

國立交通大學

工學院產業安全與防災學程

碩士論文

安全變更管理-以半導體廠電化學電鍍製程設備系統

風管改置為例



Safety Management of Change – Case Study of Exhaust Retrofit at
ECP Process System in Semiconductor Fab

研究生：陳慧君

指導教授：蔡春進 教授

中華民國九十八年六月

安全變更管理-以半導體廠電化學電鍍製程設備
系統風管改置為例

Safety Management of Change – Case Study of Exhaust Retrofit at
ECP Process System in Semiconductor Fab

研究生：陳慧君

Student : **Huei-Jiun Chen**

指導教授：蔡春進

Advisor : Dr. Chuen-Jinn Tsai

國立交通大學

工學院產業安全與防災學程



A Thesis

Submitted to Degree Program of Industrial safety and Risk management

College of Engineering of National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master

in

Industrial safety and Risk management

June 2009

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十八年六月

安全變更管理-以半導體廠電化學電鍍製程設備系統風管改置為例

學生：陳慧君

指導教授：蔡春進

國立交通大學工學院產業安全與防災學程碩士班

摘 要

任何化學品、管路、設備零組件等工程變更，以及當設施的改變會影響到製程時，都有可能產生未曾預期的安全衛生及環境的危害。本論文之主要研究目的為以電化學電鍍製程設備之系統排氣風管改置工程為案例並藉由在半導體產業之工作經驗所累積之知識及參考國內外法規或標準，以探討安全變更管理（Safety Management of Change，簡稱 SMOC）應用在半導體廠安全管理上的重要性。並藉由電化學電鍍製程設備之機台製程特性證明在進行變更前不僅需執行安全變更管理評估，更要加入風險評估方法，則可有效避免發生排氣風管拆除施工時，因未針對變更機台特性及其潛在風險提出改善預防措施導致機台氫氣殘氣逸散引發機台氣體偵測器作動，並啟動廠區自動語音疏散警報，使無塵室操作人員及施工廠商立即停下工作進行疏散，進而造成工廠生產中斷類似案件。

本研究證明安全變更管理程序中風險控制的重要性，進而發展結合傳統之單點安全變更管理程序與風險評估而成的系統化安全變更管理程序，並進行分析傳統單點安全變更管理程序與系統化安全變更管理程序之執行方法的不同及其改善效益。除此之外也提出如何改善安全變更管理在執行面上所遇到之問題分別為：第一、加強安全變更管理制度之宣傳。第二、建置完整安全變更管理審核機制。第三、安全變更管理制度分級機制。第四、建立 e-化之安全變更管理程序。並可作為業界未來在執行安全變更管理制度時之參考指標。

Safety Management of Change – Case Study of Exhaust Retrofit at ECP Process System in Semiconductor Fab

Student : Huei-Jiun Chen

Advisors : Dr. Chuen-Jinn Tsai

Institute of Industrial Safety and Risk Management
College of Engineering

National Chiao Tung University

Abstract

Any engineering changes from chemical, pipe, parts of equipment or layout of manufacturing process might generate unexpected hazards of safety, hygiene & environment. The major purpose of this thesis is looking for the importances of applying Safety Management of Change (SMOC) in safety management in semiconductor fab using exhaust retrofit at ECP process system as an example. It is shown that not only enforcing SMOC assessment before changing is needed but also risk assessment should be involved to avoid gas leakage accident which occurred when risk assessment on characteristics of equipment changings was not properly conducted. Insufficient prevention action caused residual hydrogen leak and activation of gas detectors which triggered evacuating broadcasting. As a result, manufacturing process was interrupted.

This research has demonstrated the importance of risk control of safety management of change. Systematic safety management which combines the traditional single point SMOC and risk assessment has been developed. The difference between the work procedure of the traditional SMOC and systematic safety management of change was compared and the benefit of using the systematic approach was calculated. The methods to improvement the SMOC procedure are summarized as : 1. Enforce the SMOC rules. 2. Establish fully review mechanism of SMOC. 3. Classify SMOC rules. 4. Employ SMOC procedure on-line. The conclusions of this study are useful for the relevant industry.

誌 謝

本論文得以順利完成，特別感謝指導教授蔡春進教授不遺餘力的教誨及不斷的提醒與鼓勵，讓我能在工作繁忙之虞不放棄學業而完成論文研究。此期間並與在學之學長(姐)及同學們彼此間交換不同之研究心得及工作經驗，並透過所學的知識驗證於工作實務上，且對未來推動及執行安全與災害防護上能以更多不同角度進行探討。

在此亦要感謝我的先生楊毓中在我在學期間七年中從旁支持讓我能完成人生重要里程碑及擁有兩個可愛的寶貝侑函及傑，除此之外亦要感謝任職公司之長官等及同事的指導與協助，並且提供相關之建議與資料讓本論文能順利之完成，在此獻上我最深的敬意，並且說聲謝謝你們。



目 錄

	頁次
中文摘要.....	i
英文摘要.....	..ii
致謝iii
目錄iv
表目錄vii
圖目錄viii
第一章、緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 研究目的.....	1
第二章、文獻探討.....	3
2.1 半導體廠特性說明.....	3
2.1.1 半導體產業之定義.....	3
2.1.2 半導體產業特性.....	3
2.2 國內外半導體相關災害事故統計.....	5
2.3 國內外相關法令規定.....	7
2.3.1 國內安全衛生法規之規定.....	7
2.3.2 國外相關規範.....	8
2.4 半導體廠安全變更管理主要類型與潛在風險.....	9
2.4.1 主要類型.....	9
2.4.2 潛在危害.....	10
第三章、研究方法.....	11
3.1 研究方法與流程.....	11

3.2 風險評估方法介紹.....	13
3.3 電化學電鍍製程簡介及設備暨廠務系統說明.....	18
3.3.1 電化學電鍍製程簡介.....	18
3.3.2 電化學電鍍製程設備簡介.....	20
3.3.3 電化學電鍍製程所需之廠務供應系統相關資料.....	22
第四章、初步結果與討論.....	23
4.1 安全變更管理制度簡介.....	23
4.1.1 相關名詞定義.....	23
4.1.2 安全變更管理之範圍.....	24
4.1.3 安全變更管理責任單位權責.....	25
4.1.4 安全變更管理之申請及審查程序.....	25
4.1.5 安全變更管理之查核表.....	27
4.2 傳統之單點安全變更管理分析.....	33
4.2.1 半導體廠安全變更管理案例說明.....	33
4.2.2 執行傳統單點安全變更管理程序效益分析.....	39
4.3 系統化之安全變更管理程序.....	42
4.3.1 系統化安全變更管理之風險評估程序.....	43
4.4 傳統單點及系統化之安全變更管理程序及效益比較.....	48
4.5 安全變更管理制度改善對策.....	50
4.5.1 加強安全變更管理制度之宣傳.....	50
4.5.2 建置完整安全變更管理審核機制.....	50
4.5.3 安全變更管理制度分級機制.....	51
4.5.4 e-化之安全變更管理程序.....	53
第五章、結論與建議.....	56
參考文獻.....	58

附錄.....59



表目錄

表 1、晶圓製造之各製程目的說明.....	4
表 2、半導體廠之安全變更管理分類統計資料(2004~2007).....	9
表 3、美國半導體協會風險評估規範 (SEMI S-10-1296) 之嚴重性等級...	15
表 4、美國半導體協會風險評估規範 (SEMI S-10-1296) 之可能性分類...	16
表 5、美國半導體協會風險評估規範 (SEMI S-10-1296) 之風險等級表...	16
表 6、美國半導體協會風險評估規範 (SEMI S-10-1296) 之風險等級表...	17
表 7、ECP 製程所使用之化學物質危害特性.....	22
表 8、ECP 機台風管改置安全變更管理申請表.....	34
表 9、廠務排氣風管移位工作安全分析表.....	38
表 10、ECP 機台製程風險等級判定表.....	43
表 11、美國半導體協會風險評估規範之風險控制規劃表.....	45
表 12、傳統單點及系統化安全變更管理程序及效益比較表.....	48
表 13、安全變更管理類別分級表.....	52

圖目錄

圖 1、積體電路 IC 成品製造流程圖.....	3
圖 2、災害類型分析.....	6
圖 3、引起事故之氣體類型.....	6
圖 4、研究方法與實施流程.....	12
圖 5、銅製程製造程序.....	18
圖 6. EBR(Edge Bevel Remove) Process.....	19
圖 7、經過回火製程之前後差異.....	20
圖 8、ECP 機台設備組成說明.....	21
圖 9、安全變更管理系統申請及審查流程.....	26
圖 10、機台發生氣體警報原因之相對位置圖.....	41
圖 11、系統化之安全變更管理流程圖.....	47
圖 12、e-化安全變更管理系統流程圖.....	54

第一章、緒論

1.1 研究動機

職業安全衛生管理系統 OHSAS 18001 第 4.3.1 節 ”危害鑑別、風險評估與風險控制之規劃” 所揭示與強調的精神為建立以風險為基礎的安全衛生計劃，因此半導體工廠在導入職業安全衛生管理系統 OHSAS 18001 後，很重要的工作即為執行風險評估並依據評估結果進行改善或加強相關防護。

然而半導體工廠製程規劃中隨時可能因操作、維修、產能、節能、改善品質、改善操作流程及成本因素考量而進行生產線變更、設備及供應系統變更，這些變更不論是硬體的設備、原物料使用等或是軟體操作如操作條件的更改，都可能對製程原先之安全防護或製程危害評估結果產生影響，甚至使原先之安全防護完全失效或影響其他相關設計，新的風險亦伴隨這些變更工程而來，進而發生意外事故或人員傷害。因此，有效的進行變更工程的危害鑑別與風險分析，並且提出詳細的變更書面說明經過現場工程或製程人員及工安環保相關人員評估、審查後確認所有的風險均可被有效的控制才可進行變更工程，成為半導體工廠導入職業安全衛生管理系統後，非常重要的課題。

1.2 研究目的

任何化學品、管路、設備零組件等工程變更，以及當設施的改變會影響到製程時，都有可能產生未曾預期的安全衛生及環境的危害。本論文之主要研究目的為以電化學電鍍製程設備之系統排氣風管更改位置為案例探討安全變更管理（Safety Management of Change，簡稱 SMOC）應用在半導體廠安全管理上的重要性。並藉由電化學電鍍製程設備之機台製程特性證

明在進行變更前不僅需執行安全變更管理評估，更要加入風險評估方法，則可有效避免發生排氣風管拆除施工時，因未針對變更機台特性及其潛在風險提出改善預防措施導致機台氫氣殘氣逸散引發機台氣體偵測器作動，並啟動廠區自動語音疏散警報，使無塵室操作人員及施工廠商立即停下工作進行疏散，進而造成工廠生產中斷類似案件。

故本論文之研究目的為藉由電化學電鍍製程機台變更工程為案例說明安全變更管理之風險控制的重要性，進而延伸探討傳統之單點安全變更管理程序與結合風險評估之系統化安全變更管理程序之執行方法有何不同及其改善效益。



第二章、文獻探討

2.1 半導體廠特性說明

2.1.1 半導體產業之定義^[1]

半導體製造業是將物理、電子、電機、光學、化學、機械、材料及管理科學的高科技工業，為電子工業的上游技術產業。所謂半導體即是指電阻係數在 $10^{-4} \sim 10^{-2} \Omega\text{-cm}$ 之間的材料，一般所提到的半導體工業，事實上，不僅包括以矽為主的產業，還包括其他在週期表上的 III - V 族及 II - VI 族化合物半導體（Compound Semiconductor）的工業。

2.1.2 半導體產業特性

積體電路 IC 成品的完成必須經過許多繁複的程序，並藉由各種不同製程機台及使用各種特性之氣體及化學品，詳細說明如圖 1 積體電路 IC 成品製造流程圖說明：

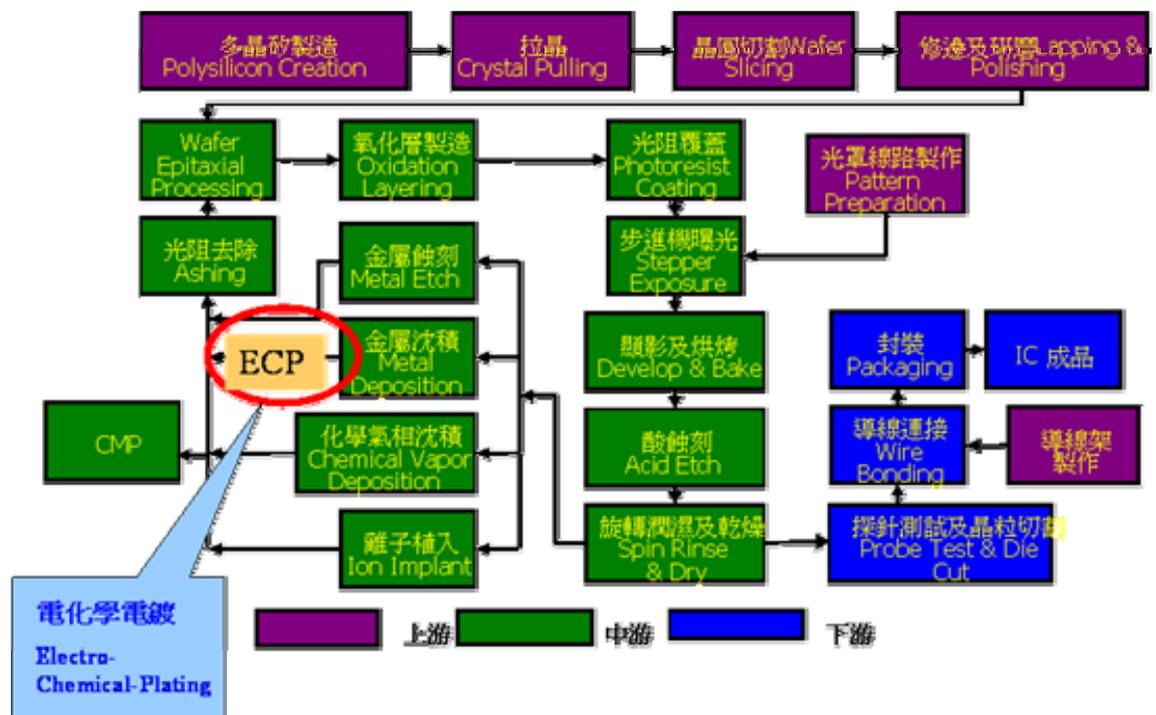


圖 1、積體電路 IC 成品製造流程圖

表 1、晶圓製造之各製程目的說明

製程名稱	使用目的
濕式清洗 (Wet Cleaning)	以濕式化學藥品去除矽晶片表面微粒、金屬離子、有機物、自然氧化層等雜質，使矽晶片表面有最好的潔淨度。如微粒需 $<0.1 \mu\text{m}$ ，且在 10 顆以下。
氧化 (Oxidation)	利用高溫及有氧的環境下，使矽晶片表面長出二氧化矽(SiO)層。
化學氣相沉積 (Chemical Vapor Deposition)	利用化學反應，在反應器內(chamber)，將反應物生成固態生成物沉積在晶片表面上製作薄膜。
物理氣相沉積 (Physical Vapor Deposition)	以物理方式，產生代正電之離子，加速後碰撞金屬靶(此金屬靶微薄膜濺鍍的沉積材料)，產生金屬原子，沉積在晶片表面上製作薄膜。
電化學電鍍(ECP)	電鍍為將先行以物理氣相沉積(Physical Vapor Deposition, PVD)將銅種層增長為銅金屬層，後藉由回火製程處理銅薄膜上不同的微型結構。
微影 (Photolithography)	如以光阻覆蓋薄膜、用 UV 光曝光、用鹼性溶液顯影，將酸性之曝光光阻層中和、去除等步驟，將光罩(Mark)的圖案(Patten)轉移至晶片上，以利蝕刻或離子植入製程之進行。最後再用無機酸或有機溶劑將剩餘之光阻去除。
乾式蝕刻 (Dry Etching)	以電漿(Plasma)進行薄膜圖案(Patten)蝕刻或去除。
濕式蝕刻 (Wet Etching)	以濕式化學藥品進行薄膜圖案 (Patten)蝕刻或去除。
離子植入	在半導體加入少量特定雜質(Dopants)，將原本屬於本

(Ion Implantation)	徵(Intrinsic)的無雜質半導體，變為非本徵(Extrinsic)含雜質的半導體之過程。其目的在增加原半導體材質的導電性。
化學機械研磨 (Chemical Mechanical Polishing)	將表面起伏不平的薄膜材質加以平坦化 (Planarization)。

2.2 國內外半導體相關災害事故統計

依據所蒐集到的國外案例共計 41 件，主要是日本半導體廠所發生之意外災害，詳細案例分析請見附件一所示^[2]，半導體廠所發生的意外災害事故種類主要以特殊氣體洩漏、火災及爆炸意外災害事故最多，如圖 2 所示。且依據資料顯示，爆炸事件共 9 件，占總件數約 21.95%，雖然比例最低，但是所造成之傷害卻是最大的，並且常為自燃性氣體與助燃性氣體洩漏混合而起火造成爆炸，如矽甲烷洩漏爆炸事件等；若是以火災事件進行分析可以發現，其中主要發生原因是氣體洩漏所造成，並且一旦若是自燃性或可燃性氣體洩漏事件發生，常常在極短時間內即會擴散出而引發火災及爆炸事件。

災害類型	火災	洩漏	爆炸
事件類別	18	14	9

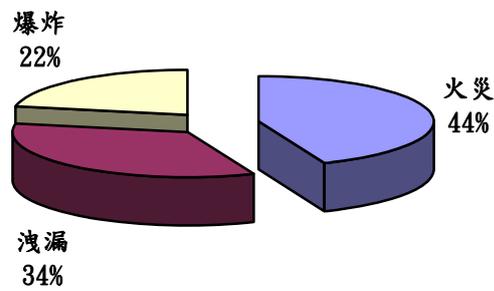


圖 2、災害類型分析

	氣體類型		
	可燃性	毒性	腐蝕性
火災事件	13	0	0
爆炸事件	8	0	0
洩漏事件	2	12	6

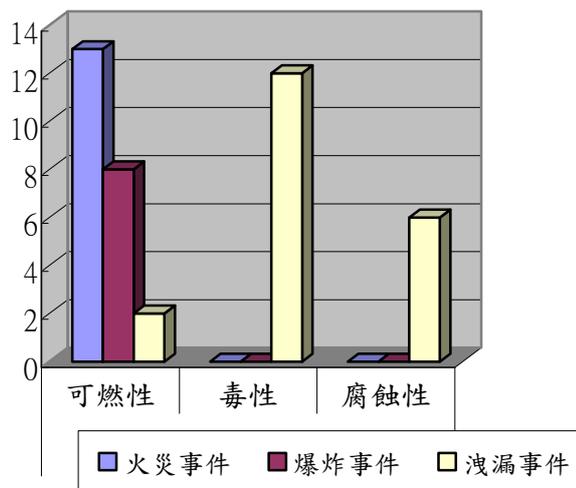


圖 3、引起事故之氣體類型

2.3 國內/外相關法令規定

2.3.1 國內安全衛生法規之規定

1. 勞工安全衛生法^[3]：

勞工安全衛生法第十八條及勞工安全衛生法施行細則第二十五條：事業單位與承攬人、再承攬人分別雇用勞工共同作業時，為防止職業災害所設置之協議組織，其定期或不定期協議之事項應包含”變更管理”。

2. 勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法^[4]：

(1)第十二條之一：僱主依其事業規模、特性，訂定勞工安全衛生管理計畫，以執行之勞工安全衛生事項應包含”變更管理”。

(2)第十二條之三：第一類事業勞工人數在第一類事業勞工人數在三百人以上之事業單位，於引進或修改製程、作業程序、材料及設備前，應評估其職業災害之風險，並採取適當之預防措施。前項變更，僱主應使勞工充分知悉並接受相關教育訓練。前二項執行紀錄，應保持三年。

3. 勞工安全衛生教育訓練規則^[5]：

第十六條規定：僱主對新僱勞工或在職勞工於變更工作前，應使其接受適於各該工作必要之安全衛生教育訓練。但在職勞工工作環境、工作性質與變更前相當者，不在此限。

4. 危險性工作場所審查暨檢查辦法^[6]：

(1)危險性工作場所審查暨檢查辦法第五、九、十三條規定：事業單位向檢查機構申請審查甲、乙、丙類工作場所時，製程修改安全計畫為其檢附資料之一，其內容至少須包括：

- a. 製程修改程序。
- b. 安全衛生影響評估措施。
- c. 製程操作手冊修正措施。

d.製程資料更新措施。

e.勞工教育訓練措施。

f.其他配合措施。

(2)危險性工作場所審查暨檢查辦法第八、十二、十五條規定：事業單位對經檢查機構審查及檢查合格之工作場所，應於製程修改時針對所檢附之資料重新評估一次，為必要之更新並記錄之。

(3)勞動檢查法第二十六條規定法定危險性工作場所非經勞動檢查機構審查或檢查合格，事業單位不得使勞工在該場所作業。違反上述規定者處三年以下有期徒刑、拘役或科或併科新台幣十五萬元以上罰金（勞動檢查法第三十四條第一項第一款）。犯前述之罪者，除處罰其行為人外，對該法人或自然人亦科以前項之罰金（勞動檢查法第三十四條第二項）。



2.3.2 國外相關規範

1.美國OSHA「高危害性化學品製程安全管理(29 CFR1910.119)」法案^[7]

在此法案中針對變更管理制度作了下列明確的規範：

(1).雇主應建立書面程序並確實執行，藉以管理下列會影響製程的變更項目：

a.化學品

b.技術

c.設備

d.程序/步驟

e.設施

2.此程序應確保在進行任一變更之前均有考慮下列事項：

- a.變更的技術基礎/目的
- b.對安全和衛生之影響
- c.相關程序之更新
- d.變更的有效期限
- e.認可/核准之需求

3.工作會因變更而受到影響之操作、維修和承攬商等人員，在開車之前均應告知或提供相關訓練。

4.製程安全資訊若因變更而有所變動，必須隨著更新。

5.操作程序/實務因變更而有所變動，必須隨著更新。

2.4 半導體廠安全變更管理主要類型與潛在風險

2.4.1 主要類型：

根據所蒐集之半導體廠申請之安全變更管理資料分析，自 2004 年至 2007 年之統計資料顯示，半導體廠之安全變更管理主要申請項目為，進行設備機台或廠務設施之”加壓或腐蝕性、毒性、易燃/可燃性、氧化性的化學品及氣體管路與廢氣排放系統(Exhaust) 及廢水排放管路(Drain)”之變更比例佔大多數約為 60%。另外半導體產業在製程演進上因不斷推陳出新，及為了降低製造成本，故在”使用新製程化學品(含液態、氣態及固態)或增加化學品濃度/純度”之變更亦有逐年上升之趨勢。

表 2、半導體廠之安全變更管理分類統計資料(2004~2007)

分類	2004-Total	%	2005-Total	%	2006-Total	%	2007-Total	%
Use New Chemical	8	22.9%	15	11.7%	29	13.3%	43	23.0%
Pipe/Exhaust change	22	62.9%	67	52.3%	131	60.1%	110	58.8%
Part Type Change	2	5.7%	13	10.2%	5	2.3%	5	2.7%
Add New Part	2	5.7%	23	18.0%	31	14.2%	21	11.2%
Other	1	2.9%	10	7.8%	22	10.1%	8	4.3%
Total	35	100.0%	128	100.0%	218	100.0%	187	100.0%

2.4.2 潛在危害：

1.化學品使用危害：

為了研發新的製程技術或為了降低製造成本，半導體廠研發人員會不斷評估新的氣體/化學品於製程上的改善，但新研發的製程氣體/化學品其特性可能具有較高之危害性，如高腐蝕能力以提高對晶圓之蝕刻率，或是與原本製程所使用之氣體或化學品於製程反應時產生新的化學反應而衍生其他對人或環境之風險。

如對近業界發生多起因氫氧化四甲基銨(TMAH)化學品致死案例，但氫氧化四甲基銨卻是新的製程中越來越多想要借助此化學品之良好蝕刻率來進行製程改善，故在進行新化學品安全變更管理評估時則需要多加注意欲進行變更所使用新的化學品之危害特性，若具有高危害特性時，務必將其潛在風險及危害特性告知現場及製程人員，並且請製程人員評估是否有其他可以進行取代之化學品來降低人員傷害之風險。



2.管路及設備材質之選用是否適當：

需瞭解變更管路及設備材質之選用是否適合目前之製程條件如化學品使用溫度是否須進行加熱及其化學品特性是為腐蝕性或易燃性等，以利於進行變更管理評估時加強注意，如常用之硫酸化學品在製程之溫度設定約為 180 度，但是 180 度之化學品排放時容易導致排放管路破裂而使化學品洩漏，故此時需考量在機台排放至廠務端前須先進行廢液冷卻後才可進行排放，以避免意外事故發生。

第三章、研究方法

3.1 研究方法與流程

本研究方法与实施流程，如图 4 所示，係针对安全变更管理制度及执行方式进行说明，并藉由半导体电化学电镀制程之机台设备因應产能需求而需设置新的机台设备，但因此增设之机台设备预定之设置位置与厂内原有之电化学电镀(Electro-Chemical-Plating, ECP)设备机台之废气排放管路(Exhaust)位置重叠，故需要将原本电化学电镀设备机台之废气排放管路进行移位。

在旧有机台废气排放管路拆除施工阶段，机台用来进行退火机制之氢气(H_2)无法进行有效排气，而被机台为了即早期侦测气体洩漏之气体侦测器(Gas Monitor System, GMS)侦测到读值异常并且驱动无尘室内自动语音广播人员疏散系统，造成无尘室操作人员及现场施工厂商进行紧急疏散而导致无尘室生产中断。



本研究主要是进行评估，若此项变更工程有依循安全变更管理系统(SMOC)进行工程作业程序检讨及管控时，是否可降低作业风险藉以说明安全变更管理执行的重要性，并且将**传统之单点安全变更管理机制与系统化安全变更管理机制进行分析比较。**

另针对传统单点安全变更管理机制加入多项风险评估方法，如藉由美国半导体协会风险评估规范(SEMI S-10-1296)标准，进行系统化安全变更管理机制有效性之验证，并且将系统化安全变更管理程序导入，藉以强化半导体厂目前所执行之安全变更管理程序，并且可提供给其他产业进行参考。除此之外也提出如何改善安全变更管理在执行面上所遇到之问题分别为第一、加强安全变更管理制度之宣传。第二、建置完整安全变更管理审核机制。第三、安全变更管理制度分级机制。第四、建立 e-化之安全变更管理程序。其详细内容说明如下：

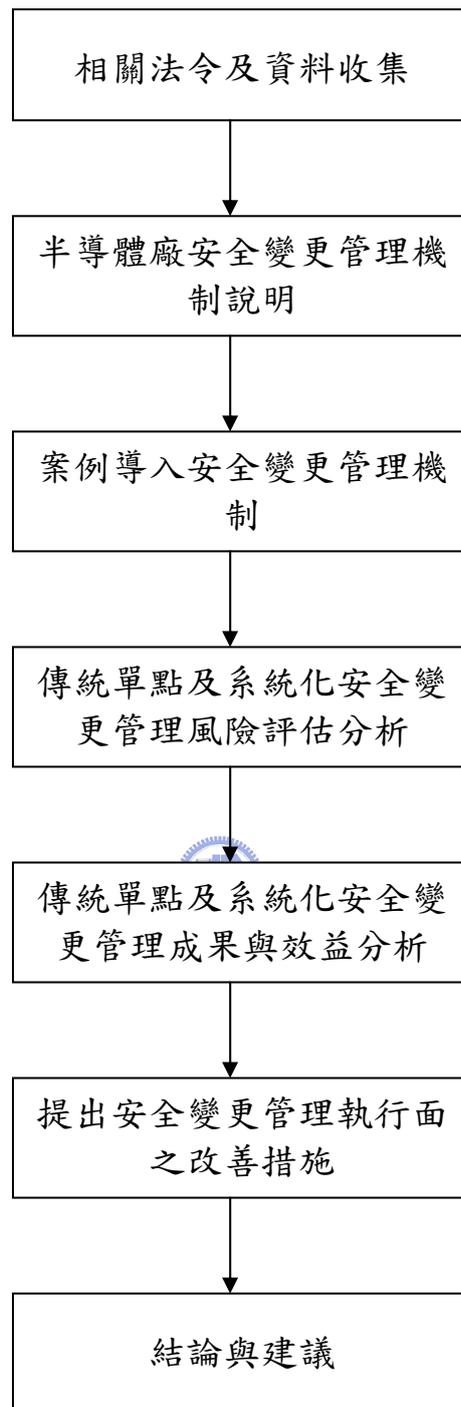


圖 4、研究方法與實施流程

3.2 風險評估方法介紹^{[8][9]}

透過適當之危害鑑別及風險評估技術，鑑別變更後之潛在危害，並將變更工程之風險等級進行判定，風險評估技術及風險等級判定方式有很多種類，以下分別就較常且易於使用之方法進行說明：

1. 危害鑑別及風險評估技術說明：

(1) 檢核表(Check List)：

檢核表是最常使用於工業界進行檢查作業場所之危害工具，主要之執行方式為事前列出危害評估之查核項目以結構化之檢查項目或是藉由制式之問卷進行回答方式填寫，提供現場檢查人員逐條進行檢查並紀錄，使用範圍非常廣泛且分析方法相當簡易的一種危害鑑別方式，但使用上容易會因填寫人之經驗及專業程度影響鑑別之正確性，雖然如此檢核表仍是半導體廠最常使用之方法。

(2) 如果...會怎樣?(What-if 腦力激盪法)：

What-if 是一種利用小組成員腦力激盪來檢討製程或操作上之安全性的方法，由評估小組成員以各自的專長提出許多「如果.....會怎樣?」(what-if)的問題來研討出可能發生事故的、事故所造成的結果、目前有的安全措施及建議改善措施等。

(3) 失誤模式與影響分析(FMEA)：

失誤模式與影響分析(FMEA)是評估製程中設備可能失效或不當操作之途徑及其影響的分析方法。通常由不同專業領域的人共同組成分析小組共同實施，其分析內容包含了失效模式、失效原因、失效效應、維護度及後勤規劃等分析。FMEA 除可單純的定性分析系統組成元件失效模式及影響效應外，還可以與關鍵性分析(Criticality Analysis, CA)合併使用，稱為失效模式、影響與關鍵性分析(Failure Modes, Effects and Criticality Analysis, FMECA)，以達

到部份量化的目的。

(4)危害與可操作性分析(HazOp)：

危害與可操作性分析(HazOp)是由幾個 HazOp 小組成員，這些成員均是不同背景且受過專業訓練的人員，並且在評估會議中由腦力激盪，藉者引導詞(Guidewords)與製程參數的組合，有系統的針對製程設計或操作程序上的特定點(又稱節點)、製程區段、或操作步驟。HazOp 小組以一次一個的方式檢驗每個製程區段或操作步驟，找出具有潛在危害的偏差或偏離(Deviation)的原因，以及其可能造成的後果，並提出具體改善對策，在評估過程是由工程人員及專業評估人員透過腦力激盪，將專業知識、工程原理、標準規範及個人經驗進行交流彙整後，以鑑別出可能之作業危害，故 HazOp 所探討的範圍除了設備元件故障外，更廣於人員失誤、材料劣化、上下游製程單元之影響、公用系統失常、操作程序設計不當等。並且儘可能在評估前收集下列資料可以讓評估風險時使用：

- a.工廠配置圖
- b.製程流程圖(PFD)及管線儀表圖(P&ID)
- c.製程描述
- d.操作手冊/程序
- e.連鎖/警報作動序
- f.物質安全資料表(MSDS)
- g.相關之案例改善報告
- h.相關之工業標準規範，如 SEMI、NFPA、FM...等

(5)失誤樹分析(FTA)：

失誤樹分析為一種頻率分析及失誤邏輯圖結合的分析方法，

是從已辨識出單一事件為中心，稱為頂上事件(Top Event)，然後由上項下回溯發展模式，而將系統劃分越來越細，以演繹、推理、圖解等邏輯方式，逐次分析的方法，討論其影響後果至根本事件(Basic Event)，以決定其最小切集合(minimum cut set, MCS) (根本原因)或共因故障(common cause failures)的最小切集合(頂上事件交織的原因)。

2. 風險等級判定方式說明^[10]：

較易於辨識者為風險矩陣，此方式是將風險發生的可能性與後果的嚴重性依其程度給予不同之等級，再利用矩陣方式決定其風險等級。目前半導體業進行製程安全評估之風險等級判斷標準一般採用美國半導體協會風險評估規範 (SEMI S-10-1296) 標準^[11]如表 3 所示。本研究所使用之風險評估方法即是套用美國半導體協會風險評估規範 (SEMI S-10-1296) 標準進行評估。

表 3、美國半導體協會風險評估規範 (SEMI S-10-1296) 之嚴重性等級

嚴重性分類	人員	設備/設施	洩漏
1	一人以上死亡	系統或設施損失	化學物質洩漏，具有立即或持續對環境或大眾健康造成危害。
2	永久失能	主要次系統損失或設施損壞	化學物質洩漏，具有暫時性對環境或大眾健康造成危害。
3	醫療傷害或暫時失能	次要次系統損失或設施損壞	化學物質洩漏，需對外界說明事故調查報告。
4	僅需一般性治療	非重要設備或設施損壞	化學物質洩漏，僅需例行性的清除，未執行事故調查報告。

表 4、美國半導體協會風險評估規範 (SEMI S-10-1296) 之可能性分類

可能性分類		預期發生的頻率
A	經常的	每年發生超過 5 次。
B	可能的	每年發生超過 1 次，但未超過 5 次。
C	也許的	5 年內發生超過 1 次，但未超過 1 年 1 次。
D	稀少的	10 年發生超過 1 次，但 5 年內未超過 1 次。
E	極不可能的	10 年內發生未超過 1 次。

表 5、美國半導體協會風險評估規範 (SEMI S-10-1296) 之風險等級表

風險等級		可能性等級				
		A	B	C	D	E
嚴重性等級	1	1	1	2	3	4
	2	1	2	3	4	4
	3	2	3	4	4	5
	4	3	4	4	5	5

表 6、美國半導體協會風險評估規範（SEMI S-10-1296）之風險等級表

風險等級		風險控制規劃
1	重大	需立即改善
2	高度	需限期改善
3	中度	需進行工程改善或行政管理措施配合
4	低度	界定為普通風險，需安排一個指定時限完成的改善計劃，將風險控制
5	輕度	界定為低風險，無須作出任何改善措施



3.3 電化學電鍍製程簡介及設備暨廠務系統說明

3.3.1 電化學電鍍製程簡介^[12]

半導體製程的演進，近期因銅電阻很低，可以有效減少導線電阻和介電質相乘(RC)延遲效應對於晶片速度的影響，而且對於 0.25 微米以下的半導體元件，也提供了更高的電子遷移阻力，而取代鋁半導體元件作為導線材料。

電化學電鍍(Electro-Chemical-Plating, ECP)製程屬於金屬化製成的其中一階段，主要乃使用電流以提供電子將金屬離子轉換成金屬原子於某一介面之金屬薄膜沉積之製程反應，通常使用濺鍍製程沉積一層薄的銅種子層，此"種子"層作用是為了成為電鍍銅時之起始層。而電鍍為將先行以物理氣相沉積(Physical Vapor Deposition, PVD)將銅種層增長為銅金屬層，如圖 5 銅製程製造程序說明。

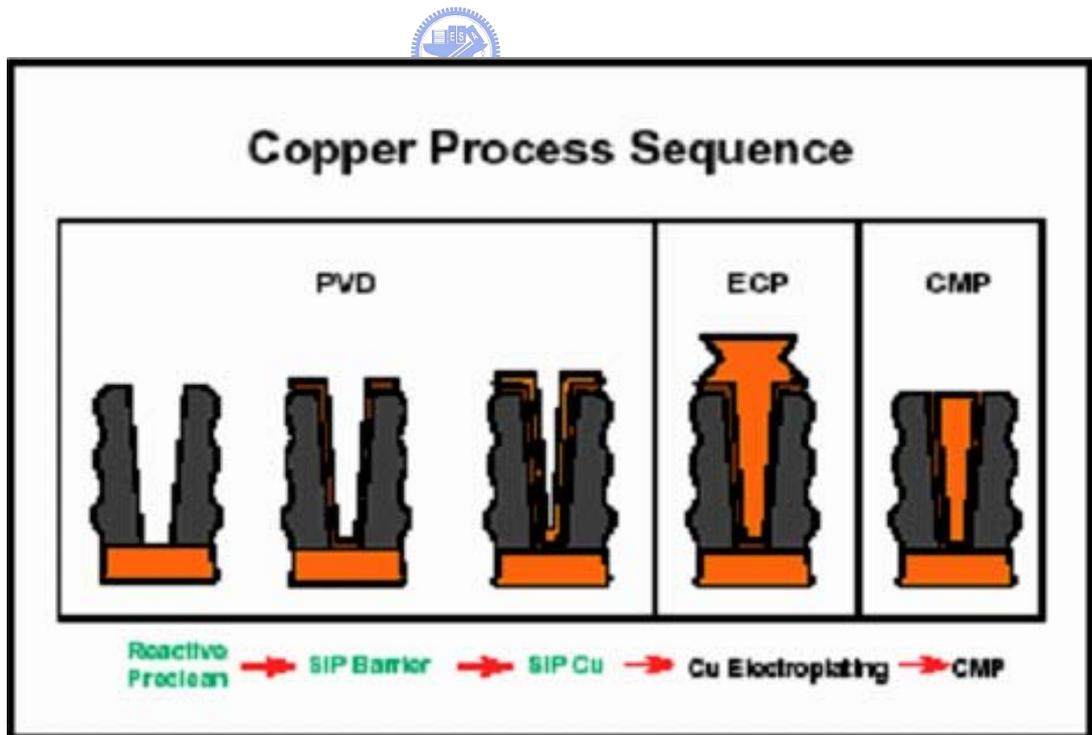


圖 5、銅製程製造程序

電化學電鍍製程主要包括電鍍(Plating Cell)、斜邊清洗(Edge Bevel Remove, EBR)及回火(Anneal)等製程所組成，以下就此三種製

程進行說明：

- 1.電鍍(Electroplating)：是為將銅種層增長為銅金屬層，成為量產銅沉積的其中一種方法，主要是因為其沉積溫度較低、較高的沉積速率、傑出的填溝能力以及非常低的製造成本。低溫的需求是因為若要使用低 K 值的介電層，此種子層必須被均勻的鍍在栓塞孔/槽的底部和周圍，以確保銅金屬導線的物理性質和電性質的均勻，因此電鍍製程成為半導體元件的嵌刻製程中主要的銅充填技術。
- 2.斜邊清除(Edge Bevel Remove, EBR)：隨著種晶層被完全覆蓋，電化學電鍍之後的「斜邊清除」就越來越重要的，主要是將晶圓邊緣約 2mm 的殘餘銅藉由硫酸銅化學品進行清洗，以避免晶圓邊緣殘餘的銅在化學機械研磨過程中剝離而傷害金屬表面且影響後續製程，故必須藉由 EBR 製程進行清洗。詳細說明見圖 5 Edge Bevel Remove process 所示。

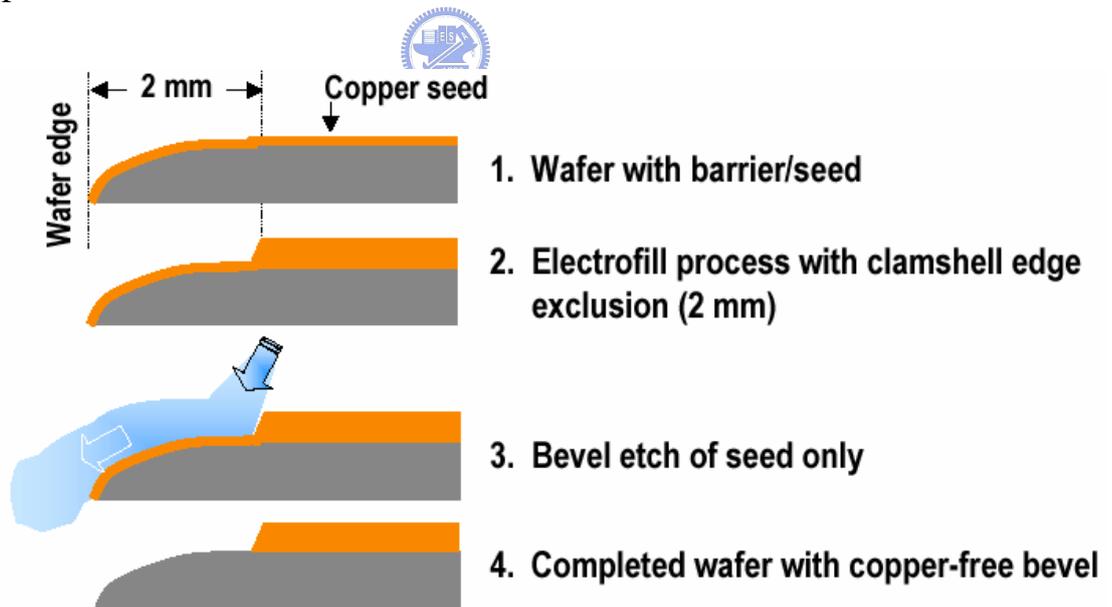


圖 6. EBR(Edge Bevel Remove) Process

- 3.退火(Annealing)：由於銅很容易發生「自行回火」(Self – annealing)的現象，因此在進行化學機械研磨(CMP)的時候，就必須處理銅薄膜上不同的微型結構，可見圖 7 所示。為了將化學機械研磨後的銅製程

缺陷減到最小，在進行化學機械研磨前，必須先提供熱穩定的製程步驟。

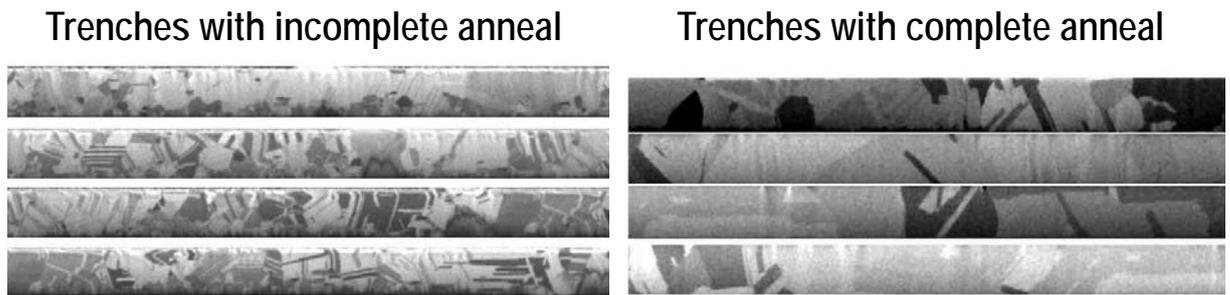


圖 7、經過回火製程之前後差異

3.3.2 電化學電鍍製程設備簡介

半導體製程所使用新的電化學電鍍機台是將回火反應室與電化學電鍍整合在一起的製程設備，可以大幅降低製程設備的安裝成本，並且降低製程設備的安裝成本，並且增加晶圓的產出率及良率。機台組成包括電鍍槽、洗邊槽(化學品製程)及退火 Anneal Module (氣體製程) 兩種不同危害特性所組成之機台設備。

此機台設備主要涵蓋以下組成：

1. FOUP Load Ports
2. Anneal Module Robotic handler
3. Fan Filter Unit for Anneal Module
4. Fan Filter Unit for Sabre Module
5. Process Area Robot
6. Process baths and SRDs
 - EBR process
 - Copper plating process
7. Filter area which houses four filters for the copper sulfate solution
8. Pump area which houses pumps for process chemistry supply

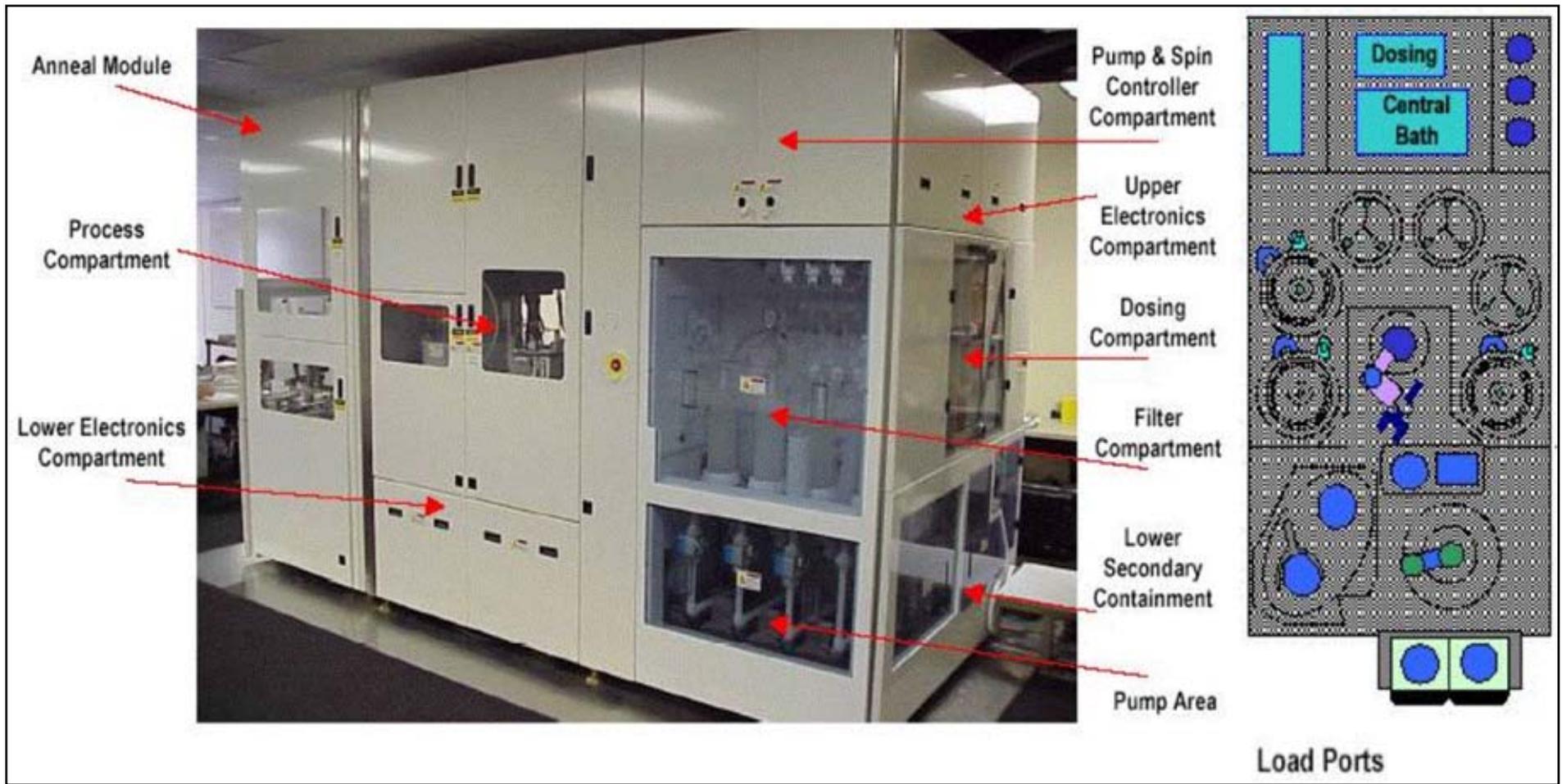


圖 8、ECP 機台設備組成說明

3.3.3 電化學電鍍製程所需之廠務供應系統相關資料

1.有關電化學電鍍製程所使用之化學物質危害特性及物理性、化學性等危害特性如表 7 所示：

表 7、ECP 製程所使用之化學物質危害特性

製程	物料名稱			危害特性	氣體偵測器	可能影響
	物料名稱	英文名稱	化學式			
Anneal	氫氣	Hydrogen	H ₂	易燃氣體	是	極度易燃氣體遇熱可能爆炸
EBR	硫酸	Sulfuric acid	H ₂ SO ₄	腐蝕性液體 	否	可能腐蝕金屬吞食可能有害吸入致命造成嚴重皮膚灼傷和眼睛損傷造成嚴重眼睛損傷
	過氧化氫	Hydrogen Peroxide	H ₂ O ₂	氧化性液體	否	可能引起燃燒或爆炸，強氧化劑吞食有害造成嚴重皮膚灼傷和眼睛損傷造成嚴重眼睛損傷 長期或重複暴露可能對器官造成傷害
Electroplating	硫酸銅	Copper Sulfate Pentahydrate	CuSO ₄	腐蝕性液體	否	吞食有毒造成皮膚刺激造成眼睛刺激對水生生物毒性非常大並具長期持續影響

第四章、初步結果與討論

4.1 安全變更管理制度簡介

半導體產業為提高產能利用率、產品品質、設備可用性或操作性、或是降低生產成本及風險等因素，常對製程、活動等各項作業進行變更或修改，致使其作業條件或環境偏離原先之安全範圍及控制措施，如未及早發現及防範，將可能釀成重大意外災害事故。尤其是暫時性變更或修改，大多數人認為僅是短站的替代措施，應該不至於發生危害，而忽略應有之安全評估及預防措施，因此衍生出一發不可收拾的嚴重後果，所謂「小改變可能造成大災害」

且勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法第時二條之一規定，雇主應依其事業規模、特性，訂定勞工安全衛生管理計畫，執行工作環境或作業危害之辨識、評估及控制、採購管理、承攬管理、變更管理與緊急變措施等勞工安全衛生事項。故變更管理制度無論是再法規或是現實層面都是必須被執行的安全衛生管理項目。

安全變更管理(SMOC)的精神為自主管理，其執行的目的即是對所有的變更皆有控管的機制，但回歸現實面，在半導體界目前能達到此境界實在是極為困難，所以如何能掌握 80/20 的原則，在現行的公司文化下，擬定一套及時且切乎實際的管理程序，使安全變更管理(SMOC)制度能有效的被執行是很重要的。以下為安全變更管理執行制度進行說明：

4.1.1 相關名詞定義^[13]

- 1.變更/修改：將現有之零件、設備、機具、化學品、技術及位置進行的任何更改均稱為變更或修改，包括永久性及暫時性變更。

- 2.同型物料替換：欲進行更換之設備或其零組件在基本設計、維修及操作上與舊有設備或其零組件一致時，稱之為“同型物料替換”，否則即屬於“非同型物料替換”。
- 3.永久性變更：係指經研討或測試後決定之永久性修改。
- 4.暫時性變更：係指針對某特殊狀況需要進行之臨時性變更，此等變更必須清楚界定變更之期間，且於期滿時，恢復變更前之狀況。
- 5.製程化學物質：製程中所使用、處置、製造之化學物質，包括原料、產品、中間產物、藥品、潤滑用油等。
- 6.製程技術：對原物料、試驗、設備可用性、新增設備、新產品及操作條件有影響之製程領域。
- 7.製程設備：係指製程裝置之本體及其配件。例如：生產機台、熱交換器、轉動機械、儀錶、警報裝置、分析儀器、程序控制軟硬體、公用設備、走道、平台、安全閥及聯鎖系統、氣體偵測器等。

4.1.2 安全變更管理的範圍



半導體廠之安全變更管理制度範圍應涵蓋全廠區及單獨為實驗目的而作的變更。所涵蓋之範圍主要分類為下列各項變更：

1. 新製程化學品：使用新製程化學品(含液態、氣態及固態)或增加化學品濃度/純度之變更。
2. 管路變更：使用於加壓或腐蝕性、毒性、易燃/可燃性、氧化性的化學品管路及 Exhaust 及 Drain 管路之變更。
3. 有增加火災、爆炸風險或降低防火功能之變更。
4. 修改硬體設施零組件會造成原始設備設計之安全性改變者變更：
 - (1) 附屬設備，Vacuum Pump、Local Scrubber 等。
 - (2) 高溫、高壓、快速移動設備。
 - (3) 修改、解除安全閉鎖及安全裝置等。
 - (4)增加或任何改變氣體供應時，會造成管路壓力變化者。

5. 硬體設備及廠務、膳廚、電腦機房、實驗室等相關系統變更，或操作程序方式變更，導致有安全疑慮者。如機台化學品添加作業由自動供應系統變更為手動添加方式等。
6. 其他風險疑慮：如可能造成人員受傷、火災、毒氣及化學品洩漏、環保設施或建築物防震安全失效者。

4.1.3 安全變更管理責任單位權責

1. 發起者部門：

- (1) 填寫變更前查核表/啟動前查核表，確認查核表中所建議的改善行動予以實施。
- (2) 協調與該變更工程之相關事務。
- (3) 針對新化學品及氣體安全衛生環保評估，要求廠商提供相關資料。

2. 工安環保單位

- (1) 確保廠區各單位落實執行變更管理程序
- (2) 簽核各發起者部門提出的需求，主要對安全變更管理系統及 checklist 內容負責，而非整個工程技術。
- (3) 將各變更前查核表/啟動前查核表存檔審查，有意見時，可向發起單位提出並要求改善。
- (4) 協助進行新化學品及氣體安全衛生環保評估。

3. 其他支援部門

- (1) 協助變更工程之進行。
- (2) 確認變更工程對廠務供應及處理系統是否有影響。

4.1.4 安全變更管理之申請及審查程序

1. 安全變更管理系統申請及審查流程：共分為兩階段審核，首先針對變更內容進行審核，若取得審核者之共識，則可進行變更工程，工程完成後於啟用前需進行安全檢查後附上變更後相關文件即可進行結案，詳細流程如圖 9 所示：

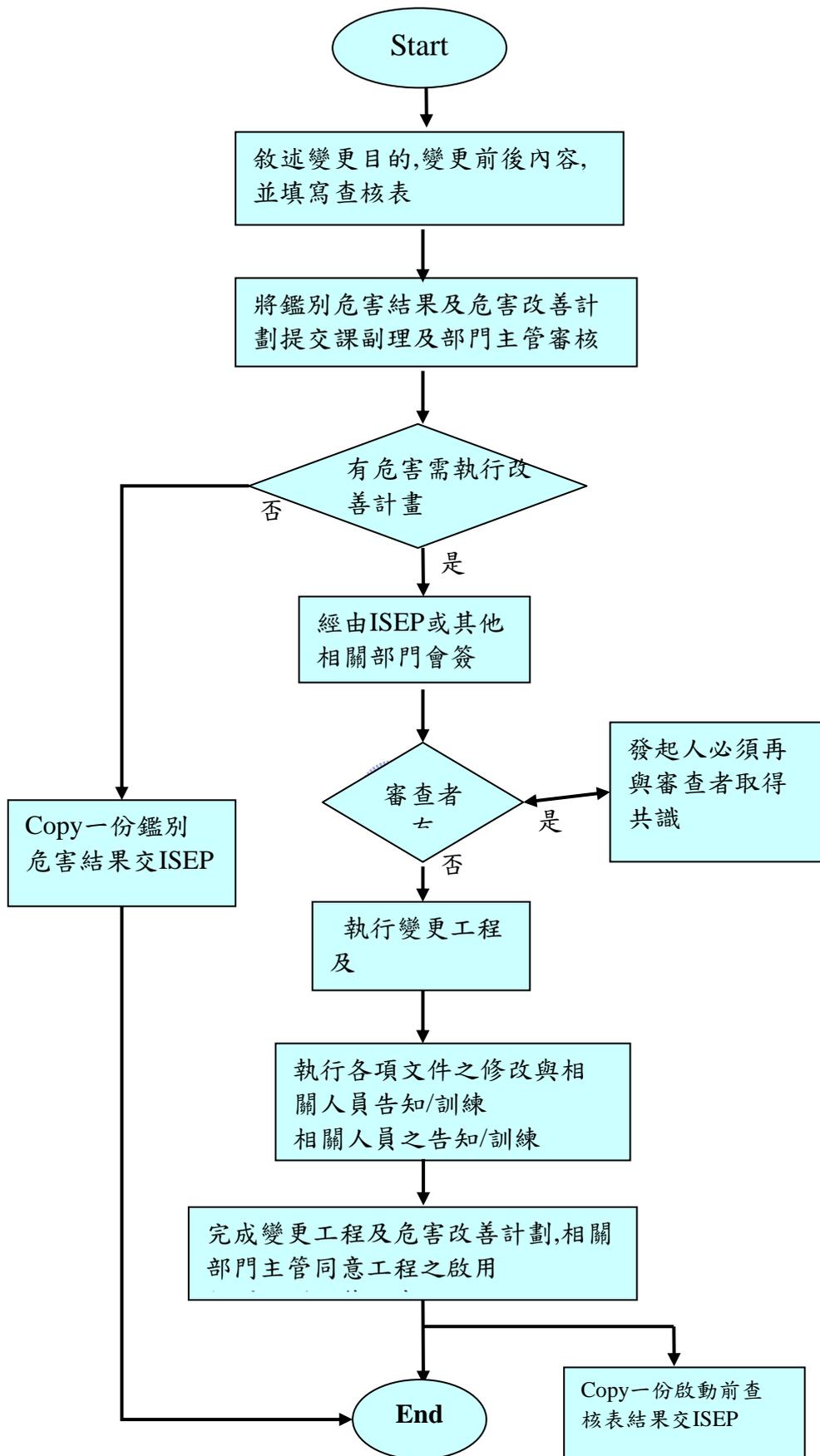


圖 9、安全變更管理系統申請及審查流程

4.1.5 安全變更管理之查核表

安全變更查核表主要分為變更前查核表及變更完成啟動前查核表兩種，說明如下：

一、安全變更前查核表：

安全變更前查核表

1.發起者姓名：

日期：

2.變更名稱：

3.變更位置：

4.預計執行日期：

變更目的：



變更前內容：(如屬線路或管路的變更請詳細繪出修改前之線路或管路圖，如篇幅不足，請附圖於後)

變更後內容：(如屬線路或管路的變更請詳細繪出修改後之線路或管路圖，如篇幅不足，請附圖於後)

使用下列查核表找出和本項變更有關之安全衛生及環保風險。

查核項目	回答
A.使用新製程化學品	
1 是否使用新的製程化學品(含液態、氣態及固態化學品)或改變濃度/純度?(如果是,請列出新的化學品名,並指出它的濃度/純度),及附上物質安全資料表.)	是__否__
化學品: _____ 濃度/純度: _____	
2 新的化學品物質是否為易燃物、爆炸性、毒性、致癌性、刺激性、具分解能力、氧化劑?	是__否__
3 管路和設備組件的材質是否與化學品的濃度,操作條件不相容?(如最大的使用壓力、濃度、溫度)	是__否__
4 此項變更是否會影響目前的氣體偵測和警報系統的有效性?(例如目前的偵測系統偵測不到或不適用)	是__否__
5 此項變更所產生新的廢棄物(廢液、廢氣、垃圾),不適用目前的廢棄物處理系統?	是__否__
6 是否已申請 New Chemical Review 的程序?	是__否__
B.化學品管路之變更	
1 此變更管路或組件,是否使用於加壓或腐蝕性、毒性、易燃/可燃性、氧化性的化學品?	是__否__
2 是否須變更風管(Exhaust Duct)材質、管徑、及插接風管(若風管屬可燃性材質且直徑大於 10 吋時內部應加 sprinkler)?	是__否__
3 是否會增加逆流或交互污染的風險?	是__否__
4 是否須變更 Drain 管材質、管徑及與其他 Drain 管插接?	是__否__

C.有增加火災、爆炸風險或影響防火、氣體偵測系統功能之變更

- 1 此項變更是否於防爆區域執行電器設備之變更? 是__否__
- 2 是否對於加熱可燃/易燃性物質作溫度增加之變更? 是__否__
- 3 是否為新設置區域內放置易燃性化學物質或氣體? 是__否__
- 4 是否為防火區劃(牆、門)之變更?例如牆、門之防火等級減少及位置移動、開口變更? 是__否__
- 5 是否須要增加、移動或永久移除消防設施(如撒水頭、偵煙器、滅火器、二氧化碳系統或防火門)? 是__否__
- 6 是否影響氣體偵測系統功能? 是__否__

D.修改硬體設施零組件會造成原始設計變更時

- 1 此項變更是否會導致電路過載造成人員受傷? 是__否__
- 2 此項變更是否顯著增加使操作人員暴露於電氣危害中的機會?

- 3 此項變更是否造成機器操作者或維護人員暴露於輻射/雷射之中? 是__否__
- 4 原有之排放及釋壓系統在新的操作條件下是否不足? 是__否__
- 5 此項變更是否會產生原始設備之修改、解除安全裝置(safety interlock 等)或是使其 By-pass? 是__否__
- 6 增加會任何改變氣體供應時，此項變更是否會造成管路壓力變化? 是__否__

E.硬體設備及廠務、膳廚、電腦機房、實驗室等相關系統變更，或操作程序方式變更，導致有安全疑慮者

- 1 原舊有硬體設備換新[換新廠牌或換同一廠牌新類型]，是否會 是__否__

有用電、用火、高低溫及噪音震動等安全疑慮?

2 是否變更原有操作程序，由自動操作方式改為人工操作?[有 是__否__
安全疑慮者，必須填寫工作安全分析表]

3 此項變更是否會影響原有氣化供應、空調、排氣、排水(含 是__否__
Drain)及消防等系統的功能?

如果有答”是”的問題，應屬表中說明變更時會有哪些影響及潛在風險，以
及在變更後，它們要如何加以危害控制或改善。

本變更工程變更前須知會之部門(If required)

發起者簽名： _____ 日期： _____

核准簽署：



二、啟動前查核表：

安全變更啟動前查核表

變更名稱：_____

變更工程完成，開始操作使用前，下列查核表必須填妥。

查核項目	回答
1 在廠內工作區是否已備有變更後化學品的物質安全資料表?	是__否__不適用__
2 環保署公告之毒性化學物質是否已取得運作許可?	是__否__不適用__
3 所有偵測系統/警報系統是否均可以發揮偵測功能，以防止洩漏所造成之危害?	是__否__不適用__
4 廢棄物(廢氣、廢液、垃圾)是否依公司管制辦法處置?	是__否__不適用__
	
5 廢棄物的存放是否有 secondary containment?	是__否__不適用__
6 化學品/氣體的供應系統單位是否已經核准輸送工作，並測試整個系統?	是__否__不適用__
7 化學品/氣體的 secondary containment 是否已裝置完成，以防止潛在的有害化學品釋出?	是__否__不適用__
8 化學品儲器和管路是否已改貼為變更後的化學品危害標示?	是__否__不適用__
9 有機械/電器危害之部分是否有保護設計與標示?	是__否__不適用__
10 對於防爆區域之電氣設備的變更是否符合防爆等級?	是__否__不適用__

- 用__
- 11 火警偵測系統是否已作調整來因應此工程變更? 是__否__不適用__
- 12 Exhaust 系統是否均已確認材質、靜壓、流量、插接管排放氣體的相容性並完成灑水頭的裝設? 是__否__不適用__
- 13 滅火系統是否已設置於變更的區域(如灑水系統, 二氧化碳系統等) 是__否__不適用__
- 14 對於防火門、牆之變更或穿牆管線之防火填塞, 是否依規定處理, 並符合防火區隔之等級要求? 是__否__不適用__
- 15 Drain 管及廢酸收集系統是否均已確認材質及物質相容性? 是__否__不適用__
- 16 是否已完成新化學品評估程序, 並依建議完成改善? 是__否__不適用__
- 
- 17 硬體設備是否確實進行安全評估? 是__否__不適用__

操作程序、訓練與技術文件

- 1 此項變更需要改變之相關操作及 PM 程序是否均完成修改? 是__否__
- 2 此項變更需要修改之其他文書(如管線圖、parts list、自動檢查計畫、製程操作手冊等)是否均已完成修改? 是__否__
- 3 此項變更需要更改緊急應變程序?對會影響緊急應變程序的變更都已通知廠區 ISEP 是__否__
- 4 是否已告知相關單位同仁有關變更部分之安全衛生訊息, 並已對相關人員施以適當之教育訓練? 是__否__不適用__

5 對[變更前查核表]回答”是”的部份的危害控制或改善 是__否__
是否均已被實施?

發起者簽名：_____日期：_____

4.2 傳統之單點安全變更管理分析

4.2.1 半導體廠安全變更管理案例說明：

1.問題描述：

某半導體廠電化學電鍍製程設備機台之排氣風管(Exhaust)因產能需求，需安裝新的電化學電鍍製程設備生產機台，但因預設置機台位置既有電化學電鍍製程機台之排氣風管重疊，為使無塵室 layout 發揮最大使用率，故需要將既有電化學電鍍製程設備機台之排氣風管進行移位，但在施工階段卻觸發機台所裝設之氣體偵測器作動到並且驅動自動語音疏散廣播系統，造成無塵室操作人員及施工廠商進行疏散而導致生產中斷。

2.改善對策：

疏散事件發生後，案例廠內部召開會議進行檢討，發現此排氣風管拆除工程內容符合案例廠所推行之安全變更管理程序中之”管路變更”項目：加壓或腐蝕性、毒性、易燃/可燃性、氧化性的化學品管路及 Exhaust 及 Drain 管路之變更，故要求機台負責單位提出安全變更申請，並且使用業界較常使用之”查核表”作為安全變更管理評估確認方法，以下為此工程執行安全變更管理程序，申請安全變更評估，表 8 為 ECP 機台風管改置安全變更管理分析範例說明。

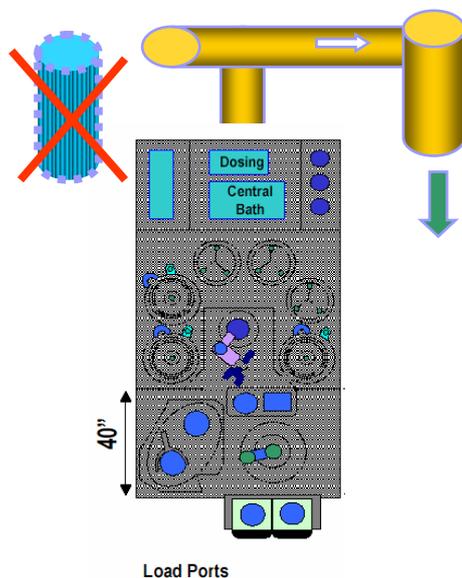
表 8、ECP 機台風管改置安全變更管理申請表

安全變更前查核表

發起者姓名:徐**	日期: 97 年 1 月
變更名稱:ECP 機台之 SEX(排氣風管)更改位置工程	
變更位置: Fab 3F ECP 區	
預計執行日期: 97 年 2 月	
<p>變更目的:</p> <p>原排氣風管管路路徑擋住新機台之設置位置, 需移動廠務 SEX 排氣風管管路, 以利新機台裝機。</p>	
<p>變更前內容: (如屬線路或管路的變更請詳細繪出修改前之線路或管路圖, 如篇幅不足, 請附圖於後)</p> <p>廠務端 SEX 排氣風管二次配管路在機台左後方由高架地板延伸上 Fab 3F。</p> <div data-bbox="406 1070 874 1682" data-label="Diagram"> </div>	

變更後內容：(如屬線路或管路的變更請詳細繪出修改後之線路或管路圖，如篇幅不足，請附圖於後)

變更為廠務端 SEX 排氣風管二次配管路在機台右後方由高架地板延伸上 Fab 3F。



使用下列查核表找出和本項變更有關之安全衛生及環保風險。

	查核項目	回答
A.使用新製程化學品		
1	是否使用新的製程化學品(含液態、氣態及固態化學品)或改變濃度/純度?(如果是，請列出新的化學品名，並指出它的濃度/純度)，及附上物質安全資料表。 化學品：_____ 濃度/純度：_____	是_否 <u>V</u>
2	新的化學品物質是否為易燃物、爆炸性、毒性、致癌性、刺激性、具分解能力、氧化劑?	是_否 <u>V</u>
3	管路和設備組件的材質是否與化學品的濃度，操作條件不相容?(如最大的使用壓力、濃度、溫度)	是_否 <u>V</u>

4	此項變更是否會影響目前的氣體偵測和警報系統的有效性?(例如目前的偵測系統偵測不到或不適用)	是_否 <u>V</u>
5	此項變更所產生新的廢棄物(廢液、廢氣、垃圾)，不適用目前的廢棄物處理系統?	是_否 <u>V</u>
6	是否已申請 New Chemical Review 的程序?	是_否 <u>V</u>
B.化學品管路之變更		
1	此變更管路或組件，是否使用於加壓或腐蝕性、毒性、易燃/可燃性、氧化性的化學品?	是_否 <u>V</u>
2	是否須變更風管(Exhaust Duct)材質、管徑、及插接風管(若風管屬可燃性材質且直徑大於 10 吋時內部應加 sprinkler)?	是 <u>V</u> 否_
3	是否會增加逆流或交互污染的風險?	是_否 <u>V</u>
4	是否須變更 Drain 管材質、管徑及與其他 Drain 管插接?	是_否 <u>V</u>
C.有增加火災、爆炸風險或影響防火、氣體偵測系統功能之變更		
1	此項變更是否於防爆區域執行電器設備之變更?	是_否 <u>V</u>
2	是否對於加熱可燃/易燃性物質作溫度增加之變更?	是_否 <u>V</u>
3	是否為新設置區域內放置易燃性化學物質或氣體?	是_否 <u>V</u>
4	是否為防火區劃(牆、門)之變更?例如牆、門之防火等級減少及位置移動、開口變更?	是_否 <u>V</u>
5	是否須要增加、移動或永久移除消防設施(如撒水頭、偵煙器、滅火器、二氧化碳系統或防火門)?	是_否 <u>V</u>
6	是否須變更氣體偵測系統功能?	是_否 <u>V</u>
D.修改硬體設施零組件會造成原始設計變更時		
1	此項變更是否會導致電路過載造成人員受傷?	是_否 <u>V</u>

2	此項變更是否顯著增加使操作人員暴露於電氣危害中的機會?	是_否 <input type="checkbox"/>
3	此項變更是否造成機器操作者或維護人員暴露於輻射/雷射之中?	是_否 <input type="checkbox"/>
4	原有之排放及釋壓系統在新的操作條件下是否不足?	是_否 <input type="checkbox"/>
5	此項變更是否會產生原始設備之修改、解除安全裝置(safety interlock 等)或是使其 By-pass?	是_否 <input type="checkbox"/>
6	增加會任何改變氣體供應時，此項變更是否會造成管路壓力變化?	是_否 <input type="checkbox"/>
E.硬體設備及廠務、膳廚、電腦機房、實驗室等相關系統變更，或操作程序方式變更，導致有安全疑慮者		
1	原舊有硬體設備換新[換新廠牌或換同一廠牌新類型]，是否會有用電、用火、高低溫及噪音震動等安全疑慮?	是_否 <input type="checkbox"/>
2	是否變更原有操作程序，由自動操作方式改為人工操作?[有安全疑慮者，必須填寫工作安全分析表]	是_否 <input type="checkbox"/>
3	此項變更是否會影響原有氣化供應、空調、排氣、排水(含 Drain)及消防等系統的功能?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>

如果有答”是”的問題，應於下列說明變更時會有哪些影響及潛在風險，以及在變更後，它們要如何加以危害控制或改善。

- B-2 項[是否須變更風管(Exhaust Duct)材質、管徑、及插接風管(若風管屬可燃性材質且直徑大於 10 吋時內部應加 sprinkler)]，回答”是”：
 - 影響及潛在風險：變更風管時需將原有排氣管路進行盲封拆除後插接至另一 Exhaust Duct，因機台運作需持續有排氣，若管路拆除時未先進行機台停機，將於施工時造成機台不正常停機。

- 危害控制或改善：為避免機台在進行盲封拆除時因排氣抽風量不足，而發出 alarm 警示甚至造成機台當機，故施工時盡量配合機台停機進行維修保養時同步進行。

ECP 機台風管改置安全變更案例，藉由”安全變更前查核表”檢核時發現此工程符合 B-2 項[是否須變更風管(Exhaust Duct)材質、管徑、及插接風管(若風管屬可燃性材質且直徑大於 10 吋時內部應加 sprinkler)]檢點項目，故是有可能在此施工步驟發生潛在風險，因為施工安全故藉由工作安全分析(Job Safety Analysis, JSA)方式針對風管插接作業進行關鍵性作業步驟分析，其可能發生之風險及其預防發生之防護措施。

廠務排氣風管移位工程之工作安全分析如表 9 所示：

表 9、廠務排氣風管移位工作安全分析表

作業名稱：ECP 機台之 FAC Exhaust relocation				
項次	作業程序	危害說明	後果影響	現有防護措施
1	施工前確認	1. 踩踏管路使管路破損 2. 掀開高架地板及高架作業，人員墜落	人員受傷 機台毀損 人員疏散	1. 現場應確實圍籬，確認所有表單齊全之後，再行施工。 2. 注意其他管路行走路線避免踩踏其他管路 3. 高架作業時佩帶安全帶、全程佩戴安全帽 4. 作業前先將欲脫離之管路做標示

2	現場管路盲封、脫離及拆除	<ol style="list-style-type: none"> 1. 未做施工區域警示圍籬 2. 未做停機或系統切換確認 3. 未做施工及現場人員安全防護 4. 未設防漏裝置 	人員受傷 機台損壞 機台當機	<ol style="list-style-type: none"> 1. 確實做好施工區域警示圍籬 2. 重複與設備人員進行停機確認 3. 人員穿著適合之防護用具(D 級防護衣、防酸手套、口罩、面罩等)及安全帽、安全帶 4. 應拆除管路需有管路拆除標籤，才予以拆除 5. 拆除之管路立即作盲封及 CAP 動作
3	完工，並收拾現場	<ol style="list-style-type: none"> 1. 現場有廢棄物，造成環境髒亂。 2. 管路內有殘餘液體外洩，造成人員受傷 	環境髒亂 人員受傷	<ol style="list-style-type: none"> 1. 施工後，監工、工安人員應巡視現場是否有廢棄物 2. 管內有危害物質之廢管，均需完整包覆。 3. 將廢棄物搬至指定定點。

4.2.2 執行傳統單點安全變更管理程序效益分析

由上資料顯示電化學電鍍機台廠務系統風管移位安全變更管理案

例，依據以上安全變更管理查核表及工作安全分析之安全評估中發現，進行此變更工程前有一很重要之管制措施為”施工前與機台設備確認機台是否已停機進行保養維修”，但卻因為以下原因，導致縱使遵循現有傳統單點安全變更管理程序，仍無法避免案例廠所發生之意外事故，說明如下：

(1) 設備人員對機台設備特性不熟悉：

機台設備操作人員對機台設備特性不熟悉，誤以為機台已進入保養維修程序了，則機台原先使用之氣體/化學品應該均已停止供應，而忘了若僅是進行機台後方電鍍設備之保養維修時前方之 Anneal Module 所使用之氫氣仍有有小流量供應至機台而非整台機台均已停止氣體及化學品供應，以致於施工承攬商項機台設備操作人員在施工前確認機台設備是否已進入保養維修程序並且已經停機了，設備操作人員無法正確回覆機台狀態而衍生意外事故的發生，但若此項變更工程所屬機台製程特性為單一製程時將可於執行安全變更管理評估程序時避免此次意外事故的發生，顯示傳統單點式安全變更管理程序在降低變更工程進行時之風險並避免意外事故的發生。

詳細機台使用之氣體及氣體偵測系統與廠務排氣系統相關對應位置可見圖 10 所示：

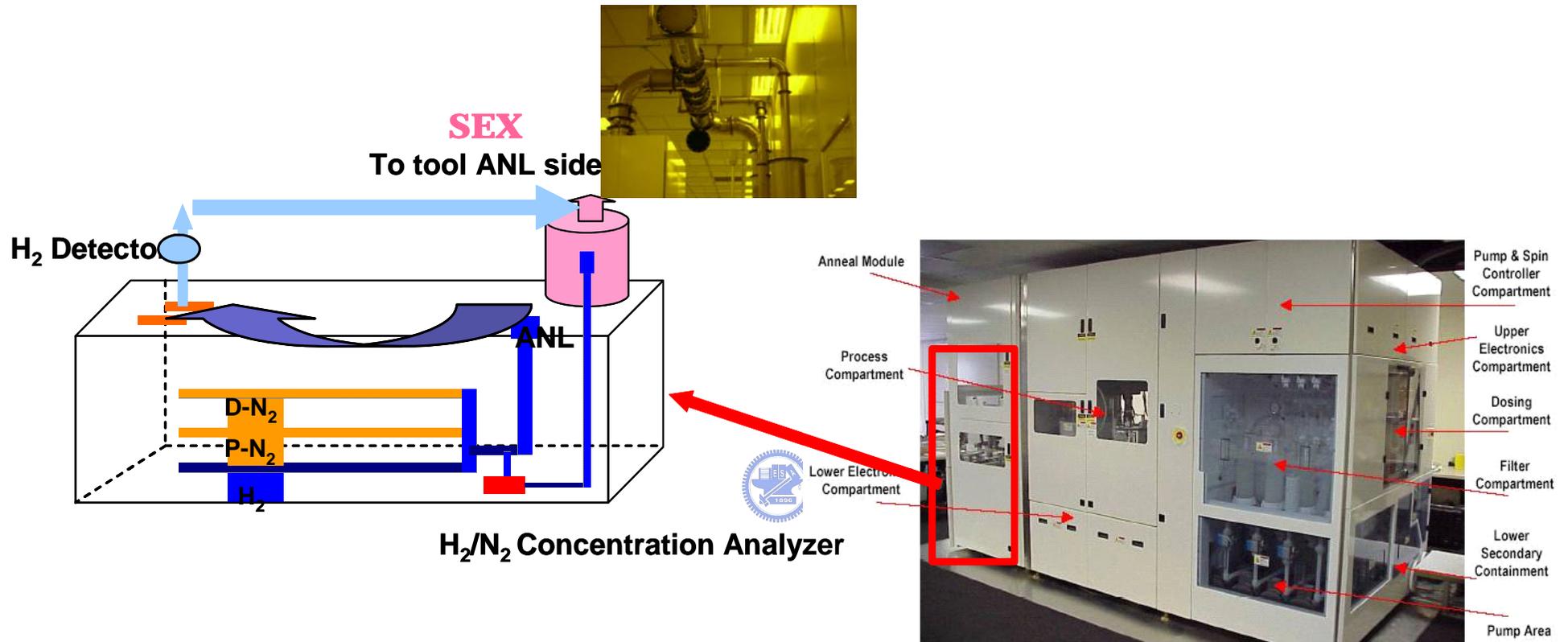


圖 10、機台發生氣體警報原因之相對位置圖

(2)工作安全分析不足處：

因變更項目為機台排氣管路拆除改置，故若使用工作安全分析(JSA)針對施工作業步驟進行風險評估所得之預防措施為，”施工人員需與機台負責人確認機台是否已完成停機程序”，而未因應機台設備及製程特性去注意其潛在風險，如電化學電鍍製程設備機台需確認 1.回火(anneal module)及 2.斜邊清洗(EBR module)均已停機，才可進行排氣風管切除作業，但此案例執行之廠商僅有詢問設備人員是否機台已經停機，設備人員因不了解機台製程特性，以為EBR module目前是停機保養中導致機台內之氫氣(H₂)無法進行有效排氣，而被機台gas box之排氣風管所裝設之氣體偵測器偵測到並且驅動自動語音廣播系統，而造成無塵室操作人員及施工廠商進行疏散而導致生產中斷。

由以上兩項原因分析結果可以顯示，傳統單點式之安全變更管理程序若是針對一般僅有一種製程危害特性機台之變更管理是具有一定程度的有效性，但若是變更工程發生於特殊製程機台時將無法有效鑑別其潛在風險並提出安全評估之建議事項，以避免意外事故的發生，故本論文研究若是將傳統單點安全變更管理程序延伸為系統化之安全變更管理程序是否可以補足傳統安全變更管理程序僅著重於變更項目之施工安全評估的不足。

4.3 系統化之安全變更管理程序

由以上案例說明案例廠所使用之傳統單點安全變更管理評估模式，適用於一般傳統單一製程之機台相關變更，但若是發生於如電化學電鍍製程之「三合一」機台則並無法有效發掘所有變更或修改工程之潛在風險以避免可能發生之重大災害，故本論文除了研究傳統單點安全變更管理系統外，更延伸研究”系統化之安全變更管理”思考模式，其主要研究方向為將傳統之單點安全變更管理評估系統加入完善之風險評估模式如加強先判定變更工程之風險等級後，針對風險等級較高

之作業項目進行更嚴謹之風險評估方式藉以鑑別出變更或修改項目之可能發生意外災害之原因。

4.3.1 系統化安全變更管理之風險評估程序

- 1.變更內容基本資料收集：在進行針對變更內容進行安全評估前，收集變更內容所屬機台種類、附屬設備、所屬製程種類，及製程所使用之氣體、化學品種類及其特性等資料。
- 2.判斷是否須執行初步危害分析：依據變更內容基本資料所示，確認欲進行評估之變更內容其所使用之化學品是否屬於甲類危險性工作場所中規範需進行製程安全評估，若屬於甲類危險性工作場所之規範時需實施初步危害分析以發掘工作場所重大潛在危害。如案例之電化學電鍍製程所使用之氫氣則符合危險性工作場所審查暨檢查辦法中規定，故須針對此製程進行初步危害分析。
- 3.定義風險等級並判斷變更工程之危害性：藉由美國半導體協會風險評估規範(SEMI S-10-1296)標準針對變更工程之發生頻率及嚴重度進行判定風險等級，並將初步危害分析結果。表 10 為節錄案例半導體電化學電鍍機台進行初步危害分析之結果進行風險等級判定之結果，詳細之分析結果請見附件二所示。

表 10、ECP 機台製程風險等級判定表

機台設備	機台可能發生原因	危害/後果	嚴重性	可能性	風險等級
Anneal Module	anneal module Damper 調整不當導致 HEPA	HEPA提供之正壓過大，導致H ₂ 氣流異常，造成Tool內之Gas Box之Gas Detector偵測到H ₂ ，進而造成機台停	1	D	3

	異常	機。			
	因停電、抽氣機械故障、Damper 調整不當造成 anneal chamber exhaust 抽風異常	提供之負壓過小，導致 H ₂ 氣流異常，造成 Tool 內之 Gas Box 之 Gas Detector 偵測到 H ₂ ，進而造成機台停機	1	D	3
EBR Module	dual syringe pump 故障(於 dilution unit)。	嚴重時可能造成輸送管線破裂或管件鬆脫洩漏，造成設備損壞	4	D	5
	因外力撞擊或地震	造成輸送管線破裂或管件鬆脫洩漏，造成設備損壞。	3	D	4
H ₂ O ₂ and H ₂ SO ₄ CDM(Cheical Dilution Module)	dual syringe pump 故障	嚴重時可能造成輸送管線破裂或管件鬆脫洩漏，造成設備損壞	4	D	5
	H ₂ SO ₄ dilution tank 稀釋	嚴重時可能造成輸送管線因高溫導致破裂	3	D	4

	程序錯誤				
	外力撞擊 或地震導 致破裂	造成輸送管線破裂或管 件鬆脫洩漏，造成設備 損壞	3	D	4
Chemistry Bath and Plating cell	外力撞擊 或地震導 致破裂	造成輸送管線破裂或管 件鬆脫洩漏，造成設備 損壞	3	D	4
	interlock 失效或被 解除	遭機械手臂碰撞，有潛 在人員傷亡之危害	1	D	3

風險等級相對應風險控制規劃說明如下表 11 所示：

表 11、美國半導體協會風險評估規範之風險控制規劃表

風險等級		風險控制規劃
1	重大	需立即改善
2	高度	需限期改善
3	中度	需進行工程改善或行政管理措施配合
4	低度	界定為普通風險，需安排一個指定時限完成的改善 計劃，將風險控制
5	輕度	界定為低風險，無須作出任何改善措施

若將以上初步危害分析結果使用美國半導體協會風險評估規範 (SEMI S-10-1296) 進行風險等級判定，並將風險等級較高項目加入系統化之安全變更管理評估項目中可以得到以下結果。

如 Anneal Module 之初步危害分析結果為風險等級”3”中度風險之項

目即已明確說明若機台抽氣機械故障或 Damper 調整不當而造成 anneal chamber exhaust 抽風異常時會造成氫氣氣流異常，而造成機台內 Gas Box 所設置之氣體偵測器偵測到氫氣，進而造成機台停機之風險。

機台設備	機台可能發生原因	危害/後果	嚴重性	可能性	風險等級
Anneal Module	因停電、抽氣機機械故障、Damper 調整不當造成 anneal chamber exhaust 抽風異常	提供之負壓過小，導致 H ₂ 氣流異常，造成 Tool 內之 Gas Box 之 Gas Detector 偵測到 H ₂ ，進而造成機台停機。	1	D	3

由以上ECP機台之初步危害分析結果可以證明，若是於傳統單點安全變更管理程序加入“判斷此機台製程是否需進行初步危害分析”並且將風險等級較高之項目於進行傳統單點之安全變更管理評估時納入考量則可有效避免案例廠之意外事故的發生。

4. 針對風險等級高低實施不同之安全評估方法：若是風險等級較低之變更工程風險評估方法可使用“檢核表”及“如果...會怎樣(What-if)”之風險評估方法，並針對變更工程之作業步驟藉由“工作安全分析表”進行施工安全之管控。若是初步危害分析結果風險等級較高之變更工程則須搭配“失誤模式與影響分析”、危害與可操作性分析進行安全評估，以避免若僅是使用業界較常使用之檢核表進行評估時因為評估人員經驗不足或變更內容基本資料不齊全時造成無法鑑別變更工程之潛在危害以加以預防。
5. 加強變更工程完成後相關人員訓練及文件修改完成等確認：針對變

更工程完成後加強稽核相關人員是否已接受變更工程內容之告知或訓練。

系統化之安全變更管理程序與傳統單點安全變更管理程序，主要差異在於系統化之安全變更管理程序為加強風險評估程序，詳細之流程圖如圖 11.系統化之安全變更管理流程圖所示

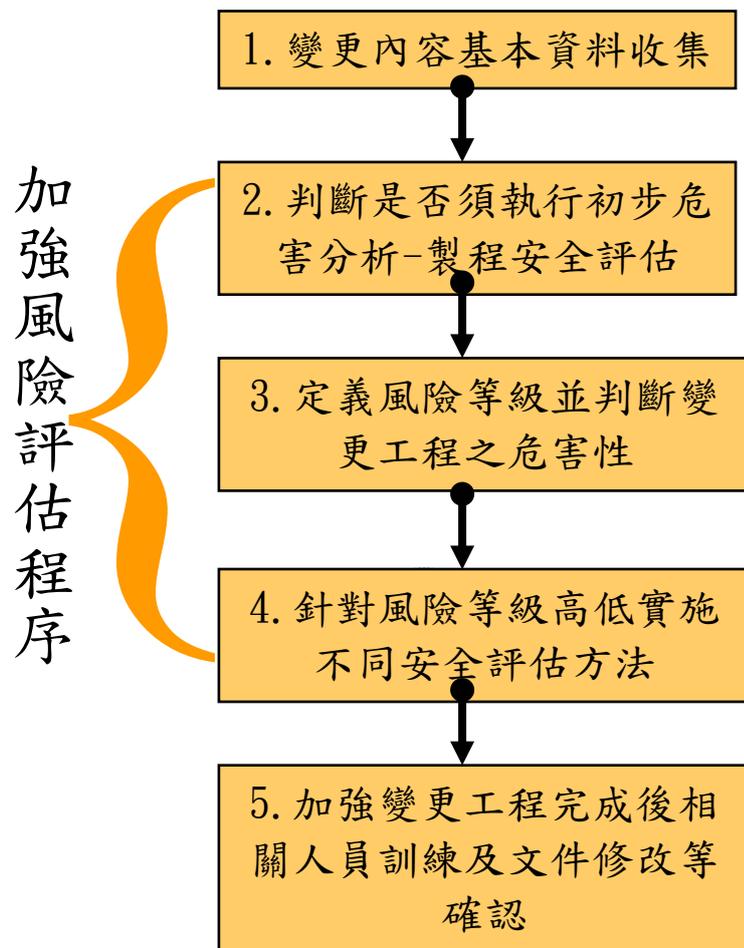


圖 11、系統化之安全變更管理流程圖

4.4 傳統單點及系統化之安全變更管理程序及效益比較

系統化之安全變更管理與傳統單點安全變更管理之差異，主要是風險評估內容及評估方式有所不同，所謂系統化安全變更管理程序是由變更項目之本質安全起進行探討並於變更完成後針對變更項目進行相關人員之告知或宣導及相關文件是否完成修改進行確認；傳統之單點安全變更管理程序是藉由”查核表”進行變更工程可能發生之危害確認，但因查核表為制式化評估方式，若不是對機台硬體及製程瞭解有一定程度或有經驗之人員，容易僅就查核表所規範之檢點項目進行評估而忽略變更工程之潛在風險而可能引起其他意外事故或人員傷害事故的發生。以下以表 12 說明傳統之單點安全變更管理及系統化之安全變更管理程序及效益比較：

表 12、傳統單點及系統化安全變更管理程序及效益比較表

項目	傳統單點安全變更管理	系統化安全變更管理
風險評估內容	針對變更內容之施工項目及步驟進行單點之變更風險評估。	除針對傳統單點評估內容外，著重於變更內容所屬機台或設施之本質安全如機台所執行之製程種類、機台使用之氣體化學品種類等先進行了解後再進行變更安全風險評估。

<p>風險評估程序</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 查核表(Check list)分析法進行設備及管理變更的風險分析工具。 2. 工作安全分析法 JSA 進行作業行為面變更之風險分析工具。 	<p>依據初步風險評估結果發現有重大之潛在風險，則須增加以下風險評估方法：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 製程安全評估(Process hazard Analysis, PHA)-初步危害分析 2. 查核表(Check list)分析 3. 工作安全分析表 4. What-if 腦力激盪法 5. 若風險等級更高，則可採用危害與可操作性研究(Hazards and Operability Study, HazOp)、失誤模式及影響分析(Failure Mode and Effects Analysis, FMEA)等
<p>效益比較</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 僅就變更項目之施工方式及查核表所評估之方式進行管控。 2. 檢核表為制式化評估方式，若不是對機台硬體及製程瞭解有一定程度或有經驗之人員，容易僅就查核表所規範之檢點項目進行評估而忽略變更工程之潛在風險而可能引起其他意外事故或人 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 進行風險等級之界定，針對高風險變更項目進行危害鑑別及風險分析並藉由實例驗證進行初步危害分析佐以其他風險評估方法以鑑別可能之危害並加以防範成為半導體工廠進行安全變更管理時有效的風險分析工具。 2. 加強針對變更項目之本質安全進行確認，如案例之機台排氣管路修改，則先確認此機台之管路配置圖確認欲修改排氣風

	<p>員傷害事故的發生。</p>	<p>管所可能影響之範圍為何，如此次之排氣風管是提供機台電鍍製程及 Anneal Module，故應於變更工程前確認機台兩種製程是否均已停止才可進行變更。</p> <p>3. 落實 PDCA(規劃、執行、查核、修正)之評估模式，加強針對變更後之相關文件修改、人員宣導訓練紀錄、緊急應變程序是否完成修改等進行確認，而非僅就變更工程完成現場確認而已。</p>
--	------------------	--



4.5 安全變更管理制度改善對策

變更帶來創造新價值之機會，但在變更的同時也隱藏許多未曾預期之風險而帶來無法預期之危害，安全變更管理程序 SMOC，即是針對變更所產生的潛在危害，於變更前透過完整評估做好相關防範以降低變更所產生之風險，然而安全變更管理程序在執行過程中常會因為執行人員對安全變更管理認知不足、審核人員專業性不夠或與其他審核功能重複等問題，導致發生應提案而為提案或審核不完整而造成安全變更管理功能失效，進而造成意外事故的發生而對工廠安全造成危害。

除了建置系統化之安全管理制度外，為避免因安全變更管理功能失效而導致危害發生，故提出以下其他改善措施：

4.5.1 加強安全變更管理制度之宣傳

藉由海報、安全衛生委員會、部門會議宣導、並將安全變更管理提案納入安全衛生績效指標中，強化各部門主管及同仁對安全變更管理程序之認知及重視程度如將安全變更管理訓練課程納入廠區設備及廠務部門同仁之必修課程。

4.5.2 建置完整安全變更管理審核機制

建立安全變更管理審查委員會，除了原先安全部門評估人員外並邀請廠務部門及風險管理單位等專家共同審查，初期為定期每月召開安全變更管理審查委員會進行前一月之提案審核，為變更所可能產生之風險共同把關，強化安全變更管理審核專業素質及鑑別風險能力，以避免因審查能力不足造成遺漏之危害。

4.5.3 安全變更管理制度分級機制

除了系統化安全變更管理程序中所提到的將風險等級判定程序納入傳統單點安全變更管理程序外，因為目前變更管理所定義之範圍相當廣泛，其目的是要將具風險之變更皆納入管理範圍，然而在將大部分的變更皆納入管理同時，常造成因安全變更管理提案太過頻繁而流於形式，且若已有其他審核機制把關，重複審查將造成資源及人力之浪費；為了避免評估人員因專業度不夠無法清楚判定哪些變更項目之風險等級較高必須謹慎審核，故提出將案例廠既有之安全變更管理查核表依據提案風險劃分成三級如表 13 所示，並依據等級定義不同之審查方式：

- (1)Level 1：高風險→必須經過風險管理單位共同審核同意後方可執行
- (2)Level 2：高風險→必須經過安全變更管理審查委員會審核核可後方能執行
- (3)Level 3：低風險→於 e-化安全變更管理系統提案經安全部門評估審核後可直接執行

表 13、安全變更管理類別分級表

類別	Item	查核項目	Class1	Class2	Class3	回答
A. 新化學品或既有機台新增(使用)化學品						
A	1	公司首次使用之化學品(含製程, LAB或FAC使用之Gas/Chemical)	v			是 否
	2	公司既有製程機台, 因製程變更後於該機台首次使用之HPM化學品(含gas及	v			是 否
	3	於各廠首次使用之化學品(含製程, LAB或FAC使用之Gas/Chemical)		v		是 否
	4	於各廠既有製程機台, 因製程變更於該機台首次使用之HPM化學品(含gas及		v		是 否
	5	既有化學品(含gas及chemical)濃度增加之變更		v		是 否
	6	除上述1-5點外, 其他化學品使用之變更。			v	是 否
B. 化學品管路之變更						
B1. 化學品/氣體管路之變更						
B1	1	使用比既有(慣用)材質等級較差之變更:(參考附件1) a. IPA管路:stainless(EP電刨光)+stainless b. Solvent管路:PFA+stainless c. 醃蝕管路-PFA+C-PVC		v		是 否
	2	會增加逆流或交互污染風險之變更		v		是 否
	3	新增HPM(chemical或gas) central or local supply 系統之變更		v		是 否
	4	其他修改與變更			v	是 否
B2. Exhaust/pumping line管路變更						
B2	1	比既有(慣用)材質等級較差之變更: a. SEX/AEX/GEX/VEX: Metal材質 b. SEX: Metal coating teflon材質		v		是 否
	2	Exhaust系統變更(如由SEX改為GEX..等)		v		是 否
	3	pumping line上之原件材質或構造變更(含center ring/bearing/bellow...等)		v		是 否
	4	其他修改與變更			v	是 否
B3. Drain管管路變更						
B3	1	比既有(慣用)材質等級較差之變更:(參考附件2) a. DWW-A / DWW-C: HDPE b. Hot H2SO4/H3PO4: carbon steel coating teflon c. DCHF: PVDF d. DDHF: HDPE e. Waste Solvent: stainless		v		是 否
	2	Drain管系統變更(如由DWWA改為DHF...等)		v		是 否
	3	新設獨立drain管路或於drain管增加其他元件或功能之變更(ex: polyimide獨立管路, auto flush...等)		v		是 否
	4	其他修改與變更			v	是 否
C. 有增加火災、爆炸風險或影響防火、氣體偵測系統功能之變更						
C1. 有增加火災、爆炸風險或影響防火功能之變更						
C1	1	可燃性/易燃性物質操作溫度增加之變更		v		是 否
	2	是否於防爆區域執行電器設備之變更?(ex: flammable gas room、solvent room、H2 purification room、cabinet..等)		v		是 否
	3	永久移除現有消防系統之變更(如撤水頭、煙偵/偵溫器、二氧化碳系統或防火門...等)?		v		是 否
	4	是否為新設置區劃(Occupancy)內放置易燃性化學物質或氣體?		v		是 否
	5	Bench機台Solvent槽(IPA/EKC/ACT/...)可能影響防火功能之變更		v		是 否
	6	防火區劃(牆、門)之變更?例如:牆、門之防火等級減少及移動、開口變更?		v		是 否
	7	設置新消防設備或進行消防系統相關功能變更		v		是 否
	8	除上述1-7點外, 其他影響防火功能之變更。			v	是 否
C2. 影響氣體偵測系統功能之變更						
C2	1	會造成原有氣體偵測器fail之變更(機台layout/exhaust改管)		v		是 否
	2	氣體偵測系統相關功能變更(ex: 新增watch dog (CM4), power supply back up...等)		v		是 否
	3	除上述1-2點外, 其他影響偵測器系統之變更。			v	是 否
D. 修改硬體設施零組件會造成原始設計變更時						
D	1	改變原廠安全設計之變更:(EMO/Safety Interlock/leak sensor)		v		是 否
	2	影響系統與ERC連線之變更: a. IMP VESDA b. TFE/FNC burn tube flow switch		v		是 否
	3	電力系統之電阻、電容量或可能造成電路過載之變更		v		是 否
	4	新增加熱系統(Heater/Hot N2/Heat Jacket)之變更		v		是 否
	5	提高原始操作溫度之變更		v		是 否
	6	硬體原件或操作參數超過原始設計值之修改(如:提高RF系統功率..等)		v		是 否
	7	此項變更是否造成機器操作者或維護人員暴露於輻射/雷射之中?		v		是 否
	8	是否影響原有之壓力排放及釋壓系統造成不足?		v		是 否
	9	除上述1-8點外, 其他硬體零組件之變更。			v	是 否
E. 膳廚、電腦機房、實驗室等相關硬體設備或系統變更導致有安全疑慮者						
E1. 膳廚、實驗室等相關硬體設備或系統變更導致有安全疑慮者						
E1	1	廠區首次裝設有使用HPM(chemical or gas, 瓦斯)之新設備		v		是 否
	2	新裝設備有高溫加熱或機械性切割等, 可能造成火災風險或人員受傷風險者		v		是 否
	3	因新裝設備而需增加消防滅火設備或區域需重新relayout者		v		是 否
	4	其他硬體設備等系統相關之變更			v	是 否
E2. 操作程序方式變更導致有安全疑慮者						
E2	1	是否變更原有操作程序, 由自動操作方式改為人工操作?		v		是 否
	2	操作程序影響Safety功能之變更		v		是 否
	3	其他操作程序方式變更			v	是 否

4.5.4 e-化之安全變更管理程序：

以往半導體廠執行安全變更管理管控使用紙本化傳簽方式，但因簽核流程(文件傳遞或 Hand Carry)及資料(紙本或 Hard Copy)保存等方面仍未盡完善；故針對現行作業流程發生之問題進行改善並將既有安全變更管理系統予以電子化管理，以簡化安全變更管理申請程序及改善以往審核後資料不易查詢及保留等缺點，同時可讓廠內相關人員進行案例查詢以達到 Coach 及執行標準 Alignment 之功能。

1.e-化安全變更管理系統開發目的

- (1)建構一個電子化安全變更管理系統
- (2)加速既有安全變更管理案件申請流程
- (3)加強安全變更管理系統的統計、查詢與紀錄保存的功能

2.e-化安全變更管理系統特色

- (1)自動傳簽及會簽功能
- (2)執行之自動預警
- (3)報表統計
- (4)匯入/匯出 Excel 功能



3.系統流程

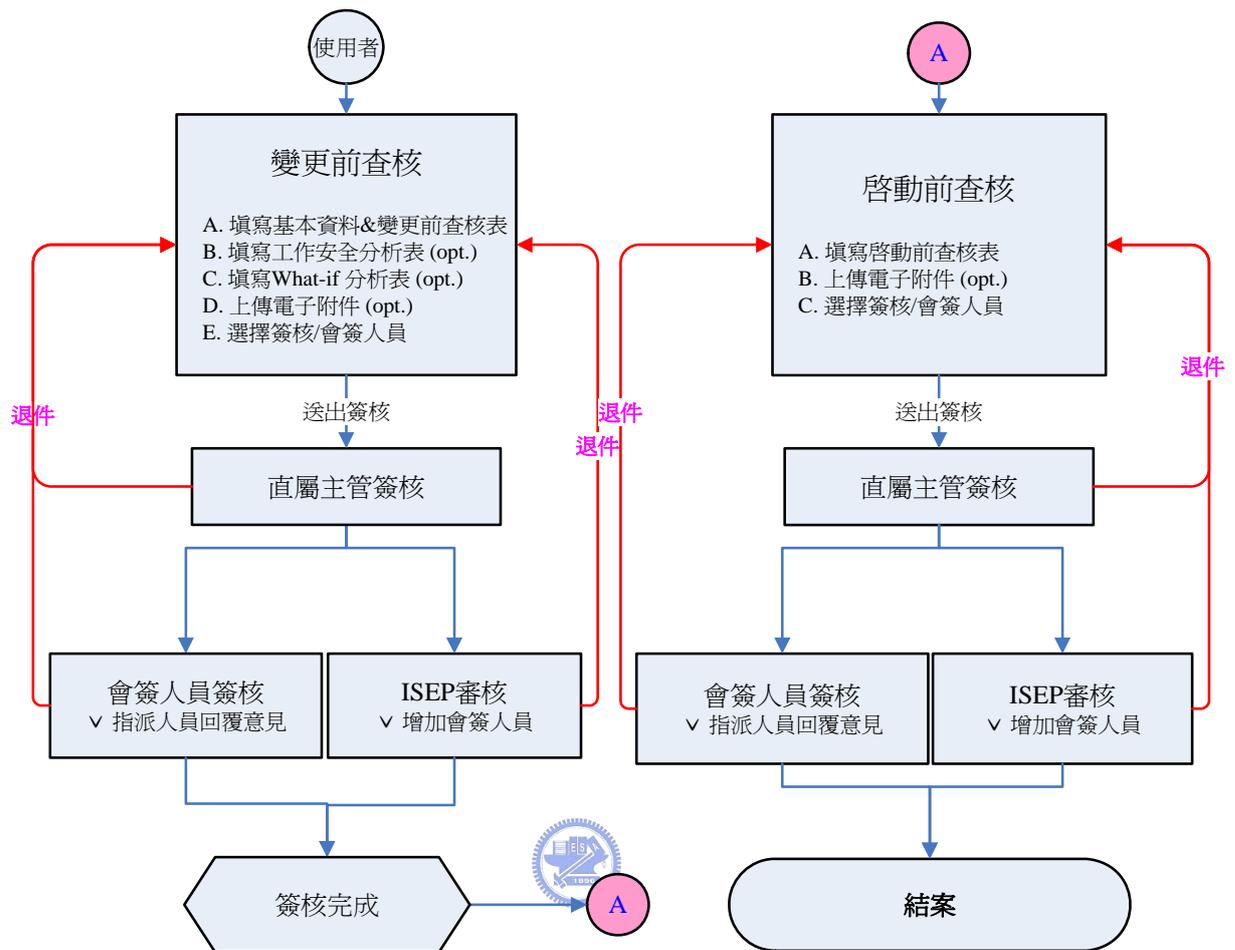


圖 12、e-化安全變更管理系統流程圖

4.e-化安全變更管理系統之簽核流程分為兩個階段

e-化安全變更管理系統之簽核流程主要依既有紙本傳簽模式更改為電子化傳簽模式，共分為 2 各階段進行簽核。

(1)階段 1：變更前查核表

- 新增變更前查核表，填寫後送出簽核。
- 等到主管層級都簽核完畢之後，安全部門人員與會簽人員開始簽核。
- 所有簽核人員接核准表單狀態會顯示簽核完成，即可新增啟動前查核表。

第五章、結論與建議

本論文之研究主要以半導體電化學電鍍製程系統風管改置變更工程為案例進行安全變更管理程序之探討，說明安全變更管理之風險控制的重要性，由此案例研究可以發現傳統之單點安全變更管理模式可以有效降低一般常見之變更或修改可能發生之風險，但若是變更或修改事項發生於製程機台較特殊或因安全評估人員經驗不足無法發現其變更項目具有潛在需特別注意之部分，而未善加注意並加以預防則將會引發更大之意外事故或人員傷害事故的發生。進而延伸探討將傳統之單點安全變更管理程序加入風險評估程序並強化安全變更管理評估程序而衍生之系統化安全變更管理程序，並進行分析傳統單點安全變更管理程序與系統化安全變更管理程序之執行方法有何不同及其改善效益。除此之外也提出如何改善安全變更管理在執行面上所遇到之問題分別為第一、加強安全變更管理制度之宣傳。第二、建置完整安全變更管理審核機制。第三、安全變更管理制度分級機制。第四、建立 e-化之安全變更管理程序。

安全變更管理所涉及之層面較廣，為避免初期推動時之阻力，在考量安全衛生法規之要求、職業安全衛生政策和目標之需求等因素，並配合可用之人力、財力等資源，變更管理之管制範圍宜採分階段實施方式，並將安全衛生法規要求之項目，以及風險評估結果所辨識出之具有高危害或高風險之機械、設備、設施及作業等先納入安全變更管理之管制範圍內，實施作業管制，待公司制度運作成熟後再逐步擴大管制範圍。現今半導體廠為因應製程精進及金融海嘯而衍生之降低生產成本等相管變更工程件數與日激增，故未來應將安全變更管理方式加強風險評估，將變更項目先佐以風險等級分類將針對風險等級危害性較高之項目進行安全變更管理審查委員會開會討論其可能之潛在風險及施工安全等注意事項，以避免變更所衍生之潛在危害。

因目前安全變更管理模式仍為被動式申請占申請案件之多數，如何讓廠內人員能主動申請並落實執行變更項目相關預防措施將是未來努力之方向。為避免評估審核人員因無法順利瞭解變更項目之基本資料及變更前後之差異而延長變更項目評估時間及避免評估審核人員因經驗差異而無法鑑識初變更項目之前在風險，故建議建置安全變更管理申請文件制式化版本應可改善此問題。

變更帶來創造新價值之機會卻也同時隱藏許多風險，在提升安全變更管理制度之全方位考量及廠區同仁認知之相關改善及透過完整審查評估並作好相關防護後，應可更放心的常是不同創新變更以創造新的價值及契機。



參考文獻

- [1] Peter Van Zant 著，半導體製程，姜庭隆譯，滄海書局，四版，台中，民國 90 年 9 月。
- [2] 陶德銘等，經濟部工業局，”工業用特殊氣體（半導體篇）防災、救災技術手冊”，台北，民國 90 年。
- [3] 行政院勞委會，”勞工安全衛生法”，民國 91 年。
- [4] 行政院勞委會，”勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法”，民國 98 年。
- [5] 行政院勞委會，”勞工安全衛生教育訓練規則”，民國 97 年。
- [6] 行政院勞委會，”危險性工作場所審查暨檢查辦法”，民國 94 年。
- [7] OSHA 29 CFR 1910, 119 for Process Hazard Analysis, 1992 年。
- [8] 林瑞玉，「矽甲烷供應系統相關製程危害分析資料庫建制與應用研究」，國立交通大學，碩士論文，民國 92 年。
- [9] 王世煌，”工業安全風險評估”，揚智文化事業公司，台北，2007。
- [10] 財團法人安全衛生技術中心，”危險性工作場所製程安全評估” 訓練教材，民國 97 年 4 月。
- [11] SEMI S10-96，”Safety Guidline for Risk Assessment”，Semiconductor Equipment and Materials International, 1996。
- [12] 林良昌，Electra Cu Seed/ECP設備銅導線製程的全方位，半導體科技，NO.19，民國 90 年。
- [13] 王世煌，”製程變更風險評析”，工業安全科技，第 36 期，民國 89 年。
- [14] 黃清賢，”危害分析與風險評估”，文京開發出版公司，民國 92 年 9 月。
- [15] 陳隆展，”製程變更管理--杜邦的經驗”，工業安全科技，第 36 期，2000 年 9 月。
- [16] 王世煌，”高科技廠房執行變更管理之建議”，工業安全科技，第 40 期，2001 年 9 月。

附錄

附錄一 國外半導體廠事故案例彙整表

編號	事故種類	國別	發生日期	發生氣體種類	氣體特性
1	矽甲烷洩漏著火事件	日本	1998	矽甲烷	自燃性氣體
2	更換氣瓶時殘留氣體洩漏	日本	1998	氯氣	毒性氣體
3	離子植入裝置配管破裂三氟化硼洩漏	日本	1997	三氟化硼	毒性氣體
4	CVD除害裝置ClF ₃ 洩漏	日本	1997	三氟化氯	禁水性
5	TEOS 洩漏	日本	1997	TEOS	易燃性液體
6	常壓 CVD 裝置維修保養中二硼烷洩漏	日本	1997	二硼烷	易燃性氣體
7	SiH ₂ Cl ₂ 洩漏	日本	1996	SiH ₂ Cl ₂	腐蝕性,易燃性氣體
8	氣瓶櫃內矽甲烷爆炸	日本	1996	矽甲烷	自燃性氣體
9	離子植入裝置維修保養中磷著火	日本	1996	磷	自燃性固體
10	排氣風管粉塵爆炸	日	1996	矽甲烷	自燃性氣體

		本			
11	CVD 於排氣除害裝置 著火事故	日 本	1996	矽甲烷	自燃性氣體
12	氣瓶櫃內 HCl 洩漏	日 本	1996	HCl	腐蝕性氣體
13	SiH ₂ Cl ₂ 氣體逆流造成 氣瓶櫃的腐蝕事故	日 本	1996	SiH ₂ Cl ₂	腐蝕性, 易燃性 氣體
14	蝕刻裝置排氣系統 Cl ₂ 氣體洩漏	日 本	1996	Cl ₂	腐蝕性氣體
15	更換容器時容器接頭 火災	日 本	1996	矽甲烷及磷 化氫	自燃性氣體
16	氣密測試時容器閥接 頭部洩漏	日 本	1995	溴化氫	腐蝕性氣體
17	直立氯化爐 HCl 氣體 洩漏	日 本	1995	HCl	腐蝕性氣體
18	CVD 裝置配管處發生 矽甲烷洩漏火災事故	日 本	1995	矽甲烷	自燃性氣體
19	CVD 裝置排氣系統配 管著火事故	日 本	1995	矽甲烷	自燃性氣體
20	磊晶裝置反應氣體冷 卻器著火事故	日 本	1995	矽甲烷	自燃性氣體
21	氣瓶主閥接頭部洩漏 火災	日 本	1994	矽甲烷	自燃性氣體
22	更換矽甲烷氣瓶火災	日	1994	矽甲烷	自燃性氣體

		本			
23	CVD 裝置排氣管破裂	日 本	1994	矽甲烷	自燃性氣體
24	CVD 裝置氣瓶供應配 管部火災事故	日 本	1994	TEOS	易燃性液體
25	氣瓶櫃內 HBr 洩漏	日 本	1993	溴化氫	腐蝕性氣體
26	矽甲烷混入 purge 管線	日 本	1993	矽甲烷	自燃性氣體
27	更換矽甲烷氣瓶時火 災	日 本	1993	矽甲烷	自燃性氣體
28	LP-CVD 裝置用 Rotary Pump 矽甲烷爆 炸	日 本	1992	矽甲烷	自燃性氣體
29	二氯矽烷排氣導管火 災	日 本	1992	二氯矽烷	易燃及毒性氣 體
30	Si ₂ H ₆ 洩漏火災事故	日 本	1991	Si ₂ H ₆	易燃性氣體
31	氣瓶櫃內的矽甲烷容 器爆炸	日 本	1991	矽甲烷	自燃性氣體
32	矽烷鋼瓶爆炸	日 本	1991	矽烷	易燃性氣體
33	直立爐管的POCl ₃ 洩 漏	日 本	1990	POCl ₃	腐蝕性氣體

34	排氣管矽甲烷堆積物 起火燒傷事件	日 本	1990	矽甲烷	自燃性氣體
35	矽烷製造工廠鋼瓶火 災	日 本	1990	矽烷	易燃性氣體
36	特殊氣體意外混合事 故	日 本	1989	矽甲烷、氨氣	自燃性、氧化性 氣體
37	氣瓶內矽甲烷爆炸	日 本	1989	矽甲烷	自燃性氣體
38	排氣配管漏出矽甲烷 火災	日 本	1989	矽甲烷	自燃性氣體
39	氣瓶櫃矽烷漏洩爆炸	日 本	1989	矽烷	易燃性氣體
40	排氣導管火災	日 本	1982	矽烷	易燃性氣體
41	清洗晶圓所用之聚丙 烯材質管路著火	美 國	1979	聚丙烯	腐蝕性液體

附錄二 ECP 機台製程危害評估報告

1. 製程操作程序名稱：ECP

研究節點描述：從VMB出口端至機台進口之H₂供應管線

製程偏離	可能原因	可能危害/後果	防護措施/補充說明	嚴重性	可能性	風險等級
高流量	1.MFC 故障 A.零點偏移。 B.工作曲線(電壓-流量)偏移。2. 人為設定錯誤。	A.H ₂ 供應量過大，會導致製程偏離，有潛在火災爆炸危害。	 <p>1-1. 每季進行MFC之零點校正。 2-1.recipe更改需經RMS(recipe management system for Process)/ECS(Equipment Contant System)/FDC(Fault Data Chart)驗證。 2-2. 每天會進行控片檢查。 A-1. MFC系統設有安全連鎖裝置，當MFC流量大於設定值 5%以上時，系統會alarm，並於螢幕上顯示； 當MFC流量大於設定值 10%以上時，系統會abort，並連鎖停止氣體供應；機台回復至idle狀態，氣氣會N.O. 進入chamber執行一次flush。 A-2.MFC之後管線設有H₂ sensor。 A-2.anneal chamber設有Exhaust，Exhaust設有負壓監控裝置，當負壓低於下限時，系統會alarm，並將訊號送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應氣體及停止繼續run貨。 A-3.Gas box 之exhaust出口設有H₂ detector(機台)，當H₂濃度大於 400 ppm，廠務監控系統會warning； 當H₂濃度大於 500 ppm時，廠務監控系統會alarm。 A-4.Gas box 之exhaust出口設有H₂ detector(廠務)，當H₂濃度大於 1000 ppm，廠務監控系統會warning； 當H₂濃度大於 2000 ppm時，廠務監控系統會alarm。 A-5.環境(open area)設有H₂ detector，當H₂</p>	1	D	3

			<p>濃度大於 500 ppm ，廠務監控系統會 warning ； 當H₂濃度大於 1000 ppm時，廠務監控系統會Alarm 。</p>			
--	--	--	--	--	--	--



低/無流量	<p>1.MFC 故障</p> <p>A.零點偏移。</p> <p>B.工作曲線(電壓-流量)偏移。2.人為設定錯誤。</p>	<p>H₂供應量過低，影響產品品質，無危害之顧慮。</p>	<p>補充說明：</p> <p>1-1. 每季進行 MFC 之零點校正。</p> <p>2-1.recipe 更改需經 RMS(recipe management system for Process)/ECS(Equipment Contant System)/FDC(Fault Data Chart)驗證。</p> <p>2-2. 每天會進行控片檢查。</p> <p>A-1. MFC 系統設有安全連鎖裝置，當 MFC 流量低於設定值 5% 以上時，系統會 alarm，並於螢幕上顯示；</p> <p>當 MFC 流量低於設定值 10% 以上時，系統會 abort，並連鎖停止氣體供應；機台回復至 idle 狀態，氮氣會 N.O. 進入 chamber 執行一次 flush。</p>			
逆流	於此節點無具危害原因之發現。					
錯誤組成	於此節點無具危害原因之發現。					
雜質	CDA 漏入。	污染管線,影響產品品質,無安全危害之顧慮。				
錯誤物質	於此節點無具危害原因之發現。					

高壓	1.調壓閥(Gas Box 沒有 regulator ; regulator 設於 VMB) 故障開度過大或設定錯誤。	<p>A(1).造成MFC工作不正常，導致高流量。</p> <p>B(1).造成MFC故障。</p> <p>C(1).H₂管線壓力偏高，有潛在發生外洩之危害。</p>	<p>A-1. 每季進行MFC之零點校正。</p> <p>A-2. MFC系統設有安全連鎖裝置，當MFC流量大於設定值 5%以上時，系統會 alarm，並於螢幕上顯示；當MFC流量大於設定值 10%以上時，系統會abort，並連鎖停止氣體供應；機台回復至idle狀態，氮氣會N.O. 進入chamber執行一次flush。</p> <p>A-3. 每天會進行控片檢查。</p> <p>B-1.gas box之MFC的spec.為 0.5-3 kg/cm²(工作壓力)(承受壓力：10 kg/cm²)，可有效避免因VMB之regulator故障造成之MFC危害。(VMB前二次側之壓力約為 50 psig:小於 4 kg/cm²)</p> <p>C-1.Gas box 之exhaust出口設有H₂ detector(機台)，當H₂濃度大於 400 ppm，廠務監控系統會warning；當H₂濃度大於 500 ppm時，廠務監控系統會alarm。</p> <p>C-2.Gas box 之exhaust出口設有H₂ detector(廠務)，當H₂濃度大於 1000 ppm，廠務監控系統會warning；當H₂濃度大於 2000 ppm時，廠務監控系統會alarm。</p> <p>C-3.環境(open area)設有H₂ detector，當H₂濃度大於 500 ppm，廠務監控系統會warning；當H₂濃度大於 1000 ppm時，廠務監控系統會Alarm。</p>	1	D	3
低壓	1.調壓閥故障開度過小或設定錯誤。	H ₂ 供應量不足，影響產品品質，無危害之顧慮。				



高溫	於此節點無具危害原因之發現。					
低溫	於此節點無具危害原因之發現。					
洩漏/破裂	<p>1.外力撞擊。</p> <p>2.閥件老化鬆脫。</p> <p>3.地震。</p>	<p>A.H₂外洩，嚴重時造成火災爆炸之危害。</p>	 <p>1.廠方設有新人訓練、工程師定期訓練及承攬商管理辦法以避免人為造成之外力撞擊或閥件誤開。</p> <p>2.定期更換閥件。</p> <p>A-1.裝機後，於第一次通特殊氣體前，管線會執行負壓測漏。</p> <p>A-2. MFC系統設有安全連鎖裝置，當MFC流量大於設定值 5%以上時，系統會alarm，並連鎖停止氣體供應，氮氣會N.O.進入chamber執行一次flushe。</p> <p>A-3. Gas box 之exhaust出口設有H₂ detector(機台)，當H₂濃度大於 400 ppm，廠務監控系統會warning；當H₂濃度大於 500 ppm時，廠務監控系統會alarm。</p> <p>A-4. Gas box 之exhaust出口設有H₂ detector(廠務)，當H₂濃度大於 1000 ppm，廠務監控系統會warning；當H₂濃度大於 2000 ppm時，廠務監控系統會alarm。</p> <p>A-5.環境(open area)設有H₂ detector，當H₂濃度大於 500 ppm，廠務監控系統會warning；當H₂濃度大於 1000 ppm時，廠務監控系統會Alarm。</p> <p>A-6.機台與主結構藉由防震角架結合以降低地震造成之危害。</p> <p>A-7.系統設有地震連鎖系統，當系統感測到地震震度大於 80gal時，系統會經由GC/VMB連鎖切斷特殊氣體供應。</p>	1	D	3

<p>維修不當</p>	<p>1.檢修時元件拆換不適當。</p>	<p>A.H₂外洩，有潛在造成火災爆炸之危害。</p>	<p>1-1.拆裝元件時有依循標準之維修程序(SOP)。</p> <p>1-2.維修人員維修前有經過潛在危害之教育訓練並告知應遵守之注意事項。</p> <p>1-3.Gas Box於更換零件的作業由專業技能評鑑合格的工程師負責且作業時會同工安部門執行。</p> <p>A-1.作業人員需配戴適當之個人防護具。</p> <p>A-2.Gas box 之exhaust出口設有H₂ detector(機台)，當H₂濃度大於 400 ppm，廠務監控系統會High Alarm；當SiH₄濃度大於 500 ppm時，廠務監控系統會HH alarm。</p> <p>A-3.Gas box 之exhaust出口設有H₂ detector(廠務)，當H₂濃度大於 1000 ppm，廠務監控系統會High Alarm；當SiH₄濃度大於 2000 ppm時，廠務監控系統會HH alarm。</p> <p>A-4.環境(open area)設有H₂ detector，當H₂濃度大於 500 ppm，廠務監控系統會High Alarm；當H₂濃度大於 1000 ppm時，廠務監控系統會HH Alarm。</p>	<p>1</p>	<p>D</p>	<p>4</p>
-------------	----------------------	--	--	----------	----------	----------



停電	1.台電跳電。 2.廠務供電系統失效。	A(1,2).生產停頓，嚴重時造成設備損壞。	A-1. 機台設有 UPS。 A-2.特殊氣體管線的氣動閥皆設計成 N.C。 A-3.本廠有停電的書面緊急處理流程。	2	C	4
HEPA 異常	1.Damper 調整不當。	HEPA提供之正壓過大，導致H ₂ 氣流異常，造成Tool內之Gas Box之Gas Detector偵測到H ₂ ，進而造成機台停機。	1.HEPA 設有差壓監控裝置，當壓差大於 0.005 bar 時，系統會 alarm, 並將訊號送至監控系統，機台會閃紅燈停止繼續 run 貨。 2.PM 時檢點 Exhaust 抽氣狀況。	1	D	3
anneal chamber exhaust 抽風異常	1.停電。 2.抽氣機機械故障。 3.Damper 調整不當。	提供之負壓過小，導致H ₂ 氣流異常，造成Tool內之Gas Box之Gas Detector偵測到H ₂ ，進而造成機台停機。	1.Exhaust 設有負壓監控裝置，當負壓低於下限時，系統會 alarm, 並裝訊號送至 monitor, 機台會閃紅燈，停止供應酸及停止 run 貨， 2.PM 時檢點 Exhaust 抽氣狀況。	1	D	3
其他	於此節點無具其他危害原因之發現。					

2.製程操作程序名稱：ECP

研究節點描述：EBR Module

製程偏離	可能原因	可能危害／後果	防護措施／補充說明	嚴重性	可能性	風險等級
高流量	1.dual syringe pump 故障(於 dilution unit)。	A.嚴重時可能造成輸送管線破裂或管件鬆脫洩漏，造成設備損壞。	 <p>1.每月點檢 dual syringe pump 流量。 A-1.有防漏盤及 Leak Sensor，當 leak sensor 感測到洩漏時，系統會 alarm，訊號並送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應電鍍液及停止 run 貨；洩漏時可儲存於機台之承載盤，並經由廠務之 AWD drain 排放至處理系統。 A-2.管線位於密閉空間內，機台外殼有 PVC 透明防護罩，人員可由外部檢視，若有液體噴濺，則不會開防護罩。 A-3.人員處理時有穿戴防護具。 A-4.機台附近有沖淋設施。 A-5.酸槽附近設置酸檢試紙以利 PM 或洩漏時使用。</p>	4	D	5

低/無流量	1.dual syringe pump(於 dilution unit) 2.dual syringe pump 後之氣動閥誤關。	影響產品品質，無危害之顧慮。	補充說明: 1-2.3.元件更換後 run 貨前會進行酸流量校正。 2.每月點檢 dual syringe pump 流量。 3.recipe 更改需經 recipe management system 驗證。 4.元件更換後 run 貨前會進行酸流量校正。 A-1.管線設有 flow switch，當流量低於設定值，系統會 alarm，並將訊號送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應酸及停止繼續 run 貨。 A-2.當管線阻塞或閥誤關時，syringe 設有 overload 機制，當 overload 時，系統會 alarm，並將訊號送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應酸及停止繼續 run 貨。			
流動方向錯誤	於此節點無具危害原因之發現。					
逆流	於此節點無具危害原因之發現。					
錯誤組成	於此節點無具危害原因之發現。					
雜質	於此節點無具危害原因之發現。					



錯誤物質	於此節點無具危害原因之發現。				
高壓	於此節點無具危害原因之發現。				
低壓	於此節點無具危害原因之發現。				
高溫	於此節點無具危害原因之發現。				
低溫	於此節點無具危害原因之發現。				
BATH 槽高 液位	於此節點無具危害原因之發現。				
BATH 槽低 /無液位	於此節點無具危害原因之發現。				



洩漏/破裂	<p>1.外力撞擊。 2.地震。</p>	<p>造成輸送管線破裂或管件鬆脫洩漏，造成設備損壞。</p>	<p>1.訂有承攬商管理辦法。 A-1.管線設有 flow switch，當流量低於設定值，系統會 alarm，並將訊號送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應酸及停止繼續 run 貨。 A-2.有防漏盤及 Leak Sensor，當 leak sensor 感測到洩漏時，系統會 alarm，訊號並送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應電鍍液及停止 run 貨；洩漏時可儲存於機台之承載盤，並經由廠務之 AWD drain 排放至處理系統。 A-3.管線位於密閉空間內，機台外殼有 PVC 透明防護罩，人員可由外部檢視，若有液體噴濺，則不會開防護罩。 A-4.人員處理時有穿戴防護具。 A-5.機台附近有沖淋設施。 A-6.酸槽附近設置酸檢試紙以利 PM 或洩漏時使用。</p>	3	D	4
-------	--------------------------	--------------------------------	---	---	---	---



exhaust 抽風異常	<p>1.停電。 2.抽氣機機械故障。 3.Damper 調整不當。</p>	影響產品品質，無危害之顧慮。	<p>補充說明: 1.Exhaust 設有負壓監控裝置，當負壓低於下限時，系統會 alarm, 並裝訊號送至監控系統, 機台會閃紅燈, 停止供應酸及停止 run 貨， 2.PM 時檢點 Exhaust 抽氣狀況。</p>			
其他	於此節點無其他具危害原因之發現。					



3.製程操作程序名稱：ECP

研究節點描述：H₂O₂ and H₂SO₄ CDM(Chemical Dilution Module)

製程偏離	可能原因	可能危害／後果	防護措施／補充說明	嚴重性	可能性	風險等級
高流量	1.dual syringe pump 故障。	A.嚴重時可能造成輸送管線破裂或管件鬆脫洩漏，造成設備損壞。	 <p>1.每月點檢 dual syringe pump 流量。 A-1.有防漏盤及 Leak Sensor，當 leak sensor 感測到洩漏時，系統會 alarm，訊號並送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應電鍍液及停止 run 貨；洩漏時可儲存於機台之承載盤，並經由廠務之 AWD drain 排放至處理系統。 A-2.管線位於密閉空間內，機台外殼有 PVC 透明防護罩，人員可由外部檢視，若有液體噴濺，則不會開防護罩。 A-3.人員處理時有穿戴防護具。 A-4.機台附近有沖淋設施。 A-5.酸槽附近設置酸檢試紙以利 PM 或洩漏時使用。</p>	4	D	5

低/無流量	<p>1.dual syringe pump 故障。</p> <p>2.recipe 設定錯誤。</p> <p>3.dual syringe pump 後之氣動閥誤關。</p>	影響產品品質，無危害之顧慮。	<p>補充說明:</p> <p>1-2.3.元件更換後 run 貨前會進行酸流量校正。</p> <p>2.每月點檢 dual syringe pump 流量。</p> <p>3.recipe 更改需經 recipe management system 驗證。</p> <p>4.元件更換後 run 貨前會進行酸流量校正。</p> <p>A-1.管線設有 flow switch，當流量低於設定值，系統會 alarm，並將訊號送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應酸及停止繼續 run 貨。</p> <p>A-2.當管線阻塞或閥誤關時，syringe 設有 overload 機制，當 overload 時，系統會 alarm，並將訊號送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應酸及停止繼續 run 貨。</p>			
流動方向錯誤	於此節點無具危害原因之發現。					
逆流	於此節點無具危害原因之發現。					
錯誤組成	於此節點無具危害原因之發現。					
雜質	於此節點無具危害原因之發現。					



錯誤物質	於此節點無具危害原因之發現。					
高壓	於此節點無具危害原因之發現。					
低壓	於此節點無具危害原因之發現。					
高溫	H ₂ SO ₄ dilution tank稀釋程序錯誤。	A.嚴重時可能造成輸送管線因高溫導致破裂。	A-1.Dilution 過程步驟為先加水再加硫酸，之後再添加水，以降低 dilution tank 過熱及噴濺之可能性。	3	D	4
低溫	於此節點無具危害原因之發現。					
BATH 槽高 液位	於此節點無具危害原因之發現。					
BATH 槽低 /無液位	於此節點無具危害原因之發現。					



洩漏/破裂	<p>1.外力撞擊。 2.地震。</p>	<p>造成輸送管線破裂或管件鬆脫洩漏，造成設備損壞。</p>	<p>1.訂有承攬商管理辦法。 A-1.管線設有 flow switch，當流量低於設定值，系統會 alarm，並將訊號送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應酸及停止繼續 run 貨。 A-2.有防漏盤及 Leak Sensor，當 leak sensor 感測到洩漏時，系統會 alarm，訊號並送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應電鍍液及停止 run 貨；洩漏時可儲存於機台之承載盤，並經由廠務之 AWD drain 排放至處理系統。 A-3.管線位於密閉空間內，機台外殼有 PVC 透明防護罩，人員可由外部檢視，若有液體噴濺，則不會開防護罩。 A-4.人員處理時有穿戴防護具。 A-5.機台附近有沖淋設施。 A-6.酸槽附近設置酸檢試紙以利 PM 或洩漏時使用。</p>	3	D	4
-------	--------------------------	--------------------------------	---	---	---	---



exhaust 抽風異常	1.停電。 2.抽氣機機械故障。 3.Damper 調整不當。	影響產品品質，無危害之顧慮。	補充說明： 1.Exhaust 設有負壓監控裝置，當負壓低於下限時，系統會 alarm，並裝訊號送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應酸及停止 run 貨， 2.PM 時檢點 Exhaust 抽氣狀況。			
其他	於此節點無其他具危害原因之發現。					

4.製程操作程序名稱：ECP

研究節點描述：Sabre Chemistry Bath and Plating cell



製程偏離	可能原因	可能危害／後果	防護措施／補充說明	嚴重性	可能性	風險等級
------	------	---------	-----------	-----	-----	------

高流量	<p>1.flow meter 故障 2.pump 故障。 3.recipe 設定錯誤。</p>	<p>A.嚴重時可能造成輸送管線破裂或管件鬆脫洩漏，造成設備損壞。</p>	<p>1.元件更換後，run貨前會進行流量校正。 2.每月點檢pump流量。 3.recipe更改需經RMS(recipe management system for Process)/ECS(Equipment Contant System)/FDC(Fault Data Chart)驗證。 A-1.當流量大於設定值 10%以上時，系統會warning，並裝訊號送至監控系統，機台會閃黃燈；當流量大於設定值 20%以上時，系統會alarm，並裝訊號送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應電鍍液及停止run貨，並在Cell中以 high pressure DIW rinse wafers。 A-2.有防漏盤及Leak Sensor，當leak sensor 感測到洩漏時，系統會alarm，訊號並送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應電鍍液及停止run貨；洩漏時可儲存於機台之承載盤，並經由廠務之CuSO₄ drain排放至處理系統， A-3.管線位於密閉空間內，機台外殼有PVC透明防護罩，人員可由外部檢視，若有液體噴濺，則不會開防護罩。 A-4.人員處理時有穿戴防護具。 A-5.機台附近有沖淋設施。 A-6.酸槽附近設置酸檢試紙以利PM或洩漏時使用。</p>	3	D	4
-----	--	---------------------------------------	---	---	---	---



低/無流量	<p>1.flow meter 故障 2.pump 故障。 3.recipe 設定錯誤。 4.pump 後之氣動閥誤關。</p>	<p>A.影響產品品質，無危害之顧慮。</p>	<p>補充說明: 1.元件更換後，run 貨前會進行流量校正。 2.每月點檢 pump 流量。 3.recipe 更改需經 RMS(recipe management system for Process)/ECS(Equipment Contant System)/FDC(Fault Data Chart)驗證。 A-1.當流量低於設定值 10% 以上時，系統會 warning，並裝訊號送至監控系統，機台會閃黃燈；當流量低於設定值 20% 以上時，系統會 alarm，並裝訊號送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應電鍍液及停止 run 貨，並在 Cell 中以 high pressure DIW rinse wafers。</p>			
流動方向錯誤	於此節點無具危害原因之發現。					



逆流	於此節點無具危害原因之發現。				
錯誤組成	於此節點無具危害原因之發現。				
雜質	於此節點無具危害原因之發現。				
錯誤物質	於此節點無具危害原因之發現。				



高壓	1.pump 故障。	A.嚴重時可能造成輸送管線破裂或管件鬆脫洩漏，造成設備損壞。	<p>1.每月點檢pump流量。</p> <p>A-1.當流量大於設定值 10%以上時，系統會warning，並裝訊號送至監控系統，機台會閃黃燈；當流量大於設定值 20%以上時，系統會alarm，並裝訊號送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應電鍍液及停止run貨，並在Cell中以 high pressure DIW rinse wafers。</p> <p>A-2.有防漏盤及Leak Sensor，當leak sensor感測到洩漏時，系統會alarm，訊號並送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應電鍍液及停止run貨；洩漏時可儲存於機台之承載盤，並經由廠務之CuSO₄ drain排放至處理系統，</p> <p>A-3.管線位於密閉空間內，機台外殼有PVC透明防護罩，人員可由外部檢視，若有液體噴濺，則不會開防護罩。</p> <p>A-4.人員處理時有穿戴防護具。</p> <p>A-5.機台附近有沖淋設施。</p> <p>A-6.酸槽附近設置酸檢試紙以利PM或洩漏時使用。</p>	4	D	5
----	------------	--------------------------------	---	---	---	---



低壓	1.pump 故障。	A.影響產品品質，無危害之顧慮。	補充說明： 1.每月點檢 pump 流量。 A-1.當流量低於設定值 10% 以上時，系統會 warning，並裝訊號送至監控系統，機台會閃黃燈；當流量低於設定值 20% 以上時，系統會 alarm，並裝訊號送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應電鍍液及停止 run 貨，並在 Cell 中以 high pressure DIW rinse wafers。			
高溫	1.chiller system 故障	A. 造成設備損壞。	1.每季點檢 chiller 一次。 A.系統設有高溫警報連鎖裝置，當溫度高於上限(26°C)時，系統會 alarm，並將訊號送至監控系統，機台會閃紅燈，停止繼續 run 貨。	3	C	4
低溫	1.chiller system 故障	影響產品品質，無危害之顧慮。				

<p>BATH 槽高 液位</p>	<p>1.供酸及排酸之氣動閥故障運作不正常 A.氣動閥故障無法有效 turn on/off B.供酸控制系統失誤, 訊號誤動作.</p>	<p>1.若洩漏時人員接觸會造成人員損傷之危害。</p>	<p>A-1.Sabre Chemistry Bath 設有 over flow piping(Ultrasonic level sensor), 當系統高液位時, 可經由 drain 管線進行排放。 A-2.有防漏盤及 Leak Sensor, 洩漏時可排放至處理系統, 當 leak sensor 感測到洩漏時, 系統會 alarm, 並將訊號送至監控系統, 機台會閃紅燈, 停止供應 chemicals 及停止 run 貨。 A-3.管線位於密閉空間內, 機台外殼有 PVC 透明防護罩, 人員可由外部檢視, 若有液體噴濺, 則不會開防護罩。 A-4.人員處理時有穿戴防護具。 A-5.機台附近有沖淋設施。 A-6.酸槽附近設置酸檢試紙以利 PM 或洩漏時使用。</p>	<p>3</p>	<p>D</p>	<p>4</p>
-----------------------	--	------------------------------	---	----------	----------	----------



BATH 槽低 /無液位	1.Supply 酸之量不足。	影響電鍍品質，無危害之顧慮。	補充說明： A-1.當液位低於 minimum operation level(100 liter)時，機台會 alarm，連鎖關斷 pump，停止繼續 run 貨，並於 cell 以 high pressure DIW rinse wafers。			
-----------------	-----------------	----------------	---	--	--	--



洩漏/破裂	<p>1.外力撞擊。 2.地震。</p>	<p>造成輸送管線破裂或管件鬆脫洩漏，造成設備損壞。</p>	<p>1.訂有承攬商管理辦法。 A-1.當流量大於/低於設定值10%以上時，系統會 warning，並裝訊號送至監控系統，機台會閃黃燈,,當流量大於/低於設定值 20%以上時，系統會 alarm，並裝訊號送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應電鍍液及停止繼續 run 貨，並於 cell 以 high pressure DIW rinse wafers。 A-2.有防漏盤及 Leak Sensor，洩漏時可排放至處理系統，當 leak sensor 感測到洩漏時，系統會 alarm，並裝訊號送至監控系統，機台會閃紅燈，停止供應電鍍液及停止繼續 run 貨。 A-3.當液位低於 minimum operation level(100 liter)時，機台會 alarm，連鎖關斷 pump，停止繼續 run 貨，並於 cell 以 high pressure DIW rinse wafers。 A-4.管線位於密閉空間內，機台外殼有 PVC 透明防護罩，人員可由外部檢視，若有液體噴濺，則不會開防護罩。 A-5.人員處理時有穿戴防護具。 A-6.機台附近有沖淋設施。 A-7.酸槽附近設置酸鹼試紙以利 PM 或洩漏時使用。</p>	3	D	4
-------	--------------------------	--------------------------------	---	---	---	---



			<p>A-8.系統設有地震連鎖系統，當系統感測到地震等級大於 5 級時，監控系統會連鎖經由 auto valve(N.C.)切斷供酸系統，並經由 vent line 之 auto valve(N.O.)進行桶槽之壓力釋放。</p>		
--	--	--	---	--	--



exhaust 抽風異常	1.停電。 2.抽氣機機械故障。 3.Damper 調整不當。	影響產品品質，無危害之顧慮。	補充說明: 1.Exhaust 設有負壓監控裝置，當負壓低於下限時，系統會 alarm, 並裝訊號送至監控系統, 機台會閃紅燈, 停止供應電鍍液及停止繼續 run 貨。 2.PM 時檢點 Exhaust 抽氣狀況。			
機械傷害	1. interlock 失效。 2. interlock 被解除。	A.遭機械手臂碰撞，有潛在人員傷亡之危害。	1. interlock 定期檢查。 2.PM 時實施掛牌告示，有警示燈顯示設備使用之狀況。	1	D	3
其他	於此節點無其他具危害原因之發現。					

