

行政院勞工委員會
勞工安全衛生研究所採樣分析參考方法

RM015B 半導體廠黃光區空氣中有機物

12/11/1996

容許濃度：見表一

參考資料：NIOSH 1400, 1300, 1450, 1501 [2]

分子式：見表二

分子量：見表二

基本物性：見表二

別名：見表二

CAS No.：見表二

RTECS No.：見表二

採 樣	分 析
採樣介質：活性碳管(100mg/50mg) 流 率：10-200mL/min 採樣體積：最小 0.5L 最大 9.6L@22°C, 50%RH 5.6L@30°C, 80%RH 樣品運送：例行性或冷藏 樣品穩定性：19 天 4°C， 22 天冷凍(-18°C) 現場空白樣品：每批樣品數的 10%，或至少 需二個以上	方 法：GC/FID 分析物：如表一化合物 脫附：1mL CS ₂ 脫附劑，內含 5% 二丁醇助脫附 劑，放置 30 分鐘 注射量：2μL 溫度 - 注入口：200°C - 偵檢器：250°C - 管 柱：Fused silica WCOT DB-FFAP, 30m × 0.53mm ID, 1μm 35°C $\xrightarrow{15^\circ\text{C}/\text{min}}$ 90°C $\xrightarrow{25^\circ\text{C}/\text{min}}$ 125°C (11min) (6min) (3min)
準 確 度	載流氣體：氮氣，2.8mL/min 標準樣品：分析物溶於 CS ₂ 中 檢量線範圍：見表三 可量化最低濃度：見表三 分析變異係數(CVa)：見表三
範 圍：見表九 偏 差：見表九 總變異係數(CV _T)：見表九 準確度：見表九	

適用範圍：本法方已實際應用於四家半導體廠黃光區空氣中有機物之測定。

干 擾：分析物若同時存在有己烷、丁酮，則將產生干擾，而無法有效同時分離本方法之五種化合物。

安全衛生注意事項：丙酮、異丙醇、乙酸正丁酯、二甲苯、乙二醇乙醚醋酸酯及二硫化碳，均為易燃性液體，屬第三類物質，會刺激眼睛、皮膚及呼吸系統，而暴露於乙二醇乙醚醋酸酯亦可能導致畸胎；二硫化碳為第六類毒性物質，應避免吸入蒸氣，操作二硫化碳實應在通風良好的氣櫃中進行。上述化合物均應置放於陰涼且通風良好處，緊蓋容器，並應遠離火源，金屬容器應作接地處理，使用時則應配戴護目鏡、口罩及手套。

註：本方法有標出參考文獻處，指內容係直接引用該文獻。

1. 試藥

- 1.1 脫附劑：CS₂*(層析級)，內含 5% 二丁醇助脫附劑及 0.1% n-heptane 內標定品。
- 1.2 分析物：丙酮、異丙醇、乙酸正丁酯、二甲苯、乙二醇乙醚醋酸酯(均為分析級)
- 1.3 氮氣。
- 1.4 氫氣。
- 1.5 經過濾之空氣。

2. 設備

- 2.1 採集設備：活性碳管（100 mg / 50 mg），見“勞委會有害物採樣分析建議方法通則篇之採樣介質”[18]。
- 2.2 個人採樣泵：流率約 10~200mL/min。
- 2.3 氣相層析儀：備有火焰離子化偵檢器(FID)、積分器，以及管柱。
- 2.4 2 mL 玻璃小瓶，備有聚四氟乙烯（PTFE）內襯的蓋子。
- 2.5 1 mL 定量吸管和吸球。
- 2.6 10 μL 之注射針筒。
- 2.7 10 mL 量瓶。
- 2.8 超音波振盪器。

3. 採樣

- 3.1 個人採樣泵連結活性碳管，進行流率校正，見“勞委會有害物採樣分析建議方法通則篇之採樣”[18]。
- 3.2 以正確且已知的流率，採集空氣。採樣泵流率為 10~200 mL/min，應採集的空氣體積約 0.5~9.6L。
- 3.3 以塑膠蓋封管，並以石蠟薄膜（parafilm）加封後運送。

4. 脫附效率測定與樣品脫附

4.1 脫附效率測定

4.1.1 見“勞委會有害物採樣分析建議方法通則篇之脫附效率”[18]。

4.1.2 將活性碳管兩端切開，使開口與管徑同大，倒出後段的活性碳，丟棄之。

4.1.3 以微量注射針筒取適量的分析物，直接注入前段的活性碳上。各化合物之添加量見表三。

4.1.4 以塑膠蓋封管，並以石蠟薄膜（parafilm）加封，冷藏靜置過夜。

4.1.5 以脫附劑脫附後，進行分析。

4.2 樣品脫附

4.2.1 打開活性碳管塑膠蓋，前端之玻璃綿拿出丟棄，前段之活性碳倒入 2 mL 的玻璃小瓶中。取出分隔之聚甲醯胺甲酯(PU)泡綿，後段之活性碳倒入另一個 2 mL 的玻璃小瓶。

4.2.2 每一玻璃小瓶中，加入脫附劑 1mL，立即蓋上瓶蓋。

4.2.3 以超音波振盪器振盪 30 分後測定。

5. 檢量線製作與品管

5.1 檢量線製作

5.1.1 見“勞委會有害物採樣分析建議方法通則篇之檢量線製作與品管”[18]。

5.1.2 以注射針筒直接注入含有 1mL 脫附劑的玻璃小瓶中。所建立之檢量線濃度範圍見表三。（註：至少應配製 5 種不同濃度，以建立檢量線。）

5.1.3 將樣品、標準溶液與空白樣品一起分析。

5.1.4 以波峰面積（或高度）對分析物的濃度，繪製檢量線。

5.2 品質管制

見“勞委會有害物採樣分析建議方法通則篇之檢量線製作與品管”[18]。

6 儀器分析

6.1 儀器分析條件

	條 件		
儀器	GC/FID		
管柱	Fused silica, WCOT, DB-FFAP 30 m× 0.53 mm ID, 1µm		
流率 (mL/min)			
空氣	400		
氫氣	33		
氮氣	2.8		
溫度 (°C)			
注入口	200 °C		
偵檢器	250 °C		
管 柱	15 °C/min	25 °C/min	
	35°C	90°C	125°C
	(11min)	(6min)	(3min)

註：以 HP5890 為例，亦可使用其它廠牌同級之儀器，但分析條件需另訂之。

6.2 大約滯留時間

化合物	滯留時間 (分鐘)
CS ₂ (脫附劑)	4.4
丙酮	5.8
異丙醇	8.8
苯(CS ₂ 內含物)	9.3
甲基異丁酮(內標物)	10.9
乙酸丁酯	12.8
二甲苯(鄰,間,對)	16.8
乙二醇乙醚醋酸酯	19.3

6.3 脫附效率*

化合物	容許濃度 (ppm)	相當採樣體積(L)	添加量 (mg/sample)	平均脫附效率(%)	分析變異係數 Cva (%)
丙酮	1000	0.026-0.106	0.063-0.252	100	3.0
異丙醇	400	0.096-0.382	0.094-0.376	93	0.7
乙酸正丁酯	150	0.097-0.386	0.070-0.281	101	3.5
二甲苯(鄰,間,對)	100	1.187-4.747	0.515-2.048	94	1.2

乙二醇乙醚醋酸酯	100	0.106-0.423	0.058-0.232	96	1.5
----------	-----	-------------	-------------	----	-----

* 採樣介質為 SKC 226-01, 號 120 活性碳管(100mg/50mg),或可使用其他廠牌的同級品。

6.4 注射樣品進入氣相層析儀，使用自動注射器或採用溶劑沖刷注射技術(solvent flush injection technique) — 利用 10 μ L 之注射針筒先以溶劑(CS₂)沖刷數次濕潤針管與活塞，取約 3 μ L 溶劑後，吸入約 0.2 μ L 空氣，以分開溶劑與樣品，針頭再浸入樣品中吸入 1 μ L 樣品後，在空氣中後退約 1.2 μ L，以減少針頭樣品蒸發之機會，檢視注射針筒之針管樣品佔 0.9~1.1 μ L。

6.5 以電子積分器或其他適當方法計算面積（或高度），分析結果自檢量線上求出。

7.計算

$$C = \frac{(W_f - B_f + W_b - B_b) \times 10^3}{V}$$

C：空氣中有害物濃度(mg/m³)

V：採集氣體體積(L)

W_f：前段活性碳管所含分析物之質量(mg)

W_b：後段活性碳管所含分析物之質量(mg)

B_f：現場空白樣品前段的算術平均質量(mg)

B_b：現場空白樣品後段的算術平均質量(mg)

註：如(W_b) > (W_f/ 10)即表破出，樣品可能有損失。

8. 方法驗證

8.1 方法驗證分析條件

	測 試 1	測 試 2
儀 器	GC/FID(HP5890)	GC/FID(HP5890)
分析條件		
溫度(°C)		
注入口	200°C	200°C
偵測器	250°C	250°C
管 柱	20°C/min 40°C/min 35°C → 85°C → 125°C (5min) (6min) (2min)	15°C/min 15°C/min 35°C → 90°C → 125°C (11min) (6min) (3min)
流率(mL/min)		
空氣	400	400
氫氣	30	40
氮氣	3.0	3.0
管柱	Fused silica WCOT, DB-FFAP 30m× 0.53mm ID	Fused silica WCOT, DB-FFAP 30m× 0.53mm ID

8.2 脫附效率驗證

化合物	添加量範圍 (mg)	測試 1		測試 2	
		平均脫附 效率(%)	CVa (%)	平均脫附 效率(%)	CVa (%)
丙酮	0.063-0.252	100	1.0	97	3.7
異丙醇	0.094-0.376	101	1.2	97	1.1
乙酸正丁酯	0.070-0.281	102	1.2	103	2.2
二甲苯(鄰,間,對)	0.515-2.048	97	1.0	99	0.8
乙二醇乙醚醋酸酯	0.058-0.232	100	2.9	98	0.9

脫附效率測試樣品 n=6。

9.高濕環境下破出測試與樣品貯放穩定性測試

本方法評估是以注射針趨動法產生標準氣體，並分別於 30°C、80%RH 高濕環境及 22°C，50%RH 半導體廠黃光區現場作業環境條件下，進行 6 個樣品之破出測試，破出測試結果如表九，故其於半導體廠黃光區製程中，本方法建議最大採樣體積為 9.6L。在樣品貯放穩定性測試方面，分別於室溫、5°C、-18°C 三個貯放條件下進行測試，結果如表七。另丙酮樣品在室溫中貯放 6 天後，丙酮損失率達 35%，因此建議此五種混存溶劑樣品於運送或貯存時，應儘量置於 5°C 以下之環境。

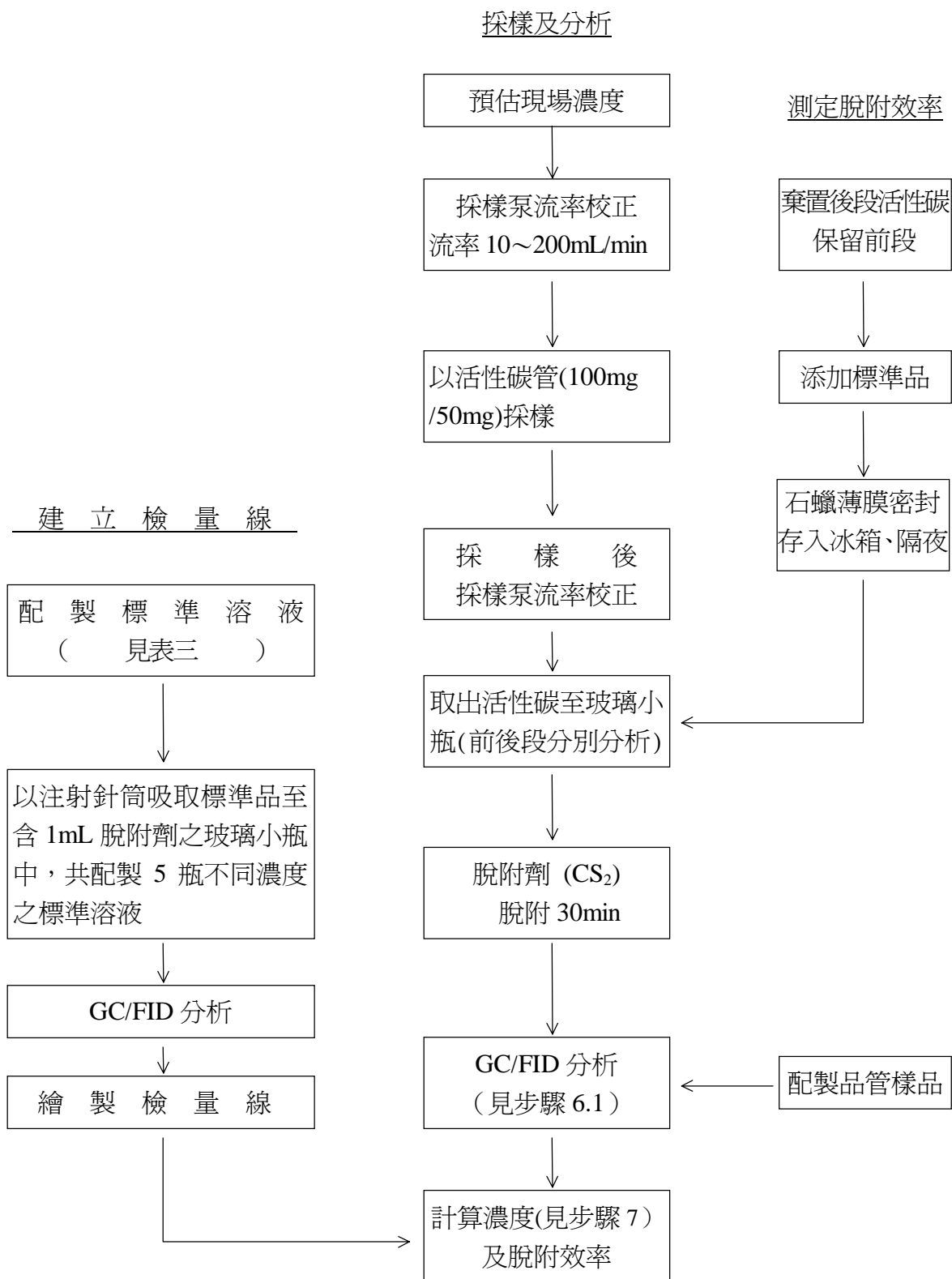
10.參考文獻

- [1] 馬文松，余榮彬，施慧中，1991；“作業環境空氣中有害物質標準分析參考方法”，第一版，行政院勞工委員會。
- [2] NIOSH, Department of Human and Health Service, U.S.A.; 1994 “NIOSH Manual of Analytical Methods”, 4th ed.
- [3] Salt Lake City Laboratory, Occupational Safety and Health Administration, U.S.A. 1984; “OSHA Manual of Analytical Methods”.
- [4] Beck, S.W., Stock, T.H. and Whitehead, L.W., 1990; “Improved Efficiency of Desorption of Oxygenated Solvents from Activated Charcoal Using a New Polar Additive to Carbon Disulfide”, *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 5(3):171-177.
- [5] Kenny, J. and Stratton, G., 1989; “An Improved Desorption Solvent for Organic Mixtures”, *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*:A431-434.
- [6] Chelton, C.F., Glowatz, M. and Mosovsky, J.A., 1991; “Chemical Hazards in the Semiconductor Industry”, *IEEE Trans. on Educ.*, 34(3):269-288.
- [7] Scarpace, L., Williams, M., Baldwin, D., Stewart, J., and Lassiter, D.V., “Hazard Assessment and Control Technology in Semiconductor Manufacturing”, *American*

Conference of Governmental Industrial Hygienists in Cincinnati, Ohio, 1987:47-52.

- [8] 行政院勞委會勞工檢查處，1989，台北；“半導體製造業作業環境調查研究報告”：1-10。
- [9] Webb, S. and Hoerl, J. 1994; “Use of Hazardous Air Pollutants in Semiconductor Manufacturing”, *Semicond. Saf. Assoc. J.*, March:13-16.
- [10] Piacitelli, G. M., Votan, D.M. and Krishnan, E.R., 1990; “An Exposure Assessment of Industries Using Ethylene Glycol Ethers”, *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 5(2):107-114.
- [11] Adkins, J.E.Jr. and Henry, N.W.III, 1995; “Industrial Hygiene-Review”, *Anal. Chem.*, 67:349R-376R.
- [12] 余榮彬，施慧中，1994；“甲苯蒸氣被動式採樣器評估研究”，*勞工安全衛生研究季刊*，第2卷，第2期：45-55。
- [13] 余榮彬，施慧中，1994；“作業環境空氣中有害物質分析技術開發-期末報告”，*工研院工業安全衛生技術發展中心*：38-46。
- [14] Harper, M., Coyne, L.S. and Fiorito, D.L., 1994; “Validation of Solvent Sampling Methods for Methylene Chloride”, *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 9(3):198-205.
- [15] ACGIH, 1993-1994; “Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Index”:39-40.
- [16] 勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準，行政院勞工委員會，民國84年6月。
- [17] 余榮彬，施慧中，1993；“作業環境空氣中有害物質分析技術開發-期末報告”，*工研院工業安全衛生技術發展中心*：48-88。
- [18] 勞工作業環境空氣中有害物採樣分析建議方法通則篇，行政院勞工委員會，民國84年12月。

附註一 採樣分析流程圖



表一、半導體廠黃光區五種空氣中有機物容許濃度標準，ppm

化合物	勞委會 [16]	OSHA		NIOSH		ACGIH		mg/m ³ per ppm @NTP
		TWA	STEL	TWA	STEL	TLV	STEL	
丙酮	1000	750	1000	250	—	750	1000	2.38
異丙醇	400	400	500	400	500	400	500	2.46
乙酸正丁酯	150	150	200	150	200	150	200	4.83
二甲苯	100	100	150	100	150	100	150	4.34
乙二醇乙醚醋酸酯	100	100	—	10	15	5(skin)	—	5.49

表二、半導體黃光區五種空氣中有機物基本物性資料

化合物/ 別名	CAS No.	分子式	分子量	沸點(°C)	蒸氣壓@25°C		密度 @20°C (g/mL)
	/ RTECS No.	/ 簡式			(mmHg)	(Kpa)	
acetone / 2-propanone	67-64-1 AL3150000	CH ₃ COCH ₃ / C ₃ H ₆ O	50.08	56	35.5	2.66	0.791
iso-propyl alcohol / 2-propanol	67-63-0 NT8050000	CH ₃ CH(OH)CH ₃ / C ₃ H ₈ O	60.09	82.5	33*	4.4*	0.785*
n-butyl acetate / acetic acid butyl ester	123-86-4 AF7350000	CH ₃ COO(CH ₂) ₃ CH ₃ / C ₆ H ₉ O ₂	116.6	124	10	1.3	0.88
xylene / dimethyl benzene	1330-20-7 ZE2100000	C ₆ H ₅ (CH ₃) ₂ / C ₈ H ₁₀	106.17	138.4	8.8	1.18	0.861
2-ethoxyethyl acetate / ethylene glycol monoethyl ether ester / cellosolve acetate	111-15-9 KK8225000	CH ₃ COO(CH ₂) ₂ OC H ₅ / C ₆ H ₁₂ O ₃	132.16	156	2	0.3	0.973

* : 所標示物質之蒸氣壓@20°C

表三、測定範圍、可量化最低濃度、檢量線範圍

化合物	測 定		可量化最低濃度 (mg/mL)	檢量線範圍 (mg/mL)
	添加量範圍 (mg)	分析變異係數 CVa (%)		
acetone	0.063-0.252	3.0	0.032	0.032-0.315
isopropyl alcohol	0.094-0.376	0.7	0.047	0.047-0.470
n-butyl acetate	0.070-0.281	3.5	0.035	0.035-0.351
p-xylene	0.515-2.048	1.2	0.258	0.258-2.560
2-ethoxyethyl acetate	0.058-0.232	1.5	0.029	0.029-0.290

表四、分析方法驗證條件

	方法製訂單位	協同覆驗單位一	協同覆驗單位二
分析儀器	GC/FID	GC/FID	GC/FID
分析條件			
管柱	Fused silica WCOT DB-FFAP, 30m× 0.53mm ID, 1µm	Fused silica WCOT DB-FFAP, 30m × 0.53mm ID, 1µm	Fused silica WCOT DB-FFAP, 30m × 0.53mm ID, 1µm
流率(mL/min)			
空氣	400	400	400
氫氣	33	30	40
氮氣	2.8	3.0	3.0
溫度(°C)			
注入口	200°C	200°C	200°C
偵檢器	250°C	250°C	250°C
管 柱	15°C/min 25°C/min 35°C → 90°C → 25°C (11min) (6min) (3min)	20°C/min 40°C/min 35°C → 85°C → 25°C (5min) (6min) (2min)	15°C/min 15°C/min 35°C → 90°C → 25°C (11min) (6min) (3min)

表五、分析方法實驗室間盲樣測試結果

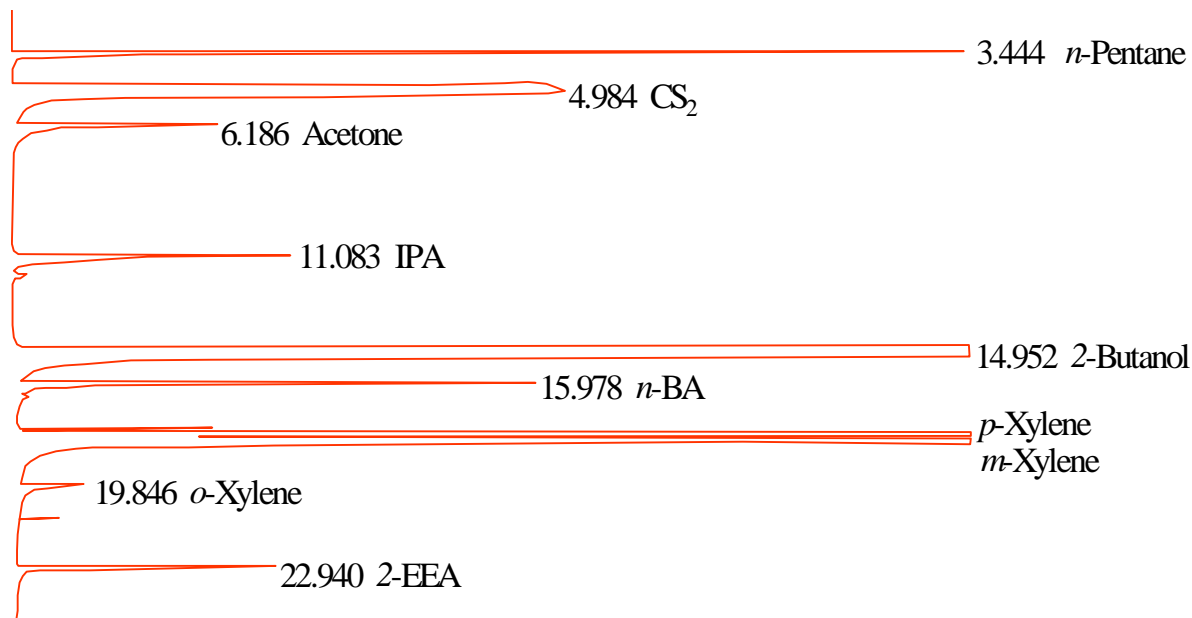
化合物	添加量 mg	製訂單位		驗證單位一		驗證單位二		平均 ²
		測試值 (mg)	誤差 ¹ (%)	測試值 (mg)	誤差 (%)	測試值 (mg)	誤差 (%)	誤差 (%)
丙酮	0.064	0.071	+10.9	0.065	+1.6	0.077	+20.3	10.9
		0.070	+9.4	0.063	-1.6	0.076	+18.8	9.9
		0.071	+10.9	0.063	-1.6	0.079	+23.4	12.0
	0.189	0.203	+7.4	0.193	+2.1	0.196	+3.7	4.4
		0.202	+6.9	0.192	+1.6	0.193	+2.1	3.5
		0.203	+7.4	0.182	-3.7	0.202	+6.9	6.0
異丙醇	0.094	0.093	-1.1	0.092	-2.1	0.091	-3.2	2.1
		0.093	-1.1	0.092	-2.1	0.090	-2.1	1.8
		0.093	-1.1	0.089	-5.3	0.091	-3.2	3.2
	0.281	0.276	-1.8	0.271	-3.6	0.274	-2.5	2.6
		0.274	-2.5	0.277	-1.4	0.269	-4.3	2.7
		0.277	-1.4	0.273	-2.8	0.279	-0.7	1.6
乙酸正丁酯	0.070	0.071	+1.4	0.068	-2.9	0.070	0	1.4
		0.076	+8.6	0.070	0	0.073	+4.3	4.3
		0.070	0	0.065	-7.1	0.070	0	2.4
	0.210	0.222	+5.7	0.197	-6.2	0.208	-1.0	4.3
		0.223	+6.2	0.203	-3.3	0.204	-2.9	4.0
		0.230	+9.5	0.209	+0.5	0.211	+0.5	3.5
二甲苯	0.515	0.528	+2.5	0.509	-1.2	0.497	-3.5	2.4
		0.529	+2.7	0.507	-1.6	0.499	-3.1	2.5
		0.523	+1.6	0.478	-7.2	0.500	-2.9	3.9
	1.539	1.562	+1.5	1.433	-6.9	1.530	-0.6	3.0
		1.574	+2.3	1.474	-4.2	1.520	-1.2	2.6
		1.570	+2.0	1.519	-1.3	1.547	+0.5	1.3
乙二醇乙醚 醋酸酯	0.058	0.061	+5.2	0.051	-12.1	0.056	-3.4	6.9
		0.061	+5.2	0.050	-13.8	0.057	-1.7	6.6
		0.060	+3.4	0.048	-17.2	0.057	-1.7	17.6
	0.174	0.185	+6.3	0.159	-8.6	0.174	0	5.0
		0.178	+6.3	0.165	-5.2	0.172	-1.1	4.2
		0.179	+6.3	0.168	-3.4	0.174	0	3.2

1. 誤差=(測試值-添加量)/添加量

2. 平均誤差是取誤差百分比絕對值之平均

二、分析圖譜及分析條件

1.圖譜



2.分析條件

	條	件
儀器	GC/FID	
管柱	fused silica, WCOT, DB-FFAP 30m× 0.53mm ID, 1.0μm	
流率 (mL/min)		
空氣	400	
氫氣	33	
氮氣	2.8	
溫度 (°C)		
注入口	200 °C	
偵檢器	250 °C	
管 柱	15°C/min	25°C/min
	35°C → 90°C	→ 25°C
	(11min)	(6min) (3min)

表六、實驗室間脫附效率測試結果

化合物	添加量範圍(mg)	製訂單位		驗證單位一		驗證單位二	
		平均脫附效率(%)	CVa (%)	平均脫附效率(%)	CVa (%)	平均脫附效率(%)	CVa (%)
丙酮	0.063-0.252	100	3.0	100	1.0	97	3.7
異丙醇	0.094-0.376	93	0.7	101	1.2	97	1.1
乙酸正丁酯	0.070-0.281	101	3.5	102	1.2	103	2.2
二甲苯	0.515-2.048	94	1.2	97	1.0	99	0.8
乙二醇乙醚醋酸酯	0.058-0.232	96	1.5	100	2.9	98	0.9

n=6

表七、儲存穩定性

化合物	相對回收率* (%)	天數	條件							
			0	六	九	十二	十五	十九	二十二	
丙酮 添加量 (0.1262mg/樣品)			室溫	100	66.1	54.1	46.6	36.5	30.3	17.9
			冷藏(5°C)	100	79.1	77.0	78.1	80.9	77.4	68.8
			冷凍(-18°C)	100	76.9	92.3	85.8	86.2	82.6	82.7
異丙醇 添加量 (0.108mg/樣品)			室溫	100	95.0	90.1	96.5	99.5	100.2	98.5
			冷藏(5°C)	100	91.3	97.6	88.1	108.3	105.9	109.4
			冷凍(-18°C)	100	89.1	107.1	106.9	106.7	93.8	103.5
乙酸正丁酯 添加量 (0.1406mg/樣品)			室溫	100	92.1	93.1	95.6	97.9	96.5	99.8
			冷藏(5°C)	100	88.3	100.3	104.7	103.6	98.8	106.5
			冷凍(-18°C)	100	88.1	109.4	106.5	99.3	87.6	98.3
二甲苯 添加量 (1.030mg/樣品)			室溫	100	93.7	96.3	99.2	101.5	100.0	101.4
			冷藏(5°C)	100	89.1	102.3	105.6	104.1	101.0	107.3
			冷凍(-18°C)	100	91.0	112.6	108.6	102.1	91.8	99.0
乙二醇乙醚醋酸酯 添加量 (0.1166mg/樣品)			室溫	100	83.2	85.8	80.4	80.3	77.3	82.7
			冷藏(5°C)	100	86.9	91.5	83.9	98.6	90.9	96.7
			冷凍(-18°C)	100	89.0	105.2	105.0	99.9	85.9	95.0

*相對回收率：係指相對於第一天分析結果的回收率，每一條件之測試樣品數為3。

表八、製漆業作業環境空氣中有機物準確度一覽表[1]

化合物	丙酮	異丙醇	乙酸正丁酯	二甲苯	乙二醇乙醚醋酸酯
範圍 (Range studied)	1200~4500mg/m ³ 4.3L	505~1890mg/m ³ 6.0L	352~1475mg/m ³ 20.5L	218~870mg/m ³ 35L	262~1100mg/m ³ 34.6L
偏差(Bias)	--	--	0.3	-1.2	9.6
總變異係數 (CV)/overall precision	0.082	0.064	0.069	0.060	0.062
準確度 (accuracy)	--	±14%	10.4%	12.2%	19.4%
參考資料	NIOSH 1300	NIOSH 1400	NIOSH 1450	NIOSH1501	NIOSH 1450

表九、破出測試結果

	測 試 條 件 ¹		
	30±2°C	30± 2°C	22± 0.5°C
溫度	30±2°C	30± 2°C	22± 0.5°C
溼度	80 ± 5% RH	50 ± 5% RH	50 ± 5% RH
採樣流率(mL/min)	80	79	74
全破出時間 ² (分)	177	244	306
5%破出時間(分)	104	154	194
5%破出體積(L)	8.3	12.2	14.4
建議破出體積 ³ (L)	5.6	8.2	9.6

註：1.混和氣體測試濃度：丙酮/異丙醇/乙酸正丁酯/二甲苯/乙二醇乙醚醋酸酯分別為 108ppm/103ppm/60ppm/64ppm/58ppm。

2.全破出時間為六個樣品破出時間之平均值。

3.建議破出體積=0.67× (5%破出體積)；0.67 為安全係數。