

電子鼻技術簡介

Introduction of the Technology of Electronic Nose

吳仁彰

Ren-Jang Wu

由於多用途及快速分析樣品的需求日益迫切，電子鼻也成為日漸普遍的分析儀器。本文以分段介紹方式，敘述電子鼻、嗅覺及氣味分子感知原理、電子鼻技術的發展歷史、電子鼻感測原理、國內外發展情況及未來發展趨勢等，以期對電子鼻技術有興趣者有所助益。

For the necessity of various application and samples fast analyzed electronic nose become more popular analytical instruments. This paper described the content of the introduction of electronic nose theory of smell and odorous molecules history of the technology for electronic nose the sensing theory of electronic nose and current development of the roadmap of products in the world. Maybe this paper work would be helpful for some researchers or someone interested.

一、電子鼻的介紹

電子鼻這個名詞首先出現於 1988 年 Gardner 的文獻中，現今對電子鼻較為人接受的定義為：一種可以分辨 (categorize) 和定量簡單及複雜氣味 (simple and complex odorant) 的儀器。如圖 1 所示，其構造是由取樣 (sampling) 系統進入許多化學感測器組成的陣列 (chemical sensor array) 後，聯接圖譜辨識 (pattern recognition) 及氣味分析 (odor categorized) 系統。

電子鼻具有分析快速、多用途及可以定性與定量氣味分子的功能，其應用的領域很廣泛，可在食品、香水、環境監測及毒氣分析…等，未來可望應用於醫療檢測、居家健檢及工安…等。

二、嗅覺及氣味分子感知原理

人體嗅覺刺激的產生可以分成四個步驟⁽¹⁾，如圖 2 所示。

步驟 1：吸氣進入鼻腔。

步驟 2：氣味分子擴散於鼻腔黏膜 (olfactory mucosa，約 20 mm 厚，當作氣味分子進入接受細胞的中間溶液層) 中的嗅覺細胞 (可分成嗅覺接受細胞 (receptor cells)、支撐細胞 (supporting cells) 及基底細胞 (basal cells)，大小共約 6 cm²)，其中氣味分子與嗅覺受體蛋白的活化位置結合，並活化成 G 蛋白，進而合成 cAMP。cAMP 在此扮演次級信號傳遞者的角色，而後產生受體電位和脈衝電位。

步驟 3：感應產生信號傳遞至嗅球 (olfactory bulb) → 嗅覺皮質 (olfactory cortex) → 大腦皮質 (cerebral cortex)。

步驟 4：大腦判斷是什麼氣味。

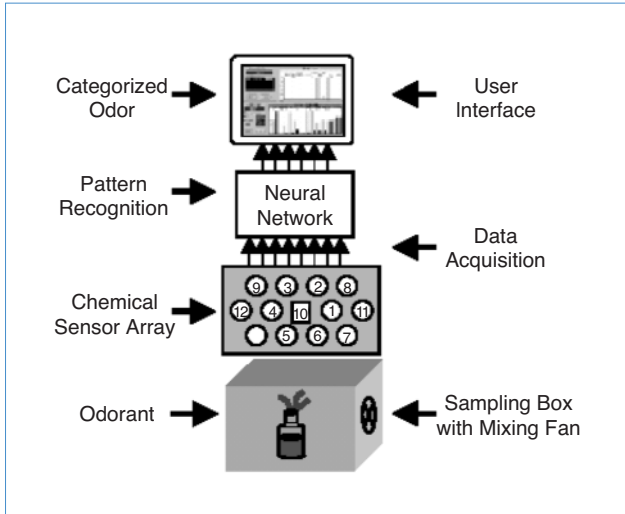


圖 1. 電子鼻系統示意圖。

電子鼻也可歸類為仿生科技，即模仿人體嗅覺原理製作出的儀器。若對應上述四個步驟，電子鼻構造相對應人類嗅覺機制可以如下：

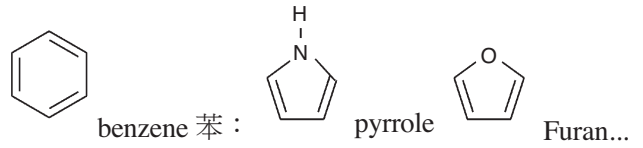
- 步驟 1：對應取樣系統；
- 步驟 2：對應化學感測器陣列系統；
- 步驟 3：對應圖譜辨識系統；
- 步驟 4：對應氣味分析系統。

氣味分子感知原理有一些法則可循，歸納如下。

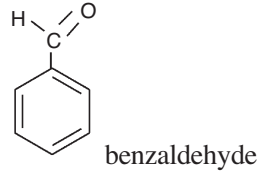
1. 分子結構與官能基

氣味分子產生氣味，主要是與分子結構及官能基有關，例如：

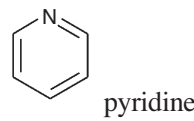
(1) 有芳香味的苯環構造



(2) 苦杏仁味



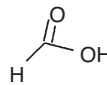
(3) 腥臭



2. 一個或兩個以上的官能基

氣味分子通常帶有一個或兩個以上的官能基 (functional group)

(1) 辛辣 (Pungent)



(2) 麝香 (Musky)

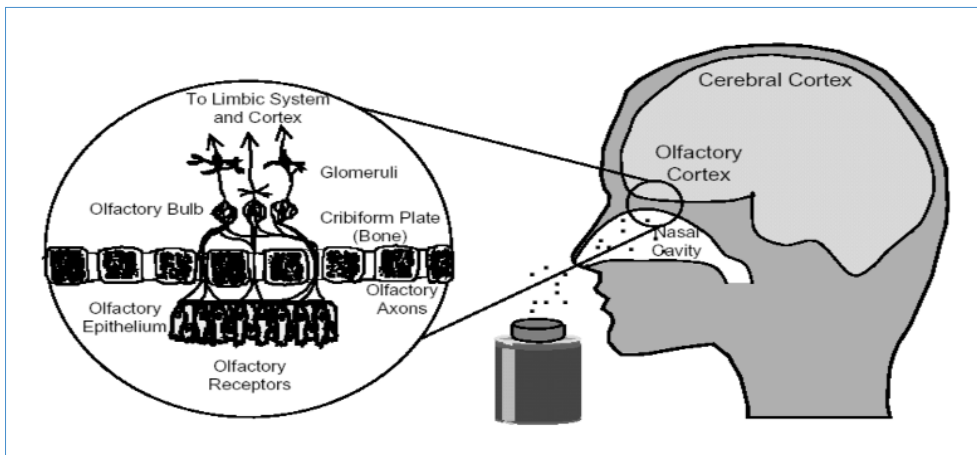
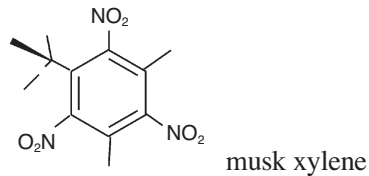


圖 2. 人體嗅覺信號辨識圖。

3. 複雜成分的氣味

複雜成分的氣味常是由許多物質混合而成，在定性及定量分析上都需較專業的技術，例如：香水。依各種不同功用的香水，坊間能見的香水成分：麝香、龍涎香、海狸香、麝貓香、馬鞭草、迷迭香、檸檬、鈴蘭、茴香、麝香草、薄荷、紫羅蘭、歐薄荷、松果、沒藥、柑橘、萊姆、香草、橡樹皮、茉莉、苦橙、荳蔻、丁香、佛手柑、薰衣草、玫瑰、檀香、夜來香、風信子、依蘭草、玉蘭花、鳶尾草、橡樹苔、睡蓮、百合、野薑花、香油樹、桃花…等，有些香水約有 100 種成分，咖啡則有 670 種成分。

4. 揮發性與水溶性

氣味分子的揮發性與水溶性視分子間的作用力而定，如果氣味分子間作用力越強，則揮發性及水溶性都會降低。氣味分子間的作用力可以分成下列三種作用力。

(1) 庫倫作用力 (Coulombic Interactions)

電荷/電荷 (charge/charge)、電荷/極矩 (charge/dipole)、極矩/極矩 (dipole/dipole) 及氫鍵 (hydrogen bond)，其能量大小：25–600 kJ/mol。

(2) 極化作用力 (Polarisation Interactions)

電荷/誘發極矩 (charge/induced dipole) 與極矩/誘發極矩 (dipole/induced dipole)，其能量大小為 2–10 kJ/mol。

(3) 量子力學作用力 (Quantum Mechanical Interactions)

誘發極矩/誘發極矩 (induced dipole/ induced dipole)，其能量大小為 0.02–40 kJ/mol。

三、電子鼻技術的發展歷史

1. 電子鼻技術的發展歷史

許多昆蟲與動物是靠嗅覺感官生存，在人類中有許多工業也需要靠嗅覺的幫助，例如香水工業、製酒工業…等。早在 1920 年前就有嗅覺機器 (machine olfaction) 的發展，但是卻無電子儀器的配

搭，1920 年 Zwaardemaker 及 Hogewind 想出可以用灑水方式將有氣味物質 (或稱為異味物質，odorant) 溶入並偵測之，但是並沒有發展成有用的機器。

最早有實驗儀器被發展出來是在 1954 年，Hartman 設計了氣體電化學感測器 (electrochemical sensor) 的型式來計量電流，也有許多感測器可以同時操作的想法。1961 年 Moncrieff 在單一熱敏電阻 (single thermistor) 上覆蓋不同的物質，覆蓋的物質有聚氯乙烯 (poly vinyl chloride, PVC)、骨膠 (gelatin) 及植物油 (vegetable fat)，用此元件量測異味物質吸附後電阻的變化。Moncrieff 也認知到如果一個偵測元件表面有六個不同的熱敏電阻，每個熱敏電阻上覆蓋的物質不同，則可以判別出眾多不同的氣味。

1965 年有兩個研究群最先有電子鼻的研究發展。Buck 等人是用電導度 (conductivity) 量測異味物質的原理，而 Dravnieks 及 Trotter 則是利用量測接觸電位 (contact potential) 的原理量測異味物質。而電子鼻裡化學陣列感測系統 (chemical array sensor system) 加入智慧型判讀的功能則是近 20 年的技術成果。在文獻上此領域的代表研究群有二：1982 年在英國 Warwick 大學的 Persaud 及 Dodd 及 1985–87 年在日本 Hitachi 研究實驗室的 Ikegami 等人，1992 年國內吳宗正教授以嗅受體蛋白質當作分子辨識膜的技術並發表仿生材料的論文。而在 1995 年之後，電子鼻的開發技術及其在民生環境監測及臨床檢測的應用領域上有蓬勃的發展，將以上電子鼻發展的歷史整理成表 1，並在以下敘述之。

2. 傳統分析技術

傳統分析氣味分子技術整理如表 2，並敘述如下。

(1) 氣相層析/質譜儀

氣相層析/質譜儀 (GC/MS) 是利用氣相層析 (gas chromatograph) 之原理，分離樣本中各種不同極性之有機化合物，最後以質譜儀分析其化合物分離後之指紋圖譜，來進行定性定量之工作。應用範

表 1. 電子鼻技術發展歷程。

年代	操作原理	研究者	機構／國家	備註
1920 年前	嗅覺機器的發展			
1920 年	想出可以用灑水方式將有氣味物質溶入並偵測之	Zwaardemaker 及 Hogewind	英國	並沒有發展成實用的機器
1954 年	設計了氣體電化學感測器的型式，來計量電流。	Hartman	英國	有許多感測器可以同時操作的想法
1961 年	在單一熱敏電阻上覆蓋不同的物質，覆蓋的物質有聚氯乙稀、骨膠及植物油，用此元件量測異味物質吸附後電阻的變化。	Moncrieff	美國	認知到如果一個偵測元件表面有六個不同的熱敏電阻，每個熱敏電阻上覆蓋的物質不同，則可以判別出眾多不同的氣味。
1965 年	1965 年有兩個研究群最先有電子鼻的研究發展，Buck 等人是用電導度量測異味物質的原理，而 Dravnieks 及 Trotter 則是利用量測接觸電位的原理量測異味物質。	Buck 研究群及 Dravnieks 及 Trotter 研究群	美國	最先有電子鼻的研究發展雛型。
1982 年	化學陣列感測系統加入智慧型判讀的功能	Persaud 及 Dodd	英國 Warwick 大學	加入智慧型判讀
1985－1987 年	陣列感測系統加入智慧型判讀的功能	Ikegami 等人	日本 Hitachi 研究實驗室	加入智慧型判讀
1991 年	以多重基因家族 (multigene family) 觀點提出嗅覺細胞分子如何辨識異味分子機制	LBuck 及 R Axel	美國華盛頓大學	
1992－2001 年	利用仿生多肽技術 horp61 鍵結嗅覺受體蛋白以偵測三甲基氨 (TMA) horp109 偵測 NH ₃ horp103 偵測 o-xylene horp193 偵測醋酸 (acetic acid) Array 中有 6 個感測器	吳宗正、林玉娟、東華大學、工研院	台灣	
1999 年	利用碳黑／高分子 (carbon black/ polymer) 吸附氣味分子後體積變化而引起阻抗變化。Array 中有 32 個感測器	Cyrano 公司研究群	美國	型號 C320 規格尺寸 (10 × 20 × 5 cm) 重量小於 1 公斤
2002 年	利用石英晶體微天平 QCM 原理及系統快速多通道頻率位移信號擷取比傳統方式快 8 倍	TNakamoto 及 TMoriizumi	日本	辨識混合香氣異味及水果香味
2002 年	以導電性高分子衍生物如 polypyrrole 及 polythiophene 等為感測材料，偵測阻抗變化。Array 中有 48 個感測器	Osmetech 公司研究群	英國	Osmetech Microbial Analyser™ 2002

表 2. 傳統分析氣味分子技術。

儀器	原理	實用上的缺點
氣相層析／質譜儀 (GC/MS)	利用氣相層析 (gas chromatograph) 之原理，分離樣本中各種不同極性之有機化合物，最後以質譜儀分析其化合物解離後之指紋圖譜，進而進行定性定量之工作。 偵測器：火燄離子偵測器 (FID) 熱傳導偵測器 (TCD)，質譜法 (質量電荷比原理)	需樣品前處理，選擇適合的分離管柱，分析時間較長，通常 20–100 min
高解析液相層析儀 (high performance liquid chromatograph, HPLC)	層析分離過程，主要由不同物質在兩個不相容的媒介 (亦即固定相及移動相) 之間的平衡分佈差異而定。 偵測器：紫外光–可見光 UV-visible 技術 電子捕捉偵測器 (electron capture detector, ECD)，導電度 (conductivity)	同上
人員嗅覺偵測 感官分析 (sensory evaluation)	以人體鼻子做為量測臭味的儀器，例如：香水感官分析，聞臭… 人類及哺乳類動物可以辨別 10000 種氣味 及偵測一些氣味的靈敏度達 ppb 級	人員需經過訓練，但是有人為誤差的缺失。

圍甚廣，如環境中揮發性有機物 (VOC) 之檢測、多環芳香族碳氫化合物 (PAH) 之檢測。GC/MS 之系統主要可分為採樣系統、熱脫附系統及 GC/MS 分析儀。⁽²⁾

(2) 高解析液相層析儀

高效液相層析技術 (high performance liquid chromatography, HPLC) 為分析技術中應用最廣泛的層析法之一。層析分離過程主要是由不同物質在兩個不相容的媒介 (亦即固定相 (stationary phase) 及移動相 (mobile phase)) 之間的平衡分布差異而定。欲分離的成分需先溶於溶劑中，然後在高壓下注入分離管柱，樣品中的各個成分藉由移動相的帶動，滲透通過分離管柱中的固定相。各成分的移度依其平衡分布狀態而定，有些成分和固定相之間的作用力不大，很快地被沖提出分離管柱，而有些成分與固定相作用力較強，則較慢沖提出來。由於各成分與固定相的作用不同，造成移動速度的差異，因此產生分離效果。

由於不同特性的移動相及分離管柱的配合，HPLC 可有多種分離模式，因此可廣泛的應用於不同型態的化合物分析，其領域可適用於化學、化工、醫藥檢驗、農化、環境檢驗、生化、食品飲料等各類樣品分析，及作為學術研究與開發產品研究之應用工具。高效能液相層析儀主要由高精密度高壓幫浦分離管柱、偵測儀及記錄器所組成。⁽³⁾

(3) 人員嗅覺偵測

人類及哺乳類動物可以辨別 10000 種氣味，且偵測一些氣味的靈敏度達 ppb 級，人員需經訓練，但是有人為誤差的缺點。

四、電子鼻感測原理

常見的電子鼻感測原理可以區分成阻抗式、壓電式、場效應型及光學式四種，分別敘述如下。

1. 阻抗式

阻抗式可分成金屬氧化物及導電性高分子型。

(1) 金屬氧化物

金屬氧化物感測器之操作原理為在偵測時，空氣中因為氧氣的存在使得金屬氧化物材料表面為氧所佔據，隨著溫度的不同，氧氣佔據材料表面的比例也有所不同，在定溫下，材料表面的電阻值是固定的，但是在晶粒的界面 (grain boundary) 電阻值會較高，如圖 3 所示。當還原性的氣體 (例如 CO) 吸附在材料表面空缺的位置時，電子密度會升高，材料表面的電阻值會下降；反之，當氧化性的氣體 (例如 NO₂) 吸附在材料表面空缺的位置時，電子密度會下降，材料表面的電阻值會上升，而電阻的上升值與氣體的濃度有一定的關係。如圖 4 (NO₂ 氣體) 所示，利用此關係式即可對待測氣體作定量。

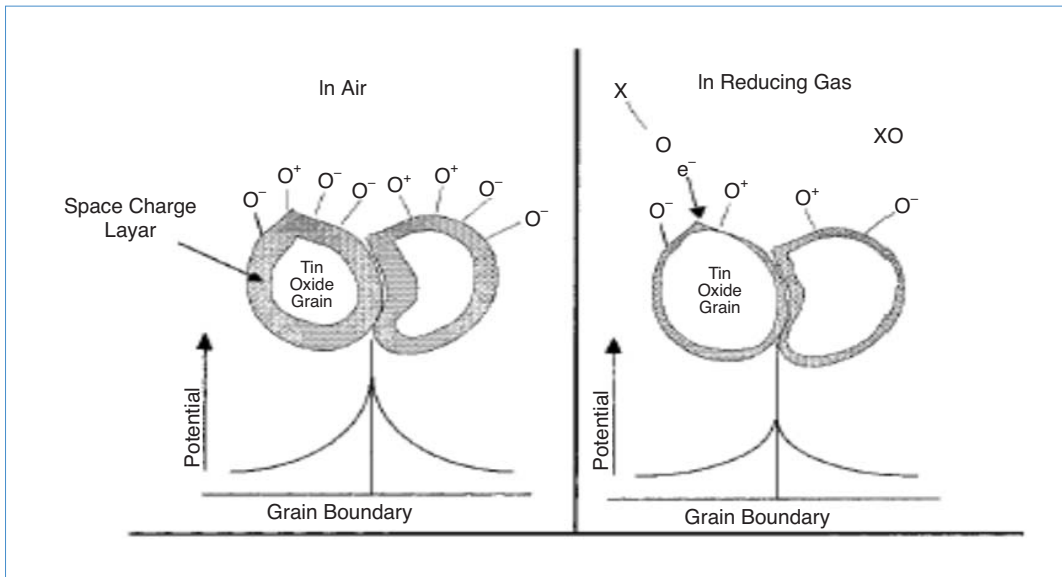


圖 3. 阻抗式氣體感測材料表面於還原氣氛下。

(2) 導電性高分子型

導電性高分子大都為雜環或芳香族雜環化合物，如聚乙炔 (polyacetylene)、聚吡咯 (polypyrrole) 及聚苯胺 (polyaniline) 等，具有單、雙鏈交錯共軛鍵之化合物。由於其具有特殊的電子組態，經過氧化或還原後，電子可沿著分子鏈或跨越分子鏈做跳躍運動，而具導電性。其感測原理分為物理性及化學性。物理性的原理為感測器曝露在氣體中，感測器材料會膨脹或收縮造成導電路徑的改變，因而影響其阻抗。而化學性則是因為氧化或還原性的氣體吸附後，在高分子表面或內層改變其鍵結的關係，因而影響其阻抗。而物質在高分子上和氣相的平衡的分配係數是會隨著溫度而改變，如下式

$$K = \frac{C_s}{C_v}$$

C_v 為物質在氣相的濃度， C_s 為物質在高分子上的濃度， K 與偵測信號有關係，若 K 越大代表著在高分子上分布的濃度越大、信號 (阻抗變化) 也越強。

導電高分子感測器偵測氣味的靈敏度可達到 0.1 ppm，比金屬氧化物感測器更高，一般說來在 10–100 ppm 的偵測範圍之內。目前導電聚合物感測器的主要缺陷是：(1) 活性材料電聚合過程較為困難和費時；(2) 與 VOC 接觸回應存在隨時間發生飄移的現象；(3) 對濕度極為敏感，這種敏感性易掩蓋和干擾對 VOC 的正常回應。另外，某些氣體會穿透聚合物材料整體，從而減慢了將 VOC 從聚合物中去除的過程，即延緩了感測器的恢復時間。

2. 壓電型

壓電型的電子鼻可區分為石英晶體微天平型

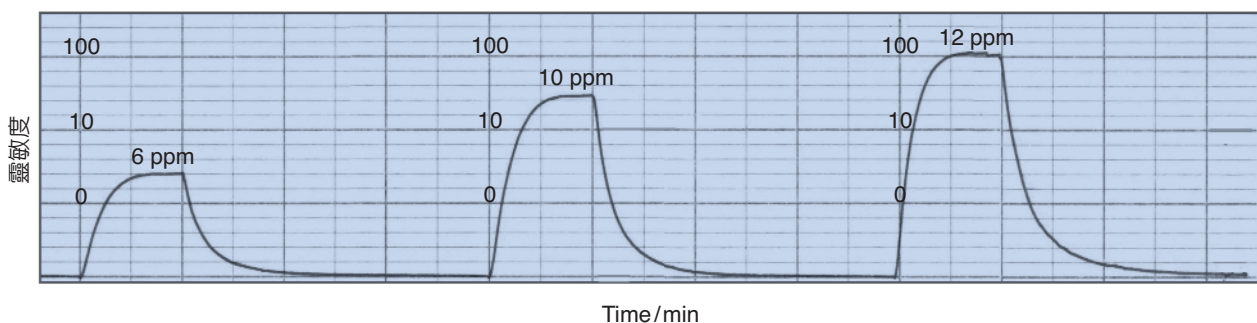


圖 4. 不同 NO₂ 氣體之濃度下靈敏度 (S = NO₂ 電阻 / 空氣電阻) 對時間之關係。

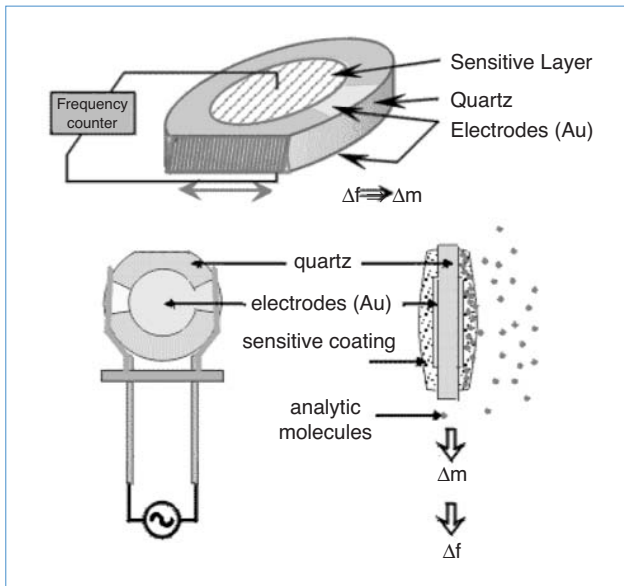


圖 5. QCM 元件示意圖。

(quartz crystal microbalance, QCM) 及表面聲波型 (surface acoustic waves, SAW)。

(1) 石英晶體微天平型原理

石英晶體微天平 (QCM) 是由直徑為數毫米的石英晶體，其上塗覆活性感測材料的聚合物共振碟片所構成，如圖 5，受信號激發時之特性頻率 f 為 10–30 MHz。上述碟片將因吸附氣味分子而增加質量 (約為 001%)，可使其共振頻率降低 1 kHz。

(2) 表面聲波型原理

如圖 6 所示，表面聲波 (SAW) 是一種在固體中傳播的彈性波，會因基材的特性和其他外在因素，而改變聲波的傳播速度、振幅…等物理性質，藉由此特性來做感測。元件的基本架構為基材、交叉電極和感測膜。訊號由其中一交叉電極輸入，由於基材的壓電特性而轉成晶格振動，傳播經由感測膜的表面，由於感測膜吸附了感測氣體而使重量改變，聲波物理性質亦隨之改變，再由另一個交叉電極輸出，輸出訊號和輸入訊號比較，就能得知感測物的組成和濃度。

3. 場效應型

金屬氧化物半導體場效電晶體 (metal oxide

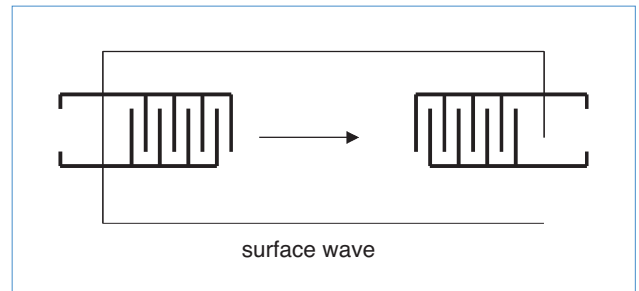


圖 6. SAW 元件示意圖。

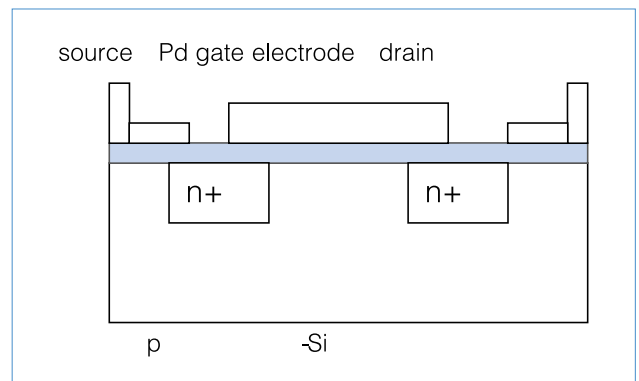


圖 7. MOSFET 氣體感測器。

semiconductor field effect transistor, MOSFET) 型氣味感測裝置，原理示意如圖 7，當化合物與一催化的金屬接觸時，可在該金屬中發生吸附及分解反應，其生成物乃透過電晶體閘極 (gate electrode) 的擴散，而產生電位偏移。例如鈀 (Pd) 電極對氫氣會有感應，原理為氫分子吸附在 Pd 的表面並分解成氫原子，氫原子會穿透表層被吸收到內層，並擴散至電晶體的閘極，而產生電位偏移。此外，鉑 (Pt) 及銻 (Ir) 也可用來感測氨氣 (NH₃)、硫化氫 (H₂S) 及乙醇。

4. 光學式

光學式的原理是利用氣體吸附前後光頻率的變化來偵測物種及其濃度。例如有一家公司就利用可見光顏色的變化來辨認物種，同時每一物種也有其特定的視覺影像，如圖 8。

上述可見光偵測技術是用金屬性吡咯紫質 (M(TPP)) 染料來做為感測材料，此材料與葉綠素及血紅素部份構造類似，具有化學及熱穩定性。當

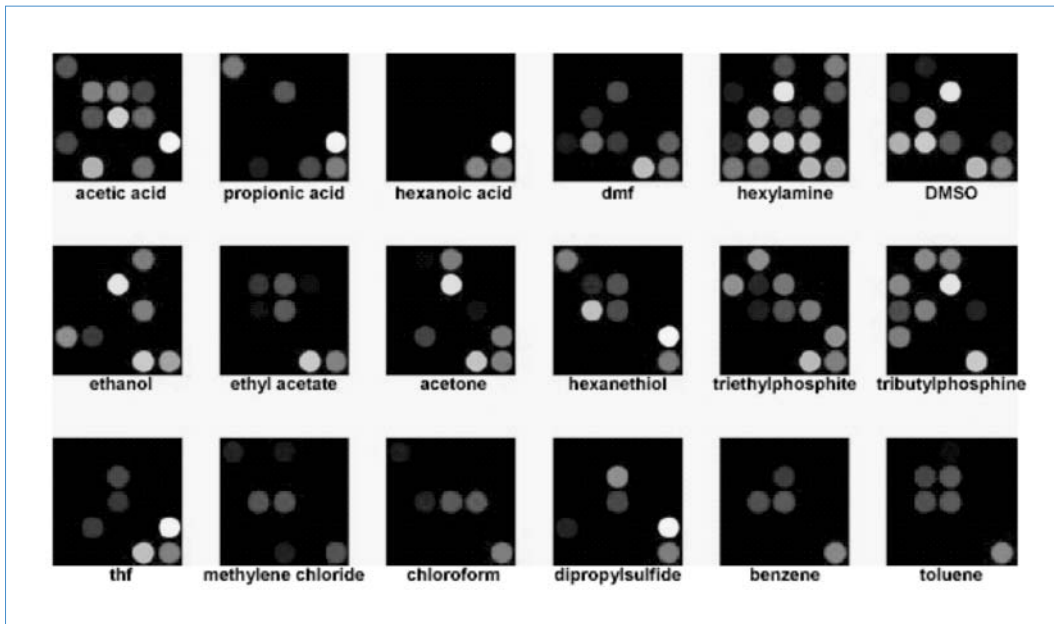


圖 8. 不同物種之特殊影像圖。

氣味分子吸附在材料表面，在化學反應上等於 M(TPP) 中的金屬離子接上氣味配位基 (ligating vapor)，如圖 10 所示，因為金屬增加配位後會影響電子能階，結果使吸附氣味分子前後顏色的變化很大。

五、國內外發展情況

1. 國內發展情況

目前國內研發電子鼻商品主要在工研院生醫中心，近三年來每年約有 1000 萬元的研究規模，目前已有產品出現。其技術為生物電子鼻對疾病具有專一性感測之胜肽模組，以非侵入式的檢測方式，直接利用呼氣檢測達到疾病診斷的目的。已完成的尿毒症診斷模組與肝硬化診斷模組之開發，根據臨

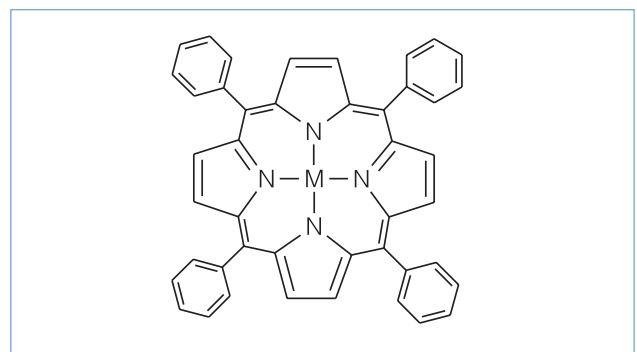


圖 9. 金屬性吡咯紫質 (M(TPP)) 構造圖。

床測試結果，準確度達 85%；肝硬化診斷模組預測肝硬化準確度達 93%。此檢測模組之技術平台未來尚可發展應用於精神分裂症、肺癌、肺膿瘍、糖尿病與腸胃道等疾病的檢測。目前此產品也正申

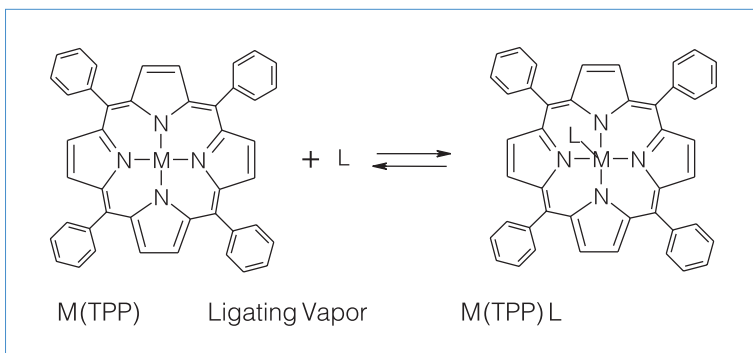


圖 10. M(TPP) 接上 ligating vapor 之化學反應圖。

表 3. 商品化電子鼻產品及技術比較表。

產品名(型號)	製造公司	上市時間/地點	產品技術(特點)	產品應用
Prometheus, Fox	法國 Alpha MOS	1999 年/法國	結合 sensor array 及質譜技術/金屬氧化物材料/阻抗式	食品香水、造紙業、環境監測...
C320	美國 Cyrono Science	2000 年/美國	32 個 sensors array/導電性高分子材料/阻抗式	有機化合物、天然物、醫藥、細菌分析、陸軍炸藥、TNT 及毒氣分析...
zNOSE 4200 zNOSE 7100	美國 Electronic sensor	美國	GC/SAW 分析原理	電子鼻產品得到 EPA 認可，可以偵測水中的 VOC、土中的 dioxine PCB，亦可用於檢測濫用藥物：Marijuana、Cocaine、Mathamphetamines 及 TNT 偵測
Analytical Instruments/ MOSES II	GSC	2000 年 德國	依客戶需求 產品 Sensor 型態可以選擇 • Quartz crystal microbalance • 金屬氧化物 (metal oxide) • 顏色變化計量 (calorimetric) 電化學式	分析混合氣體、芳香物異味物質
e NOSE 5000	Marconi Applied Technologies	英國	Sensor系統 • SAW (surface acoustic wave) sensors • 金屬氧化物 Metal oxide 導電性高分子	揮發物、異味物質
	MIL-RAM Technology	美國	電化學氣體偵測器，生產 sensor 類型： 毒性氣體、有害氣體、可燃性氣體	分析物：NH ₃ 、AsF ₅ ...
NST 3210	Nordic sensor Technologies AB	Applied Sensor	依客戶需求設計模組，感測器有 MOS、MOSFET、QMB	品質管制、製程控制、環境分析、醫學檢測...
OMA (Osmetech Microbial Analyser™)	Osmetech Plc	英國	導電性高分子材料 32 sensors array/阻抗式	偵測霉菌、微有機體、感染性細菌、快速低價、多重取樣裝置
PEN2 (Portable Electronic Nose Intelligent chemischer Sensor)	WMA Airsense Analytics GmbH	德國	有濃縮/熱脫附功能	環境監測、食品分析、醫藥

請 FDA 認可。

國內學校單位主要以東華大學吳宗正教授為主，⁽³⁻⁶⁾ 其研究是模仿人類嗅覺生理，使用分離純化的脊椎動物的嗅覺受體蛋白，固定化在多元陣列

壓電晶體上，經由壓電晶體的頻率電訊變化，可用來測定空氣中存在的氣味物質，並且賦予每種氣味如指紋般特定圖譜，再以人工智慧圖譜辨認技術來鑑定氣味的屬性。其他學校單位並未直接發展電子

表 4. 國外電子鼻應用於臨床醫學之研究整理。

公司／國家	產品	原理／技術	檢測項目
Based in Crewe, UK, Osmetech company was founded in 1994 http://www.osmetechcouk/products/laboratoryhtml	Osmetech Microbial Analyser™ 2002	導電性高分子衍生物如：polypyrrole and polythiophene 為感測材料，偵測阻抗變化。 Array 中有 48 個感測器	泌尿道感染 陰道生菌／感染 加護病房的肺炎病患
Cyrano Sciences, USA Based in Pasadena California http://www.eng.warwick.ac.uk/~eswja/page4.html	C320 (10 × 20 × 5 cm) 重量少於 1 公斤	利用碳黑／高分子吸附氣味分子後體積變化，而引起阻抗變化／an array of 32 sensors	細菌疾病 研究中
Cranfield University, Cranfield, edfordshire, UK	利用商用電子鼻 C320 來從事醫學研究	阻抗變化	泌尿道感染、尿液、體液、皮膚疾病、細菌感染、肺結核、胃潰瘍、呼吸診斷癌症、食道炎、肺癌等研究
South Manchester University, UK http://www.emsl.pnl.gov:2080/proj/neuron/briefs/nose.html	利用商用電子鼻來從事醫學研究	阻抗變化	檢體的氣味來自體液及尿液，可以檢測肝臟及膀胱…等問題。
Dental School, University of California, USA	利用商用電子鼻 Cyrano's device 來從事醫學研究	阻抗變化	研究口臭與牙齒的問題、口臭與腸潰瘍、口氣與肝硬化
Children's Hospital Los Angeles, USA	利用商用電子鼻 Cyrano's device 來從事醫學研究	阻抗變化	研究口氣與上呼吸道感染
其他	利用商用電子鼻 Cyrano's device 來從事醫學研究	阻抗變化	在動物實驗中，研究口氣與受傷、皮膚受傷、腫瘤成長、病人在麻醉過程中的監控、糖尿病患監控、監測濫用藥物、動物求偶期…

鼻產品，但是使用電子鼻於監測茶葉、臭味、環境…等。

2. 國外發展情況

國外研究狀況較國內歷史悠久，技術成熟度也較高^(7,8)，且已有多家商業公司有商業化產品。在此將製造電子鼻的國外公司資料簡單整理如表 3。

國外近年來電子鼻在臨床檢測的應用領域上有很大的突破，整理如表 4。例如在泌尿道、細菌、肝病、膀胱、口臭，預期相關商用化的產品將會很快出現。

六、未來發展趨勢

電子鼻未來的發展會朝感測材料多元化 (甚至結合奈米材料)、體積及重量小、靈敏度高 (偵測極限至 pp 級) 的方向發展，且應用範圍更廣泛。現將電子鼻技術資料整理，並歸納其發展的里程如圖 11。國內電子鼻產品技術之應用會漸漸廣泛，但是也因其製程牽涉到微機電技術，因此上游必須要有半導體相關設計及製程技術的配合。分子辨識材料的研發方面，國內的企業可以從研發單位 (例如：各大學相關研究或工研院) 來技術轉移。產品若應用在臨床用途，則需要進行臨床試驗以取得相關認

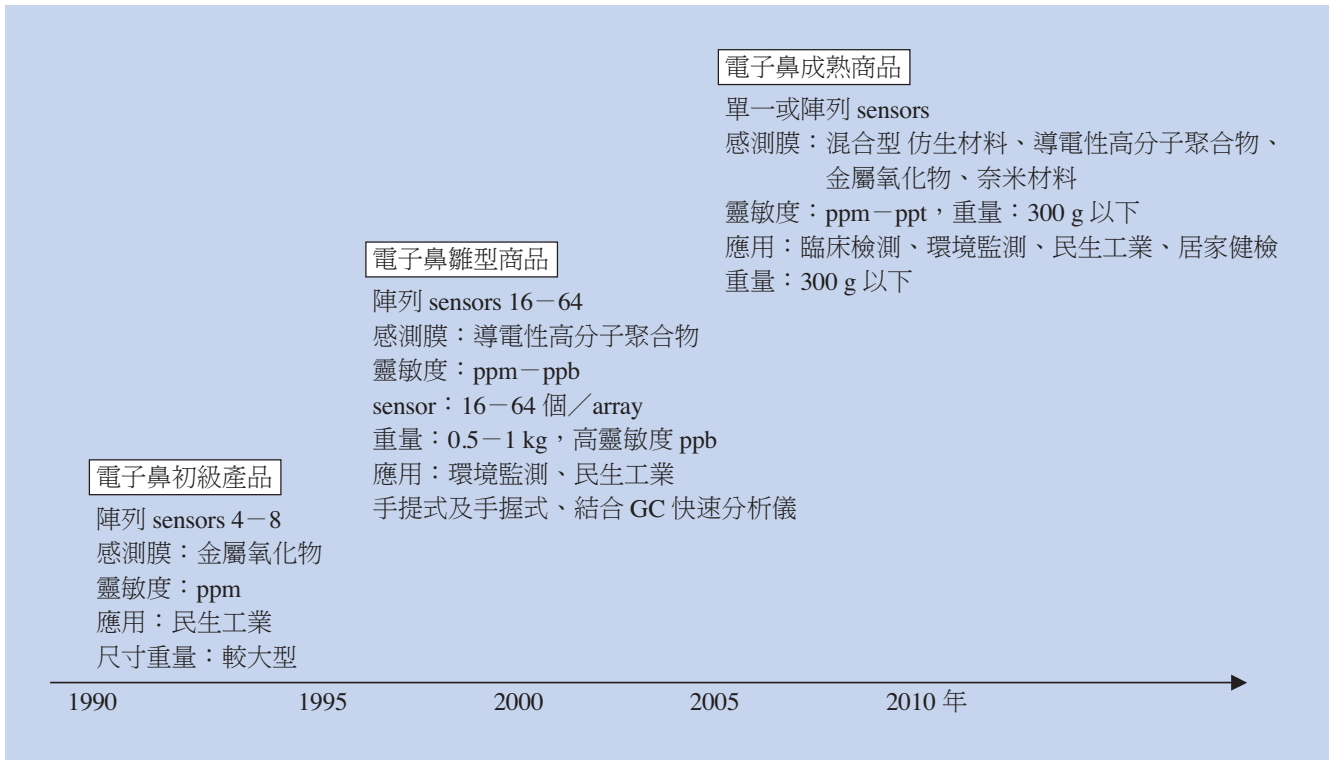


圖 11. 電子鼻發展年代。

證。國內也正研發電子鼻的信號處理及圖譜辨識技術，若有好的技術整合，台灣的電子電路公司可以做後段儀表商品化的工作。

參考文獻

1. 馬志欽, 毫微科技專輯, 3 (1999).
2. 揮發性有機物檢測方法—氣相層析質譜儀偵測法, 環署檢字第 0910014627 號公告修正 (2002).
3. T. Z. Wu and Y. R. Lo, *J. Biotech.*, **80**, 63 (2000).
4. T. Z. Wu, *Biosensors & Bioelectronics*, **14**, 9 (1999).
5. T. Z. Wu, Y. R. Lo, and E. C. Chan, *Biosensors & Bioelectronics*, **14**, 9 (2001).
6. 吳宗正, 生物晶片專輯, 0357 (1999).
7. J. W. Gardner and P.N. Bartlett, *Electronic Noses Principle and Applications*, Oxford University Press (1999).
8. 呂志誠, 科儀新知, **22** (5), 76 (2002).

吳仁彰先生為國立清華大學化學博士，現任工業技術研究院量測技術發展中心研究員。

Ren-Jang Wu received his Ph.D. in chemistry from National Tsing Hua University. He is currently a researcher at the Center for Measurement Standards of Industrial Technology Research Institute.