



에틸렌 생산의 경쟁우위와 수익성을 강화하는 하이브리드 레이저 순도 측정

빠르게 성장하고 있는 거대한 에틸렌 시장에서 순도 측정은 경쟁우위와 수익성에 직접적인 영향력이 있다. 에틸렌은 순도에 대한 기준이 까다롭다. 불순물이 촉매를 오염시키고 다운스트림 공정에 악영향을 미치면, 수리와 다운타임으로 인해 많은 비용이 든다. 따라서 생산 시, 그리고 상거래용 포인트(Custody transfer point)에서 순도 기준이 지켜져야 한다. 순도가 이렇게 중요한 만큼, 순도 측정의 정밀함과 신뢰성은 필수적이다. 또한, 스피드와 비용 절감도 공정 업셋을 예방하고, 처리량 최적화를 달성하기 위해 역시 중요하다. 이유는 간단하다. 신뢰성 있는 순도 측정이 빨리 가능할수록 제품의 시장 출시에 큰 영향을 미친다. 따라서, 비용은 낮추되 정확도는 유지하면서 스피드를 향상시킬 수 있는 에틸렌 순도 분석이라면 에틸렌 생산시설의 수익성에 커다란 영향을 미칠 수 있다. 에틸렌 분석을 위한 양자 폭포 레이저(Quantum Cascade Laser : QCL)와 파장 가변 다이오드 레이저(Tunable Diode Laser : TDL)의 도입이 이러한 분석 기술의 발전을 대표한다.

생산과 상거래용 모두를 위한 가스 순도 측정에 사용되는 현재의 기술이 신뢰성은 높지만, 상대적으로 시간 소모가 많기 때문에 가스 성분 측정을 위한 레이저 분광법이 주목을 받은 지도 꽤 시간이 흘렀다. 하지만 기술적인 한계로 인해 실험 단계에 그쳐야 했다. 문제는 바로 레이저 가스 분석기에서, 측정 셀을 통과하기 전 빛이 이동하는 외부 경로가 대기중 대상 가스가 존재할 때 간섭(Interference)을 일으키는 것으로, 에틸렌 제조의 제품 순도 측정점에서 발생하는 문제였다. 에틸렌 생산 기업은 제품이 사양을 충족한다는 것을 입증해야 하지만, 대기중 습기나 이산화탄소가 측정에 악영향을 미칠 수 있었다. 대기 가스

YeeTiong Koh
(Business Development Director,
Analyzers & Solutions, Asia Pacific)

에머슨오토메이션솔루션즈(주)

출처 : Chemical Today Magazine



의 간섭은 이전에는 주로 질소로 레이저 경로를 제거하거나 공기를 세척해 분석기 내 피분석물의 존재를 줄이는 방식으로 이루어졌다. 그러나 이런 기법은 레이저의 실시간 사용을 번거롭고 부적절하게 만들었다. 즉, 현존하는 기술에서 전혀 나아진 바가 없었다.

가스 순도 분석을 위한 레이저 기술의 잠재력이 마침내 참신한 제로갭 설계로 외부 빛의 경로를 제거한 다 성분(Multi-component) 하이브리드 QCL/TDL 가스 분석기를 통해 실현되었다. 외부 레이저 빛의 경로를 1mm 미만으로 줄이게 되면서 공기가 측정 스펙트럼에 끼치는 영향이 최소한으로 줄어들어 간섭이 완전히 사라진다. 외부 레이저 빛의 경로가 0.5m인 분석기와 비교하면 500배 정도 감소한 효과이다. 결과적으로 외부 빛에서 발생하는 모든 스펙트럼을 제거할 수 있고, 물과 이산화탄소, 그 외 공기 중의 가스를 ppmv 이하 수준까지 분석기 하우징(Housing)을 제거하지 않고도 측정이 가능하다. 이렇듯 새로운 시도를 통해 산업용 가스 순도 측정에 레이저 기술이 현실적인 솔루션으로 최초 등장했다.

새로운 제로갭 설계로 에틸렌 순도 측정에 레이저 기

술이 쓰이게 됐지만, 다른 요소들도 발전한 부분이 있다. QDL/TDL 레이저는 중적외선 영역에서 원하는 파장의 빛을 생성해 레이저 처프 기법으로 스펙트럼을 스캔하는 반도체 계기이다. 공정을 시작하기 위해 레이저가 켜지면 가열이 시작된다. 온도가 올라가는 수준에 비례해 광범위한 파장의 빛이 방출된다. 레이저 처프가 지속되는 약 1 나노초 동안 1~3 파수(Wavelength) 스펙트럼 구역을 스캔한다. 처음의 감지기 신호를 분석 대상의 농도를 계산할 수 있는 스펙트럼으로 변환한다. QCL/TDL 레이저는 최대 1,000kHz의 주파수까지 처프가 가능해 수천 개의 스펙트럼이 단 몇 초 만에 모여 신호 대 잡음비가 좋은, 강력한 신호로 변하게 된다. 스캔된 파장 영역을 활용해 원하는 대상을 측정할 수 있다. 또한, 하나의 장치로 1개 이상의 화합물을 감지할 수 있다. 고도의 신호 처리 절차로 측정의 실시간 검증이 가능하고, 검교정의 필요성이 줄어든다. 이러한 다 성분 감지와 실시간 측정에 기반해, 에틸렌 제조업체들은 하나의 레이저 가스 분석기로 여러 성분을 측정할 수 있는 장점을 활용해 실시간 공정 제어와 실시간 제품 인증이 가능해진다.

QCL/TDL 시스템은 최대 6대의 고해상도 레이저를

활용해 근적외선과 중적외선 영역에서 ppm 이하 농도에 이르기까지 최적의 실시간 가스 측정 및 분석을 실시할 수 있다. 하나의 분석기 안에 여러 레이저/감지기를 결합해 근적외선과 중적외선 영역까지 커버하므로 다양한 어플리케이션의 측정 기준을 맞출 수 있는 다재다능하고 구성 가능한(Configurable) 분석기를 제공한다. 현존하는 여러 대의 분석기를 단 한 대의 분석기로 대체할 수 있기 때문에 정확도는 유지하면서 여러 개의 분석 시스템에 큰 초기 비용을 들이지 않고 한 대의 간단한 시스템을 설치해 에틸렌 측정 비용을 경감할 수 있다. 심지어 정확도는 향상될 수도 있다.

반응시간의 획기적 개선은 QCL/TDL 레이저에서 샘플이 레이저 빔이 지속적으로 가스를 분석하는 측정 셀을 통과하기 때문에 가능하다. 결과적으로 단계당 반응시간은 10초 미만이며, 결과물이 실시간으로 연속 생성된다. 이러한 장점은 이전의 가스 순도 분석에서는 불가능한 부분이었다.

QCL/TDL 레이저의 주요 어플리케이션 중 하나는 에틸렌 분리탑 혹은 분리기(Splitter)에서 이루어지는 최종 정제(Purification) 단계이다. 생산의 온스펙(On-spec)을 유지하기 위해서는 분리기 공정 제어를 위한 분석이 중요하다. 에탄과 에틸렌은 물성이 비슷하기 때문에 분리가 까다로울 수 있다. 해당 시설에서는 사양에 어긋난 오프스펙(Off-spec)이나 에틸렌 재사용을 초래하지 않으면서, 동시에 한계 사양 가까이 에탄을 유지하도록 균형을 잘 잡아야 한다. 분리탑을 효율적으로 운영하면 에너지 사용량 감축은 물론 에틸렌 재사용과 제품 손실 방지도 가능하며, 따라서 촉매의 수명과 경제적 효용까지 극대화할 수 있다. 일산화탄소와 이산화

탄소, 그리고 메탄과 에탄 분자를 측정으로 분리탑 운영의 효율성이 극대화되고, 에틸렌 생산을 온스펙(On-spec)으로 유지할 수 있다.

또 하나의 어플리케이션은 아세틸렌 변환기 모니터링이다. 분해 공정에서 일부 분자가 과분해 되면 아세틸렌이 된다. 생산량 극대화를 위해 이 아세틸렌을 다시 에틸렌으로 변환하는 것이 중요하다. 이 공정은 아세틸렌 변환기로 불리는 촉매 베드에 수소를 첨가해 이루어진다. 실사용 1개와 대기용 1개, 총 두 개의 아세틸렌 변환기 유닛이 사용된다. 변환을 최적화하고 공정 혼란을 방지하려면 주입구 스트립과 베드, 그리고 배출구 스트립 분석 데이터가 필요하다. 촉매 작용의 극도로 정확하고 빠른 제어가 에틸렌 생산 최대화에 필수적이다. 만약 촉매 반응이 지나치게 활발한 경우, 에틸렌이 에탄으로 변환한다. 반면, 촉매 반응이 충분하지 않으면 아세틸렌이 전량 에틸렌으로 변환되지 않는다. 촉매 반응 제어의 핵심은 일산화탄소량 측정과 아세틸렌 농도 모니터링이다. 실사용 유닛에서 대기용 유닛으로의 전환이 이루어져야 하기 때문이다. 그리고 변환기 배출구의 아세틸렌 누출을 점검해야 다운스트림 공정 혼란을 막을 수 있다. 배출구의 측정이 빠르고 감지가 까다로워야 하기 때문에, QCL/TDL이 이 어플리케이션에 이상적이다.

경쟁이 심한 에틸렌 제조산업에서 살아남고 승자가 되려면 순도 분석의 정확도를 유지하면서 빠른 측정이 가능해야 한다. QCL/TDL 기술은 이전에 필요했던 여러 대의 장치를 하나의 시스템으로 대체할 수 있는 최초의 실시간 가스 분석 기술로, 에틸렌 생산 시설의 비용과 배출량은 줄이고 경쟁우위는 강화한다.