國立交通大學

光電工程系顯示科技研究所

碩　士　論　文

二維準週期性光子晶體雷射之製程與特性分析

Fabrication and Characteristics of Two-Dimensional Quasi-Periodic Photonic Crystal Lasers

研 究 生：蔡豐懋

指導教授：李柏璁　教授

中 華 民 國 九十五 年 六 月

二維準週期性光子晶體雷射之製程與特性分析

研 究 生：蔡豐懋

指導老師：李柏璁　教授

國立交通大學光電工程系顯示科技研究所碩士班

摘要

在本篇論文當中，我們使用三維平面波展開法以及二維有限時域差的方法去計算出對稱性光子晶體雷射結構的能帶圖、和共振場圖。這些有效的計算方法幫助我們能最佳化我們的光子晶體設計，並且把這些設計確實的應用在我們的製程當中。

在製程的篇章中，主要分為兩大部分去介紹，分別是對稱性與非對稱性結構的製程。我們在對稱的薄膜結構上做了許多種不同設計的光子晶體元件去研究。而在非對稱性結構中，我們成功的把光子晶體寫在主動層與 DBR 接和的晶片上面。以上的製程步驟和遇到的困難以及解決方法都詳細的寫在內容中。

最後，利用自行架設的 micro-PL 系統把我們製程出來的所有元件做量測與討論。從量測的結果與模擬的結果去討論，可以得知我們量測到的發光模態與我們預測的是相同的。並且，達到我們所預期的雷射特性、從設計去減少共振模態、準週期性結構在製程中對誤差的容忍度和DBR接和晶片發光的光子晶體雷射,這些結果都已從量測中得到。

Fabrication and Characteristics of Two-Dimensional Quasi-Periodic Photonic Crystal Lasers

Student：Feng-Mao Tsai

Advisor：Prof. Po-Tsung Lee

National Chiao Tung University

Department of Photonics & Display Institute

Abstract

We calculated the band diagrams, photonic band gaps, resonance spectra, and resonance mode profiles of the symmetric and c two-dimensional photonic crystal lasers using 3D plane-wave-expansion method and 2D finite-difference time-domain method. These help us to optimize our photonic crystal design. And then, a modified quasi-periodic photonic crystal microcavity laser was designed.

In the fabrication, we introduced the procedures for two different structures. In the membrane structure, we demonstrated the basic photonic crystal lasers and the 12-fold quasi-periodic photonic crystal lasers. In the asymmetric structure, the wafer fusion technology was developed. And the PC microcavity structure was defined on the bonded sample successfully. All of the fabrication procedures for symmetric and asymmetric structure lasers were presented in detail.

The basic characteristics of two-dimensional quasi-periodic photonic crystal microcavity were measured by a micro-scale photoluminescence system. Furthermore, the characteristics were compared to the triangular lattice photonic crystal lasers. From the measurements, we achieve the goals of ultra-low threshold, high-Q, side mode reduction, the tolerance of QPC lasers, and PC devices lasing from DBR bonded wafer.

Acknowledgements

首先我必須非常誠摯的感謝養育我並且在求學期間一路支持我的父母親，能讓我在這段路程中能過著衣食無缺的生活，使得我能專心於學業及其他各方面的發展。還有這段期間一直陪伴著我的女朋友小珮以及從北海道來的漂亮高貴喵，常常會在我遇到挫折與失落的時候給我最大的鼓勵，也會在成功的時候與我分享勝利的果實，非常感激她們對我的支持。碩士班這兩年，說不上是長還是短，但卻是人生當中讓我成長與改變最多的一個階段。在求學方面，從以往中制式的學習轉變成實際的操作，許多的問題都大部分要靠自己去發掘或解決。因此在一個團體群的合作與互助也比以往更顯得重要，而以下是要感謝這段時間當中幫助過我完成這篇文章的伙伴們。

一開始要感謝我的指導教授李柏璁老師，謝謝老師在這兩年的蹲蹲教誨讓我受益良多，也協助我渡過許多困難。另外，有許許多多幫助過我的學長和同學們，讓我在實驗中遇到的困難能迎刃而解，在此都要非常感謝他們。特別是博士班學長盧贊文，提供給我了很多想法並且幫我解決許多疑惑。電子所黃世傑學長，指導我們許多製程上的困難。光電所的朱榮堂學長，提供我許多晶片融合的意見和製程材料。還有張吉東和魏士強學長一年來的帶領與教導。接下來不外乎是朝夕相處的實驗室同學們，范峻豪、陳鴻祺、陳思元、陳佳禾、蘇國輝、張資岳還有因製程而互相切磋學習的陳書志同學，謝謝他們的陪伴讓乏味的實驗室增添了許多色彩。還要感謝我的兩位電子所的大學同班同學，楊宗樺及吳居倫常常一起討論和互相協助。最後，也要謝謝最後這一年經常被我抓去做實驗的曾仲銓和游嘉銘，多虧了他們才能讓實驗迅速完成。還有，總是幫大家賣力跑腿買宵夜的江俊德學弟。

還要感謝行政院國家科學委員會的計畫補助，在計畫編號 NSC-94-2752-E-009-007 下，使得我們有足夠的資源能進行所有的研究。再次感謝以上所有的人，豐富我在交大的兩年生活，並且協助我完成這份畢業論文。

2006/6/5 于新竹 國立交通大學 電資大樓 516 室

Content

List of Tables

List of Figures