

# 環保貴金屬提取技術應用於半導體藍膜下腳料之案例分享

朱辰泰 / 明志科大化工系學生  
 周韋伶 / 優勝奈米研究員  
 何享穎 / 優勝奈米技術長  
 許景翔 / 優勝奈米董事長

**本**研究採用環保無氰剝金技術，優化傳統黃金回收方式，應用於半導體藍膜製程的下腳料貴金屬回收。透過 UW-860 無氰化學剝金劑，實現 >99% 的黃金還原率。此技術具無氰、無毒特性，可在常溫操作，避免傳統燃燒法結合王水法的環境風險，並顯著降低廢水處理成本。同時，其高選擇性提取能力有效減少貴金屬損失，提升回收效率和經濟效益。

此項技術不需使用高溫碳化法，不僅減少二氧化碳與空污排放，還符合聯合國永續發展目標 SDGs 第 12 項責任消費與生產，有助資源永續利用。

## 一、前言

### (一) 半導體的市場規模與成長

隨著科技進步，半導體產業迅速崛起，成為全球經濟和科技發展

的核心。其崛起原因主要來自 AI、物聯網 (IoT)、高效能運算 (HPC) 和自動駕駛等新興技術的推動，帶動全球對晶片和高效能電子元件需求急速上升。特別是 AI 應用的廣泛發展，從雲端運算到終端裝置的計算需求，進一步提升半導體市場的需求。2024 年全球半導體市場規模預計達 6,112 億美元，年增長 16%。同時，台灣在晶圓代工市占率占全球的 62.3%，憑藉其晶圓代工和先進製程的優勢，成為全球半導體市場的重要領導者<sup>[1-2]</sup>。

### (二) 藍膜在半導體製程中的重要性與應用

在半導體製程中，藍膜用於保護晶片表面，防止在減薄、切割過程中發生位移或掉落，以確保製程精度，廣泛應用於晶圓切割與晶背研磨等關鍵製程。藍膜由 PVC 材質製成，表面塗有 UV 可硬化型的感壓黏著劑，為一特殊的抗殘膠黏著劑，適合無塵室環境使用。值得注

意的是，藍膜之上實際含有多種貴金屬，包括金、白金等<sup>[3]</sup>。

### (三) 環境挑戰與回收問題

半導體技術的迅速發展，電子產品的需求大幅提升，但也加速電子廢棄物的生成。根據聯合國「全球電子垃圾監測報告」(The global E-waste Monitor 2024)，指出 2022 年全球一共產生了 620 億公斤的電子廢棄物，但裡面只有 22.3% 是對妥善的方式進行回收，剩下的電子廢棄物都是透過丟棄、掩埋、燃燒等非法或會對環境危害形式進行處理；預計在 2030 年電子廢棄物將增至 8,200 萬公噸。半導體產業在推動科技進步的同時，也在全球廢棄物增長中扮演重要角色。若無法有效解決回收問題，電子垃圾將對環境造成長期污染，對人類健康與生態系統產生深遠影響<sup>[4]</sup>。

## (四) 傳統與無氰環保剝金技術的差異

傳統燃燒法回收半導體下腳料藍膜的處理方式雖然簡單，但在操作過程中難以避免貴金屬損失，因此黃金回收率較低，經過王水微波消化法確認其金回收率，僅達 30% 左右。另一方面，由於溫度控制難以精準，許多貴金屬在燃燒過程中無法被完全回收，形成廢氣和有害物質，對環境帶來污染風險；燃燒法無法有效區分電子廢料中的各種貴金屬，因此回收效率較差，特別是針對高純度貴金屬提取的需求<sup>[5]</sup>。

燃燒前處理結束後採用氰化物法進行回收黃金，而氰化物提取法在金回收率方面通常較高，能達到 85% 以上，尤其在金、銀等貴金屬的提取上具有效率。但氰化物具有劇毒性，廢水若處理不當，會對水源和生態系統帶來極大威脅。因此，氰化物需在嚴格的環保措施下使用，以避免化學物質外洩對環境造成長久污染<sup>[6]</sup>。

優勝奈米科技研發的無氰環保剝金專利技術具有多項顯著優點，相較於傳統燃燒法和氰化物法更加環保和安全，如表 1 所示。UW-860 在常溫下即可操作，不需要做額外高溫處理，降低碳排與空氣污染物的生成。UW-860 不含氰化物及其他有毒物質，避免氰化物處理所需的嚴格環境安全措施；UW-860 具有高選擇性提取金的功能，相較氰化物法可包容更高的金含量；UW-860 亦提供簡易的廢水處理流程，減少環境污染的同時也提升操作安全性和成本效益<sup>[7-8]</sup>。

## 二、實驗方法

### (一) 藍膜分離與剝金

本案例使用共 5 公斤的藍膜 (圖 1)。由於藍膜塗有黏著劑，故先採用人工方式將重疊的藍膜進行分離，此操作可根據個人習慣進行，如將藍膜對半或切一半劃開，再從未黏著的黃金區域撕開外圍的藍膜。該前處理步驟除有助於剝金提取率提高，亦提升後續的黃金回收率。



圖 1 藍膜外觀

表 1 黃金回收方式比較表<sup>[5-9]</sup>

| 項目    | 燃燒法 + 氰化物        | UW-860     |
|-------|------------------|------------|
| 製程類型  | 火法、化學剝除          | 化學剝除       |
| 使用影響性 | 污染問題嚴重、損失率較高     | 不傷不鏽鋼、鈦、塑膠 |
| 安全性   | 強腐蝕性、有害氣體、火災爆炸風險 | 微量酸味       |
| 金回收率  | < 30%            | > 99%      |
| 金純化速度 | 慢且繁瑣             | 快          |
| 廢液處理  | 廢水須加大量鹼做酸鹼中和處理   | 廢水加鹼中和處理   |

剥金僅將藍膜浸入配置好的剥金藥水內靜置，直到藍膜的黃金完全剥除，再將剥金完畢的藍膜取出水洗，並收集剥金液以做後續還原純化處理。

剥金液收集完畢後，液體藉由 ICP-OES 定量檢測及王水微波消化法確認其金離子含量。

### (二) 還原

先將剥金液與還原劑反應，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中 (圖 2)，經過燒結轉化為純金。

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°C，經由高週波爐可於

常溫下約不到 1 分鐘的時間到達 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 kgCO<sub>2</sub>e，而優勝奈米的每公斤責任黃金碳排放量為 1.3 kgCO<sub>2</sub>e，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<sup>[10]</sup>。

### (三) 數據分析

將剥金液體還原後，藉由實際含金量 (A) 與理論含金量 (T)，獲得經由環保剥金技術的還原率 (R) 及藍膜含金量率 (C)。

$$R(\%) = \frac{A}{T} \times 100\% \dots (1)$$

(1) 式中，A 為還原出的黃金重量 (公克)；T 為經過 ICP-OES 定量分析所得的含金量 (公克)，為金濃度 (g/L) 與液體體積 (L) 的積。

$$C(\%) = \frac{A}{W} \times 100\% \dots (2)$$

(2) 式中，A 為還原出的黃金重量 (公克)；W 為初始藍膜總重量 (公克)。

## 三、結果與討論

### (一) 藍膜剥金結果

本實驗以 5 公斤藍膜經 UW-860 進行剥金處理後 (圖 3)，可觀察到藍膜經過剥金處理後，原有黃金的部分已被剥除，只留下透明膜。剥金液總用量為 37.1 公升，經過 ICP-OES 定量分析，藍膜含金量為 8.7g/L。

### (二) 藍膜還原結果

藍膜剥金後的剥金液經過還原流程後，即獲得高純度海綿金，經過 1,200°C 的高溫燒結後，黃金重量為 321.47 公克 (圖 4)。

根據 (1) 式，得出還原率 (R) 達 99.6%；根據 (2) 式，得出藍膜含金量率 (C) 達 6.4%。

### (三) 藍膜回收價值評估

根據 2025 年 01 月 09 日黃金收盤價為 2,804 元 / 公克，在還原流程後所得的黃金重量有 321.47 公克，相當於市價 901,401 元；與



圖 2 高週波爐外觀



圖 3 藍膜剥除後外觀

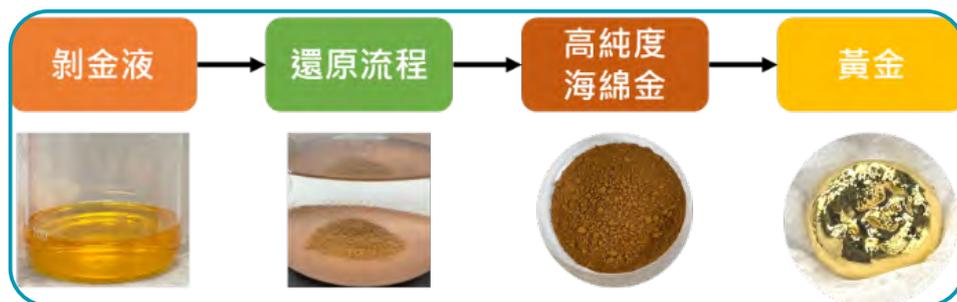


圖 4 剥金液还原纯化后形态

傳統剥金技術的取得價值相比，若以 30% 黃金回收率換算，僅獲得 96.441 公克，相當於市價 270,420 元。

藍膜透過無氰環保剥金技術系統的回收潛在收益相當可觀，比傳統方式增幅超過 2 倍，顯示出藍膜內貴金屬含量的經濟價值<sup>[11]</sup>。

## 四、結論

本案例分享 UW-860 無氰化學剥金劑從半導體下腳料的藍膜回收貴金屬技術，相較傳統燃燒法結合氰化物的提取技術，此批 5 公斤的藍膜經過提取後，黃金還原率可達 99.6%。

UW-860 無氰、無毒特性，可於常溫操作，避免傳統剥金技術的環境風險，降低廢水處理成本；高選擇性提取金特性，提升貴金屬回收效率，並將貴金屬損失率降至最低。

UWin 提供高提取率且無毒環保的貴金屬回收方案，除了增強其經濟價值，促進資源回收利用，並

符合聯合國永續發展目標 SDGs 目標 12 的責任消費與生產。這一創新技術亦適用於多種工件，為電子和半導體產業提供一種更高效、經濟和可持續的回收解決方案。

## 五、參考資料

- [1] 工業技術研究院 (2024)。台灣半導體產值五兆元大關。
- [2] 工商時報 (2024)。台積電仍獨霸！全球晶圓代工市占率達 62.3% 最新統計狠甩各家。
- [3] 塑膠薄膜材料網 (2024)。何謂 DAF 膜？晶圓切割膠帶 (Dicing tape) ？
- [4] UNITAR(2024).Global e-Waste Monitor 2024: Electronic Waste Rising Five Times Faster than Documented E-waste Recycling.
- [5] P. Prasanna Natesh(2015). Methodological review on recovery of gold from E-waste in India.
- [6] Do, M. H., Nguyen, G. T., Thach, U. D., Lee, Y., & Bui, T. H. (2023). Advances in Hydrometallurgical

Approaches for Gold Recovery from E-Waste: A Comprehensive Review and Perspectives. Minerals Engineering, 191(107977). <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2022.107977>.

- [7] 馬小康、許景翔 (2015)。電子廢棄物貴金屬回收再利用之綠循環經濟產業。優勝奈米科技股份有限公司。
- [8] 周易、許景翔 (2019)。伺服器之綠色化學環保回收技術。永續產業發展期刊，85，58-65。
- [9] Tatenda Chingosho(2014). Factors affecting Gold Recovery from Secondary Ore.
- [10] 產品碳足跡資訊網(2013)。金。
- [11] 臺灣銀行 (2025)。盤後交易黃金牌價。