



太陽能晶片 表面隨機紋路瑕疵檢測

Defect Detection in Solar Wafer Surfaces
with Inhomogeneous Texture

李韋辰

工研院機械所
智慧系統工程組
機器視覺系統部

張津魁

工研院機械所
智慧系統工程組
機器視覺系統部

林毓庭

工研院機械所
智慧系統工程組
機器視覺系統部

江博通

工研院機械所
智慧系統工程組
機器視覺系統部

關鍵詞(Keywords)

- 太陽能晶片 Solar wafer
- 瑕疵檢測 Defect detection
- 隨機紋路 Inhomogeneous texture

摘要(Abstract)

太陽能是現代主要再生電力來源之一，而多晶太陽能電池的製造成本與品質主導了整個市場的需求，太陽能晶片表面的品質決定了太陽能電池的轉換效率。多晶太陽能晶片表面晶格，無論是大小方向位置都呈現隨機的分布，且在不同的光源下，顏色變化也完全不同，使得太陽能晶片在影像中顯示隨機性紋路以致表面瑕疵檢測困難

度增加。傳統的小波轉換方法只對單一小波解析階層進行分析，因此無法直接應用於多晶太陽能晶片此種複雜的晶格紋路，本研究提出以小波轉換為基礎的隨機性紋路檢測技術，將小波轉換應用於太陽能晶片影像上，觀察不同的小波解析階層間呈現的小波能量特徵，在瑕疵特徵與正常多晶太陽能晶片晶格特徵之間的差異，提出可有效區分模糊瑕疵與銳利背景晶格紋路的演算法，實驗結果顯示可偵測多晶太陽能晶片上的指紋、髒污與鋸痕瑕疵。

Solar power is an attractive alternative source of electricity. Multicrystalline solar cells dominate the market share due to their lower manufacturing costs. The surface quality of a solar wafer determines the conversion efficiency of the solar cell. A multicrystalline solar wafer surface contains numerous crystal grains of random shapes and sizes



in random positions and directions with different illumination reflections, therefore resulting in an inhomogeneous texture in the sensed image. This texture makes the defect detection task extremely difficult. This paper proposes a wavelet-based discriminant measurement for defect inspection in multicrystalline solar wafer images.

The traditional wavelet transform techniques for texture analysis and surface inspection rely mainly on the discriminant features extracted in individual decomposition levels. However, these techniques cannot be directly applied to solar wafers with inhomogeneous grain patterns. The defects found in a solar wafer surface generally involve scattering and blurred edges with respect to clear and sharp edges of crystal grains in the background. The proposed method uses the wavelet coefficients in individual decomposition levels as features. It integrates the coefficient value differences between two consecutive resolution levels as the weights to distinguish local defects from the crystal grain background, and generates a better discriminant measure for identifying various defects in the multicrystalline solar wafers. Experimental results have shown the proposed method performs effectively for detecting fingerprint, contaminant, and saw-mark defects in solar wafer surfaces.

1. 前言

由於環保意識的抬頭與全球石油短缺效應，

太陽能已成為當前不可或缺的替代能源之一。太陽能電池是利用矽晶將光能轉換為電能，又因發電轉換效率與成本的考量，多晶矽材料(非單晶)成為太陽能晶片主要的製造材料。多晶矽太陽能晶片表面的晶格，顯示隨機的大小、形狀與方向，且根據光反射的不同，每個晶格又呈現不同的灰階值[1]，如圖 1(a)與(b)所示。圖中兩張太陽能晶片影像為正常影像，但影像中的晶格各異，無法應用傳統瑕疵檢測技術來進行表面瑕疵檢測，過去對於此異質性紋路檢測，如大理石或花崗石，Ar 與 Akgul [2]等人利用八鄰邊的賈伯轉換(Gabor filter)建構出適合分類大理石表面紋路與其他瑕疵的特徵指標，Xie 與 Mirmehdi [3-5]自無瑕疵影像中根據高斯混合模型建立影像模塊(patch)自動瑕疵檢測大理石磚，Liu 與 Pok[6]投影多維度的特徵至單一維度，透過邊界為基底自我組織化特徵圖(Self-Organizing Feature Map)獲得可量化的特徵，根據預測出的模組自八鄰邊比對瑕疵。上述所提的方法只用於大理石等具有模糊邊界的紋路，對於太陽能晶片具有鮮明邊界變化的背景晶格紋路將如此無法適用，容易導致誤判。

圖 1(c)-(e)顯示多晶太陽能晶片上三種主要的瑕疵，圖 1(c)為一張具有模糊指紋的多晶太陽能晶片影像；圖 1(d)於右上角呈現一小塊輕微髒汙；圖 1(e)顯示一道水平的鋸痕瑕疵橫跨整張影像，這三種瑕疵具有相似的特徵，也就是皆具有模糊的邊界且重疊於鮮明的背景晶格紋路，利用此特性本研究使用小波轉換技術(Wavelet transform) [7-8]進行多晶太陽能晶片表面瑕疵檢測，傳統小波轉換強調利用各小波階層的平滑(smooth)與細節(detail)小波分解(Wavelet

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】352期・101年7月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw