

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO VÀ ĐÁNH GIÁ ĐẶC TÍNH KỸ THUẬT CỦA HỆ LASER ALEXANDRITE 755 nm ĐỊNH HƯỚNG ỨNG DỤNG TRONG DA LIỄU – THẨM MỸ

Chu Thị Minh Hoa*, Phạm Trung Kiên, Nguyễn Minh Tân, Phạm Văn Chính

Trung tâm Công nghệ Laser- Viện Ứng dụng Công nghệ

*Email: ctminhhoaa@gmail.com

Ngày nhận bài: 30/9/2025; ngày hoàn thành phản biện: 8/10/2025; ngày duyệt đăng: 16/10/2025

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, chúng tôi báo cáo việc thiết kế và chế tạo thành công hệ laser Alexandrite bước sóng 755 nm định hướng cho ứng dụng trong da liễu và thẩm mỹ. Hệ thống được xây dựng theo cấu hình mô-đun, bao gồm buồng cộng hưởng chứa thanh Alexandrite bơm bằng đèn flash, khối điều khiển trung tâm, khối nguồn nuôi cho đèn flash, hệ làm mát tuần hoàn kín, và đầu điều trị với quang học điều chỉnh. Kết quả cho thấy hệ laser phát xung ổn định với độ rộng có thể điều chỉnh trong khoảng 5–100 ms, ở tần số lặp từ 0,5–2,0 Hz. Năng lượng xung đo được nằm trong dải 4–50 J, tăng gần tuyến tính theo giá trị cài đặt. Kích thước vết laser có thể điều chỉnh ở các mức: 6,0; 8,0; 18,0 mm, trong khi phân bố chùm tia thể hiện gần dạng Gaussian. Những kết quả này không chỉ khẳng định hệ thống đáp ứng các yêu cầu lâm sàng cơ bản, mà còn cho thấy tính khả thi trong việc chế tạo trong nước thiết bị laser y sinh hiệu năng cao. Công trình góp phần nâng cao năng lực nghiên cứu – chế tạo thiết bị quang học y tế trong nước và mở ra triển vọng ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực da liễu và thẩm mỹ.

Từ khóa: Laser Alexandrite; 755 nm; Da liễu – thẩm mỹ; Điều chỉnh năng lượng.

1. MỞ ĐẦU

Laser Alexandrite với bước sóng 755 nm từ lâu đã được xem là một công cụ quan trọng trong da liễu và thẩm mỹ. Cơ sở chính nằm ở khả năng hấp thụ chọn lọc mạnh của melanin trong da và nang lông [1–3]. Nhờ vậy, năng lượng laser tập trung hiệu quả vào các mô chứa melanin, trong khi mô xung quanh hầu như không bị ảnh hưởng. Đây là yếu tố then chốt giúp giảm thiểu tổn thương ngoài ý muốn.

Trên thực tế, hệ laser này đã được ứng dụng rộng rãi cho nhiều thủ thuật lâm sàng: triệt lông dài hạn, loại bỏ sắc tố da (nám, tàn nhang, nốt ruồi, bớt sắc tố), xử lý tổn

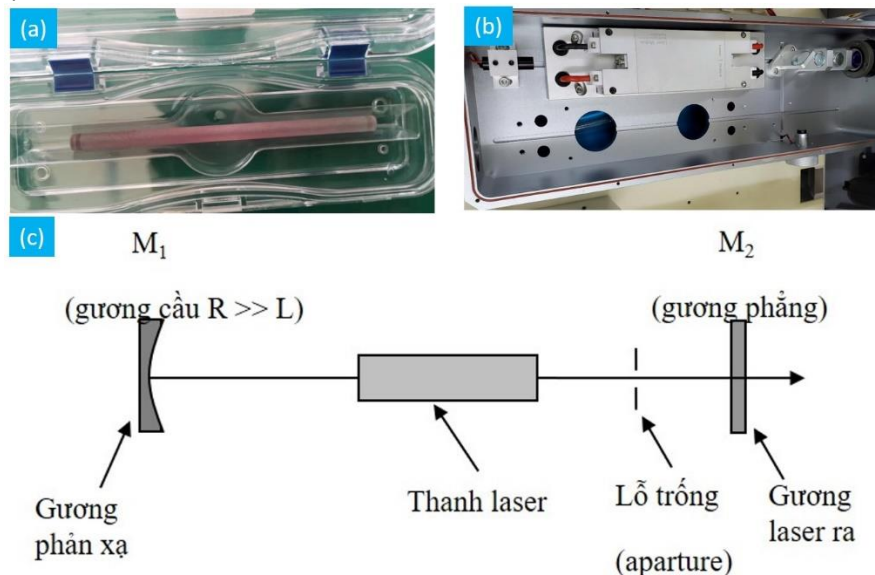
thương mạch máu nông, và trẻ hóa da không xâm lấn [4–6]. So sánh với các hệ laser khác, như Nd:YAG (1064 nm) hay diode (810 nm), bước sóng 755 nm có độ xuyên sâu trung bình. Điều này vừa đủ để tác động vào lớp biểu bì và trung bì nông – nơi tập trung nhiều nang lông và tổn thương sắc tố. Đồng thời, nhờ tính chất này, nguy cơ bỏng, cảm giác đau quá mức được giảm, nâng cao cả độ an toàn và sự thoải mái của bệnh nhân [7].

Các hệ Alexandrite hiện đại còn có thể phát xung ngắn năng lượng cao hoặc xung dài ổn định. Tính linh hoạt đó cho phép bác sĩ điều chỉnh phù hợp với từng loại da và từng tình trạng bệnh lý [8]. Tuy vậy, tại Việt Nam, việc nghiên cứu, thiết kế và chế tạo hệ thiết bị Alexandrite 755 nm vẫn còn hạn chế. Đây chính là khoảng trống cần được lấp đầy. Làm chủ công nghệ không chỉ đáp ứng nhu cầu điều trị lâm sàng, mà còn góp phần giảm sự phụ thuộc vào nhập khẩu, đồng thời cho phép phát triển các giải pháp thích ứng hơn với đặc thù bệnh lý và cơ địa người Việt.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi trình bày quá trình thiết kế, chế tạo và thử nghiệm một hệ laser Alexandrite 755 nm. Các kết quả bao gồm đặc trưng phát xạ, năng lượng, độ ổn định và phân bố chùm tia. Thông qua đó, chúng tôi khẳng định tính khả thi và triển vọng ứng dụng thực tế của hệ thống trong da liễu và thẩm mỹ..

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu



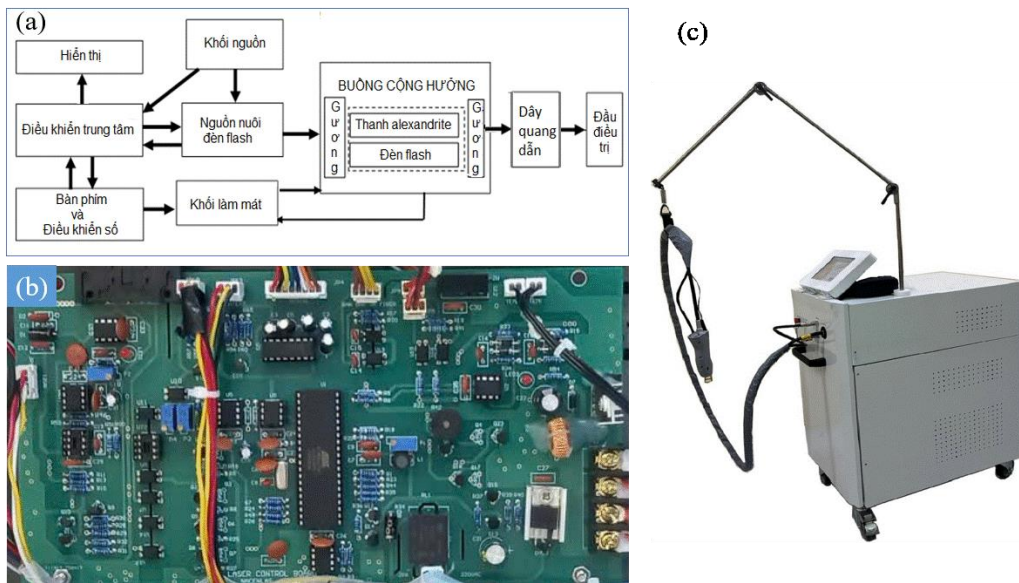
Hình 1. (a) Ảnh chụp thanh tinh thể Alexandrite ($\text{BeAl}_2\text{O}_4\cdot\text{Cr}^{3+}$). (b) Ảnh bên trong buồng cộng hưởng. (c) Sơ đồ cấu hình laser Alexandrite bơm bằng đèn xenon, gồm thanh hoạt chất ($\text{Cr}^{3+}\cdot\text{BeAl}_2\text{O}_4$), vỏ đèn flash, gương phản xạ cao (HR), gương ghép ra (OC) và chùm laser phát tại 755 nm.

Laser trong nghiên cứu này là tinh thể Alexandrite ($\text{BeAl}_2\text{O}_4\cdot\text{Cr}^{3+}$) (Hình 1a). Tinh thể được pha tạp ion Cr^{3+} ở nồng độ thích hợp để phát xạ ổn định quanh bước sóng 755

nm. Thanh Alexandrite có dạng hình trụ, hai đầu được đánh bóng và phủ phản xạ quang học. Đèn flash xenon dạng thẳng được sử dụng làm nguồn bơm, đặt song song với thanh hoạt chất trong buồng phản xạ elip kép. Cách bố trí này giúp tối ưu khả năng hấp thụ năng lượng của tinh thể (Hình 1b).

2.2. Sơ đồ khối của thiết bị

Cấu hình tổng thể của hệ laser Alexandrite được minh họa ở Hình 2a. Hệ thống gồm các khối cơ bản sau: (1) Buồng cộng hưởng: Gồm thanh Alexandrite, đèn flash và gương phản xạ, đặt trong hộp kim loại kín. (2) Nguồn nuôi đèn flash: Mạch nạp, trigger và simmer bảo đảm cung cấp năng lượng bơm ổn định. (3) Khối nguồn: Cấp điện cho toàn bộ hệ thống. (4) Khối điều khiển trung tâm: Quản lý và đồng bộ hoạt động của các mô-đun, đồng thời giám sát các thông số vận hành. Hệ tuần hoàn nước cất khép kín kết hợp quạt đối lưu, duy trì ổn định nhiệt. (5) Khối hiển thị và bàn phím – điều khiển số: Bao gồm màn hình TFT cảm ứng và bảng điều khiển, hỗ trợ người vận hành nhập và theo dõi thông số. (6) Đầu điều trị: Chùm laser từ buồng cộng hưởng được truyền qua sợi quang và hội tụ vào vùng mục tiêu.



Hình 2. Cấu trúc thiết bị laser Alexandrite bước sóng 755 nm. (a) Sơ đồ khối các thành phần chính của hệ laser; (b) Mạch điện tử khối điều khiển trung tâm; (c) Thiết bị laser Alexandrite sau khi chế tạo hoàn thiện.

2.3. Mạch điều khiển trung tâm

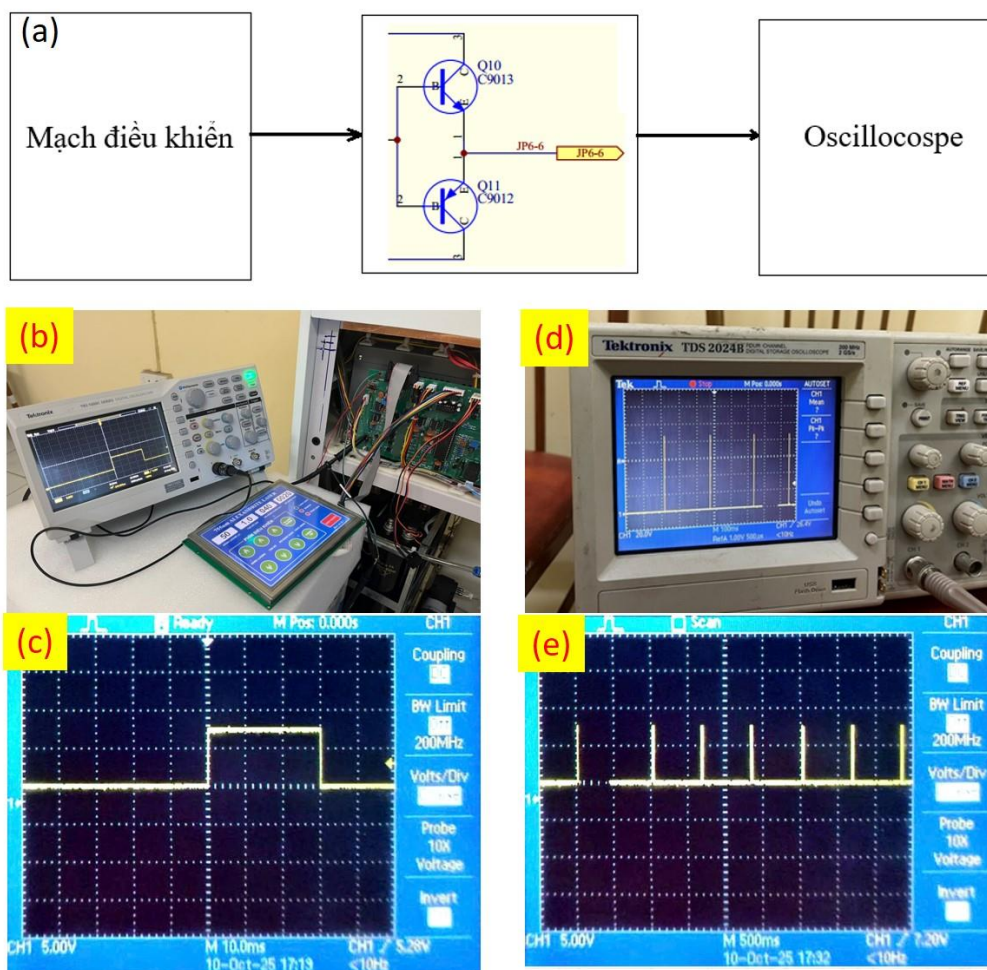
Hình 2b trình bày mạch điều khiển trung tâm. Mạch sử dụng vi điều khiển làm lõi xử lý, kết hợp với các khối phụ trợ: mạch giao tiếp, mạch giám sát cảm biến, mạch điều khiển nguồn đèn flash và mạch bảo vệ. Cách thiết kế này giúp kiểm soát chính xác chế độ phát xung, đồng thời nâng cao độ an toàn khi vận hành thiết bị.

2.4. Thiết bị sau chế tạo

Sau khi tích hợp, thiết bị hoàn chỉnh được thể hiện ở Hình 2c. Hệ thống được bố trí trên khung có bánh xe, dễ di chuyển. Bảng điều khiển và màn hình cảm ứng TFT được lắp ở vị trí thuận tiện. Tay cầm điều trị nối với dây quang dẫn cho phép đưa chùm tia laser tới vùng cần tác động. Thiết kế tổng thể gọn gàng, phù hợp với môi trường phòng thí nghiệm và lâm sàng.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tần số phát và độ rộng xung laser

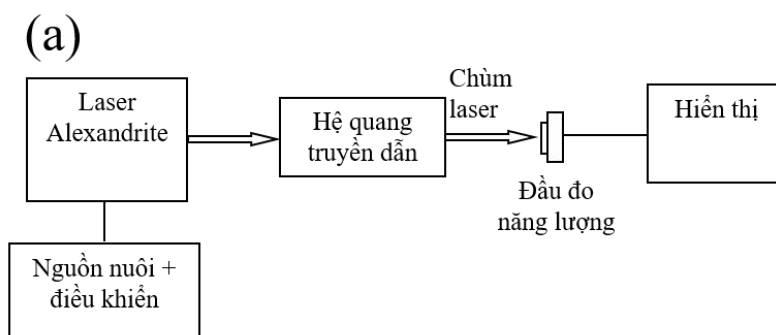


Hình 3. (a) Sơ đồ đo độ rộng xung; (b) Đo độ rộng xung laser; (c) độ rộng xung laser với thang đo 5V/DIV, 10ms/DIP; (d) Đo tần số xung laser bằng oscilloscope Tektronix TBS 1000C; và (e) kết quả tần số xung phát laser 1.5 Hz ở thang đo 5V/DIV, 500ms/DIP.

Đặc tính phát xung của hệ laser Alexandrite được xác định bằng phương pháp đo trực tiếp trên oscilloscope Tektronix, như minh họa ở Hình 3a. Đầu dò được nối tại chân E của cặp transistor (C9013, C9012) trong mạch điều khiển, cho phép ghi nhận

chính xác tín hiệu điều khiển phát laser. Trong quá trình thí nghiệm, các thông số độ rộng xung, tần số phát và mức năng lượng được cài đặt qua giao diện HMI; sau đó thiết bị được kích hoạt bằng bàn đạp khi hệ thống ở trạng thái “SẴN SÀNG”. Các thông số tần số phát và độ rộng xung laser được nhóm tác giả tiến hành thử nghiệm lặp lại nhiều lần trong quá trình kiểm tra thiết bị. Cho thiết bị chạy liên tục 60 phút/1 lần kiểm tra. Cài đặt thiết bị hoạt động lần lượt ở các tần số 0,5-2,0Hz. Tại mỗi tần số, tiếp tục cài đặt độ rộng xung trong dải 5-100ms. Đo tín hiệu xung trên oscilloscope, lặp lại 3 lần đo độ rộng xung ở mỗi tần số phát. Kết quả cho thấy độ rộng xung laser có thể điều chỉnh liên tục trong dải 5–100 ms, với các dạng xung thu được thể hiện ổn định trên oscilloscope (Hình 3b). Biên dạng xung không xuất hiện dao động hay biến dạng đáng kể, và độ sai lệch giữa giá trị cài đặt và giá trị đo được nhỏ hơn 5%, chứng tỏ mạch nguồn và mạch điều khiển hoạt động chính xác và đáng tin cậy. Tần số lặp lại xung được xác nhận tại các mức 0,5 Hz; 1,0 Hz; 1,5 Hz; và 2,0 Hz (Hình 3c). Dạng sóng thu được cho thấy sự ổn định giữa các xung liên tiếp, không ghi nhận hiện tượng mất xung hoặc trễ xung trong dải khảo sát. Những kết quả này chứng minh rằng hệ laser Alexandrite chế tạo có khả năng phát xung ổn định với độ rộng 5–100 ms và tần số 0,5–2,0 Hz. Đây là các thông số quan trọng, đảm bảo tính linh hoạt khi áp dụng cho các quy trình da liễu – thẩm mỹ khác nhau, từ chế độ xung ngắn năng lượng cao đến chế độ xung dài năng lượng thấp nhằm hạn chế tác động nhiệt không mong muốn trên mô.

3.2. Năng lượng xung laser



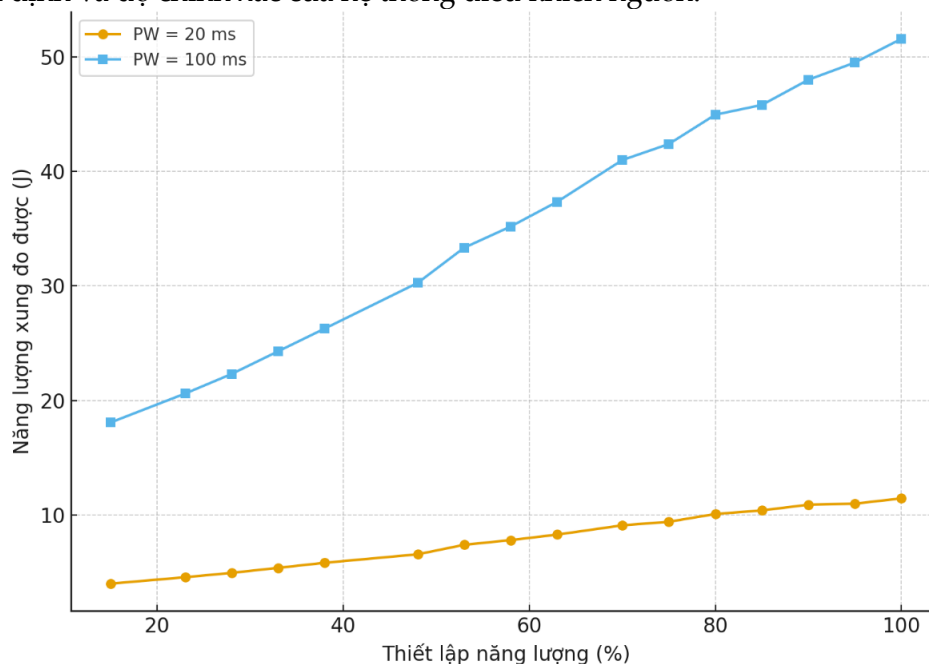
Hình 4. Đo năng lượng xung laser Alexandrite. (a) Sơ đồ bố trí đo năng lượng xung; Hệ thống đo năng lượng bằng đầu đo ES245C và bộ đọc PM100D; (b) Thực nghiệm đo năng lượng xung laser với giá trị hiển thị 5,33 J.

Năng lượng xung của hệ laser Alexandrite được xác định bằng cảm biến ES245C kết hợp bộ đọc PM100D (Thorlabs), theo sơ đồ bố trí đo trong Hình 4a. Thí nghiệm được tiến hành với tần số phát cố định 1 Hz, trong khi độ rộng xung (pulse width, PW) được thay đổi ở hai mức: 20 ms và 100 ms. Năng lượng xung được ghi lại tại các mức thiết lập từ 15% đến 100% trên giao diện HMI của thiết bị (Hình 4b). Năng lượng xung laser được nhóm tác giả tiến hành thử nghiệm lặp lại nhiều lần theo cách thử nghiệm với quá trình đo tần số và độ rộng xung. Kết quả đo được trình bày trong Bảng 1 và được minh họa ở Hình 5.

Bảng 1. Năng lượng xung laser đo được tại PW = 20 ms (E1) và PW = 100 ms (E2)

%	15	28	33	48	53	58	63	75	85	90	95	100
E1	4.02	4.96	5.40	6.58	7.41	7.82	8.30	9.42	10.41	10.91	11.00	11.46
E2	18.09	22.32	24.3	30.27	33.34	35.19	37.35	42.39	45.80	48.00	49.50	51.57

Kết quả cho thấy năng lượng xung tăng gần tuyến tính theo % giá trị thiết lập trong cả hai chế độ khảo sát. Ở PW = 20 ms, năng lượng đo được nằm trong khoảng 4,02–11,46 J, trong khi ở PW = 100 ms, năng lượng đạt 18,09–51,57 J. Sự khác biệt rõ rệt này phản ánh khả năng tích lũy năng lượng của buồng cộng hưởng khi kéo dài thời gian bơm. Độ tuyến tính cao giữa năng lượng đo được và giá trị cài đặt ($R^2 \approx 0,99$) khẳng định tính ổn định và độ chính xác của hệ thống điều khiển nguồn.



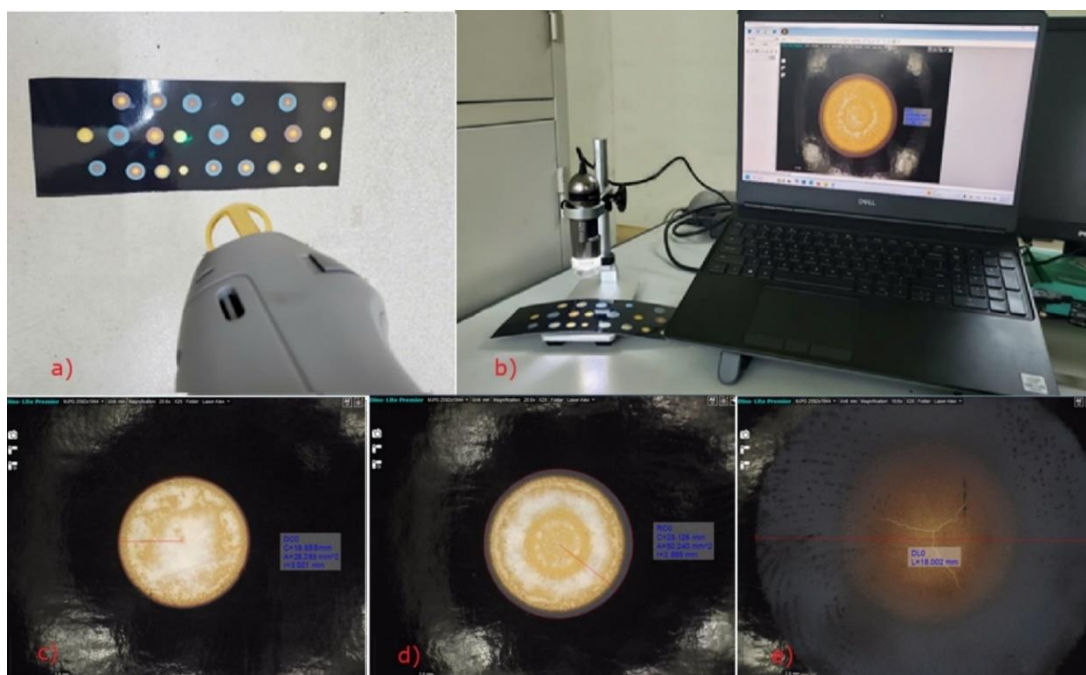
Hình 5. Quan hệ giữa phần trăm thiết lập và năng lượng xung laser Alexandrite

Hình 5 thể hiện quan hệ giữa phần trăm thiết lập và năng lượng xung đo được tại hai độ rộng xung. Đường đặc trưng cho thấy năng lượng tăng đều theo giá trị thiết lập, với độ dốc ổn định và sai lệch nhỏ. Khi kéo dài độ rộng xung từ 20 ms lên 100 ms, năng lượng phát tăng khoảng 4–5 lần tại cùng một tỷ lệ thiết lập. Điều này phù hợp với cơ chế tích lũy năng lượng trong buồng cộng hưởng và chứng minh khả năng linh hoạt của hệ laser trong điều chỉnh dải năng lượng phát.

Từ góc độ ứng dụng, dải năng lượng thu được từ 4 J đến hơn 50 J/xung đáp ứng tốt các yêu cầu trong da liễu – thẩm mỹ. Cụ thể, chế độ xung ngắn với năng lượng trung bình phù hợp cho các thủ thuật bề mặt (ví dụ: xử lý sắc tố nông, trẻ hóa da), trong khi chế độ xung dài và năng lượng cao thích hợp cho các ứng dụng cần độ thâm nhập sâu hoặc diện tích chiếu lớn (như triệt lông hoặc xóa sắc tố sâu) [9,10].

3.3. Đo kích thước vết laser

Kích thước vết laser tại đầu ra của hệ thống được xác định bằng phương pháp bắn thử nghiệm trên giấy ảnh nhiệt kết hợp đo đạc bằng hiển vi số. Trong thí nghiệm, thiết bị được thiết lập ở nhiều thông số phát khác nhau, sau đó từng xung laser Alexandrite được bắn trực tiếp lên bề mặt giấy ảnh. Các vết laser thu được thể hiện rõ ràng trên giấy, với đường kính thay đổi theo điều kiện hội tụ của thấu kính đầu ra (Hình 6a).



Hình 6. Đo kích thước vết laser Alexandrite. (a) Bắn từng xung laser tại đầu điều trị lên tấm giấy ảnh nhiệt; (b) Hệ camera hiển vi kỹ thuật số kết nối máy tính dùng để đo kích thước vết laser; (c) Vết laser đường kính 6,002 mm; (d) Vết laser đường kính 7,998 mm; (e) Vết laser đường kính 18,002 mm

Để định lượng, giấy ảnh sau thí nghiệm được quan sát dưới hệ camera hiển vi kỹ thuật số kết nối với máy tính (Hình 6b). Kết quả điển hình được minh họa ở Hình 6c, 6d, 6e, trong đó đường kính vết laser đo được lần lượt là 6,002 mm; 7,998 mm và 18,002 mm. Toàn bộ các vết laser ghi nhận đều có hình dạng tròn đối xứng, cho thấy chùm tia phát ra có độ ổn định không gian tốt.

Khoảng đường kính vết laser đo được trong thí nghiệm thay đổi ở các mức: 6,0 mm; 8,0 mm và 18,0 mm, phù hợp với yêu cầu thiết kế của hệ thống. Sự thay đổi này chủ yếu phụ thuộc vào loại thấu kính sử dụng và vị trí hội tụ so với đầu điều trị. Như vậy, đầu quang học của thiết bị có khả năng điều chỉnh linh hoạt kích thước vết chiếu, từ đó mở rộng phạm vi ứng dụng lâm sàng: vết nhỏ phục vụ các thủ thuật cần độ chính xác cao (ví dụ: tổn thương sắc tố kích thước nhỏ), trong khi vết lớn có thể được sử dụng cho các vùng điều trị rộng (triệt lông, trẻ hóa da). Ngoài ra, hình dạng và phân bố cường độ của các vết laser thu được (Hình 6) cho thấy năng lượng tập trung cao nhất tại vùng trung tâm và suy giảm dần về phía biên. Đặc điểm này gợi ý rằng chùm tia có thể tiệm cận dạng phân bố Gaussian cơ bản (TEM₀₀). Để khẳng định rõ hơn, có thể thực hiện trích xuất đường phân bố cường độ ngang từ ảnh thực nghiệm và so sánh với mô hình Gaussian chuẩn [11]. Sự phân bố năng lượng gần Gaussian giúp đảm bảo năng lượng được tập trung chính xác vào vùng mô đích, đồng thời hạn chế lan tỏa nhiệt ra xung quanh, góp phần nâng cao tính an toàn và hiệu quả điều trị.

4. KẾT LUẬN

Trong công trình này, chúng tôi đã nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thành công hệ laser Alexandrite bước sóng 755 nm phục vụ ứng dụng trong da liễu và thẩm mỹ. Hệ thống được cấu hình theo dạng mô-đun, bao gồm buồng cộng hưởng tích hợp thanh Alexandrite và nguồn bom đèn flash, khối điều khiển trung tâm, hệ làm mát tuần hoàn và đầu điều trị. Các thí nghiệm đánh giá cho thấy hệ laser có thể phát xung ổn định trong dải độ rộng 5–100 ms, với tần số lặp từ 0,5–2,0 Hz. Năng lượng xung đo được thay đổi từ 4 J đến hơn 50 J, tuân theo quan hệ gần tuyến tính với giá trị thiết lập, khẳng định độ chính xác của khối điều khiển nguồn. Kích thước đường kính vết laser tại đầu điều trị có thể điều chỉnh theo các mức: 6,0 mm; 8,0 mm và 18,0 mm, với phân bố chùm tia gần Gaussian, bảo đảm đồng đều không gian và phù hợp cho nhiều chế độ ứng dụng lâm sàng. Những kết quả này chứng minh tính khả thi của việc chế tạo hệ laser Alexandrite 755 nm trong nước, vừa đáp ứng yêu cầu điều trị lâm sàng, vừa góp phần nâng cao năng lực nội địa trong nghiên cứu và phát triển thiết bị quang – y sinh. Trong tương lai, các nghiên cứu mở rộng sẽ tập trung vào tối ưu hóa hiệu suất, nâng cao độ ổn định dài hạn và triển khai thử nghiệm lâm sàng trên diện rộng để khẳng định giá trị ứng dụng thực tiễn của hệ thống.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được hỗ trợ bởi Đề tài “Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo hệ thiết bị Laser Alexandrite bước sóng 755 nm định hướng ứng dụng trong da liễu và thẩm mỹ”, tổ chức chủ trì đề tài: Trung tâm Công nghệ Laser, tổ chức quản lý đề tài: Viện Ứng dụng công nghệ (Bộ Khoa học và Công nghệ).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. C. Chen and Y. Ke (2023). Applications of long-pulse Alexandrite laser in cosmetic dermatology: A review, *Clin. Cosmet. Investig. Dermatol.*, **16**, pp. 3349–3357.
- [2]. S. Sidhom, S. U. Petry, R. Ward, and S. Daveluy (2024). Treatment of hidradenitis suppurativa with 755-nm Alexandrite laser hair removal: A randomized controlled trial, *JAAD Int.*, **16**, pp. 239–243.
- [3]. M. Li, Y. Bai, Z. Duan, R. Yuan, X. Liu, Y. Liu, *et al.* (2022). Efficacy and safety of long-pulsed 755-nm Alexandrite laser for keratosis pilaris: A split-body randomized clinical trial, *Dermatol. Ther.*, **12**(8), pp. 1897–1906.
- [4]. J. Pun, P. Zancanaro, R. Widjajahakim, J. Karch, and N. A. Vashi (2022). Assessing the safety of the Q-switched 755-nm Alexandrite laser in darker skin: A retrospective study, *J. Am. Acad. Dermatol.*, **86**(4), pp. 909–911.
- [5]. X. Liu and C. Liao (2025). Value of Q-switched 755-nm Alexandrite laser combined with topical tranexamic acid in the treatment of melasma, *Am. J. Transl. Res.*, **17**(3), pp. 1651.
- [6]. R. Ren and H. Zhao (2022). A case report on the use of 755-nm Alexandrite picosecond laser in the treatment of post-inflammatory hyperpigmentation in the nose, *J. Cosmet. Dermatol.*, **21**(5), pp. 2046–2048.
- [7]. S. M. Davoudi, F. Behnia, F. Gorouhi, S. Keshavarz, M. N. Kashani, M. R. Firoozabadi, and A. Firooz (2008). Comparison of long-pulsed Alexandrite and Nd:YAG lasers, individually and in combination, for leg hair reduction: An assessor-blinded, randomized trial with 18 months of follow-up, *Arch. Dermatol.*, **144**(10), pp. 1323–1327.
- [8]. S. Eremia, C. Y. Li, S. H. Umar, and N. Newman (2001). Laser hair removal: Long-term results with a 755 nm Alexandrite laser, *Dermatol. Surg.*, **27**(11), pp. 920–924.
- [9]. K. Nouri (Ed.) (2018). *Lasers in Dermatology and Medicine*, Springer, pp. 1–850.
- [10]. T. S. Alster and J. R. Lupton (2001). Lasers in dermatology: Overview of types and indications, *Am. J. Clin. Dermatol.*, **2**(5), pp. 291–303.
- [11]. M. Bonnett Del Alamo, C. Soncco, R. Helaconde, J. L. Bazo Alba, and A. M. Gago (2021). Laser spot measurement using simple devices, *AIP Advances*, **11**(7), 075016.

DESIGN AND FABRICATION OF A 755-nm ALEXANDRITE LASER SYSTEM FOR DERMATOLOGICAL AND AESTHETIC APPLICATIONS

**Chu Thi Minh Hoa*, Pham Trung Kien,
Nguyen Minh Tan, Pham Van Chinh**

Center for Laser Technology, National Center for Technological Progress

* Email: ctminhhoaa@gmail.com

ABSTRACT

In this work, we present the successful design and fabrication of a 755-nm Alexandrite laser system intended for dermatological and aesthetic applications. The device was constructed in a modular configuration, consisting of a resonator with an Alexandrite crystal pumped by a flash lamp, a central control unit, a closed-loop cooling system, and a treatment handpiece with adjustable optics. The laser system demonstrated stable pulse generation with widths tunable from 5 to 100 ms and repetition rates between 0.5 and 2.0 Hz. Output pulse energies ranged from 4 to more than 50 J, with a nearly linear dependence on the preset values. The spot size could be flexibly adjusted from 6.3 to 18.0 mm, while the beam profile exhibited a near-Gaussian distribution. These results not only confirm that the developed Alexandrite laser can satisfy essential clinical requirements, but also highlight the feasibility of domestic fabrication of high-performance medical laser systems. The outcome, therefore, contributes to strengthening local capacity in biomedical optics and opens possibilities for broader deployment in dermatology and aesthetic medicine.

Keywords: Alexandrite laser; 755 nm wavelength; Dermatology and aesthetics; Energy tunability.



Chu Thị Minh Hoa sinh ngày 07/07/1977 tại Phú Thọ, Việt Nam. Bà nhận bằng Cử nhân Vật lý vô tuyến điện tử truyền thông tại Trường Đại học Khoa học tự nhiên Hà Nội, vào năm 2001 và bằng Thạc sĩ Vật lý kỹ thuật tại Viện Vật lý và điện tử, Viện Hàn Lâm Khoa học Việt Nam, vào năm 2006. Hiện tại bà đang là nghiên cứu viên thuộc Trung tâm Công nghệ Laser, Viện Ứng dụng Công nghệ (Bộ Khoa học và Công nghệ)

Lĩnh vực nghiên cứu: Nghiên cứu, triển khai ứng dụng công nghệ laser, điện tử trong y tế và các lĩnh vực khác



Phạm Trung Kiên sinh ngày 02/01/1972 tại Hưng Yên, Việt Nam. Ông nhận bằng Cử nhân Vật lý Vô tuyến tại Trường Đại học Khoa học tự nhiên Hà Nội, vào năm 1997. Hiện tại ông đang là nghiên cứu viên thuộc Trung tâm Công nghệ Laser, Viện Ứng dụng Công nghệ (Bộ Khoa học và Công nghệ)

Lĩnh vực nghiên cứu: Nghiên cứu, triển khai ứng dụng công nghệ laser, điện tử, điện từ trường trong y tế và các lĩnh vực khác



Nguyễn Minh Tân sinh ngày 24/03/1965 tại Thái Bình, Việt Nam. Ông nhận bằng bác sĩ đa khoa điện hẹp hệ ngoại sản tại Trường Đại học Y Thái Bình, vào năm 1988. Hiện tại ông đang là nghiên cứu viên thuộc Trung tâm Công nghệ Laser, Viện Ứng dụng Công nghệ (Bộ Khoa học và Công nghệ)

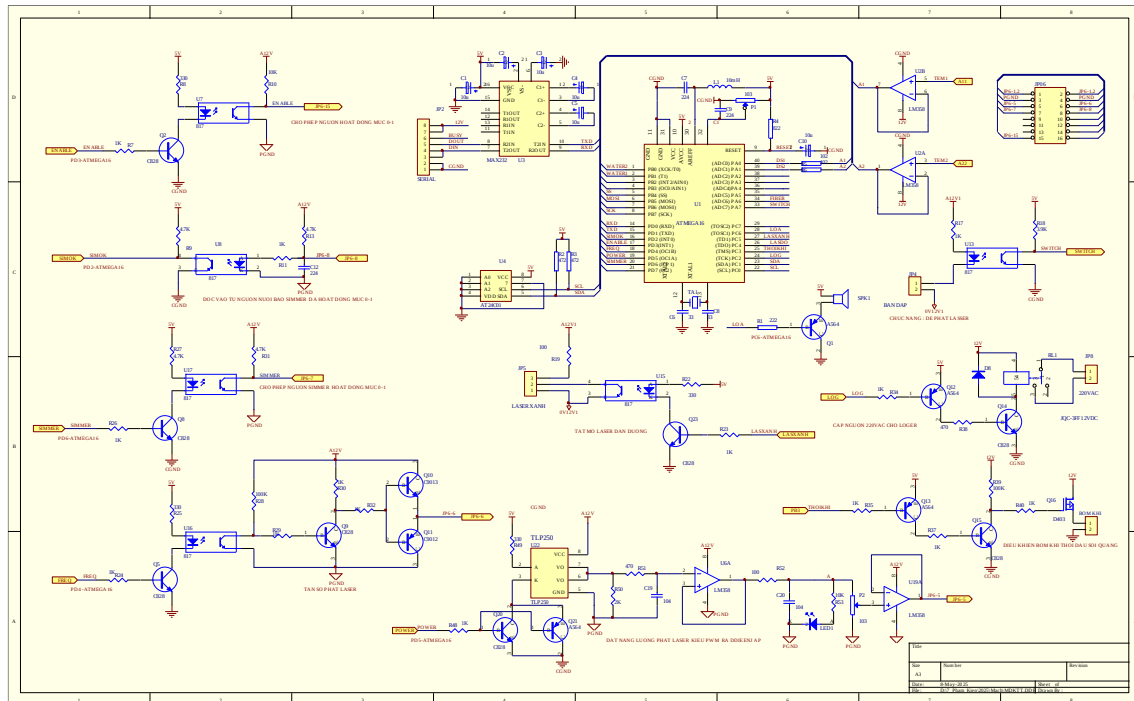
Lĩnh vực nghiên cứu: Nghiên cứu, triển khai ứng dụng công nghệ laser trong y tế.



Phạm Văn Chính sinh ngày 25/12/1982 tại Ninh Bình, Việt Nam. Ông nhận bằng kỹ sư Kỹ thuật y sinh tại Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, vào năm 2018. Hiện tại ông đang là nghiên cứu viên thuộc Trung tâm Công nghệ Laser, Viện Ứng dụng Công nghệ (Bộ Khoa học và Công nghệ)

Lĩnh vực nghiên cứu: Nghiên cứu, lắp ráp, triển khai ứng dụng công nghệ laser, điện tử trong y tế.

PHỤ LỤC



Hình S1. Sơ đồ mạch điều khiển trung tâm