

科技部補助產學合作研究計畫成果精簡報告

熱穩定劑產生揮發成份對塑膠製品影響之測定

計畫類別：開發型
計畫編號：MOST 106-2622-M-041-001-CC2
執行期間：106年02月01日至107年01月31日
執行單位：嘉藥學校財團法人嘉南藥理大學醫藥化學系

計畫主持人：王來好
共同主持人：凌櫻玫
計畫參與人員：此計畫無其他參與人員

處理方式：
公開方式：立即公開

中華民國 107 年 02 月 07 日

中文摘要：利用芳香族二胺與苯四酸直接聚縮合，合成聚合物polyimides薄膜。設計氣體採樣技術以polyimides薄膜吸附苯衍生物揮發物如甲苯(toluene)、乙苯(ethylbenzene)、鄰二甲苯(o-xylene)、2-乙基甲苯(2-ethyltoluene)、3-乙基甲苯(3-ethyltoluene)。改變溫度與時間變數，利用傅立葉轉換紅外線衰減全反射率(attenuated total reflectance (FT IR-ATR)快速測定揮發物吸附薄膜之吸收值。並利用靜態頂空法—氣相層析(HS-GC)測定，進行揮發物濃度與聚醯亞胺吸附效率之比較。此方法應用於塑化原料或製品之測定。

中文關鍵詞：傅立葉轉換紅外線；靜態頂空法—氣相層析；苯衍生物揮發物；聚醯亞胺吸附效率。

英文摘要：The polymer polyimides were synthesized by direct condensation of aromatic diamine with pyromellitic acid. A rapid nondestruction analysis method is established to qualitatively detect of five kinds derivatives of benzene volatile components, containing toluene, ethylbenzene, o-xylene, 2-ethyltoluene and 3-ethyltoluene which uses Fourier transform- attenuated total reflectance spectroscopy to determine the IR spectrogram of derivatives of benzene volatile components and adsorption efficiency of polyimides. Comparison with results obtained from head space- gas chromatography detection. The spectrogram of fingerprint data is applied for the compare with commercial raw materials of plastic or products for the purity

英文關鍵詞：Fourier transform- attenuated total reflectance spectroscopy; head space-gas chromatography ; derivatives of benzene volatile components; adsorption efficiency of polyimides

科技部補助專題研究計畫成果報告

(期中進度報告/期末報告)

(計畫名稱)

熱穩定劑產生揮發成份對塑膠製品影響之測定

計畫類別：個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：MOST 106 - 2622 - M - 041 - 001 - CC2

執行期間：106 年 2 月 1 日至 107 年 1 月 31 日

執行機構及系所：嘉南藥理大學 醫藥化學系

計畫主持人：王來好

共同主持人：凌櫻玫

計畫參與人員：曾玉琴

期末報告處理方式：

1. 公開方式：

非列管計畫亦不具下列情形，立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權，一年二年後可公開查詢

2. 「本研究」是否已有嚴重損及公共利益之發現：否 是

3. 「本報告」是否建議提供政府單位施政參考 否 是，_____ (請列舉提供之單位；本部不經審議，依勾選逕予轉送)

中 華 民 國 107 年 2 月 7 日

熱穩定劑產生揮發成份對塑膠製品影響之測定

Determination of volatile components produced from heat stabilizers in plastic products

Lai-Hao Wang

Department of Medical Chemistry, Chia Nan University of Pharmacy and Science, 60 Erh-Jen Road, Section 1, Jen Te, Tainan 71743, Taiwan.

*Author to whom correspondence should be addressed.

Tel: 886-6-266-4911 ext 2316; Fax: 886-6-266-7319; E-mail: e201466wang@msa.hinet.net

中文摘要

利用芳香族二胺與苯四酸直接聚縮合，合成聚合物 polyimides 薄膜。設計氣體採樣技術以 polyimides 薄膜吸附苯衍生物揮發物如甲苯 (toluene)、乙苯 (ethylbenzene)、鄰二甲苯 (o-xylene)、2-乙基甲苯 (2-ethyltoluene)、3-乙基甲苯 (3-ethyltoluene)。改變溫度與時間變數，利用傅立葉轉換紅外線衰減全反射率(attenuated total reflectance (FT IR-ATR)快速測定揮發物吸附薄膜之吸收值。並利用靜態頂空法—氣相層析 (HS-GC)測定，進行揮發物濃度與聚醯亞胺吸附效率之比較。此方法應用於塑化原料或製品之測定。

關鍵詞：傅立葉轉換紅外線；靜態頂空法—氣相層析；苯衍生物揮發物；聚醯亞胺吸附效率。

英文摘要

The polymer polyimides were synthesized by direct condensation of aromatic diamine with pyromellitic acid. A rapid nondestruction analysis method is established to qualitatively detect of five kinds derivatives of benzene volatile components,

containing toluene, ethylbenzene, o-xylene, 2-ethyltoluene and 3-ethyltoluene which uses Fourier transform- attenuated total reflectance spectroscopy to determine the IR spectrogram of derivatives of benzene volatile components and adsorption efficiency of polyimides. Comparison with results obtained from head space- gas chromatography detection. The spectrogram of fingerprint data is applied for the compare with commercial raw materials of plastic or products for the purity.

Keywords: Fourier transform- attenuated total reflectance spectroscopy; head space-gas chromatography ; derivatives of benzene volatile components; adsorption efficiency of polyimides.

內容

前言

研究目的

根據文獻報導，新型的液體鈣/鋅熱穩定劑由 *N*-(3-amino-benzoic acid)

tung-maleamic acid (ABTMA)合成 [1]。不含鎘、鉛與其他重金屬之鋇/鋅熱穩定劑 [2]、液體含羧酸鹽 (carboxylates)之鋇/鋅熱穩定劑 [3-4] 與固體金屬鈣、鋇、鋅、鎘、鉛合成金屬脂肪酸鹽(metal carboxylates) 熱穩定劑 [5]。目前環保所用的可塑劑PVC中常含混合(RCOO)₂Ba (RCOO)₂Zn (莫耳比 2:1), R 為 C₈-C₂₄ alkyl 或 C₆-C₂₄ alkenyl 之熱穩定劑 [6]。熱穩定劑除上述金屬脂肪酸鹽外, 尚含環氧化合物 (epoxy compounds)、亞磷酸酯 (phosphites)、脂肪族和芳香族化合物與有機錫化合物 (organotin compounds)等, 用於防止 PVC 的熱氧化分解 [7]。

然而, 殘留的揮發物, 由 PVC 塑料製品熱分解蒸發, 有害氣體 (苯、二甲苯取代物與烯烴類)進入的生態系統, 造成人類和其他動物致癌與環境污染物 (氯化氫與 CO₂) [8-10]。因此, 製造低揮發物塑料製品之趨勢是目前研發重點 [11-14]。現行既有分析技術有光譜研究 CO₂ 吸收劑 [15]、合成奈米多孔材質或高分子膜捕捉 CO₂ [16-19]與石英晶體微天平快速評估揮發物 [20]。然而 GC/MS 沒能測出 CO₂, 且 GC/MS 儀器之使用與維修成本, 對中小型企業及研究經費少的實驗室是一項大負擔。學術研究文獻 [21-26], 仍在探討高分子薄膜的特性比較及各別吸附氣體能力, 對實際樣品檢測 VOC 仍少見。本研究合成 polyimides 高分子薄膜, 利用薄膜吸附苯衍生物揮發物, 以 FT IR-ATR 對塑化原料或製品做快速分析, 並利用靜態頂空法一氣

相層析(HS-GC)測定, 進行揮發物濃度比較。

文獻探討

1. Mei Wang, Jianling Xia, Jianchun Jiang, Shouhai Li, Kun Huang, Wei Mao, Mei Li, A novel liquid Ca/Zn thermal stabilizer synthesized from tung-maleic anhydride and its effects on thermal stability and mechanical properties of PVC, *Polymer Degradation and Stability*, 2016, 133,136-143.
2. Gao, Erjin; Tang, Wei; Wang, Zhiyong; Qu, Yingjun; Chen, Senfang; Liao, Yonglin, Application of Ba/Zn heat stabilizer HBZ 1053 in PVC soft products, *Suliao Zhuji*, 2013, 2, 42-45.
3. Shi, Xunruo, Ba-Zn liquid composite stabilizer and its application for PVC pipes, *Faming Zhuanli Shenqing*, 2010, CN 101747530 A 20100623.
4. Duan, Ruzhe; Jiang, Pingping; Zhang, Xiaoyan, Research on property of Ba/Zn liquid complex heat stabilizer doped with rare earth lanthanum salt, *Suliao Gongye*, 2008, 36(2), 55-58, 61.
5. Akhmetkhanov, R. M.; Kolesov, S. V.; Kadyrov, R. G.; Karmilov, A. Yu.; Zaikov, G. E., Preparation of Metal Carboxylates and Their Stabilizing Performance under Intense High-Pressure Shear Treatment, *Russian Journal of Applied Chemistry (Translation of Zhurnal Prikladnoi Khimii)*, 2004,

- 77(5), 842-845.
6. Ning, Jianhua; Tian, Feng, Transparent environment-friendly PVC modified material and preparation method thereof, Faming Zhuanli Shenqing, 2014, CN 104130528 A 20141105.
 7. Arkis, E.; Balkoese, D, Thermal stabilization of polyvinyl chloride by organotin compounds, *Polymer Degradation and Stability*, 2005, 88(1), 46-51.
 8. Hourston, D.J., Degradation of plastics and polymers, Reference Module in Materials Science and Materials Engineering, 2010, Vol.3, 2369-2386.
 9. Curran, Katherine; Underhill, Mark; Gibson, Lorraine T.; Strlic, Matija, The development of a SPME-GC/MS method for the analysis of VOC emissions from historic plastic and rubber materials, *Microchemical Journal*, 2016, 124, 909-918.
 10. Zou, Huizhong; Jing, Yingjie; Ding, Zilong; Tu, Pingping; Xu, Min, Low-volatility environment-friendly PVC cable material and its manufacturing process, Faming Zhuanli Shenqing (2015), CN 104403232 A 20150311.
 11. Romagnano, Stefano; Floridi, Giovanni; Li Bassi, Giuseppe, Overbased calcium carboxylate/carbonate compositions, Eur. Pat. Appl. 2013, EP 2599766 A1 20130605.
 12. Tansey, William J., Low VOC and fog, low temperature PVC for seamless air bag doors, U.S. Pat. Appl. Publ. 2011, US 20110028625 A1 20110203.
 13. Nishihara, Ken; Mitsudera, Taro; Nishimura, Hiroshi, Liquid stabilizer compositions for PVCs and PVCs plastisol compositions with low volatile organic compounds (VOC) release, Jpn. Kokai Tokkyo Koho 2007, JP 2007204525 A 20070816.
 14. trepka, Arron; Joshi, Makarand V.; Arendt, William D., Aqueous film-forming compositions containing reduced levels of volatile organic compounds VOC and preparing a low VOC plasticized aqueous polymer composition and coated substrates, U.S. Pat. Appl. Publ. 2008, US 20080103237 A1 20080501.
 15. Wilfong, Walter Christopher; Kail, Brian W.; Jones, Christopher W.; Pacheco, Carlos; Gray, McMahan L., Spectroscopic Investigation of the Mechanisms Responsible for the Superior Stability of Hybrid Class 1/Class 2 CO₂ Sorbents: A New Class 4 Category, *ACS Applied Materials & Interfaces* , 2016, 8(20), 12780-12791.
 16. Shah, Sajid Hussain; Uemura, Yoshimitsu; Yusup, Suzana; Kusakabe, Katsuki; Mahmood, Qaisar; Ali, Atif, Nano-Structured Porous Yttria-Stabilized Zirconia Membrane for High-Temperature CO₂ Capture from H₂/CO₂ Mixture, *Arabian Journal for Science and Engineering* ,2016,41 (12), 4763-4774.

17. Klinthong, Worasaung; Huang, Chih-Hung; Tan, Chung-Sung, One-Pot Synthesis and Pelletizing of Polyethylenimine-Containing Mesoporous Silica Powders for CO₂ Capture, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2016, 55(22), 6481-6491.
18. Zhang, Lihuo; Zhan, Ni; Jin, Qing; Liu, Honglai; Hu, Jun, Impregnation of Polyethylenimine in Mesoporous Multilamellar Silica Vesicles for CO₂ Capture: A Kinetic Study, *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2016, 55(20), 5885-5891.
19. Kim, Kee Hong; Ingole, Pravin G.; Kim, Jong Hak; Lee, Hyung Keun, Separation performance of PEBAX/PEI hollow fiber composite membrane for SO₂/CO₂/N₂ mixed gas, *Chemical Engineering Journal (Amsterdam, Netherlands)*, 2013, 233, 242-250.
20. Kuchmenko, T. A.; Drozdova, E. V., A method for the rapid estimation of the level of emissions of toxic easily volatile compounds from polymeric household products using an array of quartz crystal microbalance sensors, *Journal of Analytical Chemistry*, 2015, 70(11), 1373-1382.
21. Rashmita Das, Sudip Biswas, Rajib Bandyopadhyay, Panchanan Pramanik; Polymerized linseed oil coated quartz crystal microbalance for the detection of volatile organic vapours, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 185, 2013, 293-300.
22. Kimura, Mutsumi; Liu, Ye; Sakai, Ryosuke; Sato, Seiko; Hirai, Toshihiro; Fukawa, Tadashi; Mihara, Takashi, Detection of volatile organic compounds by analyses of polymer-coated quartz crystal microbalance sensor arrays, 2011, 23, 359-368.
23. Kimura, M.; Sugawara, M.; Sato, S.; Fukawa, T.; Mihara, T, Volatile organic compound sensing by quartz crystal microbalances coated with nanostructured macromolecular metal complexes, 2010, 5, 869-876.
24. Oeztuerk, Zafer Ziya; Kilinc, Necmettin; Atilla, Devrim; Guerek, Ayse Guel; Ahsen, Vefa, Recent studies chemical sensors based on phthalocyanines, 209, 13, 1179-1187.
25. Si, Pengchao; Mortensen, John; Komolov, Alexei; Denborg, Jens; Moller, Preben Juul, Polymer coated quartz crystal microbalance sensors for detection of volatile organic compounds in gas mixtures, 2007, 597, 223-230.
26. Matsuguchi, Masanobu; Uno, Toshiyuki, Molecular imprinting strategy for solvent molecules and its application for QCM-based VOC vapor sensing, 2006, 113, 94-99.
27. Zhang, Chunhong; Su, Guangdong; Chen, Hui; Sun, Ying; Song, Hairui; Tong, Lili, Synthesis of polyimides with low viscosity and good thermal properties via copolymerization, *Journal of Applied Polymer Science*, 2015, 132(3), 41303/1-41303/5.
28. Xiao-juan Li, Lu Chen, Wei Huang, Xiang Li, Chao-liang Zhang and Xi-kui Liu, Green Synthesis of Polyimides and Their CNT Based Nanohybrid Shish- Kebabs through

Reaction-induced Crystallization of Nylon-salt-type Monomers in Glycerol, Chinese Journal of Polymer Science, 2014, Vol. 32, No. 8, 1052–1059.

研究方法

2.1 儀器與試藥

使用氣相層析 – 火焰離子化檢測器(GC-FID) (型號 GC-2014 GC; Shimadzu Technologies), 測定苯衍生物之揮發成分。利用衰減全反射式傅立葉轉換紅外線光譜儀(ATR-FTIR)(Perkin Elmer Spectrum RX 1 (RX-1; Perkin-Elmer, Fremont, CA, USA)和 ATR 配件(MIRacle single-reflection horizontal attenuated total reflectance (ATR) accessory, PIKE Technologies, Inc.), 測定苯衍生物之揮發成分的吸收光譜。合成試藥有下列物質: pyromellitic acid 與 二胺 (p-phenylenediamine 與 hexamethylene diamine) 購於 TCI (東京化成工業株式會社)。苯衍生物包括 o-xylene、2-ethyltoluene 與 3-thyltoluene 購於 Alfa Aesar (UK)、ethylbenzene 購於 Acros (Geel-Belgium)、toluene 購於 Echo。所有其它化學物質是分析級試劑。

2.2 合成聚醯亞胺 (Polyimides)

使用文獻報告方法 [27-28], 以苯四酸 (pyromellitic acid, PMA) 分別與二胺單體 (對苯二胺 (PPDA)和六亞甲基二胺 (HMDA), 以不同比例 (1:1, 4:5, 5:4)、油浴加熱溫度 (180 - 250°C)、在甘油中反應 1-6 小時, 經由共聚合成聚醯亞胺。將反應產物經過離心機分離所得到的沉澱產物, 用蒸餾水和乙醇洗滌數次, 並將沉澱產物放

至乾燥箱。

2.3 測定方法

2.3.1 HS-GC

- (1) 進行定量分析 以 HS-GC 之管柱 (30m×0.32mm, 膜厚0.25μm), 升溫程式: 在 60°C 保持 1 分鐘, 然後在 60°C-80°C 以 2°C/min 速率上升 (在 70°C 停留 1 分鐘, 80°C 停留 1 分鐘), 注射器溫度為 200°C; 檢測器溫度為 200°C。
- (2) 不同苯衍生物 (2.8 -23.6 mg L⁻¹) 先建立校正曲線。
- (3) Polyimide 吸附苯衍生物 改變苯衍生物濃度 (436- 3500 mg L⁻¹)、揮發溫度 (40 - 60°C) 與時間 (20 - 80分鐘) 製備 HS-GC 樣品。以上述方法測定苯衍生物之吸附效率。

2.3.2 ATR-FTIR

- (1) Polyimide 吸附苯衍生物 將 polyimide 塗抹於乾淨的鋁片 (1x1.5 cm), 置入不同苯衍生物 (436-884 mg L⁻¹) 之 20 mL 密閉反應瓶。放入恆溫箱 (incubator), 設定溫度 50°C 與反應時間 60 分鐘, 以建立固 - 蒸汽平衡。
- (2) 然後從反應瓶中取出鋁片, 立即放在 ATR-FTIR 之鑽石/ ZnSe 板上, 以掃描範圍 (4000-400cm⁻¹)、解析度 4 cm⁻¹ 掃描 10 次, 測定苯衍生物之吸收光譜。

結果與討論

3.1 由 ATR-FTIR 光譜特徵證實聚醯亞胺之形成

Fig. 1 為苯四酸和對苯二胺在 250°C 反應 1-6 小時之 FTIR-ATR 圖，由圖顯示在 1781 cm^{-1} 有 imide C=O(醯亞胺羰基) 對稱伸縮振動，1721 cm^{-1} 有不對稱伸縮振動和 723 cm^{-1} 彎曲振動的吸收。在 1381 cm^{-1} 處的吸收歸屬於醯亞胺環的 C-N 伸縮振動。由上述資料說明聚醯亞胺之形成。Fig. 2 為二胺單體(diamine monomers PPDA,HMDA)聚醯亞胺 PMA-PPDA 和 PMA-HMDA 在 250°C 反應 5 小時之 FTIR-ATR 比較圖。在 imide 鍵結 (羰基和胺基) PMA-PPDA 比 PMA-HMDA 吸收強，說明 PMA-HMDA 為半晶體性質，與文獻 [28] 符合。

3.2 建立苯衍生物揮發物測定條件

3.2-1. HS-GC 之濃度、溫度與時間效應

5種苯衍生物之揮發物：甲苯(toluene)、乙苯(ethylbenzene)、鄰二甲苯(o-xylene)、2-乙基甲苯(2-ethyltoluene)、3-乙基甲苯(3-ethyltoluene)在不同濃度(436-3500 mgL^{-1})、揮發溫度(40- 60°C)與時間(20-80分)之比較。5種苯衍生物之揮發物在 1700-1750 mgL^{-1} 反應溫度 50°C 與 60 分鐘之 PMA-PPDA 吸附值為較佳條件，如 Fig. 3 所示。濃度在 1750 mgL^{-1} 吸附值達最高，高濃度 3500 mgL^{-1} 反而降低。5種苯衍生物之揮發物 HS-GC 分離層析圖及檢量線圖，分別顯示於 Fig. 4 及 Fig. 5。

3.2-2 聚醯亞胺吸附效率

Fig. 6 HS-GC 圖，是 5 種苯衍生物之揮發物，分別在 2 種吸附劑 PMA- PPDA 和 PMA-HMDA (吸附劑合成反應時間 4-6 小時) 之吸附效率比較。由圖 Fig. 6 顯示 5 種苯衍生物之揮發物其吸附效率約 85%，受吸附劑合成反應時間影響不大。toluene 和 ethylbenzene 在合成反應

時間 4 小時，吸附效率稍低，分別為 77% 和 76%。o-xylene、2-ethyltoluene、3-ethyltoluene 在合成反應時間 4-6 小時，吸附效率接近，平均約為 85%。Fig. 7 ATR-FTIR 光譜圖，是 5 種苯衍生物之揮發物，在吸附劑 PMA- PPDA (吸附劑合成反應時間 4-6 小時) 約 700 cm^{-1} 之吸收值比較。由 Fig. 7 結果顯示，吸附劑合成反應時間 4-6 小時，對 5 種苯衍生物之揮發物被吸附之吸收值變化不大，此結果與 Fig. 6 HS-GC 圖 符合。聚醯亞胺 (PMA-PPDA, PMA-HMDA)

對 5 種苯衍生物之揮發物在約 700 cm^{-1} 之吸附能力，吸收值如 Fig. 8 所示。PMA-PPDA 之吸收值略高於 PMA-HMDA，以 o-xylene 最明顯，其次為 ethylbenzene。2 個聚醯亞胺吸附劑 (PMA-PPDA, PMA-HMDA) 對 2-ethyltoluene 和 3-ethyltoluene 吸收值都最低。使用聚醯亞胺 (PMA-PPDA) 與未使用聚醯亞胺 (PMA-PPDA) 對 5 種苯衍生物揮發物之吸附效率比較，如 HS-GC 測定使用與未使用聚醯亞胺吸附量減少之差值 (Fig. 9A) 與 FTIR-ATR 測定使用與未使用聚醯亞胺吸附量增加之差值 (Fig. 9B)。Fig. 9A 顯示 HS-GC 吸附量減少之差值最明顯是 o-xylene，其次為 ethylbenzene。Fig. 9B 顯示 FTIR-ATR 吸附量增加之差值最明顯是 o-xylene，其次為 ethylbenzene。由 Fig. 9A 與 Fig. 9B 結果有一致性，表示聚醯亞胺對 o-xylene 與 ethylbenzene 揮發物之吸附效率最佳。

誌謝

This work was financially supported by grant MOST 106-2622-M-041-001-CC2 from the Taiwan Ministry of Science and Technology.

成果報告自評表

本計畫研究熱穩定劑產生揮發成份對塑膠製品影響之測定，近一年經由科技部計畫之執行，已完成目標如下：

1. 衰減全反射式傅立葉轉換紅外線光譜儀，快速測定穩定劑中 5 種常見苯衍生物之揮發物包括：甲苯 (toluene)、乙苯 (ethylbenzene)、鄰二甲

苯 (o-xylene)、2-乙基甲苯 (2-ethyltoluene)、3-乙基甲苯 (3-ethyltoluene)。合成 polyimides 用於吸附苯衍生物之揮發物，並比較不同 polyimide 對揮發物之吸收值，建立 5 種苯衍生物之揮發物的指紋分析資料圖譜。

2. 利用靜態頂空法—氣相層析(HS-GC)同時測定 5 種苯衍生物之揮發物，並比較不同 polyimide 對揮發物之吸收效果。建立 5 條苯衍生物之檢量線，用於實際樣品之純度測定。

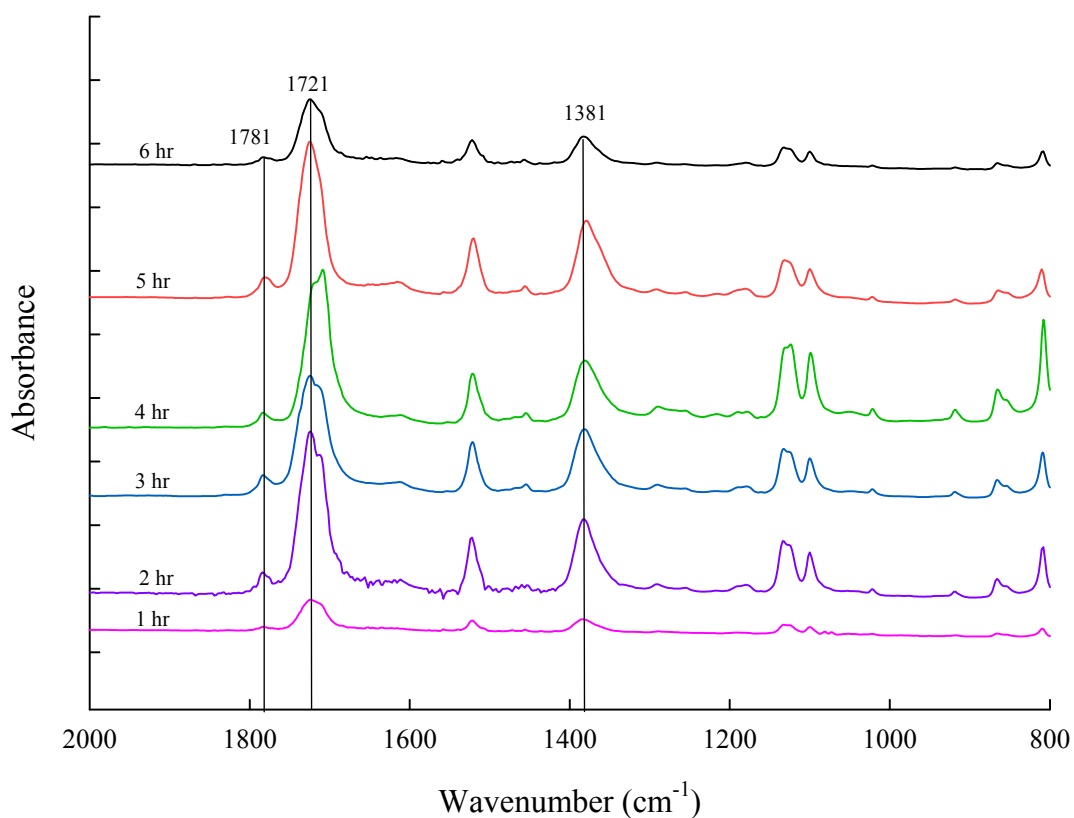


Fig. 1. FTIR-ATR spectra polyimides prepared from pyromellitic acid (PMA) and p-phenylenediamine (PPDA) at 250°C for 1-6 h.

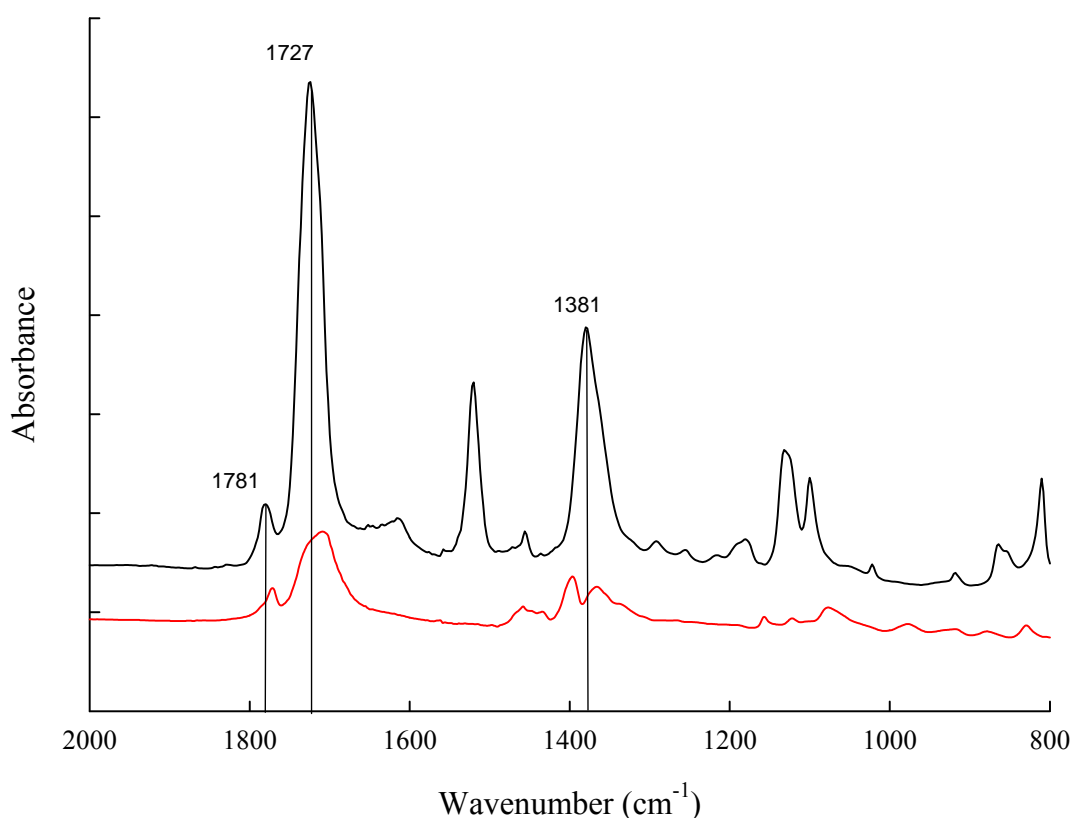


Fig. 2. FTIR-ATR spectra polyimides of PMA-PPDA (upper) and PMA-HMDA (lower) at 250°C for 5 h.

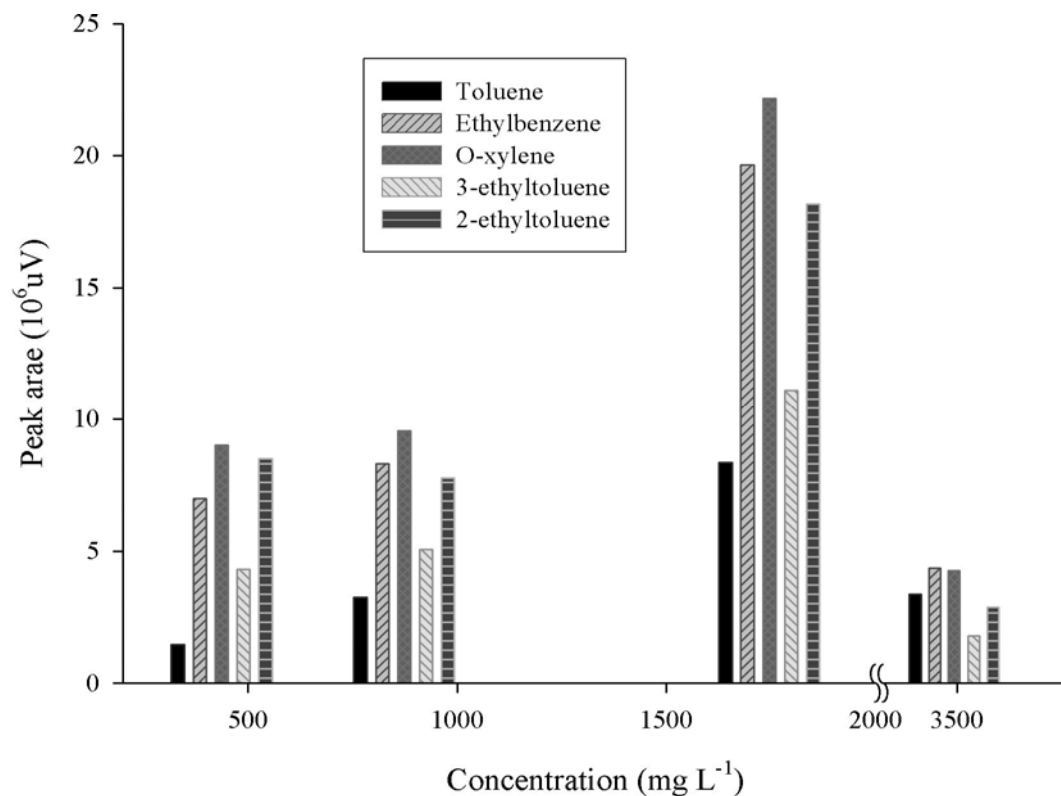


Fig. 3 Concentration effect of five volatile benzene derivatives using of PMA- PPDA of GC adsorption efficiency at 50°C and 60 min.

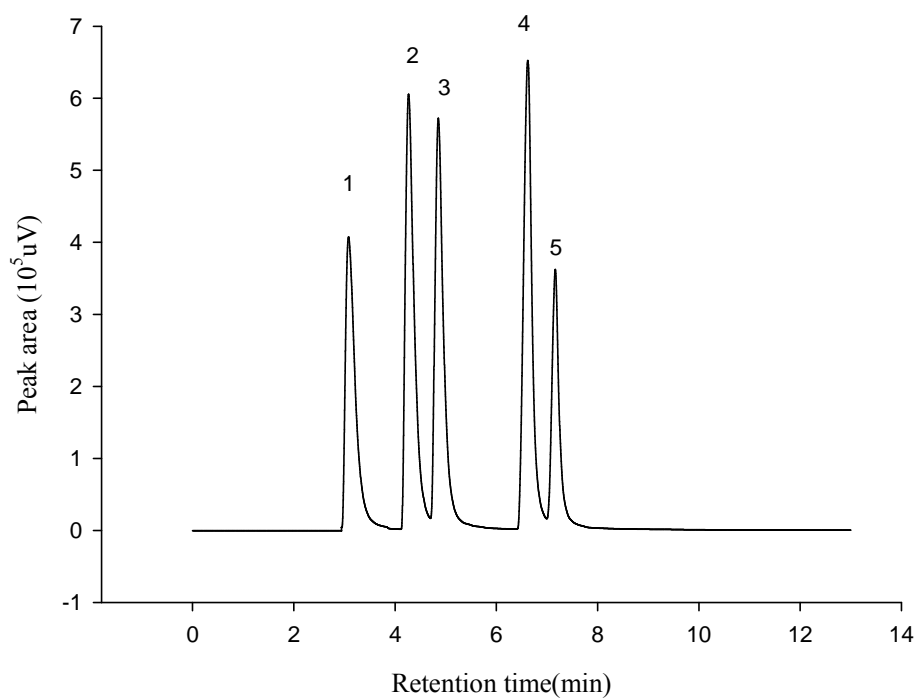


Fig. 4. Gas chromatograms of five volatile benzene derivatives (350 mg L^{-1}) obtained by GC-FID. Peak identification: 1, toluene RT at 3.08 min; 2, Ethylbenzene RT at 4.27 min; 3, o-xylene RT at 4.85 min; 4, 3-ethyltoluene RT 6.62 min; 5, 2-ethyltoluene RT at 7.16 min.

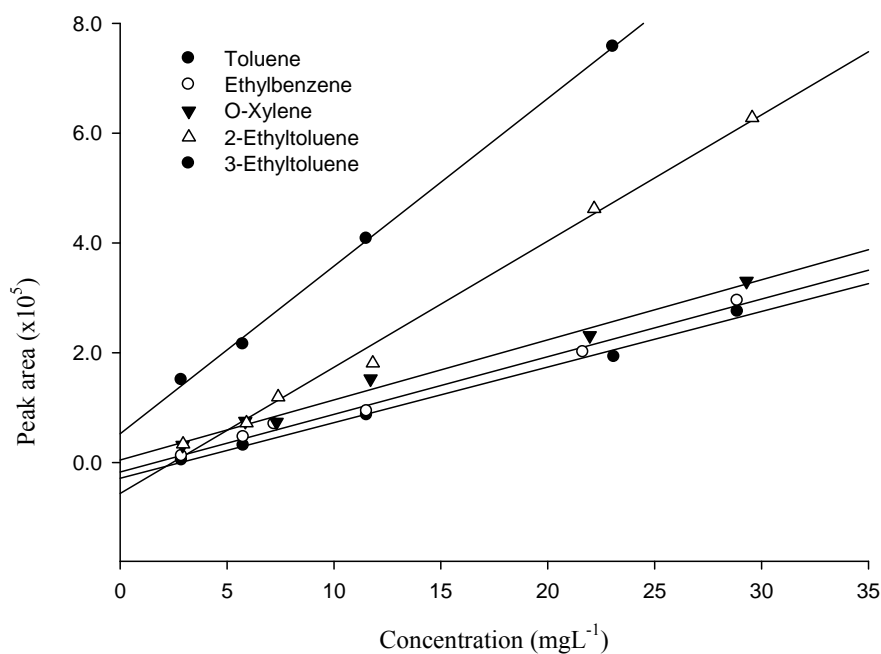


Fig. 5. Calibration curves of five volatile benzene derivatives.

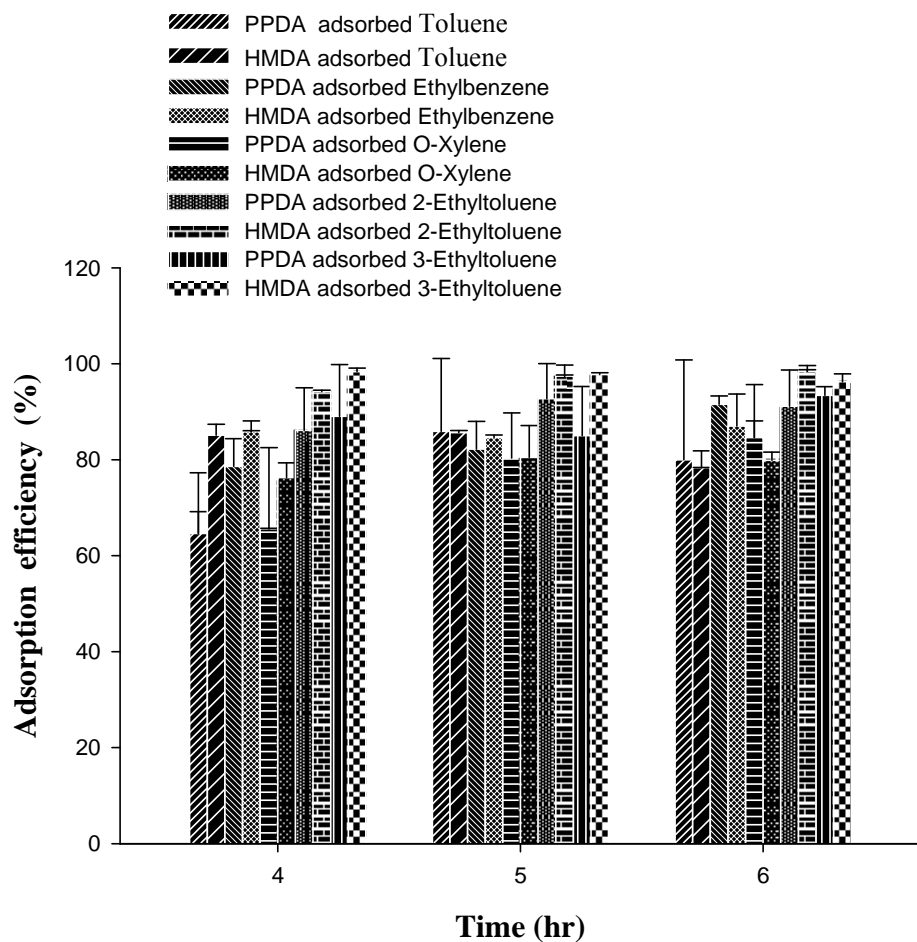


Fig. 6 Adsorption efficiency of five volatile benzene derivatives using of PMA- PPDA and PMA-HMDA of GC at 50°C and 60 min.

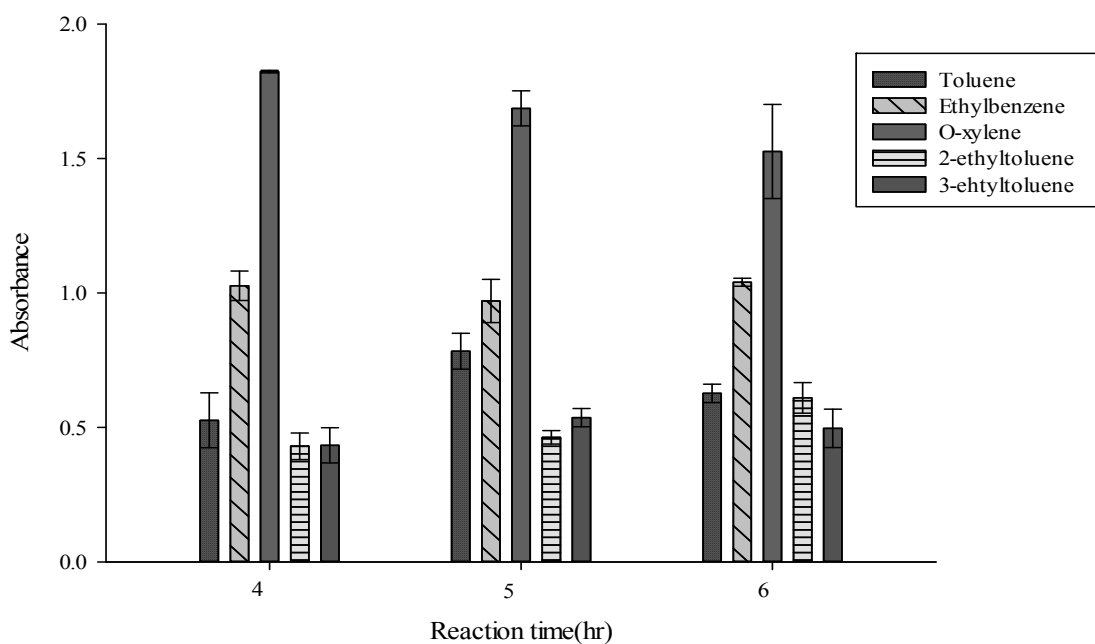


Fig. 7. ATR absorbance of toluene (at 694 cm^{-1}), ethylbenzene (at 696 cm^{-1}), o-Xylene (at 740 cm^{-1}), 2-ethyltoluene (at 753 cm^{-1}), 3-ethyltoluene (at 697 cm^{-1}) using of PMA-PPDA.

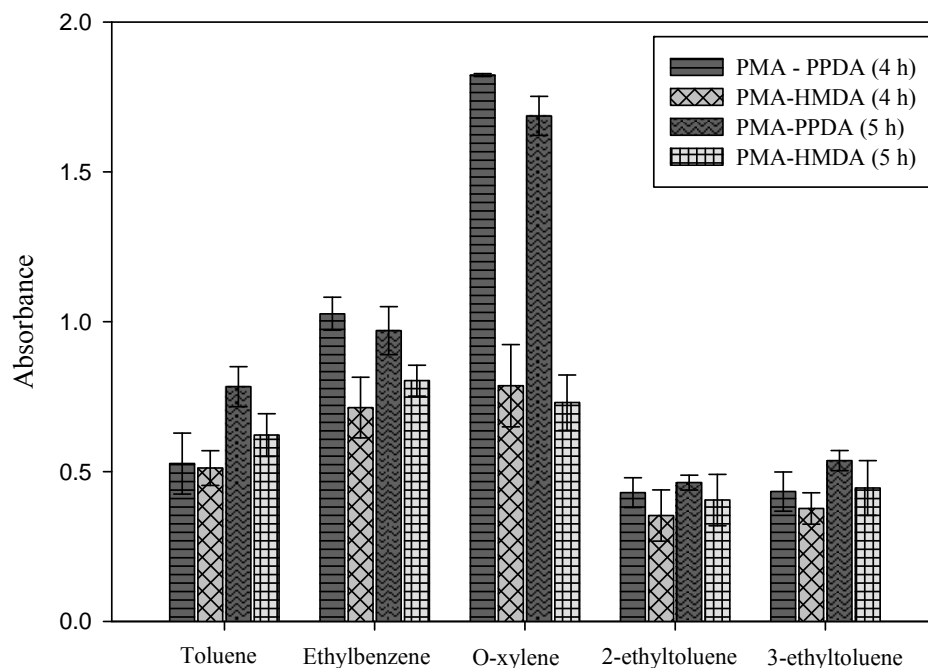
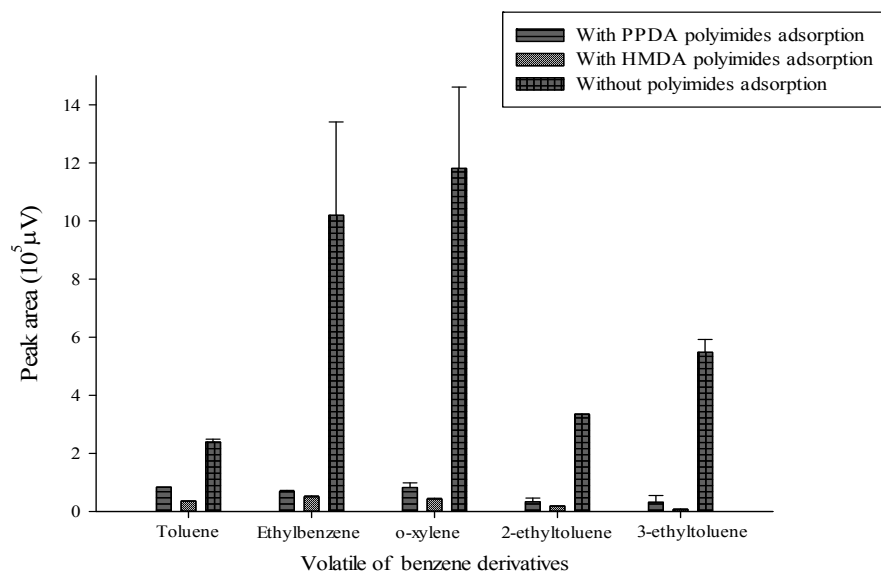


Fig. 8. Compare with adsorption capacities of polyimides of PMA-PPDA and PMA-HMDA for five volatile benzene derivatives (concentration 860 mg L^{-1}). Benzene derivatives characteristic wavenumber is about 700 cm^{-1} of (toluene at 694 cm^{-1} , ethylbenzene at 696 cm^{-1} , o-xylene at 740 cm^{-1} , 2-ethyltoluene at 753 cm^{-1} and 3-ethyltoluene at 697 cm^{-1}) at 50°C and 60 min.

(A)



(B)

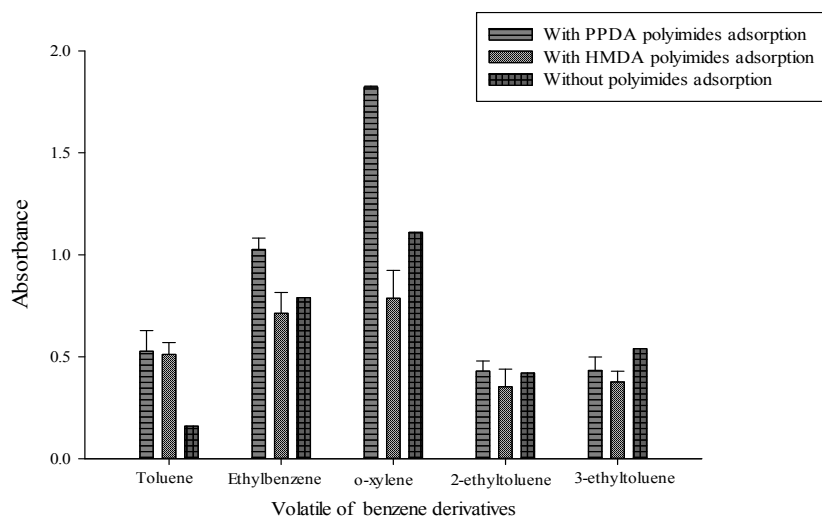


Fig. 9. Compare without and with PMA- PPDA adsorption amount of five volatile benzene derivatives; (A) HS-GC determine volatiles decrease amount, (B) FTIR-ATR determine volatiles increase amount.

106年度專題研究計畫成果彙整表

| 計畫主持人：王來好 | | | 計畫編號：106-2622-M-041-001-CC2 | | | |
|---------------------------|----------|-----------|-----------------------------|-----|---|---|
| 計畫名稱：熱穩定劑產生揮發成份對塑膠製品影響之測定 | | | | | | |
| 成果項目 | | | 量化 | 單位 | 質化 (說明：各成果項目請附佐證資料或細項說明，如期刊名稱、年份、卷期、起訖頁數、證號...等) | |
| 國內 | 學術性論文 | 期刊論文 | | 0 | 篇 | |
| | | 研討會論文 | | 0 | | |
| | | 專書 | | 0 | 本 | |
| | | 專書論文 | | 0 | 章 | |
| | | 技術報告 | | 0 | 篇 | |
| | | 其他 | | 0 | 篇 | |
| | 智慧財產權及成果 | 專利權 | 發明專利 | 申請中 | 0 | 件 |
| | | | | 已獲得 | 0 | |
| | | | 新型/設計專利 | | 0 | |
| | | 商標權 | | 0 | | |
| | | 營業秘密 | | 0 | | |
| | | 積體電路電路布局權 | | 0 | | |
| | | 著作權 | | 0 | | |
| | | 品種權 | | 0 | | |
| | | 其他 | | 0 | | |
| | 技術移轉 | 件數 | | 0 | 件 | |
| | | 收入 | | 0 | 千元 | |
| | 國外 | 學術性論文 | 期刊論文 | | 0 | 篇 |
| | | | 研討會論文 | | 0 | |
| | | | 專書 | | 0 | 本 |
| | | | 專書論文 | | 0 | 章 |
| 技術報告 | | | 0 | 篇 | | |
| 其他 | | | 0 | 篇 | | |
| 智慧財產權及成果 | | 專利權 | 發明專利 | 申請中 | 0 | 件 |
| | | | | 已獲得 | 0 | |
| | | | 新型/設計專利 | | 0 | |
| | | 商標權 | | 0 | | |
| | | 營業秘密 | | 0 | | |
| | | 積體電路電路布局權 | | 0 | | |
| | | 著作權 | | 0 | | |
| | | 品種權 | | 0 | | |
| | | 其他 | | 0 | | |

| | | | | | |
|--|------|--------|---|----|--|
| | 技術移轉 | 件數 | 0 | 件 | |
| | | 收入 | 0 | 千元 | |
| 參與計畫人力 | 本國籍 | 大專生 | 0 | 人次 | |
| | | 碩士生 | 0 | | |
| | | 博士生 | 0 | | |
| | | 博士後研究員 | 0 | | |
| | | 專任助理 | 0 | | |
| | 非本國籍 | 大專生 | 0 | | |
| | | 碩士生 | 0 | | |
| | | 博士生 | 0 | | |
| | | 博士後研究員 | 0 | | |
| | | 專任助理 | 0 | | |
| 其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。) | | | | | |

本產學合作計畫研發成果及績效達成情形自評表

| 成果項目 | | 本產學合作計畫預估研究成果及績效指標 (作為本計畫後續管考之參據) | 計畫達成情形 |
|---|----|--|--------------------|
| 技術移轉 | | 預計技轉授權 0 項 | 完成技轉授權 0 項 |
| 專利 | 國內 | 預估 1 件 | 提出申請 0 件，獲得 0 件 |
| | 國外 | 預估 0 件 | 提出申請 0 件，獲得 0 件 |
| 人才培育 | | 博士 0 人，畢業任職於業界 0 人 | 博士 0 人，畢業任職於業界 0 人 |
| | | 碩士 0 人，畢業任職於業界 0 人 | 碩士 0 人，畢業任職於業界 0 人 |
| | | 其他 1 人，畢業任職於業界 1 人 | 其他 0 人，畢業任職於業界 0 人 |
| 論文著作 | 國內 | 期刊論文 1 件 | 發表期刊論文 1 件 |
| | | 研討會論文 1 件 | 發表研討會論文 0 件 |
| | | SCI論文 1 件 | 發表SCI論文 1 件 |
| | | 專書 0 件 | 完成專書 0 件 |
| | | 技術報告 0 件 | 完成技術報告 0 件 |
| | 國外 | 期刊論文 0 件 | 發表期刊論文 0 件 |
| | | 學術論文 0 件 | 發表學術論文 0 件 |
| | | 研討會論文 0 件 | 發表研討會論文 0 件 |
| | | SCI/SSCI論文 0 件 | 發表SCI/SSCI論文 0 件 |
| | | 專書 0 件 | 完成專書 0 件 |
| | | 技術報告 0 件 | 完成技術報告 0 件 |
| 其他協助產業發展之具體績效 | | 新公司或衍生公司 0 家 | 設立新公司或衍生公司(名稱)： |
| 計畫產出成果簡述： 請以文字敘述計畫非量化產出之技術應用具體效益。 (限600字以內) | | | |
| 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估 | | <input checked="" type="checkbox"/> 達成目標 <input type="checkbox"/> 未達成目標 (請說明，以100字為限) <input type="checkbox"/> 實驗失敗 <input type="checkbox"/> 因故實驗中斷 <input type="checkbox"/> 其他原因 說明： | |
| 本研究具有政策應用參考價值 | | <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/> 是，建議提供機關 <u>科技部</u> ， | |

| | |
|-----------------|---|
| | (勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關) |
| 本研究具影響公共利益之重大發現 | <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 是 說明：(以150字為限) |