

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO BỘ ĐIỀU KHIỂN LÀM LẠNH CHO LASER BÁN DẪN CÔNG SUẤT CAO

Tăng Đức Lợi^{1*}, Bùi Bình Nguyên¹, Aliaksandr Mikulich², Nguyễn Thị Yến Mai³, Nguyễn Thanh Phương⁴, Nguyễn Thị Bích Phượng⁵, Trần Quốc Tiến¹, Tống Quang Công¹

¹Viện Khoa học vật liệu - Viện Hàn lâm Khoa học & Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội, VN;

²Viện Vật lý Stepanov – Viện Hàn lâm khoa học Belarus, 68 Nezavisimosty Av., 220072 Minsk Republic of Belarus;

³Đại học Công nghệ - Đại học Quốc gia Hà Nội, 144 Xuân Thủy, Cầu Giấy, Hà Nội, VN;

⁴Viện Vật lý Kỹ thuật - Đại học Bách Khoa Hà Nội, Số 1 Đại Cò Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam;

⁵Bệnh viện Bông Quốc gia Lê Hữu Trác, 263 Phùng Hưng, Hà Đông, Hà Nội, VN.

E-mail: loitd@ims.vast.ac.vn

Tóm tắt: Điều khiển nhiệt độ cho pin nhiệt điện công suất cao nhằm làm lạnh cho laser bán dẫn là vấn đề quan trọng giúp laser hoạt động ổn định, tăng hiệu suất, tuổi thọ làm việc. Phương pháp làm lạnh cho laser bán dẫn đã được nghiên cứu chế tạo trên cơ sở pin nhiệt điện Peltier và cảm biến nhiệt độ bán dẫn. Công trình nghiên cứu này giới thiệu một số kết quả nghiên cứu thiết kế chế tạo bộ điều khiển làm lạnh cho laser bán dẫn công suất cao sử dụng pin nhiệt điện Peltier (TEC) với các ưu điểm vượt trội đáp ứng hiệu suất làm mát nhanh mang lại hiệu quả cao không chỉ về mặt công suất mà còn cả mặt kinh tế, chi phí giá thành thấp lại nhỏ gọn. Các kỹ thuật sử dụng để chế tạo bộ điều khiển làm lạnh cho laser được thiết kế, mô tả, ứng dụng thử nghiệm trong việc điều ổn định nhiệt độ cho laser. Những vấn đề cơ bản của thiết bị như công suất hoạt động, khả năng đáp ứng kiểm soát, độ ổn định nhiệt độ hoạt động của bộ điều khiển ổn định nhiệt độ đã được nghiên cứu khảo sát.

Từ khóa: Bộ làm lạnh, Bộ điều khiển ổn định nhiệt độ, pin nhiệt điện, pin peltier, laser bán dẫn

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, với sự phát triển của công nghệ nhiệt lạnh, các hệ thống điều chỉnh và ổn định nhiệt độ rất đa dạng về chủng loại và công suất [1-2]. Đối với các linh kiện điện tử nói chung, các linh kiện quang điện tử nói riêng đặc biệt như laser bán dẫn thì quá trình làm mát và ổn định nhiệt độ rất quan trọng giúp cho thiết bị hoạt động ổn định hơn, nâng cao hiệu suất làm việc và nâng cao độ bền cho thiết bị, linh kiện. Các vấn đề dòng cấp có độ ổn định cao, không có các xung dòng tức thời gây hỏng linh kiện luôn được yêu cầu khắt khe đặc biệt đối với các linh kiện như laser [3-4]. Bên cạnh đó không thể thiếu một yếu tố quan trọng khác đó là quá trình ổn định làm lạnh cho laser điốt. Khi nhiệt độ làm việc thay đổi, sẽ ảnh hưởng trực tiếp dẫn đến các thông số cơ bản, tính chất quang của laser bị giảm sút, thậm chí làm phá hỏng laser...[4-5]. Có thể thấy, sự phụ thuộc đáng kể vào nhiệt độ của Laser bán dẫn là một nhược điểm lớn của nó. Điều này làm hạn chế hoạt động trong các ứng dụng cụ thể. Vì vậy điểm quan trọng là phải ổn định được nhiệt độ làm việc của nó trong sự biến đổi nhiệt độ. Các phương pháp tản nhiệt, làm lạnh đối với các laser bán dẫn đã được thực hiện trong

đó pin nhiệt điện Peltier (TEC) đã nhanh chóng trở thành đề xuất thiết thực, hiệu quả đối với các linh kiện laser bán dẫn trên thị trường [6].

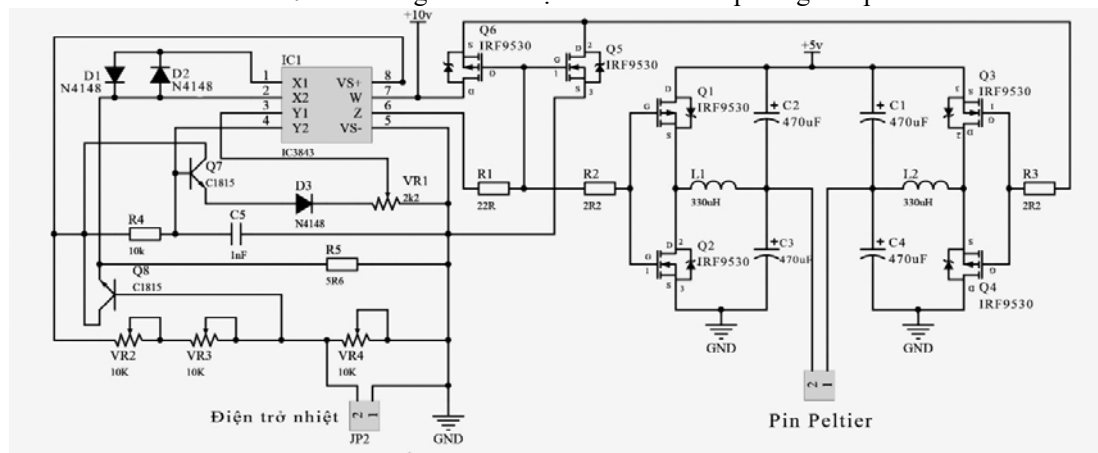
Với mục đích đảm bảo cho laser bán dẫn hoạt động ổn định, lâu bền và đạt hiệu quả tốt nhất phục vụ cho các hoạt động trong cuộc sống cũng như phục vụ nghiên cứu khoa học, chúng tôi đã nghiên cứu chế tạo một phương pháp tản nhiệt chủ động cho các laser bán dẫn công suất cao với chi phí giá thành thấp thông qua việc sử dụng pin nhiệt điện Peltier (TEC) để tạo thành một bộ kiểm soát, ổn định nhiệt độ chính xác ứng dụng tản nhiệt, làm mát cho laser.

II. NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO BỘ ĐIỀU KHIỂN LÀM LẠNH

Bộ điều khiển làm lạnh dựa trên cơ sở của pin nhiệt điện TEC với các ưu điểm không gây tiếng ồn, không có các chi tiết chuyển động và không sử dụng môi chất làm lạnh, thiết bị nhỏ gọn dễ dàng di chuyển, giá thành thấp. Vấn đề tản nhiệt cho chip laser trong module khi cấp dòng cho laser cũng là các vấn đề công nghệ cao, phức tạp phải tính đến. Bộ điều khiển làm lạnh TEC là rất quan trọng để đảm bảo một nhiệt độ ổn định cho các laser bán dẫn khi hoạt động. Mấu chốt vấn đề ở đây là thiết kế một bộ điều khiển làm lạnh cho laser gồm một mạch điều khiển cấp dòng cho pin nhiệt điện Peltier (TEC) và bộ phận để tản nhiệt ổn định nhiệt độ. Yêu cầu kỹ thuật là bộ điều khiển đảm bảo ổn định nhiệt độ thăng giáng dưới $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$; có khả năng điều khiển nhiệt độ từ 15°C đến 40°C thuận lợi cho việc vận hành thao tác trong quá trình đặt nhiệt độ làm việc. Với sự hạn chế tối đa được sự thăng giáng nhiệt độ như vậy sẽ đảm bảo cho quá trình làm lạnh giúp laser hoạt động ổn định, lâu bền.

Chúng tôi thiết kế mạch điều khiển cấp dòng cho pin TEC với hai khối làm việc cơ bản là khối điều biến độ rộng xung và khối công suất theo sơ đồ mạch tổng thể thể hiện trong Hình 1.

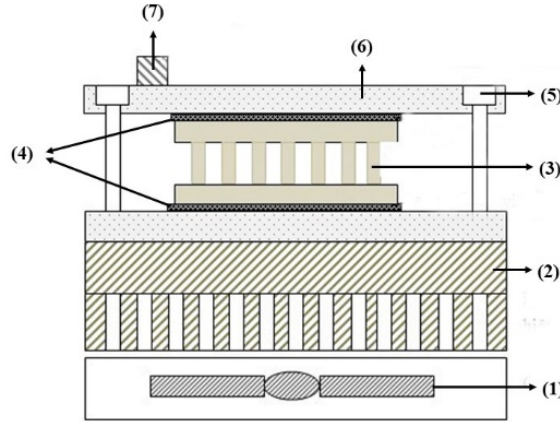
Hình 1. Sơ đồ tổng thể của mạch điều khiển cấp dòng cho pin Peltier



Đối với bộ phận để tản nhiệt ổn định nhiệt độ có kết cấu đơn giản, nhỏ gọn. Cấu trúc, cách ghép nối các linh kiện của bộ phận để tản nhiệt ổn định nhiệt độ thành một khối được thể hiện rõ ràng trong Hình 2. Tấm pin nhiệt điện Peltier được kẹp giữa hai miếng kim loại có nhiều cánh tản nhiệt. Để tăng hiệu suất làm mát, hai mặt cánh tản nhiệt thường lắp đặt thêm quạt gió. Phía nóng sẽ tỏa nhiệt nóng ra môi trường, phía lạnh có thể gắn trực tiếp lên bề mặt của module laser làm mát cho chip laser. Nhiệt lạnh trên phiên dẫn nhiệt này sẽ được kiểm soát ổn định thông qua một cảm biến nhiệt độ loại NTC $10\text{k}\Omega$ tại 25°C đã được kết nối với mạch điều khiển. Sau khi chế tạo, bộ điều khiển làm lạnh cho laser được thử nghiệm về

độ ổn định công suất, độ ổn định nhiệt độ trong một khoảng thời gian nhất định kể cả khi có tải.

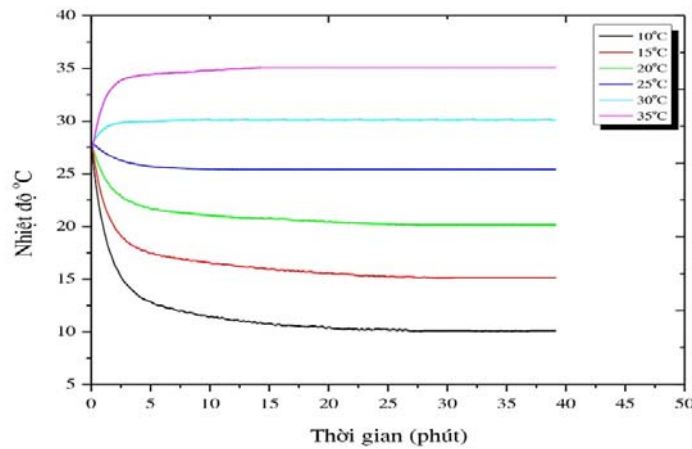
Hình 2. Cấu tạo bộ phận tản nhiệt ổn định nhiệt sử dụng pin nhiệt điện Peltier



(1) Quạt hút gió; (2) Đế tản nhiệt bằng nhôm; (3) Pin Peltier; (4) Keo tản nhiệt
(5) Ốc nhựa; (6) Mặt lạnh bằng đồng; (7) Cảm biến nhiệt NTC 10K tại 25°C

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

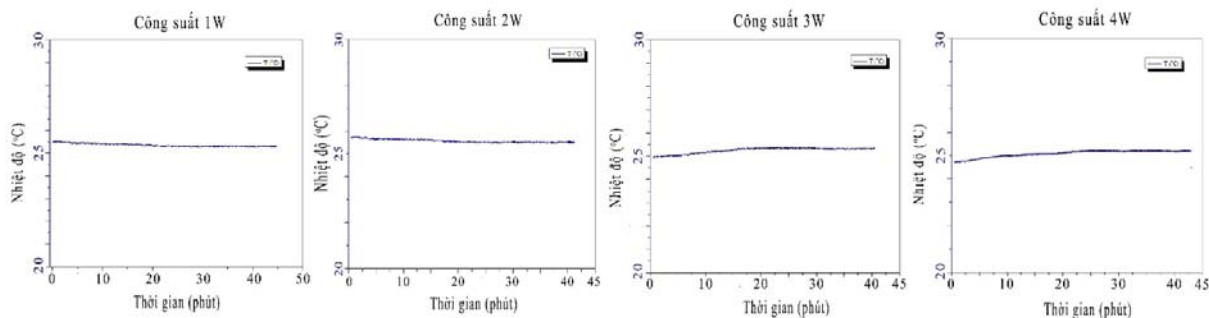
Bộ điều khiển làm lạnh cho laser bán dẫn sử dụng pin nhiệt điện Peltier sau khi được chế tạo hoàn chỉnh cần được đo đạc các thông số kỹ thuật cụ thể, nghiên cứu khảo sát các đặc trưng ổn định nhiệt độ, thời gian đáp ứng quá trình làm mát khi không có tải và cả khi chịu tải với các công suất khác nhau làm cơ sở cho quá trình làm mát cho chip laser trong các module laser bán dẫn. Trong phần này, chúng tôi sẽ trình bày các kết quả khảo sát về các đặc trưng cơ bản trên.



Hình 3. Kết quả khảo sát độ ổn định của hệ điều khiển nhiệt độ bằng pin Peltier khi không tải.

Hình 3 biểu diễn kết quả khảo sát độ ổn định của bộ điều khiển làm lạnh bằng pin Peltier khi không có tải theo thời gian ở các mức nhiệt độ 10°C, 15°C, 20°C, 25°C, 30°C, 35°C. Sau khi hệ đã đạt đến nhiệt độ làm việc thì độ thăng giáng tuyệt đối của nhiệt độ cho tất cả các trường hợp không vượt quá $\pm 0,2^\circ\text{C}$. Như vậy, bộ điều khiển và ổn định nhiệt độ được chế tạo có khả năng hoạt động chính xác trong dải nhiệt độ từ 15°C đến 40°C với độ thăng giáng nhỏ là $\pm 0,15^\circ\text{C}$.

Hình 4 cung cấp cho chúng ta kết quả khảo sát độ ổn định nhiệt độ của hệ ổn định nhiệt độ khi có tải tại nhiệt độ 25°C trong khoảng thời gian 40 phút với các mức công suất khác nhau của tải :1W, 2W, 3W, 4W. Ở đây, sử dụng mức nhiệt 25°C là nhiệt độ để laser bán dẫn có thể làm việc tốt nhất. Kết quả cho thấy, hệ ổn định nhiệt độ một cách dễ dàng với độ thăng giáng tuyệt đối là $\pm 0.15^\circ\text{C}$, thời gian đáp ứng là nhỏ hơn 10 phút với công suất tải là 1W và 2W. Khi công suất tải tăng lên 3W thì hệ có mất thời gian ổn định khoảng 15 phút với độ thăng giáng là nhỏ hơn $\pm 0.2^\circ\text{C}$. Tương tự như vậy, với công suất tải là 4W hệ bắt đầu có sự thăng giáng lớn khoảng $\pm 0.4^\circ\text{C}$ và thời gian ổn định lên tới 25 phút.



Hình 4. Độ ổn định của hệ điều khiển nhiệt độ khi tải có công suất 1W, 2W, 3W, 4W

4. KẾT LUẬN

Việc nghiên cứu chế tạo bộ điều khiển làm mát cho laser bán dẫn công suất cao trên cơ sở hiệu ứng của pin nhiệt điện Peltier (TEC) với kết cấu nhỏ gọn, giá thành thấp và khả năng kiểm soát nhiệt độ ổn định phù hợp cho laser bán dẫn hoạt động đã được chúng tôi thực hiện hướng đến. Trong bài báo này, chúng tôi đã trình bày một số kết quả nghiên cứu thiết kế chế tạo và khảo sát một số đặt trưng về độ ổn định nhiệt độ và thời gian đáp ứng làm lạnh bằng pin Peltier khi không có tải và có tải. Bộ điều khiển làm mát cho laser bán dẫn được chế tạo hoàn chỉnh đáp ứng các yêu cầu đặt ra là sử dụng làm mát cho laser bán dẫn hoạt động ổn định, đặc biệt có cấu tạo nhỏ gọn dễ dàng di chuyển và mang đi và chi phí giá thành thấp, độ bền cao. Thiết bị sử dụng pin TEC đã được khảo sát cụ thể với dải hoạt động chính xác từ 15°C đến 40°C với độ ổn định $\pm 0.15^\circ\text{C}$, công suất tản nhiệt tối đa đạt được khi sử dụng một pin nhiệt điện Peltier kích thước 1.5x3cm điện trở 0.9Ω lên tới 4W.

5. CẢM ƠN

Nghiên cứu này được hỗ trợ kinh phí từ nguồn đề tài NĐT.73.BLR/19

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Enrique Macias, “Thermoelectric Materials: Advances and Applications”, CRC Press, 2015, pp 27, pp 32.
- [2] C. O’Dwyer, J. H. He, K. M. Razeeb, R. Chen, J. Lee, S. A. Calabrese Barton, “Thermoelectric and Thermal Interface Materials 3”, The Electrochemical Society, 2017, pp 48 and pp 63-65.
- [3] Friedrich Bachmann, Peter Loosen, Reinhart Poprawe (2007),” High Power Diode Laser – Technology and Application”, Springer Series in Optical Sciences, Newyork.
- [5] Govind P. Agrwal, Niloy K. Dutta (1993), “Semiconductor Lasers”, Van Nostrand Reinhold, New York, Inc.
- [6] Abram Fedorovich Ioffe, “Semiconductor Thermoelement, and Thermoelectric cooling”, Infosearch, Ltd., 1957, pp 95-96.
- [7] Robert Hansen Bevan, “Thermoelectric Cooling”, Cornell Univ., 1965, Chapter II, III, IV.