

산업공정 내의 아산화질소, 수소불화탄소,  
과불화탄소, 육불화황, 삼불화질소 -

2023

## 적외선흡수분광법

(N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub> of Greenhouse gas in industrial  
process - Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy)

## 1.0 개요

### 1.1 목적

이 시험기준은 적외선흡수분광기 (FTIR, fourier transform infra-red spectrometer)를 사용하여 반도체 및 디스플레이 등의 산업공정 배출가스 중에 포함된 아산화질소, 수소불화탄소, 과불화탄소, 육불화황, 삼불화질소의 농도를 측정하는 방법에 대하여 규정한다.

### 1.2 적용범위

**1.2.1** 이 시험기준은 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침에서 제시된 온실가스 배출량 산정방법 적용을 위하여 반도체 및 디스플레이 등의 산업공정 배출가스 중 아산화질소 (N<sub>2</sub>O, dinitrogen oxide), 수소불화탄소 (HFCs, hydrofluorocarbon), 과불화탄소 (PFCs, perfluorocarbons), 육불화황 (SF<sub>6</sub>, sulfur hexafluoride), 삼불화질소 (NF<sub>3</sub>, nitrogen trifluoride)를 대상물질로 한다. 수소불화탄소는 HFC-23 (CHF<sub>3</sub>, trifluoromethane), HFC-32 (CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, difluoromethane)를 포함하며, 과불화탄소는 PFC-14 (CF<sub>4</sub>, tetrafluoromethane), PFC-116 (C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, hexafluoroethane), PFC-218 (C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>, octafluoropropane), PFC-c318 (c-C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>, octafluorocyclobutane)를 포함한다.

**1.2.2** 이 시험기준의 검출한계는 표 1을 따른다.

표 1. FTIR 가스 셀별 검출한계

구분		F 가스 셀 길이별 검출한계 (μmol/mol)					
		1 cm	10 cm	60 cm	100 cm	400 cm	500 cm
N <sub>2</sub> O		400	40	7	4	1	0.8
PFCs	CF <sub>4</sub>	10	1	0.2	0.1	0.025	0.02
	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	25	2.5	0.5	0.25	0.06	0.05
	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	50	5	1	0.5	0.125	0.1
	c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	50	5	1	0.5	0.125	0.1
HFCs	CHF <sub>3</sub>	80	8	1.5	0.8	0.2	0.16
	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	30	3	0.6	0.3	0.075	0.06
SF <sub>6</sub>		10	1	0.2	0.1	0.025	0.02
NF <sub>3</sub>		50	5	0.8	0.5	0.15	0.12

### 1.3 간섭물질

#### 1.3.1 수분

수분의 간섭을 제거하기 위해 분석기기에 시료가 유입되기 전에 시료를 100 °C 이상으로 가열하여 수분의 유입을 최소화하거나, 반 투과막 또는 이와 비슷한 성능을 가진 건조제 등의 수분제거제를 사용하여 수분의 간섭을 제거한다.

#### 1.3.2 스펙트럼

측정 대상물질의 기준 스펙트럼 영역과의 중첩으로 인하여 간섭을 일으키는 물질은 중첩이 일어나지 않는 스펙트럼으로 재설정하여 간섭을 최소화하여야 한다.

## 2.0 용어정의

### 2.1 공정 배출가스

반도체 및 디스플레이 등의 산업공정 이후 개별 또는 통합처리시설로 유입되는 배출가스를 뜻한다.

### 2.2 개별처리시설 (POU scrubber, point of use scrubber)

플라즈마, 연소, 촉매, 고온 등의 방법을 이용하여 공정의 후단에서 배출가스를 처리하는 시설이다.

## 2.3 통합처리시설 (house scrubber)

개별처리시설과는 달리 각 공정 라인 (line)별 배출되는 공정 배출가스를 통합하여 일괄 처리하는 방식의 처리시설이다.

## 2.4 적외선흡수분광기 (FTIR, fourier transform infra-red spectrometer)

물질을 구성하고 있는 분자는 그 구조에 따라 특유한 진동을 한다. 분자의 진동에너지와 적외선 에너지가 같은 크기가 될 때 그 진동 모드의 진동수에 대응하는 특정한 파수 영역의 광원만이 흡수된다. 즉 시료가 적외선을 흡수하는 정도로 정성 및 정량분석을 가능하게 하는 장치이다.

## 2.5 배경 스펙트럼 (background spectrum)

다른 모든 측정조건이 동일하고 간섭물질의 영향이 최소인 상태에서 취해진 FTIR 스펙트럼을 뜻한다.

## 2.6 기준 스펙트럼 (reference spectrum)

대상물질 농도의 기준이 되는 FTIR 스펙트럼을 의미한다. 표준가스를 사용하여 대상물질의 종류 및 농도별로 기준 스펙트럼을 작성한다.

## 2.7 사중극자질량분석기 (QMS, quadrupole mass spectrometer)

이온 분리를 위해 4중 극자를 사용하는 질량 분석계이다. 이온을 네 개의 평행 금속 봉에 통과시켜 질량대전하비( $m/z$ )에 따라 분리하고 이온 탐지기에 의해 크로마토그램으로 나타내어 물질을 정량한다. 이 시험기준에서는 공정 배관에 일정한 유량으로 주입한 추적가스의 농도를 처리시설 유입구 및 유출구에서 각각 측정하고 추적가스의 회석비를 통하여 배관의 유량을 산정하기 위한 목적으로 사용한다.

## 2.8 에어홀 (air hole)

처리시설 유출구 배관에 발생하는 응축수의 발생을 최소화하기 위해 처리시설과 유출구 배관사이에 설치하는 외기 유입구를 뜻한다.

## 2.9 저감 효율 (DRE, destruction and removal efficiency)

각각의 대상물질에 대한 처리시설의 성능을 나타내는 지표이다. 대상물질이 처리시설에 의해 파괴되거나 제거되는 비율을 뜻한다.

## 2.10 가스 사용비율 (U, ratio of gas usage)

반도체 및 디스플레이 등의 산업공정에서 제조과정 중 공정 플라즈마에 의하여 각각의 대상물질이 파괴 또는 사용되는 비율을 뜻한다.

## 2.11 부생가스 발생비율 (BP, ratio of by-products)

반도체 및 디스플레이 등의 산업공정에서 제조과정 중 공정 플라즈마에 의하여 각각의 대상물질의 부생가스가 발생하는 비율을 뜻한다.

## 2.12 공정 유량 조절기

반도체 및 디스플레이 등의 산업공정에서 제조과정에 사용되는 공정가스를 공급하기 위하여 각 공정에 설치되어있는 유량 조절기를 뜻한다.

# 3.0 분석기기 및 기구

## 3.1 분석장비

### 3.1.1 적외선흡수분광기 (FTIR, fourier transform infra-red spectrometer)

ES 13204 적외선흡수분광법 3.1 적외선흡수분광기 장치에 따른다.

### 3.1.2 샘플링 펌프 (sampling pump)

샘플링 펌프는 FTIR에 시료가 공급될 수 있도록 충분한 압력을 유지하여야 하며, 주요 간섭물질인 수분이 유입되는 경우 이를 제거하여야 한다.

### 3.1.3 유량 조절기 (MFC, mass flow controller)

표준가스를 일정한 유량으로 공급하기 위하여 사용한다.

## 4.0 표준물질 (reference material)

### 4.1 표준가스 (reference gas)

측정할 때 표준이 되는 인증표준물질로써 인증값과 불확도가 표시되어야 한다.

#### 4.1.1 교정용 표준가스 (reference gas for calibration)

FTIR의 검정곡선 작성 시 사용하는 표준가스이며, 높은 농도의 표준가스를 제로가스로 일정비율 희석하여 사용할 수 있다.

#### 4.1.2 제로가스 (zero gas)

측정하고자 하는 목적성분이 포함되어 있지 않은 비활성가스를 말한다.

#### 4.1.3 추적가스 (tracer gas)

반도체 및 디스플레이 등의 산업공정에서 배관에 흐르는 배출가스의 유량을 산정하기 위한 추적물질로써 주입하는 가스를 말한다. 추적가스로 사용하는 물질은 사중극자질량분석기로 정량이 가능하고 공정에서 사용하지 않는 비활성가스 (헬륨, 크립톤 등)를 사용하여야 한다.

## 5.0 시료채취 및 관리

### 5.1 측정위치의 선정

반도체 및 디스플레이 등의 산업공정 배출가스를 대표할 수 있는 위치에 채취구를 설치하고 밸브 (valve)를 이용하여 개폐가 가능하도록 한다.

### 5.2 측정 장치의 설치 구성도

측정 장치의 설치는 다음 그림 1과 같은 구성을 따르며, 공정 배출가스는 샘플링 펌프를 통하여 FTIR에 일정한 유량으로 공급되어야 한다. 수분의 간섭을 최소화하기 위해 샘플링 펌프 전단에 가열장치나 수분제거제 등을 설치하거나, 이와 비슷한 성능의 수분제거장치가 포함된 샘플링 펌프를 사용하도록 한다.

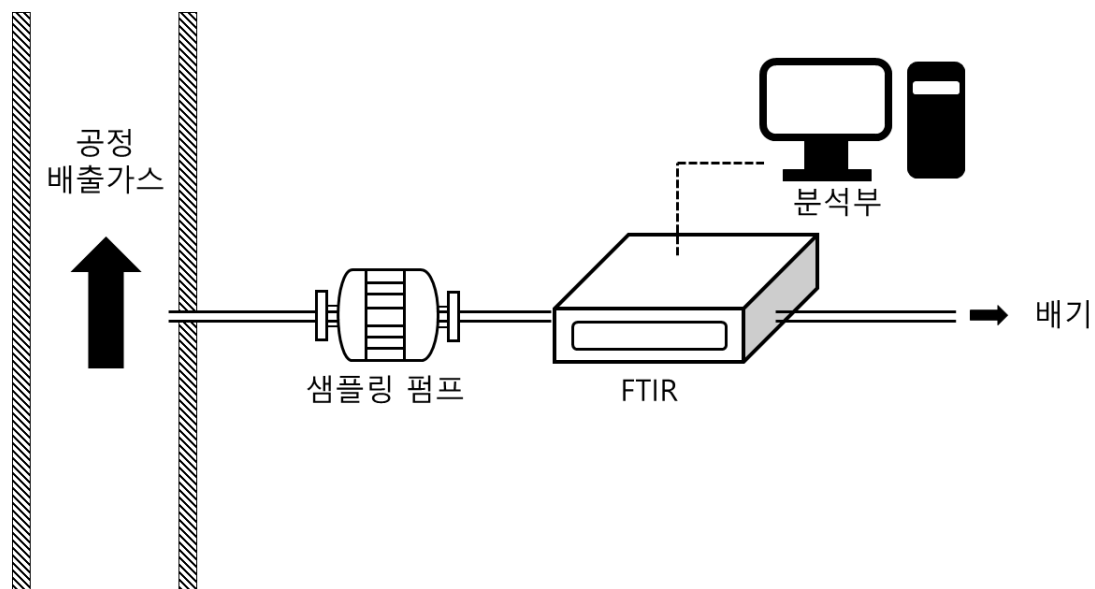


그림 1. 측정 장치의 설치 구성도

## 6.0 정도보증/정도관리 (QA/QC)

### 6.1 환경조건

6.1.1 전원의 전압 및 주파수의 변동이 적은 곳이어야 한다.

6.1.2 예열 시간은 각 측정기기의 취급 설명서를 따른다.

## 6.2 측정기기 교정방법

6.2.1 FTIR 및 유량 조절기의 전원을 넣어 예열한다.

6.2.2 제로가스를 설정 유량으로 흐르게 하고, 농도의 지시값이 안정되는 것을 확인한 후, 배경 스펙트럼을 수집하여 측정기기의 영점 조정을 한다.

## 6.3 교정 주기

6.3.1 FTIR을 처음 구매하였을 때 교정을 수행해야 한다.

6.3.2 감응 특성에 영향을 주는 유지 보수를 했을 때 교정을 수행해야 한다.

6.3.3 각 시료 채취의 전과 후 또는 분석기를 연속적으로 사용하는 경우에는 정기적으로 제로가스로 교정을 수행해야 한다.

## 6.4 측정기기 성능평가 방법

### 6.4.1 교정오차

FTIR에 제로가스와 교정용 표준가스를 주입하여 영점조절을 한다. 교정용 표준가스를 주입하여 인증값과 오차를 구한다. 같은 방법으로 5 개 이상의 지시값을 구하고 식 1에 따라 교정오차를 계산한다. 교정오차는 측정범위의 5.0 % 이하이어야 한다.

$$\text{교정오차 (\%)} = \frac{|\bar{d}| + C.I_{.95}}{\text{표준가스 농도 인증값}} \times 100 \quad (\text{식 1})$$

$$C.I._{95} = \frac{t_{.975}}{n \sqrt{(n-1)}} \sqrt{n(\sum di^2) - (\sum di)^2} \quad (\text{식 2})$$

여기서,  $|\bar{d}|$  : 측정오차 (FTIR에 의한 측정값 - 표준가스 인증값)의 평균

$C.I._{95}$  : 95 % 신뢰구간

$di$  : 각 측정치의 오차(FTIR에 의한 측정값 - 표준가스 인증값)

$n$  : 측정횟수

$t_{.975}$  : 측정값이 참값의 95 % 이내에 존재할 확률에 대한 t 값

#### 6.4.2 상대정확도 (relative accuracy)

5.2 측정장치의 설치 구성도에 따라 FTIR을 설치한다. FTIR로 공정 배출가스 중 대상물질의 농도를 측정하면서 동시에 ES 13101 굴뚝 배출가스 시료채취방법의 테들러 백 방법 (이하 채취방법)에 따라 시료를 채취한 후 주시험방법인 가스크로마토그래피로 가스상 오염물질의 농도를 구한다. 이때 FTIR에 의한 측정결과는 채취 방법으로 시료를 채취한 시간과 동일한 시간의 평균치로 산출한다. 같은 방법으로 5 회 이상 측정치를 구하고 식 3에 따라 상대정확도를 계산한다. 상대정확도는 주 시험법에 대하여 적외선흡수분광법의 20 % 이하이어야 한다.

$$\text{상대정확도 (\%)} = \frac{|\bar{d}| + C.I._{95}}{\text{주시험법으로 구한 측정치의 평균}} \times 100 \quad (\text{식 3})$$

여기서,  $|\bar{d}|$  : 측정오차 (FTIR에 의한 측정값 - 주시험법에 의한 측정값)의 평균

$C.I._{95}$  : 95 % 신뢰구간

#### 6.4.3 응답시간 (response time)

제로가스를 주입하여 배경 스펙트럼을 수집한 후 교정용 표준가스를 주입한다. 교정용 표준가스 인증값의 95 % 값을 출력하는데 소요되는 시간을 기록한다. 같은 방법으로 3 회의 측정값을 얻고 그 평균을 구한다. 응답시간은 최대 5 분 이하이어야 한다.



#### 6.4.4 재현성 (reproducibility)

제로가스와 교정용 표준가스를 번갈아가며 5 회 이상 측정하여 FTIR의 지시값을 얻으며, 각각의 측정값에 대한 편차를 구하고, 재현성을 식 4에 따라 구한다. 재현성은 교정용 표준가스의 인증값의 2 % 이하이어야 한다.

$$\text{재현성 (\%)} = \frac{|\bar{d}| + C.I._{95}}{\text{교정용 표준가스의 인증값}} \times 100 \quad (\text{식 4})$$

여기서,  $|\bar{d}|$  : 각 영점편차 및 교정편차의 평균치

C.I.<sub>95</sub> : 95 % 신뢰구간

#### 6.4.5 배출가스 유량에 대한 안정성

설정 유량 내에서 교정용 표준가스를 주입하고 지시값이 안정되는 것을 확인하고 그 값을 A로 한다. 다음에 설정 유량을 + 5 % 변화시킨 후, 지시값이 안정된 때의 값을 B라 한다. 다음에 설정 유량을 - 5 % 변화시킨 후, 지시값이 안정된 때의 값을 C라 한다. B에서 A를 뺀 값, C에서 A를 뺀 값을 3회 이산 반복 측정하여 FTIR의 지시값을 얻으며, 배출가스 유량에 대한 안정성을 식 5에 따라 구한다. 배출가스 유량에 대한 안정성은 최대눈금치의 2 % 이하이어야 한다.

$$\text{배출가스 유량에 대한 안정성 (\%)} = \frac{|\bar{d}|}{\text{최대눈금치}} \times 100 \quad (\text{식 5})$$

여기서,  $|\bar{d}|$  : 각 B - A, C - A의 교정용 표준가스 농도의 평균치

#### 6.4.6 검정곡선의 작성 및 검증

6.4.6.1 검정곡선의 작성을 위한 구성은 그림 2의 모양을 따른다.

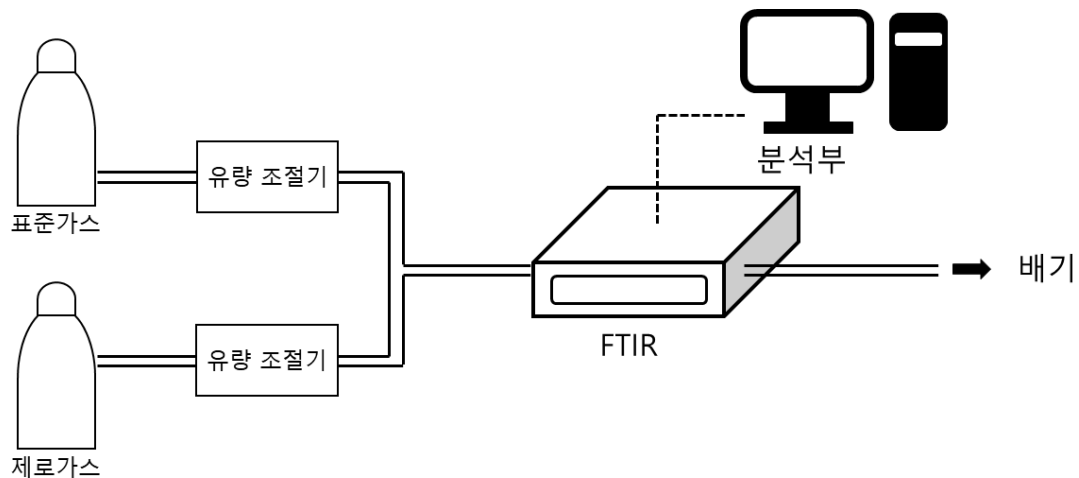


그림 2. FTIR 검정곡선 작성을 위한 구성도

6.4.6.2 표준가스 및 제로가스의 주입은 가스, 유량 조절기, 측정 장비의 순서로 구성한다.

6.4.6.3 기기 사용설명서의 운전 절차에 따라 FTIR을 가동시킨다.

6.4.6.4 유량 조절기를 사용하여 표준가스와 제로가스를 일정비율로 희석하여 FTIR에 주입한다.

6.4.6.5 대상물질의 농도가 프로그램에 실시간으로 기록되도록 하고 최소 20점 이상의 데이터를 수집한 후 희석비율을 다음 단계로 조정하여 동일하게 진행한다. 검정곡선을 작성하기 위해 희석비율은 5 단계 이상으로 하며, 검정곡선의 결정계수 ( $R^2$ )는 0.98 이상이어야 한다.

## 7.0 분석 절차

### 7.1 측정 준비

기기 사용설명서의 운전 절차에 따라 FTIR을 안정시키기 위한 조치를 취한다.

#### 7.1.1 측정 준비

#### 7.1.1.1 배경 스펙트럼의 수집

가스 셀 내부에 제로가스를 공급하여 충분히 세척하고 기기 사용설명서의 운전 절차에 따라 배경 스펙트럼을 확인한다. 배경 스펙트럼은 수분, 이산화탄소가 곡선 상에 검출되지 않을 때 까지 확인하여야 한다.

#### 7.1.1.2 검정곡선 작성

6.4.6 검정곡선의 작성 및 검증에 따라 측정 전 검정곡선을 작성한다. 분석 대상물질의 농도 범위를 알지 못하여 측정 전 검정곡선을 작성할 수 없는 경우, 측정 종료 후 확인된 농도 범위를 바탕으로 사후 검정곡선을 작성하고 이를 저장된 측정 데이터에 적용한다.

#### 7.1.1.3 기준 스펙트럼의 설정

기준 스펙트럼의 흡수 파장 대역은 대상물질의 파장이 서로 중첩되지 않는 범위에서 흡광도가 큰 파장 대역을 선택한다. 단, 대상물질끼리 파장 대역이 겹치는 경우 대상물질의 기준 스펙트럼 상 다른 흡광도 파장 대역을 대체 파장 대역으로 사용하여 측정할 수 있다.

### 7.2 측정

기기 사용설명서의 운전 절차에 따라 FTIR을 가동하고 각 대상물질별로 농도, 측정 날짜 및 시간 등이 기록되도록 한다.

## 8.0 결과 보고

### 8.1 결과의 표시

측정결과는  $\mu\text{mol/mol}$  단위의 소수점 셋째 자리까지 계산하고 소수점 둘째 자리로 표기한다.

## 8.2 결과의 활용

온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침에서 제시된 온실가스 배출량 산정방법 적용을 위해서는 8.2.2, 8.2.3, 8.2.4를 따른다.

### 8.2.1 부피 유량 산정

**8.2.1.1** 한국산업표준 KS I 0587 (반도체 및 디스플레이 공정에서 사용되는 Non-CO<sub>2</sub> 온실가스 (CF<sub>4</sub>, NF<sub>3</sub>, SF<sub>6</sub>, N<sub>2</sub>O) 체적 유량 측정방법)에 따라 각 대상물질의 부피 유량을 산정하며, 부피 유량은 0 °C, 1기압 상태를 적용한다.

**8.2.1.2** 유량 조절기를 이용하여 공정 배출가스가 흐르는 배관에 추적가스를 주입하고 사중극자질량분석기 (QMS, quadrupole mass spectrometer)를 이용하여 추적가스의 농도를 측정하여 식 6과 같이 공정 배출가스의 부피 유량을 구한다.

$$F = \frac{S_f}{C_{tracer} \times 10^{-6}} \quad (\text{식 6})$$

여기서, F : 단일 농도 데이터에 대한 공정 배출가스의 부피 유량 (Nm<sup>3</sup>/sec)

S<sub>f</sub> : 유량 조절기를 통하여 공급한 추적가스의 부피 유량 (Nm<sup>3</sup>/sec)

C<sub>tracer</sub> : QMS로 측정한 추적가스의 농도 (μmol/mol)

**8.2.1.3** 공정 배출가스의 평균 부피 유량은 식 7를 이용하여 계산하며 공정 배출가스의 평균 부피유량에 대한 상대오차는 식 8을 이용하여 계산한다.

$$F_m = \sum_1^n \frac{F_i}{n} \quad (\text{식 7})$$

$$\sigma_{Fm} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n (F_i - F_m)^2} \quad (\text{식 8})$$

여기서, F<sub>m</sub> : n 번 측정된 공정 배출가스의 평균 부피 유량 (Nm<sup>3</sup>/sec)

F<sub>i</sub> : i 번째 측정된 공정 배출가스의 부피 유량 (Nm<sup>3</sup>/sec)

n : 측정 수

$\sigma_{Fm}$  : 상대오차

8.2.1.4 FTIR로 측정된 대상물질의 농도를 활용하여 각 대상물질의 부피 유량을 산정한다.

$$V = F_m \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{n} \quad (\text{식 9})$$

여기서, V : 대상물질의 부피 유량 (Nm<sup>3</sup>/sec)

$C_i$  : i 번째 측정된 대상물질의 농도 (μmol/mol)

## 8.2.2 저감 효율 (DRE, destruction and removal efficiency)

8.2.2.1 각 대상물질의 예상농도에 맞는 가스 셀을 적용하여야 하며, 처리시설 유형별 셀 길이는 표 2를 따른다.

표 2. 처리시설 유형별 적용 가능한 FTIR 셀 길이

구분	개별처리시설	통합처리시설
유입구	1 cm 이상	10 cm 이상
유출구	10 cm 이상	100 cm 이상

8.2.2.2 그림 3의 구성에 따라 분석기기를 설치한다.

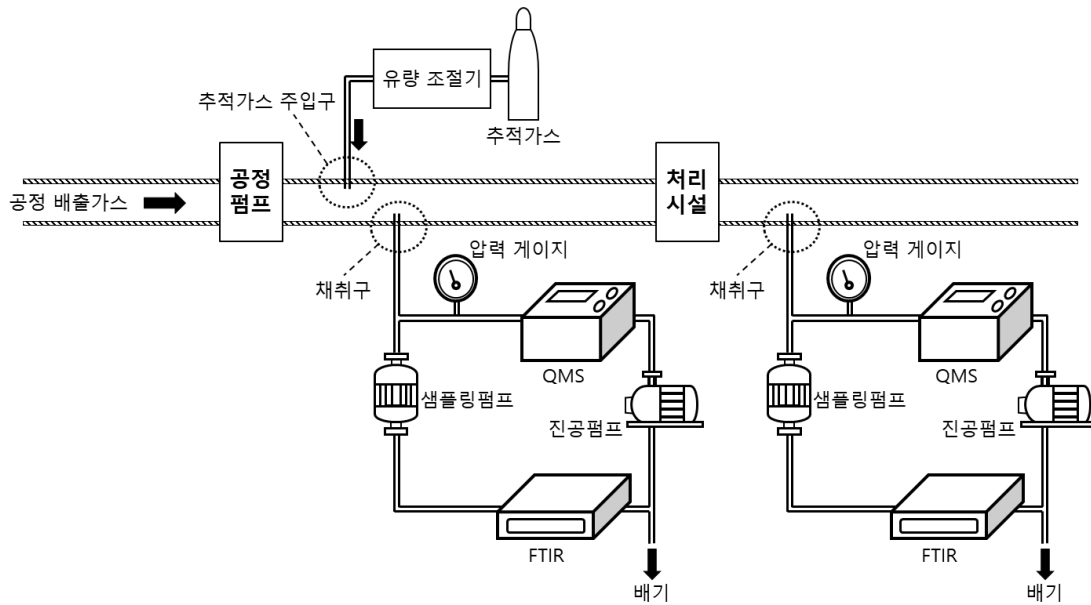


그림 3. 저감 효율 산정을 위한 분석기기 설치 구성도

**8.2.2.3** 처리시설의 유입구 및 유출구 부분에 공정 배출가스를 대표할 수 있는 위치를 선정하여 각각 채취구를 설치하고 채취한 시료가 FTIR 및 QMS를 통과하여 안전하게 배기될 수 있도록 한다.

**8.2.2.4** 추적가스 주입구와 처리시설 유입구의 채취구 사이 거리는 1 m 이상이 되도록 설치하여 시료 채취 전에 추적가스가 충분히 혼합될 수 있도록 한다.

**8.2.2.5** 처리시설 유출구에 설치되어있는 에어홀을 차단하여 외기의 유입을 최소화한 상태에서 측정을 진행하여야 한다.

**8.2.2.6** 기기 사용설명서의 운전 절차에 따라 FTIR 및 QMS를 가동시키고 1 시간 이상 연속 측정하여 데이터를 수집한다. 단, QMS의 경우 실시간으로 확인한 추적가스 농도 연속 측정값의 상대오차가  $\pm 5\%$  미만일 때 연속측정 시간을 10 분으로 할 수 있다.

**8.2.2.7** 식 9에 따라 처리시설로 유입되는 각 대상물질의 부피 유량과 처리시설로부터 유출되는 대상물질의 부피유량을 산정하고 식 10에 따라 처리시설의 저감 효율을 계산한다.

$$R_{DRE} = \left(1 - \frac{V_{out}}{V_{in}}\right) \times 100 \quad (\text{식 } 10)$$

여기서,  $R_{DRE}$  : 처리시설을 통과한 대상물질의 저감 효율 (%) (V/V)

$V_{in}$  : 처리시설로 유입되는 대상물질의 부피 유량 ( $\text{Nm}^3/\text{sec}$ )

$V_{out}$  : 처리시설로부터 유출되는 대상물질의 부피 유량 ( $\text{Nm}^3/\text{sec}$ )

### 8.2.3 가스 사용비율 (U, ratio of gas usage)

8.2.3.1 각 대상물질의 예상농도에 맞는 가스 셀을 적용하여야 하며, 처리시설 유형별 셀 길이는 표 2를 따른다.

8.2.3.2 그림 4의 구성에 따라 분석기기를 설치한다.

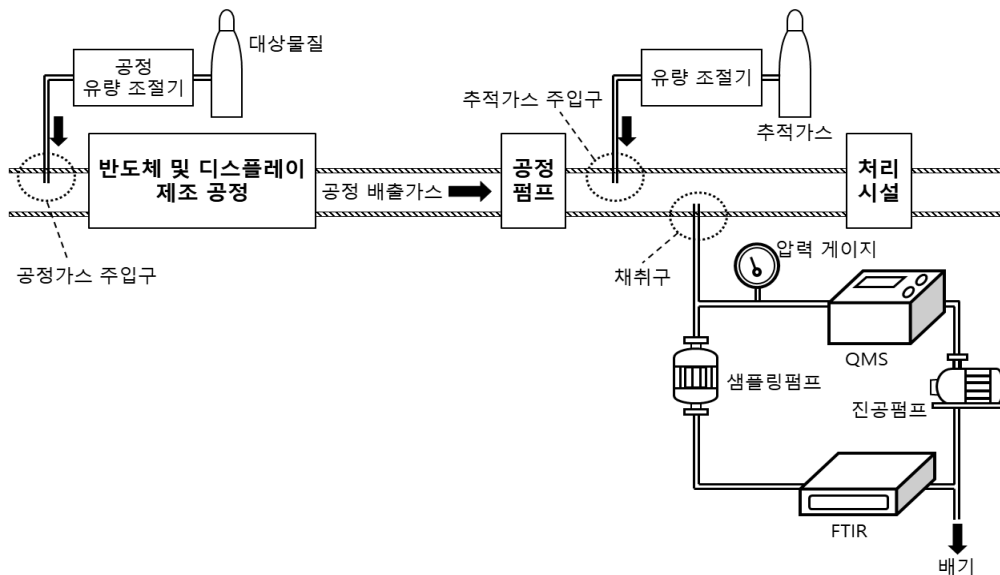


그림 4. 가스 사용비율 산정을 위한 분석기기 설치 구성도

8.2.3.3 처리시설의 유입구 부분에 공정 배출가스를 대표할 수 있는 위치를 선정하여 채취구를 설치하고 채취한 시료가 FTIR 및 QMS를 통과하여 안전하게 배기될 수 있도록 한다.

8.2.3.4 추적가스 주입구와 처리시설 유입구의 채취구 사이 거리는 1 m 이상이 되도록 설치하여 시료 채취 전에 추적가스가 충분히 혼합될 수 있도록 한다.

**8.2.3.5** 기기 사용설명서의 운전 절차에 따라 FTIR 및 QMS를 가동시키고 1 시간 이상 연속 측정하여 데이터를 수집한다. 단, QMS의 경우 실시간으로 확인한 추적가스 농도 연속 측정값의 상대오차가  $\pm 5\%$  미만일 때 연속측정 시간을 10 분으로 할 수 있다.

**8.2.3.6** 8.2.1 부피 유량 산정의 방법을 이용하여 공정 중 파괴 또는 사용되는 각 대상물질의 부피 유량을 산정하고 공정 유량 조절기를 통하여 제조 공정에 유입되는 각 대상물질의 부피 유량을 산정하여 가스 사용비율을 계산한다. 식 11에서  $V_s$ 에 해당하는 값은 공정 유량 조절기의 입력값 (SV, setting value)으로 한다.

$$R_U = \frac{V_s - V_d}{V_s} \times 100 \quad (\text{식 11})$$

여기서,  $R_U$  : 제조 공정 중 파괴 또는 사용되는 대상물질의 사용비율 (%) (V/V)

$V_s$  : 공정 유량 조절기로 공급한 대상물질의 부피 유량 ( $\text{Nm}^3/\text{sec}$ )

$V_d$  : 제조 공정에서 배출되는 대상물질의 부피 유량 ( $\text{Nm}^3/\text{sec}$ )

## 8.2.4 부생가스 발생비율 (BP, ratio of by-products)

**8.2.4.1** 8.2.3 가스 사용비율의 방법을 이용하여 제조 공정 중 파괴 또는 사용된 각각의 대상물질이 재결합하여 생성되는 부생가스의 발생비율을 산정한다.

**8.2.4.2** 8.2.3 가스 사용비율에 따라 분석기기 및 채취구를 설치한다.

**8.2.4.3** 제조 공정 중 각 대상물질의 부생가스 발생비율을 산정한다.

**8.2.4.4** 8.2.1 부피 유량 산정의 방법을 이용하여 각 대상물질이 공정 중 파괴 또는 사용되며 생성된 부생가스의 부피 유량을 각각 산정하고 공정 유량 조절기를 통하여 제조 공정에 유입되는 각 대상물질의 부피 유량을 산정하여 부생가스 발생비율을 계산한다.



$$R_{BP} = \frac{V_b}{V_s} \times 100 \quad (\text{식 12})$$

여기서,  $R_{BP}$  : 제조 공정 중 생성되는 부생가스 발생비율 (%) (V/V)

$V_s$  : 공정 유량 조절기로 공급한 대상물질의 부피 유량 ( $\text{Nm}^3/\text{sec}$ )

$V_b$  : 제조 공정에서 배출되는 부생가스의 부피 유량 ( $\text{Nm}^3/\text{sec}$ )

## 9.0 참고 자료

9.1 KS I 0587, “반도체 및 디스플레이 공정에서 사용되는 Non- $\text{CO}_2$  온실가스 ( $\text{CF}_4$ ,  $\text{NF}_3$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) 체적 유량 측정방법”, 한국산업표준, (2018)

9.2 KS I 9100, “독성가스 및 온실가스 스크러버”, 한국산업표준, (2020)

9.3 반도체 & 디스플레이 업종에서 사용되는 온실가스 저감시설의 처리효율 측정 방법 가이드라인, 국립환경과학원, (2015)

9.4 EPA 430-R-10-003, Protocol for Measuring Destruction or Removal Efficiency(DRE) of Fluorinated Greenhouse Gas Abatement Equipment in Electrics Manufacturing, United States Environmental Protection Agency, (2010)

9.5 “온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침”, 환경부, (2021)

## 10.0 “내용 없음”