

## 電磁場於微機電系統操控技術之研究

Studies on the Manipulating Technique for Micro-Electro-Mechanical System in Presence of Electromagnetic Field

國立交通大學 機械工程學系 博士班三年級 李彥宏

指導教授：陳慶耀教授

## 研究重點

由於磁性流體在微機電系統(MEMS)或生物晶片之領域具有潛在應用價值，可用於製作如微混合器、微致動器及微游泳器等微機構，因此，近年來有越來越多的研究在探討有關磁性粒子在外加磁場作用下之操控機制及其應用，其中外加磁場又區分為旋轉及擺動型式，針對磁粒子在擺動下的研究，因其包含之非線性參數較多，相關研究目前尚未如旋轉磁場般深入及廣泛，然而，擺動磁場對於微游泳器之操控卻是不可或缺的現象，目前磁粒子在擺動磁場之應用，雖已有以3D打印磁性粒子，並施加擺動磁場，使達到仿生游動的成果，然此等微游泳器製作成本較高，且游動效率不佳，為了使磁性粒子能更有效地應用在微游泳器及微機電系統，本研究透過實驗針對磁性粒子在擺動磁場下之力學機制及運用模式做了系統性的探討及分析。

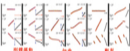
## 研究成果



微米尺中(直徑4.5及2.8 μm)之超順磁性粒子  
-較不受布朗運動影響；  
-便於操控及觀察  
-可施加外加磁場操控  
-無磁滯效應



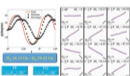
同一粒子率在較大的擺動磁場下，擺動軌跡與磁場較同步，但與磁場的相位角差( $\Delta\phi$ )，在特定時間存在較大值



先施以單一方向之均勻磁場( $H_0$ )將磁粒子串後，再施加擺動磁場( $H_1$ )進行粒子串之操控。不同磁場條件下，粒子串出現擺動、抽屈及旋轉等模式



粒子串旋轉時之時機可由 $N\theta_0/2\pi$ 之值來判斷，其中 $N$ 表粒子串所含之粒子數， $\theta_0$ 為Mason number，為無因次參數，其定義係流體阻力與外加磁力之比值，粒子串穩定擺動之條件為 $N\theta_0 < 2$



較短之粒子串，由於所受阻力較小，可向外加磁場較同步地運動，亦即其擺動軌跡與外加磁場軌跡近；較長之粒子串，其擺動軌跡則較偏離外加磁場



當粒子串與外加磁場間之相位角差超過90度時，粒子串之擺動軌跡不再與原磁場運動，而將轉軸或沿著垂直原磁場的方向運動，利用磁粒子串穩定擺動及軌跡轉換之機制，將大小不同的磁性粒子串接，於擺動磁場下操控，成功地讓游動泳器向前游動及轉向，而形成可操控方向之微游泳器，此研究不僅創造了以簡易之磁場結構，控制游泳器之轉向之方法，藉此提升游泳器之整體操控效率，未來可望應用於微小侵入式手術或於血管中進行區域性藥物遞送。

## 研究生活及心得

09年9月加入了陳慶耀教授領導之「磁性流體實驗室」，開始了我博士班的求學生涯，回首博士班3年多的日子，與其說辛苦，不如說「充實」來的恰切，這3年多來，因教授指導有方，加上自己努力不懈，目前已有不錯的科研成果，迄今已在國際期刊以第一作者發表了5篇論文，並在指導教授鼓勵下，投稿參加了多次國內、外研討會，不僅開闊的視野，亦結識了一些優秀的學者，並參加了幾次論文競賽均有獲獎，讓我獲益良多，並令我深深體會，具備外語溝通能力不僅是從事學術研究及交流的重要條件，亦是提升個人競爭力不可或缺的利器，此外，就讀博士班期間，除了花時間在修課及論文研究外，並分別於101及102年協助指導教授參與了「第54屆航空太空學術研討會暨國防大學學術研討會成果發表會」及「第20屆全國計算流體力學研討會」，不僅從中學習到許多專業會議的寶貴經驗，並工作態度及表現因深受指導教授及學長師姊肯定，亦讓我從中獲得成就感，讓我深深體會，就讀博士班這幾年，可說是我目前人生最愉快的時期。

「凡事都從自己心，無愧於我心」是我的座右銘，對於學業、學術研究、工作及生活，我都抱著高度的熱忱，兢兢業業地努力著，我深信，研究所期間所訓練之獨立研究與思考之能力，以及單打獨鬥所建立之刻苦耐勞精神，將是我持續鑽研學術研究最大資產，期待自己未來能不斷精進本身專業素養，順利取得博士學位後，能發揮所學，為學校及社會盡一己之力。