

# 作者簡介

- 朱良堃，畢業於台北科技大學 冷凍空調研究所，目前任職於台灣積體電路製造股份有限公司三廠廠務機械資深工程師，負責：無塵室AMC系統/冰水空調系統/AAS空氣污染防治設備環保專責人員。

# 綠色半導體晶圓廠創新型精確環境設計與解決無塵室污染物之移除技術

報告人：朱良莖

作者：朱良莖、陳昭賢、連上舜

台灣積體電路製造股份有限公司 三廠廠務部

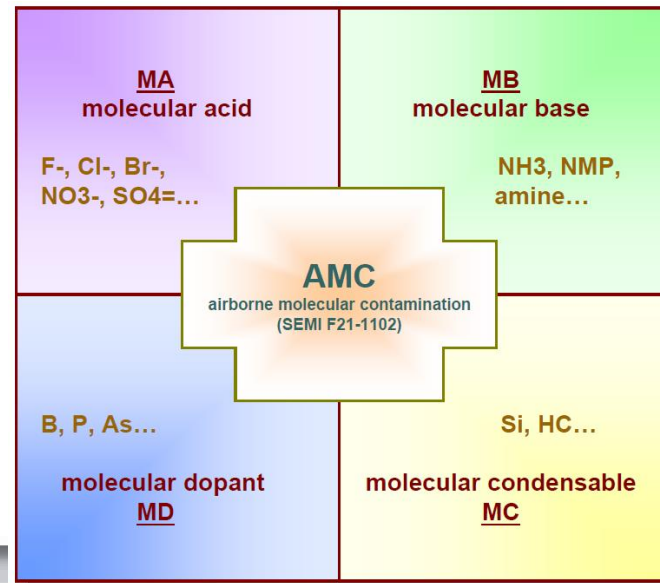
# 內容大綱

- ☐ 前言
- ☐ 無塵室污染源分析及實驗
- ☐ 高階製程晶圓缺陷對良率影響
- ☐ 晶圓缺陷改善作戰與建立行動計劃進度
- ☐ 創新型精確環境設計
- ☐ 污染物逸散改善成效與驗證
- ☐ 結論

# 前言

- AMC(Airborne Molecular Contamination)懸浮氣態污染物意指環境中有能力沈積或吸附於產品wafer表面形成一薄膜層之化學污染物質。
- 無塵室環境是採用循環式的空調系統，一但有AMC高污染化學品外洩，除了人員安全上的問題之外，產品的良率也非常容易受影響
- 美國國際半導體設備與材料公會(Semiconductor Equipment and Materials International, SEMI)在其所公佈之SEMI standard F21-1102中，將無塵室空氣分子污染物AMC區分為四類：

- MA (酸性)
- MB (鹼性)
- MC (凝結物)
- MD (摻雜物)



# 無塵室污染源分析及實驗

## Classification of AMC (SEMI F21-1102)

- **酸性 (Acids)**：腐蝕性物質，具有化學反應中的電子接受者之反應特性。如：氫氟酸、硫酸、氫氯酸、硝酸、磷酸、氫溴酸。簡稱為 **MA**。
- **鹼性 (Bases)**：亦為腐蝕性物質，在化學反應中為電子提供者，此類之化合物容易與酸性物質作用產生鹽類 (salt)。如：氨、氫氧化銨、甲基氨、二甲基氨、二乙醇氨。簡稱為 **MB**。
- **凝結物 (Condensables)**：定義為在常壓下，沸點高於室溫且可以凝結在乾淨表面之化學物質 (水除外)，所以在半導體廠會凝結於晶圓上。如：矽康、碳氫化合物。簡稱為 **MC**。
- **摻雜物 (Dopants)**：指會改變半導體材料電性之化學元素。如：硼 (B，通常為硼酸或三氟化硼)、磷 (P，通常為有機磷)、砷 (As，通常為砷酸鹽)。簡稱為 **MD**。

# Off-line AMC monitor Method

- **IC & Impinger(MA/MB)**

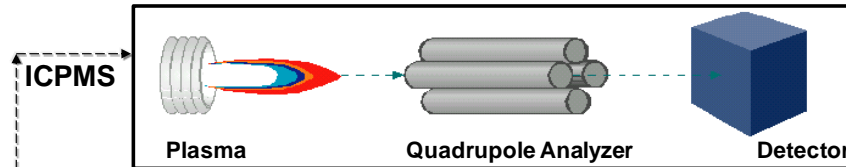
- 利用 Impinger 將空氣中懸浮粒子污染物經由酸性水溶液吸收後，再將酸性水溶液以 IC 法進行離子分析

- **GC-MS & 吸附管(MC)**

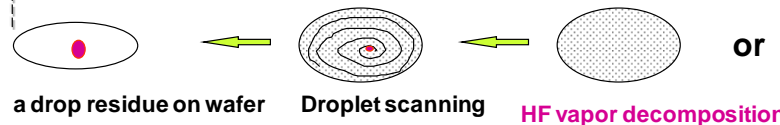
- 以吸附管透過空氣 pump 取樣 2 小時後搭配氣體層析分析儀(GC-MS)分析

- **ICP-MS & Wafer(MD)**

- 將晶圓暴露於環境中 24HR 後，再以 HF 溶出污染物搭配感應耦合電漿質譜儀(ICP-MS)分析



Wafer 前處理: Vapor phase decomposition (VPD) or Drop HF etching



(Ex.: B/P witness wafer analysis)

# AMC Solution

- AMC Solution :在長期處理AMC污染經驗過程中，常用解決AMC污染之方法有三種：

- Removal

- Removal即為**移除污染源**，如果為室外外氣所造成之AMC污染，找出污染源並移除為最佳改善方式，但一般**機台所使用之化學物質原料**通常也會造成**無塵室環境內之污染**。所以Remove方式就不適合針對機台所產生的污染源。

- Isolation

- 故針對機台或其他無法移除AMC污染源之處理方式為Isolation，Isolation即為**隔離污染源**，常用的方式有**PVC curtain**、**light-partition**及**mini-environment setup**。

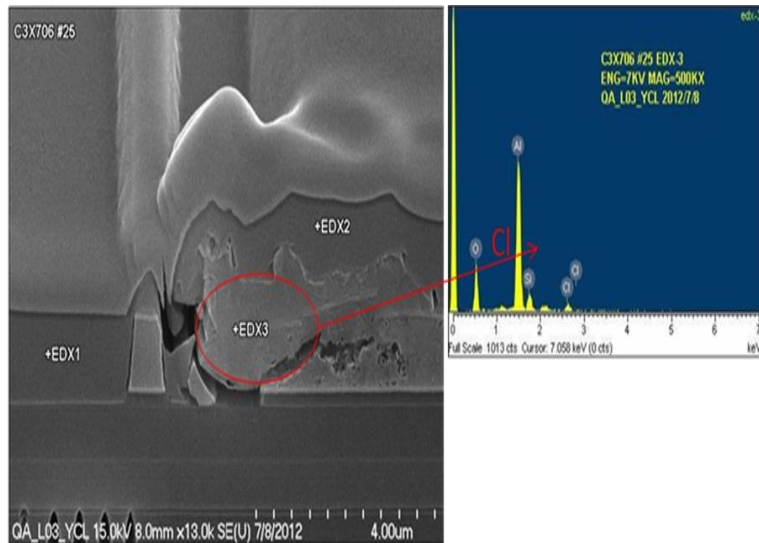
- Filtration

- Filtration即為以**過濾方式消除或稀釋以減少環境污染**，常用方式有**chemical filter**安裝於該區域之空調箱及機台，但chemical filter通常只能過濾單一化學污染源，且**濾網有其壽命限制**，須要定期測量或是以其life-time做為更換指標。

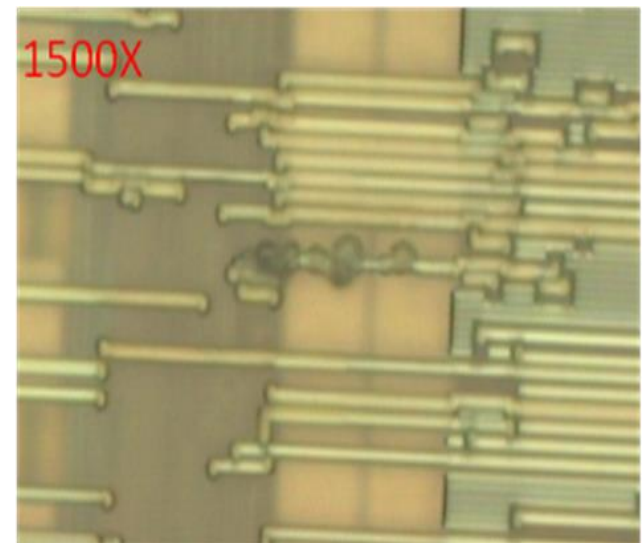
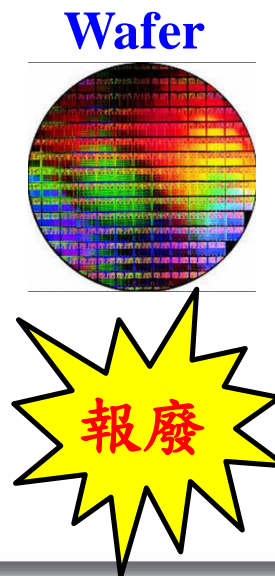


# 高階製程晶圓缺陷對良率影響

- 半導體製程中，**晶圓缺陷(Wafer Defect)**一直是有礙於產品良率(Yield)提昇的一項重要因素
- 來自**環境的懸浮物**，如：**微塵**、**溶劑**、**氣體分子**等也是晶圓缺陷的來源。
- 有效**減少晶圓缺陷**的產生，以及**提升晶圓良率**，乃各晶圓廠不斷努力的目標。
- 註:晶圓(Wafer)是指矽半導體積體電路製作所用的矽晶片，由於其形狀為圓形，故稱為晶圓。



金屬腐蝕缺陷分佈情形



晶圓遭受金屬腐蝕

# TSMC晶圓缺陷改善作戰

提供技術改善

User Team

製造生產部

Approach Team

廠務部

成立專案計劃、跨部門合作

廣泛服務、使命必達  
專業堅持、品質效率

戰隊首領  
連上舜 部經理

污染源分析及量測

精確環境設計



分隊長  
陳昭賢 副理

活躍小組  
成員

精英小組  
成員

唐炳順  
朱良堃

蕭博戎  
黃俊銘

# 建立行動計劃進度

STEPS-F8D (Advanced F8D)  
(Systematic Technique for Effective Problem Solving)

行動計畫

利用 甘特圖 擬定行動計畫

Item	Sponsor	Schedule							
		2014-01	2014-02	2014-03	2014-04	2014-05	2014-06	2014-07	2014-08
D1: Use Team Approach	C.N.	■ ➔							
D2: Describe The Problem	Jefferson	■ ➔							
D3: Implement and Verify Interim Containment	Team		■ ➔						
D4: Define and Verify Root Cause	Team			■ ➔					
D5: Choose and Verify Permanent Correction	User				■ ➔				
D6: Implement Permanent Corrective Action	Team						■ ➔		
D7: Prevent Recurrence	Jefferson							■ ➔	
D8: Congratulate Your Team	Team								■ ➔



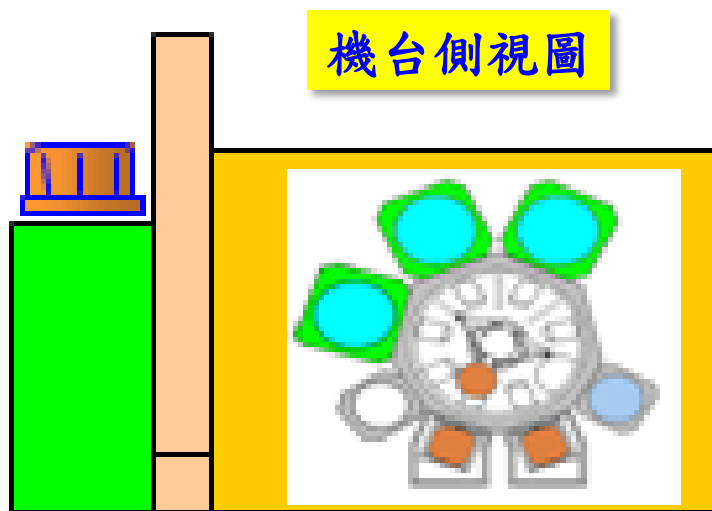
- 每週由副理主持進行Brainstorming Meeting
- 每月Team進行進度檢討Meeting

■ : Plan Schedule  
➔ : Actual Schedule

# 創新型精確環境設計

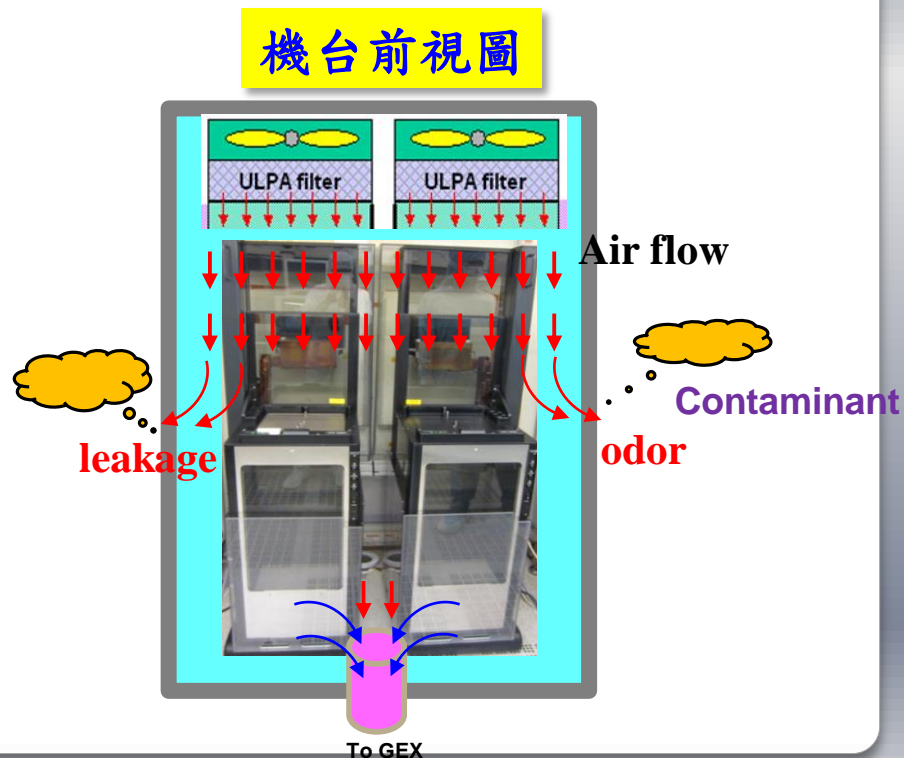
## ■ Suspected Root cause

- STI Type Process Tool係為**開放式**，當氣流從上方ULPA濾網送出後無法完全送到下方高架地板及被負壓排氣風管帶走
- 原因係為此中間區域的**開放空間太大**，導致機台在生產晶圓上下貨(Load/Unload)過程中開啟時有**部分製程殘氣洩漏**至周圍環境，並且有些許異味產生



Process Tool

機台側視圖

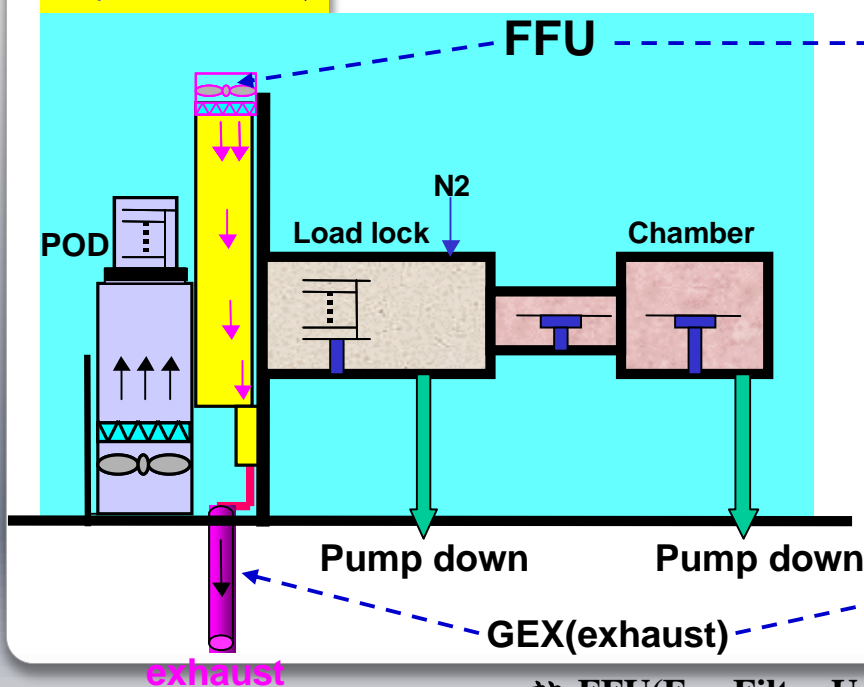


機台前視圖

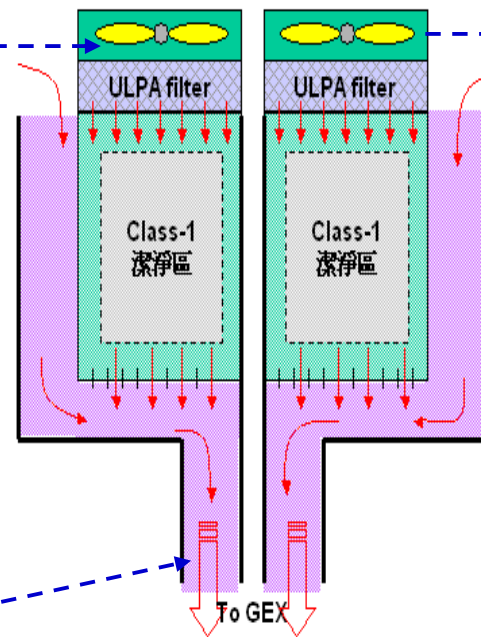
# 創新型精確環境設計

- 精確環境(Precise-Environment)設計上有三項重要核心理念:
  - ULPA下方氣流需為層流(Laminar flow)
  - ULPA送風量及負壓排氣抽風量之間需具備旁通管作流量自動平衡(Auto Balance flow)的功能調整
  - 負壓排氣抽風量需高於ULPA送風量(建議大於10%)

機台側視圖



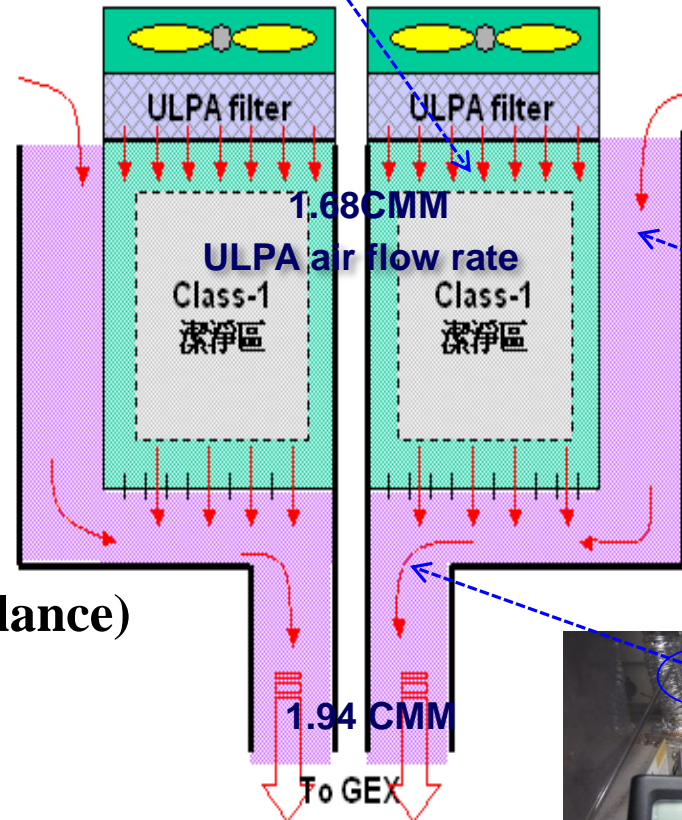
Precise Environment



註:FFU(Fan Filter Unit):是一種結合送風機與高效濾網的氣流循環與過濾設備

# Precise-Environment Installation

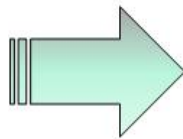
- ULPA down-flow = **0.2 m/s**
  - Area = **0.14m<sup>2</sup>**
  - Flow rate = **1.68 CMM**
- Exhaust flow = **4 m/s**
  - Area = **0.0081m<sup>2</sup>**
  - Flow rate = **1.94 CMM**
- Balance flow = **0.9 m/s**
  - Area = **0.00392m<sup>2</sup>**
  - Flow rate = **0.22 CMM**
- Flow rate Balance
  - Exhaust  $\cong$  (ULPA + Balance)
  - **1.94 CMM  $\cong$  1.9 CMM**



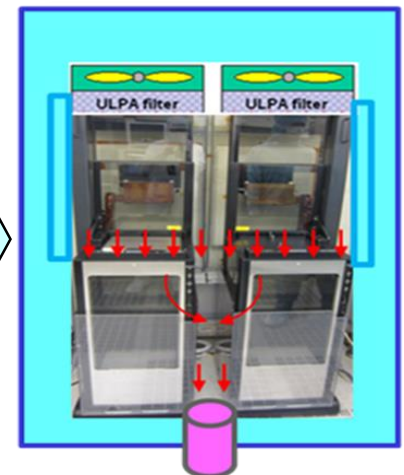
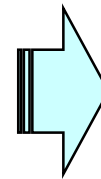
GEX Exhaust flow rate

# 創新型精確環境設計-流量自動平衡

- 流量自動平衡(Auto Balance flow)設計理念即是為確保機台下方的小負壓排氣抽風量高於ULPA送風量時，機台內部形成小負壓區，此時機台外面的大環境之乾淨空氣經由機台兩側被帶入形成自動平衡氣流。
- 此設計方式之優點不僅可避免負壓排氣抽風量過大而將particle吸入至精確環境(Precise-Environment)內而影響產品，亦可確保氯離子[Cl<sup>-</sup>]污染源獲得極佳的控制，避免發生金屬腐蝕逸散(Metal Corrosion Outgassing)。



GEX



GEX Exhaust

# 污染物逸散改善成效與驗證

## ● IC-Impinger&拭片採樣分析結果

- Precise-Environment安裝後拭片採樣結果，氯離子濃度逸散改善高達96% (288 → 11ug/ pc)

機台端改善前/後之氯離子濃度比較及分析

Unit: ug/ pc

Tool surface concentration	Before	After
Sample Compound	Cl-	Cl-
Sampling membrane Blank	12.9	2.9
Tool Sampling membrane	288	11

改善96%

靠近STI型式機台表面含有高濃度Cl-

機台表面擦拭採樣示意圖



# 污染物逸散改善成效與驗證(續)

## ● IC-Impinger&拭片採樣分析結果

- Precise-Environment安裝後機台覆蓋罩內部與外部採樣結果，氯離子濃度逸散改善高達96% (1.597 → 0.04)
- Precise-Environment安裝後機台表面拭片採樣結果，氯離子濃度逸散改善高達99% (319 → 3)
- Precise-Environment安裝後無塵室環境採樣結果，氯離子濃度逸散改善高達96% (1.05 → 0.04)

機台覆蓋罩內部與外部氯離子採樣結果

Element		Cl <sup>-</sup>
Sampling Position		Cl <sup>-</sup>
Control limit/ shutdown spec.		2/4
Tool	Cover inside	1.597
Tool	Cover outside	0.040

機台安裝精確環境控制前/後之污染物改善結果

sampling concentration	Compound	Tool surface	Environment
STI tool (Before)	Cl <sup>-</sup>	319	1.05
Precise-Environment (After)	Cl <sup>-</sup>	3	0.04
Improvement efficiency		99%	96.2%

# 結論

- 創新型精確環境(Precise-Environment)設計可有效地減少機台STI Load lock出口洩漏現象，並能在短時間內排除污染源，以確保維持無塵室環境之AMC污染最小化，不但降低產品缺陷(defect)並進而提升良率(yield)有極大的貢獻。
- 精確環境(Precise-Environment)安裝後經實際驗證氯離子[Cl<sup>-</sup>]濃度明顯從1.057 降到0.04 ppbv，改善率高達96%。
- 將廠區內的AMC高污染機台安裝精確環境(Precise-Environment)之可行性，經調查後其重要機台包括：蝕刻金屬製程(Metal etching)、蝕刻聚蓋鉍(Poly etching)、後端製程機台等等。
- 本研究成果對於無塵室環境微污染之控制有極大貢獻，其效益包括：增進機台穩定度、提昇製程良率並降低晶園缺陷等不良之問題



**Treat Pollutants**

**Save Resource**

**Minimize Waste**

**Continuous Improvement**

*Thank you for your attention*

*The End*