

# 利用單一粒子感應耦合電漿質譜儀定量金奈米粒子的濃度 Quantifying number concentration of gold nanoparticles by single particle inductively coupled plasma mass spectrometry (SP-ICP- MS)

葉健民<sup>1</sup>, 劉益宏<sup>1</sup>, 曹嘉芸<sup>1</sup>, 林芳新<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 工業技術研究院 奈米與半導體產業計量研究室  
E-mail: [leoyeh@itri.org.tw](mailto:leoyeh@itri.org.tw) [itriA40317@itri.org.tw](mailto:itriA40317@itri.org.tw)\*

## 摘要

奈米技術是一門快速發展的科學，通常用於生產和利用尺寸在 1 nm 至 100 nm 範圍內的物體，由於奈米材料 (Nanomaterial, NM) 具有獨特的物化特性，因此被廣泛地應用於先進工業製造的創新產品中，提供巨大的商業和社會價值。出於監管目的，歐盟關於奈米材料定義的建議 (2011/696/EU) 指出，材料的尺寸分佈應表示為基於粒子濃度 (particle concentration) 的尺寸分佈 (size distribution)，量測產品中的奈米粒子顆粒濃度將有助於優化及再現產品的配方。依據歐洲計量創新與研究 (European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR)) 計畫編號 14IND12 Innanopart 中提到，單一粒子感應耦合電漿質譜儀 (single particle inductively coupled plasma mass spectrometry, spICP-MS) 可應用於顆粒濃度的量測，此方法可追溯至國際單位制 (International System of Units, SI)，因此可作為顆粒濃度之原級方法。本實驗室針對 spICP-MS 進行量測方法的開發及不確定的評估，以建立顆粒濃度之原級量測方法。

spICP-MS 的原理係將顆粒懸浮液體 (suspension) 稀釋至極低濃度後再導入儀器中，可將多個粒子同時到達電漿的可能性降至最低，電漿將顆粒的成分原子化 (atomization) 和游離 (ionization)，使用質譜的質荷比 ( $m/z$ ) 來篩選目標離子，再依據離子脈衝訊號計算顆粒數量。spICP-MS 進行未知顆粒濃度量測時，需考慮被偵測到的顆粒數量、傳輸效率、樣品進樣流速及稀釋倍率，本實驗室參考英國政府化學家實驗室 (Laboratory of the Government Chemist, LGC) 作法，以動態質量流速法 (dynamic mass flow, DMF) 進行傳輸效率的確認，此法無需參考物質即可實現傳輸效率 (transportation efficiency, TE) 的測定。利用商用 LGC 金奈米顆粒濃度標準品進行方法驗證其金奈米粒子顆粒濃度，其量測結果評估  $E_n < 1$ ，證實 DMF 搭配 spICP-MS 可準確量測顆粒濃度。

關鍵字：奈米粒子、單一粒子感應耦合電漿質譜儀

Keywords: nanoparticles、SP-ICP-MS