氮化鎵面射型雷射及微共振腔元件之研究

研究生: 彭裕鈞　　指導教授: 王興宗 教授，郭浩中 教授

國立交通大學 光電工程研究所

摘 要

本論文主要是探討氮化鎵面射型雷射及微共振腔元件之設計、製作及其發光特性。我們首先利用模擬軟體進行複合式結構的氮化鎵面射型雷射之設計。接著，我們利用有機金屬氣相沉積系統成長具高反射率氮化鎵/鋁化鎵布拉格反射鏡之 3λ 氮化鎵系結構，並在此結構上以電子槍蒸鍍機蒸鍍高反射率之介電質反射鏡以完成面射型雷射結構之製作。針對此一結構我們在室溫下以光激發操作時，已觀察到雷射發光的現象，其臨界激發光能量密度為 53 MJ/cm^2 ，雷射光波長為 448nm。此外我們亦針對此雷射之特性做了更深入之探討，諸如：發散角、極化程度、不同操作溫度之影響等…，經由實驗結果得知，我們已成功的製作出光激發氮化鎵面射型雷射。同時，我們亦針對此一結構導入製程以研發氮化鎵微共振腔元件。在充分運用各種半導體製程技術下，諸如：蝕刻、薄膜成長、歐姆接觸電極之蒸鍍等…，我們也成功的製作出氮化鎵微共振腔元件。此一元件在室溫 20 毫安培的電流注入下，發光波長在 458.5nm，並具有一窄的光譜半高寬值為 6.7nm。此外我們也針對此元件與一般的發光二極體及具下反射鏡之發光二極體元件做變溫操作及變電流操作之發光特性比較，亦發現氮化鎵微共振腔元件具有較佳的波長穩定性。此元件之特性說明了其結構及製程在發展電激發氮化鎵面射型雷射之可行性與潛力。

Study of Microcavity LED and GaN-based VCSEL

Student : Yu-Chun Peng **Advisor : Dr. S.C. Wang**
Dr. H.C. Kuo

Institute of electro-optical Engineering
National Chiao-Tung University

Abstract

In this thesis, we report the design, fabrication and emission characteristics of GaN-based VCSEL and GaN-based MCLED. We grew the 3λ nitride-based structure with 25 pairs of AlN/GaN DBR by MOCVD, and then deposited 8 pairs of Ta_2O_5/SiO_2 DBR by E-gun deposition to complete the full structure of GaN-based VCSEL. The fabricated structure was optically pumped at room temperature and the laser emission was observed. The threshold pumping energy was about 53 MJ/cm^2 and the laser emission peak wavelength was about 448nm. It's evidently that we have successfully fabricated the optically pumped GaN-based VCSEL. Besides, we also discuss the characteristics of optically pumped GaN-based VCSEL such as excitation energy - emission intensity curve (L-I), near field pattern (NFP), far field pattern (FFP), threshold carrier density (N_{th}), threshold gain(g_{th}), degree of polarization (DOP), temperature dependent threshold and characteristic temperature (T_0). We also fabricated the GaN-based MCLED following the success of optically pumped GaN-based VCSEL. The device showed the emission wavelength of 458.5nm and the narrowed spectral FWHM of 6.7nm at 20mA injected current. The MCLED also showed stable emission peak wavelength, while varying the injected current density and operating temperature. It indicated that a good resonant cavity was fabricated. Such MCLED could be the basis for electrically injected GaN-based VCSEL.

誌　謝

在這兩年的研究生涯中，首先感謝指導教授王興宗與郭浩中兩位老師的指導，使我了解作研究應有的態度與精神。接著要感謝林佳鋒教授與盧廷昌教授在實驗上給予的建議與指導，還有黃根生博士後研究員及姚忻宏學長在磊晶上的幫忙。此外，感謝張亞衡、薛道鴻、黃泓文、朱榮堂、賴芳儀、余長治、朱振甫、張詒安、柯宗憲、張鴻儒、謝永龍、彭偉倫、陳威佑、呂俊毅、歐陽妙佳學長姊在實驗上之幫助與提供寶貴的經驗。在這要特別感謝蔡睿彥學長在鍍膜上的全力支援，還有直屬帶領的高志強學長在實驗上及論文上給予的幫助與指導。在老師及學長姐們的教導下，使我這兩年獲益良多，成長不少。

感謝這兩年跟我一起努力的同學們，文燈、永昌、傳煜、瑞溢、國峰、敏瑛與蕙婷，無論是在生活上還是實驗中，我們總是互相鼓勵、幫助、討論、學習，一起走過這兩年的研究路程，你們永遠是我的好同學、好伙伴。也很感謝學弟妹宗鼎、游敏、文凱、皇伸、意偵、剛帆、柏傑與志堯在實驗上的幫助，使我實驗進行得以順遂。

最後，我要感謝我親愛的父母與家人，以及我的女朋友及她的家人。感謝他們一直以來全心全力的支持及無怨無悔的付出，使我能順利的完成研究。

2005/06　裕鈞

交通大學光電所

知福惜福，感恩奉獻。

Contents

Table Contents

Figure Contents