



無塵室介紹

Introduction of Cleanroom

李振榮

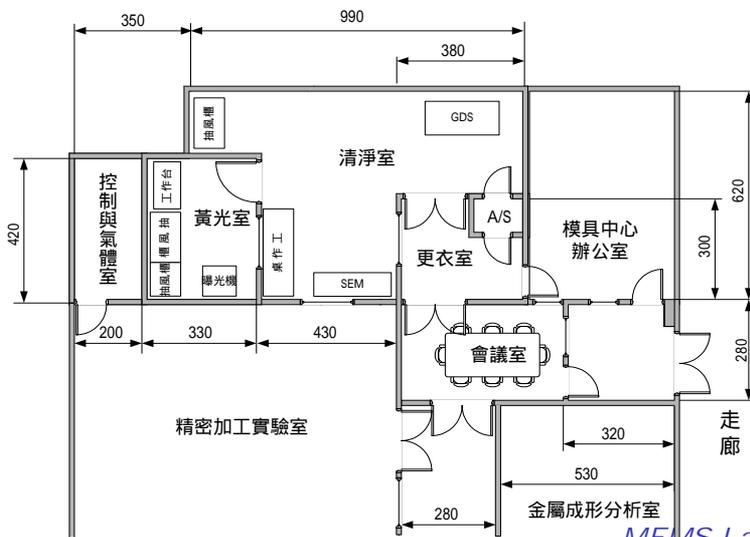
國立高雄第一科技大學
機械與自動化工程系

MicroSystem Fabrication Lab.



NKFUST

無塵室平面圖



MEMS Lab.

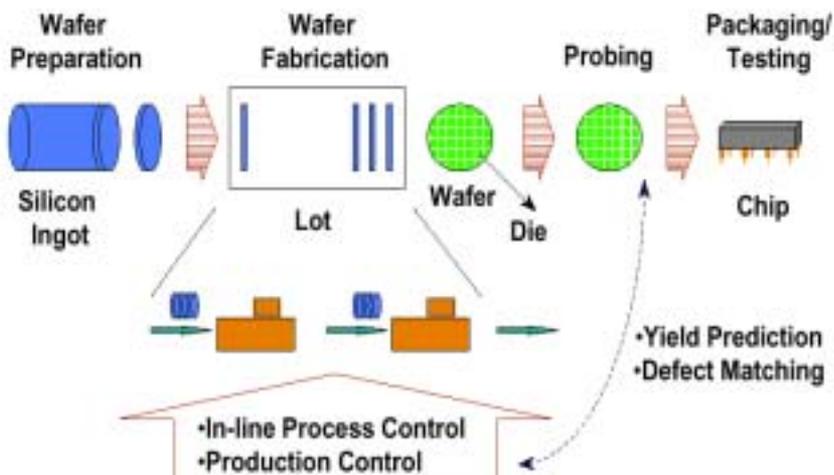


目錄

- 廠務系統架構介紹
- 潔淨室系統介紹
- 純水系統
- 廢液處理
- 氣體與廢氣處理
- 結論



IC & its process overall flow





前言

- 廠務所提供的服務有如我們每天生活所需的水、空氣、陽光，一如人體的骨骼、肌肉和血液。
- 廠務系統可以說是半導體廠內無所不在及不可或缺的基本組織之一。



廠務系統

- 廠務部(Facility Dept.)所負責建構、控制及維護的系統(System)包括了：
 1. **設施供應系統** (Utility Supply System)：提供生產所需之utility
 - 超純水 UPW (Ultra Pure Water)
 - 氣體供應 Gas Supply System, Clean Dry Air, Industrial Air, and Utility Air
 - 化學品供應 Chemical Supply System
 - 電力系統 Electrical Power
 - 製程 PX PX (Process Cooling Water, Process Vacuum, Cleaning Vacuum)
 - 自來水 CW (City Water)
 2. **環境系統** (Environment System)：提供有效率的生產環境
 - 潔淨室 Clean Room
 - 辦公區域 Office Space (內裝, 空調, 照明)
 - 電話系統 Telephone System
 - 廣播系統 PA (Public Address)
 - 保全系統 Security System



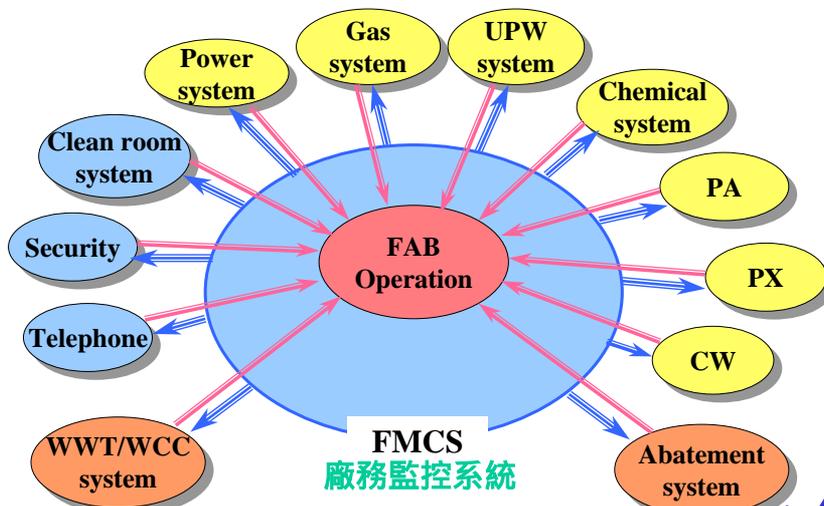


廠務系統

3. **廢棄物處理系統** (Waste Treatment System)：處理生產所產出的廢棄物
 - 廢液處理 WWT / WWC (Waste Water Treatment / Waste Chemical Collection)
 - 廢氣處理 AAS (Air Abatement System)
4. **管線工程與控制系統** (Pipe Engineering & Control System)：
 - 廠務利用管路(Piping)、風管(Ducting)、電路(Wiring), 及廠務監控系統 (FMCS ; Facility Management Control System) 將以上之設施、環境、廢棄物處理系統及使用者聯結起來以達到支援晶圓生產(Wafer Production)為導向的半導體廠務系統。



廠務系統架構





何謂 Clean Room

- Clean Room亦名潔淨室。
- 潔淨室的定義為將空間範圍內之空氣中的微塵粒子等污染物排除，而得到一個相當潔淨的環境。亦即這個環境中的微塵粒子相當少，稱之為潔淨室。
- Clean Room應用在半導體、製藥、醫院及精密機械等行業，其中以半導體業其對室內之溫濕度、潔淨度要求尤其嚴格、故其必需控制在某一個需求範圍內，才不會對製程產生影響。

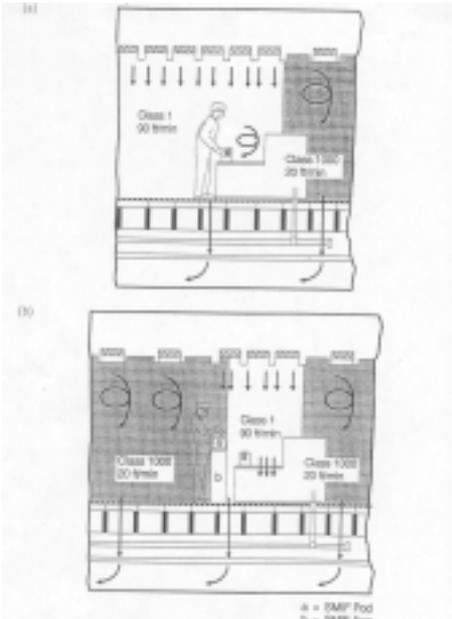


潔淨度等級		微 塵 粒 子									
		0.1 μm		0.2 μm		0.3 μm		0.5 μm		5 μm	
		單 位		單 位		單 位		單 位		單 位	
公制	英制	(m ³)	(ft ³)								
M1		350	9.91	75.7	2.14	30.9	0.875	10.0	0.283	—	—
M1.5	1	1240	35.0	265	7.50	106	3.00	35.3	1.00	—	—
M2		3500	99.1	757	21.4	309	8.75	100	2.83	—	—
M2.5	10	12400	350	2650	75.0	1060	30.0	353	10.0	—	—
M3		35000	991	7570	214	3090	87.5	1000	28.3	—	—
M3.5	100	—	—	26500	750	10600	300	3530	100	—	—
M4		—	—	75700	2140	30900	875	10000	283	—	—
M4.5	1000	—	—	—	—	—	—	35300	1000	247	7.00
M5		—	—	—	—	—	—	100000	2830	618	17.5
M5.5	10000	—	—	—	—	—	—	353000	10000	2470	70.0
M6		—	—	—	—	—	—	1000000	28300	6180	175
M6.5	100000	—	—	—	—	—	—	3530000	100000	24700	700
M7		—	—	—	—	—	—	10000000	283000	61800	1750

資料來源：美國聯邦標準修正版



 NKFUST



SMIF: standard mechanical interface

MEMS Lab. 

11

 NKFUST

Clean Room系統:

Clean Room系統，製造符合規格之潔淨空氣，連續且穩定供給足夠之潔淨空氣於使用端，無塵室內的製造區(FAB)。

一般而言，製造潔淨空氣之氣源為外氣(OUTSIDE AIR)，經過Clean Room系統各種處理單元設備之處理後進而得到符合規格之潔淨空氣。以下簡單介紹其處理流程：

外氣經由外氣空調箱 Make-up Air Unit (MAU) 初步過濾微塵(particle)並控制其溫溼度後，經由回風管道間(Mech. Chase)，將clean room之循環風量與外氣空調箱之補充風量混合，經由冷卻盤管(Dry Cooling Coil)將回風管道間之回風降溫至Clean Room要求之規格，透過循環風扇Fan Filter Unit (FFU)帶動Clean Room的氣流循環帶走particle及熱量，最後經過超高性能過濾網 ultra-low penetration air (ULPA Filter)過濾後，供應至Fab區

MEMS Lab. 

12



潔淨室空調的特性

1. 溫溼度要求比一般空調低

一般空調要求在 25°C~27 °C 之間, 相對溼度則在 55%~70% 之間; 無塵室空調必須控制在 22°C~24 °C 之間, 相對溼度則在 40%~45%。

2. 恆溫恆溼控制

由於半導體製程對溫溼度變化的大小極為敏感, 故在潔淨室大部分區域必須控制在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 及 $\pm 3\%$ 之內。

3. 所需的外氣較多

由於半導體工廠中, 製程系統需使用大量的化學品和毒氣, 這些化學品和毒氣所產生的揮發氣體和廢氣必須予以全數排除, 故排氣量相當大, 為維持無塵室壓力比外面的大氣壓力大, 此時所補充的空氣量亦隨之增加。



4. 空調系統 24 小時全天運轉並監控管理

半導體工廠部分製程設備, 對溫溼度變化極為敏感, 如黃光區 Stepper 光學機台, 些微的溫、溼度變化均會使設備的準度偏差, 另外晶片等產品也必須置放在定溫定溼的環境下, 故空調系統必須 24 小時監控管理之。

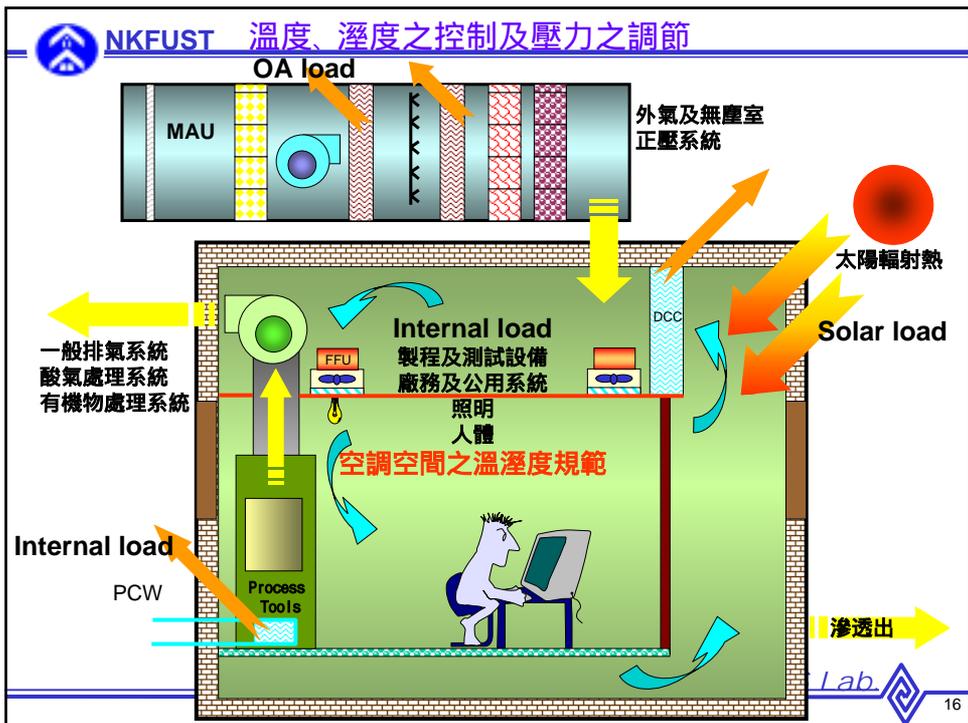
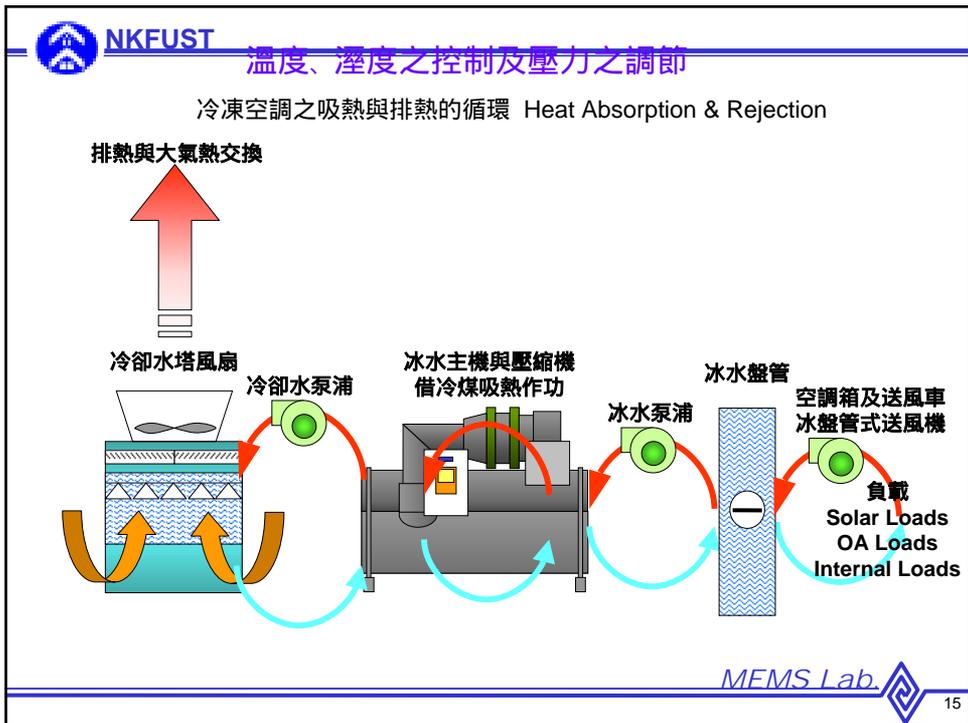
5. 半導體廠無塵室室內壓力大小

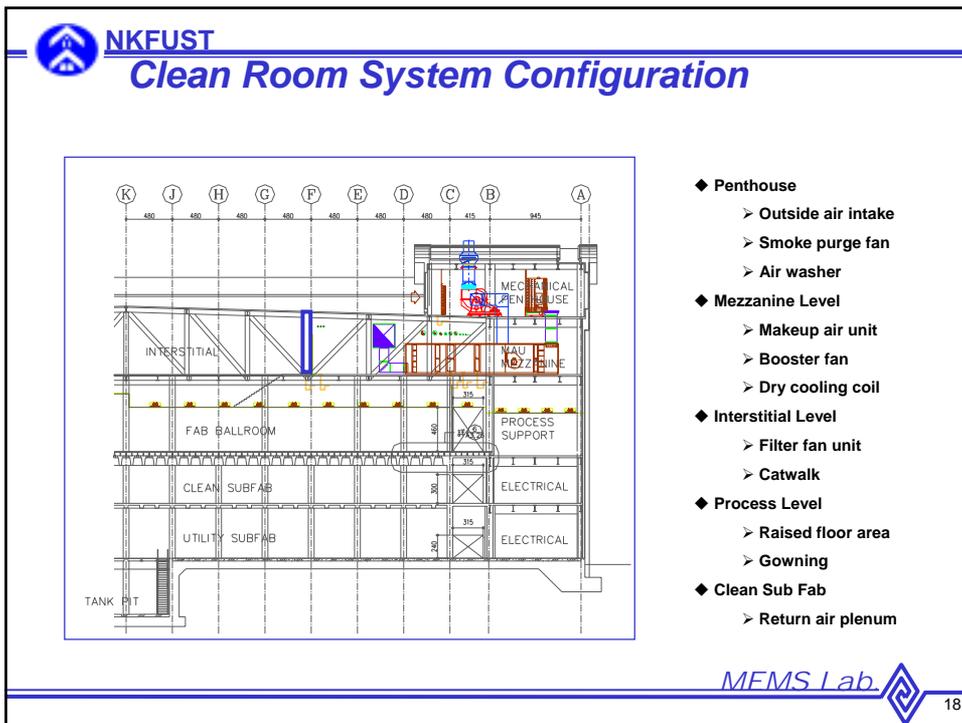
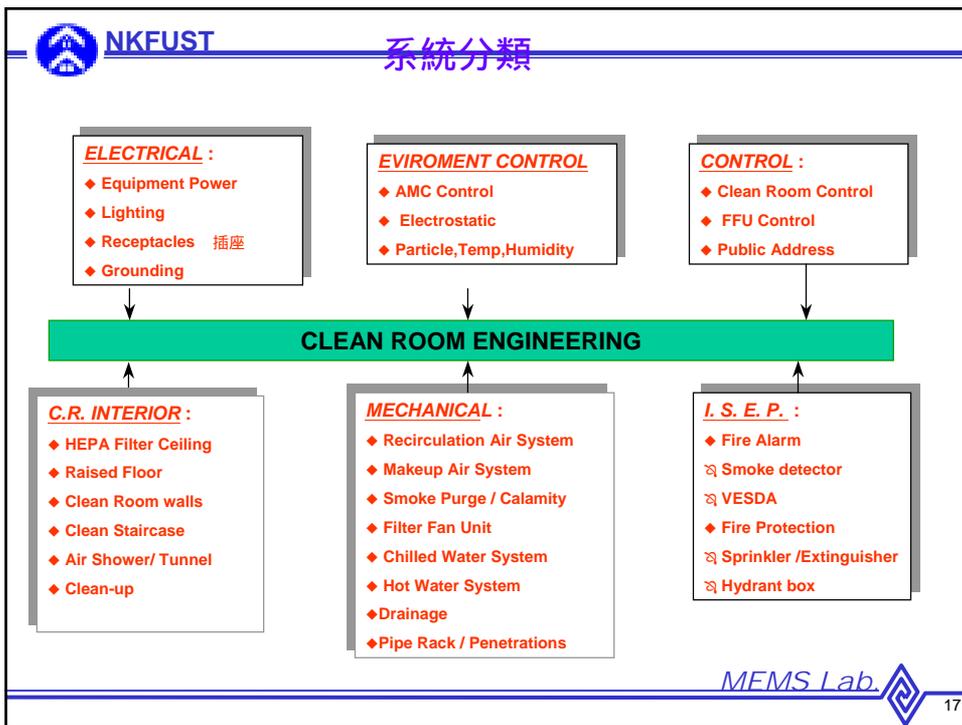
半導體廠無塵室室內壓力必須比室外高些許, 除了為避免室外的溫、溼度、particle 影響無塵室生產區的環境條件外, 並可延長無塵室 ULPA filter 的壽命, 但不能無條件增加, 如此將使向外逸散的潔淨空氣增加而增加運轉成本。

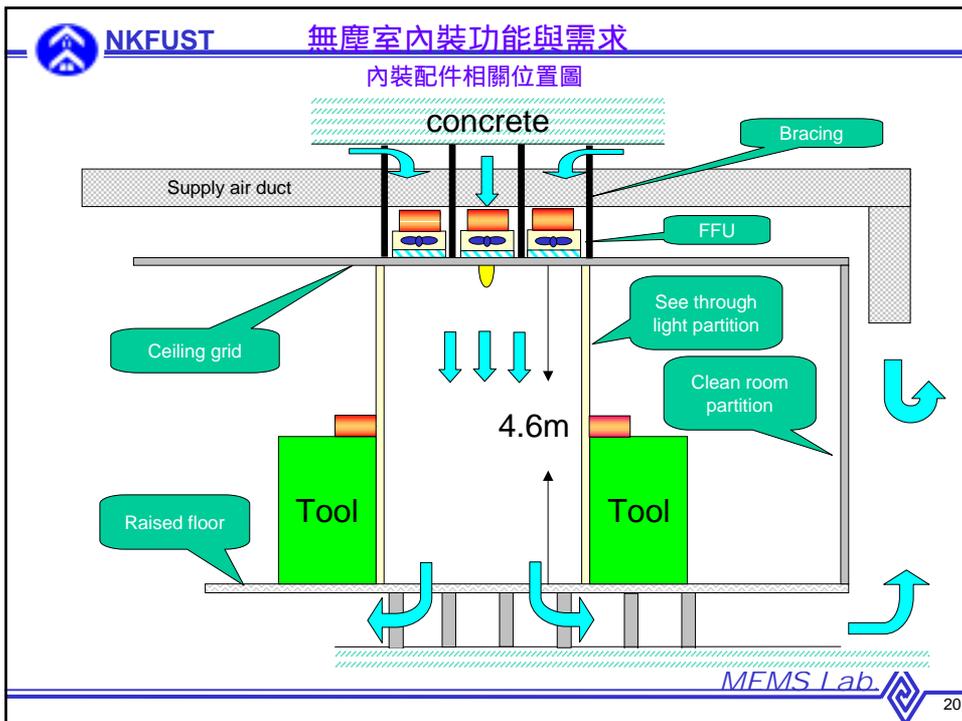
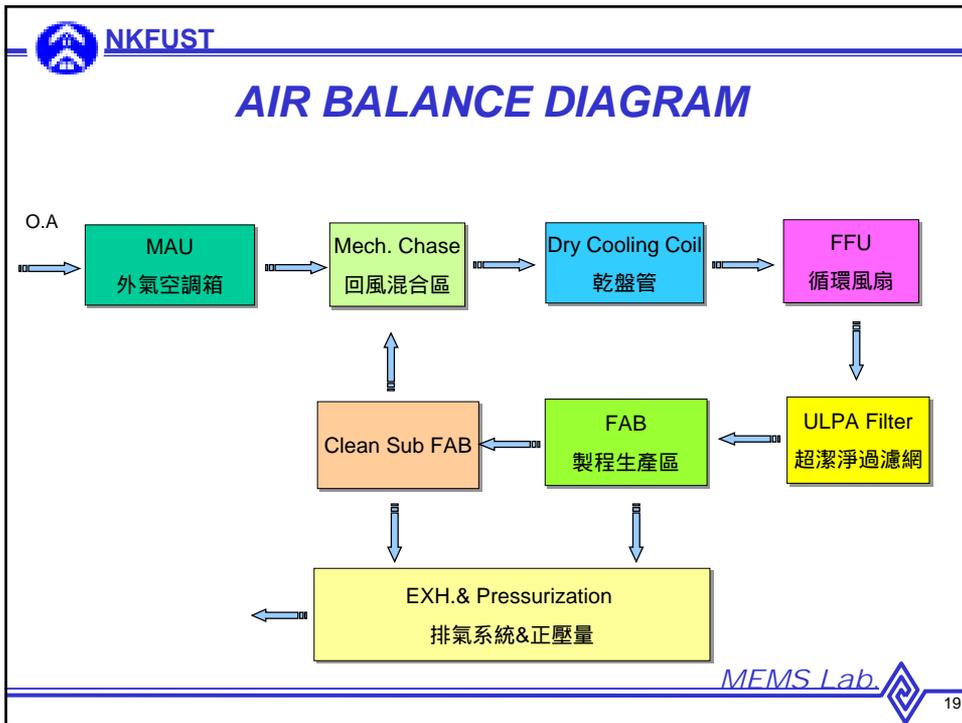
6. 氣流分佈須均勻

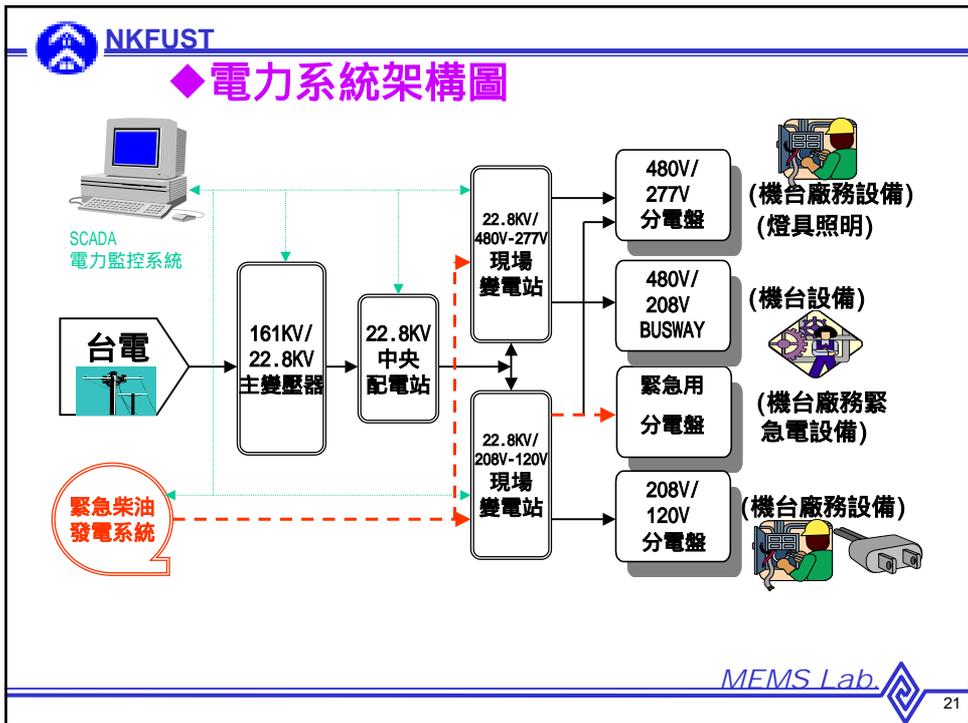
潔淨室空調為帶走潔淨室內所產生的微塵粒子以維持潔淨度故除了氣流速度須達到一定之要求標準外, 氣流的流線形狀也必須依不同的潔淨室等級加以適當的控制。













■廠務監控系統 (FMCS)目的

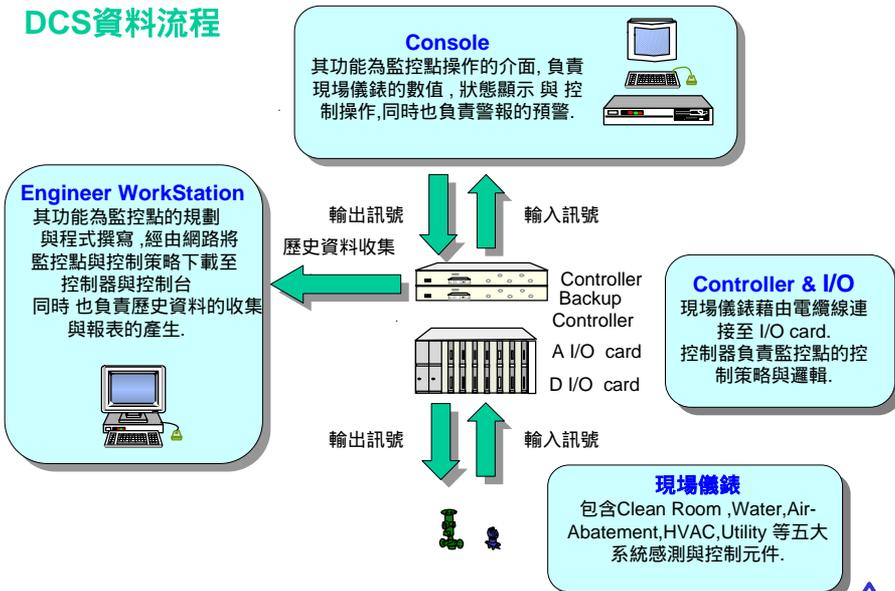
隨著半導體製程的逐步演進,廠務系統所提供的各項公共資源,如無塵室溫溼度,廢氣排放系統負壓,PCW(製程冷卻水)出口壓力等各項參數的穩定度,被要求得極為嚴格.不容許任何異常事故發生.因此,必須以廠務監控系統隨時調整系統輸出,以達到使用者的需求;並將系統狀態進行集中監視,提昇系統工程師異常事故處理能力及反應速度.

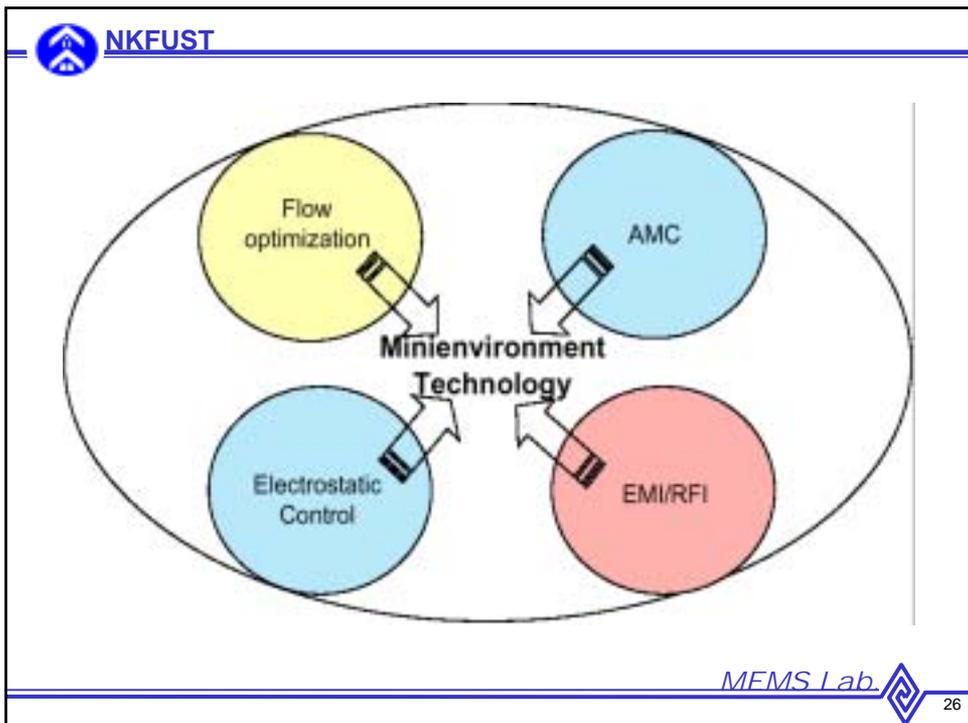
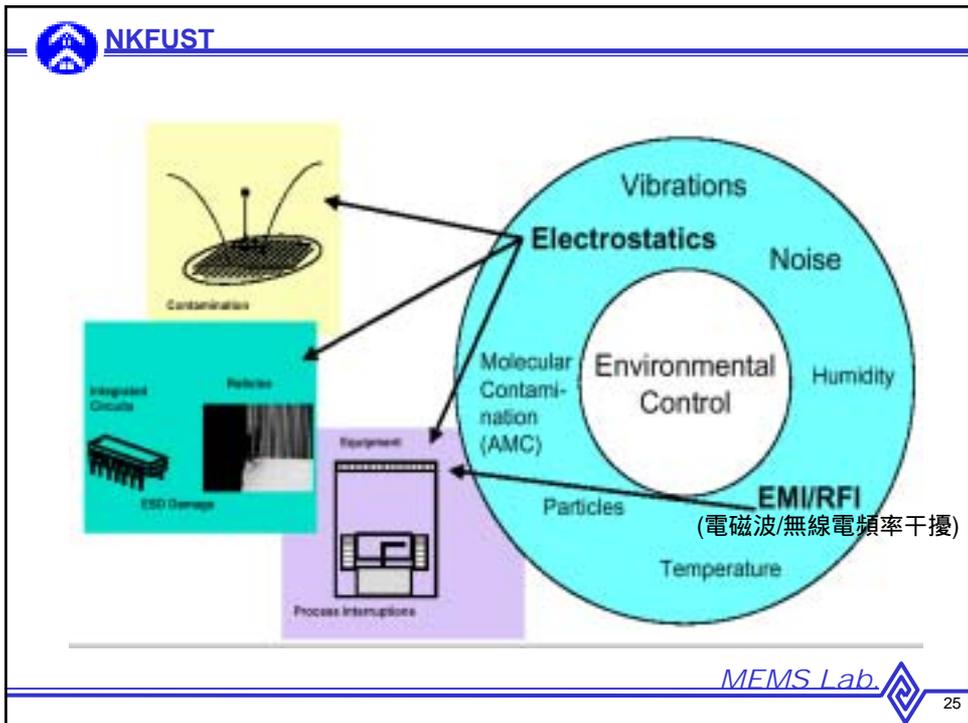
下列為FMCS所監控之廠務系統：

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1.Clean Room 無塵室系統 | 7.Chemical 化學品供應系統 |
| 2.PCW 製程冷卻水系統 | 8.HVAC 一般空調系統 |
| 3.AAS 廢氣減量系統 | 9.Calamity 逃生系統 |
| 4.UPW 超純水系統 | 10.PV 製程真空系統 |
| 5.WWT 廢水處理系統 | 11.CV 潔淨真空系統 |
| 6.Gas 氣體供應系統 | 12.CDA 壓縮乾燥空氣供應系統 |



DCS資料流程





NKFUST
Airborne Molecular Contamination Class A,B,C,D
 (according to SEMI F21-95)

MC(Molecular Condensates)碳氫化合物

MEMS Lab. 27

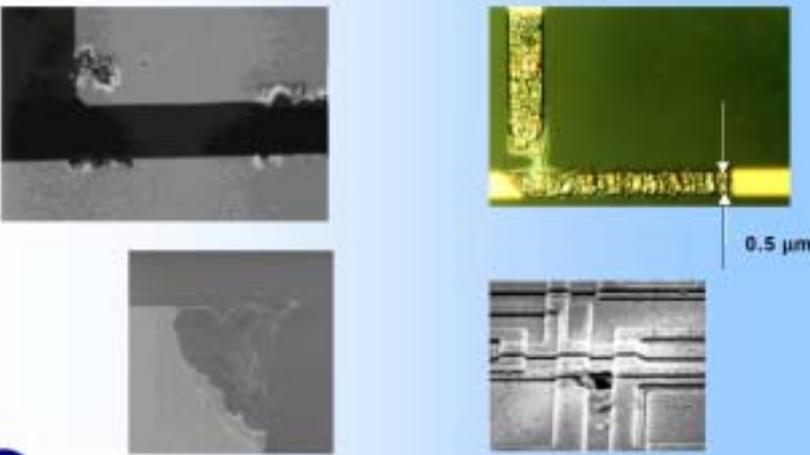
NKFUST

Molecule vs. Particle Contamination - Class 1

	Molecule	Particle
Diameter	3 nm	100 nm
Number/ m³ (10 ¹² times more molecules than particles)	3x10 ¹³ /m ³	29 /m ³
Mass (5,000 times more mass from molecular contamination than from particles)	5 ng/m ³	1 pg/m ³

MEMS Lab. 28

NKFUST



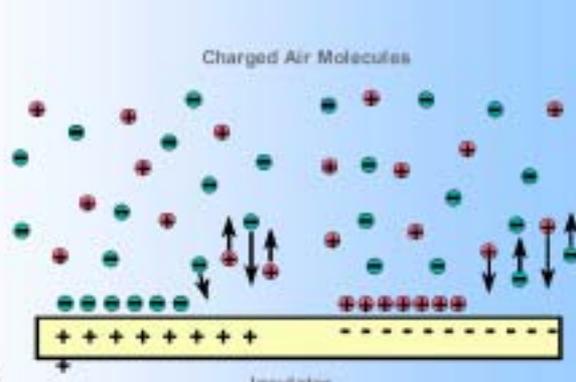
ION SYSTEMS

MEMS Lab.

29

NKFUST

Ionization Increase the Electrical Conductivity of the Air



Charged Air Molecules

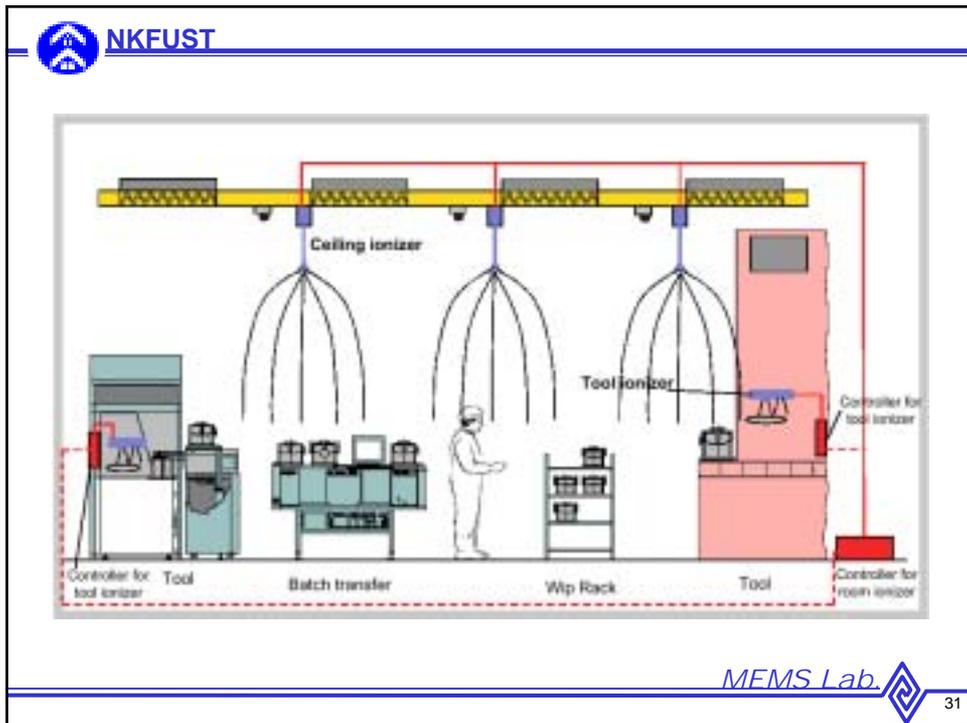
Insulator

ION SYSTEMS

靜電消除器是利用人為的方法把帶電體附近的空氣離子化，當帶電體碰到這些離子時，靜電荷可經由已離子化之空氣傳導至大地，或者吸引離子化空氣中相反極性之電荷加以中和。

MEMS Lab.

30



31

NKFUST

純水系統

■ 純水系統

- ▶ 具有 60GPM 之供水能力，最大可達 120GPM (GALLON PER MINUTE)[國家奈米元件實驗室]
- ▶ 水溫在 15 至 27
- ▶ 水質電阻值 18M -cm AT 25
- ▶ TOC 30ppb , PARTICLE<10 pcs/ml(0.1um or greater) , DISSOLVED OXYGEN 50ppb PRESSURE=2.8kg/cm²
- ▶ Note:
 - 1. TOC: total organic carbon (總有機碳)
 - 2. ppb: parts per billion , 10⁻⁹

MEMS Lab

32


NKFUST

純水規格

項目	ITEM	實驗室規格
1	Resistivity	18 M .cm at 25°C
2	Particles	<10 pcs/ml, (0.1um or greater)
3	Bacterial	<1 CFU/100ml , as determined by membrane filter after 72Hrs incubaloedet 30 °C
4	TOC	30 ppb
5	Dissolved oxygen	50 ppb
6	Dissolved SiO ₂	3 ppb
7	Na	0.1 ppb
8	K ⁺	0.1 ppb
9	Cu	1.0 ppb
10	Zn	1 ppb
11	Fe	0.5 ppb
12	Cr	0.1 ppb
13	Mn	0.5 ppb
14	Cl ⁻	3.0 ppb
15	Residue	10 ppb
16	Pressure	2.8 kg/cm ²
17	Flow Rate	Ave. = 60 GPM, Peak = 120 GPM
18	Temperature	15 ~ 27 °C

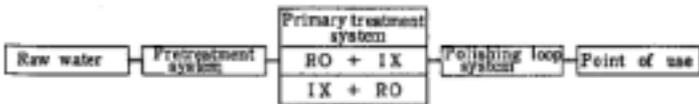

33


NKFUST

純水系統

■ 超純水製造系統 (ultrapure water production system) 包含:

- ▶ 前處理系統 (pretreatment system)
- ▶ 主處理系統 (primary treatment system)
- ▶ 超純水系統 (ultrapure water system)
- ▶ 管路系統 (piping system)
- ▶ 廢水再生系統 (waste water reclamation system)



```

graph LR
    Raw[Raw water] --> Pret[Pretreatment system]
    Pret --> Primary[Primary treatment system  
RO + IX  
IX + RO]
    Primary --> Polishing[Polishing loop system]
    Polishing --> Point[Point of use]
            
```

圖四 超純水處理系統之製程 [1]


34



純水系統

- 前處理製程主要可分為兩種：
 - ▶ 原水混濁度高時 (大於10)，凝結 (coagulation)、沉澱(settling)、過濾 (filtration) 的製程
 - ▶ 原水混濁度低時 (小於10)，可應用微絮狀物過濾法 (microfloc filtration)
 - 叢毛狀物 (flocculant) 直接注入原水管路中，藉由混合形成微絮狀物而能被直接過濾掉。



純水系統

- 主處理系統 (primary treatment system) 包含:
 - ▶ (1) 薄膜系統(membrane system)：
 - 逆滲透(reverse osmosis, RO)：移除微粒子、有機物 [organics]、細菌、和二氧化矽 [colloid] 單元、超過濾 (ultrafiltration, UF) 單元、薄膜過濾器(membrane filter)
 - ▶ (2) 離子交換系統(ion-exchange system)：
 - 逆雙濾床超純水單元 (two-bed ultrapure water unit, 2B tower)、混合濾床離子交換塔(mixed-bed ion-exchange tower, MB tower)：移除有機物、氧化劑(oxidants)、和微量離子(trace ions)
 - ▶ (3) 除氣系統 (deaeration system)：
 - 除氣機(degasifier, DG tower)、真空除氣機(vacuum degasifier, VDГ tower)：去除溶解在水中的氣體(如氧氣)
 - ▶ (4) 其它：
 - 幫浦、貯水池、紫外線殺菌燈管 (ultraviolet sterilizer, UV:用來殺菌[sterilization]和分解有機物[氧化-還原])、化學品供應單元。





純水系統

- 超純水系統(ultrapure water system, 又稱次系統, subsystem, 或二次處理系統, the secondary treatment system)
 - ▶ 作用在提升從主處理系統送出的水質
- 管路系統(piping system):
 - ▶ 連接超純水製造系統與使用點(point of use, POU), 在維持最佳水質和水壓方面扮演著重要的角色
 - ▶ 原則上, 在管路中應用循環水(circulating water) 以防止因陷住(water entrapment) 造成的水質劣化
 - 一個方法是在設計階段時盡量減少管路的彎曲(piping bend), 並消除壓力測量和流量量測之儀器管路的死角(不流動區域, dead zone)。
 - ▶ 同時管路系統和貯存槽的內壁應儘可能光滑, 以避免細菌和粒子的黏著。
 - ▶ 即使使用點消耗掉一些水, 通常總循環水量的10-20%應持續返回超純水製造系統, 以確保其水質。



純水系統

- 廢水再生系統
 - ▶ 因應有限的水資源與落實環境保護, 近年各界對用水量甚大的半導體廠期盼日殷, 冀望其能改善製程, 提高製程用水(即超純水) 回收率; 且改善廢水的再利用亦可降低供給用水之成本





廢液處理

- 廢水處理廠所處理之無機廢液依其特性可概分為三類：
 - ▶ 含氟酸廢液之製程廢水，主要內容物為HF及BOE。
 - 氟酸廢液 儲存槽 反應槽 (氟化鈣) 凝滯槽 膠凝槽 沉澱槽 中合槽
 - ▶ 不含氟酸廢液之製程廢水，常見者為硫酸、氨水、雙氧水、磷酸...等。
 - 酸鹼廢液 儲存槽 中合槽 放流槽 放流
 - ▶ 其它廠務系統所產生之廢水，多為純水再生排水及濃縮水、軟水再生排水、廢氣系統洗滌排水...等。
- 含重金屬之廢液（含銅、鎳...等）及有機廢液（如丙酮、三氯乙烯、顯影、光阻劑等）皆採委外回收處理之方式。



氣體與廢氣處理

- 三處製程氣體污染區：
 - ▶ 氧化、擴散及化學氣相沉積製程所使用的毒性、可燃性的氣體，及其反應後所生成的廢氣
 - ▶ 蝕刻及去光阻製程所產生的酸鹼廢氣
 - ▶ 黃光區製程所產生的有機溶液等廢氣





奈米實驗室使用氣體簡稱對照表

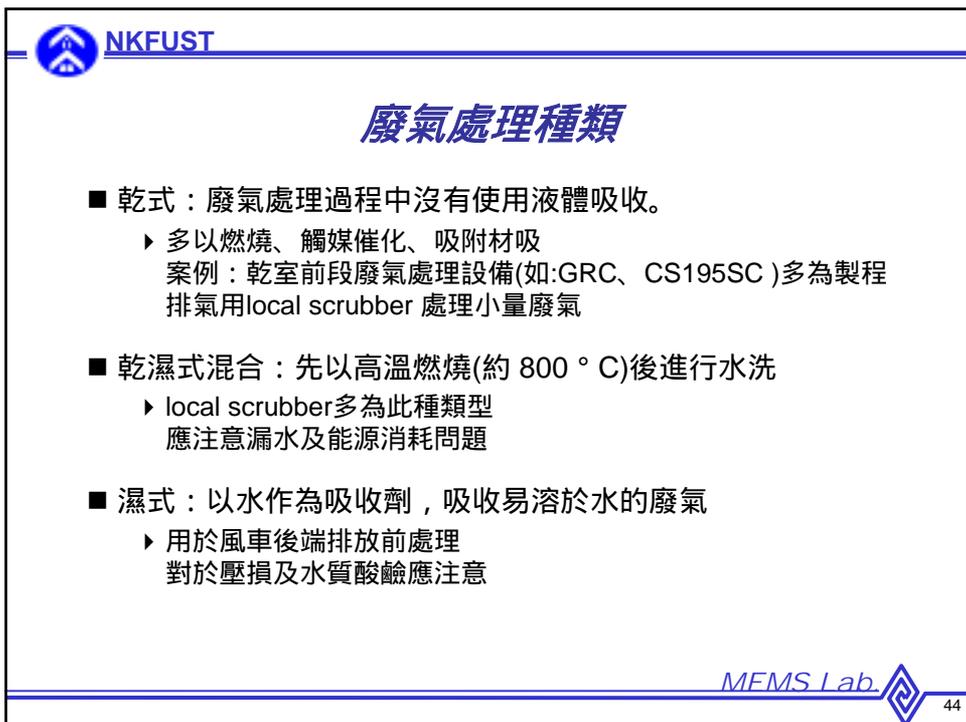
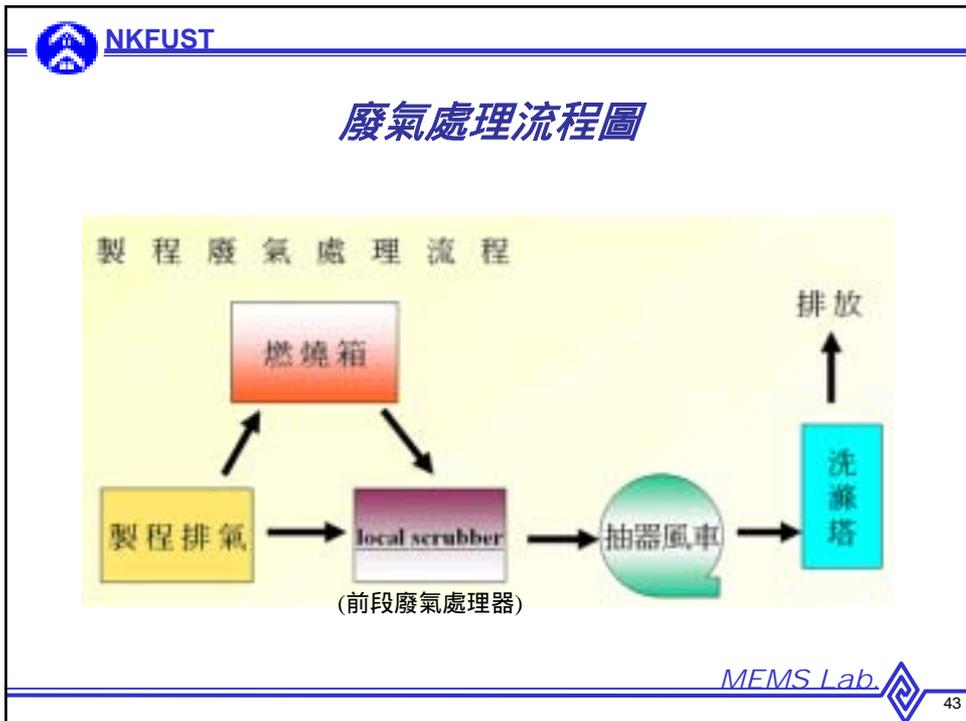
化學式	中文名稱	易燃	非易燃	窒息	毒性	氧化性	腐蝕性
H ₂	氫氣						
N ₂	氮氣						
O ₂	氧氣						
He	氦氣						
CF ₄	四氟化碳						
CH ₄	甲烷						
Ar	氬氣						
NO	一氧化氮						
NF ₃	三氟化氮						
SiF ₄	四氟化矽						
WF ₆	六氟化鎢						
Si ₂ H ₆	二矽乙烷						
PH ₃	磷化氫						
B ₂ H ₆	二硼烷						
SiH ₄	矽甲烷						



奈米實驗室使用氣體簡稱對照表

化學式	中文名稱	易燃	非易燃	窒息	毒性	氧化性	腐蝕性
GeH ₄	四氫化鍺						
NH ₃	氨						
SF ₆	六氟化硫						
HCl	鹽酸						
Cl ₂	氯						
HBr	溴化氫						
N ₂ O	一氧化二氮(笑氣)						
SiCl ₄	四氯化矽						
BCl ₃	三氯化硼						
SiH ₂ Cl ₂	二氯矽烷						
CHF ₃	三氟甲烷						
C ₂ F ₆	六氟乙烷						
C ₄ F ₈	八氟環丁烷						
D ₂	氘氣						







References

- <http://www.ndl.gov.tw/about/Facility/index.htm>
- W. Whyte, Clean Room Technology Fundamentals of Design Testing and Operation, John Wiley and Sons, Inc., 2001.
- 丁志華、戴寶通, 半導體廠超純水簡介, 毫微米通訊, Vol. 7, No. 4, pp. 31-39.
- 楊偉智、吳世全, 廢水系統改善工程, 毫微米通訊, Vol. 9, No. 1, pp. 42-50.
- 林永彬、鄭淵源、吳世全, CDO排水問題之改善, 毫微米通訊, Vol. 9, No. 4, pp. 46-50.
- 蕭開元、吳世全、林俊昌, 新建工程機電系統圖說規範訂定(I), 毫微米通訊, Vol. 9, No. 2, pp. 41-48.
- 蕭開元、吳世全、林俊昌, 新建工程機電系統圖說規範訂定(II), 毫微米通訊, Vol. 9, No. 3, pp. 45-51.

