

Resource recovery of spent monocrystalline silicon solar battery

洪基恩、李清華、蔡尚林

E-mail: 344088@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

The main purpose of this study is to recycle silicon, silver and aluminum from spent single-crystal silicon solar cells. The methods adopted in this study include: component analysis, grinding, screening, leaching, crystallization, replacement, precipitation and electrolysis. The result of this study shows that the optimal operating conditions for the leaching of aluminum are: ground the spent silicon solar cells to the size of less than 50mesh, using 18N sulfuric acid with the ratio of 1g/50ml (sample / reagent), 70 °C, leaching for 60 minutes. A 100% of aluminum recovery can be reached. The aluminum contained in the obtained aluminum leaching solution can be 100% crystallized into aluminum sulfate crystal under the conditions of 90 °C and heated for 6 hours. Then, the filtered residue of aluminum leaching process is leached for 60 minutes by 6N nitric acid at room temperature with a ratio of 1g/50ml (sample / reagent). A 100% of silver leaching recovery can be obtained by this process. 82% silver contained in the obtained silver leaching solution can be precipitated as silver chloride with a purity of 100% by the addition of 10 times of its theoretical value of hydrochloric acid. Alternatively, 87% silver contained in the obtained silver leaching solution can be recovered as 100% pure silver metal by using electrolysis method. The electrolytic operating conditions are: the pH of solution is adjusted to 5 by sodium hydroxide, the current is set at 60A/m² and leaching time is 1.5 hours.

Keywords : spent、 silicon、 solar cells、 electrolysis、 replacement、 silver、 aluminum、 recycling

Table of Contents

封面內頁 簽名頁 中文摘要 iii ABSTRACT iv 誌謝 v 圖目錄 ix 表目錄 xii 第一章 緒論 1 1.1前言 1 1.2研究目的 3 第二章 文獻回顧 4 2.1廢單晶矽太陽能電池介紹及成份 5 2.2廢單晶矽太陽能電池廢棄數量推估 6 2.3廢單晶矽太陽能電池相關回收及處理 6 2.4銀及鋁金屬介紹、特性與用途 7 2.4.1銀的特性 8 2.4.2鋁的特性 8 2.5濕式冶煉法之介紹 9 2.5.1預處理 10 2.5.2溶蝕浸漬 10 2.5.3固液分離 11 2.5.4純化與回收 11 第三章 研究方法及設備 21 3.1廢單晶矽太陽能電池之收集與成份分析 21 3.1.1 ICP 有價金屬全含量分析 22 3.1.2比重分析 26 3.1.3水分分析 27 3.1.4乾基灼燒減量分析 28 3.1.5 掃描式電子顯微鏡(SEM)分析 28 3.2廢單晶矽太陽能電池破碎過篩 29 3.3廢單晶矽太陽能電池之浸漬溶蝕 29 3.4純化回收之研究 30 3.4.1 化學沉澱法 30 3.4.2 金屬置換法 31 3.4.3 電解法 31 3.5 訂定最佳廢單晶矽太陽能電池資源回收及處理技術流程 32 第四章 結果與討論 41 4.1廢單晶矽太陽能電池樣品收集 41 4.2破碎篩分 41 4.3 廢單晶矽太陽能電池之性質分析 42 4.3.1金屬全含量分析 42 4.3.2 比重分析 44 4.3.3 水份、灰份、可燃分分析 45 4.3.4 SEM、EDS儀器分析 45 4.4浸漬溶蝕實驗 46 4.4.1 浸漬劑種類之選擇 46 4.4.2硫酸最佳溶蝕鋁浸漬條件之結果與討論 49 4.4.2.1溫度 50 4.4.2.2固液比 50 4.4.2.3 時間 51 4.4.3硝酸浸漬銀條件之結果與討論 52 4.4.3.1固液比 52 4.5晶析法 53 4.6沉澱法 54 4.7置換法 56 4.8電解法 57 4.9矽產物純度測定 58 4.10整合性資源回收技術與流程 59 第五章 結論與建議 93 5.1 結論 93 5.2 建議 94 參考文獻 96 圖目錄 圖2-1 晶矽類太陽能電池組成結構及其發電原理 13 圖3-1 本研究廢單晶矽太陽能電池資源回收規劃之流程 33 圖3-2 本研究使用之PM100行星式球磨機 34 圖3-3感應耦合電漿原子發射光譜儀 34 圖3-4 本研究使用之多功能掃描式電子顯微鏡 35 圖3-5 本研究使用之電子天秤 35 圖3-6 本研究使用之威爾比重瓶 36 圖3-7 本研究使用之烘箱 36 圖3-8 本研究使用之高溫灰化爐 37 圖3-9 本研究使用之過篩機 37 圖3-10 本研究使用之抽器過濾幫浦 38 圖3-11 本研究使用之磁石加熱攪拌器 38 圖4-1 本研究收集之廢單晶矽太陽能電池(正面外觀) 68 圖4-2 本研究收集之廢單晶矽太陽能電池(背面外觀) 68 圖4-3 本研究研磨情形 69 圖4-4 本研究篩分情形 69 圖4-5

REFERENCES

- 1.李碩重, 太陽光電技術與產業發展, 經濟部能源委員會, 替代能源技術專輯, 1991年。
- 2.李季達, 「太陽能電池產業發展現況」, 財團法人光電科技工業協進會, 2000年。
- 3.楊素華、蔡泰成, 太陽能電池, 科學發展390期, p51-55, 2005年6月。
- 4.經濟部投資業務處-太陽光電產業分析及投資機會, 民國97年2月。
- 5.陳子秦, 太陽能電池產業製程及污染防治簡介, 財團法人台灣產業服務基金會, 2007年。
- 6.陳金德, 綠色產業-推動太陽能產業之策略目標與具體措施, 2007年。
- 7.Adolf Goetzberger、Joachim Luther、Gerhard Willeke, Solar cells: past, present, future, 2002。
- 8.張添晉, 太陽能板資源化技術附加價值提升研究計劃, 民國98年2月。
- 9.吳貴淳, 太陽能電池的材料回收處理與再利用研究, 碩士論文, 國立交通大學精密與自動化工程學程, 新竹, 2006年。
10. http://www.effect.com.tw/02/all_silver%20accessories.htm, , 2009/8/7 11.
11. http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/cs.xinhuanet.com/qhsc/06/200908/t20090807_2174907.htm, 2009/8/7。
- 12.

http://tw.money.yahoo.com/news_article/adbf/d_a_090506_2_1h7lg, 2009/10/3。 13.林明獻, 太陽電池技術入門, 全華出版社2007年

14. www.ucsusa.org, 2009。 15. <http://www.nexpw.com/>, 2009。 16.廖原篁, 台灣地區太陽能電池與太陽能板流佈與管理之研究, 台北科技大學碩士論文, 民國98年7月。 17. <http://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E9%A6%96%E9%A1%B5&variant=zh-tw>, 2009。

18.李清華等, 含銅廢矽晶圓資源再生之方法, 中華民國申請發明專利號碼: 097131848。 19.葉敏行, 提煉冶金概論講義, 成功大學資源工程學系, 民國91年1月。 20.賴耿陽, 貴金屬元素化學與應用, 復漢出版社印, 民國79年11月。 21.稀有金屬編輯委員會編著, 稀有金屬手冊下冊, 冶金工業出版社, 1995年。 22.陳明傑, 廢鋰電池資源再生之研究, 大葉大學碩士論文, 民國91年1月。 23.洪崇欽, 砷化鎳廢棄物資源回收之研究, 大葉大學碩士論文, 民國92年6月。 24.柯清水, 新世紀化工化學大辭典, 正文書局, 2000年。 25.黎鼎鑫, 貴金屬提取與精煉, 中南工業大學出版社, 2000年 26.吳彥翬, 含銅廢矽晶圓資源再生之研究, 大葉大學碩士論文, 民國97年6月。 27. <http://www.flinnsci.com/homepage/chem./tinsponge.html>, 2009。 28.稀有金屬手冊編輯委員會, 稀有金屬手冊(下), 冶金公會出版社, 1997年。 29.工業污染防治技術手冊之十, 工業廢水離子交換處理, 民國80年6月。 30.彭御賢, 廢液晶顯示器資源回收之研究, 大葉大學碩士論文, 民國94年6月。 31.秦丘翰, 廢映像管螢光粉資源回收之研究, 大葉大學碩士論文, 民國96年6月 32.Kim, N.S, et. al., “ Hydrometallurgical process to recycling used waste silver paste ”, SME Annual Meeting and Exhibit and CMA's 111th National Western Mining Conference 2009, v 1, p 279-281, 2009. 33.Li, Qingbiao, et. al., “ Silver recovery and cyanide removal from silver-plating wastewater using pulse-electrolysis ”, Huagong Xuebao/CIESC Journal, v 60, n 9, p 2308-2313, September 2009. 34.Koseoglu, H, et. al., “ The recovery of silver from mining wastewaters using hybrid cyanidation and high-pressure membrane process ”, Minerals Engineering, v 22, n 5, p 440-444, April 2009. 35.Duoqiang, Liang, et. al., “ Recovery of silver and zinc by acid pressure oxidative leaching of silver-bearing low-grade complex sulfide ores ”, International Journal of Mineral Processing, v 89, n 1-4, p 60-64, December 5, 2008. 36.Sathaiyan, N, et. al., “ Hydrometallurgical recovery of silver from waste silver oxide button cells ”, Journal of Power Sources, v 161, n 2, p 1463-1468, October 27, 2006. 37.Lucheva, Biserka, et. al., “ Recovery of metal aluminum from aluminum dross in DC electric arc rotary furnace ”, Proceedings of the 2008 Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology, REWAS 2008, p 405-410, 2008. 38.Sydykov, A, et. al., “ Impact of parameter changes on the aluminum recovery in a rotary kiln ”, Light Metals: Proceedings of Sessions, TMS Annual Meeting (Warrendale, Pennsylvania), p 1045-1052, 2002. 39.Wei, Xinchao, et. al., “ Recovery of iron and aluminum from acid mine drainage by selective precipitation ”, Environmental Engineering Science, v 22, n 6, p 745-755, 2005. 40.Dimeska, Roza, et. al., “ Electroless recovery of silver by inherently conducting polymer powders, membranes and composite materials ”, Polymer, v 47, n 13, p 4520-4530, June 14, 2006. 41.Nava-Alonso, F, et. al., “ Pretreatment with ozone for gold and silver recovery from refractory ores ”, Ozone: Science and Engineering, v 29, n 2, p 101-105, March/April 2007.