

◆ 특집 ◆ 신개념 레이저 기반 초정밀/초고속 가공시스템

인쇄회로기판의 미세 신호 연결 홀 형성을 위한 레이저 드릴링 시스템

Laser Drilling System for Fabrication of Micro via Hole of PCB

조광우^{1,✉}, 박홍진¹
Kwang Woo Cho^{1,✉} and Hong Jin Park¹

¹ ㈜엘티에스 (LTS Co., Ltd.)

✉ Corresponding author: kwcho@ltsolution.co.kr, Tel: 031-427-8492

Manuscript received: 2010.8.17 /Accepted: 2010.8.26

The most costly and time-consuming process in the fabrication of today's multi-layer circuit board is drilling interconnection holes between adjacent layers and via holes within a layer. Decreasing size of via holes being demanded and growing number of via holes per panel increase drilling costs. Component density and electronic functionality of today's multi-layer circuit boards can be improved with the introduction of cost-effective, variable depth laser drilled blind micro via holes, and interconnection holes. Laser technology is being quickly adopted into the circuit board industry but can be accelerated with the introduction of a true production laser drilling system. In order to get optimized condition for drilling to FPCB (Flexible Printed Circuit Board), we use various drill pattern as drill step. For productivity, we investigate drill path optimization method. And for the precise drilling the thermal drift of scanner and temperature change of scan system are tested.

Key Words: PCB (인쇄회로기판), Via Hole (비아홀), FPCB (연성인쇄회로기판), Laser Drilling (레이저 드릴링), UV Laser (자외선 레이저), Beam Path Optimization (가공 궤적 최적화)

1. 서론

미세 비아홀(micro via hole)이 필요한 빌드업(build-up) 패키지 방식은 인쇄회로기판(PCB; Printed Circuit Board) 형성에 있어서 도체층과 절연층을 한 층(layer)씩 형성해 도체층을 쌓아가는 방식으로 차례로 적층하면서 층간의 고속 신호전달을 위해서는 연결통로가 필요하므로 미세 드릴링과 동도금을 이용한 층간 접속법이 널리 이용된다.

PCB 레이저 드릴링(laser drilling)은 이동전화, PDA 등 소형 전자 기기에 널리 적용되고 있으며, 다양한 PCB 디자인 적용을 위해 더욱 작은 연결

홀(interconnection hole) 크기 형성이 필요하며 다양한 구조 형성에 따른 다양한 가공 방법이 요구되고 있다. 여기에 최근 PCB 생산기술의 흐름이 경박단소를 추구하는 고집적화로 진행되면서, 비아홀의 직경도 50 μ m 이하, 더 나아가 25 μ m 이하의 고 미세홀이 요구되고 있다.

더욱이 스마트 폰을 포함한 모바일 기기 시장의 고성장세 유지가 예상되는 가운데, 연성기판(Flexible PCB)제조시 동박의 예비 예칭없이 절연층과 동박을 함께 드릴링할 필요성 또한 증가하면서 CO₂ 레이저 대신 UV 레이저를 이용한 드릴링 공정 및 장비기술의 개발이 절실히 요구되고 있다.

기존의 이 분야에서는 출시된 국산장비가 전무하여 미국 및 일본의 UV 드릴링 장비가 상당수 이용되고 있는 바, 이를 국산화하기 위한 개발이 성공적으로 수행될 경우, 수입대체 및 해외 진출의 효과가 상당히 클 것으로 보이며, 휴대전화용 기판을 포함한 전체 시장의 규모는 2010 이후에 600 억불 이상으로 예상된다.¹

2. PCB 레이저 드릴링 기술 개요

2.1 PCB 제조공정에 적용되는 드릴링 기술

레이저를 이용한 PCB의 미세 비아홀 드릴링은 PCB 제조의 양산공정에서 적용되고 있다. 이동전화나 PDA 같은 휴대용 전자기기에 대한 소형화 추세는 100 μ m 보다 작은 홀 직경의 연결 통로를 필요로 한다.

Fig. 1 은 CO₂ 레이저로 드릴링을 한 단면 사진들이다. 좌측 상단은 두 개의 층을 동시에 가공하는 step 비아홀, 우측 상단은 300 μ m 직경의 conformal 마스크(mask) 방식 - open 된 구리층보다 큰 레이저 빔으로 구리층을 마스크로 삼아 가공하는 방식 - 으로 가공된 blind 비아홀, 우측 하단은 110 μ m 직경의 blind 비아홀 이고 좌측 하단은 레이저 빔 크기가 open 되어 있는 구리층의 크기보다 작아 레이저 빔 크기가 비아홀의 직경으로 결정되는 large window 방식으로 가공된 비아홀이다.

UV 레이저를 이용한 PCB 비아홀 드릴링은 상부의 구리층과 절연층을 동시에 가공하는 방식이 널리 사용되고 있다. Fig. 2 는 UV 레이저를 이용해 형성한 비아홀의 사진들이다.

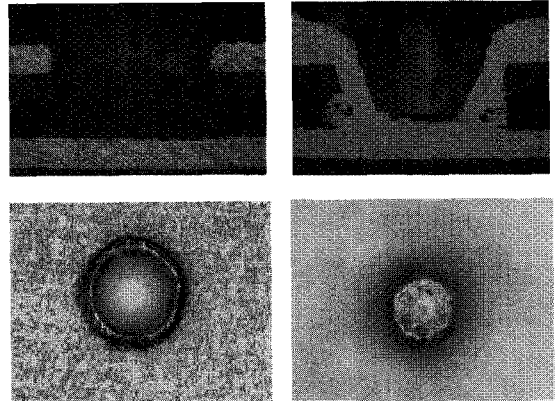


Fig. 2 Photograph for UV laser PCB drilling

UV 레이저 드릴링 기술은 CO₂ 레이저 드릴링 기술에 비해 다음과 같이 차별화 된다.

첫째, PCB 기판의 고성능화, 회로의 고밀도화가 진행되면서 보다 작은 blind 비아홀 및 관통 홀(through hole)이 요구되는 점을 들 수 있다. 기존의 CO₂ 레이저로 가능한 비아홀 직경 영역은 약 50 μ m 이상의 직경을 갖는 경우이며, 현재 요구되는 25 μ m 내외의 비아홀 직경을 달성하기 위해서는 Fig. 3(left)에서도 볼 수 있듯이 355nm 파장의 UV 레이저 와 같은 단파장 레이저를 이용해야만 한다.^{2,4}

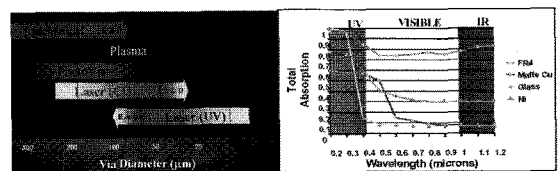


Fig. 3 Via hole size as drill method (left) and absorption spectrum of basic material of FPCB (right)

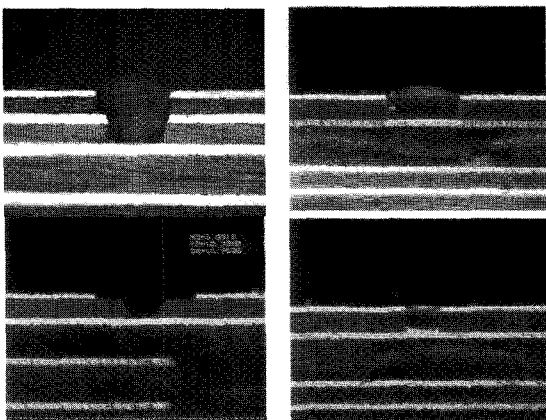


Fig. 1 Photograph for the patterns after laser drilling

둘째, FPCB(flexible PCB)를 구성하는 여러 가지 물질에 대한 레이저 파장에 따른 가공성 차이에서 얻어진다. CO₂ 레이저 드릴링이 적용되는 경성(rigid) MLB(Multi Layer Board)에서는 구리층이 마스크로 작용하도록 open 되어 있고 그 하부에는 CO₂ 레이저로 가공되는 절연층이 있고 절연층 아래에는 레이저 가공의 stopper 역할을 하는 하부 구리층이 형성되어 있는 반면에 FPCB의 구성은 구리층, epoxy, polyimide, glass fiber 층으로 이루어져 있으며, 공정 특성상 구리층을 애칭하여 open 하기 쉽지 않아 구리를 직접 가공해야 할 필요성이 생긴다.

FPCB 구성상 여러 가지 물질에 대한 CO₂ 레이저의 가공성은 흡수도 그래프에서 보듯이 상당히 큰 차이가 있다. 반면, UV 레이저 쪽의 단파장 영역에서는 물질에 따른 흡수도 차이가 상당히 완화되며, 이러한 특성을 가지는 UV 레이저 파장을 이용하여 한 층의 절연막뿐만 아니라, 여러 층의 다양한 물질 구조를 관통하는 가공이 가능해짐을 알 수 있다.^{5,6}

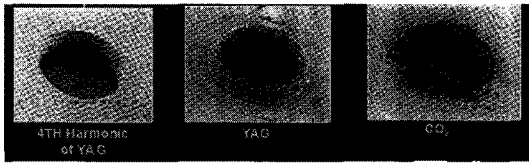
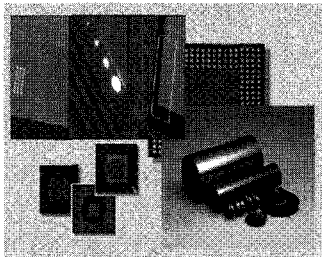
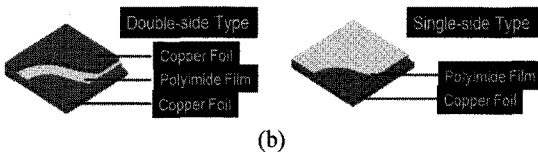


Fig. 4 The difference of drilled hole according to laser wavelength, UV-Visible-IR

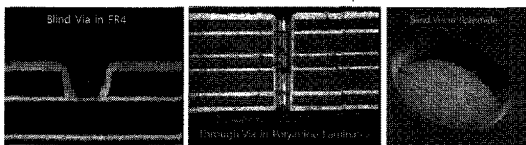
기본적으로 CO₂ 레이저의 장파장 영역에서는 heating, melting 등의 photothermal 효과가 두드러지고, UV 레이저 이하의 단파장에서는 분자간의 결합을 끊어내는 photochemical 작용이 우세하므로 열영향을 최소화한 깨끗한 가공이 가능한 것도 UV 레이저 가공의 장점이라 할 것이다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 5 (a) Flexible Printed Circuit Board (FPCB), (b) basic construction and material of FPCB, and (c) various via hole after drilling & plating

Fig. 5의 그림들은 일반적인 FPCB와 그 적층 구조, 구성물질을 보여주고 있으며, 레이저 가공 및 동도금된 비아홀이다.

2.2 레이저 가공 시스템

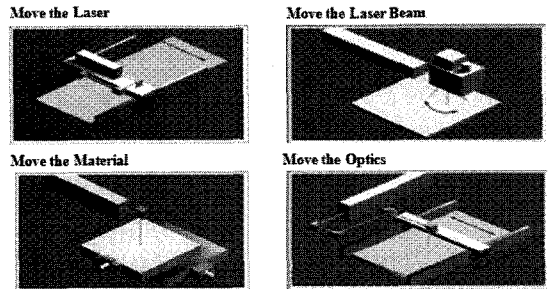


Fig. 6 General concept of laser processing system

레이저를 이용한 대부분의 가공시스템은 Fig. 6과 같은 4 가지 방식 중 하나의 구조로 구성되어 있다. 이러한 방식 중, 기존의 UV 레이저 드릴링 장비에서 넓게 채용되는 방식은 갈바노 스캐너 (galvano-scanner)와 telecentric lens를 이용한 고속 가공 방식인데, 스테이지(stage)만을 이용한 방식보다는 정밀도에 있어서 불리하나, 고속의 드릴링이 가능한 장점을 가지고 있다.

Fig. 7에 갈바노 스캐너를 이용한 가공방식의 개념도를 나타내었다.

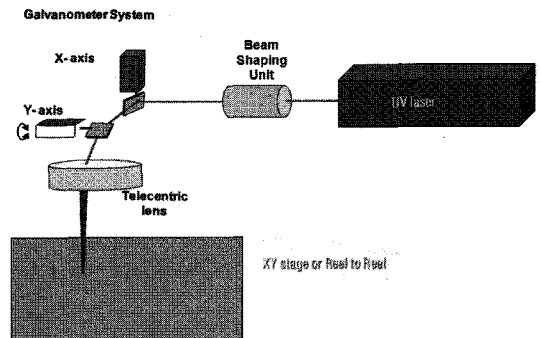


Fig. 7 Layout of laser processing system using galvano-scanner

갈바노 스캐너를 이용할 경우 가공 가능한 광학적 가공 영역(field size)의 대략 1/20000 정도에 해당되는 위치오차를 가지고 있으며, 이는 반복적인 위치결정 정밀도와 갈바노 모터를 구성하는 구성품의 온도변화에 따른 수축, 팽창과 관련된다.

시장에서 요구되는 생산속도에 부합하기 위해 서 스캐너를 채용하더라도, 그 정밀도는 유지가 되어야 하기 때문에 광학적 가공 영역을 넓게 구성하는데 한계가 있다. 기존시장을 장악하고 있는 외산 장비업체들의 경우를 살펴보면, H사는 50mm x 50mm 정도의 비교적 큰 영역을 광학적인 단위로 전체 가공면적을 분할하고 있는데 반해, E사는 16mm x 16mm 정도의 작은 가공영역을 고수하고 있다. 이렇게 영역을 작게 했을 경우, 분할가공 위치마다 스테이지 이동횟수가 증가하여, 생산시간이 증가함에도 불구하고, 이러한 방식을 적용하는 것은 FPCB 에 드릴링 시 상당한 정밀도가 요구되며, 스캔영역이 넓은 렌즈를 사용했을 때, 이러한 정밀도 요구를 만족하기 어렵다는 것을 말해준다. Table 1 에 대표적인 UV 레이저 비아홀 드릴링 장비 제조사인 E사와 H사의 장비의 성능 비교를 해 보았다. 두 회사의 장비가 정밀도와 속도에서 차별화되어 있음을 알 수 있다.

Table 1 Comparison of performance of laser drill system (H corp., E corp.)

ITEM	H corp.	E corp.	Remark
Field Size(mm ²)	50 x 50	16 x 16	
Scan speed	2000pps	2000pps	
Laser power(W)	10W@50kHz	8W@30kHz	
Repetition Rate	25-100kHz	30-70kHz	
Drill method	Punching Trepanning	Punching Trepanning Spiraling	
Scanhead concept	multiple beam	single beam	
Drilling speed	>2000 hole/sec (resin drill)	>833 hole/sec (single layer thru hole)	∅100μm

드릴링 기술 개발을 위한 기초적인 요소기술은 Table 2 와 같은 구성체계로 요약된다.

Table 1 의 경쟁사양 분석 및 Fig. 8 의 생산속도에 영향을 주는 인자에 대한 고찰에 의해 UV 레이저 드릴링 장비의 사양을 결정할 수 있다.

Table 2 Main point for high speed/high accuracy laser drill system

ITEM	Applied method	Remark
Laser source	DPSS UV Laser (355nm)	
Laser beam control optics	Galvano-scanner & F-theta lens	
Stage/scanner control	Motion Controller & DSP card	Real-time feedback control algorithm
PCB handling	High precision stage (Hybrid/stack) Roll-to-Roll subsystem	Vacuum chuck fixing
Drill position	Vision & image processing board	
User interface	PC base GUI program	C++

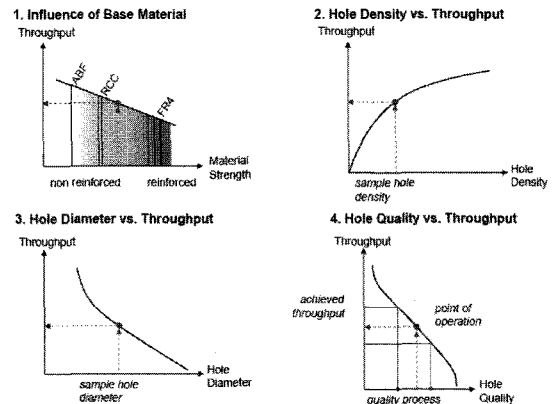


Fig. 8 4 factor affected productivity of laser drill system

3. UV laser drilling 결과 및 테스트 결과

3.1 레이저 가공 변수 최적화

UV 레이저를 이용한 FPCB 비아홀 가공 시 중요하게 검토되어야 할 인자들은 다음과 같다.

- 펄스반복률, 출력 등의 레이저 빔 파라미터
- 초점(focus) 위치, 집속된 점크기 등의 광학적 파라미터
- 고속 스캐닝에서 위치오차 및 가공시간 최소화화를 위한 갈바노 스캐너 파라미터
- 각 홀을 스캐닝하는 궤적을 최적화한 패턴 및 드릴방식 디자인⁷

테스트를 위한 자재로는 다음 그림과 같은 동박과 강화 절연층의 적층 구조를 가진 복층(double layer) 기판을 사용하였으며, 12 μ m 정도 두께의 동박과 60 μ m 정도 두께의 절연층을 천공하여 다시 동박이 깨끗하게 드러나게 하는 과정을 수행하였다.

사용된 레이저는 355nm 파장을 가진 UV 레이저로서, 미국의 Coherent 사 AVIA 모델을 용하였고, 광학계를 거쳐서 실제 가공에 사용된 출력은 약 12W, 레이저 반복률은 약 60kHz 정도로 최적화시켰다.

1 차 실험에서는 가공 중 집중된 레이저 빔의 초점을 변화시키지 않고 진행하였으며, 2 차 실험에서는 가공 시 빔 초점을 defocus 시키는 step 을 추가하여, 그 결과를 1 단계 실험과 비교하였다. 이용된 레이저 빔의 최소 초점 직경은 약 25 μ m 였다.

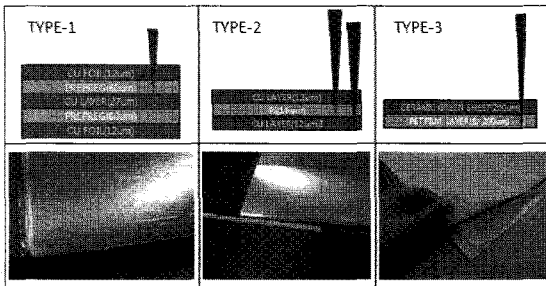
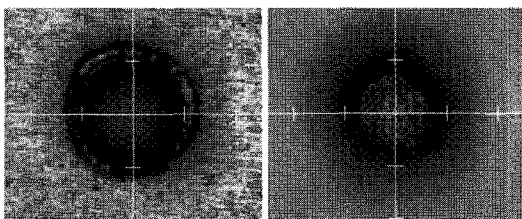


Fig. 9 Construction of test sample



(a) Drill with only focus beam



Surface Bottom

(b) Drill with focus beam and defocus beam as step

Fig. 10 The drill result using focus beam or/and defocus beam as step

전체장비의 구동방식과 더불어 드릴링의 속도를 좌우하는 요소기술은 갈바노 스캐너의 운용기술이다. 일반적으로 갈바노 스캐너를 고속운용 시에는 가공해야 할 위치 간에 고속으로 jump 이동을 한 후, 스캐너 미러(mirror)의 움직임이 안정화(settling) 되도록 일정시간을 지연한 후, 레이저 빔을 조사하는 jump delay 등 스캐너 움직임과 레이저 펄스 간 최적의 연동을 감안한 파라미터가 존재한다. 본 실험에서는 이러한 여러 가지의 조건의 tuning 을 통한 가공시간 최소화를 진행하였고, 향후 가공성 향상을 위해 더욱 세밀한 최적화가 진행될 예정이다.

가공 패턴에 대해서는 Fig. 11 과 같은 spiral 패턴(pattern)을 이용하여 가공을 진행하였다. 결과적으로 최상층의 동박을 가공하기 위해서는 구리의 가공 임계치(threshold)가 높으므로 초점위치의 레이저 빔을 이용하여 홀 크기로 외곽부를 trepanning 하는 궤적이 필요하며, 이후에 폴리머 계열의 절연물질 가공을 위해서는 새로이 드러나는 하부 동박 위에 절연물질이 잔존하지 않도록 하기 위해 defocus 된 레이저 빔으로 넓은 영역을 증복해서 클리닝(cleaning)하는 효과를 준다.⁸

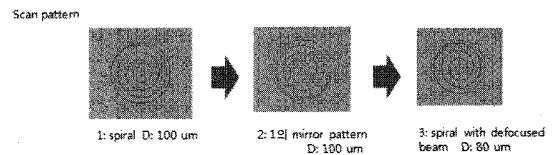
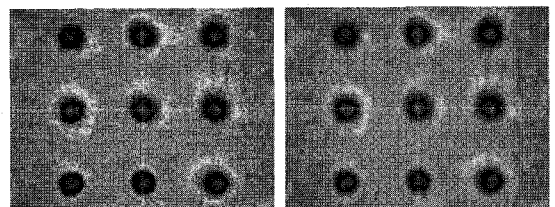


Fig. 11 Spiral patterns using laser drilling test



홀 상부

홀 기저면

Fig. 12 Drill result with optimized condition

최적화 실험의 초기에는 Fig. 11 의 세가지 패턴을 모두 2 차원의 동일 평면상에서 적용한 가공을 하였으나, 바닥면의 동박에 생기는 손상(damage)과 바닥면 절연층(resin) 미가공의 두 가지 문제의 해결을 위해 다음과 같은 3 단계의 드릴링 방식으로 변경하였다. 먼저 집중된 레이저 빔의 Just Focus 위

치에서 Fig. 13 의 1st spiral 패턴에 의해 1 단계 드릴을 수행하며, 이때, 표면의 동박층과 일부 절연층이 가공된다.그 다음으로 집속된 레이저 빔을 200 μm 정도 defocus 시켜 2nd spiral 패턴에 의한 반복가공을 5 회 실시한다. 마지막 단계에서는 추가로 200 μm 정도의 defocus 를 주어 확대된 빔 크기에 의해 가공 임계치가 낮은 절연물질이 깨끗하게 제거되도록 2nd 패턴을 한번 더 적용한다. 이렇게 3 단계로 가공함으로써 Defocus 된 레이저 빔을 통하여 동박층의 손상 발생을 억제하고 큰 빔에 의해 효율적인 절연층 제거를 할 수 있었다.

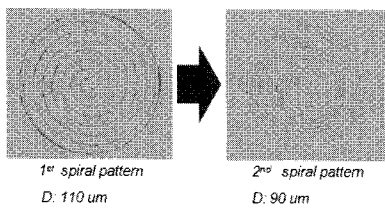


Fig. 13 Spiral pattern change as step

이러한 가공을 통해 얻어진 Type-1 적층 구조의 비아홀 드릴링 결과 사진을 아래에 나타내었다. 표면에서의 홀 사이즈가 110 μm , 바닥면에서의 홀 사이즈가 90 μm 로서 약 80%의 경사각도(taper) 정도를 나타내고 있고 가공된 홀의 진원도는 Fig. 14 에서 85% 이상의 결과를 확인할 수 있다.

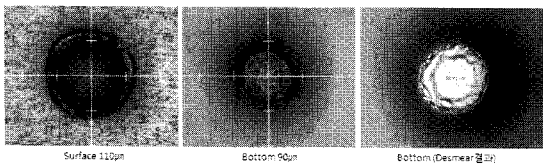


Fig. 14 Drill result optimized for 3step defocusing drill method

Type-2 의 자재는 폴리이미드(polyimide)가 내층에 구성되고 상하로 동박층이 존재하는 구조이며, 비교적 가공이 용이하고 blind 비아홀 보다 관통홀 가공을 주력으로 하는 경우이다. 이러한 비아홀의 드릴링을 위해 Fig. 15 와 같은 가공패턴을 적용하여 실험을 하였다.

전체 두께가 3 개층 모두 합쳐 60 μm 정도이고 강화유리섬유(glass fiber)가 없는 폴리이미드가 절연층이므로 type-1 보다 상대적으로 높은 가공속도가 가능하였다.

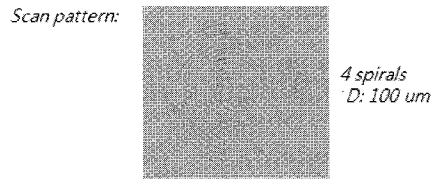


Fig. 15 Spiral pattern for type-2 sample

가공 결과 경사각도는 Fig. 16 과 같이 90% 정도로 양호하였으며, 85% 이상의 진원도가 가능하였다.

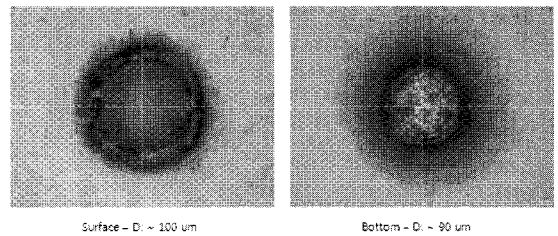


Fig. 16 Drill result of type-2 sample

Fig. 17 은 type-2 의 자재에 최소 빔직경을 확인하기 위하여 percussion 드릴링을 수행한 결과이다.

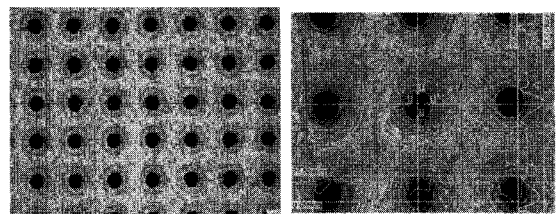


Fig. 17 Percussion drilling of type-4 sample

동박층 위에 천공된 홀의 사이즈를 3 차원 측정기를 사용하여 분석한 결과로 가로직경 24.9 μm , 세로 직경 26.4 μm 의 홀직경을 확인하였으며, 열영향을 배제한 광학적인 빔크기는 그 이하로 생각할 수 있다.

Type-3 의 경우에는 전형적인 FPCB 의 비아홀 드릴링은 아니나, 최근 시장에서 그 생산량이 증가되고 있는 그린시트(green sheet)에 대한 가공 테스트를 수행한 결과이다. Fig. 18 은 약 200 μm 정도 두께의 그린시트와 함께 합착(laminating)된 PET 필름과 함께 관통 홀 가공하는 경우로서, 기존의 기계식 드릴링 방법으로는 품질에도 문제가 있고 생산속도도 분당 600 홀에 불과하여 레이저 드릴링

장비를 이용한 고속가공이 요구되고 있는 공정 중의 하나이다. Fig. 18 의 green sheet 레이저 드릴링 결과는 기계식 방법보다 빠른 분당 950 홀 이상의 가공속도가 가능하였다.

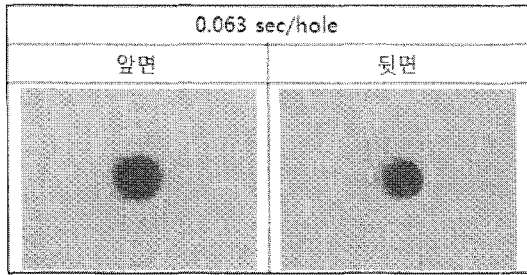


Fig. 18 Green sheet drilling result

드릴링 속도는 갈바노 스캐너 자체의 이동 속도가 최종 드릴링 속도를 결정하게 되므로 갈바노 스캐너 제어기술의 척도라고도 볼 수 있다. 본 실험에서 절연층 직접 드릴링(resin direct drilling) 방식으로 얻어진 홀 드릴링 속도는 하나의 가공헤드를 사용했을 때, 약 초당 600 홀 이었다.

3.2 레이저 가공 궤적의 최적화

드릴링 시스템의 제작 시 생산성을 위한 중요한 고려요소에는 드릴링을 위한 스캐너 운용 시의 최단 궤적 형성부와 전체자재상에서 가공 영역의 순차적인 궤적 최적화에 있다. 이를 위하여 가공 위치에 따른 최소거리이동을 위한 궤적생성 알고리즘을 비교, 최적화를 적용하였다. 경로 최적화는 K-means method 등의 알고리즘 이용하여 가공의 중심점을 이동하면서 반복된 계산에 의해 중심점 위치를 최적화하는 것으로 레이저드릴에서 가공 중심점이란 스캐너를 탑재한 가공헤드의 위치로 생각할 수 있다. 하나의 자재에 수 만개 이상의 홀이 분포하는 PCB 천공속도의 효율화를 위해서는 이러한 최적화가 필수적이며, 상당한 효율개선이 이루어질 것으로 생각된다.^{4,9}

3.2.1 홀 내부에서의 드릴링 궤적 최적화

Type 1, 2 자재의 드릴링 품질을 위해 홀 내부 가공 패턴의 변화를 주었던 것처럼 다양한 재질의 FPCB 에 효과적인 고속 레이저 드릴링을 위해 다양한 원형 모형이나 나선형의 홀 내부 가공 패턴의 적용이 필요하다.

3.2.2 가공 경로 최적화

가공 경로 최적화를 위한 알고리즘에 대한 검색을 통하여 K-means 와 EM 두 가지 방법을 적용하였다. K-means 같은 경우에는 초기 중심 좌표(centroid)를 이용하여 각 개체간의 거리를 결정하여 최소거리에 있는 중심좌표를 다시금 재설정하여 새로운 중심좌표를 중심으로 재 군집화하는 과정을 반복하여 진행한다. 이에 반해서 EM 같은 경우는 굉장히 복잡한 과정이며 평균, 표준편차, 분포 형태에 관한 확률론적인 관점으로 다가가서 최대한 초기의 분포 성향을 따라서 이동하는 이론으로 이는 이미 군집 간의 중첩(overlap) 현상으로 채택 가능성은 극히 희박하다.

K-means 가 현재로서는 가장 적합하고 단순하며, 연산시간이 짧은 알고리즘으로 판단, 이에 대한 실험을 진행하였다.

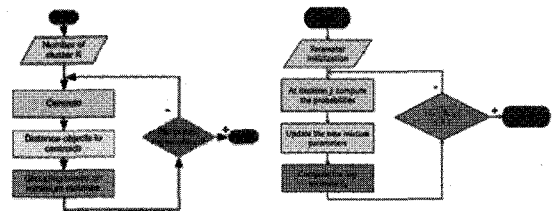


Fig. 19 Flow chart of drill path optimization: K-means method (left) and, EM method(right)

Fig. 20 은 알고리즘 반복 시간과 반복 횟수에 대한 정량적인 분석결과이다. 우선 random 하게 18 개의 가상의 가공 point 를 채택하여 K-means 를 이용하여 군집화 및 최적 가공 중심점을 탐색하였다. 그 결과 단 2 번의 iteration 을 통해서 최적의 가공 중심점 및 군집을 찾아낼 수가 있었다.

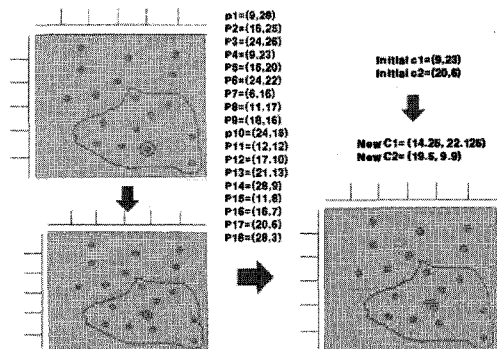


Fig. 20 Simulation of adoption K-means

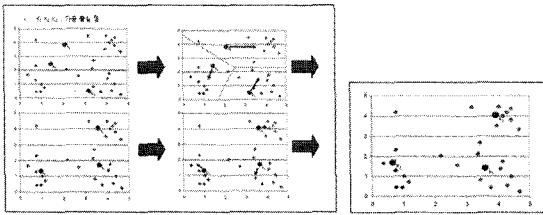


Fig. 21 Centroid search using K-means algorithm

3.3 스캐너 고속 구동 및 위치 정밀도 최적화

3.3.1 온도변화에 의한 스캐너 정밀도

갈바노 스캐너는 온도의 영향에 민감하게 반응한다. 따라서 온도변화에 따른 위치정밀도 변화를 파악하기 위한 실험을 진행하였다.

비전(Vision)과 구동 스테이지를 이용한 보정(calibration)을 통해 10 μ m 이하의 오차를 확보한 시스템에서 24 시간 이상의 시간이 경과하면서 스캐너 가공위치에 발생하는 변화를 추적하였다. 사용한 스캐너 시스템은 S 사의 제품으로 초점거리 254mm, 스캔영역 180mm x 180mm 정도의 비교적 넓은 영역의 가공에 사용되는 시스템이었다.

먼저 실험한 시간영역에 발생한 온도의 변화를 측정 한 결과는 Fig. 22 와 같다.

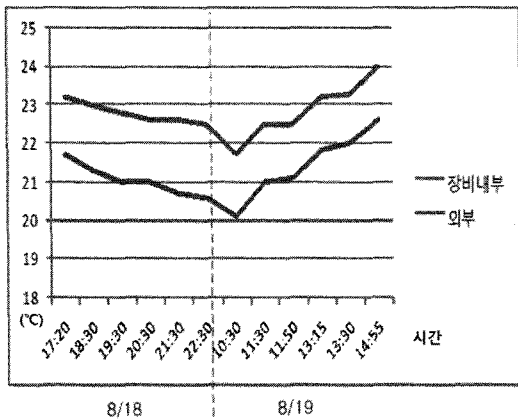


Fig. 22 Temperature change as time passage

Fig. 23 은 실험에 사용된 갈바노 스캐너 시스템을 예열시키고 실시한 보정 결과와 24 시간 후 실시한 보정 결과를 동시에 나타낸 것이다. 처음 보정 이후 스캐너 시스템은 계속 동작시켜 스캐너에 온도 변화를 유도하였다. 온도변화에 따라 결과, 즉 위치 정밀도가 달라짐을 알 수 있다.

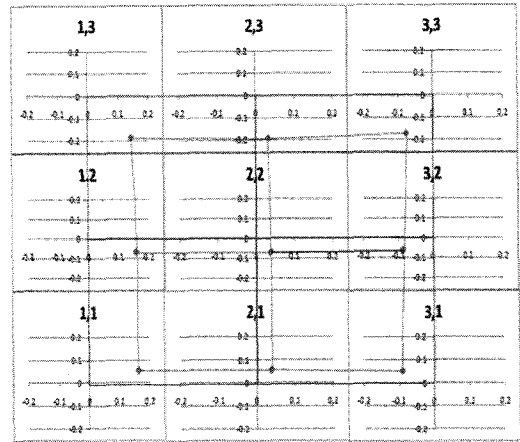


Fig. 23 Position deviation after 24 hr

이런 thermal drift 의 영향을 최소화하기 위해 디지털 스캐너를 적용키로 하였다(Fig. 24). 디지털 스캐너는 아날로그 방식보다 주변의 온도변화에 의해서 정밀도의 변화가 적고 이는 Fig. 25 와 같이 그래프화 할 수 있다.

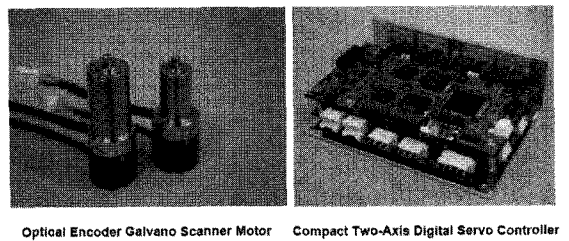


Fig. 24 Digital scanner system used in test

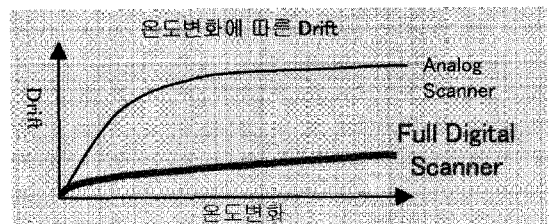


Fig. 25 Comparison between digital and analog scanner

Fig. 26 은 83 시간동안 300mm x 300mm 의 사각형을 반복 가공한 후, 초기에 1 회 조사하였을 때의 선폭과 비교한 결과이다. 좌측에 보이는 선폭이 약 30 μ m 정도인 것을 감안하였을 때, 밤낮의 반복에 의해 주어지는 10 도 정도의 온도차이에 도 thermal drift 가 거의 관찰되지 않았다.

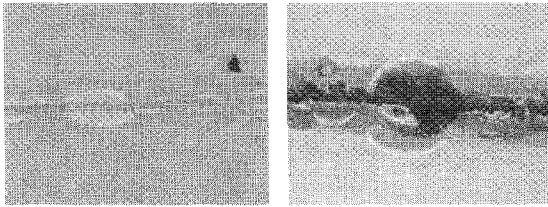


Fig. 26 Aging test for scanner thermal drift

4. 결론

기술적 차별성과 개발의 당위성을 가지고 있는 UV 레이저 비아홀 드릴링 장비의 국내 장비 시장은 수입장비(주로 미국)가 독점하고 있어, 국내장비의 기술 및 가격 경쟁력 제고를 위해 기술개발 투자가 절실하다.

더욱이 비교적 기술력 우위에 있었던 과거와는 달리, 중국의 시장점유율 상승과 기술력 향상을 위한 투자가 확대되면서 향후의 시장주도에 대한 위기감도 존재하고 있는 상황이다. 그러나, 기존의 CO₂ 레이저 드릴링 장비에 비해, UV 레이저 드릴링 장비는 아직도 시장이 형성되고 있는 단계이므로, 본 연구와 같은 국내 연구개발을 통하여 일본 및 미국장비와의 기술격차를 극복하는 것이 가능하며, 향후의 기술 경쟁력 확보 및 기술선도가 가능하다고 생각된다. 최근 스마트 폰을 포함한 국산 휴대폰이 전세계적으로 채택되고 있고, 태양전지 산업이나 각종 휴대용(mobile) 기기에서도 유연한 구조의 인쇄회로기판과 기능재료의 중요성이 날로 높아지고 있다. 그러나 이러한 최종제품 생산을 든든히 지원해야 할 제조설비 및 원자재 분야에서는 국산화율이 현저히 떨어지는 현실을 돌아보면, 연성회로기판 설비 국산화의 핵심 중 하나인 UV 레이저 비아홀 드릴링 장비 개발은 상징적인 의미가 크다 할 수 있다. 광학적인 운용기술, 전자제어적인 기술 등 필요한 요소기술 확보와 개발 인력 양성 그리고 향후 시장에서 필요한 심화기술의 선점까지를 목표로 현재 개발이 진행 중이며, 수년 이내로 국산장비의 해외수출까지 기대해 본다.

후 기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업(과제번호 : 10033701)의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. www.optech-consulting.com, "The market of industrial laser system in PCB, Semiconductor, electronic part fabrication,"
2. Capers, C., "Cost-Effective Use of Microvias," Printed Circuit Design, pp. 14-16, 2003.
3. Dunskey, C., "High-Speed Microvia Formation with UV Solid-State Lasers," Proceeding of the IEEE, Vol. 90, No. 10, pp. 1670-1680, 2000.
4. Zhang, C., Salama, I. A., Quick, N. R. and Kar, A., "Modelling of Microvia Drilling with a Nd:YAG Laser," J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 39, No. 17, pp. 3910-3918, 2006.
5. Oh, J. Y. and Shin, B. S., "Photothermal and Photochemical Investigation on Laser Ablation of the Polyimide by 355nm UV Laser Processing," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 24, No. 4, pp. 147-152, 2007.
6. Oh, J. Y. and Shin, B. S., "A Study on Laser Ablation of Copper Thin Foil by 355nm UV Laser Processing," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 24, No. 2, pp. 134-139, 2007.
7. Anderson, D. A., Tannehill, J. C. and Pletcher R. H., "Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer," Hemisphere, p. 166, 1984.
8. Strombeck, P. and Kar, A., "Self-focusing and beam attenuation in laser materials processing," J. Phys. D: Appl. Phys., Vol. 31, No. 12, pp. 1438-1448, 1998.
9. Zhang, C., Salama, I. A., Quick, N. R. and Kar, A., "One-Dimensional Transient Analysis of Volumetric Heating for Laser Drilling," J. Appl. Phys., Vol. 99, No. 11, Paper No. 113530, 2006.