以晶元接合技術製作 1.5μm 波長面射型雷射之研究

學生: 朱榮堂　　指導教授: 王興宗 教授

國立交通大學 光電工程研究所

摘 要

本論文的研究目的是利用晶圓接合技術製作長波長面射型雷射。我們建立了晶圓接合的系統架構與製作流程。在不同的晶圓接合溫度下，我們比較了跨異質接合接面的電阻。由掃描式電子顯微鏡與電壓-電流特性的觀察，得到了可使接面有低電阻且良好的接合介面的晶圓接合溫度。藉由分析 InGaAlAs 多量子井(MQW)的螢光光譜強度，得知在晶圓接合過程中對晶體結構所造成的破壞。對於布拉格反射鏡(DBR)在經過晶圓接合製程後的反射率頻譜與最大反射率也給與分析及討論。多量子井與布拉格反射鏡的光學特性不會因為經過晶圓接合製程而發生改變。在檢視經過晶圓接合製程的電性與光學特性後，我們利用晶圓接合技術接合了 InGaAlAs 多量子井與 GaAs/AlAs 布拉格反射鏡並鍍覆上 SiO_2/TiO_2 布拉格反射鏡，構成一面射型雷射之結構。此經過單次晶圓接合製程之面射型雷射，在室溫下以光激發操作的臨界激發光能量密度為 4.5 kW/cm^2 ，受激發光光波長為 1623.5nm。此外，我們也以晶圓接合技術接合 InGaAlAs 多量子井與上部及底部 GaAs/AlAs 兩個布拉格反射鏡，構成一面射型雷射之結構。在室溫下，此經過二次晶圓接合製程之面射型雷射，之臨界激發光能量密度為 5 kW/cm^2 ，受激光波長為 1527nm。

Study of Wafer Fusion Technique for Fabrication of Long Wavelength Vertical Cavity Surface Emitting Laser

Student : Jung-Tang Chu **Advisor : Prof. Shing-Chung Wang**

Institute of electro-optical Engineering
National Chiao-Tung University

Abstract

This thesis reports on the fabrication of long wavelength vertical surface emitting laser (LW-VCSEL) with the atomic rearrangement wafer fusion technique. We have setup a wafer fusion system and established the wafer fusion process. The resistance across fused heterojunction under different fusion temperature were compared. The proper fusion temperature for low resistance and well-fused fusion interface observed by scanning electron microscope was obtained. The peak emission wavelength and intensity of the InGaAlAs multi-quantum well (MQW) were analyzed to determine the degradation of the crystal quality during the wafer fusion process. The reflectance spectra and maximum reflectivity of GaAs/AlAs distributed Bragg reflectors (DBR) after the fusion process were also analyzed. The optical characteristics of the MQW and DBR did not alter after the wafer fusion process. After examined the electrical and optical characteristics after the fusion process, a VCSEL structure consisting of the InGaAlAs MQW, a fused bottom GaAs/AlAs DBR and a coated SiO_2/TiO_2 top dielectric mirror has been fabricated. This single fused VCSELs operated at room temperature by optical pumping with the threshold input power density of 4.5 kW/cm^2 and the stimulated emission wavelength at 1623.5nm. We also demonstrated optically pumped VCSEL structure consisting of the InGaAlAs MQW fused with the bottom and top GaAs/AlAs DBR. The double fused VCSELs operated at room temperature with the threshold pumping power density of 5 kW/cm^2 and the stimulated emission wavelength at 1527nm.

誌 謝

在交通大學光電工程研究所求學與研究期間，可說是自求學以來收穫與受益最多的階段。

首先，最感謝地是我的指導教授王興宗教授在實驗與學問上的嚴謹要求與教誨，培養我在實驗與求知時擁有正確的態度與方向。同時也要感謝郭浩中老師不時的督導與鼓勵。

實驗室的學長、學姊與同學也是使我成長與堅持的動力來源。其中，要感謝盧廷昌學長在專業知識方面的指導與實驗上的全力支援，還有朱振甫博士、余長治博士、賴利宏博士、林佳鋒博士、姚忻宏學長、賴芳儀學姊、張亞衡學長、黃泓文學長、蔡睿彥學長與薛道鴻學長等在各方面的指導與協助。

而實驗室的夥伴們:哲偉、文君、峻偉、聖彬、志強、詒安、俊毅、永龍、偉倫、威佑、妙加與文燈等，謝謝你們與我共同奮鬥和分享歡悅。

另外，要特別感謝交通大學材料所的吳耀銓老師在實驗設備架構與實驗結果方面的指導與解惑。還要謝謝其他在這一路上曾經幫助過我的人們。

最後，非常感謝母親與三位兄長對我的支持，讓我可以沒有顧慮地專注於求學。也要把這份喜悅與榮耀與我懷念地父親分享。

讓我再次地感謝各位，謝謝你們，謝謝。

朱榮堂 於 2004 年 5 月 23 日

交通大學光電工程研究所

Contents

List of figures

List of table