雙光梳絕對光頻量測

諾貝爾級的關鍵技術

度量衡的發展，對於人類文明來說可謂十分重要，舉凡時間、長度、重量、座標、溫度、濕度等，都能影響人類社會的活動與秩序。所以從古至今，人們不僅統一時鐘與尺的刻度，確立重量的計量單位，也測量出座標、溫濕度的衡量標準，而且還要不斷追求精準。而今，面對沒有刻度的雷射光譜學頻率量測，工研院的雙光梳絕對光頻量測技術，不只準確，還要做到超精確！

文 王秀芳

充斥在日常生活中的度量衡單位，如公尺、公斤、公里……等等，我們都習以為常，但就是有了這些計算單位，社會才能井然有序運作，減少不必要的紛擾。舉個淺顯的例子：公有市場放置了「公秤」，讓斤兩問題有了公判，因此市場每天的買賣能安然進行。但在基礎科學界，一套簡易又精確的光頻量測方法——就像人類社會的度量衡單位一般，卻讓科學家傷透了腦筋幾十年！

隨著科技的演進，訊號的傳輸方式從較早的微波傳送，逐漸轉變成為具有更高效率的光傳輸，為確保傳輸品質，其中光頻率的量測顯得格外重要。雖然光頻量測與人們日常生活的關連性看似不高，但科學家們仍努力不懈地積極發展光頻量測，無非就是希望促進基礎科學研究的進步與精確度，以達到科學發展最終的目的：造就人類福祉。

現在，工研院量測技術發展中心研發的「雙光梳絕對光頻量測技術」，便可以讓科學家們少長許多華髮。工研院量測中心標準與技術發展組，長度研究室研究員彭錦龍博士表示，「雙光梳絕對光頻量測技術」採用飛秒鎖模雷射技術，不但可以更簡易、更精準地測量光頻率，而且還易於攜帶。儘管光頻率的量測技術目前多使用在基礎科學界，但是未來的應用範圍很大。

與諾貝爾大師並駕齊驅

目前在國際上，已有德國Menlo Systems公司，將雷射光梳測頻系統導入商業化市場。這家公司是由2005年的諾貝爾

小辭典

飛秒：10^{-15}秒

鎖模雷射：雷射光的一種，指共振腔內起振的雷射均是同一相位。

光梳：由光頻率組成的梳子，每一根梳子代表一種頻率的雷射光。

雙光梳絕對光頻量測技術專利

	名稱	國家
已獲證之專利	光纖雷射的鎖模裝置以及鎖模光纖雷射系統	中華民國、美國
	光頻量測方法	中華民國
審查中之專利	光頻量測方法	美國、日本
	光頻量測方法及裝置	美國、日本、歐盟（英法德）

資料提供：工研院量測技術發展中心　製表：王秀芳　攝影：陳國修

陳國修 攝

雙光梳絕對光頻量測需要長期研發的投入，
屬於量少、單價極高的產品，研發團隊除累積實力外，也放眼
東南亞地區市場，積極提升這項技術的國際競爭力。

物理獎得主韓希（Theodor W. Hänsch）等人在2001年成立，同樣是採用雷射光梳頻率（optical frequency comb）技術。最近韓國的標準實驗室KRISS（Korea Research Institute of Standard and Science），便以新台幣1,200萬元的價格，向Menlo採購雷射光頻量測儀器。

既然雷射光頻量測儀器已有了領導廠商，那麼，台灣的「雙光梳絕對光頻量測技術」的競爭優勢又在哪裡？

「雙光梳是關鍵，」彭錦龍表示，工研院採用「兩台」光梳的飛秒鎖模雷射來量測光頻率，稱得上是全世界首用、首開發。光梳就像是一把量測頻率的尺，但是這把尺上並沒有刻度，如何把刻度標定出來呢？工研院量測中心雙光梳的技巧提供了簡便的解決方法。彭錦龍進一步解釋，雙光梳的原理有點類似游標卡尺的主尺與副尺，主、副尺有不同的刻度。這樣的好處是在量測時，刻度的標定不會受到待測雷射頻率擾動的干擾，可準確地將頻率刻度標定出來。

彭錦龍說，要簡化光梳光頻量測系統，高重複率可以有較佳的優勢，而製造高重複率就是know-how所在。以Menlo所推出的光纖雷射光梳系統為例，其重複率為250MHz，而雙光梳絕對光頻量測技術已可與其並駕齊驅，「到2010年，我們將採用非線性偏極旋轉技術，達到500MHz的重複率，」彭錦龍自信地說。

更精確 卻更輕便

走進實驗室，看見光纖雷射光

鄧福生 攝

工研院量測中心彭錦龍博士表示，採用雙光梳可避免量測時，刻度標定受待測雷射頻率擾動的干擾，將頻率刻度準確地標定出來。

梳的雷射頭，體積類似15吋的筆記型電腦，可攜性高、走到哪可帶到哪，與一旁體積龐大，須請搬家工人搬遷的鈦藍寶石雷射相較，雙光梳絕對光頻量測技術儀器擁有絕佳的競爭優勢。彭錦龍強調，雙光梳絕對光頻量測技術，排除以往複雜的雷射系統耗時、耗經費、耗人力的缺點，只要一套機器即可搞定。

談起當初怎麼會選擇雙光梳絕對光頻量測技術進行研究，彭錦龍笑笑表示，由於1999年曾有機會至國外參觀光頻量測技術，在2001年時，甚至還曾到國外的相關實驗室進行客座研究。所以，回國後，便在2002年提出發展絕對光頻量測技術的計畫。經過這段時間的研發與努力，甚至後來看到2005年獲得諾貝爾物理獎的三位科學家，也是以雷射光學為研究主軸獲獎，確實也證明了彭錦龍與研究團隊選擇以雷射光梳為基礎的研究方向，相當具有國際觀。

兼具技術及成本優勢

雖說雙光梳絕對光頻量測具有極大的技術優勢，但是在與廠商洽談技轉合作時，遭到閉門羹是常有的事。彭錦龍苦笑地說，因為這套技術與台灣的產業發展特性是完全不同！台灣擅長大量、快速生產的模式，所以適合生產NB、PC，也以此聞名於世。而當廠商聽到這套技術需要長期研發的投入，屬於量少、單價近千萬的產品時，大多打了退堂鼓！

對於國內合作洽談的不順利，彭錦龍並不氣餒，反而是把目光轉向國際市場，希望獲得東南亞地區的國家標準局青睞。彭錦龍表示，「我們透過國際研討會的發表，再加上專利的累積，累積實力與國際競爭力。」目前新加坡國家標準實驗室已在籌劃購買一套光梳測頻系統，彭錦龍的團隊也準備要競標，接下來的目標則是印度國家標準局，可望明年底有機會去競標，而泰國、馬來西亞等東南亞國家，也都在推廣的藍圖之中。

彭錦龍表示，目前國內雖然沒有合作廠商，但工研院已自行開發出模組，包括雷射頭（laser head）、雷射驅動器（laser driver）以及雷射穩頻電線路。因此，接到訂單後，約需三至四個月的時間，便可出貨。此外，以Menlo售給KRISS的同等級光頻率量測儀器相較，「我們的功能不輸給它，但要價相對便宜許多。」彭錦龍認為，雙光梳絕對光頻量測技術具有價格的優勢，是它另一項重要的競爭優勢。

目前雙光梳絕對光頻量測技術的應用多在基礎科學，但是彭錦龍強調，其應用範圍其實很廣，除了本身的雷射光譜學中的光頻率測量，還可以應用在光學原子鐘、呼吸分子成分分析（可用於診斷疾病）、光纖通訊、雷射雷達（LIDAR，用於定向與測距）等，國外也都已經在著手研發中。對於雙光梳絕對光頻量測技術未來的廣泛應用，應是指日可待的。