

UV DPSS laser 를 이용한 FPCB 의 가공특성에 대한 연구 Study of Machining Properties about FPCB with using UV DPSS Laser

*#배한성¹, 최지훈¹, 류광현¹, 남기중¹

*#H. S. Bae(baehs@jettech.co.kr)¹, J. H. Choi¹, G. H. Ryu¹, G. J. Nam¹
¹ (주) 젯텍

Key words : UV DPSS 레이저, FPCB, 폴리이미드(PI), CCL, 커팅(Cutting)

1. 서론

연성인쇄회로기판(Flexible Printed Circuit Board)은 군사용 개발을 시작으로, 1960 년대 후반부터 일반 상업용으로 제품에 적용되기 시작하여 전자제품의 소형화, 굴곡성, 고밀도 배선, 조립의 합리화를 위하여 인쇄회로기 단/양면 다층 FPCB 의 수요량이 증가해 가고 있고 최근에는 다층 Rigid-FPCB 로 기술이 발전하고 있다. 이러한 FPCB/R-FPCB 제품의 수요가 급증함에 따라 FPCB/R-FPCB 제품은 경량화, 박막화, 고집적화와 복잡한 형상을 요구 받고 있다. 그러나 이러한 FPCB/R-FPCB 제품은 낮은 기계적 강도와 굽힘위험, 구조적 복잡성으로 인해 기존의 CNC 또는 금형을 이용한 FPCB/R-FPCB 라우팅 공정에 문제점을 야기하고 있다 특히 제품의 다양성으로 인한 금형/목형의 설계비용이 증가되며, FPCB 의 얇고 낮은 기계적 강도로 인한 chipping, delamination, scratch 의 발생으로 제품의 불량률을 높이는 원인이 되고 있다. 특히 최근 발전되는 R-FPCB 의 경우 경성/연성 회로기판이 공존하고 있어 최적화된 가공공정과 높은 정밀도를 요구되고 있어 기존의 기계적 절단 기술의 문제점을 극복하고 가공 정밀도를 향상시킬 수 있는 라우팅 기술의 개발이 필요하다.

기존 금형 절단 공정의 문제점을 해결하는 대안 기술로 비접촉 방식인 레이저 라우팅 기술이 주목 받고 있다. 레이저 라우팅 기술은 chipping, delamination, scratch 등 기존의 물리적 접촉 방식에서 나오는 문제점에서 자유롭고 빠르게 변화하는 다양한 FPCB/R-FPCB 의 패턴 형태를 회로설계 파일에 따라 가공하기 때문에 기존의 금형/목형을 따로 제작할 필요가 없어 빠른 대응력과 생산단계의 간소화를 줄 수 있다. 또한 앞으로의 FPCB/R-FPCB 제품의 변화 단계인 resistor, capacitor, IC chip 들이 직접 실장 되는 복합적인 embedded passive R-FPCB/FPCB 에서도 능동적으로 대응하는 레이저 가공기술이 필요로 하다.

본 연구에서는 현재 사용되어지는 FPCB 의 소재들의 투과도가 낮은 UV 파장의 pulsed laser 를 이용하여 양면 2Layer CCL(Copper Clad Laminate)을 절단하여 최적의 cutting 조건과 회로의 쇼트를 발생시키는 단면의 문제등을 관찰하고자 한다.

2. 시스템 및 실험조건

실험에 사용된 시스템은 FPCB/R-FPCB sheet 를 routing 하기 위해 개발 된 장비로 20W UV nano-second DPSS laser 를 source 로 두개의 galvanometer motor 를 이용하여 beam 의 경로를 단위 가공 영역인 70mm x 70mm 범위를 Max 2m/sec 의 속도로 제어한다. laser 출력은 attenuator 를 이용하여 투과 정도를 조절하여 target 에서의 광량을 조절하였다. F-theta lens 를 이용하여 가공 영역 내에 일정한 beam spot size 를 20um 로 구현하였다. 가공 시에는 0.5Mpa 의 air 를 불어 주고 가공영역 주위에서 air drain 을 시켜 주었다. Laser beam 의 안정적인 출력과 beam 모양의 향상을 위하여 광학계를 빔경로에 두어 target 에서의 spot beam 을 안정화 시켰다. 아래의 그림 1 과 그림 2 는 실험에 사용된 시스템의 외관과 빔경로의 도식도 이다.

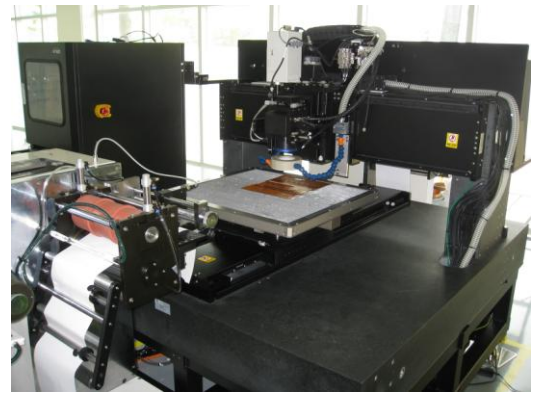


Fig. 1 FPCB routing system

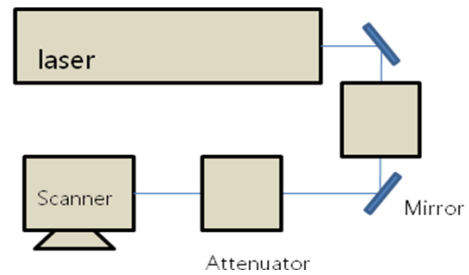


Fig. 2 Block diagram of laser beam path

아래의 그림 3 은 위의 시스템을 이용하여 source 에서 나오는 beam 을 광학계를 통하여 보정하여 진원도가 좋은 지름 20um 의 beam spot 을 확인하기 위하여 스캐너를 이용하여 1000mm/sec 의 속도로 20kHz 의 pulsed beam 을 가공한 결과이다.

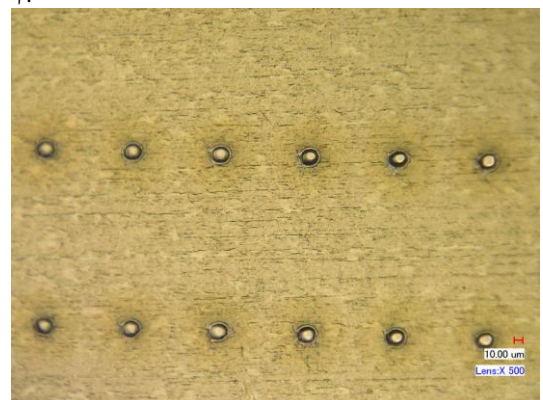


Fig. 3 laser beam spot figures on a CCL substrate.

위의 시스템을 이용하여 FPCB/R-FPCB 의 자재들을 UV source 를 이용하여 커팅하기 전에 자재들의 광 투과율과 반사도를 측정하였다. 그림 4 는 광투과도의 그래프이다. FPCB 의 layer 를 이루는 소재들은 전과장에 걸쳐 반사도는 30%정도의 비슷한 정도를 보여주고 투과도는 UV 이상이 파장에서 증가되는 모양을 보여준다. 이에 UV 광원을 이용하여 효과적인 가공이 가능하다.

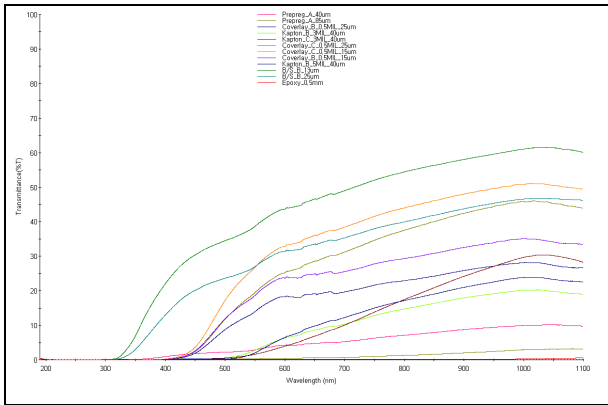


Fig. 4 The graph of transmittance as wavelength from 100nm to 1100nm through raw material FPCB.

레이저 침투 출력의 영향을 보기 위하여 67uJ 의 펄스빔을 50%의 중첩률로 펄스빔폭의 변화를 주어 양면 CCL 을 가공하여 침투 출력에 따른 가공 깊이와 표면의 debris 양을 측정하여 보았고, 양면 CCL 을 이용하여 펄스에너지와 가공횟수를 변화를 주어 ablation rate 를 측정하여 보았다. 또한 가공 단면의 copper 가 덩어리 지는 현상을 발견하여 그 발생량을 제어하여 회로간의 쇼트가 생기는 문제를 해결하고자 하였다. 마지막으로 중첩률에 따라 가공 단면의 변화를 확인하고자 하였다.

3. 결과

양면 CCL 의 경우 레이저의 침투 출력은 펄스 에너지의 변화률에 비해 작은 영향을 미친다. 다만 침투 출력의 증가는 가공시 생기는 debris 나 recasting 되는 형태나 양에 영향을 준다. 아래의 그림 5 는 침투출력과 펄스당에너지의 변화에 대한 가공 횟수의 증가에 따른 가공 깊이 변화를 나타내는 그래프이다. 시료는 총 두께 100um 인 양면 CCL 을 사용하였고 앞뒷면에 구리층이 있고 가운데 PI 층이 있으며 각 층 사이에는 본딩층이 있다.

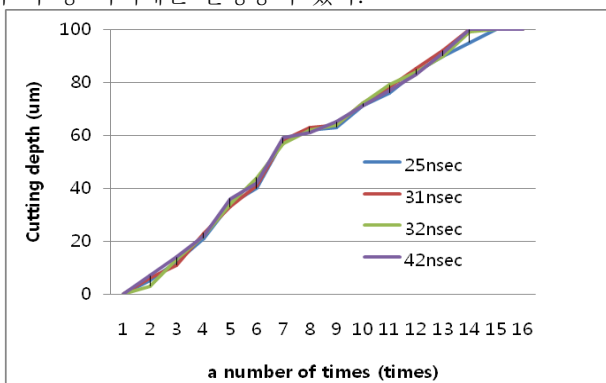


Fig. 5 the graph of cutting depth as increase the number of pass times each different pulse width.

그림 6 은 펄스당 에너지의 변화에 따라 풀컷(full cut)이 되는 횟수의 변화를 나타내는 이때의 레이저 펄스의 반복률은 90kHz 이고 이때 중첩률을 50%로 하였다. 펄스의 에너지가 증가함에 따라 풀컷(full cut)이 되는 횟수는 일정한 기울기로 감소하게 된다. 하지만 가공횟수를 감소시키게 되면 가공 단면의 recasting 된 copper 덩어리들의 수가 증가하게 된다.

현미경 영상에서 펄스에너지의 변화에 따라 절단된 단면의 형상을 그림 7 에 나타내었다. 절단면의 recasting 된 copper 의 수가 에너지의 증가에 따라 증가됨을 볼 수 있다.

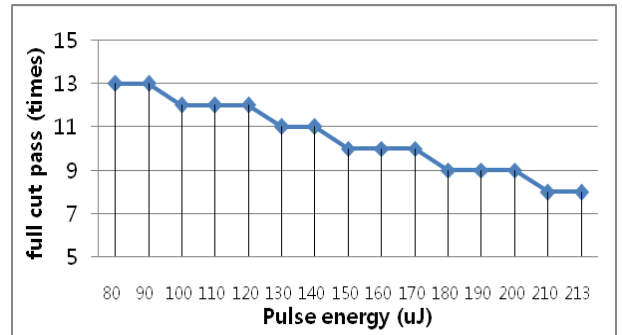


Fig. 6 The graph of full cut pass times vs pulse energy.

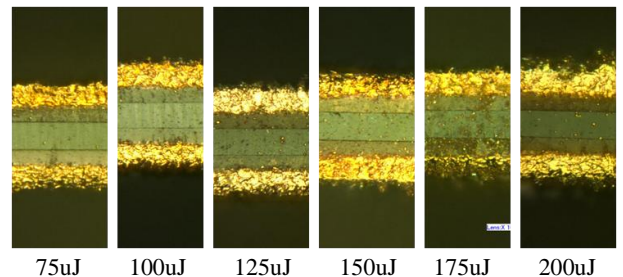


Fig. 7 microscope images of CCL cross section.

중첩률의 변화는 가공 단면의 빔의 결모양을 만들어 내는데 중첩률이 높을수록 결모양이 안보이고 가공 횟수는 줄어든다. 하지만 이에 반하여 리캐스팅되는 구리덩어리는 많아진다.

4. 결론

FPCB/R-FPCB 를 라우팅하기 위하여 기본 소재인 양면 CCL 을 이용하여 레이저커팅시 유발되는 열적 손상과 회로들간의 도통을 야기시키는 구리덩어리들의 양은 낮은 펄스 에너지에서 가공횟수를 증가하여 가공하는 것이 유리하고 침투 에너지는 가공 횟수를 줄이는데 큰 영향을 주지 못하나 기화시키는 정도에 영향을 크게 미친다. 중첩률의 변화에 따라 가공 단면 형상에 영향을 주고 이때 생기는 리캐스팅되는 구리의 정도나 탄화의 정도에 영향을 준다. 이에 좀더 심층적인 분석과 더 많은 검증을 통하여 최적의 레이저 라우팅 시스템을 구현할 계획이다.

후기

본 연구는 산업자원부 차세대신기술개발사업 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. John F. Ready "LIA Handbook of laser materials processing" chapter 12 laser cutting.
2. H.S. Bae "Fabrication of a copper grid mesh on the polyimide film by UV laser" LAMP, 2006.
3. Matt Henry "Cutting flexible printed circuit board with a 532nm q-switched diode pumped solid state laser" paper m804, ICALEO, 2005.
4. Yonggang Li, Greg Anderson, "Melt Behavior and Its Effect on Process speed in Precision Cutting of Thin Metal Sheets using Q-switched Nd:YAG Green Laser" , ICALEO (2003),LPM, 194-200.
5. H.S.Bae "FPCB 원자재에 대한 레이저 가공 특성 연구", 한국정밀공학회 2008 년도 춘계 학술대회 논문집 pp. 383-384