

# 面射型雷射製程技術之研究

研究生：賴芳儀

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

本論文旨在研究面射型雷射之製程技術以及特性改良相關研究。因面射型雷射具有圓形輸出光束、低製作成本、單一縱膜操作、以及整合二維陣列的潛在特性，因此在光纖通信及中、短距數據通信上，成為極具潛力的發光源，另外亦可應用在光儲存、光感測、顯示系統上等等。面射型雷射元件的製程方法主要有蝕刻、橫向電流或光場的侷限、歐姆電極蒸鍍、介電薄膜蒸鍍。其中，最重要的即是橫向電流或光場侷限的技術。一個好的光場和電流的侷限可以提昇元件的電光轉換效率。基本上，使橫向光場被侷限在面射型雷射中的結構有三種，為增益侷限 (gain-guiding)、折射率侷限 (index-guiding) 和同時使用增益侷限與折射率侷限的混合侷限 (hybrid-guiding)。本論文主要在研究面射型雷射不同侷限構造的製程技術和元件特性。我們嘗試改善傳統 gain-guiding 結構的元件特性、發展新型 index-guiding 技術，並研發能結合上述兩種侷限之長處的新型 hybrid-guiding 結構。我們大部分所使用的晶片為長晶技術成熟、品質穩定又易購得的 850nm 面射型雷射晶片。另外，我們也發展了適用於氮化鎵系列元件的侷限技術—光化學氧化 (photoelectrochemical oxidation) 技術。

在面射型雷射元件的製作上，gain-guiding 的結構是非常簡單而且是平面化的製程技術，一般常用質子佈植為 gain-guiding，但其元件之輸出特性 (電流對輸出光強, L-I) 常會出現扭曲 (kink) 且輸出光強的不穩定和其中的雜訊則會導致調變速率被侷限在 1.25 Gb/s 附近。我們提出使用新的 p 型電極組合，利用 Ti 和透明電極 (ITO) 蒸鍍在一般的 p 型電極上，成功的改善了質子佈植的面射型雷射之 kink 現象，且元件亦能成功

的操作在2.125 Gb/s。

由於gain-guiding缺乏強的光場侷限能力，故其操作特性表現不如index-guiding。我們使用矽離子佈植取代氫離子佈植，得到了臨界電流約為2.2 mA，光孔徑為 $13 \times 13 \mu\text{m}^2$ 的面射型雷射元件，且其L-I曲線沒有kink出現，而此元件操作在2.125 Gb/s之眼圖（eye diagram）非常清晰；且其橫向橫態的表現和氧化侷限的元件非常相似，可能是因矽離子佈植後會造成晶格插排導致元件有較氫離子佈植強之index-guide的效果。

由於在光通訊中，單橫模輸出的面射型雷射有較好的傳輸特性，因此我們提出了兩種hybrid-guided的結構。一是結構是將氧離子佈植在氧化侷限的面射型雷射中，另一是在質子佈植的面射型雷射上製作光子晶體的結構。在將氧離子佈植在氧化侷限的面射型雷射中，此元件在整個輸出特性中皆為單橫模，且其在光孔徑為 $8 \mu\text{m}$ 下之臨界電流1.5 mA，且其最高的輸出光強為3.8 mW，此外，此元件的高頻操作特性可超過10 Gb/s。

在光子晶體的這個結構中，光子晶體提供元件光場侷限（即index-guiding），而質子佈植提供電流侷限（即gain-guiding）。此元件的單橫模輸出特性非常優異，其側模壓抑率（side-mode suppression ratio）大於40 dB，且在質子佈植孔徑為 $10 \mu\text{m}$ 下，其臨界電流只有1.25 mA，而其遠場發散角約為 $7^\circ$ 。我們亦將此種侷限結構應用到 $1.3 \mu\text{m}$  InAs 量子點的面射型雷射，同樣得到單橫模的輸出。

我們相信上述的製程技術都將能用在製作長波長面射型雷射上。但，對於以氮化鎵系列為材列的藍紫外光，傳統用於GaAs的溼式選擇性氧化是不適用的。我們成功的架設了光化學氧化的製程，並在氮化鎵材料上穩定成長出氧化物。我們亦利用此方法在藍光LED的p型氧化鎵表面成長氧化物而增加了LED的輸出光強。我們相信此製程技術將能應用於氮化鎵系列面射型雷射之製程上。總而言之，我們在本論文中研究了面射型雷射橫向侷限的結構，並提出幾種不同的侷限制程技術，且研究其元件操作特性和不同侷限機制的現象，希望這些經驗未來能對長波長和藍紫外光的面射型雷射之製程技術有所裨益。