

# 高功率雷射二極體陣列 之散熱模組設計開發

Design and Development for Cooling Module  
of High Power Laser Diode Stack

吳信毅

金屬工業研究發展中心  
金屬製程研發處  
工程師

簡嘉宏

金屬工業研究發展中心  
金屬製程研發處  
工程師

吳春甫

金屬工業研究發展中心  
精微成形研發處  
副處長

## 關鍵詞

- 高功率雷射二極體陣列  
High Power Laser Diode Stack
- 散熱模組 Cooling Module
- 液冷式散熱 Liquid Cooling

## 摘要

本文主要探討高功率雷射二極體陣列之散熱模組設計與開發，希望從中瞭解雷射二極體散熱模組設計之技術訣竅，並藉由實驗測試結果來驗證散熱模組之解熱能力。本文設計之高功率雷射二極體陣列散熱模組係由冷卻單元、循環泵浦、熱交換器等組件組合而成，其創新點在於冷卻單元與堆疊方式設計，本文之冷卻單元係整合了冷板與連通管路，使用時將雷射二極體固定於冷板上，使其與冷板緊密接觸以確保熱可由冷板內之冷卻液迅速帶走，再將冷卻單元以陣列或堆疊方式連接，藉由冷卻單元上之連通管路形成並聯之循環流道供冷卻液流動，以達到雷射二極體溫度控制之目的。冷卻液之循環流道採用並聯方式設計，其優點為可以確

保流入每一冷板之工作流體皆為低溫之冷卻液，如此可以將系統之總熱阻值降到最低。此外，由於冷卻單元係根據單一雷射二極體而設計，使用者可以根據需求堆疊複數個雷射二極體以形成高功率雷射系統，具有易於組裝、維修、擴充與結構緊密之優點。

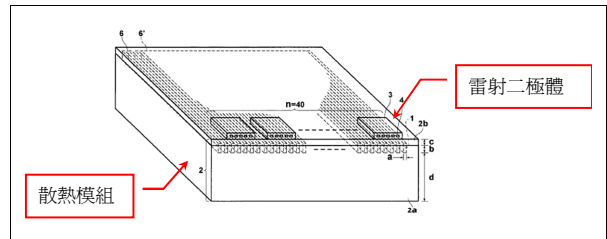
## 前言

在高功率雷射系統的各種關鍵技術中，散熱是極為重要的課題，因為雷射二極體(Laser Diode)之電光轉換效率約為 40~50%，即所輸入之電能約有 60~50%會轉換成熱能，加上為了獲得高功率的能量輸出，通常會將複數個雷射二極體以陣列或堆疊方式緊密排列，導致系統的熱負載更是嚴重，而此熱負載正是影響高功率雷射系統正常工作的關鍵因素。目前高功率雷射二極體系統大多採用高密度封裝的方式，即將多個雷射二極體以陣列排列方式裝配在基板(Submount)上，然後再根據基板尺寸進行散熱設計，但由於雷射二極體高密度排列導致產生之熱通量非常高，傳統自然對流冷卻方式已經無法滿

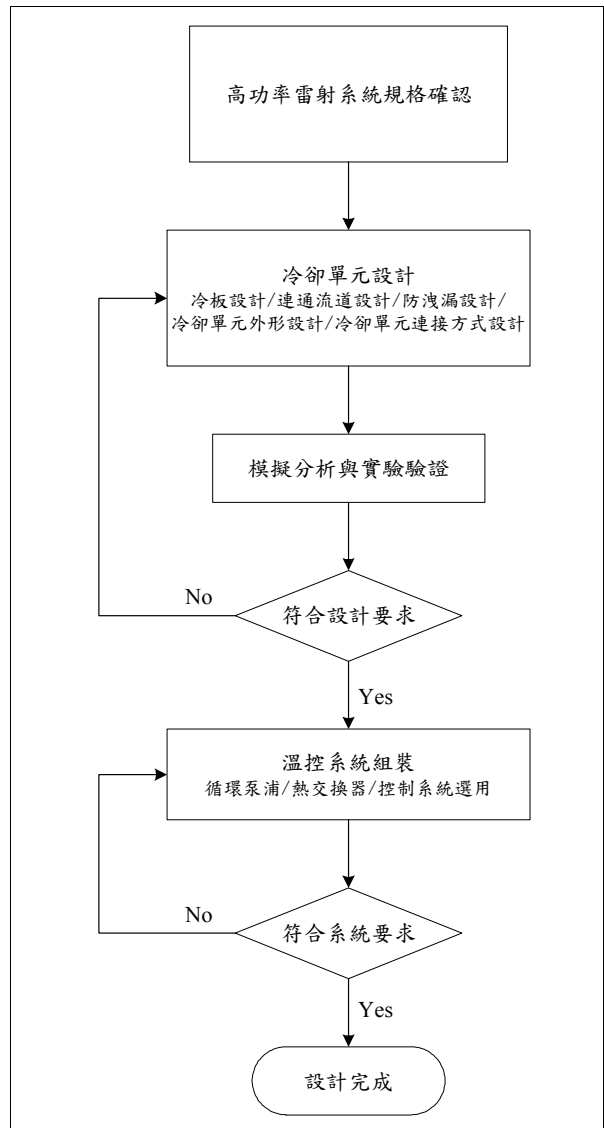
足系統的散熱需求，所以需要搭配散熱模組進行冷卻，一般的作法為在基板底部焊接或以導熱膠固定一增加散熱面積之熱沈(Heat Sink)，然後再利用冷卻液或相變化材料進行散熱，請參考圖一所示[1]，此作法的主要缺點為當二極體的數目或排列方式變動時，基板的大小與形狀也會隨著改變，所以與之配合的熱沈與散熱模組便需要重新設計，因此難以進行客製化設計，而且結構通常不夠緊密。基於上述缺點，本文設計了一單元化之高功率雷射二極體陣列(High Power Laser Diode Stack)散熱模組，此散熱模組是由冷卻單元(Cooling Block)、循環泵浦(Circulation Pump)、冷卻液儲存槽(Coolant Reservoir)與熱交換器(Radiator)所組成，其創新點在於冷卻單元與堆疊方式的設計，本文之冷卻單元整合了冷板(Cold Plate)與連通管路，使用時將雷射二極體固定於冷板上，使其與冷板緊密接觸以確保熱可由冷板內之冷卻液迅速帶走，再將冷卻單元以陣列或堆疊方式連接，藉由冷卻單元上之連通管路形成並聯之循環流道供冷卻液流動，以達到雷射二極體溫度控制之目的。此外，當複數個冷卻單元堆疊後，各冷卻單元間之連通流道將以並聯方式連接，其優點為可以確保流入每一冷板之工作流體皆為低溫之冷卻液，如此可以將系統之總熱阻值降到最低。此外，由於冷卻單元是根據單一雷射二極體而設計，使用者可以根據需求堆疊複數個雷射二極體以形成高功率雷射系統，此設計具有易於組裝、維修、擴充與結構緊密之優點。本文之研究流程如圖二所示，研究內容主要環繞在以下幾點：

1. 研究目的：設計一易於組裝、擴充、維修與空間緊配之高功率雷射二極體陣列散熱模組。
2. 冷卻單元之結構與流道設計：配合雷射二極體功率所設計之冷卻單元，可以獨立提供單顆雷射二極體的散熱需求；此外，由於是採用多顆堆疊式設計，所以冷卻單元的流量與壓降問題需特別注

意，不然會造成流量不均以及系統壓損過大進而影響冷卻液循環流動等問題。



圖一 習知之雷射二極體散熱模組設計[1]



圖二 本文之研究流程

更完整的內容

請參考紙本【機械工業雜誌】318期・98年9月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011