

# 中部科學工業園區光電半導體 業職業衛生危害調查與預防 科技行政自行研究報告

研究單位：科技部中部科學工業園區管理局

研究人員：朱振群、陳志達、陳冠宏

研究期間：中華民國 106 年 6 月至 11 月

中華民國 106 年 12 月 22 日



## 摘要

現今高科技產業更新的速度日新月異，使用之化學物質也愈來愈新，這些化學品雖然為製程所需，但也使作業勞工可能面臨職業病、火災等各式危害。光電半導體產業為我國目前主要的產業重心，因應製程所需，會使用包括有機溶劑、特定化學物質、金屬等具有危害性的化學物質，而這些危害性化學品可能引起火災，或造成中毒、職業病等風險。

中科園區目前營運廠商約 140 家，其中光電、半導體相關產業約 40 家，本研究選取 5 家光電半導體產業中使用高風險化學品之廠商，調查使用之高風險化學品種類、暴露風險及其危害預防措施，並瞭解製程運作現況，建立危害物暴露之資料，並印證目前採行之危害控制措施是否有效。由化學品使用管理調查問卷結果顯示，光電半導體業廠商勞工接觸化學品暴露之風險最高為 PM 作業，可能接觸之化學品包含作 PGME、PGMEA、環己酮、丙酮、異丙醇、酒精等，其危害預防管理措施包含局部排氣裝置及穿戴個人防護具（防護衣、口罩、護目鏡、防酸鹼手套及防酸鹼安全靴）等。

此外，本研究委由作業環境監測機構以吸附管、熱脫附管進行作業環境監測，並以氣相層析質譜儀(GC/MS)、氣相層析-火焰離子化偵測器(GC/FID)、熱脫附儀(ATD-400)分析結果，評估黃光區預防保養作業之有機化合物濃度。從作業環境監測及分析結果顯示，大多數有機化合物之濃度皆低於 1 ppm，遠低於 1/10 法定的容許濃度(PEL)，顯示各公司對於 PM 作業時，能有效控制化學物質之逸散情形。雖然測得之暴露濃度均低於法定的容許濃度，惟為了降低對勞工可能產生的健康不良影響，園區廠商亦實施作業環境控制工程，例如裝設局部排氣裝置、作業勞工配帶適當的個人呼吸防護具、對勞工施行有機溶劑危害預防之教育訓練、減低人員暴露於化學品之時間等，以提升作業勞工專業知識，建立自我保護之意識，降低可能產生職業病之風險。

## 目 錄

第一章 研究緣起與目的 .....	1
第一節 研究緣起 .....	1
第二節 研究目的 .....	2
第三節 研究項目與流程 .....	2
第二章 文獻回顧 .....	5
第一節 光電半導體業製程概述 .....	5
第二節 光電半導體業相關有機化合物暴露 .....	6
第三節 有機化合物危害描述 .....	6
第四節 光電半導體業有機化合物相關危害案例 .....	8
第三章 研究結果與討論 .....	11
第一節 A 公司危害性化學品管理調查與作業環境監測結果分析 .....	11
第二節 B 公司危害性化學品管理調查與作業環境監測結果分析 .....	12
第三節 C 公司危害性化學品管理調查與作業環境監測結果分析 .....	14
第四節 D 公司危害性化學品管理調查與作業環境監測結果分析 .....	17
第五節 E 公司危害性化學品管理調查與作業環境監測結果分析 .....	19
第四章 結論與建議 .....	21
第一節 結論 .....	21
第二節 建議 .....	21
參考文獻 .....	22

# 第一章 研究緣起與目的

## 第一節 研究緣起

多年前氫氧化四甲基銨溶液（簡稱：TMAH，其濃度為 25%）噴濺至勞工身上，導致數名勞工不治死亡，引起產業界及醫學界對化學物質危害性與處置高度重視及探討。主要原因是這些年來 TMAH 被大量地使用在半導體與光電等電子高科技產業中，其主要用途是在黃光製程中當作顯影劑使用，已被長期的使用，氫氧化四甲基銨的主要結構四甲基銨(TMA)為弱的乙醯膽鹼脂酶的抑制劑，TMA 最先會影響快速活動的肌肉(如:眼球、手指的肌肉)，接著是四肢、軀幹、頸部的肌肉，最後才會癱瘓肋間肌與橫隔膜，呼吸衰竭似乎是致死的主因。近年來園區廠商已開始大量採用低濃度 2.38%的 TMAH，減少使用高濃度 25%的 TMAH，或採用低毒性的替代品，以避免職業災害的發生。

另一方面，近年韓國也爆發三星電子等相關光電半導體業勞工發生白血病及各類併發癌症等疑似職業疾病而抗爭求償事件，依韓國職業安全與健康研究所(KOSHA)的流行病學研究調查指出，半導體產業工作環境中，勞動者們罹患白血病機率高達一般人的 1.3 倍，得到淋巴瘤機率高達 5.14 倍。光電半導體業化學性危害因子來源除經常性的作業或人員操作不當外，尚包括管件洩漏、機台維修時之逸漏等。

高科技產業世代更新的速度愈來愈快，新一代的生產線所使用之化學物質也愈來愈新，許多化學品以前可能從來未曾使用過，這些化學品雖然為製程所需，但也可能會使作業勞工面臨火災、中毒等各式各樣的危害。這些特殊化學品多未具有完整之危害預防資料，以致在危害物管理及職業災害預防上形成漏洞，惟有正確之勞工暴露危害資訊才可作為管理者對產業界真正暴露狀況了解及研擬預防危害對策的基礎，否則一切預防危害對策皆為空談。

中科園區目前營運廠商約 140 家，其中光電、半導體相關產業約 40 家，本計畫篩選 5 家中科園區內使用高風險化學品之光電半導體廠商為研究對象，

調查使用之高風險化學品種類、暴露風險及其危害預防措施，瞭解製程運作現況，建立危害物暴露之資料，並印證目前採行之危害控制措施是否有效，進而擬定預防及改善策略和管理規範，以期降低潛在暴露風險所造成的事故傷害及經濟損失，保障勞工之作業安全與身體健康。

## 第二節 研究目的

本研究以中科園區內使用高風險化學品之光電半導體廠商為研究對象，並以勞工接觸化學品風險最高的無塵室黃光區預防保養(Preventive maintenance process; PM)作業為主，若 PM 作業沒有做好防護將可能引起頭痛、噁心、暈眩、神經系統及協調功能減弱……等慢性職業病，因此，有必要針對光電半導體業進行研究調查。本研究將調查使用之高風險化學品種類、暴露風險及其危害預防措施，並瞭解製程運作現況，建立危害物暴露之正確資料，進而擬定預防策略和管理規範，以期降低潛在暴露風險所造成的事故傷害及經濟損失，保障勞工之作業安全與身體健康。本研究目的為：

- (一) 了解調查對象之製程中，高風險之化學性危害因子、暴露風險及其危害預防措施。
- (二) 瞭解黃光區預防保養作業(PM 作業)環境空氣中危害性化學品濃度。
- (三) 透過相關危害分析及作業環境監測之成果，確認現有之安全衛生措施是否有效，並協助公司擬定且實施改善措施，以提昇光電半導體業勞工之作業安全與身體健康。

## 第三節 研究項目與流程

本研究流程詳圖 1，各項研究項目敘述如下：

- (一) 文獻蒐集與探討

收集相關文獻期刊資料，包含光電半導體等高科技產業製程、化學品危害分析、管理方法與自主管理機制等。

## (二) 高風險製程危害調查及預防管理措施

本計畫將以高科技產業製程危害為調查對象，選定中科園區 5 家光電半導體產業廠商，透過問卷及現場訪視，了解使用之高風險化學品種類、製程運作現況及其危害預防管理措施。

## (三) 作業環境監測

根據上述製程危害分析調查結果，選擇高風險作業時採集作業環境之化學物質，規劃如下：

- (1) 採樣地點的選擇：擇定中科園區高科技產業製程中，具高風險危害之黃光區作業，採集作業環境之氣態物質。
- (2) 採樣位置：黃光區作業區域
- (3) 採樣時間：短時間採樣(小 PM)、長時間採樣(大 PM)
- (4) 採樣數：空氣樣本依現場暴露狀況評估採集點。
- (5) 採樣位置：黃光區作業區域(PM 作業&無 PM 作業)
- (6) 採樣介質：有機溶劑採樣使用活性碳管、熱脫附管，依採樣完依標準參考分析方法處理及分析。其他化學品依實際現場調查結果根據標準參考分析方法或其他有科學根據之方法處理及分析。
- (7) 採樣流速：模擬現場採樣情形以進行泵浦之流速校正，將空白採樣介質連接泵浦，並作採樣前流速校正，將採樣泵浦流速調至 2.0 L/min，校正次數為 5 次，並取其平均值；採樣完後，亦進行相同之動作，總採樣流速為採樣前、後之平均流速。
- (8) 空氣中化學品分析：採樣後將樣品送交專業廠商進行化學品分析，其分析程序包括萃取、濃縮、淨化、再濃縮、吹氮及氣相層析質譜儀(GC/MS)測定等六個步驟。

(四) 作業環境監測結果分析

(五) 撰寫成果報告

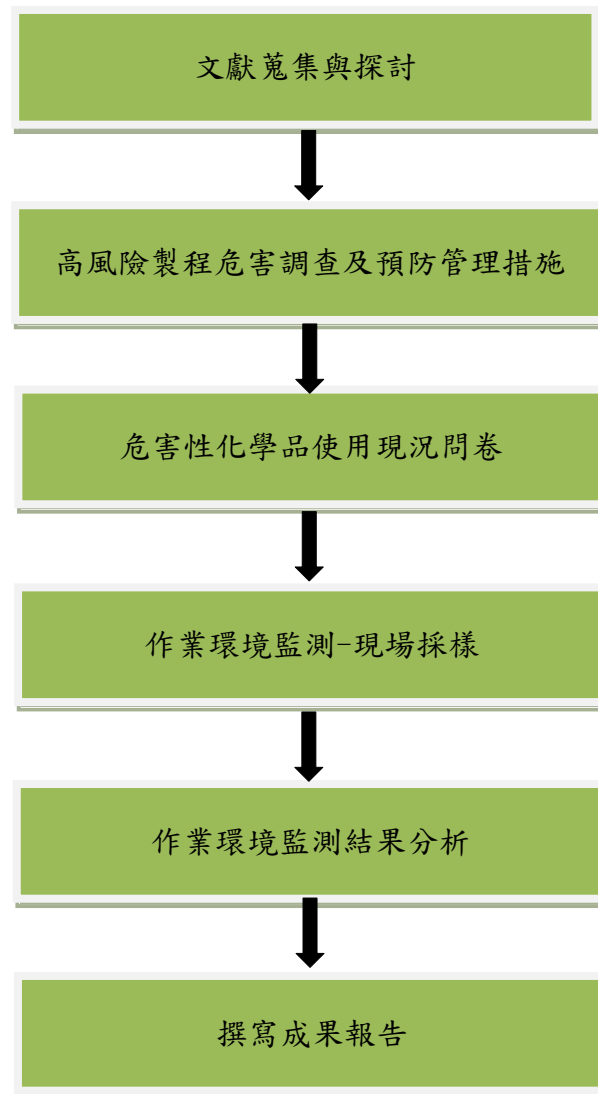


圖 1、研究流程圖



## 第二章 文獻回顧

### 第一節 光電半導體業製程概述

半導體業之上游是以生產晶圓或晶片為主，所謂晶圓製造程序，是以多結晶矽為主原料，經裝填、拉晶、切段、晶棒貼付、切片、研磨及熱處理後，形成矽晶圓(片)產品；中游部分是以代工處理為主，即積體電路製造程序，是以前述矽晶圓(片)為原料物質，經擴散、離子植入、黃光顯影、蝕刻、薄膜生成及研磨後而製成積體電路；而下游部分則是進行積體電路的封裝，亦即晶圓包裝程序，是將積體電路與導線架等組構物件，經過貼片、割片、上片、焊線、封膠、模壓、印字、除渣(結)、電鍍及去邊(腳)等處理後，而製成積體電路電子組件。

依據台灣地區固定污染源製程分類，半導體產業製造類別共計有晶圓製造程序、積體電路製造程序、晶圓包裝製造程序等三種，相當於半導體產業結構體系中的晶圓製造廠、積體電路製造廠與封裝廠，此三種製造程序若以積體電路(integrated circuit, IC)之製造關聯而言，就如同前述之上游、中游與下游加工製造程序。(半導體產業年鑑)

光電業主要產品為 STN/TN-LCD、TFT-LCD 等顯示器，目前以後者居多。雖然液晶顯示器之原理及構造簡單，然而製作過程卻十分複雜。LCD 之形成是由許多零件與材料所構成，主要零件及材料包括玻璃基板、ITO 導電膜、彩色濾光片、配向膜、黏劑、液晶材料、偏光片等，並利用驅動 IC、PCB、背光板等模組零件組裝完成。STN/TN-LCD 製程係將玻璃基板經清洗後，以無機氣體進行薄膜處理(沉積)，再使用有機溶劑、光阻液進行顯影，續加酸液作蝕刻，而成為基板中間產品，並經有機溶劑或水洗淨、預烤、裁切、再清洗等作業，最後充填液晶、貼偏光片而進行組裝測試。TFT-LCD 之製程較為複雜，與 STN/TN-LCD 最大不同之處在於清洗、成膜、洗淨、光阻、曝光、

顯影、蝕刻、去光阻及洗淨之過程須重複 7~8 次之多，與半導體製程中於沉積、光罩、曝光、顯影、蝕刻須多次重複極為相似，另再加上一彩色濾光片製程與上述之陣列基板結合，而後進行組裝面板、裝填液晶及測試等作業[1]。

## 第二節 光電半導體業相關有機化合物暴露

光電半導體行業由於使用較多危害性的化學物質，一研究指出，黃光製程中光阻塗佈會使用到大量光阻劑，且為了提昇製程良率與產品品質，均會定期安排對機台進行預防保養作業（Preventive Maintenance, PM），而機台設備 PM 過程中需使用高揮發性有機溶劑如異丙醇、丙酮等來清潔與擦拭機台，達成潔淨機台之目的。如塗佈製程所使用之有機溶劑未能有效捕集於局部排氣系統，或預防保養作業時為作業方便需將原有密閉裝置拆除（如機台蓋板），或是在更換光阻液時，均易造成作業場所有機溶劑氣體逸散，影響作業人員工作情緒及身體健康[2-3]。

無塵室內的工作人員在執行工作時會接觸到多種化學品，並可能對健康產生潛在的不利影響，例如：光刻和清洗中使用的溶劑（乙二醇醚、二甲苯、甲苯、丙酮、異丙醇和六甲基二矽氮烷），或用於蝕刻或清潔的酸（氫氟酸和鹽酸）[4]，而乙二醇、四氯乙烯和芳族烴是在半導體中經常使用到的有機溶劑[5]。乙二醇醚，砷和電離輻射具有血液學毒性[6][7]，有一研究顯示平版印刷工人暴露相對較低的乙二醇單甲醚和其他乙二醇醚（濃度範圍從 0.6 ppm 至 6.43 ppm），有產生血細胞減少和骨髓發育不良的情形[6]。

## 第三節 有機化合物危害描述

以下節錄部分國家衛生研究院-國家環境毒物研究中心對於有機溶劑之可能產生之危害摘要敘述[8]：

#### (一) 丙酮(Acetone)：

吸入丙酮會使鼻子、喉嚨、肺臟及眼睛感到刺激，造成頭暈、頭痛、混亂、血壓升高、噁心、嘔吐、意識不清、昏迷，食入會造成口腔黏膜的受損，其氣味會造成呼吸道的疼痛，長期暴露則會造成動物的腎臟、肝臟及神經受損。

#### (二) 乙二醇醚類(ethylene glycol ethers)：

乙二醇醚溶劑為一種國內工業界使用量甚大，水及有機溶劑溶解性均極佳之溶劑，其對人體之皮膚吸收量甚高，卻無色、無刺激性，因此危害性極易為勞工所忽略。此類溶劑目前被廣泛使用於半導體相關工業、電子工業、塗料等業。文獻資料顯示乙二醇醚溶劑之主要健康危害來自其強烈之生殖危害、血液危害及發育危害，相關報告指出此類溶劑與勞工之自然流產、及血液病變有明顯之相關性。

#### (三) 異丙醇(Isopropylalcohol)[9]：

異丙醇對人體的急性危害遠大於藥用酒精，輕度會刺激上呼吸道與眼睛，短時間大量吸入其蒸氣可能會造成暈眩、協調功能喪失及深度昏迷等症狀。大量暴露時則會造成意識喪失及死亡。而長期慢性的暴露，可能導致頭昏、疲倦等現象，甚至肝臟及腎臟功能也會受到影響。然而，異丙醇最危險的情況是爆炸燃燒，而燃燒的過程中也會產生毒性氣體，經由肺部吸入與皮膚吸收，導致臉紅、頭昏甚至產生幻覺。

#### (四) 環己酮(Cyclohexanone)：

高濃度的環己酮蒸氣有麻醉性，對中樞神經系統有抑制作用。對皮膚和粘膜有刺激作用。高濃度的環己酮發生中毒時會損害血管，引起心肌，肺，肝，脾，腎及腦病變，發生大塊凝固性壞死。通過皮膚吸收引起震顫麻醉、降低體溫、終至死亡。在 25ppm 的氣氛下刺激性小，但在 50ppm 以上時，就無法忍受。對小鼠的 LC 為 0.008。工作場所環己酮的最高容許濃度為

200mg/m<sup>3</sup>。生產設備應密閉，應防止跑、冒、滴、漏。操作人員穿戴好防護用具。

#### (五) 甲醇：

甲醇對中樞神經系統有麻醉作用；對視神經和視網膜有特殊選擇作用，引起病變；可致代謝性酸中毒。短時大量吸入出現輕度眼上呼吸道刺激症狀（口服有胃腸道刺激症狀）；經一段時間潛伏期後出現頭痛、頭暈、乏力、眩暈、酒醉感、意識朦朧、譫妄，甚至昏迷。視神經及視網膜病變，可有視物模糊、復視等，重者失明。代謝性酸中毒時出現二氧化碳結合力下降、呼吸加速等。

#### (六) 丙二醇甲醚(PGME)：

人類可透過吸入、食入、皮膚暴露於 PGME，引起刺激感、頭痛、噁心、頭昏眼花等症狀，其容易透過皮膚吸收，長期暴露可能會造成胚胎發育的不正常。

#### (七) 丙二醇甲醚醋酸酯(PGMEA)：

PGMEA 會刺激眼睛、鼻、呼吸道，高濃度可能造成頭痛、暈眩、意識喪失等。當吸入 PGMEA 時會引起鼻、喉的刺激感。極高濃度時會抑制神經系統。

### 第四節 光電半導體業有機化合物相關危害案例

揮發性有機化合物(Volatile Organic compounds,VOCs)為普遍存在一般環境中的毒性污染物，其會造成免疫系統、呼吸系統、生殖系統、神經系統以及心血管的不良影響[10]。有研究發現半導體製造業中使用的乙二醇醚類，長期低濃度暴露會造成生殖系統的危害[11]，而苯、甲苯、乙苯及二甲苯具有神經毒性，可引發異常或癌症，例如：白血病[12]。因此，無塵室作業勞工長期暴露有害化學物質的健康危害風險不容忽視。

另外，J-C J Luo 等人的研究也顯示，光刻和佈值製程的男性工作者平均白血球計數明顯低於辦公室的工作人員，儘管調整可能的干擾因素後，這一差異仍然存在。這一結果顯示血液學異常是半導體行業男性製造工人潛在的問題。另外，在調整可能的干擾因素之後，女性光刻工人比辦公室的工人具有更高的異常 SGPT，這一結果表明，半導體行業的女性製造工人可能會出現肝臟異常。因此，製造工人的工作可能會使他們面臨長期的血液和肝臟問題 [13]。

氫氟酸 (Hydrofluoric acid, HF) 被廣泛用於浸蝕、清洗、刻畫標記矽晶片，以及製作各式各樣的矽晶片，半導體幾乎一半的製程都得使用氫氟酸。根據台北榮總毒物中心的統計，自一九八五年以來，台灣每年平均約有三十人因氫氟酸中毒，工程師因不慎接觸半導體製程中所使用的「氫氟酸」中毒病例，每年平均約有三十人。當皮膚暴露、吸入或食入氫氟酸，會產生嚴重的低血鈣及低血鎂，導致抽搐、心律不整、嘔心嘔吐，可快速致人於死 [14]。

表 2、光電半導體產業中因有機化合物所引發之危害案例

年分	案例
2003 年	某光電廠承攬商進行安裝中顯影劑回收系統，罹災者於鬆開氣動閥時因未先作洩壓動作，致使桶槽中之顯影劑由氣動閥噴出，接觸顯影劑 25% 氫氧化四甲基銨（Tetramethylammonium Hydroxide，以下簡稱 TMAH）於送醫救治 10 日後不治死亡
2006 年	某科技廠 2 名工程師裝設 2 部蝕刻機台時，A 機台裝設完畢進行測試時，氫氟酸液體卻因源頭管線標示錯誤，誤送入 B 機台，致該 2 名工程師於裝設過程中遭該液體噴濺而肇災。
2007 年	三星電子等相關光電半導體業勞工時死於血癌的黃於宓，當時年僅 22 歲，其父親黃相基表示，三星曾向他支付十億韓元封口費，條件是否認女兒因此職業致死。
2012 年	一名曾經在三星工作過，因為罹患乳癌死亡的員工，經韓國勞動部裁定，其乳癌死亡與其有機溶劑與游離輻射暴露以及輪班等工作環境有相當的因果關係，對其家屬給予職災補償。
2016 年	曾經在韓國三星晶片廠工作六年的女工李恩珠，經韓果法院判定，其卵巢癌與三星晶片廠的輪值夜班工作、通風系統，以及暴露低劑量的甲醛與苯酚等致癌物有關。

### 第三章 研究結果與討論

#### 第一節 A 公司危害性化學品管理調查與作業環境監測結果分析

A 公司係以製造薄膜電晶體液晶顯示器 (TFT-LCD) 為主要產品之公司，依據化學品使用管理調查問卷結果顯示，該公司勞工接觸化學品暴露之風險最高為 CF 黃光區 PM 作業，該區 PM 作業使用有機化合物丙酮以及酒精進行擦拭、保養作業，另外也使用 PGME 與 PGMEA 作為光阻劑進行去光阻作業，其危害預防管理措施為管線密閉輸送及使用個人防護具（防護衣、口罩、手套、等）。

此外，從作業環境作業監測分析結果得知，在進行 PM 作業時，光阻劑 (PGME、PGMEA、環己酮) 有少量逸散在空氣中，且 PM 作業濃度大於無 PM 作業濃度，惟仍低於法定容許濃度。

表 2、A 公司化學品調查及危害預防管理措施（僅列出較高暴露風險之部分化學品）

作業區域	人數	作業類型	使用或產生之化學品	使用量 (量/週)	作業頻率 (小時/週)	危害預防管理 措施
黃光設備區	7	黃光機台維護、保養	光阻劑(PGME)	5000 kg	35	管線密閉輸送
			光阻劑(PGMEA)	5000 kg	35	管線密閉輸送
			光阻劑(環己酮)	5000 kg	35	管線密閉輸送
			丙酮	27 L	59.5	口罩、手套
			酒精	27 L	35	口罩、手套
黃光設備區	7	光阻塗佈/顯影	光阻劑(PGME)	5000 kg	59.5	管線密閉輸送
			光阻劑(PGMEA)	5000 kg	59.5	管線密閉輸送
			光阻劑(環己酮)	5000 kg	59.5	管線密閉輸送
			丙酮	27 L	59.5	口罩、手套
			酒精	27 L	59.5	口罩、手套

表 3、A 公司作業環境監測分析結果

作業區域	作業型態	分析項目	空氣中濃度 (ppm)	容許暴露標準 (ppm)
甲	有 PM 作業個人	PGME	2.46	100
甲	有 PM 作業	PGMEA	1.41	-
甲	有 PM 作業	BCS	< 0.53	25
甲	有 PM 作業	NMP	< 0.72	-
甲	有 PM 作業	丙酮	< 0.93	750
甲	有 PM 作業	環己酮	< 0.67	25
乙	無 PM 作業	PGME	1.3	100
乙	無 PM 作業	PGMEA	1.33	-
乙	無 PM 作業	BCS	< 0.5	25
乙	無 PM 作業	NMP	< 0.68	-
乙	無 PM 作業	丙酮	< 0.92	750
乙	無 PM 作業	環己酮	< 0.65	25

## 第二節 B 公司危害性化學品管理調查與作業環境監測結果分析

B 公司係以製造動態隨機存取記憶體(DRAM)、NAND 快閃記憶體為主要產品之公司，依據化學品使用管理調查問卷結果顯示，該公司勞工接觸化學品暴露之風險最高為黃光、洗淨、化學機械研磨/PM 作業；蝕刻、擴散、薄膜：銅瓶更換作業、PM 作業，黃光區 PM 作業使用有機化合物為酒精、DI water、少量 IPA，其危害預防管理措施為管線密閉輸送及使用個人防護具（防護衣、口罩、手套、等）。

此外，從作業環境作業監測分析結果得知，在進行 PM 作業時，乙醇濃度為 4.5 ppm、甲醇濃度為 1.72 ppm，且 PM 作業濃度大於無 PM 作業濃度，惟仍低於法定容許濃度。



表 4、B 公司化學品調查及危害預防管理措施（僅列出較高暴露風險之部分化學品）

化學品名稱	使用量 (kg/月)	作業區域 /作業類型	接觸化學品之 頻率 (小時/月)	化學品運作 方式	危害預防管理措施
矽甲烷	3346	擴散、薄膜/PM	140	密閉製程	排氣裝置、防火防護具
雙氧水	64110	洗淨、化學機械 研磨/PM	140	密閉製程	排氣裝置、抗化學防護具
氫氟酸	183265	洗淨/PM	140	密閉製程	排氣裝置、抗化學防護具
磷化氫	2	薄膜/PM	140	密閉製程	排氣裝置、防火防護具、呼吸防護具
三氟化硼	56	蝕刻、擴散/PM	140	密閉製程	排氣裝置、呼吸防護具
砷化氫	3	薄膜/PM	140	密閉製程	排氣裝置、呼吸防護具
四甲基氫 氧化銨	145932	黃光/PM	140	密閉製程	排氣裝置、化學防護具
氯氣	2354	蝕刻/PM	140	密閉製程	排氣裝置、呼吸防護具
氨水	176790	化學機械研磨 /PM	140	密閉製程	排氣裝置、化學防護具、呼吸防護具
硫酸	201487	洗淨/PM	140	密閉製程	排氣裝置、化學防護具、呼吸防護具

表 5、B 公司作業環境監測分析結果

作業型態	分析項目	空氣中濃度 (ppm)	容許暴露標準 (ppm)
有 PM(個人)	甲醇	1.72	200
有 PM(個人)	乙醇	4.55	1000
有 PM(個人)	異丙醇	< 0.16	400
有 PM(個人)	丙酮	< 0.17	750
有 PM 作業	甲醇	< 0.30	200
有 PM 作業	二甲基甲醯胺	< 0.16	10
有 PM 作業	乙醇	< 0.21	1000
有 PM 作業	異丙醇	< 0.16	400
有 PM 作業	丙酮	< 0.16	750
有 PM 作業	PGME	< 0.13	100
有 PM 作業	PGMEA	< 0.09	-
有 PM 作業	BCS	< 0.009	25
有 PM 作業	NMP	< 0.13	-
無 PM 作業	甲醇	< 0.30	200
無 PM 作業	二甲基甲醯胺	< 0.16	10
無 PM 作業	乙醇	< 0.21	1000
無 PM 作業	異丙醇	< 0.16	400
無 PM 作業	丙酮	< 0.16	750
無 PM 作業	PGME	< 0.13	100
無 PM 作業	PGMEA	< 0.09	-
無 PM 作業	BCS	< 0.009	25
無 PM 作業	NMP	< 0.13	-

### 第三節 C 公司危害性化學品管理調查與作業環境監測結果分析

C 公司係以製造行動記憶體、利基型動態隨機存取記憶體、快閃記憶體為主要產品之公司，依據化學品使用管理調查問卷結果顯示，該公司勞工勞工接觸化學品暴露之風險為於機台維護保養作業或緊急搶修時，接觸到殘留在零件或耗材上的化學品，其預防管理措施採用密閉製程，平時機台運轉無接觸化學品的狀況，如運轉狀態下開啟機台蓋板，則會觸動安全連鎖裝置，

連鎖關閉機台運作；另外，機台維護保養作業或緊急搶修作業前必須進行機台及管路的排空或吹清(purge)/沖淨(flush)等減害程序，而作業時須依操作程序且著相關個人防護具(防護衣、呼吸防護具、抗酸鹼/有機手套、化學安全護目鏡…等)，以避免人員有接觸到化學品之風險。

黃光區 PM 作業使用有機化合物為酒精、DI water、少量 IPA，從作業環境作業監測分析結果得知，甲醇濃度為 6.82 ppm、異丙醇濃度為 0.2 ppm，皆遠低於法定容許濃度。

表 6、C 公司化學品調查及危害預防管理措施（僅列出較高暴露風險之部分化學品）

化學品名稱	使用量 (kg/月)	作業區域 /作業類型	接觸化學品之 頻率(小時/月)	化學品運 作方式	危害預防管理措施(例:通風 換氣或 PPE 種類等)
顯影液 (TMAH2.38% )	26,400	FAB 內/ 黃光製程	1 小時/月	密閉製程	1. 整體換氣 2. 局部排氣 3. 密閉操作 4. 維護保養作業個人防護具：C 級防護衣、動力淨氣式呼吸防護具、防酸鹼手套及防酸鹼安全靴
		FAB 內/ 濕蝕刻製程	2 小時/季	密閉製程	1. 整體換氣 2. 局部排氣 3. 密閉操作 4. 維護保養作業個人防護具：化學安全護目鏡、防酸鹼手套、D 級防護衣及濾清式呼吸防護具
砷化氫(AsH <sub>3</sub> )	2	FAB 內/ 離子植入製程	1 小時/月	密閉製程	1. 整體換氣 2. 局部排氣 3. 密閉操作
N-甲基-2-吡咯烷酮(NMP)	2.5	FAB 內/ 黃光製程	0.5 小時/月	密閉製程	4. 維護保養作業個人防護具：輸氣管面罩(Air mask)、
環戊酮 (PI-DEV)	3,600	FAB 內/ 黃光製程	2 小時/季	密閉製程	防酸鹼手套、D 級防護衣

化學品名稱	使用量 (kg/月)	作業區域 /作業類型	接觸化學品之 頻率(小時/月)	化學品運 作方式	危害預防管理措施(例:通風 換氣或 PPE 種類等)
氯氣(Cl <sub>2</sub> )	220	FAB 內/ 乾蝕刻製程	1 小時/半年	密閉製程	1. 整體換氣 2. 局部排氣 3. 密閉操作 4. 維護保養作業個人防護 具:輸氣管面罩(Air mask)、 防酸鹼手套
硝酸(HNO <sub>3</sub> )	10,560	FAB 內/ 濕蝕刻製程	2 小時/月	密閉製程	
硫酸(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	81,300	FAB 內/ 濕蝕刻製程	10 小時/月	密閉製程	1. 整體換氣 2. 局部排氣 3. 密閉操作
氫氟酸(HF)	36,340	FAB 內/ 濕蝕刻製程	6 小時/月	密閉製程	4. 維護保養作業個人防護 具:化學安全護目鏡、防酸 鹼手套、D 級防護衣及濾清 式呼吸防護具
氨水 (NH <sub>4</sub> OH)	64,500	FAB 內/ 濕蝕刻製程	10 小時/月	密閉製程	
鹽酸(HCl)	14,700	FAB 內/ 濕蝕刻製程	10 小時/月	密閉製程	

表 7、C 公司作業環境監測分析結果

作業型態	分析項目	空氣中濃度 (ppm)	容許暴露標準 (ppm)
有 PM 作業(個人)	甲醇	6.82	250(STEL)
有 PM 作業(個人)	乙醇	<0.84	1000
有 PM 作業(個人)	異丙醇	<0.63	500(STEL)
有 PM 作業(個人)	丙酮	<0.67	937.5(STEL)
有 PM 作業(個人)	1,4 二氧陸園	<0.55	37.5(STEL)
有 PM 作業	甲醇	1.92	200
有 PM 作業	甲醇	<0.34	200
有 PM 作業	乙醇	<0.23	1000
有 PM 作業	異丙醇	0.2	400
有 PM 作業	丙酮	<0.19	750
有 PM 作業	1,4 二氧陸園	<0.15	25
無 PM 作業	甲醇	<0.34	200

無 PM 作業	甲醇	<0.35	200
無 PM 作業	乙醇	<0.24	1000
無 PM 作業	異丙醇	<0.18	400
無 PM 作業	丙酮	<0.19	750
無 PM 作業	1,4 二氧陸園	<0.16	25

#### 第四節 D 公司危害性化學品管理調查與作業環境監測結果分析

D 公司係以製造超高亮度發光二極體(LED)磊晶片及晶粒為主要產品之公司，依據化學品使用管理調查問卷結果顯示，作業勞工有接觸化學品暴露之風險最高為化學 A 區黃光區自動顯影作業(2.38% TMAH)及化學 A 區化學台作業 (ITO 蝕刻液、鹽酸)，其危害預防管理措施為定期作業環境監測、教育訓練、穿戴個人防護具如活性碳口罩、護目鏡、C 級防護衣、耐酸鹼手套等。

此外，從作業環境作業監測分析結果得知，有 PM 作業時，測得異丙醇最高濃度為 4.41 ppm，其他化學物質測得之濃度極低，皆遠低於法定容許濃度。

表 8、D 公司化學品調查及危害預防管理措施（僅列出較高暴露風險之部分化學品）

化學品名稱	使用量 (kg/月)	作業區域 /作業類型	接觸化學品 之頻率 (小時/月)	化學品運 作方式	危害預防管理措 施
二氧化矽	1760	化學 A 區/晶片蝕刻	28	化學台 密閉製程	局部排氣裝置、活 性碳口罩
矽甲烷/氬氣	387.2	1F 磊晶區/長晶製程	14	MO 機台 密閉製程	局部排氣裝置、活 性碳口罩
矽甲烷/氬氣混 合氣	50.13	1F 磊晶區/長晶製程	14	MO 機台 密閉製程	局部排氣裝置、活 性碳口罩

氟化銨溶液	746.67	化學台/晶片蝕刻	20	化學台	局部排氣裝置、活性碳口罩
氧化銻錫蝕刻液	106.28	化學台/晶片蝕刻	64	化學台	局部排氣裝置、活性碳口罩
氯氣	21.24	化學 A 區蝕刻區/乾式蝕刻	14	ICP 機台	排氣裝置、呼吸防護具
藍藥水	526.67	下蠟機/下蠟	112	化學台	排氣裝置、化學防護具
顯影液 (2.38%TMAH)	6524.33	化學台/晶片蝕刻	128	化學台	排氣裝置、呼吸防護具
拋光液 CMP70	258.33	研磨拋光/晶片拋光	128	拋光機	排氣裝置、化學防護具、呼吸防護具
正光阻顯影劑 (D-35)	244.8	化學台/晶片清洗	128	顯影機	排氣裝置、化學防護具、呼吸防護具

表 9、D 公司作業環境監測分析結果

作業型態	分析項目	空氣中濃度(ppm)	容許暴露標準(ppm)
有 PM 作業(個人)	乙醇	<1.33	100
有 PM 作業(個人)	異丙醇	<1.01	500(STEL)
有 PM 作業(個人)	丙酮	<1.06	937.5(STEL)
有 PM 作業	乙醇	<1.32	100
有 PM 作業	異丙醇	<1.00	500(STEL)
有 PM 作業	丙酮	<1.05	937.5(STEL)
有 PM 作業	乙醇	<1.32	100
有 PM 作業	異丙醇	4.41	500(STEL)
有 PM 作業	丙酮	<1.05	937.5(STEL)
有 PM 作業	乙醇	<1.31	100
有 PM 作業	異丙醇	3.81	500(STEL)
有 PM 作業	丙酮	<1.04	937.5(STEL)

無 PM 作業	乙醇	<1.42	100
無 PM 作業	異丙醇	<1.07	500(STEL)
無 PM 作業	丙酮	<1.12	937.5(STEL)
無 PM 作業	乙醇	<1.42	100
無 PM 作業	異丙醇	<1.08	500(STEL)
無 PM 作業	丙酮	<1.13	937.5(STEL)

## 第五節 E 公司危害性化學品管理調查與作業環境監測結果分析

E 公司係以製造 IC 晶片為主要產品之公司，依據化學品使用管理調查問卷結果顯示，作業勞工有接觸化學品暴露之風險最高為黃光區黃光機台 PM 作業，其預防管理措施為採用密閉製程、作業中利用 House vacuum 抽氣，並利用 curtain 隔絕作業空間、實施 PM 及 T/S 標準作業程序、Follow PPE OI(穿戴 PAPR&防化圍裙&防化手套)、進行化學品危害通識教育訓練。黃光區 PM 作業使用之有機化合物為 DI water，進行擦拭作業。

此外，從作業環境作業監測分析結果得知，在進行 PM 作業時，所測得之化學物質之濃度極低，皆遠低於法定容許濃度。

表 10、E 公司化學品調查及危害預防管理措施（僅列出較高暴露風險之部分化學品）

化學品名稱	使用量 (kg/月)	作業區域 /作業類型	接觸化學品之頻率 (小時/月)	化學品運作 方式	危害預防管理措施
矽甲烷	1100	PM 作業	12-18 小時/月	密閉製程	密閉製程/製程排氣/N2 通氣
氫氟酸	11363	PM 作業	12-18 小時/月	密閉製程	密閉製程/製程排氣/D.I.
氨水	466223	PM 作業	12-18 小時/月	密閉製程	water 沖洗
31%過氧化氫	3446476	PM 作業	12-18 小時/月	密閉製程	
光阻液	23500	PM 作業	8-12 小時/月	密閉製程	密閉製程/製程排氣
氯氣	2457	PM 作業	12-18 小時/月	密閉製程	密閉製程/製程排氣/N2 通氣

N-甲基-吡咯酮	9000	PM 作業	8-12 小時/月	密閉製程	密閉製程/製程排氣
顯影液 Developer-1	2586179	PM 作業	8-12 小時/月	密閉製程	密閉製程/製程排氣
20%F2/N2	4000	PM 作業	12-18 小時/月	密閉製程	密閉製程/製程排氣/N2 通氣
硫酸	2258382	PM 作業	12-18 小時/月	密閉製程	密閉製程/製程排氣/D.I. water 沖洗

表 11、E 公司作業環境監測分析結果

作業型態	分析項目	空氣中濃度 (ppm)	容許暴露標準 (ppm)
有 PM 作業(個人)	PGME	<0.26	100
有 PM 作業(個人)	PGMEA	<0.19	-
有 PM 作業(個人)	BCS	<0.19	25
有 PM 作業(個人)	NMP	<0.26	-
有 PM 作業(個人)	乙醇	<0.42	1000
有 PM 作業(個人)	異丙醇	<0.32	400
有 PM 作業(個人)	丙酮	<0.33	750
有 PM 作業	PGME	<0.26	100
有 PM 作業	PGMEA	<0.19	-
有 PM 作業	BCS	<0.20	25
有 PM 作業	NMP	<0.27	-
有 PM 作業	乙醇	<0.44	1000
有 PM 作業	異丙醇	<0.33	400
有 PM 作業	丙酮	<0.35	750
無 PM 作業	PGME	<0.26	100
無 PM 作業	PGMEA	<0.19	-
無 PM 作業	BCS	<0.20	25
無 PM 作業	NMP	<0.27	-
無 PM 作業	乙醇	<0.44	1000
無 PM 作業	異丙醇	<0.33	400
無 PM 作業	丙酮	<0.35	750



## 第四章 結論與建議

### 第一節 結論

1. 本次選定之 5 家光電半導體廠商在正常生產過程中由於採用全密閉的方式操作，因此很少有化學品逸散的可能，而在機台進行預防保養時，則必須將密閉系統打開，較可能發生化學物質的逸散而導致危害，而園區半導體光電產業製程皆有相類似之情形，因此對於化學物質危害預防應著重在保養 PM 作業。
2. 從化學品使用管理調查問卷結果顯示，本次調查之 5 家光電半導體廠商勞工接觸化學品暴露之風險最高為 PM 作業，可能接觸之化學品有 PGME、PGMEA、環己酮、丙酮、異丙醇、酒精等，各公司已制定標準作業程序(SOP)，其危害預防管理措施包含局部排氣裝置及穿戴個人防護具(防護衣、口罩、護目鏡、防酸鹼手套及防酸鹼安全靴)等。
3. 從作業環境監測及分析結果顯示，大多數有機化合物之濃度皆低於 1ppm，遠低於 1/10 法定的容許濃度 (PEL)，顯示 各公司對於 PM 作業時，能有效控制化學物質之逸散情形。

### 第二節 建議

1. 有機溶劑逸散情形，和現場作業人員的工作習慣有密切關係，應加強人員的化學品使用訓練，以降低人為因素所造成的逸散。
2. 為了降低對勞工可能產生的健康不良影響，園區廠商亦實施作業環境控制工程，例如裝設局部排氣裝置、作業勞工配帶適當的個人呼吸防護具、對勞工施行有機溶劑危害預防之教育訓練、減低人員暴露於化學品之時間等，以提升作業勞工專業知識，建立自我保護之意識，降低可能產生職業病之風險。

## 參考文獻

1. 工研院產業經濟與趨勢研究中心：半導體機械產業年鑑；2017 年。
2. 張振平：半導體工業維修作業勞工暴露評估調查；1998 年 8 月。
3. 吳文定、蔡春進：某彩色濾光片廠的潔淨室內揮發性有機氣體濃度分佈研究；2007 年 10 月。
4. Wald PH, Jones JR. Semiconductor manufacturing: an introduction to processes and hazards. *Am J Ind Med* 1987;11:203–21.
5. Cone JE. Health hazards of solvents. In: Ladou J, ed. *The microelectronics industry. State of the art reviews*. Philadelphia: Hanley and Belfus, 1986:69–87.
6. Cullen MR, Rado T, Waldron JA, et al. Bone marrow injury in lithographers exposed to glycol ethers and organic solvents used in multicolor offset and ultraviolet curing printing processes. *Arch Environ Health* 1983;38:347–54.
7. Aplastic anemia. In: Weeks JL, Levy BS, Wagner GR, eds. *Preventing occupational diseases and injury*. Washington, DC: American Public Health Association, 1991:105–9.
8. 國家環境毒物研究中心：環境毒物知多少；2014 年。
9. 行政院勞工委員會：異丙醇之危害預防措施；2006 年。
10. Molhave L. Organic compounds as indicators of air pollution. *Indoor Air*. 2003; 13: 12-9.
11. Foster PM, creasy DM, Foster JR, Thomas LV, Cook MW, Gangolli SK. Testicular toxicity of ethylene glycol monomethys and monoethyl ethers in the rat. *Toxicology and applied pharmacology*. 1983; 69: 385-399..
12. Smith MT, Jones RM, Smith AH. Benzene exposure and risk of non-hodgkin lymphoma. *Cancer epidemiology biomarkers & prevention: a publication of the American Association for Cancer Research*, cosponsored by the American

Society of Preventive Oncology. 2007; 16: 385-391.

13. J-C J Luo, L L Hsieh, M J W Chang, K-H Hsu. Decreased white blood cell counts in semiconductor manufacturing workers in Taiwan. Occup Environ Med. 2002; 59: 44-49
14. 大紀元報導:半導體工業工程師氫氟酸中毒年約 30 人; 2006 年。