

科技部

110 年度科技行政自行研究報告

題目：新竹園區周界異味污染調查與化學
物質關聯性探討

研究單位：科技部新竹科學園區管理局

研究人員：鄭楹枚、賴昱璋

研究期程：110 年 1 月至 110 年 9 月

目錄

第一章 前言

1-1	計畫緣起	1
1-2	新竹園區異味陳情統計	3
1-3	計畫目的研究方法流程與目標	6

第二章 資料蒐集

2-1	園區產業異味來源概述	7
2-2	科學園區異味特徵描述	11
2-3	新竹園區氣象測站監測數據分析	13

第三章 研究與方法

3-1	化學物質與異味強度參數敏感性分析	17
3-2	分析污染物濃度變化趨勢相關性分析	19

第四章 結果與討論

4-1	參數敏感性分析結果	20
4-2	污染物濃度變化趨勢相關性分析	21

第五章 結論與建議

5-1	結論	23
5-2	建議	24

參考文獻	25
------	----

圖目錄

圖 1-1	新竹園區廠商地理位置	2
圖 1-2	新竹園區 109 年-110 年 9 月陳情統計	4
圖 1-3	歷年新竹園區三期陳情數量分布圖	5
圖 1-4	園區三期異味強度分布圖	5
圖 2-1	半導體晶圓封裝流程與廢氣產生	8
圖 2-2	新竹園區空氣品質監測站	13
圖 2-3	新竹園區逐月風玫瑰圖	14

表目錄

表 2-1	積體電路產業廢氣污染來源	7
表 2-2	科技產業之主要空氣污染物摘要	9
表 2-3	常見半導體製造業使用有機溶劑之相關特性	10
表 2-4	科學園區主要異味特徵及可能產生該異味的污染成分	11
表 2-5	周界異味與氣味特徵	12
表 2-6	110 年 1-9 月新竹園區力行站監測結果	15
表 2-7	110 年 1-9 月新竹園區新安站監測結果	15
表 2-8	110 年 1-9 月新竹園區靜心湖站監測結果	16
表 2-9	110 年 1-9 月新竹園區新竹站監測結果	16
表 3-1	異味陳情資料彙總及歸納	18
表 4-1	各污染成分參數敏感性分析	20
表 4-2	各污染成分及濃度相關性關係	22
表 4-3	異味與成分之關連性探索分析	22

第一章 前言

1-1 計畫緣起

新竹科學園區設立於民國(下同)69年，係我國第一個科學園區，主要為因應產業政策朝技術密集發展方向修正，因此發展以積體電路、電腦及周邊設備、通訊、光電、精密機械和生物技術等產業為主軸之科技園區，希望藉此建立高品質的研發、生產、工作、生活、休閒環境，吸引高科技人才，引進高科技技術，建立高科技產業發展基地，以促進臺灣產業升級。新竹科學園區目前總開發面積達1,470公頃，轄屬新竹(含寶山園區、X基地)、竹南、銅鑼、龍潭、宜蘭與新竹生物醫學園區等7個衛星園區。目前新竹科學園區核准廠商數已達546家，員工人數超過15萬人，自100年起每年平均營業額均突破兆元。在546家核准的廠家中，產業類別主要以積體電路產業、電腦及周邊產業、通訊產業、光電產業、精密機械產業、生物技術產業及其他產業為主。

新竹園區坐落位於台灣西北部，為北部科技產業重鎮，亦橫跨新竹縣與新竹市，是臺灣第一座科學園區，周邊國立清華大學、工業技術研究院、交通大學等學術研究機構，區內並設有數個國家級實驗研究機構，包括財團法人同步輻射研究中心、國家實驗研究院等，竹南科學園區也設有台灣動物科技研究所及國家衛生研究院，皆可提供園區事業充沛的人力資源、在職訓練及合作研究資源(圖1-1)。

新竹園區開發迄今逾41年以來，由於民眾住宅區與園區相隔較近，近年來伴隨是全球半導體製造業蓬勃發展，產能增加導致排放量增加，伴隨半導體製造業化學物質日新月異更新替換，導致既有

廠商防制設備去除效率不如預期，因此近年來陸續遭受民眾異味陳情尤其以6-10月為陳情高峰。



圖 1-1 新竹園區廠商地理位置(竹科管理局網頁，110 年)

1-2 新竹園區異味陳情統計

近年來環保意識抬頭，民眾對於環境品質要求也日益提高，根據環保署統計的公害陳情案件，109 年有 279,622 件，其中空氣污染(不含異味污染物)佔 10,494 件，異味污染 89,006 件；110 年 1 月-9 月有 207,920 件，其中空氣污染(不含異味污染物)佔 7,707 件，異味污染 62,332 件，從統計案件來看，空氣污染陳情案件集中在異味污染的陳情。

統計科技部新竹科學園區管理局接獲民眾公害陳情新竹園區 109 年計有 25 案件，其中空氣異味佔 20 件；110 年 1-9 月計有 26 案件，其中空氣異味佔 25 件，由統計資料來看，新竹園區陳情事件大部分以空氣異味為主，如有反應辦公室聞到異味、空氣有瓦斯味、廢氣味...等。因此需要重視園區周界空氣品質以降低民眾陳情事件(圖 1-2)。

新竹園區自 103 年迄今異味陳情有逐漸上升之趨勢，由新竹市環保局統計園區三期陳情數量分布圖顯示，除園區內異味熱區外，位於園區三期北側之金山社區於每年 6~9 月西南風盛行季節更是首當其衝。園區三期東北邊的金山社區為園區三期開發之既有住家的安遷戶，其他住戶多半是在園區上班的租屋戶，社區內巷弄狹小，高樓與透天厝參半，和園區僅以力行路相隔，時常受到不明空氣污染的侵擾，遂有異味陳情的產生。

進一步比較園區異味陳情數量的分布，園區三期近三年的主要異味陳情區域，包括：金山社區、力行路和介壽路交叉口、力行一路與力行九路交叉口、力晶和元太之間、篤行一路及力行路(聯電、旺宏三廠間)；其中金山社區的異味陳情共發生過 13 次，其中 4 次

是位於金山社區的最東邊(金山 26 街至 28 街櫻花公園附近)；異味特徵在金山社區不同的位置亦有所不同，其中金山 1~7 街以溶劑味為主；金山 26~28 街櫻花公園附近則以酸味、鞭炮味、硫磺味為主。新竹園區一期的異味熱區位於工業東一、二、三及四路之間的地帶，另創新三路及創新一路附近亦各有一處異味陳情熱點；至於園區二期的異味熱區則主要集中在研新二、三、四路與興業一路之間的地帶 (圖 1-3~1-4)。

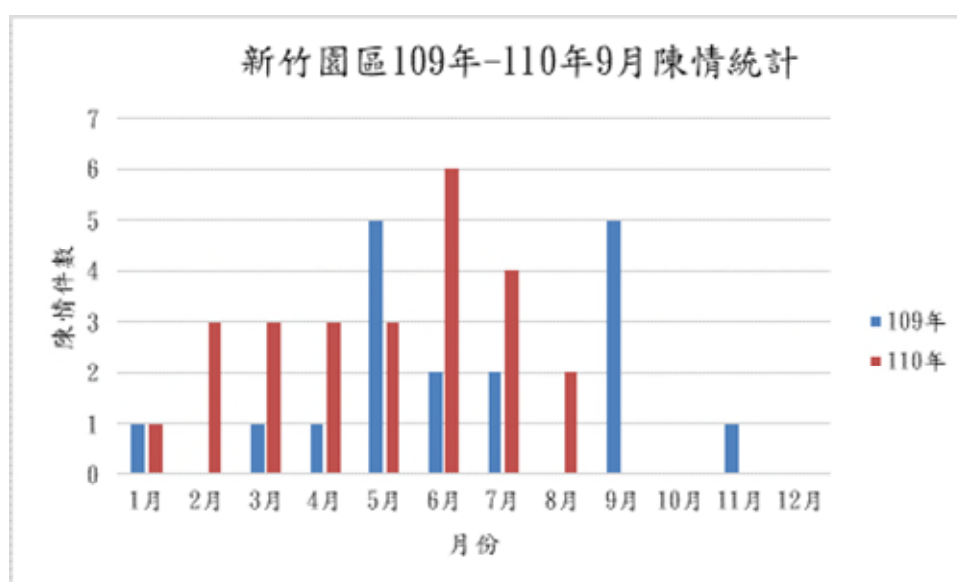


圖 1-2 新竹園區 109 年-110 年 9 月陳情統計

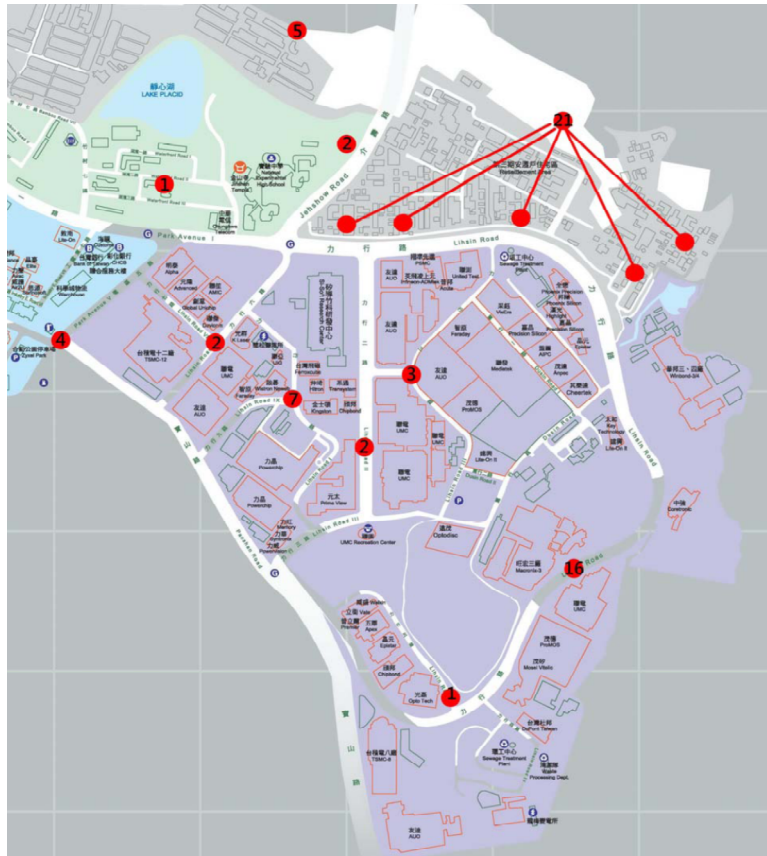


圖 1-3 歷年新竹園區三期陳情數量分布圖(新竹市環保局統計)

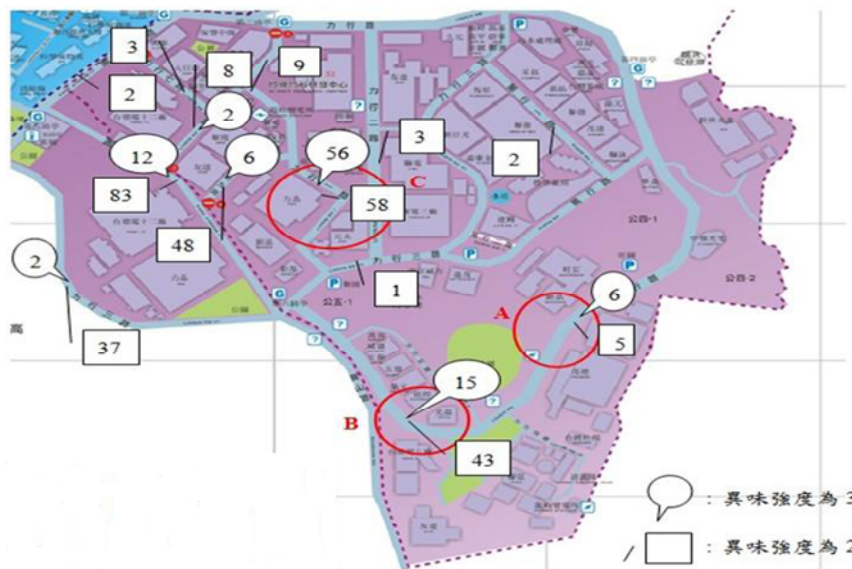


圖 1-4 園區三期異味強度分布圖(新竹市環保局統計)

1-3 計畫目的研究方法流程與目標

本研究首先蒐集相關空氣污染氣象數據與半導體相關產業點源污染源相關文獻，包括國內外污染發生、傳輸機制與控制對策之文獻及相關防制設備等資料，以及產業類別建議參數與防治設備使用手冊，做為參考資料以建立新竹園區異味來源分析式，進而推估異味好發頻率與探討來源成因，綜合上述可以歸納下列幾點：

1. 蒐集新竹園區空氣品質測站監測成果。
2. 蒐集異味陳情案件、並歸納園區異味好發區域與時段。
3. 數據分析探討異味與化學物質關聯性分析。
4. 建議異味改善對策。

第二章 資料蒐集

2-1 園區產業異味來源概述

新竹園區進駐廠商多以半導體及光電產業為主，其所使用的原物料及排放污染物種也不同，也造成各產業別污染排放特性均不盡相同，由於積體電路製程複雜，幾乎每個製成都會使用各種酸鹼物質、有機溶劑及毒性氣體，這些物質反應過後又會生成複雜的產物，因此所有製程都可能是空氣污染源。常見積體電路製程空氣污染來源如表 2-1 所示。

表 2-1 積體電路產業廢氣污染來源

污染來源	廢氣種類
氧化擴散及化學氣相沉積製程	1. 毒性氣體 2. 酸鹼廢氣 3. 燃燒氣體
蝕刻及清洗製程	酸鹼廢氣
黃光室製程	有機溶劑廢氣

另依工研院 90 年度執行環保署『電子產業及特定行業空氣污染改善輔導示範推廣及管制標準研訂計畫』之調查結果顯示，國內半導體製造業揮發性有機物年使用量超過 25,000 公噸，其中包括苯、甲苯、甲醇、異丙醇、二氯乙烯、三氯乙烯等化學物質，且自「半導體製造業空氣污染管制及排放標準」實施後，多數業者在多數工廠已裝設污染防制設備，可有效處理揮發性有機物(VOCs, Volatile Organic Compounds)廢氣，半導體晶圓製造之流程與廢氣產生源(圖 2-1)中的虛線框為產生空氣污染類型之說明，除矽晶圓在進入擴散區前的切片程序外，大部份製程都會產生空氣污染物，如濕式蝕刻製程中需使用

高濃度酸液進行蝕刻，化學氣相沉積製程則需使用高揮發性有機溶劑進行氣相沉積，此外磊晶沉積、電漿蝕刻(Plasma etching)和離子植入等製程因須使用具高毒性、致癌性和燃燒性氣體，故亦成為製程中毒性氣體之主要排放源。

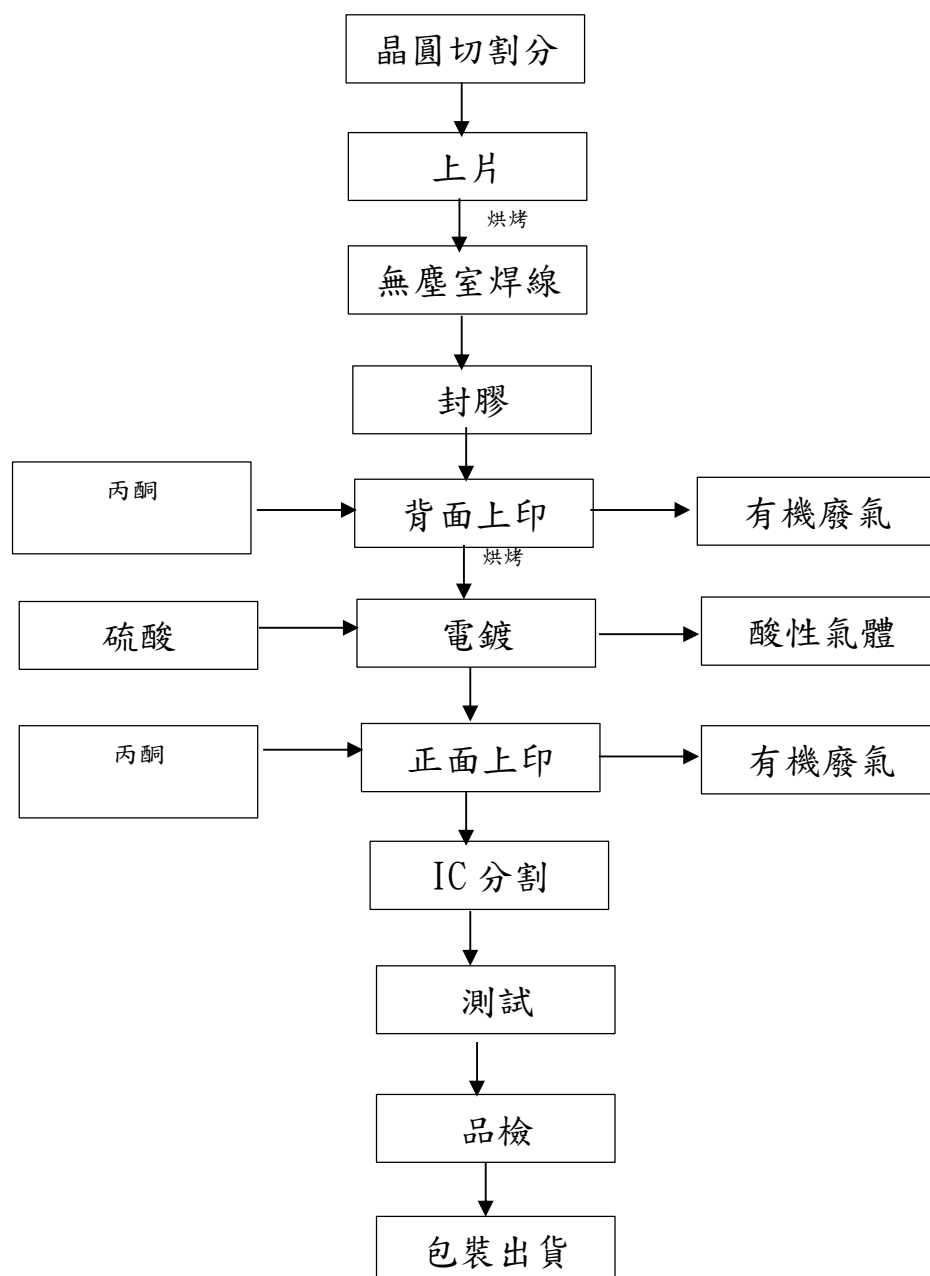


圖 2-1 半導體晶圓封裝流程與廢氣產生

表 2-2 科技產業之主要空氣污染物摘要

產業別	次產業別	主要空氣污染物
半導體	晶圓製造	酸性廢氣、鹼性廢氣、有機廢氣、粉塵
	光罩製造	酸性廢氣(硫酸液滴)、有機廢氣(異丙醇、酮類)
	週邊產業	酸性廢氣(鹽酸)、鹼性廢氣(碳酸鈉)、氟系廢氣
	晶片製造	酸性廢氣、鹼性廢氣、有機溶劑廢氣、毒性氣體、燃燒性氣體
	封裝製造	酸性廢氣、錫煙、有機溶劑蒸氣(三氯乙烷、丙烷)、酸氣
光電產業	光電材料元件系統	酸性廢氣、有機廢氣、毒性氣體(含氟化物)、燃燒性氣體、含砷廢氣
	顯像管(彩色)	酸性廢氣、鹼性廢氣、氟系廢氣
	平面顯示器	毒性氣體、有機性氣體、酸氣
	電池	粉塵

根據新竹園區歷年工廠採樣檢測結果顯示，各工廠(針對積體電路產業及光電產業)所排放之主要空氣污染物成份，大多以異丙醇及丙酮為主。兩者對於排放總量的貢獻程度大約在 50~80%左右，其餘則依各工廠製程差異，而產生不同的污染物，如 2-丁酮、甲苯、二甲苯、乙酸丁酯、Propylene glycol monomethylethyl acetate (PGMEA) 及三氯乙烷等。

半導體製造製程中使用之毒性氣體大多以氯化物和氟化物為主，如 BCl_3 、 SiCl_4 、 SiHCl_3 、 SF_6 、 NF_3 和 SiFCl_3 等。由於毒性氣體之使用量不多，且大多裝有線上 (Point of use) 污染防制設備。至於半導體業所使用之酸液大多為硫酸、硝酸、鹽酸、磷酸和氫氟酸，

因此其排放之酸性廢氣亦以這五種酸為主，多數業者已裝設濕式洗滌設備，其排放量約為使用量之 1-5%。廢氣排放濃度約在數十 ppm，屬於大風量低濃度之廢氣特性。表 2-2、2-3 為半導體製造業所使用之有機溶劑，廢氣排放種類亦屬於大風量低濃度之廢氣特性。

表 2-3 常見半導體製造業使用有機溶劑之相關特性

溶劑品名	化學式	物理狀態	沸點 (°C)	密度 (g/mL)	作業環境容許濃度 (ppm)	AALG (g/m ³)	備註
苯	C ₆ H ₆	Liq	80	0.877	5	0.096	F、T、C、H
甲苯	C ₆ H ₅ CH ₃	Liq	110.7	0.866	100	1420	F、T
二甲苯	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	Liq	160	0.86	100	5900	F、T
Ethyl lactate	C ₂ H ₄ OHCOC ₂ H ₅	Liq	154	1.03	—	—	F
甲醇	CH ₃ OH	Liq	64.5	0.792	200	3010	F、T
異丙醇	(CH ₃) ₂ CHOH	Liq	82.4	0.786	400	19600	F、T、C
PGMEA	C ₆ H ₁₂ O ₃	Liq	146	0.97	200	3300*	F、T
2-EEA	C ₆ H ₁₂ O ₃	Liq	156	0.97	5	90*	F、T
乙酸丁酯	CH ₃ CO ₂ C ₄ H ₉	Liq	126	0.883	150	2400*	F、T
二氯乙烯	CHClCHCl	Liq	118	1.265	200	2600	F、T
三氯乙烯	CCl ₂ CHCl	Liq	86.7	1.465	50	0.38	F、T、C、H
二氯甲烷	CHClCHCl	Liq	39.8	1.326	50	0.12	F、T、C、H

F：可燃性；T：毒性；C：疑似致癌物；H：列管毒性化學物質*作業環境容許濃度三百分之一；

AALG：ambient air level goal

AALG 值來源：Calabrese, E. J.; and Kenyon, E. M. Air toxics and risk assessment; Lewis Publishers, Inc.: MA, USA; 1991.

2-2 科學園區異味特徵描述

本研究參考 108-110 新竹科學園區周界異味污染源調查計畫，根據經驗園區主要異味特徵，大致上可能歸納為幾種異味其中消毒水、藥水味或火藥味是園區三期及周界區域較常出現的異味種類特徵，來源疑似與半導體製程酸性氣體排放管道的 PFCs 解離後產生氟離子及其反應副產物有關。園區主要異味特徵，及可能產生該異味的污染成分，如表 2-4、2-5，通常異味來源以酸性氣體排放管道所排放的污染物組合(NF_3 、 SiH_4 、 CF_4 、 NH_3 、 SF_6 、 C_4F_8 、 N_2O)混合少部分有機氣體為主要異味來源，亦即園區三期的異味大多以混合物的型態排放，多種成分混合排放後容易產生異味之交互或協同效應。因此，以往以單一成分的濃度是否超過嗅覺閾值來判定異味有無的作法，無法反應異味的實際狀況，故導致民眾陳情所描述的異味特徵皆不盡相同導致追蹤污染源有一定困難。

表 2-4 科學園區主要異味特徵及可能產生該異味的污染成分

異味特徵	可能污染物
溶劑味：甜味、醚味、強力膠水味	主要成分為 PGME/PGMEA、酮類(環己酮、丙酮、丁酮)、酯類(乙酸丁酯、乙酸乙酯)、芳香族(甲苯、二甲苯)
酸味	主要是醋酸，次要的有硝酸、鹽酸和氫氟酸
腐臭味、罐頭玉米味	主要是 DMS 的罐頭玉米味、 H_2S 的臭蛋味
魚腥味	Amines
特殊霉味	NF_3
消毒水或藥水味	F_2 或 OF_2

表 2-5 周界異味與氣味特徵

化合物	最大濃度(ppbv)	平均濃度(ppbv)	周界標準(ppbv)	嗅覺閾值(ppbv)	氣味特徵
異丙醇(IPA)	100.0	2.36	8,000	1000	乙醇和丙酮混合味
氧化亞氮(N ₂ O)	77.5	1.61	--	--	輕微的醚味
矽甲烷(SiH ₄)	48.7	1.18	100	--	令人不愉快的異味
氨氣(NH ₃)	46.2	1.01	1,000	43	嗆鼻味
三氟化氮(NF ₃)	36.6	0.71	--	--	霉味
汽油(Gasoline)	35.4	0.10	6,000	--	汽油味
丙酮(Acetone)	34.2	0.05	15,000	400	薄荷/水果甜味
甲醇(Methanol)	20.5	0.22	4,000	3300	酒味
四氟化碳(CF ₄)	12.9	0.39	--	--	醚味/大蒜味
丙二醇甲醚(PGME)	11.6	0.18	--	--	乙醚味/玉米味
八氟環丁烷(C ₄ F ₈)	5.3	0.06	--	--	輕微的乙醚味
六氟化硫(SF ₆)	1.5	0.09	20,000	--	臭蛋味
三氟甲烷(CHF ₃)	0.9	0	--	--	輕微的乙醚味
六氟乙烷(C ₂ F ₆)	0.8	<0.01	--	--	輕微的醚味
乙炔(Acetylene)	15.0	0.14	--	226,000	似草味
二氧化氮(NO ₂)	32.1	0.13	250	58	漂白劑味
乙酸正丁酯(n-Butyl Acetate)	23.0	0.11	3000	6.3	甜味、香蕉味

2-3 新竹園區氣象測站監測數據分析

本研究彙整新竹園區內空氣品質監測站 110 年 1 月 9 月空氣監測月平均值數據，科技部新竹科學園區管理局於新竹園區共設有 4 座空氣品質監測站(圖 2-2)，分別是興業站、力行站、靜心湖站及新安站監測結果皆符合空氣品質標準(詳表 2-6~2-9)。

根據空品測站的氣象資料分析(圖 2-3)，每年 9 月~隔年 3 月以東北東風為主要盛行向，風速較高有利於污染物擴散；4~7 月則轉換為以西南西風為主要盛行風向，風速較低；但 8 月開始又逐漸轉為東北東風為主的風向，雖然此時仍有少部分西南西風的風向，風速大致上仍較低，因次依園區環保報案專線陳情統計異味好發階段大多介於 5~10 月間。

	
靜心湖站	新安站
	
興業站	力行站

圖 2-2 新竹園區空氣品質監測站

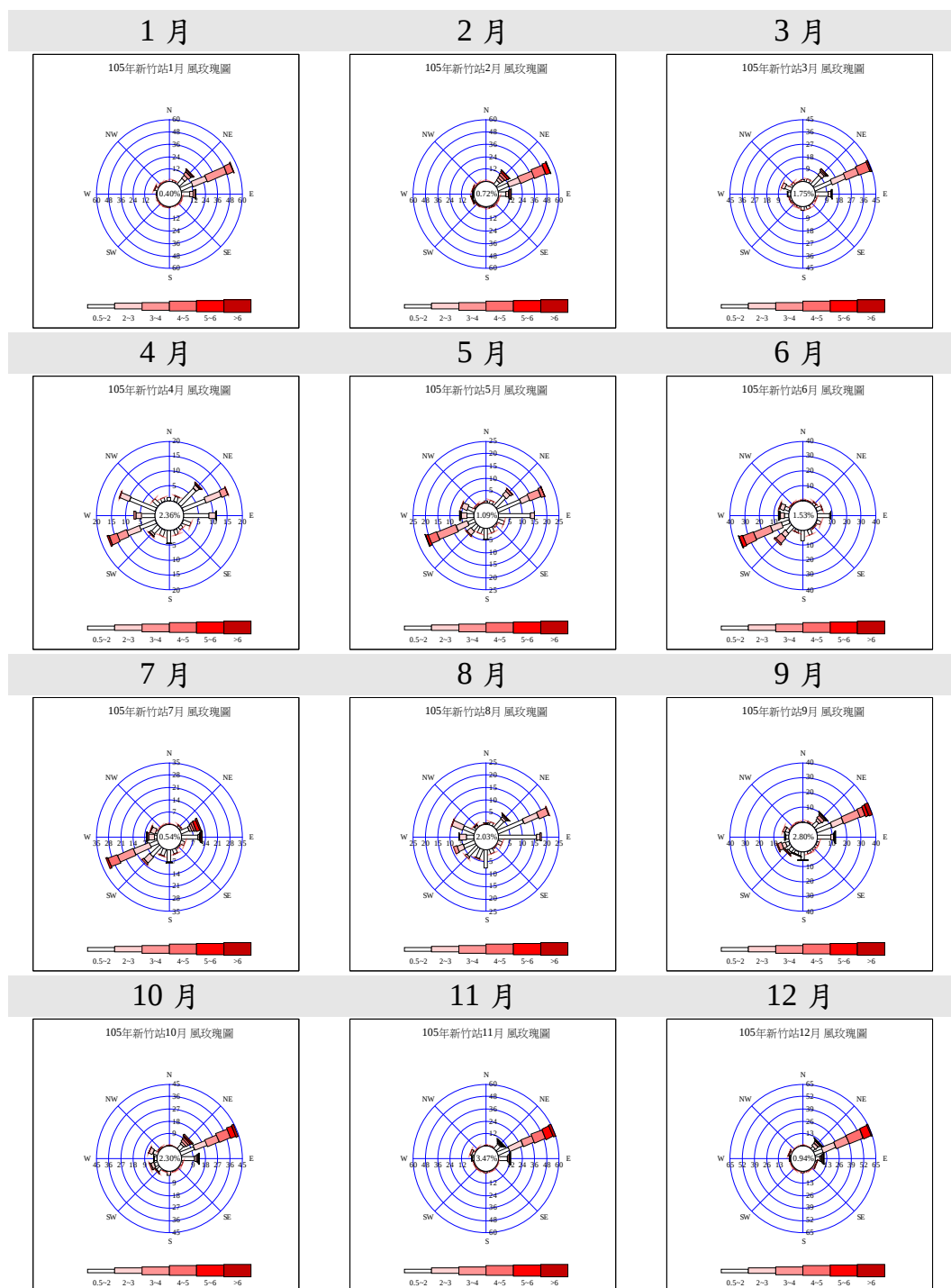


圖 2-3 新竹園區逐月風玫瑰圖(含風速及風向)

表 2-6 110 年 1-9 月新竹園區力行站監測結果

月份	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂	NMHC	PM ₁₀	PM _{2.5}	室外溫度	濕度	室內溫度	雨量
單位	ppb	ppm	ppb	ppb	ppm	µg/m ³	µg/m ³	°C	%	°C	mm
1	2.9	0.59	23.6	20.6	0.26	37	18	14.9	75.5	26.4	0.0
2	1.9	0.64	25.9	20.4	0.27	46	24	17.5	77.4	27.3	0.1
3	2.1	0.61	22.3	21.4	0.27	45	23	19.0	85.4	27.5	0.1
4	2.3	0.50	29.0	17.9	0.22	39	17	21.7	78.8	28.2	0.1
5	2.3	0.56	18.2	15.6	0.18	36	15	27.0	81.2	28.2	0.2
6	1.9	0.55	23.5	11.4	0.20	24	9	28.1	80.7	27.7	0.3
7	2.1	0.56	22.4	11.3	0.20	27	10	29.0	80.7	27.2	0.3
8	2.0	0.64	17.5	13.2	0.21	29	12	27.7	85.7	27.7	0.5
9	2.9	0.57	21.4	14.9	0.22	33	16	28.3	80.4	28.1	0.1

表 2-7 110 年 1-9 月新竹園區新安站監測結果

月份	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂	NMHC	PM ₁₀	PM _{2.5}	室外溫度	濕度	室內溫度	雨量
單位	ppb	ppm	ppb	ppb	ppm	µg/m ³	µg/m ³	°C	%	°C	mm
1	2.8	0.60	29.1	14.7	0.23	30	16	15.3	77.6	27.1	0.0
2	2.7	0.61	31.9	16.2	0.22	37	22	18.1	80.1	26.7	0.1
3	2.7	0.64	26.9	17.3	0.24	37	22	19.3	89.5	26.7	0.1
4	2.7	0.54	36.9	12.2	0.18	31	16	22.1	83.8	25.9	0.1
5	2.7	0.54	23.6	11.1	0.17	24	13	27.8	86.2	26.9	0.2
6	2.5	0.48	24.4	8.1	0.17	11	8	28.6	84.0	26.9	0.3
7	2.4	0.49	22.7	8.9	0.17	16	10	29.7	85.4	26.2	0.2
8	2.5	0.58	21.5	11.7	0.18	14	11	28.4	90.2	26.4	0.5
9	2.7	0.58	26.8	12.4	0.18	27	15	28.9	83.5	26.4	0.0

表 2-8 110 年 1-9 月新竹園區靜心湖站監測結果

月份	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂	NMHC	PM ₁₀	PM _{2.5}	室外溫度	濕度	室內溫度	雨量
單位	ppb	ppm	ppb	ppb	ppm	µg/m ³	µg/m ³	°C	%	°C	mm
1	2.7	0.60	31.8	12.1	0.39	33	17	15.5	72.7	25.9	0.0
2	2.4	0.57	34.1	13.8	0.36	39	23	18.0	74.0	26.9	0.0
3	2.3	0.60	29.5	15.1	0.40	40	21	19.5	81.2	27.2	0.1
4	1.7	0.53	41.3	10.2	0.30	34	18	22.2	74.3	27.7	0.0
5	1.8	0.60	27.3	11.0	0.24	27	16	27.7	76.1	26.4	0.1
6	2.0	0.58	30.7	8.3	0.28	17	10	28.7	75.9	24.8	0.1
7	1.9	0.63	27.9	9.8	0.31	19	10	29.8	74.2	23.1	0.1
8	2.4	0.66	27.6	12.4	0.26	19	11	28.6	78.6	23.0	0.2
9	2.6	0.64	34.2	12.2	0.26	25	14	29.3	72.3	23.7	0.0

表 2-9 110 年 1-9 月新竹園區新竹站監測結果

月份	SO ₂	CO	O ₃	NO ₂	NMHC	PM ₁₀	PM _{2.5}	室外溫度	濕度	室內溫度	雨量
單位	ppb	ppm	ppb	ppb	ppm	µg/m ³	µg/m ³	°C	%	°C	mm
1	2.4	0.57	29.6	13.2	0.28	33	17	15.1	78.0	27.9	0.0
2	2.4	0.53	33.8	14.8	0.14	41	23	17.8	78.1	28.3	0.1
3	2.4	0.56	28.7	16.2	0.17	39	23	19.0	87.6	28.0	0.1
4	2.4	0.51	37.5	11.5	0.13	29	17	21.7	80.4	27.8	0.1
5	2.4	0.52	29.0	11.9	0.16	25	16	27.0	82.2	28.0	0.2
6	3.0	0.50	33.6	10.5	0.21	20	12	28.1	79.6	28.5	0.3
7	2.6	0.54	32.0	11.1	0.21	25	13	29.0	79.9	28.2	0.2
8	2.9	0.53	30.0	16.1	0.22	26	16	27.8	84.8	27.9	0.4
9	3.0	0.51	34.5	16.0	0.22	29	18	28.7	77.4	28.3	0.1

第三章 研究方法

3-1 化學物質與異味強度參數敏感性分析 (sensitivity analysis)

參數敏感度分析 (sensitivity analysis) 常用於探討關鍵物質參數變動對變數結果之影響程度，主要在於測試各項調查中參數變動對於結果的改變程度。藉由敏感性分析可以瞭解輸入參數之重要性及對異味調查結果之影響程度，主要分析方法係將欲討論之參數於邊界條件容許範圍內進行變動，在其餘參數不變情況下進行分析。

本研究使用蒐集「108-110 新竹科學園區周界異味污染源調查計畫」園區周界空氣汙染物分析結果與本局環保報案專線陳情資料(表 3-1)進行數據歸納分類，針對陳情人所描述聞到味道特性及陳情人判斷異味強度分級(共 1~5 級)進行歸納，後將其回歸後方程式代入共變數函數進行參數敏感性分析，針對相同化學物質參數來說以 $\pm 10\% \sim \pm 50\%$ 之變動範圍進行計算，觀察輸入參數對計算結果之變化。本研究亦選擇共變數來進行敏感性分析。其計算公式如下：

$$\text{Cov}(x,y)=\frac{\sum_{i=1}^n(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{n-1} \quad (3-1)$$

共變數 (covariance) 主要用來衡量兩變數 (X 和 Y) 變動的方向及其程度。共變數之值介於負無限大與正無限大之間，若 X 的改變和 Y 的改變完全沒有關連，則共變數的值等於 0，表示這兩個變數間的線性共變程度為零。若 X 和 Y 改變方向一致，則共變數的值會大於 0，表示這兩個變數間具有正向的線性共變關係，相反的，若 X 和 Y 改變的方向是相反的，那麼共變數的值會小於 0，表示這兩個變數間具有負向的線性共變關係。

本研究參考文獻調查之分析數據，選擇 SiH_4 、 NF_3 、 CF_4 、 C_4F_8 、 SF_6 、 NH_3 、 N_2O 、 $(\text{C}_3\text{H}_8\text{O})\text{IPA}$ 及 PGME/PGMEA 共 9 種化學物質進行參數敏感度分析。分析數值若差異大則代表敏感度相對較高；反之，若無明顯差異，則代表影響性較不顯著。經過敏感性分析及排序後發現影響異味強度最重要前三項因素為 $(\text{C}_3\text{H}_8\text{O})\text{IPA}$ 、 NH_3 及 SF_6 ，其敏感性化學物質分析結果於第四章中探討。

表 3-1 異味陳情資料彙總及歸納(範例)

案號	陳情日期	發生區域	事件描述	異味分級(1-5)	處理情形
1	110/3/24	力行 3 路 XX 號	辦公室有聞到化學異味(酒精或丙酮)	2	詢問陳情人關於陳情異味之情形，陳情人表示近期同仁已無反應辦公室異味情形，且該廠本身增加空氣設備水洗時段，來預防異味發生，故陳情人同意結案辦理。後續同仁陸續於該處經過時，也未有發現異味產生之情形。
2	110/5/19	篤行路 X 號	藥劑的味道夾帶些微糞尿味道	3	陳情人會同，前往該公司碼頭處，確實發現有類似無機酸之異味，現場使用監測儀器測量 VOC 量測值為 0.1ppm，故依現場環境條件初判可能為陳情人公司周邊半導體廠商因天候條件較差而導致擴散不佳，當下立即請半導體廠商環保操作人員加強空污設備處理操作條件（如：洗滌流率、補水量等），並向陳情人回報處理情況，請後續觀察異味情況是否有改善。
3	110/6/15	力行路 X 號	XX 公司頂樓煙囪有白煙及泡沫	不分級	陳情力行路 X 號廠商頂樓煙囪有白煙及泡沫，派員至現場並入廠請 XX 公司人員陪同至頂樓，發現空污排放管道有白煙排出之情況，現場操作數值洗滌塔風量 1085 Nm^3/min 、pH 8.2、洗滌流率 2773 L/min ，洗現場手持儀器偵測 VOC 值 440ppb、 NH_3 值 1ppm，依業者表示白煙情形為現場製程酸鹼溶劑混合收集未分流，導致有白煙及微粒之產生。
4	110/9/1	創新一路 XX 號	創新一路 XX 號（XX 科技）疑似瓦斯味或臭雞蛋味道	1	與陳情人會同，至該棟大樓周邊巡視，於廠區側邊與樓梯間有些微異味之情形，陳情人另說明於早上 8 點 30 分至 9 點為異味較明顯之時段，故當下與陳情人約隔日早上至現場重新確認釐清異味來源

3-2 分析污染物濃度變化趨勢相關性分析

本研究蒐集「108-110 新竹科學園區周界異味污染源調查計畫」園區周界空氣汙染物分析結果進行數據分析，針對各污染組成成分的濃度時間變化趨勢分析各種污染物的相關性，據以研判污染物的來源。假設 A 污染物和 B 污染物的濃度隨時間的變化趨勢一致，則 A 污染物和 B 污染物的濃度隨時間的變化就有相關性(correlation)，相關係數(correlation coefficient, r)為量測兩個變數之間的線性相關性，當兩個變數(在此為兩種污染物的量測濃度)呈現正相關(positive correlation)時，就表示這兩種污染物的濃度隨時間的變化成一致性，當相關性越高，也就表示兩種污染物來自同一污染排放源的機率越高。相關係數 r 的計算公式如下：

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} \quad (3-2)$$

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n} \quad (3-3)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \quad (3-4)$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}} \quad (3-5)$$

其中，相關係數分析如計算出 r 值於 0~0.25 或 0~-0.25，兩者缺乏相關；r 值於 0~0.50 或 -0.25~-0.5 則兩者相關不強 (Poor correlation)；r 值於 0.5~0.75 或 -0.5~-0.75 則兩者適度或良好相關；r 值於 0.75~1.0 或 -0.75~1.0 則兩者相關係非常好。

第四章 結果與討論

4-1 參數敏感性分析結果

本研究針對異味陳情次數與異味強度及化學物質進行參數敏感度分析，其分析方法亦採用共變數分析進行各異味強度與化學物質進行參數敏感性分析比較，敏感性分析選用經常測得的中 9 個具代表性化學物質進行共變數分析，分析過程包括對同一個化學特性參數進行 $\pm 10\%$ - $\pm 50\%$ 之變動範圍進行輸入，觀察輸入參數對模擬結果之變化。本研究在參數敏感性分析上選擇 SiH_4 、 NF_3 、 CF_4 、 C_4F_8 、 SF_6 、 NH_3 、 N_2O 、IPA 及 PGME/PGMEA 共 9 種化學物質參數針對異味好發頻率與鑑別化學物質進行參數敏感度分析。分析數值若差異大則代表敏感度相對較高有較佳的關聯性；反之，若無明顯差異，則代表影響性較不顯著。其對敏感性分析結果如表 4-1 所示。分析結果顯示影響異味調查變化前三個主要參數分別為：IPA、 NH_3 及 SF_6 ，等參數。

表 4-1 各污染成分參數敏感性分析

化學物質	測定平均濃度	濃度	氣味特徵	異味強度 (1-5)	共變數值	排序
SiH_4	48.7	ppb	令人不愉快的異味	1-2	6.25E-04	9
NF_3	36.6	ppb	霉味	1-3	1.45E-03	7
CF_4	12.9	ppb	醚味/大蒜味	1-2	1.98E-03	5
C_4F_8	5.3	ppb	輕微的乙醚味	1-2	1.70E-03	6
SF_6	1.5	ppb	臭蛋味	1-2	7.09E-03	3
NH_3	46.2	ppb	嗆鼻味/化糞池味道	1-2	1.75E-02	2
N_2O	77.5	ppb	輕微的醚味	1-2	1.18E-03	8
$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ (IPA)	100.0	ppb	酒精或丙酮混合味	1-3	2.24E-02	1
PGME / PGMEA	11.6	ppb	乙醚味/玉米味	1-4	2.52E-03	4

4-2 污染物濃度變化趨勢相關性分析

本研究分析新竹園區異味主要成分分析，相關性分析包括：
SiH₄、NF₃、CF₄、C₄F₈、SF₆、NH₃、N₂O、IPA 及 PGME/PGMEA 等 9 種污染物。分析的 9 種污染物的濃度變化趨勢中部份呈現明顯的共變性；也就是說，當某 1 種污染物的濃度上升時，另外 1 種污染物也會跟著上升；相反地，當某 1 種污染物的濃度下降時，另外 1 種污染物也會跟著下降；這個同高同低的特殊現象，顯示這些污染物可能來自相同的方向或甚至來自相同的污染源。仔細觀察污染物成分的濃度與風速及風向做比較，異味好發原因與「東南風」和「低風速<2m/s」有關；至於吹其他風向或較高風速(>4m/s)時，則比較不容易出現高濃度。

相關性分析中 SiH₄ 與 NF₃ 具有高度相關，亦代表當異味物質確認有 SiH₄ 時代表 NF₃ 周界濃度一定會升高；SiH₄ 與 CF₄、SiH₄ 與 C₄F₈、CF₄ 與 SF₆ 具有較良好的相關性；另外 SiH₄ 與 SF₆、CF₄ 與 C₄F₈、N₂O 與 SF₆ 具有較不具有相關性，比對半導體廠操作許可資料，異丙醇為該廠黃光及擴散區的原料；三氟甲烷和四氟化碳為薄膜區的原料；一氧化碳則為蝕刻區的原料之一氮氣為該廠電子作業擴散區的原料；氧化亞氮(笑氣)則為電子作業擴散區的原料；矽甲烷和三氟化氮則都是該廠薄膜區的原料。一氧化碳亦可能來自交通污染源，其他污染物都應該與半導體工廠的排放有關。

表 4-2 各污染成分及濃度相關性關係

	SiH ₄	NF ₃	CF ₄	C ₄ F ₈	SF ₆	NH ₃	N ₂ O	C ₃ H ₈ O IPA	PGME/ PGMEA
SiH ₄	1								
NF ₃	0.871	1							
CF ₄	0.565	0.120	1						
C ₄ F ₈	0.590	0.021	0.413	1					
SF ₆	0.487	0.153	0.528	0.355	1				
NH ₃	0.036	0.033	0.120	0.021	0.153	1			
N ₂ O	0.007	0.060	0.208	-0.005	0.296	0.176	1		
C ₃ H ₈ O (IPA)	0.105	0.069	0.110	0.077	0.019	0.069	0.028	1	
PGME/PGMEA	0.031	0.041	0.045	0.033	0.021	0.029	0.031	0.035	1

表 4-3 異味與成分之關連性探索分析

味道	SiH ₄	NF ₃	CF ₄	C ₄ F ₈	SF ₆	NH ₃	N ₂ O	C ₃ H ₈ O (IPA)	PGMEA\PGME
溶劑味									●
火藥/煙硝/硫磺/ 漂白水味	○	○	○	○	○	○	○	○	●
刺鼻/刺激味	●	●	●	●	●	●	○	●	
燃燒味	●	●	●	●	●	●	●	●	
噁心	○	○	○	○	○	○	●	○	●
甜味							●		
酸味									○

第五章 結論與建議

5-1 結論

(1) 新竹園區常見異味關聯性

根據文獻中周界分析結果顯示，新竹園區園區經常性測得的化合物有 SiH_4 、 NF_3 、 CF_4 、 C_4F_8 、 SF_6 、 NH_3 、 N_2O 、IPA、PGME/PGMEA 等 9 種化合物，氣體可大致歸納為製程氣體、燃燒副產物及有機溶劑等三大類。其中民眾報案陳情常見描述味道有溶劑味、火藥、煙硝、硫磺、漂白水味、刺鼻/刺激味、燃燒味、噁心、甜味、酸味等，經報案資料分析異味好發時段大多介於 5-10 月，且低風速或靜風情況下最易造成污染物累積。

(2) 異味強度及化學物質進行參數敏感度分析

本研究經參數敏感性分析結果顯示科學園區最易被民眾反映異味問題分別為 IPA、 NH_3 及 SF_6 ，由於 IPA 為半導體業界常見機台清潔擦拭溶劑，通常該化學物質無直接收集處理，而藉由一般通風換氣排放管道直接排放，因而導致經常接到異味陳眾陳情反映空氣中有溶劑味道。

(3) 污染物濃度變化趨勢相關性分析

相關性分析中以 SiH_4 與 NF_3 具有高度相關性， SiH_4 與 CF_4 、 SiH_4 與 C_4F_8 、 CF_4 與 SF_6 具有較良好的相關性，此數據關聯代表部份半導體製程污染物排放有一定關連性，至於是製程原料段收集處理效果不佳同時逸散排放，或是污染物進入防制設備處理後導致其他反應物質生成，則有待後續進一步釐清。

5-2 建議

園區異味大多以混合物的型態排放，各種氣體之間易產生交互或協同作用而產生特殊的異味；傳統上以單一成分的濃度超過嗅覺閾值來判定異味有無之作法無法反應新竹園區的實際異味狀況。建議園區的廠商針對廠內的酸排/混排之異味進行優先診斷，以改善酸排衍生的異味問題：

- (1) 源頭管線檢視：管路清查避免錯接(減少有機物排至酸排)。
- (2) 有效分流：設備機台增設排氣切換裝置，有效分流進入污染防治設備，增加設備防治效率減少污染物排放。
- (3) 增加或淘汰計有老舊防治設備：先去除製程廢氣中的酸鹼成分，再進入有機廢氣系統處理。
- (4) Local scrubber 操作參數調整及最佳化：提高操作溫度改善破壞效率、電熱式改為燃燒式、調整氣燃比、洗滌塔部分提高換水頻率。
- (5) 洗滌塔水質改善及操作參數調整：改用乾淨的水源、增加填充物的高度延長廢氣停留時間、增加設備換水頻率(60%)、增加洗滌塔的液/氣比。
- (6) 持續監控：於煙囪增設連續監控設備每日監控排放狀況、污染防治設備定期檢測。

參考文獻

1. 新竹科學園區管理局網站<https://www.sipa.gov.tw>
2. 科技部網頁<https://www.most.gov.tw>
3. 行政院環境保護署網站<https://www.epa.gov.tw>
4. 科技部新竹科學園區管理局，「新竹科學園區環境品質智慧看格建置及維運計畫109年彙總成果報告」，民國109年。
5. 光宇學校財團法人元培醫事科技大學，「108-110新竹科學園區周界異味污染源調查計畫」110年期末報告，民國110年。
6. 張書豪、張木彬，「科學園區空氣污染排放特性之探討」民國90年。
7. 新竹縣環境保護局，「新竹工業區高科技工業空氣品質稽查管制計畫」，民國91年。