

中央處理器 (CPU) 與積體電路 (IC) 之環保貴金屬提取技術

葉加伶 / 明志科大化工系
周韋伶 / 優勝奈米科技研究員
何享穎 / 優勝奈米科技技術長
許景翔 / 優勝奈米科技董事長

隨著全球 AI 運算需求與半導體產業成長，電子廢棄物已成為具開發潛力的城市礦產。本研究針對積體電路 (IC) 與中央處理器 (CPU) 之結構特徵對含金量的影響進行系統性分析，證實 IC 之引腳密度與含金量呈正相關，且薄型封裝含金量高於厚型；在 CPU 類型中，插針型之含金量明顯高於平面型。本研究採用 UW-860 無氰環保剝金技術優化傳統回收流程，該藥劑具備高選擇性且不損傷基材，能

高效提取黃金並大幅降低廢水處理量，不僅達成 >99% 的回收效率，更符合聯合國永續發展目標 (SDGs) 第 12 項的責任消費與生產，為半導體產業提供了具備經濟效益與環保價值的綠色循環經濟方案。

一、前言

(一) 半導體市場規模與成長

隨著人工智慧技術建設的快速發展，全球半導體產業正迎來新一

波成長高峰。根據 Deloitte (勤業眾信) 於 2026 年發布的產業展望，預估到 2026 年，全球半導體市場規模將達約 9,750 億美元，創歷史新高。從成長率來看，2025 年約為 22%，而 2026 年則有機會進一步提升至 26%，顯示整體產業仍處於快速擴張階段。即使未來成長速度可能逐漸趨緩，在人工智慧與高效能運算需求持續增加的情況下，預期至 2030 年代中期，市場規模仍有機會突破 2 兆美元^[1]。

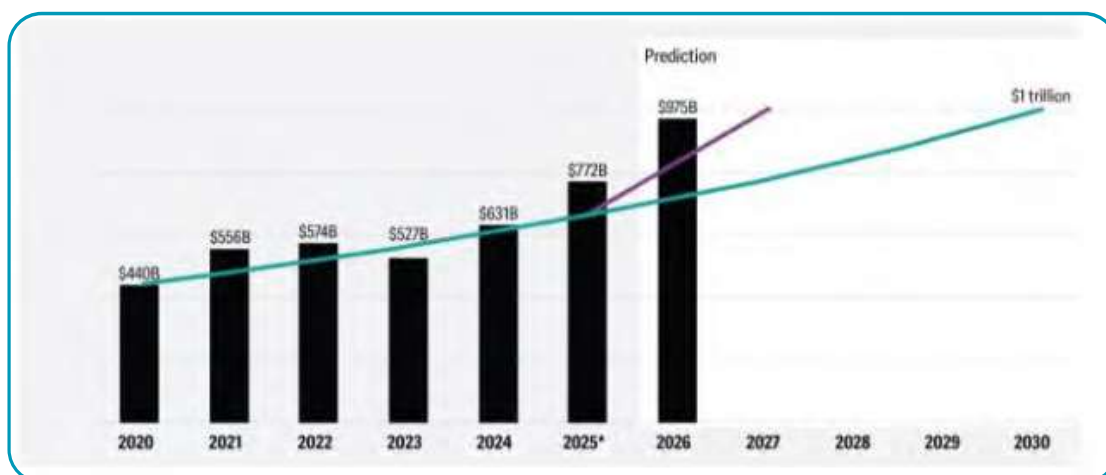


圖 1 2026 至 2035 年全球鈹鐵硼磁鐵市場預估^[3]

在此全球浪潮下，台灣憑藉完整的產業鏈占有舉足輕重的地位。根據工研院預估，台灣半導體產業於 2025 至 2026 年間仍維持穩健成長動能，產值持續擴張至 7 兆新台幣以上。

(二) 積體電路與中央處理器之市場重要性

在數位轉型與人工智慧快速發展的背景下，積體電路 (IC) 已逐漸成為現代電子產業運作的核心。IC 主要負責資料處理與運算功能，並廣泛應用於智慧型手機、車用電子以及人工智慧運算等各類裝置之中。

隨著應用需求日益提升，根據 Mordor Intelligence 的報告指出，積體電路在 2024 年占據台灣半導體市場的 86.1%，IC 的性能不僅影響電子產品的整體表現，也直接關係到半導體產業的技術發展方向，成為推動全球供應鏈持續演進的重要關鍵^[2-3]。

在運算裝置中，中央處理器 (CPU) 扮演著控制與運算的核心角色，透過精密的封裝技術，例如平面型 (LGA) 或插針型 (PGA)，與電路板連結，以確保訊號傳輸的高可靠性。隨著數位轉型與高效能運算需求增長，CPU 不僅廣泛應用於伺服器及行動裝置，其技術演進更成為定義系統效能與企業競爭力的關鍵指標。

維持 IC 與 CPU 的高效運轉，

封裝材料的物理特性至關重要。黃金憑藉其卓越的導電性能與優異的抗氧化能力，成為確保訊號傳輸穩定與延長組件壽命不可或缺的關鍵材料。然而，這種對貴金屬的高度依賴，也賦予了回收廢棄運算元件這項極具開發潛力的「城市礦產」地位^[4]。

(三) 現行回收技術所遇到的瓶頸

隨著全球電子廢棄物 (E-waste) 產量持續增長，如何從廢棄 IC 與 CPU 中高效回收黃金、銀及鈀等高價值貴金屬，已成為落實循環經濟的核心挑戰。

目前工業界仍普遍採用傳統濕法冶金技術，其中以強酸體系的王水法 (Aqua Regia) 最具代表性，然而王水法在實務應用中存在著缺點。研究指出，王水法具有高腐蝕

性，導致目標貴金屬與基材中的銅、鎳等雜質金屬連同浸出，選擇性較低。這不僅增加了後續純化的複雜度，且因需消耗大量藥劑進行中和，導致廢液量大幅增加，進而衍生額外的廢水處理成本^[5-6]。

(四) 使用 UW-860 無氰化學剝金的優勢

有別於傳統王水法伴隨而來的多重挑戰，本研究採用的 UW-860 無氰化學剝金技術，展現了卓越的技術優勢與環境效益。該技術憑藉高度的化學選擇性，能精準剝離金層而不損傷塑膠、不鏽鋼、鈦等基材，有效避免了因底材溶解導致後續的還原難度。UW-860 在維持高提取率的同時，有效降低廢液處理的複雜度與末端環境負荷，為電子廢棄物的資源循環提供了一種兼具經濟性與永續性的綠色方案^[7]。

表 1 王水法和 UW-860 的比較

項目	王水法 (傳統濕法冶金)	UW-860 (無氰化學剝金劑)
使用 影響性	底材完全腐蝕	不損傷塑膠、不鏽鋼、鈦等基材
剝離 選擇性	無差別溶解	精準剝離金層
操作 安全性	高腐蝕性 具職業暴露風險	無毒、低腐蝕性
廢液處理	廢液需加大量 鹼做中和處理	處理程序簡化， 末端環境負荷低

二、實驗方法

(一) 將 IC、CPU 進行外觀分類

IC 的分類方式如下：如圖 2，先測量 IC 的長 (L)、寬 (W) 以及厚度 (T)，利用引腳數量多寡，與厚度較薄或厚來進行分類。

CPU 的分類方式如下：將 CPU

依照平面型 (LGA) 以及插針型 (PGA) 來進行分類。

(二) 剝錫程序、碳化程序及破碎程序

配置適量的 SnST-550 剝錫劑，將 IC、CPU 泡入 SnST-550 剝錫劑內，剝錫結束後將 IC、CPU 進行水洗乾燥，再將 IC、CPU 進行碳化，再利用粉碎機，把碳化後的 IC、CPU 各

別打成至細粉狀，獲得 IC、CPU 的粉末。

(三) 酸洗、剝金程序

將 IC、CPU 的粉末進行酸洗程序，酸洗後的粉末接著進行剝金程序，配置適量的 UW-860 環保化學剝金劑，將 IC、CPU 的粉末當中的金提取至環保化學剝金劑當中可獲得含金溶液。

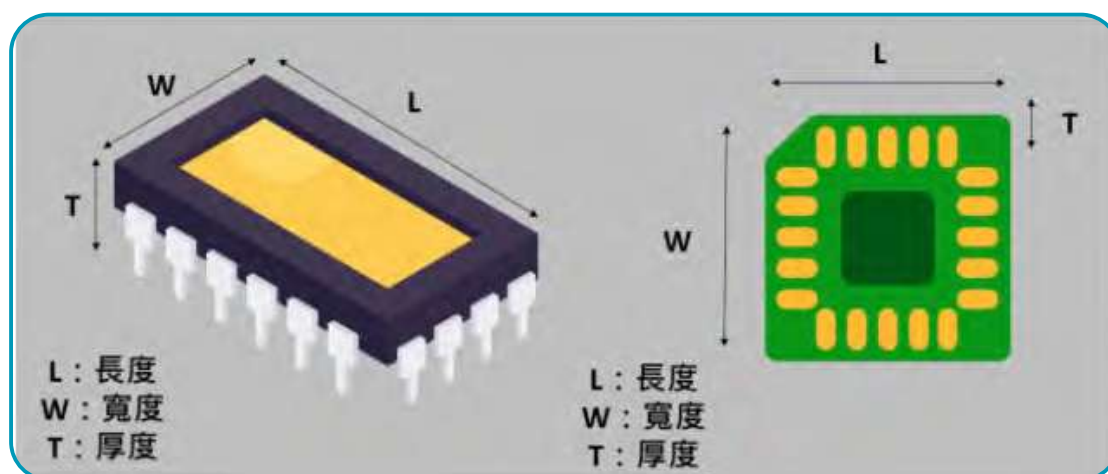


圖 2 有引腳的 IC 以及沒有引腳的 IC

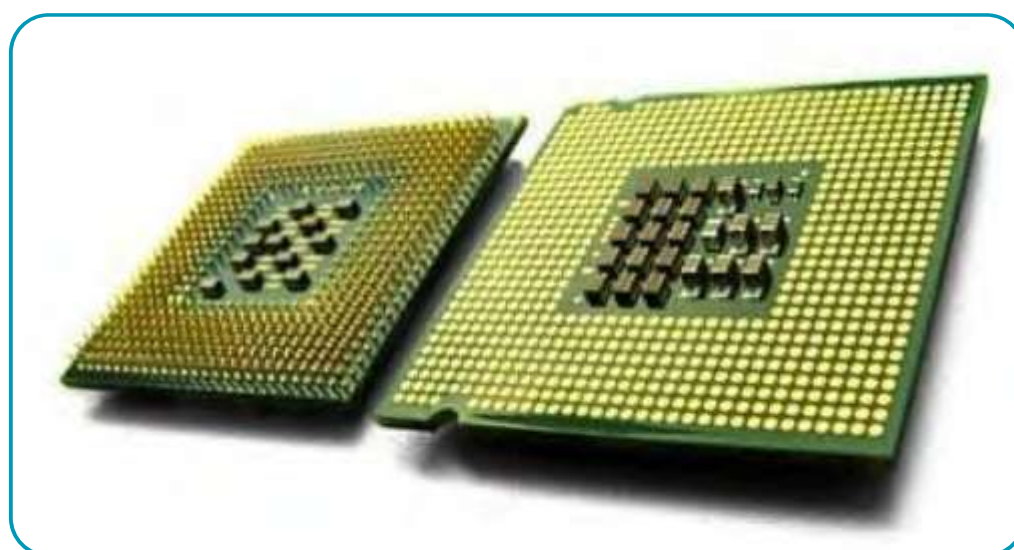


圖 3 CPU 分類，左為插針型，右為平面型

表 2 IC 的含金量數據

編號	IC 圖片	長*寬*厚度 (mm)	含金量
1		5*6*1.48	1,890 g/ton
2		5*6*1.48	3,080 g/ton
3		18*10*2.32	1,000 g/ton
4		22*11*1.48	1,640 g/ton
5		10*10*0.88	3,540 g/ton

表 3 CPU 的含金量數據

CPU 類型	圖片	含金量
平面型		9.3 g/ton
插針型		150 g/ton

(四) 還原及純化

將含金的剝除溶液加入還原劑後，金會反應而形成沉澱物，利用稀硝酸浸泡此含金沉澱物，並再次去除金屬雜質。過濾後烘乾沉澱物，即可得到高純度的海綿金，最後經過燒結，即可將海綿金燒結成黃金。

三、結果與討論

(一) 將 IC、CPU 進行分類的結果

在 IC 方面，經過 ICP-OES 檢測結果，如表 2，引腳密 (編號 2) 的含金量是引腳疏 (編號 1) 的含金量的 1.63 倍；若依厚度比較，編號 3 至編號 5 的含金量則呈上升趨勢，顯示厚度越薄，則含金量越高。

在 CPU 方面，經過 ICP-OES 檢測提金後上層液，如表 3，發現插針型 CPU 的含金量為平面型 CPU 的 16.13 倍。

(二) 剝錫程序、物理程序及破碎程序結果

IC 之剝錫程序、物理程序及破碎程序如圖 4 所示；CPU 剝錫程序、物理程序及破碎程序如圖 5 所示。

(三) 剝金、還原及純化結果

剝金、還原及純化結果如圖 6 所示。將剝金液與還原劑反應，獲得含金的沉澱物。接著，將含金的沉澱物用稀硝酸浸泡以去除雜

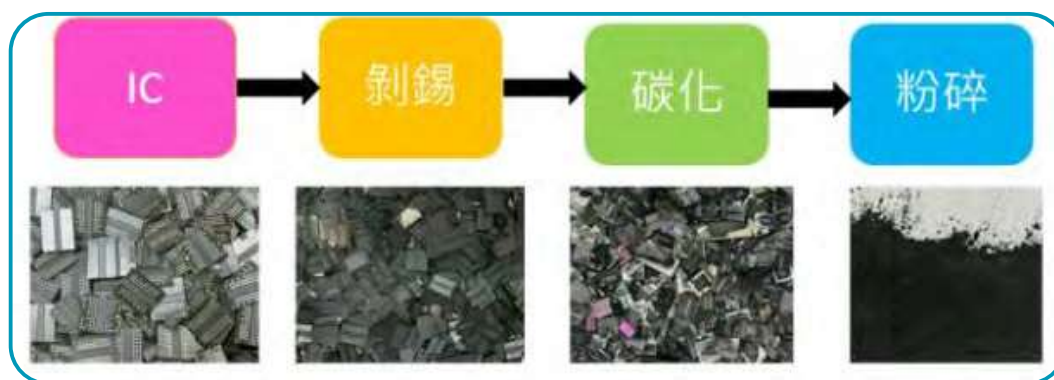


圖 4 IC 剥錫、碳化、粉碎的過程



圖 5 CPU 剥錫、碳化、粉碎的過程

質，過濾後再將沉澱物烘乾，得到高純度海綿金。最後將高純度海綿金放入高週波爐之中 (圖 7)，經過

燒結，可得 99.99% 純度的黃金。

高週波爐原理為透過頻率震盪的方式，使原子之間產生碰

撞，使得溫度快速上升。金的熔點在 $1,064^{\circ}\text{C}$ ，經由高週波爐可於常溫下約不到 1 分鐘的時間到達

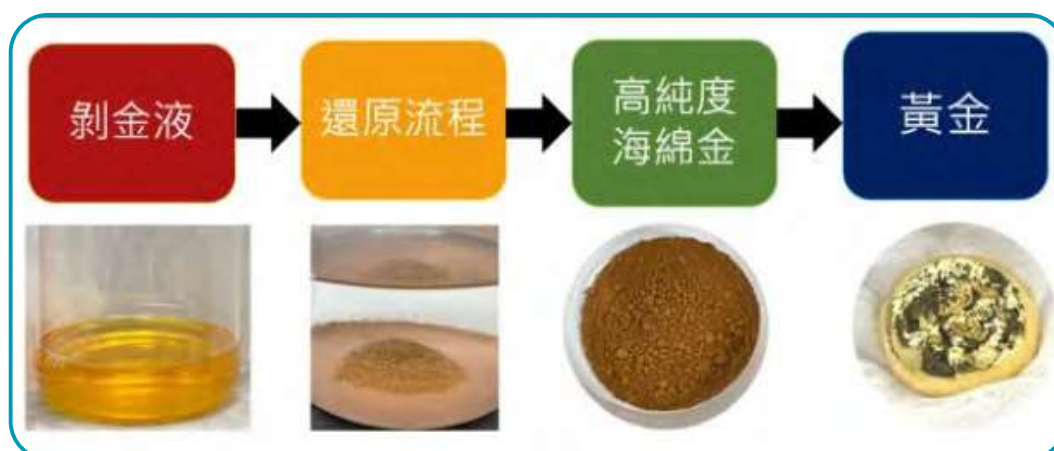


圖 6 剥金液還原及純化的流程

1,000°C 以上。根據環境部產品碳足跡資料庫顯示，每公斤金的碳足跡數值為 11.1 kgCO₂e，而優勝奈米的每公斤責任黃金碳排放量為 1.3 kgCO₂e，相較傳統高溫爐的高溫高碳排處理，顯示高週波爐具有快速且低能耗的優勢^[8]。

四、結論

本研究採用 UW-860 無氟環保剝金技術，具備無毒且高度的化學選擇性與提取效率，能在不損傷基材的前提下高效回收黃金。相較於傳統工藝，此創新技術大幅降低了劇毒物質對環境的威脅，並有效降低廢液處理成本，展現出高度的經濟效益與環保價值，符合 SDGs 目標第 12 項的責任消費與生產，為電子與半導體產業提供更綠色的回收解決方案。



圖 7 高週波爐外觀

五、參考資料

- [1] Deloitte(2026). 2026 Global Semiconductor Industry Outlook.
- [2] Mordor Intelligence(2024). Taiwan Semiconductor Market Size & Share Analysis- Growth Trends & Forecasts (2025- 2030).
- [3] 永豐金證券 (2024)。小晶片，大商機！一文看懂 IC 產業概況。
- [4] 科技大觀園網站 (2022)。半導體與積體電路。
- [5] Fereshteh Moradi , Francis Bougie(2026). "A Review of the Application of Deep Eutectic Solvents for Metal Recovery from Diverse Secondary Sources" , Journal of Molecular Liquids, 443, 128903.
- [6] Moisés Gómez, Sue Grimes, Geoff Fowler(2024). "Development of complete hydrometallurgical processes for gold recovery from ICs and CPUs using ionic liquids" , Journal of Environmental Management, 362, 121306.
- [7] 優勝奈米科技 (2018)。電子產品的新商機：綠色回收材料。
- [8] 產品碳足跡資訊網 (2013)。金。