

반도체 제조 공정의 화재 및 폭발 특성

반도체 제조 공정에서의 화재와 폭발은 화학공정과 다른 양상을 나타내었으며, 사례연구를 통하여 반도체 제조 공정의 화재와 폭발의 공통적인 특징과 각 사례별로 특징을 알 수 있다. 특히, 가연성, 자연발화성, 부식성 가스와의 증기를 취급하는 공정 중 발생가스의 배출설비가 주요 화재나 폭발의 원인이라는 것이 밝혀졌다.

□ 서론

반도체 제조 공정은 다른 화학공정과 비교하여 원료의 종류나 취급량, 반응방식의 측면에서 매우 독특하다. 비록 반도체 공정은 다른 화학공정에 비해 소량의 화학물질을 사용하지만, 제조공정에서 광범위하게 사용되고 있는 SiH, NF₃ 등의 특수한 화학물질이 화재·폭발에 매우 취약하게 만드는 원인이 되고 있다.

이 논문은 반도체 제조 공정에서 화재·폭발 위험을 화학공정안전의 관점에서 조명하고 있으며, 두 공정들의 같은 점과 다른 점이 강조될 것이다. 화학공정의 안전기술이 반도체 제조 공정에 쉽게 적용될 수 있다고 해도, 정확한 잠재위험의 원인과 그 해결책을 정확하게 찾아내기 위해서는 추가 작업이 필요하다.

□ 반도체 공정의 위험

반도체 제조 공정은 보통 다음과 같은 범주로 구분할 수 있다.

- 이온주입/확산(ion implantation/diffusion) - 실리콘 기판 위에 불순물을 심는 공정
- 박막형성(thin film deposition) - 실리콘기판, 도체, 부도체등의 박막제조
- 광노광기술(photolithography) - 광마스크의 패턴을 실리콘 웨이퍼에 감광액을 이용해 입력하는 공정
- 식각(etching) - 웨이퍼의 필요 없는 패턴을 화학물질이나 플라즈마를 이용하여 제거하는 공정

복잡한 집적회로(IC)의 제조과정은 수십~수백 번의 상기 공정의 반복 적용을 포함한다. 사용되는 대부분의 화학물질 또는 가스는 실란, NF₃ 등과 같은 가연성, 자연발화성, 부식성과 독성을 가진다. 모든 과정은 공기로부터의 오염을 막기 위해 클린룸에서 이루어진다. 또한, 반도체산업은 끊임없이 더욱 복잡한 회로를 더욱 싼 가격에 공급하기 위해 발전하고 있다. 그래서 같은 공장에서 같은 제품을 20~30년 생산할 수 있는 화학 산업과는 달리 반도체산업은 10~15년 된 공장도 오래되어 철거하고 새 공장을 건설해야 할 정도이다.

화학공정과 비교하여 반도체 제조 공정이 갖는 위험의 차이점은 다음과 같다.

- 반도체 공정에서의 화학물질의 사용량은 화학공정에 비해 매우 소량이므로 공정의 아주 작은 부분도 과소평가해서는 안 된다.
- 반도체 공정에서의 화학물질 흐름은 연속적이고 균일하지 않기 때문에 제조방식에 따른 위험분석이 모든 공정부분에 필요하다.
- 위험한 공정의 사고결과의 영향이 화학공정과 매우 다르고 평가하기도 어렵기 때문에, 일반적으로 결과분석에 대한 추가적인 연구가 필요하다.
- 반도체 공정에서는 인수 가능한 위험이 화학공정보다 훨씬 낮고, 또한 동시에 발생하는 고장에 대한 고려가 필요하다.

반도체 산업이 복잡성이 증가하며 빠르게 발전하고 있지만, 반면에 손실의 경험은 화학공정보다 적다. FMRC(Factory Mutual Research Corporation)은 1977년부터 1997년 사이에 전 세계적으로 407건의 사고가 보고되었다고 밝혔으며, 이러한 사고들의 52%는 화재·폭발이었다. 10년간 평균피해액은 미화 812,650달러였을 뿐이다. 이러한 사고통계는 반도체 산업이 화학 산업에 비해 매우 적은 화학물질과 가스 사용량으로 인하여 화학 산업에 비해 안전하다는 것을 의미한다.

그러나 최근 새로운 공장에 끊임없이 증가하는 설비 투자비용으로 인해 피해액이 급상승하고 있다. 두 건의 최근 대만에서 1996년과 1997년에 발생한 반도체공장 화재는 피해액이 각각 미화 2억2천만 달러, 4억7천만 달러였다. 두 건의 화재 모두 매우 적은 화학물질 또는 가스에 불이 붙어 발생한 것으로 추정되고 있다. 엄청난 재산상의 손실 뿐 아니라, 두 공장의 가동이 2년 이상 중단되었다. 그리하여 반도체 산업계에는 점차적으로 크기를 막론하고 어떠한 화재도 발생해서는 안 된다는 공감대가 형성되고 있다. 모든 공장에서 잠재적인 화재·폭발의 원인을 파악하는 것이 가장 중요한 일이다.

반도체공장에서의 사례연구를 통한 화재·폭발의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

□ 감광성 수지 스트립퍼 공정의 화재

감광성 수지 코팅, 노광, 제거는 광마스크(photomask)의 패턴을 웨이퍼에 옮기는 광노광기술 공정의 중요한 과정이며, 특히 감광성 수지 제거과정은 웨이퍼를 가열된 감광성 수지 스트립퍼 용액에 담그는 과정을 포함한다. 대부분의 감광성 수지 스트립퍼 용액이 가연성 및 부식성이므로, 용액을 가열할 때 매우 주의해야 하며, 부적절한 가열은 용액의 연소로 이어질 수 있다.

히드록실아민, 에틸아민, 파이로카테졸(pyrocatechol; 1,2-hydroxybenzene)을 함유하는 스트립퍼 용액이 양성 감광성 수지 제거 공정에 사용되어진 사례를 보자. 용액은 석영 탱크에 저장되어 있었으며, 석영 코팅된 투입식 전열기(immersion heater)로 가열되고 있었다. 불행히도 부실한 관리 때문인지 석영 코팅에 구멍이 있었고 용액이 가열부품에 접촉하여 탱크 안에서 화재가 발생하였다. 운 좋게도 적외선 감지기가 화재를 감지하여 CO₂ 설비에 의해 진화되었다. 화재는 화학물질 저장소를 벗어나지 않았다.

용액을 격리되고 안전한 장소에서 가열하여 탱크로 이송시킬 수 있었다면 더 좋은 설계일 것이다. 그러한 경우에도 가열된 용액을 탱크로 이송시키기 위한 배관에는 특별한 관리가 반드시 있어야 한다. 다른 사례를 보자. 순환배관에 기포가 생겨 열전도율이 떨어져 가열 전력이 더 커지게 된 경우이다. 이 과도한 전력으로 인해 국부과열현상이 발생하여 PFA 순환튜브가 파열되었다. 용액이 유출 및 발화되어 화재가 발생하였으나 역시 CO₂ 소화설비로 진화되었다.

비슷한 사고가 많이 발생하였고 이로 인해 FM 7-7/17-12, Semiconductor Fabrication Facilities에서 용액을 가열할 때는 고온 물이나 다른 불연성 매개체를 이용하고 직접 가열하는 것을 피하도록 하였다.

이러한 산업공정에서, 가연성 용액을 직접 가열하는 것은 흔한 일이다. 화재위험은 산화제를 제거하는 이른바 증기 공간 내에 질소를 퍼지하는 방법으로 간단히 감소시킬 수 있다. 반도체 제조 공정에서는 웨이퍼 이동 시 탱크를 여닫기 때문에 질소퍼지법은 거의 쓰이지 않는다. 대신 화학물질 저장소에는 불연재료의 사용, 적외선 화재감지기, 누설감지기와 자동식이산화탄소소화설비를 화재안전을 위해 거의 필수로 사용하도록 하고 있다.

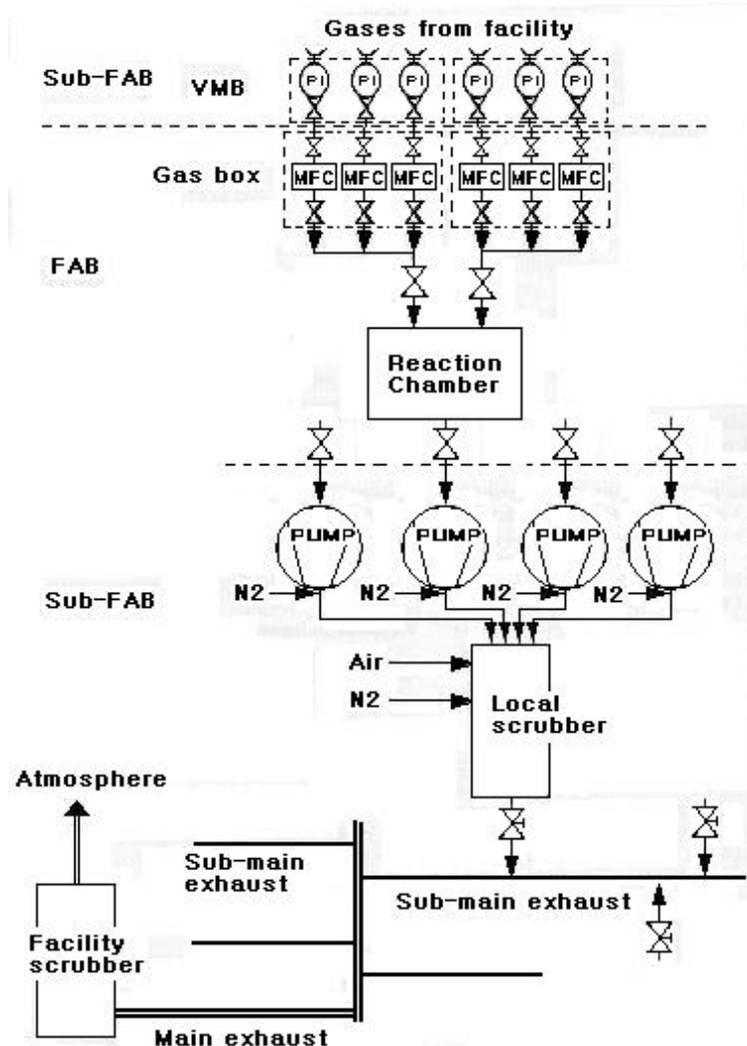
□ 공정배기설비의 화재와 폭발

반도체공장은 보통 수십~수백의 공정모듈로 구성되어 있으며, 각각의 공정모듈은 개별적인 가스와

화학물질 공급이 필요하다. 화학기상증착법(CVD) 모듈 또는 플라즈마 식각 모듈의 경우, 반응물질 가스류는 가스 용기에서 질량유량제어기를 통해 반응장치로 공급된다. 반응장치는 진공펌프에 의해 진공상태로 유지되며, 펌프로 배출되는 물질에는 미반응 가스, 반응생성물 가스, 또는 고체(실리콘이나 인)를 함유하고 있다. 배출된 가스는 지역 집진기와 수집 배관, 주배기관과 최종적으로 주집진기를 거치면서 정화된다 (그림 1 참조). 실제로 이 배기설비는 일반적인 석유화학공업에서 사용되는 플레어 스택(flare stack) 배관설비와 매우 흡사하다. 그러나 여러 가지 특성상 이 배기설비가 플레어 설비에 비해 더 복잡하고 아마 더 위험할 것이다. 이 특성들은 다음과 같다.

- 반응장치에서 나오는 가스는 가연성, 자연발화성, 부식성이며 산화성을 포함할 수도 있으며, 이상적이거나 지역 집진기에서 이런 가스를 배기설비로 이동하기 전에 무해하게 만들어야 한다.
- 배기설비는 보통 공기를 포함하고 있으며, 대부분의 공기는 지역 집진기의 연소과정에서 생성된다.
- 배기설비에는 반응장치에서 생성되고 지역 집진기에서 처리되지 않은 고체를 함유할 수도 있다.
- 부식성 가스가 지역 집진기에서 미분무수에 의해 갇혀서 배기라인에 응축되고 있을 가능성이 있다.

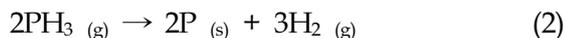
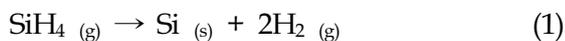
요약하자면, 배기설비의 안전성은 지역 집진기가 얼마나 효율적으로 작동하느냐에 달려있으며, 지역 집진기의 성능은 거의 평가되지 않으며 일반적으로 알 수 없다. 이제부터 배기설비에서 어떻게 사고가 발생했는지를 보여주는 몇 개의 사례를 보자.



[그림 1] 대표적인 공정 배기설비의 개략도

□ 지역 집진기의 폭발

인 시투 도핑 폴리실리콘(*in situ doping polysilicon*, DopPoly) 공정은 박막형성을 위해 실란(SiH_4)을, P불순물로 수소화인(PH_3)을 사용한다. 이 공정은 낮은 압력의 수직 로(爐)에서 한 번에 150 웨이퍼 정도의 작업량으로 이뤄진다. 이 공정의 화학반응은 다음과 같이 요약된다.



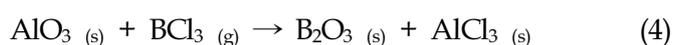
실란과 수소화인은 로(爐) 안에서 고온으로 가열 및 분해되어 실리콘과 인을 생성한다. 실리콘과 인을 웨이퍼에 형성시켜 도핑된 폴리실리콘을 만든다. 만들어진 실리콘과 인이 모두 웨이퍼에 형성되는 것은 아니라는 것을 알아야 한다. 고체는 보통 가스에 휩쓸려 배출되게 된다. 실란과 수소화인은 모두 중앙 가스 용기에서 공급되며, 밸브집합관함(Valve manifold box; VMB)에서 제어를 받으며, 로(爐) 안에 공급되기 전에 가스박스에서 사용량을 측정한다. 로의 압력은 진공펌프로 조절한다. 펌프를 통해 빠져나온 배기가스는 CDO(Controlled Decomposition/ Oxidation)로 불리는 집진기로 들어가 실란과 수소화인 제거과정을 거친다. CDO는 가연성 가스를 분해 및 산화시키기 위한 가열부를 가지고 있다. 또 분진 또는 수용성 가스를 제거하기 위한 습식 집진부를 가지고 있다.

DopPoly 로(爐)에서의 실란 사용량은 표준 $1.5 \ell/\text{min}$ 이고, 수소화인 사용량은 표준 $80\text{cm}^3/\text{min}$ 이다. 이 과정은 반년 이상 큰 문제없이 동작했으나, CDO 내부의 습식 집진부에 축적되는 실리콘 분진의 청소를 위해 자주 유지관리가 요구되었다.

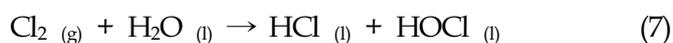
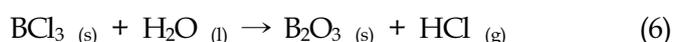
하루는 DopPoly로(爐)의 용법변경이 있었다. 새로운 용법은 기존의 일반 용법의 8배인 8시간 동안 지속적인 실란과 수소화인의 공급을 필요로 하였다. 새로운 용법으로 두 번째 가동하던 중, CDO 하부에 위치한 집수탱크에서 폭발이 일어났다. 화재로 이어지지는 않았지만, 배기가스가 공장 내로 퍼져 종업원들이 대피하였다. 화재조사를 위해 습식 집진부를 분리하여 열었더니 내부가 실리콘 분진에 의해 막혀있었던 것이 발견되었다.

사전 계산에 의하면 1회의 형성공정을 진행하는 동안 최소 1kg의 실리콘 분진이 생성된다. CDO의 습식 집진부는 직경 10.16cm (4in.)인데 의심의 여지없이 대량의 분진을 제거하기란 불가능하다. 그러므로 새로운 용법 적용 시 CDO에는 가급적이면 1회의 공정 당 한 번씩의 정기적인 유지관리가 필요하다. 또 다른 CDO의 설계결함은 고압 경보장치가 고려되지 않았다는 것이다. CDO가 가벼운 진공상태에서 가동되므로, 압력도 낮게 나타난다. 고압 경보장치와 게이지를 이용하면 분진에 의해 막히는 상태를 파악할 수 있을 것이다.

비슷한 사고가 금속식각공정에서 CDO 집진기를 사용할 때도 일어났다. 불필요한 알루미늄 금속화 패턴은 보통 BCl_3 을 이용하여 제거한다.



이 공정에는 다음과 같은 부가반응도 있다.

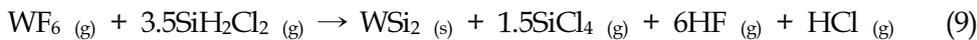
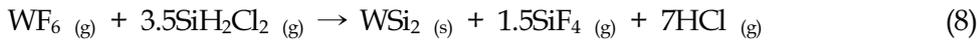


이 공정은 고체분진뿐만 아니라 부식성 가스까지 배기되어야 하기 때문에 DopPoly 공정보다 위험

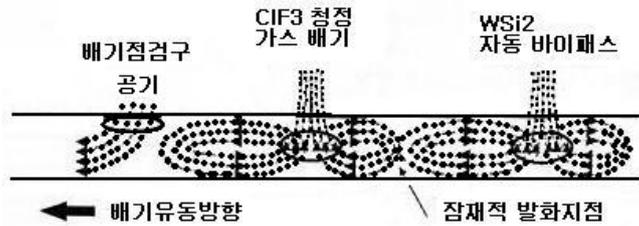
하다. 이 사고에서는 스테인리스스틸제의 분무노즐이 산성가스에 의해 완전히 부식되었다. 이로 인해 물이 습식 집진부에 불균일하게 뿌려졌고 훨씬 빠르게 분진이 전체 집진부를 막아버렸다. 이후 펌프의 배출압력에 의해 배기가스가 집수탱크 안에서 폭발하였다. 이렇듯이 고체 분진, 부식성 가스, 인화성 가스가 함유된 공정배기가스가 금속식각공정과 박막형성공정의 주 위험요소라고 할 수 있다.

□ **혼재불가물질로 인한 화재**

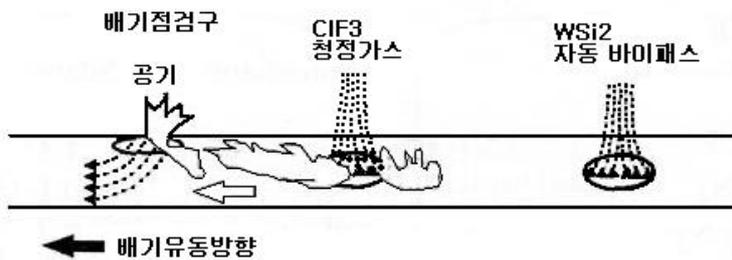
규소화텅스텐(WSi₂) CVD공정에는 저(低) 저항 폴리사이드 게이트(polycide gate)를 만들기 위한 이염화실란(DCS; SiH₂Cl₂)를 이용한 WF₆ 삭감 과정이 있다. 이 공정은 진공상태의 단일 웨이퍼실에서 이루어진다. 이 공정의 화학반응은 다음과 같이 요약된다.



WSi₂는 웨이퍼 표면뿐만 아니라 반응장치의 동체에도 형성된다. 미세입자에 의한 오염을 방지하기 위해 강력한 산화성 가스인 삼불화염소(CIF₃)을 이용하여 보통 수차례 웨이퍼 처리에 한번씩 반응장치를 청소한다. 실질적으로 청소의 화학반응은 WSi₂에 산화반응을 일으켜 기체상태인 WF₆으로 만드는 것이다.



[그림 2] WSi₂ 배기가스 관련 화재메커니즘 (가정): 정비구로부터 다량의 공기 유동에 따른 WSi₂ 내의 재순환 흐름



[그림 3] WSi₂ 배기가스 관련 화재메커니즘 (가정) : 정비구를 통한 1차측 화재 확산 및 벗어남

ClF₃는 유기연료와 접촉하면 발화하는 자연발화성(自燃性)으로, 다른 발화원이나 공기가 필요가 없는 것이다. ClF₃와 DCS, 질소 혼합물의 가연성에 대해 연구 논문에 의하면, 질소에 0.3%의 ClF₃가 혼합되면 DCS를 발화시킨다. 이 연소하한계는 공기 중의 DCS의 연소하한계인 4.1%에 비해 매우 낮은 수치이므로 ClF₃의 취급에는 각별한 주의가 필요하다.

하루는 누출이 있는 분기관을 교체하기위해 배기관 정비작업이 있었다. 정비구가 ClF₃ 배출라인의 하부와 WSi₂ 배출 바이패스관에 있었다. 보통은 배출되는 WSi₂는 형성공정 도중 화염형 지역 집진기를 통과한다. 교체과정 중 청소를 하다가 실수로 특수 흡착형 WSi₂ 집진기를 작동시켰다.

어떠한 예고도 없이, 열려있던 정비구에서 화재가 발생하였다. 화재는 즉시 소화기로 진압되었고 WSi₂ 기기는 작동을 중단하였다. WSi₂ 기기의 배출장치를 조사해보니, 화염형 지역 집진기가 알 수 없는 원인으로 작동하지 않고 있었다. [그림 2]에 나타난 것처럼 가스는 자연스럽게 ClF₃ 배출라인의 2차측에 위치한 자동 바이패스관으로 유입되었다. 열려진 정비구를 통해 주위공기가 대량으로 유입되면서 정비구 2차측의 가스흐름이 거의 정지하여 가스가 체류되었을 가능성이 매우 높다. 자동 바이패스관에서 유입된 처리되지 않은 DCS가 재순환 가스 안에 잔류해 있던 ClF₃와 섞이면서 발화된 것으로 보인다. 결국은 [그림 3]에서 나타난 것처럼 화염이 관을 따라 내려와 정비구에서 분출된 것이다.

이 사고는 모든 배출가스를 수집배관으로 배출되기 전에 제거하거나 연소하한계 미만으로 희석시키는 것으로 예방할 수 있었다. 임시 덮개를 이용하여 정비구를 통한 공기유입을 막으면 2차측의 가스 재순환을 최소화하고 ClF₃와 DCS가 혼합되어 발화하는 것을 줄일 수 있다.

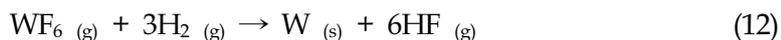
[표]에 반도체 산업에서 널리 사용되는 다양한 산화성 가스의 연소하한계에 대한 여러 가지 자료가 요약되어 있다. 이들 가스는 화학공정산업에서는 거의 쓰이지 않는다. 그러므로 산화성 가스와 가연성 가스간의 혼재불가물질의 문제는 반도체산업의 독특한 위험문제라고 할 수 있다. 다수의 산화성 가스와 다수의 가연성 가스가 혼합된다면 더 낮은 연소하한계 온도를 가질 수도 있다. 예를 들면, 수소는 자연발화성이 아니지만 0.5%의 실란이 혼합된다면 자연발화성이 된다. 비슷한 사고의 예방을 위해 가스간의 혼재불가물질의 문제에 대한 깊은 연구가 필요하다.

[표] 반도체 제조공정에서 사용되는 산화성 및 인화성 가스의 연소하한계

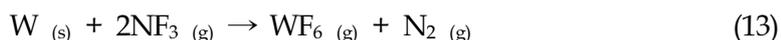
산화성 가스	인화성 가스 (vol.%)				
	dichlorosilane	Silane	H ₂	PH ₃	NH ₃
희석제					
공기	4.1	1.37	4.0	1.6	15
공기/N ₂	4.1	0.1~0.68	4.0	4.0	15
ClF ₃ /N ₂	0.3	0.2	0.5	n.d.	0.14
F ₂ /N ₂	0.07	0.06	1.8	n.d.	0.3
NF ₃ /N ₂	n.d.	0.66	5.0	n.d.	n.d.
N ₂ O/N ₂	n.d.	1.9	3.1	n.d.	n.d.

가스 축적에 의한 화재

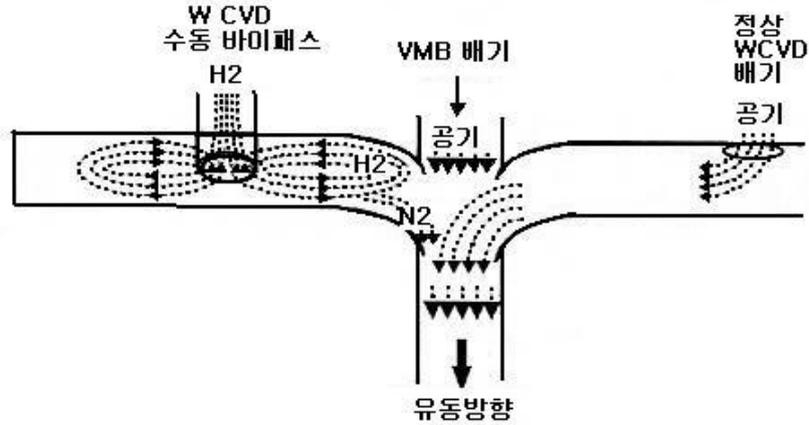
텅스텐(W) CVD 공정은 WSi₂ CVD 공정과 비슷하지만 WF₆ 환원반응에서 DCS 대신 수소를 이용한다는 점에서 다르다. 텅스텐은 콘택 플러그(contact plug)와 1차 금속 역할로 사용된다. 주 공정의 화학반응은 다음과 같다.



프리뉴클레이션 층(prenucleation layer) 형성을 위한 환원반응공정은 보통 짧은 시간동안 실란을 사용하여 수행되며, 수소 환원공정으로 이어진다. 수소환원공정은 DCS 환원공정에 비해 반응성이 덜한 공정이다. 그래서 적당한 형성률을 얻기 위해 많은 양의 수소가 투입된다. 보통은 WF₆의 사용량은 표준 100cm³/min인데 비해, 수소의 사용량은 표준 1.5~2 l/min이다. 실란의 사용량 또한 표준 100cm³/min이하 정도로 작다. 청소는 반응성이 덜한 가스인 삼불화질소(NF₃)를 이용한다.



하루는 텅스텐 CVD 기기의 배출 파이프에 누출이 있어 교체를 위해 정비를 하였다. 기기의 지역 집진기는 작동을 멈추고 배기가스는 다른 바이패스관으로 가도록 조정하였다. [그림 4]에 나온 것처럼 정비구는 수직 수집배관의 오른쪽에 있고 바이패스관은 왼쪽에 위치하고 있다.



[그림 4] W CVD 배기가스 관련 화재메커니즘 (가정) : 발화 전 배기가스 유동

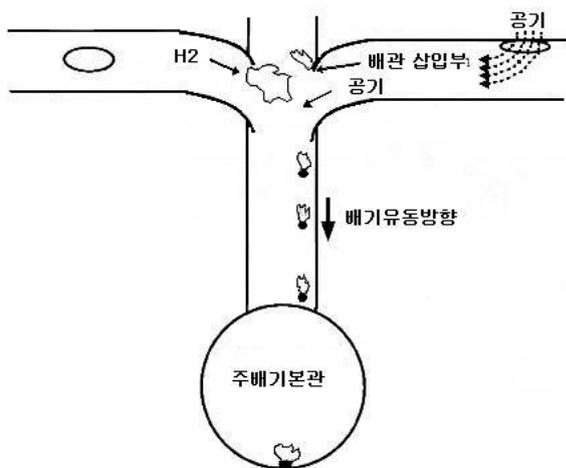
화재가 발생하기 10분 전에 주 배기관에 설치된 배기압력 센서에서 $-70\text{mmH}_2\text{O}$ 에서 $-40\text{mmH}_2\text{O}$ 의 압력 상승이 감지되었다. 압력을 $-70\text{mmH}_2\text{O}$ 로 되돌리기 위해 보조 송풍기가 자동으로 작동하였다. 그리고는 화재가 주배관과 정비구에서 동시에 발생하여 심각한 피해를 입혔다.

텅스텐 CVD의 배기가스는 펌프 토출구에서 질소를 충전하여 농도 3.8%까지 희석된다고 하였는데, 이 수치는 수소의 연소하한계보다 약간 낮은 수치이다. 수직배기관 우측에 위치한 정비구를 통한 대량의 공기유입으로 인해 수직배기관 좌측의 봉인된 배기관이 마치 수소/질소의 혼합물의 저수지 처럼 되어졌다. 불충분한 희석 또는 가스의 축적으로 인해 봉인된 배기관 쪽의 수소농도가 4%를 넘었던 것으로 의심된다. 우리가 진행하고 있는 유선 사중 질량분석계를 이용한 연구에서 희석과정에서의 갑작스런 변화가 가스 농도의 급격한 상승으로 이어질 수 있다는 것을 알 수 있다. 가스축적의 정확한 원리를 완전히 밝히기 위해 더 많은 계산과 실험이 필요하다. 다르게 생각하면, 수소가 프리뉴클리션 과정에서부터 적은 양의 실란을 함유하고 있다가 혼합물을 자연발화성으로 만들었을 수도 있다. 수소 혼합물은 봉인된 배기관으로부터 상류의 펌프에 의해 천천히 흘러 수직 교차부분에서 공기와 혼합된다. 혼합은 발화와 이어지는 화염으로 귀결되었다.

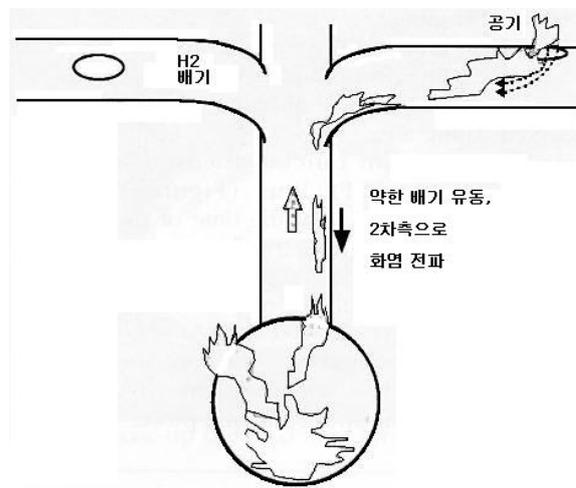
배기관은 가연성인 폴리프로필렌 배관이였다. 그리하여 수소화염이 수직배기관 우측의 폴리프로필렌 배기관 연결부를 녹이면서 옮겨 붙었다. [그림 5]에 나타난 것처럼 용해된 폴리프로필렌에 불티가 주배기관으로 떨어졌다. 주배기관은 직경 2m의 대형 배관이였다. 배기가스흐름의 속도는 분명 부속배관들에서보다 낮았다. 화재가 지속되어 마침내 주배관으로 확대되었다. 모든 2차측의 흐름은 멈추었으나, [그림 6]에 나타난 것처럼 화재는 여전히 공기가 유입되고 있는 정비구를 향해 2차측으로 확대되었다.

이 제안된 시나리오는 화재 후 조사에서 발견된 것에 부합한다. 수직배기관 좌측의 배기관 연결부는 손상되지 않았으나 우측의 배기관연결부는 녹아있었던 것이다. 주배기관의 고압경보장치 또한 화재가 정비구에서 발견되기 전에 주배기관에서 발생했다는 사실을 확인하고 있다. 이 시나리오에서 알 수 없는 점은 발화원이다. 수소가 실란 또는 정전기 방전 같은 다른 원인에 의해 발화되었는지, 더 조사할 점이다. 발화 메커니즘이 규명된 것은 아니라 해도, 배기덕트 안에 스프링클러헤드를 설치하거나, FM 7-7/17-12, Semiconductor Fabrication Facilities에서 요구하는 것처럼 불연재료로 제작된 덕트를 사용한다면 화재를 제어하는 것은 쉬운 일이다.

이 사고로부터 알게 된 것이 많다. 보통은, 배기설비는 “클린룸”의 공정설비에 비교하여 “불결한” 것으로 생각되었다. 그래서 반도체 공장의 배기설비에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 화학공정의 안전지식을 배기설비 위험에 적용하는 것도 제한적이다. 대부분의 연구도 대량의 실란 유출사고에만 초점이 맞춰져 있다. 공정산업에서 유체흐름의 정체로 인한 폭발이 이 사고사례와 유사한 점이 있다는 논문도 있다. 암모니아 공장에서 CO₂ 배기관에서의 수소폭발사고사례에서도 수소를 질소충전으로 제거하기가 어렵고 수소/공기 혼합물은 쉽게 발화한다는 것을 알 수 있다. 이러한 화학 공정산업의 사고사례들은 반도체산업의 특별한 위험인자들을 이해하고 가능한 해결책을 만들어 내는데 실마리가 되는 자료가 될 수 있다.



[그림 5] W CVD 배기가스 관련 화재메커니즘 (가정)
: 수소가스 발화



[그림 6] W CVD 배기가스 관련 화재메커니즘 (가정)
: 연소 확대 및 화염 확산

□ 결론

반도체 공장에서의 여러 가지 화재와 폭발 사례를 화학공정안전의 관점에서 논의하여 보았다. 반도체 공장과 화학공장에서의 위험의 비슷한 점과 다른 점이 강조되었다. 현재 사용되는 화학공정안전기술이 반도체공정에도 쉽게 적용될 수 있지만, 반도체공정에서의 화재와 폭발의 원인과 해결책을 명확하게 밝히려면 더 많은 연구가 필요하다.

참고문헌 : Characteristics of Fire and Explosion in Semiconductor Fabrication Process, Process Safety Progress, AIChE, (2002.3)

번역 및 편집 : 위험조사부 사원 유호정, 안승일