

# 극초단 UV 레이저 솔루션을 활용한 5G 휴대폰 안테나의 미세 가공

Hatim Haloui Coherent

5G 휴대폰에는 과거의 휴대폰에 들어가는 안테나에 비해 크기가 작고 물리적으로 더 복잡한 미니어처 안테나가 들어간다. 5G는 마이크로파나 밀리미터파 등 더 높은 주파수를 이용하기 때문이다. 또 다른 이유는 5G 휴대폰은 다양한 송신기에서 나오는 신호를 동시에 이용할 수 있어야 한다는 것이다. 그러므로 복잡한 2D 형상, 심지어는 3D 형상으로 된 다수의 미니어처 안테나가 필요하다. 그러한 형상들은 동일한 안테나에서 다수의 신호가 들어오고 나가는 소위 MIMO 동작을 지원해야 한다. 현재의 안테나 기술도 2 x 2, 심지어는 4 x 4 MIMO 기능을 지원하지만, 5G는 더

깊은 다중화를 지향하고 있다. 안테나는 절연체 (예: 액정 폴리머 (LCP), modified 폴리이미드 (mPI)) 위에 구리층이 올라간 코팅 기판을 가공하여 만드는데, 제조 과정에서 이 코팅된 기판을 일정한 형태의 희생용 테이프나 다른 형태의 캐리어에 장착해야 한다.

깊은 다중화를 지향하고 있다. 안테나는 절연체 (예: 액정 폴리머 (LCP), modified 폴리이미드 (mPI)) 위에 구리층이 올라간 코팅 기판을 가공하여 만드는데, 제조 과정에서 이 코팅된 기판을 일정한 형태의 희생용 테이프나 다른 형태의 캐리어에 장착해야 한다.

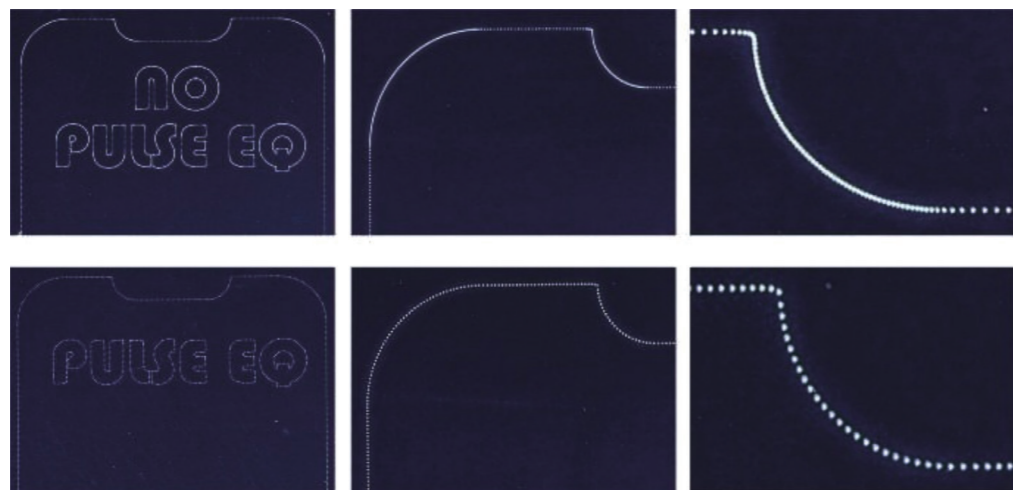


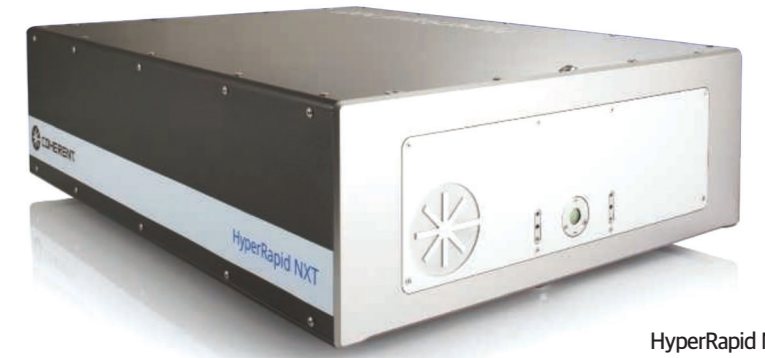
Fig. 1 실리콘(Si) 위에 실리콘나이트라이드(SiN)를 입힌 얇은 샘플 위에 HyperRapid NX 30W 레이저로 생성한 펄스 어블레이션 패턴을 나타내는 현미경 이미지 (펄스 EQ를 적용한 경우와 그렇지 않은 경우 1회 공정 비교).

그 때 필요한 커팅이나 스크라이빙 (흔히 키스 커팅(kiss cutting)이라고도 부르며, 기층을 손상시키지 않으면서 선택적으로 층을 제거)을 위해서는 레이저 미세 가공이 가장 확실한 해법이다. 나노초 (Q-스위치) 레이저는 공간 분해능이 충분하지만, 단일 공정이 아니다. 구리와 폴리머의 어블레이션 시작점 (어블레이션 문턱 값)이 매우 다르므로 문제가 된다. 최적의 미세 가공을 위해서는 플루언스가 어블레이션 문턱 값의 7배에 이르는 레이저가 필요하다. 문턱 값을 넘어 플루언스를 10배 이상으로 높이면 공정 속도는 빨라지지 않고, 단지 커팅 폭이 커지며 열영향부(HAZ)의 크기가 증가하게 된다. 열영향부는 커팅, 스크라이빙된 부위에 인접하며 열적 영향에 의해 품질이 저하된 부분으로, 예를 들면 종이나 플라스틱의 탄화된 부분, 도자기에 생긴 유리질, 반도체에 생긴 용융 부분을 가리킨다.

휴대폰 안테나와 같은 소형 전자장치에서는 단락으로 이어질 수 있는 용융부 등 기능적 손상을 피하기 위해 열영향부를 최소화해야 한다. 열영향부가 있으면 장치의 신뢰도와 수명이 저하될 수 있기 때문이다. 그런데 구리 소재 어블레이션을 위해 나노초 레이저로 공정을 최적화하면 폴리머소재에 발생하는 상당한 열영향부 손상을 방지하기가 매우 어렵게 된다. 따라서 셋업이 다른 레이저 2대로 이루어진 2개의 개별 공정으로 안테나를 패터닝해야 하므로 공정 비용이 상승하고, 정확한 레지스트레이션이 공정 내내 유지되어야 한다는 단점이 있다.

더구나 첫 단계 이후에 재료가 수축하기 때문에 레지스트레이션이 더욱 어려워진다.

열영향부를 최소화하는 방법으로는 짧은 펄스 폭을 이용하거나(예, 피코초) 더 짧은 파장을 이용하는 방법 등 두 가지의 잘 검증된 방법이 있다. 초단파(USP) 레이저는 펄스 에너지가 분산되고 열영향부를



유발하기 전에 펄스 에너지의 대부분이 재료에 전달된다는 장점이 있다.

그뿐만 아니라, 비록 USP 레이저는 보통 펄스 에너지가 적지만, 펄스 반복률이 훨씬 높으므로 다수 번의 경로 반복 공정을 통해 공정을 원활하게 하며, 열영향부를 줄인다는 장점도 있다.

자외선 파장 (UV) 등 더 짧은 파장을 이용하는 방법도 열영향부 효과를 줄이는 방법으로 잘 알려졌다. 짧은 파장은 대부분 재료에서 고에너지 광자가 직접 원자결합을 파괴하여 재료 일부가 열분해 과정이 아닌 광분해 과정에서 제거되기 때문이다. 또한 짧은 파장을 이용하면 초점 심도가 깊기 때문에 프로세스 윈도우가 더욱 커진다.

이러한 이유로 짧은 펄스 폭과 짧은 파장을 가진 피코초 UV 레이저가 구리/mPI 또는 구리/LCP 소재의 안테나를 훌륭하게 미세 가공할 수 있는 적합한 후보가 된다. 최근에는 산업용 USP UV 레이저의 평균 출력이 향상되어 5G 안테나 커팅과 같은 응용 분야에 요구되는 높은 공정 처리량도 달성할 수 있다. 예를 들면, Coherent의 HyperRapid NX USP UV 레이저는 파장 355nm로 최대 30W를 제공한다. 이런 제품은 스캔 속도가 초당 수 미터에 이르고, 최신 안테나 디자인을 가공하는 데 필요한 10번의 경로 반복이 가능하다.

HyperRapid NX에는 펄스 EQ라는 펄스

제어 기능이 내장되어, 빔이 기판을 가로지르며 빠르게 스캔하여 작업해야 하는 복잡한 형상 커팅이나 스크라이빙에 필요한 능력이 더욱 향상되었다. 복잡한 형상 커팅에는 불가피하게 일정한 가속도와 감속도가 수반되어 직선 운동의 속도가 날카로운 곡선 및 모서리 주위의 운동 속도보다 빨라지게 된다.

비록 USP UV 레이저는 열적 부하가 적지만, 위와 같은 현상은 펄스 간 겹침이 과도해져서 열 누적과 열영향부를 형성하는 문제가 발생할 수 있다. 그러나 펄스 EQ를 이용하면 펄스 속도를 실시간으로 제어할 수 있다. 이 경우에는 스캐너에서 나오는 위치/속도 피드백 동기화 신호에 맞춰 펄스를 발진시킨다. 그렇게 하면 각 소재와 공정에 가장 적합한 것으로 판명된 일정한 양으로 펄스 간 겹침이 유지된다.

또 중요한 점은 펄스 EQ를 이용하면 펄스 에너지를 능동적으로 실시간 안정화할 수 있다는 점이다. 과거의 USP UV 레이저는 펄스 반복률을 변경하면 보통 펄스 에너지가 변했다. Fig 1은 펄스 EQ를 적용한 경우와 그렇지 않은 경우 실리콘 위에 실리콘나이트라이드를 입힌 재료(SiN-Si)에 만든 펄스 어블레이션 패턴들의 차이를 보여주고 있는데, 펄스 EQ를 적용한 경우가 훨씬 일정하게 선명한 모습을 보여주고 있다.

연락처 : Sales.korea@coherent.com