

# PFCs 배출 감소기술 현황 및 전망

채 승 기 | (주)삼성전자 반도체 양산기획팀  
수석/공학박사  
E-Mail : skchae@samsung.co.kr

## 1. 머리말

지구의 대기권은 외계와 복사열의 교환 체계를 이루고 있으며, 태양으로부터의 복사열은 주로 단파인 가시광선의 형태로 지구 대기권에 흡수되고, 지구 대기권은 장파인 적외선의 형태로 복사열을 방출한다.

이때 대기중에 온실 gas가 축적되면 외계로 방출되는 적외선이 차단되어 지구가 더워지는 온난화 현상이 발생하며, 이로 인해 사막화, 해수면 상승, 생태계 변화 등의 부정적인 문제점들이 발생하게 되었다.

온난화를 유발시키는 대표적인 온실 gas로는

CO<sub>2</sub>를 들 수 있으며, 전체 온실 gas 배출량의 80%를 차지하고 있다. 그 밖에 CH<sub>4</sub>, NF<sub>3</sub>, SF<sub>6</sub>, HFCs (Hydrofluorocarbons), PFCs(Perfluoro Compounds) 등이 있으며, 지구 온난화의 크기는 지구 온난화 지수(GWP : Global Warming Potential)로 나타내는 것이 현재의 추세이며, CO<sub>2</sub>를 1로 보았을 때의 상대치를 나타내고 있다.

한편, 국내 반도체 산업은 1980년대 초에 시작된 이후 급속도로 성장을 거듭하여 국내 산업을 주도하는 가장 중요한 위치를 차지하고 있다.

반도체 제조를 위해서는 여러 가지 gas, chemical이 필요하며, 현재에는 약 60여종이 넘고 있다. 이들 gas중 CVD(Chemical Vapor

표 1. 반도체 산업에 사용하고 있는 대표적인 PFCs gas

종 류	화 학 식	GWP <sub>100</sub> <sup>*주1)</sup>	Life Time
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	1	170
PFC-14	CF <sub>4</sub>	6,500	50,000
PFC-116	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9,200	10,000
Nitrogen trifluoride	NF <sub>3</sub>	8,000	179
Sulfur hexafluoride	SF <sub>6</sub>	23,900	3,200
PFC-218	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	7,000	2,600
PFC-318	C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	8,700	3,200
Trifluoromethane	CHF <sub>3</sub>	11,700	250

\*주1) 100년간의 수명을 기준으로 CO<sub>2</sub>를 1로 했을 때의 지구 온난화에 기여하는 정도

표 2. 각 국가별 반도체 산업 PFCs 배출 저감 목표

	반도체 협회	배출량 기준년도	목표 년도	저감 목표
한 국	KSIA	1997년	2010년	10%
미 국	SIA	1995년		
일 본	JEITA			
유 럽	ESIA			
대 만	TSIA			

Deposition : 화학 증착) 공정의 chamber 세정과 dry etching(건식 식각) 공정에서 사용하고 있는 PFCs는 지구 온난화에 영향을 주는 gas중 기여도가 0.1%에 불과하지만, 지구 온난화 유발 지수가 CO<sub>2</sub>에 비해 수천~수만 배에 이르러 배출량 저감 및 처리가 전 세계 반도체 산업계의 환경 문제로 대두되고 있다. 표 1은 반도체 산업에서 사용하고 있는 PFCs 종류를 나타내었다.

이에 WSC (World Semiconductor Council : 세

계 반도체 협회)에서는 ESH(Environment, Safety & Health) T/F 분과를 만들어 각 국가별로 2010년까지의 자발적 배출량 감축 기준을 마련하고 매년 정기회의를 통하여 배출량 자료를 발표하고 있다.

국가별 반도체업계의 배출량 감축 목표를 표 2에 나타내었으며, 그림 1에는 PFCs 배출량 감축을 위해 필요한 주요 과제를 나타내었다. 국내에서도 한국반도체협회(KSIA)를 통하여 각 사별로 매년 발표와 동시에 활동을 전개 중이다.<sup>(1)~(3)</sup>

본 고에서는 그림 1에서 나타난 PFCs 감축 과제에 대한 현재 진행중인 종합적인 상황을 설명하고, 향후 대책에 대하여 설명하기로 한다.

## 2. PFCs 배출량 산출 및 평가 방법

PFCs 배출량을 산출하기 위해서는 실질적으로 배기 duct에서 배출되는 gas를 분석하는 것이 가장 바람직하나, 여러 가지 부가적인 문제가 있다. 따라서, WSC에서는 MMTCE(Million Metric Tons of Carbon Equivalent)라는 산정 방법을 도입하게 되었고, 이는 PFCs 배출량을 탄소 양으로 동등하

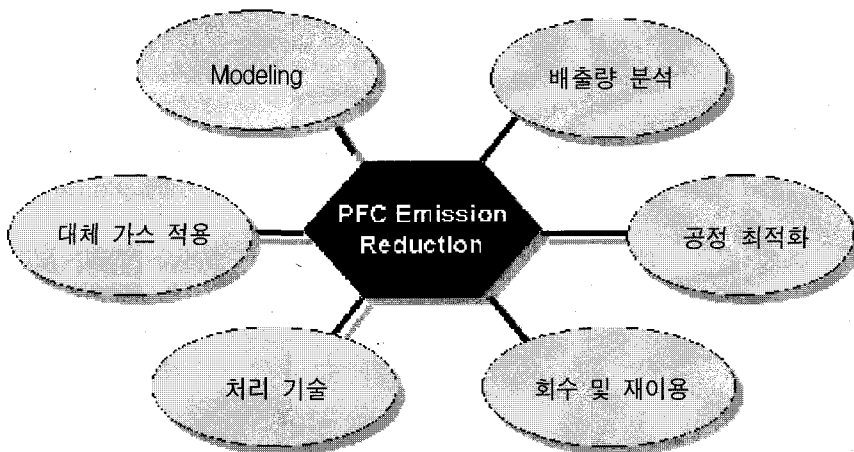


그림 1. PFCs 배출량 감축을 위한 주요 과제

계 환산한 값을 나타낸다. PFCs 배출량 계산 식은 다음과 같다<sup>(1)-(3)</sup>.

$$PFC_i \text{ 배출량} = (1-h)[PFC_i(1-C_i)(1-A_i) + (B_i \times PFC_i)(1-A_i)]$$

- h = gas Cylinder에서 사용하고 남은 잔량 상수 : 0.1
- $PFC_i$  = gas<sub>i</sub>의 사용량(kg) × GWP<sub>i</sub>
- GWP<sub>i</sub> = gas<sub>i</sub>의 지구 온난화 지수
- $C_i$  = Dry Etching, CVD 설비에 사용하는 gas<sub>i</sub>의 평균 분해 상수
- $B_i$  = PFC<sub>i</sub>가 분해되어 반응 생성물로 나오는 CF<sub>4</sub> 발생 비율
- $A_i$  = 처리 설비를 설치하였을 때의 처리 상수

gas를 구매하여 실질적으로 사용하는 비율, 반도체 제조 설비에서 gas가 분해되는 비율, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>과 같이 분해되어 다른 PFC(CF<sub>4</sub>)가 부가적으로 발생하는 비율 및 처리 설비를 설치하였을 때의 처리 비율 등의 항목이 고려되어 있다.

표 3은 WSC에서 계산을 위해 규정한 각각의 상수를 나타내었다. 이 식을 기준으로 PFCs의 절대

표 3. 계산식에서 사용되는 규제 PFCs의 종류 및 상수

종류	GWP <sub>100</sub>	1-C <sub>i</sub>	B <sub>i</sub> (CF <sub>4</sub> )	처리효율
CF <sub>4</sub>	6,500	0.8	-	0.9
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9,200	0.7	0.1	0.9
C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	7,000	0.4	0.2	0.9
CHF <sub>3</sub>	11,700	0.3	-	0.9
NF <sub>3</sub>	8,000	0.2	-	0.9
SF <sub>6</sub>	23,900	0.5	-	0.9

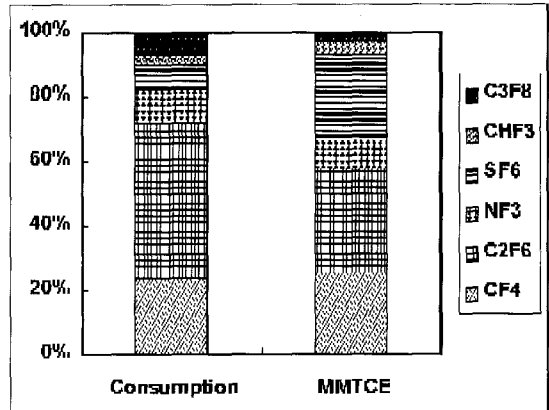


그림 2. PFCs 사용량과 배출 MMTCE 비교

적인 배출량을 연간 산정하고, 단기적/중장기적 전략을 세워 PFCs 배출량 저감을 위한 노력을 수행하기로 결정하였다.

그림 2는 삼성전자 반도체 부분에서 2000년 사용한 PFCs를 위의 식으로 계산하였을 때의 MMTCE 비율을 나타내었다. CVD 설비에서 chamber 세정용으로 사용하는 C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, CF<sub>4</sub>, NF<sub>3</sub>가 사용량이 많으나, 배출 MMTCE를 비교하였을 때는 SF<sub>6</sub>가 차지하는 비율이 C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> 다음으로 높은 것을 알 수 있다. 이는 지구 온난화 지수가 상대적으로 SF<sub>6</sub>가 높기 때문이며, PFCs 배출량 감축 계획을 수립하고, 감축의 우선 순위를 결정할 때 참고로 할 수 있다<sup>(2)-(3)</sup>.

실제 배출되는 PFCs 양을 측정하거나, 설비에서 PFCs 사용량을 줄이는 작업을 하기 위해서는 분석 방법을 확립하여야 한다. 현재 PFCs 분석을 위한 장비로 사용하고 있는 것이 Q-MS(Quadrupole Mass Spectrometer), FT-IR(Fourier Transform Infrared Spectrometer) 및 GC-MS(gas Chromatography - Mass Spectrometer)이며, PFCs 분석을 위한 각 장비의 특징을 표 4에 나타내었다.

그림 3은 실질적으로 PFCs 배출량 분석을 위해

표 4. PFCs 분석 장비 비교

휴 대	여 부	Real Time 분석	On Line Sampling	비 고
FT-IR	가 능	가 능	우 수	동일 이원자 상태의 gas 측정 불가
Q-MS	가 능	가 능	보 통	표준 gas 필요
GC-MS	가 능	불 가 능	취 약	-

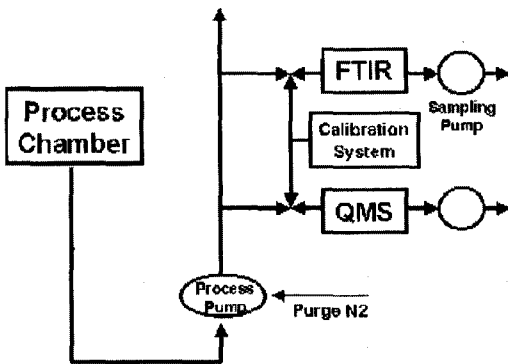


그림 3. PFCs 배출량 분석을 위한 장치 구성도

구성한 장치의 개념도이다. 각각의 chamber에 연결된 pump의 배기 line에 FT-IR과 Q-MS를 연결하면 양 설비의 부족한 측면이 보완될 수 있다.

각 설비는 chamber 내부에서 발생하는 물질의 정성, 정량 분석이 가능하고, 화학적인 거동 변화를 관찰할 수 있으며, 세정 시간의 측정에 있어서 결과의 신뢰성을 높일 수 있다.

### 3. PFCs 배출 감소 기술

#### 3.1 공정 최적화

PFCs를 사용하는 dry etching과 CVD 공정 중 dry etching은 wafer의 막 위를 직접 깎아 내는 기술로 PFCs 사용량이 적을 뿐만 아니라, gas 양에 따라 공정이 민감하게 변화하므로 공정을 최적화하는 것은 어려운 작업이다.

반면, CVD의 chamber 세정은 chamber 내부에 공급된 PFCs가 plasma에 의해 해리되어 chamber 벽면에 누적된 powder를 화학 반응에 의해 제거되는 과정으로 PFCs 사용량이 많고, 공정에 직접적으로 영향을 주지 않으므로 공정을 최적화하기에 적합하다.

표 5는 CVD chamber 세정 gas로 사용하고 있는 C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> 최적화를 위하여 배출 gas를 분석한 결과이다. C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>의 사용량이 2,500에서 1,200sccm으로 50% 감소되며, PFCs 배출량도 60% 이상이 감소하였음을 알 수 있고, 지금까지의 공정 조건은 gas

표 5. CVD 공정 최적화를 위한 배출 gas 분석 결과(C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>)

	사용량 (sccm)	세정시간 (sec)	반응 생성물 (liter-atm)					Total MMTCE
			CF <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	SiF <sub>4</sub>	COF <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> 표준	2,500	374	3.13	10.8	0.70	2.40	0.62	153.37
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> 최적화	1,200	370	1.80	4.11	0.70	1.62	1.31	55.11

가 과도하게 사용되고 있었다는 결론을 내릴 수 있다.

CVD chamber 세정 공정을 최적화하기 위한 방법을 설명하면, 가장 우선적으로 진행하여야 부분이 배출 gas로 발생하는 SiF<sub>4</sub> 양이다. 기존에 사용하던 공정 조건에서 SiO<sub>2</sub>를 세정하여 일정 양의 SiF<sub>4</sub>가 발생하였다면, gas를 줄였어도 동일한 양의 SiF<sub>4</sub>가 발생하여야 한다.

표 5에서 알 수 있듯이 SiF<sub>4</sub> 발생량은 동일한 것을 알 수 있다. 다음으로 중요한 것은 wafer를 넣고 공정을 진행하였을 때, wafer에 떨어지는 particle의 수량과 세정 시간이다. Particle이 증가한다는 것은 세정이 잘못되었다는 증거가 되고, 세정 시간이 길어진다는 것은 그만큼 생산을 많이 하지 못한다는 것이기 때문이다. 이 밖에 plasma의 power, 압력 등에도 공정 조건은 차이가 발생할 수 있다.

위와 같이 공정을 최적화하면 하면, 배출되는 PFCs의 양도 감소할 뿐만 아니라, gas 사용량이 줄면서 원가 절감의 효과도 거둘 수 있다.

### 3.2 대체 gas 및 장비 개발

대체 gas로 이용할 수 있는 gas 특성으로는 1) 대기 수명이 짧다(온난화 효과가 작다), 2) 불연성이다 3) 안정 또한 안전한 화합물이다, 4) 대기중에

서 gas상태이다, 5) 저가의 gas이다 등을 들 수 있다.

이런 조건의 gas를 찾기 위하여 gas 업체를 중심으로 노력을 기울이고 있으나, 상당한 시간이 필요할 것으로 보인다.

표 6은 dry etching용 대체 gas test가 진행되고 있는 gas의 list이다. 앞서서도 언급하였듯이 dry etching의 경우, 공정에 직접적으로 사용되는 gas이기 때문에 PFCs 배출량을 줄인다는 측면도 있지만, 어떻게 하면 etching이 잘 될 수 있을까 하는 문제가 더욱 큰 관건이다. 최근의 test 결과로는 HFE-227, HFE-329 등이 적용 가능한 gas라는 결과가 나오고 있으나, 반응 생성물로 PFCs가 배출되고 있기 때문에 실용화를 위해서는 좀 더 상세한 검토가 필요한 실정이다.

CVD chamber 세정에서 지금까지 가장 많이 사용되어 온 gas가 CF<sub>4</sub>와 C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>이다. 그러나, gas의 분해 효율이 좋지 않아 gas 사용량이 많고, PFCs 배출량도 많은 부분을 차지하고 있다. 이에 최근 C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>O, C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> 등의 gas가 검토되어 test가 진행되고 있다<sup>14)</sup>. 기존 gas의 각 원자간 결합에너지보다 약한 결합에너지를 갖는 gas를 사용함으로써 gas 사용량의 감소를 유도하고, PFCs 배출량도 감

표 6. Dry Etching용 대체 gas와 특성

	종 류	화 학 식	GWP <sub>100</sub>	Life Time	가연성	끓는 점
HFO	HFO-Z1	C <sub>5</sub> F <sub>8</sub>	90	0.3	N	27
HFC	HFC-125	C <sub>2</sub> HF <sub>5</sub>	3200	32.6	N	-48.5
	HFC-134a	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	1300	14.6	N	-26.5
	HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	580	5.6	Y	-51.7
HFE	HFE-245	CH <sub>3</sub> OCF(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	622	6.5	N	5.6
	HFE-134	CHF <sub>2</sub> OCHF <sub>2</sub>	-	24	N	5.2
	HFE-329	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	-	7	N	22.0
	HFE-227	CF <sub>3</sub> OCHFCF <sub>3</sub>	-	11	N	-9.6

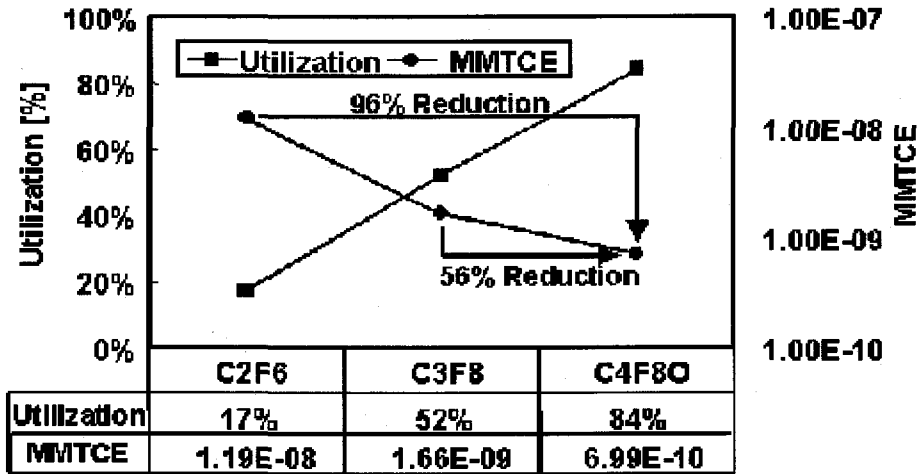


그림 4. C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>, 및 C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>O gas의 PFCs 배출량 비교

소시키는 효과를 얻을 수 있다.

그림 4에는 기존 C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>를 사용하는 설비에 C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>, C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>O를 사용하였을 때의 분해 효율과 PFCs 배출량 감소 효과를 나타내었다.<sup>(3)</sup> Chamber내에서 동일한 power를 공급하였음에도 gas의 분해 효율에는 상당한 차가 나고 있음을 알 수 있고, 그에 따라 PFCs 배출량에도 차이가 많음을 알 수 있다.

그러나, C<sub>x</sub>F<sub>y</sub> 또는 C<sub>x</sub>F<sub>y</sub>O와 같은 gas의 경우 반응 생성물로 배출되는 PFCs의 문제가 부가적으로 발생하므로 궁극적인 해결 방안이라고는 할 수 없다.

최근, CVD chamber 세정 gas로 가장 많이 증가하고 있는 것이 NF<sub>3</sub>이다. gas의 분해 효율이 다른 세정 gas에 비교하여 높고, 분해되었을 때 생성물로 PFCs가 발생하지 않기 때문에 PFCs 배출량 저감 효과도 우수하다.

특히, 300mm 설비와 같이 chamber 크기가 커짐에 따라 사용량도 증가 추세에 있다. 또한, 반도체 장비업계에서는 NF<sub>3</sub> 분해 효율을 높이기 위하여

chamber 내부에서 plasma로 NF<sub>3</sub>를 분해하지 않고, chamber 외부에서 gas를 분해 시킨 후, F 이온 형태로 공급하는 NF<sub>3</sub> remote plasma 설비가 개발됨으로써 PFCs 배출량 저감 효과에 기여하고 있다<sup>(5)</sup>. 그림 5에 NF<sub>3</sub> remote plasma 장비의 개요도를 나타내었다.

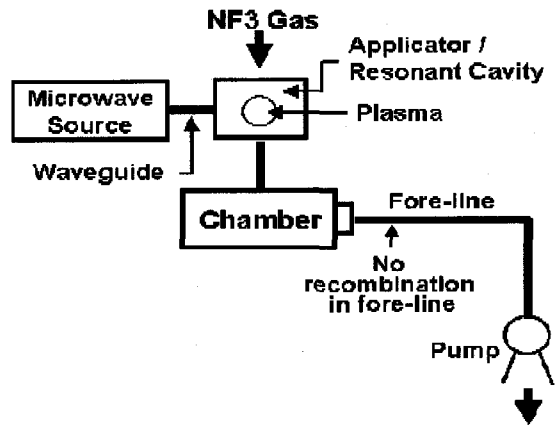


그림 5. Remote plasma 방식의 장비 개요도

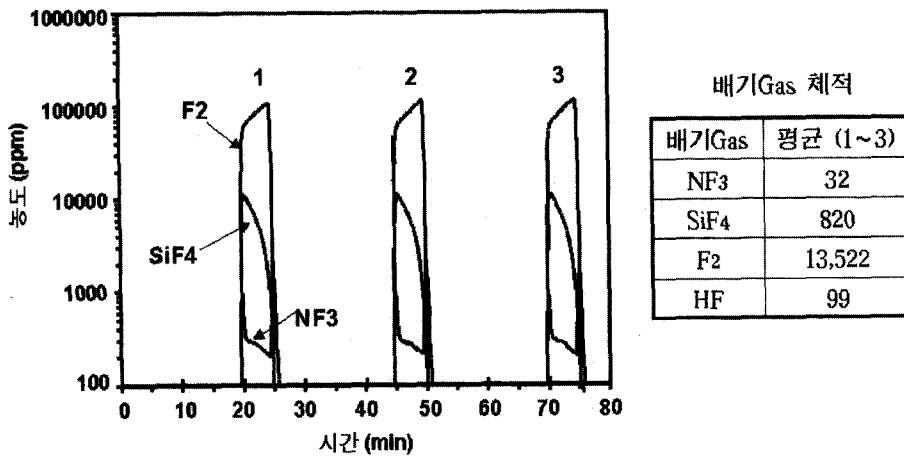


그림 6. NF<sub>3</sub> Remote Plasma Chamber 세정의 배기 gas 분석 결과

그림 6은 NF<sub>3</sub> remote plasma 설비로 chamber 세정을 하였을 때의 배기gas 분석 결과이다. NF<sub>3</sub> 분해 효율은 약 95% 이상이나, 배기 gas 중 F<sub>2</sub>가 발생하는 비율이 높은 것을 알 수 있다. F<sub>2</sub>는 부식성(조연성) gas로 가연성 gas와 혼합되었을 때, 폭발위험성이 높은 혼합 gas를 형성하며, 또한, 펌프에서 배출되는 배기 line의 부식의 가능성이 높으므로 배기 line 제작에 세밀한 주의가 필요로 한다. 그리고, 별도의 처리 장치를 부가적으로 설치하여 F<sub>2</sub>를 처리하여야 하는 문제가 있다

### 3.3 처리 기술(Abatement Technology)

주로 반도체 공정 장비마다 POU(Point of Use) gas 처리장치(Scrubber)가 사용되는데, PFCs에 대해서는 특수처리장치를 사용해야 된다.

PFCs를 처리하는 기술로는 크게 4가지 방식이 있다. 직접 연소 방식, 열분해 방식, 흡착 방식, plasma 방식이 그것이다<sup>(6)</sup>. 직접 연소 방식은 가연성 gas를 이용하여 화염을 만든 후, 화염에 직접 PFCs를 통과시켜 연소 반응을 일으키는 방식이며,

열분해 방식은 가연성 gas를 사용하지 않고, 전기 heater를 이용하여 PFCs를 처리하는 방식이다. 기존과 다른점은 내부온도가 일반적으로 1000℃ 이상이 되어야 한다.

촉매를 이용한 흡착방식은 적은 에너지를 이용하여 촉매를 활성화시킨 후, gas를 처리하는 방법인데 PFCs를 처리하기 위하여는 적정온도로 가열해야 되며, 가장 안전성이 높은 기술로 알려져 있다.

마지막으로 plasma 방식은 plasma의 높은 에너지를 이용하여 처리하는 방식이다. 표 7에 각각의 방식에 대한 장단점을 비교하였다.

PFCs 배출량 감축을 위한 여러 가지 방법 중 가장 빨리 개발이 진행되고 있고, 현장에서 사용 가능성이 높은 것도 이 부분이다. 그러나, 전면 사용을 위해서는 다음과 같은 점이 보완되어야 할 필요성이 있다.

첫 번째로 처리 방식이다. 표 7에서 설명한 대부분의 방식이 PFCs만을 처리할 경우 만족할 만한 처리 효율을 내고 있지만, CVD와 같이 process gas와 chamber 세정 gas를 동시에 처리할 경우 효

표 7. PFCs 분해 처리 종류별 장단점 비교

방 식	분해 에너지	장 점	단 점
직 접 연 소	H <sub>2</sub> , LNG	1) 처리 효율 우수 2) CVD Process 및 세정 gas 동시 처리	1) NOx 발생 2) HF 발생으로 별도의 처리 System 필요 3) 가연성 가스를 사용함에 따른 위험성 내포
열 분 해	전 기	1) Heater가열로 안전성 우수 2) 처리 효율 좋음	1) NOx 발생 2) HF 발생으로 별도의 처리 System 필요 3) 장시간의 Warming up 필요 4) 전기 사용량 증가 5) Heater내구성 문제
흡 착	축 매	1) 안전성 가장 우수 2) 유지 관리 편리	1) 축매 가격이 고가 2) 폐기물 발생
plasma	전 기	1) 설치 크기 최소	1) 대용량에 부적합 2) 유지비용(전기, 전극)

율이 그 만큼 나올 수 있을까 하는 문제이다. 만약 이 문제가 해결되지 않을 경우에는 process gas와 세정 gas를 분리하여 처리를 하여야 하는 문제가 발생할 수 있다.

두 번째로 고려되어야 할 사항이 초기 투자비와 운영비이다. 환경 보호도 중요하지만, 기업이 기업 활동을 함에 있어 경제적 부담이 적은 범위여야 할 것이다. 또한, 지구 온난화 방지 측면에서 이 장비를 사용하는 만큼 전기, gas, 물 등의 유틸리티 사용량은 최소로 하여 운영비를 줄여야 할 것으로 보인다.

세 번째로 처리 설비의 크기이다. 설치 면적이 클수록 생산 효율 저하의 원인이 될 수 있으며, 가동 중인 생산 line에서는 새로운 space를 만들어 낸다는 것이 어려움이 많기 때문이다.

마지막으로 안전성 측면이다. PFCs 자체는 무독성이 대부분이지만, 분해 또는 반응하는 과정에서 발생할 수 있는 유독성 gas, 폐기물, 폭발 위험 등의 측면은 충분히 고려가 되어져야 할 것이다.

이상과 같이 처리 설비가 갖추어져야 할 여러 가지 측면을 고려할 때 그림 7과 같은 방식의 처리 시스템을 제안할 수 있다. (3) PFCs를 사용하는 설비를 별도의 배기 duct에 연결한 후, FAB 외부에서 대용량의 설비로 total 처리를 하는 방법이다. POU type의 처리 설비를 사용함에 따른 관리 point 증가를 제거할 수 있고, FAB 외부에서 처리함으로써 안전성의 확보, FAB 면적의 효율화 측면에서도 유리할 것으로 보인다.

단, 전체 설비를 하나의 duct에 연결함으로써 증가하는 풍량에 맞게 PFCs 처리 시스템이 설계가 이루어져야 할 것이고, 배출되는 전체 농도가 많이 희석되어 있기 때문에 처리 효율을 어느 정도로 가져갈 수 있을까 하는 점이 향후의 개발 과제인 것으로 보인다.

### 3.4 회수 및 재이용 기술

3.3에서 설명한 PFCs를 분해, 제거하는 기술의



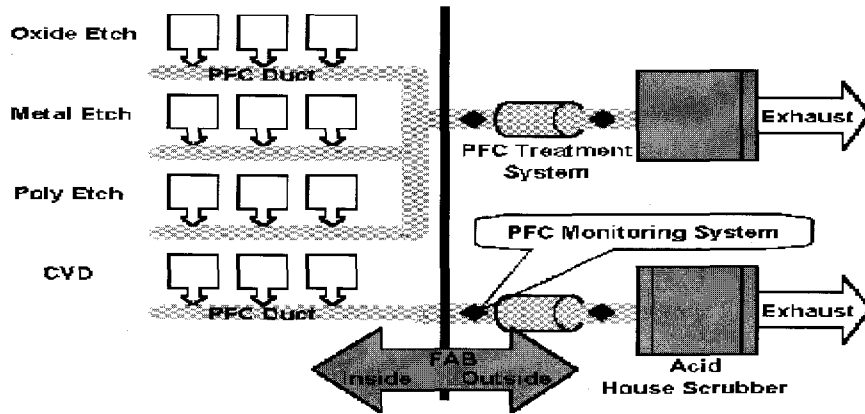


그림 7. PFCs Total 처리 시스템의 개요

표 8. 회수 방법의 장단점 비교

방 식	장 점	단 점
막 분리법	1) 조작이 매우 간단 2) 가장 환경 친화적 3) 에너지 단가 낮음	1) 활성물질에 의해 막 손상 가능성(HF, SiF <sub>4</sub> ) 2) 기체에 포함된 입자에 의해 기공이 막혀 성능과 수명단축 3) 다른 방법과의 조합이 필요
초 저 온 증류법	PFCs를 재사용이 가능한 순도까지 청제 가능	비점이 낮은 PFCs를 응축시켜야 하므로 높은 에너지 비용이 요구

경우 환경적, 경제적인 측면에서 적지 않은 문제점을 내포하고 있는 반면, PFCs를 회수하여 재 이용이 가능하다면 비용 절감 및 가장 환경 친화적 방법이라 할 수 있다. 회수 기술을 분류하면 크게 막 분리법, 초저온 증류법으로 나눌 수 있다.

먼저 막 분리법은 분리 막의 투과선택도에 의해 성분을 분리해내는 방법으로 C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>는 99.99% 이상, CF<sub>4</sub>의 경우 83%가 포집 가능하다고 한다.

활성물질이나 기체에 포함된 입자에 의해 물리적으로 기공이 막히거나 막이 손상되어 성능이 떨어지거나 수명이 단축되는 문제가 있으나, wet 또는 dry type scrubber를 설치하면 해결할 수 있다.

대부분의 분리 막 재질은 질소와 PFCs간의 투과

선택도는 매우 높은 반면, PFCs 상호간의 선택도가 높지 못하므로 초저온 증류법과 다른 방법을 병합해야 하는 문제점이 있다.

다음으로 초저온 증류법은 PFCs를 응축시켜 직접 증류하는 방법이다. PFCs 혼합가스를 직접 초저온 증류를 하는 경우 혼합가스의 대부분을 차지하는 질소까지도 함께 냉각 시켜야 하며, 또한 PFCs중 비점이 높은 C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>(-78.2℃) 및 C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>(-39.1℃) 까지도 매우 낮은 비점의 CF<sub>4</sub>(-127.9℃)와 함께 동반 냉각되어야 하므로 에너지 소비가 큰 문제가 있다<sup>(7)-(8)</sup>. 표 8은 2가지 방법의 장단점을 비교하였다.

#### 4. 맺음말

이상과 같이 PFCs배출량을 줄이기 위한 방법과 세계적인 추세에 대하여 알아 보았다. 배출량 감축을 위한 여러 가지 방법 중 어느 방법을 선택하는 것이 타당한지는 반도체 회사에 따라 차이가 있을 것으로 보인다.

또한, 지속적으로 생산 line이 증가하고, gas 사용량이 현재 200mm에 비해 1.5배에 가까운 300mm wafer FAB이 새로이 가동될 경우 2010년까지의 저감 목표를 달성하기란 상당한 부담이 아닐 수 없다.

그러나, 지구의 온난화를 방지하고, 쾌적한 반도체 공장을 구현한다는 차원에서 끊임없는 연구 개발과 노력이 필요할 것으로 생각된다.

#### - 참고문헌 -

1. Seung-Ki Chae, 2000, "Towards the Zero PFC Emission at the Next Generation Fab," ISESH 7th Conference-Germany.
2. Seung-Ki Chae, 2001, "PFC Emission Reduction Strategy in a World Class Semiconductor Device Fab", 한.미 반도체 환경안전 심포지엄.
3. Seung-Ki Chae, 2001, "Samsung's PFC Emission Reduction Activities", ISESH 8th Conference-Taiwan.
4. L.Pruette et al., 2000, " Evaluation of  $C_4F_8O$  as an Alternative Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition Chamber Chemistry," Journal of the Electrochemical Society, 147 p.1149.
5. S.Raoux et al., 1999, "Remote Microwave Plasma Source for Cleaning Chemical Vapor Deposition Chambers: Technology for Reducing Global Warming Gas Emissions," J.Vac.Sci.Technol. p.477-485.
6. W. Worth et al., 1998, " Current State of Technology: Perfluorocompound (PFC) Emission Reduction Technology," SEMATECH Technology Transfer #98053508A-TR International SEMATECH.
7. T.Gilliland and C. Hoover, 1998, "Evaluation of Praxair's Perfluorocompound(PFC) Capture/Recovery System," SEMATECH Technology Transfer #98113600A-ENG, International SEMATECH.
8. W.Cummins et al, 1997, " The Future of Perfluorocarbon Capture and Recycling: Membrane Technology," Semiconductor International.