

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

總計畫：新穎光信號處理元件與模組及其在光通信中之應用

(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2215-E-009-064-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立交通大學光電工程學系(所)

計畫主持人：賴暎杰

共同主持人：賴暎杰，蕭高智，馮開明，陳智弘，郭浩中，邱俊誠，祁牲，
林炆標，王興宗

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 7 月 5 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

新穎光信號處理元件與模組及其在光通信中之應用 (1/3)

Novel Devices and Modules for Photonic Signal Processing in Optical Communication (1/3)

計畫編號：NSC 93-2215-E-009-064-

執行期限：93年8月1日至94年7月31日

主持人：賴暎杰教授 交通大學 光電工程系（所）

一、中文摘要

現今網路技術能否被實際應用的一個重要關鍵因素是在於能否開發出新的技術平台來有效降低資本及營運支出，並且同時能夠以漸進的方式來逐步改善網路的功能與效率。因此如何能符合經濟效益並有效地在光傳輸層上面進行交換、信號處理、波長轉換與波長置換等功能就成為一個非常重要的課題。在本整合計畫中我們將研究如何在光傳輸層上提供新的光信號處理功能，以求有效地降低成本與減輕在電路上的嚴苛要求。我們提出的子計畫中包括全光再生模組、線性/非線性光纖光柵元件及鎖模光纖雷射的開發等，這些是專注在遠距網路的光傳輸層上來提供新的功能。至於在都會與區域網路的架構中，我們則有一個子計畫致力於開發長波長的VCSELs作為低成本的替代光源，希望能夠成功地開發出新世代的光通信光源元件。在用戶端的擷取網路上，光纖通訊雖可提供相當的頻寬供資料傳輸，然而佈置上卻因成本因素而阻礙其普及化。利用射頻(RF)訊號作最後一英哩的擷取，即所謂的radio over fiber 技術，是目前最有可能達到目標的方法之一。由於光電元件的積體化是必然的趨勢，因此光波-微波混合技術之研究與開發，將能提供一符合經濟效益的技術平台，此為另一子計畫的主題。至於本總計畫中的重點則在於實驗的整合與測試上，我們將建構重複環繞之光網路來評估光訊號在光纖中的傳輸效果。重複環繞之光網路以距離較短的光纖系統所組成，用來評估和預測長距離的通信，已經被光通信世界中一致公認為最富經濟效益

的傳輸試驗。在不需要大量投資之下，以適當的花費建構之環繞網路而得到可貴的遠距網路的資訊。此種環繞網路不但具有線狀網路所缺乏的靈活性，更可為下一世代之光元件提供良好的測試平台。

關鍵詞：光纖通訊、光纖網路、光信號處理

Abstract

In today's communication systems, the most important issue is how new technologies can provide a cost effective solution for the service provider to reduce the capital expenditure and operation expenditure, and, at the same time, make the new technology implementation transition as smoothly as possible. Optical signal processing is generally considered to be the technology that can fulfill such requirements. If we can cost-effectively provide more functionality in optical layers, we will greatly reduce the burden of electronics circuits that are persistently fighting to catch up the speed requirement. Optical signal processing provides another domain of freedom that can relief the requirement of electronic circuits. In this integrated project, we will focus on how to provide new functions at the optical layer. For long haul systems, we propose several sub-projects that individually address different issues that we believed have the potential to offer a cost-effective technology platform. They include all optical 3R receivers and novel linear/nonlinear fiber gratings and mode locked fiber lasers. For metro and local access area networks, we propose low cost long wavelength VCSELs and optical microwave

mixer for fiber radio that will address the “last mile” problem. We will also using ROADM to study the EDFA chain performance under dynamically add/drop traffic pattern in Metro area network. In this main project, we will build a fiber re-circulating loop as a test bed to integrate all the subprojects together. Circulating loop techniques, applied to an amplifier chain of modest length, are generally considered to be the most economic way of conducting transmission experiments. Without heavily invest in duplicated equipments, optical loop can provide an experimental platform to study a broad range of transmission phenomena with much longer transmission distance. By implementing the circulating loop platform, we can study the module characteristics and the impacts on system performance. This will provide the desirable baseline information and the design tradeoff of different network architectures and network modules.

Keywords: Fiber laser, Fiber grating

二、緣由與目的

在交大我們過去在光通訊方面已經建立了很好的研究基礎，一些基本的光通訊量測設備都已具備，之前也曾架構過環繞光網路來進行光固子之傳輸實驗。本計畫即是立基於這基礎上來進一步發展，將原有的光固子環繞光網路擴增為一個具備 photonic signal processing 功能的遠距傳輸環繞光網路和另一都會區域型環繞光網路，從而可以之為基礎來整合與測試其他子計畫所發展的元件及模組

在本整合計畫中我們將研究如何在光傳輸層上提供新的功能，以有效的降低成本與減輕在電路上的嚴苛要求。我們提出的子計畫包含全光再生模組 (all optical 3R Receivers)、線性/非線性光纖光柵元件及光纖雷射、長波長的 VCSELs、Radio-Over-Fiber 及光波-微波混合等技術之研究與開發。而在此總計畫中我們的重點則是擺在實驗的整合與測試上，我們將立基於我們已有的基礎來建構重複環繞之光網路以評估光訊號在光纖中的傳輸效果。重複環繞之光網路早在 1977 就已被使用來評估光波在多模光纖中的傳輸，由距離較短的光

纖系統所組成，可以用來評估和預測長距離的通信，已經被光通信世界中一致公認為最富經濟效益的傳輸試驗。在不需大量投資之下，以適當的花費建構之環繞網路可以得到可貴的遠距網路的資訊。此種環繞網路不但具有線狀網路所缺乏的靈活性，更可為下一世代之光元件提供良好的測試平台。因此在本計畫中，在相似的精神下，我們將持續建構已有之環繞光網路來作為測試平台，用以評估在遠距傳輸和在都會區域網路中各子計畫模組之串聯性與系統的傳輸距離之關聯。例如利用可重新置換之交換模組，我們將可測試在都會網路架構中多元的服務需求與動態的通信模式。我們希望藉由傳輸的測試，能夠提供我們在設計與評估新穎功能與模組時的重要參考。

三、研究成果

在這第一年裏我們的研究成果主要是在以下這幾方面：

- 1、環繞光網路測試平台之持續建構與實驗。【總計畫，主持人：賴暎杰、陳智弘】
- 2、All-optical 2R regeneration using a self-seeded Fabry-Pérot laser diode (FP-LD)。【子計畫，主持人：祁甦】
- 3、以有機金屬化學氣相沈積 (metalorganic chemical vapor deposition) 方式成長 $1.27\mu\text{m}$ 含銻 (antimony) 的砷化銦鎵 (InGaAs) 量子井面射型雷射 (vertical-cavity surface-emitting lasers, VCSELs)。【子計畫，主持人：郭浩中】
- 4、開發出利用側面繞射干涉法來發展更具精確定位的逐段式光纖光柵曝製技術，也研製出 10GHz 脈衝重複率之穩定飛秒級鎖模摻鉍光纖雷射。【子計畫，主持人：賴暎杰】
- 5、針對砷化鎵假晶高速電子移動率電晶體 (P-HEMT) 中光波信號與調變微波信號混合技術進行研究及開發，透過模擬與初步試做提出一個可行的架構並預測它的效能、成果。【子計畫，主持人：林炆標】

以下即針對這幾點來進行說明：

1、環繞光網路測試平台之持續建構與實驗。

我們建構了如下的光纖網路測試平台，並用之來實地測試如 optical interleaver、waveguide-type reconfigurable optical add-drop (ROADM) 等新型的光通訊元件。

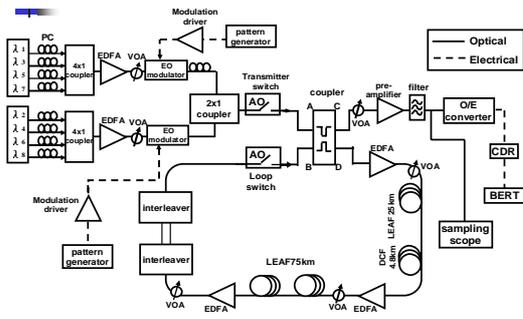


Fig. 1 Fiber circulating loop platform.

未來我們也將利用此平台來實地測試其他子計畫所開發出的元件及模組。

2、All-optical 2R regeneration using a self-seeded Fabry-Pérot laser diode (FP-LD)。

我們利用如下的實驗架構提出並證明了一個新的 all-optical 2R regeneration 方法，工作頻率可到 10GHz。

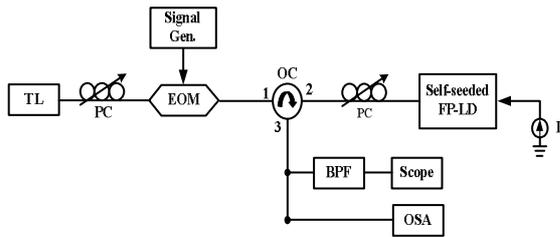


Fig. 2 The proposed scheme for all-optical 2R Regeneration based on self-seeded FP-LD

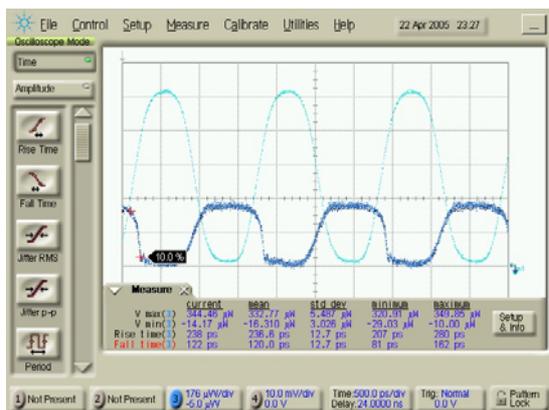


Fig. 3 Detected waveforms for the input and reshaped signals

3、長波長面射型雷射之研製

我們以有機金屬化學氣相沈積 (metalorganic chemical vapor deposition) 方式成長 $1.27\mu\text{m}$ 含銻 (antimony) 的砷化銦鎵 (InGaAs) 量子井面射型雷射 (vertical-cavity surface-emitting lasers, VCSELs)，已能在室溫下雷射發光，我們也量測其調變頻寬，證實可用來作為光通訊光源。

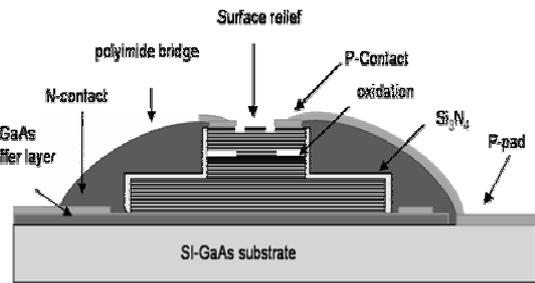


Fig. 4 Structure of InGaAs quantum dot VCSEL lasers.

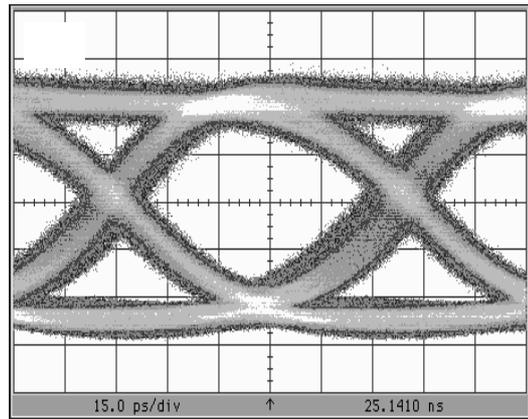


Fig. 5 面射型雷射室溫眼圖

4、光纖光柵與光纖雷射之研究

我們開發出利用側面繞射干涉法來發展具更精確定位的逐段式光纖光柵曝製技術，以及研製出 10GHz 脈衝重複率之穩定飛秒級鎖模摻鉍光纖雷射。

首先我們發展出如下圖的側面繞射干涉法及信號處理方式來精確定位逐段式光纖光柵曝製系統，並以之製作出 3-dB bandwidth 只有 0.07 nm 的光纖光柵。未來將利用此技術來針對不同應用來製作最佳化的光纖光柵元件。

我們也發展出晶體光纖的有限元素模

擬方法，可以用來設計新型的晶體光纖。

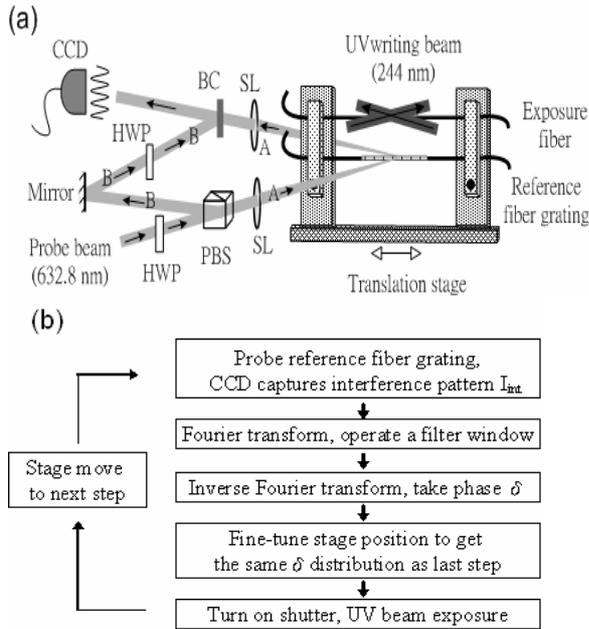


Fig. 6 (a) Real-time side-diffraction position monitoring setup by probing the reference grating. (b) Flow chart of the algorithm..

我們也發展出如下圖的非同步鎖模光纖雷射系統，達到 10GHz 脈衝重複率，輸出脈寬僅 816fs，超模抑制比超過 70dB，未來應可作為光通訊及超快光學應用的光源。

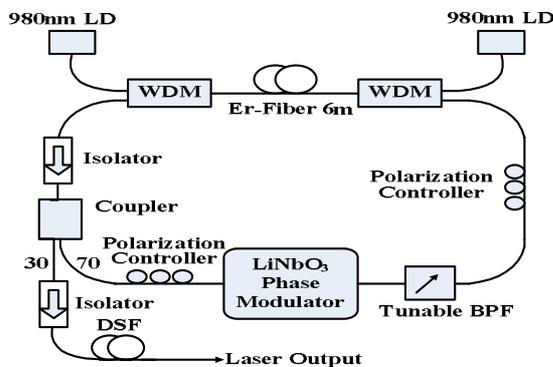


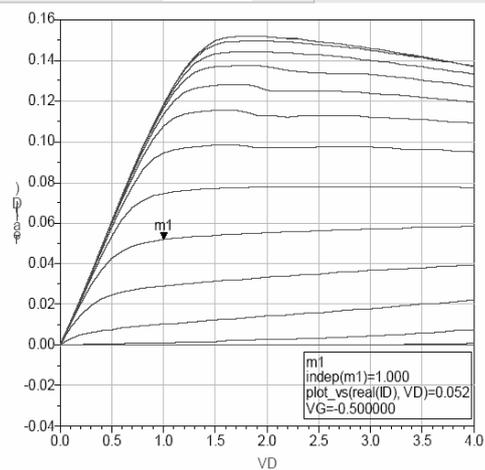
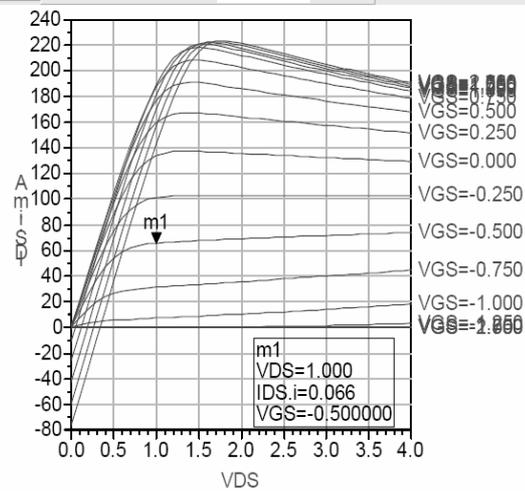
Fig.7 Modelocked Er-fiber laser by asynchronous modulation

5、光波—微波混合技術之研究

我們針對砷化鎵假晶高速電子移動率電晶體(P-HEMT)中之光波信號與調變微波信號混合技術進行研究及開發，並透過模擬與初步試作提出一個可行的元件架構並預測其效能與成果。

我們是使用國家晶片中心(CIC)提供之WIN 0.15 μm PHEMT 製程來初步製作HEMT光波-微波元件，此為一具有檢光器以及混頻器功能之電晶體。下圖為其 I_D - V_D 直流偏壓曲線之模擬圖，其 V_G 模擬範圍從-2V 至 2V，間隔為0.25V，由圖中可以看出，當

V_G 在0.5V以上時其電流已漸至一上限，此為PHEMT之特性。再下之圖為實際測量之 I_D - V_D 直流偏壓曲線，由兩張圖的比較可以看出模擬之曲線與實際曲線相去不遠。



四、結論

本計畫係一整合性計畫，內容涵蓋多項重要的光通訊技術。在本整合計畫中我們主要研究如何在光傳輸層上提供新的功能，以有效的降低成本與減輕在電路上的嚴苛要求。相關的子計畫則分別針對全光再生模組 (all optical 3R Receivers)、線性/非線性光纖光柵元件及光纖雷射、長波長的 VCSELs、Radio-Over-Fiber 及光波-微波混合等技術進行研究與開發。在經過一年的研究之後，總計畫及各子計畫皆已取得很好的研究成果。在未來的兩年我們將以這些成果作為基礎，持續地來開發新型

的光通訊用光信號處理技術。

五、參考文獻

- [1] J. Chen, "Dispersion-Compensating Optical Digital Filters for 40-Gb/s Metro Add-Drop Applications", *IEEE Photonic Technol. Lett.*, pp. 1310- 1312, 2004.
- [2] S. Cao, J. Chen, J.N. Damask, C.R. Doerr, L. Guiziou, G. Harvey, Y. Hibino, H. Li, S. Suzuki, K.-Y. Wu, P. Xie, "Interleaver Technology: Comparisons and Applications Requirements", *IEEE J. Lightwave Technol.*, pp. 281- 289, 2004
- [3] Y.-C. Chang, Y.-H. Lin, J. Chen and G.-R. Lin, "All optical NRZ-to-PRZ format transformer with an injection-locked Fabry-Perot laser diode at unlasng condition", *Optics Express*, vol. 12, no. 19, pp. 4449-4456, Sept. 2004.
- [4] S. Yamashita and Jun Suzuki, "All-Optical 2R Regeneration Using a Two-Mode Injection-Locked Fabry-Pérot Laser Diode," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 16, No. 4, pp. 1176-1178, APL. 2004.
- [5] Lixin Xu and etal, "Simultaneous All-Optical Waveform Reshaping of Two 10-Gb/s Signals Using a Single Injection-Locked Fabry-Pérot Laser Diode," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 16, No. 6, pp. 1537-1539, JUNE. 2004.
- [6] T. Takeuchi, Y.-L. Chang, M. Leary, A. Tandon, H.-C. Luan, D. Bour, S. Corzine, R. Twist, M. Tan, "1.3 μm InGaAsN vertical cavity surface emitting lasers grown by MOCVD", *Electron. Lett.*, vol. 38, pp.1438 - 1440, 2002.
- [7] J. C. Harmand, L. H. Li, G. Patriarche, and L. Travers, "GaInAs/GaAs quantum-well growth assisted by Sb surfactant: Toward 1.3 μm emission", *Appl. Phys. Lett.*, vol 84, pp. 3981- 3983, 2004.
- [8] H.C. Kuo, Y.S. Chang, F.Y. Lai, T.H. Hsueh, L.H. Laih, and S.C. Wang, "High-speed modulation of 850 nm InGaAsP/InGaP strain-compensated VCSELs. " *Electron. Lett.*, vol. 39, pp. 1051 - 1053, 2003.
- [9] K.-C. Hsu, L.-G. Sheu, K.-P. Chuang, S.-H. Chang and Y. Lai, "Fiber Bragg grating sequential UV-writing method with real-time interferometric side-diffraction position monitoring," *Optics Express* vol.13, No.10, p.3795 (2005).
- [10] C.-Y. Lin, W.-W. Hsiang, M.-F. Tien and Y. Lai, "Direct generation of 10GHz 816fs pulse train from an asynchronous modelocked Er-fiber laser", paper CTuCC5, CLEO 2005. (to be published on *Optics Letters*)
- [11] Y. C. Liu and Y. Lai, "Optical birefringence and polarization dependent loss of square- and rectangular-lattice holey fibers with elliptical air holes: numerical analysis", *Optics Express*, Vol.13, No.1, 225-235 (2005).
- [12] C.-S. Choi, et al, "High optical responsivity of InAlAs-InGaAs metamorphic high-electron mobility transistor on GaAs substrate with composite channels" *IEEE Photonics Technology Letters*, Vol. 15, NO. 6, pp., 846 - 848, June 2003.

