

# 潔淨室FFU風機

## 產生氣體性分子污染物AMC的量測與評估

張耿政 / Ken Chang

# 潔淨室FFU風機產生氣體性分子污染物AMC的量測與評估

## 摘 要

從潔淨室廠務系統來看，為杜絕污染源，首先要從潔淨室建構之設備與材料著手，在符合其功能上需求之餘，更可注意材質上選擇低汙染釋氣物者。由於潔淨室裡的FFU主要是提供循環空氣過濾並在潔淨室廠務設備中佔有相當大比例，從FFU風機組成來看，也確實會有產生AMC的物質主要是分類中MC(凝結物質)之有機物，而有機物質則是來自於馬達電線包覆材、線圈絕緣凡立水、軸承潤滑油脂、扇葉(塑膠材質)或是箱體之保溫消音材等。本文藉由不同測試方式量測 AMC釋氣濃度，測試結果可初步了解較有效測試方式及探討FFU扇葉材質的影響。

關鍵字：AMC(Airborne Molecular Contamination)；FFU

## Abstract

The cleanroom facility equipment and construction materials could also generate the AMC and FFU is the major equipment in the cleanroom. In this article, the fan unit is tested by various measuring methods in order to verify the generation of AMC. A effective testing method shall be selective to identify the trace amount of AMC. The results show that fan material could contribute the AMC pollutants.

Keywords：AMC(Airborne Molecular Contamination)；FFU

## 1. 研究背景與目的

隨著積體電路製程技術的快速發展及元件精小化，產品品質及良率要求也越來越高。在發展奈米等級的製程技術時，晶圓製程或玻璃面板之製程環境下的潔淨程度也相對提高，目前顆粒污染已不再是造成晶圓缺陷、降低產品良率的主要因素。其中懸浮分子污染物(Airborne molecular contaminants, AMCs)已逐漸取代粒狀污染物而成為影響產業製程產率的主要關鍵因素之一。此類污染物可為氣態、蒸氣態或甚至為煙霧狀，容易吸附在晶圓表面上造成後續製程上的影響，使產品良率大幅下降。AMC對半導體製程良率的影響隨著製程愈來愈精細，預防的標準也愈形嚴格，AMC檢測的項目也從過去單純的酸鹼物質，漸漸擴增到有機物質，而有機物的物種的監測也從過去半導體重視的十多種，漸漸擴增到新的未知有機物物種。面板產業常用的曝光機製程、表層塗佈製程，對於AMC干擾都會有相當敏感的反應，因此也需對AMC作更精密的控制。

### FFU對AMC產生源之疑慮

Muller認為AMC控制策略有三個步驟，首先評估內外空氣品質辨別潛在汙染物，其次為運用AMC控制技術改善環境品質，最後持續監測並控制環境[2]。Forsland等認為潔淨室內主要微汙染源有四類，一是製程化學品的洩漏與逸散;其次是人為活動，據研究顯示人活動會產生NH<sub>3</sub>以及每秒近600顆微粒;再者是潔淨室內設備材料本體釋氣，如自HEPA濾材釋出硼及由晶片盒釋出DBP和BHT[4];最後室外氣，包括O<sub>3</sub>、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、MA、MB、MC及來自海水之MD[1]。由於來源非常廣泛，污染物項目族繁多元，因此如何有效控制逐漸成為相關業者相當困擾的一大難題。

從潔淨室廠務系統來看，為杜絕汙染源，首先要從潔淨室建構之設備與材料著手，如在多種塑膠材質釋氣實驗中發現，PTFE(polytetrafluoroethylene)與PFA(perfluoroalkoxy)的釋氣最少;另有文獻資料發現作業人員穿戴之手套也是MC汙染源，包括橡膠、抗氧化劑、油脂及無機物等。還有HEPA濾材的密封膠sealant所釋放出來的organophosphate或是濾材玻璃纖維釋出之硼[4]。

由於FFU主要是提供循環空氣過濾並在潔淨室佔有相當大安裝比例，從FFU風機組成來看，會有產生AMC的物質主要是分類中MC(凝結物質)之有機物，而有機物質則是來自於馬達電線包覆材、線圈絕緣凡立水、軸承潤滑油脂、扇葉(材質)或是箱體之保溫消音材等。

由於現今FFU的箱體設計已不再使用消音材，所以本文主要是探討馬達及扇葉是否有AMC疑慮加以量測分析。

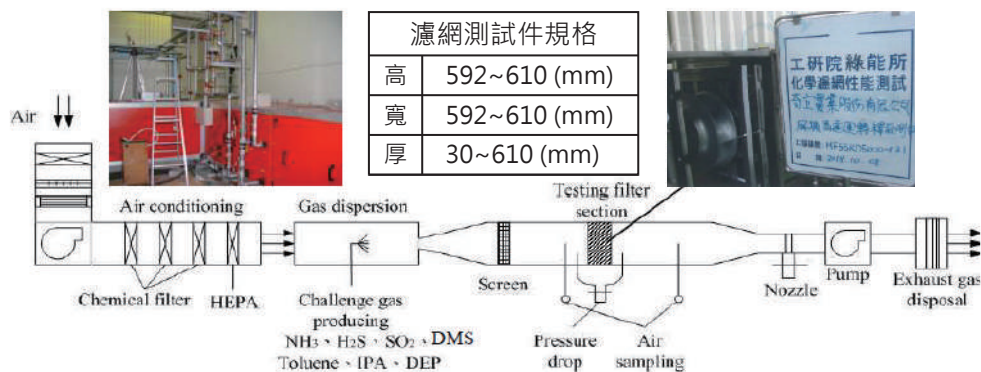
## 2.測試方法:

本文測試方法有三種，各概述如下：

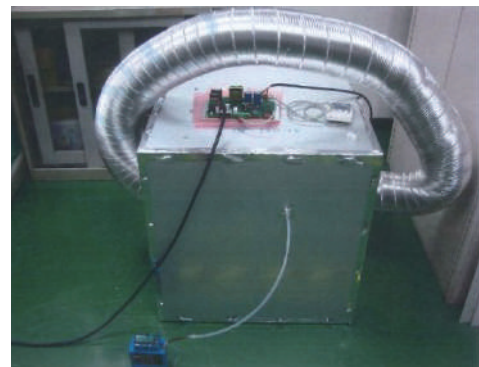
- A. 依據工研院“化學濾網性能測試程序與規範說明” [3]，將待測件安裝置測試系統上，調整測試風量、穩定後進行一小時吹淨，完成後開始測試。測試項目為有機性釋氣分析。

測試條件:環境溫度測試時之環境溫度 $23\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、相對溼度為 $50\pm 3\%RH$ 。

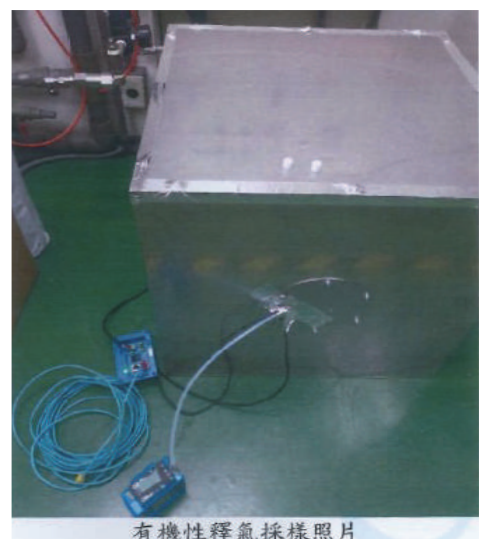
ITRI化學濾網性能測試系統示意圖



- B. 本測試方法由奇立公司自行提供如下圖，將風機(馬達扇葉組)安裝於密閉箱體內密閉開啟運轉，並立即利用Tenax GR吸附管收集有機性氣體濃度60分鐘。採樣流速 $100\text{cc}/\text{min}$ 。採樣後再以自動熱脫附儀(ATD)，溫度溫度約 $260\sim 280^{\circ}\text{C}$ 將吸附管中有機成分吹出，利用GC/MS儀器來分離與鑑別有機成分。測試時之環境溫度測試時之環境溫度 $22\sim 24^{\circ}\text{C}$ 、相對溼度為 $60\sim 80\%RH$ 。



- C. 本測試方法由奇立公司自行提供如下圖，將風機(馬達扇葉組)安裝於密閉箱體內密閉開啟運轉，並立即利用Tenax GR吸附管收集有機性氣體濃度60分鐘。採樣流速 $100\text{cc}/\text{min}$ 。採樣後再以自動熱脫附儀(ATD)，溫度溫度約 $260\sim 280^{\circ}\text{C}$ 將吸附管中有機成分吹出，利用GC/MS儀器來分離與鑑別有機成分。測試時之環境溫度測試時之環境溫度 $24.5\sim 26.3^{\circ}\text{C}$ 、相對溼度為 $48\sim 65\%RH$ 。



有機性釋氣採樣照片

### 3.測試結果討論:

三種測試方式之測試結果如下表

表一.測試方法 A 釋氣結果:

	測試風量	有機釋氣種類	上游背景 釋氣濃度 (ppb)	下游 釋氣濃度 (ppb)	總釋氣量 釋氣濃度 (ppb)	附記: (扇葉材質)
樣機 A1	39CMM	1,4-Pentadiene, Acetone, Isopropyl Alcohol, Pentane, 1-Propanol, Hexane, Cyclopentane, Ethyl Acetate, Cyclohexane, Benzene, Toluene, Tetrahydrofuran, Cyclotrisiloxane, Nonanal, Decanal, Phthalic anhydride.	6.12	5.40 N	N.D	金屬
樣機 A2	39CMM		7.36	5.64 N	N.D	金屬
樣機 A3	39CMM		1.74	<1.37	N.D	塑鋼
樣機 A4	46.8CMM		<4.9	<4.81	N.D	金屬
樣機 A5	25.4CMM		<3.99	<3.98	N.D	金屬
樣機 A6	48.2CMM		<5.31	<5.08	N.D	塑鋼
樣機 A7	49.3CMM		<5.94	<5.09	N.D	金屬

表二.測試方法 B 釋氣結果:

	有機釋氣種類	背景 釋氣濃度 (ppb)	風機運轉後 釋氣濃度 (ppb)	總釋氣量 釋氣濃度 (ppb)	附記: (扇葉材質)
樣機 B1	2-Butanone, , Acetone, Pentane, 1-Propanol,2- Ethylehexyle acrylate, 1-hexanol,2-ethyl-, Propanol acid, Ethyl Benzene, Cyclopentasiloxane, decamethyle-, hexane, Benzene, Toluene, Tetradecane, Cyclotrisiloxane, Decanal, Diethyle Phthalate.	27.47	73.62	45.79	塑鋼
樣機 B2		27.47	55.26	27.79	金屬
樣機 B3		27.47	54.06	26.59	金屬

表三.測試方法 C 釋氣結果:

	有機釋氣種類	背景 釋氣濃度 (ppb)	風機運轉後 釋氣濃度 (ppb)	總釋氣量 釋氣濃度 (ppb)	附記: (扇葉材質)
樣機 C1	Acetaldehyde, Acetone, Hexane, Hexanol, Dimethyl-, Cyclohexane, methyle-, Ethyl Acetate, Cyclohexane, Benzene, Toluene, Nonanal,, Phthalic anhy- dride, 2-Butanone, Pentane, 2-Dimethyle, 2-Ethylehex- yle acrylate, 1-hex- anol, 2-ethyl-, Propanol acid, Ethyl Benzene, Cyclo- hexene, methyle-, Benzoic acid, Acetic Acid, Chloroun- decane, Octane.	11.72	11.60	N.D.	金屬
樣機 C2		11.72	10.49	N.D.	金屬
樣機 C3		11.72	19.72	8	塑鋼
樣機 C4		11.72	10.95	N.D.	金屬
樣機 C5		9.77	29.76	19.99	塑鋼

## 測試結果分析討論:

在上述測試方法A下，7個樣機所測釋氣濃度並無測出有機釋氣的產生。由於A測試方式原本設計主要是用來測試化學濾網的上下游濃度以測定風經過濾網後的化學污染物過濾效率。當用相同方法來評估有機物釋出量較低之物件時，就無法量測出有機釋氣的產生。如果考量FFU風機在無塵室是循環運轉狀態下，其釋氣是會持續累積的，此測試方式似乎不適合用來有效評估低釋氣量物件之釋氣差異。

上述測試方法B及C則是考量FFU風機在無塵室是封閉環境循環運轉狀態下，評估其釋氣的累積濃度。在採上述測試方法B時，3個樣機所測釋氣濃度就可測出有明顯增加(26~46ppb)。尤其扇葉材質為塑膠者顯示最高釋氣濃度。另採上述測試方法C時，5個樣機所測釋氣濃度也可測出有增加(0~20ppb)。尤其扇葉材質為塑膠者(分別是8及20ppb)顯示較高釋氣濃度。如果進一步檢視塑膠扇葉釋氣中濃度較高的化學物質，分別有2-Ethylehexyle acrylate, 1-hexanol, 2-ethyl-，它們常見於塑膠材料塑化劑之使用原料。

#### 4. 結論:

- A. 針對工研院“化學濾網性能測試”方式，可能比較不適合沿用來評估有機物釋出量較低之物件。如果測試方法可改成將下游側空氣再導回上游側持續循環，即可有效模擬潔淨室環境，進一步評估微量釋氣材料在長期運轉下所累積產生的汙染濃度。所謂防微杜漸，相信在潔淨室設備或建材上，針對有機釋氣汙染源的防止加以選擇低汙染者，除了降低AMC汙染風險外，也可幫助提升化學濾網使用壽命。
- B. 在上述測試方法B、C(循環方式)測試下，還是可發現FFU風機也會有產生有機揮發物的可能。由於塑膠材質製品容易產生MC汙染物，而本測試結果顯示扇葉為塑膠材質者可能是導致汙染濃度比較高的影響因素。換言之，在不影響風機性能下，如果有不同扇葉材質可選擇，在兼顧AMC考量，還是可以優先選擇低釋氣疑慮之金屬扇葉。

#### 參考文獻

- [1] M. Forsland and S. O' Reilly. Prevention of Airborne molecular Contamination. Semiconductor. Fabtech, 12th Edition, 2000.
- [2] Chris Muller. Airborne molecular Contamination in Semiconductor Fabs: A Practical Approach. Semiconductor. Fabtech, 16th Edition, 2002.
- [3] 康育豪.『AMC微汙染控制與化學濾網』.SEMI節能製造與微汙染控制產品與技術發表研討會. 2018.12.21。
- [4] Saga K. and Hattori, J. Identification and Removal of trace organic contamination on silicon wafers stored in plastic boxes. J. Electrochem. Soc., Vol.143, No. 10, October, 1996.

#### 作者介紹

張耿政

University of Texas at Austin 環工碩士

現任奇立實業股份有限公司協理

潔淨技術經驗超過十五年

附件一：

樣機 A1 測試結果：

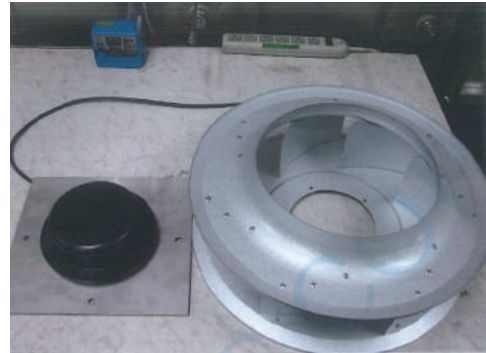
測試名稱：風機運轉有機性釋氣測試  
廠牌/型號：奇立實業股份有限公司/DC-馬達風扇 TOP-101-33 + 448 鍍鋅外轉  
委託編號：HF55RD5000-121

**測試結果與說明**

一、有機釋氣分析結果

滯留時間 (min)	釋氣物質	分子式	分子量	CAS NO.	上游濃度 (ppb)	下游濃度 (ppb)	釋氣濃度 (ppb)
4.56	1,4-Pentadiene	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub>	68	591-93-5	0.22	0.17	N.D
5.09	Acetone	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58	67-64-1	0.13	N.D.	N.D
5.40	Isopropyl Alcohol	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	60	67-63-0	0.23	0.18	N.D
5.88	Pentane, 2-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	107-83-5	0.71	0.60	N.D
6.38	1-Propanol, 2,2-dimethyl-	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	88	75-84-3	0.60	0.50	N.D
6.92	n-Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	110-54-3	0.56	0.57	N.D
8.17	Cyclopentane, methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84	96-37-7	0.21	0.20	N.D
8.64	Ethyl Acetate	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	88	141-78-6	1.30	1.34	<0.10
9.51	Cyclohexane	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84	110-82-7	0.13	0.11	N.D
10.20	Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78	71-43-2	0.41	0.42	<0.10
14.24	Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92	108-88-3	0.13	0.12	N.D
Others					1.49	1.19	
Total					6.12	5.40	

註：以上濃度係利用甲苯進行半定量分析計算獲得。  
表中最低偵測極限(MDL)為(0.10 ppb)  
滯留時間代表圖譜中分析物之波峰到達偵檢器的時間。  
表中 N.D.代表無偵測到濃度。  
釋氣濃度計算方法為下游濃度減去系統上游背景濃度



樣機 A2 測試結果：

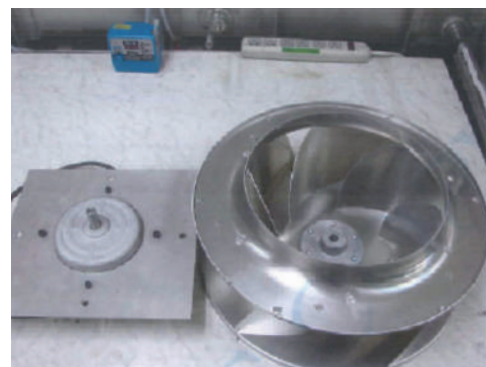
測試名稱：風機運轉有機性釋氣測試  
廠牌/型號：奇立實業股份有限公司/DC-馬達風扇 TOP-120-22 + 400 鋁製內轉風扇  
委託編號：HF55RD5000-121

**測試結果與說明**

一、有機釋氣分析結果

滯留時間 (min)	釋氣物質	分子式	分子量	CAS NO.	上游濃度 (ppb)	下游濃度 (ppb)	釋氣濃度 (ppb)
4.55	1,4-Pentadiene	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub>	68	591-93-5	0.21	0.10	N.D
5.08	Acetone	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58	67-64-1	0.12	N.D.	N.D
5.39	Isopropyl Alcohol	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	60	67-63-0	0.29	0.14	N.D
5.85	Pentane, 2-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	107-83-5	0.66	0.45	N.D
6.37	1-Propanol, 2,2-dimethyl-	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	88	75-84-3	0.65	0.36	N.D
6.90	n-Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	110-54-3	0.61	0.57	N.D
8.15	Cyclopentane, methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84	96-37-7	0.25	0.19	N.D
8.62	Ethyl Acetate	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	88	141-78-6	1.40	1.45	<0.10
9.47	Cyclohexane	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84	110-82-7	0.21	0.14	N.D
10.17	Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78	71-43-2	0.45	0.45	N.D
14.22	Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92	108-88-3	0.19	0.21	<0.10
Others					2.31	1.58	
Total					7.36	5.64	

註：以上濃度係利用甲苯進行半定量分析計算獲得。  
表中最低偵測極限(MDL)為(0.10 ppb)  
滯留時間代表圖譜中分析物之波峰到達偵檢器的時間。  
表中 N.D.代表無偵測到濃度。  
釋氣濃度計算方法為下游濃度減去系統上游背景濃度





樣機 A3 測試結果：

測試名稱：風機運轉有機性釋氣測試  
廠牌/型號：奇立實業股份有限公司/塑膠風機馬達組  
委託編號：HF55RD5000-134

**測試結果與說明**

一、有機性釋氣分析結果

滯留時間 (min)	釋氣物質	分子式	分子量	CAS NO.	上游背景濃度 (ppb)	下游氣流濃度 (ppb)	釋氣濃度 (ppb)
3.69	Butane, 2-methyl-	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72	78-78-4	0.12	0.07	N.D.
5.37	Isopropyl Alcohol	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	60	67-63-0	0.08	<0.05	N.D.
5.96	Cyclopentane	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub>	70	287-92-3	0.17	0.11	N.D.
9.01	Tetrahydrofuran	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	72	109-99-9	0.93	0.79	N.D.
10.17	Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78	71-43-2	0.08	0.08	N.D.
14.22	Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92	108-88-3	0.07	0.07	N.D.
15.09	Cyclotrisiloxane, hexamethyl-	C <sub>6</sub> H <sub>18</sub> O <sub>3</sub> Si <sub>3</sub>	222	541-05-9	0.08	<0.05	N.D.
25.31	Nonanal	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	142	124-19-6	0.05	0.05	N.D.
27.94	Decanal	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O	156	91-20-3	0.05	0.05	N.D.
33.14	Phthalic anhydride	C <sub>8</sub> H <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	148	85-44-9	0.11	<0.05	N.D.

註：以上濃度值係利用甲苯進行半定量分析計算獲得。  
滯留時間代表圖譜中分析物之波峰到達偵檢器的時間。表中 N.D. 代表無偵測到濃度。  
釋氣濃度計算方法為下游濃度減去系統上游背景濃度。



樣機 A4 測試結果：

測試名稱：風機馬達運轉釋氣分析  
委託廠商/編號：新新策劃工程顧問有限公司/測試編號 I/46.8CMM/1350rpm  
委託編號：JF55RD5000-093

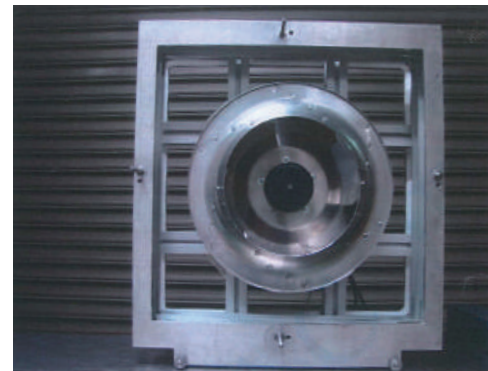
**風機馬達運轉釋氣分析結果與說明**

一、測試編號 I 之風機運轉釋氣測試結果

有機性釋氣物種濃度分析表

滯留時間 (min)	釋氣物質	分子式	分子量	CAS NO.	上游背景濃度 (ppb)	下游氣流濃度 (ppb)	釋氣濃度 (ppb)
3.84	Butane, 2-methyl-	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72	78-78-4	<0.50	<0.50	N.D.
7.10	n-Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	110-54-3	<0.50	<0.50	N.D.
8.33	Cyclopentane, methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84	96-37-7	<0.50	<0.50	N.D.
8.82	Ethyl Acetate	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	88	141-78-6	<0.50	<0.50	N.D.
9.22	Tetrahydrofuran	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	72	109-99-9	1.90	1.81	N.D.
10.39	Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78	71-43-2	<0.50	<0.50	N.D.
14.14	Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92	108-88-3	<0.50	<0.50	N.D.

註：以上濃度值係利用甲苯進行半定量分析計算獲得。  
滯留時間代表圖譜中分析物之波峰到達偵檢器的時間。  
表中 N.D. 代表無偵測到濃度或無釋氣濃度。  
釋氣濃度計算方法為下游濃度減去系統上游背景濃度



樣機 A5 測試結果：

測試名稱：風機馬達運轉釋氣分析  
委託廠商/編號：新新策劃工程顧問有限公司/測試編號 2/25.4CMM/ 1700rpm  
委託編號：JF55RD5000-093

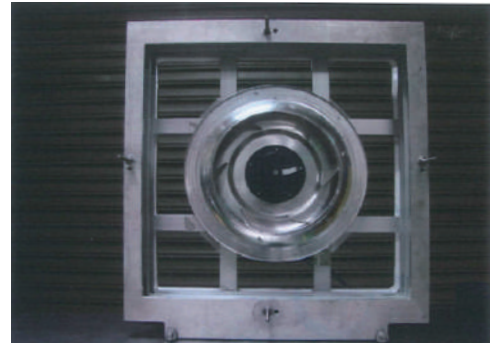
**風機馬達運轉釋氣分析結果與說明**

一、 測試編號 2 之風機運轉釋氣測試結果

有機性釋氣物種濃度分析表

滯留時間 (min)	釋氣物質	分子式	分子量	CAS NO.	上游背景濃度 (ppb)	下游氣流濃度 (ppb)	釋氣濃度 (ppb)
3.84	Butane, 2-methyl-	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72	78-78-4	<0.50	<0.50	N.D.
7.1	n-Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	110-54-3	<0.50	<0.50	N.D.
8.33	Cyclopentane, methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84	96-37-7	<0.50	<0.50	N.D.
8.82	Ethyl Acetate	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	88	141-78-6	<0.50	<0.50	N.D.
9.22	Tetrahydrofuran	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	72	109-99-9	0.99	0.98	N.D.
10.39	Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78	71-43-2	<0.50	<0.50	N.D.
14.14	Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92	108-88-3	<0.50	<0.50	N.D.

註：以上濃度係利用甲苯進行半定量分析計算獲得。  
滯留時間代表圖譜中分析物之波峰到達偵檢器的時間。  
表中 N.D. 代表無偵測到濃度或無釋氣濃度。  
釋氣濃度計算方法為下游濃度減去系統上游背景濃度



樣機 A6 測試結果：

測試名稱：風機馬達運轉釋氣分析  
委託廠商/編號：新新策劃工程顧問有限公司/測試編號 3/48.2CMM/ 1380rpm  
委託編號：JF55RD5000-093

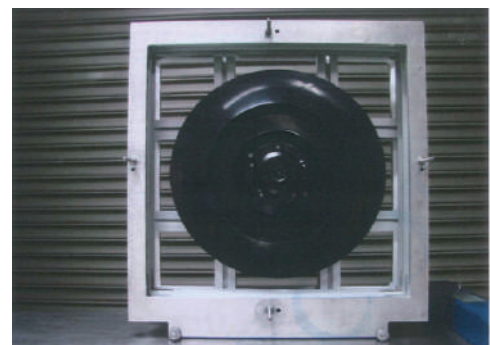
**風機馬達運轉釋氣分析結果與說明**

一、 測試編號 3 之風機運轉釋氣測試結果

有機性釋氣物種濃度分析表

滯留時間 (min)	釋氣物質	分子式	分子量	CAS NO.	上游背景濃度 (ppb)	下游氣流濃度 (ppb)	釋氣濃度 (ppb)
3.84	Butane, 2-methyl-	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72	78-78-4	<0.50	<0.50	N.D.
7.1	n-Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	110-54-3	<0.50	<0.50	N.D.
8.33	Cyclopentane, methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84	96-37-7	<0.50	<0.50	N.D.
8.82	Ethyl Acetate	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	88	141-78-6	<0.50	<0.50	N.D.
9.22	Tetrahydrofuran	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	72	109-99-9	2.31	2.08	N.D.
10.39	Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78	71-43-2	<0.50	<0.50	N.D.
14.14	Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92	108-88-3	<0.50	<0.50	N.D.

註：以上濃度係利用甲苯進行半定量分析計算獲得。  
滯留時間代表圖譜中分析物之波峰到達偵檢器的時間。  
表中 N.D. 代表無偵測到濃度或無釋氣濃度。  
釋氣濃度計算方法為下游濃度減去系統上游背景濃度



樣機 A7 測試結果：

測試名稱：風機馬達運轉釋氣分析  
委託廠商/編號：新新策劃工程顧問有限公司/測試編號 4/49.3CMM/1350rpm  
委託編號：JF55RD5000-093

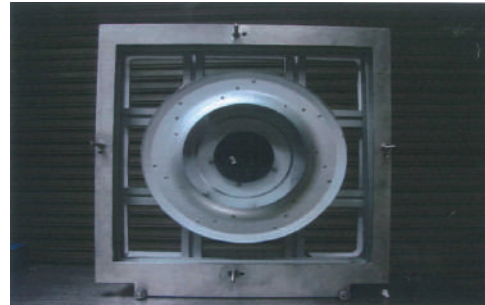
**風機馬達運轉釋氣分析結果與說明**

一、風機運轉釋氣測試結果

有機性釋氣物種濃度分析表

滯留時間 (min)	釋氣物質	分子式	分子量	CAS NO.	上游背景濃度 (ppb)	下游氣流濃度 (ppb)	釋氣濃度 (ppb)
3.84	Butane, 2-methyl-	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72	78-78-4	<0.50	<0.50	N.D.
7.1	n-Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	110-54-3	<0.50	<0.50	N.D.
8.33	Cyclopentane, methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84	96-37-7	<0.50	<0.50	N.D.
8.82	Ethyl Acetate	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	88	141-78-6	<0.50	<0.50	N.D.
9.22	Tetrahydrofuran	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	72	109-99-9	2.94	2.09	N.D.
10.39	Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78	71-43-2	<0.50	<0.50	N.D.
14.14	Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92	108-88-3	<0.50	<0.50	N.D.

註：以上濃度值係利用甲苯進行半定量分析計算獲得。  
滯留時間代表圖譜中分析物之波峰到達偵檢器的時間。  
表中 N.D. 代表無偵測到濃度或無釋氣濃度。  
釋氣濃度計算方法為下游濃度減去系統上游背景濃度



附件二：

樣機 B1~B3 測試結果：

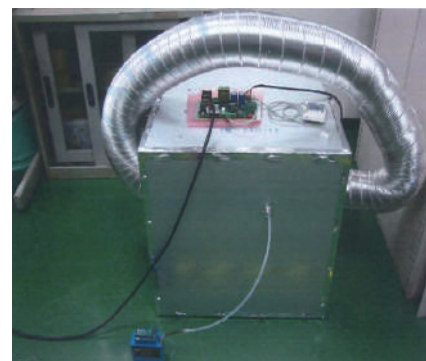
測試名稱：風機密閉循環運轉之有機性釋氣測試  
廠牌/型號：奇立實業股份有限公司  
委託編號：HF55RD5000-134

**測試結果與說明**

一、有機性釋氣分析結果(濃度單位 ppb)

滯留時間 (min)	釋氣物質	分子式	分子量	CAS NO.	風機本運轉	塑膠風輪	TOP-101-33	TOP-120-22
8.51	2-Butanone	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	72	78-93-3	0.7	1.1	1.2	<0.5
10.16	Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78	71-43-2	0.6	0.8	0.6	0.6
11.52	1-Butanol	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> O	74	71-36-3	<0.1	0.9	<0.5	0.5
14.21	Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92	108-88-3	4.5	4.4	4.6	2.9
15.99	Hexanal	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O	100	66-25-1	0.4	0.7	0.9	0.6
17.57	Ethylbenzene	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106	100-41-4	0.4	<0.5	0.7	0.6
17.84	o-Xylene	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106	95-47-6	1.3	1.2	2.4	1.9
18.74	p-Xylene	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106	106-42-3	0.6	0.7	1.1	0.8
23.37	1-Hexanol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O	130	104-76-7	1.6	21.1	18.3	7.3
24.53	2-Propenoic acid, 2-methyl-, 2-hydroxypropyl ester	C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	144	923-26-2	<0.1	1.5	<0.5	<0.5
24.62	Benzyl alcohol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	100-51-6	<0.1	1.3	0.6	0.7
24.82	Cyclopentasiloxane, decamethyl-	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub> Si <sub>3</sub>	370	541-02-6	<0.1	1.3	<0.5	<0.5
25.23	2-Pyrrolidinone, 1-methyl-	C <sub>5</sub> H <sub>9</sub> NO	99	872-50-4	<0.1	0.8	0.5	0.7
25.30	2-Nonen-1-ol	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	142	22104-79-6	0.4	0.8	1.0	1.0
25.59	Benzenemethanol, 4,4-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub> O	136	617-94-7	0.2	0.7	<0.5	1.2
26.04	Acetic acid, 2-ethylhexyl ester	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	172	103-09-3	0.2	1.9	1.1	1.5
26.49	Tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	629-59-4	0.6	<0.5	<0.5	2.6
26.85	Undecane, 2,6-dimethyl-	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	17301-23-4	0.2	<0.5	<0.5	1.2
27.93	Dodecanal	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O	184	112-54-9	0.4	0.8	0.9	1.4
28.11	2-Ethylhexyl acrylate	C <sub>11</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	184	103-11-7	1.9	18.3	9.0	12.6
28.25	Dodecane, 2,6,10-trimethyl-	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	3891-98-3	0.4	0.6	<0.5	1.9
28.95	Tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	629-50-5	0.6	<0.5	<0.5	2.3
40.81	Diethyl Phthalate	C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub>	222	84-66-2	1.2	2.1	<0.5	1.6
Others					6.70	7.59	6.98	5.75
Total					27.47	73.26	55.26	54.06

註：以上濃度值係利用甲苯進行半定量分析計算獲得。  
滯留時間代表圖譜中分析物之波峰到達偵檢器的時間。  
本次最低測檢濃度 0.5 ppb。



附件三：

樣機 C1~C4 測試結果：

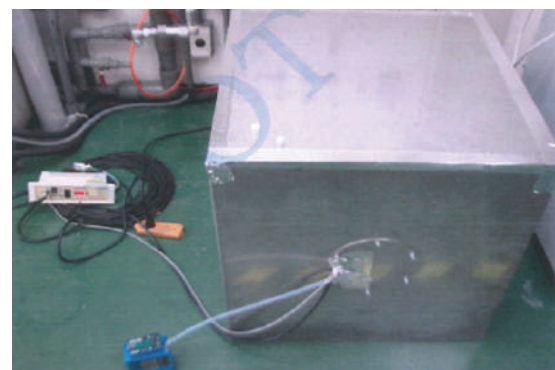
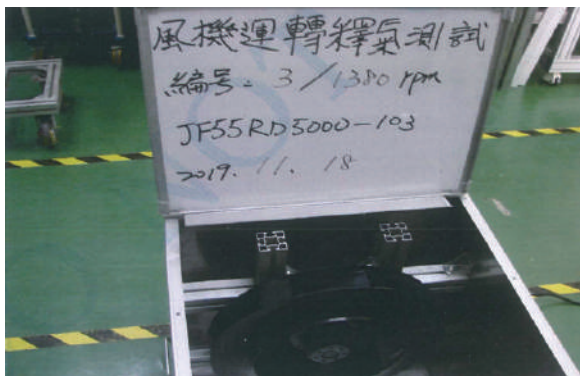
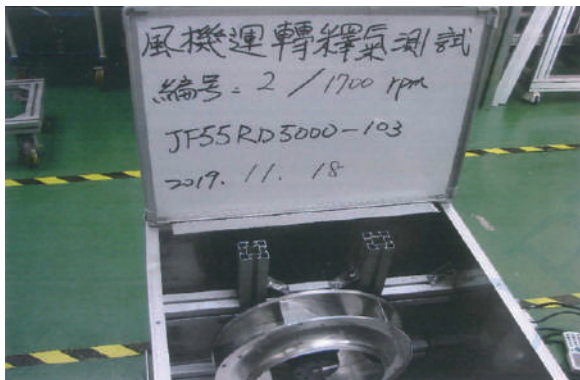
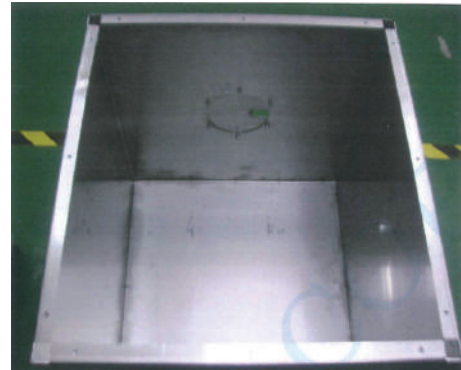
測試名稱：風機密閉循環運轉有機性釋氣測試  
廠牌/型號：奇立實業股份有限公司  
委託編號：JF55RD5000-103

風機運轉有機性釋氣測試結果與說明

一、有機釋氣分析結果

滯留時間 (min)	釋氣物質	分子式	分子量	CAS NO.	BK	NO1	NO2	NO3	NO4
					ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
3.07	2-Octyn-1-ol	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O	126	20739-58-6	N.D.	0.38	0.45	0.45	0.60
3.20	Acetaldehyde	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O	44	75-07-0	N.D.	0.59	0.50	0.46	0.77
5.20	Acetone	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58	67-64-1	0.45	<0.10	0.12	<0.10	<0.10
7.04	n-Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	110-54-3	0.26	0.12	0.12	<0.10	<0.10
8.67	2-Butanone	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	72	78-93-3	0.17	0.13	0.29	<0.10	<0.10
8.77	Ethyl Acetate	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	88	141-78-6	0.96	0.66	0.48	<0.10	0.45
9.18	4-Amino-1-butanol	C <sub>4</sub> H <sub>11</sub> NO	89	13325-10-5	<0.10	<0.10	0.12	<0.10	N.D.
9.54	Hexane, 2-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100	591-76-4	<0.10	<0.10	0.19	<0.10	<0.10
9.63	3-Octyn-1-ol	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O	126	14916-80-4	<0.10	<0.10	0.44	<0.10	N.D.
9.91	Hexane, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100	589-34-4	0.10	0.18	0.34	<0.10	N.D.
10.33	Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78	71-43-2	0.55	0.45	0.38	<0.10	0.31
10.49	Ethane, 1,2-dichloro-	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	99	107-06-2	0.12	<0.10	<0.10	<0.10	N.D.
10.84	Hexane, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100	589-34-4	0.13	0.25	0.36	<0.10	0.10
11.44	Acetic acid, anhydride with formic acid	C <sub>3</sub> H <sub>4</sub> O <sub>3</sub>	88	2258-42-6	0.13	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
12.01	Cyclohexane, methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	98	108-87-2	<0.10	<0.10	0.25	N.D.	<0.10
14.40	Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92	108-88-3	3.55	5.71	4.37	2.43	3.43
16.17	Acetic acid, butyl ester	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	116	123-86-4	0.40	0.46	0.19	<0.10	0.42
17.75	Benzene, 1,3-dimethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106	108-38-3	0.23	0.24	0.30	<0.10	0.42
18.03	o-Xylene	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106	95-47-6	0.71	0.88	N.D.	<0.10	1.84
18.94	p-Xylene	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106	106-42-3	0.24	0.34	0.12	<0.10	0.60
22.10	Benzaldehyde	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O	106	100-52-7	<0.10	<0.10	<0.10	N.D.	0.19
22.73	Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-,(S)-	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	5989-54-8	N.D.	<0.10	0.51	<0.10	N.D.
23.74	1-Hexanol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O	130	104-76-7	2.22	0.14	<0.10	14.08	0.72
24.08	Hydroxylamine, O-decyl-	C <sub>10</sub> H <sub>23</sub> NO	173	29812-79-1	0.18	0.51	<0.10	<0.10	0.13
25.54	Nonanal	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	142	124-19-6	0.25	0.21	0.20	<0.10	0.15
28.19	2-Decen-1-ol, (E)-	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O	156	18409-18-2	0.45	0.43	0.57	0.12	<0.10
28.97	Benzoic acid	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	122	65-85-0	0.13	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
33.30	Phthalic anhydride	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O <sub>3</sub>	148	85-44-9	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	0.37
	Others				2.3	1.8	2.9	3.1	2.3
	Total				11.72	11.60	10.49	19.72	10.95

註：滯留時間代表圖譜中分析物之波峰到達偵檢器的時間。本次最低測檢濃度 0.10 ppb。



樣機 C5 測試結果：

測試名稱：風機密閉循環運轉有機性釋氣測試  
 廠牌/型號：奇立實業股份有限公司  
 委託編號：JF55RD5000-146

風機運轉有機性釋氣測試結果與說明

一、有機釋氣分析結果

滯留時間 (min)	釋氣物質	分子式	分子量	CAS NO.	BK	NOS
					ppb	ppb
3.97	Acetone	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	58	67-64-1	0.14	<0.1
4.49	Pentane, 2-methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	107-83-5	0.12	2.82
4.92	Heptane, 2,2-dimethyl-	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	128	1071-26-7	N.D.	1.67
5.43	n-Hexane	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86	110-54-3	0.24	3.48
6.23	Pentane, 2,2-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100	590-35-2	N.D.	0.56
6.42	Pentane, 2,4-dimethyl-	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100	108-08-7	N.D.	0.91
6.57	Cyclopentane, methyl-	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	84	96-37-7	<0.1	1.23
7.22	Ethyl Acetate	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	88	141-78-6	0.35	0.40
7.82	Hexane, 2-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100	591-76-4	N.D.	3.75
8.16	Hexane, 3-methyl-	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100	589-34-4	<0.1	4.07
8.66	Benzene	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78	71-43-2	0.34	1.00
9.09	Heptane	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100	142-82-5	<0.1	1.35
12.66	Toluene	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92	108-88-3	1.28	2.10
12.85	Octane	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114	111-65-9	N.D.	0.41
16.29	1-Chloroundecane	C <sub>11</sub> H <sub>23</sub> Cl	190	2473-03-2	0.18	1.81
21.88	1-Hexanol, 2-ethyl-	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O	130	104-76-7	6.95	4.18
Others					0.20	1.80
Total					9.77	29.76

註：以上濃度係利用甲苯進行半定量分析計算獲得。  
 滯留時間代表圖譜中分析物之波峰到達偵檢器的時間。  
 本次最低測檢濃度 0.10 ppb。

