

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

新型 Q 值調制鎖模脈沖串式高解析度雷射測距技術開發研究 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 95-2221-E-216-040-
執行期間：95 年 08 月 01 日至 96 年 07 月 31 日
執行單位：中華大學機械與航太工程研究所

計畫主持人：陳振文

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：莊凱鈞、黃柏程、陳俊男

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2 年後可公開查詢

中華民國 96 年 10 月 27 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

新型 Q 值調制鎖模脈衝串式高解析度雷射測距技術開發研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 95-2221-E-216-040-
執行期間：95 年 8 月 1 日 至 96 年 7 月 31 日

計畫主持人：陳振文
共同主持人：
計畫參與人員：莊凱鈞、陳俊男、黃柏程

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：中華大學 機械暨航太工程研究所

※ 中 華 民 國 九 十 六 年 七 月 二 十 五 日

中、英文摘要及關鍵詞(keywords)

計畫中文摘要：

本研究計畫是新型 Q 值調制鎖模脈衝串式高解析度雷射測距技術研究。我們不但是用我們已研究成熟的五種被動式飽和吸收元件，可以同時產生 Q 值調制且鎖模的脈衝串式亞格雷射，來發展高解析度雷射測距技術；並且運用我們新發展的多頻式鎖相測距理論及實體優化之研究，來達到高解析度雷射測距技術完全的研究開發。是一個最完整的有理論及實驗的研究計畫。

本研究討論了雙頻雷射測距系統的工作原理，其中使用了鎖相迴路，調變不同頻率達成高解析度且大範圍量測尺度之目標。並藉著適當的電子元件驗證完成測距功能。在研究中，我們發現了新型的多頻式鎖相功能即可由基本雙頻鎖相電路產生，而不必增加電路的複雜性。我們在本研究計畫完成了完整的理論推導，並撰寫程式模擬理論結果。我們也在本研究計畫內做了實體的電路模組驗證理論推導，並使用通用商規電子元件做印刷電路板電路，量測便宜單價電子元件做高頻鎖相量測其精度之等量極限度。我們的研究結果可將相位控制在誤差 0.7° 以內。但如我們可以應用多頻式鎖相功能做消除直流電位補償的方法，修正相位計算時使用反正切函數所造成的錯誤，並使用相位展開技術將相位由 $-\pi/2$ 到 $\pi/2$ 展開成 0 到 2π ，可以達到更小的相位誤差。而這相位誤差值與理論值 0.2° 的差異也就是通用商規電子元件的量測極限。

本研究補足了國內雷射測距技術領域的缺塊，使我們建立完全的雷射測距技術及排除外國專利的困擾。更重要的是有實做的量測數值，可以提供我國內業者技轉的標的。

關鍵詞: 雷射測距、Q 值調制鎖模脈衝串、鎖相迴路、高精度雷射量測。

計畫英文摘要：

This research project is the investigations of the novel multiple- frequencies phase locked ranging principles and the optimizations of the hardware manufacturing. We have derived and modeling the novel multiple- frequencies phase locked ranging principles and verified the theoretical results with the practical consumer electronic components.

The research begins with the double frequencies phase locked loop ranging algorithm that can resolve the ranging accuracy satisfactorily. In the detail analysis of the results, we have found that the multiple-frequency phase lock could be obtained without extra circuit components. In this research we thoroughly derived and modeling the novel multiple- frequencies phase locked ranging principles, and simulate this theoretical results. And we have verified the results with the practical non-expensive consumer electronic components. A 0.7° phase locked accuracy had been obtained. But by using the DC offset feedback method, and the errors due to the use of inverse tangent function in the correction of phase calculations, the phase unwrapping

of 0 to 2π instead of $-\pi/2$ to $\pi/2$, we can achieve better phase locked accuracy than 0.7° . And the difference of the better phase locked accuracy to the theoretical value of 0.2° is the ultimate limitation of the consumer electronic components accuracy.

These research results can make up with the vacancy of the technical roadmap and the patent fighting of our insufficiency, and definitely can help the domestic engineers with advance technical knowledge.

Key words : Laser ranging 、 phase locked loop 、 DC offset feedback 、 phase unwrapping 、 .high resolution laser ranging.

報告內容：

前言：

本研究計畫是新型 Q 值調制鎖模脈衝串式高解析度雷射測距技術研究。我們不但用我們已研究成熟的五種被動式飽和吸收元件，可以同時產生 Q 值調制且鎖模的脈衝串式亞格雷射，來發展高解析度雷射測距技術；並且運用我們新發展的多頻式鎖相測距理論及實體優化之研究，來達到高解析度雷射測距技術完全的研究開發。

研究目的及成果：

考慮雷射量測的 algorithm 及技術，和相關的經驗說明，如下所示：

雷射測距技術能量

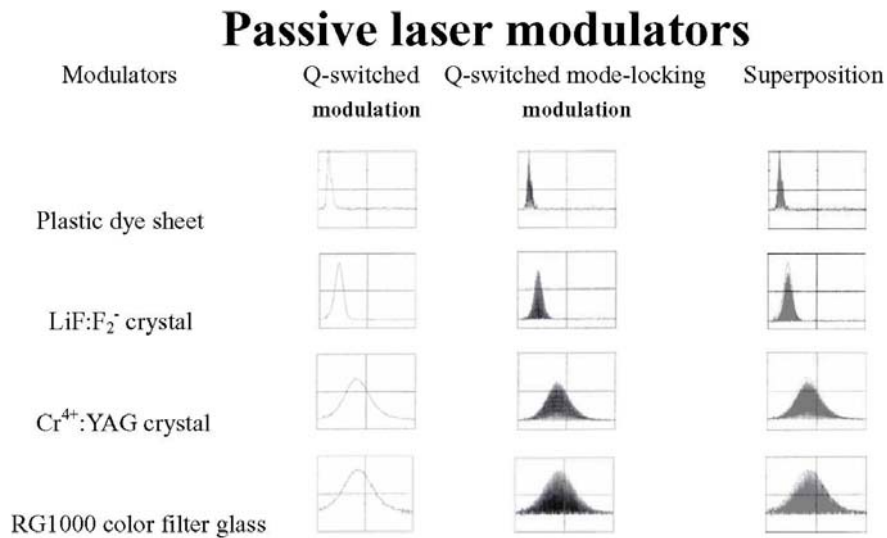
種類	範圍及精度	技術	備考
1. 最遠距離/低精度			
月球雷射測距儀	30 萬公里 / 5 公尺	●TOF	●超高功率雷射
衛星雷射測距儀	100~1000 公里 / 5 公尺	●TOF	●特定雷射
	(0.00005)		●定位及追蹤系統
2. 遠距離/低精度			
軍用雷射測距儀	10~100 公里 / 5 公尺	●TOF	●高功率雷射
	(0.0005)		●瞄準及追蹤系
			●人眼安全波長
3. 中距離/中精度			
休閒雷射測距儀	100~1000 公尺 / 0.5 公尺	●TOF	●中低功率雷射
(高爾夫雷射測距儀)	(0.0005)	ΔPhase	●人眼安全波長
		Δ相位電子技術	
4. 短距離/高精度			
量測雷射測距儀	0.3~100 公尺 / 3 毫米	●TOF	●低功率雷射
(室內外土木量測、	(0.0001)	○高精度	●人眼安全波長
裝潢施工、精密量測)		相位鎖定	
		○高頻	○高頻相位電子技術
5. 極短距離/最高精度			
精密雷射量測儀	~0.01 公尺 / ~微米	●TOF	●低功率雷射
(微米雷射量測儀)	(0.001)	ΔPhase	●人眼安全波長
		●干涉架構	●雷射光干涉技術

其中：● 表示已具備完全技術，

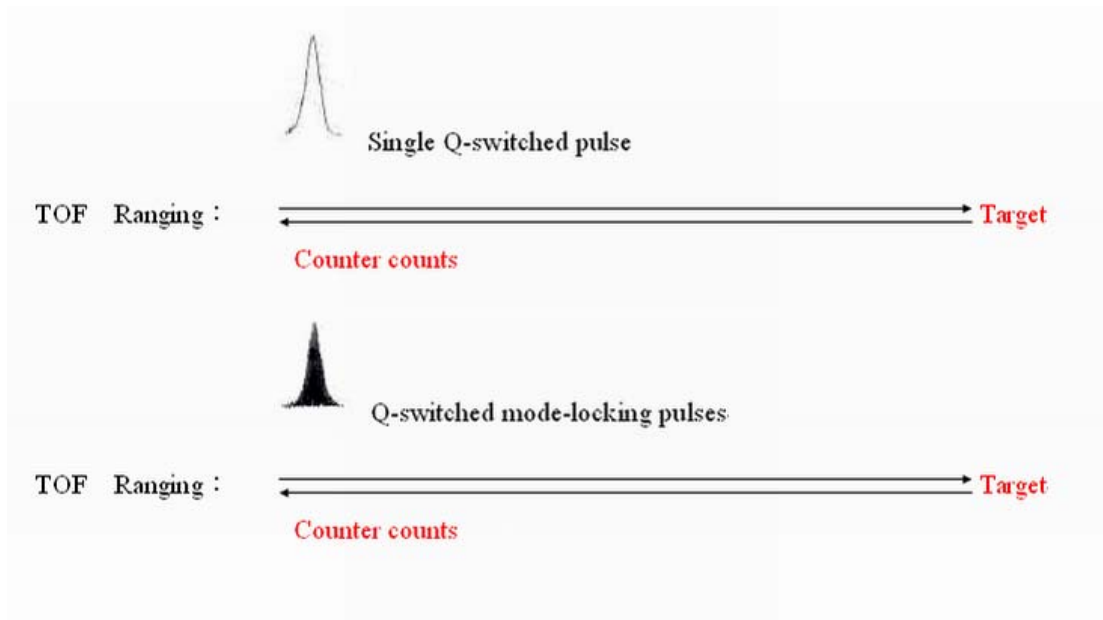
Δ 表示具備 90 % 以上技術，

○ 表示極需建立之技術，在本計畫中已展現優異的研究成果。

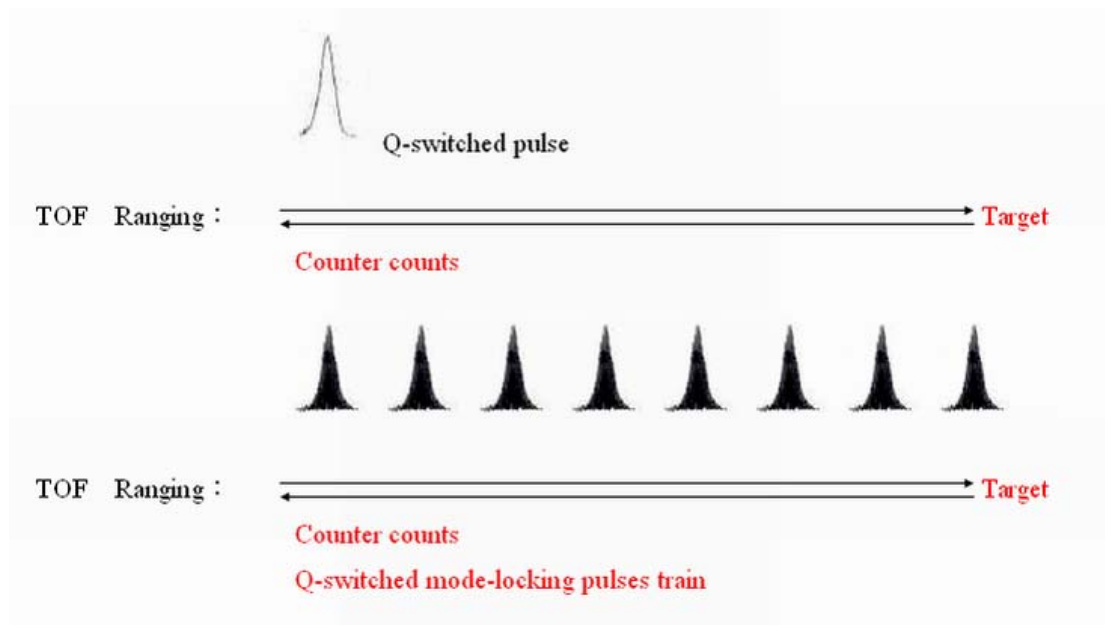
我們已經研究雷射的五種被動式飽和吸收元件，可以同時產生 Q 值調制且鎖模的脈衝串式亞格雷射，下圖顯示我們研究的雷射脈衝串的輸出結果：



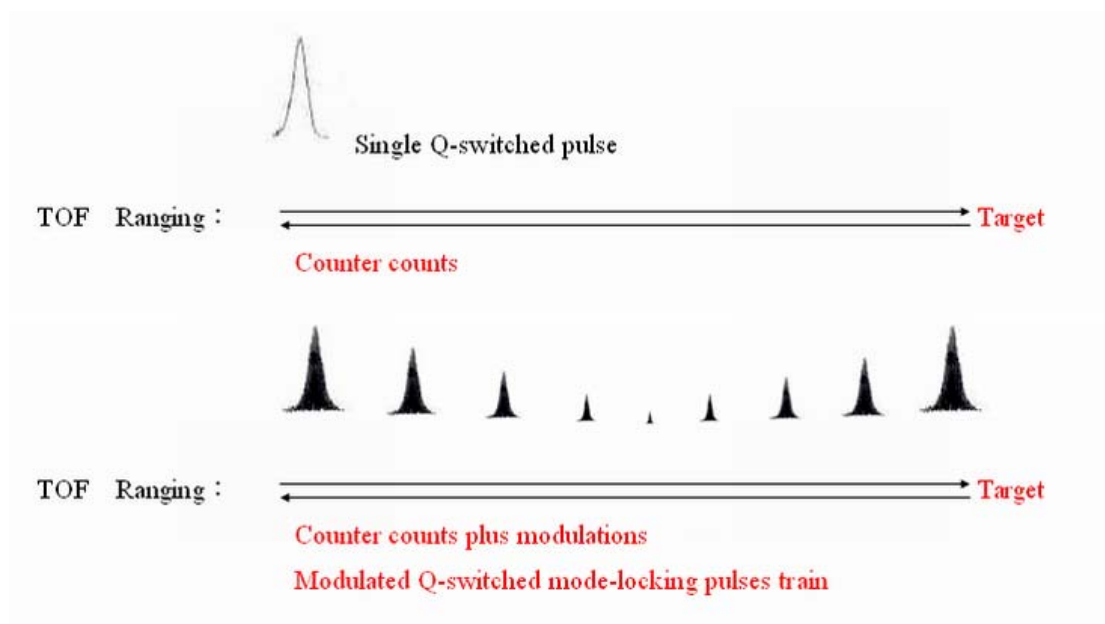
使用 Q 值調制鎖模脈衝串式高解析度雷射測距技術研究，用我們已研究成熟的五種被動式飽和吸收元件，可以同時產生 Q 值調制且鎖模的脈衝串式亞格雷射，從下列圖示：在(a)圖中，我們可以看到使用單一 Q 值調制脈衝可以得到一個量測數據，但如果我們使用 Q 值調制且鎖模的脈衝串則不但可以使用其鎖模的脈衝的更高尖峰功率得到更遠的距離量測、更多的鎖模脈衝串可以增加量測的解析度以及對快速移動的目標也可以更精確的量測。再如果我們使用(b)圖中連續式 Q 值調制且鎖模的脈衝串式，我們可以更增加量測的數據，以及如果我們使用(c)圖中連續式且調幅式的 Q 值調制且鎖模的脈衝串式，我們可以更增加量測的數據。所以我們可以清楚看出來，Q 值調制鎖模脈衝串式雷射輸出，確實可用來發展高解析度雷射測距技術；



(a)



(b)



(c)

結果與討論 (含結論與建議)

目前雷射測距儀技術及產品的缺塊是短距離但高精度量測雷射測距儀技術，可做室內外土木量測、裝潢施工、各式各樣精密量測等功能，量測距離 0.3~100 公尺 / 精度達 3 毫米。需要使用的是 TOF 飛時量測技術、高精度相位鎖定技術、高頻相位電子技術以及相關的雷射發射接收技術。但是，現在在國內外市面上，這類雷射測距儀只有德國 Leica 公司有相近功能產品出售，可是單價很貴，只留於少數族群高階施工應用。不能普及到各國所有工程工作人員應用，實在可惜。其中最重要的是，研究開發所要具備的能力，要有雷射測距儀技術及產品的系統經驗，能對測距法則及理論研究分析及推導，以及配合有高頻相位電子技術有學識及經驗的高階專業研究人員合作實測驗證才會成功。本研究計畫主持人，在雷射測距儀技術及產品領域實作二十多年，甚至現在還是多種雷射測距儀技術及產品顧問，有最充分的雷射測距儀技術及產品的系統經驗。對於短距離但高精度量測雷射測距儀技術能量的缺塊下工夫研究，加上高頻相位電子技術有學識及經驗的高階專業研究

人員相關腦力激勵，我們已完成研究。

本計畫已有論文發表：

1. **Junewen Chen** and Jun-Nan Chen,
“Five Simultaneously Q-Switch Mode-Locked Passive Laser Modulators”
Optical Review, Vol. 13, N0. 6, pp427-435, December 2006.(SCI)
2. **Junewen Chen**, Yao-Cheng Tseng, Jun-Nan Chen and Kai-Chun Chung
“Integrated Miniature Optical Electro-Mechanical System Manufacturing: An Auto-focus”
Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers, Vol. 27, No. 6, pp787-794,
December 2006. (EI)
3. **Junewen Chen**, and Kai-Chun Chuang
“Repetitive single amplified high intensity ultra-short pulse laser system”
SPIE 6603, pp66031V-1 to 66031V-7, 2006.
Present at Noise and Fluctuations in Photonics, Quantum Optics, and Communications,
21 May 2007, Florence, Italy. (EI)
4. **Junewen Chen**,
“Five simultaneously Q-switch mode-locked passive laser modulators”
SPIE 6451, pp64511T-1 to 64511T-8, 2006.
Present at Photonics West, 22 January 2007, San Jose California, USA. (EI)

計畫成果自評：

研究內容與原計畫不但完全相符，且技術成果更超過預期規劃。

達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值、本研究計畫之重要性說明：

本研究計畫建立之技術是最完全、最精密的技術能量，計畫完成後所得的結果及驗證，不但已發表科學技術論文，更可以申專利，保護國內廠商應用。我們可以教導傳授所有雷射測距的知識給各級研究生及學生。當然更可以以產學合作方式技轉，輔導國內業界建立生產製造技術，提昇我國相產業產值及國家經濟發展。

綜合評估：

對於學術研究、國家發展及其他應用方面預期之貢獻：

學術研究：重要國際期刊論文發表。

國家發展：提昇研究風氣及水準，發展尖端科技研究，並有實用性，可利即做產品發展。

其他應用方面預期之貢獻：研究成果有實用性，可申請專利，技轉產業界，提昇業界技術，創造業界產值。

對於參與之工作人員，預期可獲之訓練：

由理論的構思詳加推導，計算及模擬分析；並加上實體製作測試及優化，是一個完整計畫模式。對於參與之工作人員，指導的研究生是非常好的訓練，也是最佳的前瞻性科技人才及技術研發人才的最佳培育。

可供推廣之研發成果資料表

 可申請專利 可技術移轉

日期：96年7月25日

國科會補助計畫	計畫名稱： 新型 Q 值調制鎖模脈衝串式高解析度雷射測距技術開發研究 計畫主持人：陳振文 計畫編號：NSC 95-2221-E-216-040- 學門領域：光電
技術/創作名稱	Q 值調制鎖模脈衝串式高解析度雷射測距技術
發明人/創作人	陳振文、莊凱鈞、陳俊男
技術說明	中文： (100~500 字)
	英文：
可利用之產業 及 可開發之產品	光電產業：高解析度中長距離雷射測距儀產品 建築、土木、裝潢產業：高精度雷射測距量測產品
技術特點	
推廣及運用的價值	

※ 1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。

※ 2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。

※ 3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。