

반도체 산업에서의 사고사례 분석 및 안전대책 방안

김 광 일*

1. 서 론

반도체의 제조에 특수재료가스가 사용되도록 되고나서 30년을 경과했지만, 이러한 가스와 새로운 기능을 가지는 素子, 물질의 제조량 사용량은 증가의 일로를 걷고 있다. 그동안 여러차례의 사고가 발생하고, 사고의 방지를 위한 지침, 자주기준, 위험성에 관한 데이터집, 총합적인 안전대책 자료 등이 공표되어서, 산업현장에서도 많은 노력이 기울어져왔지만, 아직도 많은 사고가 발생하고 있다¹⁾.

특수재료가스 등의 신규물질에 특유의 반응성·독성 등에 관한 정보가 상당히 보급되어 왔지만, 반도체 관련분야에 참여하는 기업의 대부분은 가스와 약품의 취급에 익숙하지 않고, 종업원도 경험이 적은 사람이 많기 때문에, 이 분야에서 사용되는 100종류를 넘는 물질을 취급하는 현장에서 경험·지식의 부족이 사고의 원인으로 지적되고 있다.

반도체 소자 등의 제조에서는 CVD, 에칭, 세정 등의 공정에서 여러 가지의 화학물질이 사용되고 있지만, 그 중에서는 고압가스와 가연성 용제류도 많다. 그 중에서도 고압가스에는 폭발위험성이 높은 것이 많다. 표 1-1에 37종류의 가스는 『특수재료가스』라고 부르고 있으며, 폭발위험성과 독성의 점에서 취급에는 주의가 필요로 되고 있는 것이다²⁾.

특수가스는 수소와 에틸렌 등의 종래의 가스와 달리, 본격적인 이용의 역사가 짧기 때문에 반응성과 위험성에 관한 연구가 대부분 행해지지 않

고, 안전대책에 관한 지식도 충분하지 않았다. 또, 반도체 산업의 기술의 진보가 매우 빠르게 진행되었으며, 새로운 기술을 이용할 때 생각해야만 하는 안전성에 대한 배려가 충분하지 않았다. 이 때문에 불행하게도 사고가 일어난 사례가 많이 있다.

여기에서는 1974년부터 1993년까지 발생한 국내외의 특수재료가스 관련의 사고를 중심으로 반도체 관련분야의 특수재료 가스의 위험성을 정리하였다. 또한, 사고사례를 분석하고 그중에서 가장 위험성이 높은 시란의 화재 영향평가를 행하였다.

2. 사고사례의 분석

2.1 국내외의 사고 원인분석²⁾

2.1.1 반도체 특수가스 사고 類型별 분류

類 型	건 수	백 분 율
누설 발화	17	41.5
폭 발	8	19.5
누설 화재	7	17.1
누설폭발	2	4.9
누설 중독	2	4.9
산소결핍	1	2.4
자연발화	2	4.9
발 화	1	2.4
누 설	1	3.4
계	41	100

상기의 결과를 보면, 누설발화가 17건으로 41.5%, 폭발 19.5%, 누설화재 17.1%, 누설폭발 7.1%, 누설중독 4.9% 기타 12.1%를 나타내고 있다. 즉 화재·폭발 부분이 83%로서 거의 전부를 차지하고 있어 위험성이 대단히 큰 것을 알수 있다.

* 인제대학교 산업안전보건학과

표 1-1. 특수재료가스(37종류) 및 특수고압가스(7종, *표시)와 그 성질³⁾

가스명	화학식	성질	가스명	화학식	성질
시란계			금속수소화물		
시란*	SiH ₄	燃自	세렌화수소*	H ₂ Se	燃
지시란*	Si ₂ H ₈	燃自	게르만*	GeH ₄	燃分
지그로로시란	SiH ₂ Cl ₂	燃	테르르화수소	H ₂ Te	燃分
트릭로로시란	SiHCl ₃	燃	스치빈	SbH ₃	燃分
사염화케이계	SiCl ₄		수소화수즈	SnH ₄	燃分
사불화케이계	SiF ₄				
비소계			할로겐소화물		
아르신*	AsH ₃	燃	삼불화질소	Nf ₃	支
삼불화비소	AsF ₃		사불화유황	SF ₄	支
오불화비소	AsF ₅		육불화텅스텐	WF ₆	
삼염화비소	AsCl ₃		육불화몰리브덴	MoF ₆	
오염화비소	AsCl ₅				
린계			사염화게르마늄	GeCl ₄	
호스핀*	PH ₃	燃自	사염화스즈	SnCl ₄	
삼불화린	PF ₃		오염화안티몬	SbCl ₅	
오불화린	PF ₅		오염화모리브딘	MoCl ₅	
삼염화린	PCl ₃		육염화텅스텐	WCl ₆	
오염화린	PCl ₅				
옥시염화린	POCl ₅				
붕소계			금속알킬화물		
지보란*	B ₂ H ₆	燃	트리알루킬칼륨	GaR ₃	燃自
삼불화붕소	BF ₃		트리알루킬인듐	InR ₃	燃自
삼염화붕소	BCl ₃				
삼취화붕소	BBr ₃				

注) 燃=공기중에서 가연성, 自=공기중 실온에서 자연발화성, 支=支燃性, 分=분해 폭발성

2.1.2. 반도체 특수가스 종류별의 사고 분류

가스종류	발생건수	백분율
SiH ₄	11	29.8
H ₂	2	5.4
N ₂	2	5.4
LN ₂	2	5.4
BF ₃	3	8.1
POCl ₃	2	5.4
SiCl ₄	1	2.7
Cl ₂	2	5.4
AsH ₃	1	2.7
BCl ₃	1	2.7
Ar	1	2.7
PH ₃	2	5.4
HBr	2	5.4
BSe ₆	1	2.7
SiH ₂ Cl ₂	2	5.4
NH ₃	1	5.4
WF ₆	1	
계	37	100

가스 종류로서는 모노실란(SiH₄)이 11건, 29.8%로 공기중에 누설시 즉시 발화하게 되어 대단히 위험한 가스임을 나타내고 있다.

2.1.3 반도체 특수가스의 사고 원인별 분류

원인별	건수	백분율
Human Error	13	32.5
설비불량	13	32.5
혼합반응	5	12.5
조작불량	5	12.5
자기분해반응	2	5.0
자연발화	2	5.0
계	40	100

사고원인별 분석 결과, Human Error 및 설비불량이 각각 13건으로 각각 32.5%를 나타내고, 혼합반응과 조작불량이 각각 5건으로 각각 12.5%를 나타내고 있다.

2.2 사고사례의 구체적인 항목 요약

반도체의 제조에 특수재료가스가 사용되도록 되고나서 30년을 경과했지만, 이러한 가스와 새로운 기능을 가지는 素子·물질의 제조량 사용량은 증가의 일로를 걷고 있다. 이 동안 몇가지 사고가 발생하고, 그러한 사고의 방지를 위한 지침, 자주 기준, 위험성에 관한 데이터집, 종합적인 안전대책 자료 등이 공표되어서, 산업현장에서도 많은 노력이 기울어져왔지만, 그래도 많은 사고가 발생하고 있다.

특수재료가스 등의 신규물질에 특유의 반응성·독성 등에 관한 정보가 상당히 보급되어 왔지

만, 반도체 관련분야에 참여하는 기업의 대부분은 가스와 약품의 취급에 익숙하지 않고, 종업원도 경험이 적은 사람이 많기 때문에, 이 분야에서 사용되는 100종류를 넘는 물질을 취급하는 현장에서 경험·지식의 부족이 사고의 원인으로 지적되고 있다.

표 2-3에 1974년부터 1993년까지 일본 및 미국에서 발생한 특수재료가스 관련의 사고를 중심으로, 반도체 관련분야에서 사고사례를 나타내고, 사고사례의 상세한 개요 및 대책 등을 기술하였다. 금후의 재발방지에 참고가 되기를 기대한다.

표 2-3. 반도체 특수가스의 사고사례 요약

사례	가스의 종류	재해형상	장 소	개 요	원 인	비 고
1	모노시란	누설발화	(요코하마항부두)	외국에서 되돌아 온 남은 가스 용기를 부두에 양륙하고 있을 때 모노시란용기의 보호캡에서 화염(약20cm)이 일고있는것을 발견. 소방차출동	용기밸브, 보호캡이 느슨해짐. 하역작업에 문제. 수출선의 안전확인. 남은가스를 묶지않고 그대로 쌓았다	1991년12월7일 (수송)
2	질소	산소결핍(사망1명)	(神奈川県平塚市)통신회사연구소	실내에서 액체질소를 혼자서 작은병에 나누고 있을 때 질식사하였다	질소가 방에 가득차다. 방에는 환풍기가 없었다	1991년8월27일 (소비)
3	모노시란	누설화재(사망1명)	(新潟현青梅町)모노시란제조소	모노시란 충전장의 카트(47ℓ, 28분)밸브를 열자, 배관에서 모노시란이 분출해서, 모든용기(약60개)가 누설발화해서 화재가 되었다. 다탈때까지(1주일이상)물을 뿌려야했다.	조사중(추정: 누설 테스트의 불충분)	1991년6월21일 (제조)
4	모노시란	누설발화(경상1명)	(群馬현高崎市)전기공장내	CVD장치의 봄베의 교환작업중, 새 봄베를 달기위해 용기밸브 口金部の 칸막이너트를 열자, 구급부에서모노시란이 발화했다.	용기판의 밸브폐지 확인부족	1991년3월19일 (소비)
5	모노시란	누설폭발(사망1명 중태1명 경상2명)	(東京 小平市)반도체試作공장	Clean room내에서, CVD장치에 공급하는 모노시란용기의 교환중(실린더캐비닛內)가스누설검지기가 경보를 발했다. 들이서막점거하고있을때폭발했다. 실린더캐비닛 및 주변기기가 파손.	조사중. 배관의 가스 배출을 처리하는 진공펌프에서 모노시란가스가 누설해 폭발한것으로추정(누설초기의 유출속도가빠른단계는 자연 발화하기힘들다)	1990년12월13일(소비)
6	게르만	폭발	(神奈川県川崎市)게르만제조공장	GeCl4-GeH4의 제조중, 반응후의 조(粗)게르만을 서서히 상온까지 온도를 올리고 있을 때 폭발해서 粗가스홀더가 파열했다.	조사중. 게르만에는 자기분해가 있다.	1990년10월21일(제조)

사례	가스의 종류	재해형상	장 소	개 요	원 인	비 고
7	게르만	폭발 (중상2명)	저장소	미국에서 수입한 게르만용기(10kg들이)를 부두에서 트럭으로 운반해, 마침정해져있는 장소에 반입하려고 할때 갑자기 폭발했다. 용기는4편으로 분열되어110~200m범위에 날아 흩어졌다.	게르만의 분해반응. 분해반응의 원인은 불명(不明)	1974년11월26일(수송)
8	모노시란(笑氣가스)	용기내혼합폭발(사망3명 공장이불탐)	미국	주문한 모노시란가스가, 실제 납인 된 가스와 다른것은 아닌 가하고 가스를 분석했을 때, 모노시란30%, 이산화질소 70%의 혼합가스로 판명되었다. 이 봄베를 이동중 폭발해서, 입회자 3명이 사망, 공장이 炎上.	충전실수(반응성물질의혼합)	1988년3월17일(소비,제조)
9	모노시란	누설화재	(東京江東區) 전자계측기수입판매회사	수입한 CVD장치의 성능 시험으로 모노시란 봄베를 열자, 제해장치에 이르는 모노시란가스 배기용 배관밸브가 열려져 있었기 때문에, 모노시란이 배관내 침입해서 배관내의 공기와접촉했다. 또, 도중에 프랜지에서 누설해서, 화재가 되었다.	배기계 배관에 공기가 들어 있던 곳에 모노시란을 흘려 보낸것에 기인한다(오조작)	1990년6월16일(소비)
10	삼불화붕소	누설	학교	반도체 실험에 있어서, 이온 주입용 삼불화붕소봄베(70g)의 밸브에서 백염(白炎)이 나왔다.	밸브(메탈실, needle형)의 니들부가 손상 또는 부식한 것으로 추정.	1987년4월24일(소비)
11	모노시란	폭발, 화재	전기메이커의 연구설비	대전체에 실리콘피막을 만드는 장치로 실험자가 조작을 잘못하여 반응기에 공기를 넣었기 때문에 폭발이 일어나 Rupture Disk가 작동했다. 배기탑이 염화비닐제였기때문에 배출시란에 의해 화재가 되었다.	밸브의 오조작. 반응성물질(공기)과의 혼합. 배기탑 재질	1986년9월26일(소비)
12	호스핀	누설, 중독(중독중)	반도체제조공장	반도체제조장치를 수리중, 재료용 호스핀가스가 감압변고압측의 퍼지판으로부터 누설해서, 작업원이 중독을 일으켰다.	질소가스에 의한 퍼지가 불충분했다.	1975년12월12일(소비)
13	실리콘화합물	폭발		모노시란 제해장치내에 퇴적해있던 산화실리콘등을 제거하기 위해 상반신을 제해장치에 넣은 순간 폭발했다.	불안정한 SiO 등의 생성. 고형물속에 수소가 積滯되어 있었다고 추정된다	(소비)
14	실리콘화합물, 모노시란, 수소	발화		모노시란 및 수소의 배가스 배관에 있어서 제해장치입구의 유량계 유리관이 뿌렇게 흐려졌다. 배가스관내에서 연소한 것 같았기 때문에, 배가스관 청소구를 열자불을 내뿜었다.	배가스 배관안에 공기가 남아 있었다. 청소구를 열었을 때 산화구소와 미반응시란, 수소 등이 연소했다.	(소비)
15	실리콘화합물	폭발		고기유통관내를 청소기로 흡입중 청소기내에서 폭발했다.	퇴적물(실리콘화합물)이 착화원발화.	(소비)

사례	가스의 종류	재해형상	장 소	개 요	원 인	비 고
16	분해폭발	반도체제조공장	LSI제조장치의 배기공기 유통관에서 가스폭발이 발생, 배기덕트를 손상했다.	세정용의 사염화탄소의 배출 불충분에 의해, 약1000의 爐內 온도에서 잔류사염화탄소와 모노시란이 반응해서 폭발했다.	(소비)	
17	수소	자연발화화재	다결정실리콘 제조장치	다결정실리콘제조장치에서, 장치에 나오는 배기가스를 제해담에 보내는 배관으로부터 출화해서, FRP배관이 20m總損되었다.	규소염화물의 고체입자에 의해, 수소가 자연발화했다.	(소비)
18	호스핀	누설중독	반도체제조공장	작업중 악취가 나서 점검하자, 천정부분 공기 덕트에 구멍이 있는 것을 발견. 장치를 정지하고, 보수작업에 들어가자 중독이 되어 병원에 옮겨졌다.	모노시란이 배출되었을때, 공기덕트(염화비닐)에 연소에 의해 구멍이 열렸다고 추정. 이 구멍으로 호스핀이 새.	(소비)
19	모노시란	누설화재누설중독	반도체제조공장	반도체제조장치의 배기덕트(염화비닐)중에 누설 모노시란이 혼입. 공기덕트 속의 공기와 혼합해 연소. 뚫린 구멍으로 유독가스가 새어, 2명 중독되었다.	자연발화하는 농도의 모노시란이 공기덕트내에 누설해서, 공기와 혼합하여 연소	(소비)
20	모노시란	누설화재(重症2명 輕症3명)	반도체제조공장	초LSI공장의 플라즈마 CVD장치의 배출가스 연소장치의 배기관부근에서 출화. 작업실의 천장안 및 배기 덕트가 타고 같은 공장을 연3500m ² 태웠다.	연소장치에서 완전히 연소해야 할 모노시란이 연소되지 않은채배기유통관(폴리프로제덕트)에 흘러 발염했다	1982년10월3일 (수송)
21	모노시란	누설폭발	반도체제조공장	Batch로에서 작업종료후, 진공펌프 토출구에서 모노시란이 누설폭발.	퍼지용 전자변의 작동불량에 의해 충분한 질소로 희석되지 않을 것이고 고농도가 되었다.	(소비)
22	호스핀	누설발화		진공펌프 토출구에서 호스핀이 자연발화.	질소가스에 의해 퍼지불충분	(소비)
23	모노시란	누설발화		SUS배관및 접속부에서 모노시란이 누설발화	용기가 있는 부근에 <Scurruber>가 있어서 배관의 외부가 산에 의해 부식되어, 구멍이 생겼다.	(소비)
24	모노시란	누설발화		시란용기를 떼어냈을때 폭발음이 나면서 발화했다.	퍼지부족, 퍼지방법의 불량	(소비)
25	모노시란	누설발화		헤다에 모노시란용기를 접속하고, 스페너로 강하게 죄었다. 2~3hr후에 접속부에서 누설발화	접속부는 테플론제 가스게트실을 지나치게 죄였기때문에 Seal이 파손	(소비)
26	모노시란	누설발화		가스를 보내기 시작하자, 용기 구금부에서 누설발화.	구금부 파킹설치불량. 기밀테스트 불완전.	(소비)

사례	가스의 종류	재해형상	장 소	개 요	원 인	비 고
27	모노시란	누설발화		용기가 있는곳에 모노시란 용기 변에서 발화하고 있는것을 경비원이 발견	용기변의 閉止불완전, 기밀테스트불완전, 구금부에 캡을 채우지 않았다.	(소비)
28	지시란	누설발화	제조공장	되돌아온 용기의 口金部캡을 떼었을때 발화했다.	사용처에서의 용기 변 閉止불완전	(소비)

2.3 사고사례 분석 결과의 요약

전항의 국내외 사고사례 분석결과에서 다음과 같은 경향을 얻을 수 있다.

(1) 사고 유형별의 결과는 화재 및 폭발이 가장 많아 대형사고를 유발할 가능성이 있는 것을 알 수 있다.

(2) 가스 종류별로는 모노실란(SiH₄)이 높은 수치를 나타내어 집중적인 관리가 필요하다.

(3) 사고원인별의 분석결과 Human Error와 설비불량이 대부분을 차지하고 있어 Human Error에 대한 집중적인 대책과 설비불량에 대비한 철저한 검사와 유지관리가 요구된다.

(4) 사고가 발생할 경우, 하나의 원인으로 발생하는 것은 극히 드물고, 복수원인으로 일어나는 것이 대부분이다. 그 원인은, 가스설비측의 준비불충분이 많이 되풀이 되는 것, Human Error 반복되는 것 및 가스설비측의 준비부족과 Human Error가 함께 거듭된 것이 있다. 사고를 미연에 방지하기 위해서는 이들 복합원인이 되는 요인을 제거하는 것이 중요하다.

(5) 사고의 발생 장소는 봄베 및 그 주변이 가장 많고, 그 다음이 배기장치와 除害장치의 주변이 많다. 자연발화성의 시란을 이용한다면 누출하기 쉬운 것은 고압봄베 주변이며, 또 봄베의 교환작업은 수작업이 필요하기 때문이다. 또 배기덕트와 除害장치의 부근에서는 공기의 혼입이 있다든지, 작업자가 내부의 상태까지 완전하게는 파악하지 않는 것이 원인일 것이다. CVD장치 등의 반응설비와 도중의 배관부에서 사고는 대단히 적다. 이것은 몇기압 정도의 저압에서 가스를 사용하고 있는 것과 가스에 불순물이 혼입하는 것을 막는 것을 목적으로 해서 기밀의 확보에 주의를 기울이는 것 등이 원인으로 된다.

(6) 사고발생시의 상태로써는 장치의 가동 중

이 가장 많고, 그 다음이 봄베의 운반 혹은 교환작업중이 많다. 그 외, 봄베 두는 장소의 사고도 적잖이 일어나고 있다.

이와 같이 반도체 산업분야에서 취급되는 물질 중에는 발화·폭발성·열안정성, 그 외의 물질과의 반응성, 독성, 부식성 등이 미해명인 것이 많은 것을 알 수 있다. 또한 사용종류의 다양성·고도화 혹은 환경영향에 대한 것을 고려하여 원재료·사용약품의 변경, 공정의 개량 등이 급속도로 행해지고 있으며, 이에 반해서 폐기물의 종류·처리방법도 여러 가지이므로, 금후에도 사고방지를 위한 노력이 바람직하다.

3. 특수재료 가스의 위험 특성⁴⁾

3.1 특수재료가스의 화재 특징

특수재료 가스에 의한 화재는, 시란(모노시란) 또는 시란을 포함한 혼합가스의 자연발화에 의한 것이다. 시란이 공기중에 유출하면 실온에서도 자연발화하는 것은 이미 잘 알려져 있지만, 이것은 유출한 시란의 화염을 일시적으로 소멸시키더라도 소화제가 없다면 또다시 발화하는 것을 의미하며, 실제상은 소화의 방법이 없다.

유일한 소화방법은 시란의 유출을 없애는 것이지만, 그것이 가능하지 않은 경우에는 주변의 가연물로의 延燒방지에 노력하면서 다 타버릴때까지 방치하는 수 밖에 없다. 주변에 시란 그외 가연성가스의 봄베(고압가스용기)가 존재하는 경우에는 가열된 봄베의 안전변이 작동해서 점점 가스를 분출해서 화세를 강하게 하므로, 대화재로 될 가능성이 크다.

시란에 의한 화재는 반도체 제조장치의 배기계에 많지만, 봄베에서 유출한 시란의 발화에 의한 화재(봄베화재)가 여러차례 발생하고 있다.

배기계에서의 화재는, 除害·소각장치의 不調化와 반응장치의 운전·점검 등에서의 오조작·오판단에 의한 미반응시란의 유출에 기인하고 있다.

3.2 자연발화성

특수가스의 대표적인 것으로 시란을 들 수가 있지만, 시란의 특질 하나인 것은 자연발화성이란 것이다. 즉, 시란은 공기와 접촉하는 것만으로 자연발화하고 연소하는 것이다. 이것은 시란의 최저 발화온도가 실온 보다 낮은 것에 기인한다. 그러나, 시란은 어떠한 상황에서 공기와 접촉해도 발화하는 것은 아니고, 경우에 따라 발화할 때도 하지 않을 때도 있다. 이것은 안전에 있어서 대단히 중요하고, 어떠한 경우에 발화하고, 또 발화하지 않는가 잘 알아 두지 않으면 취급안전의 확보는 어렵다. 이 때문에 시란의 발화가 어떠한 메카니즘으로 일어나는가 해명해두는 것이 요망된다. 이와 관련된 최근의 실험결과를 다음에 열거한다.

희석된 시란, 예를 들어 1%시란-질소혼합가스와 같은 열농도의 혼합가스일지라도 공기중에 흘러나와서 쉽게 발화하는 것은 잘 알려져 있다.

1%~10%의 시란/질소혼합가스를 유출을 통해서 공기중에 방출했을 때의 발화의 발화 유무의 한계는 발화의 유출속도가 늦은 만큼 일어나기 쉽다. 반대로 유출속도가 빠르면 발화하기 어렵게 되고, 어느정도 이상의 속도에서는 전혀 발화하지 않게 된다. 즉 농도에 의해 자연발화의 한계가 존재한다. 또 한번 발화하면 유출속도를 증가해서 발화 한계선을 넘더라도 화염은 그대로 유지되고, 가스유속을 그이상 올리지 않으면 없어지지 않는다. 또, 발화가 일어나기 쉬운 것은 그때의 출구 직경에도 의존한다. 즉, 농도가 짙고, 유출속도가 늦고 유출구가 큰 만큼 발화하기 쉽고, 반대로 되면, 발화하기 어렵게 되는 것이다.

지시란의 경우는 시란과 거의 비슷한 연소, 발화거동을 나타내는 것으로 알려져 있다. 자연발화하는 시란보다도 더욱 강하다라고 보고되어 있다³⁾. 호스핀도 자연발화성가스이다. 질소에 의해 4%까지 분해해도 자연발화한다고 보고되어 있다. 그러나, 시란 지시란과 비교해서 자연발화성은 거

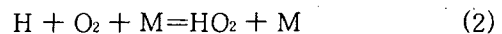
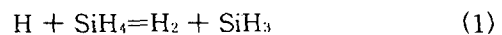
의 약하다고 보고되어 있다³⁾.

시란, 지시란, 호스핀이외의 특수재료가스로서는 트리아루킬갈륨, 트리아루킬인듐 등이 자연발화성이다. 또, 특수고압가스는 자연발화성이 아닌 것이라도 일반가스와 비교해서 발화온도 극히 낮은 것이 많기 때문에, 취급에는 충분한 주의가 필요하다.

3.3 폭발위험성

가연성가스의 위험성을 나타내는 것에 가장 자주 사용되어지는 지표는 폭발 한계이다. 폭발한계의 측정은 미리 공기와의 혼합가스를 존재하여두고, 이것에 전기 스파크와 니크롬선용단법등을 사용해서 에너지를 印加해서 착화의 유무를 조사한다. 시란, 지시란등의 자연발화성가스는 혼합가스의 조제과정에서 발화되는 일이 자주 있고, 측정은 쉽지 않다. 그러나 전항에 기술한바와 같이, 조제할때에 어떻게 조작하면 발화하기 어렵게 되는가는 알려져 있고, 또 한번 혼합가스를 조제하게 되면 안정하게 존재하는 영역이 넓기 때문에 측정할수 있는 가능성은 충분히 있다. 실제로 자연발화성의 시란, 지시란, 호스핀 등에 대한 측정결과, 폭발한계치가 얻어지고 있다³⁾.

그러나, 폭발상 한계가 되면, 자연발화성의 가스의 데이터는 얻을수 없다. 다른 유사한 가스의 데이터에서 유추하면, 폭발성한계는 거의 100%에 가깝게 된다. 가연성가스의 안전성을 확보하기 위해서는, 불활성가스에 의한 희석이 자주 사용되어진다. 시란외에, 지보란, 호스핀, 아루신등에 대해서, 질소 가스희석에 의해 폭발한계가 어떻게 변화하는가 측정되어지고 있다. 시란의 자연발화는 기본적으로 다음의 두 종류의 소반응이 수소원자를 서로 붙잡아서 경합하기 때문에 일어나는 것이라고 생각할수 있다⁴⁾.



여기서, M는 제3체를 나타낸다. (1)의 반응속도는 $K_1[H][SiH_4]$ 로 표현되고, (2)의 반응속도는 $K_2[H][O_2][M]$ 로 표현된다. 양쪽 모두 반응성이 높은 H 라디칼이 관여하기 때문에, 상온에

서도 반응속도를 가지고 있고, 양자가 경합해서 만약(1)의 반응 속도쪽이 보다 빠르게 되면, 그 후속반응에 의해 H원자가 증식하여 발화에 이르게 된다. 따라서, 발화의 한계는 兩反應速度의 균형으로 결정되는 것이 되어 다음 식으로 나타낸다.

$$K_1[H][SiH_4]=K_2[H][O_2][M]$$

$$[SiH_4]/[O_2]=K_2[M]/K_1 \quad (3)$$

이 식은 발화한계가 시란농도와 산소농도의 비로 결정되는 것을 나타내고 있다. 그 결과 앞 부분에서 말한 것처럼, 발화하는 농도의 영역과 발화하지 않는 영역의 경계는 농도 제로(0)의 원점을 지나는 직선으로 된다.

3.4 분해폭발 위험성

가연성의 특수고압가스는 吸熱 화합물이어서 분해하면 열을 발생한다. 그 크기에 따라서는 분해폭발의 가능성을 고려하지 않으면 안된다.

분해폭발에서 잘알려져 있는 것은 아세틸렌이다. 아세틸렌은 수소와 탄소로 분해하면 1 Mole 당 54.2Kcal의 열을 발생한다. 이 열이 차례 차례로 화염을 전파하여 가는데에 필요한 에너지가 되고 분해폭발이 전파하는 것이다. 이와 같이 분해열에 의해 가열이 분해 생성물의 온도를 화염유지 한계 온도 이상인 것이 가능하면 분해폭발이 일어

나고, 가능하지 않으면 일어나지 않는다. 압력이 올라가면 한계온도는 두드러지게 저하하고 분해폭발이 일어나기 쉽게 된다. 반대로 어떤 압력에서 분해폭발을 일으켜도 압력을 줄여가면 어느쪽은 폭발하지 않게 되는 한계가 있다. 그것을 분해폭발의 한계압력이라 한다. 한편, 초기온도가 올라가면 출발점이 한계 화염온도에 가깝게 되기 때문에 분해폭발이 일어나기 쉽게 된다.

실제로 그 가스가 분해폭발하는가 어떤가 조사하기 위해서는, 가능한 높은압력, 높은 온도에서 실제로 실험하여 볼 필요가 있다. 압력 - 온도 설정은, 적어도 그 가스가 실제로 용기등에서 유통할때 상정되는 가장 가혹한 조건으로 행해지는 것이 필요하다. 온도는 50~60℃, 압력은 고압가스의 경우, 150kg/cm², 압축가스의 경우, 50~60℃ 때의 가스 증기압이 척도가 된다⁴⁾.

4. 안전관리 증진방안

4.1 실린더 캐비닛의 필요항목과 구체적인 대책¹⁾

사고사례의 분석 결과, 캐비닛 및 봄베 주위에서의 발생건수가 많아 다음에 실린더 캐비닛(이하 C/C로 칭함)에서의 필요한 안전항목과 안전대책을 표 4-1에 기술하였다.

표 4-1 실린더 캐비닛의 필요항목과 구체적인 안전대책

안 전 항 목	구 체 적 안 전 대 책
1. C/C내의 공기를 항상 옥외로 배출하고, 한편 항상 내부의 압력이 외부보다 낮은 것을 확인할 수 있는 처치를 강구할 것.	C/C상부의 배기단파를 이용해서, C/C내 공기를 항상 환기함과 동시에, 표준장비되어 있는 마노메타게지(접점부)에서 내부의 압력을 감시한다.
2. C/C에 사용하는 재료는, 불연성인 것이어야함.	본체는, 일반구조용 압연강재(SS400), 창은 땅이 끼워져 있는 유리, 공기취입구는 알루미늄제 레지스타로 구성된다. 더욱, 문의 고무제 파킹, 압력센서 로드셀의 신호케이블, 에어작동용 계장 N2 수지배관등은, C/C의 대부분에 사용하는 재료가 아니기 때문에 이 限定은 아니다.
3. C/C내의 설비내 고압가스가 통하는 부분은, 상용압력의 1.5배 이상에서 행하는 내압시험 및 상용압력 이상에서 행하는 기밀시험에 합격한 것일 것.	C/C내의 고압가스가 통하는 부분에 사용하는 부품에 대해서는, 모두 구조도, 강도계산서, 재료증명서를 갖추고, 또한 C/C의 출하 검사시에, 각계통 마다, 내압시험, 기밀시험을 항상 실시한다. 더욱, 인정품을 사용하면, 상기의 서류의 정리가 간략화되는 장점이 있다. 특수고압가스에 사용하는 고압부위의 이음매는 모두 인정품을 사용할 것.
4. C/C에는 내부를 제거하기 위해 창을 설치할 것.	C/C전면상부에 땅을 끼운 유리를 달 것.

안 전 항 목	구 체 적 안 전 대 책
5. C/C내의 압력계, 유량계등 기기류(이하기기류) 및 배관의 내면에 사용하는 재료는 가스의 종류, 성질과 상태, 온도 및 압력에 따라 적절한 것일 것	접(接)가스부의 재질은 모두 SUS316L재로 구성될 것.
6. C/C내의 배관접속부 및 기기류는 쉽게 점검할 수 있을 것.	SUS관위에 부품 실재장치하는 평면 實裝배관이고, 접속부가 숨기는 곳은 없이 하고, 쉽게 외부로부터 발포시험 혹은 검지기 시험이 가능할 것.
7. C/C내의 충전용기등 또는 여기에 단 배관에는, C/C외로부터 조작할 수 있는 긴급차단장치를 설치할 것	용기변긴급차단장치 혹은 고압차단변(보다상류측)을 설치한다. 조건에 의해 뉴마틱용기변도 대응한다.
8. C/C내의 설비를 자동적으로 제어하는장치, 환기, 배기장치 그의 정전등에 의해 해당설비의 기능이 빼앗기는 일이 없도록 보안전력을 보유하는 등 조치를 강구한다.	C/C 내의 설비를 자동적으로 제어하는 전기제어계에 대해서는, 본래 정전시 자동전폐가 되지만, 해당설비의 기능을 잃는 일이 없도록, 30분간의 백업가능한 보안전력을 갖춘다. C/C내의 환기에 필요한 공조설비에 대해서도 같은 식으로 30분간의 백업용 보안전력을 갖춘다. C/C내, C/C置場, C/C용 배기설비에 설치하고 있는 가스경보기에 대해서도, 같은 식으로 30분간의 백업용보안전력을 갖춘다.
9. C/C내 충전등 용기등에는, 전도등에 의한 충격 및 밸브의 손상을 방지하는 조치를 강구하고, 또한 거친 취급을 하지않는다.	C/C내의 용기고정에는, 상하 2개소에 의한 SUS밴드고정을 행한다.
10. C/C에는, 가스의 누설을 검지하고, 또한 경보하기 위한 설비를 설치할 것.	C/C내에는 사용하는 가스에 따라, 한도 이하에서 검지해서 외부로 경보를 발할수 있는 가스경보기를 한개이상 설치한다.
11. C/C내의 배관에는, 가스의 조류 및 그 흐름방향을 표시할 것.	C/C내의 배관에는, 가스명 및 그 흐름방향을 표시한다.(프로세스라인, 밴드라인, Hi-N2라인, Lo-N2 라인등 명기)
12. C/C내의 밸브에는, 해당밸브의 개폐방향 및 개폐상태를 명시할 것	수동변에 대해서는, 밸브의 개폐방향 및 개폐상태가 표시된 밸브를 사용한다. 자동변에 대해서는 전기제어계에 개폐표시를 하든지, 또는 구동용 N2를 이용한 작은 개폐상태표시기를 악츄에타부에 장착시킨다. 또, 개폐방향에 대해서는 실첩부에 의해 명기한다.
13. 서로 반응하는 것에 의해 재해를 발생할 위험이 있는 가스는, 동일 C/C내에 수납하지 않을 것.	가스종별로 C/C내에 수납한다.

4.2 혼합 보관의 금지 가스

사고사례의 분석 결과, 가스의 혼합에 의한 발화 및 폭발이 몇건 발생한 것을 알 수 있다. 표 4-2에 실린더 캐비닛내에서 혼합해서는 안되는 가스

표 4-2 실린더캐비닛내에서 혼합해서는 안되는 가스

가 스 명	현 상
NH ₃ + HCl	고형물(NH ₄ Cl)생성
SiH ₄ + O ₂	발화
SiH ₄ + 할로젠	발화
SiH ₄ Cl ₂ + 염화물	HCl를 발생해서부식
TeH ₂ + Cl ₂	HCl를발생해서부식
PH ₃ + 할로젠	발화
AsH ₃ + Cl ₂	발화, 백색염을 발생
BCl ₃ + SiH ₄	B ₂ H ₆ 를 발생
B ₂ H ₆ + Cl ₂	폭발, BCl ₃ 를 발생
PF ₃ + F ₂	황색염-PF ₅ 를 발생
H ₂ S + Cl ₂ (Br ₂)	격반응

의 종류를 열거하였다.

4.3 보안설비와 안전시스템화의 개선 보완 방안
첨단산업에서 가스의 사용량 및 종류가 많은 반도체산업에서 보안설비를 설계하기 위한 지침과 유의점을 정리하는 것은 현장에서 보안관리를 쉽게 그리고 확실하게 하기 위해서 중요하다. 또, 종래의 주류이었던 가스경보감시장치에서 여러가지의 리스크를 회피하기 위한 시스템으로써 바꿈으로써, 대규모화, 복잡화함으로써 코스트업이 되는 것을 방지하고, 보안상의 精度를 향상시킬 수 있다.

4.3.1 시스템화의 포인트

가스의 보안을 생각하는 경우의 기본사항은 다음과 같다.

- 1) 새지 않게, 나오지 않게

2) 샌다면 어떻게 한다.

3) 가스를 안다.

1)에 관해서는 설계시보다 새는 것에 대해서 강한 배관과 설비를 함으로써, 후의 보수점검의 내용과 주기에 관계해 간다. 除害설비와 배기설비는 배기의 종류와 레벨과 처리장치의 설비능력을 검토해서, 몇 단계인가의 반응, 흡착, 세정에 의해 대기요염을 방지하는 시스템을 설계한다. 배기설비는, 건물과 공조설비와 같이 일단 설치해버리면 변경이 곤란한 설비이고, 주요한 설비는, 자유도가 큰 설비설계가 필요하며, 사용시는 系 전체로서의 배기관리가 필요하게 된다. 관리항목은 다음과 같다.

[가스명, 농도, 풍량, 압력, 수분량, 더스트, 악품청소방법, 청소주기, 댄퍼]

이러한 관리방법을 명확하게 하지 않으면, 반도체 제조장치의 변경과 가스의 변경에 대한 대응을 잘 못한다.

2)는 가스의 누출에 대해서, 조기발견과 긴급처리(반응처리)를 어떻게 하는가하는 것이다. 가스의 발견은, 경보기로 하는가, 독성에 대한 ppb에서 ppm의 검지와 연소와 폭발에 대한 % 오더의 검지, 그리고 화재가 발생한 초기의 적외선, 연기의 검지를 조합해서, 재해의 각 단계에서 검지를 한다.

재해를 예지하는 확실한 정보에 의해 긴급처리를 기계적 또는 인위적으로 하는 것으로 한다. 이것은 ppb오더에서 센서의 신뢰성이 불충분한 경우를 고려할 필요가 있다.

긴급처리에는, 건물과 구내의 피난유도와 배기계의 바꾸기, 긴급배기의 작동, 가스공급계의 차단, 가스계의 퍼지 등이 포함된다. 피난유도에 관해서는, 후술하는 안전관리에서, 교육훈련과 밀접한 관계가 있으며, 정보(지시, 명령 등)의 전달방법, 종류, 구속범위, 집합장소 등을 정해 두고, 또는 집합후의 점호와 보고 등의 훈련도 재해시의 혼란을 생각하면 중요한 것이다.

3)의 가스를 안다는 것은, 일반적인 가스에 관한 지식을 가지는 것에 그치지 않고, 폭넓은 의미를 가질 필요가 있다. 사고 및 앓차사고 등의 사례를 해석하면, 인위적 실수라고 생각되는 원인이

70%이며 교육훈련의 중요성을 이해할 수 있다.

또, 사고사례 중, 일차 원인으로서는 설비의 능력, 기능, 조작 등을 오인했던 것이라고 생각되는 것이 많다. 그것은 종래에서 불리는 가스공급계 뿐만 아니라, 반도체 제조장치와 배기계, 약액계, 순수계에서의 사고도 같은 원인이 많으므로, 가스가 사용되는 설비전반을 아는 것도 가스를 아는 것에 포함할 필요가 있다. 가스를 아는 것 중에는 2차재해와 3차재해를 방지하기 위해, 구내의 가스의 보유량, 보유장소, 또는 방재설비의 개요도 포함된다.

가스의 보안을 생각하는 기본과 클린룸의 특성을 연결해서 보아두지 않으면 시스템으로써는 성립되지 않는다. 보안상, 고려해야하는 클린룸의 특성은 다음과 같다.

1) 무창구조의 밀폐공간이다.

2) 유속 0.3m/s 이상으로 분출하는 순환공기가 있다.

3) 가스, 약품, 위험물이 공존하고 있다.

4) 피난, 구급활동을 방해하는 좁은 공간

1)에 관해서는, 재해시의 사람에 대한 공포심(自閉)과 조명의 확보만이 아니라, 연기와 가스가 빠질 수 없는 곳이며, 건물 내에 사람이 남아있었던 경우에는 생명에 관계된다는 것도 생각하고, 출입실 관리와 피난시의 대응이 중요하게 된다.

또, 위험한 것이 건물 내에 충만한 경우의 처치로써, 긴급배기계와 대량의 공기를 내보내는 송기계가 없다면 처치가 불가능하게 된다. 긴급배기는 위험장소(용기두는 곳, 클린룸, 배기장치)에 고정적으로 설치하고, 경보시스템과 작동시킨다. 송기계는 비상시에 가지고 다닐수 있는 이동식이 좋다. 그러한 구동용의 전원은 비상전원이어야만 한다.

2)에서 말할 수 있는 것은 실내에 가스가 샌다면 순환계가 큰 혼합기와 같이 작동하고, 가스가 균일하게 확산한다. 따라서, 조기발견하기 위해서는, 가스 및 연기의 센서는 고감도를 필요로 하며, 설치장소로써는 리턴덕트와 바닥밀이 중심으로 된다. 공기보다 가벼운 가스라도 밑으로 확산한다.

한편, 클린룸 내에 기계, 설비가 설치된다면 순

환공기가 있어도 상관없이 산소결핍(18% O₂이하)의 부분이 질소의 사용상태에 의해 만들어져 버리는 것이 있다. 완성시와 생산개시시 등에 건물내를 정기계측할 필요가 있다.

3)은 2차재해를 방지하기 위한 封止, 격리, 퍼지, 소화, 살수 등을 가스, 약품, 위험물의 종류와 설비, 량을 고려해서 설비할 필요가 있다.

4)는 각 장소의 클린룸에서 느끼는 것이며, 적어도 들것이 무리없이 통행할 수 있는 공간이 필요하다고 할 수 있다. 또 실내만이 아니라, 천정안과 바닥 밑의 점검과 Maintenance 공간도 피난할 수 없을 만큼 좁은 공간이면, 비상시에는 큰문제로 될 것이다. Cat-Walk(비상통로)의 기준화가 필요하다고 할 수 있다.

시스템화를 넓은 의미에서 생각하면, 各社에서 앗차사고 사례와 사고사례를 정보교환하는 장을 만들어야 한다고 생각한다. 公的으로 된 대형사고 以前에 반드시 같은 사례가 있는 各社에서 대책을 마련하면, 사고는 미연에 막을 수 있다. 지역단위와 공업회 등에서 실시할 수 있다면 효과적이다.

4.3.2. 보안설비

(1) 가스검지경보기

반도체산업에서 사용되는 가스 검지경보는 여러 가지 원리로 행해진다. 검지원리에 의해, 特長이 있으며, 그러한 특징을 알고 설비해야만 한다. 분석계기의 측정원리를 이용한 것은 정도를 유지하기 위해서는, 빈번하게 제로, 스펠의 교정을 할 필요가 있으며, 미리 교정설비를 계획해갈 필요가 있다.

반도체센서는, 노이즈에 강하고 클린룸과 유틸리티 존 등의 동력원이 있는 장소에 적합하다. 그러나, 산소분과 수분이 변화하는 장소에서는 사용할 수 없다. 따라서, 배기의 라인을 감시하는 경우는, 그러한 조건을 조사, 검토할 필요가 있다. 전기화학적 센서는, 대부분 가스를 검지할 수 있다. 이러한 센서는 민감하고, 노이즈에 약하므로, Transceiver, 용접기, 초음파 세정기 등의 사용에 주의가 필요하다. 사용제한과 거리로 제한할 필요가 있다.

또, 신호선의 쉴드와 어스선의 처리는 충분하게 할 필요가 있다. 어떤 센서라도 정기적인 교정, 체

크가 필요하며, 消耗品の 교환과 함께 연간계획을 만들어서 관리해야만 한다.

(2) 화재경보기

건물, 클린룸, 덕트 등의 화재에 대한 감시를 위해 설치하는 것이다. 초고감도의 연기센서는, 클린룸의 순환공기계에 설치되며, 통상의 측정치와의 차(더스트모니터와 유사하다)가 어떤 값을 되었을 때 연기를 검지함으로써 처치를 하는 시스템이며 Flare Alarm으로써 사용된다.

연기센서는 그 외 광산란식과 이온식이 있으며, 연소해서 미분말을 발하는 가스의 공급설비와 반도체제조장치에 설치한다. 염센서는, 적외선을 검지하는 것을 덕트와 장치 내에 설치한다. 가스와 유기용제를 사용하는 것을 감시하는 것이다.

(3) 그 외 센서류

각 장소에 압력을 측정할 필요가 있는 장소는, 부압에서 고압까지, 폭넓다. 배기계의 수주정도의 부압은 마노스타 게이지에서 신호(점점, 하나로 그값)를 발신시킨다. 배기(진공)펌프와 진공챔버의 高眞空을 측정하기에는 피라니, 페닝 등의 게이지가 사용된다. 고압부에 사용되는 압력계는, 브르튼管式과 변형게이지식 등이 있으며, 디지털과 아날로그의 신호를 발신시킨다.

유량에 관해서는, 각 라인마다 오리피스식과 過流式을 발신기으로써 사용한다. 배기계 등의 보안용의 질소와 공급하는 라인에는, 浮子式 유량계에 접점을 부가하고, 유량 이상의 신호를 내보낸다.

(4) 가스분석계

반도체 공업에서 사용되는 일반가스(질소, 산소, 수소, 알루미늄 등)는, 정제한 초고순도 가스가 사용된다. 따라서, 정제기의 전후의 불순물분석을 하는 순도 이상으로 대응시킨다. 분석항목으로는 산소, 질소, 일산화탄소, 이산화탄소, 탄화수소, 수분 등이며, 각각 황린 발광식 미량산소분석계, 가스크로마토그래피, 水晶發振식 수분계 등이 사용된다. 라인 분석용의 계기는, 지시의 안정성과 빠른 반응속도가 요구된다.

(5) 기기, 장치류

중요기기와 장치의 가동상황을 파악하는 것은, 보안상 중요한 것이다. 특히 배기팬, 스크래퍼용의 펌프, 환기팬, 除害장치 등은 정상운전과 정지

를 알리는 신호를 발신시킨다. 장치에서의 신호는 장치이상의 일괄 신호로 한다. 어떤 이상인가는, 장치의 표시로 안다. 예를 들면, 精製器, 除害장치, 실린더 캐비닛 등은, 유량, 압력, 온도, 교환동작 등의 이상을 현장표시한다.

(6) 지진계

落球式, 振子式, 서브식 등의 가속도계를 센서로 사용한다.

(7) 가스차단장치

일반가스中, 산소와 수소는 긴급차단용의 전자변 또는 공기압 작동변으로 차단한다. 특수재료가스는, 용기변 긴급차단장치와 공기압 작동변을 병용한다.

(8) 배기장치류

긴급배기는, 젯트팬 등을 사용해서, 실린더캐비닛실 등의 환기를 이용한다. 반도체 제조장치와 실린더캐비닛 내의 배기를 교체해서 긴급 제해장치에서 처리하는 경우는, 통상 배기계에서 除害계로 셔터램프 등을 사용해서 교체한다.

4.3.3. 보안설비설비의 포인트

가스경보기를 설치하는 경우에는 실린더 캐비닛과 반도체 제조장치와 같이 항상 배기하는 系內에 설치하면 조기발견이 가능하다. 외부에 센서를 설치해서 흡인펌프로 샘플링하는 경우는 極力 샘플링배관을 짧게 해야만 한다.

클린룸 이외 실내에 설치하는 경우는, 공기보다 가벼운 가스는 천정부근에, 무거운 가스는 바닥부근에 설치한다. 크린룸에서는, 기류에 의해 확산방향이 좌우된다. 전면 다운플로우에서 흡출해서 유속이 0.3m/s 이상인 경우는, 가벼운 수소도 하방으로 확산하므로, 바닥밀 중심에 설치하게 된다. 또, 클린룸에서는, 내부에 설치와 장치가 설치된 후에 센서위치가 적절한지 조사하고, 문제가 있다면 위치를 변경한다.

경보기의 경보설정레벨은, 독성가스는 허용농도로 하고, 가연성가스(수소 등)는, 1,000ppm 정도로 하고, 조건에 따라서는, (노이즈, 잡가스 등) 500ppm이하의 설정을 한다. 리턴덕트부에 수소를 측정하는 경우도 마찬가지로 한다.

화재검지기의 초고감도형은, 리턴덕트에 설치하고, 공기의 순환계마다 설치하며, 통상의 덕트

(연기)레벨보다 30% 또는 50%변화했을 때를 Flare Alarm을 사용함으로써 조기발견에 도움이 된다. 연기검지기는, 반도체 제조장치와 실린더캐비닛에서, 모노시란과 지시란, 호스핀 등의 자연성가스를 사용하는 박스 안의 배기구 부근에 설치한다. 배기의 기류 중에 검지부를 설치함으로써 조기발견할 수 있다. 적외선식의 炎센서는, 인화성약품과 가연성가스계의 감시에 사용된다. 설정장치 내와 덕트, 실린더캐비닛 내에 설치한다. 지진계는, 낙구식인 경우, 작동에 방향성이 있고, 각방향으로 3~5점 설치하고, 그 중 과반수 또는 복수가 작동했을 때에 제어를 하는 것으로 한다. 방향성의 결정방법은, 공장의 주변의 活斷層의 분포와 태평양 프레트의 방향 등을 가미해서, 정하고, 설정레벨은, 과거에 생긴 지진의 정도를 참고로 결정한다. 설정장소는 기초에 가까운 곳이 좋다.

한편, 일상점검과 정기점검의 데이터를 해석(고장율, 내구성 등)해서 정리한다. 지식, 경험은 가스 및 설비, 메인テナンス, 관리 등의 보안에 관해서 전부를 집약해서 수치화한다. 그리고 식자의 고찰방법을 베이스로 평가기준을 설정하고, 평가예를 많이 축적한다. 그러한 것을 정리해서 전문가에 의해 검증하고, 위험도 평가법을 연구한다.

5. 결 론

사고사례를 수집.분석하는 것은, 같은 종류의 사고를 재발 방지에 유용한 것은 물론, 사고원인에 관련하는 유사의 물질, 공정, 장치, 취급방법 등에 잠재하는 위험성에 관해서, 문제점의 색출과 사고방지 대책의 책정을 위한 귀중한 정보.교훈을 열거하였다. 여기에서는 국내외의 반도체 관련산업에서 발생한 폭발, 화재, 중독 중의 사고사례를 원인별로 분석하여 위험원의 존재를 명확히 하고, 특수가스의 특성을 나열하고 그에 따른 안전대책을 기술하여 관련산업분야에 도움이 되었으면 한다. 첨단산업과 사고(위험의 크기)는 마치, 빛과 그림자와 같다.

參 考 文 獻

1. 안전공학회편, 반도체 공업용 재료가스의 안전핸드

- 백, 일본 안전공학협회(1990)
2. 金紘鎰, 반도체 산업에서의 사고사례 분석 및 화재 위험성 평가, 인제논총 제10권 제2호(1995)
 3. 近藤重雄, 德橋和明, 永井秀和, 岩阪雅二, 見瀬正紘, Combustion and Flame(1995)
 4. 近藤重雄, 특수재료가스의 위험성, 安全工學 Vol 33. No. 6(1994)
 5. 金子晃治, 先端産業에서의 보안설비와 안전의 시스템화, 安全工學 Vol 33. No. 6(1994)