전자엔지니어
Electronic Engineering Times – Korea

테스트 및 제조

마이크로비아 공정 선택에서 고려해야 할 것들

전형적인 마이크로비아 홀의 직경은 0.002 인치(0.05㎜)에서 0.008 인치(0.20㎜)이다. 이 비아들은 블라인드형, 베리드형, 그리고 관통형, 이 세 개의 카테고리로 나누어진다. 블라인드 비아는 회로 기판의 상단부와 바닥, 즉 바깥으로 드러난 층에 존재하며, 내부의 첫번째 층과 연결될 수 있는 깊이로 형성되어 있다.

이 비아 홀의 깊이는 일반적으로 홀 자체의 직경을 초과하지 않는다. 베리드 비아는 기판 표면에 근접하지 않고 회로 기판의 중심부에 파묻혀 있다. 이러한 홀은 적층 공정 이전에 내부 레이어에 천공 처리된다.

이 때 천공되는 내부 레이어는 이 과정에서 이미 몇 개의 층으로 이루어져 있을 수도 있다. 세 번째 카테고리는 홀의 관통 공정인데, 여기서 홀은 보드 전체를 관통한다. 이런 홀들은 내부 연결 경로로 사용되거나, 부품을 부착시키는데 사용되기도 한다.

마이크로비아는 여러 단계의 처리 공정을 통해 형성될 수 있다. 가장 일반적으로 사용되는 두 가지 방법에는 레이저 절삭과 기계적 천공 방법이 있다. 이들 가운데 어떤 방법을 사용할 것인지는 회사의 생산 조건에 달려 있다. 이 기사에서는 현재의 레이저 절삭 기술과 기계적 천공 기술을 전체적으로 살펴 보며, 어떤 방법이 특정한 목적에 가장 적합한지 결정하는데 도움이 되도록 몇 가지 질문 문항들을 제시할 것이다.

고려해야 할 사항들

마이크로비아 공정에 들어가는 비용 결정에 고려해야 할 몇 가지 사항들이 있는데, 이것들은 장비(기계적 천공 장비, 레이저 천공 장비, 포토 비아와 플라즈마 장비 등)의 가격 이외에도 여러 가지 것들을 포함 한다.

매홀에 들어가는 비용은 마이크로비아를 만드는 방법을 선택할 때 고려해야 할 가장 중요한 사항 중 하나이다. 지난 5년간에 걸쳐 이루어 낸 블라인드 비아와 도통 마이크로 비아의 기계적 천공 기술의 발전과 그 동안 인하된 가격을 보여주기 위한 몇 가지 모델들이 있다.

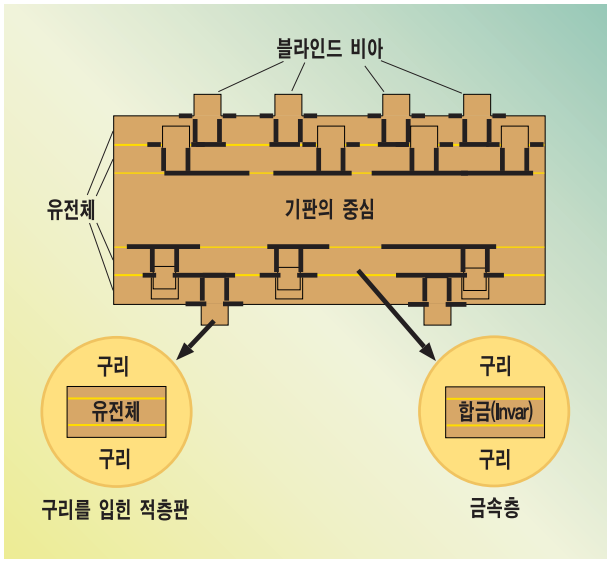

그림 1: 마이크로비아를 만들기 위해 몇 가지 방법을 동원할 수 있는데, 그 가운데 레이저 절삭과 기계적 천공은 가장 일반적으로 사용되는 방법이다.

천공 공정의 제어

지난 5년 동안 첨단의 다중 축 및 단일 축 천공 시스템은 많은 발전을 해왔다. FEA(유한 요소 분석)에 의해 기계를 설계할 수 있는 능력 덕분에 기계의 안정성도 향상되었다. 이것은 높은 자연적 주파수를 가진 천공 기계를 개발하는 것을 가능하게 해준다. 높은 주파수에서는 기계가 빨리 안정될 수 있다. 또한 이것은 마이크로비아의 천공에 쓰이는 드릴의 크기로 매 분 만들어 내는 홀의 수를 더 늘려 준다.

170K의 RPM 또는 그 이상을 낼 수 있는 에어 베어링 설계의 회전축이 최근 개발되었다. 높은 RPM은 마이크로비아를 뚫을 때 필요한 최적의 칩 로드를 달성하는데 필요하다. 온 보드 툴 측정 장치는 회전축의 상태와 툴의 사이즈를 모니터링 한다. 새로운 센서 기술은 정확한 깊이 조절이 가능하도록 개발되고 있으며, 이것은 블라인드 비아 작업에 도움이 된다. 압력단에 통합되는 새로운 시스템은 최근 개발된 전기장 센서 기술의 일부이기도 하다. 각각의 센서는 전용 마이크로프로세서에 의해 처리된 자체 신호들을 가지고 있다.

이것은 즉각적으로 정확하게 툴을 분석할 수 있게 해주며, 각각의 센서에 병렬 처리가 가능하도록 해준다. 기본 동작은 보드의 표면에 접촉하고 있는 툴을 실제적으로 탐지하는 것이다. 이 시스템은 운전자가 ±0.0002 인치의 정확도 내에서 조절할 천공 깊이를 지정할 수 있도록 해준다. 센서가 표면에 닿아있는 툴을 감지하기 때문에 정확성은 표면의 먼지 조각, 패널 표면의 편차, 또는 근처의 돌기 등으로부터 영향을 받지 않는다. 센서들은 또한 0.002 인치에서 0.25 인치 사이의 부러진 툴들도 찾아낸다.

깊이를 조절하는 마이크로비아 천공은 현재 이 기술을 이용해서 작업이 이루어지고 있다. 툴 비트 또한 변하고 있는 데, 현재 블라인드 마이크로비아 애플리케이션을 위한 특수한 툴의 개발이 진행되고 있다. 엔지니어들은 정밀도를 높이고 툴의 수명을 연장시키려는 노력의 일환으로 플룻형 설계와 카바이드 비트들로 실험을 진행하고 있으며, 이것은 매 홀 당 가격을 떨어뜨려 줄 것이다. 그림 2에서는 블라인드 마이크로비아를 보다 만족스럽게 제작하기 위해 개발된 특수 툴의 디자인을 보여주고 있다.

눈에 보이는 크로스 섹션은 0.004 인치의 깊이를 가진 비아를 ±0.0002 인치의 정확도로 가리키고 있다. 이 비아를 만드는 데는 110,000의 회전축 RPM과 40IPM의 Infeed 율이 이용되었다. 이렇게 해서 분당 192 개의 홀들을 만들어 내는 것이 가능했다(그림 3).

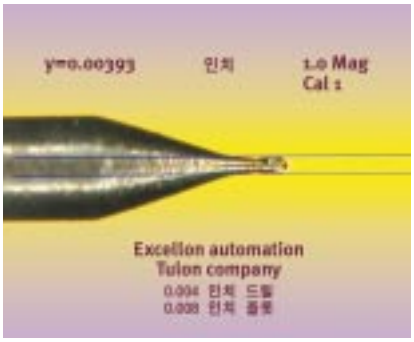

그림 2: 0.004 인치의 마이크로비아 구멍을 가공할 수 있는 특수 드릴

레이저 절삭

기계적 천공이 200 ㎛ (0.008 인치)이상의 직경을 가진 홀을 뚫을 때 널리 쓰이는 반면, 레이저 천공은 더 좁은 구멍들을 뚫을 때 우위를 차지하고 있다. 레이저 비아는 25 ㎛나 그 이상의 직경을 가질 수 있다. 표준 범위는 100 ㎛ (0.004 인치)에서 150 ㎛ (0.006 인치)이다.

작년 말까지 레이저는 일부 제품에만 사용되었다. 세계적으로는 400대 만이 생산되었다. 이 중 300대는 일본에 있으며, 1차 가공—가공되지 않은 기판을 CO_2 천공하는 것—에 사용되었다. 2002년 까지는 약 3억 5천 개의 셀룰러 폰에 대한 수요가 있을 전망이며, 이에 따라 2002년 한 해 동안 급격히 성장할 것으로 기대된다. 그에 따른 충분한 양의 보드를 생산하기 위해서는, 2,000대의 레이저 천공 기계가 필요하게 될 예정이다. 하지만 이 수치는 소형 인터넷 액세스 장치와 PC, 그리고 기타 다른 장치들을 포함하지 않은 것이다.

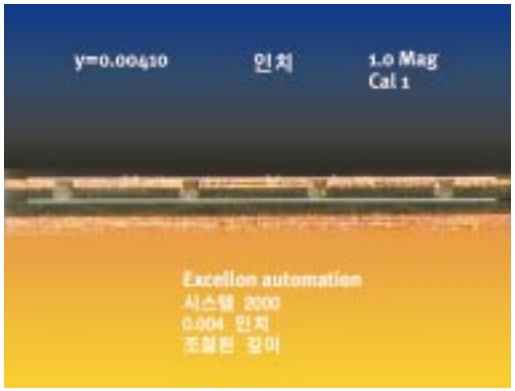

그림 3: 110K의 회전축 RPM으로 분당 0.004 인치의 비아 홀 192개를 만들어 낸다.

레이저 비아들을 제조하는데 적용되는 공정은 직접적인 유전체 천공, 마스크 순응형 천공 및 완전 비아 공정이 있다. 직접적인 유전체 천공법에서는 CO_2 레이저 빔이 물질 표면에 조사되며, 매 펄스 마다 일정량의 재질이 깎여 나간다. 이 공정은 천공 속도가 상당히 빠른 것이 특징이다. 그러나 CO_2 레이저 광선은 해상도가 낮기 때문에 적용할 수 있는 비아의 크기는 약 100 ㎛ (0.004 인치)의 직경으로 제한된다. 또한 가공하지 않은 기판의 편평도와 정밀도가 문제로 떠오를 수 있다.

순응형 마스크 천공은 사전에 에칭된 구리층이 포함 된 유전 물질에 구멍을 뚫기 위해 CO_2 레이저를 이용한다. 광 석판인쇄 공정에서, 구리는 화학적인 방법으로 에칭된다. 구리는 빛을 막아 주는 역할을 하며, CO_2 레이저는 유전 물질을 천공 하는 데에만 적용된다. 최신 기술의 RF 방식의 밀폐된 CO_2 레이저는 어떤 외부의 레이저 가스 설치도 필요 없다. 이 레이저는 훌륭한 광 품질(TEM00), 20 ㎑ 이상의 높은 반복 속도를 제공하며 내구성이 뛰어나다.

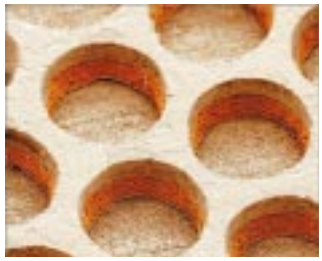

그림 4: CO_2 공정을 사용해 만들어 낸 0.004 인치 홀

선형 모터(2,500 IPM까지)들이 장착된 테이블같이, 이러한 레이저의 특징을 신속한 스캐너와 패널 처리와 합치면 분당 (1㎜ 간격으로) 60,000개를 초과하는 비아 천공 속도가 이루어진다. 비아의 직경은 레이저의 파장과는 관계가 없는데 그 이유는 구리는 미리 에칭되어 있고 25㎛에서 250㎛까지의 범위를 커버하기 때문이다.

그림 4는 FR-4에 있는 0.004 인치 홀에서 나타나는 일반적인 결과를 보여주고 있다. 비아의 형태는 어느 정도 점점 가늘어지는 각도를 갖게 되는데, 이는 마이크로 비아를 도금하는 데 바람직하다.

이중 레이저로 완전한 비아를 형성할 때는 CO_2 레이저와 UV 레이저를 조합하여 이용한다. 현재의 최신 기술은 레이저 건을 여기 시키기 위하여 다이오드 펌핑을 이용하는 고체 UV 레이저이다. 전형적인 시스템은 두 가지 레이저—CO_2 레이저와 조합해서 100 ㎑까지의 펄스 반복 속도를 가진 355 ㎛의 다이오드 펌핑 UV 레이저—를 이용하는 것이 특징이었다. UV 레이저는 구리를 절삭하는 데 사용되며, 연이어서 CO_2 레이저는 유전체를 절삭하는 데 사용된다. 이 방법은 주로 미국과 유럽의 많은 서로 다른 업계에서 개별적으로 개발되어 왔다.

트레패닝(Trepanning) 이라고 하는 광선의 움직임으로, UV 레이저는 홀의 중앙에서 출발해서 홀 영역 안으로 들어온 구리를 없애기 위해 직경을 늘이면서 동심원을 따라서 움직인다. 이러한 과정을 통해 구리를 제거한 다음, CO_2 레이저는 유전체를 깎아내는 데 적용된다. 이제 다시 구리는 CO_2 레이저 빔에서는 빛을 차단하는 마스크 역할을 한다. 이 공정의 장점은 50 ㎛ (0.002 인치) 정도의 작은 직경을 가진 정밀한 홀들과 분당 5,000개 이상의 높은 비아 천공 속도를 가졌다는 것이다. 또한 이 공정에서는 다층 기판의 비아 구멍을 뚫는 것도 가능하다.

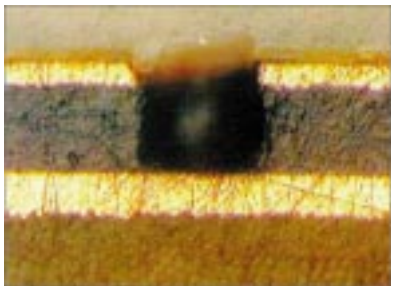

그림 6: 레이저 절삭은 25 ㎛ 정도의 작은 홀에 효과적이다.

레이저의 다이오드-펌핑은 종래 아크등을 사용할 경우의 수명이 400 시간에서 500 시간이었던 것과 비교하여, 다이오드의 수명이 쉽게 10,000시간을 초과하기 때문에, 생산성을 늘려 줄 뿐만 아니라 작동시간을 더 늘릴 수 있다.

또한 유지보수와 뜻하지 않은 작동 불능 시간을 줄일 수도 있는데 그 이유는 레이저 다이오드의 다이는 예측이 가능하며, 대체에 의해 쉽게 유지보수 할 수 있기 때문이다. 아울러, 다이오드 펌핑 레이저는 안정성이 더 큰 특징이 있으므로 결과적으로 편차가 더 적게 나타나며, 그러한 이유로 비아는 더욱 정확하게 재생산된다.

생산단계에서의 필요를 위해, 대부분의 레이저 시스템은 자동화 특성을 갖는다. 최신 디자인은 두개의 레이저 시스템을 동작시키도록 오토로더를 갖추고 있다. 이 오토로더는 기계 중심부에 위치 하며, 피더와 스태커 카트가 장착되어 있고, 두 레이저 시스템을 로드하거나 언로드하며, 심지어는 천공할 때 패널들을 동시에 뒤집기도 한다. 두 레이저 시스템에 단일한 오토로더를 사용하게 되면 투자 비용과 설치 공간을 절약해주는 이점을 가져다 준다.

패널을 진공판 위에 올려 놓은 후, 표시된 기준점들은 보드에 레이저 광을 조사하는데 사용된다. 이것들은 패널의 회로가 지나가는 층에 있는 비아나 아트워크를 통해 이루어 진다. 기준점들은 기계적으로 나타나거나, 아니면 레이저가 최상부의 구리층을 절삭한 곳에서 깎는 작업을 통해 나타나게 된다. 그런 다음 기준점들은 영상 시스템에 의해 위치가 정해지며, 오프셋 , 로테이션, 스크래치 및 패널의 수축 등을 보상하도록 프로그램이 정렬된다.

공급업체에 따라 보드 당 2개, 3개, 4개 또는 N개의 기준점이 사용될 수 있다.

연속적인 천공 공정의 처리 시간은 적용된 방법 뿐 아니라 사용된 하드웨어(예를 들면 스캐너, 테이블)에 따라서도 달라진다. 레이저 시스템이 더 높은 처리량을 갖도록 하기 위해 페이싱(Pacing)기술은 결과적으로 더 높은 펄스 반복 속도를 가진 레이저 원, 초당 더 많은 위치를 스캔하는 스캐너, 그리고 더 빠른 속도를 갖는 테이블 등을 만들어 냈다.

전체적인 처리 시간을 줄이기 위한 방안에는 다중 스테이션으로의 레이저 빔의 스플리팅(split-itting), 테이블이 훑어 내려가는 동안 천공하기 위한 스캐너와 테이블 움직임의 동기화, 그리고 동시에 둘 이상의 지역을 한번에 처리하는 방법등이 포함된다. 이제 제조 업체가 가진 조건에 따른 공정 선택의 가상 시나리오를 한번 생각해 보자.

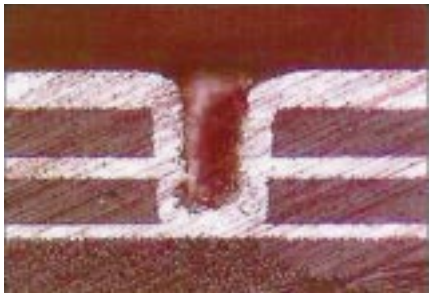

그림 5: 첫째 층과 세째 층을 연결하고 있는 레이저 비아

고객 A: 중소규모의 PCB 제조업체. 비아 천공 조건은 비아 홀의 직경이 0.006 인치 이상이어야 한다. 양은 상대적으로 많지 않다. 이 고객에게 적절한 선택은 기계적 천공 시스템일 것이다.

고객 B: 비아 천공 조건은 비아 홀의 직경이 0.004 인치에서 0.006 인치까지이어야 한다. 수량은 중간이다. 이 때의 비아는 레이저 공정을 반드시 필요로 하지는 않으나 레이저 공정을 사용하면 처리량을 증가시키게 될 것이다. 이 공정을 결정하는 문제는 자본금에 따라 좌우된다. 기계적 천공이나 레이저 천공 모두 적절한 제조 결과를 만들어 낸다.

고객 C: 비아 천공 조건은 비아 홀의 직경이 0.004 인치 이하이어야 한다. 이 때는 레이저 공정이 필요해 진다. 수량이 작다 하더라도, 기계적 천공 방식으로는 이 같이 작은 비아를 만들어 낼 수 없다.

고객 D: 이 고객은 광범위한 다량의 비아를 제조한다. 이것은 다양한 공정을 포함하는 경우이다. 레이저 천공과 기계적 천공을 조합하여 사용하면 매 홀 당 최저 가격에 최고의 생산성을 달성할 수 있는 이점을 가지고 있다.

레이저 천공법은 여전히 새로운 기술이다. 이는 150 ㎛ (0.006 인치)이하 크기의 마이크로비아에 가장 경제적인 공정이며, 일반적인 경향은 가공된 기판과 이중 레이저 공정으로 움직이고 있다.

기계적 천공법은 100 ㎛ (0.004 인치)와 그 이상의 마이크로비아의 깊이 조절 천공법과 같은 혁신적인 기술로 입증되었다. 이는 비아와 블라인드형 비아를 통해 가장 경제적인 형태의 천공법으로 남아있다.

처리량을 높이려는 노력 뿐만 아니라 MT-BF(mean time between failure)중에도 지속적으로 개선이 이루어 지고 있으므로 결과적으로 더욱 경제적인 레이저 시스템이 만들어 질 것이다. □

[Printed Circuit Fabrication]

By Lee Ekblad
Project Engineer
E-mail: lekblad@excellon.com

Dr. Michael Kauf
Marketing Manager
E-mail: mkauf@excellon.com

Excellon Automation Co.