

1. ETCH 장치 ROADMAP
2. ETCH 장치 개요
 - 2-1 ETCH 장치 MAKER 기술동향
 - 2-2 ETCH 장치의 구성요소
 - 2-3 PLASMA SOURCE
3. ETCH 공정 ROADMAP
4. ETCH 공정 개요
 - 4-1 DRY ETCH / WET ETCH 개요
 - 4-2 PLASMA 원리
 - 4-3 ETCHING MECHANISM
 - 4-4 ETCH 공정 종류
5. ETCH 핵심 공정(기술)
 - 5-1 STI 공정
 - 5-2 SAC 공정
 - 5-3 POLYMER 제거 공정

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	특징	
DRAM(bits)	16M			64M			256M		1G	* THROUGHPUT * COO 확보 * 대구경화 대응 * 오염 및 POLYMER 제어	
Design Rule	0.35 μm			0.25 μm			0.18 μm				
Requirement	<ul style="list-style-type: none"> ● LOW DAMAGE ● LOW POLYMER ● HIGH DENSITY PLASMA 			<ul style="list-style-type: none"> ● COO 확보 ● THROUGHPUT ● FOOTPRINT 			<ul style="list-style-type: none"> ● CONTAMINATION FREE ● DAMAGE FREE 				
PLASMA SOURCE	'95 이전 (NON-BIAS TYPE) <ul style="list-style-type: none"> ● PLANAR / SPRP ● RIE / MERIE ● CDE ● ECR 				'95 이후 (BIAS TYPE) <ul style="list-style-type: none"> ● ICP/TCP/DPS ● ECR ● HELICON/HELICAL ● SWP/LEP/EBEP 					* HIGH DENSITY PLASMA * 저온화/저압화 * RF BIAS	
CHAMBER	QUARTZ → CERAMIC 1 PROCESS & POST CHAMBER CLUSTER화				DUAL CHAMBER 2 PROCESS & POST CH.		IN-SITU MONOTOR 4 CHAMBER 대응				* 耐 PLASMA性 MATERIAL * CLEAN주기 증대
CHUCK	MECHANICAL → ESC (UNIPOLAR)					BIPOLAR ESC(CERAMIC)					* ESC(BIPOLAR化)
CHILLER	<- 10°C ~ - 30°C					<- 60°C ~ - 80°C					* 저온화, 냉매
PUMP	MECHANICAL + BOOSTER → TURBO(BEARING) PUMP					자기부상식 PUMP					* 고용량, 저압화
반송, S/W	2 or 3축 ROBOT SECS 대응					DUAL ARM AGV / OHT 대응					* 자동화 대응

구분	MAKER	TEL		LAM	AMAT
MODEL	UNITY Di	UNITY DP	ALLIANCE 9100	CENTURA MxP	
PLASMA SOURCE	IEM (ION ENERGY MODULATION)	DRM (DIPOLE RING MAGETRON)	TCP (TRANSFERMER COUPLED PLASMA)	MERIE (MAGNETICALLY ENHANCED RIE)	
PLASMA DENSITY	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹⁰	
사용 주파수	TOP :27.12MHz BOTTOM :800KHz	32개 자장이용 BOTTOM POWER	TCP COIL (13.56MHz) BOTTOM :13.56MHz	13.56MHz 3SET MG 이용(회전)	
공정압력	수 ~ 수십 mTorr	수 ~ 수십 mTorr	수 mTorr	수 mTorr	
적용공정	SAC, CONTACT	SAC, CONTACT	SAC, CONTACT, VIA	SAC, CONTACT	
사용GAS	C ₄ F ₈ , O ₂ , CO	C ₄ F ₈ , O ₂ , CO	C ₂ F ₆ , C ₂ HF ₅ , CHF ₃	C ₂ F ₆ , CHF ₃ , CF ₄ , Ar, C ₄ F ₈ , CH ₃ F	
특징	CONTACT 저항 및 LIFETIME 우수	LIFE TIME 떨어짐	LIFE TIME 70~80%		
장치 VERSION	TE8500ATC UNITY DP		R4520XL	P-5200 (HDP)	
기술동향	HDP 장비 개발중		TCP 고수	HDP 개발중	

MAKER		LAM			AMAT		HITACHI
구분	MODEL	R4400/R4720	TCP 9400SE	TCP ALLIANCE	P5000/CENTURA MxP+	DPS POLY	M511(AE/SX), M611
PLASMA SOURCE	PLASMA	TCP(ICP)	TCP(ICP)	MERIE	ICP	ECR	
PLASMA DENSITY	10 ⁹	10 ¹¹	10 ¹¹	10 ¹⁰	10 ¹¹	10 ¹¹	
사용 주파수	TOP : 13.56MHz BOTTOM: 13.56MHz	COIL : 13.56MHz BOTTOM: 13.56MHz	←←	13.56MHz, 100GAUSS 3SET MG이용(회전)	12.56MHz 13.56MHz	μ WAVE+MAGNET(2.45GHz) 800KHz	
공정압력	수십mT ~ 수백mT	수mT ~ 수십mT	수mT ~ 수십mT	수십mT	수mT	수mT ~ 수십mT	
적용공정	TG / ETCHBACK	FG/FIN POLY/TG/SC1	FG/FIN POLY/TG/SC1	UG	FG/UG	FG/SN/TG/UG/ETCHBACK	
사용 GAS	POLY	SF ₆ , N ₂ , Cl ₂ , Ar, H ₂ , CF ₄	N ₂ , Cl ₂ , HBr, HeO ₂ , SF ₆	N ₂ , Cl ₂ , HBr, HeO ₂ , SF ₆	Cl ₂ , HBr, HeO ₂	Cl ₂ , HBr, HeO ₂	O ₂ , Cl ₂ , SF ₆ , (Ar, N ₂)
	WSi _x		N ₂ , Cl ₂	N ₂ , Cl ₂	HBr, SF ₆	N ₂ , Cl ₂ , O ₂	ASHING(CF ₄ , CHF ₃ , O ₂)
CHAMBER 수	1 CHAMBER	1+1 CHAMBER	4 CHAMBER 가능	3 CHAMBER	4 CHAMBER	1+1/2+2 CHAMBER	
특징	<ul style="list-style-type: none"> ME./ESC(R4720) W, CT E/B용으로 사용 TOP, BOTTOM 선택 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ESC(Bi-POLAR) MODULE화 BOTTOM GAS: (U/F개선) 고선택 POLY ETCH 가능 INSITU ASHING CHAMBER SHADOW CLAMP 	<ul style="list-style-type: none"> DIELECTRIC WINDOW (상부) WITHDRAW~MAINT 간편 HEATED LINER 200°C WSi_x/POLY ETCH 동시진행 	<ul style="list-style-type: none"> ME./MONO-POLAR ESC ION ENERGY & DENSITY의 독립 제어가 가능 SV 301 CVB 	<ul style="list-style-type: none"> UNIBODY CHAMBER CHAMBER LINER DIFFUSION PLASMA SHIELD WSi_x/POLY ETCH 동시진행 STI 공정진행가능 	<ul style="list-style-type: none"> ESC COIL 3단계 TRANSFER 신뢰성 향상 CHAMBER WALL HEATING CHAMBER ANODIZING 	
향후기술동향	•E/B ALLIANCE 化	•ALLIANCE 化	•TCP 고수	•DPS 化	•DPS 지속	•SLANTED SLOT PLATE •MULTI-CHAMBER	

MAKER	LAM		AMAT		HITACHI
구분 MODEL	TCP9600	RAINBOW4720	CENTURA MxP	CENTURA DPS	M501AWE
PLASMA SOURCE	TCP(TRANSFORMER COUPLED PLASMA) MICROWAVESOURCE(ASH)	SPRP(SPLIT POWER, REVERSE PHASE) ←	MERIE(MAGNETICALLY ENHANCED RIE) ←	DPS(DECOUPLED PLASMA SOURCE) ←	ECR(ELECTRON CYCLOTRON RESONANCE) ←
PLASMA DENSITY	10 ¹¹	10 ⁸	10 ¹⁰	10 ¹¹	10 ¹³
사용 주파수	TOP COIL: 13.56MHz BOTTOM : 13.56MHz	TOP : 400KHz BOTTOM : 400KHz	BOTTOM : 13.56MHz	TOP : 2 MHz BOTTOM : 13.56MHz	TOP : 2.45GHz BOTTOM : 400KHz
공정압력	수 ~ 수십 mTorr	20 ~ 250 mTorr	수십 ~ 수백 mTorr	수십 mTorr	수 mTorr
적용공정	ARC/AI(W)/BARRIER ASHING	TUNGSTEN ETCH BACK	ARC/AI(W)/BARRIER ASHING	← ←	← ←
사용GAS	BCl ₃ /Cl ₂ /N ₂ Cl ₂ /HCl/N ₂ CF ₄ /N ₂ /O ₂ (ASH)	SF ₆ /Ar/O ₂	BCl ₃ /Cl ₂ /N ₂ /SF ₆ /O ₂ N ₂ /O ₂ /H ₂ O/CF ₄ (ASH)	BCl ₃ /Cl ₂ ←	BCl ₃ /Cl ₂ /N ₂ /SF ₆ *SF ₆ /C ₄ F ₈ (PATTERNED W) CF ₄ /N ₂ /O ₂ (ASH)
장비 VERSION	TCP9600(1992) TCP9600SE(1995) TCP9600SEALLIANCE(1995) ALLIANCE HIGH FLOW(1997)	RAINBOW4720(1995) RAINBOW4720XL(1997) RAINBOW4720XL -ALLIANCE(1997)	P5000 MARK-11(1991) P5000 MxP(1994) CENTURA5200 MxP+(1994)	CENTURA5200 DPS(1996)	M308AT/M308ATW M501 M600 M700
특징	MULTI-CHAMBER 대응키 위한 ALLIANCE 개발(4 PROCESS CHAMBER)		초기부터 MULTI-CHAMBER(2AI/ 2ASP) 임 0.35μm 이하는 DPS로 대응		
기술동향	TCP 고수		DPS/HDP 개발		SLAN 개발중

구성요소	장치에서의 기능	비 고
PUMP	<ul style="list-style-type: none"> FILM을 식각하기 위한 고진공 상태를 만들고 유지하는 기능 	
RF GENERATOR	<ul style="list-style-type: none"> PROCESS CHAMBER내로 주입된 GAS에 POWER를 인가하여 PLASMA를 형성하여주는 SOURCE. 	
CHILLER	<ul style="list-style-type: none"> ETCHING 도중에 발생하는 열을 냉각시켜 FILM 식각의 균일도 및 DAMAGE를 감소시키는 기능 	HEAT CYCLE 방지
PROCESS CHAMBER	<ul style="list-style-type: none"> 일반적으로 FILM 식각이 행해지는 반응실로 이곳에는 일정 압력이 유지되고, PLASMA에 의한 GAS들의 반응이 이루어지고 반응생성물이 배기 LINE을 통하여 배출되는 곳임. 	반응생성물의 이물화 조절이 필요함
GAS BOX	<ul style="list-style-type: none"> 식각에 필요한 GAS의 유량을 조절시키는 MFC 장치가 있고 여기서 GAS를 분배한다. 	
MAIN CONTROLLER	<ul style="list-style-type: none"> 식각에 필요한 모든 장치를 통제하는 곳으로 인체의 두뇌에 해당함. 	

1. 진공이란?

일정 공간내의 공기분자를 대기압 이하로 제거한 상태.

2. 진공용기

일정한 부피의 공기와 다른 기체들이 제거된 공간.

3. 압력이란?

일정한 면적에 가해지는 힘.

진공과 압력은 동일한 개념으로 볼수 있다.

$$P = \frac{F \text{ (힘의세기)}}{A \text{ (단위면적)}}$$

4. 반도체에서 진공이 필요한 이유?

불순물과 기타 공기 분자를 제거하여 순수한 반응을 통해 원하는 공정을 얻을수있고, 생산성을 좋게하기 위해 사용.

5. 진공의 단위

1ATM(Atmosphere)=760mmHg=760Torr=14.7psi(pounds per square inch)=1013mbar
=1.0332Kg/cm²=101.3KPa

6. 진공의 응용 분야

응용 분야	적용 내역
전기, 전자 공업	진공 증착, 건조, 열처리
반도체 공업	반도체 레이저, IC 제조, 이온 주입
광학 공업	분광기, 전자 현미경, 렌즈 코팅, 반사경
자동차 공업	증착, 열처리
과학 기기	입자가속기, 질량분석기, 저온장치, 원자력장치, 융합장치, 표면분석
화학 공업	정유, 증류, 동결건조
의약품 공업	동결건조, 살균
항공, 우주	스페이스 챔버(CHAMBER)
세라믹 공업	소결, 코팅
원자력 공업	우라늄 농축, 핵융합, 연료건조
식품 공업	진공포장, 동결건조
기 타	공구 코팅, 장식품 코팅

7. 분압(Partial Pressure)이란?

혼합기체의 전체압력은 혼합물속에 있는 개별 기체 압력들의 각각의 합계 (Dalton의 분압법칙)임, 즉, 혼합물 속에 있는 개개의 기체압력.

8. 증기압: 증기압은 온도에 따라 변하며 온도가 낮을수록 증기압도 낮아지는데 다른 물질도 마찬가지다, 물은 많은 양의 기체로서 공기중에 존재하기 때문에 특별한 주의가 요구되며, 진공 시스템에서 제거하기가 어렵다.

(고진공 펌프오일은 휘발성이 가장 적으며, 증발하는데 가장 긴 시간이 필요함)

9. 기체의 흐름(Gas Flow)

① 점성 유동(Viscous flow): 기체 분자들이 유체같이 움직임.

분자의 움직임을 예견할 수 있다.

② 분자 유동(Molecular flow): 분자들이 아주 멀리 떨어져 있어서 분자들이 상호영향을 미칠수 없을때 일어남.

※ 평균자유행정(MFP; Mean Free Path)

한 입자가 다른 입자와 충돌하기 전까지 이동한 평균거리

10. 컨덕턴스: 주어진 시간동안 기체를 통과 시킬수 있는 파이프의 능력($C=V/t$)

단위는, 매초당 통과 시킬수 있는 용량. $l / \text{sec}, \text{ft}^3/\text{min}, \text{m}^3/\text{hour}$

11. 보일의 법칙: $V_1 P_1 = V_2 P_2$ 샤를의 법칙: $V_1 / T_1 = V_2 / T_2$

12. 진공배기용량: $Q = PV/t$, $Q = PS$. torr-liters/second, pascal-liters/second

압력이 감소하면 진공배기용량도 감소한다. 이것은 배기속도가 일정하더라도 적용되며, 진공배기용량은 단위 체적당 분자들이기 때문에 분자들을 제거하는 것이 점점더 어려워진다는 것을 나타냄.

진공 펌프의 종류

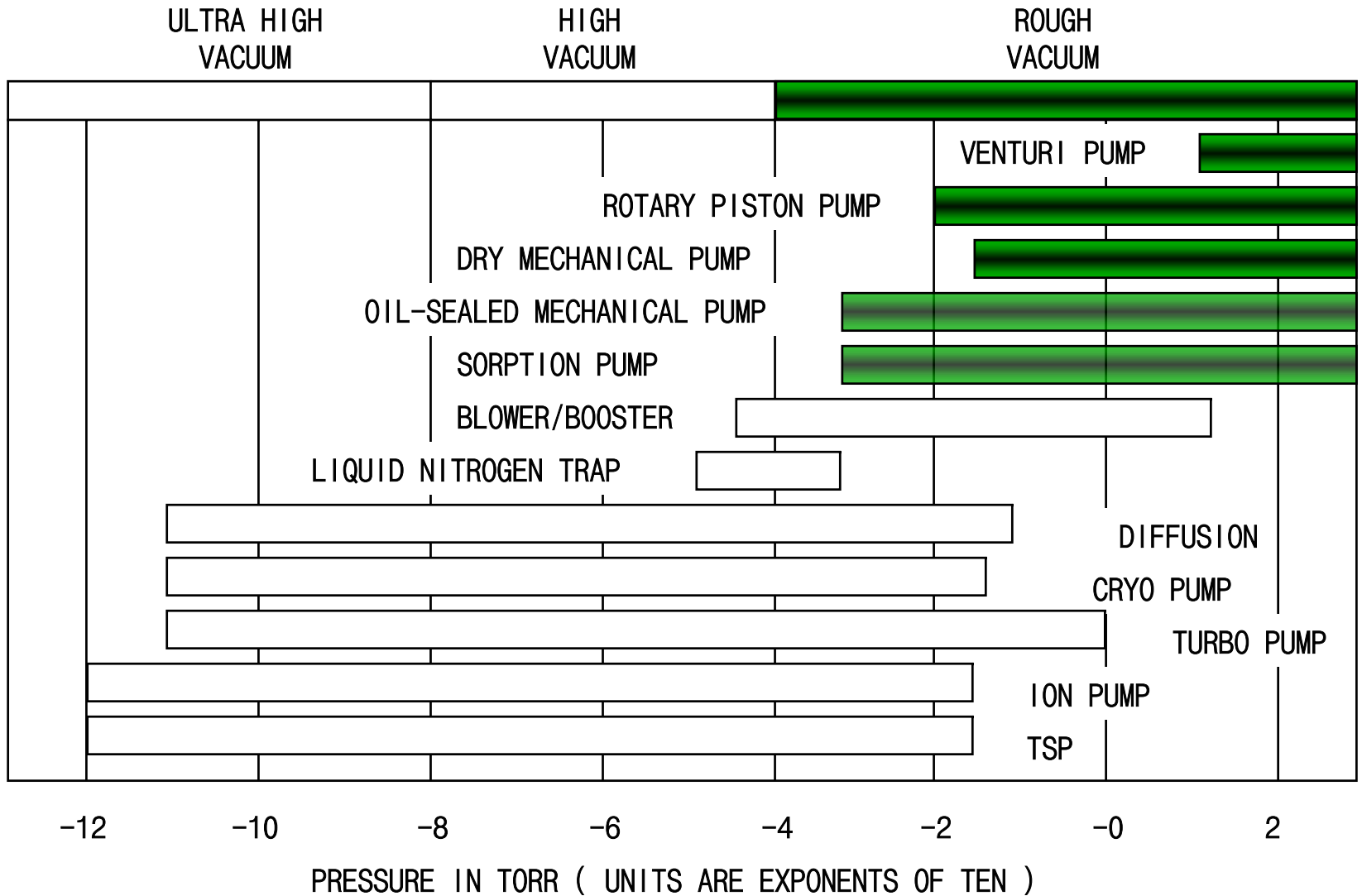
진공의 영역 및 진공 펌프의 사용

진공영역	펌프 종류	비 고
저진공 (Rough Vacuum Pump)	<ul style="list-style-type: none"> • 오일 회전 펌프(Rotary Vane, Oil-Sealed Mechanical Pump) • 드라이 펌프(Dry Pump) • 부스터 펌프(Blower/Booster/roots Pump) • 흡선 펌프(Sorption Pump) • 벤츄리 펌프(Venturi Pump) 	760torr ~ 1×10 ⁻³ torr
고진공 (High Vacuum Pump)	<ul style="list-style-type: none"> • 확산 펌프(Diffusion Pump; Oil Diffusion) • 터보분자펌프(Turbomolecular Pump:TMP) • 크라이오 펌프(Cryo Pump; Cryotrap and Baffles Mechanical cryo pump) 	1×10 ⁻³ torr ~ 1×10 ⁻⁸ torr
초고진공 (Ultra High Vacuum Pump)	<ul style="list-style-type: none"> • 이온 펌프(Ion Pump): Photo에서 사용 <ul style="list-style-type: none"> - Titanium sublimation pump(TSP) - Non evaporable getter pump(NEG) 	1×10 ⁻⁸ torr 이하

펌프의 종류 및 동작 설명

1. 오일 회전 펌프: 기체를 대기압보다 약간 높은 지점까지 압축함으로 기체를 방출시킴.
오일은 오염물질을 제거하기 위해 정제 되어져야한다.
2. 드라이 펌프: 펌프내 진공 장비에 직접 노출되는 밀폐액이나 윤활액이 없음.
기름오염을 최소화시킨 청결한 진공 제공.
3. 부스터 펌프: 낮은 압축의 펌프로 높은 진공배기용량(Throughput)를 갖는다.
항상 기계적 펌프 뒤에 위치.
4. 확산 펌프: 대기상태에서 작동하지 않으며, 기계적 펌프가 대부분의 공기를 제거한후 10^{-3} Torr에서 작동. 크고, 무거운 고속 오일증기 분자들이 기체분자들과 부딪칠때, 기체들의 실질적인 배기가 이루어진다. 기체분자들은 아래로 부딪치고 증기제트 흐름의 움직임에 의해 압축됨.
5. 터보분자 펌프: 매우 청결한 기계적 압축 펌프(5×10^{-10} Torr)
금속 gasket과 진공 시스템의 부드러운 베이크 아웃이 필요
(주로 회전판과 고정된 원반들로 구성됨: 각각 Rotor와 Stator로 불리움)
6. 크라이오 펌프: 냉각수가 대기중으로 방출되지 않는 페루프 냉장 시스템
Cryogenic pumping은 매우 차가운 표면에서 가스나 증기를 동결시켜 진공시스템 외부로 방출하는 작업으로서 오일을 사용하는 Diffusion pump에 비해 매우 청정한 펌핑 작업이 이루어진다. Cryopump는 내부 온도를 10 K(-263°C) 이하로 낮추기 위해 기체 헬륨을 사용하는 Closed-loop refrigerator와 같다.
7. 이온 펌프: 고전압 전원에 두 전극을 연결시킴으로서 만들수 있으며, 전자는 음극에서 양극으로 흐르는데, 이전류 흐름의 매개체는 음극과 양극사이에서 만들어지는 이온이다. 양이온은 음극으로 가속되고 음극물질에 붙는 똑같은 힘으로써 음극에 충돌하고 나서 배기된다.
이온 펌프 역시 기체를 잡아두는 펌프. 10^{-11} Torr 범위의 압력을 얻음.

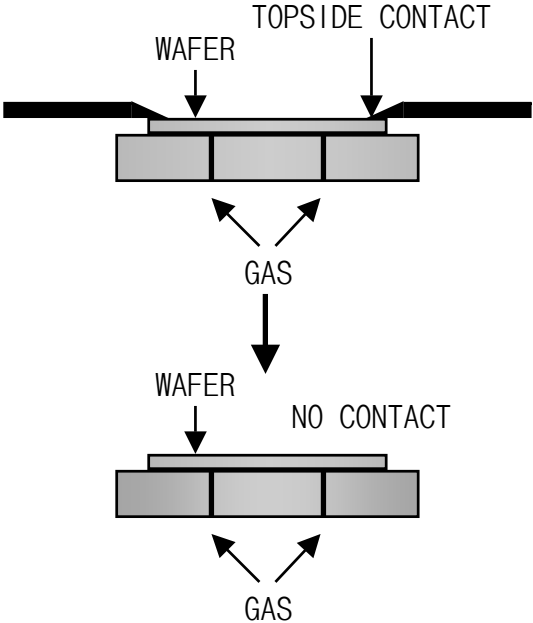
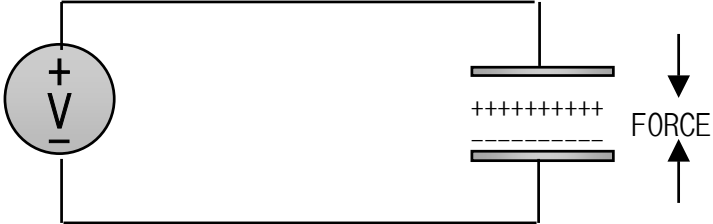
PRESSURE RANGES OF VARIOUS PUMPS



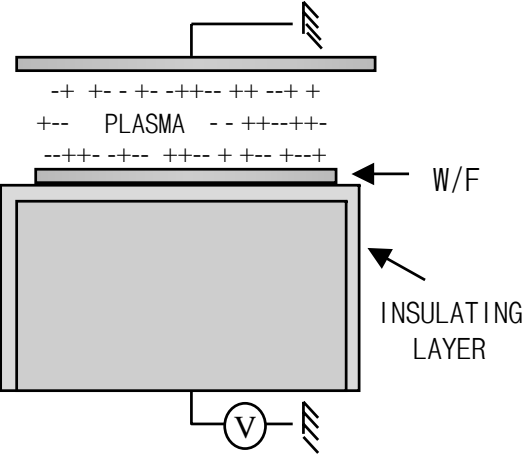
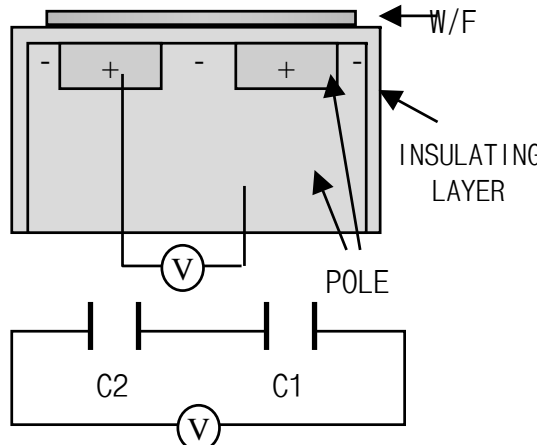
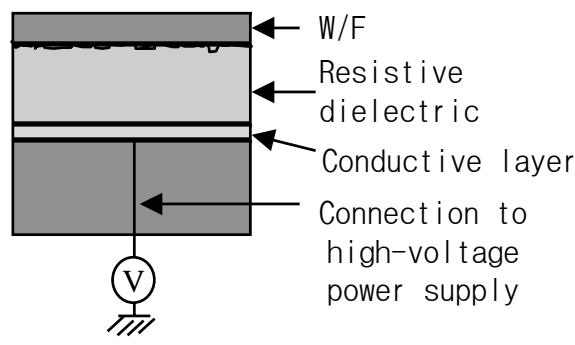
MAKER별 DRY PUMP 특성 비교

NO.	MAKER	EDWARDS	LEYBOLD	ALCATEL	KASHIYAMA	EBARA
	항목 MODEL	iQDP80	DRY VAC 100S	ADP81	SD90	A10S
1	pump speed(ℓ /min)	1600	1660	1340	1500	1200
2	ultimate vacuum(torr)	7.5×10^{-3}	7.5×10^{-3}	6.7×10^{-3}	1×10^{-3}	3×10^{-3}
3	oil capa.(gear box)	0.4	0.8	0.35	2.3	0.4
4	motor power(KW)	4	4	1.5	4.7	2.2
5	motor power at vac(KW)	3.1	3	0.7	check 불가	check 불가
6	motor speed(rpm)	3300	3000	3600	8000	3600
7	cooling 방식	indirect water cooling	direct water cooling	direct water cooling	direct water cooling	direct water cooling
8	cooling water(ℓ /min)	3.8	1	2	4.7	3.5
9	noise level(dB)	59	68	62	62	68
10	weight (Kg)	216	220	240	210	220
11	dimension(L×W×H)mm	695×390×527	860×450×600	1117×340×650	370×735×545	840×380×460
12	주요 사용 장비	KE LPCVD,P-5000	ENDURA SPUTTER	P-5000, LAM	LAM ETCHER	ULVAC, P-5000

WAFER CLAMPING 방법

MECHANICAL CLAMPING	ELECTROSTATIC CLAMPING
 <ul style="list-style-type: none"> ● WAFER TOPSIDE를 기계적으로 눌러주면서 동시에 뒷면 공급 가스압(He)을 높혀줌 ● 문제점 : . NONUNIFORMITY . PARTICLE 	 <p style="text-align: right;"> $F = pEA/2 = CV^2/2D$ (p: 표면전하밀도) </p> <ul style="list-style-type: none"> ● 전기적 POTENTIAL이 다른 물체간에 끌여 당겨지는 정전기력을 이용 ● He압을 견디기에 충분한 힘(0.7~2Pa) 필요 ● CLAMPING FORCE를 크게 하려면 <ul style="list-style-type: none"> . 고유전상수를 갖는 MATERIAL . THIN COATING . 고전계 가함(MATERIAL이 BREAKDOWN되지 않을 것) . 단면적 증대(WF SIZE와 관련)

ESC의 종류

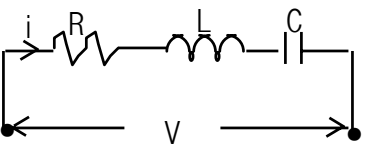
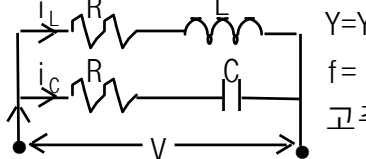
UNIPOLAR ESC	UNIPOLAR ESC	UNIPOLAR ESC
		
<ul style="list-style-type: none"> ● 1개의 전극과 W/F(PLASMA로 전기적연결) ● CURRENT PATH가 WF를 통해 이루어짐 (누설전류, DAMAGE 우려) ● $F = \epsilon AV^2 / 2D^2$ ● PLASMA ON시 CLAMP(CHARGE-UP 시간) ● UNCLAMP시 CHARGE OFF STEP필요 ● PROCSEE RELIABILITY 및 DECHUCKING TIME 이 주관심사 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2개의 ELECTRODE ● $F = \epsilon AV^2 / 8D^2$(UNIPOLAR ESC의 1/4) ● CLAMP FORCE를 위해 MATERIAL의 유전 상수, 두께등을 잘 고려해야 함 ● W/F 외부에 전기적연결 불필요 ● CLAMP/DECLAMP가 순간적으로 이루어 지고 LEAKAGE CURRENT가 없음 	<ul style="list-style-type: none"> ● 전극과 W/F사이에 SEMICONDUCTIVE COATING MATERIAL을 사용 ● COATING의 MICROROUGHNESS 이용 ● 접촉점에서 누설전류 흐름 ● THICK COATING 가능해짐 ● CHARGE-UP 시간단축 가능하나, 반면 누설전류 증가 ● DECLAMP가 ISSUE임(CHUCK 전압이 신속히 LOW LEVEL로 DROP후 천천히 ZERO로 떨어짐)

RF MATCHING

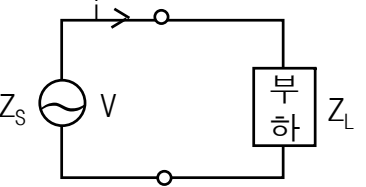
공진 (RESONANCE)

- 전기회로에 인가되는 전원의 주파수가 회로자체의 고유주파수와 일치하면 큰 전기적 진동이 발생
- 전기적 진동이 발생하려면 COIL에 축적되는 자기에너지와 CAPACITOR에 축적되는 전기에너지간에 에너지의 교환이 있어야 함. 즉 공진회로는 L, C의 공존이 필요함

공진회로

직렬 공진	병렬 공진
 <p> $I = V / \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$ $\Theta = \tan^{-1}((\omega L - 1/\omega C)/R)$ REACTANCE $X = (\omega L - 1/\omega C) = 0$이면 $I = I_R = V/R, \Theta = 0, f_0 = 1/2\pi\sqrt{LC}$ </p>	 <p> $Y = Y_L + Y_C = R + jX, X = 0$이면 $f = 1/2\pi\sqrt{LC} \cdot \sqrt{(R_L^2 - L/C)/(R_C^2 - L/C)}$ 고주파에서 $f_0 = 1/2\pi\sqrt{LC}$ </p>
<ul style="list-style-type: none"> ● 리액턴스 성분이 0이 되어 전압과 전류가 동상이 됨 ● 임피던스가 최소(R)로 되어 전류가 최대로 됨 	<ul style="list-style-type: none"> ● 리액턴스 성분이 0이 되어 전압과 전류가 동상이 됨 ● 임피던스가 최대가 되어 전류가 최소로 됨

최대 전력공급



$Z_s = R_s + jX_s, Z_L = R_L + jX_L$

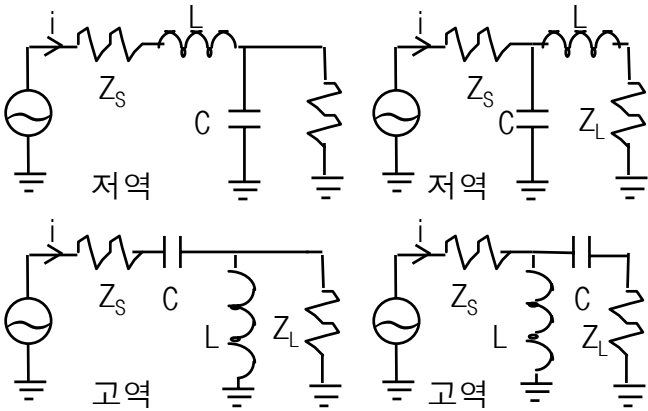
- $I = V / (Z_s + Z_L) = V / \sqrt{(R_s + R_L)^2 + (X_s + X_L)^2}$
- P_L (부하전력) $= R_L I^2 = V^2 / [\{(R_s + R_L) / R_L\}^2 + \{(X_s + X_L) / R_L\}^2]$
- 부하전력을 최대 하려면
 - 저항치가 일정한 경우 : REACTANCE=0 $\rightarrow X_s = -X_L$
 - 리액턴스가 일정한 경우 : 저항=최소 $\rightarrow R_s = R_L$
- $P_{Lmax} = V^2 / 4R_s$ (이때 전원측에서 소비되는 전력은 $V^2 / 2R_s$ 이 되어 발생전력의 1/2이므로 전력전달시 전송효율 50%임. 실제 전력계통은 이처럼 설계안함.)

IMPEDANCE MATCHING

MATCHING

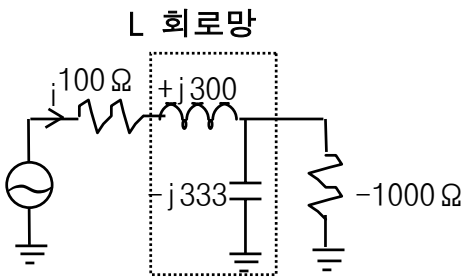
- 전력을 SOURCE에서 부하로 최대로 전달하기 위한것으로 무선 주파회로에서는 절대적으로 필요
- 앞 회로의 부하와 다음 회로의 SOURCE IMPEDANCE가 같은 상태(서로 복소수근이 되도록 함)

L 회로망

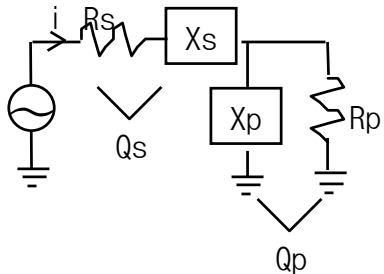


100Ω소스와 1000Ω부하 사이의 단순 임피던스 정합회로망

- 100Ω소스와 1000Ω부하를 직접연결시 소스로 부터 입력되는 전력의 4.8dB(입력되는 신호의 1/3)정도의 손실
- 임피던스 정합회로를 연결하면 부하의 저항은 $Z = X_c / (X_c + R_L) = -j333 / (-j333 + 1000) = 100 - j300 \Omega$ 따라서 +j300인 인덕터와 -j300인 콘덴서가 서로 상쇄되고 100Ω의 저항만이 남아 임피던스 정합이 이루어짐.



L 회로 설계의 요약



- $Q_s = Q_p = (R_p/R_s - 1)^{1/2}$
- $Q_s = X_s/R_s$
- $Q_p = R_p/X_p$
- Q_s : 직렬단락의 Q
- Q_p : 분로단락의 Q
- R_p : 분로저항
- X_p : 분로 리액턴스
- R_s : 직렬저항
- X_s : 직렬 리액턴스

100Ω소스와 1000Ω부하 사이의 단순 임피던스 정합회로망

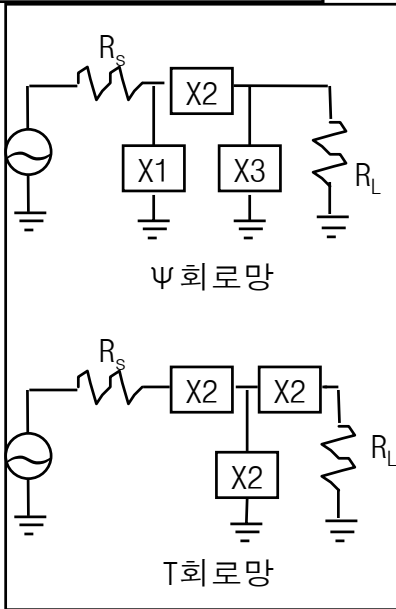
NOTE) - X_p 와 X_s 는 하나가 유도성이면 다른 하나는 용량성임
 - Q: 공급전압에 대한 전압확대율(직렬공진 $Q_I = V_I/V = X_I/R$, $Q_C = V_C/V = R/X_C$)

복합 부하와의 관계

병합과 공진

- 실제 사용회로에서는 복소수형태의 저항및 리액턴스성분을 가지며 이에 대한 분석 복소수 임피던스 회로 필요함
- 병합(ABSORPTION): 임피던스 정합회로망속으로 부유리액턴스를 병합 흡수시키는 것. 정합소자의 콘덴서는 부유 용량과 병렬로, 소자 인덕턴스는 부유 인덕턴스와 직렬로 배치. 실제 정합회로 부품의 임피던스=(계산된 회로 전체의 임피던스)-(부유 임피던스)
 - 공진(RESONANCE): 부유임피던스를 크기가 같고 성질이 반대인 리액턴스로 공진시켜 없애는 것(소스와 부하 임피던스에 저항성분만 남게됨)

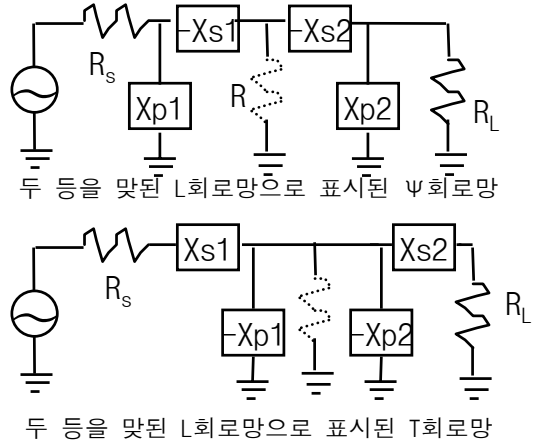
ψ회로망과 T회로망



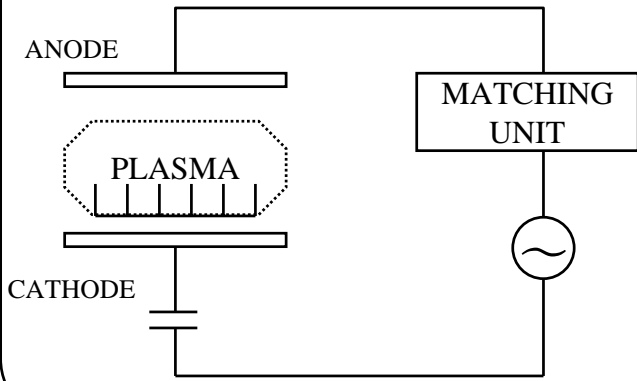
2개의 부품으로 구성된 앞의 L회로망은 소스와 부하 임피던스가 결정되어야만 Q가 결정되는 결점이 있으며 이런 이유로 Rs와 Rp가 결정된 회로설계에서는 회로 설계자가 회로의 Q를 변화시킬수 없게됨 -> 3소자 회로망으로 해결.

ψ회로망
 두개의 L회로망이 이 L회로망과 각각 직렬접속되는 부하, 소스저항 보다 작은 가상저항(VIRTUAL RESISTANCE)을 갖는 R에 부하와 소스가 정합된 등를 맞댄 L회로망

T회로망
 두 L형 회로망이 부하 또는 소스저항 보다 훨씬 큰 가상저항 R을 각 L회로망의 소스와 부하에 임피던스 정합시키는 것(병렬로 가상저항과 연결)



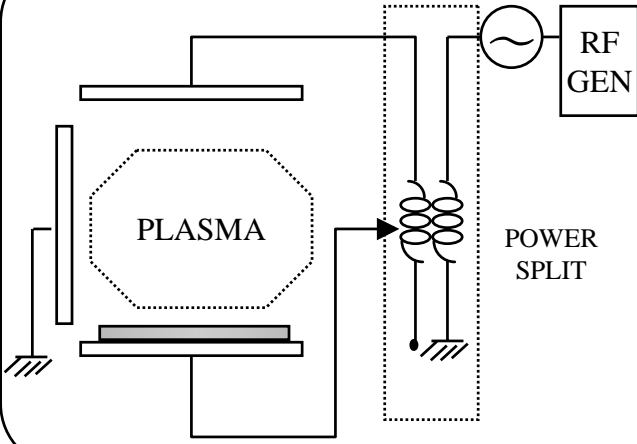
PLANAR TYPE



- 개념**
- 초기개념의 PLASMA 생성방식
 - 최소방전 유지주파수(100kHz~13.56MHz) 범위에서 사용
 - CHAMBER구조에 따라 최대 이온화 에너지를 얻는 주파수를 선택 사용
 - 평판형 구조로서 GLOW 방전에 의해 PLASMA 형성
 - W/F의 위치 : GROUNDED ELECTRODE

- 특징**
- 이온충격에 의한 DAMAGE 작음
 - 구조가 간단
 - P.R STRIP, LIGHT ETCH에 사용
 - ETCH RATE 낮고 ARCING 발생
 - 가공정밀도 낮고, 등방성 ETCH특성

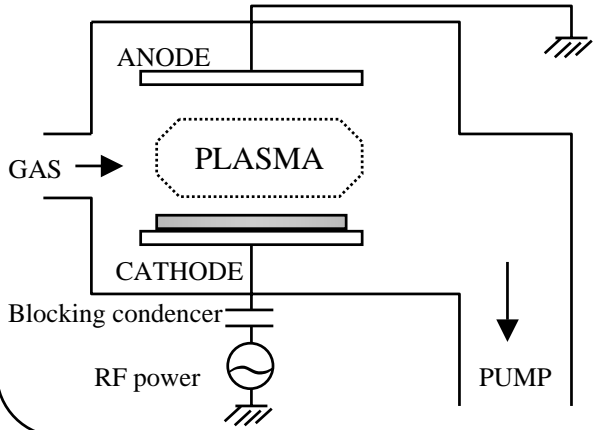
SPRP (SPLIT POWER, REVERSE PHASE)



- 개념**
- POWER SPLIT 방식(LAM, TEL 특허)
 - 상하 전극간 역위상 공급되어 양 전극간 전압차를 최소화
 - PLANAR TYPE의 ARCING 개선
 - GROUND POSITION : WALL
 - Dp(TEL) 4520(LAM) 등에서 활용

- 특징**
- ARCING해결에 의한 장치 DAMAGE 개선
 - 높은전압 인가에 따른 E/R개선
 - PLASMA 연속성 향상으로 UNIFORMITY 개선
 - 인가전압의 제한으로 고밀도 PLASMA형성이 어려움

RIE (REACTIVE ION ETCHING)



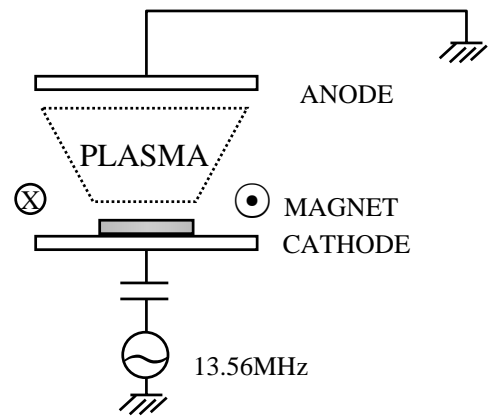
개념

- SHEATH 전압분포: $(V_1/V_2) \propto (A_2/A_1)^4$
- 13.56MHz에서 저압(<100mTorr)하여 이방성 식각특성 향상
- W/F 위치 : NON-GROUND ELECTRODE
- BLOCKING CONDENSER : 양전기가 RF GEN.로 유입됨을 방지
- 이온 충격에 의한 ETCHING

특징

- 비등방성 식각특성
- 미세한 가공 성능
- DC BIAS에 의한 가속
- W/F 및 AWLL 표면 DAMAGE
- 금속오염, P/T, E/R 낮음
- 온도 냉각기능 중요 (공정 재현성 측면)

MERIE (MAGNETICALLY ENHANCED RIE)



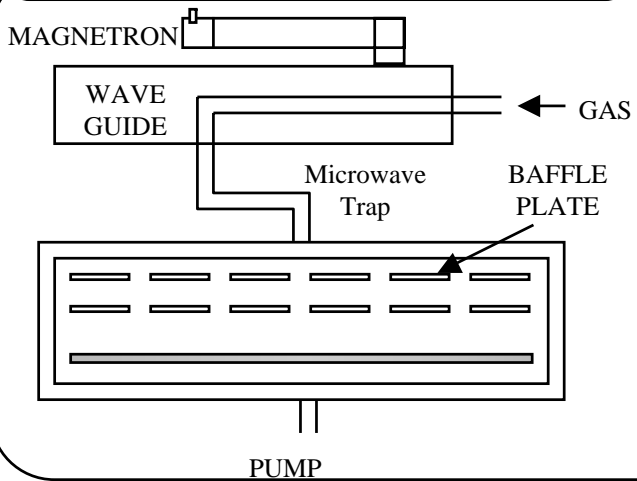
개념

- LORENTZ FORCE : $F=qE + qv \times B$
- 전자의 MOTION을 나선형으로 바꿈
- CATHODE주위에 자계형성
- 필요부분(W/F)의 PLASMA 밀도 높힘
- WALL에서의 LOSS를 줄임
- DRM(TEL), MXP(AMAT) 등 활용
- * DRM(DIPOLE RING MAGNET) : PLANAR MAGNET의 자계 불균일을 개선

특징

- RIE보다 이온화 효율이 높음
- 저압공정 가능, E/R향상
- MAGNET설치(장치 대형화)
- 장치 구조복잡(RF, 냉각, 자계)
- METAL P/T(ION SPUTTERING)
- 사용부품의 LIFECYCLE 짧음

CDE (CHEMICAL DOWNSTREAM ETCHING)



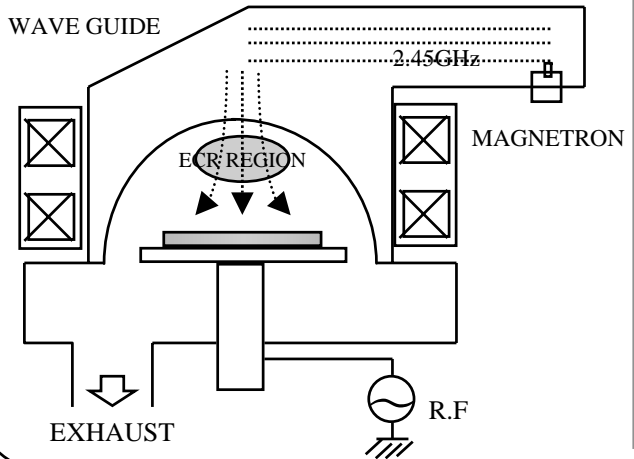
개념

- W/F내의 DAMAGE를 최소화하는 개념
- PLASMA부와 공정부를 분리
- 이온재결합을 최대화, ATOM 재결합을 최소화 하도록 설계
- μ -WAVE사용(일정 입력전원에 대해 고주파수일수록 고전자밀도 가지며 충돌 에너지가 낮음)
- RPS(AMAT)등 활용

특징

- 화학반응으로 DAMAGE 극소화 (가능한 NEUTRAL로 PROCESSING)
- WALL에서의 POLYMER증착 적음
- PLASMA SOURCE부의 전자의 강한 여기작용으로 QUARTZ 손상 큼
- 등방성 식각 특성

ECR (ELECTRON CYCLOTRON RESONANCE)



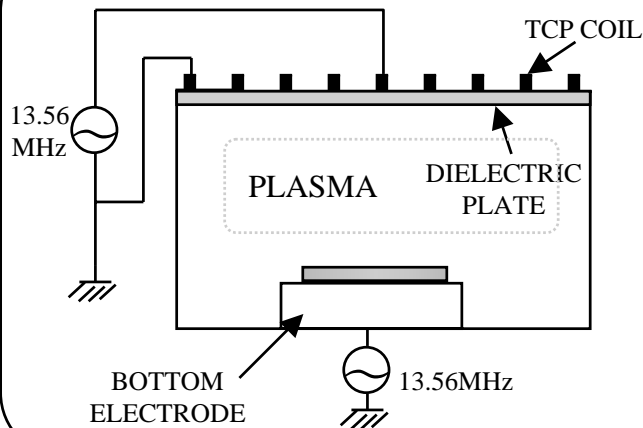
개념

- CYCLOTRON FREQ : $\omega = eB/m_e = 2\pi f$
- 2.45GHz의 μ -WAVE를 가하면 자장이 875Gauss가 되는 특정위치(ECR 영역)에서 공명 흡수로 전자에너지 증대
- 이때 전자의 전리교율이 증대하며 낮은 전압에서 강한 방전 얻음
- RF-BIAS ECR로 이온에너지 조절가능
- HITACHI, SUMITOMO등

특징

- 고밀도 PLASMA(10^{12} ea/cm²)
- μ -WAVE 사용으로 낮은 전자 온도를 얻어 W/F DAMAGE를 줄임
- 이온화효율 높아 저압공정 가능
- 장치구조 복잡, 대형화
- 대구경 W/F에서 UNIFORMITY문제

TCP (TRANSFORMER COUPLED PLASMA)

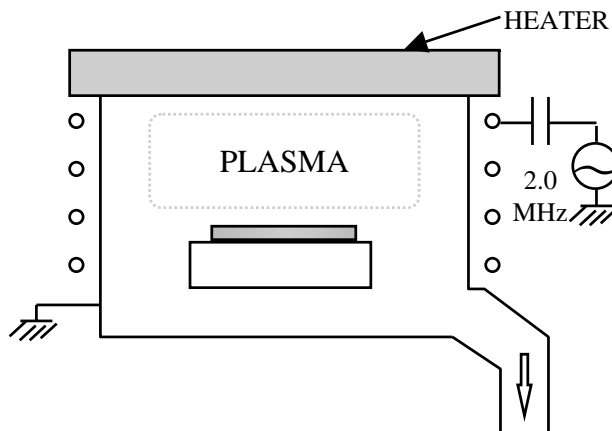
개념

- 상부에 COIL을 설치, RF를 가함
- 코일전류에 의해 CHAMBER내에 INDUCTANCE성분 유기
- 자계(수직방향), 전계(수평방향) 형성으로 전자의 회전 및 가속으로 NEUTRAL GAS 이온화 → PLASMA형성
- TCP(LAM), DPS(AMAT) 등에서 활용
- * DPS(DECOUPLLED PLASMA SOURCE) : DOME형 코일 및 W/F-SOURCE간격 큼

특징

- 고밀도 PLASMA, 저압 안정
- 구조간단, UNIFORM PLASMA
- PLASMA 밀도와 이온에너지를 개별적으로 조절가능
- POLYMER 재분해/재축적, 이물
- 반응가스 고속해리
- 높은 전자온도, FILM DAMAGE

ICP (INDUCTIVELY COUPLED PLASMA)

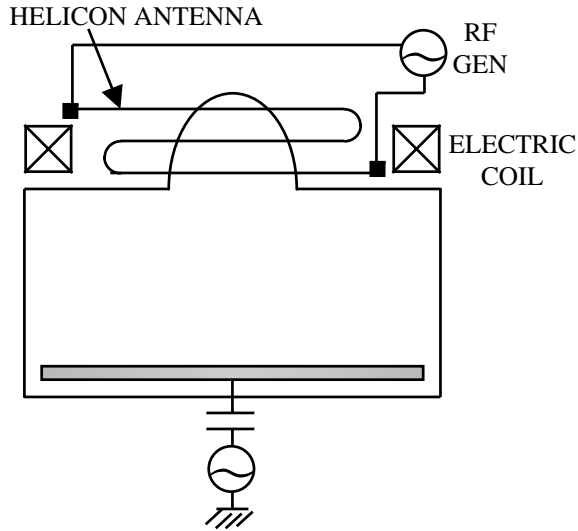
개념

- 기본개념은 TCP와 동일
- CHAMBER 측면에 COIL 감고 RF 인가
- 공진 MODE(HELICAL RESONATOR)와 비공진 MODE(기타 HELICAL)로 구분
- HELICAL RESONATOR: 3 BASIC RESONANCE MODE (λ , $\lambda/2$, $\lambda/4$)가 존재하며 PLASMA POTENTIAL과 관련
- λ -STRIP(MCE), IPS(AMAT) 등 활용

특징

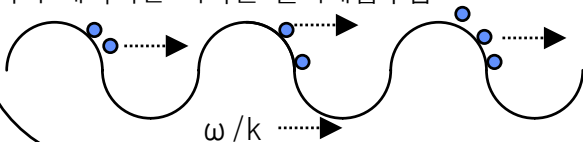
- 고밀도 PLASMA, 저압 안정
- PLASMA 밀도와 이온에너지를 개별적으로 조절가능
- 구조간단, 대구경화, CLUSTER화
- 높은 전자온도, FILM DAMAGE
- POLYMER 재분해/재축적, 이물

HELICON PLASMA



LANDAU DAMPING MECHANISM

WAVE 진폭에 따라, 그 위상속도 근처에서 열운동하는 전자는 그 WAVE에 잡혀서 전계에 의해 가속됨. 파의 오른쪽에 있는것만 가속됨. 전자속도가 $v_{\psi} = \omega/k$ 근처이면 전자가 이 위상에 머무르는 시간이 길어짐. 몇몇 전자는 $v\phi$ 로 증가되고 이값을 넘으면 전자는 위상을 벗어나 감속됨. 파의 에너지는 가속된 전자에 흡수됨



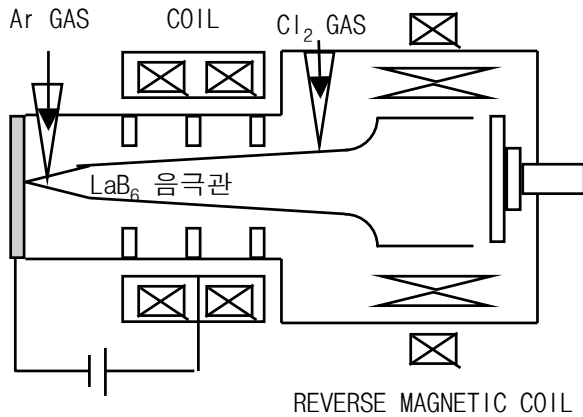
개념

- PLASMA 발생부에 코일과 안테나구성
- 복사방향으로 전자를 CONFIN E 하기 위해 자계를 사용함
- HEL I CON SOURCE는 PENNING방전의 원리를 적용($A^* + G \rightarrow G^+ + A + e$)
- 전자의 속도와 일치되는 파동, 즉 HEL I CON WAVE를 가함으로서 파동 에너지가 전자에 전달되어 특정전자의 에너지를 높히므로서(LANDAU DAMPING) 전체적으로 전자의 에너지를 높여, 충돌횟수를 증가시켜 고밀도 PLASMA를 형성함
- ECR에 비해 약한 자기장(200-1000G)으로 전자의 구속이 가능
- COIL방향에 따라 전자의 운동방향응 조절할수 있음(MORI, HEL I CON)

특징

- 고밀도 PLASMA(ECR의 100배)
- 수평방향으로 전자를 가둘수 있어 대구경화 가능
- 독립적인 이온에너지 제어가능
- LANDAU DAMPING은 충돌을 요하지 않으므로 HEL I CON SOURCE는 10mTorr이하의 저압공정에 적합
- HEL I CON WAVE의 위상속도는 주파수및 안테나 길이로 조절 가능 하므로 WAVE에 의해 가속되는 전자에너지를 조절 가능함

EBEP (ELECTRON BEAM EXCITED PLASMA)



방전영역 / 가속영역 / 반응로

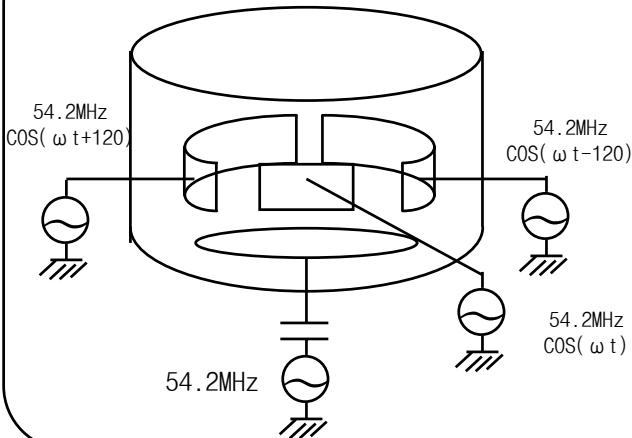
개념

- Ar가스를 LaB₆ FILAMENT에 통과시켜 열전자 방출(SEED PLASMA)
- 고압영역에서 전자 가속후 반응로에서 중성가스와 충돌, PLASMA형성
- 상용화를 위한 보완필요(영구자석 및 전자빔에너지 등의 조합기술)

특징

- 이온화 효율이 매우높음(이온화 확률이 큰 에너지에 전자빔 맞춤)
- SHEATH에 의한 이온에너지는 매우 낮으면서 고밀도 PLASMA 형성
- 대구경, 균일 PLASMA (기술조합)
- SEED가 반응로와 분리(손상적음)
- 물리적 반응에 의한 표면손상

LEP (LISSAJOUS ELECTRON PLASMA)



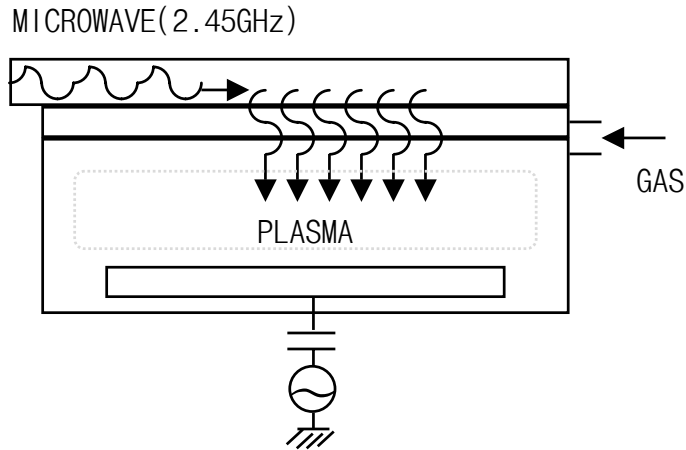
개념

- MATSUSHITA에서 개발
- CHAMBER 측면에 120도 간격의 회전대칭의 3개 전극및 중앙하부에 1개 전극으로 구성
- 전계를 회전시켜 원형의 전자궤도를 만들어 PLASMA 밀도를 높힘
- 주파수가 클수록 CHAMBER WALL내에 궤도를 제한시켜 밀도가 증가함

특징

- 자장 인가없이 저압(10mTorr)에서 10¹¹ ea/cm³의 플라즈마 밀도
- ECR보다 CHARGE BUILD-UP 적음
- MERIE보다 더 저압으로 POLYMER 없는 공정 -> CD CONTROL 우수
- 우수한 ETCH 이방성및 DAMAGE 적음

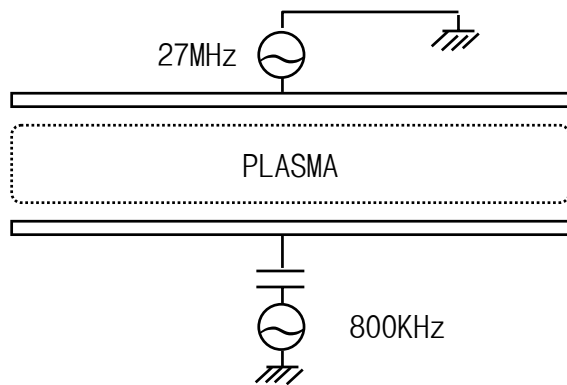
SWP (SURFACE WAVE PLASMA)



개념

- 기존 μ -WAVE PLASMA의 불균일성 (RF방식과 비교)을 개선
- DIELECTRIC LINE(또는 SLOT 안테나)를 통해 μ -WAVE를 전파할때 균일한 PLASMA(SURFACE WAVE)가 생성되는데 축방향으로의 표면파는 급격히 소실됨
- SUMITOMO에서 개발

MFP(MULTI FREQUENCY PLASMA)



개념

- 상.하부 전극에 서로 다른 주파수의 RF를 인가하고 40~50mTorr의 진공도에서 플라즈마를 형성
- 보통 SOURCE 고주파(2~27MHz)를 이용하여 ION DENSITY를 향상시키고, BIAS 저주파(800KHz~2MHz)를 조정하여 ION ENERGY및 직진성을 제어
- HDP(AMAT), 4520XL(LAM), IEM(TEL)등에서 활용

3 ETCH 공정 ROADMAP

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	특징
DRAM(bits)	16M	64M		256M			1G			
Design Rule	0.35um			0.25um			0.18um			
Requirement	LOW POLYMER/DAMAGE 고 선택비 이물저감			UNIFORMITY 증대 IN-SITU P/T MONITOR POLYMER/오염 최소화			IN-SITU MONITOR (GAS, E/R, P/T) CHARGE-UP FREE			<ul style="list-style-type: none"> * HIGH UNIFORMITY * REAL TIME MONITOR * THROUGHPUT 증대 * DAMAGE FREE
OXIDE ETCH	DEEP CONTACT SAC 공정			DEEP+미세화(HIGH E/R) HIGH Si SELECTIVITY						<ul style="list-style-type: none"> * CONTACT 저항감소 * SAC 공정
POLY ETCH	POLY+WSi SiN/SiO2 고선택비			SHALLOW TRENCH ISOLATION CAP OX DAMAGE 최소화						<ul style="list-style-type: none"> * STI 적용 * SiN/SiO2 고선택비
METAL ETCH	Ti/TiN/Al ALLOY/TiN (2 or 3 METAL) CVD W ETCH			4 or 5 METAL LOW PARTICLE CORROSION 최소화						<ul style="list-style-type: none"> * CORROSION 최소화 * 5 LAYER METAL * LOW PARTICLE
ASHING	BATCH TYPE LOW DAMAGE			SINGLE TYPE DUAL CHAMBER						<ul style="list-style-type: none"> * SINGLE TYPE * DAMAGE FREE
CLEANING	MULTI BATH TYPE IPA DRY			SINGLE BATH TYPE MARANGONI DRY			DRY CLEANING			<ul style="list-style-type: none"> * SINGLE BATH * NEW DRYER 기술 * DRY CLEANING
MATERIAL	탈 FREON 저농도, NEW SOLVENT			NEW MATERIAL & WELDING 초고순도 MATERIAL						<ul style="list-style-type: none"> * NEW MATERIAL

항목	DRY ETCH	WET ETCH
정의	<p>PROCESS GAS를 진공챔버에 주입 시킨후 POWER를 인가하여 PLASMA를 형성 시켜서 물리적 또는 화학적 반응을 일으켜 FILM을 ETCH하는 공정</p>	<p>PROCESS CHEMICAL을 이용해서 ETCH 시키고자하는 FILM과 화학 반응을 일으켜 용해시켜 ETCH하는 공정</p>
공정특징	<ul style="list-style-type: none"> - ETCHING TIME 제어가 용이함 - ETCHING PROFILE 제어 가능함 (ISOTROPIC & ANISOTROPIC) - FI CD 제어가 용이함 	<ul style="list-style-type: none"> - FILM간 ETCH SELECTIVITY가 매우 높음 - 1회에 대량의 WAFER를 처리함 - CONTAMINATION & DAMAGE에 의한 제품의 열화가 적음

PLASMA

- 정의 : 하전된 입자와 중성입자로 구성되어 있으며 집단적 운동을 하는 준중성 가스
- 조건 : 통계처리 가능한 충분한 수의 양이온과 전자가 주어진 계내에 존재하며 계전체적으로 중성일 것
- 생성 : 공기중의 미량의 자유전자, 강전계등에 의한 방출 열전자가 SEED가 되어 공급에너지에 의해 가속되어 충돌(COLLISIONAL PROCESS, IONIZING COLLISIONS) 및 이온화하여 생성

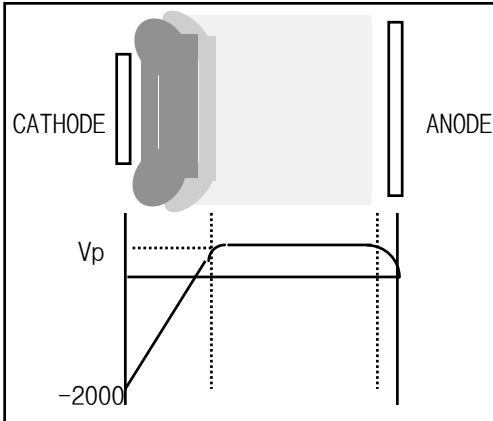
PLASMA의 운동

- 하전입자의 운동 : -단일입자의 운동 : 전자기장으로 부터 받은힘에 의해 운동
-플라즈마확산 : 질량이 작은 전자가 빠른속도로 확산되므로 진공용기 벽 근처에서 PLASMA POTENTIAL과 SHEATH가 형성
- 플라즈마 진동 : 플라즈마 내부에서 밀도분포 변화에 의해 진동발생되며 이때 전기장이 발생됨되고 전자는 전기장의 반대방향으로 가속됨(이온은 질량이 매우커서 거의 움직이지 못하고 고정됨)

PLASMA발생의 원리

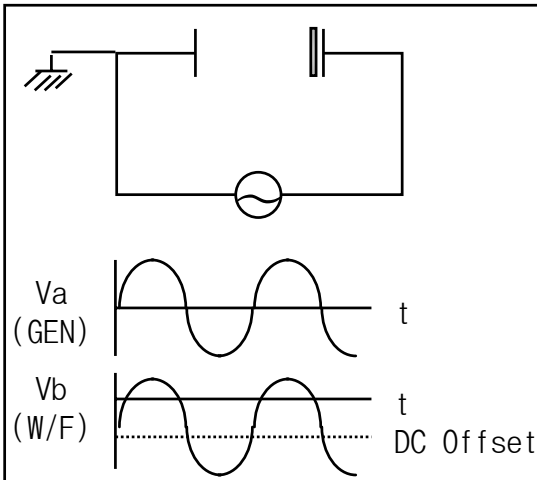
- 도체 평판사이에 전압을 걸어주면 전자가 가속되어 에너지를 얻고 연속적으로 재가속되어 AVALANCHE가 일어나 방전이 시작됨
- 압력과 전극간의 거리가 AVALANCHE 발생과 관련됨(압력이 낮거나 간격이 좁으면 이온화 횟수가 적어지고, 압력이 너무 높거나 간격이 넓으면 충분한 에너지를 얻지못해 방전이 일어나지 않음)

DC GLOW DISCHARGE



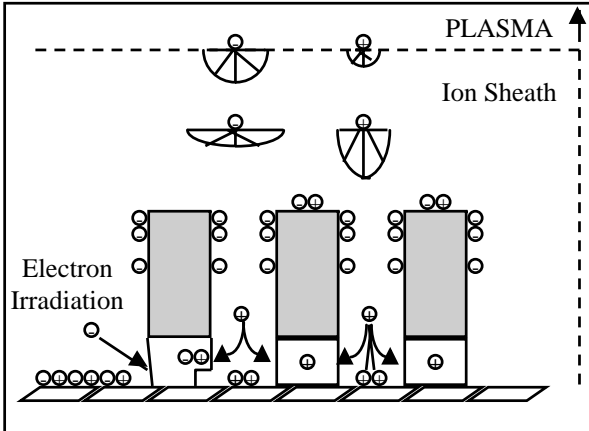
- 방전전압은 CATHODE쪽 SHEATH에만 나타남
 - MAIN GLOW는 등전위
 - CATHODE FALL(음극과 NEGATIVE GLOW사이의 전위차)
 - SHEATH VOLTAGE : 음극근처 : $2000+V_p$, 양극근처 : V_p
 - ENERGITIC ION BOMBARDMENT
- 한 전극이 부도체(식각시료, 증착기판 혹은 SPUTTER TARGET)이면
 - 부도체 전극이 CHARGE-UP되어 방전전압을 상쇄, 방전유지 불가능
 - 교류방전이 필요

RF DISCHARGE



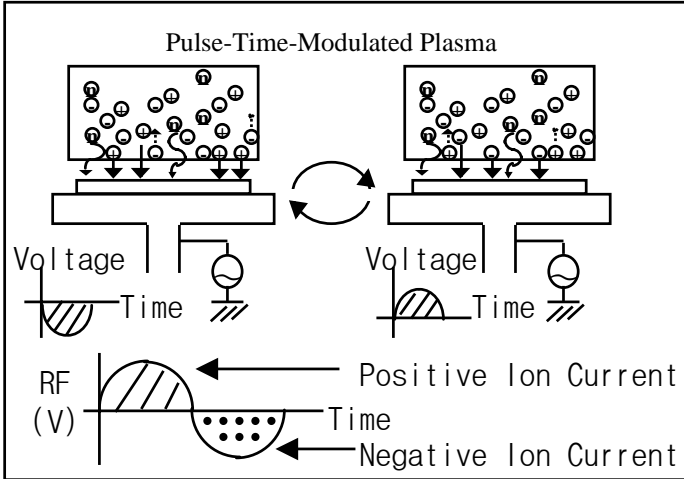
- TARGET(W/F등) 전자전류와 이온전류가 같아지도록 음전위로 BIAS(SELF-BIAS, DC OFFSET VOLTAGE)되며 기판 가까이에 양전하의 ION SHEATH가 형성됨(ION BOMBARDMENT 능력)
- ION화 촉진 및 방전유지가 DC보다 효율적
- 주파수가 낮으면 DOUBLE-ENDED DC DISCHARGE와 비슷한 특성을 가지며 OPERATING PRESSURE를 최소화 하는데 어려움이 있음
- 주파수를 증가시 최소 작동압력을 낮출수 있음($1\text{mTorr}/13.56\text{MHz}$) (방전임피던스($1/\omega C$)도 감소하여 방전시 더 많은 전류를 DRIVE)

CHARGE-UP MODEL



- SHEATH 영역에서 BOTTOM 부위에는 POSITIVE ION, SIDEWALL 에는 ELECTRON이 CHARGE-UP
- INNER SIDEWALL(FILM BOTTOM부위에 집중)에서 재결합하여 NOTCH(LOCAL SIDE ETCH)현상 발생
- 특히 HIGH ASPECT RATIO PATTERN에서 심함
- 그 정도는 SIDEWALL에서의 ELECTRON TEMP및 ION CURRENT DENSITY에 의해 결정됨

TM(TIME MODULATION)

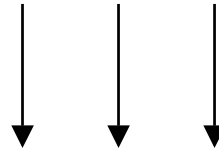
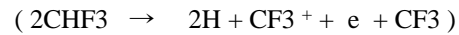


- AFTER GLOW 단계에서 NEGATIVE ION DENSITY 급생성을 이용
 - SOURCE POWER(RF or M/W) TURN-OFF시 NEGATIVE ION DENSITY가 신속히 증가(이때 T_{ev} 감소)
 - RF BIAS 주파수를 조절(~ 600 KHz)하여 CHARGE-UP 제거
 - E/R 증가및 NOTCH현상 개선, PULSE INTERVAL 조정시 POLY/SiO₂ SELECTIVITY 개선
- NOTE) ⊕ : POSITIVE ION
⊖ : NEGATIVE ION

= PLASMA =
FLOWING GAS
(CHF3/ OXIDE ETCH)

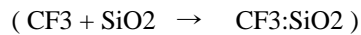
① Generation of Etchant SPECIES

: PLASMA중의 원자 및 분자의 여기, 해리, 이온화



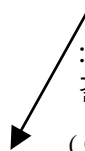
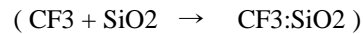
② Adsorption

: 피가공 FILM 표면에서의 중성입자들의 흡착, 이온의 충돌



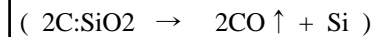
③ Reaction

: FILM과 이온에 의한 해리와 결합으로 반응생성물의 형성



④ Desorption

: 반응 생성물의 탈착



(1) ASHING 종류 및 개요

공정명		공정 요구사항	단면 개략도
ION IMPLANT 후 ASHING	ION IMP. LOW DOSE (E15 이하)	<ul style="list-style-type: none"> . 1-STEP 진행 . High Temperature (200°C 이상) . High ASHING Rate (30,000 Å/m) . Low Damage 	
	ION IMP. HIGH DOSE (E15 이상)	<ul style="list-style-type: none"> . 2-STEP 진행 . Low Temperature . Low ASHING Rate . Low Damage 	
ETCH 후 ASHING	METAL ETCH 이전 공정	<ul style="list-style-type: none"> . 1-STEP 진행 . Polymer 제거능력 . High ASHING Rate . Low Damage 	
	METAL ETCH 이후 공정	<ul style="list-style-type: none"> . METAL ETCH 이전 공정과 동일함 (* METAL ETCH 이전/이후 공정의 구분 이유는 Cross Contamination Control 하기 위함) 	

(2) OXIDE ETCH 종류 및 개요

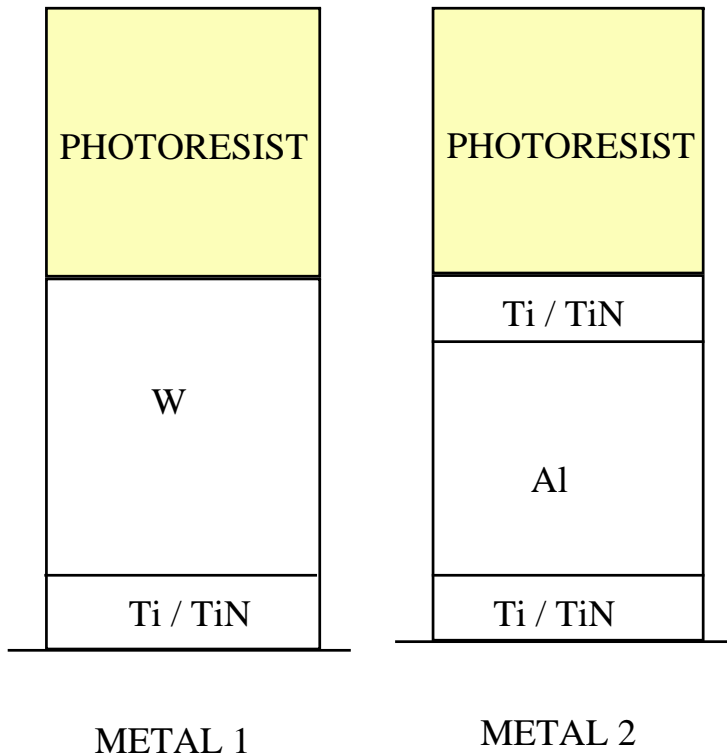
공정명	공정 요구사항	단면 개략도
<p>SAC ETCH (Self Align Contact)</p>	<ul style="list-style-type: none"> . CONTACT 저항 확보 . High Selectivity (vs NITRIDE =20:1이상) . Low Pressure 장치 적용 	
<p>CONTACT ETCH</p>	<ul style="list-style-type: none"> . CONTACT 저항 확보 . CONTACT Point별 ETCH Target (CONTACT Point 별 Depth) . Hole CD Control 	
<p>IMD ETCH (Inter Metal Dielectric)</p>	<ul style="list-style-type: none"> . Vertical Profile . Over Etch Optimize . Hole CD Control 	

(3) POLY ETCH (GATE)

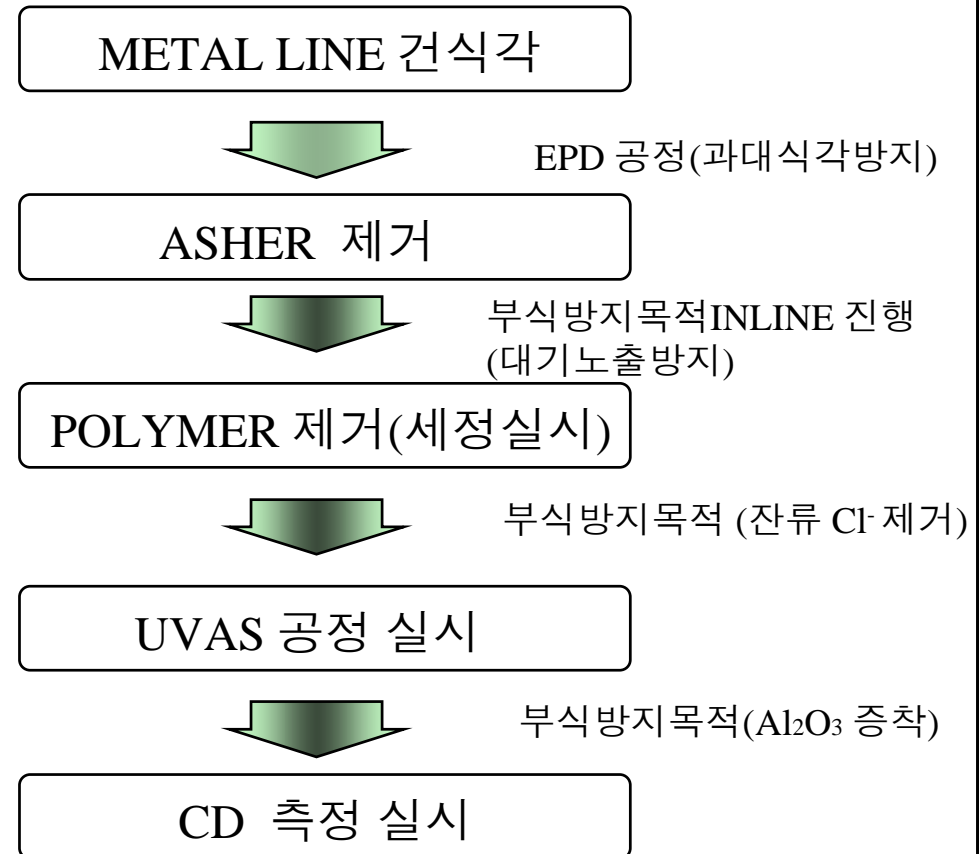
FG GATE ETCH후 단면 개략도	PROCESS 순서 및 내용
<p>현재 WORD LINE 구조</p> <p>향후 WORD LINE 구조</p>	<p>FG CAP ETCH</p> <p>↓</p> <p>ASHING & UD세정</p> <p>↓</p> <p>FG ETCH(WSi/POLY) Cl₂/HBr/O₂/N₂ GAS 사용 ETCH Go_x에 대한 고선택비/ CD 관리 요구됨.</p> <p>↓</p> <p>LIGHT ETCH CF₄ + O₂ 처리: Cl-계 이물제어</p> <p>↓</p> <p>UD 세정</p> <p>※ 세정공정 변경요구됨 UD세정 ▶ U5D ▶ U5 : D세정 경우 WSi ATTACK 일으킴.</p> <p>※ POLY SILICON ETCHER ECR : M511AE TCP : TCP9408 DPS : CENTURA DPS HELICON : MORI(PMT)</p>

(4) METAL ETCH

METAL LINE 구조

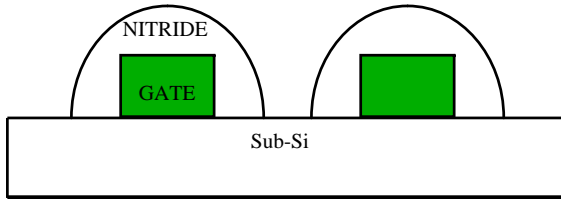


METAL LINE 건식각 순서

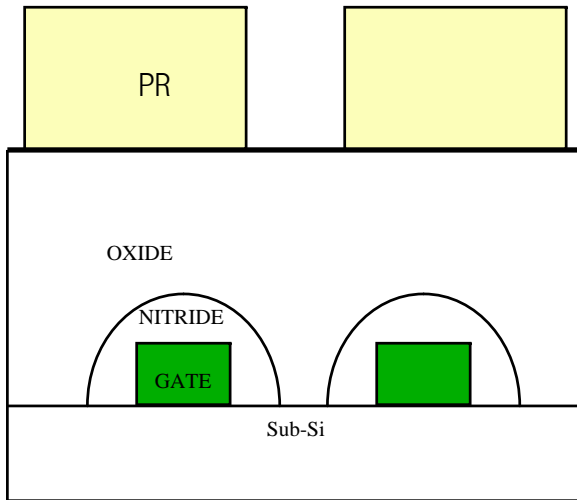


STI 0.25 μ m DEVICE DEFINE	PROCESS FLOW & 중요내용
<p>0.25 μm</p> <p>3000 ~ 5000 Å</p> <p>ETCHING GAS에 의한 POLYMER 증착</p> <p>NITRIDE</p> <p>PAD OXIDE</p> <p>Si - SUBSTRATE</p> <p>77~83도</p> <p>ROUND BOTTOM</p>	<p>LOCOS ETCH(NITRIDE) PHOTORESIST MASK 사용</p> <p>ASHING & 세정 이물이 남을 경우 STI 중앙 부위에 SILICON RESIDUE 남음 불량 유발</p> <p>STI ETCH(SILICON) NITRIDE FILM을 MASK로 삼아 ETCH함 $Cl_2/HBr/O_2/N_2$ GAS 사용함</p> <p>HF 세정 산화물제거</p> <p>UD 세정 POLYMER 제거</p> <p>LIGHT ETCH DAMAGE LAYER 제거</p> <p>UD 세정 세정공정</p>

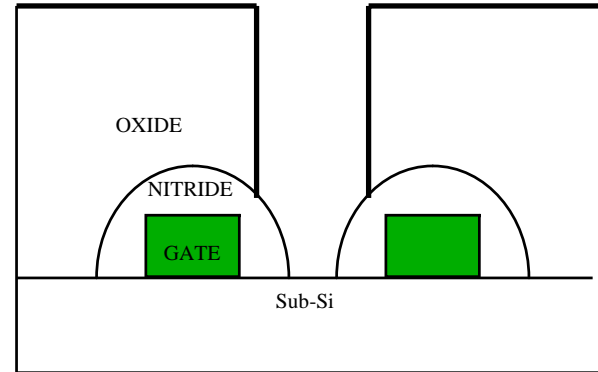
1. GATE 후



2. SAC PHOTO 후



3. SAC ETCH 후



* SAC ETCH 란?

1. SAC ETCH의 원리

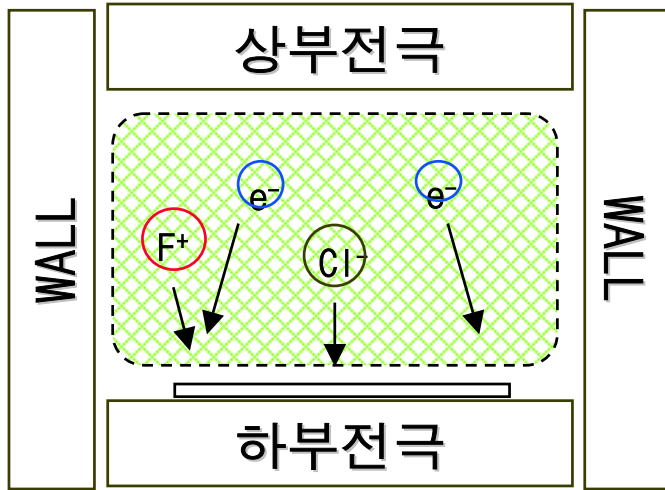
; CONTACT OXIDE ETCH시 FILM간(NITRIDE/OXIDE) 선택비를 높여서 ETCH하므로, 그림2처럼 GATE옆의 NITRIDE를 만나면 선택비차이로 ETCH가 되지않고 OXIDE만ETCH되어 그림3처럼 CONTACT이 형성됨.

2. SAC ETCH의 목적

; 0.5 μ m이하의 CONTACT HOLE을 DEFINE하는데 문제가되는 PHOTO ALIGN 한계를 극복하기위하여, SELF ALIGN ETCH로 CONTACT을 ETCH하기 위함.

PLASMA ETCH에 사용되는 일반적인 ETCHANT GAS

피식각 물질	ETCHANT GAS	PRODUCT
Si, SiO ₂ , SiN ₄	CF ₄ , SF ₆ , CHF ₃ , NF ₃	SiF ₄
Si	CF ₄ , CCl ₂ F ₂ , F113, F115	SiCl ₂ , SiF ₄ , SiCl ₄
Al	BCl ₃ , CCl ₄ , Cl ₂	AlCl ₄ , AlCl ₃
PHOTO-RESIST	O ₂ , O ₂ + CF ₄	CO, CO ₂ , H ₂ O, HF
REFRACTORY METAL SILICIDE W : WSi ₂ Ta : TaSi ₂ Mo : MoSi ₂	CF ₄ , CCl ₂ F ₂	WF ₄



일반적인 Etching chamber 구조

Polymer 생성 과정

- PLASMA 공정에서 피식각 물질과 반응 GAS와의 화학적 반응에 의해 반응 생성물이 비휘발성 (Non-volatile) 물질이 되어 배기에 의해 빠져나가지 못하고 Process chamber 또는 Wafer 상부에 남아 이물이 됨.
- 피식각 물질 및 사용 Gas 등에 따라 Polymer 증착정도 및 위치가 차이가 남.

※ Polymer성 이물 관련 Factor는 광범위하기 때문에 단 한가지의 영향에 의해 형성되는 경우는 거의 없으며, 여러가지 원인의 교호작용 등에 의하여 복잡하게 형성됨.

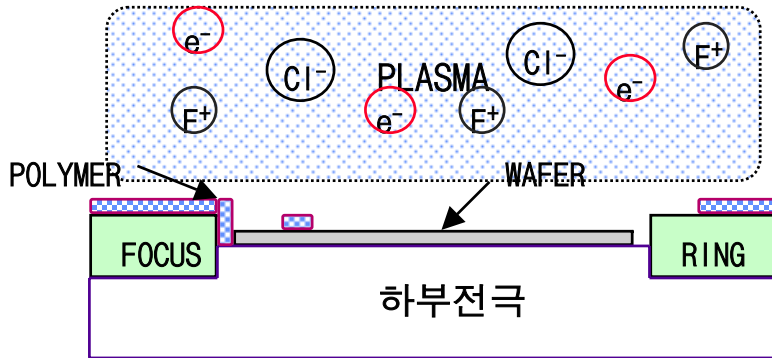
1. METAL ETCH 공정에서의 POLYMER성 이물

적용공정	적용장치	FILM	GAS 및 특징	비고	
METAL ETCH	ECR 장치 (HITACHI)		<ul style="list-style-type: none"> 장비의 구조 및 PLASMA SOURCE가 틀림. 사용 GAS 및 공정특성이 비슷하여 일반적인 POLYMER 발생 원인을 추정 할수 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> 특정 목적을 위해 다층구조를 사용함. 	
	MERIE 장치 (AMT)	Al			<ul style="list-style-type: none"> Cl₂ 및 BCl₃ GAS를 공정 GAS로 사용. Cl₂ : MAIN ETCHANT BCl₃: SIDEWALL PASSIVATION 용으로 사용.
	TCP 장치 (LAM)	MoSi ₂ WSi ₂ TiW			<ul style="list-style-type: none"> F 계통의 GAS를 사용

METAL ETCH시 POLYMER성 이물 원인

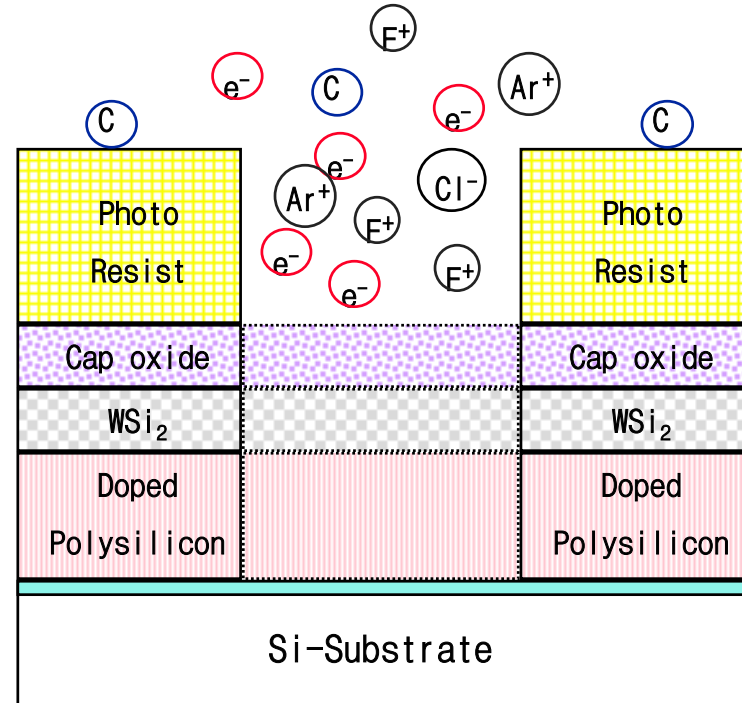
항목	내용
온도	<p>PROCESS CHAMBER의 경우, 기본적으로 WAFER가 놓이는 하부전극, POWER가 인가되는 상주전극 및 WALL이 있으며 이 3가지의 온도 차이가 많으면 온도구배에 의해 POLYMER는 열을 방출하기 쉬운 차가운 부분으로 몰린다.</p> <p>POLYMER의 경우, 반응에 의해 주로 많은 열을 가지고 있으며, 열역학적으로 자신이 안정된 상태를 유지하기 위해서는 열을 빼앗겨야 한다. 따라서, 온도가 높은 부분에는 쉽게 부착되지 않는다.</p>
압력	<p>압력의 경우, 장비 구조 및 특성에 따라 다르지만 일반적으로 저압을 사용하면 GAS의 유속 등이 빨라 POLYMER가 CHAMBER내부에 부착될 가능성이 고압에 비해 극히 적다.</p> <p>또한, 압력에 따라서는 공정 특성상 가루성 이물이 되거나 젤리성 이물이 되기도 한다.</p>
피식각 물질	<p>Al 배선위에 TiW를 사용하는 경우 F 계통의 GAS를 사용하여야하고</p> <p>Al은 Cl_2/BCl_3를 사용하므로 혼합 사용시 화학 반응은 매우 복잡하게 진행된다.</p> <p>따라서, BY-PRODUCT를 중간 중간에 제거하기 위해 DRY CLEANING이 필요하며 DRY CLEANING의 목적은 잔류하는 POLYMER를 재차 반응시켜 휘발성으로 만들어 배기를 통해 제거하기 위함.</p>

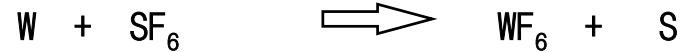
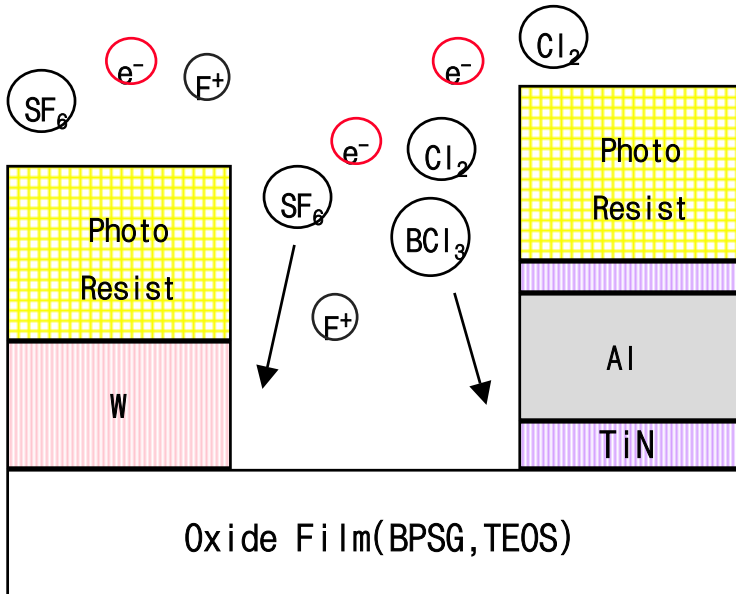
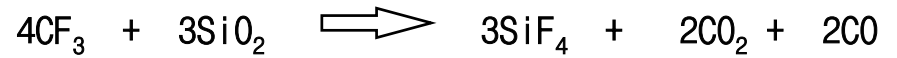
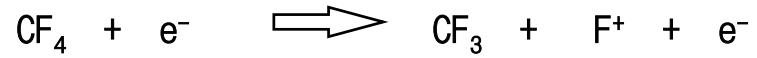
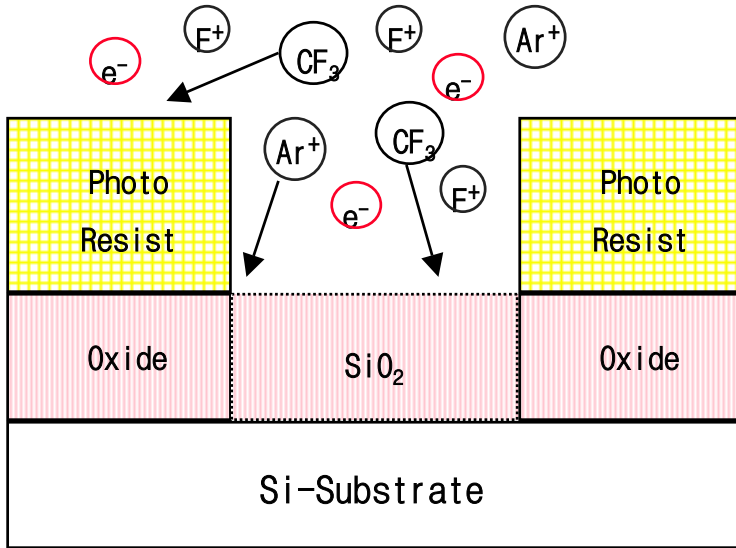
POLY 및 OXIDE ETCH 공정에서의 POLYMER성 이물



- Poly silicon 측벽보호를 Cl^- 이온들이 C와 결합하여 Polymer를 형성한다.
- Cl^- Ion들이 Poly-silicon의 Si와 결합하여 $SiCl_x$ 화합물을 형성하여 결국 $SiCl_4$ 를 형성.
- SiO_2 는 화학적 반응과 Ion Bombardment의 도움으로 Etching 된다.
- Polymer를 형성하는 Polymerization은 Etch를 느리게 하거나 방해하는 역할을 함으로써 원하는 선택비를 얻는 중요한 요소로 작용함.
- Oxide 경우 기본적으로 CF_4/CHF_3 등 Freon 계통의 Gas를 사용하며, 막질 또한 종류가 다양하여 Polymer 측면에서는 유의차가 없다. 특히 Sidewall Passivation용으로 사용되는 CHF_3 Gas에 의해 Polymer가 다량으로 Chamber에 Dope.되는 경향.

- Poly 및 Oxide Etch 공정도 Metal 공정과 비슷한 경향을 나타내나 Metal Etch 공정에 비해 Polymer성 이물이 적게 형성됨.
- 기본적으로 F 및 Cl^- 기를 사용하기 때문에 Polymer는 발생된다.
- 특히, Plasma 응집을 위해 사용되는 절연체 Focus-Ring 주위에 많은 Polymer가 형성된다.

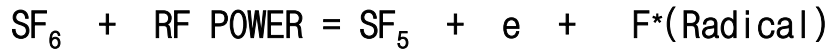
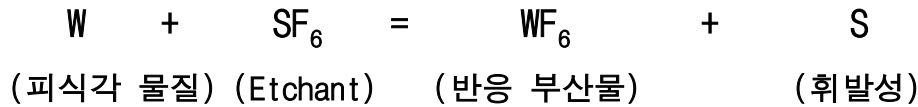




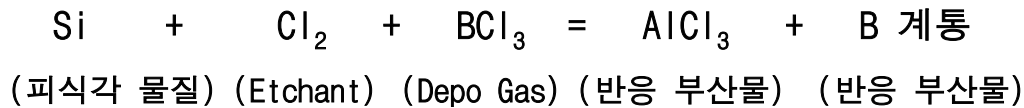
1. Dry Etching 장치에서의 Plasma Process

$\text{SiO}_2 + \text{CF}_4 + \text{CHF}_3 = \text{CO} + \text{SiF}_x$ <p>(피식각 물질) (Etchant) (Depo Gas) (휘발성) (반응 부산물)</p>	<ul style="list-style-type: none"> •F계를 Main Etchant로 사용 •반응 부산물은 주로 SiF_x 계통임(Si + F) •CF_4 중 F Radical에 의해 Oxide Etching 됨
$\text{SiN} + \text{CF}_4 + \text{O}_3 = \text{N}_2 + \text{SiF}_x$ <p>(피식각 물질) (Etchant) (촉매제) (휘발성) (반응 부산물)</p> $\text{CF}_4 + \text{RF POWER} = \text{CF}_3 + \text{F}^* + 2e$	<ul style="list-style-type: none"> •F계를 Main Etchant로 사용 •반응 부산물은 주로 SiF_x 계통임(Si + F) •CF_4 중 F Radical에 의해 Nitride Etching 됨 (O_2는 F Radical 활성화 측면에서 첨가) •CF_4 Gas로 Etch시 반응속도: $\text{SiO}_2 > \text{Si}_3\text{N}_4$
<p>□ F 계통에 의한 반응</p> $\text{Si} + \text{CF}_4 (\text{SF}_6) = \text{SiF}_x$ <p>(피식각 물질) (Etchant) (반응 부산물)</p> $\text{CF}_4 + \text{RF POWER} = \text{CF}_3 + 2e + \text{F}^*(\text{Radical})$ <p>□ Cl 계통에 의한 반응</p> $\text{Si} + \text{CF}_2 = \text{SiCl}_3$ <p>(피식각 물질)(Etchant) (반응 부산물)</p> $\text{Cl}_2 + \text{RF POWER} = \text{Cl}^+ + e + \text{Cl}^*(\text{Radical})$	<ul style="list-style-type: none"> •Poly Si Etch시에는 F계 및 Cl계 Gas 사용 •이방성 Etch 측면: Cl계 유리 •By-Product 측면: F계 유리

□ F 계통에 의한 반응



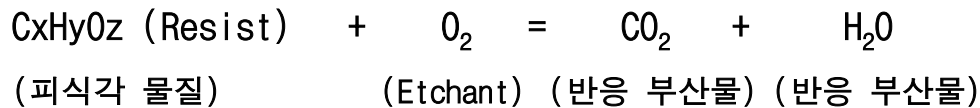
□ Cl 계통에 의한 반응



- W Etch시에는 F계 Gas 사용
- 반응 부산물은 WF₆ 계통이다

- Al Etch시에는 Cl계 Gas 사용
- Cl₂ : Etchant
- BCl₃ : Side Wall 보호용 Depo Gas
- BCl₃량 등에 의해 By-Product의 량이 좌우됨

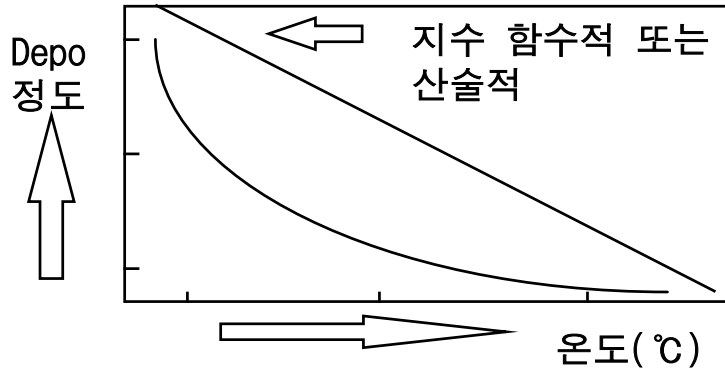
□ O₂ 계통에 의한 반응



- O₂ Gas에 의해 분해되어 제거 됨

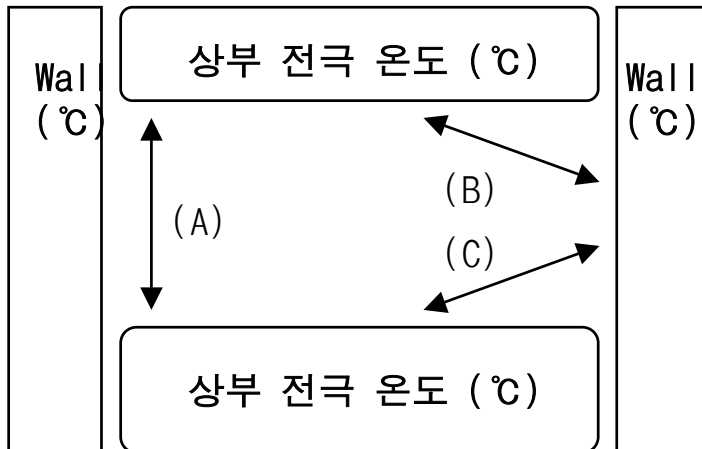
Polymer 형성 과정

① 열에 의한 Polymer Depo



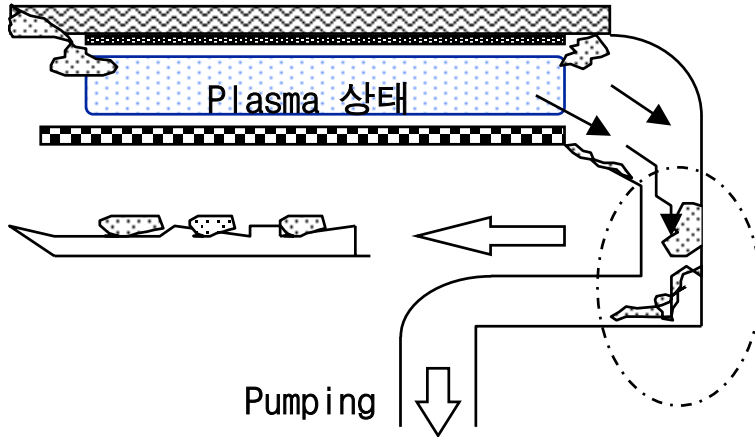
- Heating 조건에 따라 By-Product의 Depo 정도에 차이가 남
- Polymer Depo정도는 사용 Gas 및 반응 물질의 특성에 따라 차이가 남
- 온도에 의해 Polymer가 기체 상태를 유지하면서 진공 배기에 의해 Process Chamber를 통해 제거
- 반응에 산술적인 반비례 또는 급격한 지수함수적 관계가 있을수도 있다

② 온도 구배에 의한 Polymer Depo

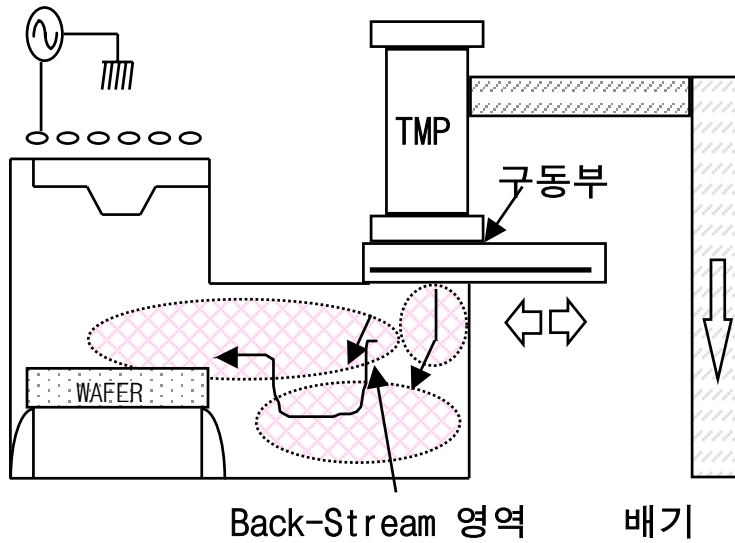


- 온도 구배가 0°C일때는 Polymer Depo가 균일
- 온도 구배에 차이를 두면 열역학 법칙에 따라 온도가 균일해 지는 경향으로 진행이 된다
- 상대적으로 차가운 부분에 많은 Polymer가 Depo
- Polymer가 쌓이기를 원치 않는 부분은 온도를 높이고 Polymer를 Depo 시키고자 하는 부분은 차게하여 의도적으로 Polymer를 제거할 수 있다
- 온도가 무조건 높다고 좋은 것은 아니며 너무 높은 온도에 의해 P/R 경화 등 의외의 문제 발생할 수 있음

③ Chamber 구조에 의한 Polymer Depo



- 장비 구조 중에서도 각진 부분 및 틈새 등에 Polymer가 잔류할 가능성이 크며 Gas 흐름의 와류 또는 Back-Stream 등에 의해 Polymer 위치가 결정 된다.
- Chamber 내부 표면의 거칠기(Roughness) 등에 따라서도 Depo 정도 및 위치가 달라진다.
- Chamber 크기 및 Vacuum Line 크기에 따라서도 Polymer Depo 정도가 틀려지며 Chamber Conductance에 의해서도 크게 좌우된다.



TCP-9400구조(TCP)

- TCP-9400의 경우 Poly Etcher임
- Polymer Depo 정도는 M-501AWE에 비해 적음
- 구조적으로 Wafer와 Polymer depo가 심한 구동부와 근접하여 있어서 와류 및 Back-Stream 등에 의해 Wafer위에 이물 형성이 많이 됨

1. 공통 Process Gas

Gas	설 명
N ₂ (NITROGEN : 질소)	비열은 0.2485 Cal./ °C 이고 밀도는 1.25 g/l. at 0 °C이며 환산인자는 N ₂ 를 1로 설정. 독성은 없으며 Non-Flammable이고 Poly 및 Metal Etch시 촉매제로 사용 중이며 PROCESS CHAMBER PURGE 용 등으로 사용 중.
O ₂ (OXYGEN : 산소)	비열은 0.2193 Cal/g. °C 이고 밀도는 1.427 g/l. at 0 °C 이며 환산 인자는 N ₂ 를 1로 설정 시 1.00 임. 독성은 없으며 Non-Flammable 이고 Poly 및 Metal Etch 시 촉매제로 사용 중.
He (Helium : 헬리움)	비열은 1.241 Cal/g. 0 °C 이고 밀도는 0.179 g/l. at 0 °C 이며 환산 인자는 N ₂ 를 1로 설정 시 1.454 임. 독성은 없으며 Non-Flammable 이고 PLASMA Etch 시 촉매제로 사용 중. Wafer 냉각용 으로서서 주로 사용 된 (Wafer Back Cooling 용)
Ar (Argon : 아르곤)	비열은 0.1244 Cal/g. °C 이고 밀도는 1.782 g/l. at 0 °C 이며 환산 인자는 N ₂ 를 1로 설정 시 1.450 임. 독성은 없으며 Non-Flammable 이고 PLASMA Etch 시 촉매제로 사용 중. Sputter 에서도 Sputtering 용으로 사용 중.

2. Etch Process Gas

Gas	설 명
SF_6 (Sulfur Hexafluoride : 육불화 황)	비열은 0.1592 Cal/g. °C 이고 밀도는 6.516 g/l. at 0 °C 이며 환산 인자는 N_2 를 1로 설정시 0.26임. 독성은 없으며 Non-Flammable 이고 Poly Si 및 W Etch 시 주로 사용 됨. 반도체 외에 절연 체, 전자고주파 파이프, 냉매, 트레이서, 의료용 등에 사용중.
CHF_3 (메틸플로오로 라이드 : Freon-23)	비열은 0.1760 Cal/g. °C 이고 밀도는 3.127 g/l. at 0 °C 이며 환산 인자는 N_2 를 1로 설정시 0.5임. 독성은 없으며 Non-Flammable 이고 Poly Si 및 OXIDE Etch 시 주로 사용 됨. 반도체 외에 ROCKET 추진제 등에 사용 중.
CF_4 (사불화 탄소 : Freon-14)	비열은 0.1654 Cal/g. °C 이고 밀도는 3.926 g/l. at 0 °C 이며 환산인자는 N_2 를 1로 설정 시 0.42 임. 독성은 없으며 Non-Flammable이고 Poly Si 및 OXIDE Etch 시 주로 사용됨.
Cl_2 (염소)	비열은 0.1144 Cal/g. °C 이고 밀도는 3.163 g/l. at 0 °C 이며 환산인자는 N_2 를 1로 설정 시 0.86 임. 맹독성이며 Non-Flammable이고 Poly Si 및 Metal Etch 시 주로 사용됨.
BCl_3 (삼염화 붕소)	비열은 0.1279 Cal/g. °C 이고 밀도는 5.227 g/l. at 0 °C 이며 환산인자는 N_2 를 1로 설정 시 0.41 임. 독성이며 Non-Flammable이고 Metal Etch 시 주로 사용됨.

2. Etch Process Gas

Gas	설 명
<p>HBr (프롬화 수소 : HYDRO-BROMIC ACID)</p>	<p>비열은 0.0861 Cal/g. °C 이고 밀도는 3.61 g/l. at 0 °C 이며 환산 인자는 N₂를 1로 설정시 1.00 임. Non-Flammable 이고 Poly Si 시 주로 사용 됨. 반도체 외에 유무기 브롬화물의 제조 환원제, 방향족 화합물의 알킬화제</p>
<p>C₃F₈</p>	<p>비열은 0.194 Cal/g. °C 이고 밀도는 8.388 g/l. at 0 °C 이며 환산 인자는 N₂를 1로 설정시 0.17 임. Non-Flammable 이고 OXIDE Etch 시 주로 사용 됨.</p>
<p>C₃F₆ (헥사 플루오로 에탄 : Freon-116)</p>	<p>비열은 0.1843 Cal/g. °C 이고 밀도는 6.157 g/l. at 0 °C 이며 환산인자는 N₂를 1로 설정 시 0.24 임. Non-Flammable, 비독성 이고 Oxide Etch 또는 CVD 공정에 주로 사용 됨. 반도체 외에 냉동기 냉매, 공조, 전자 장비에서 사용 중.</p>
<p>CO (일산화 탄소 : Carbon Monoxide)</p>	<p>비열은 0.2488 Cal/g. °C 이고 밀도는 1.25 g/l. at 0 °C 이며 환산인자는 N₂를 1로 설정 시 1.00 임. Flammable 이고 Oxide Etch 시 주로 사용 됨. 반도체 외에 메탄올 합성, 포스겐, 포르말린, 니켈 카르보닐의 제조등에 사용중.</p>
<p>C₂Cl₃F₃ (FREON-113 : CFC)</p>	<p>비열은 0.161 Cal/g. °C 이고 밀도는 8.36 g/l. at 0 °C 이며 환산 인자는 N₂를 1로 설정 시 0.20 임. Non-Flammable 이고 Poly Etch 시 주로 사용됨. 반도체 포함하여 냉매, 세정액으로 사용. 몬트리얼 의정서에 의거 규제 됨.</p>

2. Etch Process Gas

Gas	설 명
$C_2HCl_2F_3$ (FREON-123 : HCFC)	<p>비열은 0.160 Cal/g. °C 이고 밀도는 8.342 g/l. at 0 °C 이며 환산 인자는 N₂를 1로 설정시 0.26 임.</p> <p>Non-Flammable 이고 Poly Etch 시 주로 사용 됨.</p> <p>반도체 포함하여 냉매, 세정액으로 사용. 몬트리얼 의정서에 의거 규제됨.</p>
C_2ClF_5 (FREON-115 : CFC)	<p>비열은 0.164 Cal/g. °C 이고 밀도는 6.892 g/l. at 0 °C 이며 환산 인자는 N₂를 1로 설정시 0.24 임.</p> <p>Non-Flammable 이고 Poly Si Etch 시 주로 사용 됨.</p>

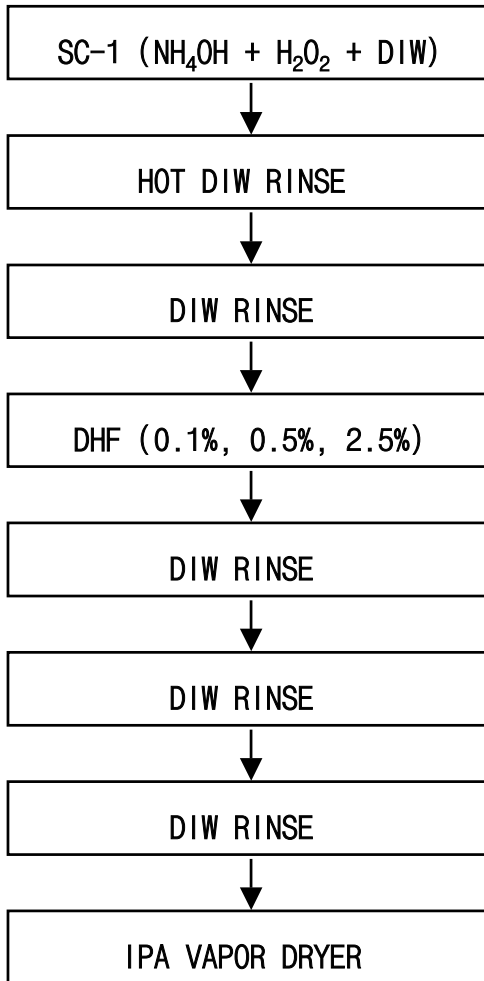
반도체 세정 공정에 사용되는 Chemical 종류

종 류	조 성	사 용 목 적	특 성
SC-1(U세정, APM)	$\text{NH}_4\text{OH}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}$ (1:5:50)	Particle 제거 유기물오염 제거 (Diffusion 전처리, Etch 후처리)	
SC-2(D세정, HPM)	$\text{HCl}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}$ (1:5:500)	금속오염제거 중금속오염 제거 (Etch 후처리)	Fume에 의한 주변 금속 부식 유발
DHF (MIXED HF)	$\text{HF}:\text{H}_2\text{O}$ (1:19 - 2.5%) (1:99 - 0.5%) (1:500 - 0.1%)	금속오염제거 자연산화막제거 표면 평탄화 (Diffusion 전처리, Metal 전처리)	1:19 HF에서 줄무늬성 이물 발생 가능
BHF (BOE)	$\text{HF}:\text{NH}_4\text{F}$ $\text{HF}:\text{NH}_4\text{F}:\text{CH}_3\text{COOH}$	Oxide Etch(Contact Wet Etch, TC Wet Etch, SG Wet Etch)	최근 계면활성제 포함된 LAL400, LAL800, LAL1000, LAL1400 BOE 등을 주로 사용함
H_3PO_4	$\text{H}_3\text{PO}_4+\text{H}_2\text{O}$ (80 ~ 90%)	질화막 제거	고온(약150℃)에서 사용함으로 취급상 주의가 필요
IPA	$(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ (이소프로필알콜)	세정후 Wafer 건조	IPA VAPOR DRYER에 사용
$\text{O}_3 / \text{H}_2\text{SO}_4$	$\text{O}_3 / \text{H}_2\text{SO}_4$ (오존/황산)	ETCH후 처리	타사에서는 O_3 대신 H_2O_2 를 사용
ST-502	방향족+페놀+알킬+벤젠 황산 (3:1:1)	후공정 P/R 제거	페놀포함으로 환경오염주의
혼산(A-세정)	$\text{NH}_4\text{OH}:\text{CH}_3\text{COOH}:\text{H}_2\text{O}$ (2:3:30)	Metal Etch 후 처리	
HNO_3	$\text{HNO}_3:\text{HF}$ (19:1)	Dummy Wafer, Tube Poly막 제거	HF에 의해서 산화막 제거도 함

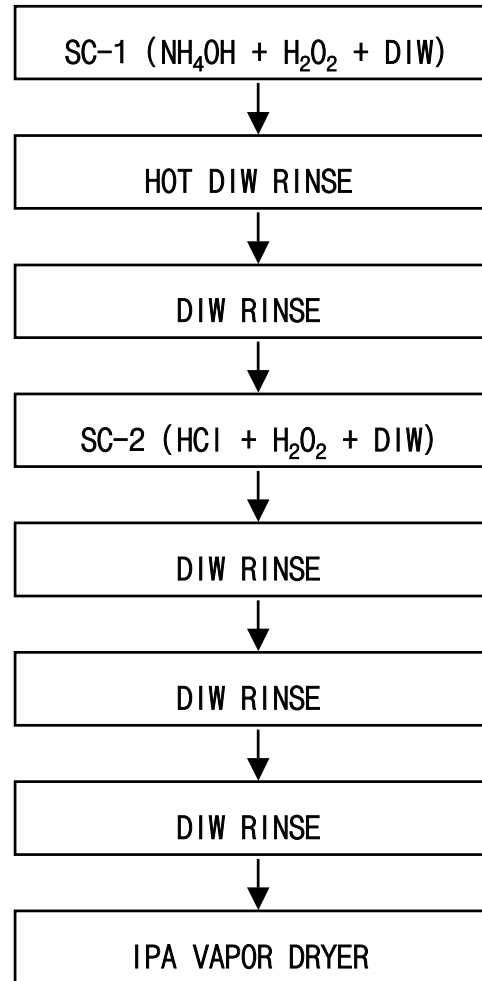
대표적 세정의 종류

제거 대상 물질	세정 방법	
PARTICLE	화학세정	APM ($\text{NH}_4\text{OH}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}$)
	물리세정	초음파세정 Brush scrubber Jet scrubber Ice scrubber
금속	습식	SPM ($\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$) HPM ($\text{HCl}:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}$) DHF ($\text{HF}:\text{H}_2\text{O}$)
	건식	Cl_2 + 광 ($\lambda < 400\text{nm}$)
유기물	습식	SPM, APM 오존첨가 초순수
	건식	UV / 오존, 산소 플라즈마
산화막	습식	DHF, BHF ($\text{HF}:\text{NH}_4\text{F}:\text{H}_2\text{O}$)
	건식	HF 증기, 초고진공고온가열
흡착분자	고온가열, Ar 스퍼터	

DIFF 전세정 SEQUENCE



ETCH 후세정 SEQUENCE



현재 반도체공정에 사용되는 세정은 1970년 RCA사에서 제창한 RCA세정이 기본이 됨.

SC1, SC2, HF 세정액을 조합함으로써, 오염물질을 효과적으로 제거하게 됨.

세정공정에서는 웨이퍼로부터 이물을 제거하는것 뿐만 아니라 역으로 오염되는것에 주의가 필요.

약액 BATH내의 PARTICLE은 순환 여과 방식으로 감소시킬수 있지만, 약액중에 용출되는 금속이온은 FILTER에 의해 제거가 되지 않는다.

Definitions

Photoresist

- Photosensitive polymer mixtures contain either single or multiple components. Positive photoresists are formulated from three main ingredients : a solvent, an acidic polymer that dissolves in an aqueous base and a photo active compound.

"Sidewall Polymer" or Etching Residue

- "Sidewall polymer" as etching residue, regardless of etching processes. Etching residue is defined as the material which is left on the wafer after plasma etching and/or oxygen plasma (dry) ashing of photoresist.

Organic Photoresist Removal Mechanism

Mechanism	Dry	Wet	화학반응식
Oxidation	O ₂ Plasma	H ₂ O ₂ /H ₂ SO ₄	<p>--- (CHNO)_x --- + [O] → CO₂ + H₂O + NO₂</p> <p>Exposed Sensitizer</p> <p>Azo Coupled Resin and Sensitizer</p>
Dissolution	Liquid CO ₂	Solvent Blends	<p>The solvent blend removes the resist by a process of penetrating, swelling and reducing Van Der Waal forces.</p> <p>Exposed Sensitizer</p> <p>Azo Coupled Resin and Sensitizer</p>
Reduction	NF ₃ /H ₂	?????????	<p>Theory:</p> <p>---(CHNO)_x--- + [H] → CH₄ + H₂O + NO₂</p>

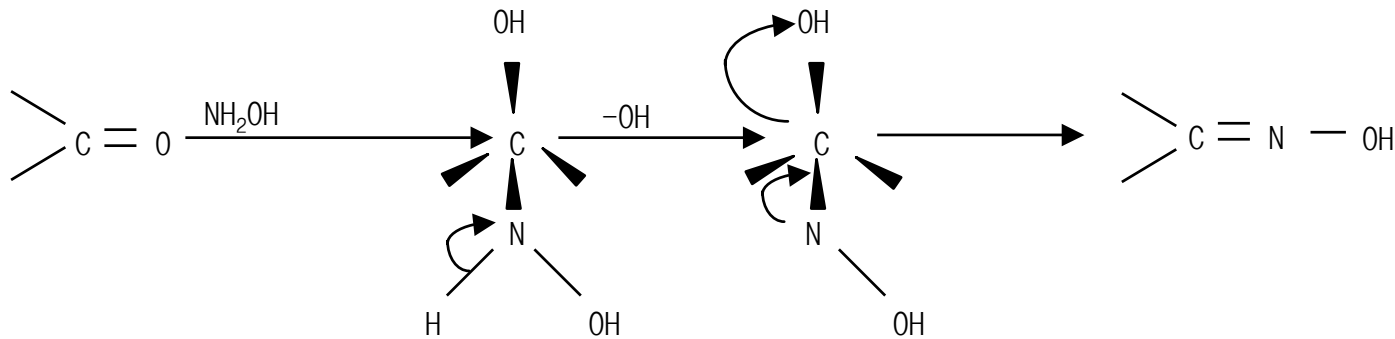
Photoresist Remover

Solvent

- Glycol Ether
- Pyrrolidone (NMP)
- Sulfolane
- Dimethylsulfoxide (DMSO)
- Dimethylformamide (DMF)
- Dimethyleacetamide (DMAC)

Organic Base

- Amine - Ethylenediamine
- Alkanolamine - Monoethanolamine
- Alkylammonium Hydroxide - TMAH
- Hydroxy Alkylammonium Hydroxide - Choline



Nucleophilic Attack of Carbonyl Group
Present in the Photosensitizer

Photoresist Etch Residue Removal Mechanism

Solvent/Amine Blends

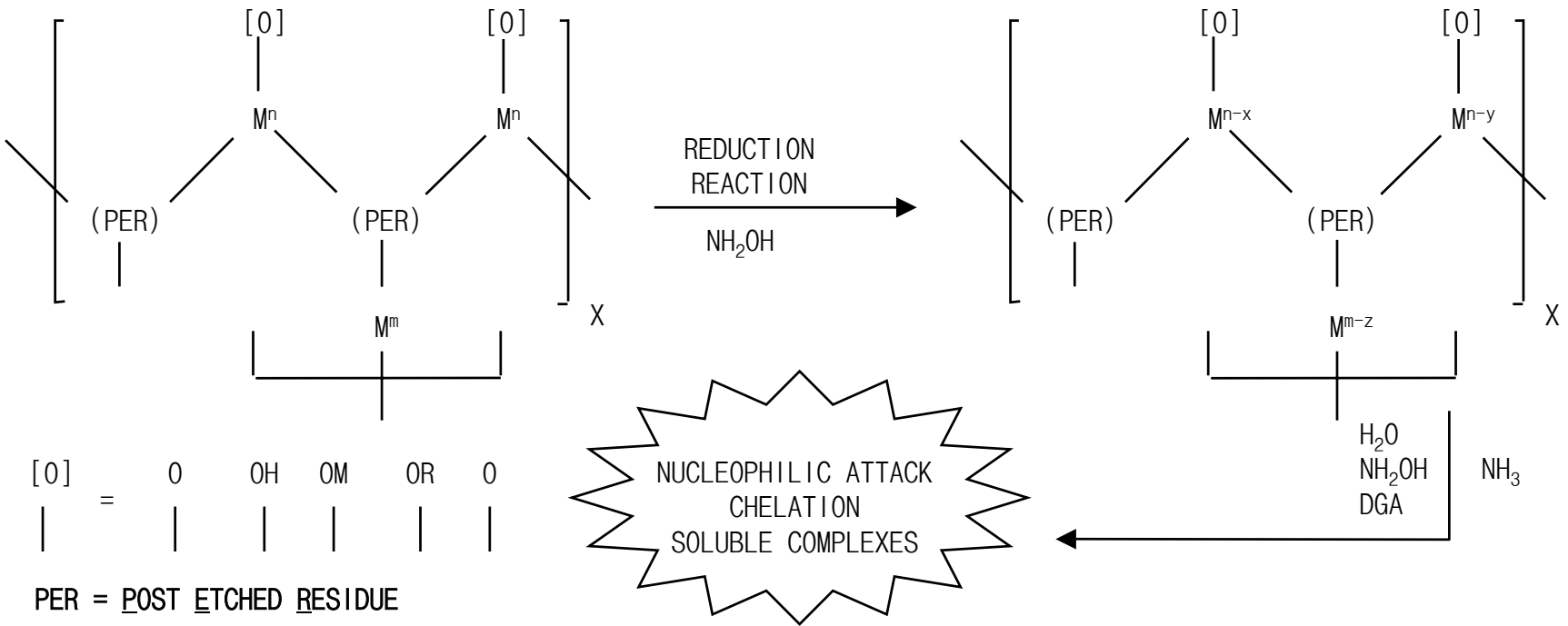
- The amine component in the Remover is in equilibrium with water and forms a hydroxide ion, which can attack residue.
- $\text{RNH}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{RNH}_3^+ + \text{OH}^-$

Passible Mechanism

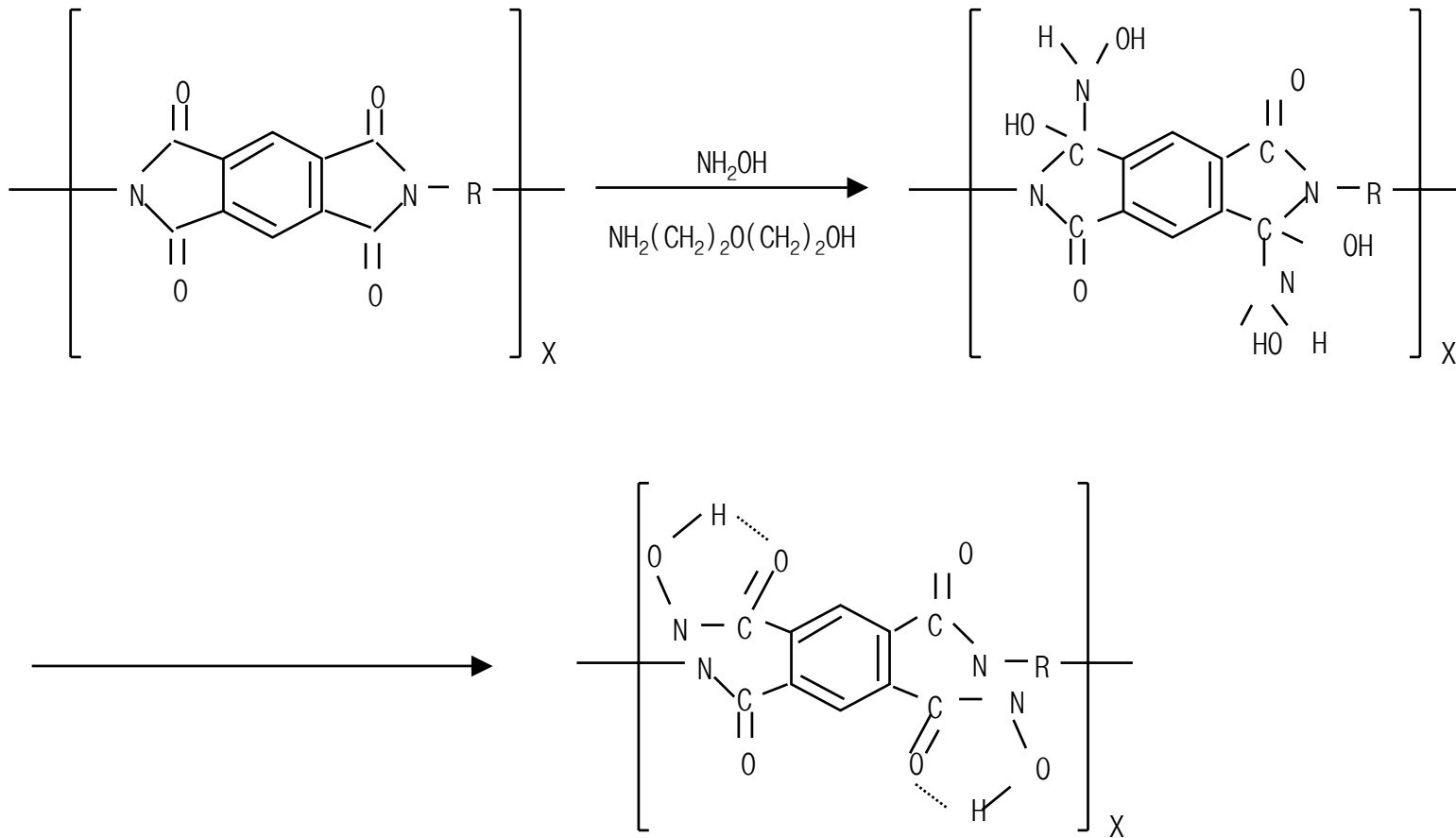
- Al_2O_3 : Amphoteric oxides can be removed by acids or bases.
- CuCl_2 : forms more soluble complexes $\text{Cu}(\text{RNH}_3)_6^{+2}$; $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6^{+2}$
- $\text{Al} + 3\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Al}(\text{OH})_4^- + \text{H}_2$
- TiO_2 ; WO_3 : Cannot be removed by solvent blends

Post-Etch Residue Removal Mechanism

Mechanism	Dry	Wet
Oxidation	O ₂ Plasma	H ₂ O ₂ /H ₂ SO ₄
Dissolution	Liquid CO ₂	Solvent Blends
Reduction	NF ₃ /H ₂	Necleophilic Attack Chelation Redox chemistry





Polyimide Chemistry



Hydroxylamine

Hydroxylamine : As hydrazine may be thought of as derived from ammonia by replacing of one hydrogen by NH_2 , so hydroxylamine, NH_2OH , is obtained by replacement of H by OH. Like hydrazine, hydroxylamine is a weaker base than NH_3 .

		Oxidation	Reduction	
Hydrogen Peroxide	$\text{HO} - \text{OH}$	High	Low	Hydroxylamine has a high degree of selectivity in its redox chemistry than either hydrazine or hydrogen peroxide.
Hydroxylamine	$\text{H}_2\text{N} - \text{OH}$			
Hydrazine	$\text{H}_2\text{N} - \text{NH}_2$	Low	High	

Hydroxylamine Reaction Products

When Hydroxylamine Reacts, it Produces **Nitrogen** (N_2), **Ammonia** (NH_3), **Water** (H_2O), **Nitrous Oxide** (N_2O)

Hydroxylamine As Reducing Agent

Some of the metallic species which can be reduced by hydroxylamine are:

Ag(I)	Ag(0)
Au(III)	Au(I)
Co(III)	Co(II)
Cr(V)	Cr(III)
Cr(VI)	Cr(IV)
Cu(II)	Cu(I)
Fe(III)	Fe(II)
Mn(III)	Mn(II)
Pd(II)	Pd(0)
Ti(III)	Ti(I)
W(V)	W(III)

Although hydroxylamine can serve as either an oxidizing agent or a reducing agent, it tends to behave as the latter in alkaline conditions.

It can also serve as ligand in complexes (e.g., $\text{Zn}(\text{NH}_2\text{OH})_2\text{Cl}_2$) coordinating through nitrogen.

New HDA™ Chemistries for Removing Etching Residues

HDA™ Chemistry	Conventional Remover
<ul style="list-style-type: none"> • Aqueous HDA™ Solutions • Low Operating temperature 25 ~ 30°C below flash point • Ultrasonics will improve process, but not required • Removes all types of etching residues; HBr polysilicon etch, oxide etch, and metal etch with TiN, TiW and W metal stacks • Removal mechanism; reducing metal ions to a lower oxidation state and forming more soluble stable complexes 	<ul style="list-style-type: none"> • Solvent/Amine blends • High operating temperature near or above flash point • Ultrasonics required to remove the more difficult residue • Cannot remove residue after polysilicon etch and residue containing Ti, TiN, W and TiW • Removal mechanism; attacking metal residue similar to metal corrosion mechanism