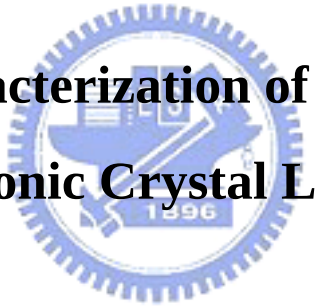
國立交通大學

光電工程研究所

碩　士　論　文

二維光子晶體雷射特性分析與設計



Design and Characterization of Two-Dimensional Photonic Crystal Lasers

研 究 生：盧贊文

指導老師：李柏璁　教授

中華民國九十四年七月

二維光子晶體雷射特性分析與設計

研 究 生：盧贊文

指導老師：李柏璁　教授

國立交通大學光電工程研究所碩士班

摘要

我們於本文中展示了二維光子晶體的基本設計以及特性分析。首先，我們利用三維平面波展開法以及有限元素時域差分法來計算光能隙以及光子晶體微共振腔的缺陷模態及其頻譜，藉此，我們得以在結構設計上達成優化的目的。除此之外，本文中亦簡單的介紹了對稱與非對稱結構二維光子晶體雷射的製程技術。

為了量測並分析二維光子晶體的各種基本特性，我們架設了一套長波長共焦顯微光譜系統。利用此系統，我們觀察並分析了光子晶體微共振腔中的共振模態以及雷射激發模態，這其中包括了基本的雷射激發頻譜，光激發光輸出曲線，可調波長雷射行為，以及雷射模態的偏極化現象。

最後，我們亦架設了一套熱電半導體定溫系統，利用這套系統，我們得以探討二維光子晶體雷射的各種熱特性。在雷射波長熱調變的探討中，我們得到了與模擬結果相符合的實驗結果。此外我們還分析了此元件的臨界激發能量對於激發條件以及基板溫度的相關性。最後，我們計算了該元件的熱阻，並與目前的面射型垂直共振腔雷射做一比較。

Design and Characterization of Two-Dimensional Photonic Crystal Lasers

Student：Tsan-Wen Lu

Advisor：Prof. Po-Tsung Lee

Department of Photonics & Institute of Electro-Optical Engineering

Abstract

In this thesis, we show the basic design and characteristics of two-dimensional photonic crystal lasers. At first, a series of simulations are performed by using three-dimensional plane-wave-expansion (PWE) method and finite-difference time-domain (FDTD) method in order to calculate the band diagrams and defect modes of the photonic crystal micro-cavities. According to these simulations, we can optimize the structure of the devices. The fabrication of the membrane and the asymmetric structure are also introduced.

We setup a micro-photo-luminescence (PL) system in order to characterize the two-dimensional photonic crystal lasers. The basic characteristics of the micro-cavities are investigated including resonance modes and lasing modes. The basic lasing properties are investigated such as lasing spectra, L-L curves, tuning properties and mode polarization.

We setup a thermo-electro cooler (TEC) system in order to characterize the thermal properties of two-dimensional photonic crystal lasers under different conditions. The lasing properties under different substrate temperatures are investigated both in experiment and theory. We also investigate the threshold dependence on different substrate temperatures and pump conditions. At last, we calculate the thermal resistance of two-dimensional photonic crystal lasers and compare it with that of general VCSELs for our future work.

Acknowledgements

首先我要感謝我的指導老師李柏璁教授，在過去這兩年中，經過她的細心教導，讓我在光子晶體領域打下紮實的基礎。其次，我要對光電所張亞衡學長表示萬分的感激，感謝他在實驗上提供了很多十分重要的意見，讓我能夠順利的量測到如此精細的元件。還有也要特別感謝電子所黃世傑學長，身為一個光子晶體理論與製程的強者，他幫我解了很多光子晶體相關的疑惑。還有實驗室的好同學們，不管是在生活，實驗，玩樂上，你們都給予我相當大的協助，讓我得以在這兩年擁有一個很好的實驗室研究環境與氣氛。

此外，更要感謝行政院國家科學委員會(計畫編號：NSC-92-2218-E-009-023, NSC-)，經濟部學界科專計畫(計畫編號：)，以及台灣聯合大學系統(計畫編號：)的支持，讓我在研究的過程中得到足夠的研究資源及經費。也要特別感謝交通大學光電所尖端光電元件與材料實驗室和國研院儀器科學中心陳至信組長，鄭紹章先生在實驗技術上所給予的支援。

最後，還要感謝我的父母，親愛的小妹，可愛的女友小練，在精神上給予我莫大的支持。同時也要感謝曾經幫助過我但是一時想不起來的人們，在碩士班研究的路上，我碰到了一大群願意幫助我的人，在此對你們獻上由衷的感激。

贊文 2005/07．于新竹交通大學

Content

List of Tables

List of Figures

Chapter. 1

Chapter. 2

Chapter. 3

Chapter. 4