

基於多模態雷射注入鎖模技術產生單邊帶調變之研究

郭慶祥^a、蔡文星^a、陳逸霖^{*a}、林冠禎^a、呂海涵^b

明志科技大學電機工程研究所^a

國立台北科技大學光電工程系所^b

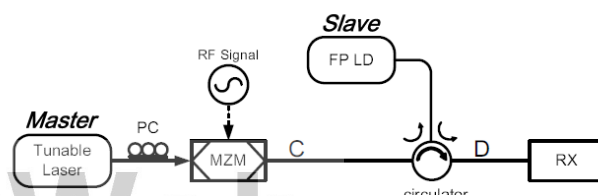
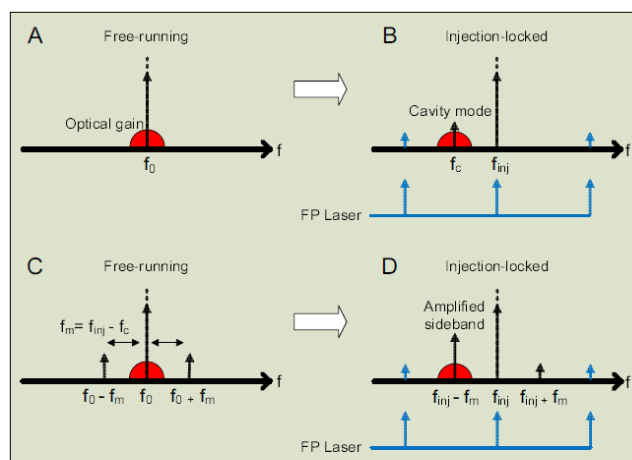
摘要—光纖微波傳輸系統中影響系統性能最主要因素是光纖色散。隨著光纖通信系統通道容量的不斷擴大，提高傳輸資料率和頻寬使用效率成爲眾多研究者的研究目標。高頻段光纖微波傳輸系統在長距離傳輸過程中，傳統的光雙邊帶調變會引起嚴重的色散問題，而光學單邊帶調變是最普遍的解決方法，光學單邊帶調變能有效地抑制色散帶來的射頻功率損耗且延長信號的傳輸距離。本論文提出使用法布里-柏羅雷射注入鎖模技術，輸出爲11 GHz 頻段注入調變器中，利用其增益腔模式的特性，達到強化右旁邊帶的效果，同時也抑制其它未鎖模的光源，而達到產生單邊帶訊號的調變。

一、簡介

寬頻無線接入技術的發展要求光纖微波傳輸系統(Radio Over Fiber: ROF)要具有更長的光傳輸距離條件，然而利用光纖傳輸高頻信號時會出現許多的問題，如光纖色散、非線性效應帶來的失真等，將會影響光纖微波傳輸系統的傳輸頻寬和傳輸距離。其中以光纖色散是影響系統性能最主要的因素，色散對傳統的光學雙邊帶(Optical Double Sideband: DSB)會帶來嚴重的微波功率衰減[1]-[2]。尤其爲1550 nm附近的摻鉕光纖放大器(Erbium-Doped Fiber Amplifier: EDFA)工作波段，當微波載入光波上時，光載波的兩個旁邊帶在光纖中傳輸時會隨著光纖長度、微波頻率以及光纖色散係數不同而產生不同的相移。在光檢測器端，邊帶與光載波之間會檢測出拍差訊號，所以不同的相移程度決定了微波信號的大小，當邊帶之間的相移差太大時會導致微波信號完全消失，而放大器並不能完全改善微波信號衰減的問題。隨著微波頻率的增大，光纖的色散效應越來越明顯，嚴重限制了光纖的傳輸長度，由光纖色散引起的微波功率衰減是ROF系統中需要解決的關鍵技術。

傳統的雙邊帶調變訊號包括一個光載波信號和兩個調製邊帶，由於光纖色散的影響，在一定的光纖長度和調變頻率時會引起嚴重的微波功率衰減。在光電轉換過程，檢測器探測到的微波頻率較小時，微波功率衰減不會很明顯，但在高頻時，功率會迅速下降。光學單邊帶調變可以減少光纖色散對微波功率的損耗，因爲光學單邊帶調變的光譜頻寬爲雙邊帶調變的一半，而受色散限制的中繼距離可增加一倍，進而確保光纖通訊系統的傳輸品質。近年來已有許多光學單邊帶訊號調變技術[3]-[7]已被提出來解決由色散引起的射頻衰減的問題。

本論文提出使用法布里-柏羅雷射注入鎖模技術，輸出爲11 GHz 頻段注入調變器中，利用其增益腔模式的特性，達到強化右旁邊帶的效果，同時也抑制其它未鎖模的光源，而達到產生單邊帶訊號的調變。



圖一、基於FP注入鎖模技術產生單邊帶調變之示意圖

圖一爲利用多模態雷射注入鎖模技術產生單邊帶調變之示意圖。圖一(A)爲未經鎖模的主雷射源，且未經射

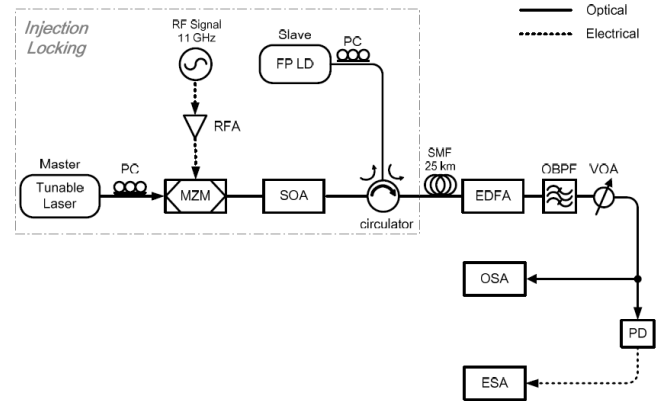
頻訊號調變過。而圖一(B)為在未經過射頻訊號調變情況下，由注入鎖模技術後，發現於中心載波訊號小11GHz 的頻段會產生增益腔模式。所以經過射頻訊號調變情況下，因為增益腔模式的特性，故藉由微波信號產生器中輸出其頻率為11 GHz，剛好對應於增益腔模式的頻段 ($f_m = f_{inj} - f_c$)，而產生雙邊帶調變訊號為圖一(C)所見。同樣的，如圖一(D)所示，藉由注入鎖模技術後，利用增益腔模式，將雙邊帶調變訊號其低頻段邊帶放大，而高頻段邊帶被抑制，同時也抑制其它未鎖模的奴訊號光源，達到光學單邊帶調變。

二、實驗架構

圖二為本實驗中利用法布里-柏羅雷射基於注入鎖模技術產生光學單邊帶調變之架構圖。發射前端使用可調式雷射作為主訊號(Master)，另使用FP 雷射作為奴訊號(Slave)，法布里-柏羅雷射屬於多模光源形式，雷射波段皆選擇約1530 nm 的範圍，還包含微波信號產生器、電訊號功率分割器、馬克然德調變器、半導體光放大器與光循環器的使用。在經由注入鎖模技術下，也發現於中心載波訊號小11 GHz 的波段會產生增益腔模式，所以在微波信號產生器中輸出其頻率為11 GHz，剛好對應其增益腔模式的頻段，更能達到強化右旁邊帶的效果。實驗中將微波訊號注入馬克然德調變器，緊接著將主雷射送入馬克然德調變器中調變出雙邊帶的訊號，再藉由光半導體放大器增強光訊號功率後，經由光循環器將位於port 1 端的雙邊帶訊號傳輸至port 2端，與奴訊號做中心載波注入鎖模技術，藉由增益腔模式下，將光學雙邊帶調變訊號轉換成光學單邊帶調變訊號。

而接收端部分則是包含摻鉕光纖放大器、光帶通濾波器、可調式光衰減器與檢光器的使用。將光循環器port 3 端輸出的光學單邊帶訊號經過25 公里的單模光纖傳輸後，故必須利用摻鉕光纖放大器將光功率放大補償光功率以及光帶通濾波器將不必要的雜訊給濾除，由於檢光二極體接收光功率是有所限制的，再藉由可調式光衰減器將光功率調整到適當範圍，然後經由光譜分析儀觀測光學單邊帶訊號，計算其光訊號的邊帶功率比。最後再將光訊號經過檢光二極體的光電轉換後，由頻譜分析儀來觀察訊號輸

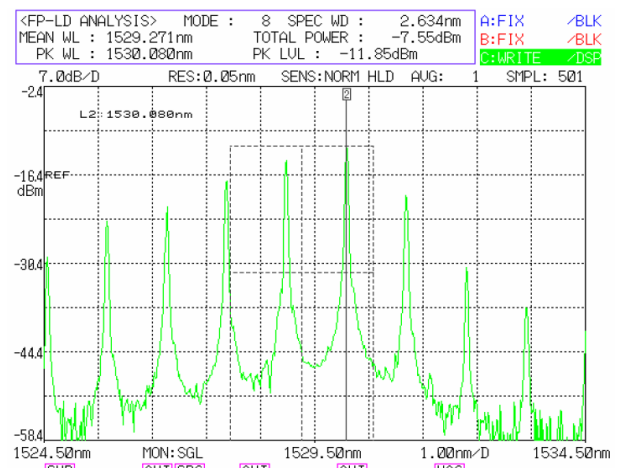
出的頻譜。



圖二、基於FP 注入鎖模技術產生光學單邊帶之架構圖

三、結果與討論

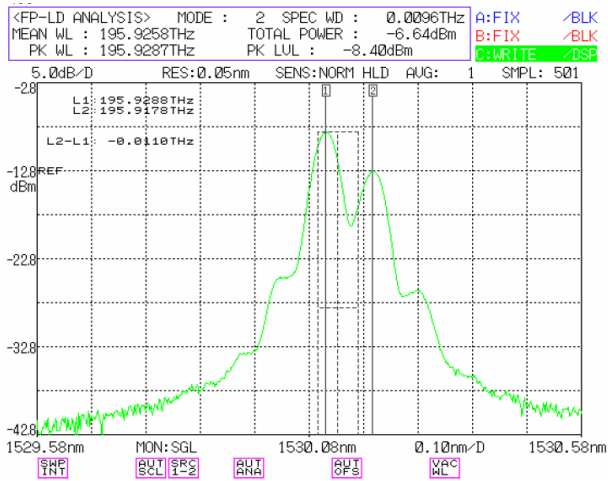
圖三 為法布里-柏羅雷射所輸出的光訊號，屬於多模光源形式，在此作為奴訊號的使用，在電流偏置於18 mA 時，輸出光功率為-7.55 dBm。如圖四所示，在未經過射頻訊號調變情況下，由注入鎖模技術後，在光譜圖上發現於中心載波訊號小11 GHz 的波段會產生增益腔模式，所以經過射頻訊號調變情況下，利用其增益腔模式的特性，藉由微波信號產生器中輸出其頻率為11 GHz，剛好對應於增益腔模式的頻段，更能達到強化右旁邊帶的效果，同時也抑制其它未鎖模的光源。



圖三、FP 輸出光源

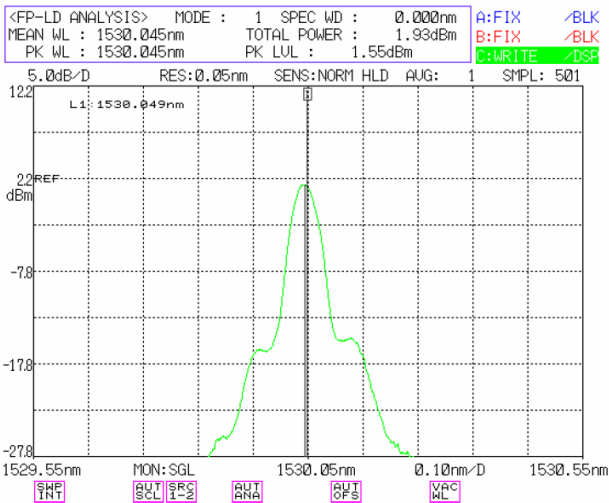
主雷射藉由強度外部調變，在馬克然德調變器的輸出呈現出光雙邊帶調變光譜，即光載波的兩旁會各有一個側模信號，且兩旁的側模信號是呈現出具有對稱性的現象，而側模信號與光載波的頻率間距即等於所加入的微波信

號頻率，此時光譜圖上會有三個主要的光頻成分，最後進入光半導體放大器提高光功率，如圖五所示。



圖四、增益腔模式發生於11 GHz

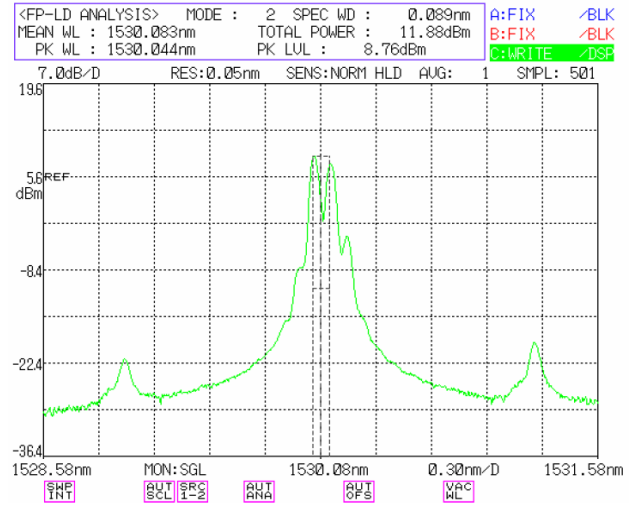
基於主訊號與奴訊號做中心載波注入鎖模技術，藉由增益腔模式下，能達到放大右邊帶的增益且同時抑制了左邊帶的增益，使得雙邊帶訊號光載波兩旁的側模信號產生不對稱性現象，即為光學雙邊帶調變訊號轉換成光學單邊帶調變訊號，同時除了注入鎖模的光訊號之外，其兩側的光源都被抑制了。



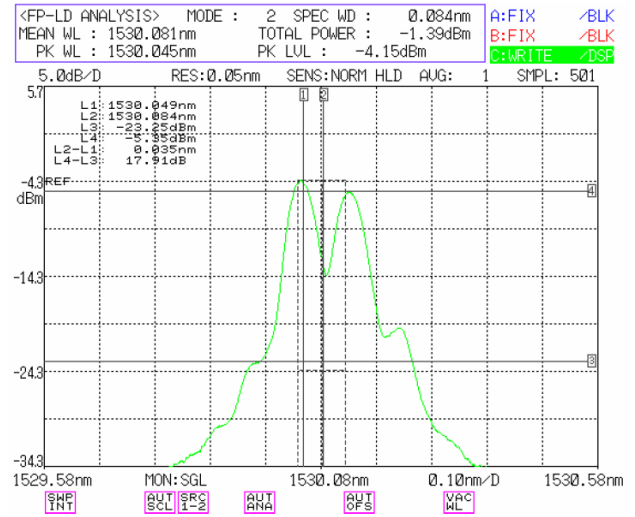
圖五、半導體光放大器輸出後的光雙邊帶訊號光譜圖

最後經過25 公里的單模光纖傳輸後，但光纖傳輸後光功率不足，所以進入摻鉕光纖放大器將光功率放大後，如下圖六所示。並用光帶通濾波器濾除不必要的雜訊，藉由可調式光衰減器將光功率調整到適當範圍，而進入光檢測器之前的光學單邊帶訊號為圖七所示。且光訊號經由檢光二極體將光轉電檢測拍差可以觀察到光學單邊帶調變

訊號11GHz，且電訊號功率為-41.14 dBm，如圖八所示。



圖六、經EDFA輸出光譜圖



圖七、進入光檢測器之前的光學單邊帶訊號光譜圖



圖八、經過檢光器後檢測出11 GHz 的頻譜圖

四、結論

本論文使用法布里-柏羅雷射注入鎖模技術，利用其增益腔模式的特性，輸出為11 GHz 頻段，剛好對應於增益腔模式的頻段，更能達到強化右旁邊帶的效果，同時也抑制其它未鎖模的光源，而達到單邊帶訊號的調變。

本論文採用光半導體雷射注入鎖模技術作調變，利用注入鎖模技術可取代傳統的希伯特轉換的光學單邊帶系統架構，改善架構複雜且成本昂貴的缺點，此架構具有成本便宜的優點。

在光纖微波傳輸系統中應用光學單邊帶調變技術，具有比傳統雙邊帶信號多兩倍的頻譜效率的優勢，預期能解決由色散引起的衰減問題，可允許更長距離的光纖傳輸，進而優化系統傳輸信號品質。

參考文獻

- [1] H. Chi, and J. Yao, "Frequency Quadrupling and Upconversion in a RadioOver Fiber Link," *Journal of Lightwave Technol*, Vol.26, pp.2706-2711, 2008.
- [2] M. T. Zhou, A. B. Sharma, Z. H. Shao, and M. Fujise, "Optical Single-Sideband Modulation at 60 GHz Using Electro-Absorption Modulators," *Microwave Photonics, 2005. MWP 2005. International Topical Meeting on*, pp.121-124, 2005.
- [3] J. Yu, M. F. Huang, Z. Jia, T. Wang, and G. K. Chang, "A Novel Schemeto Generate Single-Sideband Millimeter-Wave Signals by UsingLow-Frequency Local Oscillator Signal," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol.20, pp.478-480, 2008.
- [4] D. Fonseca, A. Cartaxo, and P. Monteiro, "Recent Developments onOptical Single Sideband Transmission Systems," *Conference on Transparent Optical Networks*, Vol. 1, pp.38-41, 2006.
- [5] Y. Zhu, P. A. Gamage, K. L. Lee, C. Lim, and E. Wong, "Optical-wireless integration incorporating optical tandem single sideband modulationformat," *Conference on Opto-Electronics and Communication*, pp.1-2, 2006.
- [6] X. Sun, K. Xu, S. Fu, J. Li, X. Hong, J. Wu, J. Lin, and P. Shum, "All-optical WDM subcarrier modulator for binary phase shift keying (BPSK) with optical SSB format using a phase modulator loop mirror filter," *Conference on Opt Fiber Communication*, pp.1-3, 2009.
- [7] D. Fonseca, A. V. T. Cartaxo, and P. Monteiro, "Adaptive optoelectronic filter for improved optical single sideband generation," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, Vol. 18, pp.415-417, 2006.