

문 의	특허심사2국 반도체심사과	과 장 제송호 042-481-5950 사무관 심병로 042-481-5665
	배포 즉시 보도해 주시기 바랍니다.	

‘반도체 집적도(集積度) 향상 기술은 지금 변혁기’

- 액침 노광 방식 특허 출원은 줄고, 극자외선 노광 방식 특허 출원은 증가 -

반도체 회로 패턴 미세화에 핵심적으로 사용되는 노광 기술¹⁾이 액침 노광 방식²⁾에서 극자외선(EUV) 노광 방식³⁾으로 진화하고 있는 것으로 밝혀졌다.

반도체 칩의 집적도를 향상시키기 위해 그 회로 패턴을 미세화하는 기술은 반도체 웨이퍼⁴⁾ 처리량(throughput)⁵⁾ 제고에 필수불가결한 수단이며, 이러한 반도체 칩 회로 패턴의 미세화는 반도체 웨이퍼를 증착 공정, 노광 공정, 식각 공정, 확산 공정 등의 가공과정을 반복적으로 수행함으로써 얻게 되는데, 이 가공과정에서 노광 공정이 전체 회로 패턴 미세화에서 부가가치 기준 70% 이상을 차지하고 있다.

- 1) 노광 기술이란, 포토마스크를 통하여 광이나 전자선을 회로패턴이 형성되는 웨이퍼 상에 노출시키는 기술을 말함.
- 2) 액침 노광 방법이란, 노광 시 광의 굴절률을 높이기 위해 웨이퍼와 투영 광학 렌즈 사이에 물을 투입하여 실시하는 노광 방법을 말함.
- 3) 극자외선(EUV) 노광 방법이란, 광원으로 사용하는 극자외선을 거울로 반사시켜 마스크 상의 패턴을 웨이퍼로 전사(轉寫)하는 노광 방법을 말함.
- 4) 웨이퍼는 반도체 칩의 주재료로서, 주로 Si이나 GaAs를 사용함
- 5) 처리량(throughput)은 단위 시간 내에 처리할 수 있는 웨이퍼의 수량을 의미함.

노광 공정에서 반도체 회로 패턴의 미세화 방법으로는 투영 광학 렌즈를 이용한 액침 노광 방식(다중 노광⁶⁾ 포함)과, 반사 거울을 이용한 극자외선(EUV) 노광 방식이 있다.

액침 노광 방식에서 다중 노광인 경우, 현재 주로 회로 선폭이 10nm 정도 수준까지 패턴 미세화가 가능하다. 반면, 극자외선(EUV) 노광 방식은 다중 노광을 하지 않기 때문에 노광 횟수를 대폭 줄일 수 있다는 장점은 있으나, 아직 메모리 반도체를 충분히 양산할 수 있을 정도로 반도체 웨이퍼를 신속히 처리하지 못하는 단점이 있다.

특허청(청장 최동규)에 따르면, 2006년부터 2015년까지 국내에 출원된 액침 노광 방식 관련 특허출원은 2,680건이 있었고, 그 중 다중 노광을 이용하는 액침 노광 방식 관련 특허출원은 392건으로 나타났으며, 극자외선(EUV) 노광 관련 특허출원은 2,054건으로 나타났다. ([붙임 1] 참조)

조사기간(2006년~2015년) 중 액침 노광 방식 관련 특허출원은 연평균 17.2%씩 줄어들고 있는 반면, 극자외선(EUV) 노광 방식 관련 특허출원은, 2011년까지는 연평균 10.3%씩 증가세를 보이다가, 2012년부터 연평균 10.3%씩 감소하는 추세를 보이고 있지만, 전체적으로는 연평균 1.2%씩 증가한 것으로 나타났다. ([붙임 2] 참조)

액침 노광 방식 관련 특허출원 기업별 현황을 살펴보면, 니콘(일본, 1,025건, 38%), 후지필름(일본, 228건, 8%), ASML(네델란드, 217건, 8%), JSR(일본, 183건, 7%), 삼성전자 및 SK 하이닉스 등 국내기업(한국, 154건, 6%), 신에츠 화학(일본, 126건, 5%)의 순으로 나타났고, 그

6) 다중 노광 방식은, 선폭의 해상도를 높이기 위해 동일 층 노광 후, 계속해서 추가 노광을 행하는 방식으로, 현재 2중 및 4중 노광 방식에 의한 패턴 미세화가 가장 많이 진행되고 있음.

중 다중 노광 관련 특허출원은 SK 하이닉스(한국, 68건, 17%), 삼성전자(한국, 54건, 14%), 신에츠 화학(일본, 47건, 12%), ASML(네델란드, 34건, 9%) 등의 순으로 나타났다. ([붙임 3] 참조)

전체적으로 액침 노광 방식은 국내기업보다는 외국기업이 주도하고 있으나, 액침 노광 방식 중 다중 노광과 관련해서는 국내 기업이 주도하고 있음을 알 수 있다.

극자외선(EUV) 노광 방식 관련 기업별 특허출원 현황을 살펴보면, ASML(네델란드, 243건, 12%), 칼 자이스 에스엠티(독일, 189건, 9%), 후지필름(일본, 168건, 8%), 아사히 글라스(일본, 176건, 8%), SK 하이닉스(한국, 137건, 7%) 순으로 나타난바, 외국기업 위주로 특허출원이 되고 있음을 알 수 있다. ([붙임 4] 참조)

조사기간 동안의 전체 출원건수에 대한 국내기업 및 외국기업간의 특허출원 동향을 살펴보면, 액침 노광 방식의 경우, 국내기업과 외국기업은 연평균 1.1%와 16.2%의 감소세를 보였고, 극자외선 노광 방식의 경우, 국내기업은 2008년을 기점으로 특허출원이 줄다가 2012년부터 연평균 22.4%씩 증가하는 것으로 나타난 반면, 외국기업은 2011년을 기점으로 연평균 19.2%씩 감소하고 있는 것으로 나타났다. ([붙임 5] 참조)

특허청 제승호 반도체심사과장은 “반도체 회로 패턴 미세화 노광 기술이 액침 노광 방식에서 극자외선 노광 방식으로 출원 경향이 바뀌고 있는바, 국내기업들이 주로 다중 노광을 이용한 액침 노광 방식에 주력하고 있는 것으로 나타나고 있으나, 국내기업들도 극자외선(EUV) 노광 방식과 관련된 특허출원을 지속적으로 확대해야 향후 반도체 제조공정 분야에서 확실한 우위를 점할 수 있을 것”이라고 말했다.

[붙임 1] 액침 및 극자외선 노광 관련 특허 출원 현황('06~'15)

[붙임 2] 액침 및 극자외선 노광 관련 특허 출원 증감률 현황('06~'15)

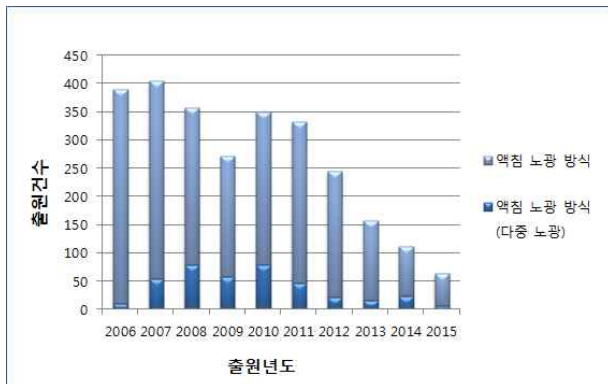
[붙임 3] 액침 노광 관련 특허 출원 기업별 현황('06~'15)

[붙임 4] 극자외선 노광 관련 특허 출원 기업별 현황('06~'15)

[붙임 5] 액침 노광 방식 및 극자외선 노광 방식에 대한 국내 기업과
외국기업의 특허 출원 현황('06~'15)

[참고자료]

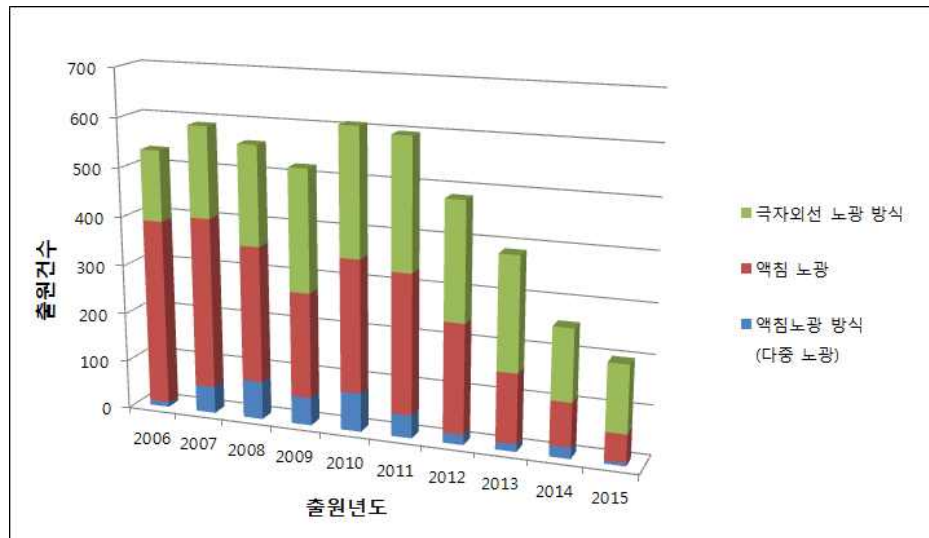
[붙임 1] 액침 및 극자외선 노광 관련 특허 출원 현황('06~'15)



액침 노광 방식(다중 노광 포함)



극자외선 노광 방식



조사기간 전체 출원건수 대비 각 노광 방식 출원건수

[붙임 2] 액침 및 극자외선 노광 관련 특허 출원 증감률 현황('06~'15)

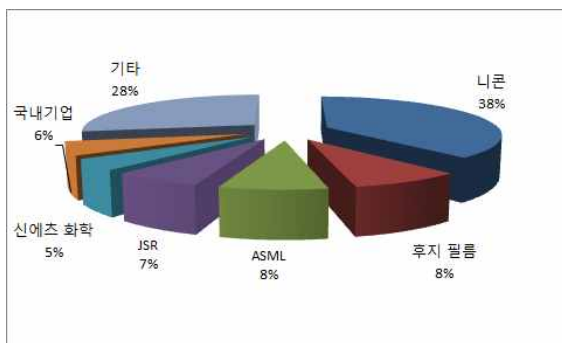
[액침 노광 관련 특허 증감률]

출원년도	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	계
출원건수	390	404	356	272	350	332	244	157	112	63	2,680
증감률(%)		3.6	-11.9	-23.6	28.7	-5.1	-26.5	-35.7	-40.2	-43.8	-17.2 (연평균)

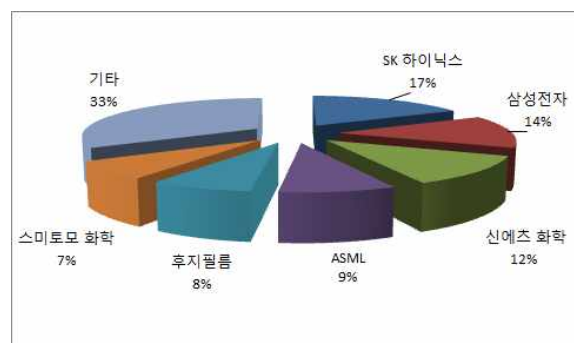
[극자외선(EUV) 노광 관련 특허 증감률]

출원년도	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	계
출원건수	144	185	203	248	259	265	239	230	145	136	2,054
증감률(%)		28.5	9.7	22.2	4.4	2.3	-9.8	-3.8	-37	-6.2	1.2 (연평균)

[붙임 3] 액침 노광 관련 특허 출원 기업별 현황('06~'15)

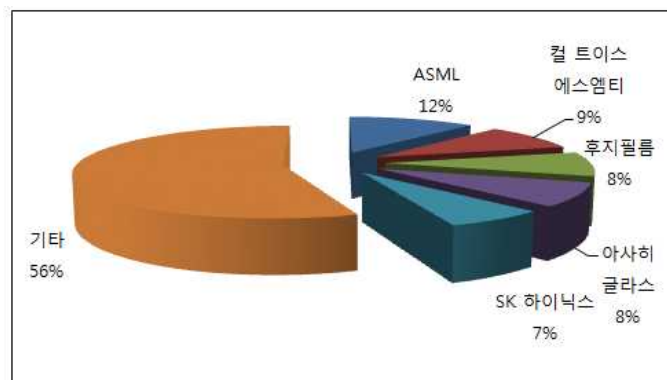


(액침 노광 관련)



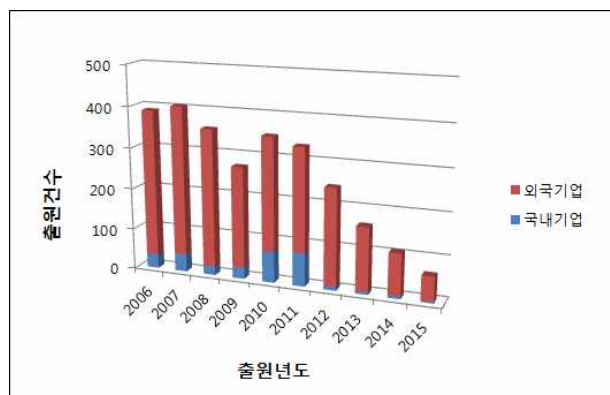
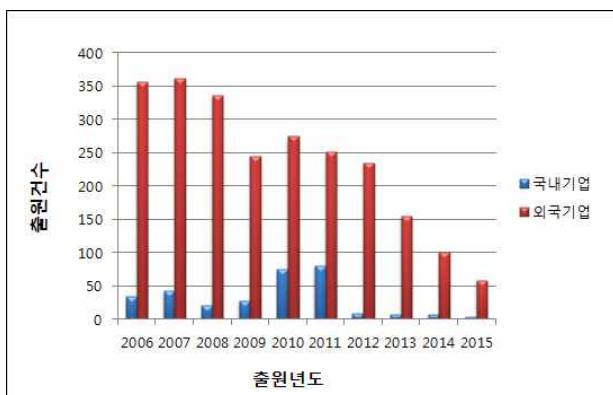
(다중 노광을 이용한 액침 노광 관련)

[붙임 4] 극자외선 노광 관련 특허 출원 기업별 현황 ('06~'15)

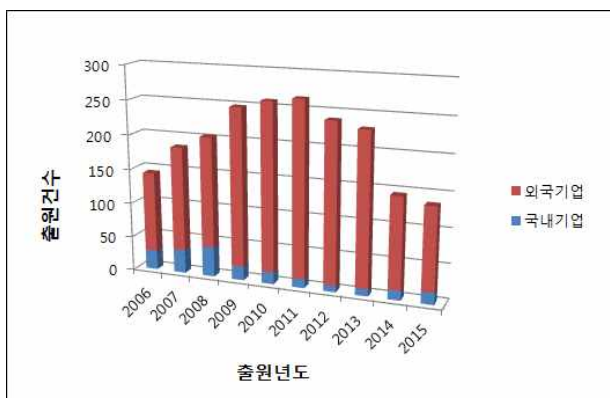
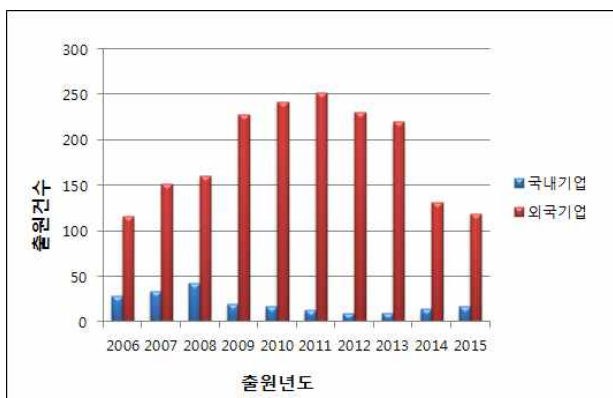


[붙임 5] 액침 노광 방식 및 극자외선 노광 방식에 대한 국내 기업과 외국기업의 특허 출원 현황('06~'15)

(액침 노광 방식)



(극자외선 노광 방식)

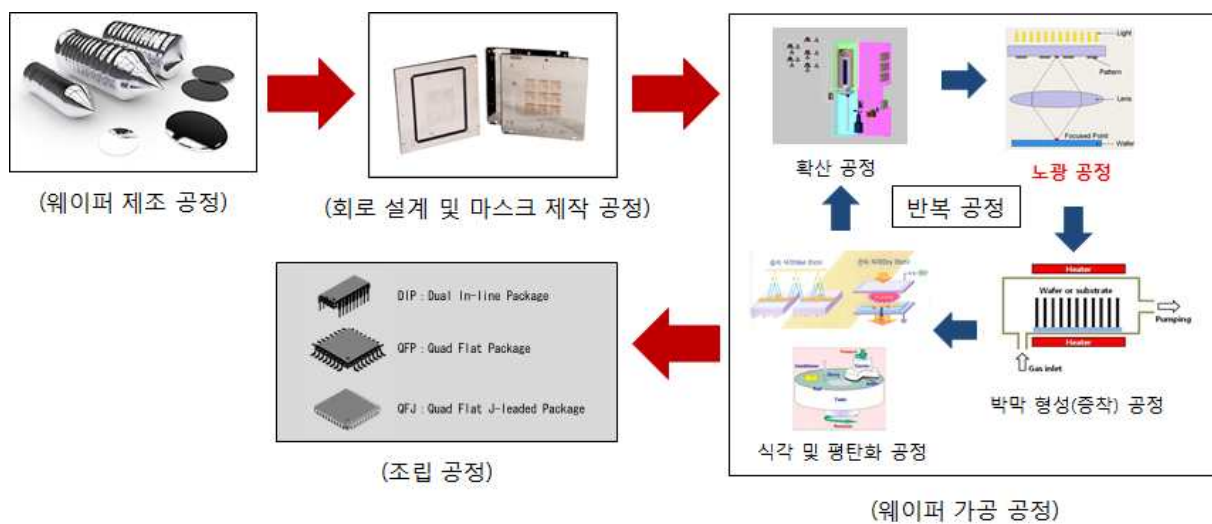


[참고자료]

□ 반도체 칩의 제조 공정

※ 제조 공정 순서

「웨이퍼 제조 공정 → 회로 설계 및 마스크 제조 공정 → 웨이퍼 가공 공정(확산 공정, **노광 공정**, 증착 공정, 식각 공정, 평탄화 공정) → 조립 공정」

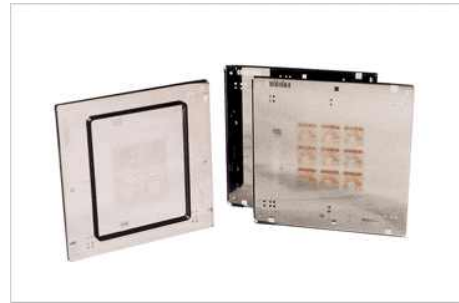
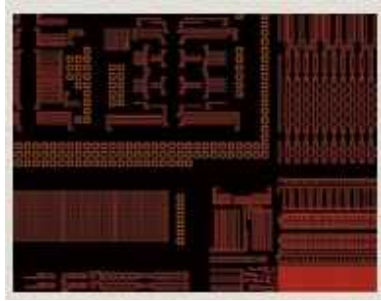


1. 웨이퍼 제조 공정



규소를 녹여 규소 봉(잉곳)을 만든 후 얇게 절단하여 웨이퍼를 만드는 공정

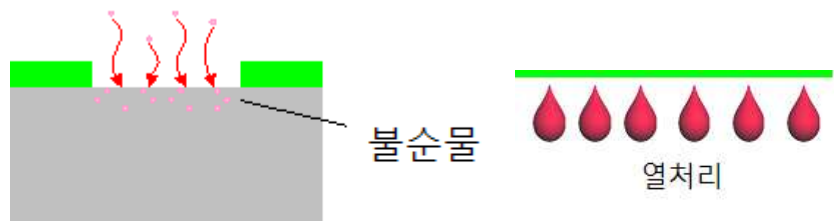
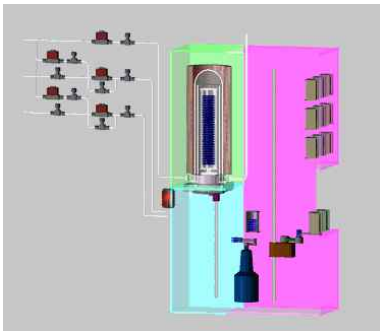
2. 회로 설계 및 마스크 제작 공정



주어진 공정 조건에 맞추어 제품의 특성을 구체화하여 회로를 설계하고, 그것을 기반으로 반도체 개발 및 생산을 위한 일종의 원판 필름을 만드는 공정

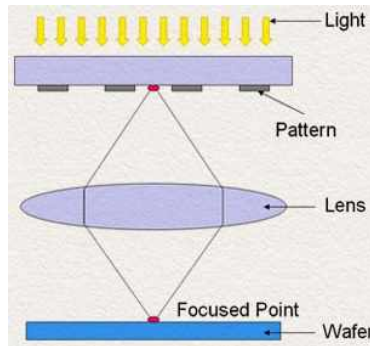
3. 웨이퍼 가공 공정

3-1 확산(Diffusion) 공정



웨이퍼에 산화막을 증착하고, 특정 불순물을 주입하여 반도체 소자 형성을 위한 특정 영역을 만드는 공정

3-2 노광(Lithography) 공정

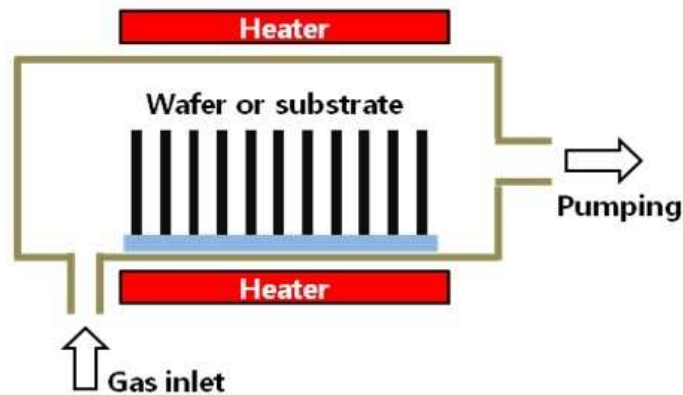


포토마스크(레티클)에 제작된 집적 회로 패턴을 웨이퍼로 옮기는 공정으로서, 광원으로부터 나온 광 또는 전자선과 같은 방사 에너지를 가진 빔을 이용해, 포토마스크 상에 새겨진 반도체 패턴 회로를 투과(액침 노광 방식) 또는 반사(극자외선 노광 방식)시켜 그것을 웨이퍼 상에 도포된 레지스트에 전사하는 방법이다. 통상, 반도체 회로 패턴 제작시에 반복적인 노광을 행할 시에는, 이전 노광으로 형성된 회로 패턴과 위치를 맞춘 정렬을 통하여 그 다음 노광을 실시한다.

노광 광원으로는, 포토레지스트의 감광을 위해 자외선을 이용하고 있으며, 최초 광원으로는 초고압 수은등을 이용하였으나, 패턴 미세화의 요구가 높아짐에 따라 현재는 엑시머 레이저와 같은 더욱 파장이 짧은 단파장 광원을 이용하고 있으며, 그 보다 훨씬 파장이 짧은 극자외광(Extreme Ultraviolet; EUV)을 이용하는 방법도 진행 중에 있다.

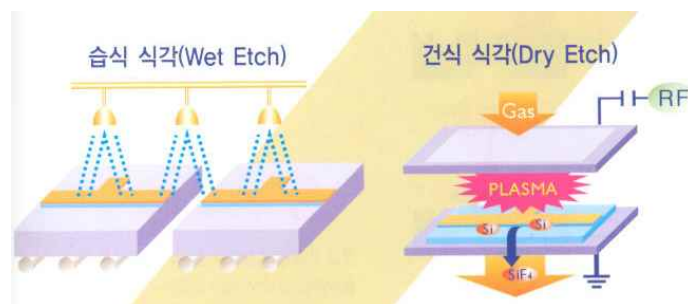
노광 방법에 있어서도, 초기에는 포토마스크와 웨이퍼를 밀착시키는 방법을 이용하였으나, 현재는 포토마스크와 웨이퍼 사이에 투영 광학계(projection optical system)를 두어 포토마스크 상의 회로 패턴의 배율을 축소시켜 웨이퍼 상의 레지스트로 투영시키는 방법을 채택하고 있으며, 패턴 미세화와 함께 투영 광학계와 웨이퍼 사이에 물을 투입시키는 액침 노광(immersion lithography) 방식으로까지 발전하여 왔다.

3-3 증착(Evaporation/Deposition) 공정



소자들을 상호 연결하거나 웨이퍼 표면의 보호를 위해, 절연막, 전극 배선막, 반도체막 등을 형성하는 것으로, 막 형성의 원리에 따라, 물리적 또는 화학적 방법이 있다.

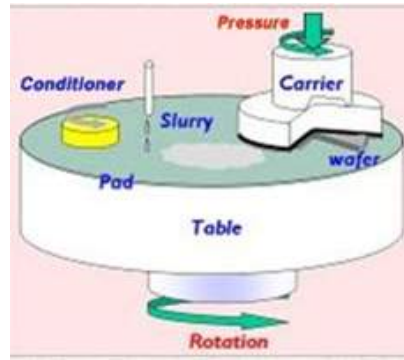
3-4 식각(Etching) 공정



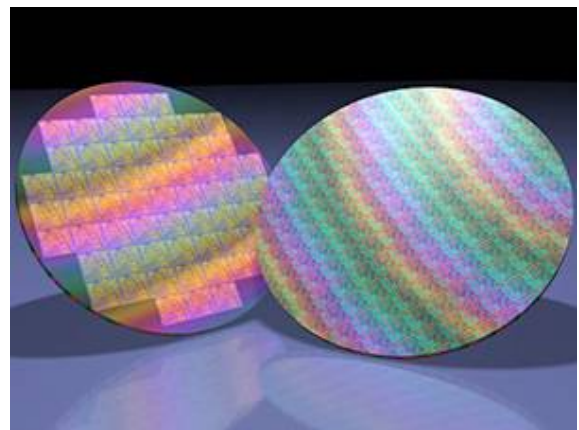
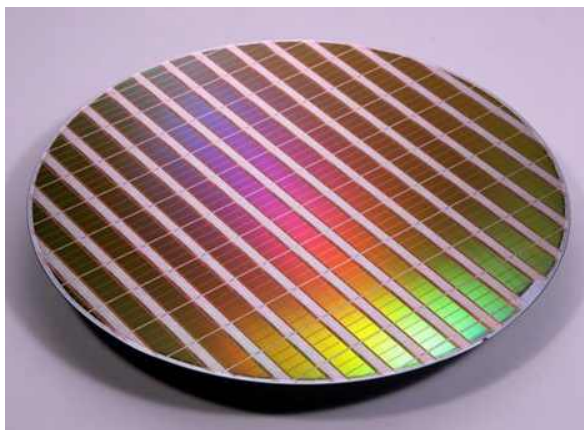
웨이퍼 또는 웨이퍼 표면에 형성된 박막의 전부 또는 특정 부위를 필요한 두께 만큼 깎아내는 공정

3-5 평탄화(Chemical Mechanical Polishing; CMP) 공정

화학 연마제를 이용한 화학 작용과 기계적 연마의 복합적인 작용을 통해 웨이퍼 표면상의 오목 볼록 부분을 제거하여 웨이퍼를 평탄화시키는 공정

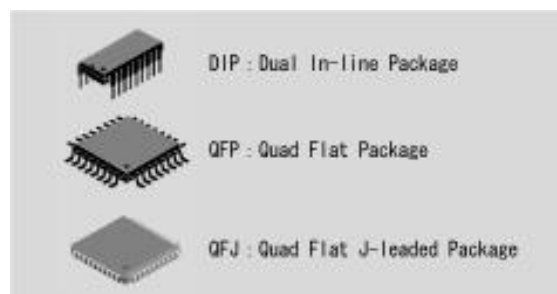


(CMP 공정을 끝으로 세정하여 가공 공정이 완료된 웨이퍼)



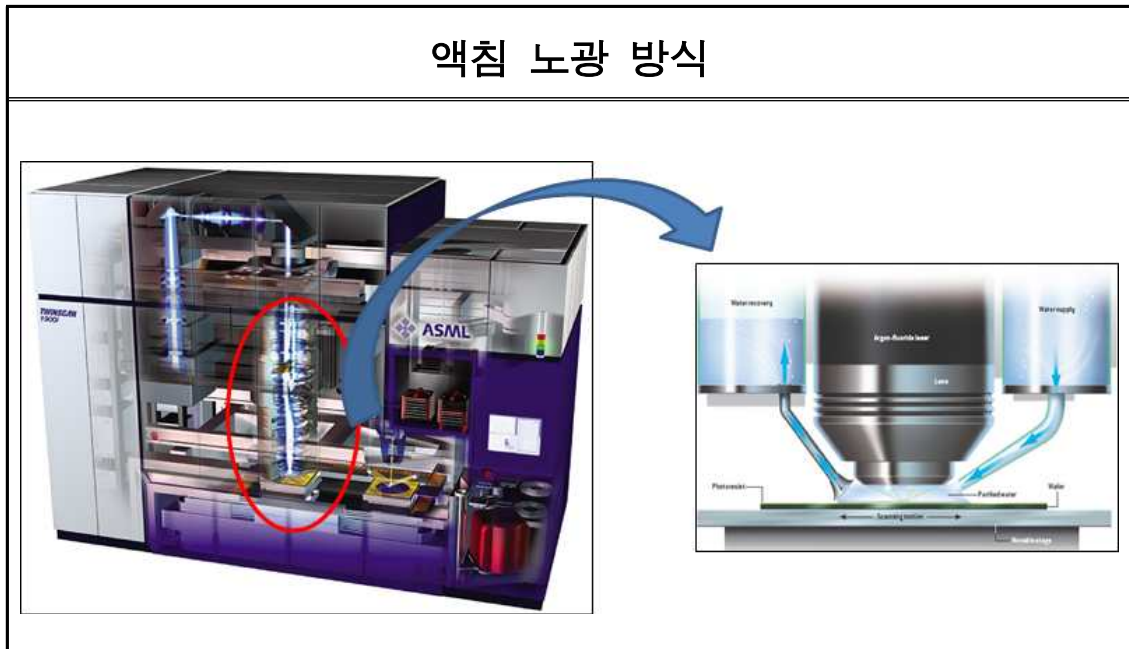
4. 조립 공정

반도체 집적회로가 형성된 칩(chip)을 보호하고, 또한 다른 부품들과 배치 및 접속을 위해 외부 도선을 가지는 용기로 감싸는 공정



(조립이 완료된 상태)

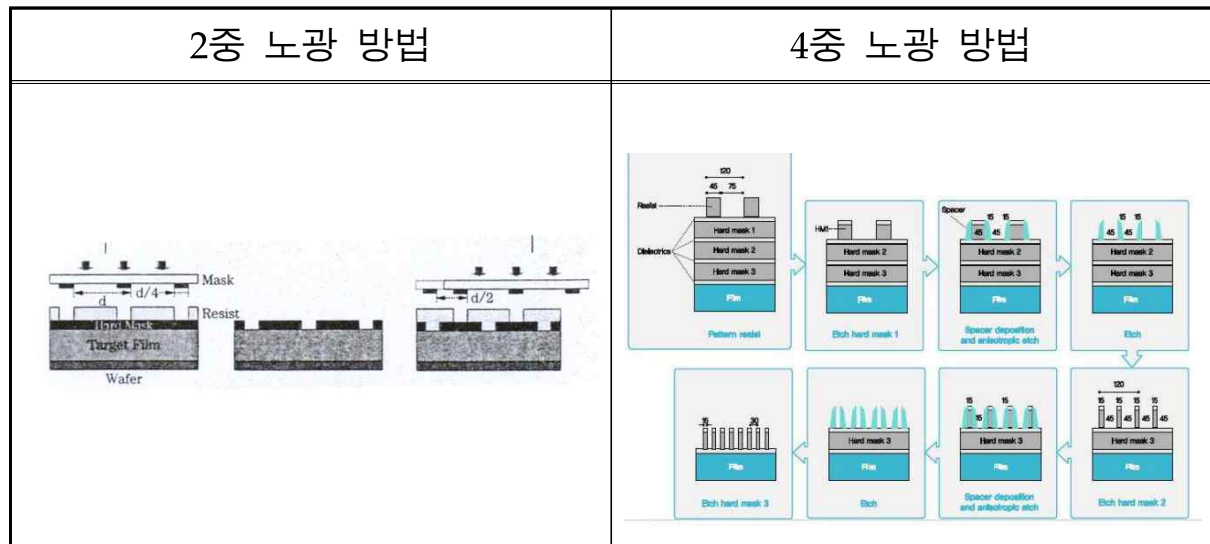
□ 액침 노광 방식



○ 액침 노광 방식은, 투영 렌즈의 최종면과 레지스트 사이를 액체(대체로 물을 사용)로 채우는 노광 방식으로, 액체의 굴절률(n)과 노광 파장(λ)과의 관계로부터 액체 중에서는 파장이 λ/n 이 되기 때문에, 해상도(resolution)가 향상되어 회로의 선폭을 줄일 수 있다. 일반적으로, 해상도는 λ/NA 의 관계를 가지고 있어, 공기($n=1.0$) 보다 굴절률이 큰 물($n=1.44$)을 사용함으로써 큰 렌즈 개구수(NA)을 얻음으로써 해상도를 높일 수 있는 것이다.

○ 광원으로는, 파장이 짧으면서 고출력을 얻을 수 있는 KrF(248nm), ArF(193nm), F₂(157nm) 등과 같은 기체 레이저를 사용하고 있고, 그 광원으로부터 나온 레이저 빔이 포토마스크 및 투영 광학계를 통과하여 웨이퍼 표면에 수직으로 입사하게 된다. 액침을 이용할 경우, ArF와 F₂의 파장은 웨이퍼 표면에서 134nm 및 115nm까지 짧아진다. 액침 방법으로는, 웨이퍼 표면의 오염을 방지하기 위하여 한쪽에서 물을 공급하고, 다른 한쪽에서는 그 물을 회수하는 형식을 취하고 있다.

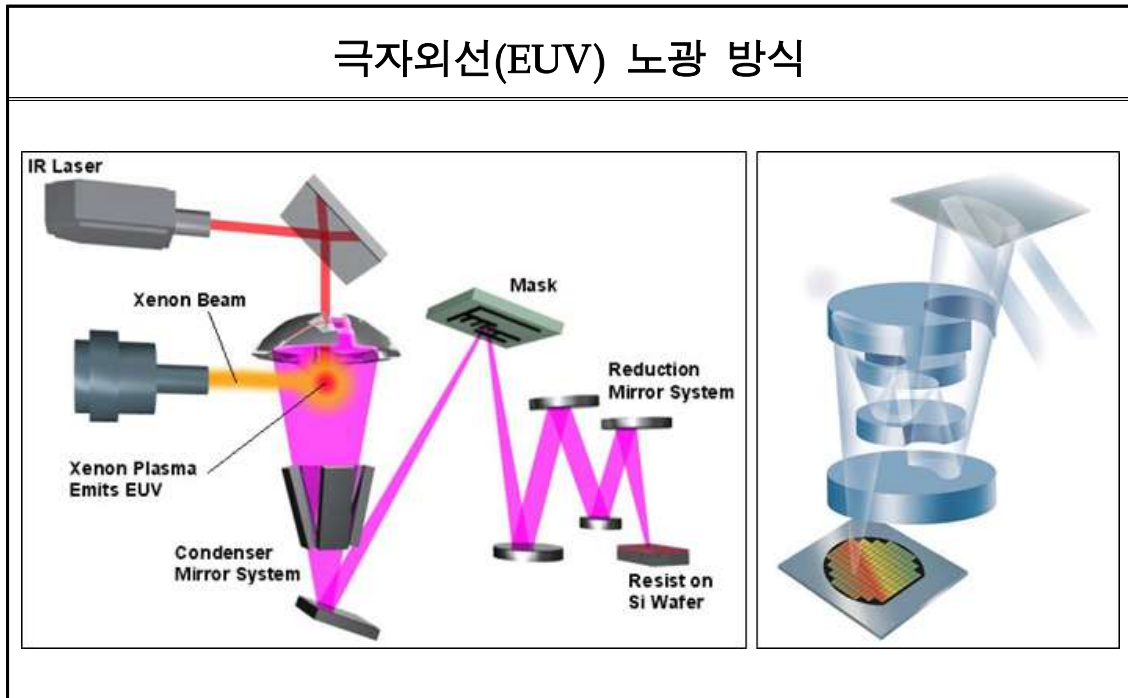
※ 다중 노광 방법 (액침 노광 방식)



○ 2중 노광 방법은, 단지 2회 노광을 행하는 것만으로 원하는 패턴을 얻는 방법으로, 오래전부터 실시되어 온 방법이다. 이는 1회 노광 후 패턴을 형성하고, 그 상태에서 마스크를 반 피치($d/2$) 정도 비켜나게 하여 다시 한 번 노광을 행하는 기술로서, 공정수가 증가하고 기판과의 배열 정밀도가 더욱 까다로워진다는 등의 과제는 있지만, 미세화를 위해 기존 노광 기술을 연명하는 하나의 수단이라고 할 수 있다.

○ 4중 노광 방법은, 기존 2중 노광 방법을 반복하는 것으로, 첫 번째 2중 노광 방법으로 회로 패턴을 형성 후, 두 번째 공정에서 회로 패턴사이에 또 다른 회로 패턴을 추가하는 방법이다. 이러한 기술은 기존의 노광 공정을 그대로 이용하여 구현할 수 있다는 점에서 극자외선(EUV) 노광 방식에 비해 생산효율이 좋을 수는 있지만, 10nm 이하의 미세 패턴도 형성할 수 있을지에 대해서는 의문이다. 4중 노광 방법 이상의 다중 노광 방법의 이용도 가능할 수는 있겠으나, 이는 공정이 복잡해져 원가 상승을 초래한다는 문제점을 가지고 있다.

□ 극자외선(Extreme Ultraviolet; EUV) 노광 방식



○ 극자외선(EUV) 노광 방식은, 노광 파장으로 13.5nm의 극자외선을 이용하는 노광 방식으로, 투영 광학계 대신에 거울 광학계(mirror optical system)를 사용하는 것이 가능하기 때문에, 패턴 미세화를 위해 종래 노광 방식의 연장선상에 있는 것이라고 할 수 있다. 게다가 노광 파장이 일반 ArF 액침 노광 파장에 비해 1/10 이하로 짧기 때문에 해상도를 상당히 높일 수 있다는 점에서 더욱 좁은 패턴 선폭을 얻을 수 있다.

○ 노광 방법은, 진공상태에서 레이저 또는 방전 광원을 이용해 플라스마를 생성시키고 거기서 방출되는 파장을 거울 광학계를 이용하여 반사시켜 포토마스크 상의 회로 패턴을 웨이퍼 상의 레지스트로 전사하는 방법을 취하고 있다. 아직, 기존 액침 노광 방식을 대신할 정도의 웨이퍼 처리량이 나오질 않아 국내기업의 사용은 없지만, 양산용으로의 실용화를 지원하기 위해 계속해서 최적화가 진행 중에 있다.