

碩士論文

以晶圓再生之供應商決策分析對擋控片的
成本改善方案以甲公司為例

交通大學

管理學院
工業工程與管理組碩士班

劉東洋

論文題目



院校所名

著者姓名

國立交通大學

管理學院(工業工程與管理組)碩士班

以晶圓再生之供應商決策分析對擋控片的成本改善方案

以甲公司為例

Non-productive Wafer Cost Down By Reclaim House Cost



中華民國 一百年七月

以晶圓再生之供應商決策分析對擋控片的成本改善方案
以甲公司為例

Non-productive Wafer Cost Down By Reclaim House Cost Analysis

研究生：劉東洋

Student：Ton-Yung Liu

指導教授：張永佳

Advisor：Dr. Yun-Chia Chang

國立交通大學

管理學院工業工程與管理碩士班



July 2011

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一百年七月

以晶圓再生之供應商決策分析對擋控片的成本改善方案-以甲公司為例

學生：劉東洋

指導教授：張永佳 博士

國立交通大學 管理學院工業工程與管理組碩士班

摘要

在半導體業中，擋控片的成本管理一直是管理階層所關注的項目。擋控片的成本由二個項目所構成- 全新擋控片和晶圓再生片，全新擋控片和晶圓再生片的成本有相關性，通常晶圓再生片的使用量愈多，會造成全新擋控片的使用量變少，因此晶圓再生之供應商的選擇對於擋控片的成本影響就很重要了。鑑於有些半導體公司並未對晶圓再生過程中所衍生的相關成本做全面性的分析，導致擋控片的成本上升，本文想利用對於晶圓再生供應商做全面性的成本分析，並對成本分析的結果做供應商的選擇，因此對擋控片的成本做改善。

本研究提出一套方法估算晶圓再生片的成本，藉以選擇適合之晶圓再生供應商。本研究利用個案公司內部之企業資源規劃系統(ERP, Enterprise Resource Planning system)所儲存的歷史資料，來估算晶圓再生供應商在處理該公司擋控片的相關成本，經由估算結果選擇成本較低的二個供應商來處理個案公司的晶圓再生片。本研究中的個案公司在以本研究之建議方法選擇晶圓再生供應商後，在整體擋控片方面的成本有顯著下降，結果證明對評估晶圓再生廠的成本不應只考慮表面成本-晶圓再生的處理價，應考慮各家廠商在晶圓再生過程會衍生的各項成本，以期獲得較佳的供應商決策。

關鍵字：成本管理，擋控片，晶圓再生，交期

Non-productive Wafer Cost Down By Reclaim House Cost Analysis

Student : Ton-Yung Liu

Advisors : Dr. Yun-Chia Chang

Abstract

Non-productive wafer expenditure plays an important role for material cost in semi-conductor plant . It is composed of 2 sources - brand new dummy wafer and reclaim wafer . brand new dummy wafer is raw wafer which is not used ever by production line . When brand new dummy wafer is used in production line for several times , the condition for it will become worse and can not conform with criterion for re-use . Then , it will be sent to reclaiming process for wafer surface treatment ,called reclaim process .Most of semi-conductor plants outsource this process to third party called reclaim house .After reclaiming of non-productive wafer , it will be able to reuse in production line with the same quality as brand new dummy wafer . More non-productive wafers successfully reclaimed from reclaim house will reduce usage cost of brand new dummy wafer . Hence,performance for reclaim house will be key factor to influence the expenditure of whole non-productive wafer expenditure ,because good performance reclaim house will create cost benefit to whole non-productive wafer cost and reduce cost of non-productive wafer .

In light of lack of an effective cost estimation model for a specific reclaim house of the surveyed semi-conductor plant to determine whether this reclaim house provides a lower cost reclaim operation than others, this study intends to develop a simple and effective method to estimate the whole cost incurred by operations of a reclaim house instead of only using purchase cost to judge a reclaim house's cost performance .This model includes purchase cost , shortage cost ,inventory-holding cost and transportation cost to estimate how much a reclaim house costs for its reclaim procedure. The basis for this model is historical data collected from ERP system, Enterprise resource planning system .The result of this study shows this cost estimation model effective to reduce the whole non-productive cost. Thus ,it can serve a method for a purchaser or material supply planner to estimate a reclaim house with a real lower cost for its reclaiming operations.

Key Words: NPW , Cost Management ,Lead Time , SCM

誌謝

首先我要感謝我前任經理杜世海和前任處長王誌坤推薦並鼓勵我在職進修，也因為他們讓我在職場的問題解析和決策能力有了大幅度的成長。再者我要感謝我老婆華煜在我要兼顧學業和工作時，幫我打理家務，讓我無後顧之憂的完成我的學業。

誠如很多在職進修的學姐和學長轉述，交通大學的工管專班的治學嚴謹可以讓學生學到很多的專業知識，經過這幾年的專班的學程後，不管在生管領域或者其他管理的領域，我都有長足的進步，這都歸功於系上老師的熱心的教導。

最後要感謝我的指導教授張永佳老師，還有口試委員李榮貴老師和唐麗英老師在論文提案階段給我衷心的建議和批評，讓我的論文可以順利的完成。



目錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝	iii
目錄	iv
圖目錄.....	v
表目錄.....	vi
第一章、緒論.....	1
1.1 研究背景和動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 研究範圍.....	2
1.4 研究架構.....	2
第二章、文獻探討.....	3
2.1 擋控片的相關研究.....	3
2.2 晶圓再生的績效指標.....	6
2.3 晶圓再生的相關成本.....	8
第三章、研究方法.....	11
3.1 問題分析和定義.....	11
3.2 構建擋控片的成本計算模型.....	12
3.3 資料的蒐集方式.....	13
第四章、實例驗證.....	15
4.1 研究對象之概況.....	15
4.2 歷史資料的蒐集.....	15
4.3 各家供應商的成本估算.....	18
4.4 選擇再生供應商後的擋控片總成本狀況.....	19
第五章、結論與未來研究方向.....	21
5.1 結論.....	21
5.2 未來研究方向.....	21
參考文獻.....	22

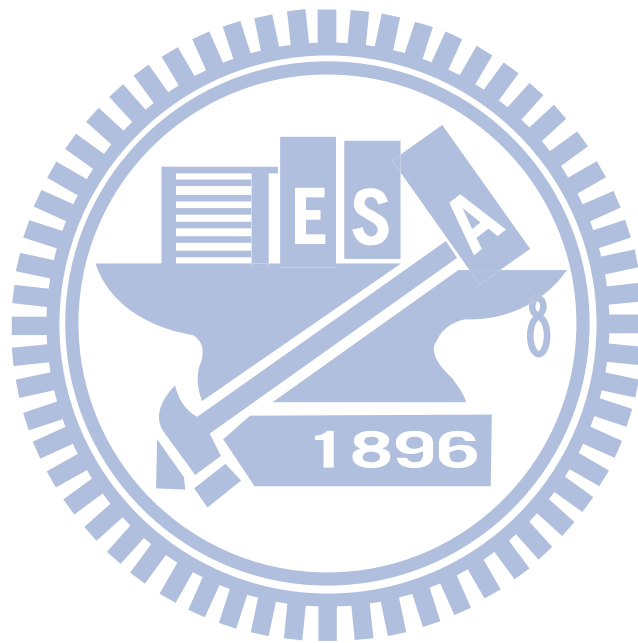
圖目錄

圖 1. 擋控片使用 PURDR 流程.....	4
圖 2. 晶圓再生的流程.....	6
圖 3. 晶圓再生的競爭指標.....	7
圖 4. 擋控片的使用鏈.....	10



表目錄

表 1 擋控片的歷史用量.....	15
表 2 晶圓再生的庫存持有成本，交期和回貨的歷史資料.....	16
表 3 晶圓再生的歷史回片率.....	17
表 4 晶圓再生的歷史運輸成本.....	17
表 5 擋控片的歷史總成本整理.....	17
表 6 各供應商的晶圓再生成本估算整理.....	19
表 7 改善後的擋控片成本狀況.....	20
表 8 選擇供應商前和後的成本比較表.....	20



第一章 緒論

1.1 研究背景和動機

半導體晶圓廠成本降低的方式基本上有二類，第一類是往晶粒的尺寸縮小使得單位晶圓的晶片產出增加，讓營運成本攤在每顆晶片的成本下降，第二類是直接降低營運成本。第一類通常對於需要一些資本支出來增加新的設備以達到晶片尺寸的微縮，這些設備的支出動輒幾十億元台幣，對現金調度寬鬆的半導體大廠的負擔應不成問題，但對現金調度緊縮的半導體廠這個負擔就很大了。經過 2008 年到 2009 年的金融風暴後，許多半導體廠對設備資本的投入評估都很嚴格，管理階層除非有非常高的必要性，否則通常不會核准。因此營運成本的降低便成為公司成本降低最重要的課題了。

半導體的營運支出很類似大部份的製造業，分為直接材料，直接人工和製造費用。本研究的案例公司為一個生產記憶體的工廠（以下簡稱為甲公司），該公司的直接人工費用大約佔營運支出的 4% 左右，直接材料佔 20% 左右，製造費用大約佔 76% 左右。製造費用中間接人工費用佔總營運支出的 6%，間接材料大約佔 19%，而其他支援性質的支出 (MRO)，如機台設備的維修費用，建物的修繕費用，水電費的支出和辦公室的支出大約佔 52%。如果將以上的成本分為三大類，第一為材料的支出，第二為支援性質的費用和第三為人工費用，材料支出大約佔營運支出的 38%，支援性質的費用大約佔 52%，而人工的成本只佔 10% 左右，因此材料支出和支援性費用便成為管理階層成本降低的重點。

對於材料的支出，直接材料為生產性晶圓的支出，間接材料支出分別為擋控片，化學藥劑，特殊氣體，金屬濺鍍靶和一些直接對生產有貢獻的材料如金屬化學研磨製程所需使用的耗材和維持潔淨室運作所需要的耗材。擋控片的使用大約佔材料支出的 10% 左右，為材料支出的第四順位的項目，是管理階層常關切的成本降低的重點項目之一。擋控片的支出來源分為二類，第一類為全新未使用過的擋控片，第二類為晶圓再生過的擋控片，全新擋控片的成本較高，而晶圓再生的成本低很多了。半導體廠對於晶圓再生的製程大部份都是外包給晶圓再生的供應商來處理，因此晶圓再生廠的所提供的回片率，價格和交期對於擋控片的支出就有很大的影響了。

但是很多的公司的晶圓再生供應商的訂單分配量的決策都只以晶圓再生處理成本基礎，並未考量到整個晶圓再生過程中所衍生的相關成本，因此本文想針對各供應商在晶圓再生過程中所產生的各類成本做完整分析，以期對整體擋控片的成本改善。

1.2 研究目的

鑑於某些半導體採購在做晶圓再生供應商的決策時，都以表面成本(採購單價)考量供應商的訂單分配，並未考量到其他的隱含成本。本研究想對晶圓再生供應商的回片率，交期和價格做全面性的成本分析，以期找出成本最低的供應商，並根據成本分析的結果做選擇供應商的決策，且對擋控片的總成本可以降低。

1.3 研究範圍

本研究之成本估算方法，只適用以下情境的半導體廠

1. 最近半年和未來二個月產品投料和產品產出的組合變化不大。
2. 最近半年和未來二個的月產品投料量和產出差異不大。
3. 產線擋控片使用的 PUR 過程不受使用的擋控片類型是全新擋控片或晶圓再生片影響，或影響很少。同樣的，也和使用的晶圓再生片的來源無關，也就是說和晶圓再生供應商無關。
4. 被研究的晶圓再生供應商都可以處理所有類型待處理控擋控片。

同時本研究只針對晶圓再生過程中所衍生的成本做分析-庫存持有成本，晶圓再生處理成本，缺料成本，運輸成本。

1.4 研究架構

本論文分為五大章節，第一章為緒論描述研究的動機和背景，因而定義出研究的目的和方法。第二章為與本論文有關的學術理論和文獻的探討。第三章為研究方法，本章節主要目的為架構出合理的成本模型，用來算出三家晶圓再生供應商所造成的擋控片總成本，和描述如何蒐集相關的資料來求得三家供應商的總成本。第四章為實例驗證，本研究以第三章所定義方法，蒐集甲公司的最近幾個月相關資料，用來求得各供應商相對應的總成本。第五章為結論與未來研究方向，此章利用第四章所得的資料對本文所提供的研究方法有效性作驗證，並對未來的研究方向做建議。

第二章 文獻探討

2.1 擋控片的相關研究

陳錫川(2003)在控擋片管理文中提出推式與拉式兩種控擋片管理系統，並就其派工、存貨管理、投料、降級法則進行討論。推式系統利用評估指標以分別決定投料與降級的路徑選擇；而拉式系統則以運輸問題解法同時決定投料與降級的數量與位置。並比較這兩種方法的優劣，最後以模擬方式作實例驗證。研究結果建議當管理者希望減少控擋片所使用之機台的停機時間時，採取拉式系統是較好的方式。當希望增加控擋片在報廢前之利用次數時，則應採用推式系統。

劉俊濱(2002)在半導體廠控片規劃研究文中，針對控片的使用情形提出線性規劃模型，根據各使用目的對控片的需求，發展一考量時程參數之控片規劃模式，利用網路問題之特性以線性規劃軟體迅速求出在滿足生產需求下最低控片使用量之計畫。同樣的，呂坤樹(2003)在晶圓廠控擋片降轉決策文中，建構一個線性規劃模式來做控片降級決策，以最小化長期的控片總成本，經由控片成本分析發現用量成本遠大於存貨成本，因假設可提高安全存量來吸納短期的需求變異，則降轉決策問題便可簡化成靜態網路流量平衡問題，可利用線性規劃來求解，此靜態降轉決策的方法大幅簡化了現場管理的複雜度。

王明宏(1999)在控片存貨水準之設定文中建構一套系統化的控片存貨水準設定方法，以三階段的方式來達成目標產出下的控片存貨水準設定，並利用一實例進行驗證，找出控片存貨水準與整體產出、週期時間及控片週期時間之間的關係，並提出在控片存貨水準決策上的建議。

林永龍(2000)在晶圓製造廠爐管區之控擋片存量控制模式設計文中，透過對控擋片使用特性之觀察，找出控擋片與生產系統之交互作用，並以階段式的概念，分別以『單一迴圈存貨控制模組』與『多等級間降級規劃』解決控擋片在製品量最佳化的問題。『單一迴圈存貨控制模組』在不考慮等級調降的前提下，以拉式生產系統之存貨概念，決定該迴圈控擋片之最佳在製品量。『多等級間降級規劃』以控擋片調降法則的觀點出發，觀察控擋片在不同等級間之需求流動現象速率，找出瓶頸等級之所在，用以設定每一等級控擋片之重複使用次數，做為模擬模式運作之初始參數，以利運用模擬收尋最佳值。用以有效的使用控擋片，並減少缺料與全新控擋片之浪費。

擋控片的使用流程，大致來說，可分為(1)前置處理(Preparation) (2) 使用中(In Use) (3) 回收清洗 (Recycle) (4) 降級使用(Down grade) (5) 晶圓再生 (Reclaim) ，簡稱為 PURDR 流程。

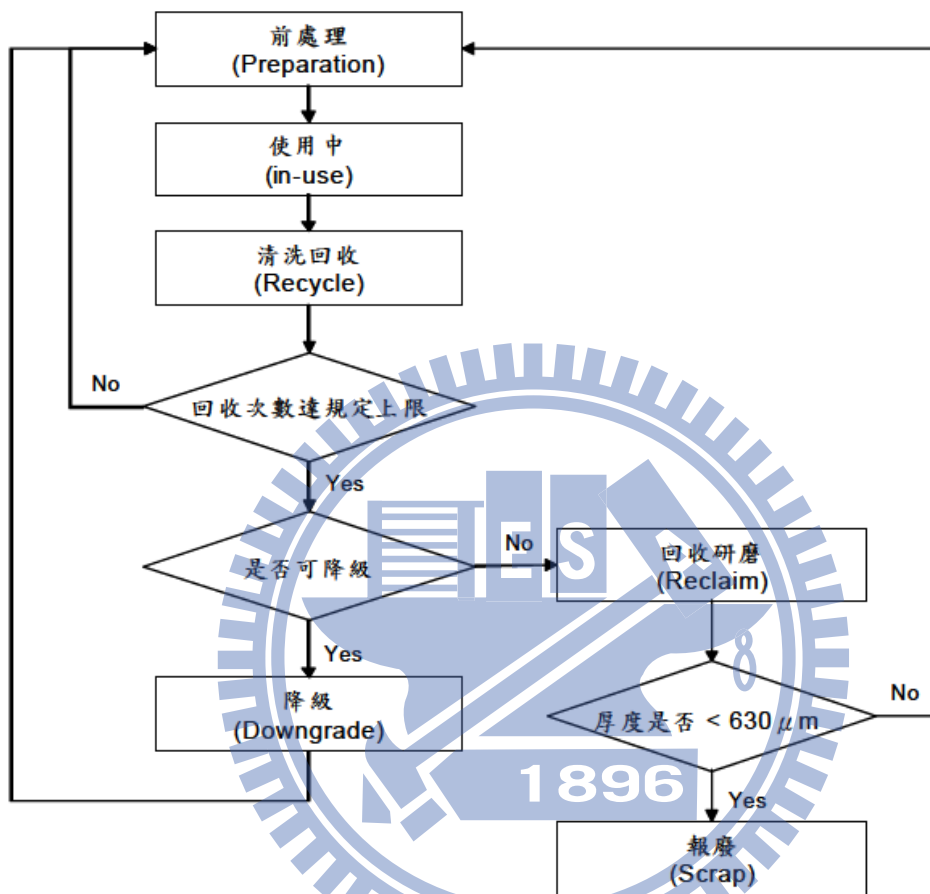


圖 1 擋控片使用 PURDR 流程(呂坤樹，2003，圖 1.1)

(1) 前置處理(Preparation)：

在擋控片使用於生產線前，需經過一系列的準備工作以讓擋控片符合其使用目的的使用狀況。不同的擋控片的使用目的有不同的使用狀況，因此所需的準備工作也不同。如蝕刻製程所使用的擋控片大部份需要爐管的擴散製程為前置作業，因此需要比較長的準備時間，而在薄膜製程所用的擋控片只而簡單的準備過程因此需要比較短的時間。

(2) 使用階段 (In use)：

擋控片主要用來監控半導體製程的相關參數是否合於生產規範，如陳錫川(2003)控擋片管理中所提，控擋片使用分為五個目的：

甲·產品監控

擋控片用跟隨著產品進入生產製程其目的是讓晶片的良率可以被監控和改善。如在爐管製程中，會置擋控片於產品的生量批量中，一起經過爐管製程以期獲得爐管製程所形成的氧化膜厚度，來推測這批生產批量所形成的氧化膜是否合於規範。

乙·機台監控

生產機台在使用過一段時間有可能相關的製程參數會改變，因而需要週期性使用擋控片來量測機台製程參數，以確認機台生產參數在處理產品晶圓前是合於規範的。

丙·機台預防保養：

機台保養後，為確保生產的製程參數合於規範，會使用擋控片來量測製程參數。

丁·工程實驗使用：

為產品研發的目的，研發單位會求產線處理一些產品工程實驗批量，在這批量經過製程前，需要擋控片來確認製程參數合於規範，以確保實驗結果。

戊·機台故障維修後：

如第三個目的一樣，在機台故障維修後，需要一些擋控片來量測製程參數是合於規範。

(3) 回收清洗(Recycle)

擋控片在使用後會留下一些殘留物，經過化學藥劑處理過後，可以將之去除掉，再重複使用，這個階段稱為回收階段。但擋控片在經過一段時間重複使過後，會不符合使用規範，因此會將其報廢或交給晶圓研磨再生處理。

(4) 降級使用(Down grade)

當擋控片使用和回收清洗多次之後，擋控片表面的平坦度和微粒子濃度會變的較差，因此必需降級給一些製程上規格要求較低的擋控片使用目的來使用。

(5) 晶圓再生 (Reclaim)

對於研磨再生的階段，Moser 和 Priest(2003) 在 In-house reclaim of Test wafers 中提到，不合使用狀況的擋控片會經過金屬研磨過程讓它經過一系列的機器研磨過程，讓其和全新擋控的狀況一樣，可以重新下線給生產線使用。不過晶圓再生是將擋控片的表面做厚度的移除和平坦化的處理，擋控片的厚度會一直變薄，且生產線對於擋控片的厚度有下限的規範，因此重複晶圓再生過幾次後，就必須報廢處理了，因此晶圓再生有良率的問題。另外，晶圓再生供應商的製程能力不同會造成晶圓再生的良率的不同，如有些

晶圓再生的去除的厚度較少因此會有比較高良率，反之，去除的厚度較多的晶圓再生供應商會有較差良率。較差的良率會讓產線使用比較多價格高的全新擋控片，除非晶圓再生的價格合於成本效益，否則應儘量避免選擇良率較差的供應商。

洪福益(2008) 在臺灣矽晶圓再生產業之經營與發展研究中提到晶圓再生的製程有下列幾個過程：

去膜(Film Stripping)，拋光(Polishing)，清洗(Cleaning)，檢測(Inspection)和包裝(Packaging)

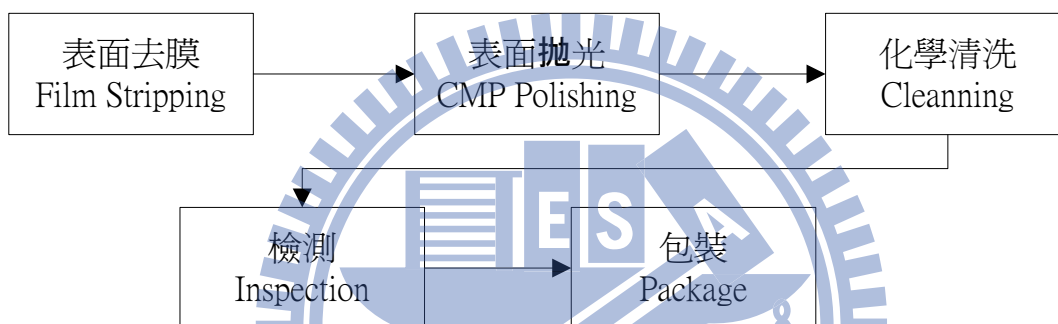


圖 2 晶圓再生的流程(洪福益，2008，圖 3-1-1)

其中去膜和拋光的過程會對表面產生移除量，因而造成擋控片厚度的減少，會造成回收再生的次數和回片率降低。

2.2 晶圓再生的績效指標：

晶圓再生的競爭指標如下：

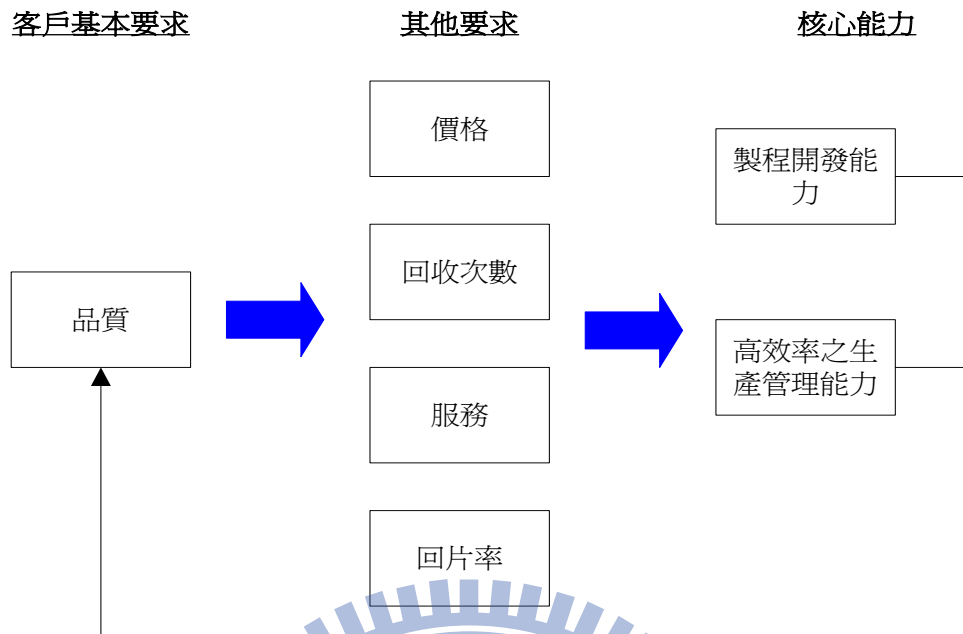


圖 3 晶圓再生的競爭指標(洪福益, 2008, 圖 3-2-1)

一般來說晶圓廠衡量晶圓再生的供應商指標如下：

1. 交期：

交期指晶圓廠將擋控片送到晶圓再生廠處理擋控片到完成晶圓再生回廠所需要的時間。黃宏文(2002)在晶圓製造廠區段基礎式週期時間估算法中提到，當在製品愈多，製造的週期會愈長。此外林永龍(2000)在晶圓製造廠爐管區之控擋片存量控制模式設計文中提到在製品和週期時間可以等候理論 Little's Law 來說明：

$$L = \lambda * \omega$$

其L為在製品數量， ω 為產品週期時間， λ 為工件抵達率

因此交期所形成的是庫存成本，當交期愈長，壓在晶圓再生的庫存愈多，因此所衍生的庫存成本越高。會影響到擋控片交期的因素有如下：

A. 晶圓再生的製程：

有些晶圓再生廠的為了讓擋控片的表面移除率較少，會採取較複雜的製程，因此造成晶圓再生的製造時間變長。

B. 地點：

晶圓再生廠的位置如果和晶圓廠在國內相較於晶圓再生廠在國外的交期來的短，因為省掉了通關和運輸時間。

C. 運輸的批量：

通常送擋控片給晶圓再生廠處理時，會考慮到運費因而批次來運送擋控片，批量越大的話，形成該批量的時間會越長。

2. 回片率：

回片率指的是晶圓廠送出擋控片給晶圓再生廠後，經過再生處理後，在符合晶圓廠擋控片進料檢驗規下，實際可以回貨的比率。回片率可以由送至晶圓再生廠的擋控片數量除實際回貨的擋控片數量求出。回片率愈高者會讓晶圓廠投入全新擋控片的需求量愈少，因而造成擋控片的使用成本降低。

3. 價格：

晶圓再生的價格通常由市場因素來決定，不過通常不會超過全新擋控片的價格，因為當晶圓再生的價格超過或等於全新擋控片時，晶圓廠通常會選擇使用全新擋控片，如此一來可以省下運費，且全新的擋控片其品質比晶圓再生好一點，對於產線的製程所造成的風險也比較低。

4. 品質：

指晶圓再生回貨後，是否符合晶圓廠的品質規範，通常擋控片的品質規範中有下列幾項：

- 1). 平坦度：指晶圓再生後，晶圓表面的高低起伏的程度是達到產線使用的標準。
- 2). 金屬離子的濃度：為降低晶圓廠的產線在使用擋控片後造成金屬污染的風險，晶圓再生擋控片會被要求控制金屬離子在某個 ppm 或 ppb 以下。
- 3). 外觀：通常檢測的項目有表面刮傷，晶圓周圍是否有缺角或突起，是否晶圓表面有裂痕等等。
- 4). 電性：這裡指的是 P 型或 N 型的電性的判定，有些擋控片只能用 P 型的擋控片，如果晶圓再生回貨時的電性為 N 型時會造成製程污染。

品質所造成的成本比較難衡量，但影響的損失可能很大。可能會造成產品需要重工或在製品的報廢因此產生營收上的損失

2.3 晶圓再生的相關成本

楊雅雯(2006) 在整合供應鏈在多階層多產品之最佳決策中所述，供應鏈上的相關成本如下：

1. 訂購成本(Ordering Cost) :

指與訂購和進貨有關的成本，指貨品或材料因為訂購次數所衍生的進貨檢驗，將物品置入庫房的相關成本。通常和訂購的次數有關和訂購量無關。

2. 訂單處理成本(Ordering processing Cost) :

與銷貨次數相關的成本，指收到客戶的訂單後，處理出貨所衍生的相關成本。

3. 持有成本(Holding Cost) :

因投資於庫存因資金凍結所產生的機會成本和因持有庫存所產生的相關成本：如將資金的運作在其他投資方面的獲利損失，保險費，倉儲租金和倉儲設備折舊或存貨過時和損壞成本。

4. 購買成本(purchase Cost) :

為商品的購買成本，和訂購的數量有關。

Capar,I. et al .[9] 對四種訂貨模式做成本分析，第一種為當零售商的庫存水位掉到某個水準以下時向固定的配銷商補貨。第二種為當零售商的庫存水位掉到某個水準以下時，該零售商先向原有的配銷商問有沒有庫存，如果沒有庫存會向有庫存的配銷商補貨，如果都沒有庫存則向原有供貨補貨並等待貨的到來。第三種為當零售商的庫存水位掉到某個水準以下時，該零售商可以向不同的配銷商補貨，但是根據最早的交貨時間來向配銷商來補貨。第四種為當零售商的庫存水位掉到某個水準以下時，該零售商可以向不同的配銷商補貨，但是根據庫存持有成本和欠單(Backorder)成本的總成本最低者來決定補貨的配銷商。並針對四種模式進行模擬，再對總成本來分析。結果發現第四種的模式總成本為最低。

晶圓再生的缺貨成本可以圖 4 來解釋：

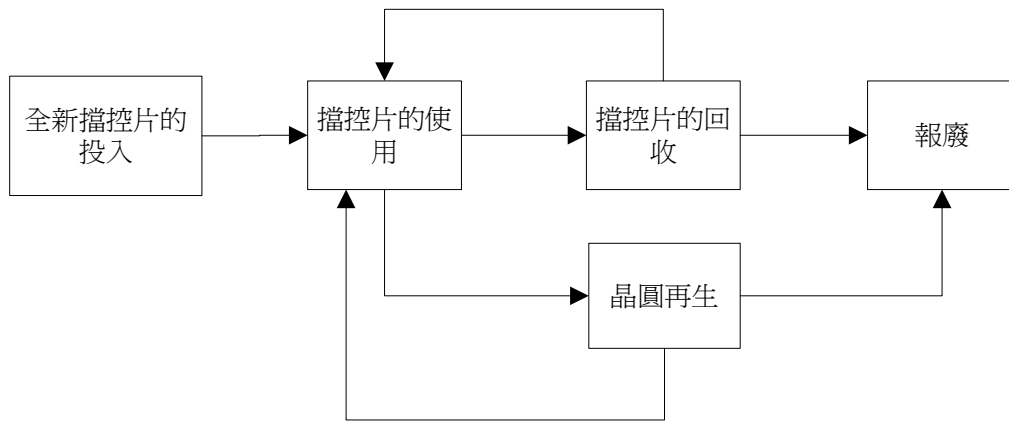


圖 4 擋控片的使用鏈(資料來源：本文研究)

擋控片的使用流程可視為一個使用鏈，且半導體廠的產線的擋控片使用量每個月有穩定的用量，當回收洗清和晶圓再生的數量變少，要多投入全新的擋控片，因此回貨數量變少造成多投入全新擋控片的材料成本，可以視為缺貨成本。

綜合以上文獻，晶圓再生的成本不應僅僅以購買成本為考量，應該考慮到缺貨成本，庫存持有成本等相關成本。

第三章 研究方法

本研究想對晶圓再生供應商的回片率，交期和價格做全面性的成本分析，以期找出成本最低的供應商，並根據成本分析的結果做選擇供應商的決策，且對擋控片的總成本可以降低。本章節共分為三小節，第一節為問題的分析 and 定義，第二節為成本模型的建構，第三節資料的蒐集步驟。

3.1 問題的分析 and 定義

本文最主要是針對晶圓再生供應商的交期，回片率，處理價格和運輸條件對擋控片的總成本的影響做分析，這四個因素對擋控片的成本影響如下：

A. 交期：

如很多對在製品庫存量的研究，當產品的製造週期愈長時，產品的在製品量會愈高，在製品庫存量高影響的最主要是庫存持有成本。同樣的，晶圓再生的交期可以視為晶圓再生的晶圓再生的製造週期，當製造週期愈高，其造成的庫存持有成本也越高。

B. 回片率：

如 2.3 節所述全新擋控片的使用量會因為 PUR 過程的回收量和晶圓再生回片量的大小而影響，回收率和回片率愈高會造成全新擋控片的使用量的減少。

C. 晶圓再生的處理價格：

晶圓再生的處理價格是直接對晶圓再生的使用成本有直接的影響，但這只是表面的成本。

D. 運輸條件：

如果供應商的的位置在國內的話，通常只要支付陸運的成本，甚至有些供商是將陸運成本直接隱含在再生的處理價格裡，半導體廠實際上並不用支付這項費用。如果供應商的的位置在國外的話，那要支付的有空運和處理過海關程序的相關費用，比起在國內的供應商，運輸費用就高出話多了。

通常晶圓再生處理會有二段過程會產生運費，第一段是將待處理的晶圓再生片送到供應商的這段過程，另外一段是已處理好的晶圓再生片回廠的這段過程。這二段過程的費用會因為和供應商談的採購條件不同造成應支付的運費不同。

這四個因素所衍生的成本不能只考慮某個單一因素來作供應商的決策，否則造成局部的成本最佳化。如果要達到全面的最佳化的話，應該將所有因素所衍生的成本加總起來一起分析，才能得到全面最佳化的供應商決策。

本文的環境設定如下：

1. 最近六個月和未來二個月產品的產出和投料的數量和組合變化不大。
2. 晶圓再生片和全新擋控片的使用可以互相取代。
3. 廠內 PUR 過程不會因為擋控片類型的不同和晶圓再生供應商的不同而受影響。
4. 送給晶圓再生供應商處理的擋控片是以隨機的方法來選擇給某供應商處理，並不會特別挑狀況不好的晶圓再生片-如厚度已經接近使用規範的下限，給特定的供應商來處理。

3.2 構建成本計算模型

晶圓再生應考慮的成本為(1) 採購成本 (2) 庫存持有成本 (3) 缺貨成本 (4) 運輸成本，各項說明如下：

(1) 單位採購成本(P_C):

採購成本為擋控片經過晶圓再生的過程中所需支付的費用，但每個供應商所提供供應商價格都不一樣，因此採購成本也不一樣。

採購成本的計算可以用現有訂單來估算。

(2) 單位庫存持有成本(H_C):

為擋控片於再生過程中所產生持有庫存，因而衍生的成本。如一般製造的過程，再生的過程的週期時間愈長所衍生的庫存愈多，因而造成的庫存成本越高。庫存持有成本的計算如式 3-1 下：

$$H_C = I \cdot C_{NEW} \cdot R_H / Q_{REC} \quad (3-1)$$

其中：

I : 在晶圓再生過程中所產生的庫存量

C_{NEW} : 全新擋控片的單價

R_H : 庫存成本持有率

Q_{REC} : 晶圓再生的送出量

(3) 單位缺貨成本(S_C):

缺貨成本為擋控片於晶圓再生過程後，無法達到擋控片使用規格，因而將它們報廢後，產生缺料的狀況下，所衍生的成本。因為在缺晶圓再生片的情形下，會由全新的擋控片來填補晶圓再生片的缺料量，因此缺料成本可由全新擋控片的成本來計算，估算式由 3-2 來表式：

$$S_C = (1 - p_{REC}) \cdot C_{NEW} \quad (3-2)$$

p_{REC} ：為晶圓再生的回片率

(4) 單位運輸成本(D_C)：

為運送擋控片到晶圓再生廠和運回晶圓再生片所需的成本，但是甲公司晶圓再生的運回的運輸費用含在晶圓再生的價格裡面了，因此只計算由甲公司送至晶圓再生廠這段的運輸費用。

可以式 3-3 來表示：

$$D_C = C_{DEL} \quad (3-3)$$

C_{DEL} ：為單位的運輸成本。

因此總單位成本 TC 可以式(3-4)來表示。

$$T_C = P_C + H_C + S_C + D_C \quad (3-4)$$

3.3 資料蒐集方式

在 3.2 節中所建構的成本模式中的各項成本可利用甲公司之企業資源 (Enterprise Resource Planning, ERP) 系統上最近六個月的資料統計得來。各項成本的統計方式簡述如下：

1. 採購成本(P_C)：

採購成本可以由 ERP 系統中的採購的過去六個月訂單資料來取得平均值，用來當作各供應商的採購成本的估算值。

2. 庫存持有成本(H_C):

庫存持有成本可以物管的庫存系統中找出過去六個月的平均值當作平均值，由平均值乘以擋控片的價格再乘以庫存持有成本率就可以得出庫存持有成本，再除過去六個月的平均晶圓再生平均回貨量就可以得出其每片再生晶圓的平均庫存持有成本。

3. 缺貨成本(S_c):

缺料成本首先要計算各晶圓再生供應商的回片率，回片率可以由 ERP 中的庫存管理系統中的晶圓再生送出單據和晶圓再生回貨單據統計得出。再由式 3-2 求出缺料成本。

4. 運輸成本(D_c):

運輸成本可由報關資料求出每批出貨的運輸成本後，再進而求出單位的運輸成本，再由式 3-3 求晶圓再生的運輸成本。

由 1 到 4 的步驟可以估算出最近六個月的晶圓再生相關的成本，再利用式 3-4 求出總成本。



第四章 實例驗證

4.1 研究對象的概況

甲公司為記憶體生產公司，在未來半年內沒有擴產的計劃，對於產品的產出和投料的組合，過去半年和未來半年也變化不大。根據現場人員的訪談，甲公司的擋控片 PUR 過程不受到使用的擋控片類型影響。此外，也看不出來各晶圓再生的供應商所處理的晶圓再生片對 PUR 過程有影響。甲公司的晶圓再生供應商有三家，A 供應商在國內，B 和 C 供應商在國外。鑑於甲公司的晶圓再生供應商的採購策略都只考慮到晶圓再生的處理價格，也就是說以晶圓再生處理價格來分配送給晶圓再生的處理量的多少，價格愈低者分配到處理量愈多，並未考慮到其他的成本-在晶圓再生廠的擋控片的庫存持有成本，缺貨成本-回片率所造成的全新擋控片的使用量成本，和運輸成本。且甲公司的物管人員在送待晶圓再生片給各供應商做再生處理時，並不會挑狀況特別不好的擋控片給特別廠商。

本研究想以 3.2 節所建構的成本估算模型和甲公司過去六個月的歷史資料來估算 A、B 和 C 三家供應商的總成本，並選擇二家成本較低的供應商作為未來三個月的晶圓再生處理合作夥伴，並觀察其對擋控片的總成本有沒有降低，以驗證成本估算模型的有效性，並對甲公司總擋控片的成本降低有貢獻。

4.2 歷史資料的蒐集

A. 2010 年 11 月至 2011 年 4 月的擋控片的使用情形：

表 1 擋控片的歷史用量

擋控片種類		11月	12月	1月	2月	3月	4月	平均值
全新擋控片	使用量(片)	1,900	1,975	2,025	1,700	1,950	1,925	1,913
	金額 (單位:千元)	5,510	5,728	5,873	4,930	5,655	5,583	5,546
晶圓再生片	使用量(片)	2,625	2,625	2,675	2,700	2,675	2,600	2,650
	金額 (單位:千元)	1,718	1,718	1,764	1,769	1,768	1,710	1,741
加總	使用量(片)	4,525	4,600	4,700	4,400	4,625	4,525	4,563
	金額 (單位:千元)	7,228	7,446	7,637	6,699	7,423	7,292	7,287
晶圓再生片佔總用量比率		58%	57%	57%	61%	58%	57%	58%

表 1 為全新擋控片和晶圓再生片的歷史用量，表中可以發現擋控片的總用量都在 4563 片左右變化。當晶圓再生片的用量增加時，全新擋控片的用量會降低。另外一點是，全新擋控片的平均使用量為晶圓再生片的平均使用量的 0.72，但是平均使用金額卻是晶圓再生片的 3.18 倍，要主要是因為全新擋控片的使用單價為 2900 元，但是晶圓再生的處理或使用單價為 637 到 685 元之間，二者之間的價差很大。

B. 2010 年 11 月至 2011 年 4 月的晶圓再生的庫存持有量，交期量和回貨情形：

表 2 晶圓再生的庫存持有成本，交期和回貨的歷史資料

晶圓再生商		11月	12月	1月	2月	3月	4月	平均值
A	庫存量(片)	550	625	775	750	775	650	688
	持有成本 (單位:元)	1,994	2,266	2,809	2,719	2,809	2,356	2,492
	交期(天)	10	12	15	13	14	12	13
	送出量(片)	1,800	1,600	1,600	1,700	1,600	1,600	1,650
B	庫存量(片)	1,800	2,000	2,000	1,825	1,925	2,400	1,992
	持有成本 (單位:元)	6,525	7,250	7,250	6,616	6,978	8,700	7,220
	交期(天)	28	30	31	29	32	33	31
	送出量(片)	2,000	2,200	2,000	2,000	2,000	2,200	2,067
C	庫存量(片)	925	1,100	1,325	1,125	1,500	975	1,158
	持有成本 (單位:元)	3,353	3,988	4,803	4,078	5,438	3,534	4,199
	交期(天)	35	38	40	39	37	36	38
	送出量(片)	800	900	1,000	900	1,200	800	933
加總	庫存量(片)	3,275	3,725	4,100	3,700	4,200	4,025	3,838
	持有成本 (單位:元)	11,872	13,503	14,863	13,413	15,225	14,591	13,911
	送出量(片)	4,600	4,700	4,600	4,600	4,800	4,600	4,650

由表 2 中可以看出 A 供應商的庫存持有成本為最低，而 B 和 C 的庫存成本較高。擋控片的庫存持有成本率以定期利率來估算，其意義為資金積壓所產生的機會成本。

C. 2010 年 11 月至 2011 年 4 月的晶圓再生的回片率情形：

表 3 晶圓再生的歷史回片率

晶圓再生商		11月	12月	1月	2月	3月	4月	平均值	價格(元/片)
A	回貨量(片)	1008	912	992	1071	960	928	59%	657
	送出量(片)	1,800	1,600	1,600	1,700	1,600	1,600		
	回片率	56%	57%	62%	63%	60%	58%		
B	回貨量(片)	1100	1120	1060	1026	936	1144	54%	637
	送出量(片)	2,000	2,000	2,000	1,800	1,800	2,200		
	回片率	55%	56%	53%	57%	52%	52%		
C	回貨量(片)	520	594	640	603	792	544	66%	683
	送出量(片)	800	900	1,000	900	1,200	800		
	回片率	65%	66%	64%	67%	66%	68%		

由表 3 可以得知 A 和 C 供應商有比較好的回片率，而 B 供應商的回片率較差。但是，A 和 C 供應商的價格卻比較高，且外送的量也不如 B 供應商。

D. 2010 年 11 月至 2011 年 4 月的晶圓再生的運輸成本：

表 4 晶圓再生的歷史運輸成本

晶圓再生商		11月	12月	1月	2月	3月	4月	平均值
A	送出量	1,800	1,600	1,600	1,700	1,600	1,600	1,650
	運費(元)	0	0	0	0	0	0	0
B	送出量	2,000	2,000	2,000	1,800	1,800	2,200	1,967
	運費(元)	30,000	30,000	30,000	27,000	27,000	33,000	29,500
C	送出量	800	900	1,000	900	1,200	800	933
	運費(元)	12,800	14,400	16,000	14,400	19,200	12,800	14,933
加總	送出量	4,600	4,500	4,600	4,400	4,600	4,600	4,550
	運費(元)	42,800	44,400	46,000	41,400	46,200	45,800	44,433

表 4 呈現各供應商的運輸成本。A 供應商因為在國內，所以運輸方式為陸運，且供應商自己有貨車來取待晶圓再生片，所以甲公司不用支付運費，故沒有運輸成本。B 和 C 供應商因為在國外，且甲公司和二個供應商的運輸費用拆帳模式為待晶圓再生的送出至供應商這一段為甲公司支付，而晶圓再生完回貨這一段為 B 和 C 供應商來支付。

E. 2010 年 11 月至 2011 年 4 月的總成本：

表 5 擋控片歷史總成本整理

單位:千元

種類	11月	12月	1月	2月	3月	4月	平均值
全新擋控片使用金額	5,510	5,728	5,873	4,930	5,655	5,583	5,546
晶圓再生片使用金額	1,718	1,718	1,764	1,769	1,768	1,710	1,741
晶圓再生庫存持有成本	12	14	15	13	15	15	14
晶圓再生運輸成本	43	44	46	41	46	46	44
加總	7,283	7,504	7,697	6,754	7,484	7,353	7,346

表 5 可以得知甲公司擋控片的每個月平均花費的總成本為 7.346 萬左右，其中全新控片的使用佔了 5.546 百萬左右，而晶圓再生片的使用成本大概為 1.741 百萬左右。表 5 的資料將會和選擇總成本較低的供應商後的擋控片總成本來比較，看是否擋控片的總成本有降低。

4.3 各家供應商的成本估算：

A. 晶圓再生處理單價：

供應商	價格(NT)
A	657
B	637
C	683

此為各家廠商的過去和未來幾個月的晶圓再生處理價格。

B. 單位庫存持有成本：

單位：元/片

供應商	單位庫存持有成本
A	1.5
B	3.7
C	4.5

此表的數值是由表 2 各家廠商的庫存時有成本除以表 3 中的出貨量得出。庫存成本持有率以銀行定存月利率 0.125% 來估算(年利率為 1.5%)。

C. 單位缺貨成本：

單位：元/片

供應商	單位缺貨成本
A	1,168.8
B	1,342.7
C	982.8

此表中的資料由式 3-2 求得. 其中回片率為表 3 中的回片率平均值，全新擋控片的價格為 2900 元/片。

D. 運輸成本：

單位：元/片

供應商	單位運輸成本
A	0.0
B	15.0
C	16.0

運輸成本是由表 4 的總運費除以總送出量求得。

E. 晶圓再生供應商成本估算：

單位：元/片

供應商	採購單價	單位庫存持有成本	單位缺貨成本	單位運輸成本	總成本
A	657.0	1.5	1,180.2	0.0	1,838.7
B	637.0	3.7	1,330.6	15.0	1,986.2
C	683.0	4.5	987.6	16.0	1,691.1

表 6 各供應商的晶圓再生成本估算整理

由上表所得的結果，本研究將選擇 A 供應商和 C 供應商為合作的對象，並觀察未來二個月的成本狀況，看是否擋控片的成本有降低。

4.4 選擇再生供應商後的擋控片的總成本狀況：

表 7 改善後的擋控片成本狀況

擋控片種類		5月	6月	平均值
全新擋控片	使用量(片)	1650	1650	1,650
	金額 (單位:千元)	4,785	4,785	4,785
晶圓再生片	使用量(片)	2,850	2,875	2862.5
	金額 (單位:千元)	1,930	1,943	1,936
加總	使用量(片)	4500	4525	4512.5
	金額 (單位:千元)	6,715	6,728	6,721
晶圓再生片使用比率		63%	64%	63%

表 8 選擇供應商前和後的成本比較表

種類	單位:千元									
	11月	12月	1月	2月	3月	4月	平均值	5月	6月	平均值
全新擋控片使用金額	5,510	5,728	5,873	4,930	5,655	5,583	5,546	4,785	4,785	4,785
晶圓再生片使用金額	1,718	1,718	1,764	1,769	1,768	1,710	1,741	1,930	1,943	1,936
晶圓再生庫存持有成本	12	14	15	13	15	15	14	13	15	14
晶圓再生運輸成本	43	44	46	41	46	46	44	42	37	39
加總	7,283	7,504	7,697	6,754	7,484	7,353	7,346	6,770	6,779	6,774

由表 8 得知擋控片的總成本在選擇成本估算較低的供應後，有顯著的降低。其中值得注意的是全新控片的使用金額下降了 70 萬左右，雖然晶圓再生片的用量成本上升了 20 萬左右，加總後成本下降了 50 萬左右，這是成本下降的主因。

第五章 結論與未來研究方向

5.1 結論

本文的研究目的在於以簡單和有效方法來估算各家晶圓再生供應商在晶圓再生的過程可能會衍生的成本，藉著剔除掉成本效益不好的供應商-成本估算比較高者，對半導體廠的擋控片的總成本做改善。另外一個目的是想要驗證，表面成本(晶圓再生處理單價)為最低者，不一定其衍生出來的總成本為最低，應多方考慮其他衍生的成本，才可以對晶圓再生的供應商採購決策作較佳的決定。由表 7 和表 5 的結果得知，考量晶圓再生的合作供應商時，選擇總成本較低者的供應商為晶圓再生的合作對象時，可以有效的使擋控片的總成本降低。還有，雖然晶圓再生片的使用成本上升，但是因為全新擋控片的使用成本下降更多，且庫存持有成本和運輸成本也略有下降，所以總擋控片的使用成本便降低了。這個結果如一般對供應鏈的成本最佳化的研究一樣，晶圓再生的成本評估不應只考慮表面的成本-採購單價，應該多方考慮隱含於與該供應商合作模式下的相關成本。以甲公司的資料為例，以回片率所造成的缺料成本的差距最大，即使是 B 供應商的採購單價為最低，但是缺料成本的差距大於他和其他供應商的價差，因此 B 供應商反而比較不具成本效益。

5.2 未來研究方向

對於本研究的成本估算模型並未考慮到品質成本，如因為擋控片品質不佳，在使用時造成產品報廢或出貨延遲所招致的相關成本，這個方向的以供以後有興趣往晶圓再生研究的人做參考。影響晶圓再生回片率有一個重要的因素為表面的移除量-以晶圓的厚度為衡量指標，移除量會造成在晶圓再生後的厚度無法達到進料的厚度規格而無法再使用，又或者厚度接近規格附近的擋控片在預期到經過再生處理後的厚度無法符合進料規範時，會將之打入報廢晶片處理，因此會影響到回片率。鑑於甲公司的物管人員常反應估不準晶圓再生的回貨量，因此需在倉庫備較多的全新擋控片以防晶圓再生片回貨量不足時可以滿足生產線的需求。如果在晶圓再生前就可以知道厚度，那麼就可以預估到晶圓再生的回片量，進而可以知道應該用多少全新擋控片來補足晶圓再生片回片量不足的部分，因此可以備庫量較低的方式來進行庫存管理。有心研究晶圓再生需求與庫存管理可以朝這方向研究下去。

參考文獻

- [1] 王明宏(1999)。控片存貨水準之設定。未出版之碩士論文，國立交通大學工業工程與管理研究所，新竹市。檢自台灣碩博士論文知識加值系統。
- [2] 呂坤樹(2003)。晶圓廠控擋片降轉決策。未出版之碩士論文，國立交通大學工業工程與管理學程碩士班，新竹市。檢自台灣碩博士論文知識加值系統。
- [3] 林永龍(2000)。晶圓製造廠爐管區之控擋片存量控制模式設計。未出版之碩士論文，國立交通大學工業工程與管理研究所，新竹市。檢自台灣碩博士論文知識加值系統。
- [4] 洪福益(2008)。台灣矽晶圓再生產業之經營與發展研究，未出版之碩士論文，國立清華大學高階經營管理碩士在職專班，新竹市。檢自台灣碩博士論文知識加值系統。
- [5] 陳錫川(2003)。控擋片管理。未出版之博士論文，國立交通大學工業工程與管理研究所，新竹市。檢自台灣碩博士論文知識加值系統。
- [6] 黃宏文(2002)。晶圓製造廠區段基礎式週期時間估算法，未出版之博士論文，國立交通大學，工業工程與管理系，新竹市。檢自台灣碩博士論文知識加值系統。
- [7] 劉俊濱(2002)。半導體晶圓廠控片規劃研究。未出版之碩士論文，國立清華大學工業工程與工程管理學系研究所，新竹市。檢自台灣碩博士論文知識加值系統。
- [8] 楊雅雯(2006)。整合供應鏈在多階層多產品之最佳決策，未出版之碩士論文，國立彰化師範大學會計學系，彰化市。檢自台灣碩博士論文知識加值系統。
- [9] Capar,I. ,Eksioglu ,B and Geunes ,J.(2011) . A decision rule for coordination of inventory and transportation in a two-stage supply chain with alternative supply sources .Computers & Operation Research , 2011,38 ,1696-1704 .
- [10] Moser,R. and Priest,J.(2003). In-house Reclaim of Test Wafers . In Semiconductor Manufacturing , 2003 IEEE International Symposium ,451~453.USA: IEEE publications .