

# 고출력 3차 조화파 UV 레이저를 이용한 연성 PCB 의 마이크로 비아 형성

## Microvia formation in flexible PCB with high power 3<sup>rd</sup> harmonic UV laser

이오테크닉스

최지연, 박홍진, 한유희

### I. 서론

노트북과 휴대전화등 휴대용 전자기기의 경박단소화 추세에 따라 이러한 전자기기 내부에 장착되는 인쇄회로기판의 크기와 두께가 갈수록 얇아지고 작아지고 있다. 또한 다가올 디지털 방송과 HDTV 에 맞춰 TFT LCD, PDP, OLED 등의 평판 디스플레이 장치가 기존의 CRT의 영역으로 확대되고 있으며 인터넷 산업의 폭발적인 증가로 인한 PC 산업의 발전으로 인해서 프린터시장 역시 큰 성장을 거듭하고 있다. 위에 언급된 장치들에 장착되는 연성PCB 기판시장 역시 제품의 수요가 증대됨에 따라 큰 폭으로 확대되고 있으며 날이 갈수록 다양한 응용분야와 새로운 공법들이 제안되고 있는 추세이다. 가장 쉽게 접할 수 있는 연성PCB의 구조는 수십  $\mu\text{m}$  두께의 Polyimide film에 수  $\mu\text{m}$  두께의 구리박막이 적층된 단면구조 또는 구리박막 사이에 Polyimide film이 위치하는 2-metal 구조이다. Polyimide는 유기 고분자의 일종으로  $T_g$ 가 매우 높아 열적인 안정성이 뛰어나며 열팽창계수가 약 12 ~ 16 ppm/°C로 구리와 비슷한 특징을 지니고 있으므로 소자구동시 발생하는 열에 의해 구리박막이 유도하는 물리적인 변형이 적어지게 되는 장점과 연성이면서도 물리적인 강도가 높은 특성, adhesive 보다 낮은 유전율로 인해 adhesive-based system에서 high-speed application을 위한 전기적인 특성의 장점으로 인해 연성PCB의 제조에 적합한 성질을 가진다고 할 수 있다. 현재 산업용으로 크게 이용되는 Polyimide film의 종류는 DuPont사의 Kapton, UBE사의 Upilex, Kaneka Corp.의 Apical 등 크게 3가지 종류로 나뉘며 제조회사에 따라 물리, 화학적 성질이 약간 다르다. 기존에 연성PCB를 위한 천공은 기계적인 방법으로 행해졌는데 점차 작은 직경의 비아홀 가공이 요구됨에 따라 레이저를 이용한 천공공법이 큰 관심을 얻고 있다. 현재 빌드업 기판 제조에 사용되는 CO<sub>2</sub> 레이저를 Polyimide 천공에 적용하면 높은 생산성을 얻을 수 있으나 천공이후 기판에 발생하는 smear를 처리하는 desmear공정이 추가되어야 하고 연성PCB에 요구되는 25 ~ 50  $\mu\text{m}$  직경의 비아홀을 가공할 수 없다는 것이 단점으로 지적된다. 반면에 UV영역의 레이저를 이용한 Polyimide film 천공은 desmear공정이 필요없게 되므로 공정단계가 간소해지는 이점이 있다. 2-metal의 가공에 있어서도 UV레이저 천공이 장점을 가지는데 구리는 CO<sub>2</sub>영역에서는 거의 흡수되지 않는 반면 UV영역에 대한 흡수도는 상당히 높아서 화학적인 etching 없이 직접 구리를 가공할 수 있기 때문이다. 또한 CO<sub>2</sub> 레이저의 가공한계보다 작은 25 ~ 50  $\mu\text{m}$  직경의 비아홀가공의 경우 UV레이저를 이용한 천공이 적합하다. 일반적으로 UV 레이저를 이용한 비아홀 가공법은 3가지정도로 언급되는데 punching, trepanning, spiraling이 그것이다. 가공해야 할 홀의 크기가 25  $\mu\text{m}$  근방으로 작아지면 punching 방법을 적용할 수 있기 때문에 빠른 가공속도를 얻을 수 있다. 그동안 고출력 UV파장영역의 레이저소스로 많이 연구되었던 엑시머 레이저는 높은 유지비용과 관리의 어려움 때문에 쉽게 산업화되기 힘들었

나 90년대 이후 고출력 Nd<sup>3+</sup> doped 고체레이저의 산업적 이용가능성이 검증되면서 유지 보수가 쉬운 고출력 UV 고체레이저 물질가공분야가 주목받게 되었다. (주) 이오테크닉스에서는 우수한 가공특성을 유지하면서 가공속도를 획기적으로 높일 수 있는 5W ~ 8W 고출력 UV 고체 레이저를 사용한 polyimide film 천공에 대한 개발을 지속적으로 진행하고 있다.

## II. 실험방법

Polyimide film 가공을 위해 그림 1과 같이 실험장치를 구현하였다. 실험에 쓰인 레이저는 3rd harmonic Nd:YVO<sub>4</sub> 고체 레이저이며 파장은 355nm, 평균 출력은 반복율 15kHz에서 1.5W, 펄스폭은 15kHz에서 약 40ns이다. 레이저의 반복율과 On/Off는 컴퓨터에 의해 제어된다. 빔의 직경은 약 1mm 정도이며 beam expander를 이용해 빔의 직경을 8배로 늘렸다. 빔의 위치를 제어하기 위한 X-Y 갈바노스캐너의 동작은 컴퓨터에 의해 제어된다. 갈바노스캐너에 의해 반사된 빔은 최종적으로 f-θ lens에 의해 집속되어 가공물에 조사된다. 본 실험에 사용된 f-θ lens에서 얻어지는 초점면에서의 빔의 직경은 이론상 약 10 μm 이다. 이때 집속된 초점영역에서의 레이저빔의 peak power는 대략 수 10<sup>9</sup> ~ 10<sup>10</sup> W/cm<sup>2</sup> 이다.

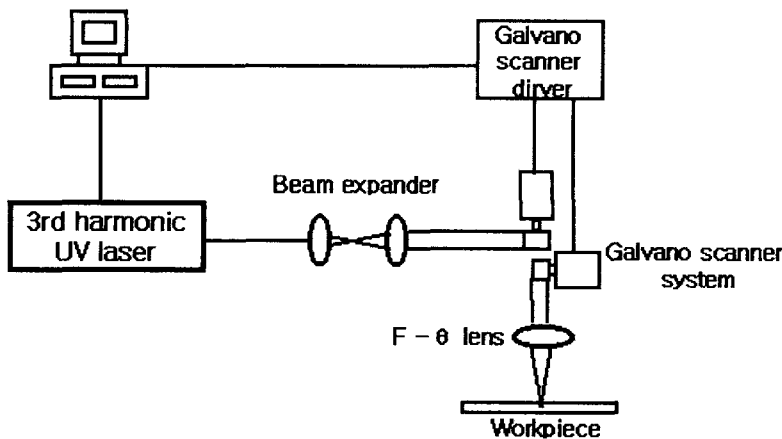


그림 1 UV 레이저 천공 시스템

가공물로는 구리박막이 접착되지 않은 50 μm polyimide film (Upilex) 와 3 μm 구리박막 사이에 50 μm polyimide film (Kapton)이 위치하는 2-metal 구조 2종류를 사용하였다. 천공한 홀의 직경은 50 μm, 100 μm, 150 μm 이고 천공하고자 하는 영역이 레이저빔의 직경보다 훨씬 크므로 trepanning 방법을 사용하였다.

## III. 결과 및 고찰

이미 많은 논문들에 발표된 바와 같이 UV 영역에서 polyimide 는 다른 고분자들에 비해 강한 흡수특성을 가지는 것으로 알려져 있으며 300nm 근방의 파장영역에서의 흡수율 α 는 대략 1.0 × 10<sup>5</sup> cm<sup>-1</sup> 이다. 또한 비열 C<sub>p</sub>는 약 1.55 J/cm<sup>3</sup> K 로 알려져 있다. 또한 레이저에 의해 제거되는 물질의 깊이는 다음과 같이 정의된다.

$$d = \frac{1}{\alpha} \ln\left(\frac{f}{f_{th}}\right) \quad (1)$$

$d$ 는 etch rate 이며  $f$ 는 입사되는 펄스의 fluence,  $f_{th}$  는 물질의 threshold fluence이다.

위의 식에 근거해서 계산해보면 본 실험에서 구성된 장치에 의해 제거되는 polyimide의 제거율은 약 30~40  $\mu\text{m}$  / pulse 임을 알 수 있다. 그림 1은 trepanning 방법으로 천공된 polyimide 와 2-metal 의 가공된 홀의 모습이다.

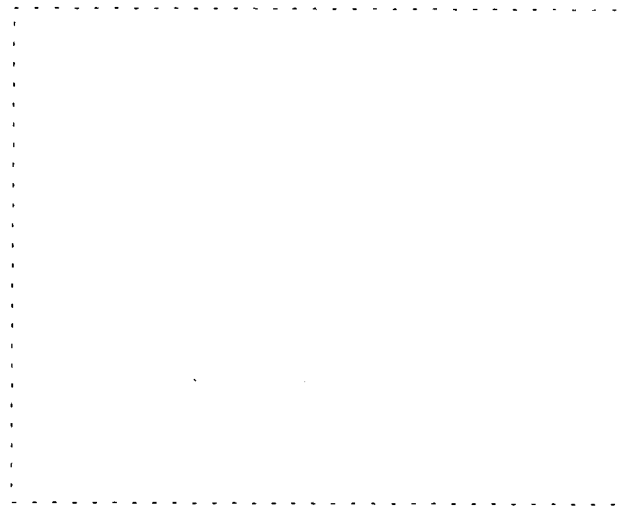


그림 2 150  $\mu\text{m}$  홀을 가공한 모습 a. polyimide film (앞면) b. polyimide film (뒷면) c. 2-metal (앞면) d. 2-metal (뒷면)

가공속도는 아래의 표 1과 같이 측정되었다.

	50 $\mu\text{m}$	100 $\mu\text{m}$	150 $\mu\text{m}$
Polyimide	6820 hole/min	3400 hole/min	2250 hole/min
2-metal	6820 hole/min	3400 hole/min	2720 hole/min

표 1 홀 크기 / 재질 별 가공속도

#### IV. 결론

UV 고체 레이저를 이용하여 연성 PCB의 기판으로 사용되는 polyimide film에 대한 천공특성을 살펴보았다. 50  $\mu\text{m}$  ~ 150  $\mu\text{m}$  직경의 홀가공 속도는 약 2300 hole/min ~ 7000 hole/min으로 얻어졌으며 2-metal 재질의 경우도 비슷한 양상을 보였다. UV 레이저의 특성상 직경이 큰 홀에 대한 가공에 적용할 때에는 그다지 큰 장점을 지니지 않는 반면 punching 방법을 적용할 수 있는 50  $\mu\text{m}$  이하의 소형 비아홀 가공시에는 가공속도가 큰 폭으로 향상하여 생산성을 높일 수 있다고 생각된다.

#### V. 참고문헌

1. Tad Bergstresser, Jerry Sallo PC FAB 2001. 4
2. S. R. Cain et al. J. Appl. Phys. 72 (11), 1992
3. R. Srinivasan et al. J. Appl. Phys. 61 (1), 1987