빠르게 상승시켜 공정 시간이 기존의 hot plate 접합보다 두 배 이상 단축되고 또한 열에 의한 팽창에 대해서도 hot plate 접합보다 우수함을 확인하였다. 그리고 TAB 접합뿐만 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

## VI. 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, ER 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 GJ Nam, MH Seo, YS Hong, S.W Moon, KH Ryu, NI Kwon and NH Kwak High power diode laser bonding process between tape-carrier package and a glass panel with anisotropic conductive film, SPIE, Vol 5662, pp319(2004)