

第一章 緒 論

1.1 研究背景

隨著科技產業進步，各種元件逐漸微小化、精密化。周邊機器勢必也要不斷改進，甚至將微米技術提升至奈米技術，才能符合高精密定位、量測及加工的需求。積層壓電致動器在精密定位的應用上，可達到相當高的精度，但缺點是無法長行程定位。線性超音波馬達具長行程精密定位之特性，可滿足奈米級、長行程定位等需求。

目前以半導體製程技術製作之微型馬達有靜電馬達及壓電馬達。前者轉速快，但是扭矩較小；後者又稱為超音波馬達，轉速雖然較慢，卻具有較大的推力與扭矩，適合應用於微致動器上。超音波馬達主要由聲波導(acoustic waveguide)及滑座(slides)所構成，聲波導的材料為壓電材料，具有高精度、高剛性、體積小、質量輕、出力大、高頻率響應及低耗能之優點。為了達到奈米級的致動，聲波導上傳遞的導波必須波長小、頻率高。不同於傳統電磁馬達，碟形行波型超音波馬達是目前已經商品化的產品之一，具有高扭矩、低轉速、不受磁力影響、微小化、精密定位等優點。

表面聲波在基板(substrate)表面傳遞時，介質表面粒子的運動軌跡呈橢圓形，並與聲波的前進方向呈現逆行(retrograde)運動，不同於液體介質表面波所呈現的正行(prograde)運動。表面聲波馬達的基本原理即利用定子(stator)與滑座之間的摩擦力，使滑座往聲波波傳的反方向運動，接觸力的大小決定滑台的移動速率及推力。

1.2 文獻回顧

1994年，Kurosawa 等人[1]成功的在 $Y + 127.8^\circ \text{ cut}$ 之鈮酸鋰(LiNbO_3)

上，製作以表面聲波(surface acoustic waves, SAW)驅動的 XY 線性超音波馬達，X 與 Y 方向的驅動頻率分別為 9.6 及 9.1 MHz。使用直徑為 1 mm 的紅寶石、鋼及碳化鎢圓球，製作三點間接觸平衡的滑座，控制驅動電壓以改變移動速度，最快可達 20 cm/sec。1996 年起，Kurosawa 等人[2-3]及 Chiba 等人[4]，利用電磁鐵於 0.5 mm、1 mm 及 2 mm 直徑之鋼珠製成的滑座上產生可控制的預壓力，探討滑座與定子間的最佳正向預壓力及切線輸出力，並且利用 Hertz 接觸理論說明基本行為。在 1999 年，Morita 等人[5]根據牛頓運動定理建立分析模型，並以數值分析方法模擬圓球型滑座與定子間的作用力。在 1998 年，Takasaki 等人[6]將表面聲波馬達予以微小化設計，製造出以 50 MHz 頻率驅動的表面聲波馬達，滑座的移動速度達 0.7 m/s。在 2000 年，Shigematsu 及 Kurosawa[7]又更新設計，製造出最小步進距離為 2 nm 的表面聲波馬達，將步進移動的精確度再次提升，並提出模型將步進位移視為開迴路控制系統。同時，Kurosawa 等人[8]也引入半導體製程技術，成功設計製造出具有高功率輸出之表面聲波馬達的矽晶滑座，矽晶滑座的大小為 $4 \times 4 \text{ mm}^2$ ，表面由許多圓形圖案所構成，最大的輸出力量為 7.6 N。

表面聲波馬達的製作是在壓電基板(substrate)表面鍍上交指叉換能器(Interdigital transducer, IDT)的電極，施予適當週期性電壓，利用壓電材料的機電轉換特性產生表面聲波。表面聲波元件一般具有兩組 IDT，滑座置於兩組 IDT 之間，可使滑座作正向與反向的運動。每組 IDT 生成的表面聲波會朝前後方向傳遞，在實際應用上，只利用某一方向波傳的表面聲波驅動滑座，可以在一端設置吸能器(absorber)消除朝反方向傳遞的表面聲波[9]，或採用新型的雙相驅動設計，消除反方向傳遞的表面聲波 [10]。

1.3 研究內容

表面聲波馬達具奈米級定位的能力，其原理與一般奈米定位平台不

同，後者無法進行長行程奈米級定位，表面聲波馬達則可克服此缺點。本研究利用厚度 $1,000\ \mu\text{m}$ 的 $Y+128^\circ\text{cut}$ 鈮酸鋰為基底，製作節距為 $400\ \mu\text{m}$ 的交指叉電極，並以 9.7MHz 的交流電壓激發沿材料主軸 X 方向傳遞的表面聲波，實現奈米級微步進之致動目的。本研究以實驗實作方式，探討表面聲波馬達應用在長行程、奈米級定位技術上的可行性。

量測系統是進行奈米尺寸微觀實驗最重要的部分，本實驗採用光纖式麥克森干涉儀[11]作為步進位移的量測工具，並且進行部分區間干涉訊號的解調，解決微步進觀測的問題。

