**攻讀博士學位計畫書及自傳**

1. **研究計畫名稱**

建置智慧型半導體晶粒外觀缺陷檢測模型

1. **計畫摘要**

半導體封裝產業中，晶粒的品質與產品外觀息息相關，而傳統透過人工目檢的方式檢查晶粒須要花費大量時間及人力才能運作，且人員標準可能不一，長時間的目檢作業也容易造成視覺疲乏，導致缺陷漏檢。

為了減少人員目檢疏失及導入自動化生產，現今晶粒外觀異常檢測多倚靠自動光學檢測儀器(Automated Optical Inspection, AOI)完成，不過在半導體出貨良率要求非常嚴格的條件下，為了不讓任何一顆缺陷晶粒漏檢，工程人員通常會將自動光學檢測儀器判定缺陷的敏感度調高，導致過檢率提高(部分站點過檢率可達80%以上)，影響整體生產良率。

計畫預透過設計一深度神經網路模型於自動光學檢測儀器判定之異常圖片覆判，預期能正確判定異常圖片、正常圖片及規格內圖片，以節省覆判人力。

1. **研究計畫內容**
2. **研究計畫之背景及目的**

台灣半導體封測在全世界具有舉足輕重的腳色，隨著手機、3C用品日益普及的情況下，也有愈來愈多電子化產品問世，應用範圍也更加廣泛，全球對於半導體的需求也日益擴大。

台灣半導體代工產業追求低成本、高良率、短生產周期，因此，大部分半導體廠紛紛開始導入工廠自動化的解決方案，以減少搬運、生產、檢測的人力，減少人員操作錯誤，及加速檢測時間，來達成無人工廠的目的。

在半導體封裝檢測的項目中，又以晶粒外觀缺陷檢測為大宗，而傳統透過人工目檢的方式檢查晶粒須要花費大量時間及人力才能運作，且人員標準可能不一，長時間的目檢作業也容易造成視覺疲乏，導致缺陷漏檢。

為了減少人員目檢疏失及導入自動化生產，現今晶粒外觀異常檢測多倚靠自動光學檢測儀器(Automated Optical Inspection, AOI)完成，不過在半導體出貨良率要求非常嚴格的條件下，為了不讓任何一顆缺陷晶粒漏檢，工程人員通常會將自動光學檢測儀器判定缺陷的敏感度調高，導致過檢率提高(部分站點過檢率可達80%以上)，影響整體生產良率。

故封測廠常會再安排人員對於自動光學檢測儀器所判定之缺陷晶粒進行覆判，以減少報廢良品晶粒，另外，部分外觀缺陷晶粒為客戶允收範圍，此類晶粒屬於規格良品，屬於易過檢類別。

多數研究已針對自動光學檢測儀器判定結果開發自動化影像覆判系統，系統會判斷自動光學檢測儀器輸出的晶粒圖片是否為外觀缺陷，不過由於規格良品上的缺陷容易導致系統的判定失誤，以及有些缺陷種類辨識成效不彰，故本計畫預設計一深度神經網路模型於自動光學檢測儀器判定之異常圖片覆判，除了判斷預辨識的晶粒圖片以外，另外加入了自動光學檢測儀器提供的標準樣本(Golden Template)作為比對參考，預期能正確判定異常圖片、正常圖片及規格內圖片，以節省覆判人力。

1. **研究方法、進行步驟**

檢驗外觀缺陷的手法目前主要有兩大方向:

1. 標準樣本法

自動光學檢測儀器大多使用標準樣本法作為判定外觀缺陷的算法，依照晶粒在晶圓(Wafer)上的座標分別收集無外觀異常的晶粒圖片，藉由影像相似度比對方式，比對相同座標位置中，標準樣本與實際樣本的差異，來判斷晶粒是否有外觀缺陷。標準樣本的收集，通常依靠工程人員將目檢人員確認過無外觀缺陷的整片晶圓經由自動光學檢測儀器的相機鏡頭以非接觸式方式進行取像。

此方法適合半導體外觀檢測的理由是，晶粒外觀具有一致性，相同產品的晶圓在固定座標上的晶粒需與標準樣本一致，且比對效率高，硬體需求低，對於整個外觀檢測時間影響較小。

1. 類神經網路

設計一監督式學習的類神經網路，透過人為收集正負樣本圖片，並標示缺陷種類，透過設計模型網路架構、損失函數、學習率優化器等等參數來達到自動化取得圖片特徵來辨識圖片的缺陷種類。

此方法對於缺陷種類能有效區分，能設計規格良品的類別進行訓練，建置好的訓練規則甚至能應用至其他相似產品，對於產品的變化自行調適。

不過類神經網路對於晶粒上的某些外觀缺陷辨識效果較差，例如晶粒上的元件遺失、大面積的鍍膜消失等等，這些外觀異常照片對於人員判斷來說也是具有相當難度，必須搭配此座標的標準樣本一同比較才能判斷結果。

因此本研究希望融合標準樣本法及類神經網路，建立一個能融合兩者優點的晶粒外觀缺陷偵測系統，建置步驟如下：

1. 圖片收集

由三位目檢人員對相同圖片進行標註，圖片標註為目檢人員共識之類別(異常圖片、正常圖片及規格內圖片)，收集每種類別圖片各20萬張。

1. 模型架構

卷積神經網路為目前建構圖片深度學習網路中首選的辨識模型，為近年深度學習發展的主力，2015年發展的ResNet於ILSVRC 圖像分類任務競賽中，Top-5 error甚至超越一般人類的辨識極限，足見卷積神經網路對於影像分類的能力。而卷積神經網路在辨識半導體晶粒外觀缺陷任務上也已有多項研究證實有效果且效率高於人員目檢。

卷積神經網路主要由卷積層、池化層及全連接層所組成，卷積層主要負責擷取圖片中二維的特徵，取得對於分類圖片有效的特徵參數；池化層主要負責進行非線性採樣，取得經由卷積層後相對重要的特徵，使得特徵大小愈來愈小，計算量也會跟著變小，一定程度的降低過擬合的可能；全連接層將最後萃取的特徵進行最後的推理，得出每個分類結果的分類信心度，根據此數值可以判斷最終的辨識結果。

在本計畫中，將開發一個具有雙圖片輸入的孿生神經網路模型，透過輸入預判定晶粒圖片及該晶粒位置的標準樣本圖片，一同進入模型中訓練。孿生神經網路在研究中常作為比對兩圖片的差異性分析，此模型架構有助於取得標準樣本與預檢驗晶粒圖片之間的相異性特徵，藉由該特徵決定最後的判定結果。

1. 模型部屬

已訓練好的模型將透過容器技術部屬置虛擬環境中，使用容器允許我們快速修改及部屬新程式，程式的依賴套件及搭配的驅動程式也能一同包裝，容器之間環境獨立運作，不會互相影響，以容器部屬也能針對該容器監控其所耗用的網路、硬碟、CPU、記憶體、GPU等等資源，確保模型運作穩定度。

1. 模型效果追蹤

模型上線後將安排目檢人員對每一批(Lot)的第一片晶圓進行抽檢，檢查該晶圓中所有晶粒照片並分類，抽檢與模型判斷的誤差將計算各項指標進行評斷，目檢人員抽檢的圖片也將成為後續模型維護所需重新訓練的樣本。

1. **預期完成之工作項目及成果**
2. 完成標記圖片收集數量每種類別各達20萬張，目檢人員判定準確度達到95%以上。
3. 模型架構建立完成，能準確將預判定之晶粒圖片分類至三種類別(異常圖片、正常圖片及規格內圖片)，且三種類各別的召回率(recall)需達90%以上，總體正確率達90%以上。
4. 節省目前於自動光學檢測儀器進行異常圖片覆判的人力工時達70%。
5. **參考文獻**