

극초단 펄스 레이저를 이용한 마이크로 가공 기술

오 명 구 · 김 기 영

Micro Application with Ultra Short Pulse Laser

Myoung-Ku Oh and Ki-Young Kim

1. 서 론

기술의 발전으로 산업전분야에서 획기적인 고난도의 가공기술을 필요로 하는 사례가 속속 등장하고 있다. 레이저 가공산업 분야에서도 마이크로 가공기술 적용분야의 확대속도가 점점 높아져 가는 추세이다. 1960년 마이만(Theodore H. Maiman)에 의해 루비 레이저의 성공적인 작동이 처음 보고된 후, 레이저는 과학과 공학의 거의 전 분야에 걸쳐서 없어서는 안 될 장비로 자리매김해왔다. 예를 들어 디스플레이분야에서 사용되는 유리기판의 CO₂레이저를 이용한 절단은 다이아몬드절단과 비교하여 매우 정밀한 절단을 가능하도록 하였고, 박판금속(sheet metal) 분야의 절단, 용접 및 마킹 등 많은 영역에서 레이저가 다양하게 이용되고 있다.

위의 응용 사례에서 사용되는 레이저는 대부분 시간에 따라 일정한 강도와 파장을 갖는 레이저로서 연속형(CW) 레이저라고 부른다. 하지만 최근에 새로운 응용분야를 개척하고 있는 것은 피코초(=10⁻¹²초) 정도의 짧은 시간 동안만 지속되는 펄스형 레이저이다. 1 초에 지구를 일곱 바퀴 반이나 돌 수 있는 빛이 10피코초 동안에는 3 밀리미터(mm) 밖에 진행할 수 없음을 생각해 보면 피코초 레이저가 갖는 짧은 시간의 의미를 가늠해 볼 수 있다.

피코초 정도의 매우 짧은 시간 동안에 큰 강도를 갖는 피코초 레이저를 이용하면, 레이저가공에서의 가장 큰 문제점인 열변형 등의 단점을 크게 보완 할 수 있으며, 보다 정밀한 미세가공이 가능해 진다.

또한, 콜드 프로세싱이 가능하여 기존 열변형등의 문제로 레이저 가공이 힘들었던 재료들의 미세가공도 가능해진다.

그림 1은 피코초를 이용하여 성냥의 황에 마킹한 모습이다.

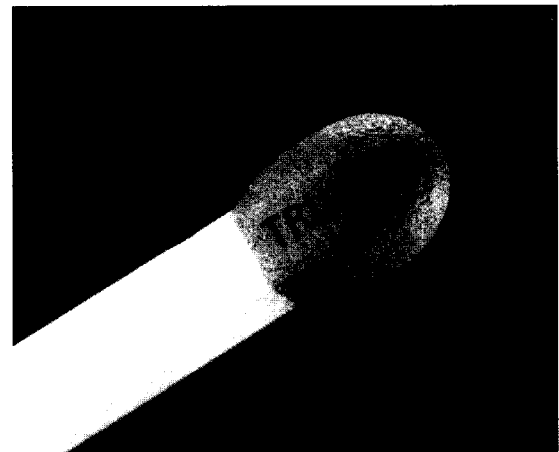


그림 1 피코초 레이저를 사용한 Non-flame 마킹(Source : TRUMPF)

2. 극초단 펄스 레이저를 이용한 가공

2.1 헬리컬 옵틱을 이용한 미세홀가공

기존의 기계가공으로는 힘들었던 100um 이하의 미세 홀가공 분야에서 레이저 가공방법을 많이 적용하는 추세이나 일반 레이저가공으로는 기계가공에서 가능했던 고품질의 홀가공은 힘든 것이 사실이다.

그로 인해 추가적인 후처리등이 필요하게 되어 생산 단가 상승 및 생산량 저하 등의 문제점이 잔존하여 레이저 가공의 일반화에 발목을 잡고 있었다.

피코초를 이용한 미세홀 가공은 이런 근본적인 문제점을 해결하여 기존에는 접근하기 힘들었던 100 um 이하의 미세홀 가공에서 새로운 가능성을 보여주고 있다.

그림 2는 기존 나노초(ns) 급의 펄스레이저와 피코초(ps) 급의 펄스레이저를 이용한 가공 결과이다.

그림에서 보는 바와 같이 피코초 가공에서는 가공 후 처리가 없이도 깨끗한 가공단면을 얻을 수 있었다.

또한, 0°~5° 정도 기울기의 테이퍼 가공도 가능하여

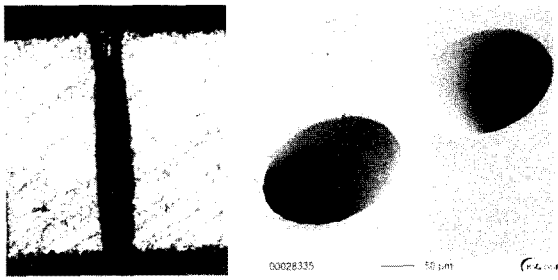


그림 2 나노초 레이저 홀가공(좌)과 피코초 레이저 홀가공(우)(Source: TRUMPF)

기계산업에서 노즐 역할을 하는 홀가공도 가능하다.

2.2 적층세라믹 콘덴서(MLCC)용 세라믹 포일 가공

적층세라믹 콘덴서(MLCC)는 휴대폰에 250여개 LCD TV에 700여개 정도 들어가는 핵심부품으로 사용빈도가 지속적으로 증가하고 있는 부품이다.

최근 고집적화가 지속적으로 대두되고 있는 상황에서 제품의 핵심부품이 되는 세라믹포일의 미세홀 가공이 관심의 대상이 되고 있다.

현재 기계적 가공으로는 약 100μm 이상의 직경만 가공이 가능하며, 향후 고집적화된 제품이 실현되기 위해서는 좀더 미세한 가공이 필요하다.

제품의 가공 특성상 세라믹포일과 PET 필름을 동시에 가공해야 한다. 그러나 기존 나노초급의 레이저 가공은 PET 필름의 열변형과 탄화되어 버리는 문제점을 안고 있었다.

피코초급 레이저를 이용한 가공은 이종재질에서 좋은 가공 결과를 보여준다.

그림 3은 피코초에서 이종재질 (세라믹포일 + PET 필름)에서의 가공성을 잘 보여주고 있다.



그림 3 세라믹포일+PET 필름 홀 가공(Source: TRUMPF)

2.3 초박막 웨이퍼 가공

반도체 제조공정에서의 고집적화는 그 끝을 알 수 없는 필수 기술이다.

고집적화에 따라 반도체의 기본재료인 웨이퍼의 박막화도 급속도로 빨라지고 있는 추세이다.

기존 다이아몬드 휠 커팅방식으로는 초 박막 웨이퍼의 절단 가공이 힘들고 또한, 곡선 가공에 문제점이 있었다.

그로 인해 레이저 가공의 요구가 크게 증가되고 있는데 극초단 펄스레이저가 하나의 해답이 될 수 있을 것이다.

그림 4는 피코초의 펄스길이를 갖는 532nm 의 그린 펄스 레이저로 박막 실리콘 웨이퍼를 가공한 사례이다.

약 20μm이하의 절단자국을 낼 수 있으며 커팅면이 깨끗한 품질을 보여주고 있다.

2.4 CI(G)S 태양전지 모듈가공

CI(G)S 모듈에서의 레이저 가공은 'S' 즉, 셀레늄(Selenium)의 낮은 반응 온도 (<1,000K) 때문에 기존의 레이저로는 셀레늄의 열변형을 막을 수 없었다. 그러나, 피코초 레이저로 콜드프로세싱이 가능하여 TCO 물질을 레이저 스크라이빙으로 제거하는 P1공정, 실제 태양광효과가 일어나는 활성(active) 영역을 제거하는 P2 공정, 얻어진 기전력을 전달하기 위한 + 접점단자로 이용되는 금속층을 스크라이빙하는 P3 공정, 이렇게 3개공정을 모두 레이저로 가공하는 것이 가능하다.

그림 5는 기존 나노초 레이저 및 피코초 레이저의 가공품질을 잘 보여주고 있다.

그림에서 볼 수 있듯이 기존 나노초급의 펄스레이저

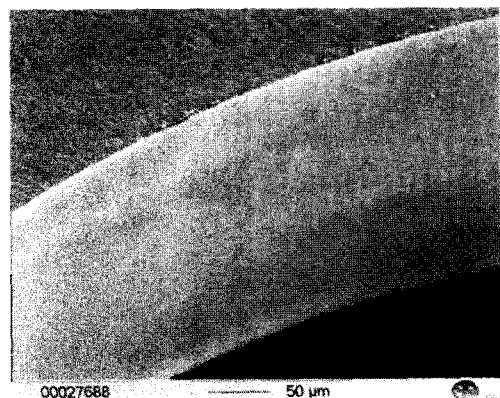


그림 4 532nm 피코초 레이저를 이용한실리콘 웨이퍼 가공(Source: TRUMPF)

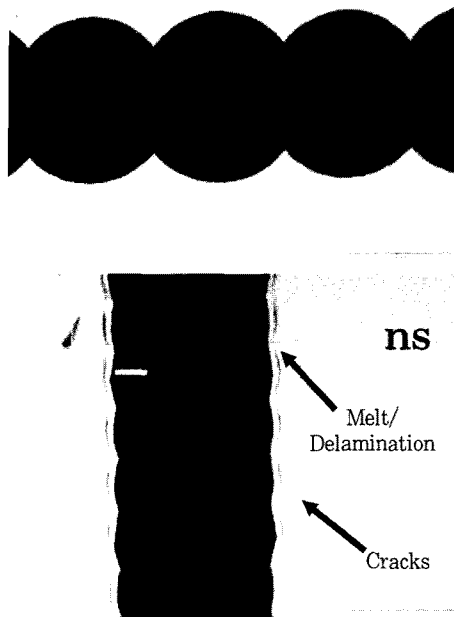


그림 5 피코초(위) 및 나노초(아래) 펄스 레이저를 이용한 TCO층 가공 (Source: MANZ Automation)

로 가공시 열변형으로 인한 마이크로 크랙과 엣지 부분의 들뜸현상을 볼 수 있다.

3. 결 론

그림 6과 그림 7은 장펄스 레이저와 극초단 펄스 레이저의 가공 특성을 잘 설명해 주고 있다. 극초단 펄스 레이저는 기존에 레이저 가공의 문제점으로 지적되어온 용융부(melt zone), 미세균열(microcracks), 충격파(shock wave), 박리현상(delamination), 리캐스트층(recast layer), 재료손상(damage of material) 등의 문제점을 모두 해결할 수 있는 레이저로 가공품질의 획기적인 향상을 기대해볼 수 있을 것이다

앞으로도 여러 가지 다양한 새로운 응용분야로의 확대가 기대되며, 산업에서의 필요성 또한 지속적으로 요구되어질 것이다.

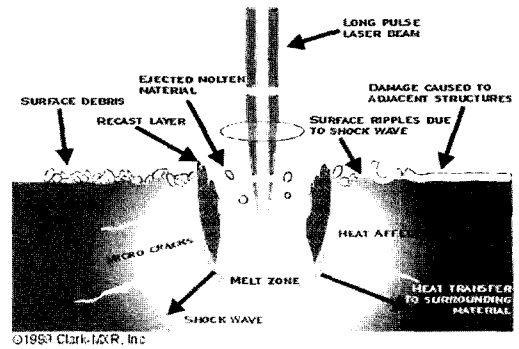


그림 6 장펄스 레이저의 가공메커니즘(Source: Clark-MXR, Inc.)

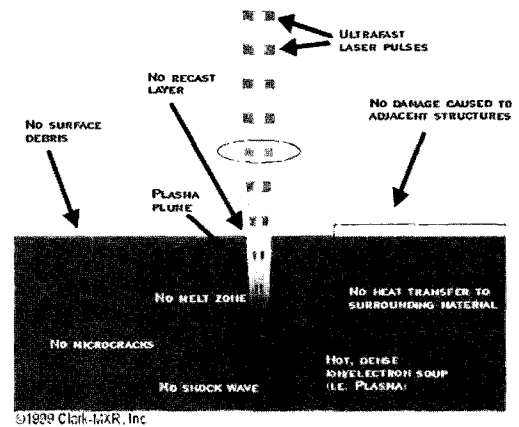


그림 7 극초단 펄스 레이저의 가공메커니즘 (Source: Clark-MXR, Inc.)



- 오명구
- 1959년생
- 한국트럼프지엠비에이취(주) · 레이저시스템
- 고출력 레이저 용접 및 커팅시스템
- e-mail : myoungku.oh@trumpf.co.kr



- 김기영
- 1975년생
- 한국트럼프지엠비에이취(주) 레이저시스템
- 마이크로 & 마킹 레이저
- e-mail : kiyoung.kim@trumpf.co.kr