



微致動器補充教材

Microactuators-3

高雄第一科技大學機械系

Department of Mechanical and Automation Engineering
National Kaohsiung First University of Science and Technology

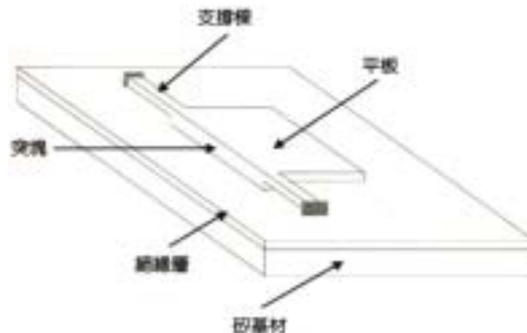
Micro-Electro-Mechanical System Lab.



NKFUST

何謂步進式微致動器

- 步進式微致動器 (SDA) 為1993年日本上智大學所研發出來的，其結構之主體為摻雜磷的多晶矽平板以及位於平板前端的突塊，而支撐樑的作用則使結構得以懸浮於矽晶片表面，驅動系統部分的上電極為結構本身，下電極則為低阻值的矽晶片。



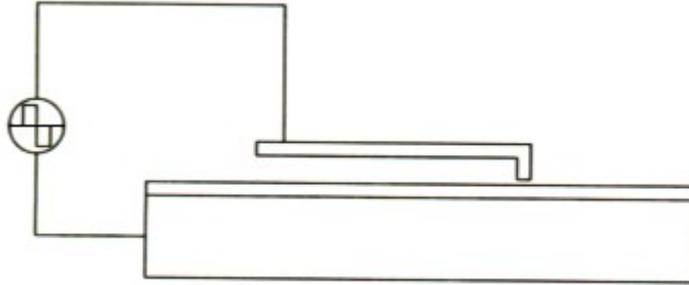
MEMS Lab.



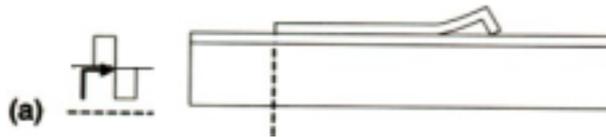


作動過程與原理

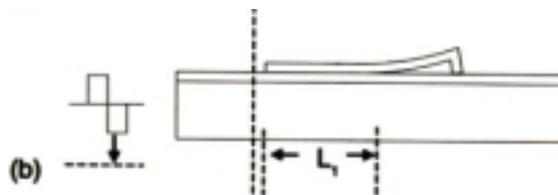
- 以輸入之電壓脈衝訊號為方波脈衝為例，假設脈衝之峰值為 $\pm V_P$ ，當電壓上升（由0至 V_P ）時，平板受靜電力的作用而往下被吸附。



- 因突塊的關係使得平板不會全部與基材上的絕緣層接觸，此時平板以突塊為支撐點呈現翹曲的狀態，能量以形變能的形式儲存，如a圖所示。

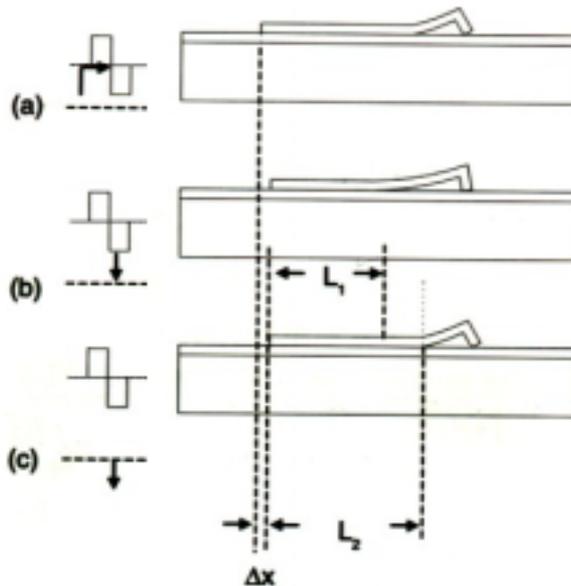
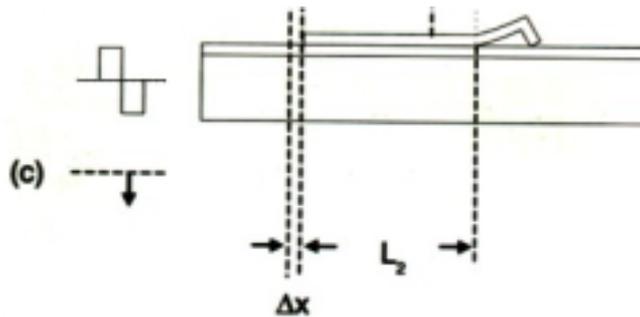


- 當電壓下降時（由 V_P 至0），所儲存的形變能逐漸的被釋放，而所接觸的區域慢慢變小，因此平板末端部分將以突塊為支點而往前收縮。





- 當電壓再度上升（由0至-VP），平板再次往下被吸附，因此平板末端部分與基材間的距離較小，故較先被吸附至基材表面。因平板的變形將導致突塊的頂端往前推擠，突塊將沿著基材表面滑移，如C圖。





SDA (步進式微致動器) 之應用

- 關於SDA應用方面，早其主要作為驅動微光開關的致動器，其中較為人熟知的微光開關應用為Lin於1994年提出的16x16頻道微光開關，如圖8.61(a)，如再加上另一組反向運動的SDA，如圖8.61(b)，就可以使面鏡往復切換。

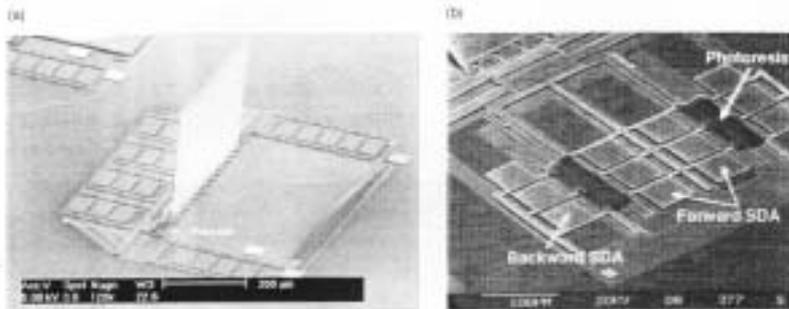


圖 8.61 利用 SDA 抬升面鏡：(a) 單向式^[10]，(b) 雙向式^[10]。



7



- 在利用SDA抬昇與定位元件時有幾點必須注意，以SDA驅動立式面鏡為例，如圖8.62(a)，面鏡在未由SDA驅動前因應力臂而微微抬起，其目的有兩個：
 - ▶ 可以防止大面積的面鏡黏著於晶片。
 - ▶ 可以先將面鏡微抬，使得隨後SDA拉抬時，可將水平的SDA拉力轉換為拉升面鏡所需要的轉矩。
- 在面鏡周圍成折曲狀的是提供電訊與回復力的彈簧，當SDA拉起面鏡後，可藉由彈簧本身的回復力，在驅動電壓消失時拉回面鏡，SDA驅動完後的結果如圖8.62(b)。

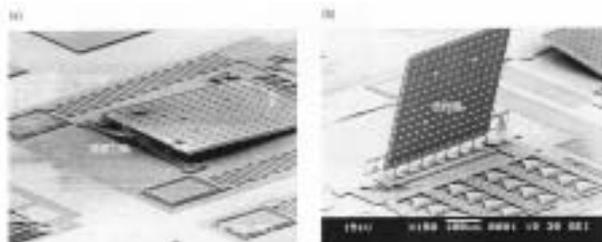


圖 8.62 (a) 面鏡微抬時，(b) 面鏡被彈簧拉回。



8



NKFUST

- Fujita提出以SDA完成三維自組裝結構的概念，其使用SDA推動一個掛載微面鏡之懸臂梁，當力量到達其挫曲值時可將介於懸臂梁中央的面鏡抬起。
- Fan以SDA陣列推動一平台使平台立起，以便將微玻璃球 (ball lens)，抬至定位，如圖8.63(a)所示，且Fan也利用SDA將射頻(RF)元件架離底材，如圖8.63(b)，以避免矽基板的雜散電容影響系統的Q值。

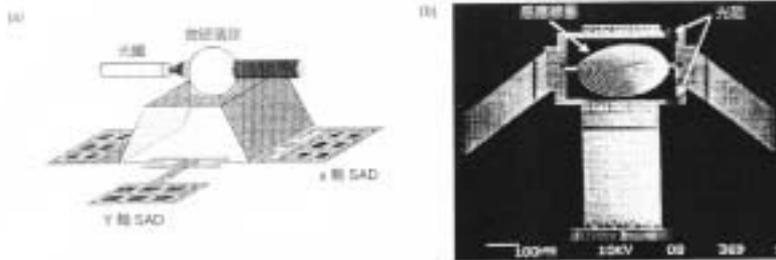


圖 8.63 利用 SDA 抬升元件：(a) 光壓對準之微玻璃球^[22]，(b) 可變電容^[22]。

9



NKFUST

- Bright嘗試以SDA作為轉子，類似小馬達，並在轉子上以錫球迴熔的方式將葉片狀的結構立起，如圖8.64所示，作為微小的散熱片，嘗試應用於散熱葉片與微直昇機。



圖 8.64 SDA 轉子構造^[23]

- 到目前為止，微機電領域對SDA的特性還未能完全掌握。以驅動頻率為例，SDA的操作頻率範圍從幾十赫茲到數千赫茲，而Bright等人於2000年所論及的，當SDA驅動於3kHz時甚至有倒轉的問題，因此究竟如何驅動，只能從經驗和試誤的方式來解決，這些特性必須進一步的討論與研究，才能提昇SDA效能及尋找適合SDA致動器應用的結構與元件。

MEMS Lab.

10



同平面運動熱致動器

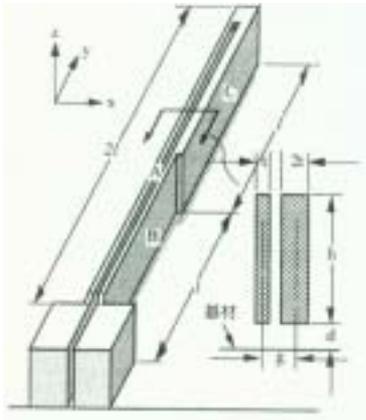
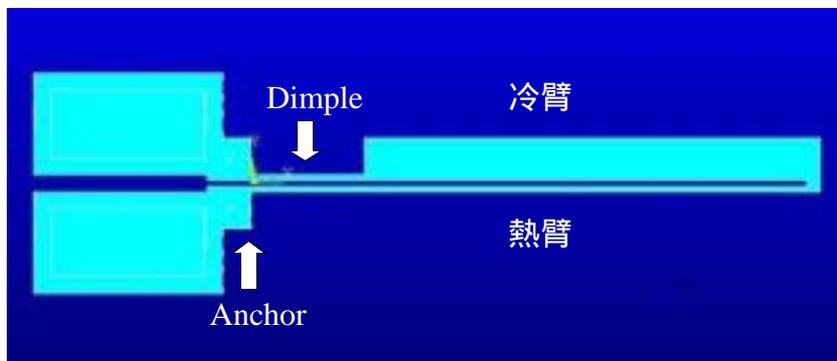


圖1

- 同平面熱致動器的幾何外型如圖1所示。包括兩根不同寬度的懸臂結構，此兩根懸浮結構藉由一端固定在基材表面，而另一端由連結臂將兩者連結在一起。



作動原理



- 將電流由一端輸入，利用懸臂截面積不同，電阻值也不不同的特性產生位移。





設計優缺點

■ 優點

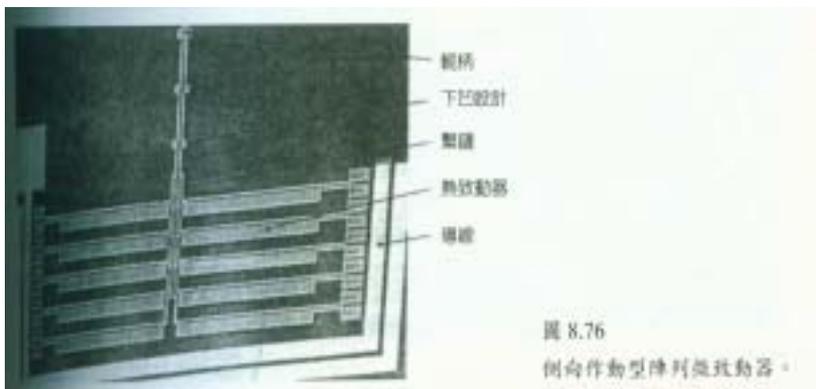
- ▶ 由實驗得知，一根長 $220\ \mu\text{m}$ 、厚度 $2\ \mu\text{m}$ 、熱臂寬度 $2.5\ \mu\text{m}$ 的元件為例，如果驅動電壓和電流分別為 2.94V 和 3.86mA 的條件下，致動器最大輸出位移可達 $16\ \mu\text{m}$ ，比靜電式致動器動輒需數十甚至數百伏特驅動電壓相較，明顯比較實用。

■ 缺點

- ▶ 如果冷臂的結構和熱臂的剛性設計不良，當電壓超過某一臨界質時，熱臂可能會造成挫曲而產生背向彎曲效應。
- ▶ 電壓將受限於最高溫度，以免熱臂被燒毀。



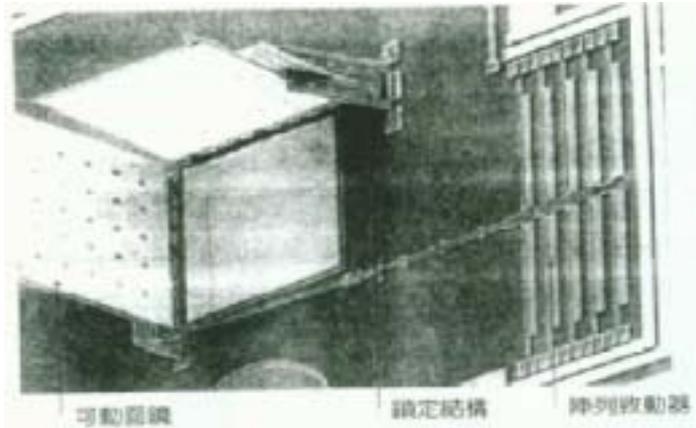
側向作動型陣列微致動器





側向作動型陣列微致動器之應用

- 立體角錐反射鏡

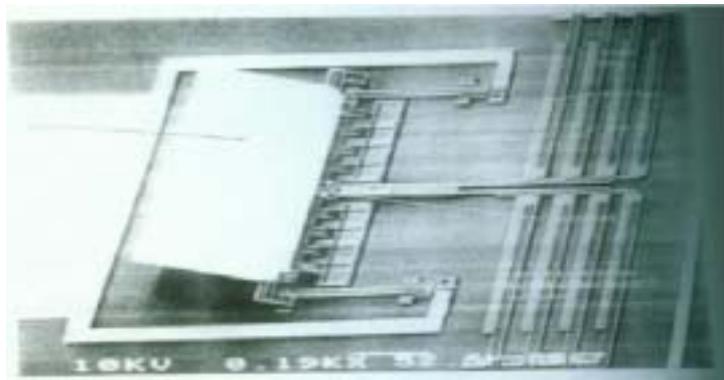


MEMS Lab.



側向作動型陣列微致動器之應用

- 自動定位反射鏡

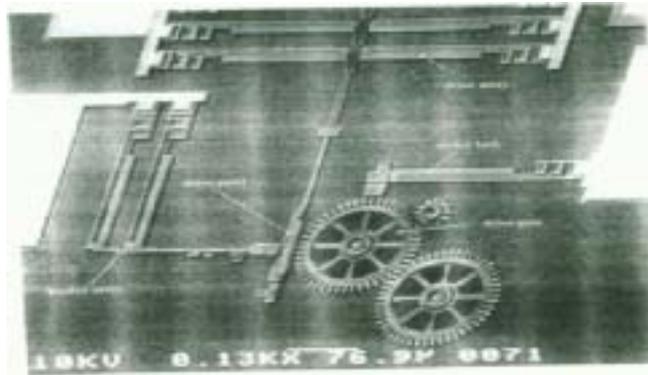


MEMS Lab.

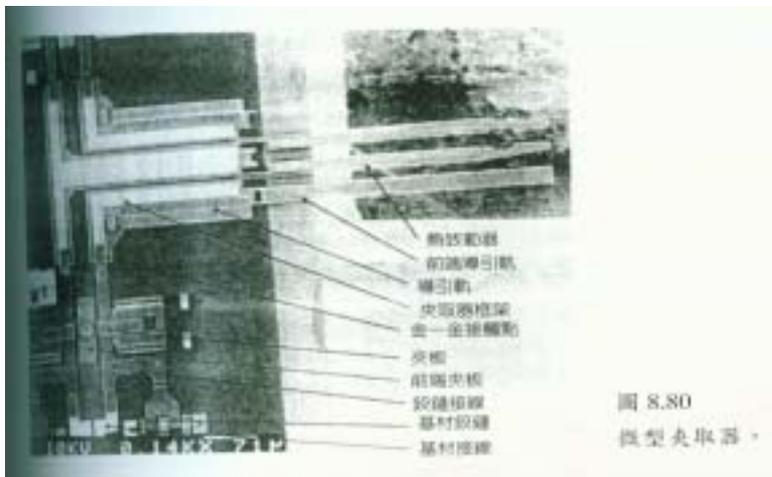


旋轉式步進馬達之應用

■ 步進減速齒輪組



微型夾取具





熱氣泡 氣/液式致動器

- 歷史緣由
- 基本原理
- 壓電 氣/液式致動器架構
- 熱氣泡氣/液式致動器架構
- 結論



歷史緣由

- 1964年Sweet發明了壓電 氣/液式致動器
- 1980年由美國HP公司與日本Canon公司共同開發出熱氣泡 氣/液式致動器
- 1998年曾繁根等人利用不同大小的脈衝電流加熱器，設計出高效率、高解析度的熱氣泡 氣/液式致動器





基本原理

- 一、壓電 氣/液式致動器
 1. 導電性油墨
 2. 壓電/壓力轉換
 3. 頻率產生器 (VCO)
 4. 帶電粒子在電場中的偏向原理
 5. 回收系統
- 二、熱氣泡氣/液式致動器
 1. 脈衝電流/熱轉換原理
 2. 液體填充原理
 3. 等體積擠壓原理
 4. 表面張力原理

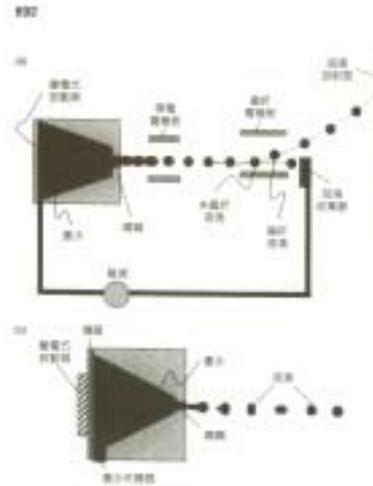


壓電 氣/液式致動器架構

- 導電性油墨
- 壓電/壓力轉換器
- 頻率產生器
- 具有電場作用偏向板
- 回收系統



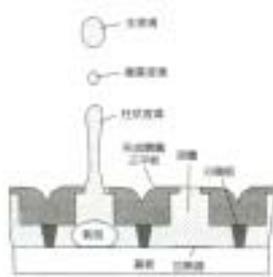
■ 壓電氣/液式致動器架構圖



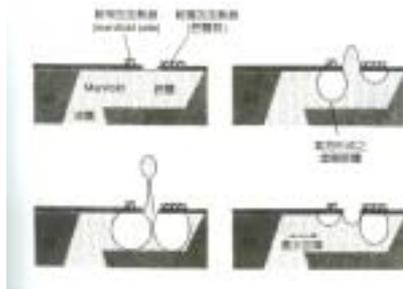
熱氣泡氣/液式致動器架構

- 1.脈衝電流加熱器
- 2.填充腔體
- 3.等體積擠壓結構
- 4.表面張力結構

■ 熱氣泡氣/液式致動器架構圖(一)



■ 熱氣泡氣/液式致動器架構圖(二)





結論

- 壓電氣/液式致動器
 - ▶ 微液滴帶電
 - ▶ 收集系統
 - ▶ 壓電管、壓電盤為釐米級
 - ▶ 不適用於高解析陣列

- 熱氣泡氣/液式致動器
 - ▶ 結構簡單
 - ▶ 填充墨水速度變快
 - ▶ 良好的散熱效果
 - ▶ 一次噴射一個，解決多微滴產生墨水在紙上擴散問題
 - ▶ 解析度提高



內容:

- 電磁驅動器是將電能轉化為機械能的元件,由於價格便宜及易用性,可被使用於很多應用上,其特色為出力大,作用距離遠. 它們應用於巨觀的世界,但有一些想嘗試微小化之以便用於包含MST(微系統技術)之應用,於是微小化馬達是最重要的發展,它可以產生線性及旋轉的運動,適合很多微系統的任務,例如磁阻馬達,利用線圈中的磁阻在磁場上的改變,於當鐵磁物體被帶入場中,藉著物體和線圈的交互作用,產生了力量,這就是一種典型的電能轉化為機械能的驅動. 除了傳統馬達之外,在一些工具機上的定位任務如雷射系統,掃描式隧道顯微鏡,遞送裝置..... 等這些對於微小範圍的操作的需求已增加,它們藉由使用高速繼電器,幫浦或閥來達成以上的任務.



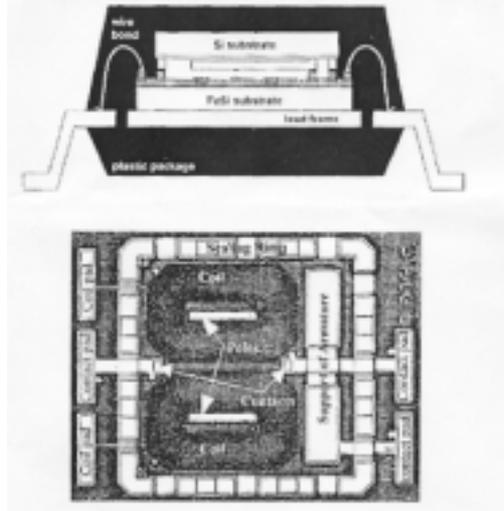


圖 電磁式繼電器及其封裝結構

應用I:

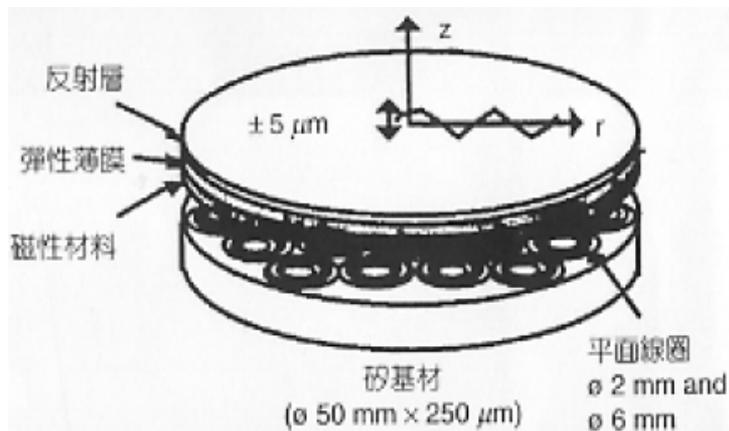


圖 電磁式變焦面鏡



應用II:

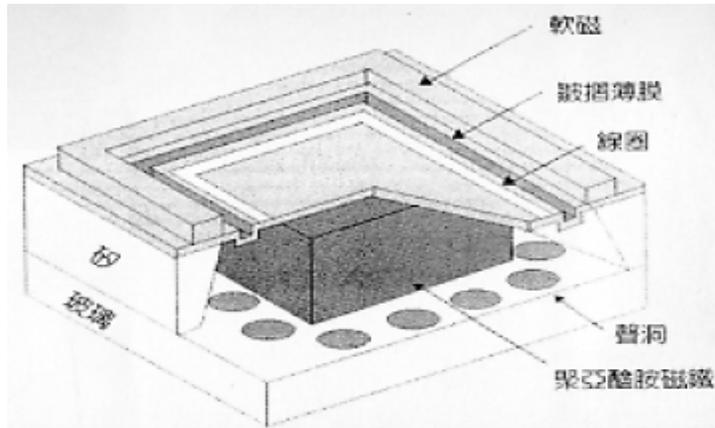


圖 電磁式微揚聲器



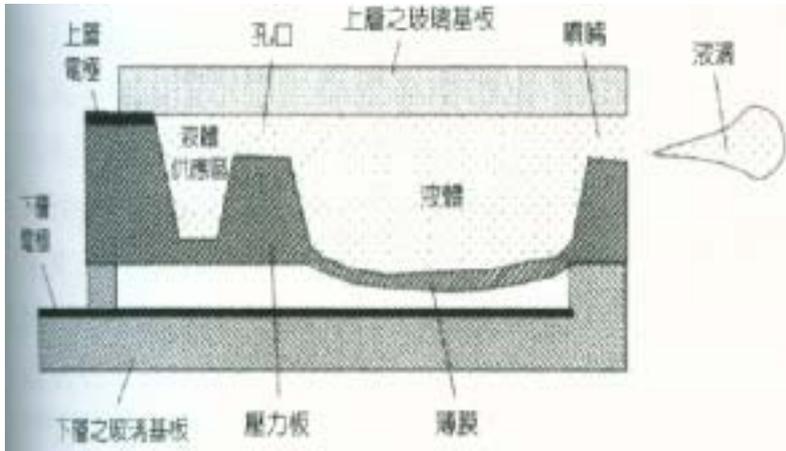
結論:

- 微電磁致動器的優點包括對不純物相對地不敏感而且只需低電壓的驅動,在生物醫學系統方面是為理想元件,這種驅動器的反應時間也很優越,在不考慮可靠性和安全性方面,可以拿來作用.





操作原理



靜電式氣/液致動器操作原理之噴射液滴產生器

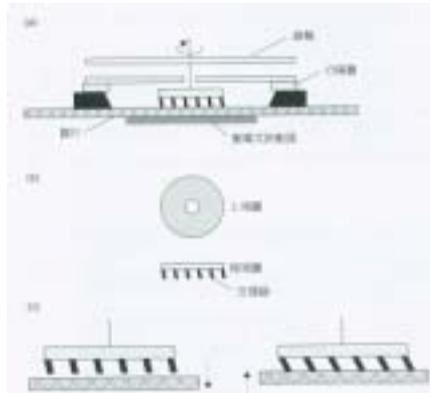


- 優點：高列印品質、高速列印、低能量損耗、低噪音，而且在重負荷的列印下，具有較長的壽命。
- 缺點：因固體材料的形變限制，以及結合過程中需要準確的對準，因此噴嘴無法輕易的再縮小，使其無法達到更高解析度。



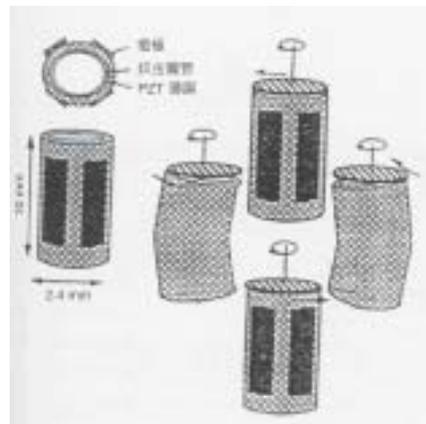
壓電式微馬達

- 由壓電薄膜驅動振動膜，振動膜往上而擠壓馬達轉子支撐腳，支撐腳與振動膜之間產生摩擦力而使轉子轉動。
- 當振動膜往下，此時支撐腳與振動膜之間產生摩擦力減小而使轉子停止轉動。
- 操作於振動膜之共振頻率，可產生超過 $30 \text{ nN} \cdot \text{m}$ 之扭力及 200 rpm 之轉速。



(a)壓電式轉動微馬達之結構示意圖，(b)馬達轉子之上視與側視圖，(c)馬達轉子之支撐腳與振動膜之相互運動示意圖。(圖片來源:微機電系統與技術應用)

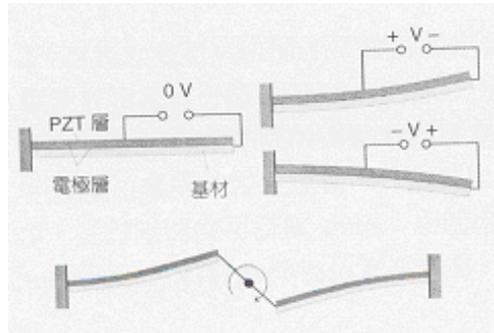
- 相較於電磁式或靜電式，此種壓電式馬達具有高能量密度、高扭力與低轉速之優點。
- 其他不同型式結構之壓電式轉動微馬達:
- 超音波微馬達，在圓形管狀鈦金屬外緣鍍上壓電薄膜材料，將電極定位於管壁上4個均等位置。
- 以電壓分別驅動4個壓電薄膜之彎曲振動，使其沿著圓周方向產生行進波。
- 電壓 $20\text{--}30 \text{ V}$ 下可超過 300 rpm 之轉速。



超音波微馬達之結構示意圖
(圖片來源:微機電系統與技術應用)



- 由壓電薄膜鍍在一層金屬材料上，所形成微懸臂樑雙層結構亦可產生旋轉運動。



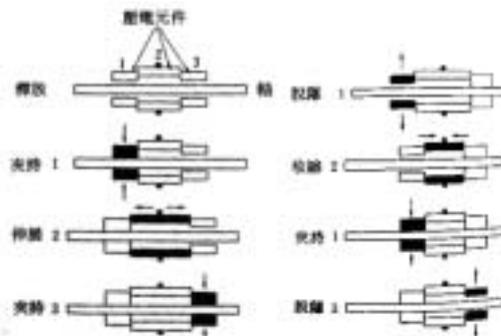
微懸臂樑雙層結構之旋轉示意圖

(圖片來源:微機電系統與技術應用)



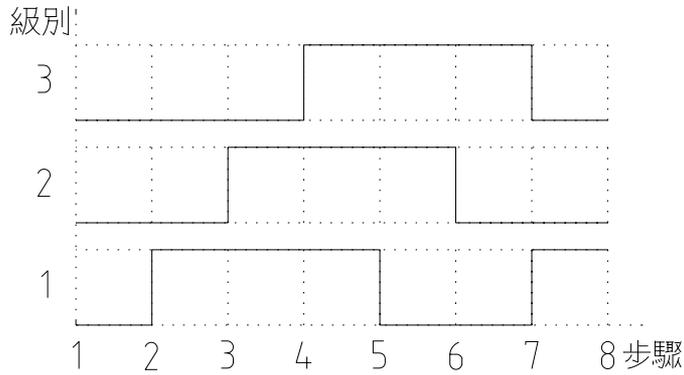
微蠕動毛蟲機構與作動原理

- 1、3級壓電晶體與軌道側面依序鬆、緊，並配合2級伸縮次序組成機構前後移動
- 固定電壓 50-100V
- 壓電材料驅動電壓10-50V
- 行走速度可達數 $\mu\text{m/s}$
- 掃描穿隧電子顯微鏡-位置控制器

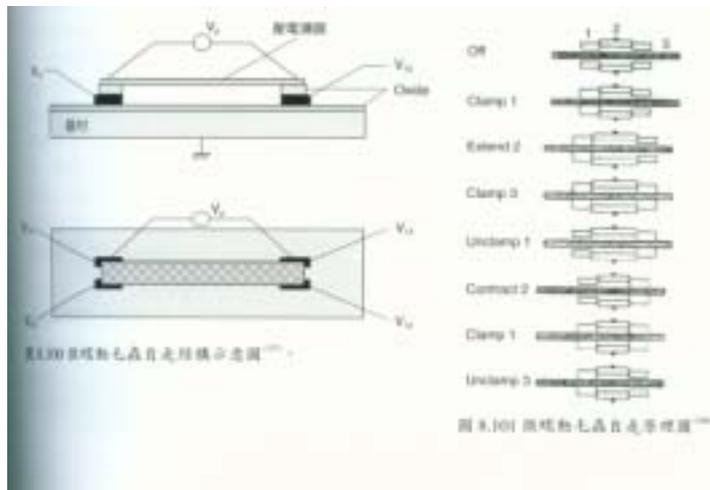




微蠕動毛蟲機構時序圖

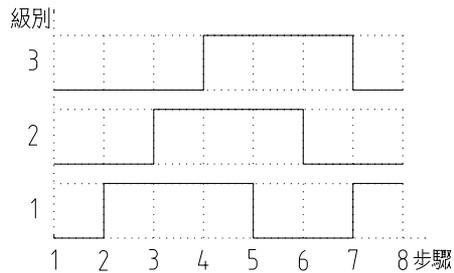


微蠕動毛蟲自走機構示意圖



微蠕動毛蟲機構之缺點

- 步驟3-6表示2級壓電晶體運作為收縮、伸長、收縮，因此其改變必有一停頓點而非連續性



微蠕動毛蟲機構缺點之改善

- 四級壓電晶驅動

