

고출력 펨토초 UV 레이저를 이용한 얇은 폴리머 필름의 고품질 절단

폴리머는 OLED 디스플레이, 유연 회로 기판, 마이크로일렉트로닉스, 의료 기기, 배터리 등과 같은 다양한 기술 분야에서 점점 더 많이 사용되고 있습니다. 폴리머는 종종 뛰어난 열적, 전기적 절연 특성, 고강도, 그리고 부식에 대한 저항성을 보이기도 하는데, 그중에서 많은 어플리케이션에서 사용되는 세 가지는 폴리이미드 (PI), 폴리에틸렌 테레프탈레이트 (PET), 및 일반적으로 상표명 Teflon® 으로 알려진 폴리테트라플루오로에틸렌 (PTFE) 입니다. 높은 기계적 강도와 우수한 내화학성 및 내열성으로 PI 는 FPCB (Flexible Printed Circuit Board) 시장에서 계속해서 주류를 이루고 있으며 전류의 흐름을 관리하는 견고한 유전체 재료 역할을 합니다. 반면 PET는 의료 기기에서 식품 포장에 이르기까지 다양한 용도로 사용되는 범용 폴리머입니다. 대용량 재료로서 PET는 우수한 중량 대비 강도와 전반적인 파손 저항으로 인해 매력적입니다. 섬유 형태로서는 내구성이 좋고, 방수, 그리고 주름이 없는 직물로도 구성이 됩니다.

PI와 PET 둘 다에 공통적인 어플리케이션 분야 중 하나는 두 재료가 광범위하게 사용되는 OLED 디스플레이 제조입니다. 현재, 전체적으로 디스플레이 영역에서 사용되는 두께는 수 마이크로미터의 얇은 박막부터 수십 마이크로미터 두께의 시트까지 다양합니다. 기기와 디스플레이가 점점 더 가벼워지고, 단순히 “곡선”이나 “플렉서블”이 아니라 “접거나 (Foldable)” 말할 수 있게 되면서 전체 두께는 감소할 가능성이 높습니다.

유사하게, PTFE는 거의 모든 산업용 화학 물질 및 용매에 대한 내성이 있고 우수한 열 및 전기 절연 특성을 갖고 있는 범용 폴리머입니다. PTFE는 매끄럽고 마찰이 적은 표면으로 알려져 있으며 본질적으로 소수성입니다. 비교적 고가이기 때문에 방수 직물, 특수 의료기기, 기구용 코팅 등 부가가치가 높은 경우에 사용됩니다. RF/마이크로웨이브 및 초고속 회로의 경우 PTFE는 앞서 언급한 열 및 화학적 안정성과 함께 낮고 안정적인 유전 상수로 인해 선호되는 유전체입니다. 시트나 박 형태에서 이러한 이점은 형성 절단 및 비아 홀 드릴링과 같이 레이저가 사용되는 유연 회로 제조에서 부각됩니다.

이러한 재료를 가공하는 데 있어서, 레이저는 최소한의 가열로 높은 강도를 전달하는 고유의 특성 때문에 기존의 전통적인 기계 가공 방법을 빠르게 대체하고 있으며, 펨토초 펄스 레이저가 점점 더 보편화되고 있습니다.

어플리케이션이나 필수 요구 사항에 따라서, 펨토초 적외선 및 그린 파장 레이저는 이미 많은 응용 분야에서 광범위하게 사용되고 있습니다. 더 높은 정밀도와 품질을 요구하는 어플리케이션의 경우 펨토초 UV 레이저가 솔루션을 제공합니다.

짧은 펄스 지속시간에 따른 낮은 HAZ(열 영향 영역) 이점에 더해 UV 레이저의 짧은 파장은 더 높은 흡수로 특히 높은 밴드갭 재료에서 더 높은 효율을 가능하게 합니다. 또한 펄스를 더 작은 스폿 크기에 집중할 수 있어 더 작고 정밀한 구조를 제작할 수 있습니다.

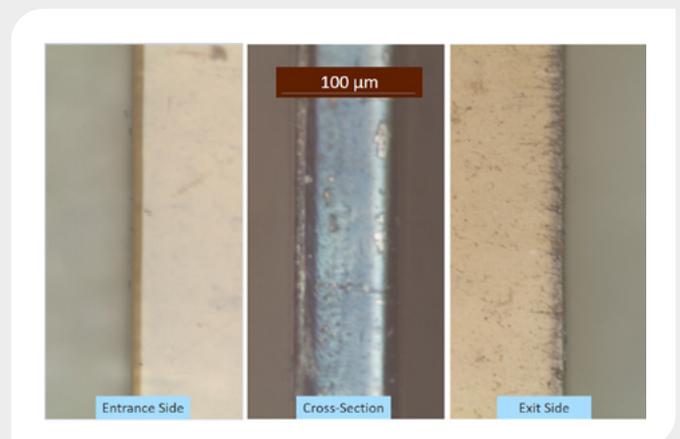


그림 1. IceFyre FS UV50 femtosecond UV 레이저를 이용한 75 μm 두께 PI 필름 절단의 레이저 입사면, 절단면, 출사면 이미지

폴리머 재료 가공에 있어서 펨토초 UV 레이저를 사용하는 이점을 증명하기 위해서, MKS 어플리케이션 실험실 엔지니어들이 최근에 소개된 Spectra-Physics® IceFyre® FS UV50 고출력 펨토초 레이저로 PI, PET, 그리고 PTFE 폴리머 절단 실험을 진행했습니다.

75 μm 두께의 PI 필름을 1 MHz 반복률에서 멀티패스 모드로 절단했습니다. 그림 1은 가공 후 후처리나 세척 없이 있는 그대로의 측정된 절단 영역의 현미경 사진입니다. 입사면에 40 W UV로 필름은 유효 속도 >300 mm/s 로 절단되었습니다. 레이저 입사면의 절단 이미지는 잔해나 HAZ 없이 우수한 절단 품질을 보여줍니다. 레이저 출사면 이미지는 절단면 끝에서

살짝 탄화되어 보이지만, 아마도 바닥에서 일어나는 반사 때문일 것입니다. 유사하게, 그림 2는 75 μm 두께의 PET 필름을 1MHz 반복률에서 멀티 패스 모드로 절단한 결과입니다. 샘플단에서 평균 출력 40 W UV로 유효 속도 500 mm/s 로 PET 필름을 절단하였습니다. 현미경 이미지는 잔해나 HAZ 가 없는 우수한 절단 품질을 요약하고 있습니다.

그림 3은 1 MHz 반복률, 멀티 패스 모드에서 110 μm 두께의 PTFE 필름 절단 현미경 사진입니다. 역시 샘플단에서 40W UV 절단했으며 유효 속도는 >570 mm/s입니다. 현미경 이미지는 잔해나 HAZ 없는 뛰어난 절단 품질을 확인시켜주고 있습니다. 출사면의 절단면 끝에서 최소 용융 영역 (<20 μm) 가 관측됩니다.

폴리머 절단을 위한 높은 효율과 우수한 품질이 결합된 펄스초 UV 레이저의 가능성을 소개하였습니다. 특히, 펄스초 UV 레이저는 고급 디스플레이와 마이크로일렉트로닉스 용 폴리머 가공에 이상적인 선택입니다.

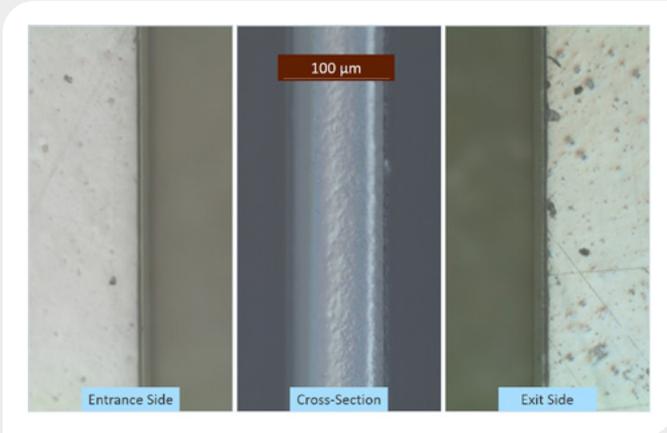


그림 2. IceFyre FS UV50 femtosecond UV 레이저를 이용한 75 μm 두께 PET 필름 절단의 레이저 입사면, 절단면, 출사면 이미지

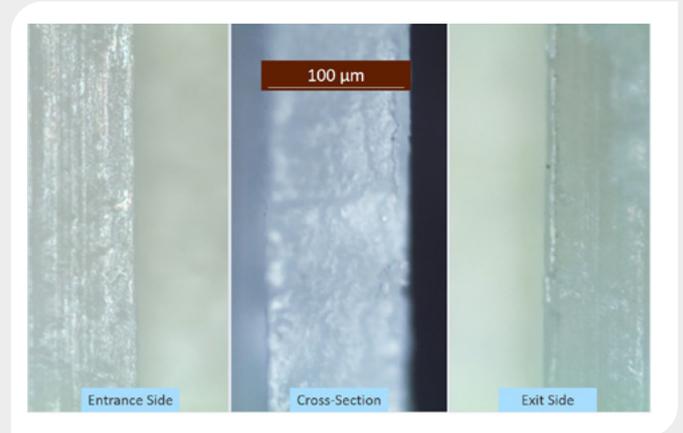


그림 3. IceFyre FS UV50 femtosecond UV 레이저를 이용한 110 μm 두께 PTFE 필름 절단의 레이저 입사면, 절단면, 출사면 이미지

PRODUCT

Product: IceFyre FS UV50 Laser

새로운 IceFyre FS UV50 레이저는 시장에서 가장 성능이 뛰어난 UV 펄스초 레이저로 1 MHz에서 >50 W 이상의 출력과 <500 fs 미만의 펄스폭을 제공합니다. 산업계에서 이미 입증된 안정성의 IceFyre 플랫폼에 가장 최근에 추가된 제품으로, 가장 낮은 소유 비용으로 다양한 고정밀 펄스초 미세가공 어플리케이션을 가능하게 하는 다용성과 성능을 제공합니다. 사용자가 구성할 수 있는 TimeShift™ 버스트 모드 기능은 절제 효율을 높이고 특정 재료의 처리량과 품질을 높이는 미세 가공을 가능하게 합니다. 최대 50 μJ 의 펄스 에너지와 단일 펄스부터 10 MHz 까지 가능한 반복률로 IceFyre FS UV50 는 절제 및 절단 어플리케이션에 이상적인 소스입니다.

동급에서 가장 낮은 타이밍 지터로 진정한 주문형 펄스(POD)와 위치 동기화 출력(PSO) 트리거링이 가능하게 설계되어 고속에서 고품질 가공을 실현합니다. 고객은 UV 파장에서 뛰어난 빔 품질과 산업용으로 가능한 가장 짧은 펄스로 복잡하고 도전적인 재료를 높은 효율에 무시할 만한 수준의 열영향부(HAZ)로 가공할 수 있습니다. IceFyre FS 레이저는 산업용으로 설계되어 24/7 연중무휴 운영을 위한 신뢰성과 업계를 선도하는 가성비비를 제공합니다. 스펙트라 피직스의 'It's in the Box™' 디자인을 기반으로, IceFyre FS 는 레이저와 제어 부분을 업계에서 가장 작은 패키지로 통합하였습니다.

	IceFyre FS UV50
Wavelength	343 ±2 nm
Output power at optimization PRF	>50 W @ 1 MHz and 1.25 MHz
Maximum Pulse Energy	>50 μJ @ 1MHz
Repetition Rate Range	Single shot to 10 MHz
Pulse Width	<500 fs
Power Stability (after warm-up)	<1% rms over 8 hours
Pulse-to-Pulse Energy Stability	<2% rms
Spectral Bandwidth (FWHM)	<1 nm
Spatial Mode	TEM ₀₀ (M ² <1.3)
Beam Diameter at Exit	5.0 mm ±0.5 mm
Beam Divergence, full angle	<0.20 mrad
Polarization	>100:1, vertical