

고출력 UV 피코초 레이저를 이용한 OLED 재료 가공



유연 유기발광다이오드 (OLED) 디스플레이의 제조는 폴더블 폰을 포함한 차세대 소비자 가전제품에 매우 중요한 부분입니다. OLED 디스플레이는 폴리이미드 (PI), 폴리에틸렌 테레프탈레이트 (PET), 그리고 사이클로 올레핀 중합체 (COP) 등 여러 층의 폴리머 소재로 구성이 됩니다. 이 소재들은 적외선과 가시광선을 투과 시키고 열에 쉽게 손상이 되기 때문에, 일반적인 레이저 광원으로 가공하기가 쉽지 않습니다. 점차적으로, UV 피코초 레이저가 PI, PET, COP 같은 재료들을 가공하기에 유망한 해결책이 되고 있는데, 이는 극초단 펄스폭과 UV 파장이 더 빠른 속도로 더 작고 우수한 품질을 가능하게 하기 때문입니다.

최근에, MKS Spectra-Physics 레이저 어플리케이션 실험실에서 고출력 UV 피코초 레이저 광원으로 OLED 폴리머 소재 절단 실험을 진행하였습니다. UV 50W 고출력 Icefyre 355-50 피코초 레이저를 이용하였고, 최적의 가공 속도와 품질로 PET 와 COP 폴리머를 절단할 수 있도록 레이저 파라미터를 최적화하였습니다.

PET는 OLED 제조공정에서 기판소재로 많이 쓰이며 여러 층으로 구성되어 있고 절단 공정이 필요합니다. 그러나 매우 높은 투명도를 가지는 특성 때문에 절단이 어려운 소재중 하나이기도 합니다. 75um 두께의 PET 필름을 IceFyre 355-50 레이저로 다양한 펄스 에너지와 펄스 주파수 대에서 절단 실험을 진행했고, 그림 1은 레이저 펄스 반복률에 따라서 절단 품질이 얼마만큼 향상될 수 있는지를 보여줍니다. 절단 속도는 628 mm/s 로 동일하게 유지하였습니다.

펄스 반복률 (PRF) 을 증가시키면, 상대적으로 펄스 에너지는 낮아지게 되면서 재료에 전달되는 단위면적당 에너지를 최적화할 수 있게 됩니다. 높은 펄스 반복률에서도 레이저의 출력은 계속 고출력으로 유지되기 때문에, 유효 절단 속도는 그대로인 상태로 절단 품질을 향상시키게 됩니다. 비산 되는 분진은 적어지고 열 영향부는 6um 이하 또는 8um 이하로 줄어듭니다.

COP 는 좀 더 진일보한 OLED 폴리머로서 투명한 보호 커버 소재로서뿐만 아니라, 반사를 방지하는 층에 사용되어 편광을 조절할 수 있습니다. 다양한 실험을 통해서, 100 um 두께의 COP 필름을 절단하는 가공 속도와 품질의 상관관계를 알아보았으며, 그 결과는 그림2 에 표시하였습니다.

펄스 반복률 1.4MHz 에서 가장 빠른 가공 속도를 달성할 수 있었는데, 이때 레이저의 출력은 1.25MHz 에서와 마찬가지로 거의 50 W 에 근접하였습니다. 절단 품질은 HAZ ~20 um 정도로 상당히 준수하다고 볼 수 있었습니다. 반복률을 2MHz까지 증가시키면 상대적으로 펄스 에너지는 감소하게 되는데, 이때 절단 속도는 최고 속도의 72% 이상으로 유지가 되면서 HAZ 는 50% 이상 감소하는

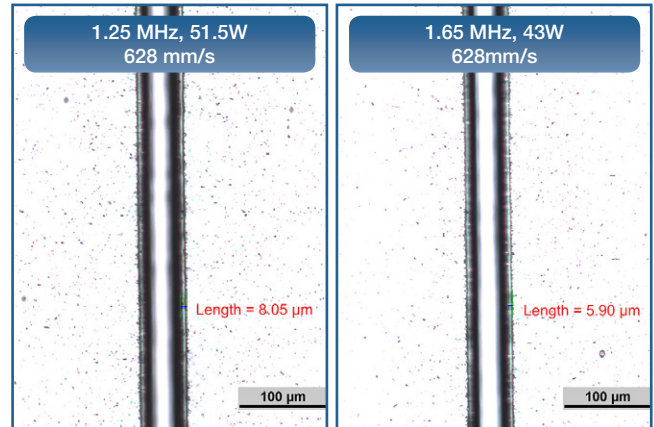


그림 1
PET 필름 절단. 낮은 반복률(왼쪽) 높은 반복률 (오른쪽)

것을 확인할 수 있었습니다. 어플리케이션의 종류에 따라서 HAZ 가 다소 크더라도 가공 속도에 초점을 맞추는 경우도 있지만, 속도 손해를 조금만 보면서 HAZ 를 획기적으로 줄일 수 있었던 것은 IceFyre 355-50 레이저가 높은 반복률에서도 고출력을 만들어 낼 수 있기 때문입니다.

OLED 제조 공정은 품질과 가공 속도 두 가지를 동시에 충족할 것을 요구합니다. OLED 소재는 일반적인 레이저 소스로 가공하기에 많은 어려움이 있으나, 피코초 UV 레이저 소스로 이러한 한계를 뛰어넘을 수 있습니다. IceFyre 피코초 UV 플랫폼은 속도와 품질 두 가지 모두를 충족시킬 수 있을 뿐만 아니라 다양한 어플리케이션에도 유연하게 적용할 수 있습니다.

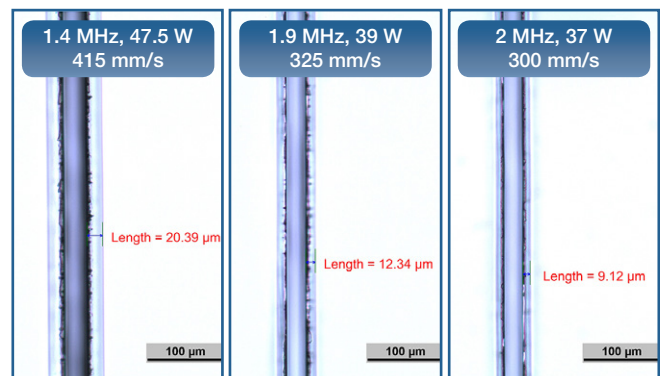


그림 2
COP 필름 절단. 낮은 반복률(왼쪽) 높은 반복률(오른쪽)

PRODUCT: ICEFYRE®

새롭게 출시된 IceFyre 355-50 은 1.25 MHz 에서 50 W (>40 uJ) 이상의 고출력 UV ps 레이저 빔을 출사 하며, Burst 모드에는 100 uJ 이상의 펄스 에너지 출력이 가능합니다. IceFyre 355-50 은 Single Shot 에서부터 10MHz 까지 가능한 반복률로 출력 파워와 반복률 둘 다에서 새로운 기준이 되고 있습니다. IceFyre 355-30 은 30의 이상의 UV 출력에 펄스 에너지는 60uJ 이상이고, 역시 Burst 모드에는 더 높은 펄스 에너지 구현이 가능합니다. 가용 반복률은 Single shot 에서 3MHz 입니다. IcerFyre 1064-50 은 400kHz 에서 50W 이상의 IR 파장의 출력이

가능하고, 반복률은 Single shot 에서 10MHz까지 입니다. IceFyre 레이저만의 TimeShift™ 디자인은 파이버 레이저의 유연함과 Spectra-Physics 고유의 출력 증폭 기술로서 완성된, 사용자 프로그래밍이 가능한 Burst 모드 기술입니다. 기본 제공 되는 waveform에 옵션으로 제공 가능한 TimeShift ps GUI 로 사용자가 직접 waveform 을 만들 수 있습니다. 개별 펄스 제어 (POD) 와 펄스 출력의 위치 동기화 (PSO) 가 가능하게 설계되어 노이즈를 최소화하면서 최상의 가공 품질과 속도를 구현할 수 있습니다.

	IceFyre 1064-50	IceFyre 355-30	IceFyre 355-50
파장	1064 nm	355 nm	
출력	>50 W @ 400 kHz	>30 W typical @ 500 kHz >25 W @ 800 kHz >20 W typical @ 1 MHz	>50 W @ 1250 kHz
최대 펄스 에너지, 보통(Time Shift ps 으 로 burst 로 더 큰 펄스에너지 구현 가능)	>200 μJ single pulse @ 200 kHz	>60 μJ typical @ 500 kHz >31 μJ @ 800 kHz >20 μJ typical @ 1 MHz	>40 μJ @ 1250 kHz
반복률 범위	Single shot to 10 MHz	Single shot to 3 MHz	Single shot to 10 MHz
펄스폭, FWHM 반치전폭	<20 ps (15 ps typical)		<12 ps (10 ps typical)
TimeShift ps	yes		
펄스 간 에너지 안정성	<1.5% rms, 1 σ	<2.0% rms, 1 σ	
출력 안정성(온도안정화 후)	<1%, 1 σ, over 8 hours		