

반도체 클린룸내 가스관리

최 종 복
금성일렉트론(주)
환 경 보 전 부

1. 서 론

1948년에 개발되었던 반도체 Device는 해를 거듭할수록 눈부시게 발전을 하여 1990년대 초에 16M DRAM에 이어 64M DRAM이 개발됨으로써 반도체 Chip 개발은 더욱 가속화되고 있다.

최근 몇년 사이에 반도체는 높은 집적도, 소형화 및 신뢰성 향상에 의해서 그 응용분야가 급속하게 넓어졌고 이에 따라서 그 수요도 급속하게 성장되었다.

반도체의 중요한 용도는 완구, 전화, 에어컨 등 가전제품으로부터 자동차, 항공기, 정보통신시스템 등에 이르기까지 우리 생활의 거의 모든 제품이나 기계류에 그 응용분야가 걸쳐 있다고 해도 과언이 아니다.

반도체 제조공정에는 Silicon Wafer를 시작으로 여러가지 종류의 재료가 사용되고 있으며, 그중에서도 반도체용 가스는 매우 중요한 역할을 하고 있다.

그러나 이러한 가스는 다른 산업분야에서 사용되어지는 가스와는 다른 특수가스로써 취급 부주의시에는 반도체 Clean Room내에

오염이나 화재를 발생하여 막대한 인적·물적 손해를 일으킬 수 있다.

이러한 가스중에는 공기중에서 자연적으로 연소하는 가스 또는 독성이 강한 가스 등 보전 또는 공급상 특히 주의가 필요한 것이 많다.

그래서 반도체용 가스를 취급할 때에는 가스의 성질을 잘 이해하고 작업환경에 적합한 안전을 확보하는 것이 필수적이다.

따라서 본고에서는 반도체 Clean Room내에서 사용되는 가스에 대한 안전한 취급을 위한 가스의 성질 및 안전대책에 대하여 기술하고자 한다.

2. 반도체의 제조공정과 공정별 설명

반도체를 제조하기 위해서 사용되는 실리콘은 지구상에서 가장 풍부한 원소중의 하나이며 모래에 함유되어 있다.

결국 반도체 산업은 모래안에 있는 실리콘을 정밀추출, 결정성장, 웨이퍼형성 및 가공 등 제조공정을 수행하여 반도체 소자를 만들어 내는 것이다.

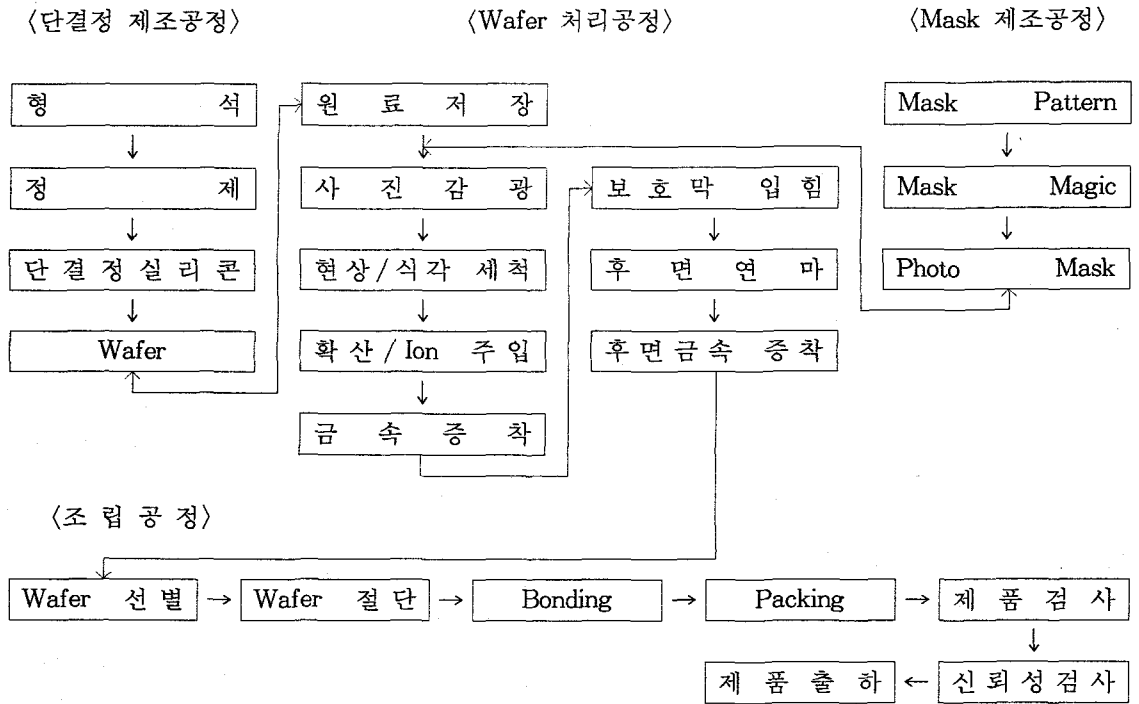


그림 1 실리콘 반도체 제조수행 공정

그림 1은 실리콘 반도체 제조시 수행되는 공정을 나타내었고, 표 1에는 반도체 제조시 수행되는 공정을 간략하게 설명하였다.

3. 반도체 가스의 역할과 위험성

반도체 산업에서 사용되는 가스는 새로운 공정개발에 따라 새로운 가스원의 개발이 계속적으로 이루어지고 있지만, 여기에서는 반도체 제조공정에 사용되고 있는 일반적인 가스에 대하여 서술하기로 한다. (표 2참조)

일반적인 반도체용 가스의 화학적 성분은 수소 또는 할로젠의 화합물로 되어 있으며, 화학적으로 불안정하고 가연성 및 독성을 갖고 있는 가스가 대부분이다.

반도체 제조를 위해서는 많은 처리공정이 요구되어 진다.

실제로 1M DRAM의 경우를 보면 반복적으로 100공정 이상을 거쳐야만이 제품이 만들어 진다. 이 중에서 반도체용 가스가 주로 사용되는 공정은 (1) 건식 식각(Dry Etching) (2) 불순물 확산 및 Ion 주입 (3) 박막침적(증착-CVD 및 EPI) (4) 산화 등의 공정이다.

이러한 공정은 단결정 Wafer에 전기적 특성을 갖도록 회로를 형성시키기 위한 공정이며 이 공정에서 사용되는 가스 양은 많지는 않지만 가스가 작용하는 역할은 매우 크다. 질소 및 수소가스는 Device 제조장치 초기운전시나 배관 등 전 계통의 Purge와 운반(Carrier)용의 가스로 많은 양이 사용되고 있다.

표 1. 반도체 제조공정별 설명

구 분	내 용
사진감광	설계에 의해 배열된 회로소자를 Silicon Wafer에 형성시키기 위해 Wafer에 사진을 찍는 작업
현상/식각/세척	Wafer 위에 사진 감광된 부분을 식별하기 위하여 약품처리후 세척함
확 산	저항 또는 전도 형태의 불순물을 선택적으로 첨가하여 성질을 변화시키는 공정
금속증착	도체나 절연체의 얇은 막을 증착시키는 공정
보호막입힘	Wafer 제조공정을 거친 Wafer는 매우 약하므로 Wafer Fabrication에 있어서 최종적으로 막을 입히는 과정으로 외부로부터의 물리적·화학적 자극으로부터 Chip을 보호하기 위한 보호막을 증착시키는 공정
후면연마	공정이 진행되는 동안 Wafer의 뒷면에 부착된 n-Polysilicon 층 및 산화막등의 불필요한 막을 제거하고, 필요 이상으로 두꺼운 Wafer 뒷면을 깎아 내어 Device의 전기전도에 대한 저항을 줄이고, 동작시 열전도율을 향상시키기 위한 공정이다.
후면금속증착	소자의 열방출 효율을 높이고 Package 제작시 Lead Frame 상의 Paddle과 전기적 접합도(Electrical Die Attach)를 향상시키기 위해 Back Grind후 Wafer 뒷면에 금속막을 입히는 공정
선별작업	Wafer 위에 일괄적으로 만들어진 Chip을 개개로 분리하는 공정으로 일반적으로 이 과정을 "Wafer Scribing"이라고 부르기도 한다.
절 단	Blade를 고속 회전시켜 톱으로 절단하듯 Die를 분리시키는 과정
Bonding	- Lead Frame의 Paddle 위에 Die를 부착하는 과정 - Device의 외부 연결 단자인 Pad와 Package의 Lead Frame을 도선으로 연결시키는 공정
Packing	Wire Bonding이 끝난 Chip을 보호하기 위해 플라스틱 Package의 경우 Epoxy Compound를 사용하여 밀폐하고, Hermetic Package의 경우는 밀봉하거나 용접하게 된다.
검사/제품	Package가 완성된 상태에서 전기적 특성을 측정한다. Test 항목의 Spec에 따라 양품, 불량품을 판정후 출하하게 된다.

표 2. 반도체용 가스의 성질

물질명 (화학식)	분자량 (비점C)	GAS비중 공기=1	허용농도 TLV-TWA	폭발한계 (%)	상온에서의 상태 (빛깔 및 형태)	냄새, 접촉시 인체의 촉감	물(H ₂ O)에의 용해도	성질
SILANE (SiH ₄)	32.1 (-111.9)	1.11	5PPM	1.37~	무색, 투명의 기체	농도가 희박할때: 무취 고농도일때: 건조한 냄새	순수한 물에는 불용 반응하지 않는다.	가연성, 폭발성(지연 성), 독성
이염화규소 (SiH ₂ Cl ₂)	101.0 (8.2)	3.52	5PPM	2.8~ 99.4	무색의 기체 (액체는 백색)	염소 냄새가 나고, 마 시면 숨이찬다. 파갑다	가수분해 반응에 의 해 염소가 생긴다.	가연성, 폭발성(지연 성), 독성, 부식
사염화규소 (SiCl ₄)	169.9 (57.6)	5.90	5PPM		무색, 투명의 액체	농도가 희박할때: 무취 고농도일때: 건조한 냄새	가수분해 반응에 의 해 염소가 생긴다.	연소, 폭발의 위험성 은 적다. 독성, 부식성
DISILANE (Si ₂ H ₆)	62.2 (-111.9)	2.29	5 PPM	0.55~	무색, 투명의 기체	농도가 희박할때: 무취 고농도일때: 건조한 냄새	순수한 물에는 불용 반응하지 않는다.	가연성, 폭발성 (지연성)
ARSINE (AsH ₃)	77.9 (-62.1)	2.69	0.05PPM	5.1~ 78.0	무색 투명의 기체	불쾌한 마늘 냄새, 자연 적으로 소멸되지 않음	20ml(100ml Aq 24°C)	가연성, 폭발성(지연 성), 독성
삼염화비소 (AsCl ₃)	181.2 (129.6)		0.2mg/m ³ As		무색, 기름 형 상의 기체		가수분해 반응에 의 해 염소가 생긴다.	불연성, 부식성, 독성
포스핀 (PH ₃)	34.0 (-87.9)	1.18	0.3PPM	1.6~	무색의 기체	불쾌한 냄새, 고기색 은 냄새, 마늘 냄새	200ml(100ml Aq 24°C)	가연성, 폭발성(지연 성), 독성
삼염화인 (PCl ₃)	137.3 (76.0)	4.77	0.2PPM		무색의 액체	자극성	가수분해 반응에 의 해 염소가 생긴다.	불연성, 부식성, 독성
오기시염화인 (POCl ₃)	153.3 (105.3)	5.3	0.1PPM		무색의 액체	자극성	가수분해 반응에 의 해 염소가 생긴다	불연성, 부식성, 독성
DIBORONE (B ₂ H ₆)	27.6 (-92.5)	0.96	0.1PPM	0.84~ 93.3	무색의 기체	불쾌한 냄새, 비타민 B냄새	가수분해 반응에 의 해 수소가 생긴다	가연성, 폭발성(지연 성), 독성
삼불화붕소 (BF ₃)	67.8 (-99.8)	2.38	1.0PPM		무색의 기체	자극성	물에 용해되어 분 해 105.7ml 100ml Aq 0°C	불연성, 부식성, 독성

물 질 명 (화학식)	분자량 (비점C)	GAS비중 공기=1	허용농도 TLV-TWA	폭발한계 (%)	상온에서의 상태 (빛깔 및 형태)	냄새, 접촉시 인체의 촉감	물(H ₂ O)에의 용해도	성 질
삼염화붕소 (BCl ₃)	117.1 (-12.5)	4.12	5PPM		무색의 액체	자극성	격하게 반응해서 HCl를 만든다.	불연성, 부식성, (독성)
삼브롬화 붕소(BBr ₃)	250.5 (-91.8)	8.78	1PPM	C친경치	무색의 기체 (액체)	여러가지 끓임 냄새	격한 가수분해에 의 해 HBr이 생긴다.	불연성, 부식성, (독성)
셀렌화수소 (H ₂ Se)	81.0 (-42.0)	2.80	0.05PPM	12.5~ 63.0	무색의 기체	마늘 냄새	2.70ml/ml 22.5°C	가연성, 폭발성, (독성)
게르마늄 (GeH ₄)	76.6 (-90.0)	2.64	0.2PPM	2.2~ 100.0	무색의 기체	자극성	불용, 서서히 반응	가연성(폭발성), (자기분해성)독성
삼불화질소 (NF ₃)	71.0 (-129.0)	2.46	10.0PPM		무색의 기체	냄새가 없고, 불순물 혼입시 곰팡이 냄새	서서히 반응	자연성, 독성
육불화텅스 탄(WF ₆)	297.8 (-17.5)	9.96	[HF]기준		액체는 황색, 기 /고체는 무색		곧바로 가수 분해 한다.	불연성, 부식성 (독성)
사불화메탄 F-14(CF ₄)	88.0 (-128.0)	3.06	2.5mg/m ³ (F로써)		무색의 기체	냄새가 없다.	0.0015wt%(25°C)	불연성
삼불화메탄 F-23(CHF ₃)	70.0 (-82.0)	2.40	2.5mg/m ³ (F로써)		무색의 기체	냄새가 없다.	0.1wt%(25°C)	불연성
팔불화프로 판 F-218 (C ₈ F ₈)	188.0 (-36.7)	9.77					0.1wt%(25°C)	불연성
불 소 (F ₂)	37.9 (-188.0)	1.31	1.0PPM		담황색의 기체, 접촉하면 폭발	자극성	격하게 반응해서 HF를 만든다.	부식성, 지연성, 독성
염 소 (Cl ₂)	70.9 (-34.6)	2.49	1.0PPM	H ₂ 와는 폭발성(5, 5~88% 혼합시)	무색의 기체	자극성	0.3g/100ml (20.0°C)	지연성

물질명 (화학식)	분자량 (비점C)	GAS비중 공기=1	허용농도 TLV-TWA	폭발한계 (%)	상온에서의 상태 (빛깔 및 형태)	냄새, 접촉시 인체의 촉감	물(H ₂ O)에의 용해도	성질
염화수소 (HCl)	36.4 (-84.9)	1.27	5 PPM		무색의 기체	자극성	82.31g/100g Aq (0°C)	불연성
시염화탄소 (CCl ₄)	153.8 (-76.6)	5.35	5.0 PPM (발암성)		무색의 액체	특유의 냄새	0.08mg/100g (20.0°C)	불연성
육불화유황 (SF ₆)	146.1 (-56.6)	5.11	1000 PPM		무색의 기체	냄새가 없다.	0.54ml/100g (20.0°C)	불연성
일산화이질 소(N ₂ O)	44.0 (-88.5)	1.53			무색의 기체	감미로운 향기	58.8ml/100ml (25.0°C)	지연성
유화수소 (H ₂ S)	34.0 (-59.6)	1.19	10.0 PPM	4.0~ 46.0	무색의 기체	달걀 썩은 냄새	225.7ml/100ml	지연성, 폭발성, 독성, 부식성
암모니아 (NH ₃)	17.0 (-33.4)	0.60	50.0 PPM	15.0~ 28.0	무색의 기체	자극성	52.6g/100g Aq (20.0°C)	지연성, 폭발성, 독성, 부식성
수소 (H ₂)	2.0 (-252.9)	0.06		4.0~ 75.0	무색의 기체	냄새가 없다.	2.1ml/100ml	가연성, 폭발성
산소 (O ₂)	31.9 (-182.9)	1.10			무색의 기체	냄새가 없다.	4.89ml/100ml Aq (0°C)	지연성
헬륨 (He)	4.0 (-268.7)	0.14			무색의 기체	냄새가 없다	0.97ml/100ml Aq (0°C)	불연성
질소 (N ₂)	28.0 (-195.8)	0.97			무색의 기체	냄새가 없다	2.35ml/100ml Aq (0°C)	불연성
아르곤 (Ar)	39.9 (-185.7)	1.38			무색의 기체	냄새가 없다.	5.60ml/100ml Aq (0°C)	불연성
이산화탄소 (CO ₂)	44.0 (-78.5)	1.52	5000 PPM		무색의 기체	약간 신맛	0.34g/100ml Aq (0°C)	불연성

이러한 가스는 Device 제조공정에서 악영향을 주는 산소, 수분, 일산화탄소, 이산화탄소 및 탄화수소 등을 장비내에 혼입하는 것을 방지하기 위해 대량으로 사용하고 있다.

수소는 가연성이고 질소, 아르곤, 헬륨 및 이산화탄소 가스 등은 불활성 가스이며 독성도 없지만 이러한 가스가 대기중에 대량 방출되어 산소농도가 대기중에 18% 이하로 되면 산소결핍현상을 일으켜 인체질식 등 중대한 상해를 일으킬 우려가 있다.

또한 제조공정중에 고온하(800~1000°C)에서 강압, 상압 또는 가압 등이 가해지면 운반(Carrier)용인 질소, 수소, 헬륨, 아르곤 등의 가스가 반응기내에서 분해하여 각종 물질변화(물리적·화학적변화)를 일으킨 후 부산물을 발생하게 되는데, 이러한 물질에 대한 위험도 아울러 예상되기 때문에 가스상태변화를 잘 파악하는 것은 매우 중요하다.

표 3에는 반도체 제조공정별 사용되는 가

스에 대하여 간략하게 분류하여 정리하였다.

4. 반도체 Clean Room내 가스 안전대책

반도체 제조공정은 다른 산업분야에서 사용되지 않는 특수가스나 독성가스를 다량으로 사용하고 있기 때문에 반도체 Clean Room을 안전하게 관리하기 위해서는 가스관리가 매우 중요한 항목이라고 할 수 있다.

가스에 의한 재해발생으로는 가스 누설에 의한 화재, 폭발 및 중독 등이 있다. 따라서 가스 재해를 방지하는 기본 원칙은

- 1) 사용되는 가스의 성질을 바르게 인식한 후
- 2) 안전설비를 충실히 사용해야 하며
- 3) 그리고 장치를 바르게 조작하고
- 4) 안전관리체제를 만들어 안전교육 훈련을 철저히 하는 것이다.

4.1 화재, 폭발의 요인

표 3. 각 공정에서 사용되고 있는 반도체용 가스

공정	사용되고 있는 가스
EPI	SiCl ₄ , SiH ₂ Cl ₂ , SiH ₄
산화	O ₂ , H ₂ , N ₂ , (PH ₃)
Dry Etching	CF ₄ , CHF ₃ , BCl ₃ , SF ₆ , CCl ₄ , C ₂ F ₆ , C ₂ ClF ₅ , SiCl ₄ , CCl ₂ F ₂ , NF ₃
불순물	N형 - POCl ₃ , PH ₃ P형 - BCl ₃ , BBr ₃ , B ₂ H ₆ , B ₂ O ₃ , BN
Ion 주입	N형 - AsH ₃ , PH ₃ , (As), (P) P형 - BF ₃
CVD	SiH ₄ , SiH ₂ Cl ₂ , Si(OC ₂ H ₅) ₄ , PH ₃ , B ₂ H ₆ , N ₂ O, O ₃ , NH ₃ , CoF ₆
증착 Sputter	Ar, H ₂

표 4. 위험성 종류에 따른 가스의 분류

주) []-지연성, ()-자기분해성 가스

구 분	특수 재료 가스	일반적인 가스
가 연 성	[SiH ₄], [Si ₂ H ₆], [PH ₃], AsH ₃ , SiHCl ₃ , SiH ₂ Cl ₂ , H ₂ Se, (GeH ₄)	H ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₃ H ₈ , H ₂ S, NH ₃ , (C ₂ H ₂), (C ₂ H ₄ O)
독 성	AsH ₃ , PH ₃ , B ₂ H ₆ , SiH ₄ , AsCl ₃ , SiF ₄ , PCl ₃ , PF ₃ , POCl ₃ , BF ₃ , H ₂ Se, GeH ₄	NH ₃ , H ₂ S, HF, Cl ₂ , HCl, CCl ₄ , NO ₃ , NO, HBr
지 연 성	NF ₃	O ₂ , 공기, NO, N ₂ , O, Cl ₂ , P ₂
불 활 성 (불 연 성)	PCl ₃ , POCl ₃ , BCl ₃ , C ₆ F ₆ , Ar, H ₂	N ₂ , Ar, He, CO ₂ , CF ₄ , CHF ₃ , C ₃ F ₆ , NO ₂ , HCl, CCl ₄ , SF ₆ , BBr ₃

4.1.1 가스의 가연성과 지연성

수소나 메탄 등과 같이 연소하는 가스는 가연성이다. 이러한 가스가 연소하기 위해서는 공기나 산소 등의 자연성 가스와 착화원이 있어야 한다. 따라서 이러한 가연성 가스와 지연성 가스를 잘 분류하여 인식하고 격리보관 및 주의하여 취급하여야 한다.

표 4에서 이러한 가연성 및 지연성 가스를 포함한 위험성 가스의 분류를 나타내고 있다.

4.1.2 가스의 폭발한계

가연성가스와 공기혼합가스가 일정한 혼합 조성조건이 되면 불이 붙어 폭발하게 된다. 혼합가스중에 가연성 가스와 농도가 지나치게 높거나 부족하다면 폭발은 일어나지 않는다. 그것은 각각의 가스가 고유농도 범위내에 있지 않으면 자연적인 폭발은 일어나지 않는다는 것을 의미한다.

이 농도 범위를 가스의 폭발범위 또는 연소범위라 말한다. 이때에 희박한 쪽을 “폭발(연소)하한계” 고농도측을 “폭발상한계”라고

말한다.

이 값은 혼합가스의 온도나 압력에 따라서 변하지만 일반적으로 상온 대기압에서의 값은 앞의 표 2에 표시되어 있다.

이 폭발범위가 넓을수록 위험은 매우 높아지게 되며, 일반적인 가스중 폭발범위가 넓은 것으로는 아세틸렌(2.5-100%), 수소(4.0-75%) 등이 잘 알려져 있으며 반도체용 가스에는 이와 유사한 가스가 많기 때문에 더욱 안전에 대한 주의가 필요하다.

4.1.3 자연성 가스

일반적으로 가연성 혼합가스를 가열하면 가연성 가스와 산소의 반응이 개시되어 자연적으로 발화하는 성질이 있다.

그러나 사일렌(SiH₄) 등은 가열하지 않고 단지 공기와 접촉하는 것만으로도 용이하게 자연 발화된다. 사일렌(SiH₄)은 실온 이하의 온도에서 이미 산소와 반응을 시작하기 때문에 그 반응열에서 쉽게 발화되는 것이다. 사일렌(SiH₄)은 이와같은 성질을 가진 이유로

가연성가스 보다 착화의 위험성이 더 크다.

반도체용 가스중 제일 많이 사용되고 있는 사일렌(SiH_4)은 고농도로 사용되고 있기 때문에 특별한 주의를 요구한다.

사일렌(SiH_4)과 비슷한 성질을 갖고 있는 가스로는 Disilane(Si_2H_6), Diborane(B_2H_6), Phosphine(PH_3) 등이 자연성 가스로 분류된다.

4.1.4 자기분해성 가스

가스 단독으로 존재시에 외부에서 에너지가 주어지면 가스분해반응이 진행되어 스스로의 분해열로 계속적으로 발열하여 결국에는 폭발하는 가스를 자기분해성 가스라 한다. 이러한 성질을 갖고 있는 가스로는 아세틸렌, 산화에틸렌, 산화질소 등이 잘 알려져 있고, 반도체용 가스로는 사일렌(SiH_4), Disilane (Si_2H_6), Arsine(AsH_3), Phosphine(PH_3), 셀렌화수소(H_2Se) 등 15종이 있다.

이런 가스의 안전대책으로는 용기내부에 충전하는 가스량을 제한하는 것도 한 방법이다.

4.2 산소결핍과 중독의 요인

4.2.1 가스의 불활성과 산소결핍

질소, 아르곤, 헬륨, 탄산가스 등의 가스는 불활성이고 불연성이며 독성도 없어서, 안전용 및 Carrier로써 대량 사용하고 있다.

그러나 일반 산업분야에서 의외로 많은 재해를 일으키는 가스로 알려져 있다. 이러한 가스는 무색, 무취이기 때문에 가스 누설시 발견하기 어렵고 작업장내에 산소결핍으로 인한 사고 위험이 크다.

산소결핍은 대기중 산소농도가 18% 이하로 되었을 때 일어나는 생체작용이어서 불활성가스 뿐만 아니라 산소와 반응하는 가스도 그 위험성이 따른다.

질소 및 수소는 반도체산업에서 대량으로 사용하고 있기 때문에 가스 누설시 감지하기 어려워 특히 취급시 주의해야 한다.

4.2.2 독성가스

반도체용 가스중에는 강한 독성을 가진 것이 많고 허용농도(TLV-TWA)는 대부분 모두 낮기 때문에 취급시 매우 세심한 주의가 필요하다.

예를들면 AsH_3 , B_2H_6 , PH_3 의 8시간 노출에서 인간에 대한 허용농도(TLV-TWA)는 각각 0.05, 0.1, 0.3 PPM으로 매우 낮다.

또한 NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health)가 제안하고 있는 IDLH(Immediate Dangerous to Life And Health)는 30분 이내에 구출하지 않으면 원래의 건강을 회복하지 못하는 농도치를 나타내는 것이어서 생명, 건강에 직접 위협도를 나타낸다.

주요한 가스에 따른 중독 증상과 IDLH를 표 5에 나타내었다.

그리고 일반 금속재료라도 건조상태의 반도체용 가스에 침해되지 않는 것이 많다. 그러나 염화수소, 삼염화인(PCl_3), 오키시염화인(POCl_3), 삼불화붕소(BF_3) 등의 할로젠 화합물은 물을 내포할 경우 금속에 대해서 강한 부식성을 갖게되기 때문에 특별한 주의가 필요하다.

5. 반도체 내 재해예방

가스에 대한 재해방지는 가스 누설을 방지하는 것 부터이다.

특히 반도체용 가스는 가연성이고 강한 독성을 내포하고 있어 혼합 누설시 재해범위가 막대함에 따라 소량의 누설도 허락되지 않는다.

표 5. 독성가스 허용농도 및 중독 증상

GAS명	허용농도 TLV - TWA (PPM)	IDLH (PPM)	중독 / 증상
ARSINE (AsH ₃)	0.05	6	급성 : 흡입하면 헤모글로빈과 결합해서 강한 용혈작용이 나타난다. 만성 : 적혈구가 파괴되며, 오줌이 하얗게 나온다. 발암성
포스핀 (PH ₃)	0.3	200	급성 : 흡입 수분후에 호흡곤란, 경련 등의 징후 아급성 : 두통, 설사, 하리, 폐수종, 간장, 편장 만성 : 빈혈, 중추신경제 장애, 골격의 취약화
셀렌화수소 (H ₂ Se)	0.05	2	마늘냄새가 난다. 설사, 현기증, 간장, 쓸개, 용혈작용이 있다. 눈, 코, 목이 심하게 아프다.
SILANE (SiH ₄)	5.0		급성 : 흡입하면 식도, 위가 심하게 아프고, 두통, 설사, 눈, 피부가 아프다. 그 밖에는 알려져 있지 않다.
게루마늄화수소 (GeH ₄)	0.2		아르신과 같은 것처럼 헤모글로빈과 결합해서 강한 용혈작용이 있다. 위장장애가 예측되고 있으나 정확한 자료는 없다.
유화수소 (H ₂ S)	10.0	300	위, 기도가 아프고 폐수종, 두통, 현기증, 위장의 부조화 기관지염
염화수소 (HCl)	5.0	500	피부와 점막을 심하게 자극하며, 눈과 호흡기의 염증. 다량을 흡입하면 목이 경련한다. 폐수종
암모니아 (NH ₃)	50.0	500	호흡하면 코와 기관을 자극하며, 강한 염증을 나타낸다. 눈은 경련에 의해 심각한 부상을 입는다.
질소/수소			가스 자신은 무해하나 대기중의 산소농도가 18% 이하로 되면 산소결핍이 된다. 사고력의 저하, 실신, 질식사

가스에 의한 재해를 막기 위해서는

- 1) 누설시키지 말 것
- 2) 내보내지 말 것
- 3) 누설되면 즉시 제거해야 된다.

먼저 1)번은 장치류를 포함한 배관, 밸브류, 단수 등에 의해 가스가 밖으로 누출되지 않도록 하는 것이고 설계단계에서 철저한 배관 설계와 시공이 필요하다.

또한 장치류의 모든 작동은 Manual에 따라서 사용해야하며, 충분한 시험, 검사를 행한 후 지속적이고 반복적인 점검을 실시하는 것이 중요하다.

2)번은 위험한 상태를 곧바로 외부로 방출시키지 않는것을 말하는 것이다. 반도체 제조장치에서 배출시킨 가스의 제거장치와 Cylinder Cabinet가 이의 목적에서 사용되고 있다.

3)번에서 최고로 중요한 것은 “조기의 발견”과 적절한 “응급처치”이다. 극히 미량의 가스 누설을 고감도에서 감지하는 각종의 경보기를 적절한 장소에 설치하여 운영해야 하며, 만약 누설시에는 최선의 대응책으로 가스 공급을 차단하는 비상차단계와 차단장치를 설치하여 관리하는 것이 좋다.

5.1 반도체용 가스 취급시 안전확보의 기본 수칙

- 1) 사용하는 가스의 성질, 특히 각각 가스의 위험성을 잘 숙지하여 안전하게 취급할 것.
- 2) 가스가 제조공정내에서 어떻게 움직이고, 거기서 어떻게 변화하고 있는지를 바르게 파악할 것.
- 3) 안전기구를 적절하게 사용할 것
- 4) 작업의 기준서를 작성하고 기준대로

바르게 조작을 행한다. 특히 안전상 하지 말아야 할 것을 명확히 정해 놓을 것.

- 5) 응급시를 가정한 대책을 정하고, 그 때에 안전행동을 일괄해서 훈련을 실시할 것.

5.2 안전용 기기 및 설비의 활용

안전의 확보에는 각종의 안전기와 설비를 유효하게 활용하는 것이 중요하다. 각종의 기기들이 개발되어 시판되고 있으나 여기에서는 대표적으로 배기가스 처리장치 및 가스 경보기를 소개할까 한다.

5.2.1 배기가스 처리장치

반도체 Device 제조장치에서 배출되는 배기가스에는 미반응된 독성가스와 유해한 반응생성물이 많이 포함되어 있어 이것을 처리시키지 않고 외부에 배출하는 것은 매우 위험하다. 종래에는 규염토와 염화 제2철에 의한 산화흡착법이 넓게 사용되어 왔으나, 최근에는 화학흡착법이 최고로 많이 사용되고 있다. 여기에 산화흡착법, 촉매산화법, 연소법, 가수분해법의 순서로 사용되고 있다.

일반적으로 배기가스중에 포함된 반도체용 가스의 농도는 매우 적다. 다만 사일렌은 비교적 고농도로 사용되어 배출되는 양도 많아서 연소법이 잘 쓰여진다.

이와같은 것을 볼 때 배기가스 처리장치의 선정은 사용하는 가스와 작업환경에 따라 적당한 처리방식을 선택하여 일상적 관리와 주기적 관리로 안전하게 행하는 것이 중요하다. 주요한 배기가스 처리법은 표 6에 나타났다.

5.2.2 가스누설 경보기

가스재해는 가스누설에서 시작하는 것이

표 6. 주요한 배기가스의 처리법

방 식	건식/습식	대 상 가 스	재 료 또는 원 리	특 징
화학흡착법	건 식	AsH ₃ , PH ₃ , H ₂ S, H ₂ Se, SiH ₄ , Si ₂ H ₆ , HCl TMC	흡착제는 등, 아연, 망 간의 산화물 침착한 것. 금속 그것을 사용 한 그밖의 각종의 것 이 있다.	흡착량이 크다. 사용시 및 공기에 접촉하면 발열이 크다. 최근에 가장 많이 사용
산화흡착법	반건식	AsH ₃ , PH ₃ , H ₂ S, H ₂ Se	규염상에 염화제이철 (FeCl ₂) 밖의 산화성 금속염을 첨가한 것.	허용농도 이하까지 제 거가능. 변색으로 사용 현황을 알며 재생가능, 온도가 필요.
촉매흡착법	건 식	AsH ₃ , PH ₃	금속산화물을 활성탄 등의 흡착제를 침착한 것.	응급시 대량처리에 이 용가능, 분말에 의해 몽치는 현상에 주의
연 소 법	건 식	SiH ₄ , 그 밖	버너 등의 화재중에 배기가스를 통과시켜 연소시킨다.	대량처리도 가능하다. 생성분말은 필터, Scrubber등에서 처리를 요한다.
가열분해법	건 식	AsH ₃ , PH ₃ , TMC	500°C 이상에서 열분 해 해 분말로 제거한 다.	장치는 소형이나 분말 의 폐쇄에 주의, 타방 식과의 병용 가능.
물리흡착법	건 식	AsH ₃ , PH ₃ , H ₂ S, H ₂ Se, HCl, 그 밖	대량의 활성탄, 약품 침착탄도 있다.	배기가스의 일괄처리 외국에서는 많이 사용 되고 있다.

표 7. 가스누설 검지 경보기 선정시 요구되는 사항

구 분	내 용
1. SENSITIVITY (감 도)	<p>* 어느 일정한 지시량 또는 출력신호를 일으키는 측정성분의 최소 변화량을 의미한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 검출 강도가 높을 것. - 응답이 빠를 것. - 장기간 안정하여 빠른 동작을 할 것. - 정전후 신속하게 복구하는데 문제가 없을 것.
2. SELECTIVITY (선택성)	<p>* 혼합 가스인 Sample Gas 중에서 다른 가스 성분의 간섭을 받지 않고 측정대상가스에 대해서만 반응하는 것을 말한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 노이즈 가스나 간섭가스의 영향을 받지 않을 것. - 고농도 가스 측정후라도 정상적으로 복구할 것.
3. STABILITY (안전성)	<p>* 측정기의 지시 또는 출력신호의 특성이 시간의 흐름에 대해서 변하지 않는 정도</p> <ul style="list-style-type: none"> - 전기 노이즈의 영향을 받지 않을 것. - 온·습도 등 환경 영향에 민감치 않을 것. - 검지대상가스(가연성, 독성 등)마다 조작·판단성이 변하지 않을 것.
4. 기 타	<ul style="list-style-type: none"> - 보수·점검이 용이하고, P.M 주기가 길 것 - 기능, 구조, 성능 등이 안전법규사항에 적법할 것 - 소형, 경량일 것 - Recorder, 경보 출력을 갖출 것 - Sensor 접속 불량등에 Trouble 경보 기능을 갖출 것 - 검지대상가스의 종류가 많을 것 - 소음이 없을 것 - 경제성이 없을 것 - 갖의 종류나 설치장소에 따라서 방폭성을 갖출 것

표 8. 가스누설 검지기 분석원리

구 분	내 용	측정대상가스
1. 접촉연소 방식	<p>1) 원리 : 백금 필라멘트 주위에 백금, 바라듐 등의 촉매를 설치하여 내구처리를 가한 검지소자에 산소를 섞은 가연성 가스가 접촉하면, 가연성 가스의 농도가 폭발하한계 이하라도 연소반응을 일으킨다. 이 반응열로 검지소자의 온도가 상승하게 되면 전기 저항이 커지게 된다.</p> <p>이 전기 저항의 변화를 전류 변화로 바꾸어 가스농도를 분석한다.</p> <p>2) 특징 : ① 장기적으로 안전성이 있음 ② 출력특성정도와 응답특성이 좋음 ③ 소자 수명이 길다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 수소 - 일산화탄소 - 암모니아 - 탄화수소 - 알콜류 - 케톤류 - 산 류 - 할로젠화합물 - 유기용제 등
2. 반도체방식	<p>1) 원리 : 금속산화물(SnO_2, ZnO 등) 소결체에 두 개의 전극을 설치하여 가열한 것이다.</p> <p>이 가스검출소자가 환원성 가스에 접촉하게 되면 화학흡착이 일어나며, 반도체 소자내에는 자유전자 이동이 생겨서 소자의 전기 전도도가 증대하게 된다. 이 증가량을 금속 산화물내에 있는 백금선 전극에 의해 출력으로써 나타난다.</p> <p>2) 특징 : ① 감지소자의 동작이 매우 안정함 ② 수증기의 영향이 적음</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 수 소 - 일산화탄소 - 암모니아 - 탄화수소 - 알콜류 - 케톤류 - 산 류 - 할로젠화합물 - 유기용제 등
3. 열선형 열전도체 방식	<p>1) 원리 : 저항온도 특성이 뛰어난 금속의 미세선 등을 가열시킨 Sensor(검지부)에 측정할려는 가스를 통과시켰을 때 Sensor에 흡수되는 열량을 전기저항 값으로 변화시켜 나타내는 원리이다.</p> <p>2) 특징 : ① 내산화성이고 안전성이 뛰어나다. ② 고농도 가스 측정이 적합하다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 원유가스 - 메탄가스 - 유화석유
4. 격막 갈버리 전자방식	<p>1) 원리 : 금속(금)을 음극(-), 비금속(아연)을 양극(+)으로 한 두 극을 전해액과 함께 설치한 구조로 되어 있다.</p> <p>격막을 투과시킨 산소가 음극에 도달하면 전극상에서 환원되어 산소농도에 비례한 전류가 생성되며, 이 전류를 증폭하여 검지하게 된다.</p> <p>2) 특징 : 급격한 온도변화에도 지시치가 안정함</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 기체중위 산소 - 가연성 가스의 산소

구 분	내 용	측정대상가스
5. 질코니아 방식	<p>1) 원리 : 산화 질코늄 분말을 CaO 등 안정화제와 같이 소결시킨 질코니아 자기는 고온하에서 산소 분자만을 이온의 모양으로 이동시키는 성질을 갖고 있다. 이 성질을 이용하여 질코니아 자기에 전극을 갖게하면 산소농도차에 비례한 기전력이 발생하는 것을 이용한다.</p> <p>2) 특징 : ① 응답속도가 빠르고 수명이 길다. ② 저온에서 뛰어난 작동능력을 갖고 있다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 불활성 기체 중의 산소
6. 격막전극 방식	<p>1) 원리 : 검지부는 작용전극과 대전극에 내부액을 채워넣은 격막으로 된 구조로 되어 있으며, 이 격막은 측정가스를 투과하는 성질을 갖고 있다. 검지부가 측정가스와 접촉하면 격막을 통하여 가스가 내부로 들어가 내부액과 반응하여 작용전극의 전위변화 또는 전류변화가 생기는 현상을 이용한다.</p> <p>2) 특징 : ① 응답이 빠르고 안정성이 좋다. ② 선택성이 뛰어나다. ③ 장기간 강도가 유지된다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 암모니아 - 염 소 - 시안화수소 - 황화수소 - SO₂ - (C₂H₅)₃ N
7. 정전위 전해식	<p>1) 원리 : 정전위 전해식 센서는 작용전극과 대전극에 전해액을 채워넣은 격막으로 된 구조로 되어 있으며, 측정대상가스는 격막을 투과하여 전기화학적 촉매작용에 의하여 전극상에 흡착된다. 작용전극에는 정전회로에 의해 일정한 전위가 주어지고, 가스는 전극표면에서 전기화학적으로 산화 혹은 환원반응을 일으킨다. 이때 발생하는 전류를 감지하여 분석한다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 일산화탄소 - NO/NO₂ - 황화수소 - SO₂ - 염 소 - PH₃ - SiH₄ - AsH₃ - B₂H₆ - HCl
8. 열선형 반도체 방식	<p>1) 원리 : 백금선 코일에 금속산화물의 반도체를 칠한 후 소결시킨 소자에 가스에 흡착하면 반도체의 전기전도도 변화에 따라 백금선 코일과 반도체와의 합성 저항치가 변화한다. 이 저항 변화치를 워스턴 브릿지로 검출하여 가스농도를 검지한다.</p> <p>2) 특징 : ① 저농도 가스에 대하여 고감도 ② 습도의 영향을 적게 받는다.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 수 소 - 일산화탄소 - 암모니아 - 탄화수소 - 알콜류 - 산 류 - 유기세정류

구 분	내 용	측정대상가스
9. 테이프 광원 강도법	1) 원리 : 화학약품에 의해 특수처리된 테이프가 측정대상 가스와 반응하여 발색된 정도를 광학방식으로 검지하여 가스농도를 측정한다.	- 암모니아, 염소, H ₂ S, SO ₂ , HCN, NO ₂ , AsH ₃ , PH ₃ , B ₂ H ₆ , SiH ₄ , HF, HCl, COCl ₂
10. 열이온화 방식	1) 원리 : Freon 가스를 검출하는 센서는 특수촉매가 붙은 코일과 이온 Collector로 구성되어 있다. 코일과 이온 Collector 사이에는 직류전압이 걸려 있고, 그 사이에 측정할려는 가스가 흐르게 된다. 이때 검지부에 Freon 가스가 들어오면 고온이 된 특수촉매의 알카리분과 전자를 흡수하여 양이온이 발생한다. 양이온은 이온 Collector에 모이게 하기 위하여 이온 전류를 증폭함으로써 Freon 가스를 검지하게 된다. 2) 특징 : 센서의 안정성이 좋아 다른 가스의 영향이 극히 적다.	- 불활성 기체 중의 산소

많아서 가스누설을 최대한 빨리 검지한 후 통보하여 신속히 대처를 하면 재해를 사전에 방지하는 것이 가능하다. 그래서 가스누설 검지 경보기의 사용은 가스 누설의 존재를 가능한한 초기에 검지하여 재해를 미연에 방지하는데 있다.

가스누설 검지 경보기를 선정할 때는 우선적으로 다음사항을 조사하여야 한다.

- 1) 사용하는 가스의 종류를 파악한 후에
- 2) 측정대상 가스의 성질을 조사하고
- 3) 가스 발생량을 예측하여
- 4) 가스 발생장소, 가스 잔류장소, 확산방향 등을

조사한 후에 위의 목적에 맞는 가스 검지기 종류를 선정해야 한다. 또한 일반적으로 가스누설 검지 경보기는 다음의 조건을 갖추어진 것이 요구된다.

현재는 각종의 원리를 갖고 있는 가스 경

보기들이 많이 시판되고 있다. 가스 경보기의 선정은 성능, 안전성, 방해가스 등 외의 사항을 잘 확인한 후 적절한 장소에 각 사업장에 맞는 가스누설 경보기를 설치하는 것이 바람직하다.

표 8은 현재 시판되고 있는 가스누설 검지 경보기의 원리를 간략하게 기술하였다.

6. 맺음말

이상으로 반도체 Clean Room내 가스관리에 대한 사항을 기술해 보았다. 반도체 Clean Room은 구조적으로 외부와 단절되어 있고, 밀폐된 공간에서 작업을 하는 환경이다.

또한 Clean Room 내부에서 취급하는 가스들은 독성, 가연성, 폭발성 등 사고 발생시 막대한 인적·물적 피해를 낼 수 있는 것들이기 때문에 가스 취급 전·후에 안전한 관

리가 철저히 이루어져야 한다.

우리가 안전용 기기를 완전하게 설치하는 것만으로 재해를 방지할 수 있다고 한다는 것은 매우 어리석은 일이다.

일반적으로 재해사례를 검토하여 보면 설비의 불량보다도 인간의 과실이 원인이 되어 사고가 나는 것이 많다.

또한 고성능 장비인 안전용 설비를 설치한 후 일상에서 점검이나 보수를 하지 않으면 본래의 기능을 발휘하지 않아 사고가 발생하게 된다.

이러한 것을 볼 때 반도체내 가스 사고를

미연에 방지하기 위해서는 충분한 안전지식을 가지고 안전한 행동을 바르게 실행하는 것이다.

특히 이러한 특수가스를 사용하는 반도체 청정실내에서 예상되는 응급상황에 대한 대책을 그 작업환경내에서 작업하는 전인원의 토의와 합의로 정하여 기준을 만들어 놓는 것이 중요하다.

그런 후에 작업시 수반되는 응급상황에 대하여 안전행동을 바르게 하고, 냉정히 할 수 있도록 평상시에 반복훈련을 통해 몸에 익혀 놓는 것이 최고로 중요하다.

뉴스

■ ISO 9000 국가 규격으로 채택

국제적 품질보증시스템으로 자리를 굳혀가고 있는 ISO(국제표준화기구) 9000 시리즈가 10월부터 국내에서도 국가규격으로 시행된다. 공업진흥청에 따르면 지난해부터 외국 전문가를 초청, 17회에 걸쳐 3백 40명이 심사원 교육을 받았고, 이중 2백여명이 외국 인증기관에서 실시하는 심사원 시험에 합격, 심사원보 자격을 취득함으로써 인증업무 수행할 기반이 마련됐고 최근들어 외국 인증기관에서 ISO 9000 시리즈에 의한 인증을 획득하거나 준비중인 국내 인증후보기관을 정식 인증기관으로 지정해 늦어도 10월부터는 업무를 시행토록 할 예정이다. 현재 ISO 9000 시리즈 인증후보기관은 한국표준협회, 생산성본부, 한국능률협회, 생산기술연구원, 품질관리기사회, 공업진흥청산하 6개시험검사소 등 모두 11군데.

공업진흥청은 이들 단체에 소속된 심사원보 자격을 가진 사람들이 외국 전문가들에게 1백 60시간의 교육을 이수하고 5회 이상 공장심사 경력을 쌓는 등 일정한 요건이 충족된 2명 이상의 정식 심사원이 확보된 기관은 정식 인증기관으로 지정할 방침이다.

공업진흥청은 ISO 9000 시리즈에 의한 품질보증시스템을 종전의 QC와는 다른 차원의 품질관리 수단으로 정착시키기 위해 현행 공장등급제도를 대체하는 방안을 고려중이며 이를 취득한 기업의 제품은 공공기관이 우선적으로 구매하고 사후관리를 면제할 예정이다.

[종합기술정보 8월호]