

대분류/19  
전기·전자

중분류/03  
전자기기개발

소분류/06  
반도체개발

세분류/02  
반도체제조

능력단위/01

NCS학습모듈

# Photo 장비 운영

LM1903060201\_14v3



교육부

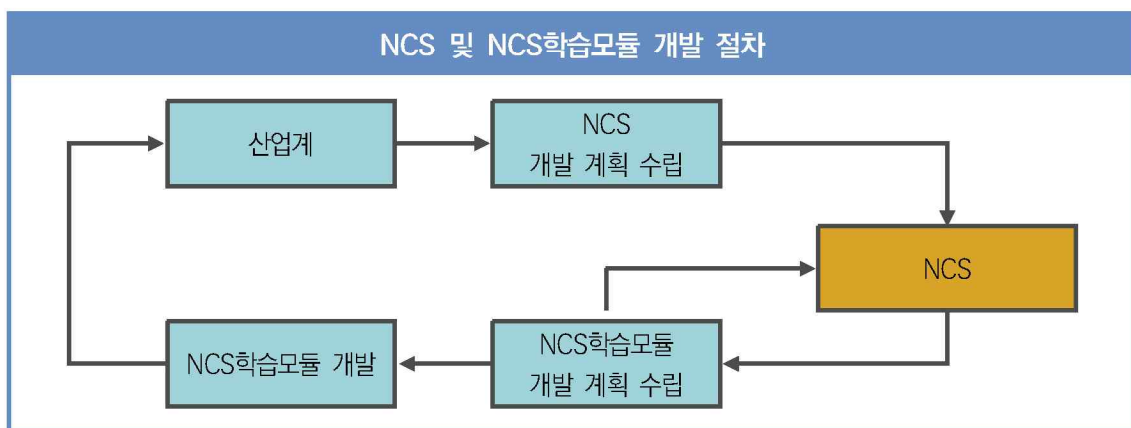
NCS 학습모듈은 교육훈련기관에서 출처를 명시하고 교육적 목적으로 활용할 수 있습니다. 다만 NCS 학습모듈에는 국가(교육부)가 저작권 일체를 보유하지 않은 저작물들(출처가 표기되어 있는 도표, 사진, 삽화, 도면 등)이 포함되어 있으므로 이러한 저작물들의 변형, 복제, 공연, 배포, 공중 송신 등과 이러한 저작물들을 활용한 2차 저작물의 생성을 위해서는 반드시 원작자의 동의를 받아야 합니다.

## NCS학습모듈의 이해

※ 본 NCS학습모듈은 「NCS 국가직무능력표준」사이트(<http://www.ncs.go.kr>) 에서 확인 및 다운로드할 수 있습니다.

### I NCS학습모듈이란?

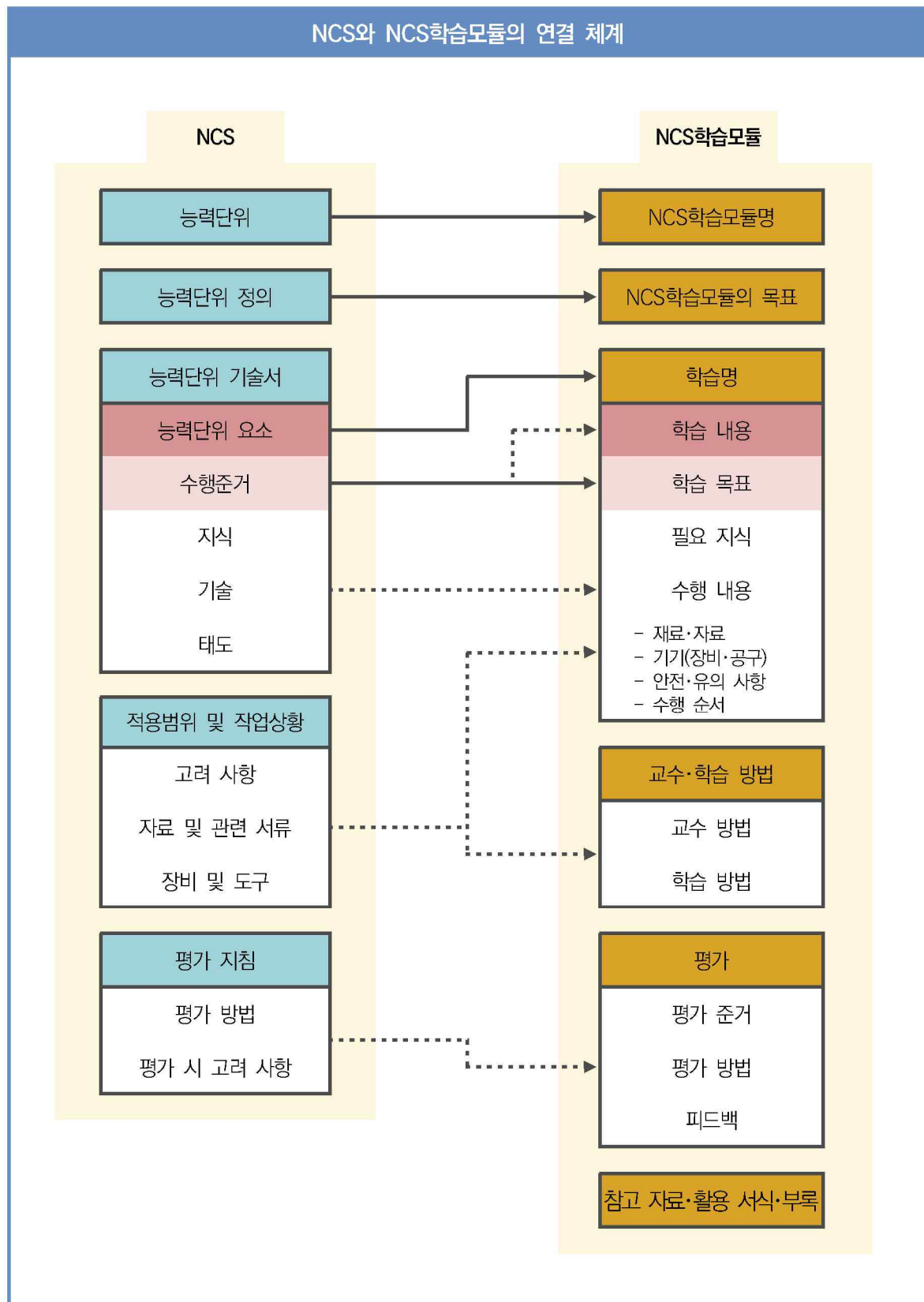
- 국가직무능력표준(NCS: National Competency Standards)이란 산업현장에서 직무를 수행하기 위해 요구되는 지식·기술·소양 등의 내용을 국가가 산업부문별·수준별로 체계화한 것으로 산업현장의 직무를 성공적으로 수행하기 위해 필요한 능력(지식, 기술, 태도)을 국가적 차원에서 표준화한 것을 의미합니다.
- 국가직무능력표준(이하 NCS)이 현장의 ‘직무 요구서’라고 한다면, **NCS학습모듈은 NCS의 능력단위를 교육훈련에서 학습할 수 있도록 구성한 ‘교수·학습 자료’입니다.** NCS학습모듈은 구체적 직무를 학습할 수 있도록 이론 및 실습과 관련된 내용을 상세하게 제시하고 있습니다.



#### ○ NCS학습모듈은 다음과 같은 특징을 가지고 있습니다.

- 첫째, NCS학습모듈은 산업계에서 요구하는 직무능력을 교육훈련 현장에 활용할 수 있도록 성취목표와 학습의 방향을 명확히 제시하는 가이드라인의 역할을 합니다.
- 둘째, NCS학습모듈은 특성화고, 마이스터고, 전문대학, 4년제 대학교의 교육기관 및 훈련기관, 직장교육기관 등에서 표준교재로 활용할 수 있으며 교육과정 개편 시에도 유용하게 참고할 수 있습니다.

○ NCS와 NCS학습모듈 간의 연결 체계를 살펴보면 아래 그림과 같습니다.



## II NCS학습모듈의 체계

○ NCS학습모듈은 1. NCS학습모듈의 위치, 2. NCS학습모듈의 개요, 3. NCS학습모듈의 내용 체계, 4. 참고 자료, 5. 활용서식/부록으로 구성되어 있습니다.

### 1. NCS학습모듈의 위치

○ NCS학습모듈의 위치는 NCS 분류 체계에서 해당 학습모듈이 어디에 위치하는지를 한 눈에 볼 수 있도록 그림으로 제시한 것입니다.

[NCS-학습모듈의 위치]		
대분류	문화·예술·디자인·방송	
중분류	문화콘텐츠	
소분류	문화콘텐츠제작	
세분류		
방송콘텐츠제작	능력단위	학습모듈명
영화콘텐츠제작	프로그램 기획	프로그램 기획
음악콘텐츠제작	아이템 선정	아이템 선정
광고콘텐츠제작	자료 조사	자료 조사
게임콘텐츠제작	프로그램 구성	프로그램 구성
애니메이션 콘텐츠제작	캐스팅	캐스팅
만화콘텐츠제작	제작계획	제작계획
캐릭터제작	방송 미술 준비	방송 미술 준비
스마트문화앱 콘텐츠제작	방송 리허설	방송 리허설
영사	야외촬영	야외촬영
	스튜디오 제작	스튜디오 제작
	...	...

#### 학습모듈은

NCS 능력단위 1개당 1개의 학습모듈 개발을 원칙으로 합니다. 그러나 필요에 따라 고용단위 및 교과단위를 고려하여 능력단위 몇 개를 묶어 1개 학습모듈로 개발할 수 있으며, NCS 능력단위 1개를 여러 개의 학습모듈로 나누어 개발할 수도 있습니다.

## 2. NCS학습모듈의 개요

○ NCS학습모듈의 개요는 학습모듈이 포함하고 있는 내용을 개략적으로 설명한 것으로

학습모듈의 목표, 선수학습, 학습모듈의 내용 체계, 핵심 용어 로 구성되어 있습니다.

학습모듈의 목표	해당 NCS 능력단위의 정의를 토대로 학습 목표를 작성한 것입니다.
선수학습	해당 학습모듈에 대한 효과적인 교수·학습을 위하여 사전에 이수해야 하는 학습모듈, 학습 내용, 관련 교과목 등을 기술한 것입니다.
학습모듈의 내용 체계	해당 NCS 능력단위요소가 학습모듈에서 구조화된 체계를 제시한 것입니다.
핵심 용어	해당 학습모듈의 학습 내용, 수행 내용, 설비·기자재 등 가운데 핵심적인 용어를 제시한 것입니다.

### 제작계획 학습모듈의 개요

#### 학습모듈의 목표

본격적인 촬영을 준비하는 단계로서, 촬영 대본을 확정하고 제작 스태프를 조직하며 촬영 장비와 촬영 소품을 준비할 수 있다.

#### 선수학습

제작 준비(LM0803020105\_13v1), 섭외 및 제작스태프 구성(LM0803020104\_13v1), 촬영 제작(LM0803020106\_13v1), 촬영 장비 준비(LM0803040204\_13v1.4), 미술 디자인 협의하기(LM0803040203\_13v1.4)

#### 학습모듈의 내용체계

학습	학습 내용	NCS 능력단위 요소	
		코드번호	요소 명칭
1. 촬영 대본 확정하기	1-1. 촬영 구성안 검토와 수정	0803020114_16.3.1	촬영 대본 확정하기
2. 제작 스태프 조직하기	2-1. 기술 스태프 조직 2-2. 미술 스태프 조직 2-3. 전문 스태프 조직	0803020114_16.3.2	제작 스태프 조직하기
3. 촬영 장비 계획하기	3-1. 촬영 장비 점검 과 준비	0803020114_16.3.3	촬영 장비 계획하기
4. 촬영 소품 계획하기	4-1. 촬영 소품 목록 작성 4-2. 촬영 소품 제작 의뢰	0803020114_16.3.4	촬영 소품 계획하기

#### 핵심 용어

촬영 구성안, 제작 스태프, 촬영 장비, 촬영 소품

#### 학습모듈의 목표는

학습자가 해당 학습모듈을 통해 성취해야 할 목표를 제시한 것으로, 교수자는 학습자가 학습모듈의 전체적인 내용흐름을 파악하도록 지도할 수 있습니다.

#### 선수학습은

교수자 또는 학습자가 해당 학습모듈을 교수·학습하기 이전에 이수해야 하는 교과목 또는 학습모듈(NCS 능력단위) 등을 표기한 것입니다. 따라서 교수자는 학습자가 개별 학습, 자기 주도 학습, 방과 후 활동 등 다양한 방법을 통해 이수할 수 있도록 지도하는 것을 권장합니다.

#### 핵심 용어는

해당 학습모듈을 대표하는 주요 용어입니다. 학습자가 해당 학습모듈을 통해 학습하고 평가받게 될 주요 내용을 알 수 있습니다. 「NCS 국가직무능력표준」 사이트(www.ncs.go.kr)의 색인(찾아보기) 중 하나로 이용할 수 있습니다.

## 3. NCS학습모듈의 내용 체계

○ NCS학습모듈의 내용은 크게 **학습**, **학습 내용**, **교수·학습 방법**, **평가**로 구성되어 있습니다.

학습	해당 NCS 능력단위요소 명칭을 사용하여 제시한 것입니다. 학습은 크게 학습 내용, 교수·학습 방법, 평가로 구성되며 해당 NCS 능력단위의 능력단위 요소별 지식, 기술, 태도 등을 토대로 내용을 제시한 것입니다.
학습 내용	학습 내용은 학습 목표, 필요 지식, 수행 내용으로 구성되며, 수행 내용은 재료·자료, 기기(장비·공구), 안전·유의 사항, 수행 순서, 수행 tip으로 구성한 것입니다. 학습모듈의 학습 내용은 실제 산업현장에서 이루어지는 업무활동을 표준화된 프로세스에 기반하여 다양한 방식으로 반영한 것입니다.
교수·학습 방법	학습 목표를 성취하기 위한 교수자와 학습자 간, 학습자와 학습자 간 상호 작용이 활발하게 일어날 수 있도록 교수자의 활동 및 교수 전략, 학습자의 활동을 제시한 것입니다.
평가	평가는 해당 학습모듈의 학습 정도를 확인할 수 있는 평가 준거 및 평가 방법, 평가 결과의 피드백 방법을 제시한 것입니다.

학습 1	촬영 대본 확정하기
<b>학습 2</b>	<b>제작 스태프 조직하기</b>
학습 3	촬영 장비 계획하기
학습 4	촬영 소품 계획하기

## 2-1. 기술 스태프 조직

**학습 목표** • 프로그램 제작에 적합한 기술 스태프를 조직할 수 있다.

**필요 지식** /

**1. 기술 스태프의 구성**  
 프로그램의 장르에 따라 구성하는 기술 스태프는 많은 차이가 있다. 같은 장르의 프로그램이라도 그 형식이나 내용, 규모에 따라서 구성되는 기술 스태프의 종류와 인원 수는 천차만별이다.

**1. 스튜디오 프로그램**  
 토크쇼, 종합 구성, 예능과 같은 스튜디오 프로그램은 부조정실과 스튜디오를 사용하여 제작하기 때문에 많은 기술 스태프가 필요하다.

**학습은**  
 해당 NCS 능력단위요소 명칭을 사용하여 제시하였습니다. 하나의 학습은 일반교과의 ' 대단원'에 해당되며, 학습모듈을 구성하는 가장 큰 단위가 됩니다. 또한 하나의 직무를 수행하기 위한 가장 기본적인 단위로 사용할 수 있습니다.

**학습 내용은**  
 NCS 능력단위요소별 수행준거를 기준으로 제시하였습니다. 일반교과의 '중단원'에 해당합니다.

**학습 목표는**  
 학습 내용을 이수할 때 학습자가 갖춰야 할 행동 수준을 의미합니다. 따라서 수업시간의 과목 목표로 활용할 수 있습니다.

**필요 지식은**  
 해당 NCS의 지식을 토대로 학습에 대한 이해와 성과를 제고하기 위해 반드시 알아야 할 주요 지식을 제시하였습니다. 필요 지식은 수행에 꼭 필요한 핵심 내용을 위주로 제시하여 교수자의 역할이 매우 중요하며, 이후 수행 순서와 연계하여 교수·학습으로 진행할 수 있습니다.



## 수행 내용 / 기술 스태프 구성표 작성하기

### 재료·자료

- 방송프로그램 제작 기획서 및 방송 대본, 콘티(continuity), 제작 일정, 운용표
- 장비 및 시설, 제작 시설 배정 의뢰서 및 배정표, 방송 기술 스태프 데이터베이스(DB) 자료

### 기기(장비·공구)

- 컴퓨터 등

### 안전·유의 사항

- 프로그램의 내용과 제작 방법을 분석하고, 각 스태프들의 역할을 신중하게 검토한다.

### 수행 순서

1. 방송 대본이나 콘티(continuity), 큐 시트를 분석하고, 프로그램의 내용적 특성, 제작 과정에 대한 자료를 수집한다.
2. 프로그램 제작 방법을 결정한다.
  1. 스튜디오 녹화를 할 것인가, 야외 촬영을 할 것인가 검토한다.

#### 수행 tip

- 스태프의 결정은 스태프 간의 호흡을 중 요시하여 선정해야 프로그램의 질을 향 상시킬 수 있다.

### 수행 내용은

해당 학습모듈에서 제시한 내용 중 기술(skill)을 습득하기 위한 실습과제로 활용 할 수 있습니다.

### 재료·자료는

수행 내용을 수행하는데 필요한 재료 및 준 비물로 실습 시 활용할 수 있습니다.

### 기기(장비·공구)는

수행 내용에 필요한 기본적인 장비 및 도구 를 제시하였습니다. 제시된 기기 외에도 수 행에 필요한 다양한 도구나 장비를 활용할 수 있습니다.

### 안전·유의사항은

수행 내용을 수행하는 데 있어 안전상 주 의해야할 점 및 유의사항을 제시하였습니 다. 실습 시 유념해야 하며, NCS의 고려 사항도 추가적으로 활용할 수 있습니다.

### 수행 순서는

실습 과제의 진행 순서로 활용할 수 있습 니다.

### 수행 tip은

수행 내용에서 실습을 용이하게 할 수 있는 아이디어를 제시하였습니다. 수행 tip은 지 도상의 안전 및 유의사항 외에 전반적으로 적용되는 주안점 및 수행 과제 목적에 대한 보충설명, 추가사항 등으로 활용할 수 있습 니다.

## 학습2 교수·학습 방법

### 교수 방법

- 방송 프로그램의 기술적 요소, 미술 구성 요소, 특수 촬영에 대해 설명한다.
- 방송 프로그램 제작에서 각 기술 스태프의 역할에 대해 설명한다.
- 방송 프로그램을 분석하고 필요한 기술 스태프를 구성할 수 있도록 지시한다.

### 학습 방법

- 방송 프로그램의 기술적 요소, 미술 구성 요소, 특수 촬영에 대해서 알아본다.
- 프로그램 제작에 필요한 기술 스태프의 역할을 이해하고, 기술 스태프 구성표를 작성한다.

### 교수·학습 방법은

학습 목표를 성취하는 데 필요한 교수 방 법과 학습 방법을 제시하였습니다.

### 교수 방법은

해당 학습 활동에 필요한 학습 내용, 학습 내용과 관련된 자료명, 자료 형태, 수행 내 용의 진행 방식 등에 대하여 제시하였습니 다. 또한 학습자의 수업참여도 제고 방법 및 수업 진행상 유의사항 등도 제시하였습 니다. 선수학습이 필요한 학습을 학습자가 숙지하였는지 교수자가 확인하는 과정으로 활용할 수도 있습니다.

### 학습 방법은

해당 학습 활동에 필요한 학습자의 자기 주도 학습 방법을 제시하였습니다. 또한 학습자가 숙달해야 할 실기 능력과 학습 과정에서 주의해야 할 사항 등도 제시하 였습니다. 학습자가 학습을 이수하기 전 반드시 숙지해야 할 기본 지식을 학습하 였는지 스스로 확인하는 과정에 활용할 수 있습니다.



## 학습2

## 평가

## 평가 준거

- 평가자는 학습자가 학습 목표를 성공적으로 달성하였는지를 평가해야 한다.
- 평가자는 다음 사항을 평가해야 한다.

학습 내용	학습 목표	성취수준	상	중	하
기술 스태프 조직	- 프로그램 제작에 적합한 기술 스태프를 조직할 수 있다.				
미술 스태프 조직	- 프로그램 제작에 적합한 미술 스태프를 조직할 수 있다.				
전문 스태프 조직	- 프로그램 특수 촬영을 위한 전문 스태프를 조직할 수 있다.				

## 평가 방법

- 사례 연구

학습 내용	평가 항목	성취수준	상	중	하
기술 스태프 조직	- 프로그램에서 기술적 요소의 파악 여부 - 기술 스태프의 역할 파악 여부 - 프로그램에 필요한 기술 스태프 구성표 작성 능력				

## 피드백

- 사례 연구
  - 프로그램을 선택하여 기술 스태프, 미술 스태프, 전문 스태프 구성표를 예시와 같이 작성하였는지 개인별 능력을 평가한 후, 그 결과를 모든 학습자에게 공유하도록 한다.

## 평가는

NCS 능력단위의 평가 방법과 평가 시 고려사항을 준용하여 작성합니다. 교수자와 학습자가 평가 항목별 성취수준 확인 시 활용할 수 있습니다.

## 평가 준거는

학습자가 학습을 어느 정도 성취하였는지 평가하기 위한 기준을 제시하고 있습니다. 학습 목표와 연계하여 단위수업 시간에 평가 항목 별 성취수준을 평가하는 데 활용할 수 있습니다.

## 평가 방법은

NCS 능력단위의 평가 방법을 참고하였으며, 평가 준거에 따른 평가 방법을 2개 이상 제시합니다. 평가 방법의 종류는 포트폴리오, 문제해결 시나리오, 서술형 시험, 논술형 시험, 사례 연구, 평가자 체크리스트, 작업장 평가 등이 있으며, NCS 능력단위 요소 별 수행 수준을 평가하는 데 가장 적절한 방법을 선정하여 활용할 수 있습니다.

## 피드백은

평가 후에 학습자들에게 평가 결과를 피드백하여 학습 목표를 달성하는 데 활용할 수 있습니다.

## 4. 참고 자료

## 참고 자료

- 교육부(2013). 섭외 및 제작스태프 구성(LM0803020104\_13v1). 한국직업능력개발원.

## 참고 자료는

해당 학습מוד에 제시된 인용 자료의 출처를 제시하였습니다. 교수·학습의 과정에서 참고로 활용할 수 있습니다.

## 5. 활용 서식/부록

## 활용 서식

## 스튜디오 기술 스태프 구성표

직종	이름	연락처	소속	특이사항	비고
기술감독					
조명감독					

## 활용 서식은

평가 서식, 실습 시트 등 교수·학습 시 활용할 수 있는 다양한 서식들로 구성하였습니다. 수행에서 평가에 이르기까지 필요한 서식을 해당 모듈의 특성에 맞춰 개발하거나 기존의 양식을 활용하여 제시하였습니다.

## 부록

## [디지털 텔레비전 방송프로그램 음량 등에 관한 기준]

제정 2014. 11. 29. 미래창조과학부 고시 제2014-87호

## 제1장 총칙

**제1조(목적)** 이 고시는 방송법 제70조의2제1항에 따라 방송사업자가 디지털 텔레비전 방송프로그램 및 방송광고의 음량을 일정하게 유지하기 위해 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

## 부록은

활용 서식 이외에 교수·학습 과정에서 참고할 수 있는 자료가 있는 경우 제시하였습니다.

# [NCS-학습모듈의 위치]

대분류	전가전자	
중분류	전자기기개발	
소분류	반도체개발	

세분류			
반도체개발	능력단위	학습모듈명	
반도체제조	Photo 장비 운영	Photo 장비 운영	
반도체장비	Etch 장비 운영	Etch 장비 운영	
반도체재료	박막/확산 장비 운영	박막/확산 장비 운영	
	C&C 장비 운영	C&C 장비 운영	
	MI 장비 운영	MI 장비 운영	
	반도체 품질관리	반도체 품질관리	
	반도체 생산성 향상	반도체 생산성 향상	
	반도체 웨이퍼 레벨 테스트 장비 운영	반도체 웨이퍼 레벨 테스트 장비 운영	
	반도체 패키지 레벨 테스트 장비 운영	반도체 패키지 레벨 테스트 장비 운영	
	반도체 패키징 전공정 장비 운영	반도체 패키징 전공정 장비 운영	
	반도체 패키징 후공정 장비 운영	반도체 패키징 후공정 장비 운영	
	반도체 유틸리티 운영	반도체 유틸리티 운영	
	반도체 클린룸 시설 운영	반도체 클린룸 시설 운영	

---

# 차 례

---

학습모듈의 개요	1
<b>학습 1. 노광장비 set-up하기</b>	
1-1. 사전 준비	3
1-2. 노광장비 set-up	11
• 교수 · 학습 방법	17
• 평가	20
<b>학습 2. 노광장비 유지·개선하기</b>	
2-1. 노광장비 유지·개선	22
• 교수 · 학습 방법	28
• 평가	30
<b>학습 3. 트랙 장비 set-up하기</b>	
3-1. 사전 준비	32
3-2. Track 장비 set-up	40
• 교수 · 학습 방법	45
• 평가	48
<b>학습 4. 트랙 장비 유지 · 개선하기</b>	
4-1. Track 장비 유지 · 개선	50
• 교수 · 학습 방법	56
• 평가	58

참고 자료	60
-------	----

부      록	61
----------	----

# Photo 장비 운영 학습모듈의 개요

## 학습모듈의 목표

반도체 생산을 위한 제조 공정 중 사진 공정을 진행하기 위한 대표적인 노광장비인 Scanner 및 Stepper 장비와 노광을 위한 PR(Photo Resist) 도포와 노광 후 현상(Develop) 과정을 제어하기 위한 Track 장비를 set-up 및 유지·개선할 수 있다.

## 선수학습

광학, 반도체공정, 기계공학, 반도체공정, 제어공학

## 학습모듈의 내용체계

학습	학습 내용	NCS 능력단위요소	
		코드번호	요소명칭
1. 노광장비 set-up하기	1-1. 사전 준비	1903060201_14v3.1	노광장비 set-up하기
	1-2. 노광장비 set-up		
2. 노광장비 유지개선하기	2-1. 노광장비 유지관리	1903060201_14v3.2	노광장비 유지개선하기
3. 트랙장비 set-u하기	3-1. 사전 준비	1903060201_14v3.3	트랙 장비 set-up하기
	3-2. Track 장비 set-up		
4. 트랙장비 유지개선하기	4-1. Track 장비 유지개선	1903060201_14v3.4	트랙 장비 유지개선하기

## 핵심 용어

노광(exposure), CD(Critical Dimension), 포토레지스트(PR: photoresist), 현상(develop), 정렬(alignment), 포토마스크(photo-mask), 조명계(illumination system), 스테이지(stage), 광원(g-Line, i-Line, KrF, ArF, EUV), PM(Preventive Maintenance)





학습 1	노광장비 Set-up하기
학습 2	노광장비 유지·개선하기
학습 3	트랙장비 set-up하기
학습 4	트랙장비 유지·개선하기

## 1-1. 사전 준비

### 학습 목표

- 노광장비(scanner, stepper) Set-up에 필요한 유틸리티(Utility) 및 공급 조건을 파악하고 준비할 수 있다.

### 필요 지식 /

#### ① 노광공정 이해

노광공정에 대한 기초 용어를 이해하도록 하여 장비의 쓰임새를 이해한다.

##### 1. 노광(exposure)

반도체 미세회로 패턴 형성 노광공정으로부터 시작한다. 노광공정은 UV 영역 이상의 단파 또는 초단파의 빛(표 1)을 웨이퍼 상에 도포된 포토레지스트(PR)에 조사하여 원하는 회로 패턴을 얻는 작업이다. 빛에 조사된 PR은 빛을 받지 않은 부분과 현상액에 대한 용해 성질이 달라진다. 따라서 노광 후 웨이퍼를 현상액에 용해 처리하면 원하는 PR 미세회로 패턴을 얻게 된다. PR 미세회로 패턴을 이용하여 식각공정에서 하부의 웨이퍼를 패턴대로 깎아 낸다(그림 1-11). 노광공정의 가장 큰 특징 중 하나는 PR이 UV이상의 파장의 빛에 반응하므로 백색등을 노란색 램을 감아 yellow light의 bay에서 공정이 이루어진다.

노광공정은 반도체 미세화의 세대(CD)를 결정짓는 매우 중요한 공정으로 반도체가 복잡하고 미세할수록 사용하는 빛의 파장이 짧아지고 반도체가 완성되기까지 전체 노광공정 횟수는 증가한다.

##### 2. CD(Critical Dimension)

반도체 미세회로 패턴의 크기. 즉 선의 폭(선폭). 수 마이크로에서 수 나노미터까지의 크기를 가지며 전자현미경(SEM)으로 측정한다.

##### 3. 광원

노광기는 사용하는 빛의 파장에 따라 구현 가능한 회로 선폭의 미세화의 한계가 정해진다.

파장이 짧을수록 미세한 선폭을 구현할 수 있다.

〈표 1-1〉 반도체 노광기 광원의 종류

광원	파장( $\lambda$ )
g-Line	436 nm
i-Line	365 nm
KrF	248 nm
ArF	193 nm
EUV(Extreme UV: 극자외선)	13 nm

#### PR 코팅 노광 현상 식각(Etch) PR 제거



출처: 노동부, 산업인력관리공단 HRD 자료(n.d.). 반도체패턴형성공정기술.<http://www.hrd.go.kr/EL/contents/045/01/index.htm>. 2015.10.15.

[그림 1-1] 노광공정 및 식각을 통한 패턴 형성 개념도

#### 4. Lens

광원으로부터 나온 빛은 여러 개의 lens와 광학적 기구로 이루어진 조명계를 거치게 된다. 대표적인 렌즈로서 광원의 빛을 균일하게 만들어 주는 fly eye lens와 포토마스크에 노광을 하기 위해 집광을 하는 condensing lens, 마스크 통과 후 원하는 배율로 축소하는 reducing lens가 있다.

#### 5. 포토레지스트(photoresist: PR 또는 resist)

포토레지스트(PR)는 특정 파장의 빛에 의해 성질이 변하는 물질로서 특히 용해도의 변화를 이용한 물질이다. PR은 고속 회전하는 스핀코터(spin coater)로부터 웨이퍼에 뿌려져 얇게 골고루 도포(coating)되는 유기계 고분자 물질이다. 미세화 세대별로 사용하는 빛의 파장이 다르기에 따라 PR이 달라지므로 노광장비 set-up 및 운영관리 시 적합한 PR, 즉 g-Line용, KrF용, ArF용과 같이 빛의 파장에 따른 각기 다른 에너지에 반응하는 PR을 사용해야 한다. 또한 반도체 미세회로의 패턴의 종류도 선형, 면형, 구형, 밀집형 등 다양하여 패턴별로 적절한 PR을 test를 통해 찾아내어 사용해야 한다. 다시 말해 같은 ArF용 PR에서도 선형 패턴일 때와 원형 패턴일 때 특성이 다른 PR을 사용하는 경우가 대부분이다.

#### 6. Dummy Wafer

공정이나 장비의 작동, 성능, 이상 유무 등의 검사 등을 위해 사용하는 시험용 wafer를 말

한다. 또는 실제 반도체 칩을 제작하기 위한 목적이 아닌 공정 진행 또는 이송, 보관 등의 필요에 의해 해당 run에 끼워 넣은 wafer를 말하며 대부분 품질 등급이 낮은 것을 사용한다. 실제 칩 제작을 위해서는 고품질의 정품 prime wafer를 사용한다.

#### 7. 현상(develop)

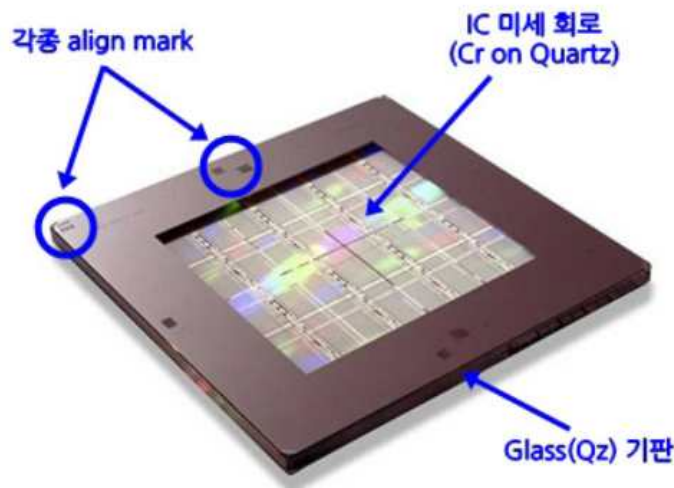
빛에 조사된 PR을 약품(현상액)에 처리하여 패턴부위가 나타나도록 용해하여 제거하는 공정이다. 트랙(track)이라고 부르는 장비에서 온도, 시간 등의 공정조건을 설정하여 진행된다.

#### 8. 정렬(alignment)

노광을 위해 레티클과 웨이퍼의 상호 위치를 측정, 연산하여 제어하고 정확하게 맞추는 작업이다.

#### 9. 레티클(reticle) 혹은 포토마스크(photo-mask)

반도체 노광공정을 진행하기 위해 각 패턴별로 투명한 유리 또는 석영판에 크롬과 같은 빛을 막는 불투명한 막을 입힌 부분과 막을 입히지 않은 투명한 부분으로 이루어진 패턴이 그려진 네모형의 장치(photo-mask)이다.



출처: 반도체 8대 공정 4탄.웨이퍼에 한 폭의 세밀화를 그려 넣는 포토공정(Photo)(12.09.26.).반도체 레티클(포토마스크).삼성반도체이야기 .<http://samsungsemiconstory.tistory.com/136>.2015.10.15.

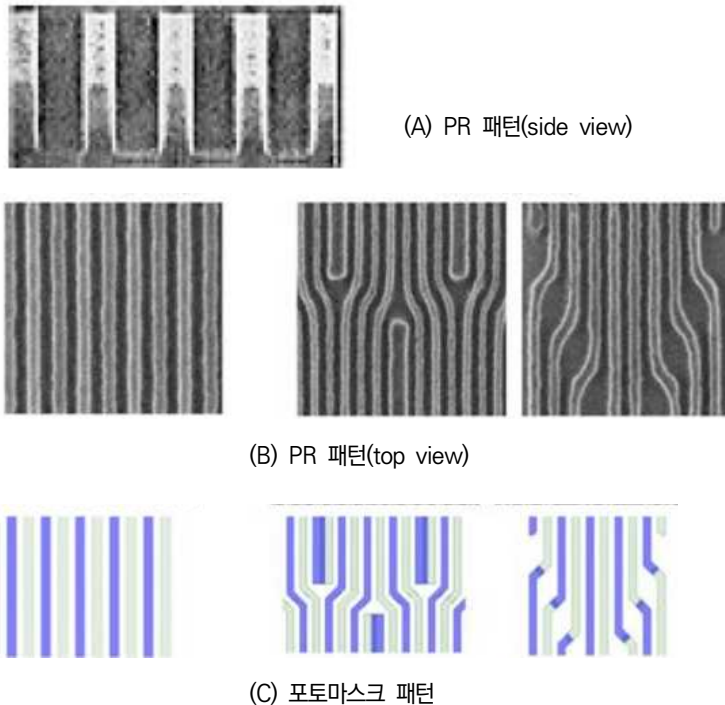
[그림 1-2] 반도체 레티클(포토마스크)

#### 10. 패턴(pattern)

반도체의 회로와 구조를 만들기 위해 여러 단계의 설계 회로도들을 여러 장의 포토마스크에 나누어 그린다. 즉, 반도체 칩은 복잡한 회로와 구조를 가지고 있어 패턴을 여러 장의 포토마스크를 이용하여 나누어 작업해야만 전체 반도체 칩을 완성할 수 있으며, 각각의 해당 회로 및 구조에 해당되는 도면을 크롬막으로 형성한다. 빛의 회절과 간섭의 원리로 인해 실제 원하는 모양과 다르게 도면이 그려질 수 있으며 때로는 투명한 석영판의 두께를 다르게 하

기도 한다. 패턴은 선형(line & space), 구형(contact hole), 독립형(isolation) 등의 모양과 조밀하게 형성된 것과 공간적 여유가 있게 형성된 것 등 여러 종류가 있으며, 종류에 따라 노광 특성이 달라 노광장치의 조건 설정을 각기 달리하여 각 패턴에 최적화된 관리 및 운용이 요구된다.

이와 같이 제작된 포토마스크의 회로도는 노광기를 통해 PR이 코팅된 웨이퍼에 전사된다. 노광 후 현상공정을 거치면 설계된 패턴의 형태대로 PR이 웨이퍼 위에 구현된다.



[그림 1-3] PR로 구현된 반도체 패턴

## ② 노광장비 유틸리티 이해

노광에 대한 유틸리티 용어를 이해하도록 하여 그 쓰임새를 학습할 수 있다.

### 1. Electric Power Supply

노광장치 시스템 구동을 하는 데 필요한 에너지를 공급하는 대표적인 유틸리티이다. 주로 220 volt 전원 (단상 또는 3상)을 사용한다.

### 2. PCW(Process Cooling Water)

노광장치의 광원, 챔버 내부 또는 진공 펌프 등에서 배출되는 열을 차단하기 위하여 사용되는 물로 장비를 항상 일정한 온도 (예: 18℃)로 유지시켜주는 역할을 한다.

### 3. DI water

노광장치의 공정용 초순수로서 최근 굴절계수를 높여 보다 고해상을 구현하기 위한 wet방

식의 노광 시 사용된다. 굴절계수 변화 방지와 패턴 이미지 결함 방지를 위해 항온 및 DI water내 공기방울 발생 방지에 유의해야 한다.

#### 4. Gas Supply System

노광장치에 가스를 공급하는 장치로서 통상 대표적인 가스로는 G(General)N<sub>2</sub>, P(Purified)N<sub>2</sub>, CDA(Clean Dry Air)가 공급된다

#### 5. 배기(exhaust) System

노광 챔버의 온도유지와 out-gasing을 제거하기 위해 가스를 외부로 배기시키고 장비와 클린룸으로의 유입을 차단하기 위한 시스템이다.

### ③ 노광장비 주요 구성 유닛(unit) 이해

노광장비에 대한 주요 구성 유닛(unit)을 이해하도록 하여 장비의 쓰임새를 이해한다.

#### 1. 조명계(illumination system)

노광장치에서 빛이 조사되는 경로상의 모든 장치 및 구조물. 광원, 렌즈, 조명변형장치 등. 의도하는 패턴이 정확히 구현되기 위해서는 균일한 조도가 레티클의 면에 구현되어야하므로 미스크에 따라 최적의 노광조건을 얻기 위한 여러 가지 조명계 구성 및 관리, 공정 파라메타 제어가 필요하다.

#### 2. 스테이지(stage)

노광장치에서 웨이퍼가 놓이는 부위 및 레티클이 장착되는 부위. 반도체 칩내의 미세패턴을 왜곡 없이 구현하고 웨이퍼 상의 수많은 반도체 칩을 신속하고 정확히 노광하기 위해 온도, 수평, 진동, 편평도, 이동 등이 매우 정밀하게 제어되어야 한다.

#### 3. 스캐너(scanner)

노광장치에서 반도체 칩 내 미세패턴의 정확한 구현을 위해 레티클의 한쪽부터 빛을 조사해 나가는 장치.

#### 4. 스테퍼(stepper)

노광장치에서 웨이퍼 상의 칩을 사진 찍는 장치. 웨이퍼 상의 특정 위치부터 레티클 단위로 사진을 한 장씩 찍고 순차적으로 다음 영역으로 이동해가면서 노광하는 방식.

초미세 회로 패턴 구현은 레티클 스캔 후 스텝(scan & step) 방식으로 노광한다.

#### 5. 정렬계(alignment system)

노광장치에서 웨이퍼와 레티클의 상호 위치, 즉 전후좌우, 상하, 회전, 기울어짐을 보정하여 정확한 패턴으로 노광될 수 있도록 하기 위한 광학적 센싱을 통한 연산 및 제어 시스템이다.

### 재료·자료

- wafer, PR, 레티클, 현상액, HMDS, wafer carrier, N<sub>2</sub> 가스, CDA, Thinner, PPCW(Process Cooling Water),
- 장비 installation manual 장비 operation manual
- 장비 maintenance manual
- 공정 조건별 매뉴얼, 사용되는 각종 재료의 spec (PR, Developer, Thinner, HMDS 등)
- 방진복, 방진화, glove, goggle, clean towel, clean paper, IPA, DI(De-Ionized) water

### 기기(장비·공구)

- 노광 장비(패턴의 미세화 정도와 종류에 따라 g-Line, i-Line, KrF, ArF, EUV Scanner 혹은 stepper)
- track, 각종공구(tool box), calibration tool(수평계, 기압계, 온도계), 진동 측정 장비

### 안전유의 사항

- 장비 set-up 작업을 진행함에 있어서 장비제조업체는 작업자에게 자체적 안전 교육을 실시해야 하고, 작업자는 교육을 요구해야 한다.
- 장비 set-up을 진행 하는데 있어서 작업자는 사전에 장비의 매뉴얼 내용과 작업 진행 내용에 대해서 충분히 숙지해야 한다.
- PR, 보조 케미칼류, 현상액, HMDS 등으로부터 유기용제 등 fume 및 가스가 발생하므로 장비의 set-up 시에는 반드시 잔류 가스가 작업 환경 내에 존재하지 않도록 사전에 장 시간 배기 시켜야 한다.
- out-gasing 및 fume에 노출되는 작업 시에는 반드시 적절한 안전 보호 장구를 갖추어 작업을 할 수 있도록 해야 하며 사전에 해당 유해물질에 대한 MSDC(Material Safety and Data Sheet)를 숙지하고 있어야 한다.
- 전기장치 접촉으로 인한 감전 사고에 유의한다. 전원 차단 스위치(EMO) 및 접지봉(ground bar) 사용 방법을 사전에 숙지하여 안전 수칙에 의거하여 적절히 사용한다.



## 수행 순서

### ① 유틸리티 연결 상태를 확인한다.

각종 유틸리티의 공급 및 사용에 문제가 없이 준비하는 과정을 이해할 수 있다.

#### 1. 전원(electric power) 연결 상태를 확인한다.

(1) 전원 결선 상태 (배전반, 장비 인입구)가 제대로 연결되어 있는지 확인한다.

(2) UPS(Uninterruptible Power Supply)가 제대로 연결되어 있는지 확인한다.

#### 2. PCW(Process Cooling Water) 연결 상태를 확인한다.

(1) PCW 배관 연결 상태가 제대로 연결되어 있는지 확인한다.

(2) process vacuum unit의 연결 상태가 제대로 연결되어 있는지 확인한다.

#### 3. Gas Supply System 연결 상태를 확인한다.

(1) 질소(GN2, PN2), CDA 가스 배관 연결 상태가 제대로 연결되어 있는지 확인한다.

(2) gas vent line 연결 상태가 제대로 연결되어 있는지 확인한다.

#### 4. 배기(exhaust) System 연결 상태를 확인한다.

(1) 배기용 배관 연결 상태가 제대로 연결되어 있는지 확인한다. (일반 배기, 열배기, 산 배기 등 구분 주의)

#### 5. 제진대의 상태를 확인한다.

(1) 장비를 설치할 제진대의 설치 상태가 제대로 되어 있는지 확인한다.

(2) 제진대의 각 구성요소의 상태를 확인한다.

### ② 주요 구성품의 상태를 확인한다.

장비의 주요 구성품의 외관 및 기본 성능에 대한 확인하는 작업을 숙지할 수 있다.

#### 1. 조명계의 상태를 확인한다.

(1) 광원, illumination optics 및 projection optics 등 구성품의 외관 상태 (파손 유무 등)를 확인한다.

(2) 광원의 on/off를 확인한다.

#### 2. Reticle System의 상태를 확인한다.

(1) Reticle Stage 구성품의 외관 상태 (파손 유무 등)를 확인한다.

(2) Reticle Handler 구성품의 외관 상태 (파손 유무 등)를 확인한다.

3. Wafer Stage 상태를 확인한다.

- (1) Wafer Expose Stage, Wafer Measure Stage 구성품의 외관 상태 (파손 유무 등)를 확인한다.
- (2) Measurement System, Wafer Handler System 구성품의 외관 상태 (파손 유무 등)를 확인한다.

4. User Interface 상태를 확인한다.

- (1) User Interface의 monitor 상태(작동, 불량 여부 등)를 확인한다.

## 1-2. 노광장비 set-up

### 학습 목표

- 노광장비 Set-up 시 조명계, 웨이퍼와 Reticle Load부 및 Stage부 등 주요 구성 부품의 동작 원리를 이해하고, 정상 동작이 되도록 조작할 수 있다.
- 제진대, 환경조건, 설비(Facility) 공급 조건, Chamber의 설정 온도 및 사양을 이해하고, 주요 부품을 구성하여, 하드웨어적으로 설치를 완료할 수 있다.
- 구현하려는 패턴에 대해 이해하고, recipe를 구성하여 공정 진행 후, 노광공정 결과에 대한 평가를 진행하고 수정/보완할 수 있다.

### 필요 지식 /

#### ① 노광장비의 종류와 구조

노광장비의 set-up을 위해 장비의 구성과 구조에 대해 숙지한다.

##### 1. 노광장비의 구성과 구조

노광장비의 유지관리를 위해 노광장비의 구성과 구조에 대해 숙지한다.

##### (1) 노광장비의 주요 구성

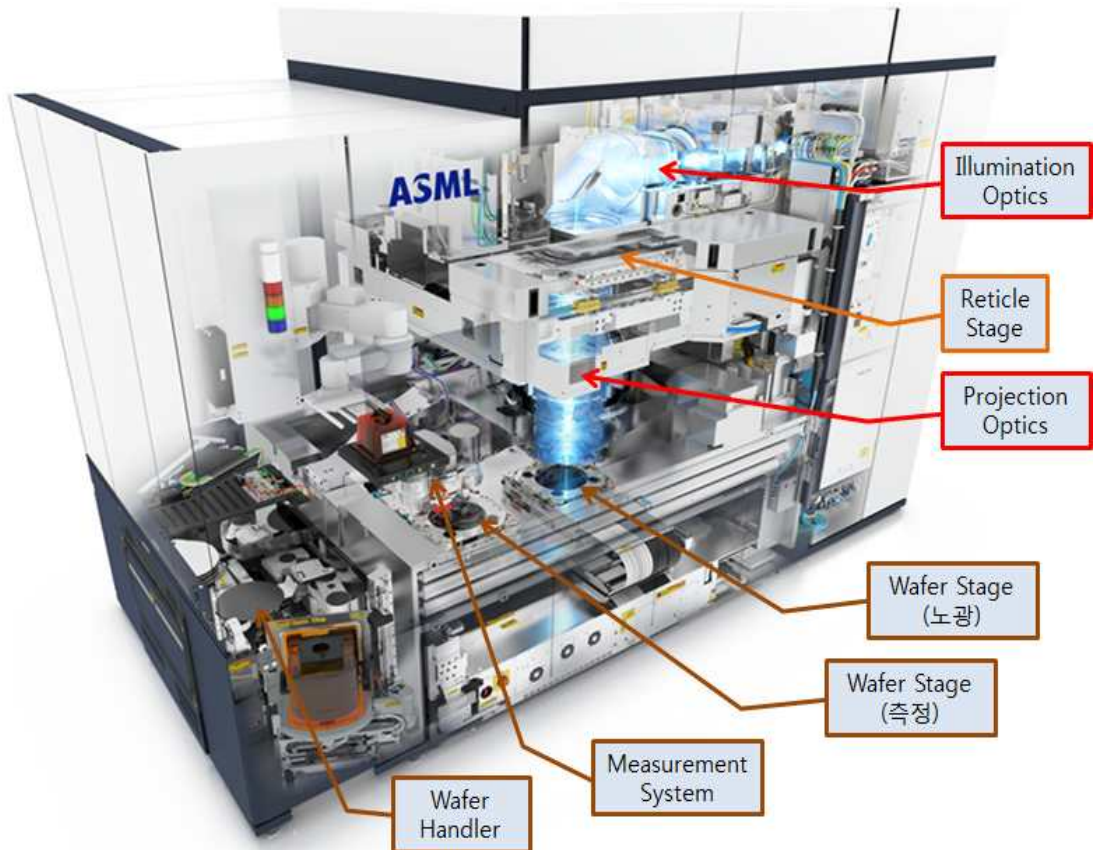
노광장비는 광원에서 발생하는 빛을 이용하여 사진을 찍는 방식으로 wafer 상에 반도체 회로 패턴을 찍는 장비이다. 따라서 노광장비는 기본적으로 광원과 렌즈, 조리개 등으로 이루어진 illumination optics와 projection optics로 이루어진 조명계가 있고 반도체 회로 패턴이 형성되어 있는 마스크를 장착하는 Reticle Handler와 Stage부, wafer를 Loading/Unloading하는 Wafer Handler와 Stage부, wafer를 정확한 위치에 정렬시키기 위한 Wafer 측정부, 운영 program 및 장비작동을 위한 User Interface가 있다.

※ [그림 1-4] 참조

##### (2) 노광장비의 주요 구조

노광장비의 핵심은 조명계이며 광원에서 발생하는 빛이 illumination optics의 다수의 렌즈를 거쳐 reticle을 통과하면 패턴을 형성할 빛이 형성된다. 이 빛은 projection optics의 여러 렌즈를 통과하여 wafer 상의 PR을 노광시킨다.

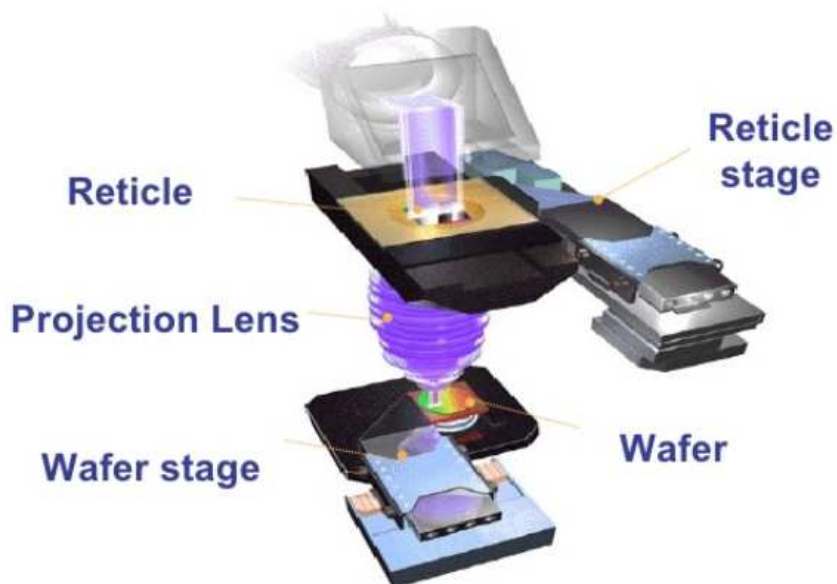
※ [그림 1-5] 참조



출처: ASML사 제공 사진(n.d.).

[https://www.asml.com/asml/show.do?lang=KR&ctx=46772&dfp\\_product\\_id=842](https://www.asml.com/asml/show.do?lang=KR&ctx=46772&dfp_product_id=842).2015.10.15.

[그림 1-4] 노광장비의 구성



출처: 반도체 8대 공정 4탄.웨이퍼에 한 폭의 세밀화를 그려 넣는 포토공정(Photo)(12.09.26.).

반도체 레티클(포토마스크).삼성반도체이야기 <http://samsungsemiconstory.tistory.com/136>.2015.10.15.

[그림 1-5] 노광기 주요부의 구조

## ② set-up 용어 이해

노광장비 set-up 시 사용되는 용어 이해를 통하여 효율적이고 정확한 set-up을 수행할 수 있다.

### 1. 제진대

노광장비는 광원을 사용하여 반도체 wafer 상에 회로사진을 찍는 작업으로 초점에 매우 민감하므로 노광장비에 진동으로 인한 흔들림이 발생하지 않도록 하는 장치이다.

### 2. Grating

클린룸의 바닥을 구성하는 판으로 상부의 청정한 공기가 아래로 흐르면서 통과할 수 있도록 구멍이 뚫려 있다.

### 3. Docking

제진대 위에 노광장비를 안치하는 작업을 말한다.

### 4. Lens Check

노광장비의 핵심인 조명계의 주요 성능과 상태 및 작동을 점검하는 일련의 작업을 말하며 아래와 같은 것들이 있다.

- (1) Auto Focus Check
- (2) Lens distortion Check
- (3) Reticle Rotation Check
- (4) Orthogonal(ORT) Check
- (5) Reticle Blind Check
- (6) Stepping Check
- (7) Lamp uniformly / Intensity Check
- (8) Pattern 및 초점심도

### 5. Recipe

공정에서 원하는 공정에 맞게 프로그램 작성하여 설비가 동작하도록 하는 일련의 프로그램을 말한다.

## 수행 내용 / 노광장비 set-up 하기

---

### 재료·자료

- wafer, N<sub>2</sub> 가스, CDA, PCW(Process Cooling Water)
- 장비 installation manual, 장비 operation manual
- 방진복, 방진화, glove, goggle, clean towel, clean paper, IPA, DI(De-Ionized) water

### 기기(장비·공구)

- 노광장비 (패턴의 미세화 정도와 종류에 따라 g-Line, i-Line, KrF, ArF, EUV용 노광기로 나뉜다.)
- Track, Tool box, 수평계, 기압계, 온도계, In-Line SEM(CD-SEM), Tool box, DVM, Oscilloscope

### 안전·유의 사항

- 장비 Set-up 시 반드시 복수의 인원이 참여하여야 한다.
- Fume에 노출되는 작업 시에는 반드시 적절한 안전 보호 장구를 갖추어 작업을 해야 하며 사전 해당 유해물질에 대한 MSDC(Material Safety and Data Sheet)를 숙지하여 화학적으로 위험한 부분으로부터 신체를 보호할 수 있도록 한다.
- 램프 등이 파손되었을 경우에 가스 흡입을 하지 않도록 주의하고, 파손된 램프의 처리에 주의를 기울여야 한다.
- UV에 의한 눈과 피부 손상, 기계적 및 화학적으로 위험한 부분으로부터 신체를 보호할 수 있도록 한다.
- 장비 set-up 시 장비 내부에 있는 wafer 혹은 기타 부수 공정에 사용되는 물건이 장착되어 있는지 반드시 확인해야 한다.

### 수행 순서

#### ① 노광장비 하드웨어 set-up 작업을 수행한다.

1. 장소, 일정, 준비사항, 실행항목 등을 포함한 set-up 계획서를 작성한다.
2. 장비 반입에 맞추어 다음 순서에 따라 노광장비를 set-up 한다.



- (1) FAB에 설비 안착 위치를 정한다.
- (2) FAB에 설비 위치에 marking 한다.
- (3) sub-FAB(공정실 아래 지하에 유틸리티가 설치되어 있는 공간)에서 작업 시 다른 작업자와의 충돌 방지 및 기타 같은 공간에서 장비 이설이 있을 경우를 확인하고 주변 경계 및 사고 방지 조치를 취한다.
- (4) 설비 위치에 grating을 모두 제거 작업을 진행한다
- (5) grating 제거 위치에 제진대를 설치 할 수 있도록 작업 진행한다.
- (6) 제진대 놓을 위치에 준비된 제진대를 설치한다.
- (7) 제진대 위에 도면에 따라 1:1로 marking 작업 진행한다.
- (8) marking 부위에 타공 작업 진행 한다
- (9) 제진대 위에 설비를 안착하면 Docking 작업을 진행한다.
- (10) 공장 utility(전기, N2, Air, PCW) Hook-up 작업을 진행한다.
- (11) utility 작업이 끝나면 환경안전 감시자 입회하여 하나하나 utility turn on을 한다.

### 3. 노광장비의 작동 검사를 실시한다.

- (1) user Interface의 프로그램 및 작동을 실시한다.
- (2) wafer teaching을 실시한다.
- (3) reticle load/unload 작동 검사를 실시한다.
- (4) 광원의 on/off를 통해 광원 작동 이상 유무를 확인한다.
- (5) 하우징 및 기타 주변 부위, utility의 공급 이상 유무, 압력 등에 대한 점검을 한다.
- (6) 설비 cleaning을 실시한다.

## ② 노광공정 작업을 통해 설비의 노광기의 특성과 성능 평가를 수행한다.

### 1. 설비의 특성과 성능 평가는 아래와 같이 진행 한다.

- (1) 평가용 마스크를 이용하여 wafer에 노광을 실시한다.
- (2) 노광된 wafer를 track에서 현상하여 평가용 PR pattern을 CD-SEM으로 검사하고 다음의 특성에 대해 check한다.
  - (가) Auto Focus Check
  - (나) Lens distortion Check
  - (다) Reticle Rotation Check

(라) ORT Check

(마) Reticle Blind Check

(바) Stepping Check

(사) 각종 패턴 체크

2. 작업 진행 상황을 작업진행 시트에 누락 없이 확인 및 체크해야 한다.
3. set-up 완료보고서를 작성한다.

### 교수 방법

- 노광공정의 개념을 설명하고 이해도를 확인한다.
- 반도체 주요공정의 명칭, 노광장비명, 재료명, 노광목적에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- 노광공정의 순서도와 웨이퍼, 칩 사진 등을 이용하여 패턴형성 및 이를 통한 반도체 제조의 큰 흐름을 설명하여 반도체 제조에서 노광공정의 의미를 이해하도록 한다.
- 노광관련 주요 필수용어와 그 의미를 설명하여 숙지토록 한다.
- 광원의 종류와 PR의 역할, 빛을 이용한 공정의 특성 및 포토마스크의 역할 등을 교육 대상자들은 간단한 도구나 설명도를 활용하여 제시할 수 있다.
- 노광장비의 유틸리티 종류 및 용도에 대하여 설명하고 이해도를 확인한다.
- 반도체 공정의 주요 유틸리티의 종류에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- 노광장비의 구조도를 이용하여 구조와 작동원리를 유틸리티의 종류와 용도와 연관하여 설명한다.
- 노광장비 유틸리티의 필요성 또는 공급에 이상이 생겼을 때 발생할 수 있는 상황을 교육 대상자들은 설명할 수 있다.
- 노광장비의 주요 구성품의 종류 및 용도에 대하여 설명하고 현장 지도를 실시한다.
- 조명계, Stage 등 노광장비의 구성에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- 노광장비의 구조도 또는 노광장비를 이용하여 구성품의 종류와 용도를 설명한다.
- 조명계의 세부 구성, 포토마스크와 wafer의 정렬 등 노광장비의 핵심 사항을 구성품의 역할과 연관하여 사진, 도면 등으로 정리하도록 한다.
- 노광장비의 set-up 수행 과정(procedure)에 대하여 설명하고 현장 지도를 실시한다.
- 장비 반입 절차에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- 노광장비 set-up 절차 혹은 관련 Flow Chart를 이용하여 set-up 절차와 유의 사항을 설명

한다.

- 클린룸 환경과 노광장비의 특성을 감안한 set-up절차의 주요 사항, 유의 사항을 정리하고 개선점에 대해 의견을 내도록 한다.
- 노광장비의 set-up 시 필요한 유틸리티의 주요 점검 사항을 설명하고 현장 지도를 실시한다.
- 노광장비 유틸리티의 특성과 용도에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- 노광장비 set-up 매뉴얼을 이용하여 강의실 또는 현장에서 유틸리티 연결 및 주요 점검 사항을 설명한다.
- 유틸리티 체결도면을 작성하고 주요 점검 사항을 체결도면에 작성할 수 있도록 한다.
- 노광장비의 set-up 시 필요한 주요 구성품의 동작 과정 및 주요 점검 사항에 대하여 설명하고 현장에서 확인하도록 한다.
- 노광장비의 주요 구성품의 종류와 용도에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- 노광장비의 구성도와 set-up 매뉴얼을 활용하여 강의실 또는 현장에서 주요 점검 사항을 설명한다.
- 노광장비 주요 구성품 간 관련 주요 점검 사항의 차이점을 비교할 수 있도록 한다.
- recipe 작성 방법 및 노광공정 진행 방법에 대하여 설명하고 현장 지도를 실시한다.
- 노광 recipe 작성을 위한 주요 파라미터에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- 노광장비의 구성도와 set-up 매뉴얼 또는 컴퓨터를 활용하여 강의실에서 recipe 작성법과 노광 진행방법을 강의하고 필요시 현장에서 보완 설명한다.
- 조건을 제시하고 노광 recipe를 작성해 보도록 한다.
- 노광공정 진행 완료 후 공정 평가 방법과 이에 따른 set-up 수정/보완에 대하여 설명하고 현장 지도를 실시한다.
- 노광공정의 평가 항목에 대한 지식 보유 여부를 확인한다.
- 평가 항목 리스트와 실제 또는 가상의 노광공정 결과물을 이용하여 평가 방법 및 내용을 설명하고 부적합한 경우 수정/보완 Point와 방법에 대해 설명한다.
- 노광공정 결과와 부적합한 경우 2~3가지의 경우 원인과 set-up 수정/보완을 할 수 있도록 한다.

## 학습 방법

- 노광공정의 개념을 학습하고 학습노트를 작성한다.
- 전체 반도체 공정 명칭과 역할을 간단히 숙지한다.
- 교재 또는 반도체 공정관련 서적을 통해 노광공정 순서와 관련 필수 용어를 정리한다.
- 장비, 구성품, 재료의 종류와 특성을 숙지한다.
- 노광장비 set-up 매뉴얼을 활용하여 노광장비의 유틸리티 종류 및 용도에 대하여 학습하고 공급 이상 시의 영향 등을 정리한 학습노트를 작성한다.
- 노광장비 set-up 매뉴얼을 활용하여 노광장비의 주요 구성품의 종류 및 용도에 대하여 학습하고 조명계와 Align Stage등의 주요 구성품에 대해서는 가능한 세부적인 구조와 특성을 알아보고 현장 실습을 통해 확인한다.
- 노광장비 set-up 매뉴얼을 활용하여 노광장비의 set-up 수행을 위한 과정(procedure)을 Chart로 제작하고 항목별 유의 사항을 기입하여 현장에서 확인 및 실습 시 활용한다.
- 노광장비 set-up 매뉴얼을 활용하여 노광장비의 set-up 시 필요한 유틸리티의 체결도면을 작성하고 도면에 각 유틸리티의 용도와 특성을 정리하여 주요 점검 사항에 대하여 학습하고 현장 실습 시 활용한다.
- 노광장비 set-up 매뉴얼을 활용하여 노광장비의 구성도에서 주요 구성품을 표시하고 각 구성품의 동작 과정 및 주요 점검 사항에 대하여 정리하여 현장 실습 시 활용한다.
- 노광장비 set-up 매뉴얼을 활용하여 가상의 recipe를 2~3가지 작성하여 그 의미를 정리한다.
- 노광장비 set-up 매뉴얼을 활용하여 '노광공정 진행 완료 후 공정 평가 항목과 방법'에 대해 정리하고 가상의 recipe에서 부적합한 노광결과를 적용하여 set-up 수정/보완하는 작업에 대하여 학습하고 현장 실습 시 활용한다.

## 학습 1 평 가

### 평가 준거

- 평가자는 학습자가 학습 목표를 성공적으로 달성하였는지를 평가해야 한다.
- 평가자는 다음 사항을 평가해야 한다.

학습 내용	학습 목표	성취수준		
		상	중	하
사전 준비	- 노광장비(scanner, stepper) set-up에 필요한 유틸리티 (Utility) 및 공급 조건을 파악하고 준비할 수 있다.			
노광장비 set-up	- 노광장비 Set-up 시 조명계, 웨이퍼와 Reticle Load부 및 Stage부 등 주요 구성 부품의 동작 원리를 이해하고, 정상 동작이 되도록 조작할 수 있다.			
	- 제진대, 환경조건, 설비(Facility) 공급 조건, Chamber의 설정 온도 및 사양을 이해하고, 주요 부품을 구성하여, 하드웨어적으로 설치를 완료할 수 있다.			
	- 구현하려는 패턴에 대해 이해하고 recipe를 구성하여, 공정 진행 후, 노광공정 결과에 대한 평가를 진행하고 수정/보완할 수 있다.			

### 평가 방법

- 서술형 시험

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
사전 준비	- 노광공정의 순서와 방법에 대한 이해			
	- 노광장비 유틸리티와 용도에 대한 이해			
	- 노광장비의 주요 구성 부품의 역할과 핵심 재료			
노광장비 set-up	- 주요 구성 부품의 동작원리 이해			
	- 제진대, 환경조건, Facility 공급 조건, Chamber의 설정 온도 및 사양			
	- 노광 recipe 구성 능력과 노광 공정 결과 해석력			



• 평가자 질문

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
사전 준비	- 노광장비 유틸리티 공급 조건			
	- 노광장비의 주요 구성 부품의 역할과 핵심재료			
노광장비 set-up	- 주요 구성 부품의 동작원리 이해와 정상동작 조작			
	- 주요 부품 구성과 하드웨어 설치			
	- 노광 recipe 구성 능력과 노광공정 결과에 따른 set-up 수정/보완력			

• 구두 발표

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
사전 준비	- 노광장비 구성품의 운영 절차			
	- 노광장비의 공정 결과 분석 능력			
노광장비 set-up	- 주요 구성 부품의 정상동작 조작 능력			
	- 이상상황별 대처 방법 제시 능력			
	- 구성품별 PM 방법 제시 능력			

피드백

- 서술형 시험
  - 반도체 노광장비와 공정의 순서, 방법, 의미 이해의 보완점.
  - 노광장비의 구성 부품과 핵심재료에 대한 이해의 보완점.
  - recipe 구성상의 실수와 유의점.
- 평가자 질문
  - 노광장비의 민감한 조건으로 인한 유틸리티 공급 조건의 중요성.
  - 하드웨어 Set-up 현장에서 점검 포인트의 세밀한 확인의 중요성
- 구두 발표
  - 노광장비 set-up에 대한 종합적 지식, 기술, 태도

학습 1	노광장비 set-up하기
<b>학습 2</b>	<b>노광장비 유지·개선하기</b>
학습 3	트랙장비 set-up하기
학습 4	트랙장비 유지·개선하기

## 2-1. 노광장비 유지·관리

### 학습 목표

- 장비의 주요 부품, 소재의 수명을 주기적으로 관리하여 최적의 공정진행을 할 수 있다.
- 장비의 구성 부품의 동작원리를 이해하여, 이상 상황 발생 시 문제해결을 할 수 있다.
- 장비의 운영지침서를 작성하고, 주기적인 사전 예방 점검 항목 및 점검 방법을 이해하고 사전 정비를 함으로써 최적화 상태를 유지할 수 있다.
- 장비의 고장 내역 및 PM(Preventive Maintenance) 이력(history) 관리를 할 수 있다.
- 노광장비 운영 매뉴얼에 따라 주요 세부 공정 Key Parameter를 관리하고, 공정 결과를 분석장비를 이용하여 평가하고, 최적의 공정 조건을 얻을 수 있도록 recipe를 수정/보완할 수 있다.

### 필요 지식 /

#### ① 예방 및 점검의 이해

노광장비 유지관리를 위한 예방활동(PM: Preventive Maintenance)의 의미와 관련지식을 이해한다.

##### 1. PM

장비의 성능을 유지시키고 고장 발생을 사전에 방지하여 장비의 수명을 연장하고 생산성을 향상시키기 위해서 성능 점검, 부품교체 및 수리, 청소 등을 실시하여 장비가 원하는 성능으로 가동될 수 있도록 하는 활동을 말한다.

PM은 주기적인 예방 점검항목을 인지하고 일정과 절차에 따라 실시하여 기준에 맞지 않는 사항이 있으면 고장 또는 이상발생에 대한 조치를 취한다.

PM 일지를 작성하고 고장 또는 이상 발생에 대해서는 원인분석, 영향평가, 조치사항 및 결과와 대책을 정리하여 보고한다.

##### 2. PM 개선활동(불합리 개선 및 변경)

PM활동에 있어 항목 실시 방법, 주기 등이 부적절하거나 비경제적인 경우, 기술적으로 보

다 나은 방법을 적용 가능하거나, 기준을 변경하여 현행의 PM 방법을 수정할 필요성이 발생하면 변경 절차를 밟아 변경을 하도록 하는 것이 PM활동을 하는 기술자의 의무이다.

### 3. 통계적 지식

PM 활동의 Data를 축적하고 통계적으로 해석하여 이상 값과 추세 등을 진단하고 예측하며 보고를 통해 정보를 공유하여 과학적이고 체계적인 장비 유지관리가 될 수 있도록 한다.

## ② 노광장비의 PM 항목과 주기

노광장비 유지관리를 위한 PM 항목과 주기에 대한 기본 지식을 숙지한다.

### 1. 노광장비 PM 항목 및 주기

노광장비는 매우 민감한 장비로서 온도, 습도, 기압 등의 영향을 받고 청정도 유지를 통해 미세먼지 및 입자 등이 철저히 제거관리 되어야 한다. 성능유지와 고장 방지를 위한 주요 PM 항목과 주기는 아래와 같다.

#### (1) 조명계

조명계는 노광기의 가장 복잡하고 민감한 부분으로서 노광기의 성능을 좌우한다. 즉, 노광은 초미세 패턴을 웨이퍼에 사진을 찍는 작업으로 사각형의 칩이 정확하게 포토마스크가 제공하는 패턴의 모양대로 구현되어야 한다. 하지만 여러 가지 왜곡되고 일그러진 형태의 상이 만들어질 수가 있어 이러한 왜곡이 규정된 범위를 벗어나지 않도록 관리하는 것이 매우 중요하다. 또한 반도체 칩의 완성을 위해서는 한 층 한 층 패턴을 찍어야 하며, 이 패턴은 반도체 회로와 디바이스의 구조를 형성하며 각 층에 형성되는 패턴과 구조가 오차 범위를 서로 벗어나지 않도록 정확한 위치에 노광된 패턴을 형성하도록 해야 한다. 다시 말해 패턴과 칩의 모양과 상호 정렬이 매우 정확하게 노광될 수 있도록 장비를 유지 관리하여야 한다. 따라서 아래에 언급하는 조명계의 여러 주요 특성에 대해 적절한 주기를 가지고 점검을 실시한다.

왜곡된 노광(distortion)과 정렬 미스(misalign)에 대해서는 (그림 1-6)을 참조한다.

(가) Auto Focus Check: 매일 또는 이상 발생 시, Dummy wafer에 노광하여 값을 확인한다. 최근은 자체적으로 체크 가능한 장비도 있다.

(나) Lens distortion Check: 매일 또는 이상 발생 시 Dummy wafer에 노광하여 값을 확인한다.

(다) Reticle Rotation Check: 매월 또는 이상 발생 시 Dummy wafer에 노광하여 값을 확인한다.

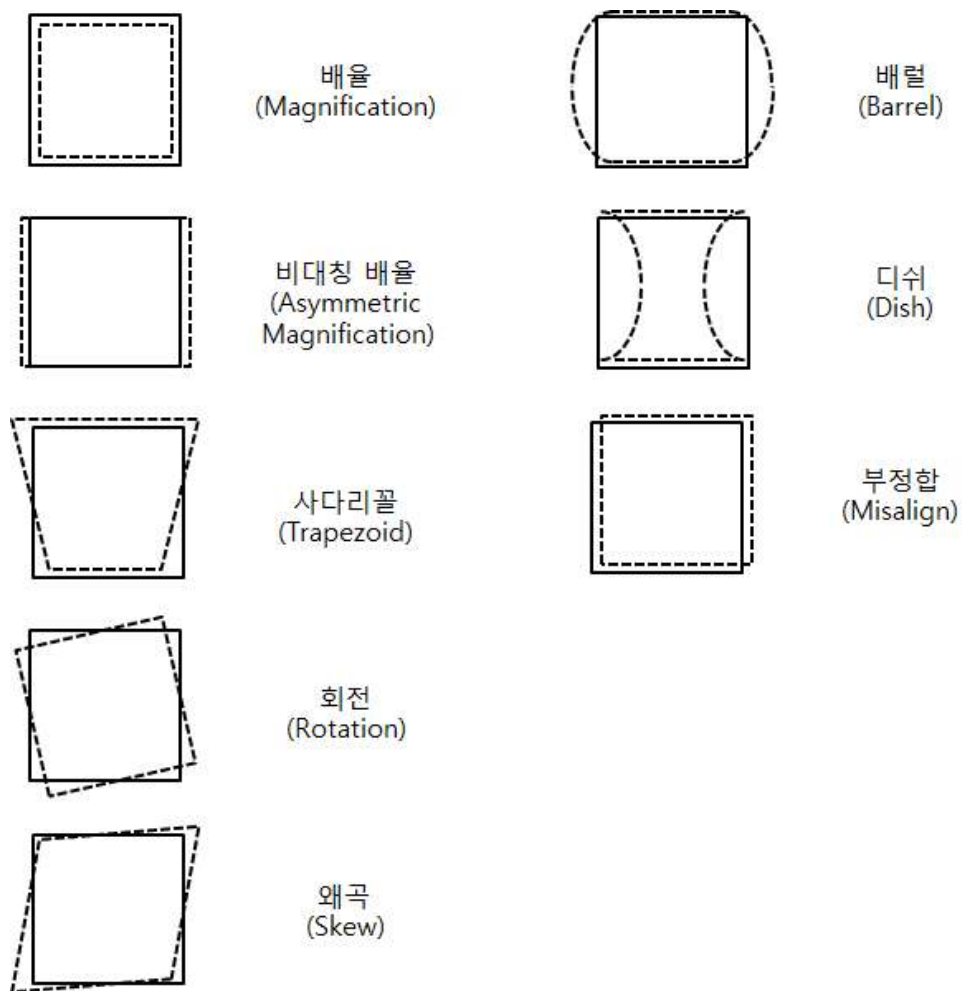
(라) Orthogonal(ORT) Check: 매월 또는 이상 발생 시 Dummy wafer에 노광하여 값을 확인한다.

(마) Reticle Blind Check: 매월 또는 이상 발생 시 Dummy wafer에 노광하여 값을 확인한다.

(바) Stepping Check: 매월 또는 이상 발생 시 Dummy wafer에 노광하여 값을 확인한다.

(사) 각종 패턴을 체크한다.

(아) Lamp uniformly / Intensity Check: 2개월 또는 이상발생 시, 또는 Lamp 수명이 다한 것으로 판단될 때



[그림 2-1]) Distortion과 Mis-align

## (2) Reticle Stage

매월 단위로 예방 점검한다. 오염 확인과 기계적인 동작에 대한 점검을 한다. 문제발생 시는 매일 단위로 점검할 수도 있다.

## (3) Wafer Stage

매월 단위로 예방 점검한다. Stage Motor Screw등의 오염 확인과 기계적인 동작에 대한 점검을 한다. 문제 발생 시는 매일 단위로 점검할 수도 있다.

### 재료·자료

- wafer, Grease, n-Hexane, IPA, DI(De-Ionized) water, Lamp
- PM Guide(Manual), 장비운영 지침서
- 방진복, 방진화, glove, goggle, clean towel, clean paper

### 기기(장비 · 도구)

- track, tool box, 수평계, 기압계, 온도계, In-Line SEM(CD-SEM)

### 안전 · 유의 사항

- 장비 PM을 진행 하면서 광원의 광 에너지 및 유틸리티에 대한 위험성을 사전에 인지하고 위험을 회피하기 위한 노력을 한다.
- 사용하는 공구에 대한 사용 방법을 숙지하고, 공구로 인한 안전사고에 충분히 주의를 기울여야 한다.
- 주변의 타 설비 작업자와의 작업 공간 중복 및 상호간 안전사고에 유의 한다.
- 공장단위 안전관리 내용 및 안내 방송 등의 긴급 통지 내용에 주의를 기울여야 한다.
- sub FAB(공정실 아래 지하에 유틸리티가 설치되어 있는 공간)에서 작업 시 다른 작업자와의 충돌 방지 및 기타 같은 공간에서 장비 이설, 시설 보수 등이 있을 경우 주변을 경계해야 한다.

### 수행 순서

#### ① 노광장비 PM 작업을 수행한다.

##### 1. PM 작업을 준비한다.

- (1) PM 일정, 준비사항, PM 항목 등을 포함한 PM 계획서를 확인하고 해당하는 PM 체크리스트를 준비한다.
- (2) PM 담당자는 PM 항목과 주기, PM 방법에 있어 불합리 사항에 대한 시정, 개선 필요가 있다고 판단될 때는 적절한 검증 절차를 거쳐 시정, 개선할 수 있다.

##### 2. PM 체크리스트에 맞추어 다음 순서에 따라 노광장비 PM을 실시한다.

- (1) Auto Focus Check: Dummy wafer에 노광하여 값을 확인한다. 자체적으로 체크 가능한

장비는 해당 매뉴얼에 따라 체크한다. 매일 실시하며 이상 발생 상황이 인지되어도 실시한다. PM 담당자 기타 이상이나, 개선사항에 대해서도 검토하도록 한다.

- (2) Lens distortion Check: Dummy wafer에 노광하여 값을 확인한다. 매월 또는 이상 발생 시 실시한다.
- (3) Reticle Rotation Check: Dummy wafer에 노광하여 값을 확인한다. 매월 또는 이상 발생 시 실시한다.
- (4) Orthogonal(ORT) Check: Dummy wafer에 노광하여 값을 확인한다. 매월 또는 이상 발생 시 실시한다.
- (5) Reticle Blind Check: Dummy wafer에 노광하여 값을 확인한다. 매월 또는 이상 발생 시 실시한다.
- (6) Stepping Check: Dummy wafer에 노광하여 값을 확인한다. 매월 또는 이상 발생 시 실시한다.
- (7) Lamp uniformly / Intensity Check: 2개월 또는 이상 발생 시 실시하며 lamp 수명이 다한 것으로 판단될 때는 매뉴얼에 따라 교체한다.
- (9) Reticle Stage 매월 단위로 예방 점검한다. 오염 확인과 기계적인 동작에 대한 점검을 한다. 기계적으로 원활한 작동을 위해 그리스를 칠하고 오염제거를 위해 헥산 또는 IPA를 이용해 닦아준다. 작동문제발생 시는 매일 단위로 점검할 수도 있다.
- (10) Wafer Stage 매월 단위로 예방 점검한다. stage motor screw 등의 오염 확인과 기계적인 동작에 대한 점검을 한다. 기계적으로 원활한 작동을 위해 그리스를 칠하고 오염제거를 위해 헥산 또는 IPA를 이용해 닦아준다. 작동문제 발생 시는 매일 단위로 점검할 수도 있다.
- (11) user interface 이상 발생 시 점검하고 수리조치를 취한다.
- (12) PM 진행 상황을 체크리스트에 누락 없이 확인 및 체크를 해야 한다.

## ② PM 결과보고서를 작성한다.

### 1. PM 작업 수행이 완료되면 결과보고서를 작성한다.

- (1) 체크리스트상의 data에 대한 누락, 오기 등을 확인한다.
- (2) PM data를 통계적 처리와 부품 및 구성품의 사용기간을 비롯한 장비의 이력관리가 가능하도록 저장하고 PM 결과와 관련 내용 등을 내부 양식에 맞추어 정리하여 보고한다.
- (3) PM에 대해 불합리한 사항이 있다고 판단될 때는 해당 불합리 사항 개선 제안을 위한 제안서를 작성하여 관련된 개선활동의 추진 여부를 확인하도록 한다.

2. 고장 및 문제점 발생 시는 해결 및 재발 방지를 위한 조치활동을 실시한다.

노광장비 유지관리 담당자는 장비의 고장이나 문제점이 발생할 시 이를 해결하기 위한 아래의 조치 사항을 실시하도록 한다.

- (1) 고장 및 문제 발생을 확인한다.
- (2) 고장 및 문제 발생의 원인을 분석한다.
- (3) 예상 원인 추출 및 대책을 수립한다.
- (4) 수립된 대책을 실시하여 고장 및 문제점에 대한 해결 여부를 확인한다.
- (5) 해당되는 제반조치에 대한 검증을 실시한다.
- (6) 고장 및 문제점에 대해 재발 방지를 위한 예방활동 방안을 수립한다.
- (7) 조치에 대한 결과 보고서를 작성한다.

## 학습 2 교수·학습 방법

### 교수 방법

- 노광장비의 예방점검(PM)의 의미와 개념을 설명하고 이해도를 확인한다.
- 노광장비 PM 항목에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- PM 항목과 관련 도면을 이용하여 PM을 통해 알아보고자 하는 사항을 학습자가 이해하도록 설명한다.
- PM 항목과 그 필요성에 대해 아는 대로 교육 대상자들이 설명하도록 한다.
- 노광장비의 구조와 주요 구성 부품에 대하여 설명하고 현장 관찰을 실시한다.
- 조명계, stage 등 노광장비의 구성에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- 노광장비의 구조도를 이용하여 주요 구성 부품을 설명하고 현장에서는 장비를 이용하여 주요 구성 부품을 설명한다.
- 노광장치의 구조와 주요 구성 부품에 관하여 도면 사진 등으로 정리하도록 한다.
- 노광장비의 PM 항목과 주기에 대하여 설명하고 이해도를 확인한다.
- 노광장비 PM 항목과 주기에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- PM 항목과 주기에 관한 용어를 제시하고 강의법으로 설명한다.
- PM 항목과 주기를 사진, 도면 등을 활용하여 정리하게 한다.
- 노광 장비의 PM 및 유지관리 주요 점검 사항에 대하여 지도하고 이해도를 확인한다.
- PM 시 주요 점검 사항에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- PM 매뉴얼을 이용하여 주요 점검 사항을 강의법으로 설명한다.
- PM 주요 점검 사항에 관한 세부 내용을 PM 항목과 주기를 정리한 자료에 보완한다.
- 노광장비의 PM, 유지관리 수행 과정(procedure)에 대하여 현장 지도를 실시한다.
- PM항목, 주기, 주요 점검 사항 등 PM에 관한 지식 보유 수준을 확인한다.



- PM 매뉴얼과 노광장비를 이용하여 PM 항목별 점검 수행과정을 현장에서 시연하고 실시하도록 한다.
- PM 항목별 수행 방법에 관해 정리하도록 하고 실제 수행 과정에서 느낀 점을 작성하도록 한다.
- 노광장비의 고장 및 문제점 발생 시 조치방법과 활동에 대하여 설명하고 현장 지도를 실시한다.
- 노광장비의 고장 및 문제점의 종류에 대한 지식 보유 여부를 확인한다.
- 노광장비 PM 매뉴얼을 이용하여 고장 및 문제 발생 시 조치방법과 활동에 대해 설명하고 현장에서 시연하고 실시하도록 한다.
- 고장 및 문제 발생 시 조치방법과 활동에 대해 정리하도록 하고 실제 수행 과정에서 느낀 점을 작성하도록 한다.

## 학습 방법

- 노광장비 PM 매뉴얼을 참고하여 PM 항목과 관련 도면 및 필요성을 정리한 학습노트를 만든다.
- 노광장비 PM 매뉴얼, set-up 매뉴얼 또는 장비를 이용하여 노광장비의 구조와 주요 구성 부품에 대한 사진 도면 등을 정리하여 학습노트를 작성한다.
- PM 매뉴얼을 이용하여 노광장비의 PM 항목과 주기에 대하여 숙지하고 학습노트를 정리한다.
- PM 매뉴얼을 이용하여 노광장비의 PM 및 유지관리 주요 점검 사항에 대하여 학습노트를 정리한다.
- PM 매뉴얼을 이용하여 노광장비의 PM, 유지관리 수행 과정(procedure)을 이해한 후 멘토와 함께 현장 실습을 하고 관련 소감문을 작성한다.
- PM 매뉴얼을 이용하여 노광장비의 고장 및 문제점의 유형과 원인을 정리하고 발생 시 조치방법과 활동에 대하여 학습하고 멘토와 함께 현장 실습을 하고 관련 소감문을 작성한다.

## 학습 2 평 가

### 평가 준거

- 평가자는 학습자가 학습 목표를 성공적으로 달성하였는지를 평가해야 한다.
- 평가자는 다음 사항을 평가해야 한다.

학습 내용	학습 목표	성취수준		
		상	중	하
노광장비 유지관리	- 장비의 주요 부품, 소재의 수명을 주기적으로 관리하여 최적의 공정 진행을 할 수 있다.			
	- 장비의 구성 부품의 동작원리를 이해하여, 이상 상황 발생 시 문제해결을 할 수 있다.			
	- 장비의 운영지침서를 작성하고, 주기적인 사전 예방 점검 항목 및 점검 방법을 이해하고 사전 정비를 함으로써 최적화 상태를 유지할 수 있다.			
	- 장비의 고장 내역 및 PM(Preventive Maintenance) 이력(history) 관리를 할 수 있다.			
	- 노광장비 운영 매뉴얼에 따라 주요 세부 공정 Key parameter를 관리하고, 공정 결과를 분석 장비를 이용하여 평가하고, 최적의 공정 조건을 얻을 수 있도록 recipe를 수정/보완할 수 있다.			

### 평가 방법

- 서술형 시험

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
노광장비 유지관리	- 노광장비의 PM 항목과 주기, 구성품별 사용 기간			
	- 노광장비의 설치 및 운영 환경조건에 대한 이해			
	- 노광장비 고장의 종류에 대한 이해			

• 평가자 질문

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
노광장비 유지관리	- 노광장비의 PM 항목별 실시 능력			
	- 노광장비의 PM 불합리 파악 및 개선활동 수행 능력			
	- 노광장비의 고장 유형 및 문제 해결 능력			

• 구두 발표

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
노광장비 유지관리	- 노광장비의 고장 내역 및 history관리 능력			
	- 노광장비의 세부 공정 key parameter에 대한 이해와 관리 능력			

피드백

1. 서술형 시험
  - PM의 중요성과 불합리 개선에 대한 의미.
  - 노광공정의 일관성을 확보하기 위한 운영 환경조건 유지의 중요성.
2. 평가자 질문
  - PM의 중요성과 불합리 개선에 대한 의미.
3. 구두 발표
  - 노광장비 history 관리의 의미와 관련 정보공유의 중요성 강조

학습 1	노광장비 set-up하기
학습 2	노광장비 유지·개선하기
<b>학습 3</b>	<b>트랙장비 set-up하기</b>
학습 4	트랙장비 유지·개선하기

## 3-1. 사전 준비

### 학습 목표

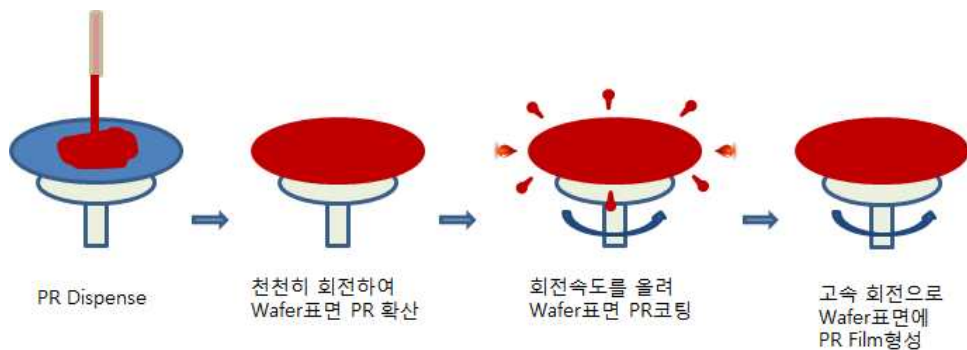
- PR Coater부, Develop부, Cassette Indexer부, Wafer Transfer Robot부 등 주요 구성 부품의 구성 및 동작 원리를 이해하고 조작할 수 있다.

### 필요 지식 /

#### ① Track 공정의 이해

##### 1. PR coating

반도체 미세회로 패턴 형성을 위해 노광기의 빛에 반응하는 PR을 wafer에 골고루 도포하는 작업을 PR coating이라고 한다. 고속으로 회전할 수 있는 spin부에 wafer를 장착하고 노즐을 통해 일정량의 PR dropping을 시킨 후 spin부를 회전시켜 PR을 coating한다.



출처: 반도체 8대 공정 4탄.웨이퍼에 한 폭의 세밀화를 그려 넣는 포토공정(Photo)(12.09.26.).반도체 레티클(포토마스크).삼성반도체이야기.<http://samsungsemiconstory.tistory.com/136>.2015.10.15  
[그림 3-1] PR coating 공정

## 2. TPR(thickness of PR: PR 코팅 두께)

Wafer 상에 코팅되는 PR의 두께를 말하며, 두께 측정을 위한 계측장비 또는 in-line SEM으로 측정할 수 있다. TPR은 PR 소모량, 노광량, pattern의 단면 모양, pattern의 특성, 후속 공정에서의 공정 특성과 성능 등을 좌우하는 중요한 항목이다. Dummy wafer를 이용하여 적절한 TPR을 얻을 수 있는 coating program을 설정하여야 한다.

## 3. Uniformity

Wafer 상에서 TPR의 균일도를 말한다. TPR에 따라 앞서 언급한 여러 특성과 공정 조건이 달라지므로 wafer 전체에 spec내의 균일한 TPR을 얻을 수 있는 장비 및 공정 관리가 중요하다.

## 4. Particle

먼지나 굳어진 PR, 장비에서 떨어져 나온 물질, 반응성으로 발생한 물질, coating 도중 back bound된 물질 등이 입자형태로 wafer 상에 존재할 수 있다. Particle이 떨어진 부위를 중심으로 pattern 불량이 발생하여 칩에 불량이 생기게 된다. 크기와 종류, 숫자에 대한 철저한 발생 방지 관리가 필요하다.

## 5. Dummy Wafer

공정이나 장비의 작동, 성능, 이상 유무 등의 검사 등을 위해 사용하는 시험용 wafer를 말한다. 또는 실제 반도체 칩을 제작하기 위한 목적이 아닌 공정 진행 이송, 보관 등의 필요에 의해 해당 run에 끼워 넣은 wafer를 말하며, 대부분 품질 등급이 낮은 것을 사용한다. 실제 칩 제작을 위해서는 고품질의 정품 prime wafer를 사용한다.

## 6. 현상(develop)

빛에 조사된 PR을 현상액(developer)에 처리하여 패턴 부위가 나타나도록 용해하여 제거하는 공정이다. 온도, 시간 등의 공정 조건을 설정하여 진행되며 developer 처리 후 DI water로 rinse 처리를 한다. 고속으로 회전할 수 있는 spin부에 wafer를 장착하여 developer를 wafer 표면에 뿌려서 적절한 시간 puddling 후 spin부를 회전시켜 현상액을 제거한 후 DI water로 rinse한다.

## 7. Developer

노광된 wafer 상의 PR을 현상하여 pattern을 형성하기 위한 develop 공정에 쓰이는 PR 용해용 약액을 말한다. Positive용은 알칼리 수용액이며, negative용은 유기용제이다.

## 8. Spin

PR을 coating하거나 develop 후 다량의 developer와 수분을 원심력으로 제거하기 위해 wafer를 회전시키는 작업이다. 이 작업이 일어나는 부위를 spin부라고 하며, wafer는 진공 흡착 방식으로 고정한다.

## 9. HMDS(Hexamethyldisilane)

Si가 포함된 유기화학 물질로서, 무기물인 Si wafer 표면에 유기물질인 PR이 잘 접착되게 하기 위해 Si wafer 표면에 부착시키는 물질이다. Vapor 상태로 wafer 표면과 접촉하여 표면에 달라붙는다.

#### 10. Soft bake

PR coating 후 열처리로 건조하는 공정이다. PR은 액체로서 고형분과 solvent 성분을 가지고 있다. 고형분이 solvent에 녹아 있어 spin coating 후 PR coating막에 잔존하는 solvent 성분을 제거하기 위해 hot plate 위에서 bake 처리를 하게 된다. 주의해야 할 점은 PR의 성분이 열에 의해서도 반응하기 때문에 적절한 온도와 시간을 설정해야 한다는 점이다.

#### 11. PEB(post exposure bake)

노광된 wafer의 develop 전 실시하는 열처리이다. PR 내 산의 양을 증폭시켜 현상 특성을 좋아지게 하는 것이 PEB의 목적이다.

#### 12. Hard bake

Develop 후 PR을 건조시키는 공정이다. Develop 후 PR pattern에 다량의 수분이 있으므로 수분을 제거하기 위해 충분한 온도와 시간이 필요하다. 주의할 점은 PR이 유기물질이라 열에 의해 용융되는 현상이 일어난다는 것이다. 한편으로 pattern 측면을 포함한 표면 부가 적당히 용융되는 것이 좋으므로, 이를 충족하면서 PR pattern이 용융으로 인한 붕괴 현상이 나타나지 않는 적절한 온도와 시간을 설정하는 것이 중요하다.

#### 13. Edge bead

PR이 wafer 상에 고속 회전으로 spin coating되면서 액상의 PR이 가지는 표면장력에 의해 wafer 가장자리에 빙 둘러서 발생하는 약간 두껍게 형성되는 PR 고리를 말한다. Particle 발생 등 장비에서 문제 발생의 원인이기도 하며, wafer 가장자리의 dead zone이라 칩 형성과 무관하여 녹여서 제거한다. 이 부분을 제거할 때 지나치게 넓거나 좁게 제거하지 않도록 하고, 고속 회전해야 하므로 불량 발생하지 않도록 주의해야 한다.

#### 14. Drain

Track은 PR, developer, DI water, remover 등의 약액이 많이 사용되는 장비이므로 이들은 배출 제거 drain이 중요하다. Drain 장치에 문제점이 발생되지 않도록 하여 이로 인한 공정 불량이 발생하지 않도록 해야 한다.

#### 15. Bowel

Spin부는 회전에 의해 약액이 격렬히 튀는 부위이다. Bowel은 spin 부위를 감싸는 부품이다. Bowel의 벽에는 약액이 많이 튀므로 주기적으로 세척해 주어야하고, back boun로 인한 wafer 오염을 방지해 주도록 설계되고 관리되어야 한다.

#### 16. Nozzle

Track 장비에서 PR, developer 등의 약액과 HMDS, DI water는 nozzle을 통해 공급된다. Nozzle이 막히거나, tip에 오염이 발생하거나, 오작동, 위치 및 각도 불량 발생하지 않도록 관리한다.

#### 17. Filter

약액이 공급될 때는 최종적으로 filter를 통함으로써 wafer 상에 particle 발생을 최대한 방지한다. 주기적으로 교체하고, 관련 문제가 발생하여도 교체하도록 한다.

#### 18. Positive PR

빛을 받은 부위가 알칼리 수용액 developer에 용해되는 PR이다

#### 19. Negative PR

빛을 받지 않은 부위가 유기용제에 의해 용해되는 PR이다. 빛을 받은 부위는 경화작용이 일어나 용제에 잘 녹지 않는 성질로 바뀐다.

#### 20. Track 공정 flow

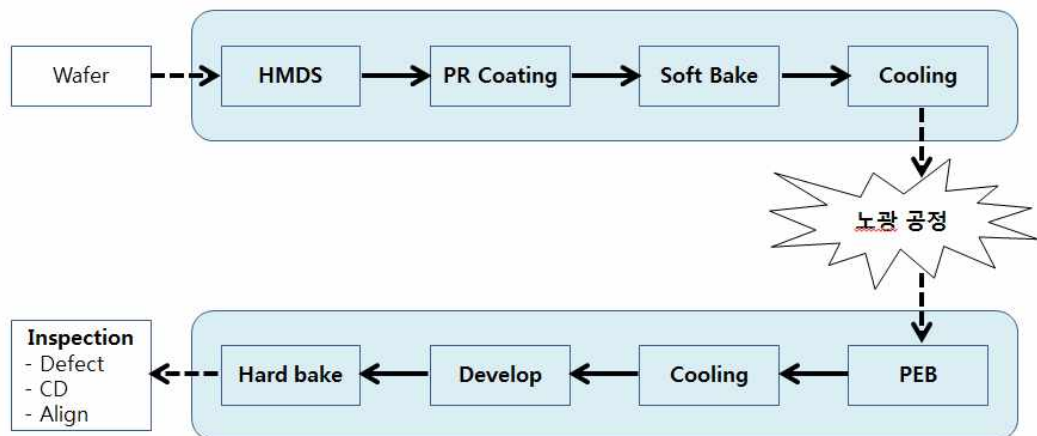
Track 공정은 노광 전 공정인 PR 및 기타 보조물질 coating과 노광 후 공정인 develop으로 이루어진다. 공정 flow는 [그림 3-2]를 참조한다.

#### 21. BARC(bottom anti reflective layer)

노광기에서 나온 빛이 PR 하부의 wafer 표면에서 반사 또는 난반사될 경우 원하지 않는 부위의 PR이 광반응을 일으키므로 이를 방지하기 위해 PR 하부에 코팅하는 물질이다. Pattern이 미세화 됨에 따라 PR이 얇아질수록 이러한 반사 방지막이 더욱 필요해진다.

#### 22. TARC(top anti reflective layer)

노광 시 DI water를 이용한 wet 노광공정에서 PR표면이 직접 DI water에 접하여 수분을 흡수하거나 감광성분이 용출되는 현상을 방지하고, DI water와의 계면에서 빛의 반사를 최소화하기 위해 PR 위에 coating하는 물질이다. Pattern이 미세화 됨에 따라 wet 노광공정의 적용이 요구되어 이러한 반사 방지막이 필요해진다.



[그림 3-2] Track 공정 flow

## ② Track 장비 유틸리티 이해

### 1. Electric power supply

Track 장비 시스템 구동을 하는 데 필요한 에너지를 공급하는 대표적인 유틸리티이다. 주로 220V 전원(단상 또는 3상)을 사용한다.

### 2. PCW(process cooling water)

Track 장비의 coater, developer의 bake부의 온도 조절을 위해 사용된다.

### 3. DI water

Track 장비의 공정용 초 순수이다.

### 4. Gas Supply System

Track 장치비에 필요한 G(general)N<sub>2</sub>와 air를 공급한다.

### 5. 배기(exhaust) system

Coating, developing 중 발생하는 각종 가스와 비산되는 물질을 외부로 배기시키고, 장비와 클린룸으로의 유입을 차단하기 위한 시스템이다.

## ③ Track 장비 주요 구성 module의 이해

### 1. PR coater

PR coating을 위한 spin 가능한 wafer stage와 HMDS 공급 노즐, PR 공급 노즐 및 bowl 등으로 이루어진 coating module부이다.

### 2. Developer

노광된 wafer를 현상하여 PR pattern을 구현하는 구성 module로서, spin 가능한 wafer stage와 developer 공급 노즐, DI water 공급 및 bowl 등으로 구성되어 있다.

### 3. Bake plate

Coater에서 coating된 PR을 soft bake하거나 developer에서 현상된 pattern을 hard bake하기 위한 hot plate 형태와 bake가 끝난 후 cooling을 위한 cool plate로 이루어진 track 장비 구성 module이다.

### 4. Cassette indexer

PR coating 대기 wafer, PR이 coating된 wafer, soft bake가 끝난 wafer, develop된 wafer, hard bake까지 마친 wafer 등을 수납하는 wafer cassette를 장착하는 cassette plate가 구비된 track 장비의 구성 module로서 wafer 정체시간을 관리할 수 있다.

### 5. Wafer transfer robot

Track 공정 wafer를 이송하기 위한 arm을 포함한 robot 장치이다.



### 재료·자료

- Wafer, PR, 레티클, 현상액, HMDS, wafer carrier, N<sub>2</sub> 가스, CDA, thinner, PCW(process cooling water).
- 장비 installation manual, 장비 operation manual, 장비 maintenance manual, 공정조건 별 매뉴얼, 사용되는 각종 재료의 spec(PR, developer, thinner, HMDS 등)
- 방진복, 방진화, glove, goggle, clean towel, clean paper, IPA, DI(de-ionized) water

### 기기(장비·공구)

- 노광기, 각종 공구(tool box), calibration tool(수평계, 기압계, 온도계), jig tool

### 안전·유의 사항

- PR, 보조 케미칼류, 현상액, HMDS 등으로부터 유기용제 등 fume 및 가스가 발생하므로 장비의 set-up 시에는 반드시 잔류 가스가 작업 환경 내에 존재하지 않도록 사전에 장시간 배기 시켜야 한다.
- Out-gasing 및 fume에 노출되는 작업 시에는 반드시 적절한 안전 보호 장구를 갖추어 작업을 할 수 있도록 해야 하며, 사전에 해당 유해물질에 대한 MSDCS(material safety and data sheet)를 숙지하고 있어야 한다.
- 장비 set-up 시 장비 내부에 있는 wafer 혹은 기타 부수 공정에 사용되는 물건이 장착되어 있는지 반드시 미리 확인해야 한다.
- sub FAB(유틸리티가 설치되어 있는 공간)에서 작업 시 다른 작업자와의 충돌 방지 및 기타 같은 공간에서 장비 이설이 있는지 사전 확인을 해야 한다.
- 전기장치 접촉으로 인한 감전 사고에 유의한다. 전원 차단 스위치(EMO) 및 접지봉(ground bar) 사용 방법을 사전에 숙지하여 안전 수칙에 의거하여 적절히 사용하도록 한다.

### 수행 순서

#### ① 유틸리티 연결 상태를 확인한다.

##### 1. 전원(electric power) 연결 상태를 확인한다.

- (1) 전원 결선 상태(배전반, 장비 인입구)가 제대로 연결되어 있는지 확인한다.

- (2) UPS(uninterruptible power supply)가 제대로 연결되어 있는지 확인한다.
- 2. PCW(process cooling water) 연결 상태를 확인한다.
  - (1) PCW 배관 연결 상태가 제대로 연결되어 있는지 확인한다.
  - (2) Process vacuum unit의 연결 상태가 제대로 연결되어 있는지 확인한다.
- 3. Gas supply system 연결 상태를 확인한다.
  - (1) 질소(GN2), air 가스 배관이 제대로 연결되어 있는지 확인한다.
  - (2) Gas vent line이 제대로 연결되어 있는지 확인한다.
- 4. 배기(exhaust) system 연결 상태를 확인한다.
  - (1) 배기용 배관이 제대로 연결되어 있는지 확인한다.
  - 일반 배기, 열 배기, 산 배기 등 구분 주의
- 5. Vacuum의 연결 상태를 확인한다.
  - (1) Wafer 고정 및 부압 컨트롤에 필요한 진공 연결에 대해 확인한다.
- 6. 장비 설치 장소와 주변 상태를 확인한다.
  - (1) 장비를 설치할 장소의 타공 상태가 제대로 되어 있는지 확인한다.
  - (2) 주변과 동선 상의 기타 장애물에 대한 상태를 확인한다.

② 주요 구성품의 상태를 확인한다.

- 1. PR coater의 상태를 확인한다.
  - (1) Wafer stage, 노즐, bowl 등 구성품의 외관 상태(파손 유무 등)를 확인한다.
  - (2) Spin 장치의 on/off를 확인한다.
- 2. Developer의 상태를 확인한다.
  - (1) Wafer stage, 노즐, bowl 등 구성품의 외관 상태(파손 유무 등)를 확인한다.
  - (2) Spin 장치의 on/off를 확인한다.
- 3. Bake plate의 상태를 확인한다.
  - (1) Bake plate 구성품의 외관 상태(파손 유무 등)를 확인한다.
  - (2) Bake plate의 on/off를 확인한다.
- 4. Cassette indexer의 상태를 확인한다.
  - (1) Cassette indexer의 외관 상태(파손 유무 등)를 확인한다.
- 5. Wafer transfer robot의 상태를 확인한다.

- (1) Arm을 포함한 robot의 외관 상태(파손 유무 등)를 확인한다.
- (2) Arm을 포함한 robot의 기본 작동을 확인한다.

## 3-2. Track 장비 set-up

### 학습 목표

- PR Coater부, Develop부, Cassette Indexer부, Wafer Transfer Robot 부 등의 주요 구성 부품을 구성하여 하드웨어적 으로 설치를 완료할 수 있다.
- PR별 특성을 이해하고, 구현하고자 하는 두께 등의 공정조건을 실현하기 위한 recipe를 구성하여 공정 진행 후, PR coating 및 develop 공정 결과에 대한 평가를 진행하고 수정 보완할 수 있다.

### 필요 지식 /

#### ① Track 장비의 종류와 구조

##### 1. Track 장비의 구성과 구조

###### (1) Track 장비의 주요 구성

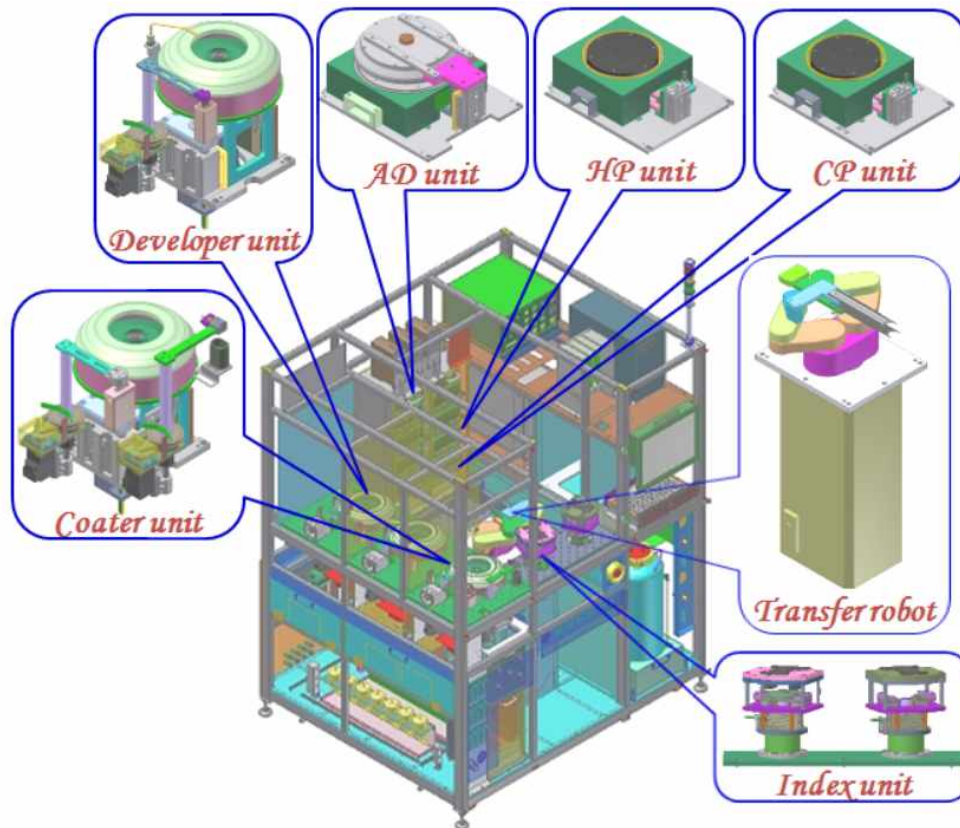
Track 장비는 wafer에 PR을 coating하는 기능과 노광이 끝난 wafer를 develop하여 PR pattern을 만들어내는 developing 기능을 가지고 있다. 이러한 기능을 위해 적절한 표면 처리와 PR, developer, remover, HMDS, DI water 및 기타 보조약액(BARC, TARC 등)을 dispense하고 처리할 수 있는 구성을 가지고 있다. 이러한 구성은 기능적으로 구분하면 PR coating과 develop 처리가 가능한 spin부, 열 처리가 가능한 hot plate로 이루어진 bake부, 약액과 DI water를 공급하는 filter와 노즐부, process wafer를 이송하고 수납하는 robot 및 indexer부가 있다.

###### (2) Track 장비의 주요 구조

Track 장비는 원래 wafer를 한 매씩 순서대로 처리할 수 있는 구조를 가지고 있었다. 즉, 공정 처리가 정해진 track을 따라 wafer가 한 매씩 이동하면서 진행되는 구조이다. 그러나 wafer가 대구경화 되고 생산성 향상과 공간 활용의 극대화를 위해 [그림 3-3]과 같이 robot을 이용한 wafer 배분으로 coating, developing 공정 처리가 가능한 장비로 대부분 교체되었다. 이러한 장비는 [그림 3-4]와 같이 spinning, baking, 냉각 처리부 및 wafer 배분을 위한 cassette indexer와 robotic arm으로 이루어져 coater/developer라 명명하고 있다.



출처:SVS홈페이지(n.d.).SVS.MSX 2000.[http://www.esvies.com/html/sub02\\_03.htm](http://www.esvies.com/html/sub02_03.htm).2015.10.15.  
[그림 3-3] Track 장비의 예(SVS MSX 2000)



출처: SVS홈페이지(n.d.).SVS MSX 2000.  
<http://esvies.tradekorea.com/product/detail/P496882/MSX2000,-Spin-Coater-Developer-System.html?minisiteprodgroupno>.2015.10.15.  
[그림 3-4] Coater/Developer Track 구조 및 구성의 예(SVS MSX 2000)

## ② Set-up 용어 이해

### 1. Grating marking

Grating은 클린룸의 바닥을 구성하는 판으로, 상부의 청정한 공기가 아래로 흐르면서 통과할 수 있도록 구멍이 뚫려 있다. Track 장비를 설치할 위치의 grating에 표시(marking)를 하고, cutting하여 장비 setting 위치를 정하는 작업이다.

## 2. Set & Leveling

Track 장비의 main body를 비롯하여 control cabinet, chemical cabinet 등을 setting 하고 수평을 잡는 작업이다.

## 3. 조립

Main body와 전장, 배관, power, utility를 연결하는 작업이다.

## 4. Teaching

주요 module들의 상호 작동과 wafer position 등이 정확히 이루어지는지 점검하는 작업이다.

## 5. Trouble shooting

주요 module들의 작동과 utility, chemical 공급 등을 점검하여 이상이 있을 경우 해결하는 작업이다.

# 수행 내용 / Track 장비 set-up 하기

---

## 재료·자료

- wafer, N<sub>2</sub> 가스, air, PCW(process cooling water)
- 장비 installation manual, 장비 operation manual
- 방진복, 방진화, glove, goggle, clean towel, clean paper, IPA, DI(de-ionized) water

## 기기(장비 · 공구)

- 각종 공구(tool box), calibration tool(수평계, 기압계, 온도계). jig tool

## 안전 · 유의 사항

- 노광 장비 사용 시 UV에 의한 눈과 피부 손상, 기계적 및 화학적으로 위험한 부분으로부터 신체를 보호할 수 있도록 한다.
- Robotic wafer handling 또는 기타 작동으로 발생할지 모르는 기계적 위험(mechanical hazard) 으로부터 신체를 보호할 수 있도록 하며, 비정상적 작동으로 위험이 감지되면 비상 정

지 스위치를 작동한다.

- 공동 작업자와의 커뮤니케이션을 명확하게 하고, 용어를 통일해서 혼란이 발생하지 않도록 해야 한다.
- 주변의 타 설비의 작업자와의 작업 공간 중복 및 상호 간 안전사고에 유의 한다.
- 공장 단위 안전관리 내용 및 안내방송 등의 긴급 통지 내용에 주의를 기울여야 한다.

## 수행 순서

### ① Track 장비 하드웨어의 set-up 작업을 수행한다.

1. 장소, 일정, 준비 사항, 실행 항목 등을 포함한 set-up 계획서를 작성한다.
2. 장비 반입에 맞추어 다음 순서에 따라 track 장비를 set-up한다.
  - (1) FAB에 설비를 안착할 위치를 정한다.
  - (2) FAB의 설비 위치 grating에 marking한다.
  - (3) Sub-FAB(공정실 아래 지하에 유틸리티가 설치되어 있는 공간)에서 작업 시 다른 작업자와의 충돌 방지 및 기타 같은 공간에서 장비 이설이 있을 경우를 확인하고, 주변 경계 및 사고 방지 조치를 취한다.
  - (4) Grating cut 작업을 진행한다.
  - (5) Set & Leveling을 진행한다.
  - (6) 조립을 실시한다.
  - (7) 공장 utility(전기, N2, air, PCW) hook-up 작업을 진행한다.
  - (8) Utility 작업이 끝나면 환경안전 감시자 입회 하에 하나씩 utility turn on을 한다.
3. Track 장비의 작동 검사를 실시한다.
  - (1) User interface의 프로그램 및 작동을 점검한다.
  - (2) Cassette indexer, interface, spin부, bake부, 노즐 position 등에 대해 wafer teaching을 실시한다.
  - (3) Chemical dispense 관련 각종 test를 실시한다.
  - (가) Filter를 점검하고 particle, dispense 등에 이상이 있으면 교환한다.
  - (나) Coater, remover, developer, HMDS, DI water에 대한 dispense 작동 여부와 양 조절 및 tip 이상 여부를 확인한다.
  - (4) Bake부의 온도 조절 이상 여부를 확인한다.
  - (5) Drain부의 drain 이상 유무와 tinner 공급을 확인한다.

- (6) Bowel의 설치 이상 여부를 확인한다.
- (7) 하우징 및 기타 주변 부위, utility의 공급 이상 유무, 압력 등에 대한 점검을 한다.
- (8) 설비 cleaning을 실시한다.

② Track 공정 작업을 통해 설비의 특성과 성능 평가를 수행한다.

1. Track 장비의 공정 검사를 실시하여 set-up을 완료한다.
  - (1) 설비 test running을 실시한다. 규정된 wafer 매수 또는 그 이상의 run을 연속 flow test를 실시한다.
  - (2) 공정 check를 실시한다. 온도, 시간, dispense의 양 등 target recipe에 따라 조정을 실시하여 정상적 가동을 보증한다.
2. 작업 진행 상황을 작업 진행 시트에 누락 없이 확인 및 체크한다.
3. Set-up 완료 보고서를 작성한다.



### 교수 방법

- Track 공정의 개념을 설명하고 이해도를 확인한다.
- Track 공정의 목적, 명칭과 순서, 사용 재료에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- Track 공정의 순서도를 이용하여 공정 명칭, 목적, 조건 등을 강의법으로 설명하여 track 공정의 개념을 이해하도록 한다.
- Track 공정의 순서와 목적을 공정별 사용 재료 및 공정 파라메타에 대해 교육 대상자들이 이해하고, 도표 등으로 설명하도록 한다.
- Track 장비의 유틸리티 종류 및 용도에 대하여 설명하고 이해도를 확인한다.
- Track 장비의 유틸리티 종류 및 용도에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- Track 장비의 구조도 또는 track 장비를 이용하여 구성과 작동을 유틸리티 종류 및 용도와 관련하여 강의법으로 설명한다.
- Track 장비의 유틸리티의 필요성 또는 공급에 이상이 생겼을 때 발생할 수 있는 상황을 교육 대상자들이 설명하도록 한다.
- Track 장비의 주요 구성품의 종류 및 용도에 대하여 설명하고 현장 지도를 실시한다.
- Spinning unit, bake unit 및 이송 unit에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- Track 장비의 구조도 또는 track 장비를 이용하여 주요 구성품의 명칭과 용도를 강의법으로 설명한다.
- Track 장비의 구성 모듈의 역할을 고려하여 웨이퍼의 동선을 track 장비 구조도에 교육 대상자들이 표시하도록 한다.
- Track 장비의 set-up 수행 과정(procedure)에 대하여 설명하고 현장 지도를 실시한다.
- Track 장비의 반입 절차에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- Track 장비 set-up 매뉴얼 혹은 관련 flow chart를 이용하여 set-up 절차와 유의 사항을 설명한다.

- 클린룸 환경과 track 장비의 특성을 감안한 set-up 절차의 주요사항, 유의 사항 등을 절차별로 정리하고 개선점에 대해 의견을 내도록 한다.
- Track 장비의 set-up 시 필요한 유틸리티의 주요 점검 사항에 대하여 설명하고 현장 지도를 실시한다.
- Track 장비 유틸리티의 특성과 용도에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- Track 장비 set-up 매뉴얼을 이용하여 강의실 또는 현장에서 유틸리티 연결 및 주요 점검사항을 설명한다.
- 유틸리티 체결 도면을 작성하고 주요 점검 사항을 체결 도면에 작성할 수 있도록 한다.
- Track 장비의 set-up 시 필요한 주요 구성품의 동작 과정 및 주요 점검 사항에 대하여 설명하고 현장에서 확인하도록 한다.
- Track 장비의 주요 구성품의 종류와 용도에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- Track 장비의 구성도와 set-up 매뉴얼을 활용하여 강의실 또는 현장에서 주요 점검 사항을 학습자에게 설명한다.
- Track 장비의 주요 구성품별 관련 주요 점검 사항들을 비교하여 차이점을 설명할 수 있도록 한다.
- Recipe 작성 방법 및 track 공정 진행 방법에 대하여 설명하고 현장 지도를 실시한다.
- Track 공정 recipe 작성을 위한 주요 파라메타에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- Track 장비의 구성도와 set-up 매뉴얼 또는 컴퓨터를 활용하여 강의실에서 recipe 작성법과 track 공정 진행방법을 강의하고 필요시 현장에서 보완 설명한다.
- 조건을 제시하고 track 공정 recipe를 작성해 보도록 한다.
- Track 공정 진행 완료 후 공정 평가 방법에 대하여 설명하고 현장 지도를 실시한다.
- Track 공정의 평가 항목에 대한 지식 보유 여부를 확인한다.
- 평가 항목 리스트와 실제 또는 가상의 track 공정 결과물을 이용하여 평가 방법 및 내용을 설명하고 부적합한 경우 수정/보완 point와 방법에 대해 설명한다.
- Track 공정 결과에 부적합한 경우 2~3가지의 원인을 찾고, set-up 수정/보완을 할 수 있도록 한다.

## 학습 방법

- Track 공정의 개념을 학습하고 학습 노트를 작성한다.
- Track 공정 명칭과 역할을 간단히 숙지한다.
- 교재 또는 반도체 공정 관련 서적을 통해 track 공정 순서와 관련 필수 용어를 정리한다.
- Track 장비, 구성 모듈, 사용 재료의 종류와 특성을 숙지한다.
- Track 장비 set-up 매뉴얼을 활용하여 track 장비의 유틸리티 종류 및 용도에 대하여 학습하고 공급 이상 시의 영향 등을 학습 노트에 정리하여 작성한다.
- Track 장비 set-up 매뉴얼을 활용하여 track 장비의 주요 구성품의 종류 및 용도에 대하여 학습하고 spin부, bake부 등의 주요 구성모듈에 대해서는 가능한 세부적인 구조와 특성을 알아보고 현장 실습을 통해 확인한다.
- Track 장비 set-up 매뉴얼을 활용하여 노광 장비의 set-up 수행을 위한 과정(procedure)을 chart로 제작하고 항목별 유의 사항을 기입하여 현장에서 확인 및 실습 시 활용한다.
- Track 장비 set-up 매뉴얼을 활용하여 track 장비의 set-up 시 필요한 유틸리티의 체결 도면을 작성하고 도면에 각 유틸리티의 용도와 특성을 정리하여 주요 점검 사항에 대하여 학습하고 현장 실습 시 활용한다.
- Track 장비 set-up 매뉴얼을 활용하여 track 장비의 구성도에서 주요 구성모듈을 표시하고 각 구성 모듈의 동작 과정 및 주요 점검 사항에 대하여 정리하여 현장 실습 시 활용한다.
- Track 장비 set-up 매뉴얼을 활용하여 가상의 recipe를 2~3가지 작성하여 그 의미를 정리한다.
- Track 장비 set-up 매뉴얼을 활용하여 'Track 공정 진행 완료 후 공정 평가 항목과 방법'에 대해 정리하고 가상의 recipe에서 부적합한 공정 결과를 적용하여 set-up 수정/보완하는 작업에 대하여 학습하고 현장 실습 시 활용한다.

## 학습 3      평    가

### 평가 준거

- 평가자는 학습자가 학습 목표를 성공적으로 달성하였는지를 평가해야 한다.
- 평가자는 다음 사항을 평가해야 한다.

학습 내용	학습 목표	성취수준		
		상	중	하
사전 준비	- PR Coater부, Developer부, Cassette Indexer부, Wafer Transfer Robot부 등 주요 구성 부품의 구성 및 동작 원리를 이해하고 조작할 수 있다.			
Track 장비 set-up	- PR Coater부, Developer부, Cassette Indexer부, Wafer Transfer Robot부 등의 주요 구성품을 구성하여 하드웨어적으로 설치를 완료할 수 있다.			
	- PR별 특성을 이해하고, 구현하고자 하는 두께 등의 공정 조건을 실현하기 위한 Recipe를 구성하여 공정 진행 후 PR Coating 및 Develop 공정 결과에 대한 평가를 진행 하고 수정 보완할 수 있다.			

### 평가 방법

- 서술형 시험

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
사전 준비	- Track 공정의 순서와 방법에 대한 이해			
	- Track 장비 유틸리티와 용도에 대한 이해			
	- Track 장비의 구성 부품의 역할과 핵심 재료에 대한 이해			
Track 장비 set-up	- 주요 구성 부품의 동작 원리 이해			
	- Track 장비 recipe 구성 능력과 공정 결과 해석 능력			

• 평가자 질문

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
사전 준비	- Track 장비 핵심 재료의 용도에 대한 이해			
	- 주요 구성 부품의 동작 원리 이해 및 조작 능력			
Track 장비 Set-up	- 공정 진행 결과에 대한 평가 및 수정, 보완 능력			

• 구두 발표

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
Track 장비 Set-up	- 주요 구성품의 운영 능력			

피드백

- 서술형 시험
  - 반도체 track 장비 공정의 순서, 방법, 의미 이해의 정도를 확인하여 부족한 점을 보완한다.
  - Track 장비의 구성 부품과 핵심 재료에 대한 이해의 정도를 확인하여 부족한 점을 보완한다.
  - Recipe 구성 상의 실수와 유의점을 확인한다.
- 평가자 질문
  - Track 장비 구성 부품의 동작 원리와 조작 방법에 대한 이해를 확인하여 부족한 점을 보완한다.
  - 온도와 시간 등의 공정 조건에 따른 결과의 변화에 대한 관련성을 확인한다.
- 구두 발표
  - Track 장비 set-up에 대한 종합적 지식, 기술, 태도를 확인한다.

학습 1	노광장비 set-up하기
학습 2	노광장비 유지·개선하기
학습 3	트랙장비 set-up하기
<b>학습 4</b>	<b>트랙장비 유지·개선하기</b>

## 4-1. Track 장비 유지·개선

### 학습 목표

- 장비의 주요 부품, 소재의 수명을 주기적으로 관리하여 최적의 공정 진행을 할 수 있다.
- 장비의 구성 부품의 동작 원리를 이해하여, 이상 상황 발생 시 문제를 해결할 수 있다.
- 장비의 운영 지침서를 작성하고, 주기적인 사전 예방 점검 항목 및 점검 방법을 이해하고, 사전 정비를 함으로써 최적화 상태를 유지할 수 있다.
- Track 장비의 고장 내역 및 PM 이력 관리를 할 수 있다.
- Track 장비 운영 설명서에 따라 세부 공정의 주요 매개변수를 관리하고, 공정 결과를 분석 장비를 이용하여 평가하고, 최적의 공정 조건을 얻을 수 있도록 recipe를 수정/보완 할 수 있다.

## 필요 지식 /

### ① 예방 및 점검의 이해

#### 1. PM(preventive maintenance)

장비의 성능을 유지시키고 고장의 발생을 사전에 방지하여 장비의 수명을 연장하고 생산성을 향상시키기 위해서 성능 점검, 부품 교체 및 수리, 청소 등을 실시하여 장비가 원하는 성능으로 가동될 수 있도록 하는 활동을 말한다.

PM은 주기적인 예방 점검 항목을 인지하고, 일정과 절차에 따라 실시하여 기준에 맞지 않는 사항이 있으면 고장 또는 이상 발생에 대한 조치를 취한다.

PM 일지를 작성하고 고장 또는 이상 발생에 대해서는 원인 분석, 영향 평가, 조치 사항 및 결과와 대책을 정리하여 보고한다.

#### 2. PM 개선활동(불합리 개선 및 변경)

PM 활동에 있어 항목, 실시 방법, 주기 등이 부적절하거나 비경제적이거나 기술적으로보다 나은 방법의 적용이 가능하거나, 기준의 변경 등으로 현행의 PM 방법을 수정할 필요성이

발생하면 변경 절차를 밟아 변경을 하도록 하는 것이 PM 활동을 하는 기술자의 의무이다.

### 3. 통계적 지식

PM 활동의 data를 축적하고 통계적으로 해석하여 이상 값과 추세 등을 진단하고 예측하며 보고를 통한 정보 공유를 하여 과학적이고 체계적인 장비 유지/개선이 될 수 있도록 한다.

## ② Track 장비의 PM 항목과 주기

### 1. Track 장비의 PM 항목 및과 주기

Track 장비의 성능 유지와 고장 방지를 위한 주요 PM 항목과 주기는 아래와 같다.

#### (1) Coater부 PM 항목과 주기

Coater는 PR, BARC, TARC 등의 물질을 wafer에 고속 회전으로 coating하는 기능을 담당한다. 온도, 습도, rpm에 따라 coating 특성이 달라진다. Coating 불량 방지를 위한 표면 처리, hot plate를 이용한 건조, 고속 회전 등을 하는 부위로 이루어져 있으며 아래와 같은 PM 항목들이 있다. PM 주기는 필요에 따라 변경할 수 있으며, 문제 발생 시 언제든지 관련 항목에 대한 점검에 들어간다.

(가) Soft bake 온도 : 월 1회 또는 이상 발생 시 thermometer로 값을 확인한다.

(나) TPR(thickness of PR) : 매일 또는 이상 발생 시 dummy wafer에 PR을 coating하고 두께 측정 장치(ellipsometer))를 이용하여 TPR 값을 확인한다.



출처: EllipsoTechnology 홈페이지. ELLi-SE(n.d.). <http://www.ellipsotech.com/Ellipsometer.html>. 2015.10.15.

[그림 4-1] Ellipsometer (TPR 또는 다른 박막의 두께를 측정하는 도구)

(다) TPR uniformity : 매일 또는 이상 발생 시 dummy wafer에 PR을 coating하여 값을 확인한다. TPR과 TPR uniformity에 이상이 있을 시는 RPM check, spin

program check 등을 통해 원인을 규명하도록 한다.

(라) Particle : 매일 또는 이상 발생 시 dummy wafer에 PR을 coating하여 측정 장비를 통해 값을 확인한다.

(마) 노즐 : 매일 또는 이상 발생 시 오염 여부와 각도, dispense 양 등을 확인한다.

(바) Filter : 월 1회 또는 이상 발생 시 점검한다. 신규 PR로 교체 시에는 함께 교체한다.

(사) Bowel cleaning : 매일 또는 이상 발생 시 실시한다.

(아) Drain : 주 1회 또는 이상 발생 시 점검을 실시한다.

(자) HMDS : 월 1회 또는 이상 발생 시 보충 또는 교체를 실시한다.

(차) Robot teaching : 월 1회 또는 이상 발생 시 점검 및 교정을 실시한다.

(카) ARM guide : 월 1회 또는 이상 발생 시 점검 및 교정을 실시한다.

## (2) Developer부 PM 항목과 주기

Developer는 노광된 PR의 pattern을 완성하기 위해 developer와 같은 다량의 약액을 사용하는 부위로서 아래와 같은 PM 항목들이 있다. PM 주기는 필요에 따라 변경할 수 있으며, 문제 발생 시 언제든지 관련 항목에 대한 점검에 들어간다.

(가) Hard bake 온도 : 월 1회 또는 이상 발생 시 dummy wafer에 PR을 coating하여 값을 확인한다.

(나) Particle : 매일 또는 이상 발생 시 dummy wafer에 PR을 coating하여 측정 장비를 통해 값을 확인한다.

(다) 노즐 : 매일 또는 이상 발생 시 오염 여부와 각도, dispense 양 등을 확인한다.

(라) Filter : 월 1회 또는 이상 발생 시 점검한다.

(마) Bowel cleaning : 매일 또는 이상 발생 시 실시한다.

(바) Drain : 매일 또는 이상 발생 시 점검을 실시한다.

(사) Robot teaching : 매월 또는 이상 발생 시 점검 및 교정을 실시한다.

(아) ARM guide : 매월 또는 이상 발생 시 점검 및 교정을 실시한다.



### 재료·자료

- dummy wafer, 아세톤, IPA, 신나, DI(de-ionized) water
- PM guide(manual), 장비 operation manual
- 방진복, 방진화, glove, goggle, clean towel, clean paper

### 기기(장비 · 공구)

- 노광기, defect 측정기, tool box, thermometer, RPM 계측기, TPR계측기(ellipsometer), jig tool, in-line SEM(CD-SEM)

### 안전 · 유의 사항

- PM 진행 상황을 체크리스트에 누락 없이 확인 및 체크를 해야 한다.
- 장비 PM은 반드시 장비 안전 보호구를 착용하고 작업을 진행해야 한다.
- sub FAB(공정실 아래 지하에 유틸리티가 설치되어 있는 공간)에서 작업 시 다른 작업자와의 충돌 방지 및 기타 같은 공간에서 장비 이설, 시설 보수 등이 있을 경우 주변을 경계해야 한다.

### 수행 순서

#### ① Track 장비 PM 작업을 수행한다.

##### 1. PM 작업을 준비한다.

- (1) PM 일정, 준비 사항, PM 항목 등을 포함한 PM 계획서를 확인하고 해당하는 PM 체크리스트를 준비한다.
- (2) PM 담당자는 PM 항목과 주기, PM 방법에 있어 불합리 사항에 대한 시정, 개선이 필요하다고 판단될 때에는 적절한 검증 절차를 거쳐 시정 및 개선한다.

##### 2. PM 체크리스트에 맞추어 다음 순서에 따라 coater부 PM을 실시한다.

- (1) Soft bake 온도 : thermometer를 이용하여 wafer 상에서 다수의 check point를 정하여 온도 uniformity를 측정한다. Plate부 오염 시에는 cleaning을 실시한다.
- (2) TPR : dummy wafer 1매를 coating하여 두께 값을 확인한다.
- (3) TPR uniformity : dummy wafer 1매를 coating하여 center에서 outside로 나가면서 두께 값을 확인한다.

- (4) Particle TPR : dummy wafer 1매를 coating하여 defect 측정 장비로 wafer 표면의 잔존물을 확인하고, particle수를 count한다.
  - (5) 노즐 : 노즐 tip의 오염물을 확인하고, 오염이 있으면 즉시 닦아낸다. 노즐의 각도와 기타 이상 유무도 확인한다.
  - (6) Filter : 월 단위로 이상 유무를 점검하고, 공정상 particle이 발생하거나 신규 PR이나 신규 보조물질 교체 시에는 filter를 교체한다.
  - (7) Bowel cleaning : 매일 교체하고 cleaning한다.
  - (8) Drain : spin부 내 신나 life time을 설정하여 관리한다. leak 유무도 점검한다.
  - (9) HMDS : 월 1회 또는 coating 불량 발생 시 분사 상황을 점검한다.
  - (10) Robot teaching : teaching jig를 사용하여 점검하고 이상이 있을 시 조정한다.
  - (11) ARM guide: teaching jig를 사용하여 점검하고 이상이 있을 시 조정한다.
3. PM 체크리스트에 맞추어 다음 순서에 따라 developer부 PM을 실시한다.
- (1) Hard bake 온도 : thermometer를 이용하여 wafer 상에서 다수의 check point를 정해 온도 uniformity를 측정한다. Plate부 오염 시에는 cleaning을 실시한다.
  - (2) Particle : dummy wafer 1매를 전면노광 후 develop 처리하여 defect 측정 장비로 wafer 표면의 잔존물을 확인하고, particle 수를 count한다.
  - (3) 노즐 : 노즐 tip의 오염물을 확인하고, 오염이 있으면 즉시 닦아낸다. 노즐의 각도와 기타 이상 유무도 확인한다.
  - (4) Filter : 월 단위로 이상 유무를 점검하고, 공정 particle이 발생하거나 신규 PR 혹은 신규 보조물질 교체 시에는 filter를 교체한다.
  - (5) Bowel cleaning : 매일 교체하고 cleaning한다.
  - (6) Drain : leak 유무를 확인한다.
  - (7) Robot teaching : teaching jig를 사용하여 점검하고 이상이 있을 시 조정한다.
  - (8) ARM Guide: Teaching Jig를 사용하여 점검하고 이상이 있을 시 조정한다.

## ② PM 결과 보고서를 작성한다.

1. PM 작업 수행이 완료되면 결과 보고서를 작성한다.
  - (1) 체크리스트 상의 data에 대한 누락, 오기 등을 확인한다.
  - (2) PM data의 통계적 처리와 부품 및 구성품의 사용 기간을 비롯한 장비의 이력 관리가 가능하도록 저장하고, PM 결과와 관련 내용 등을 내부 양식에 맞추어 정리하여

보고한다.

- (3) PM에 대해 불합리한 사항이 있다고 판단될 때에는 해당 사항의 개선 제안서를 작성하여 관련된 개선 활동의 추진 여부를 확인한다.

2. 고장 및 문제점 발생 시에는 해결 및 재발 방지를 위한 조치 활동을 실시한다.

Track 장비 유지/개선 담당자는 장비의 고장이나 문제점이 발생할 시, 이를 해결하기 위한 아래의 조치 사항을 실시한다.

- (1) 고장 및 문제 발생을 확인한다.
- (2) 고장 및 문제 발생의 원인을 분석한다.
- (3) 예상 원인 추출 및 대책을 수립한다.
- (4) 수립된 대책을 실시하여 고장 및 문제점에 대한 해결 여부를 확인한다.
- (5) 해당되는 제반 조치에 대한 검증을 실시한다.
- (6) 고장 및 문제점에 대해 재발 방지를 위한 예방 활동 방안을 수립한다.
- (7) 조치에 대한 결과 보고서를 작성한다.

### 교수 방법

- Track 장비의 예방 점검의 의미와 개념을 설명한다.
- Track 장비의 PM 항목에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- PM 항목과 관련 도면을 이용하여 PM을 통해 알아보고자 하는 사항을 이해시킨다.
- 교육 대상자가 PM 항목과 그 필요성에 대해 아는 대로 설명하게 한다.
- Track 장비의 구조와 주요 구성 부품에 대하여 설명한다.
- Spin부, bake부 등 track 장비의 구성에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- Track 장비의 구조도를 이용하여 주요 구성 부품을 설명하고 현장에서는 장비를 이용하여 주요 구성 부품을 설명한다.
- Track 장비의 구조와 주요 구성 부품에 관하여 도면, 사진 등으로 정리하게 한다.
- Track 장비의 PM 항목과 주기에 대하여 설명한다.
- Track 장비 PM 항목과 주기에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- PM 항목과 주기에 관한 용어를 제시하고 강의법으로 설명한다.
- PM 항목과 주기를 사진, 도면 등을 활용하여 정리하게 한다.
- Track 장비의 PM 및 유지/개선의 주요 점검 사항에 대하여 지도한다.
- PM 시 주요 점검 사항에 대한 지식 보유 수준을 확인한다.
- PM 매뉴얼을 이용하여 주요 점검 사항을 강의법으로 설명한다.
- PM 주요 점검 사항에 관한 세부 내용을 PM 항목과 주기를 정리한 자료에 보완하게 한다.
- Track 장비의 PM, 유지/개선 수행 과정(procedure)에 대하여 지도한다.
- PM 항목, 주기, 주요 점검 사항 등 PM에 관한 지식 보유 수준을 확인한다.
- PM 매뉴얼과 노광 장비를 이용하여 PM 항목별 점검 수행과정을 현장에서 시연하고 실시

하도록 한다.

- PM 항목별 수행 방법에 관해 정리하도록 하고, 실제 수행 과정에서 느낀 점을 작성하도록 한다.
- Track 장비의 고장 및 문제점 발생 시 조치 방법과 활동에 대하여 지도한다.
- Track 장비의 고장 및 문제점의 종류에 대한 지식 보유 여부를 확인한다.
- Track 장비 PM 매뉴얼을 이용하여 고장 및 문제 발생 시 조치 방법과 활동에 대해 설명하고, 현장에서 시연하고 실시하도록 한다.
- 고장 및 문제 발생 시 조치 방법과 활동에 대해 정리하도록 하고 실제 수행 과정에서 느낀 점을 작성하도록 한다.

## 학습 방법

- Track 장비의 PM 매뉴얼을 참고하여 PM 항목과 관련 도면 및 필요성을 정리한 학습 노트를 만든다.
- Track 장비의 PM 매뉴얼, set-up 매뉴얼 또는 장비를 이용하여 track 장비의 구조와 주요 구성 모듈에 대한 사진, 도면 등을 정리하여 학습 노트를 작성한다.
- PM 매뉴얼을 이용하여 track 장비의 PM 항목과 주기에 대하여 숙지하고 학습 노트에 정리한다.
- PM 매뉴얼을 이용하여 track 장비의 PM 및 유지/개선 주요 점검 사항에 대하여 학습노트에정리한다.
- PM 매뉴얼을 이용하여 track 장비의 PM, 유지/개선 수행 과정(procedure)을 이해한 후 멘토와 함께 현장 실습을 하고 관련 소감문을 작성한다.
- PM 매뉴얼을 이용하여 track 장비의 고장 및 문제점의 유형과 원인을 정리하고 발생 시 조치 방법과 활동에 대하여 학습하며, 멘토와 함께 현장 실습을 하고 관련 소감문을 작성한다.

## 학습 4 평 가

### 평가 준거

- 평가자는 학습자가 학습 목표를 성공적으로 달성하였는지를 평가해야 한다.
- 평가자는 다음 사항을 평가해야 한다.

학습 내용	학습 목표	성취수준		
		상	중	하
Track 장비 유자개선	- 장비의 주요 부품, 소재의 수명을 주기적으로 관리하여 최적의 공정 진행을 할 수 있다.			
	- 장비의 구성 부품의 동작 원리를 이해하여, 이상 상황 발생 시 문제를 해결할 수 있다.			
	- 장비의 운영 지침서를 작성하고, 주기적인 사전 예방 점검 항목 및 점검 방법을 이해하고, 사전 정비를 함으로써 최적화 상태를 유지할 수 있다.			
	- Track 장비의 고장 내역 및 PM 이력 관리를 할 수 있다.			
	- Track 장비 운영 설명서에 따라 세부 공정의 주요 매개변수를 관리하고, 공정 결과를 분석 장비를 이용하여 평가하고, 최적의 공정 조건을 얻을 수 있도록 recipe를 수정/보완 할 수 있다.			

### 평가 방법

- 서술형 시험

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
Track 장비 유자개선	- Track 장비의 PM 항목과 주기, 구성품별 사용 기간에 대한 이해			
	- Track 장비의 설치 및 운영 환경 조건에 대한 이해			
	- Track 장비 고장의 종류에 대한 이해			

• 평가자 질문

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
Track 장비 유자개선	- Track 장비의 PM 항목별 실시 능력			
	- Track 장비 PM의 불합리 파악 및 개선 활동 능력			
	- Track 장비 고장의 유형 및 문제 해결 능력			

• 구두 발표

학습 내용	평가 항목	성취수준		
		상	중	하
Track 장비 유자개선	- Track 장비의 고장 내역 및 history 관리 능력			
	- Track 장비의 세부 공정 key parameter에 대한 이해와 관리 능력			
	- Track 장비 고장의 유형 및 문제 해결능력			

피드백

- 서술형 시험
  - PM의 중요성과 불합리 개선에 대한 의미를 확인한다.
  - Track 공정의 일관성을 확보하기 위한 운영 환경조건 유지의 중요성을 확인한다.
- 평가자 질문
  - PM의 중요성과 불합리 개선에 대한 의미를 확인한다.
- 구두 발표
  - Track 장비 history 관리의 의미와 관련 정보 공유의 중요성을 강조한다.



- 권오철(2012). 반도체 신화를 쓰다. [http://www.ksia.or.kr/ebook\\_01/ecatalog.html?Dir.](http://www.ksia.or.kr/ebook_01/ecatalog.html?Dir.) 2015.10.15. 인출.
- 노동부, 산업인력관리공단 공개강의, 반도체 패턴형성 공정기술. <http://www.hrd.go.kr/EL/contents/045/01/index.htm>. 2015.10.12. 인출.
- 삼성반도체이야기(2012). 반도체 8대 공정 4탄. 웨이퍼에 한 폭의 세밀화를 그려넣는 포토공정 (Photo). <http://samsungsemiconstory.tistory.com/136>. 2015.10.12. 인출.
- Ellipso Technology(n.d.). “Elli-SE(Ellipsometer)” [http://www.ellipsotech.com/Ellipsometer\\_01.html](http://www.ellipsotech.com/Ellipsometer_01.html). Accessed 2015.10.15.
- SVS(Scientific Value Solutions Corp.)(작성일 불명). Products. [http://www.esvies.com/html/sub02\\_01.htm](http://www.esvies.com/html/sub02_01.htm). 2015.10.15. 인출.





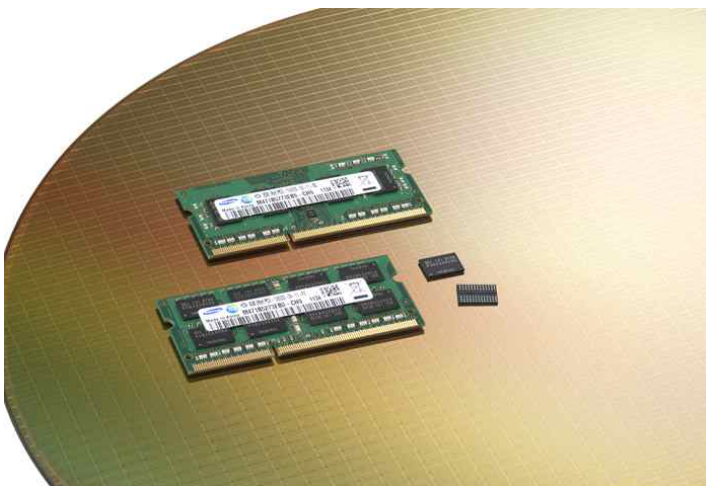
1. Photo 공정이 이루어지는 반도체 Fab 내부이다. PR의 광반응을 방지하기 위해 yellow 조명을 사용하는 것이 photo bay의 특징이다.



출처: 한국반도체산업협회(12.03.06.)반도체, 신화를 쓰다([http://www.ksia.or.kr/ebook\\_01/ecatalog.html?Di](http://www.ksia.or.kr/ebook_01/ecatalog.html?Di))에서 2015. 10. 15. 검색.

[부록 1] Photo 공정 중 반도체 FAB

2. PR 코팅, 노광, 현상을 비롯한 여러 반도체 공정을 거쳐 형성되는 wafer 상의 반도체 chip과 완성된 반도체 chip 및 모듈이다.



출처: [반도체 쉽게 알기 #4] 반도체는 어떻게 발전되어 왔을까요?(12. 04. 06). 삼성반도체 이야기(<http://samsungsemiconstory.com/28>)에서 2015. 10. 15. 검색.

[부록 2] 반도체 chip과 모듈

## NCS학습모듈 개발이력

발행일	2015년 12월 31일	
세분류명	반도체제조(19030602)	
개발기관	한국반도체산업협회, 한국직업능력연구원	
	김도영(울산과학대학교)*	김문호(씨지아이파트너스)
	김재승(GLG그룹)	김상용(한국폴리텍대학교)
	김진권(충북반도체고등학교)	김인기(충북반도체고등학교)
	김태룡(동서울대학교)	유광동(전 동부하이텍)
	박승창(㈜유오씨)	임준우(경남정보대학교)
	오데레사(청주대학교)	
집필진	오찬권(하이엔드테크놀로지㈜)	검토진
	유철휘(호서대학교)	
	이상희(동서울대학교)	
	이혁(㈜플렉스컴)	
	정재복(메이플테크)	
	최영준(한국기술교육대학교)	
	최재성(극동대학교)	*표시는 대표집필자임
발행일	2022년 12월 31일	
세분류명	Photo 장비 운영(LM1903060201_14v3)	
개발기관	수원과학대학교(개발책임자: 윤창용), 한국직업능력연구원	

## Photo 장비 운영(LM1903060201\_14v3)

저작권자	교육부
연구기관	한국직업능력연구원
발행일	2022. 12. 31.

※ 이 학습모듈은 자격기본법 시행령(제8조 국가직무능력표준의 활용)에 의거하여 개발하였으며, NCS통합포털사이트(<http://www.ncs.go.kr>)에서 다운로드할 수 있습니다.



[www.ncs.go.kr](http://www.ncs.go.kr)