

近年來，隨著人工智慧與物聯網技術的快速發展，觸覺感測技術已成為智慧機器人與電子皮膚中不可或缺的關鍵元件，賦予機器人類似人類的觸覺感知能力，實現精密操作與自然互動。然而，設計一種能同時具備高靈敏度壓力感測、高解析度觸覺成像與材料辨識能力的多功能觸覺系統，仍是一項技術挑戰。

本研究提出一款基於摩擦奈米發電機（Triboelectric Nanogenerators, TENGs）原理之柔性觸覺感測器陣列，具備自供電、壓力感測、材質辨識與三維觸覺定位等多重功能。此柔性感測器採用具微小金字塔結構之 Dragon Skin-30 砂膠作為摩擦層，並以雷射切割技術在塑膠鍍鋁膜（Polyethylene Terephthalate coated with Aluminum, PET/Al）上加工，製作出 36 個獨立微小電極感測單元 (6x6 陣列)。

在性能評估方面，感測器於低外力範圍 (0.2–1.0 N) 下展現出靈敏度為 1.026 V/N，在較高外力範圍 (1.0–5.0 N) 則為 0.477 V/N，且兩者皆呈現良好的線性響應，顯示其具備穩定且可預測的壓力感測能力。此外，感測器亦通過一系列耐久度與穩定度測試，經超過 10,000 次接觸-分離循環後仍保持穩定輸出，展現優異的耐久性。

感測器亦具備多功能感測能力，能透過中央區域的單一感測單元初步辨識物體表面材質，並進一步結合整體通道輸出建構矩陣圖像，以重建物體輪廓與表面粗糙程度。在應用測試中，本研究針對八種常見材料與六種水果進行辨識，實驗結果顯示其輸出電壓之幅度與波形具明顯差異，均可作為有效的辨識依據。透過一維卷積神經網路（1D-Convolutional Neural Network, 1D-CNN）進行分類，可分別達成 99.28% 與 99.67% 的平均分類準確率，顯示本系統具備卓越的材料與物體識別能力。