

# 應用德爾菲法及分析網路程序法於半導體分析晶片缺點因子改善製程良率之研究

張汝源<sup>1\*</sup> 周大鈞<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>國立虎尾科技大學工業管理系 副教授

<sup>2</sup>聯華電子 主任工程師

## 摘要

台灣為全球半導體產業的生產重鎮，晶圓代工產業市佔率更是居世界第一之要角，為了持續維持晶圓代工產業之優勢，晶片的生產良率一直是半導體製造業的重要指標，然而減少晶片缺點為增加晶片良率的最佳解決方案。本研究針對半導體製造過程中造成化學氣相沉積晶片缺點之因子，進行篩選及評估，從中找出影響產品缺點的關鍵因子，以利於提升產品良率，增加產出並創造公司利潤。本研究經由人力、設備、材料與方法等四大構面，由特性要因圖法找出各影響缺點之重要因子，並且使用德爾菲(Delphi)法以及分析網路程序(Analytical Network Process, ANP)法來決定各因子之重要性權重，以探討造成化學氣相沉積晶片缺點的重要關鍵因子，研究結果顯示影響權重最重要之項目為零件異常之因子，以利半導體製造業解決缺點之參考。

**關鍵字：**德爾菲法、分析網路程序法、半導體化學氣相沉積晶片缺點

---

\*聯繫作者：國立虎尾科技大學工業管理系，雲林縣虎尾鎮文化路64號。

Tel: +886-5-6315717

Fax: +886-5-6311548

E-mail: ayc@nfu.edu.tw



## 壹、緒論

半導體IC 產業創造了二十世紀後期新的電子革命，現今的電子產品其內部幾乎都有IC 產品，台灣的半導體產業主要由工研院為發展起源，後來更創造全世界晶圓代工的龍頭，並衍生出IC設計及封測產業，創造了新的台灣奇蹟。在半導體技術不斷的演進下，短短十年內從微米科技發展到奈米科技，並從4吋晶圓發展到目前的12吋晶圓，而晶圓生產的良率一直是半導體的重要績效指標，良率高才能降低生產成本，並且得到客戶的信賴，創造企業的營收成長，因此本研究主要針對提升晶圓代工製造過程中提升良率為探討主題。

本研究針對蝕沉製程之生產過程中，如發生缺點則會造成晶片線路無法導通發生電性異常之問題，而使生產完成後之晶片無法使用，浪費生產成本，因此改善此異常後，不但可節省成本及生產時間，並因此可提升公司形象，改善公司營運契機。

本研究之研究目的主要歸納如下：

- 1.使用特性要因圖找出影響因子並搭配德爾菲法找出重要之影響因子。
- 2.將德爾菲法找出的重要因子，使用分析網路程序法，將其依權重排列，以提供半導體相關產業之參考。
- 3.研究結果運用於實際晶圓廠之生產機台，確認其實際結果是否與研究結果相符合。
- 4.本決策分析的方法主要是利用特性要因圖、德爾菲法以及分析網路程序法，研究完成後，將提供相關產業做為改善品質問題之參考。

## 貳、文獻探討

### 一、半導體製程良率

半導體晶圓廠之生產晶片良率，為晶圓廠之最重要指標，因為生產晶片之製程異常繁複，因此要求十分嚴格。半導體生產不像其他產業之產品一般，有缺點之晶片通常是無法修補。另外，半導體廠需要高額的投資成本，但由於市場競爭激烈，造

成代工晶片價格下滑，晶圓廠必須要靠產量才得以生存，因此半導體晶圓廠的競爭優勢必須建立在高產量和高良率的目標。半導體晶片製造有三個主要良率測定階段來監控製程良率問題，並計算其良率值，如下表所示：

表1主要良率計算表(姜庭隆，2001)

主要良率計算處	
製程階段	計算法
晶圓製造良率=	$\frac{\text{完成的晶圓片數}}{\text{開始的晶圓片數}}$
晶圓(片)揀選良率=	$\frac{\text{功能良好的晶片(粒)數}}{\text{晶圓上的晶片(粒)數}}$
封裝良率=	$\frac{\text{通過最終檢測的封裝完晶粒數}}{\text{送至封裝的良好晶片(粒)數}}$

本研究重點在於改善晶片缺點，增加晶片良率主要是計算晶片揀選良率，其計算方法主要是將功能良好的晶片粒除以晶圓上的晶片粒。

在國內關於以半導體產業以及良率為研究主題之相關研究，如顧尚芳(2003)主要利用類神經網路模式(Neural Network Model, NNM)建構方式，在生產系統中利用製程不良率作為評估設備預防維護之研究；劉亭宜(2000)提出以廣義迴歸類神經網路(Generalized Regression Neural Networks, GRNN)的方法建構一種預測良率之模式，良率模式可以用來預測產品良率以及管理良率；蔡智豪(2008)提出比幅狀基底函數類神經網路(Radial Basis Function Networks, RBFN)準確性更佳的反傳遞模糊類神經網路(Counterpropagation Fuzzy-Neural Network, CFNN)及廣義迴歸類神經網路(GRNN)，來預測半導體化學氣相沉積之厚度；賈方霈(2002)利用集群分析配合資訊視覺從晶圓廠LPC(Lot in-line Process Control)資料中，找出影響晶圓良率的製程參數；以及陳再萬(2003)結合統計檢定和模糊/類神經模糊推論方法，並利用簡明易懂之得分觀念，用以評估製程能力是否到達產品規格的要求。

依上述研究文獻得知，目前大部分半導體良率方面之研究，大多使用類神經網路來評估，本研究主要使用方法乃利用特性要因圖、德爾菲法及分析網路程序法來找出影響缺點之因子，在半導體良率



方面為一種新的研究方式。

## 二、特性要因圖

特性要因圖係由日本東京大學教授，品管圈的創始人石川馨所極力提倡，因此又稱為石川圖，而其圖的形狀像魚骨之分佈故另稱為魚骨圖，另外此圖在說明事件發生之原因與結果之關係，所以也有人稱為因果圖。其主要用來說明品質特性，以及影響品質之主要因素與次要因素三者之間的因果關係圖。

有關於使用特性要因圖的相關研究，如許立成(2003)利用特性要因圖的解析，選擇出實驗因子，然後利用田口實驗法，進行沉澱法製備二氧化矽奈米微粒之探討；以及方勇盛(2006)利用以失效模式與效應分析理論，結合故障樹分析、特性要因圖與模糊德爾菲法，以奈米碳管背光模組為例，建構製程問題分析模式。

依上述研究文獻得知，特性要因圖大多使用於品質改善使用，最常搭配為田口方法，少數有研究搭配德爾菲法，本研究運用特性要因圖依據人力、設備、材料與方法四大構面進行評估，以利後續分析找到影響最重要之因子。

## 三、德爾菲研究法

德爾菲法於1948年美國加州蘭德(Rand)公司所研究發展，用以預測蘇聯需投下多少顆原子彈，會使美國在戰爭中完全的癱瘓。1963年Norman Dalkey及Olaf Helmer首次對外發表德爾菲法於管理科學期刊中，隔年Theodore J. Gordon與Olaf Helmer發表了一份研究報告，因此這個方法才引起世人的注意(宋文娟，2001；Linstone and Turoff, 2002；高新發，2007)。德爾菲法為一種匿名式之專家集體決策研究技術，透過專家多次的意見交流而逐步獲得結論的一種研究方法，此法不但可以得到集思廣益的效果，並可得到專家判斷的品質。

有關使用德爾菲法的相關研究，如蔡易激(2006)利用德爾菲法問卷調查找出壽險業使用顧客關係管理CRM系統開拓業務之相關要素；以及蔡佩真(2007)使用模糊德爾菲法及分析網路程序法，對建設公司或土地開發公司所規劃發展之實質

住宅企劃方案與評估，以其找出最佳方案。相關研究文獻顯示，德爾菲法已經廣泛用於各產業，並常搭配其他決策方法使用以增加它的準確性，因此本研究將特性要因圖之眾多影響因子利用德爾菲法來進行篩選，可有效篩選出較重要因子，有利後續評估權重使用。Cheng et al. (2009) 使用模糊德爾菲結合模糊AHP法於台灣半導體產業之晶片供應商之評選。Hsu et al. (2010)亦採用同樣方法於潤滑油再生技術的選擇問題。Lee et al. (2010)先使用模糊德爾菲法篩選重要指標，再以模糊ANP法計算權重值做為生產策略之決定。

本研究使用德爾菲法之專家，主要是從半導體公司內部所挑選出的相關部門資深人員，因此為了避免團體壓力而影響評估人員之判斷，而使用匿名式發放問卷，然後經由回饋後得到的一致性問卷，使問卷調查更具有可信度。

## 四、分析網路程序法

分析網路程序(ANP)法其是層級程序分析(Alytic Hierarchy Process, AHP)法的進階決策模式。Saaty (1980)的AHP 法用來研究各種非結構的管理科學、社會與經濟問題，其主要使用方法是先訂定問題目標，然後依據目標在提出下一層之元素(次目標或準則)，直到提出最後一層元素(解決方案)，架構完成後再使用1-9的尺度進行各元素成對比對，在依據比對值計算特徵向量得到各元素之權重，最後綜合加權後得到整個元素的優先順序(陳虹遐，2004)。而ANP法的研究模式可以處理集群相依與回饋的關係(Jharkharia and Shankar 2007)，Saaty主要使用此方法取代AHP法，其方式主要使用比例尺度將目標、準則與解決方案之間的內部關係做成對比對得到其權重值，然後找到最佳決策解決方案(Saaty, 1996)。

Saaty 把ANP分為二個部分，一是控制層，另一則是元素與群體之間的網路關係(Saaty, 2003)。如圖1所示為 ANP 之結構關係示意圖。



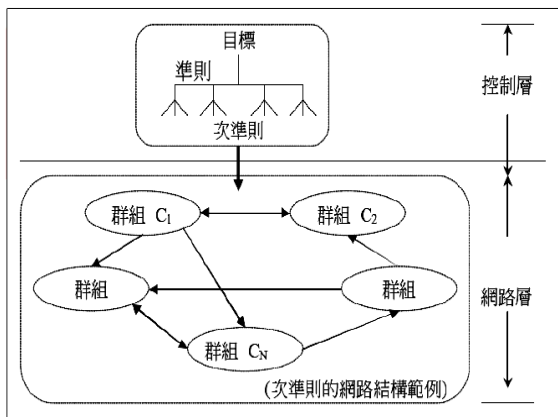


圖 1 ANP 之結構關係示意圖(王蓮芬, 2001)

- 1.第一階段：為控制層，其包括目標、準則以及次準則之間的網路關係，它主要影響系統間的內部關係。
- 2.第二階段：為網路層，主要為群組和要素之互相影響的網路關係。ANP 法之網路關係，除了可以分析準則與準則之間的關聯性，另外也可以計算每個準則的相對權重，權重越大者其優先順序越高，因此可以找到最適合之解決方案。如圖 2 所示，為 ANP 法之問題架構示意圖。

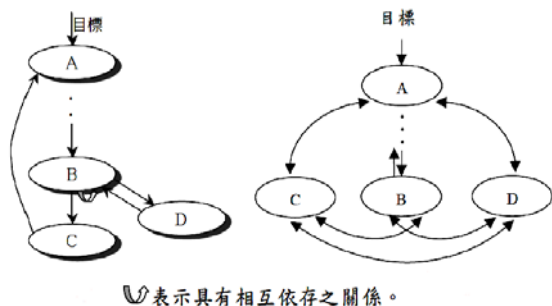


圖 2 ANP 法之問題架構示意圖(Saaty and Takizawa, 1986)

相較於AHP法，Saaty and Takizawa(1986)認為ANP法更具一般性之決策方法，已在學術上備受重視，如Meade and Sarkis(1999)研究改善企業程序目標，利用ANP法評估該方案，使企業組織能夠更加敏捷。Lee & Kim (2000)使用德爾菲法、ANP法及0-1目標規劃法，應用於建構資訊系統之選擇方案。另外，如陳虹霞(2004)將ANP法應用於液晶電視生態效益之評估，並介紹運算ANP之軟體Super Decision 協助決策者作決策評估使用。林長廷

(2006)提出以ANP派工分析模式，研究半導體之晶圓製造產業生產派工提高生產績效的方法。Taslicali and Ercan (2006)運用AHP法及ANP法評定在技術變化的環境中，找出關鍵因素，訂立時間、預算及人力資源之標準作業程序，減少因決策錯誤產生之危機。Gencer and Gurpinar (2007)利用ANP法建立依評估模式，作為一電子公司在評選供應商績效之評定標準。Hsu et al. (2007)結合模糊德爾菲(Fuzzy Delphi)及ANP法提供企劃方案決策者找出組織整體利益最佳之方案。Huang et al. (2008)針對台灣塑膠製品製造業新創事業的研究，以ANP法計算各構面、準則及評估指標之相對重要性，以降低創業資源評估錯誤之發生率。以及陳美方(2009)將產品服務化系統概念導入於永續產品設計，應用ANP法找出辦公室電子電機設備開發產品服務化系統權重因子和構面分析，作為永續產品設計研究基礎。Voulgaridou et al., (2009)應用ANP於新產品銷售量之預測。以及Jung and Seo (2010) 使用ANP法於研發專案之評選。

依上述研究文獻得知ANP法可用於各種可行方案的選擇，並可找出權重最高的因子，因此本研究所要找出影響半導體缺點因子，使用此方法可以明確判斷最重要之因子，依其重要度排序後，依序去排出異常，減少複雜判斷因子的時間研究結果提供業界在品質改善專案上使用。

## 參、研究方法

本研究旨在探討半導體之晶圓代工廠，於鎢化學氣相沉積製程之缺點因子，主要使用德爾菲研究法及ANP法，將影響缺點的各項因子進行決策分析，分析所得之重要因子，提供晶圓代工廠減少缺點，增加產品良率之參考依據。本研究參與問卷的專家，主要為某晶圓代工公司之員工，共有八位其中設備工程師五位、製程工程師一位、製程整合工程師一位、原廠工程師一位，其中最高年資為二十年，最低年資為六年，平均年資為十一年，均為經驗豐富之資深人員。

本研究首先對半導體之晶圓代工廠之八位資





深員工進行專家訪談，首先請專家利用特性要因圖，分成人力、設備、材料與方法等四大構面進行全方位之探討，確立影響錫化學氣相沉積之各項影響因子，再使用德爾菲方法請專家填寫問卷，以歸納重要之因子，再利用分析網路程序法，請專家填寫ANP問卷評估其權重排序。

### 一、特性要因圖

特性要因圖用以分析與探討產品品質問題或製程中有變異之因素，分析影響問題與其間之的主要原因以及次要原因，使用圖示的方法，讓問題的原因一目了然，提供管理者迅速掌握問題的重點，快速的改善品質。在製造業之實務運用上，通常分成人員、設備、方法與材料)等四大構面加以分析，以列出可能的原因，整理一完整的要因分析圖，協助問題之解決。本研究依此四大構面進行影響半導體缺點因子之分析。

### 二、德爾菲法

德爾菲法具有專家團體決策的優點，並且能夠避免面對面溝通之干擾，係採用匿名式的專家集體決策技術，以專家為對象，針對問題個別實施問卷調查，採用匿名方式實施。先將第一次的問卷回收統計之結果回覆給專家，專家在經過重新審視後，再重新做問卷評估，將第二次評估結果回覆給調查人員，如此反覆實施問卷直到達到取得一致性之後結束，如此可針對問題得到一致性結論(高新發，2007)。

本研究從特性要因圖得到的影響缺點因子之後，利用專家集體決策方法篩選出較重要的因子，以利後續使用分析網路程序法時避免因子太多，而造成專家判斷上的困擾。

### 三、分析網路程序法

AHP法為目前以很廣泛的運用在各種研究領域上，其主要是將各系統劃分層次，並且只有評估上層與下層的影響程度，且同一層的元素均是獨立，在實際使用上會發現單層中的元素之間可能會有互相依存之關係，低層次之元素也可能對高層次元素產生影響，此結構類似網路，ANP法即為解析

此網路的結構問題(王蓮芬，2001；林長廷，2006)。本研究雖然可以直接利用德爾菲法找出最重要因子，但影響的因子可能有其相互依存關係，因此利用分析網路程序法，可以加以探討各因子的相依關係，進而找出其影響晶片缺點的權重值。ANP法之實施步驟如下：

- 1.訂定決策問題然後設定決策群體：首先決定決策問題以及範圍，並收集相關文獻以及詢問專家之意見，最後設立決策群體。專家人數以 5~15 人為最佳，若只有單一決策者時，此步驟可以省略(林長廷，2006)。
- 2.建構問題網路階層結構：整理歸納出問題的相關資訊，找出決策問題的考量因素，包括問題、準則、次準則、可行方案等。結構中每一層可以有相互依存之關係，利用迴圈弧形來表示相互回饋之關係，如圖 3 所示，為網路層級評估模式架構圖。
- 3.專家問卷整合：問卷完成後，發由專家進行要素的相對性重要度判斷，問卷必須將每一要素依對比方式成列，以利專家評估。當專家只有一位時不會有偏好整合之問題，但若專家為多位時，必須進行專家偏好整合，因此可利用決策集體權重之平均值，計算方法分為算數平均法與幾何平均法，Saaty 認為幾何平均法所計算之結果較佳。

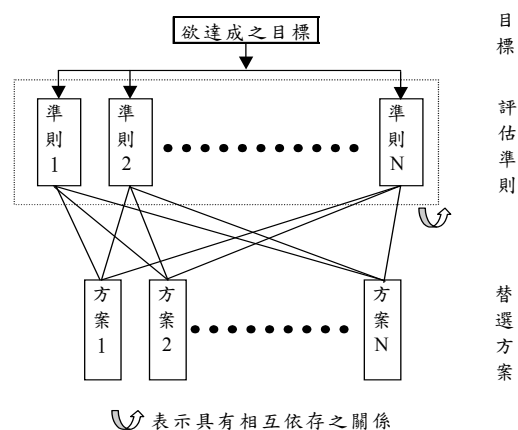


圖 3 網路層級評估模式架構圖(Saaty, 2003)

- 4.建成立對比較矩陣：專家問卷經過整合後，可得到各個層級之比較矩陣，ANP 法為採用 1~9 之評估尺度，來求得成對矩陣的特徵向量值，接著



取得相對之權重作為矩陣內之數值，最後可以計算出各層級間之相互依存關係與相對重要性值，求得如矩陣 A 所示：

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & & & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

矩陣完成需計算出向量值以求其權重。Saaty 提出四種近似法求取向量值，如下列式。本研究主要使用第一式之行向量平均值標準法。

(1)行向量平均值標準法

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad i, j=1,2,\dots,n \quad (1)$$

(2)列平均值的標準法

$$W_i = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}} \quad i, j=1,2,\dots,n \quad (2)$$

(3)行向量和倒數的標準法

$$W_i = \frac{\left(1 / \sum_{i=1}^n a_{ij}\right)}{\sum_{j=1}^n \left(1 / \sum_{i=1}^n a_{ij}\right)} \quad i, j=1,2,\dots,n \quad (3)$$

(4)列向量幾何平均值標準法

$$W_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij}\right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{i=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{ij}\right)^{\frac{1}{n}}} \quad i, j=1,2,\dots,n \quad (4)$$

ANP之成對比較矩陣可以分為內部及外部關係，外部關係主要為判斷同一層級的準則達成上層目標的重要性之特徵向量值，內部關係則為判斷同一層準則間互相影響之重要性特徵向量值。

5.一致性檢測：由於每個層級因素間之重要性不同，要求專家在執行成對比較時，如要達到前後一致性，是很困難的，因此需要做一致性檢測，

作為修正的參考，以避免形成不良的決策。Saaty 建議一致性的值在 0.1 左右(一般採用 C.R. < 0.1)，若整個層級一致性不符合要求，就表示層級的關聯有問題，因此必須再次進行要素與關聯性分析，首先計算最大特徵值( $\lambda_{max}$ )與特徵向量(W)來檢定成對比較矩陣是否具有有一致性，根據 Saaty 建議以一致性指標(Consistency Index, C.I.)與一致性比率(Consistency Ratio, C.R.)，來檢定成對比較矩陣的一致性，下列公式為檢測一致性之公式。

(1)一致性指標公式：

$$C.I. = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

若C.I.=0，為前後判斷有一致性；若C.I.>0.1，為前後判斷不一致性；若C.I.≤0.1，為可容許偏差。

(2)隨機指標公式：隨機指標是由隨機產生之正倒值矩陣而來，其 R.I.值為根據成對比較矩陣的階數而定，也就是根據成對比較要素的個數 n 來訂，此值可由下表查得。

表 2 隨機指標值對照表(Saaty, 1980)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	14	15
R.I.	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

(3)一致性比率：若 C.R. ≤ 0.1 時，表示該成對比較判斷矩陣的一致性程度令人滿意，其公式如下

$$C.R. = \frac{C.I.}{R.I.} \quad (6)$$

6.超矩陣運算：ANP 法考量方案及準則間所存在的相互回饋關係，當考慮準則與方案間互相依存之關係時，通過一致性檢驗之上述矩陣 M，包含了二個子矩陣：矩陣 B 中各行的特徵向量集，每一方案對準則的優先性，在矩陣 C 中各行的特徵向量集，如下圖 4 所示：



$$M = \begin{matrix} \text{主評估} & \text{次評估} \\ \text{準則} & \text{準則} \end{matrix} \begin{matrix} \text{主評估準則} \\ \text{次評估準則} \end{matrix} \begin{bmatrix} 0 & C \\ B & 0 \end{bmatrix}$$

圖 4 超級矩陣(林長廷, 2006)

矩陣M中各行之值係為隨機向量, 即各行之值總合為一。另外該超級矩陣亦表示, 若矩陣元素彼此相依, 矩陣多次相乘後會得到一個收斂的極值, 而該極值將固定不變, 如此可求得權重值, 其公式如下: (Saaty, 1996)

$$\lim_{k \rightarrow \infty} A^{2k+1} \quad (7)$$

ANP網狀圖中元素間之關係與強度可使用超矩陣表示之, 如下圖5所示:

$$W = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} e_{11} \\ e_{12} \\ \vdots \\ e_{1m_1} \\ e_{21} \\ e_{22} \\ \vdots \\ e_{2m_2} \\ \vdots \\ e_{n1} \\ \vdots \\ e_{n2} \\ \vdots \\ e_{nm_n} \end{matrix} & \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1n} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ W_{n1} & W_{n2} & \dots & W_{nn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

圖 5 超矩陣 (Saaty, 1996)

$C_h$ :表示各群組,  $h=1, \dots, n$ 。

$e_{nh}$ :表示元素, 群組  $h$  有  $m_h$  元素以  $e_{n1}, e_{n2}, \dots, e_{nm_n}$ 。

$W_n$ : 表示經過成偶比對計算之特徵向量值,  $W_{n1}, W_{n2}, \dots, W_{nn}$ 。

依據上述步驟, 可以評估出各準則與方案之間的相互依存關係, 必經過矩陣運算後即可得到評估結果的權重值, 權重值越大者代表其重要程度順序較高, 因此可找到適合之方案。

## 肆、個案研究

### 一、個案公司之產業及製程說明

#### (一)半導體製程簡介

晶圓代工之積體電路製程包括化學氣相沉積、物理氣相沉積、光阻、曝光、化學機械研磨、蝕刻、擴散、離子植入等上百道製程, 如圖6所示為積體電路製造之簡化示意流程圖(羅正忠、張鼎張, 2002)。

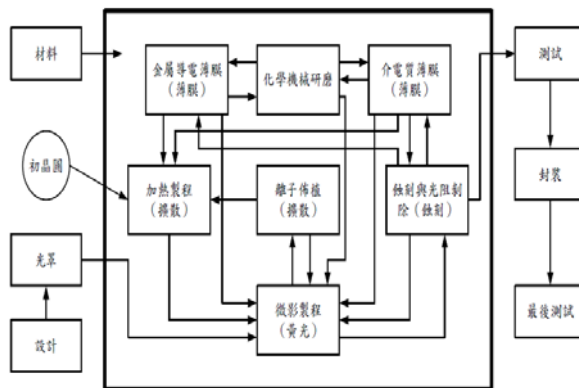


圖 6 積體電路製造之示意流程圖(羅正忠、張鼎張, 2002)

整個積體電路製程必須經過多重之製程, 而每個製程又包含許多的步驟, 但主要步驟為四種基本步驟: 加層、成形、摻雜、加熱, 如下表所示為晶圓製造程序的總結整理(姜庭隆, 2001)。

- 1.加層: 氧化、化學氣相沉積、分子束磊晶、物理氣相沉積。
- 2.成形: 光阻、曝光系統、曝光光源、微影成像製程、蝕刻。
- 3.摻雜: 擴散、離子植入。
- 4.加熱: 熱能法、輻射法。

#### (二)薄膜沉積

薄膜沉積其沉積可分為五個步驟: 長晶、晶粒成長、晶粒聚結、縫道填補、沉積膜成長。如圖7所示為薄膜沉積步驟分解示意圖(莊達人, 2000)。



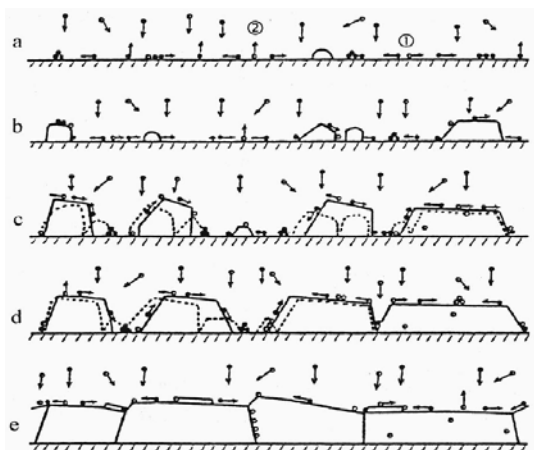


圖 7 薄膜沉積步驟分解圖(莊達人, 2000)

- a.長晶：氣體粒子被吸附於晶片表面稱為吸附原子 然後與其他吸附原子交互作用後於晶片表面形成核團最後完全吸附於晶片表面。
- b.晶粒成長：晶粒形成後於是開始晶粒成長。
- c.晶粒聚結：大晶粒消耗小晶粒之成長現象。
- d.縫道填補：尚未被晶粒覆蓋區域做填補。
- e.沉積膜成長：縫道填滿後即開始增加薄膜之厚度完成沉積步驟。

(三)鎢化學氣相沉積

本文主要研究影響鎢化學氣相沉積缺點之因子，而鎢在積體電路製程中因其熔點高，並且階梯覆蓋能力佳，所以主要運用於上下金屬層之連接插塞，如圖8所示為鎢插塞在多重金屬製成上之結構(莊達人, 2000)。

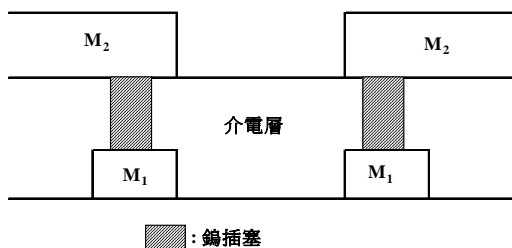


圖 8 鎢插塞在多重金屬製成上之結構(莊達人, 2000)

(四)半導體製程污染物

晶圓代工製造之晶片需謹慎的控制其污染物，晶片上有污染物即會影響生產良率，而主要之污染物有顆粒、金屬離子、化學物與細菌等。

顆粒：在晶面表面上均會有些微顆粒，若位於重要元件上則會產生缺點，而引發製程良率不佳現

象。1994年半導體協會要求0.18微米技術的缺陷設計，規定每平方公尺上每一層0.06微米之最多粒子數為135顆，而目前大多代工廠的做到的粒子數，為每一層0.02微米之粒子數不超過30顆。如圖9所示為一微米相對大小之示意圖，圖10為污染物的相對大小比較(姜庭隆, 2001)。

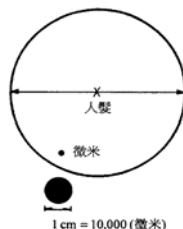


圖 9 一微米的相對大小比較圖(姜庭隆, 2001)

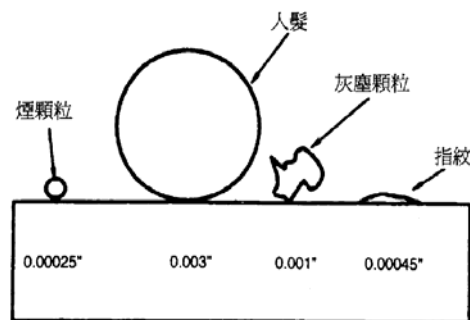


圖 10 污染物的相對大小比較圖(姜庭隆, 2001)

- 2.金屬離子：晶片中之金屬離子運動力很強，它們會在元件間游走造成元件失效。
- 3.化學物：製程中用到的化學品或製程用水若殘留少量化學污染物於晶片，可能會導致表面腐蝕或製程不均勻。
- 4.細菌：晶片表面清洗的水源或晶片表面沒有清洗乾淨之有機物，均有可能生成細菌，其破壞力有如顆粒產生之污染。

二、個案晶片缺點資料

本研究統計過去半年來個案所發生的晶片缺點次數，並將其繪製成柏拉圖，其中集中型佔47次，直線型佔28次，其他類型發生16次，因此集中型加上直線型共發生75次，依據八十/二十原理，集中型與直線型之缺點共佔百分比八十三，所以本研究將針對此二型做改善。如下圖11所示，為晶片缺點次數柏拉圖。





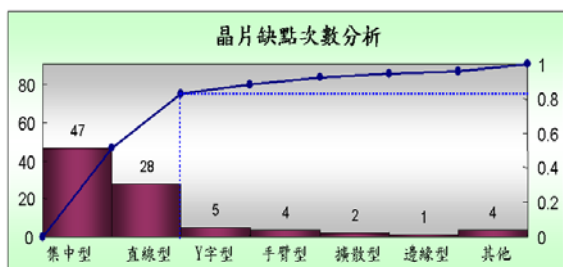


圖 11 晶片缺點數柏拉圖

### 三、缺點形式介紹

本次欲改善之缺點分為集中型與直線型之缺點，其代表缺點於晶片表面的型式，如下介紹：

#### (一)集中型缺點

主要為在晶片上有集中缺點之形式，如下圖12所示缺點可能集中於某範圍，於本研究稱之集中型缺點。

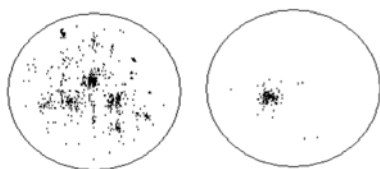


圖 12 集中型缺點圖

#### (二)直線型缺點

主要為在晶片上有直線狀之缺點之形式，如下圖13所示其缺點成線狀，於本研究稱之直線型缺點。

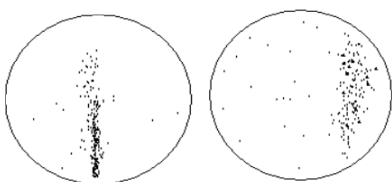


圖 13 直線型缺點圖

### 四、特性要因圖設計

#### (一)繪製特性要因圖

本研究依據人力、設備、材料與方法等四大構面繪製成特性要因圖，並與八位專家訪談。請八位專家繪製特性要因圖，依據人力、設備、材料與方法等四大構面來做探討，總共找出十九項影響因子，如下表3所示為晶片缺點因子總表。

表 3 晶片缺點因子總表

四大構面	人力	設備	材料	方法
影響因子	人員清洗零件手法	機台溫度	零件規格	壓力控制
	人員組裝零件不同	機台動作速度	機台零件異常	機台功率控制
	保養機台手法異常	機台油氣速率	零件材質	保養SOP
	操作人員手法異常	真空設備異常	晶片材質異常	零件更換週期
		氣體控制儀器異常	氣體品質異常	前製程序異常

其中專家依其影響型式做分類影響集中型的因子共有十八項，而影響直線型缺點之因子共有十五項，如下表4所示為晶片缺點因子分類表。

表 4 晶片缺點因子分類表

集中型	人員清洗零件手法	機台溫度	零件規格	壓力控制
	人員組裝零件不同	零件更換週期	機台零件異常	機台功率控制
	保養機台手法異常	機台油氣速率	零件材質	保養SOP
	操作人員手法異常	真空設備異常	晶片材質異常	
	前製程序異常	氣體控制儀器異常	氣體品質異常	
直線型	壓力控制	保養SOP	零件規格	
	人員組裝零件不同	機台動作速度	機台零件異常	
	保養機台手法異常	機台油氣速率	零件材質	
	操作人員手法異常	真空設備異常	晶片材質異常	
	零件更換週期	氣體控制儀器異常	前製程序異常	

### 五、德爾菲問卷實施

#### (一)問卷調查

本階段將專家訪談得到的特性要因圖，將所有十九項影響晶片缺點之因子，利用德爾菲法寄出專家問卷，主要由專家之專業能力來認定各因子之重要程度，其目的在評估特性要因圖影響因子之重要程度次序，以此評估架構找出之重要因子，建立成後續分析網路程序法之專家問卷的評估基礎。

#### (二)問卷內容與形式

本階段專家問卷主要依據德爾菲法的基礎請專家評定，其目的在評估特性要因圖之影響因子之重要程度次序，評定次序採用1~5個等級，評定的分數越高表示該因子越為重要，本研究共作二次專家問卷，第二次的專家問卷統計結果分析下，皆已達到一致性，因此停止專家問卷。

#### (三)問卷統計方法

本研究採用量化分析做為問卷統計方法，量化分析較常使用於德爾菲法上，統計的方法有眾數、平均值、中位數、標準差以及四分位差，其中眾數、平均值、中位數為資料集中狀況的值，也是描述資料之中心位置值；另外標準差以及四分位差則是用來描述團體中各數值之分散情形的值(蔡易激，



2007)。

本研究對重要性及一致性之判別標準敘述如下：

1. 眾數：專家回答的意見中，出現的次數最多的數值，主要要來參考專家對每一個意見回答的集中情形。本研究將眾數作為參考，主要以平均數來做重要度判斷，5 代表非常重要，4 代表重要，3 代表中等，2 代表不重要，1 代表非常不重要。
2. 平均數：專家回答之數值的平均數，數值越大代表重要度越高，本文平均值以  $\mu$  表示，並將其重要度分為五個級別，本研究主要依平均值來做因子篩選判斷，若平均數值落於重要區間以上，其因子便通過篩選門檻，如下表 5 為平均分數決斷參數表。

表 5 平均分數決斷參數表

區間	決斷	參照
$\mu \geq 4.5$	很高	非常重要
$3.5 \leq \mu < 4.5$	高	重要
$2.5 \leq \mu < 3.5$	中	普通
$1.5 \leq \mu < 2.5$	低	X
$\mu < 1.5$	很低	X

3. 標準差：代表專家對各項問題的差異性，值越小越好，本研究以標準差不大於一為原則。
4. 四分位差：本研究使用四分位差做為一致性判斷，數字越小代表專家之一致性程度越高，當數值小於或等於 0.6 時，代表專家意見有高度一致性，數值位於 0.6~1 時代表專家意見有高度一致性，數值若高於 1 以上時，代表專家意見沒有共識(吳俊毅，2004；蔡易激，2007)。

(四)問卷調查分析結果

第一次與第二次的問卷經過專家回饋後，進行分析與統計各項因子，其中I 代表第一次問卷，II 代表第二次問卷，如表6所示。

專家意見的眾數值為4，並且平均值為3.5以上的因子，達到本研究之篩選門檻，一共有十二個因子，另外標準差於第二次問券後均小於1，且四分

位差均小於0.6，已達專家問卷的一致性與問卷收斂標準，達篩選門檻之因子，如表7所示。

表 6 德爾菲問卷統計表

評估因子	眾數		平均數		標準差		四分位差		一致性
	I	II	I	II	I	II	I	II	
人員清洗零件手法	4	4	3.75	3.875	0.971825	0.64087	0.75	0.25	高
人員組裝零件不同	4	4	4	3.625	0.707107	0.916125	0.5	0.5	高
保養機台手法異常	3	2	2.75	1.75	0.666667	0.46291	0.5	0.25	高
操作人員手法異常	2	2	2.625	1.875	0.726483	0.64087	0.5	0.25	高
機台溫度	4	4	4	4	0.755929	0.534522	0.5	0	高
機台動作速度	4	4	3.75	4.125	0.707107	0.64087	0.5	0.25	高
機台油氣速率	4	4	3.75	4	1.035098	0.755929	0.75	0.5	高
真空設備異常	2	2	2.75	1.875	0.886405	0.64087	0.75	0.25	高
氣體抽吸器異常	2	2	2.375	2.125	0.517549	0.64087	0.5	0.25	高
零件規格	4	4	4	4.25	0.534522	0.46291	0	0.25	高
機台零件異常	4	4	4.25	4.375	0.707107	0.517549	0.5	0.5	高
零件材質	4	4	4	4	0.755929	0.755929	0.5	0.5	高
晶片材質異常	1	1	1.375	1	0.517549	0	0.5	0	高
氣體品質異常	2	2	1.875	1.625	0.64087	0.517549	0.25	0.5	高
壓力控制	4	4	4	4.125	0.755929	0.64087	0.5	0.25	高
機台功率控制	5	4	4.25	4.125	0.886405	0.64087	0.75	0.25	高
保養SOP	4	4	4	3.875	0.755929	0.64087	0.5	0.25	高
零件更換週期	4	4	4.25	4.125	0.707107	0.64087	0.5	0.25	高
前製製程異常	2	2	2.25	1.75	0.707107	0.46291	0.5	0.25	高

表 7 德爾菲法篩選出之因子表

評估因子	眾數		平均數		標準差		四分位差		一致性
	I	II	I	II	I	II	I	II	
人員清洗零件手法	4	4	3.75	3.875	0.971825	0.64087	0.75	0.25	高
人員組裝零件不同	4	4	4	3.625	0.707107	0.916125	0.5	0.5	高
機台溫度	4	4	4	4	0.755929	0.534522	0.5	0	高
機台動作速度	4	4	3.75	4.125	0.707107	0.64087	0.5	0.25	高
機台油氣速率	4	4	3.75	4	1.035098	0.755929	0.75	0.5	高
零件規格	4	4	4	4.25	0.534522	0.46291	0	0.25	高
機台零件異常	4	4	4.25	4.375	0.707107	0.517549	0.5	0.5	高
零件材質	4	4	4	4	0.755929	0.755929	0.5	0.5	高
壓力控制	4	4	4	4.125	0.755929	0.64087	0.5	0.25	高
機台功率控制	5	4	4.25	4.125	0.886405	0.64087	0.75	0.25	高
保養SOP	4	4	4	3.875	0.755929	0.64087	0.5	0.25	高
零件更換週期	4	4	4.25	4.125	0.707107	0.64087	0.5	0.25	高

六、分析網路程序法

本研究依據德爾菲法將特性要因圖的各項因子篩選出較重要之因子，現階段將利用分析網路程序法將重要因子依其權重排列，以其找到最重要之因子，以利半導體鎢化學氣相沉積解決晶片缺點參考之用，下圖14為本階段之分析網路程序法之架構模型。



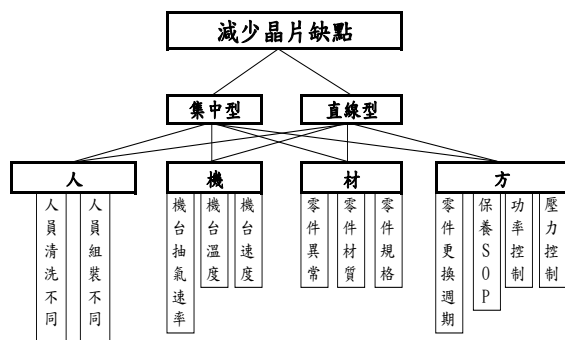


圖 14 減少晶片缺點之分析網路程序法之架構模型

(一)各形式缺點所影響之因子

本研究依據特性要因圖所找出的晶片缺點因子分類表，經過德爾菲法篩選後，最後得到影響集中型缺點11項因子以及影響直線型缺點9項因子，其敘述如下所示：

- 1.影響集中型之因子為人員清洗不同、人員組裝不同、機台抽氣速率、機台溫度、零件異常、零件材質、零件規格、零件更換週期、保養 SOP、功率控制、壓力控制共 11 項因子。
- 2.影響直線型之因子為人員組裝不同、機台抽氣速率、零件異常、機台速度、零件材質、零件規格、零件更換週期、保養 SOP、壓力控制共 9 項因子。

(二)影響之因子相依關係

本研究透過群體專家會議訪談討論，得到各評估之因子之間之相互依存之關係如下：

- 1.人員清洗不同：其表示生產機台反應室內之供氣頂板(集中型)，每次保養均需經過雙氧水清洗以及超音波震盪然後吹乾送入烤箱，如每人浸泡時間或清洗不同，會造成清洗不乾淨，裝上機台後產生雜質造成缺點，其主要相依的因子為保養 SOP、零件更換週期、零件材質、零件異常、零件規格。
- 2.人員組裝不同：其主要於保養時，人員對零件的組裝方式是否相同，如組裝不同，可能造成零件與機台不合造成摩擦等因素，而產生雜質造成缺點，其主要相依之因子為保養 SOP、零件更換週期、零件材質、零件異常、零件規格。
- 3.機台抽氣速率：因生產機台為真空模式下生產，所以對於真空度要求嚴格，若抽氣速率不佳，會

造成生產後之廢棄化學物無法抽走造成晶片缺點，其主要相依之因子為壓力異常以及零件異常。

- 4.機台溫度：機台溫度為生產的重要要素，因錫會對高溫產生反應，若溫度太高或太低均會影響沉積狀況，其主要相依之因子為零件更換週期、零件材質、零件異常、零件規格。
- 5.機台速度：只針對機台的機械手臂移動速度，以及機台開門(直線型)動作速度，因其速度會影響反應爐之壓力變化，造成沉積時不穩定而產生缺點，其主要相依之因子為保養 SOP、零件更換週期、零件材質、零件異常、零件規格。
- 6.零件異常：主要針對供氣頂板(集中型)、閘門(直線型)、微波產生器(集中型)之零件異常產生之缺點，其主要相依之因子為人員清洗不同、人員組裝不同、零件更換週期、零件材質、零件異常、零件規格。
- 7.零件材質：主要針對閘門(直線型)、微波產生器(集中型)之零件的材質，其主要相依之因子為人員清洗不同、人員組裝不同、零件更換週期、零件材質、零件異常、零件規格。
- 8.零件規格：主要針對閘門(直線型)、微波產生器(集中型)、供氣頂板(集中型)的零件規格，此三項規格改變均會對沉積時產生較大之影響，其主要相依之因子為保養 SOP、機台速度、零件更換週期、零件材質、零件異常、零件規格。
- 9.零件更換週期：主要針對供氣頂板(集中型)、閘門(直線型)、微波產生器(集中型)之零件更換週期，其主要相依之因子為人員清洗不同、人員組裝不同、保養 SOP、零件更換週期、零件材質、零件異常、零件規格。
- 10.保養 SOP：若保養 SOP 沒有明訂，會造成各項標準不同，使機台產生異常，其主要相依之因子為人員清洗不同、人員組裝不同、零件更換週期、零件異常、零件規格。
- 11.功率控制：主要針對微波產生器(集中型)之發射功率，功率的改變會造成氣體分子改變，為重要影響因子，其主要相依之因子為壓力異常、零件更換週期、零件材質、零件異常、零件規



格。

12.壓力控制：壓力為影響沉積之重要因子，壓力的改變會造成氣體分子的變化，因子需嚴格控管，其主要相依之因子為機台抽氣速率零件更換週期、零件異常。

(三)晶片缺點形式權重

依據前文本研究以八十/二十原理，因此針對集中型以及直線型缺點作分析，而統計半年此二種形式之發生次數，集中型為47次、直線型為28次，因此依其次數計算數權重，如下表8所示：

表 8 缺點形式權重表

缺點形式	權重
集中型缺點	0.627
直線型缺點	0.373

(四)問卷調查

本階段進行之問卷調查，因問卷非常繁雜所以請八位專家於會議中集體討論出各因子的比對權重值，然後分析下列缺點形式與缺點因子之相互依存關係之結果，如此才得以進行分析網路程序法操作，要點如下：

- 1.各因子之成偶比對權重值結果。
- 2.每個缺點形式對各因子之相對重要性比對權重結果。
- 3.各因子間內部相互依存關係的成偶比對權重值結果。
- 4.各因子實際影響權重值的結果。

(五)問卷形式與內容

本階段之專家問卷主要以分析網路程序法理論為基礎，藉由準則間互相依存的兩兩比對取其權重值，問卷利用1~9各等級來評估準則之相對重要性權重。

(六)實施步驟

1.各因子對集中型缺點之成偶比對

各因子成偶比對，以求出各因子對集中型缺點之影響權重，各準則權重值以  $W_1$  表示之，比較結果如下表 9 所示。

表 9 因子對集中型缺點之成偶比對矩陣

$W_1$	人員清洗不同	人員組裝不同	保養SOP	功轉控制	壓力控制	機台抽氣速率	機台溫度	零件更換週期	零件材質	零件異常	零件規格	特徵向量
人員清洗不同	1	1	3	1/3	1/5	1	1/5	1	3	1/3	3	0.0558
人員組裝不同	1	1	1	1/5	1/5	3	1/5	1	3	1/3	3	0.0557
保養SOP	1/3	1	1	1/3	1/5	1	1/7	1	3	1/3	3	0.0499
功轉控制	3	5	3	1	1/3	3	1/7	3	5	1/3	3	0.1037
壓力控制	5	5	5	3	1	3	1/5	3	3	1/3	3	0.1329
機台抽氣速率	1	1/3	1	1/3	1/3	1	1/5	1	3	1/5	3	0.046
機台溫度	5	5	7	7	5	5	1	7	7	7	7	0.3232
零件更換週期	1	1	1	1/3	1/3	1	1/7	1	3	1/5	3	0.0467
零件材質	1/3	1/3	1/3	1/5	1/3	1/3	1/7	1/3	1	1/3	1	0.0234
零件異常	3	3	3	3	3	5	1/7	5	3	1	3	0.1445
零件規格	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/7	1/3	1	1/3	1	0.0241

CI=0.0904 CR=0.0599

2.各因子對直線型缺點之成偶比對

各因子成偶比對，以求出各因子對直線型缺點之影響權重，各準則權重值以  $W_2$  表示之，比較結果如下表10所示。

表 10 因子對直線型缺點之成偶比對矩陣

$W_2$	人員組裝不同	保養SOP	壓力控制	機台抽氣速率	機台溫度	零件更換週期	零件材質	零件異常	零件規格	特徵向量
人員組裝不同	1	3	3	1	1	1	1	1/5	1	0.0755
保養SOP	3	1	1	1	1/3	1/3	1/5	1/5	1/3	0.0461
壓力控制	1/3	1/3	1	1/3	1	1/7	1/5	1/7	1/5	0.0247
機台抽氣速率	1	3	5	1	1/3	1/3	1/3	1/5	1/5	0.0549
機台溫度	3	5	5	3	1	1/3	1	1/5	1/5	0.0928
零件更換週期	3	1	7	3	3	1	1	1/3	1/3	0.1060
零件材質	5	5	7	3	3	1	1	1/5	1/3	0.1273
零件異常	5	5	7	5	5	5	5	1	5	0.3136
零件規格	1	3	5	5	5	3	3	1/5	1	0.1592

CI=0.0901 CR=0.0621

3.以人員清洗不同為準則，因子間內部相依之成偶比對

各因子內部相依成偶比對，以求出各因子對人員清洗不同之影響權重，各準則權重值以  $W_{31}$  表示之，比較結果如下表 11 所示。

表 11 人員清洗不同為準則，因子間內部相依權重

$W_{31}$	人員清洗不同	保養SOP	零件更換週期	零件材質	零件異常	零件規格	特徵向量
人員清洗不同	1	3	3	1	1/5	1/3	0.1167
保養SOP	1/3	1	1/3	1/3	1/7	1/5	0.0403
零件更換週期	1/3	3	1	1/3	1/3	1/5	0.0828
零件材質	3	1/3	3	1	1/3	1/3	0.1311
零件異常	5	3	5	5	1	5	0.4355
零件規格	1/3	5	5	3	1/5	1	0.1935

C.I.=0.0936 C.R.=0.0755

4.以人員組裝不同為準則，因子間內部相依之成偶比對

各因子內部相依成偶比對，以求出各因子對人





員組裝不同之影響權重，各準則權重值以 $W_{32}$ 表示之，比較結果如下表12所示。

表 12 人員組裝不同為準則，因子間內部相依權重

$W_{32}$	人員組裝不同	保養 SOP	零件更換週期	零件材質	零件異常	零件規格	特徵向量
人員組裝不同	1	3	3	1	1/3	1/5	0.1269
保養SOP	1/3	1	3	1/3	1/3	1/5	0.0805
零件更換週期	1/3	1/3	1	1/3	1/3	1/5	0.0508
零件材質	1/5	3	3	1	1/3	1/5	0.1156
零件異常	5	1/5	3	3	1	1/3	0.2083
零件規格	5	5	3	5	3	1	0.4180
C.I.=0.0728 C.R.=0.0587							

5.以保養 SOP 為準則，因子間內部相依之成偶比對各因子內部相依成偶比對，以求出各因子對保養SOP之影響權重，各準則權重值以 $W_{33}$ 表示之，比較結果如下表13所示。

表 13 保養 SOP 為準則，因子間內部相依之權重

$W_{33}$	人員清洗不同	人員組裝不同	保養 SOP	零件更換週期	零件異常	零件規格	特徵向量
人員清洗不同	1	1/3	1	1/3	5	5	0.1493
人員組裝不同	3	1	3	1	5	5	0.2860
保養SOP	1/5	1/5	1	1	5	5	0.1600
零件更換週期	5	5	1/3	1	3	3	0.3069
零件異常	1/5	1/5	1/5	1/3	1	3	0.0593
零件規格	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1	0.0384
C.I.=0.0842 C.R.=0.0679							

6.功率控制為準則，因子間內部相依之成偶比對各因子內部相依成偶比對，以求出各因子對功率控制之影響權重，各準則權重值以 $W_{34}$ 表示之，比較結果如下表14所示。

表 14 功率控制為準則，因子間內部相依之權重

$W_{34}$	功率控制	壓力控制	零件更換週期	零件材質	零件異常	零件規格	特徵向量
功率控制	1	5	5	3	3	3	0.3656
壓力控制	1/5	1	5	3	1/3	1/3	0.1149
零件更換週期	1/5	1/5	1	1/5	1/5	1/5	0.0361
零件材質	1/3	1/3	5	1	1/3	1/3	0.0900
零件異常	1/3	3	5	3	1	1/3	0.1648
零件規格	1/3	3	5	3	3	1	0.2286
C.I.=0.0809 C.R.=0.0652							

7.壓力控制為準則，因子間內部相依之成偶比對各因子內部相依成偶比對，以求出各因子對壓力控制之影響權重，各準則權重值以 $W_{35}$ 表示之，比較結果如下表 15 所示。

表 15 壓力控制為準則，因子間內部相依之權重

$W_{35}$	壓力控制	機台抽氣速率	零件更換週期	零件異常	特徵向量
壓力控制	1	3	5	5	0.5282
機台抽氣速率	1/3	1	3	3	0.2356
零件更換週期	1/5	1/3	1	1/3	0.0735
零件異常	1/5	1/3	5	1	0.1628
C.I.=0.0742 C.R.=0.0824					

8.以機台抽氣速率為準則，因子間內部相依之成偶比對

各因子內部相依成偶比對，以求出各因子對機台抽氣速率之影響權重，各準則權重值以 $W_{36}$ 表示之，比較結果如下表16所示。

表 16 機台抽氣速率為準則，因子間內部相依之權重

$W_{36}$	壓力控制	機台抽氣速率	零件異常	特徵向量
壓力控制	1	1	5	0.5096
機台抽氣速率	1/3	1	7	0.4103
零件異常	1/7	1/7	1	0.0801
C.I.=0.0063 C.R.=0.0108				

9.機台溫度為準則，因子間內部相依之成偶比對各因子內部相依成偶比對，以求出各因子對機台溫度之影響權重，各準則權重值以 $W_{37}$ 表示之，比較結果如下表 17 所示。

表 17 機台溫度為準則，因子間內部相依之權重

$W_{37}$	機台溫度	零件更換週期	零件材質	零件異常	零件規格	特徵向量
機台溫度	1	7	7	3	5	0.4917
零件更換週期	1/7	1	1/3	1/5	1/3	0.0453
零件材質	1/7	3	1	1/5	1/5	0.0708
零件異常	1/3	5	5	1	3	0.2490
零件規格	1/5	3	5	1/3	1	0.1432
C.I.=0.0958 C.R.=0.0855						



10.以機台速度為準則，因子間內部相依成偶比對  
各因子內部相依成偶比對，以求出各因子對機台速度之影響權重，各準則權重值以 $W_{38}$ 表示之，比較結果如下表18所示。

表 18 機台速度為準則，因子間內部相依之權重

$W_{38}$	保養 SOP	機台速度	零件更換週期	零件異常	零件規格	特徵向量
保養SOP	1	1/3	1	1/3	1/3	0.0845
機台速度	1/7	1	7	3	5	0.4077
零件更換週期	3	1/7	1	1/5	1/5	0.0965
零件異常	3	1/3	5	1	3	0.2502
零件規格	3	1/5	5	1/5	1	0.1611
C.I.=0.0921 C.R.=0.0822						

11.零件更換週期為準則，因子間內部相依之成偶比對

各因子內部相依成偶比對，以求出各因子對零件更換週期之影響權重，各準則權重值以 $W_{39}$ 表示之，比較結果如下表19所示。

表 19 零件更換週期為準則，因子間內部相依之權重

$W_{39}$	人員清洗不同	人員組裝不同	保養 SOP	零件更換週期	零件材質	零件異常	零件規格	特徵向量
人員清洗不同	1	1/3	1/3	1/5	3	3	5	0.1059
人員組裝不同	3	1	1/3	1/5	3	3	5	0.1375
保養SOP	3	3	1	1/3	5	5	5	0.2186
零件更換週期	5	5	3	1	5	5	5	0.3639
零件材質	1/3	1/3	1/5	1/5	1	1/3	1	0.0398
零件異常	1/3	1/3	1/5	1/5	5	1	3	0.0778
零件規格	1/5	1/5	1/5	1/5	5	1/5	1	0.0565
C.I.=0.0853 C.R.=0.0646								

12.零件材質為準則，因子間內部相依之成偶比對  
各因子內部相依成偶比對，以求出各因子對零件材質之影響權重，各準則權重值以 $W_{41}$ 表示之，比較結果如下表20所示。

表 20 零件材質為準則，因子間內部相依之權重

$W_{41}$	人員清洗不同	人員組裝不同	零件更換週期	零件材質	零件異常	零件規格	特徵向量
人員清洗不同	1	1	1/3	1/7	3	1	0.0836
人員組裝不同	1/3	1	1/3	1/5	3	1	0.0791
零件更換週期	3	3	1	1/3	3	3	0.1975
零件材質	7	5	3	1	7	7	0.4618
零件異常	1/3	1/3	1/3	1/5	1	1/5	0.0434
零件規格	1/3	1/3	3	1/7	5	1	0.1346
C.I.=0.0497 C.R.=0.04							

13.零件異常為準則，因子間內部相依之成偶比對  
各因子內部相依成偶比對，以求出各因子對零件異常之影響權重，各準則權重值以 $W_{42}$ 表示之，比較結果如下表21所示。

表 21 零件異常為準則，因子間內部相依之權重

$W_{42}$	人員清洗不同	人員組裝不同	保養 SOP	機台速度	零件更換週期	零件異常	特徵向量
人員清洗不同	1	1/3	5	1/5	3	1/5	0.0989
人員組裝不同	3	1	5	1/3	3	1/5	0.1363
保養SOP	1/5	1/5	1	1/5	1/3	1/7	0.0316
機台速度	5	3	5	1	5	1/5	0.2282
零件更換週期	1/3	1/3	3	1/5	1	1/3	0.0699
零件異常	5	5	7	5	5	1	0.4352
C.I.=0.0951 C.R.=0.0767							

14.零件規格為準則，因子間內部相依之成偶比對  
各因子內部相依成偶比對，以求出各因子對零件規格之影響權重，各準則權重值以 $W_{43}$ 表示之，比較結果如下表22所示。

表 22 零件規格為準則，因子間內部相依之權重

$W_{43}$	保養 SOP	機台速度	零件更換週期	零件材質	零件異常	零件規格	特徵向量
保養SOP	1	1/3	1/3	1/5	1/5	1/7	0.0363
機台速度	3	1	1/3	1/5	1	1/5	0.0750
零件更換週期	3	3	1	1/3	1/3	1/5	0.1004
零件材質	5	5	3	1	3	1/3	0.2381
零件異常	5	1/3	3	1/3	1	1/5	0.1208
零件規格	7	5	5	3	5	1	0.4293
C.I.=0.0876 C.R.=0.071							

依據半導體資深人員以群體討論方式就各因子間的內部相依的關係並在特定準則優先考量下進行評估，使各因子對晶片缺點形式之影響權重作分配，依上述成偶之比較矩陣計算後可得：



$$W_{31}=(0.1167, 0, 0.0403, 0, 0, 0, 0, 0.0828, 0.1311, 0.4355, 0.1935)^T。$$

$$W_{32}=(0, 0.1269, 0.0805, 0, 0, 0, 0, 0.0508, 0.1156, 0.2083, 0.4180)^T。$$

$$W_{33}=(0.1493, 0.2860, 0.16, 0, 0, 0, 0, 0.3069, 0, 0.0593, 0.0384)^T。$$

$$W_{34}=(0, 0, 0, 0.3656, 0.1149, 0, 0, 0, 0.0361, 0.09, 0.1648, 0.2286)^T。$$

$$W_{35}=(0, 0, 0, 0, 0.5282, 0.2356, 0, 0, 0.0735, 0, 0.1628, 0)^T。$$

$$W_{36}=(0, 0, 0, 0, 0.5096, 0.4103, 0, 0, 0, 0, 0.0801, 0)^T。$$

$$W_{37}=(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.4917, 0, 0.0453, 0.0708, 0.2490, 0.1432)^T。$$

$$W_{38}=(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.0845, 0.4077, 0.0965, 0.2502, 0.1611)^T。$$

$$W_{39}=(0.1059, 0.1375, 0.2186, 0, 0, 0, 0, 0, 0.3639, 0.0398, 0.0778, 0.0565)^T。$$

$$W_{41}=(0.0836, 0.791, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.1975, 0.4618, 0.0434, 0.1346)^T。$$

$$W_{42}=(0.0989, 0.1363, 0.0316, 0, 0, 0, 0, 0, 0.2282, 0.0699, 0, 0.4352)^T。$$

$$W_{43}=(0, 0, 0.0363, 0, 0, 0, 0, 0.075, 0.1004, 0.2381, 0.1208, 0.4293)^T。$$

因此可求得  $W_3=(W_{31}, W_{32}, W_{33}, W_{34}, W_{35}, W_{36}, W_{37}, W_{38}, W_{39}, W_{41}, W_{42}, W_{43})$ 。下列為  $W_3$  之各因子間內部相依關係之權重矩陣。

$$W_3 = \begin{pmatrix} 0.1167 & 0.00 & 0.1493 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.1059 & 0.0836 & 0.0989 & 0.00 \\ 0.00 & 0.1269 & 0.2860 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.1375 & 0.0791 & 0.1363 & 0.00 \\ 0.0403 & 0.0805 & 0.1600 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.2186 & 0.00 & 0.0316 & 0.0363 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.3656 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.1149 & 0.5282 & 0.5096 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.2356 & 0.4103 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.4917 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.0845 & 0.00 & 0.00 & 0.2282 & 0.0750 \\ 0.0828 & 0.0508 & 0.3069 & 0.0361 & 0.0735 & 0.00 & 0.0453 & 0.4077 & 0.3639 & 0.1975 & 0.0699 & 0.1004 \\ 0.1311 & 0.1156 & 0.00 & 0.0900 & 0.00 & 0.00 & 0.0708 & 0.0965 & 0.0398 & 0.4618 & 0.00 & 0.2381 \\ 0.4355 & 0.2083 & 0.0593 & 0.1648 & 0.1628 & 0.0801 & 0.2490 & 0.2502 & 0.0778 & 0.0434 & 0.4352 & 0.1208 \\ 0.1935 & 0.4180 & 0.0384 & 0.2286 & 0.00 & 0.00 & 0.1432 & 0.1611 & 0.0565 & 0.1346 & 0.00 & 0.4293 \end{pmatrix} \quad (8)$$

15.各因子內部相依優先權重—集中型  $W_5$

集中型因子之影響權重  $W_5=W_3 \times W_1$

$$W_5 = W_3 \times W_1 = \begin{pmatrix} 0.1167 & 0.00 & 0.1493 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.1059 & 0.0836 & 0.0989 & 0.00 \\ 0.00 & 0.1269 & 0.2860 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.1375 & 0.0791 & 0.1363 & 0.00 \\ 0.0403 & 0.0805 & 0.1600 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.2186 & 0.00 & 0.0316 & 0.0363 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.3656 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.1149 & 0.5282 & 0.5096 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.2356 & 0.4103 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.4917 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.0845 & 0.00 & 0.00 & 0.2282 & 0.0750 & 0.0000 \\ 0.0828 & 0.0508 & 0.3069 & 0.0361 & 0.0735 & 0.00 & 0.0453 & 0.4077 & 0.3639 & 0.1975 & 0.0699 & 0.1004 & 0.0467 \\ 0.1311 & 0.1156 & 0.00 & 0.0900 & 0.00 & 0.00 & 0.0708 & 0.0965 & 0.0398 & 0.4618 & 0.00 & 0.2381 & 0.0234 \\ 0.4355 & 0.2083 & 0.0593 & 0.1648 & 0.1628 & 0.0801 & 0.2490 & 0.2502 & 0.0778 & 0.0434 & 0.4352 & 0.1208 & 0.1445 \\ 0.1935 & 0.4180 & 0.0384 & 0.2286 & 0.00 & 0.00 & 0.1432 & 0.1611 & 0.0565 & 0.1346 & 0.00 & 0.4293 & 0.0241 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0.0558 \\ 0.0557 \\ 0.0439 \\ 0.1037 \\ 0.1329 \\ 0.0460 \\ 0.3232 \\ 0.0000 \\ 0.0467 \\ 0.0234 \\ 0.1445 \\ 0.0241 \end{pmatrix} \quad (9)$$

經過矩陣運算後就可以得到各因子的權重值  $W_5=(0.0441, 0.0638, 0.0373, 0.0366, 0.1264, 0.0244, 0.0655, 0, 0.11197, 0.0494, 0.3687, 0.0641)^T$ 。

16.各因子內部相依優先權重—直線型  
直線型因子之影響權重  $W_6=W_3 \times W_2$ 。



$$W_6 = W_3 \times W_2 = \begin{pmatrix} 0.1167 & 0.00 & 0.1493 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.1059 & 0.0836 & 0.0989 & 0.00 \\ 0.00 & 0.1269 & 0.2860 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.1375 & 0.0791 & 0.1363 & 0.00 \\ 0.0403 & 0.0805 & 0.1600 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.2186 & 0.00 & 0.0316 & 0.0363 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.3656 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.1149 & 0.5282 & 0.5096 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.2356 & 0.4103 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.4917 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\ 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.0845 & 0.00 & 0.00 & 0.2282 & 0.0750 & 0.00 \\ 0.0828 & 0.0508 & 0.3069 & 0.0361 & 0.0735 & 0.00 & 0.0453 & 0.4077 & 0.3639 & 0.1975 & 0.0699 & 0.1004 & 0.00 \\ 0.1311 & 0.1156 & 0.00 & 0.0900 & 0.00 & 0.00 & 0.0708 & 0.0965 & 0.0398 & 0.4618 & 0.00 & 0.2381 & 0.00 \\ 0.4355 & 0.2083 & 0.0593 & 0.1648 & 0.1628 & 0.0801 & 0.2490 & 0.2502 & 0.0778 & 0.0434 & 0.4352 & 0.1208 & 0.00 \\ 0.1935 & 0.4180 & 0.0384 & 0.2286 & 0.00 & 0.00 & 0.1432 & 0.1611 & 0.0565 & 0.1346 & 0.00 & 0.4293 & 0.00 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0.0000 \\ 0.0755 \\ 0.0461 \\ 0.0000 \\ 0.0247 \\ 0.0549 \\ 0.0000 \\ 0.0928 \\ 0.1060 \\ 0.1273 \\ 0.3136 \\ 0.1592 \end{pmatrix} \quad (10)$$

經過矩陣運算後就可以得到各因子的權重值  $W_6=(0, 0.0435, 0.02, 0, 0.0324, 0.0439, 0, 0.0176, 0.1302, 0.0973, 0.4455, 0.1695)^T$ 。

17. 求得所有因子對集中型之晶片缺點的實際優先權重值

最後將所有因子之內部相依的優先權重  $W_5$ ，並與實際影響晶片缺點的集中型權重綜合後，可以得到最後集中型缺點其因子的實際權重值，所以  $W_{ANP集中型}=集中型權重 \times W_5$ ，其計算式如下：  
 $W_{ANP集中型}=0.627 \times (0.0441, 0.0638, 0.0373, 0.0366, 0.1264, 0.0244, 0.0655, 0, 0.11197, 0.0494, 0.3687, 0.0641) = (0.0277, 0.040, 0.0234, 0.023, 0.0792, 0.0153, 0.0411, 0, 0.075, 0.0309, 0.231, 0.040)$

因此各因子對於集中型缺點的影响權重值為  $(0.028, 0.040, 0.023, 0.023, 0.079, 0.015, 0.041, 0, 0.075, 0.031, 0.2312, 0.0402)$ ，所以權重值較高者即表示影响集中型缺點之最重要因子。

18. 求得所有因子對直線型之晶片缺點的實際優先權重值

最後將所有因子之內部相依的優先權重  $W_6$ ，並與實際影响晶片缺點的直線型權重綜合後，可以得到最後集中型缺點其因子的實際權重值，所以  $W_{ANP直線型}=直線型權重 \times W_6$ ，其計算式如下：  
 $W_{ANP直線型}=0.373 \times (0, 0.0435, 0.02, 0, 0.0324, 0.0439, 0, 0.0176, 0.1302, 0.0973, 0.4455, 0.1695) = (0, 0.0162, 0.0075, 0, 0.0121, 0.0164, 0, 0.0066, 0.0486, 0.0363, 0.1662, 0.0632)$

因此各因子對於直線型缺點的影响權重值為

$(0, 0.0162, 0.0075, 0, 0.0121, 0.0164, 0, 0.0066, 0.0486, 0.0363, 0.1662, 0.0632)$ ，所以權重值較高者即表示影响直線型缺點之最重要因子。

(七) 研究結果

本實驗研究應用特性要因圖和德爾菲法以及分析網路程序法求得半導體鎢氣相沉積製程中影响晶片缺點之因子其優先權重結果如下。

1. 影响集中型缺點，依其權重排序如下表 23 所示。

權重最高之因子為零件異常，依據前文在集中型缺點之零件異常主要為微波產生器以及供氣頂板異常，微波產生器主要功能是做反應室的自動清潔系統，而供氣頂板主要是將氣體傳送至反應室。

表 23 集中型最終影响權重

影响因子	影响權重
零件異常	0.231
壓力控制	0.079
零件更換週期	0.075
機台溫度	0.041
零件規格	0.040
人員組裝不同	0.040
零件材質	0.031
人員清洗不同	0.028
保養 SOP	0.023
功率控制	0.023
機台抽氣速率	0.015

本研究將其結果至生產機台做實際應用，發現微波產生器所發出的微波會將其內部零件轟擊成圓形使零件變形，最後會擋住部分微波，實驗結果發現其會造成供氣頂板表面清潔不佳，而使表面形成不純物之結晶，因此生產時供氣頂板的不純物結晶掉落，而成為集中型之缺點。為了改善此缺點，





本研究將其內部零件改成圓形,以利微波導入反應室時不會受到阻擋,也就不會將零件轟擊到變形,結果發現反應室更加清潔,供氣頂板也不會產生結晶物體,因此真因驗證。

2.影響直線型缺點,依其權重排序如下表 24 所示。

權重最高之因子為零件異常,依據前文在直線型缺點之零件異常主要為閘門異常,閘門主要是做反應室與傳送系統的隔離功能。

表 24 直線型最終影響權重

影響因子	影響權重
零件異常	0.1662
零件規格	0.0632
零件更換週期	0.0486
零件材質	0.0363
機台抽氣速率	0.0164
人員組裝不同	0.0162
壓力控制	0.0121
保養 SOP	0.0075
機台速度	0.0066

本研究將其結果至生產機台做實際應用,發現反覆將晶片從傳送系統通過閘門至反應室連續傳送20次後,其直線型缺點就會發生,為了找出其產生缺點之來源,因此拆解閘門做分析,發現閘門因長期上下動作會造成零件間隙變大,而產生摩擦,因此須定期將閘門內部零件做更換,避免零件產生異常,造成晶片傳送時產生直線型缺點。

## 伍、結論與建議

晶圓代工廠的晶片製造良率,會受到各個製程中缺點數目的影響,若無法有效減少各製程中所產生的缺點數目,將會影響整個公司的營運以及獲利能力,由於晶圓代工廠之製程相當複雜,製造的設備又非常精密,因此要解決晶片缺陷問題,必須要耗費相當時間以及精神。本研究之成果,並非提供一個固定的最佳晶片缺點解決方法供使用者遵循,而是能提供各製程之負責人,在未來提升製程良率降低晶片缺點的評估下,能夠較快且有系統的找出適合解決缺點的因子,因此本研究提出以特性

要因圖為基礎,並利用德爾菲法找出重要因子後,再利用分析網路程序法,確立影響晶片缺點之因子權重,相較於現行工廠的品質提升小組,大多只利用特性要因圖,由小組判斷可能因子後,直接進行真因驗證來得有系統且合理,並且不用浪費真因驗證的時間,多做非真因的實驗,本方法可以有系統並快速找出真因降低晶片缺陷,提升產品良率。

本研究主要以特性要因圖以及德爾菲法最後利用分析網路程序法,主要用於半導體晶圓代工廠鎢化學氣相沉積減少晶片缺點之參考。在研究過程中受到了一些研究的限制,未來研究方向建議如下:

- 1.本研究將特性要因圖之因子,利用德爾菲法將因子區分成較重要的因素做後續研究,未來研究也可考慮使用其他決策方法以搭配特性要因圖進行分析。
- 2.本研究所使用之分析網路程序法,其因子相當多,並且還要做各因子的相依存關係做成偶比對,程序相當複雜,使專家在做問卷時,需做因素之相依性分析,因此需要相當之耐心,所以建議可以使用其他權重的比對方式,代替複雜的問卷程序及問卷後的權重計算過程。
- 3.本研究主要針對半導體廠的鎢化學氣相沉積之減少晶片缺點做研究,建議為未來除了可以用於減少晶片缺點研究,並可用於工廠內各品質改善或其他改善進行研究,以了解各不同型式之研究之實證結果。

## 參考文獻

1. 王蓮芬(2001),網路分析法的理論與算法,系統工程理論與實踐,第三期,第 44~55 頁。
2. 方勇盛(2006),以失效模式與效應分析為基礎的製程分析模式-以奈米碳管貝光模組為例,東海大學工業工程與經營資訊研究所,碩士論文。
3. 林長廷(2006),應用分析網路程序法於晶圓製造廠派工法則評估模式之探討,明新科技大學工程管理研究所,碩士論文。
4. 宋文娟(2001),一種質量並重的研究方法-德菲法在醫務管理學研究領域之應用,醫務管理期刊,第二卷,第二期,第 11~20 頁。



5. 姜庭隆(2001), 半導體製程, 滄海書局, 台中。
6. 高新發(2007), 設計研究方法, 第二版, 全華圖書, 台北。
7. 許立成(2003), 利用田口實驗進行沉澱法製備奈米二氧化矽粒子之探討, 元智大學化學工程研究所, 碩士論文。
8. 陳再萬(2003), 模糊推論於製程能力評估之研究, 國立中興大學機械工程研究所, 碩士論文。
9. 陳虹遐(2004), 應用分析網路程序法於液晶電視之生態效益評估, 國立成功大學工業設計研究所, 碩士論文。
10. 莊達人(2000), VLSI 製造技術, 高立圖書, 台北。
11. 賈方霏(2002), 結合集群分析與資訊視覺於低良率晶圓之成因探討, 元智大學工業工程研究所, 碩士論文。
12. 劉亭宜(2000), GRNN 在晶圓製造裡良率模式之建構與分析, 元智大學工業工程研究所, 碩士論文。
13. 蔡易激(2006), 壽險業使用 CRM 系統開拓業務之相關研究, 逢甲大學保險學系研究所, 碩士論文。
14. 蔡佩真(2007), 應用分析網路程序法於建設公司住宅企劃方案優先順序選擇之研究, 中華民國建築學會, 第 62 期, 第 49~74 頁。
15. 蔡智豪(2008), 半導體化學氣相沉積厚度預測之研究, 國立交通大學資訊學程研究所, 碩士論文。
16. 羅正忠、張鼎張(2002), 半導體製程技術導論, 學銘圖書, 台北。
17. 顧尚芳(2003), 生產系統中利用製程不良率評估設備預防維護之研究, 中原大學工業工程與管理研究所, 碩士論文。
18. Cheng, J.-H., Lee, C.-M. and Tang, C.-H., (2009), "An Application of Fuzzy Delphi and Fuzzy AHP on Evaluating Wafer Supplier in Semiconductor Industry", *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, Vol. 6, No. 5, pp.756-767.
19. Gencer, C. and Gurpinar, D. (2007), "Analytic network process in supplier Selection: a case study in an electronic firm", *Applied Mathematical Modeling*, Vol. 31, pp.2475-2486.
20. Jharkharia, S. and Shankar, R., (2007), "Selection of logistics service provider: an analytic network process (ANP) approach", *OMEGA*, Vol. 35, No. 3, pp.274-289.
21. Jung, U., and Seo, D.W., (2010), "An ANP approach for R&D project evaluation based on interdependencies between research objectives and evaluation criteria", *Decision Support Systems*, Vol. 49 pp. 335-342.
22. Hsu, H. M., Wey, W. M. and Tsai, P. J. (2007), "The applications of analytic network process to the priorities of interdependent housing projects selection", *Journal of Architecture*, No. 62, pp.49-74.
23. Hsu, Y.-L., Lee, C.-H., Kreng, V.B., (2010), "The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection", *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, pp.419-425.
24. Huang, R. H., Yang, C. L. and Chang, C. W. (2008), "Constructing an entrepreneurial appraisal model based on the essential resources: the plastic product industry cases", *Journal of Entrepreneurship Research*, Vol. 3, No. 2, pp.61-88.
25. Lee, A. H. I., Lin, C.-Y., Wang, S.-R. and Tu, Y.-M., (2010), "The construction of a comprehensive model for production strategy evaluation", *Fuzzy Optimization Decision Making*, Vol. 9, pp.187-217.
26. Lee, J.W. and Kim, S.H. (2000), "Using analytic network process and goal programming for interdependent information system project selection", *Computers and Operations Research*, Vol. 27, No. 4, pp.367-382.
27. Linstone, H. A. and Turoff, M. (2002), *The Delphi Method: Techniques and Applications*, Massachusetts: Addison-Wesley.
28. Meade, L. M. and Sarkis, J., (1999), "Analyzing organizational project alternatives for agile manufacturing processes: analytical network approach", *International Journal of Production Research*, Vol.37, No.2, pp.241-261.
29. Saaty, T. L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill.
30. Saaty, T. L.(1996), *Decision Making with Dependence and Feedback – The Analytic Network Process*, RWS Publication.
31. Saaty, T. L. (2003), *Decision making in complex*



- environments, *Super Decisions*.
32. Saaty, T. L. and Takizawa, M. (1986), "Dependence and independence: From linear hierarchies to nonlinear networks", *European Journal of Operational Research*, Vol.26, pp.229-237.
  33. Taslicali, A. K. and Ercan, S. (2006), "The analytic hierarchy and the analytic network process in multicriteria decision making: a comparative study", *Journal of Aeronautics and Space Technologies*, Vol. 2, No. 4, pp.55-65.
  34. Voulgaridou, D., Kirytopoulos, K., and Leopoulos, V., (2009), "An analytic network process approach for sales forecasting", *Operations Research International Journal*, Vol.9, pp.35-53.



# Analyzing the Defect Factors to Improve Process Yield of Semiconductor with ANP and Delphi Method

An-Yuan Chang<sup>1\*</sup> Ta-Chun Chou<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Institute of Industrial Engineering and Management  
<sup>2</sup>National Formosa University

## Abstract

Taiwan, as being the leader of semiconductor industry, as well as the world number one player of the market share in the foundry industry, in order to continuously maintain the advantage for its foundry industry, the production yield of chip is always the key indicator for Taiwan's semiconductor manufacturing industry; however, the reduction of defects in chips will be the best solution to improve the chip yield. Therefore, this study is mainly to explore the factors of causing defects of Chemical Vapor Deposition (CVD) Chip in the manufacturing process of semiconductor with conducting the screening and evaluation, and then sorted out the key factors of influencing and causing the defect in products so as to improve the product yield, increase the productivity and create benefit for relevant companies. This study has adopted the literature review and conducted the factor screening and evaluation together with professional personnel of the semiconductor industry, and made use of the Cause-and-Effect Diagram to find out the key factor of each influential defect by way of these 4 major aspects: manpower, equipment, material and methodology. Moreover, Delphi Method and Analytical Network Process (ANP) have been used to determine the importance weight of each factor in order to explore the key factor in causing defects in CVD Chip. In the research result, it discovered that the most important item of influencing the weight is the factor of abnormal parts, and this result can be provided as the reference to resolve the defects in the semiconductor manufacturing industry.

**Key words: Delphi Method, Analytic Network Process, Defects in Semiconductor Chemical Vapor Deposition Chip**

---

\*Corresponding author : Department of Industrial management, National Formosa University, 64, Wen-Hua Road, Hu Wei, Yun Lin, 63208, Taiwan.  
Tel: +886-5-6315717  
Fax: +886-5-6311548  
E-mail: ayc@nfu.edu.tw

