



# 導電高分子材料於壓力感測之技術與應用

## Technology of Pressure Sensing with Polymer-based Conducting Composites and Its Application

張駿偉

工研院機械所  
先進製造核心技術組

楊涵評

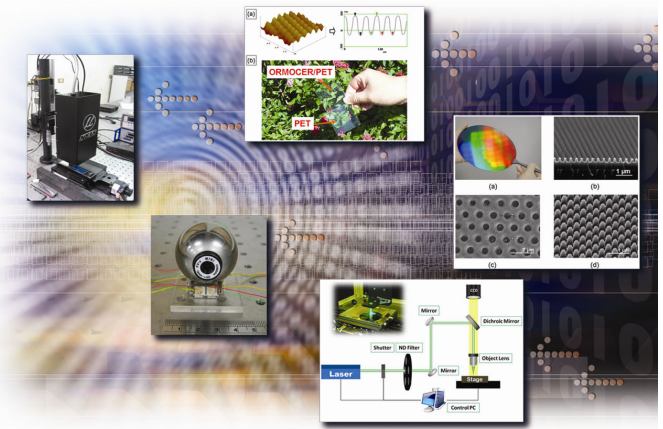
工研院機械所  
先進製造核心技術組

林宏彝

工研院機械所  
先進製造核心技術組  
副組長

蔡禎輝

工研院機械所  
先進製造核心技術組  
組長



### 關鍵詞

- 導電高分子複合材料 conducting composite
- 壓力感測器 pressure sensor
- 壓阻效應 piezoresistive effect

### 摘要

本文針對導電高分子材料做簡單的介紹，並且更進一步介紹，導電高分子材料其中複合材料的壓阻特性，對於壓阻感測原理也做一概要解說。引用目前研究發展的現況，了解不同導電顆粒粉末、含量多寡、型態等影響。最後除了介紹國外的應用實例，也簡介在本所對於導電高分子複合材料的研發成果。

Conductive polymer is introduced in this report as well as piezoresistive effect in conductive polymer

composite. In addition, the working principle of pressure sensor with piezoresistivity is also briefly explained. The previous studies presented in this article also provide background knowledge about the conductive polymer composite. The development of conductive polymer composite in our group is also shown at the end of this report.

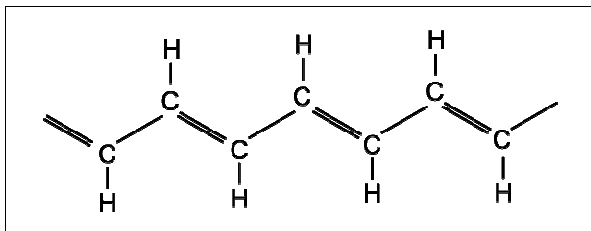
### 前言

近年來，人型機器人的發展受到越來越多的重視，尤其是家庭照護、遠距醫療等應用。當機器與人的距離不再遙遠，人機互動也隨之增加。機器人的抓取碰觸需要良好的觸覺或者壓力感測。更進一步，利用觸覺可了解物體的形狀、軟硬等物理性質。機器人對於週遭環境的壓力感測能力不僅僅保護人類也保護機器本身。具有壓力感測能力的仿人皮膚也因此受到重視。



傳統上壓力感測器大多在不可撓曲的基材上製作，例如矽基板或者玻璃基板。但由於人機接觸常常是曲面或是不規則表面，因此使用上受到限制。高分子材料本身具有可撓曲、價格便宜、易加工以及可大量製造的優點。但傳統上高分子材料大多數都是絕緣體，這使得高分子軟性感測器的發展受到限制。隨著導電高分子材料的開發，逐漸將導電高分子材料應用於各樣式的感測器的研究發展。例如化學品蒸氣感測器(電子鼻)、生化檢測、流量偵測與壓力偵測等等。其中由於高分子材料容易整合在微加工技術(micromachining)，例如：微機電製程的面型微加工。容易批次量產以及生產成陣列型式，有利於高密度陣列化壓力感測器的發展。

導電高分子大致可分為兩種類型，其一，是共軛型的導電高分子，其本質上即可導電，最簡單的例子是聚乙炔 (polyacetylene)，如圖一。在分子的主鏈上有單鍵與雙鍵(或三鍵)交替出現的共軛結構，使得電子可以沿著分子鏈或者跨電子鏈運動。透過摻雜 (doping) 鹵素元素(碘)或者鹼金屬元素(鈉)做成 P 型摻雜(p-doping)或者 N 型摻雜(n-doping)，共軛型的導電高分子導電度可以由原本的  $10^{-12} \sim 10^{-9}$  S/cm 增加至摻雜後的  $10^3$  S/cm。在前瞻且具有創新性的光電或生化產業中被積極地研發，例如：有機薄膜電晶體或者有機電激發光元件等等。



圖一 聚乙炔分子結構

相對於本質性導電的高分子，有另一類型的導電高分子是在原本高分子材料當中摻入導電微奈米顆粒或粉末(導電填充物)，例如金屬、碳黑(carbon

black)或奈米碳管等，改變其導電度。此種導電高分子亦稱為導電高分子複合材 (conducting composite)。當分散在高分子材料當中的奈微米導電顆粒含量到達一個臨界值 (門檻濃度)，材料的電阻值會急遽下降，成為導體。由於此種方式備製的導電材料並不受限於獨特的分子結構，因此材料的選擇相當多樣化，例如：常見的高分子材料，聚乙烯 (polyethylene; PE)、聚丙烯 (polypropylene; PP)、聚乙烯對苯二甲酸酯 (polyethylene terephthalate; PET)、聚碳酸酯 (polycarbonate; PC) 以及經常使用在製作微結構的聚甲基丙烯酸甲酯 (polymethyl methacrylate; PMMA) 與聚二甲基矽氧烷 (polydimethylsiloxane; PDMS) 等等。本文將著重在此類導電高分子所具有的壓阻特性。

此類導電高分子的導電機制有兩種解釋，第一種是導電通道學說，奈微米導電顆粒中的有一部分互相接觸，形成導電網路而產生導電性，因此奈微米導電顆粒間的接觸電阻，以及互相接觸的顆粒數目是影響導電度的主要因素。另外一種是隧道效應，有些區域的奈微米導電顆粒並沒有互相接觸卻也能夠導電，此現象是電子在電場的影響之下穿過較低的位能而躍遷，產生導電能力。導電高分子複合材料的導電機制即為兩種機制互相影響的綜合結果。

## 壓阻感測原理

導電高分子材料的電阻亦被發現會隨著壓力而變化，並且具有回復性，可作為壓力感測之用。壓阻效應 (piezoresistive effect) 係指材料的電阻率隨著機械性壓力的改變而有所變化的效應。有別於壓電效應 (piezoelectric effect)，壓阻效應只會引起材料的電阻率變化，而不會在材料當中產生電壓差。在 1856 年，Lord Kelvin 首次在受壓力的金屬元件當中發現



更完整的內容

請參考紙本【機械工業雜誌】318期・98年9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