

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

創新異質整合智慧型手機相機模組之研究--總計畫(3/3) 研究成果報告(完整版)

計畫類別：整合型
計畫編號：NSC 99-2220-E-009-001-
執行期間：99年08月01日至100年07月31日
執行單位：國立交通大學電機與控制工程學系(所)

計畫主持人：邱俊誠
共同主持人：吳重雨、陳科宏、黃聖傑、趙昌博、黃乙白

公開資訊：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，1年後可公開查詢

中華民國 100 年 11 月 02 日

中文摘要： 本整合型計畫的目標為發展出一個具變焦與防手振功能之異質整合手機相機模組，主要元件包括有液晶透鏡組、微機電防手振平台、影像處理以及電源供應單元等。在計畫執行的研究成果中，已經完成各個子元件的設計與製作，並完成區塊間的溝通聯結。目前液晶透鏡之驅動電壓低於 5Vrms，反應時間約 0.6 秒；而搭配多重透鏡可使全焦長控制在 1.5cm 內，已符合手機鏡頭之規格；防手振平台的部分中靜電式平台位移已達到設定目標 $25\mu\text{m}$ ，解耦合比約 59，驅動電壓約為 50V，而為了降低驅動電壓所設計之電熱式防振平台也同樣的符合 $25\mu\text{m}$ 的制動距離，解耦合比約為 19，驅動電壓則可小於 20V，因此兩種防振平台在制動距離方面皆達到預定規格 $25\mu\text{m}$ ，且解耦合比也大於最小設定比 10；而在控制器的設計與配合之下，防振平台的反應時間約為 1ms，同樣達到計畫設定規格。

英文摘要：

成果報告
 期中進度報告

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫

題目：創新異質整合智慧型手機相機模組之研究-總計畫(3/3)

The study of a novel heterogeneous integrated compact camera module

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 99-2220-E-009-026

執行期間：99年08月01日至 100年07月31日

計畫主持人：邱俊誠

共同主持人：吳重雨、陳科宏、黃聖傑、趙昌博、黃乙白

計畫參與人員：謝禮忠、林君穎、陳契霖、黃漢翔、高永原、許晁瑞、
陳禹辰、謝博元

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學電機與控制工程學系

中 華 民 國 一 百 年 七 月 卅 一 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫年度報告

題目：創新異質整合智慧型手機相機模組之研究-總計畫(3/3)

“The study of a novel heterogeneous integrated compact camera module”

計畫編號：NSC 99-2220-E-009-026

執行期限：99 年 8 月 1 日至 100 年 7 月 31 日

主 持 人：邱俊誠

共同主持人：吳重雨、陳科宏、黃聖傑、趙昌博、黃乙白

參與人員：謝禮忠、林君穎、陳契霖、黃漢翔、高永原、許晁瑞、陳禹辰、謝博元

一、 中文摘要

本整合型計畫的目標為發展出一個具變焦與防手振功能之異質整合手機相機模組，主要元件包括有液晶透鏡組、微機電防手振平台、影像處理以及電源供應單元等。在計畫執行的研究成果中，已經完成各個子元件的設計與製作，並完成區塊間的溝通聯結。目前液晶透鏡之驅動電壓低於 5Vrms，反應時間約 0.6 秒；而搭配多重透鏡可使全焦長控制在 1.5cm 內，已符合手機鏡頭之規格；防手振平台的部分中靜電式平台位移已達到設定目標 25 μ m，解耦合比約 59，驅動電壓約為 50V，而為了降低驅動電壓所設計之電熱式防振平台也同樣的符合 25 μ m 的制動距離，解耦合比約為 19，驅動電壓則可小於 20V，因此兩種防振平台在制動距離方面皆達到預定規格 25 μ m，且解耦合比也大於最小設定比 10；而在控制器的設計與配合之下，防振平台的反應時間約為 1ms，同樣達到計畫設定規格。

關鍵詞：異質整合、手機相機模組、液晶透鏡、微機電、防手振、變焦、影像處理。

二、 計畫緣由與目的

近年來，行動電話產品不斷進化，在原有的通話功能外，增加數據通信、照相、動態攝影及音樂播放等功能。根據資策會研究報告指出，自 2001 年起，行動電話開始配備相機功能，至 2008 年相機模組的搭載率已達到手機產量的七成，而影像也從最初的 11 萬畫素起，至今市面上已出現 800 萬畫素以上的產品。除了影像品質的改善，諸多拍照時會使用到的相關功能亦慢慢整合進來，但在講求輕、薄、短、小、省電與高效率的目標下，模組元件必須要盡可能的縮小，而目前手機相機的許多特性仍無法與一般相機相比，在手機內有限的空間與能源條件下，有許多技術上的問題需要克服。

一個完整的手機相機模組主要包括了鏡頭(Lens)、影像感測器(Image sensor)、電源供應、控制晶片以及影像處理等部分。在鏡頭方面，目前手機相機仍如同一般相機使用光學鏡片組(玻璃或塑膠鏡片)，但在手機內有限的空間以及成本考量下，減少鏡片使用數量是眾家廠商努力的方向之一。在影像感測器方面，有 CCD 與 CMOS 兩種型式，其均是以感光二極體進行光學轉換技術，主要差異是在於使用不同的資料傳送方式；與 CCD 相較，CMOS 是標準製程且已相當成熟，具有大量生產降低成本以及能高度整合其他晶片的優勢，故已成為

現今手機相機影像感測器的主流。在電源供應方面，照相功能在手機中是屬於附屬功能，在手機電池有限的電力下，如何降低相機模組的消耗功率是一項重要的課題。在影像處理方面，手機相機不若一般數位相機有專用的影像訊號處理晶片，而通常是內嵌在通用的SOC處理晶片中，故無法進行較高階的影像處理。此外，對焦能力與防手振也是目前手機相機發展的趨勢，手機大廠對於較高階的機種已逐漸採用光學變焦或自動對焦鏡頭，這些功能可以大幅提升手機相機的功能，但相對的也增加了生產成本。

針對以上分析，本整合型計畫可有效符合前述各項需求，其系統架構如圖一所示。首先，在鏡頭方面以液晶透鏡來取代傳統的光學鏡片，藉由改變透鏡中心與週邊電極相對應之電場方向，可設計出具有等效於凸透鏡或凹透鏡的正、負型液晶透鏡，以作為變焦光學鏡組當中的倍率大小調整。相較於傳統的變焦功能除了需有鏡片的光學設計，還要有帶動鏡片移動的機構與致動器等可動件，而液晶透鏡則不需要，故可大幅縮小體積及提高精準度。其次，在防手振功能方面，是利用慣性感測器來偵測手振量，透過控制系統運算出補償量，並由微機電致動器驅動防手振平台（搭載影像感測器）進行補償。有別於目前市面上手機相機的防手振功能僅是以軟體運算補償影像的方式處理，我們以微機電技術製作小位移平台並整合電路精確控制，可同時達到防手振及縮小元件尺寸的目的。再者，電源電路亦將整合在此模組中，以手機電池的電源透過電壓轉換器來提供足夠的電壓驅動液晶透鏡以及相關的積體電路使用，由於電池的電力有限，電路的功率消耗與電源管理亦是一重要課題。此外，後端的影像處理部分可將液晶成像進行修正，本著以人為本的精神，期能將數位影像經由演算法處理之後，更符合由人眼所看到的真實影像。

三、 研究方法及成果

本計畫所進行的研究乃是個具有高度『異質整合性』的跨領域研究，亦即要求微機電技術、CMOS技術、液晶與光學系統技術、材料

科學、電力電子與電源管理、影像處理、系統控制等相互結合，發展出一個具『多元異質整合系統』之模組，並以五個子計畫來分工合作，以下分述之：

3.1 子計畫一：微機電防手振平台之設計、製作與測試

子計畫一使用SOI製程來製作靜電式與熱電式防振平台，其中靜電式平台的尺寸為 $12 \times 12 \times 0.05 \text{ mm}^3$ ，熱電式平台則為 $0.8 \times 0.8 \times 0.2 \text{ mm}^3$ ，兩者的結構強度均足夠承載影像感測器，並可使用靜電驅動或熱電驅動的方式來補償手振以完成影像防手振的功能，可應用於手機或是PDA等可攜式設備的影像擷取功能。製作方式為使用SOI製程，配合光罩設計與ICP蝕刻製程以完成元件的製作；在元件設計方面主要是以承載三百萬畫素的影像感測器做為考量，經過計算後可知必須補償的行距為 $25\mu\text{m}$ ，同時限制平台產生過大位移或不正常方向動作之結構(stopper)也同樣設計於此平台中以避免靜電式防振平台因位移過大造成邊拉效應與短路的情況。

為了縮小防手振元件尺寸並降低消耗功率，選擇使用微機電技術來製作控制並承載影像感測器(CCD image sensor)的防手振平台，其架構主要包含三個部份：制動器(actuator)、訊號輸出彈性樑(signal output beam)以及承載感測器之平台(shuttle)。

制動器主要的設計重點在於線性度及其可控性，並能在相同的功率消耗下提供平台最大位移。在承載感測元件之平台設計方面，主要考量解耦合(decouple)的效果，簡單而言即是希望其在X-Y平面上移動時，X方向的移動並不會造成Y方向的位移，使得各個獨立的致動器發生接觸或短路，或是造成平台位移與輸入電壓產生非線性關係，進而產生控制上的困難，在Y方向移動時亦然。由於防手振平台中的致動器為上與下，左與右兩兩對稱，因此當平台在上下移動時，對於上與下之梳狀致動器而言，便是在設計驅動之x方向運動，但是對於左與右之梳狀致動器而言，則是在y方向運動，這樣致動距離不但僅能達到左與右端梳狀致動器間隙的大小，更會造成左右端的致動器

短路而損壞，為了避免這兩件事情發生，故需要設計解耦合機制(decoupling)來使驅動兩軸的致動器獨立而互不干涉，如圖二與圖三所示。靜電式防手振平台OM圖則如圖四所示，中間處為承載影像感測晶片之平台，其利用解耦合樑來與制動部分相連，避免產生邊拉效應(side pull-in)而造成元件短路損毀，同時也可以提升平台移動的線性度以提升可控性，在電熱式制動平台方面雖然沒有邊拉效應的問題，但同樣會有耦合效應造成非線性位移現象，另外在驅動熱制動器的時候會產生熱流，為了避免熱流回流到解耦合樑或其他結構，必須設計絕熱結構以避免熱回流造成元件產生非線性驅動的情況，所使用的材料為SU8，圖五為電熱式制動平台完成圖。

在元件製作方面，使用SOI製程來製作防手振平台，流程圖如圖六所示。在經過RCA製程清潔晶圓與表面金屬繞線後(圖六a-c)，使用離子感應耦合電漿(ICP)乾蝕刻機台對SOI表面的矽蝕刻50um以建構出所設計的圖形(如圖六d所示)。接著使用SU8材料進行絕緣結構的製作(如圖六e所示)，並使用氧化層於背面當做硬光罩層(如圖六f所示)，完成正面結構佈局後再利用第二次的ICP蝕刻技術將背面的基板去除，(如圖六g)，最後利用RIE蝕刻技術、HF溶液或HF蒸氣將元件與基板間的二氧化矽去除，完成元件的釋放(如圖六h所示)。接著利用覆晶封裝技術來對準影像感測晶片與平台，並使用熱固膠及加熱製程將平台與感測晶片黏合，如圖七所示；而在量測方面，靜電式與電熱式制動平台的量測結果如圖八與圖九所示，考量到驅動電壓的問題，本子計畫最後使用熱電式制動平台來進行建模與控制器設計，如圖十所示；圖十一顯示加入控制器前後的系統響應，由結果可知防振平台系統的暫態時間在加入控制器後可由50ms下降至1ms左右。

3.2 子計畫二：液晶變焦驅動IC與演算法開發設計

A. 多相位的單電感雙輸出的轉換器應用能量轉換模式控制:

目前市面上的相機模組需要許多阻的不同升壓降壓的電壓輸出，每一組輸出的升降壓輸出因為應用在可攜式產品上面，所以在能量應用必須要有高的效率，不能有多餘能量的浪費。所以使用切換式的電源。但切換式電源的缺點就在於每個輸出都需要一個電感元件。電感元件的體積最後變成是攜帶元件體積上最大的瓶頸。單電感多輸出可以改善這個因素。使體積還有成本大大降低。

但是因為單電感多輸出的架構為了要要抱持輸出電壓穩定和機動性，會在固定的相位內，電流並不會為零。電流會持續流動在電感之間(電流電感轉輪)形成浪費。除了能量轉換效率非常的低以外，輸出的電流也不能很大。

子計畫二設計了單電感多輸出的架構與新的控制方法，每一個輸出都有一個誤差放大器，兩個誤差放大器的輸出之間會根據目前總能量需求自動調節電流的供給，然後會自動選擇不同的相位不同的開關順序提供不同高度的電流供給。在圖十三和圖十四中，當輸出電流變大，內部控制信號立刻抬升兩個通道的電流，並且調整兩個通道的提供電流時間，並且隨者誤差控制信號的變化逐步的降低或抬升電感電流的為準，同時做到最小的自留電流，使得效率在同樣的電路系統下面，達到最好的效率，另外電路使用了一個複合相加技術。我們控制單電感雙輸出的轉換器的開關順序，會自動將兩個電壓輸出位準做波峰和波谷的抵消，使得輸出電壓可以達到最小的漣波電壓，實驗後發現漣波電壓降低並且有 91%的最高效率。

B. 雙向的能量預測控制 65nm CMOS 製程可以自我修正 98%的 交互耦合的雙輸出直流轉換器:

這個設計使用在 65nm CMOS 製程上面，同時可以達成精確的電壓輸出控制，尤其在切換式的電源設計中，多各通道輸出間通常會有彼此干擾的機會，我們這個技術可以大大降低多輸出通道間因為電流附載改變造成的彼此干擾。會修正到干擾最小的狀態。改善單電感多輸出最大的困難之一。

由於不同通道之間的輸出變化，無論是輸出電壓的變化，輸出電流還有兩個通道間內部控

制為準的變化都會使得另外一個通道在突然變化中沒有辦法保持應有的能量供應。在同時控制內不誤差放大器的輸出之後，如果我們控制兩個通道能量比例的差異，並控制波寬大小來減少兩通道間的干擾。電路則使用一個可變等效電阻來追蹤輸出電壓和輸出電流的變化，在圖十七顯示經由偵測電流的監控電路，我們可預測必須修正的誤差信號控制位準，並利用控制電路修正控制限制信號的上下邊緣，使得 OFF-TIME 時間的控制變得可以自動可以修正外部多個條件的變化。在圖十八中，是使用與未使用控制方法的量測結果圖，由圖可知本設計確實可以消除 98%雙通道間的干擾。

結合以上 A 和 B 兩個技術，我們可以降低電源電路的數目，大大降低相機控制電路中電源部分的體積以及成本。

C.使用硬切控制技術消除右半平面零點的連續電流模式升壓轉換器:

近幾年來環保意識的抬頭，低污染的綠能技術越來越受到關注，因此在手機電源模組的應用上，效率的考量越來越重要。而傳統的直流升壓轉換器大多採用電流模式的架構，由於 RHP ZERO 的關係，其會嚴重的限制系統的頻寬，因此反映在系統上，當負載變換的時候，輸出電壓會下降或上升一個非常大的電壓，這個變化量，會超過輸出電壓 10%，沒有辦法達到手機 LED 背光模組及照相模組所需的規格。而且由於系統頻寬被限制，使得當負載變化時，輸出電壓的回復時間就會變的非常的長，效率也會變的較差。這也會讓手機的系統沒有辦法接受。

為了要達到快速的暫態反應及較小的輸出變化量，目前已經有很多的技术被提出了，像是 DPZ 補償控制技術，V2 control 控制技術等。DPZ 的補償控制技術雖然有快速的暫態反應，其設計必須要精準，不然暫態時容易出現震盪的現象，而 V2 控制技術需要比較大的 ESR，且 Vout 有比較多的 noise，要得到準確的電流資訊變成一種挑戰。因此具有動態調整電壓技術的直流升壓轉換器就被提出了。它能夠有效的改善暫態反應時間及降低輸出電壓的變化，已符合手機相機模組規格的需求

這個技術是提出了新的具有快速反應的動態調整電壓(AVP)技術的直流升壓轉換器，用來將右半平面零點(RHP zero)的效應降到最低。使用在 AVP 上的固定輸出電壓阻抗這個概念已經蠻普遍的使用在降壓轉換器上，但由於右半平面零點的出現阻礙了固定輸出電壓阻抗這個目的的達成。因此我們提出了調整的技術來達到固定輸出電壓阻抗和動態調整電壓的目的。這個具有動態調整電壓技術的直流升壓轉換器和傳統的相比較提共了非常快的暫態反應以及較小的突升(overshoot)及突降(undershoot)輸出電壓。量測的結果顯示了非常好的效能，輸出電流從 100mA 到 400mA 時只花了 4us，而輸出電壓只掉了 40mV。

3.3 子計畫三：成像品質之數位影像演算法開發

JPEG XR又稱HD-Photo、Windows Media Photo，在2006年11月由微軟(Microsoft)提出的影像壓縮演算法，希望取代JPEG與JPEG2000，並且於2007年10月送交聯合影像專家組織，正式稱作 JPEG XR，XR的意思為 Extended range，希望成為新一代的影像標準，此算法的特性在於支援多種影像格式，如：RGB、CMYK、Grayscale、n-channel等，並使用 scRGB色域(Color gamut)空間，其所包含之顏色比 JPEG的 sRGB豐富，所以影像經過編解碼之後，依然保持最真實的色彩，符合高品質影像要求，圖二十一是個例子，說明廣色域的好處，在黃色氣球與人臉膚色部份就可以明顯看出之間的差別，圖二十二展示出scRGB的色域空間已經大於人眼的範圍，補足的sRGB的不足。

以目前感測器技術，如：液晶電視與相機的CMOS感測器對單色的解析度皆已達10位元以上甚至更高，現在傳統的單色8位元表示法已不合所需，如：JPEG，無法提供更豐富的色彩，而JPEG XR可以支援到單色16、32位元與浮點數壓縮，以滿足感測器所需，提供較高的動態範圍(High dynamic range, HDR)，從影像擷取端至壓縮演算法都不會失去任何資訊，消費者只要選擇適當的顯示器與色調轉換公式(Tone mapping)即可享受高畫質的影像。

JPEG XR的失真與無失真壓縮演算法都是採用同一套演算法，這對可攜性電子產品可是一大福音，不需要花費二倍的硬體，即可提供二種演算法，壓縮率與躁訊比(PSNR)方面，JPEG XR可以在相同的影像品質下提供比JPEG高一倍的壓縮率，JPEG XR能提供與JPEG 2000近似的影像品質，演算法複雜度卻大大減少，非常適合在低耗電的電子產品上，此外，JPEG XR在無失真壓縮的表現也是同樣亮眼，能高達2.5倍的壓縮率。

本子計畫之演算法流程如圖二十三所示，由於壓縮過程中使用取樣會造成資料的流失，Pre-scaling的作用即為調整資料大小，增加表示範圍，在經過幾個後面元件的處理時，才不至於損失更多的原始資訊，而眼睛對亮度的敏感度較強，所以色相轉換(Color space)的目的即是為了符合人眼特性，JPEG XR 採用與JPEG相同的轉換公式，目的都是為了減少RGB顏色在人類視覺上的關連性。而在Transform方面有別於JPEG的離散餘弦轉換(DCT)，而是採用類似JPEG 2000 的離散小波轉換(DWT)架構，進行多層的運算，過濾出高頻、中頻、低頻資料，如圖二十四，以利後續的處理。為了進一步的增加PCT轉換效能，所以全部的轉換演算法皆採用整數運算的方式處理，避免浮點數對硬體帶來的困擾。最後即是使用熵編碼(Entropy encode)，利用霍夫曼(Huffman)的機率統計方式提供無損式的影像編碼，減少資料間的亂度，出現機率較頻繁者，在編碼時則給予少許的唯一代碼，相反的，出現機率低的係數，則給予較長的代碼，最後得到最簡的結果。圖二十五則為最後設計的晶片佈局圖。

JPEG在影像壓縮市場上已稱霸廿餘年，取而代之的就會是以支援HDR影像與提供更好影像品質的JPEG XR，本子計畫在此完成全新的硬體架構，並以Cell-Based 設計方式實現。

3.4 子計畫四：創新液晶變焦透鏡應用於手機相機模組化鏡頭之實現

本計畫兼具理論分析與實務操作，將自動變焦系統加入原本薄型化之手機相機模組

內，使一般受空間限制而無法自動對焦系統得以實現。本研究更能應用在其他光學領域，如雷射變焦、光鉗 3D 操作及 3D 顯示器，包括電機控制、生物醫療及光學應用，並滿足相關生物產業之需要，並在需要光學變焦的手機相機模組上，設計出焦距可調式液晶透鏡(Tunable- Focusing Liquid Crystal Lens, 簡稱 Tunable LC lens)，藉由液晶的光電特性來取代傳統的玻璃或塑膠光學鏡片。目前光學變焦尚未完全應用於照相手機上，因為光學變焦的功能尚未流行於一般消費大眾中，且光學變焦所需之相機模組體積較一般之自動對焦模組大得多，但是由於液晶透鏡本身的調焦功能，若搭配上音圈馬達可微小調變行程的功能，即可輕鬆達到光學變焦的效果，不需搭配如一般相機龐大的拉伸鏡頭，並且所需額外付出的金額不高，因此將液晶透鏡應用於光學變焦上，也有其可行之處。今年成果效益國際會議論文四篇；國際期刊論文二篇。利用多圈不等寬度之電極設計方式，模擬、製作以及量測所設計之液晶負透鏡，在將來使其能應用於相機上之變焦系統。

計畫目的為利用液晶透鏡達成自動變焦之目的。另外採取正、負型透鏡之光學設計搭配，產生具有影像放大功能，運用在任何光學變焦。此外並整合透鏡模組與 CCD 感測器，更增加許多彈性。此計畫主軸為設計一新型之負型液晶透鏡(LC lens)，使其可取代相機上之傳統負型透鏡。其電極之設計利用多圈不等寬度電極，彌補傳統餅型變焦液晶透鏡因孔徑過大，造成折射率分佈不若漸進式折射率透鏡(GRIN lens)完美之缺憾，使其折射率分佈更為接近負型漸進式折射率透鏡。此透鏡為對稱型之結構，用以產生對稱之電場分佈。在產生理想負型透鏡之折射率分佈情形下，電極寬度之設計，利用不同位置所需供應給液晶之電壓對位置之斜率和電極寬度成正比之方式，於此論文中總共設計了八圈之電極，並應用於大孔徑5mm 之透鏡上，設計之結果先以液晶模擬軟體 DIMOS.2D 模擬出等電位線與液晶轉動角度，再利用軟體 MATLAB 計算出折射率分佈，最後經由此折射率分佈推算出相對應之等效焦距。此外，也利用光追跡軟體 TracePro 做光強度分佈之模擬，用以模擬與比較設計之

負型液晶透鏡與理想之負型漸進式折射率透鏡於光強度分佈上之差異。而於電極製作之製程上，此論文中採用多層蝕刻之方式，用以避免電極產生破裂之情形，將可使電場分佈更為平順。最後，製作出孔徑比傳統液晶透鏡大之多圈不等寬度之負型液晶透鏡，並藉由量測干涉條紋計算出其等效焦距。液晶負型透鏡實際成品可由如圖二十六(a)所示，可以看到其不等寬之八圈電極，並由圖二十六(b)可得知，本計劃之液晶負型透鏡之實體，由圖中之尺規得知，此樣品之長寬尺寸在 2.5mmX2.5mm 以內，並於實際量測結果，可由圖二十七驅動電壓與有效焦距之絕對值作圖中得知，此液晶負型透鏡其有效焦距範圍為無窮遠至-350mm 間，而其最大驅動電壓為 0 至 120 伏。

3.5 子計畫六：快速動態反應液晶透鏡之電極與配向設計

A. Over-drive Method (過驅動方法)

液晶透鏡為獲得聚焦能力，必須增加液晶層的厚度(60um)，藉此產生足夠的光程(Optical Path Length)變化，導致傳統液晶透鏡的聚焦反應時間高達數十秒。本計畫中我們提出使用瞬間高電壓($V=10\text{Volt}$)驅動液晶分子快速轉動至預定角度的過驅動方法(Over-drive Method)，大幅縮短液晶透鏡聚焦所需的時間。

過驅動方法是在控制電極上施予極短時間的高電壓，迫使液晶分子快速轉動到聚焦狀態的方法，如圖二十八所示。然而此時液晶分子的排列處於非穩定態，若繼續施予高電壓則會使液晶分子朝同方向排列，導致液晶透鏡失去聚焦能力。因此當液晶分子轉動到預定角度後，必須隨即切換成優化過的穩定低電壓，使液晶透鏡維持聚焦，而透過量測聚焦光源強度的量測結果顯示於圖二十九。

B. 電壓漸變式液晶透鏡.

傳統液晶透鏡為了達到連續的折射率曲線分佈，必須將控制電極製作於玻璃基板外側，並非直接接觸液晶層，導致電能大量流失在玻璃基板中。與傳統液晶透鏡相比，電壓漸變式液晶透鏡是一種內置電極液晶透鏡，其控制電極直接接觸液晶層，能夠大幅降低操作電壓，並且縮短聚焦反應時間，實體照如圖三十

一所示。其關鍵技術為，在控制透明電極(ITO)之上鍍一層高電阻材料(High Resistance layer)，這層材料可以有效地把能量留在液晶層，讓能量不會浪費在其他地方。因為高電阻層的幫忙，電壓漸變式液晶透鏡的驅動電壓只需要不到 4 伏特，而搭配本實驗室之前提出之過驅動方法，可以有效地將聚焦時間縮短到 0.8 秒，如圖三十二所示。圖三十三為實際拍攝電壓漸變液晶透鏡聚焦於不同位置的物體圖。

四、 討論與結論

本整合型計畫之系統架構如圖一所示，子計畫一與子計畫二的部分已整合於印刷電路板，子計畫四與子計畫六的部分除了已整合成液晶鏡頭模組外，也整合子計畫二電源管理系統以進行液晶鏡頭模組的驅動，而最後所得到的影像則由子計畫三之影像處理單元進行高畫質壓縮與處理，並由這幾個子系統進行異質整合而完成手機相機模組。然在防振平台模組的部分雖然取得市售的影像感測晶片裸晶，但無法取得影像感測晶片解碼程式，因此在液晶鏡頭模組的部分選擇使用市售的影像擷取模組進行影像擷取，並依照得到之影像品質進行變焦控制；在防振平台方面，所量測到的結果皆以符合計畫預定規格，靜電式與熱電式制動平台的操作電壓分別低於 50 V 與 20 V，解耦合比都在 10 以上且皆可在 1kHz 的操作頻率下工作，而在液晶鏡頭模組的部分，可在低於 5 V_{rms} 的操作電壓下工作，反應速度僅需 0.6 秒，與參考文獻特性比較的部分表示於圖三十四。

五、 參考文獻

- [1]. Sun L, Wang J, Rong W, Li X and Bao H 2008, "A silicon integrated micro nano-positioning XY-stage for nano-manipulation." J. Micromech. Microeng. 18 125004
- [2]. Takahashi K, Mita M, Fujita H and Toshiyoshi H 2006, "A high fill-factor comb-driven XY-stage with topological layer switch architecture." IEICE Electron. Express 3 197-202
- [3]. Kwon H N, Lee J-H, Takahashi K and Toshiyoshi H 2006, "Micro XY stages with spider-leg actuators for two-dimensional optical scanning." Sensors Actuators A 130-131 468-77
- [4]. Kwon S and Lee L P 2002, "Stacked two dimensional micro-lens scanner for micro confocal imaging array."

Proc. IEEE MEMS '02 pp 483-6

[5]. Laszczyk K, Bargiel S, Gorecki C and Krezel J 2008, "Towards integration of glass microlens with silicon comb-drive X-Y microstage." *IEEE/LEOS Int. Conf. on Optical MEMS and Nanophotonics* pp 168-9

[6]. Yasumura K Y, Grade J D and Jerman H 2002, "Fluid damping of an electrostatic actuator for optical switching applications." *Proc. Solid-State Sensor, Actuator and Microsystems Workshop* pp 358-61

[7]. Takahashi K, Kwon H N, Mita M, Saruta K, Lee J-H, Fujita H and Toshiyoshi H 2007, "A silicon micromachined f- θ microlens scanner array by double-deck device design technique." *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.* 13 277-82

[8]J. C. Chiou, Chen-Chun Hung, Chun-Ying Lin, "Design, Fabrication, and Actuation of MEMS-Based Image Stabilizer for Photographic Cell Phone Applications," *Journal of Micromechanics and Microengineering*, Vol.20, No.7, June, 2010

[9]J. C. Chiou, Chen-Chun Hung, Chun-Ying Lin and Y. J. Lin, "Design, Fabrication, and Actuation of MEMS-Based Image Stabilizer," *Journal of Japan Applied Physics*.

[10]. Yang J P, Mou J Q, Chong N B, Lu Y, Zhu H, Jiang Q, Kim W G, Chen J, Guo G X and Ong E H 2007, "Probe recording technology using novel MEMS devices." *Microsyst. Technol.* 13 733-40

[11]. Chih-Chun Lee, Wen-Chih Chen, Sz-Yuan Lee and Weileun Fang 2010, "Design and Implementation of a novel polymer joint for thermal actuator current and thermal isolation" *IEEE MEMS conference* page.156-159.

[12]. Legtenberg R, Groeneveld A W and Elwenspoek M 1996 Comb-drive actuators for large displacements *J. Micromech. Microeng.* 6 320-9

[13]. J. Wu, R. Yue, X. Zeng, M. Kang, Z. Wang, and L. Liu, in *Proceedings of the first IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems, NEMS '06, Zhuhai, China, 18-21 January 2006*, pp. 1152-1155

[14]. D. H. Yeom, N. J. Park, and S. Y. Jung "Digital controller of novel voice coil motor actuator for optical image stabilizer," *International Conference on Control, Automation and Systems 2007*, pp. 2201-2206, Oct. 2007.

[15]. K. Sato, S. Ishizuka, A. Nikami, and Mitsuru Sato, "Control technique for optical image stabilizer system," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 39, no. 3, pp. 461-466, 1993.

[16]. G. R. Chen, Y. M. Yeh, S. J. Wang, and H. C. Chiang, "A novel structure for digital image stabilizer," *The 2000 IEEE Asia-Pacific Conference on Circuits and Systems*, pp. 101-104, Dec. 2000.

[17]. H. W. Huang, K. H. Chen, and S. Y. Kuo, "Dithering skip modulation, width and dead time controllers in highly efficient DC-DC converters for system-on-chip applications," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, pp. 2451-2465, 2007.

[18]. C. F. Lee, P. K. T. Mok "A monolithic current-mode CMOS DC-DC converter with on-chip current-sensing technique," *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 39, pp. 3-13, 2004.

[19]. F. Su, W. H. Ki, and C. Y. Tsui. "Ultra fast fixed-frequency hysteretic buck converter with maximum charging current control and adaptive delay compensation for DVS applications" *IEEE Journal of Solid-State Circuit*, vol. 43, pp. 815-822, 2008.

[20]. Y. W. Huang, B. Y. Hsieh, T. C. Chen, and L. G. Chen, "Analysis, fast algorithm, and VLSI architecture design for H.264/AVC intra frame coder," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 15, no. 3, pp. 378-401, 2005.

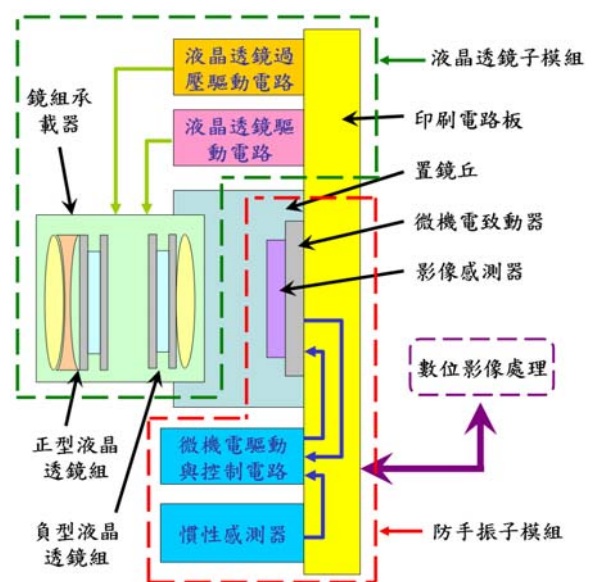
[21]. L. V. Agostini, I. S. Silva, and S. Bampi, "Pipelined entropy coders for JPEG compression" *Proceedings 15th Symposium on Integrated Circuits and Systems Design*, pp. 203-208, 2002.

[22]. Y. Hayashi, H. Tsutsui, T. Masuzaki, T. Humi, T. Onoye, and Y. Nakamura, "Design framework for JPEG2000 encoding system architecture," *Proceedings of the 2003 International Symposium on Circuits and Systems*, vol. 2, pp. 25-28, May 2003.

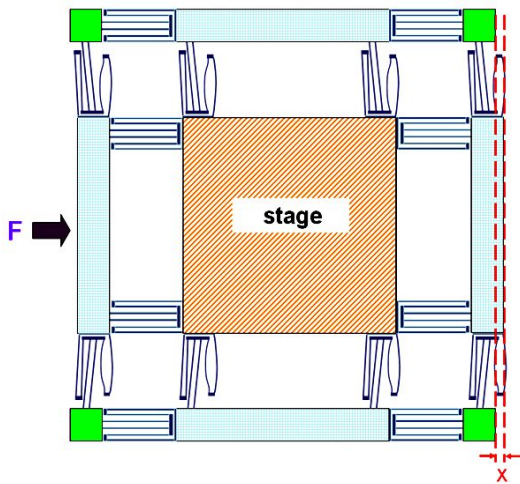
[23]. M. Ye, S. Hayasaka, and S. Sato, "Liquid crystal lens array with hexagonal-hole-patterned electrodes," *Japanese Journal of Applied Physics*, vol. 43, no. 9A, pp. 6108-6111, 2004.

[24]. B. Wang, M. Ye, and S. Sato, "Liquid crystal lens with stacked structure of liquid-crystal layers", *Optics Communications*, vol. 250, no. 4-6, pp. 266-273, 2005.

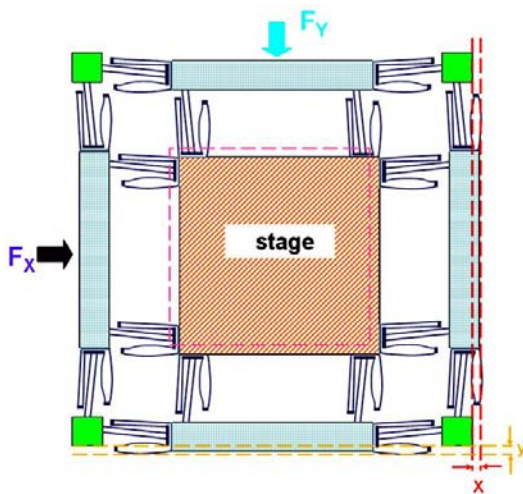
[25]. M. Ye, B. Wang, and S. Sato, "Liquid crystal lens with focus movable in focal plane," *Optics Communications*, vol. 259, no. 2, pp. 710-722, 2006.



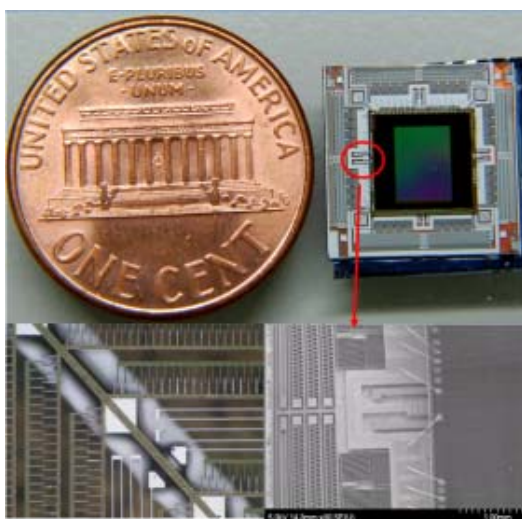
圖一 模組系統架構圖



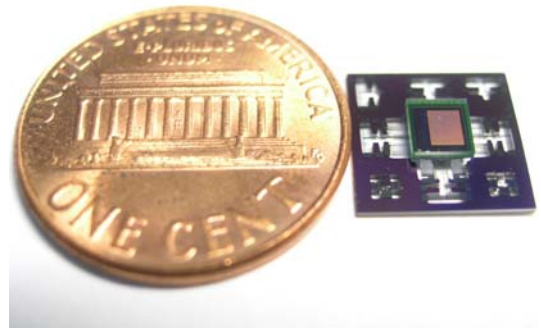
圖二 防手振平台 X 方向之解耦合



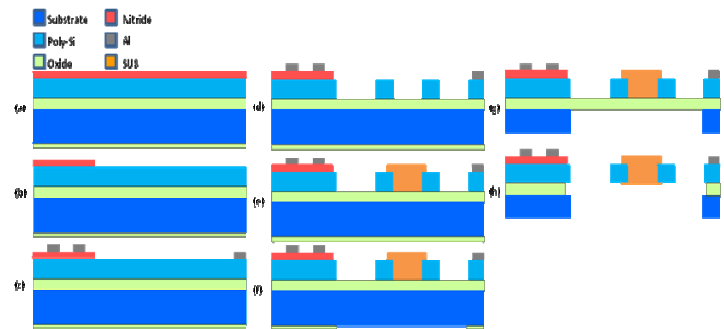
圖三 防手振平台 X 與 Y 方向之解耦合



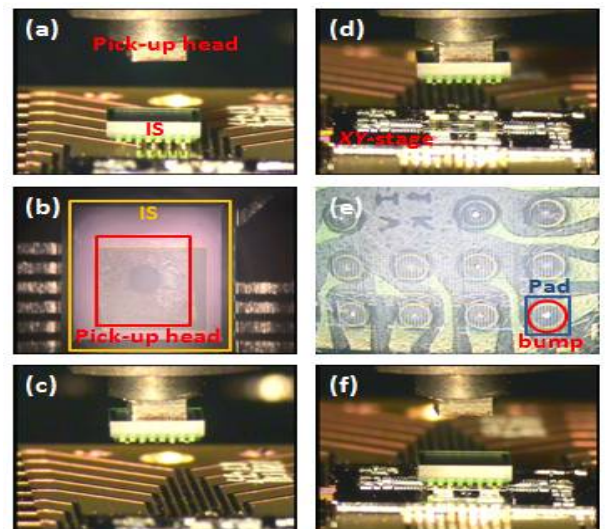
圖四 靜電式防手振平台



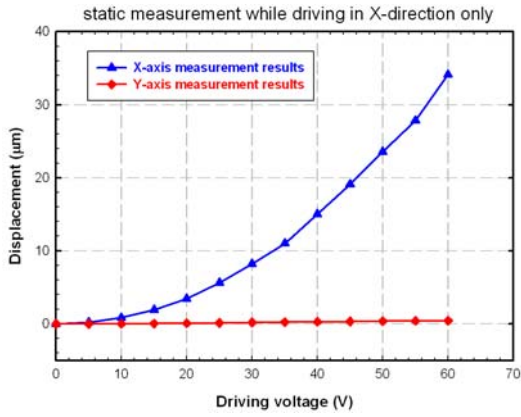
圖五 熱電式防手振平台



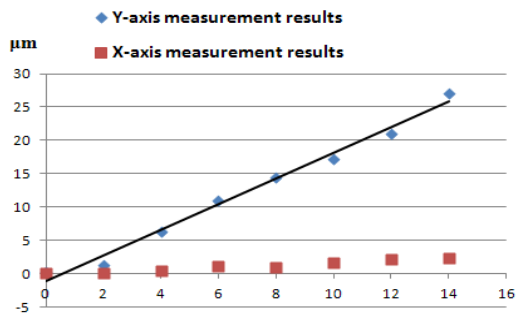
圖六 防手振平台製作流程圖



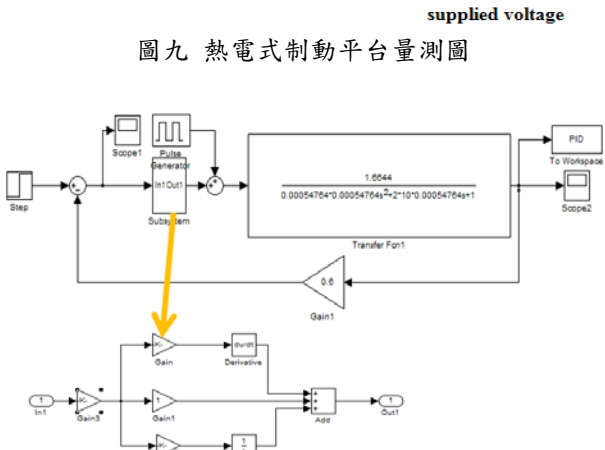
圖七 覆晶封裝流程圖



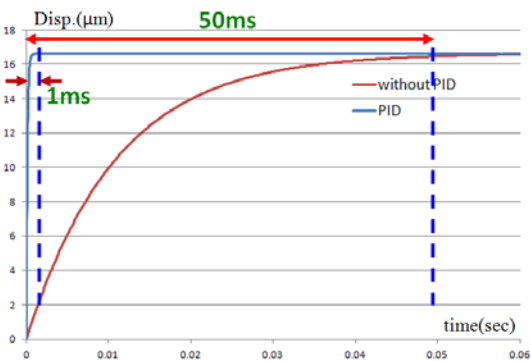
圖八 靜電式制動平台量測圖



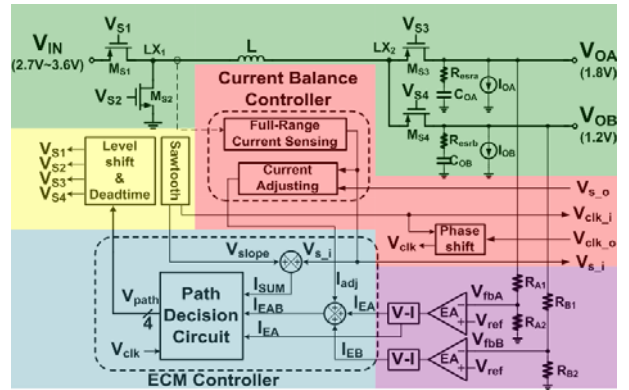
圖九 熱電式制動平台量測圖



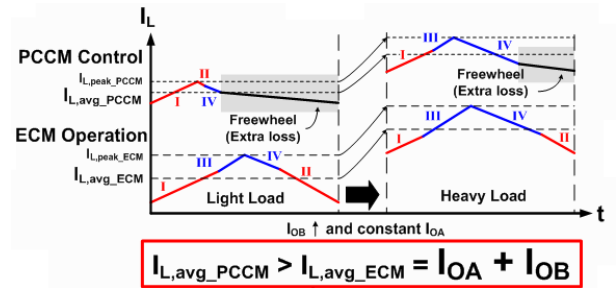
圖十 系統模型與控制器設計



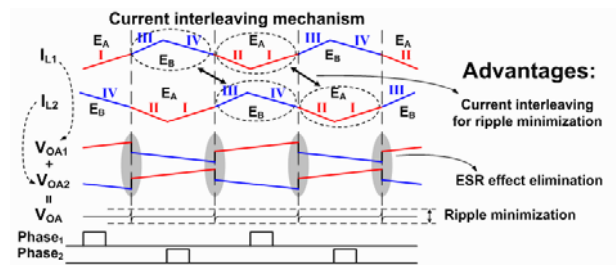
圖十一 加入控制器前後之系統響應



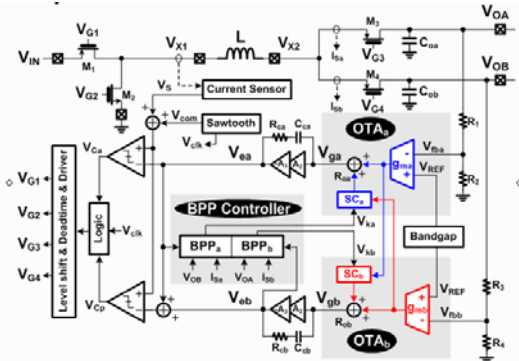
圖十二 可自我修正升降壓多輸出之切換式電壓轉換器



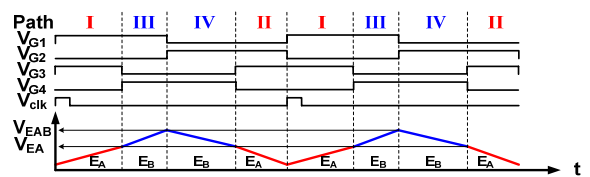
圖十三 自動抬升或下降需要的電流位準



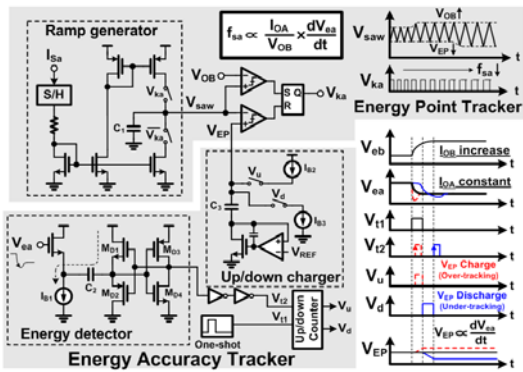
圖十四 使用判斷位準控制方法可降低雜訊



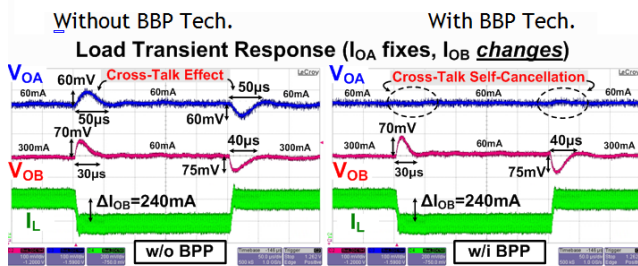
圖十五 多輸出升降壓電路結構



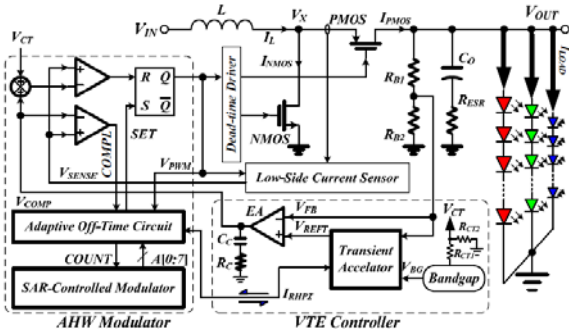
圖十六 電流控制方式



圖十七 隨不同輸出電壓電流條件調準開關長度

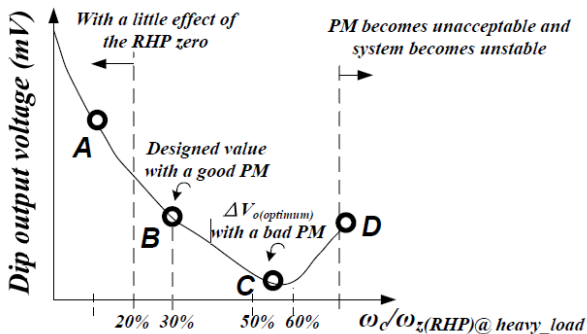


圖十八 量測結果



LED Backlight Driver with the SDC Controller

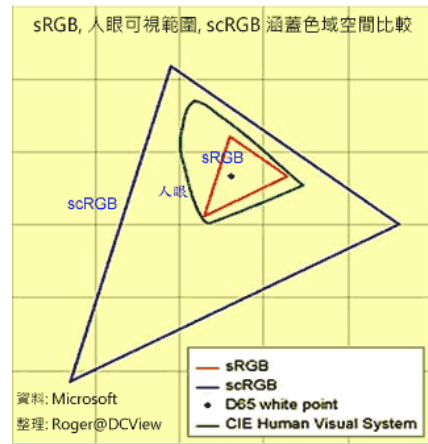
圖十九 所設計之升壓電源電路



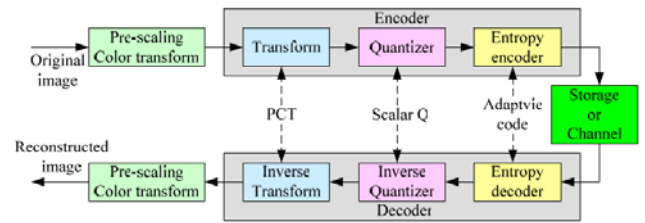
圖二十 右半零點移動技術



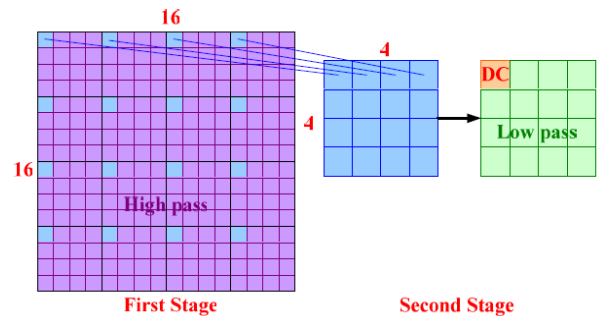
圖二十一 JPEG與JPEG XR之比較



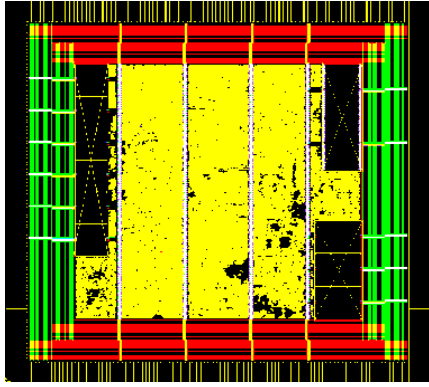
圖二十二 scRGB與sRGB之比較



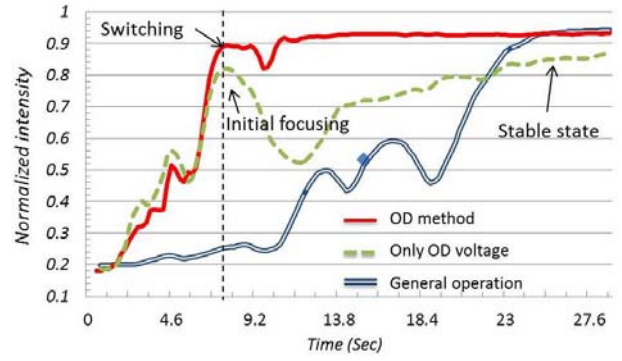
圖二十三 編碼流程圖



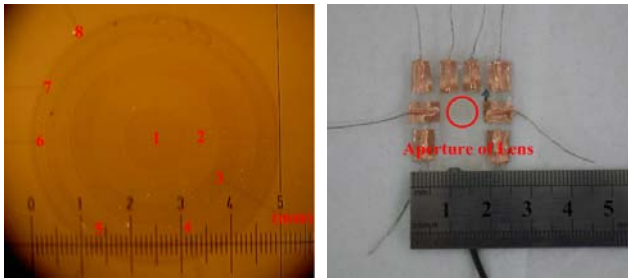
圖二十四 PCT轉換



圖二十五 JPEG-XR晶片佈局圖

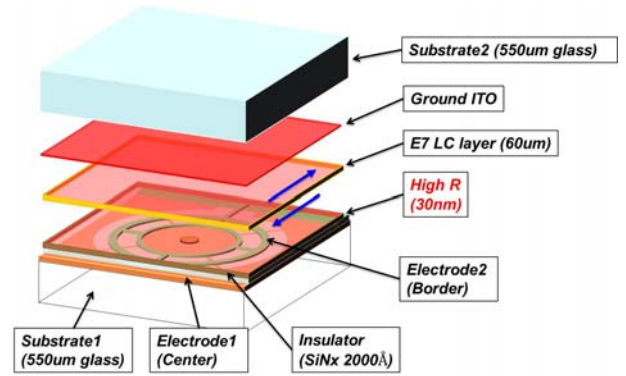


圖二十九 聚焦反應時間由 25 秒縮短為 8 秒

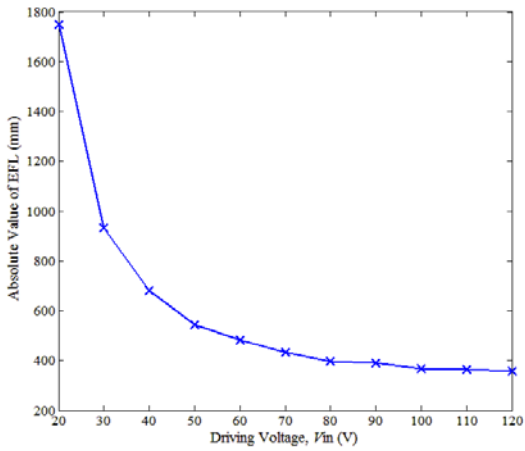


(a) (b)

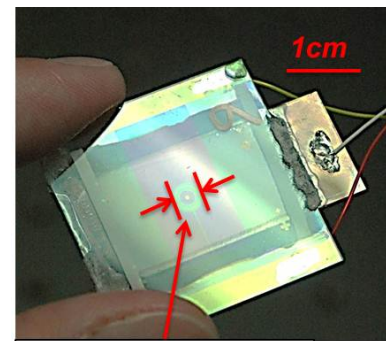
圖二十六 (a)多圈不等寬電極,(b)液晶負型透鏡樣品



圖三十 電壓漸變液晶透鏡結構示意圖

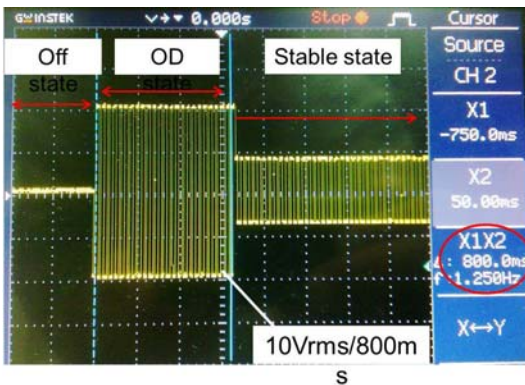


圖二十七 驅動電壓與有效焦距之絕對值作圖

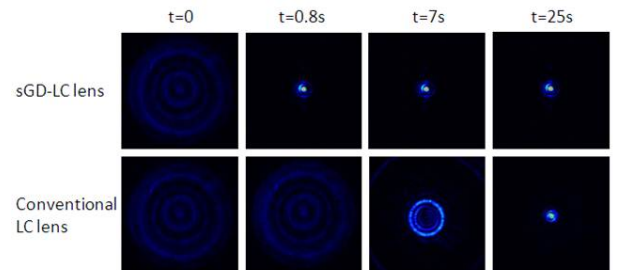


GD-LC Lens (2mm)

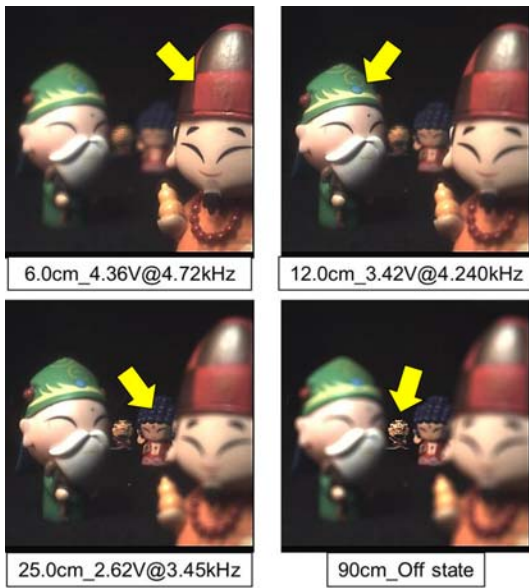
圖三十一 電壓漸變液晶透鏡



圖二十八 瞬間高電壓之過驅動方法



圖三十二 電壓漸變液晶透鏡與傳統液晶透鏡聚焦時間比較



圖三十三 實際拍攝不同距離物體照片

Lens Type	Positive	Positive	Negative
Group	<i>LC Lens (S.T. Wu 2006)</i>	<i>LC Lens (Y.S. Lin 2010)</i>	<i>LC Lens (Sato 2009)</i>
Aperture	-	-	2mm
Thickness (Glass+Cell)	(Cell Gap=25um)	(Cell Gap=25um)	0.73mm (Two LC Layers=60um)
Focal Length (Mm)	960mm	100mm	-6500mm
Response Time	-30s	433ms	-
Driving Voltage	140Vrms	90Vrms	40Vrms with 20kHz
Structure			
Lens Type	(a) Positive	(b) Positive	(c) Negative
Our Group	Sub-project4 Unequal Widths Me-LC Lens	Sub-project6 sGD-LC Lens	Sub-project6 Unequal Widths Me-LC Lens
Aperture	4mm (Large aperture)	2mm	2mm (Large aperture)
Thickness (Glass+Cell)	-0.65mm (Cell Gap=50um)	-1.16mm (Cell Gap=60um)	-1.05mm (Cell Gap=50um)
Focal Length (Mm)	180mm	600mm	-600mm
Response Time	-1.5s	-600ms (Fast response time)	-5s
Driving Voltage	<10Vrms with 1kHz (Low voltage)	<5Vrms with 1kHz (Low voltage)	<40Vrms with 1kHz
Structure			

圖三十四 液晶透鏡組與參考文獻特性比較表

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2011/10/05

國科會補助計畫	計畫名稱: 總計畫(3/3)
	計畫主持人: 邱俊誠
	計畫編號: 99-2220-E-009-001- 學門領域: 晶片科技計畫--整合型學術研究計畫
無研發成果推廣資料	

99 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：邱俊誠		計畫編號：99-2220-E-009-001-					
計畫名稱：創新異質整合智慧型手機相機模組之研究--總計畫(3/3)							
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數(含實際已達成數)	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	1	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	9	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	5	3	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	1	0	100%	件	
		權利金	1500	0	100%	千元	
	參與計畫人力 (本國籍)	碩士生	5	5	100%	人次	
		博士生	9	5	100%		
博士後研究員		0	0	100%			
專任助理		0	0	100%			
國外	論文著作	期刊論文	12	3	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	22	5	100%		
		專書	0	0	100%	章/本	
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力 (外國籍)	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
博士後研究員		0	0	100%			
專任助理		0	0	100%			

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>無</p>
--	----------

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）