

臺灣二〇〇六年國際科學展覽會

科 別：環境科學

作 品 名 稱：懸浮奈米污染物之感測方法 (Sensing of Nanopollutants with an Ionic Liquid)

學校 / 作者：國立家齊女子高級中學 王采伊

作者簡介

我自小喜愛自然科學，也注意環境污染日益嚴重的問題，並且深刻體認環境改善旁無責貸。就讀高中期間，曾參與環境有關之科學研究包括："毒性重金屬污染之牡蠣"及"懸浮奈米污染物之簡易感測方法"，後者曾獲得全國科研競賽最佳創意獎。2005 年暑假，也獲得美國喬治華盛頓大學愛因斯坦百年慶獎學金，研究快速合成奈米金線(gold nanowires)。我認為奈米科技躍進，促進優質民生，但也應及早因應奈米物質之污染問題。我已獲得美國大學入學許可，希望將來能成爲一位傑出的科學家或教授。



(本圖片摘錄自 The George Washington University 網頁)

懸浮奈米污染物之感測方法

中文摘要

由於奈米科技之進步發展神速，許多難以偵測的奈米污染物可能對生物體造成不可預知的負面影響，然而傳統之感測方法主要針對氣體分子，可能不適用於感測粒狀奈米污染物質。因此，本研究之主要目的是探討(也建立一套)奈米污染物簡易感測方法之可行性。利用二至三個塑膠瓶、塑膠管組裝簡易感測實驗，並且使用非常少量(約 0.05 mL)之綠色溶劑(離子溶液)，實驗結果顯示奈米 ZnO 及螢光粉塵灰(<200 nm)可以使離子溶液之電阻明顯減少；但奈米 TiO₂ 或奈米 CuO 反而使電阻增加；未通過過濾材料之螢光粉塵灰(<5000 nm)，並未造成離子溶液之電阻明顯改變。上述實驗結果也可以導出至少二個結論: (1)吸收奈米粒子可使離子溶液之電阻改變；但微米以上粒子則否(可據以粗略判斷其粒子大小)及(2)不同奈米粒子吸收於離子溶液具特定電阻(可據以粗略判斷其物種)。

本作品曾獲第 45 屆(2005 年)全國科學展覽高中組生活與用科學最佳創意獎及南區優等獎，研究成果將投稿至國際期刊(J. Chem. Edu.)(如附錄 I)；另外，利用此一概念也建立一套空氣中懸浮奈米污染物之簡易感測器，並將申請中華民國發明專利(已完成初稿(如附錄 II))。

Sensing of Nanopollutants with an Ionic Liquid

Abstract

Mainly due to the fast development of nanotechnology, many undetectable or unpredictable nanopollutants may cause negative impacts on the environment and human health. Unlike the traditional sensing systems which can detect select gaseous molecules, effective nanopollutant sensing methods are still lacking in the literature. A feasibility for sensing nanopollutants with an ionic liquid (IL) (e.g., [C₄min][PF₆] (1-butyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphate)) was, therefore, studied in the present work. Detection of nanoparticles such as nano ZnO, nano CuO, nano TiO₂ and phosphor particulates was conducted in a home-made nanopollutant sensing system. Experimentally, abstraction of nano ZnO into the IL caused a reduction of the IL resistance. Similarly, decreasing of the IL resistance was also observed in the abstraction of phosphor particles with particles sizes of <200 nm. On the contrary, phosphor particulates with particle sizes of 200-5000 nm could not be abstracted effectively in the IL. Note that an increase of the IL resistance during abstraction of nano TiO₂ particles was found. Abstraction of nano CuO in the IL also led to a slight increase of the IL resistance. The determined characteristic resistances of the IL for abstraction of select nano particles such as nano ZnO, nano CuO, nano TiO₂ and phosphor particulates may be used in the development of novel nanopollutants sensors.

目 錄

中文摘要	2
Abstract	3
壹、前言	5
貳、研究方法	6
參、研究結果與討論	7
肆、結論與應用	10
伍、參考文獻	11
陸、附錄	
附錄 一 Sensing of Nanopollutants with an Ionic Liquid	12
附錄 二 空氣中奈米污染物之簡易感測方法	18

壹、前言

近幾年，奈米科技大幅發展，奈米物質的特性也經常被運用於日常用品中，奈米商品的運用漸趨普遍，市場上許多商品也都打著高科技奈米產品的噱頭以促進銷售量和買氣，奈米的普遍性和廣泛運用性已引起高度的研究興趣，尤其參加行政院國家科學委員會所舉辦的大師系列講座，其中由翁政義教授演講的有關奈米物質的特性與應用，使我對奈米有更深一層的認識，並且產生參與奈米技術研究的熱忱。

奈米科技大躍進，其廣泛的運用性，使大多數人認定奈米物質是一種極具利用價值且對人類有絕對益處的物質，相較之下，奈米污染物質被忽視，而且傳統方法無法有效進行奈米污染物質之控制，再者，也缺乏對奈米污染物質之感測方法。換句話說，奈米污染物質極微小(<100 nm)，若懸浮於空氣中，危險性不可預知，也可能易被生物體吸收，且很有可能殘留體內而無法排出，這類物質或許是造成現今許多前所未見的疾病層出不窮的可能原因之一(簡弘民、許順珠(2004))。

離子熔液是一種可由不同種類之正負離子所組成，而且具有獨特的物理和化學性質(孫亦文、徐烈鈞(2001))，離子熔液亦具有良好的熱穩定性；揮發性和蒸氣壓皆非常低；也不易與水或空氣反應；不易燃燒且無毒，離子熔液因此有”綠色溶劑”之稱，可取代傳統的有機溶劑(孫亦文、徐烈鈞(2001))。

傳統氣體感測的基本原理是偵測特定氣體分子吸附導致感測材料之電阻變化，透過電子訊號處理，可判別感測氣體的物理化學性質及其濃度，奈米顆粒可能沉積於感測材料表面，而使表面被掩蓋，與非常小(<1 nm)之氣體分子吸附於感測材料表面之反應完全不(Lin et al. (1988))。離子熔液可以有效富集奈米污染物質(黃心亮等人(2005))，中正大學魏國佐教授(Wei et al. (2004))發現離子熔液可以富集奈米金粒子，而且在離子熔液中懸浮分散至少 20 天而不會聚集成大顆粒，離子熔液也是一良半導體，其導電性也可能因吸收奈米粒子而改變，透過量測離子熔液電阻變化，也可判別或感測奈米粒子。

由於懸浮於空氣中之奈米污染物目前難以監測及控制，尤其對生物體的危害性更是無法預知。因此，本研究之主要重點為探討應用離子熔液建立奈米污染物感測方法之可行性，若可在密閉或循環的空間中，有效感測懸浮奈米物質之存在，即可達到預防或降低懸浮於空氣中之奈米污染物對生物體所造成的危害，而且透過離子熔液導電性(或電阻)之變化趨勢，也可能可以判斷空氣中存在何種懸浮奈米污染物，以便即時啓動應變措施，使環境保護更加確實和緊密。

貳、研究方法

圖 1 顯示離子熔液吸收奈米粒子及其電阻量測之流程，其中標準奈米粒子(ZnO、CuO 及 TiO₂)(其物理性質說明於表 1)及螢光粉塵灰(由成功大學環境奈米實驗室提供)置於供給瓶(300 mL 塑膠瓶)，利用氮氣夾帶懸浮於塑膠瓶內之奈米粒子，除螢光粉塵需過濾外，直接導入 0.05 mL 之離子熔液(置於載玻片上)，離子熔液之電阻變化則由多功能數位電表測量，未被吸收之奈米粒子則以硝酸溶液收集以避免直接排放於實驗室內。

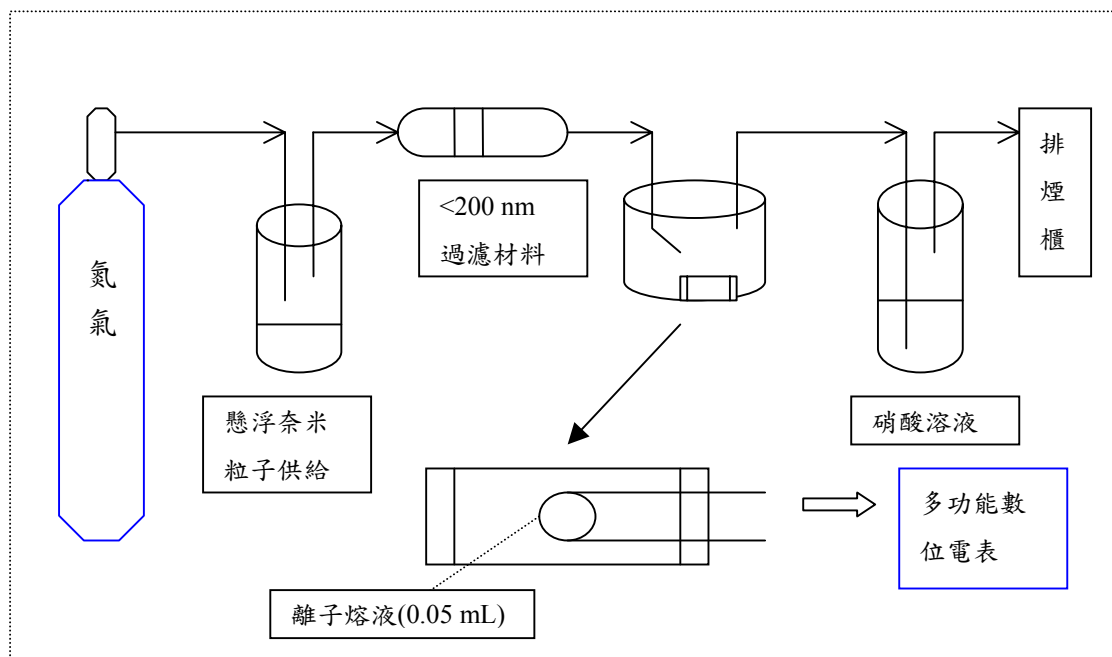


圖 1 離子熔液吸收奈米粒子及其電阻量測之示意圖

表 1 奈米粒子標準品之物理性質(廠牌之規格)

	粒子大小(nm)	表面積(m ² /g)	廠牌
TiO ₂	20~101	15~77	關東株式會社
ZnO	21~107	10~45	關東株式會社
CuO	27~95	27~95	關東株式會社

依據中正大學魏國佐教授之離子熔液合成方法(Wei, G. T., et al. (2004))及其協助，將 chlorobutane 與 1-methylimidazole(莫耳比 1:1)置於圓底燒瓶中，溫度控制在 70°C 下，加熱攪拌回流 24~72 小時，移除含不純物之 ethyl acetate 後，產物為淡黃色溶液。

如圖 1 之裝置由氮氣鋼瓶送出氮氣(200 mL/min)(以泡沫法量測氣體之流量)經過奈米粒子供給瓶，夾帶螢光粉塵灰通過裝有 200 nm 孔徑之過濾材料，使粒子小於之奈米通過至密封瓶內裝有一平放的載玻片上有一滴直徑約 0.5 cm 之離子熔液，兩端由純銀製導電線圈和多功能數位電表相接，以測量其電阻變化。其他四組實驗(奈米 CuO、TiO₂、ZnO 或螢光粉塵灰)，與上述螢光粉塵灰之實驗步驟相同，但未經過 200 nm 孔徑之過濾材料；實驗之對照組則通入氮氣不夾帶任何奈米污染物。所有電阻數據以扣除背景值及正規化，而且所有實驗均至少測試 2 次。

參、研究結果與討論

圖 2(a)顯示粒子小於 200 nm 之螢光粉塵灰吸附於離子熔液中，初期之吸收量可能很低，而且離子熔液電阻並沒有顯著之變化，但實驗進行超過約 1500 秒時，其電阻大幅下降 100 kΩ，可能是螢光粉塵灰中之奈米粒子在離子熔液中分佈均勻，中正大學魏國佐教授之實驗也明顯指

出奈米金可在離子溶液中懸浮均勻(Wei et al. (2004))，當離子溶液持續吸收奈米螢光粉塵灰，使其電阻平緩減少，減少之速率與圖 2(b)之奈米 ZnO(21~107 nm)類似，但初期(前 1500 秒)離子溶液吸收奈米 ZnO 即已造成電阻減少約 75 kΩ。

圖 2(c) 顯示粒子小於 5,000 nm 之螢光粉塵灰(未經過濾材料之分離)吸收於離子溶液之電阻變化在整個吸收實驗時間 4000 秒內，除了初期電阻有些微的增加約 25 kΩ 外，離子溶液之電阻並沒有明顯之變化。

其他奈米粒子例如奈米 TiO₂(20~101 nm)及奈米 CuO(27~95nm)吸收於離子溶液中，而且造成離子溶液之電阻增加，尤其奈米 TiO₂使離子溶液之電阻大幅增加約 150 kΩ，但奈米 TiO₂之吸收量增加反而使其電阻減少約 75 kΩ；但奈米 CuO 之吸收，使離子溶液之電阻增加約 25 kΩ，但吸收量之增加，並未使離子溶液電阻明顯改變。

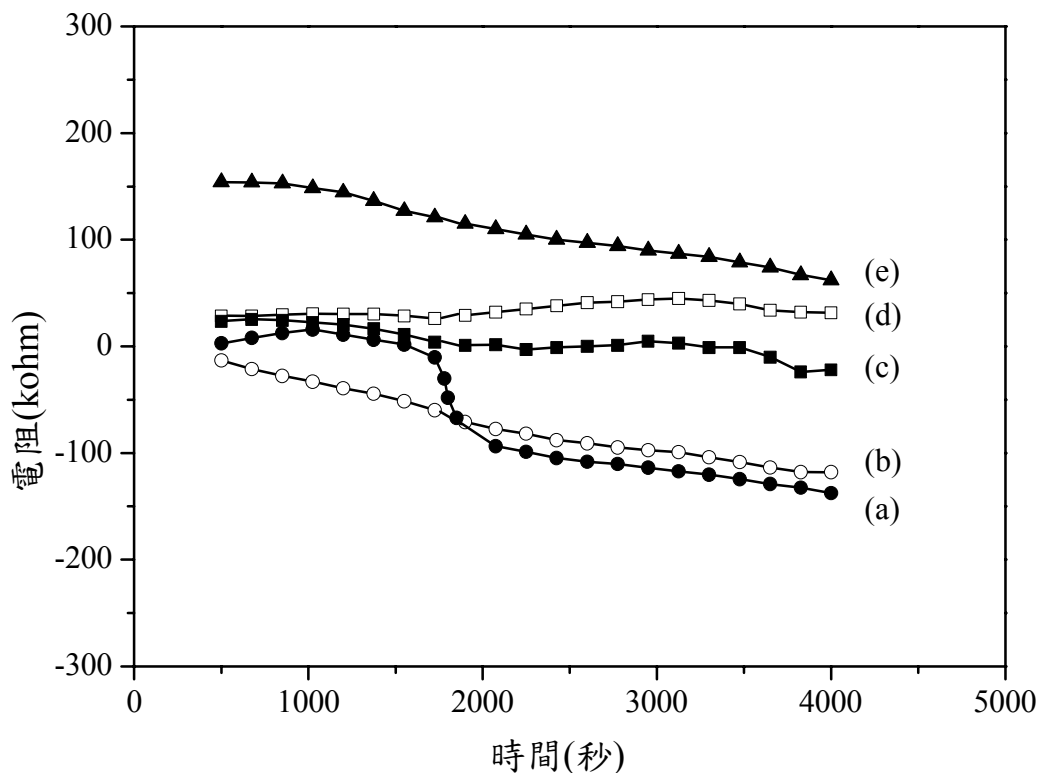


圖 2 離子溶液吸收(a)螢光粉塵灰(<200 nm)、(b)奈米 ZnO(21~107 nm)、(c)螢光粉塵灰 (<5,000 nm)、(d)奈米 CuO(27~95nm)、或(e)奈米 TiO₂(20~101nm)之電阻增加(+)或減少(-)(相對於純離子溶液)

本實驗之目的是使用簡易方法探討離子溶液之電阻變化量或趨勢，建立懸浮於空氣中難以偵測之奈米污染物之感測技術，由離子溶液之導電性之變化，也許可以判斷空氣中是否含懸浮奈米污染物或甚至判斷其為何種奈米污染物。

實驗發現離子溶液吸附奈米 ZnO 使其電阻減少，雖然奈米 ZnO 之化學物理特性並不清楚，但 ZnO 是 N 型半導體，可能是奈米 ZnO 在離子溶液中之懸浮分散均勻。當其吸收量增加時，其電阻也持續減少。

螢光粉塵灰之組成相當複雜，其中鋅之含量相對較高(黃心亮等人(2005))，隨著吸收量之增加，離子溶液之電阻反而減少，其減少之速率也與上述奈米 ZnO 之實驗結果相似。但初期吸收螢光粉塵灰並未造成離子溶液之電阻減少，可能與螢光粉粒子大小及分佈較廣有關(<200 nm)，而奈米 ZnO 之粒子大小為 21~107 nm。因此若將螢光粉塵灰粒子大小分佈增加，例如擴大至 5000 nm，離子溶液在前 4000 秒之吸收實驗中，如所預期，離子溶液之電阻並未發生明顯之變化。

奈米 TiO₂ 常用於光催化有機物分解，因此奈米 TiO₂ 可能也懸浮於空氣中，但離子溶液吸收奈米 TiO₂，使其電阻大幅增加，但當奈米 TiO₂ 之吸收量持續增加時，反而使離子溶液之電阻呈減少的趨勢，雖然奈米 TiO₂ 在離子溶液中之化學性質並不清楚，但其電阻之減少速率與前述之奈米 ZnO 類似。奈米 CuO 吸收於離子溶液中也使電阻增加 25~50 kΩ，但吸收量增加，其離子溶液之電阻並未如同奈米 ZnO 或奈米 TiO₂ 使離子溶液之電阻減少。

這些奈米粒子吸收於離子溶液中所造成之電阻改變，可能與其奈米粒子之化學性質及其在離子溶液之分佈狀態關係較為密切，也許更多其他奈米粒子之研究結果可以解釋上述特殊之發現或透過精密化學分析(例如電子顯微鏡)可以得到答案，但以目前之簡易實驗觀察發現離子溶液的確可以感測空氣中不同奈米粒子，使其成為有效之奈米粒子感測材料之一，尤其更多實驗結果可以分析奈米粒子之特性，如圖 2 所示，每種奈米粒子表現在離子溶液之個別特性，有利於使離子溶液成為一種特殊感測材料，也許可以發展成為一種簡易奈米粒子分析方法之一。

肆、結論與應用

本研究之重點是使用簡易方法探討離子熔液之電阻變化量或趨勢，建立懸浮於空氣中難以偵測之奈米污染物之感測技術，主要研究成果至少包括下列四點：

1. 吸收奈米 ZnO 或螢光粉塵灰(<200 nm)之離子熔液之電阻呈現減少趨勢；但吸收奈米 CuO 或奈米 TiO₂ 之離子熔液之電阻反而具增加之趨勢。
2. 若吸收奈米 ZnO、奈米 TiO₂ 或螢光粉塵灰(<200 nm)時間增加，離子熔液之電阻呈現減少趨勢；但吸收奈米 CuO 並未使離子熔液之電阻明顯改變。
3. 吸收奈米粒子可使離子熔液之電阻改變；但微米以上之粒子則否(例如未過濾之螢光粉塵灰(<5000 nm))，可據以粗略判斷其粒子大小範圍。
4. 不同奈米粒子吸收於離子熔液具特定電阻，可據以粗略判斷其物種。

本研究結果也將投稿至國際期刊(J. Chem. Edu.)(如附錄 I)，另外，由此概念發展，可設計連續性之奈米污染物簡易感測器，由於體積可非常小，因此可放置於冷氣或抽氣機中，若感測顯示奈米污染物質存在(特定濃度以上)，即可發出警訊以啟動應變措施，對環境污染防治多重把關。也可應用於發展簡易分析奈米污染物之方法，由於不同的奈米污染物吸收於離子熔液，會明顯改變離子熔液之電阻，換言之，離子熔液之導電性會隨特定奈米污染物而增加或減少，而成爲一種簡易分析工具(也將申請中華民國發明專利(初稿如附錄 II))。

伍、參考文獻

孫亦文、徐烈鈞(2001)，”常溫離子熔液”，化工資訊，46。

黃心亮、彭晴玉、徐煥炫、黃鈺鈞、魏國佐、王鴻博(2005)，”綠色離子熔液應用於奈米污染物控制”，*J. Chin. Colloid & Interface Soc.*, 27, 105.

簡弘民、許順珠(2004)，”奈米技術對環境與健康影響之調查”，第一屆環境保護與奈米科技學術研討會，75。

Lin, H. M., Tzeng, S. J., Hsiau, P. J., Tsai, W. L. (1988) “Electrode effects in gas sensing properties of nanocrystalline zinc oxide”, *Nanostructured Materials*, 10, 465.

Wei, G. T., Tang, Z. S., Lee, C. Y., Yang, H. Y., Wang, C. R. (2004) “Aqueous-organic phase transfer of gold nanoparticles and gold nano rods using and ionic liquid”, *J. Am. Chem. Soc.*, 126, 5036.

附錄 I

Sensing of Nanopollutants with an Ionic Liquid

Michelle Wang and H.-S. Lin

(To be submitted to J. Chem. Edu.)

Sensing of Nanopollutants with an Ionic Liquid

Michelle Wang and H.-S. Lin

Abstract

Mainly due to the fast development of nanotechnology, many undetectable or unpredictable nanopollutants may cause negative impacts on the environment and human health. Unlike the traditional sensing systems which can detect select gaseous molecules, effective nanopollutant sensing methods are still lacking in the literature. A feasibility for sensing nanopollutants with an ionic liquid (IL) (e.g., [C₄min][PF₆] (1-butyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphate)) was, therefore, studied in the present work. Detection of nanoparticles such as nano ZnO, nano CuO, nano TiO₂ and phosphor particulates was conducted in a home-made nanopollutant sensing system. Experimentally, abstraction of nano ZnO into the IL caused a reduction of the IL resistance. Similarly, decreasing of the IL resistance was also observed in the abstraction of phosphor particles with particles sizes of <200 nm. On the contrary, phosphor particulates with particle sizes of 200-5000 nm could not be abstracted effectively in the IL. Note that an increase of the IL resistance during abstraction of nano TiO₂ particles was found. Abstraction of nano CuO in the IL also led to a slight increase of the IL resistance. Characteristic resistances of the IL for abstraction of select nano particles such as nano ZnO, nano CuO, nano TiO₂ and nanopollutants (phosphor particulates) were determined.

Keywords: Ionic liquids, nanopollutants, sensors.

Introduction

Very recently, developments and applications of nanotechnology have been growing rapidly. Many nano matters have been used widely. However, the hidden dangers of nanopollutants from diverse sources may exacerbate the environment and human health on a daily basis [1]. Nanopollutants may translocate into the deep lung. Many unknown diseases caused by nanopollutants in the environment have, to some extent, been suspected.

Ionic liquids (ILs) are generally nonvolatile, nonflammable, and thermal stable. Therefore, ILs is also named “Green Solvents” [2]. ILs can also be applied in the industrial synthesis, separation, electrochemistry, and catalysis [2]. Organic metals (such as Cd, Pb or Zn-dithizonates) could be extracted in ILs at pH values of 4-8 [3]. Recently, it was found that nano Au particles could be well suspended in the IL ($[\text{C}_4\text{min}][\text{PF}_6]$) for at least 20 days [4].

In the traditional sensing systems, concentrations of select gaseous molecules that are adsorbed on the sensing materials and cause a variation pattern of resistance can be detected [5]. The concept of gas sensing is completely different from determination of ultrafine particles in nano scales. Effective nanopollutant sensing methods are still lacking in the literature. Thus, the main objective of the present work was to study the feasibility for sensing of nanopollutants with an IL ($[\text{C}_4\text{min}][\text{PF}_6]$). Specifically, resistances of the IL were determined during absorptions of model nano particles as well as environmental nano particulates.

Experimental

0.3 mole 1-chlorobutane (99.4%, TEDIA, USA) and 0.3 mole 1-methylimidazole were mixed and refluxed at 343 K for 72 hours. The $[\text{C}_4\text{min}]$ solution was then mixed with 55.2 grams KPF_6 (>99.0%, SHOWA, Japan). About 30 mL IL ($[\text{C}_4\text{min}][\text{PF}_6]$) were synthesized for nanopollutants sensing experiments. Detailed procedures for synthesis of the IL were described previously [4].

The sensing experiments were conducted in a home-made system. About 0.05 mL IL

([C₄min][PF₆]) was dropped onto a glass substrate. Silver wires were used for electrical connections and measurements of the resistances of the IL. Model nano particles such as ZnO (21-107 nm), CuO (27-95 nm), or TiO₂ (20-101 nm) carried by 200 mL/min N₂ gas were dosed onto the IL. In the environmental nano pollutants sensing tests, phosphor particulates (<5000 nm) collected from a CRT disassembling processes were filtered to enrich particles with sizes of <200 nm. Resistances of the IL during abstraction of nano particles were monitored by a digital multimeter (HP34401A).

Results and Discussion

In Figure 1(a), in the early stage (<1500 sec), little abstraction of phosphor particulates (<200 nm) in the IL (insignificant variation of the IL resistance) was found. Prolong the abstraction time of phosphor particulates in IL, a rapid decrease of the IL resistance (-100 KΩ) was noted. Interestingly, Figure 1(c) shows that the phosphor particulates without filtration (<5000 nm) could not be abstracted effectively in the IL. Since zinc is the main species in the phosphor particulates, resistance of the IL were also determined during abstraction of nano ZnO (21-107 nm). In Figure 1(b), a gradual decrease of the IL resistance was observed. At the abstraction time of >1500 sec, the IL resistance pattern for phosphor particulates (<200 nm) was very similar to that of nano ZnO. It seems that the IL might abstract selectively particles with nano sizes.

Nano TiO₂ (20-101 nm) that is widely used in photocatalysis behaved differently during the abstraction process. The IL resistance was increased to +150 KΩ when the abstraction started, and then gradually decreased to +50 KΩ at the abstraction time of 4000 sec (Figure 1(e)). On the contrary, little variation of the IL resistance with a slight increase (+25 KΩ) was found during abstraction of nano CuO (27-95 nm) in the IL (Figure 1(d)).

It is clear that abstraction of nano ZnO or phosphor particles (<200 nm) into the IL caused a reduction of the IL resistance. Note that phosphor particulates with particle sizes of 200-5000 nm

could not be abstracted effectively in the IL. On the contrary, at the early abstraction stage for nano TiO₂ and nano CuO particles, the IL resistance of +150 and +25 KΩ, respectively was also found. Thus a characteristic resistance of the IL during the abstraction of select nano particles could be determined.

Conclusion

The main objective of the present work was to study the feasibility of sensing nanopollutants with the IL ([C₄min][PF₆]). The results of the experiments might lead to the following conclusions.

1. Abstraction of nano ZnO or phosphor particulates (<200 nm) cause the IL resistances to decrease. Contrarily, abstraction of nano CuO or nano TiO₂ led to an increase of the IL resistances.
2. The IL ([C₄min][PF₆]) might abstract selectively particles with nano sizes.
3. Characteristic resistances of the IL for abstraction of select nano particles such as nano ZnO, nano CuO, nano TiO₂ and nanopollutants (phosphor particulates) were found.

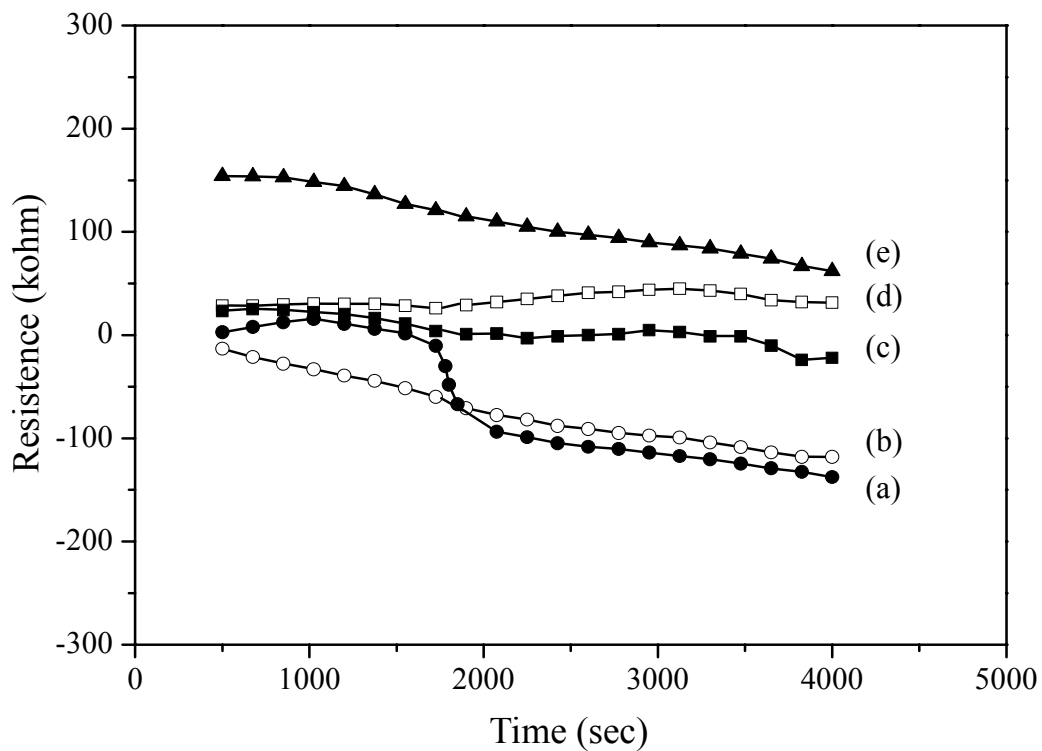
REFERENCES

- [1] Lauffenburger, D. A., Linderman, J. L. (1993) University Press, Oxford, New York.
- [2] Welton, T. (1999) Chem. Rev., 99, 2071.
- [3] Wilkes, J. S. (2002) Green Chem., 4, 73.
- [4] Wei, G. T., Tang, Z. S., Lee, C. Y., Yang, H. Y., Wang, C. R. (2004) J. Am. Chem. Soc., 126, 5036.
- [5] Lin, H. M., Tzeng, S. J., Hsiao, P., J. Tsai, W. L. (1988) NanoStructured Materials, 10, 465.

Figure Caption

Figure Caption

Fig. 1 Time dependence for the resistance of the ionic liquid abstracted with (a) nano TiO₂ (19-100 nm), (b) nano ZnO (19-100 nm), (c) phosphor particulates (<5000 nm), (d) phosphor particulates (<200 nm), and (e) nano CuO (19-100 nm).



附錄 II

空氣中奈米污染物之簡易感測方法

(華民國發明專利申請中)

空氣中奈米污染物之簡易感測方法

一、中文發明摘要

本發明係有關於利用離子熔液感測奈米污染物之簡易感測方法。按奈米科技之進步發展神速，許多難以偵測的奈米污染物可能對生物體造成不可預知的負面影響，然而傳統之感測方法主要針對氣體分子，可能不適用於感測粒狀奈米污染物質。(1)吸收奈米粒子可使離子熔液之電阻改變；但微米以上粒子則否，因此，(可據以粗略判斷其粒子大小)，另外不同奈米粒子吸收於離子熔液具特定電阻，可據以粗略判斷其物種，成爲一種可以感測空氣中懸浮奈米污染物之簡易方法，可對環境污染防治多重把關。

二、發明說明

按，近幾年，奈米科技大幅躍進，奈米物質的特性也經常被運用於日常用品中，奈米商品的運用漸趨普遍，相較之下，奈米污染物質被忽視，而且傳統方法無法有效進行奈米污染物之控制，再者，也缺乏對奈米污染物質之感測方法。換句話說，奈米污染物質極微小(<100 nm)，若懸浮於空氣中，危險性不可預知，也可能易被生物體吸收，且很有可能殘留體內而無法排出，這類物質或許是造成現今許多前所未見的疾病層出不窮的可能原因之一。

另，離子熔液是一種可由不同種類之正負離子所組成，而且具有獨特的物理和化學性質，離子熔液亦具有良好的熱穩定性；揮發性和蒸氣壓皆非常低；也不易與水或空氣反應；不易燃燒且無毒，離子熔液因此有”綠色溶劑”之稱，可取代傳統的有機溶劑。

傳統氣體感測的基本原理是偵測特定氣體分子吸附導致感測材料之電阻變化，透過電子訊號處理，可判別感測氣體的物理化學性質及其濃度，奈米顆粒可能沉積於感測材料表面，而使表面被掩蓋，與非常小(<1 nm)之氣體分子吸附於感測材料表面之反應完全不同。我們發現離子熔液可以有效富集奈米污染物，而且在離子熔液中懸浮分散至少 20 天而不會聚集成大顆粒，離子熔液也是一良半導體，其導電性也可能因吸收奈米粒子而改變，透過量測離子熔液電

阻變化，也可判別或感測奈米粒子。

緣是，發明人有鑑於此，秉持多年之學術研究及實務經驗，而利用離子熔液吸收空氣中奈米污染物，由於離子熔液之電阻變化可以建立一種感測方法。

本發明之主要目的係在提供一種可在密閉或循環的空間中，有效感測懸浮奈米物質之存在，即可達到預防或降低懸浮於空氣中之奈米污染物對生物體所造成的危害，而且透過離子熔液導電性(或電阻)之變化趨勢，也可能可以判斷空氣中存在何種懸浮奈米污染物，以便即時啟動應變措施，使環境保護更加確實和緊密。

本發明之實例一

由氮氣鋼瓶送出氮氣(200 mL/min) 經過奈米粒子供給瓶，夾帶螢光粉塵灰通過裝有 200 nm 孔徑之過濾材料，使粒子小於之奈米通過至密封瓶內裝有一平放的載玻片上有一滴直徑約 0.5 cm 之離子熔液，兩端由純銀製導電線圈和多功能數位電表相接，以測量其電阻變化。其他四組實驗(奈米 CuO、TiO₂、ZnO 或螢光粉塵灰)，與上述螢光粉塵灰之實驗步驟相同，但未經過 200 nm 孔徑之過濾材料；實驗之對照組則通入氮氣不夾帶任何奈米污染物。所有電阻數據以扣除背景值及正規化，而且所有實驗均至少測試 2 次。實驗結果圖 1(a) 顯示粒子小於 200 nm 之螢光粉塵灰吸附於離子熔液中，初期之吸收量可能很低，而且離子熔液電阻並沒有顯著之變化，但實驗進行超過約 1500 秒時，其電阻大幅下降 100 kΩ，可能是螢光粉塵灰中之奈米粒子在離子熔液中分佈均勻，當離子熔液持續吸收奈米螢光粉塵灰，使其電阻平緩減少，減少之速率與圖 1(b)之奈米 ZnO(21~107 nm)類似，但初期(前 1500 秒)離子熔液吸收奈米 ZnO 即已造成電阻減少約 75 kΩ。

圖 1(c) 顯示粒子小於 5,000 nm 之螢光粉塵灰(未經過濾材料之分離)吸收於離子熔液之電阻變化在整個吸收實驗時間 4000 秒內，除了初期電阻有些微的增加約 25 kΩ 外，離子熔液之電阻並沒有明顯之變化。

其他奈米粒子例如奈米 TiO₂(20~101 nm)及奈米 CuO(27~95nm)吸收於離子熔液中，而且

造成離子熔液之電阻增加，尤其奈米 TiO_2 使離子熔液之電阻大幅增加約 $150 \text{ k}\Omega$ ，但奈米 TiO_2 之吸收量增加反而使其電阻減少約 $75 \text{ k}\Omega$ ；但奈米 CuO 之吸收，使離子熔液之電阻增加約 $25 \text{ k}\Omega$ ，但吸收量之增加，並未使離子熔液電阻明顯改變。

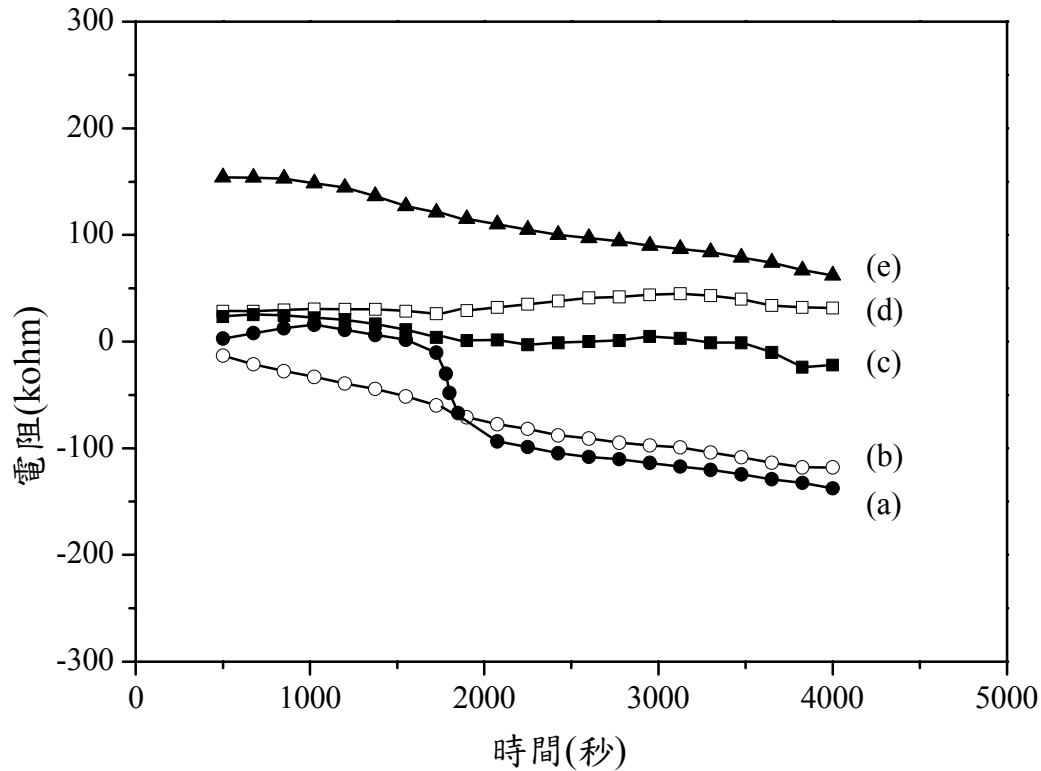


圖 1 離子熔液吸收(a)螢光粉塵灰(<200 nm)、(b)奈米 ZnO (21~107 nm)、(c)螢光粉塵灰(<5,000 nm)、(d)奈米 CuO (27~95 nm)、或(e)奈米 TiO_2 (20~101 nm)之電阻增加(+)或減少(-)(相對於純離子熔液)

本發明藉由簡易方法探討離子熔液之電阻變化量或趨勢，建立懸浮於空氣中難以偵測之奈米污染物之感測技術，由離子熔液之導電性之變化，可以判斷空氣中是否含懸浮奈米污染物或甚至判斷其為何種奈米污染物。

這些奈米粒子吸收於離子熔液中所造成之電阻改變，可能與其奈米粒子之化學性質及其在離子熔液之分佈狀態關係較為密切，但以目前之簡易實驗觀察發現離子熔液的確可以感測空氣中不同奈米粒子，使其成為有效之奈米粒子感測材料之一，尤其每種奈米粒子表現在離子熔液之個別特性，有利於使離子熔液成為一種特殊感測材料，可以發展成為一種簡易奈米粒子分

析方法之一。

由此概念發展，可設計連續性之奈米污染物簡易感測器，由於體積可非常小，因此可放置於冷氣或抽氣機中，若感測顯示奈米污染物質存在(特定濃度以上)，即可發出警訊以啓動應變措施，對環境污染防治多重把關。也可應用於發展簡易分析奈米污染物之方法，由於不同的奈米污染物吸收於離子熔液，會明顯改變離子熔液之電阻，換言之，離子熔液之導電性會隨特定奈米污染物而增加或減少，而成爲一種簡易分析工具。

綜上所述，本發明之實施例確能達到所預期之使用功效，又其展示之具體構造，不僅未曾見諸同類產品中，也未成曾公開於申請前，誠已完全符合專利法之規定與要求，爰依法提出發明專利之申請，懇請惠於審查，並賜准專利，則實德便。

三、申請專利範圍

1. 一種設計連續性之奈米污染物簡易感測器之方法，其特徵爲：吸收奈米 ZnO 或螢光粉塵灰(<200 nm)之離子熔液之電阻呈現減少趨勢；但吸收奈米 CuO 或奈米 TiO₂ 之離子熔液之電阻反而具增加之趨勢。
2. 如申請專利範圍第一項所述一種設計連續性之奈米污染物簡易感測器之方法，若吸收奈米 ZnO、奈米 TiO₂ 或螢光粉塵灰(<200 nm)時間增加，離子熔液之電阻呈現減少趨勢；但吸收奈米 CuO 並未使離子熔液之電阻明顯改變。
3. 如申請專利範圍第一項所述一種設計連續性之奈米污染物簡易感測器之方法，吸收奈米粒子可使離子熔液之電阻改變；但微米以上之粒子則否(例如未過濾之螢光粉塵灰(<5000 nm))，可據以粗略判斷其粒子大小範圍。
4. 如申請專利範圍第一項所述一種設計連續性之奈米污染物簡易感測器之方法，不同奈米粒子吸收於離子熔液具特定電阻，可據以粗略判斷其物種。

評語

本作品利用 1-chlorobutane 及 1-methylimidazole 配製之離子溶液，在吸收奈米粒子（TiO₂，CuO 及 ZnO）後之電阻會明顯改變之情況下，可用以偵測懸浮於空氣中之奈米污染物，構思甚佳，但由於實驗操作組數、次數較少，雖初步可知可據以粗略判斷其物種，但要進一步能用於定量且準確的分析，仍待繼續努力。