

## 鑽石顆粒電鍍於切割線之研究 The Study on Saw Wire Electroplating with Diamond Particles

李志士<sup>1</sup>、黃彥傑<sup>1</sup>、許哲彰<sup>1</sup>、張益三<sup>1</sup>  
Tzu-Su Li<sup>1</sup>, Yen-Jie Huang<sup>1</sup>, Che-Chang Hsu<sup>1</sup>, and Yi-San Chang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>財團法人金屬工業研究發展中心  
<sup>1</sup>Metal Industries Research & Development Centre  
E-mail : yenjje@mail.mirdc.org.tw

### 摘要

鑽石切割線為目前先進國家IC產業設備中主要耗材之一，目前常使用切割線搭配研磨液但因環保意識抬頭未來將採用鑽石切割線進行IC切割製程。本研究提出不同電鍍方式將鑽石顆粒鍍於線材上，並分析其結果，也探討鑽石成本對於品質的影響。同時提出採用走動式電鍍方式可將鑽石均勻分佈於線材表面降低累積狀態，而電鍍時間約65分，使用最低的80~90顆鑽石顆粒數達成最佳的切割線品質。  
**關鍵字詞：**切割線、鑽石、電鍍

### Abstract

In many developed countries the diamond saw wire was an important consumption material particularly in the IC processing equipment. Process using the saw wire with slurry are considered not environment friendly and the diamonds electroplate in wire are considered as an alternative. In this study we propose walking electroplating to spread diamonds under the wire. The results are analyzed and the quality are discussed by using different electroplating for reducing the accumulation time of the surface. The result showed the numbers of diamonds of amount 80 to 90 had been achieved within 65 minutes of electroplating time.

**Keywords:** Saw wire、Diamond、Electroplating

### 1. 前言

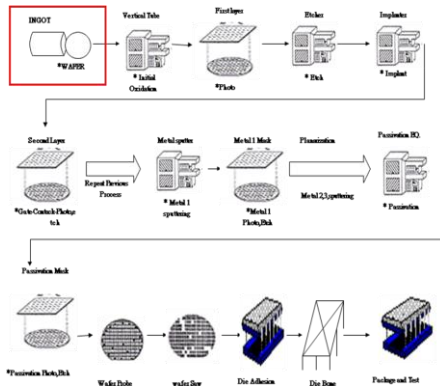
晶柱(Ingot)的切割影響晶圓廠之IC製作成本，一支晶柱能產生多少片晶圓(wafer)影響業者之成本考量，相對地，從早期內圓鋸盤切割開始經歷搭配游離磨漿(slurry)與切割線(saw wire)到近幾年鑽石切割線改變晶圓製作的時代。切割線品質近幾年在國內外有許多學界與業界推動此耗材開發，且也不餘遺力為科技產業技術持續向上開發。國內外相關單位研究中，雲林科技大學在有微結構切割線上對加工硬脆材料之研究探討[1]；逢甲大學以特徵法針對切割線振動之研究[2]，也針對切割線在切割機上的張力分析，模擬各種情況下張力的響應，進而協助切割機之設計及參數的調整[3]，也對於鑽石切割線模擬其製程，利用MATLAB GUIDE工具完成鑽石切割線監控系統[4]；清華大學改善硬鉀鑽石線易在運轉加工時發生斷裂的情況[5]；台灣大學針對鑽石切割線做放電加工研究[6]；南台科技大學利用切割線搭配田口實驗法找出加工時影響的因子[7]。國外目前有日本住友電工製作此鑽石切割線，提供

給國內業者使用[8]；歐美方面由德國LOG-O-MATIC GmbH製作開發鑽石切割線[9]。

### 2. 實驗規劃

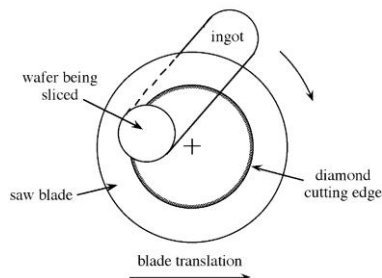
#### 2.1 晶柱切割與切割線應用

晶圓在進入IC製作前是全製程的0%開始，晶柱進入切割設備中後，切割線將晶柱切割成所要的厚度與數量，後續再經由半導體製程與奈米級的精密線路製造於晶圓表面上，如圖一之IC製作流程所示。



圖一. IC製作流程(框線處為切割製程)[10]

在典型的晶圓柱切割製程中，過去傳統切割晶柱成為晶圓的製程方式大多使用內圓柱切割(如圖二所示)。但隨著晶圓直徑增大(現今已有14吋晶圓)，內圓鋸盤的切割方式，早已無法滿足今日晶圓廠需求。目前大多數廠商都採用切割線取代傳統內圓鋸盤製程，可達到需求者所需要的晶圓厚度與片數。



圖二. 傳統內圓柱切割[11]

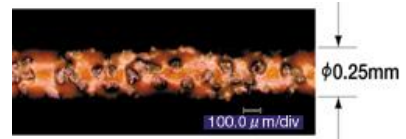
切割線為晶圓廠主流，切割線共分兩種形式：鍍銅切割線、鑽石切割線，前者為目前國內外大部分的矽晶圓切割廠、石英切割廠等使用，皆採用游離磨漿搭配切割鍍銅線材，藉由切割線帶動磨漿以進行切割製程(如圖三所示)。



圖三. 游離磨漿搭配鍍銅切割線[12]

在科技環保問題逐漸重視下，因磨漿污染與鍍銅切割線使用一次報廢下，目前國內已有廠商開始使用鑽石切割線(如圖四)。因鑽石切割線無

環保上的問題(切割時無切削液)，且可重複利用4~5次，未來台灣勢必會採用此鑽石切割線，淘汰傳統鍍銅切割線。



圖四. 鑽石切割線樣貌[13]

因切割製程中，切割線的品質影響其成品結果，本論文其製作規格參照國外原廠，針對其外徑與抗拉強度為目標，如表1所示。

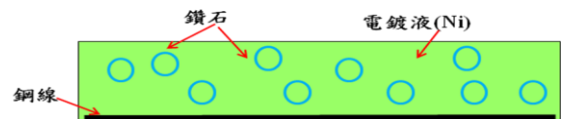
表 1. 鑽石切割線規格

	特徵/性質	要求
1	鑽石切割線外徑(mm)	0.25±0.005
2	抗拉強度(kgf/mm <sup>2</sup> )	>400

## 2.2 實驗架構與流程

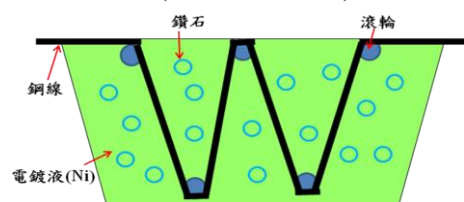
本研究採取兩種電鍍方式進行實驗，分別為靜止式電鍍與走動式電鍍。

靜止式電鍍：將鋼線放置於電鍍槽內，透過電鍍液加熱促使鑽石顆粒附著於線材上(示意圖如圖五)。



圖五. 靜止式電鍍槽示意圖

走動式電鍍：在電鍍槽內設置滾輪系統，可帶動線材在電鍍槽內運轉，透過電鍍液加熱讓鑽石顆粒附著於線材上(示意圖如圖六)。



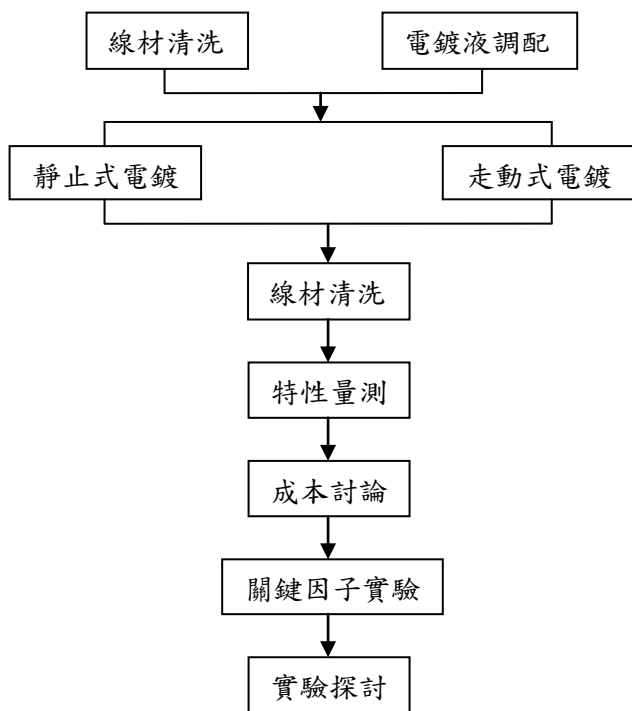
圖六. 走動式電鍍槽示意圖

本實驗借用X品鑽石股份有限公司之電鍍機台，根據原廠切割線逆向分析與電鍍時所需之原料進行電鍍實驗，其電鍍參數如表2所示。

表2. 鑽石切割線規格與電鍍參數

	特徵/性質	規格
基材規格	1 內芯線材(mm)	0.160
	2 鑽石顆粒(mm)	0.04±0.01
電鍍槽內規格	1 線材運轉速度(m/min)	0.8
	2 電鍍液濃度(g/L)	9
	3 溫度(°C)	24
	4 電壓(V)	12
	5 電流(A)	600

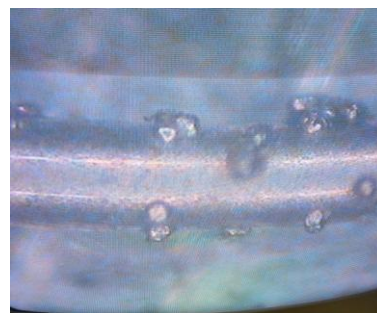
本研究流程如圖七所示，透過不同電鍍方式探討鑽石切割線之品質，也比較鑽石成本對於切割線之品質優劣。



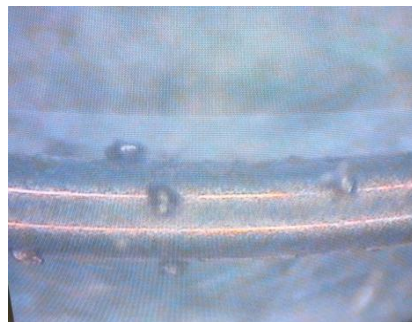
圖七. 實驗流程圖

### 3. 結果與討論

圖八為採用靜止式電鍍後結果，鑽石顆粒累積於表面上，將造成直徑增加、切割強度不均等現象；圖九為採用走動式電鍍，此方式除降低鑽石累積於線材上也促使鑽石顆粒均勻分佈於線材上，提高工作效率。



圖八. 靜止式電鍍實驗



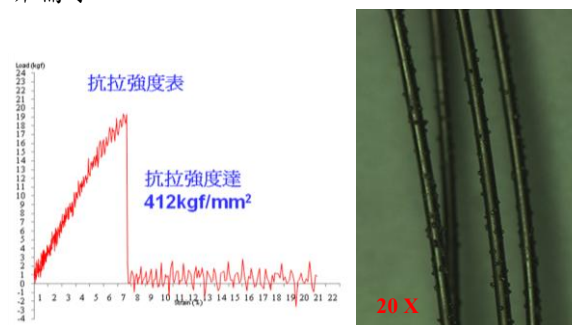
圖九. 走動式電鍍實驗

經由電子顯微鏡量測下(如圖十所示)，此鑽石切割線直徑約 0.25 mm(規格:0.25±0.005 mm)。



圖十. 鑽石切割線直徑量測

本實驗也針對抗拉進行量測(如圖十一所示)，經由金屬中心提供之拉力測試機，其抗拉強度達 412 kgf/mm<sup>2</sup>(規格:>400 kgf/mm<sup>2</sup>)可達業界需求。



圖十一. 左圖為抗拉強度表；右圖為顯微鏡拍攝

本實驗也針對業者考量成本問題進行實

驗，鑽石切割線最大耗材為鑽石顆粒，用最低的鑽石數達成所需目標為業者最大考量。

表 3. 鑽石成本實驗後參數

鍍槽時間(分)	密度(顆/10mm)	直徑(mm)	抗拉(kgf/mm <sup>2</sup> )	切割時間
70	90~100	0.268	438	3 小時 32 分
65	80~90	0.252	421	3 小時 45 分
60	70~80	0.241	406	3 小時 53 分
55	60~70	0.232	395	4 小時 15 分
50	50~60	0.226	386	斷裂

表 3 為針對鑽石成本所完成的實驗結果，在符合業界需求條件下(線直徑 0.25 mm、抗拉強度 >400 kgf/mm<sup>2</sup>)，適當的鍍槽時間為 65 分且鑽石需求為 80~90 顆/10mm，將使業者有效降低最低成本。

#### 4. 結論

由本研究結果顯示採用走動式電鍍法進行電鍍製程因線徑不停繞動，降低鑽石顆粒累積線材表面的機率，且可較均勻分佈表面，可符合業者需求，達到線徑(0.25 mm)、抗拉(>400 kgf/mm<sup>2</sup>)等標準。但切割耗材中，鑽石顆粒是最大成本，需在最低成本達到業者需求下，針對鑽石密度進行實驗，最短電鍍時間65分，將可有80~90顆/10mm的鑽石粉粒，可達業者低成本高效率之效果。未來鑽石切割線若要開發可考慮朝此因子製作。

#### 5. 參考文獻

1. 陳奕信，具有表面微結構之切割線對加工硬脆材料之特性研究，碩士論文，雲林科技大學機械工程系，2008。
2. 黃思璋，以特徵法分析線切割機弦線震動之研究，碩士論文，逢甲大學自動控制工程系，2012。
3. 張家誠，線切割機張力分析，碩士論文，逢甲大學自動控制工程系，2011。
4. 林宜靜，鑽石複線切割動態模式及其控制系統之設計與模擬，碩士論文，逢甲大學自動控制工程系，2011。
5. 甘炎益，精密線鋸切割之研究，碩士論文，國

- 立清華大學動力機械工程學系，2001。
6. 陳姿伶，多晶鑽石之線切割放電加工特性研究，碩士論文，台灣大學機械工程學研究所，2008。
7. 陳思懿，多晶鑽石之微細線切割加工特性研究，碩士論文，南台科技大學機械工程系，2012。
8. <http://www.sei.co.jp/newsletter/2008/02/7b.html>。
9. <http://www.logomatic.de/>。
10. 金屬工業研究發展中心產業資料調查，2011。
11. <http://cnx.org/content/m16627/latest/>。
12. [http://www.gemtree.com/AWSM/AWSM\\_I\\_A/13.htm](http://www.gemtree.com/AWSM/AWSM_I_A/13.htm)。
13. <http://www.allied-material.co.jp/products/diamond/wire-saw/pwsr/>。
14. 日本”住友電氣工業株式会社”網站內容。
15. 沈岳文，游離再生磨粒線切割加工對矽晶圓品質特性之影響，碩士論文，雲林科技大學機械工程系，2004。
16. 郭佳儂、夏子翔，”固定磨粒線鋸開發與鋸切硬脆材料之特性研究”，2006 第五屆精密製造學術研討會，2006。