

반도체 사업장 현장실습생을 위한 건강관리 길잡이



고용노동부

산업재해예방
안전보건공단
KOREA OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH AGENCY



목차



I

반도체
제조공정
개요

II

공정별
유해요인 및
작업환경관리

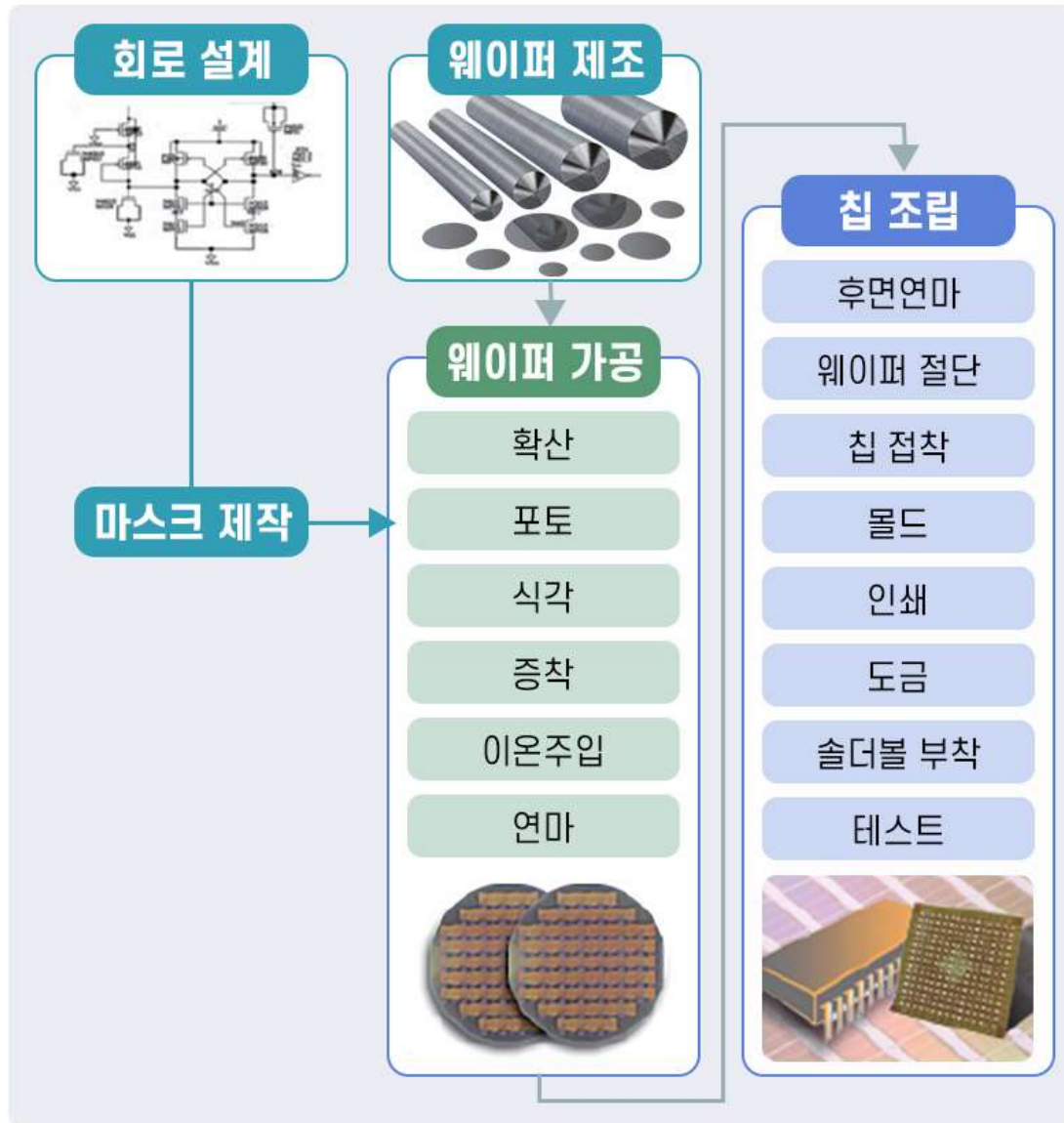
III

건강관리

I. 반도체 제조공정 개요



가. 공정개요



[웨이퍼 가공]

웨이퍼 표면에 여러 종류의 막을 형성하거나 마스크를 사용하여 전자회로를 그려 넣고 특정부분을 선택적으로 깎아내는 작업을 되풀이함으로써 전자회로를 구성해 나가는 일련의 과정으로 FAB(fabrication)라고도 함

[칩 조립]

웨이퍼 가공라인에서 가공된 웨이퍼를 개개의 칩으로 잘라 회로기판에 붙이고 각종 테스트를 거쳐 완제품을 생산하는 일련의 과정

II. 공정별 유해요인 및 작업환경관리



1.1. 클린룸(clean room) ┐

[반도체 공장의 '클래스'를 결정짓는 기계설비]



2.1. 확산공정(diffusion) ┐

가. 공정개요

- 전기로(확산로)의 고온을 이용하여 고체상태의 wafer 표면에 필요한 불순물(dopant)을 주입하여 반도체 소자 형성을 위한 새로운 막(특정 영역)을 형성하는 공정
- 전기로(확산로)에서는 웨이퍼 표면에 산화막을 형성하는 산화(oxidation)와 반도체 결정의 복원 및 불순물의 활성화를 위한 열처리(annealing) 과정 등이 이뤄짐



확산공정-5인치



확산공정-12인치

2.1. 확산공정(diffusion) ㄱ

가. 공정개요

유해위험 Tip

- PM작업 시 챔버 내에 남아있는 잔류가스나 부산물 등에 노출될 수 있으므로 챔버를 열기 전에 잔류물질을 충분히 배기한 후 국소배기장치가 가동되는 상태에서 개인보호구를 착용하고 작업해야 함
- 각종 설비 점검시 불산, 황산, 암모니아수 등 산·알칼리에 노출될 수 있으므로 개인보호구를 착용하고 작업해야 함

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

[확산 작업]

- 각종 부속의 세척, 부품 교체, 그 밖의 PM작업 과정에서 세척액, 잔류가스, 부산물 등에 노출될 수 있음
 - * 잔류물질을 충분히 배기하지 않고 확산챔버를 열 경우 잔류가스나 부산물에 노출될 수 있음

2.1. 확산공정(diffusion) ㄱ

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

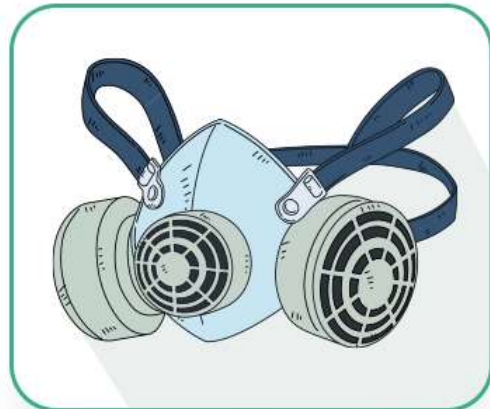
사용물질

- 암모니아, 아르신(삼수소화비소), 포스핀, 디클로로실란, 불소, 수소, 일산화질소, 아산화질소, 옥시염화인, 실란, 세척액(이소프로필알콜, 불산 등)

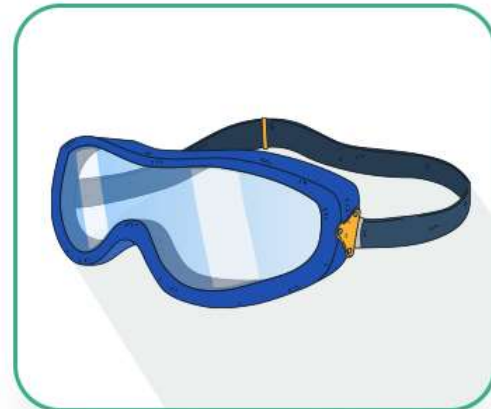
부산물

- 수소, 염화수소 등이 반응 부산물로 발생할 수 있음

개인보호구 착용



호흡보호구

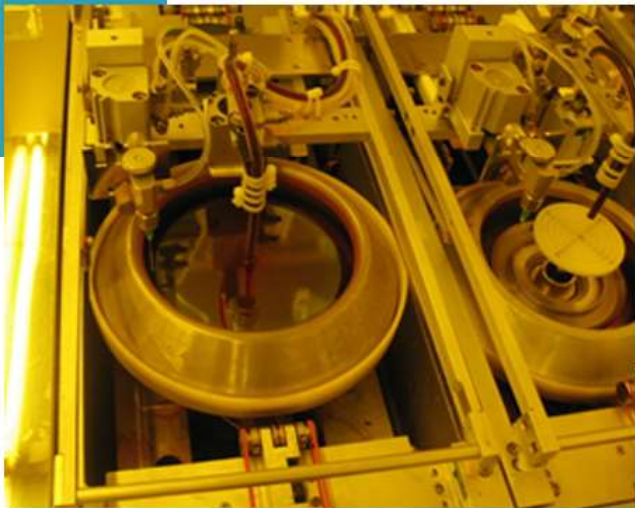


보안경

2.2. 포토공정(photolithography) ▮

가. 공정개요

- 웨이퍼(Wafer)에 반도체 회로 패턴을 형성시키는 공정
- 반도체 웨이퍼에 감광 성질을 가지고 있는 포토레지스트(PR)를 도포한 후 마스크 패턴을 올려놓고 UV(자외선) 등의 빛을 쬌어 회로패턴을 얻음



PR 코팅기-5인치



포토공정-12인치



포토공정-8인치

2.2. 포토공정(photolithography) ▮

가. 공정개요

유해위험 Tip

- 포토레지스트(PR) 등을 도포 시 휘발성 물질에 노출될 수 있으므로 국소배기장치가 정상적으로 가동되는 상태에서 작업해야 함
- 노광(light exposure) 작업 시 수지, 감광성 물질의 분해로 부산물이 발생할 수 있으므로 국소배기장치가 정상적으로 가동되는 상태에서 작업해야 함
- 용액보충, 유지보수, 배관 등에 대한 점검 시 화학물질에 노출될 수 있으므로 개인보호구를 착용하고 작업해야 함

2.2. 포토공정(photolithography) ㄱ

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

[밀착향상제(HMDS) 도포작업]

- 회전하는 웨이퍼에 밀착향상제(HMDS)를 도포하는 과정에서 휘발된 밀착향상제(HMDS, 헥사메틸디실라잔)에 노출될 수 있음

[포토리지스트(PR) 도포 및 노광작업]

- 포토리지스트(PR)를 도포하는 과정에서 휘발된 유기용제에 노출될 수 있음
 - ※ 포토공정 등 가공공정에서 발생하는 냄새의 주요 원인임
- UV(자외선)를 쬔 노광작업 과정에서 수지 및 감광성 물질의 분해로 인해 부산물이 발생할 수 있음

2.2. 포토공정(photolithography) ▮

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

[포토리지스트(PR) 도포 및 노광작업]

사용물질

- 포토레지스트(PR)는 고분자수지, 유기용제, 감광성 물질 등으로 구성
 - * 유기용제로는 2-헵타논, 사이클로헥사논, 에틸벤젠, 에틸락테이트, IPA(이소프로필알콜), 1-메톡시-2-프로판올(PGME), 2-메톡시-1-프로판올(β -PGME), 1-메톡시-2-프로필아세테이트(PGMEA), 2-메톡시-1-프로필아세테이트(β -PGMEA) 등이 사용됨

부산물

- 노광작업 과정에서 포토레지스트의 열분해로 미량의 부산물(휘발성 유기화합물 등)이 발생 가능
 - * 반도체 사업장에서 널리 사용되고 있는 노보락수지(크레졸-포름알데히드계 수지)와 감광성 물질 등이 함유된 포토레지스트(PR)에 대한 열분해 실험 결과, 미량이지만 부산물이 발생할 수 있음을 확인

2.2. 포토공정(photolithography) ▮

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

[현상 작업]

- 현상액을 가한 후 웨이퍼에 고르게 퍼지도록 회전하는 과정에서 휘발된 유기용제 등에 노출될 수 있음

사용물질

- 지방족 탄화수소(헥산, 헵탄 등), 1-메톡시-2-프로필아세테이트(PGMEA), 크실렌(Xylene), 수산화테트라메틸암모늄(TMAH) 등

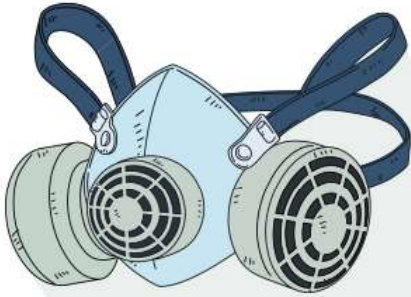
[PM작업 등 기타 작업]

- 용액을 보충하거나 PM작업을 위해 포토장비의 문을 여는 경우 유기용제에 노출될 수 있음
- 각종 부속의 세척, 부품 교체, 그 밖의 PM작업 과정에서 잔류 물질, 세척액(이소프로필알콜, 아세톤 등), 폐액 등에 노출될 수 있음
- 배관 등에 대한 점검 시 누출사고가 발생할 수 있음

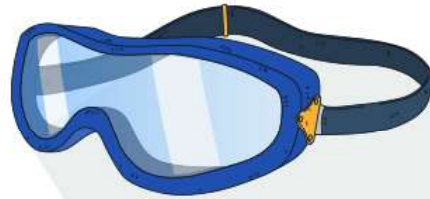
2.2. 포토공정(photolithography) ▮

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

▶ 개인보호구 착용



호흡보호구



보안경



보호장갑



보호의

2.3. 식각공정(etch) ┐

가. 공정개요

포토공정에서 구성한 회로를 완성하기 위해 불필요한 부분을 제거해 주는 공정으로 습식식각과 건식식각으로 나눌 수 있음

- 습식식각 : 화학 용액(chemical)을 이용해 화학적인 반응을 통해 제거하는 방식
- 건식식각 : 반응성 기체, 이온 등을 이용해 특정 부위를 제거하는 방식



습식식각조-4인치



식각 세척장비-12인치



건식식각 공정-5인치



건식식각 장비-12인치

2.3. 식각공정(etch) ┐

가. 공정개요

유해위험 Tip

■ 습식식각

- ⊕ 식각작업, 용액 보충작업, 배관 등에 대한 점검 작업 시 불산, 황산, 암모니아수 등 산·알칼리에 노출될 수 있으므로 개인보호구를 착용하고 작업해야 함

■ 건식식각

- ⊕ 반응챔버를 열 때 잔류가스, 부산물 등에 노출될 수 있으므로 잔류물질을 충분히 배기한 후 국소배기장치가 가동되는 상태에서 개인보호구를 착용하고 작업해야 함

2.3. 식각공정(etch) ㄱ

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

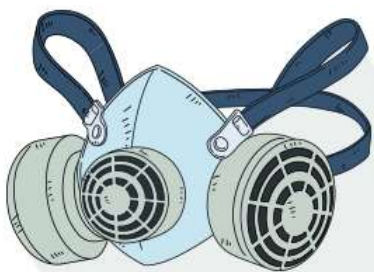
[습식식각작업]

- 수동으로 습식식각작업을 하는 경우에는 식각조에 웨이퍼를 투입하거나 회수하는 과정에서 암모니아수, 불산, 황산 등에 노출될 수 있음
- 용액을 보충하거나 식각조나 배관 등을 점검하는 과정에서도 위와 같은 산·알칼리에 노출될 수 있음

사용물질

- 불산, 염산, 과산화수소, 질산, 황산, 암모니아수, 불화암모늄 등

→ 개인보호구 착용



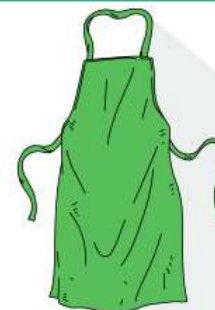
호흡보호구



보안경



보호장갑



보호앞치마

2.3. 식각공정(etch) ▮

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

[건식식각작업]

- 각종 부속의 세척, 부품 교체, 그 밖의 PM작업 과정에서 세척액, 잔류가스, 부산물 등에 노출될 수 있음

* 잔류물질을 충분히 배기하지 않고 반응챔버를 열 경우 잔류가스나 부산물에 노출될 수 있음

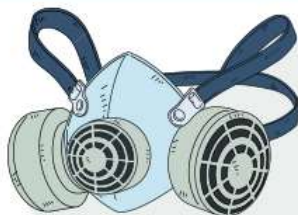
사용물질

- 암모니아, 삼염화붕소, 일산화탄소, 사불화탄소, 황화카르보닐, 염소, 수소, 브롬화수소, 삼불화질소, 오존, 기타 할로겐화탄화수소, 세척액(이소프로필알콜 등)

부산물

- 식각 가스들의 상호 반응을 통해 염화수소, 불화수소 등의 부산물이 발생가능

개인보호구 착용



호흡보호구



보안경

2.4. 증착공정(deposition) ┐

가. 공정개요

웨이퍼 상에 화학적 또는 물리적 방법으로 전도성 또는 절연성 박막 (분자 또는 원자 단위의 물질로 $1\mu\text{m}$ (마이크로미터) 이하의 매우 얇은 막)을 형성시키는 공정으로 박막(thin film)공정이라고도 함

- 화학적 기상증착(chemical vapor deposition, CVD) : 기체에 열 혹은 플라즈마를 가해 화학반응을 유도한 뒤, 이를 웨이퍼(wafer)에 증착하는 공정
- 물리적 기상증착(physical vapor deposition, PVD) : 금속판에 물리적 반응을 일으켜 금속 물질을 이온 상태로 웨이퍼(wafer)에 입히는 공정



증착공정-작업지역



증착공정-서비스지역

2.4. 증착공정(deposition) ㄱ

가. 공정개요

유해위험 Tip

- PM작업 등을 위해 반응챔버를 열 때 장비 내에 잔류하고 있는 반응가스, 부산물 등에 노출될 수 있으므로 작업 전 장비 내의 잔류물질을 충분히 배기한 후 국소배기장치가 가동되는 상태에서 개인보호구를 착용하고 작업해야 함
- 배관 등에 대한 점검 시에는 가스누출로 인한 급성중독을 예방하기 위해 개인보호구를 착용하고 작업해야 함

2.1. 확산공정(diffusion) ㄱ

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

각종 부속의 세척, 부품 교체, 그 밖의 PM작업 과정에서 세척액, 잔류가스, 부산물 등에 노출될 수 있음

* 잔류물질을 충분히 배기하지 않고 반응챔버를 열 경우 잔류가스나 부산물에 노출될 수 있음

사용물질

- 아세틸렌, 암모니아, 삼불화염소, 디보란, 디클로로실란, 수소, 염화수소, 불화수소, 삼불화질소, 아산화질소, 오존, 포스핀, 실란, 사염화티타늄, 육불화텅스텐, 세척액(이소프로필알콜 등) 등

부산물

- 물질간 상호반응을 통해 수소, 불화수소 등의 부산물이 발생 가능

개인보호구 착용



호흡보호구



보안경

2.5. 이온주입공정(ion implantation) ▮

가. 공정개요

반도체에 전도성을 부여하기 위해 웨이퍼에 불순물을 주입하는 공정으로 이온주입(ion implant) 장비를 이용하여 입자를 가속시켜 웨이퍼에 주입함 (확산공정 내에 이온주입공정이 포함되기도 함)



이온주입장비-서비스지역



이온주입장비-작업지역

2.5. 이온주입공정(ion implantation) ▮

가. 공정개요

유해위험 Tip

- PM작업 시 장비 내 잔류하는 가스 또는 부산물에 노출될 수 있으므로 잔류물질을 충분히 배기한 후 국소배기장치가 가동되는 상태에서 개인보호구를 착용하고 작업해야 함
- 장비 점검, 수리 및 교체 등을 위해 이온주입장비에 접근하는 경우 전리방사선에 노출될 수 있으므로 방사선 작업 근로자 외에 접근 및 조작을 금지하고 인터록을 임의로 해제하지 말아야 함

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

- 부품교체, 세척 등을 위해 이온소스 등을 해체하는 PM작업 과정에서 장비 내에 잔류하고 있는 아르신, 포스핀, 비소 등에 노출될 수 있음
- 인터록을 해제한 상태에서 이온주입장비 내부로 신체가 들어갈 경우 전리방사선에 노출될 수 있음

2.5. 이온주입공정(ion implantation) ▮

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

사용물질

- 아르신(삼수소화비소), 포스핀, 삼불화붕소, 세척액(과산화수소수)

부산물

- 비소 및 그 화합물 등 (아르신에서 파생 가능 화합물)
- 인, 수소 등 (포스핀에서 파생 가능 화합물)
- 붕소, 불소 등 (삼불화붕소에서 파생 가능한 화합물)

방사선

- 이온주입장비에서 전리방사선 발생

개인보호구 착용



호흡보호구



보안경

2.6. 연마공정(chemical mechanical polishing, CMP) ▮

가. 공정개요

요철이나 굴곡이 발생한 웨이퍼(wafer)의 박막(film) 표면을 화학적/기계적 요소를 통해 연마(polishing)해 평탄화(planarization)하는 공정



연마공정-12인치



연마작업-12인치

유해위험 Tip

- 인터록을 해제하고 작업할 경우 연마액 등이 비산되어 산·알칼리에 노출 될 수 있으므로 인터록이 정상 작동되는 상태에서 작업하도록 해야 함
- 설비 및 배관점검, 연마액 보충, 폐액 회수, 부품 교체, 기타 PM작업 과정에서 산·알칼리에 노출될 수 있으므로 개인보호구를 착용하고 작업해야 함

2.6. 연마공정(chemical mechanical polishing, CMP) ▮

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

- 웨이퍼를 연마하는 과정에서 인터록을 임의로 해제하고 작업할 경우 연마액이 튀어 산·알칼리에 노출될 수 있음
- 설비 및 배관점검, 연마액 보충, 폐액 회수, 부품 교체, 기타 PM작업 과정에서 산·알칼리에 노출될 수 있음

사용물질

- 연마액(실리카, 산화세륨, 암모니아수, 수산화칼륨), 불산, 염산, 질산 등

개인보호구 착용



호흡보호구



보안경



보호장갑



보호앞치마

2.7. 세정공정(cleaning) ㄱ

가. 공정개요

- 반도체 공정 진행 전·후로 웨이퍼(wafer) 표면에 발생하는 오염물질을 물리적/화학적 방법으로 제거하는 공정으로 chemical을 사용하는 습식세정(wet cleaning)과 플라즈마(plasma)와 같은 가스를 이용하는 건식세정(dry cleaning)으로 구분

유해위험 Tip

- 수동으로 습식세정작업을 할 경우 불산, 황산, 암모니아수 등 산·알칼리에 노출될 수 있으므로 개인보호구를 착용하고 작업해야 함

2.7. 세정공정(cleaning) ▮

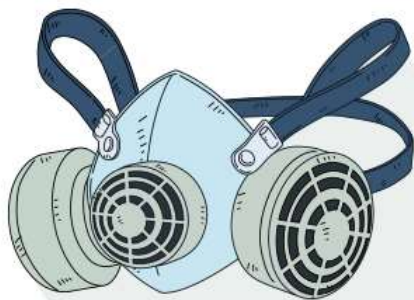
나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

- PM 등을 위해 세정설비 내부에서 작업을 하는 경우 설비 내 잔류하고 있는 물질(암모니아수, 불산, 황산 등)에 노출될 수 있음

사용물질

- 불산, 과산화수소, 질산, 황산, 초산, 암모니아수, 불화암모늄 등의 산·알칼리

개인보호구 착용



호흡보호구



보안경



보호장갑



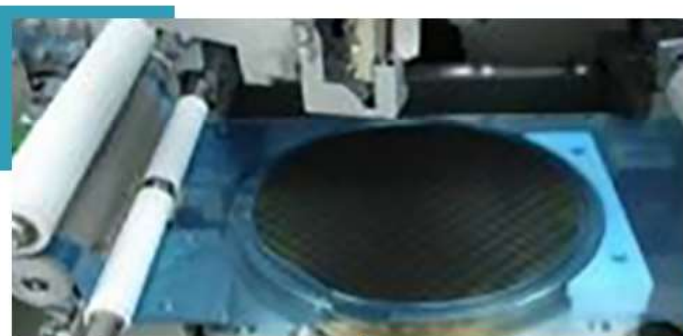
보호앞치마

3.1. 후면연마공정(back grind 또는 back lap) ㄱ

가. 공정개요

웨이퍼 가공라인에서 가공된 웨이퍼의 뒷면을 얇게 갈아주는 공정을 말하며 사업장에 따라 back grind(B/G) 공정 또는 back lap(B/L) 공정이라 함

웨이퍼는 연마작업에 앞서 앞면(웨이퍼 가공라인에서 회로를 구성한 면)을 보호하기 위하여 라미네이션 테이프가 붙여지며 연마(grind) 장비에 의해 자동으로 연마작업이 진행됨



라미네이션 테이핑



back grind 작업

유해위험 Tip

- 연마액 등의 비산으로 강염기성 물질에 노출될 수 있으므로 장비 문을 개방한 상태에서 작업하지 않도록 해야 함
- 설비 및 배관점검, 연마액 보충, 폐액 회수, 부품 교체, 기타 PM작업 과정에서 강염기성 물질에 노출될 수 있으므로 개인보호구를 착용하고 작업해야 함

3.1. 후면연마공정(back grind 또는 back lap) ㄱ

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

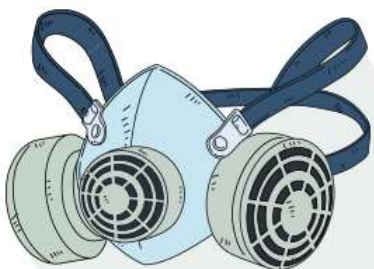
- 연마기 문을 열고 연마작업을 하거나 연마액을 보충하는 과정에서 연마액이 튀거나 비산되어 노출될 수 있음
- 설비 및 배관점검, 연마액 보충, 폐액 회수, 부품 교체, 기타 PM작업 과정에서 강염기성 물질에 노출될 수 있음

※ 대만의 전자회사에서 배관을 점검하던 작업자가 누출된 수산화테트라메틸암모늄(TMAH)에 팔, 다리 등이 노출되어 피부화상, 급성 호흡곤란 등으로 사망한 사례가 있으므로 주의해야 함

사용물질

- 비결정실리카, 피페라진, 수산화테트라메틸암모늄(TMAH) 등

개인보호구 착용



호흡보호구



보안경



보호장갑



보호앞치마

3.2. 웨이퍼 절단공정(wafer saw) ▮

가. 공정개요

웨이퍼를 개개의 칩으로 잘라주는 공정으로 원형 칼날(saw blade)을 이용하여 잘라주며 웨이퍼 절단과정에서 계면활성제 또는 DI Water가 사용됨



웨이퍼 절단장비



웨이퍼 절단(sawing)

유해위험 Tip

- 웨이퍼 절단 시 절삭액의 비산으로 인해 계면활성제 등에 노출될 수 있으므로 인터록이 정상 작동되는 상태에서 작업하도록 해야 함
- 설비 및 배관점검, 절삭액 보충, 폐액 회수, 부품 교체, 기타 PM작업 과정에서 계면활성제 등에 노출될 수 있으므로 개인보호구를 착용하고 작업해야 함

3.2. 웨이퍼 절단공정(wafer saw) ▮

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

- 웨이퍼를 자르는 과정에서 인터록을 임의 해제하고 작업할 경우 절삭액이 튀어 계면활성제 등에 노출될 수 있음
- 설비 및 배관점검, 절삭액 보충, 폐액 회수, 부품 교체, 기타 PM작업 과정에서 계면활성제 등에 노출될 수 있음

사용물질

- 절삭액 : 계면활성제, 물 등으로 구성
- 계면활성제 : 폴리에틸렌글리콜, 폴리에틸렌-폴리프로필렌글리콜 등이 함유

개인보호구 착용

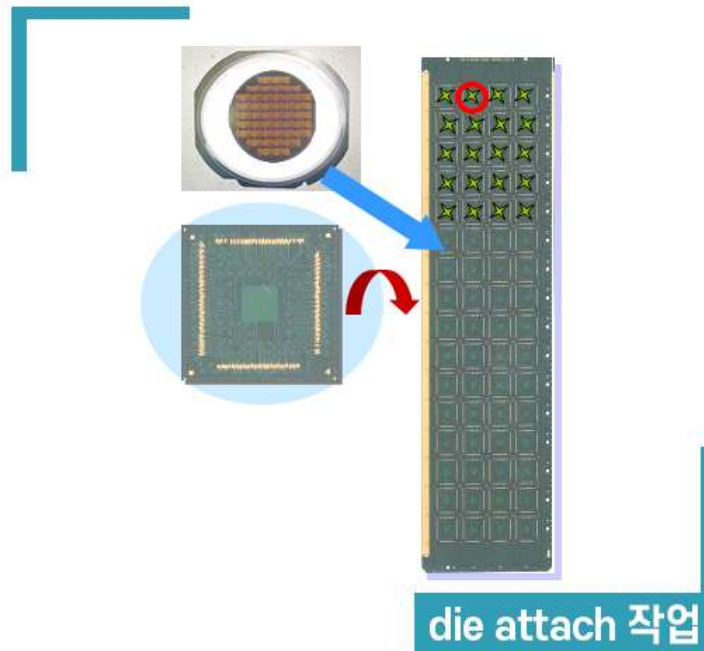


3.3. 칩 접착공정(die attach) ┐

가. 공정개요

웨이퍼 절단(wafer saw) 공정에서 날개로 잘려진 칩을 접착제를 이용하여 회로기판에 접착시키는 공정

칩 접착작업이 끝난 제품은 오븐(oven)에서 경화(cure)시키는데, 경화온도와 시간은 제품마다 차이가 있으나 보통 175°C에서 1시간 정도이고, 2단계로 나누어 경화하기도 함



3.3. 칩 접착공정(die attach) ㄱ

가. 공정개요

유해위험 Tip

- 접착제에 유기용제가 함유되어 있는 경우 접착과정에서 휘발성 유기화합물에 노출될 수 있으므로 국소배기장치가 정상적으로 가동되는 상태에서 작업해야 함
- 경화(cure)과정에서 휘발성 유기화합물에 노출될 수 있으므로 국소배기장치가 정상적으로 가동되는 상태에서 작업해야 하며, 오븐에서 충분히 냉각과 배기를 한 후 제품을 꺼내도록 해야 함

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

[접착작업]

- 접착제에 포함되어 있는 휘발성 유기화합물에 노출될 수 있음
- 스텐실 기법으로 접착제를 도포하는 경우는 스텐실을 세척하는 과정에서 세척용매에 노출될 수 있음

3.3. 칩 접착공정(die attach) ㄱ

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

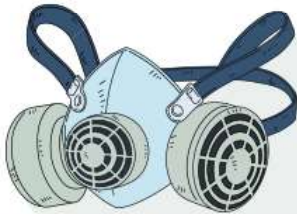
[접착작업]

사용물질

■ 에폭시수지, 페놀수지 등 고분자수지

■ 아세톤, 비결정실리카, 은(Ag), 유기과산화물, 경화제 등

개인보호구 착용



호흡보호구



보안경



보호장갑

[경화(cure)작업]

- 경화과정에서 접착제에 함유되어 있던 유기화합물이 휘발될 수 있으며, 특히 경화작업 후 충분한 배기시간을 주지 않을 경우 오븐의 문을 여는 과정에서 유기화합물에 노출될 수 있음
- 충분히 냉각하지 않을 경우에는 고온접촉으로 화상을 입을 수 있음

3.4. 몰드공정(mold) ㄱ

가. 공정개요

반도체 칩을 외부환경으로부터 보호하기 위하여 에폭시몰딩컴파운드(epoxy molding compound, EMC)로 감싸주는 공정

※ 몰드공정에서는 에폭시몰딩컴파운드(EMC)를 180℃ 정도로 가온하여 녹여준 후 회로기판 상의 반도체 칩에 골고루 도포함

몰드장비의 세정(금형세정)을 위해서 펠라민 수지 등이 함유된 화합물 등이 사용되는데 금형세정작업도 몰드작업과 유사한 조건에서 이루어짐

에폭시몰딩컴파운드(EMC)를 안정된 경화물로 만들기 위하여 일정시간 동안 고온에서 경화시키는 것을 몰드 후 경화(post mold cure)라 하며 경화 온도는 보통 175℃이고 시간은 보통의 경우는 1시간에서 5시간 정도임

3.4. 몰드공정(mold) ▮

가. 공정개요



EMC 투입 모습



몰드 후 경화(post mold cure oven)

유해위험 Tip

- 에폭시몰딩컴파운드(EMC)를 180℃ 정도로 가열하여 칩에 코팅하는 과정에서 EMC 구성성분(카본블랙 등)과 부산물(휘발성 유기화합물)에 노출 가능하므로 국소배기장치가 정상적으로 가동되는 상태에서 작업해야 함
- 경화(cure)과정에서 휘발성 유기화합물에 노출 가능하므로 국소배기장치가 정상적으로 가동되는 상태에서 작업해야 함

3.4. 몰드공정(mold) ㄱ

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

[몰드작업]

- 에폭시몰딩컴파운드(EMC)를 반도체 칩에 코팅하는 과정에서 에폭시몰딩컴파운드(EMC)의 구성성분인 카본블랙, 실리카, 삼산화안티몬 등이 발생될 수 있음
- 에폭시몰딩컴파운드(EMC)를 180℃ 정도로 가열하여 칩에 코팅하는 과정에서 에폭시수지나 페놀수지의 열분해 산물인 벤젠, 포름알데히드 등이 발생될 수 있음

[경화(cure)작업]

- 경화과정에서 휘발성 유기화합물이 발생될 수 있으며, 특히 경화작업 후 오븐의 문을 열 때 이러한 휘발성 유기화합물에 노출될 수 있음
- 충분히 식히지 않을 경우 고온접촉으로 화상을 입을 수 있음

[금형세정작업]

- 금형세정 과정에서 세정제의 구성성분인 실리카, 에탄올아민 등에 노출될 수 있음
- 금형세정제를 180℃ 정도로 가열하여 금형(몰드장비)을 세정하는 과정에서 열분해 산물인 포름알데히드 등 휘발성 유기화합물이 발생될 수 있음

3.4. 몰드공정(mold) ▮

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

사용물질

- 에폭시몰딩컴파운드(EMC) : 에폭시수지, 페놀수지, 카본블랙, 실리카(보통은 비결정형), 삼산화안티몬 등
- 금형세정제 : 멜라민수지, 합성고무, 실리카(보통은 비결정형), 에탄올아민, 셀룰로우스, 왁스, 유기과산화물 등

부산물

- 에폭시몰딩컴파운드(EMC) 및 금형세정제의 열분해로 미량의 부산물(벤젠, 포름알데히드 등)이 발생 가능

※ 에폭시몰딩컴파운드(EMC) 및 금형세정제를 공정온도(180℃) 조건에서 가열 실험한 결과 위와 같은 열분해 산물이 발생하는 것으로 조사됨

→ 개인보호구 착용



3.5. 인쇄공정(marking) ㄱ

가. 공정개요

[레이저나 잉크를 이용하여 반도체 칩에 제품별 고유번호나 회사로고 등을 인쇄하는 공정]

※ 대부분 레이저를 이용하여 인쇄작업을 하고 있으며 일부 잉크를 이용한 인쇄작업을 하기도 함



레이저 마킹 설비



레이저 마킹 설비

유해위험 Tip

- 레이저 마킹 과정에서 설비 내에는 레이저 및 휘발성 유기화합물 등이 발생하고 있으므로 장비가 가동되는 동안은 장비 문을 열지 말아야 하며, 국소배기장치가 정상적으로 가동되는 상태에서 작업해야 함
- 잉크 마킹작업의 경우에는 유기용제에 노출될 수 있으므로 국소배기장치가 정상적으로 가동되는 상태에서 작업해야 함

3.5. 인쇄공정(marking) ㄱ

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

[레이저 마킹]

- 레이저를 이용하여 반도체 칩에 마킹을 하는 경우에는 코팅된 EMC 수지에 에너지가 가해짐으로써 휘발성 유기화합물이 발생될 수 있으며, 기타 에폭시몰딩컴파운드(EMC)의 구성성분(카본블랙, 삼산화안티몬 등)도 발생될 수 있음
- 레이저 마킹작업 시 파장범위 180 nm~1.0 mm 인 레이저가 발생됨

부산물

- 에폭시몰딩컴파운드(EMC) 분진과 휘발성 유기화합물이 부산물로 미량 발생 가능

→ 개인보호구 착용



3.5. 인쇄공정(marking) 1

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

[잉크 마킹]

- 잉크 마킹 과정에서 잉크 성분 및 신너에 포함된 유기용제에 노출될 수 있음

사용물질

- 잉크에 함유된 유기용제 및 희석제
 - + 솔벤트나프타, 크실렌, 사이클로헥사논, 아세톤, 초산에틸, 톨루엔 등

개인보호구 착용



3.6. 도금공정(plating) ㄱ

가. 공정개요

리드프레임(lead frame)의 부식을 막고 특성을 양호하게 하기 위하여 주석 등으로 도금하는 공정(일부 제조사는 해당 공정이 없을 수 있음)

유해위험 Tip

- 도금 작업 시 증발 또는 비산된 도금용액에 노출될 수 있으므로 국소배기장치가 정상적으로 가동되는 상태에서 개인보호구를 착용하고 작업해야 함
- 용액 보충, 배관 점검 시 도금용액에 노출될 수 있으므로 개인보호구를 착용하고 작업해야 함

3.6. 도금공정(plating) ─

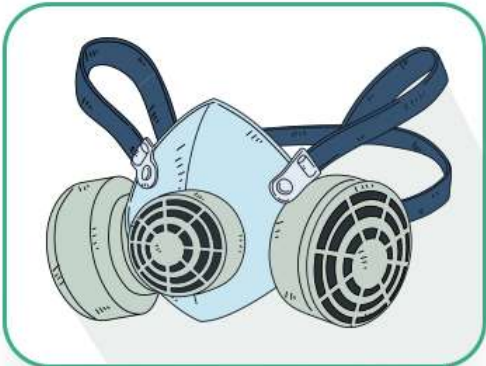
나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

- 도금조에 리드프레임을 투입하거나 회수하는 과정, 도금액을 보충하는 과정 등에서 산·알칼리 등에 노출될 수 있음
- 설비 및 배관을 점검하거나 폐액 회수 등의 과정에서 산·알칼리 등에 노출될 수 있음

사용물질

- 수산화칼륨, 메탄술폰산, 메틸알콜, 과산화수소, 황산, 질산, 주석메탄설포네이트 등

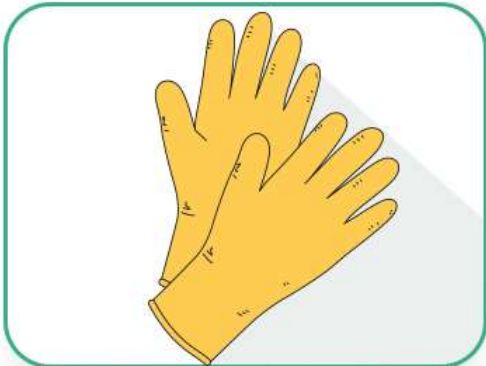
개인보호구 착용



호흡보호구



보안경



보호장갑



보호앞치마

3.7. 솔더볼 부착공정(solder ball mount) 1

가. 공정개요

반도체 칩이 장착될 회로기판에 플럭스(flux)를 도포하고, 솔더볼(solder ball)을 붙여주는 공정으로 solder ball mount(SBM) 또는 solder ball attach(SBA)라고 함

솔더볼이 부착된 회로기판은 SBM(또는 SBA) 장비와 연결되어 있는 오븐으로 투입되며 여기에서 솔더볼은 경화과정을 거치게 되는데 최고 280°C까지 온도가 설정됨



SBM 장비

3.7. 솔더볼 부착공정(solder ball mount) 1

가. 공정개요

유해위험 Tip

- 경화(cure) 시 플렉스로부터 발생하는 휘발성 물질에 노출될 수 있으므로 배기장치의 정상작동 여부를 확인하고 작업해야 함

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

- 솔더볼 접착과정에서 주석, 구리, 플렉스 성분 등에 노출될 수 있음
- 솔더볼 접착 후 280℃ 정도까지 가열하여 경화(cure)하는 과정에서 플렉스 성분으로부터 휘발성 물질이 발생할 수 있음

사용물질

- 솔더볼(solder ball) : 주석, 은, 구리
- 플렉스(flux) : 계면활성제, 글리세롤, 폴리에틸렌글리콜, 에틸렌옥사이드중합체 등

3.8. 열적테스트공정(test during burn-in, TDBI) ▮

가. 공정개요

**반도체 칩에 열을 가해 테스트(최고 온도, 125°C) 하면서 불량률 제거하는 공정으로
Monitoring burn-in test (MBT) 공정이라고도 함**



TDBI(MBT) 장비

3.8. 열적테스트공정(test during burn-in, TDBI) ▢

가. 공정개요

유해위험 Tip

- 테스트 과정에서 부산물로 휘발성 유기화합물이 발생할 수 있으므로 배기장치의 정상작동 여부를 확인하고, 챔버 내에서 충분히 냉각과 배기를 한 후 제품을 꺼내도록 해야 함

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

- 반도체 칩에 열을 가하여 테스트하는 과정에서 부산물로 휘발성 유기화합물이 발생할 수 있음

부산물

- 최고 125°C 정도에서 이루어지는 테스트 과정에서 반도체 칩의 수지성분 등으로부터 미량의 부산물 (톨루엔, n-헥산 등 휘발성 유기화합물)이 발생 가능

3.9. X-선 검사공정(X-ray test) ㄱ

가. 공정개요

[X-선 형광분석기를 이용하여 제품의 불량을 확인하는 공정]



X-선 검사장비

유해위험 Tip

- 인터록을 임의 해제하고 작업할 경우 전리방사선에 노출될 수 있으므로 반드시 안전작업 절차를 준수해야 함

나. 유해요인 노출특성 및 개인보호구

- 인터록 임의해제 상태에서 X-선 장비 내부로 신체가 들어갈 경우 전리방사선에 노출될 수 있음

유해요인

- 전리방사선(X-선 및 감마선)

III. 건강관리



1. 주요 건강영향과 증상

- 반도체 제조 사업장에서는 다양한 화학물질이 사용되고 있으며 이러한 화학물질에 의해 다양한 건강영향이 나타날 수 있으므로 이상증상이 나타날 경우 의사나 보건관리자와 상담을 해야 함

신경계

대부분의 유기용제는 신경계에 영향을 미치며 급성 또는 만성적 영향으로 아래와 같은 증상이 나타날 수 있음

- 급성영향 : 두통, 구역질, 현기증, 졸림 등
- 만성영향 : 기억력 감퇴, 감각 및 운동신경의 반응성 감소 등

※ 일부 공정에서는 공정조건(열)에 의해 원재료로부터 미량의 부산물이 발생하여 위와 같은 증상이 나타날 수 있음

1. 주요 건강영향과 증상 ▮

피부

[자극성 및 알레르기성 피부염]

- 산·알칼리는 피부 및 점막에 자극성을 나타내며, 일부 유기용제 및 수지류의 경우 알레르기원으로 작용하여 아래와 같은 증상이 나타날 수 있음

- ⊕ 눈물, 따가움, 충혈
- ⊕ 가려움, 부어오름, 발적

※ 또한 작업용 장갑 착용 및 그로 인해 장시간 땀에 젖어 피부염이 생기거나 악화될 수 있으며, 그 밖에 클린룸 온·습도 유지 시스템의 영향으로 눈 및 점막, 피부 건조감을 느낄 수 있음

- 접촉성피부염이 발생한 경우 다른 물질로 대체하거나 작업 전환 등을 검토할 필요성이 있음

※ 보건관리자는 접촉피부염이 있는 근로자에 대하여 작업관련성 여부를 확인하고 직업성 접촉피부염이 의심되면 전문의에게 의뢰하여 자문을 받아야 함

1. 주요 건강영향과 증상

피부

[화상]

- 산·알칼리류에 접촉할 경우 눈 또는 피부 등에 화상을 입을 수 있음
- 수산화테트라메틸암모늄(TMAH)에 노출 시 신속히 다량의 물로 세척하고 의사의 진료를 받아야 함
 - ※ 대만의 전자회사에서 배관 점검을 하던 근로자가 누출된 수산화테트라메틸암모늄(TMAH)에 팔, 다리 등이 노출되어 피부화상, 급성 호흡곤란 등으로 사망한 사례가 있음
- 불산에 의한 화상의 경우에는 전신독성으로 전해질 불균형을 일으킬 수 있으므로 반드시 병원에서 혈중 전해질 검사가 필요함
 - ※ 노출 후 증상이 천천히 나타날 수 있으므로 노출 즉시 증상이 없어도 보건관리자 및 응급대응 요원의 안내에 따라 병원을 방문해서 치료를 받도록 해야 함 (필요시 칼슘글루코네이트 치료 연고 도포)

1. 주요 건강영향과 증상

혈액

[아르신에 중독되었을 경우에는 특징적인 임상소견으로 용혈성빈혈이 나타날 수 있음]

※ 용혈성빈혈 : 혈액 내에서 적혈구가 과도하게 파괴되어 생기는 빈혈로서 주요 증상으로는 피로감, 어지러움, 창백해짐 등의 빈혈 증상과 황달 등이 있음

[전리방사선에 장기간 노출 시 골수기능 저하, 백혈병 등이 나타날 수 있음]

호흡기계

[웨이퍼 가공 공정에서 사용되는 산·알칼리류나 칩 조립공정에서 사용되는 수지류, 플렉스 등은 호흡기 점막을 자극하며 아래와 같은 증상이 나타날 수 있음]

⊕ 기침, 천명음(쌉쌉거리는 숨소리), 흉통

■ 자극성이 심한 물질에 고농도 노출 시에는 호흡기 점막의 손상으로 폐부종을 일으킬 수 있음

[발작적인 기침이 자주 나타나는 경우 천식을 의심해 볼 필요가 있음]

■ 호흡기내과의 진료와 필요한 검사(폐기능검사, 기관지유발시험, 피부단자시험 등)를 통해 천식인지 여부와 작업과의 관련성을 평가한 후 직업성천식으로 확진되면 작업 전환이 필요함

1. 주요 건강영향과 증상

소화기계

[아르신, 포스핀 등의 흡입에 의한 급성영향으로 아래와 같은 증상이 나타날 수 있음]

- ⊕ 최초 증상으로 구역·구토, 복통, 설사 등의 소화기계 증상
- ⊕ 황달, 갈색뇨, 간비대

신장 및 비뇨기계

[아르신의 급성 및 만성 중독 시에 신부전이 발생할 수 있음]

- 아르신 흡입 시 즉시 근로자를 병원으로 옮겨 산소투여 및 수액치료가 필요하며, 용혈성빈혈과 급성신부전의 발생 정도에 따라 투석이 필요할 수 있음

※ 휴식시간이 충분치 않을 경우 클린룸 입장 시의 복장을 갖추는 데에 시간이 많이 걸리므로 화장실 출입을 꺼리는 경우가 많고 같은 이유로 근로자 스스로 수분 섭취도 줄임으로 인해 방광염 등 요로감염 문제가 발생 또는 악화되기도 함

1. 주요 건강영향과 증상

생식기

과거 반도체 제조 사업장의 포토공정에서 사용되었던 에틸렌글리콜모노에틸에테르(EGEE)에 의한 불임, 자연유산 등의 문제가 나타남에 따라 현재 프로필렌글리콜모노메틸에테르(PGME)로 대체하여 사용하고 있음

- 그러나 β -프로필렌글리콜모노메틸에테르(β -PGME)도 잠재적 생식독성 물질로 분류하고 있어 생리중단이나 생리불순 등 생식기계 문제의 발생 가능성에 유의할 필요가 있음
- 생식기계 문제의 특성상 근로자들이 스스로 알리기를 꺼려할 수 있으므로 근로자들이 편하게 증상을 호소할 수 있는 회사 내 분위기 조성이 필요함

암

이온주입공정에서 아르신의 부산물로 비소가 발생할 수 있으며 이는 폐암, 간암, 피부암 등의 발생에 영향을 줄 수 있음

※ 그 밖에 농도수준은 낮으나 포토공정이나 몰드공정에서 부산물로 발암물질인 벤젠, 포름알데히드가 발생할 수 있음

1. 주요 건강영향과 증상

근골격계

**[반도체 사업장에서 특별히 심한 중량물을 취급하는 경우는 많지 않으나
아래의 경우에 근골격계질환을 일으킬 수 있음]**

- ⊕ 오퍼레이터: 반복 작업
- ⊕ 엔지니어나 PM작업자: 부자연스러운 자세에서 보수정비 작업

[불화수소 등의 불화물에 장기간 노출 시 뼈의 약화를 가져올 수 있음]

2. MSDS 및 화학물질 경고표지

물질안전보건자료(Material Safety Data Sheet)

화학물질의 안전한 취급을 위한 물질의 특성과 유해·위험성을 사전에 이해하고 운반, 저장, 누출 및 폐기를 포함하는 모든 취급 과정에서 안전을 도모하고, 사고 시 효과적인 방재를 위해서 화학물질 각 개별로 제조자나 공급자가 만들어 제공하는 문서

MSDS 16개 항목

- | | |
|-------------------|---------------|
| 1 화학제품과 회사에 관한 정보 | 9 물리·화학적 특성 |
| 2 유해성·위험성 | 10 안전성 및 반응성 |
| 3 구성성분의 명칭 및 함유량 | 11 독성에 관한 정보 |
| 4 응급조치 요령 | 12 환경에 미치는 영향 |
| 5 폭발·화재 시 대처방법 | 13 폐기 시 주의사항 |
| 6 누출 사고 시 대처방법 | 14 운송에 필요한 정보 |
| 7 취급 및 저장방법 | 15 법적 규제현황 |
| 8 노출방지 및 개인보호구 | 16 그 밖의 참고사항 |

2. MSDS 및 화학물질 경고표지

물질안전보건자료(Material Safety Data Sheet)



고용노동부

물질안전보건자료

(Material Safety Data Sheet)

산업재해예방

안전보건공단



물질명	CAS No.	KE No.	UN No.	EU NO.
황산	7664-93-9	KE-32670	1830	231-039-5

1. 화학제품과 회사에 관한 정보

가. 제품명

황산

나. 제품의 권고 용도와 사용상의 제한

제품의 권고 용도

자료없음

제품의 사용상의 제한

자료없음

다. 공급자 정보(수입품의 경우 긴급 연락 가능한 국내 공급자 정보 기재)

회사명

자료없음

주소

자료없음

긴급전화번호

자료없음

2. 유해성-위험성

가. 유해성-위험성 분류

금속부식성 물질 : 구분1

급성 독성(흡입: 분진/미스트) : 구분2

피부 부식성/피부 자극성 : 구분1(1A/1B/1C)

심한 눈 손상성/눈 자극성 : 구분1

발암성 : 구분1A

특정표적장기 독성(1회 노출) : 구분1

만성 수생환경 유해성 : 구분3

나. 예방조치문구를 포함한 경고표지 항목

그림문자



신호어

위험

유해-위험문구

H290 금속을 부식시킬 수 있음

H314 피부에 심한 화상과 눈에 손상을 일으킴

H318 눈에 심한 손상을 일으킴

H330 흡입하면 치명적임

H350 암을 일으킬 수 있음(암을 일으키는 노출 경로를 기재한다. 단, 다른 노출 경로에 의해 암을 일으키지 않는다는 결정적인 증거가 있는 경우에 한한다.)

H370 장기(영향을 받는 것으로 알려진 모든 장기를 명시한다.)에 손상을 일으킴(특정표적장기독성(1회노출)을 일으키는 노출 경로를 기재. 단, 다른 노출 경로에 의해 특정표적장기독성(1회노출)을 일으키지 않는다는 결정적인 증거가 있는 경우에 한한다.)

H412 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 유해함

예방조치문구

예방

P201 사용 전 취급 설명서를 확보하십시오.

P202 모든 안전 예방조치 문구를 읽고 이해하기 전에는 취급하지 마시오.

P234 원래의 용기에만 보관하십시오.

P260 분진/흙/가스/미스트/증기/스프레이물(을)흡입하지 마시오.

P264 취급 후에는--물(을)잘 씻어 씻으시오.

P270 이 제품을 사용할 때에는 먹거나,마시거나 흡연하지 마시오.

P271 옥외 또는 환기가 잘 되는 곳에서만 취급하십시오.

P273 환경으로 배출하지 마시오.

2. MSDS 및 화학물질 경고표지

물질안전보건자료(Material Safety Data Sheet)

[MSDS로 알 수 있는 정보]

- 화학물질에 대한 일반정보와 물리·화학적 성질, 독성정보 등을 알고 싶을 때
: 2번항목(유해성·위험성), 3번항목(구성성분의 명칭 및 함유량), 9번항목(물리·화학적 특성), 10번항목(안전성 및 반응성), 11번항목(독성에 관한 정보)를 활용
- 사업장 내 화학물질을 처음 취급·사용 하거나 폐기 또는 타 저장소 등으로 이동시킬 때
: 7번항목(취급 및 저장방법), 8번항목(노출방지 및 개인보호구), 13번항목(폐기 시 주의사항), 14번항목(운송에 필요한 정보)를 활용
- 화학물질이 외부로 누출되고 근로자에게 노출된 경우
: 2번항목(유해성·위험성), 4번항목(응급조치 요령), 6번항목(누출 사고 시 대처방법), 12번항목(환경에 미치는 영향)을 활용
- 화학물질로 인하여 폭발·화재 사고가 발생한 경우
: 2번항목(유해성·위험성), 4번항목(응급조치 요령), 5번항목(폭발·화재 시 대처방법), 10번항목(안전성 및 반응성)을 활용
- 화학물질 규제현황 및 제조·공급자에게 MSDS에 대한 문의사항이 있을 경우
: 1번항목(화학제품과 회사에 관한 정보), 15번항목(법적 규제현황), 16번항목(그 밖의 참고사항)을 활용

2. MSDS 및 화학물질 경고표지

화학물질 경고표지

[화학물질 경고표지의 구성]

2 그림문자



5 예방조치 문구

6 공급자 정보 : 상호, 주소, 전화번호

1 명 칭

3 신호어 : 위험 또는 경고

4 유해·위험 문구

1 명칭 : 해당 대상화학물질의 명칭

2 그림문자 : 화학물질의 분류에 따라
유해·위험의 내용을 나타내는 그림

3 신호어 : 유해·위험의 심각성 정도에 따라
표시하는 “위험” 또는 “경고” 문구

4 유해·위험 문구 : 화학물질의 분류에 따라 유해·위험을
알리는 문구

5 예방조치 문구 : 화학물질에 노출되거나 부적절한 저장·취급 등으로
발생하는 유해·위험을 방지하기 위하여 알리는
주요 유의사항

6 공급자 정보 : 대상화학물질의 제조자 또는 공급자의 이름 및 전화번호 등

2. MSDS 및 화학물질 경고표지

화학물질 경고표지

[화학물질 경고표지의 구성]

불꽃(Flame)  인화성, 물반응성 자기반응성(일부) 자연발화성 자기발열성 유기과산화물(일부)	원위의 불꽃  산화성	폭탄의 폭발  폭발성 자기반응성 유기과산화물
부식성  금속부식성 피부부식성 심한눈손상성	가스실린더  고압가스	해골과 X형  급성독성
감탄부호  급성독성(일부) 피부자극성 눈자극성 피부과민성 호흡기 자극 오존층 유해성	환경  수생환경 유해성	건강유해성  호흡기과민성 발암성, 생식독성 생식세포변이원성 특정표적 장기독성

2. MSDS 및 화학물질 경고표지

화학물질 경고표지

[화학물질 경고표지의 구성]

물질명	에탄올
그림문자	  
신호어	위험
유해·위험문구	■ 고인화성 액체 및 증기 ■ 눈에 심한 자극을 일으킴 ■ 졸음 또는 현기증을 일으킬 수 있음 ■ 암을 일으킬 수 있음 ■ 장기간 또는 반복노출되면 장기에 손상을 일으킬 수 있음
비상조치	■ 피부(또는 머리카락)에 묻으면 : 오염된 모든 의류를 즉시 벗고 피부를 물로 씻으시오(또는 샤워하시오) ■ 흡입하면 : 신선한 공기가 있는 곳으로 옮기고 호흡하기 쉬운 자세로 안정을 취하시오 ■ 눈에 묻으면 : 몇 분간 물로 조심해서 씻으시오
공급자 정보	○○ 주식회사, ○○시 ○○구 ○○동, 123-456-7890

3. 호흡보호구 착용 방법

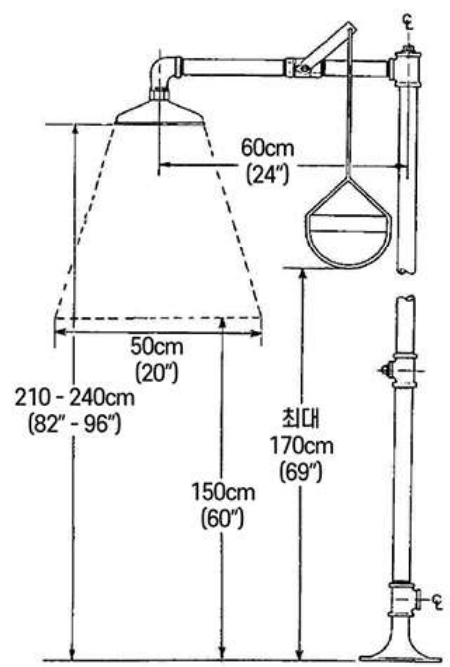
[반도체 공정별로 호흡보호구를 착용해야 할 경우 아래의 방법으로 착용해야 함]

착용 순서	그림	방법	착용 순서	그림	방법
1		마스크를 얼굴 위에 대고 머리끈을 머리 위로 넘긴 뒤 목 뒤에서 목 끈의 고리를 끼운다.	3		손바닥으로 배기밸브를 막은 후 부드럽게 숨을 내쉰다. 면체가 부풀어오르고 얼굴과 면체 사이로 공기가 새는 것이 느껴지지 않도록 양압 밀착검사를 실시한다.
2		목 끈을 당겨서 얼굴에 밀착되게 조절한다.	4		손바닥으로 정화통을 막은 후 숨을 들이쉰다. 면체가 얼굴 쪽으로 오그라들고 면체가 얼굴 사이로 공기가 새는 것이 느껴지지 않도록 음압 밀착검사를 실시한다.

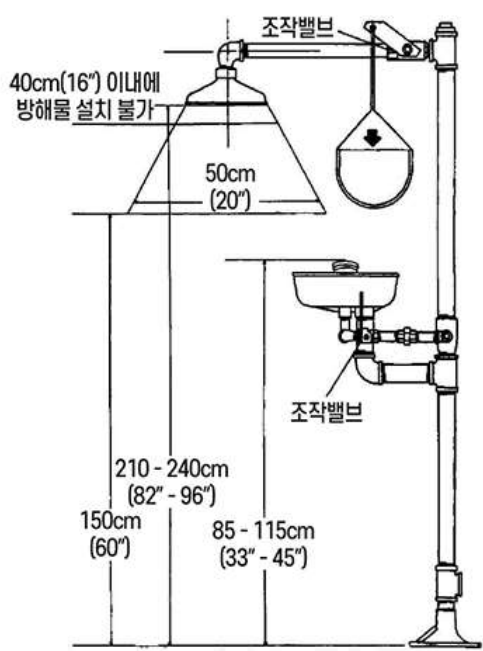
4. 비상세척설비

화학물질 취급시에는 사전에 가까운 비상세척설비의 위치를 확인하고, 사용방법을 숙지한 후 화학물질에 노출될 경우 즉시 비상세척설비를 사용하여야 함

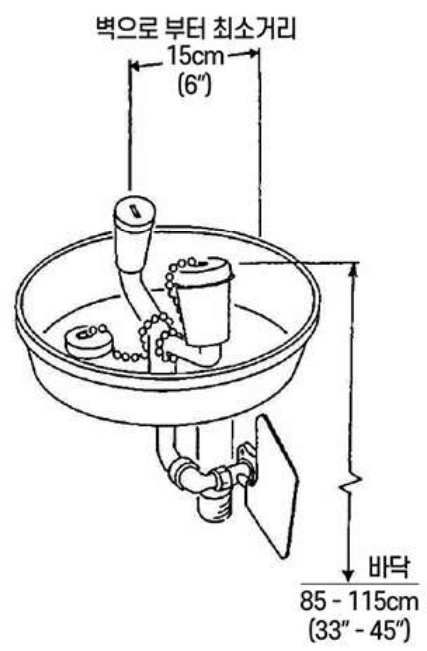
비상세척설비의 종류



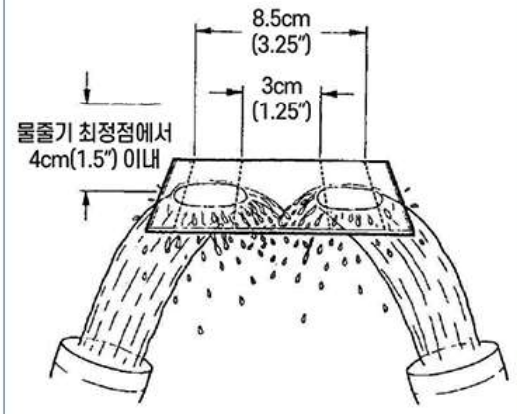
긴급샤워기
(Emergency shower)



긴급샤워기(Emergency shower)/
세안설비 (Eye shower)



세안설비
(Eye shower)



세안설비 시험게이지
(Eye shower test gauge)

반도체 사업장
현장실습생 여러분의
건강과 안전을 기원합니다.

