

壓電薄膜感測器在生命特徵監測方面的應用

壓電薄膜擁有獨一無二的特性，作為一種動態應變感測器，非常適合應用於人體皮膚表面或植入人體內部的生命信號監測。一些薄膜元件靈敏到足以隔著外套探測出人體脈搏。本文將著重介紹幾種壓電薄膜在生命特徵監測方面的典型應用。

當你拉伸或彎曲一片壓電聚偏氟乙烯 PVD F 高分子膜（壓電薄膜），薄膜上下電極表面之



間就會產生一個電信號（電荷或電壓），並且同拉伸或彎曲的形變成比

例。一般的壓電材料都對壓力敏感，但對於壓電薄膜來說，在縱向施加一個很小的力時，橫向上會產生很大的應力，而如果對薄膜大面積施加同樣的力時，產生的應力會小很多。因此，壓電薄膜對動態應力非常敏感，28 μ m 厚的 PVD F 的靈敏度典型值為 10 ~ 15mV / 微應變（長度的百萬分率變化）。

使用‘動態應力’這個術語是因為形變產生的電荷會從與薄膜連接的電路流失，所以壓電薄膜並不能探測靜態應力。當需要探測不同水準的預應力時，這反而成為壓電薄膜的優勢所在。薄膜只感受到應力的變化量，最低回應頻率可達 0.1Hz。

壓電薄膜很薄，質輕，非常柔軟，可以無源工作，因此可以廣泛應用於醫用感測器，尤其是需要探測細微的信號時。顯然，該材料的特點在供電受限的情況下尤為突出（在某些結構中，甚至還可以產生少量的能量）。而且壓電薄膜極其耐用，可以經受數百萬次的彎曲和振動。

接觸式感測器

利用壓電薄膜的動態應變片特性，可以輕鬆的將壓電薄膜直接固定在人體皮膚上（例如手腕內側）。精量電子—美國 M EAS 感測器的產品型號 1001777 是一款通用感測器，感測器的一側塗有壓力敏感膠。但這款膠未經生物相容性認證，在短期試驗中可以將 3M 9842（聚亞安酯膠帶）固定在皮膚上，再將壓電薄膜感測器粘貼在 3M 膠帶上。

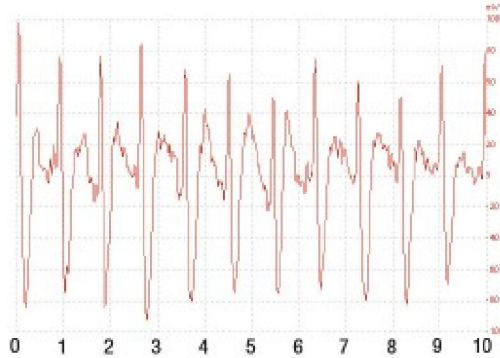


圖 1: 利用電荷放大器（低頻為 1Hz, 靈敏度為 1mV/pC）取得的脈搏信號。

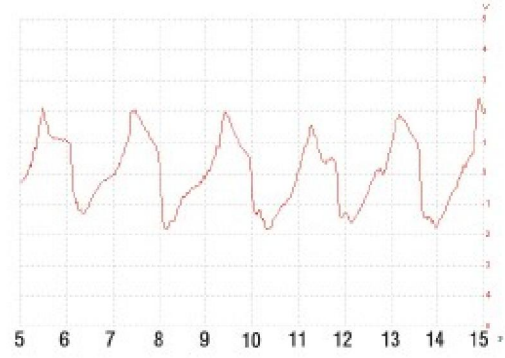


圖 2: 重複握緊和鬆開物體時壓電薄膜感測器的反應

圖 1 顯示的是利用電荷放大器（低頻為 1Hz, 靈敏度為 1mV/pC）取得的脈搏信號。輸出大約為 130mV（相當於約 100mV 的開路電壓），換算成動態應力約為 $8\mu\epsilon$ 。

圖 1 中的信號是在手部放鬆時取得的。彎曲或轉動手腕可以產生更大振幅的信號，尤其是在預放大器的頻率設置得很低時。圖 2 顯示出重複握緊和鬆開物體時壓電薄膜感測器的反應，輸出振幅為 3V 左右（開路），或大約 $250\mu\epsilon$ 的動態應力。

壓電薄膜之所以即能探測非常微小的實體信號又能感受到大幅度的活動，是因為 PVD F 膜的壓電響應在相當大的動態範圍內都是線性的（大約 14 個數量級）。多數情況下，只要能明顯區分目標信號和雜訊的頻寬，細小的目標信號都可以通過篩檢程式採集到。

類似的感測器已在睡眠紊亂研究中用於探測胸部，腿部，眼部肌肉和皮膚的運動。另外，感測器可以通過探測肌肉（例如拇指和食指之間的肌肉）對電擊的反應作為檢驗麻醉效果的指示器（神經肌肉傳導）。

加速度感測器

M in sense100 是精量電子的一款標準產品，採用懸臂梁設計，一端用硬性 PCB 板夾緊並帶有連接引腳，另一端裝有品質塊。



品質塊使感測器在受到振動時連貫反應。品質塊‘保持不動’，而薄膜部分發生形變，從而產生非常高的電壓靈敏度（大約 1V/g）。由這個元件派生出其他生命特徵感測器，例如工作人員或病患佩戴的智慧胸卡（內置 RF 遙感設備）。通過階段性采

集佩戴者的信號來確定其位置和跟蹤其狀態。感測器感知到胸卡被摘下時會將胸卡設置成睡眠狀態；如果感測器感受到身體任何部位的運動，肌肉的震顫，甚至是脈搏的振動，會喚醒胸

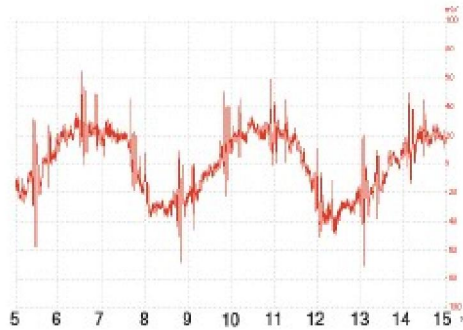


圖 3：呼吸引起的胸腔運動，大約 4 秒鐘一個信號週期；同時也顯示出心跳的信號，大概每秒一次（60bpm）

卡。

將感測器用一條輕薄而有彈性的綁帶固定在胸部，可以‘聽’到心音的細節。如果感測器電氣介面頻率非常低，同時還可以監控呼吸的情況（見圖 3）。這個波形圖顯示呼吸引起的胸腔運動，大約 4 秒鐘一個信號週期；同時也顯示出心跳的信號，大概每秒一次（60bpm）。將濾波器設置為 1Hz ~ 10Hz 濾除圖 3 波形中的呼吸信號和雜訊，可以獲得心跳的即時信號（見圖 4）。

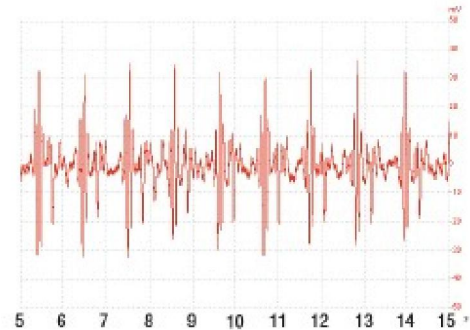


圖 4：將濾波器設置為 1Hz ~ 10Hz 濾除圖 3 波形中的呼吸信號和雜訊，以獲得心跳的即時信號

圖 4 波形中所有的信號都是在病人休息時採集的。人體的運動會輕易影響心跳的信號，這一點可以通過一個加速度計驗證。應用一個懸臂梁結構的加速度計（感測器尺寸 13 x 3mm）在心臟起搏器上，監測病人的運動狀態，以相應調整起搏器的速率。

聽診器

很多電子聽診器都採用了壓電薄膜作為感測器元件，因為它耐用，靈敏度高，頻寬範圍寬。在該應用中，感測器元件通常都封裝在傳統的金屬聽診頭中，因為感測器需要與身體形成‘作用力’。一旦動態的壓力信號轉換成電信號，就可以有選擇性的過濾或放大、作為音訊信號重播、運用更複雜的運算方法判斷出具體的狀況、或傳輸到遠端基站進行進一步分析存儲等。



感測器組

一個複合聲感測器可以同時監控多個點。Deep Breeze 公司用一個有差不多 100 個感測器的感測器組採集病人吸氣和呼氣的聲音資訊。用真空罩將感測器貼在皮膚表面。採集到的信號



在加工處理後轉換成聲音的‘圖像’，因而氣管和肺裡的氣流可以像動畫片一樣成像。任何異物和不正常現象在這些圖像中都一目了然。這種方式比 X 光可靠，而且安全。

病床監護

壓電薄膜和壓電電纜都可以安裝在床墊上探測病人的心跳，呼吸和身體運動。Hoana Medical Inc.

的監護床報警系統在床墊和被單之間安裝了一組感測器。病人坐或躺在監護床上時，感測器可以隔著衣服和被單準確測量收集患者的生命特徵資訊。柔性開關用於採集靜態信號，病患所有的動態信號都由壓電薄膜採集並轉換成相應的電信號，在病床邊上的顯示器顯示。病人的心率和呼吸速率不正常，或病人擅自下床時，系統可以提前報警。這一切都由感測器完成，而無需與病人直接接觸。

嬰兒呼吸監控儀



Infant trust 公司利用 PVDF 對應力極端敏感的特性開發了一款輔助育兒產品 Response。把監控儀夾在紙尿片貼近嬰兒腰部的位置，監控嬰兒心跳。Response 中的壓電薄膜與腹部皮膚直接接觸，在設定的時間內如果沒探測到嬰兒在活動，震動蜂鳴器將被啟動，輕輕地撥動嬰兒，刺激它呼吸。如果在此後的一段時間內嬰兒仍沒有反應，報警器將被啟動。

呼吸熱電監測

PVD 對溫度的動態變化也相當敏感（ $28\mu\text{m}$ 厚壓電薄膜的典型值是 $8\text{V}/^\circ\text{C}$ ）。英國 C-Lec 醫療公司開發了一款監控器，用來監測呼吸速率。用面罩將一小塊壓電薄膜元件固定在口鼻處，吸進和呼出氣體的溫度變化產生強勁的電信號。即使吸入的是加熱過的氧氣，空氣，測量結果仍然十分準確。PPPA 監控器由電池供電，LCD 顯示每分鐘的呼吸次數。



用壓電薄膜製造的嘴唇接觸式感測器運用了相同的原理，探測通過嘴或鼻子的氣流。相對於熱敏電阻來說，壓電薄膜靈敏度高，回應速度快，柔軟，並且探測面積大。

結論

從以上應用案例看出，壓電薄膜可以替代傳統元件來探測並傳送生命特徵信號至醫療監護系統。電薄膜會憑藉其諸多優點，更廣泛的應用於治療和監護中 與雲端服務的伺服器相互輝映更可以達到遠端監控醫療的應用。