

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

## 奈米級雙軸定位平台的研製(1/3)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2212-E-002-038-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立臺灣大學機械工程學系暨研究所

計畫主持人：范光照

計畫參與人員：童昌賢，朱志良

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 5 月 20 日

# 奈米級雙軸定位平台之研製

## Development of a Nano-positioning X-Y stage

計畫編號：NSC 92-2212-E-002-038

執行期限：92年8月1日至93年7月31日

主持人：范光照 國立台灣大學機械系

### 一.中文摘要

本計畫為國科會多年期研究計畫『奈米級雙軸平台之研製』第一年研究成果報告。其中包含了三部分，第一部份：雙軸平台本身結構之設計；第二部分：壓電陶瓷線性馬達(Piezo Ceramic Linear Motor, PCLM)驅動器之研製；第三部分，平面光學尺光路之設計。本年度計畫之研究結果以順利完成第一年的預期進度，並將順利進展第二年進度。

關鍵詞：雙軸平台、壓電陶瓷線性馬達、平面光學尺

#### Abstract

In this report we present the process of research project entitled "Development of a Nano-positioning X-Y stage". Moreover, we report the first-year research results of the project. It is composed of three parts: (1) The structure design of the X-Y stage. (2) The driver of the Piezo Ceramic Linear Motor (3) The design of optical path of the planar encoder. The target of the first year has been achieved and the process of the second year is going on.

Keywords: X-Y stage, Piezo Ceramic Linear Motor (PCLM), Planar encoder

### 二.計畫緣起與目的

在奈米科技領域裡，不論是奈米量測、操控或加工，都需要高經度的奈米定位平台為載具，奈米技術所涵蓋的範圍從 100 奈米到 0.1 奈米，對於深奈米的研究，一般都以壓電驅動平台來移動試件，此類平台僅提供幾十微米以下的微動位移，而對微奈米範圍的研究，則須要較長行程的平臺來移動試件，一般需要幾公分的位移及 10 奈米左右的精度，近年來在長行程奈米定位平台的研究以一維居多，且以長行程的粗位移加上微動位移的兩段式定位為主，但平台結構及傳動元件取自工業成品使得誤差源無法避免（如幾何誤差、重複性），故定位準確度 (Accuracy) 或精密度 (Precision) 約只能達到  $1\mu\text{m}$  to  $0.1\mu\text{m}$ ，且總價格需台幣一百萬元以上。欲從現實的精密機械技術 (Precision, 微米級精度) 進入高精密機械 (Ultra Precision, 次微米級精度) 甚至超高精密機械 (Ultra High Precision, 奈米級精度)，必須是由 Top-Down 的方式一步一步提高精度來達成。因此由台大范教授負責本計畫之規劃與執行，本計畫的目的是以雙軸奈米定位平台的研製為載具，提出多項精度提昇的設計準則，以及微型驅動及感測系統的研製，使此平台真正具有雙軸奈米定位的功能。

### 三.研究成果

本計畫第一年研究針對下列三個項目進行研究與設計：

#### 1. 雙軸平台本身結構之設計

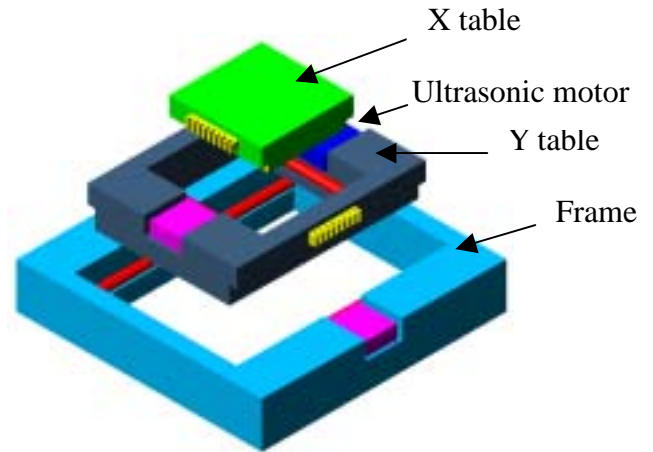
當運動導引面（導軌面）不平直時台面上工件的實際位移會和裝置於導軌邊的位置感應器所感應的位移有所偏差，此偏差會隨運動軸與感測軸的偏位而放大，此即阿倍誤差。若是堆疊型的雙軸定位平台則下層阿倍誤差將更嚴重。所謂共平面運動就是將工作台面與兩運動軸的導軌設計成同一高度平面，兩個感應軸也將裝置於趨近此共平面，則阿倍誤差理論上應趨近於零。

線性導軌(Linear Guide)內部的鋼珠提供低磨係數的滾動磨擦，但各鋼珠的不均勻度會造成運動直線的重複性誤差。奈米定位平台的行程很短，以運動時的高直線性與高重複性為訴求。故傳統的硬軌滑動觀念可應用於此，本研究將以高精密研磨的圓棒做為滑動導軌，以 V-groove 方式固定圓棒，運動軸的滑動面將貼上一層低摩擦係數的薄膜（Teflon）以降低磨擦係數。

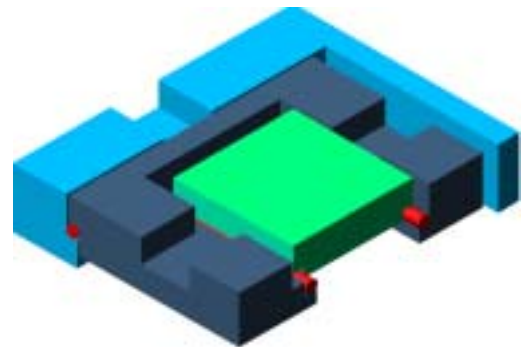
奈米級精度的雙軸定位平台將考慮對稱型結構設計。另外，低膨脹係數材料的選用也很重要，故各元件擬全部以鈹鋼 Invar Steel 來加工(熱膨脹係數約  $1\mu\text{m}/\text{m}/^{\circ}\text{C}$ )。

綜合上述幾項考慮，本機台的結構如圖一所示，可看出幾何結構完全對稱，X 及 Y 兩軸均為雙對稱驅動方式，雙軸均沿同高度的高精密研磨圓棒做為滑動導軌，以達到共平面的目的（圖二），若有溫升各台面均有可自由膨脹的餘隙空間。

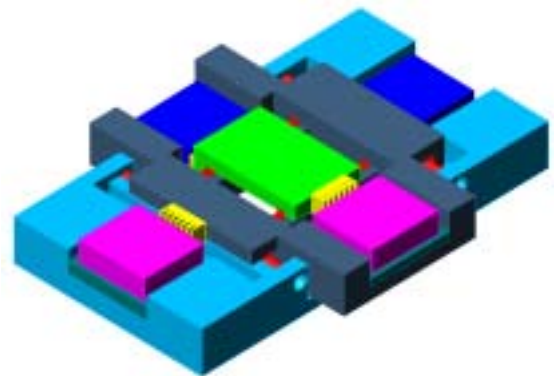
圖一與圖二為原本之設計構想，經設計分析後，修正平台結構，如圖三所示，為修正後之平台結構，仍維持共平面之設計。



圖一.平台結構設計圖

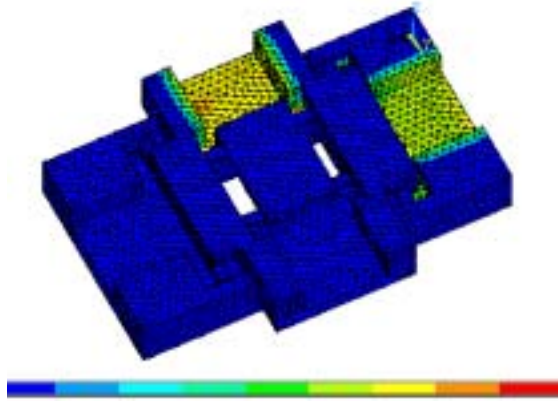


圖二.共平面圓棒導軌



圖三、修正後之平台結構設計圖

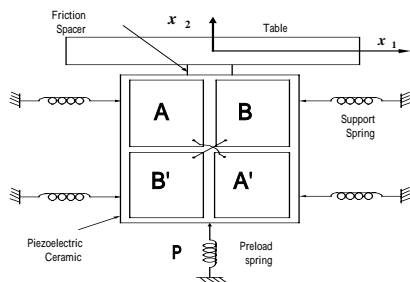
平台結構設計完成後，以商業軟體 ANSYS 加以有限元素法之分析，給予適當的負載及邊界條件，建立適合的有限元素分析模型進行熱變形分析，結果如下圖四所示。



圖四、熱變形分佈圖

## 2. 壓電陶瓷線性馬達驅動器之研製

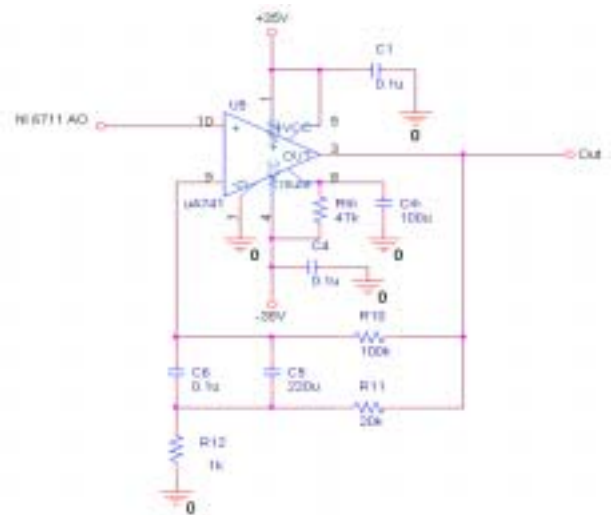
壓電陶瓷線性馬達 (Piezo Ceramic Linear Motor, PCLM) 本身為超音波馬達的一種，係利用壓電陶瓷材料在高頻時（約 39.6KHz）產生之兩種不同運動方式：伸縮 (longitudinal) 及彎曲 (bending) 模態，則此複合模態的振動使壓電陶瓷產生圓形或橢圓軌跡運動，經由壓電陶瓷上端的摩擦襯料凸出點以適當的預壓與導軌接觸，則可推動平台運動。



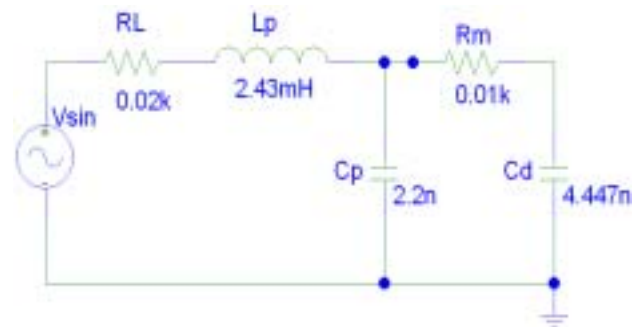
圖五、壓電陶瓷線性馬達基本架構

PCLM 驅動方式分為兩種：一是以共振的方式將弦波電壓訊號放大至兩百多伏特驅動馬達使平台前進，此部分提供長行程移動，另一部份是直接給馬達一個高壓訊號，使馬達產生扭動（約數百奈米），此部分提供微動的行程。

共振前之訊號必須先放大至 20 伏特以上，一般 OP 放大器無法達到，故以 LM3886 power amplifier 進行前級放大，再將訊號共振至三百伏特左右驅動，共振部分經由分析馬達以建立等效電路，經過電容與電阻之阻抗運算，得到共振驅動器的電路，如圖六所示，

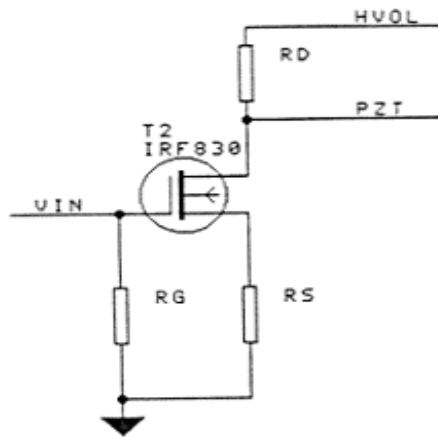


圖六、LM3886 前級放大電路



圖七、共振驅動器電路

微位移驅動部分則是使用耐高壓 IC (IRF830) 將電壓訊號直接放大到兩百多伏特之高壓，作為放大器的電源需要兩百伏特以上之直流電，此處將 220 伏特之交流電整流成直流電以供放大器為電源用，下圖八為 IRF830 放大電路示意圖，圖九為實現之實作電路。



圖八、高壓脈衝放大電路

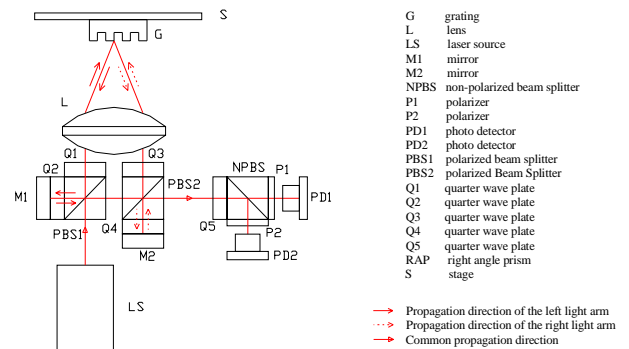


圖九、實作高壓放大電路

### 3. 平面光學尺光路之設計

在本計畫中擬用平面光學尺做為平台移動量測之感測器，故事前之光路分析是第一年度的另一個重點，經過計算與分析，

設計的光路如圖十所示。



圖十、平面光學尺光路設計

本計畫第一年度進度以平台結構設計及驅動為主，平面光學尺為輔，研究成果概述如下：

#### 1. 平台結構設計與驅動

(1) 平台結構修正後外觀尺寸約為 242mm ×189mm，並完成 ANSYS 分析。

(2) 完成共振及高壓直流驅動

#### 2. 平面光學尺光路設計

### 四. 結論與討論

本計畫執行一年來，在研究和設計上累積技術與經驗，藉由每週的定期開會討論，研究團對彼此的支援合作，不斷的嘗試與努力，終於可以順利完成第一年度的預期進度。

為完成奈米級雙軸平台的位移量測，未來一年將以平面光學尺為主發展，將針對其量測系統及訊號處理進行研究，並以運動控制器之發展為輔，期能加速雙軸定位平台之完成。