

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

環保及生化用之紅外線光源

半導體雷射幫浦光參振盪以產生可調式紅外光源

Tunable Infrared Emission by Semiconductor Laser-Pumped Optical Parametric Oscillation

計畫編號：NSC 88-215-E-002-021

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：林清富 台灣大學光電工程研究所

一、中文摘要

本研究應用準相位匹配技術來改善光參振盪器中傳統非線性光學晶體的性質。並研發波導展開式半導體雷射放大器以及寬頻可調式半導體雷射，用來取代傳統體積大、價格昂貴、壽命短高功率雷射，作為光參振盪器的雷射幫浦。

關鍵詞：光參振盪器，準相位匹配，波導展開式半導體雷射放大器

Abstract

Quasi-phase-matching techniques used in the optical parametric oscillators are developed. High power flared semiconductor laser amplifiers developed for the pumping sources of the optical parametric oscillators. Broadband tunable semiconductor lasers are developed successfully and could be used as the wavelength-tunable pumping sources of the optical parametric oscillator.

Keywords : Optical parametric oscillator ,
Quasi-phase-matching , Flared
Semiconductor Laser Amplifier

二、計畫緣由與目的

自從雷射技術問世後，引起現代光電工程革命性的進展。然而，目前各種雷射光源所涵蓋的頻譜範圍仍然十分有限。要克服這個問題，就必須利用非線性光學中的頻率轉換的現象。而利用光參振盪器，能夠產生頻率連續可調性的同調性光源，就可以彌補雷射裝置的不足。

到目前為止，一個穩定的光參振盪器的研發仍然停留在實驗室階段，與實際上的應用仍然有一段距離。其中最關鍵的因素，在於光參振盪器對於光學準直及共振腔的穩定性非常敏感。這個問題主要是起源於非線性光學晶體必須滿足相位匹配的條件，造成光學準直上可接受的角度範圍非常狹小。要改善上述情形，就必須改善非線性光學晶體的性質，而利用準相位匹配的方式就可以避免傳統非線性光學晶體的種種缺點。準相位匹配元件就是在非線性光學晶體上對其非線性係數做周期性的調變，在這種狀況下，光參振盪器就可以滿足相位匹配的條件，不再有光學準直上可接受角度範圍過小的問題。也就是說，利用準相位匹配的技術，光參振盪器的穩定性將大幅的提升。

近年來半導體雷射的研製有一新的驅勢，在於不斷提高其輸出功率，以滿足更多的應用領域。其中，使用波導展開式半導體雷射放大器，能夠進一步提高半導體雷射的輸出功率，並具有較佳的光束品質，而可以應用於固態雷射及非線性光學裝置的幫浦光源。顯然的，若能夠以波導展開式半導體雷射放大器來取代傳統體積

大、價格昂貴、壽命短高功率雷射，作為光參振盪器的雷射幫浦，將對光參振盪器的實際應用有非常大的幫助。另一方面，半導體雷射可提供一個極寬的波長可調範圍，此性質可做調整光參振盪所需的波長範圍。

本研究的目的是，就是研發光參振盪器的三個關鍵性元件：

1. 準相位匹配非線性光學晶體
2. 波導展開式半導體雷射放大器
3. 寬頻可調式半導體雷射。

在理論上先研究其基本性質，並對元件作適當的設計，然後並研製出實際上的元件，以期能研發出性質優良的半導體雷射幫浦光參振盪器。

最後將此元件作系統組合，以實際達成半導體雷射幫浦光參振盪器，以產生可調式紅外線光源。

三、結果與討論

在準相位匹配非線性光學晶體的理論研究方面，我們改良了過往所提出的光束傳播法，從原本的二維模擬改為三維模擬，使得此模型可以實用於塊狀的準相位匹配材料〔即為我們實驗中將要使用之材料〕，與已發表期刊上所做的非線性差頻實驗來比較，非線性轉換效率約為實驗所得之兩倍〔 $0.015\%/Wcm:0.0292\%/Wcm$ 〕〔圖一〕，為同一個數量級，故此演算法已可實用作為將來實驗結果之預測。除此之外，使用我們所發展出來的演算法，可以對一些實際準相位匹配元件的特性，有更深入的了解，這是以往使用簡單的理論所無法辦到的，如圖二，我們藉由模擬發現所產生的紅外光場並不是基本的高斯場型，可見非線性轉換中產生了高階的高斯場。同時，我們也利用我們的演算法在準

相位匹配元件最佳化上的研究上，用來輔助我們在實際元件上的設計。

針對波導展開式半導體雷射放大器的研究，根據以往所研製的放大器〔圖三〕，我們在輸出的兩個鏡面上進行抗反射鍍膜的研究，以便使此半導體雷射放大器能夠實際運作。我們使用非傳導性的物質作為鍍膜的材料，理論預測厚度的模型已建立，鍍膜後的結果使一個半導體雷射〔與半導體雷射放大器的材質相同〕的雷射起始電流由 25mA 提高到 33mA〔圖四〕，反射率約降為 10%左右。這樣的結果還不夠實用，最主要之原因為：本所的真空蒸鍍系統因老舊而漏氣，故無法達到理想之要求。故我們將會在理想的蒸鍍系統之下繼續進行抗反射鍍膜的研究，以期達到我們之目標。

在波導展開式半導體雷射放大器的光源部分，我們將使用一個寬頻可調式三角環型外腔雷射〔圖五〕，其可以有效抑制自發性放射而產生良好的單頻光，並可以調頻約 55nm 之頻寬，圖六為其波長對雷射臨界電流之作圖，非常適合作為注入鎖住波導展開式半導體雷射放大器波長之光源，來調整光參振盪所需的波長範圍，以使波導展開式半導體雷射放大器能實際操作。

最後，我們也使用商用的高功率半導體雷射及 Nd:YAG 固態雷射進行半導體雷射幫浦光參振盪器之研究，以期作為原形，之後再以波導展開式半導體雷射放大器代替商用高功率雷射。

四、計畫結果自評

本計畫主要分為兩個部分，第一部分主要是在研究準相位匹配非線性光學晶體，第二部分則是在於波導展開式半導體雷射放大器的研究。此兩部分的研究理論

和實務並重，整體而言，我們得到相當完整且不錯的研究成果。

我們改良了以往以疊代為基礎的光束傳播法來分析在二階非線性作用下的光束傳播情形，建立了三維的模型，使其能夠真正應用於準相位匹配非線性光學晶體上。

我們針對波導展開式半導體雷射放大器的性質做抗反射鍍膜，反射率約降低為10%，我們將繼續這方面之研究。

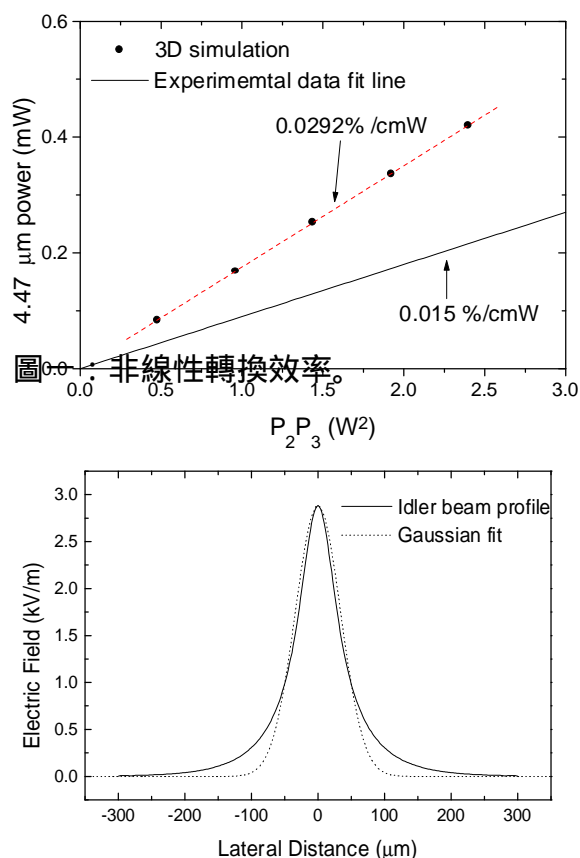
我們成功的架設寬頻可調式外腔半導體雷射，進一步來調整光參振盪所需的波長範圍，使其作為波導展開式半導體雷射放大器的光源。

由我們的研究成果顯示，我們可以使用我們所製做的波導展開式半導體雷射放大器以及寬頻可調式外腔半導體雷射做為光參振盪器的雷射幫浦，同時使用準相位匹配元件來取代傳統的非線性光學晶體，以期研發出性質優良的光參振盪器，以產生可調式紅外線光源。

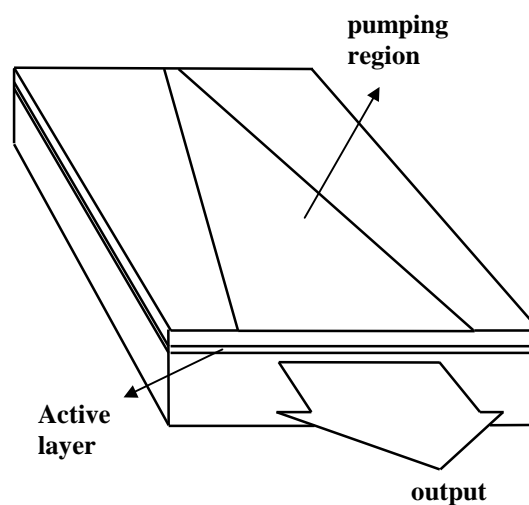
五、參考文獻

- [1] Lim, M.M.Fejer, R.L.Byer, Electron. Lett. 25, 174 (1989)
- [2] Armstrong, N. Blombergen, J. Ducuing, and P.S. Pershan, Phys. Rev.,127, 1918 (1962)
- [3] S.O.Brien, D.F.Welch, R.A.Parke, D.Mehuys, K.Dzurko, R.J.Lang, R.Waarts, and D.Scifres,IEEE J. Quantum Electron., 29, 2052 (1993)
- [4] Jie-Wei Lai and Ching-Fuh Lin, IEEE J. Quantum Electron. , (1998).
- [5] H.-F. Chou, C.-F. Lin, and G.-C. Wang, *J. Lightwave Technol.*, vol. 16, pp. 1686-1693, 1998.
- [6] H.-F. Chou, C.-F. Lin, and S. Mou, *J. Lightwave Technol.*, vol. 17, pp. 1481-1486, 1998.

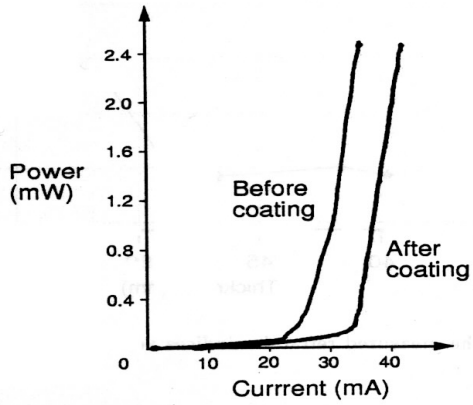
六、圖表



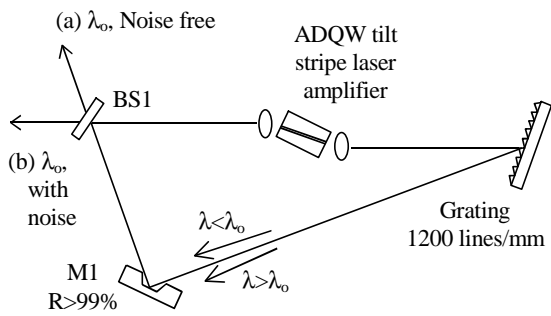
圖二：模擬產生之紅外光場及用高斯場型做比較。



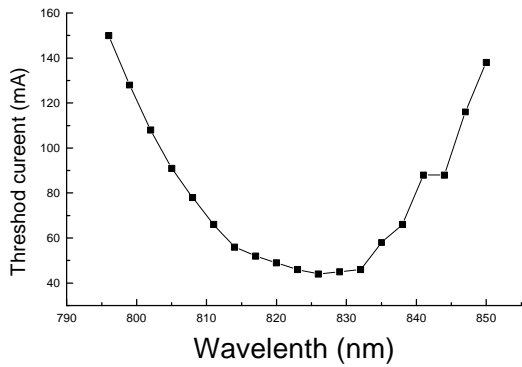
圖三：波導展開式半導體雷射放大器。



圖四：半導體雷射鍍膜前後之電流對光強度做圖之變化。



圖五：外腔可調式三角環型雷射架構圖。



圖六：發光二極體之波長 v.s. 雷射臨界電流。