



生物輔助環保電鍍溶液

Eco-friendly Electroplating Solution with Bio-additives

彭坤增 K. C. Peng¹、李春穎 C. Y. Lee²、蘇柏諺 P. Y. Su³
明志科技大學(MCUT) 材料工程系¹助理教授、³專題生
台北科技大學(Taipei Tech) 機械工程系²教授

以氯化膽鹼與尿素依比例混合加熱組成離子液體，依需求添加不同比例(0.1~1.0 M)的金屬(金、鉑、銅、鎳、銀、鋅、錫與鈷)氯化物與硼酸跟糖精，再加入EM菌組合成生物環保電鍍溶液。隔水加熱與適當的操作低電流，即可在陰極沉積所需的金屬，當鍍液髒時只需簡單的過濾即可再使用。反之，沿用此電鍍溶液，將金屬陽極端換成欲回收的金屬，陰極端放置欲沉積的底材，系統即可轉變成環保回收製程。

An ionic solution is mainly composed of uniformly mixed choline chloride and urea in certain proportions. Depending on the specific application, different concentrations of metal chloride (0.1~1.0 M), such as gold, platinum, copper, nickel, silver, zinc, tin and cobalt, can be added in the solution. Moreover, boric acid, saccharin and probiotics (effective microorganisms) are other additives in this eco-friendly electrolyte. Under temperature control through water bath and current control at low density, the desired metal can be reduced on the cathode. The quality of this eco-friendly electrolyte can be restored after periodic service by simple physical filtering. Conversely, by replacing the anode with recycled materials, e.g. PCB, the system can be converted into an eco-friendly recycle process for collecting metals on the cathode.

關鍵詞/Key Words

生物環保(Eco-friendly Process)、電鍍(Electroplating)、貴金屬回收(Noble Metal Recovery)

齊柏林先生在《發現台灣》影像中清楚描述台灣土地被汙染，環境友善成為顯學。現今電鍍(Electroplating)貴金屬(金或鉑)溶液的使用不外乎氰化金或氰化鉑，此二者皆劇毒但仍廣為半導體或需高導電性且耐腐蝕的產品使用。傳統電鍍生產過程中大量使用強酸、強鹼、鹽類和有機溶劑等化學藥品，在作業過程中會散發出大量有毒及有害氣體，若操作安全管理工作做

得不好，極易發生呼吸道或皮膚灼傷等職業傷害。另一方面，電鍍工廠大多是採用傳統「溼式」作業，以水為主要溶劑，使用氰化物金屬溶液，但製程具高度毒性與汙染性，即使廢水經過處理，仍難避免殘餘毒化物長期累積的問題。解決廢水問題必會耗費能源與提高生產成本，因此改善電鍍溶液做「減廢無排」是工業界所期待的。



鍍液組成

本技術之「生物輔助環保電鍍溶液」主劑是由離子液體與生物菌組成。生物菌來自日本學者星野先生取埔里微生物培養出之綠生1號菌，是一群複合菌所構成的菌群，以乳酸菌、酵母、光合成細菌為主體，並與其他數十種益生菌共同存在。而離子液體是由氯化膽鹼(Choline Chloride, $C_5H_{14}ClNO$)與尿素(Urea, CON_2H_4)依比例混合，並在 $80^{\circ}C$ 環境下由固態溶解成液態。氯化膽鹼是維生素B的一種，是人體營養強化劑，通常作為複合維生素B類的膽鹼，無毒性且具促進人類生長、提高人類抗病能力的作用，是保證神經系統正常工作的基本成分，會影響人體中的胡蘿蔔素及維生素A的代謝作用。尿素是促進植物生長的營養劑，對金屬表面有防腐蝕的功能。

鍍液調整pH值選擇硼酸(H_3BO_3)；調整鍍層應力選擇糖精(Saccharin, $C_7H_5NO_3S$)。硼酸與糖精是傳統溼式電鍍製程會使用的添加劑。之後依功能需求，將主劑內添加所需被鍍金屬氯化物組成(或硫化物金屬，硫化物金屬的陰極電性優於氯化物金屬，但硫化物金屬溶解度較差)。

目前已成功研發出的環保鍍液

1. 環保鍍液技術

由表一中明顯可以判斷，環保鍍液成本高是因氯化物金屬成本就偏高。生物輔助環保電鍍溶液雖製造成本高於傳統水電鍍，但水電鍍之後的廢水處理費用卻遠遠高於製造成本。生物輔助環保電鍍溶液無水，鍍液在循環使用過程中量的減少，是因工件浸泡時的沾黏，加熱時鍍液不揮

▼表一 環保鍍液成本表

電鍍種類	台幣(元)/1L	氯化物金屬	單價(元)
鍍金	47,115.1	氯化金	4,500/500 mg
鍍鉑	38,615.1	氯化鉑	7,300/1 g
鍍鎳	2,597.3	氯化鎳	2,029/500 g
鍍鈷	3,627.0	氯化鈷	2,326/100 g
鍍銅	2,183.1	氯化銅	1,700/250 g
鍍錫	3,356.6	氯化錫	3,000/250 g
鍍鋅	2,251.5	氯化鋅	1,000/500 g
鍍銀	7,587.1	氯化銀	5,472/25 g

資料來源：友和貿易提供

發。鍍液重複使用後會髒(因鍍液基本上是有機物質組成)，髒了只要用濾紙過濾即可。溶液組成就是上述幾項藥品依功能需求做重量百分比的比例調配，可重複使用，所以環保。製程跟一般傳統「溼式」電鍍一樣，採低電流密度。鍍層上雖會有碳的殘留，也成功開發用發泡鎳靜電吸附方式解決，有效的讓電鍍層表面乾淨。沉積速率 $4\sim 10\ \mu m/h$ 。

「生物輔助環保電鍍溶液」鍍液本身因生物菌作用有類似「果香」的味道，其特色是鍍液味道好聞不刺鼻(果香)、不具腐蝕性(非強酸、非強鹼)、無水製程好控制且減廢無排環保好使用，鍍液品質不佳時只要適當過濾即可再使用。已將此技術申請台灣發明專利2件(無污染電鍍液及其製備方法與電鍍設備)，製程開發已經完成，期待業界推廣。

表一是目前開發1公升環保電鍍溶液所需的成本對照表，離子溶液約2,000元左右的成本，高成本是來自提供金屬離子的氯化物金屬，成本上是高於傳統水電鍍，但此液體的優勢為無水，所以較沒有廢液的回收成本且沒有酸腐味，髒了只需用濾紙過濾即可再使用。表二所列為嘗試使用硫

化物金屬與離子溶液混合，用相同的方法沉積選定金屬，目前已成功開發用硫酸銅混合離子液體沉積銅鍍層，但由表二可知硫化物金屬單價高於氯化物，是否該使用則需再考慮，唯一可行的考量因素是硫化物陰極電性較高，沉積金屬的速率較快。

2. 應用成果

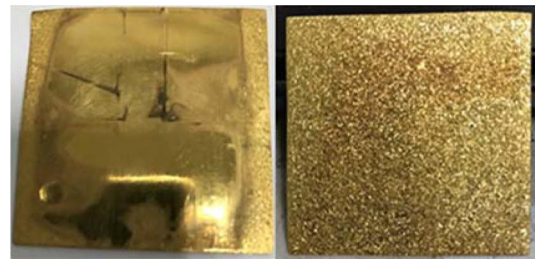
圖一為原始電鍍金靶（陽極）使用後正反兩面的表面形貌，由圖可清楚看出在電鍍過程中，具氯化金的環保電鍍液確實

會造成陽極的溶解，而在陰極沉積金的鍍層。圖二為目前電鍍各種金屬實際形貌及其EDS成分分析，由EDS分析確定目標金屬在紅銅片上沉積且附著性優良。圖三為電鍍液的外觀與操作過程，左圖為透明的離子液體、EM菌與混合不同氯化物金屬組成的環保鍍液；中圖是電鍍過程的操作環境；右圖因電鍍液體為有機物質組成，電鍍過程有碳的生成，藉由發泡鎳與陰極同電位而有碳的吸附，比較未加與加裝發泡鎳輔助電極後鍍層表面光亮程度（SEM圖為

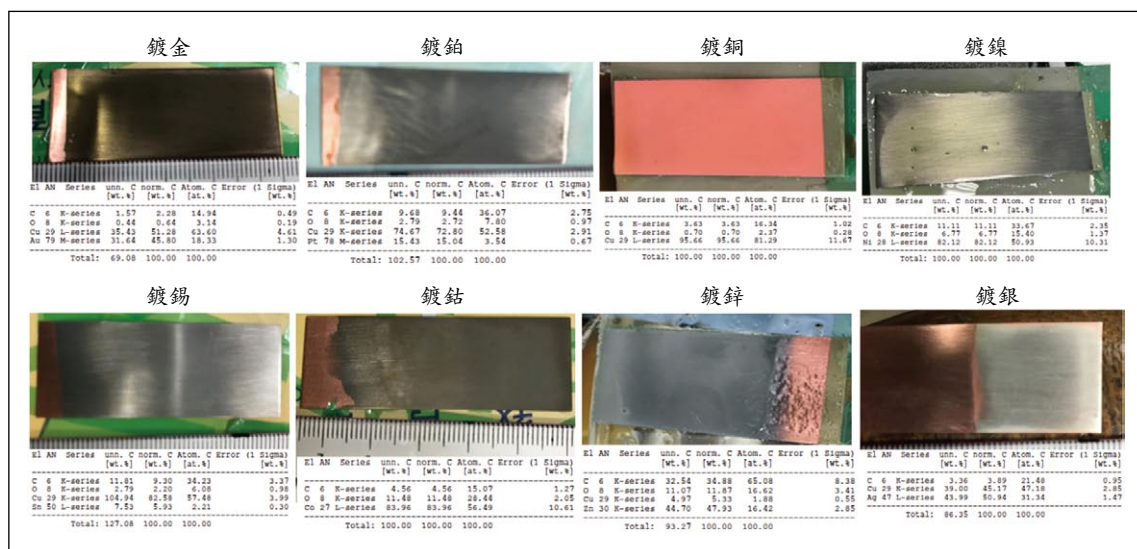
▼表二 硫化物金屬單價

硫化物金屬		單價(元)
鍍金Au ₂ S ₃	Gold (III) Sulfide, 99.9%	14,243/1 g
鍍鉑PtS ₂	Platinum (IV) Sulfide, Pt 75.26%	12,008/1 g
鍍鎳NiS _{1.4}	Nickel Sulfide, 99% (Metals Basis)	6,802/5 g
鍍鈷CoS	Cobalt (II) Sulfide, 99.5% (Metals Basis)	3,336/25 g
鍍銅CuS	Copper (II) Sulfide, 99.8% (Metals Basis)	2,687/50 g
鍍錫SnS	Tin (II) Sulfide, 99.5%	1,680/5 g
鍍鋅ZnS	Zinc Sulfide, 99.99% (Metals Basis)	1,500/500 g
鍍銀Ag ₂ S	Silver (I) Sulfide, 99%	1,448/5 g

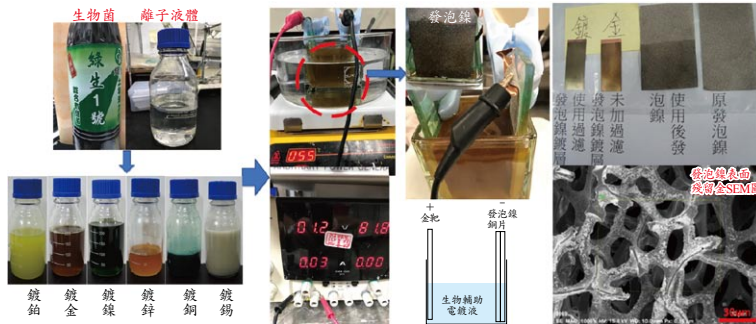
資料來源：友和貿易提供



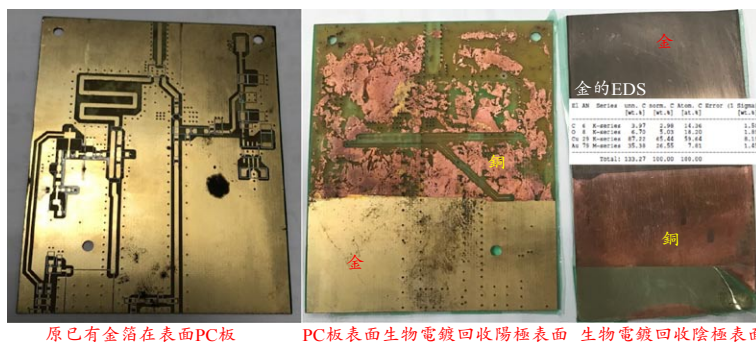
▲圖一 原始電鍍金靶（陽極）使用後正反兩面的表面形貌



▲圖二 電鍍各種金屬實際表面與EDS成分分析（彩圖請見材料世界網<https://www.materialsnet.com.tw>）



▲圖三 電鍍液的外觀與操作過程



▲圖四 电路板的回收金表面形貌

發泡鍍表面形貌)。

电路板的回收金或貴金屬

除了上述的應用之外，亦可將鍍液的接線方式相反，做金屬離子的回收。由前述圖一可看出在做電鍍金時陽極金靶操作明顯被溶解後的表面形貌，依此類推，此鍍液成分亦能做電路板鍍金屬(或貴金屬)的有效再回收利用。

圖四為使用與電鍍金相同的鍍液做电路板的回收金表面形貌。左圖為原始電路板形貌(接陽極端)；中圖為操作後陽極溶解後之表面形貌，可清楚看見除表面的被溶解外，銅底材也同時溶解到鍍液內；右圖是陰極沉積金的表面形貌，由EDS分析

確定金在銅片上沉積。生物輔助環保電鍍溶液除可做電鍍金屬之外，另一個功能是将貴金屬用電解方式做循環經濟的回收再利用，回收貴金屬操作的電鍍液與原來電鍍液是相同的配比，但回收過程操作電流與操作溫度相較於電鍍是不同的。另外，若可以利用較為低價的生物輔助電鍍銅溶液作金的回收是否更具高應用價值，則需更進一步的討論與研究開發。

結論

環保電鍍液組成是以氯化物金屬(或硫化物金屬)，透過固定藥品組成比例(簡單操作)以及調控氯化物金屬(或硫化物金屬)的來源，產出不同功能性鍍層金屬，當鍍液品質不佳時直接用濾紙過濾即可恢復到起始的狀態，鍍液好聞不刺鼻，排除溼式電鍍的高腐蝕與對人體的氣體危害。除此之外亦可做環保貴金屬回收(Noble Metal Recovery)，捨棄強酸或強鹼貴金屬溶解回收再利用對環境不友善的方法。

參考文獻

1. <https://news.taiwanet.com.tw/c14/47609/%E6%98%8E%E5%BF%97%E7%A7%91%E5%A4%A7%E9%96%8B%E7%99%BC%E7%92%B0%E4%BF%9D%E7%94%9F%E7%89%A9%E9%8D%8D%E6%B6%B2%E3%80%8C%E9%87%91%E3%80%8D%E5%8E%B2%E5%AE%B3.html>