

微機電加速度感測器

李家同

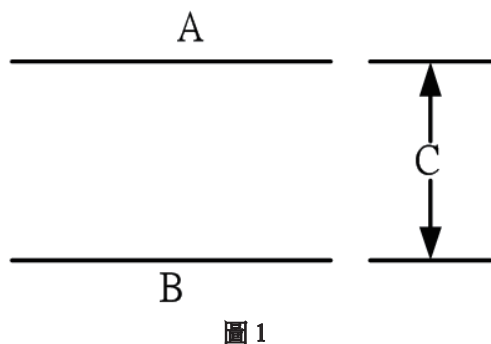
國立清華大學資工系榮譽教授

我們工業界需要各式各樣的感測器 (sensor)，可是我們又希望這些感測器是非常小的，因為有得時候要裝在手機裡或者一個機械裡，如果感測器體積太大，就會增加設備上的麻煩，所以我們需要非常小的感測器，科學家因此就想到了半導體技術，因為半導體常常可以使我們得到很小很小的晶片，我今天要介紹的是利用半導體技術造成的加速度感測器，加速度是力造成的，我們的感測器是要偵測到力的改變，所用的技術被稱為微機電技術，牽涉到了半導體，可是常常是機械工程師要用的。

我們要介紹的加速度感測器原理很簡單，我們利用半導體技術製造一個電容器，這個電容器的兩極都是矽，只要外面給他一點微小的力，電容的值就會改變，因此我們可以利用電容值的改變知道所加的力有多少，請看圖1。

圖1是我們大家所熟悉的電容，電容永遠有兩極，兩極中間一定是空的，兩極之間的距離如果改變，電容就會改變，如圖2所示。

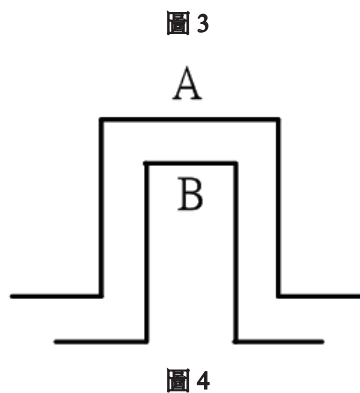
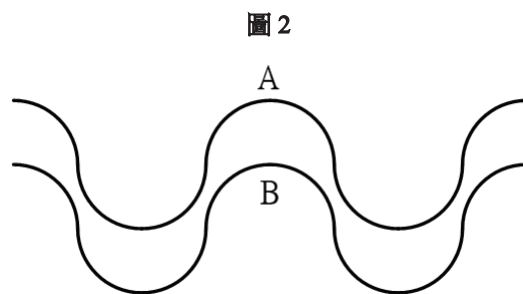
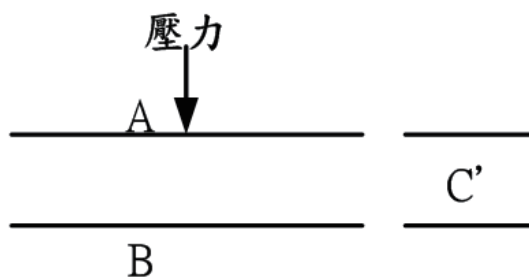
當然兩極形狀不見得要是平板狀，我們可以用別的形状，圖3是一個可能性。



我們要介紹的電容如圖4。

可以想見A和B之間有一個電容，如果固定A，B有些微的移動，電容當然就會改掉，請看圖。

圖5中的A極是固定的，下面的B是可以移動的，假設有一個力是在X軸方向的，B當然就



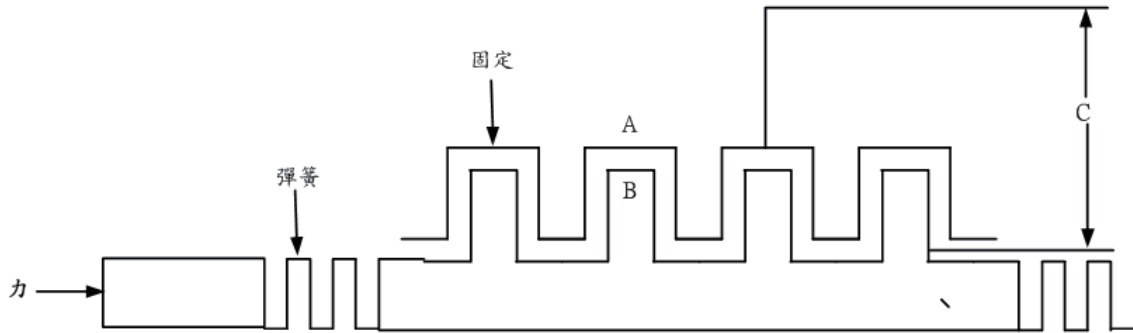


圖 5



圖 6

會移動，一旦移動，電容 C 就有所改變，電容如何改變是很難的物理問題，我不能解釋，工程師會將力和電容的關係記錄在晶片裡，至於如何測量電容 C，那是利用電子電路來測量的，測量的電路通常是在晶片的外面，圖 5 中的電容還裝了一個彈簧，理由是測量了力以後，電容必須恢復原狀。

我們的加速度感測器已經被手機公司使用，當我們直的使用手機的時候可能看到圖 6 的畫面。

如果我們對手機加力，將它橫了過來，則會如圖 7 所示。

但是我們總需要一個感測器，檢測有力來了，現在的手機裡面已經用了國產的加速度感測器，

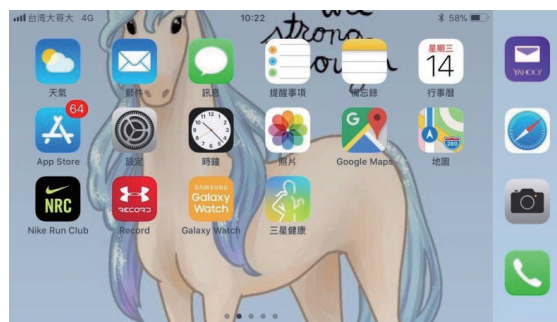


圖 7

可是我們更厲害的是要能感測到任何一架機器所受到的振動，因為現在的儀器都經不起振動的，偵測振動乃是一件相當重要的事，當然振動是由力所造成的，我們現在的國產微機電加速度感測器已經可以偵測到一個微重力 ($1 \times 10^{-3}G$; $1G=9.81 \text{ m/s}^2$)。

我們也可以利用這種想法製造麥克風，麥克風的輸入是音波，輸出是電波訊號，如圖 8。

音波其實是一個壓力波，當我們講話的時候對空氣造成一種壓力，因此我們利用以上的討論，

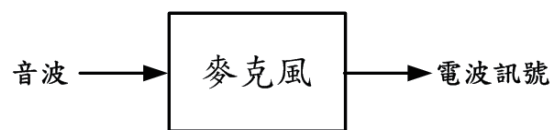


圖 8

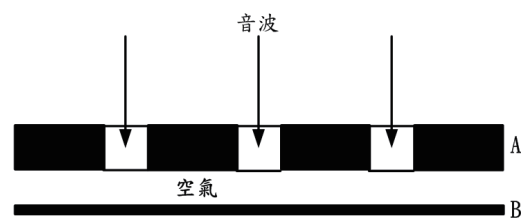


圖 9

可了解微機電的麥克風是怎麼一回事，請看圖9。

圖9的電容仍然有兩極A和B，兩極都是多晶矽，中間有空隙可以讓音波通過，B極是非常薄的，只有 $0.8\ \mu\text{m}$ （一個 μm 等於100萬分之一公尺），是一種薄膜，音波會造成B極形狀上的改變，只要有一點點改變，兩極中間的電容就會改變，這個電容會送到一個電子電路去，電子電路會因為電容的改變而改變訊號，當然這個訊號還是要經過放大器，最後要變回聲音。

微機電技術所採用的半導體技術永遠是非典型的，也就是說你不能用一般的半導體代工技術來製造的，我們不妨再看一次圖5，圖5中的彈簧乃是相當重要的，彈簧如果做得不好，感測器就無法使用了。

請看圖9，圖9的B極是一個薄膜，這個薄膜相當的薄，可是又要有彈性，絕對不能是非常硬的，還要有一個特色，那就是他不能破，可以想見的是，任何一個薄膜受力以後是很容易破掉的，所以要做出這種麥克風，我們的工程師必須要很精確地控制半導體製程所牽涉到的溫度、時間、壓力、材料等等，也就是說工程師必須自己在實驗室內先做很多的實驗，然後才能夠量產。

微機電的半導體製程並不需要非常先進的半導體技術，但是任何一個微機電晶片的製程都是這家公司自己特有的製程，如果工程師對於半導體的原理不太了解，他所做出來的產品是完全不能用的，反過來說，如果他對於半導體很了解，就可以製造出很不錯的微機電感測器。

我今天所介紹的加速度感測器都是利用電容的改變來偵測的，我們的工程師已經有相當不錯的結果，所偵測的電容改變是femto級的，一個femto電容是 $1/1000000000000000\ \text{F}$ ，電容的單位是F，紀念法拉第，也就是說我們的電容只要有些微的改變，感測器就可以發覺，如果沒有這種好的能力，麥克風就沒有用了，現在這種麥克風已經量產，每一個月可以賣出一千萬顆。

微機電技術是利用了半導體技術，希望大家知道我們不一定要追隨最先進又最昂貴的半導體

技術，我們也可以走另一個方向，那就是每一個晶片的製程都是特別的，而且也都是保密的，這種想法的好處是我們不需要大量的投資，而能夠做出非常特別的晶片。

更希望大家知道的是，感測器乃是我們精密工業中最需要的，我們要使得機器人手臂動做的非常之快而又能精確地到位，都是需要感測器的，一架精密的儀器，裡面往往有幾百個各種感測器，大陸就相當重視感測器的發展，我們國家絕對應該在感測器的研究發展中更加努力。

我們也應該知道我們國家也有很多工程師很努力地發展感測器，希望政府能夠在各方面支持他們，尤其是在微機電感測器的研究方面需要好的實驗室，並不是每一家公司都能有這種半導體實驗室，如果政府的半導體的實驗室能讓民間盡量地使用，這將會使我們國家的微機電工業更上一層樓。