

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(1/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2213-E-002-107-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立臺灣大學電機工程學系暨研究所

計畫主持人：吳靜雄

共同主持人：李揚漢，曹士林，李三良

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 5 月 26 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

高速光通信系統與元件之研究—總計畫(1/3)

計畫編號： NSC-91-2213-E-002-107

執行期限：91年8月1日至92年7月31日

主持人：吳靜雄教授

共同主持人：李三良教授 李揚漢教授 曹士林教授

執行單位：台大電機系 台科大電子系 淡江電機系 師大光電所

一、 中文摘要

光纖具有寬頻高容量的特性，為通信網路最重要的傳輸媒體；目前經常被討論使用的傳輸方式分別有分波多工(WDM)，分碼多工(CDMA)及分時多工(TDMA)；然而由於多媒體資訊時代的來臨，各式網路系統必需做有效的整合，本整合型計畫希望能針對高速光通訊系統與元件之設計進行研究。

在高速光通訊系統設計方面，計畫研究被動光網路應用光分碼多工技術以實現寬頻接取服務，並且設計效能佳的光分碼多工編碼；另外光封包交換技術(OPS)以及分波多工技術可以提供高速交換之功能，在本計畫中提出了幾個簡單優先策略的效能分析；在元件設計方面，計畫研究如何將光學能隙晶格技術應用於被動光通訊元件，並進行模擬測試，更進一步利用到積體光學技術製作極小尺寸的波導元件，另外本計畫也研究包括新型高速可調波長範圍雷射陣列與波長轉換之設計與製作。

關鍵詞：分波多工，分碼多工，被動光網路，可調波長雷射，波長轉換

Abstract

Optical fiber has inherent large transmission bandwidth. It plays an important role in broadband wireline communication networks. Three techniques: wavelength division multiplex (WDM), code division multiple access (CDMA) and time division multiple access (TDMA) are most commonly used transmission schemes. Due to the growing demand of the internet traffic, the networks are required to provide full multimedia service. Therefore, different kinds of systems have to be integrated to

achieve this goal. This integrated project studies the high-speed optical communication systems and the design of the optical components.

Passive optical networks (PON) are considered to be a solution to realize the full service access network (FSAN). We study the PON systems using optical CDMA (OCDMA) in the upstream direction. The construction methods of the spreading sequences for the OCDMA systems are also studied in this project. For the design of the optical components, we apply nano-phonic bandgap crystal in designing the optical communication components. In order to fabricate nano optical communication devices, the size reduction of the nano optical communication component to nano scale is a future trend. We reduce the existing optical communication component and aims at studying how to apply the photonic bandgap crystal to the optical communication components. This project also investigates the implementation of high-speed tunable laser and wavelength conversion.

二、 重要研究成果

I. 子計畫一

本研究計畫我們分析了在高速光通訊系統中應用在前饋式分波多工封包交換技術上多種不同優先策略之效能，由於以往電的封包交換技術在處理巨大流量時面臨了瓶頸，利用光封包交換技術(OPS)以及分波多工技術(WDM)，可以提供高速交換能力以及資料的透明度，是個可行的解決之道。在光交換技術上，只有有一些簡單的優先策略(Priority Strategy)才可以被應用。但是目前被提出的技術大多適用於短程相關的流量上。實際上的網路流量應該是有自我相似特性的流量。這種長程相關的流量(LRD)若不加以討論會使網路的效能嚴重下降。在本計畫中我們提出了幾個簡單優先策略的效能分析，並且試著提出最好的優先策略。經由模擬結果證明出 PBS+PE 在長程相關以及高自我相似流量的情況下，有很好的效能。此外，PBS+PE 也有容易實現的優點。因此我們認為 PBS+PE 是個較好的優先策略。

在接取網路方面，被動光網路(PON)被視為可以真正實現全服務接取網路(FSAN)的方法。現在提出的被動光接取網路以時域多工(TDMA)與非同步傳輸模式(ATM)為主，然而對於網際網路或乙太網路封包而言，時域多工並不適用；爲了實現真正寬頻接取服務，必需解決寬頻接取網路的問題；本計劃提出一個以光分碼多工應用在被動光網路之實驗網路，此系統可以真正達到寬頻接取的服務。在本計畫中分析了完美相差碼之時間偏差效能，並且設計一個同步電路可應用在此高速被動式光網路上；分析結果顯示此同步電路可以有效降低時間偏差對系統的影響。

詳細內容請參考各子計畫報告

II. 子計畫二

本計畫針對光纖分碼多工系統之特性，提出共用零碼的系統架構。各通道傳送位元 1 時，以目的地之展頻碼進行編碼，而傳送位元 0 時則使用零碼進行編碼。不同的目的地，可使用共同的零碼以節省展頻碼的需求量。此架構可讓各通道間相互的干擾量保持固定，使各接收器得以利用簡單且快速的判斷結構以決定接收位元。分析結果顯示，本架構不僅比一般的 on-off-keying (OOK) 傳輸架構簡單，而且還能提供更優越的性能。

不同於 OOK 的編碼方式，本計畫改用平衡式編碼方式，亦即位元 1 和 0 各以不同的展頻碼進行編碼及傳送，其目的是為了維持固定的通道互干擾量。另外，在接收端我們則使用最原始的 OOK 解碼架構，也就是只針對位元 1 進行解碼，其目的是讓各通道可用相同的展頻碼對位元 0 編碼，因此本系統只需額外增加極少數的共用零碼，甚至不須額外增加零碼而利用原本被保留用來評估干擾量的展頻碼作為零碼即可。

在性能方面，由於新系統的互干擾量固定，使得接收器不再需要複雜的干擾評估單元，也降低了因評估錯誤造成的位元錯誤率。因此，新架構可望是暨簡單快速又性能優越的光分碼多工系統。

詳細內容請參考各子計畫報告

III. 子計畫三

本計畫第一年之主要目的為研究如何將光學能隙晶格技術應用於被動光通訊元件，並進行模擬測試，更進一步利用到積體光學技術製作極小尺寸的波導元件，以期結合光纖通訊之元件，發展出高速光纖通訊所需之關鍵零組件。因此我們利用光學晶格能隙的觀念自行研究以矽為基底之光學能隙型被動光通訊元件之結構，並完成設計模擬出 1-D 光學能隙晶格光波濾波器 及 1 對 2 光學能隙晶格光波訊號分歧器之研究工作。

本子計畫已完成運用光學能隙晶格的觀念自行研究以矽上絕緣層矽晶為基底奈米光學格子晶體之結構，並進行模擬設計出光通信被動元件-光學濾波器及光波分歧器。本研究中所設計出的光學濾波器其最小的尺寸為 $4\ \mu\text{m} \times 8.8\ \mu\text{m}$ ，而空氣圓柱週期結構的週期為 400nm 及半徑為 72nm，在波長為 1.55 μm 時打入元件可達到完全透射的效果並可以此特性設計出穿透式帶通(band pass)濾波器；而另一光學濾波器的尺寸為 $4\ \mu\text{m} \times 13.2\ \mu\text{m}$ 且空氣圓柱週期結構的週期為 600nm 及半徑為 240nm 的情況下，打入 1.55 μm 波長進入元件時可將光波完全反射，因此利用此特性設計出帶阻(band reject)濾波器。在 1×2 光波分歧器部份，我們已成功的將尺寸縮小至 $8\ \mu\text{m} \times 3.44\ \mu\text{m}$ ，且在此尺寸下亦可達到光波分歧的效果。本計畫設計出之元件可運用在不同的高速光通訊元件交換方面，以提供我們計畫整合時所需的波長信號濾波及分歧信號使用。

詳細內容請參考各子計畫報告

IV. 子計畫四

目前高速交換與轉換技術依對應功能和控制訊號的形式可分成光電轉換式和全光式兩類。研究重點包括交換技術所需的閘式半導體光放大器陣列、高速可調式雷射、可調式波長轉換技術、以及相關控制用高速電路。為降低成本及增加元件的可靠度，希望能發展將所有光學元件和電路元件組合的最佳積體化技術。

在高速可調式雷射方面，必須重新設計雷射結構，以簡化目前過度複雜的波長調動機制。在閘式光放大器陣列方面，將著重改善其交換速度與線性範圍，並設計製作新型增益嵌制光放大器。而在波長轉換器方面，採用輔助光方式增加放大器的增益與輸出飽和功率，以提升轉換效率，並將輔助光與光放大器積體化。在控制用高速電路的設計上，必須著重提高切換速度、穩定度、及克服高頻阻抗匹配問題。研究內容包括新的元件架構，新的學理分析，以及新的製造技術。探討各種可行的架構，並發展簡易精確的分析方法，以及研發新的製程技術以實現高性能之光積體化高速交換與轉換器。

本計畫所提工作項目大部份皆已順利進行且有初步成果。其中高速高可調波長範圍雷射陣列，已完成設計且製作，初步結果證實具有原始設計之性能。利用 QWI 技術改變增益頻譜曲線，已完成初步模擬與實驗，兩者趨勢一致，目前正在實際製作雷射進一步驗證中。穩定且高旁模抑制比之光源已完成設計製作，實驗結果證實具有原始設計之性能，目前正在申請專利。1x4 多模干涉分光器，已完成理論分析與製作，目前正在量測中。由各項初步的成果得知，本計畫原始規劃內容應屬可行。

詳細內容請參考各子計畫報告

三、 計畫成果自評與討論

本計畫在光纖通訊研究上有相當多的成果，包括了高速光通訊系統之效能分析，光分碼多工之編碼研究，光學能隙晶格元件以及可調適雷射與波長轉換之設計，已有許多專利及論文發表，成果豐富。