



# SỰ PHỤ THUỘC CỦA TÍNH CHẤT QUANG ĐIỆN VÀ TÍNH CHẤT PHỔ VÀO DÒNG BƠM VÀ NHIỆT ĐỘ CỦA LASER BÁN DẪN CÔNG SUẤT CAO PHẢN HỒI PHÂN BỐ VÙNG HỒNG NGOẠI GẦN 940 nm

Nguyễn Thanh Phương\*

Viện Vật lý kỹ thuật, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội  
Số 1 Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội

**Tóm tắt.** Bài báo này trình bày việc nghiên cứu các tính chất quang điện và tính chất phổ của laser bán dẫn phản hồi phân bố phát xạ vùng 940 nm. Laser được nghiên cứu có công suất quang đạt tới 358 mW ở 25 °C. Kết quả nghiên cứu cho thấy độ dịch bước sóng của laser theo dòng bơm là 0,0029 nm/mA và theo nhiệt độ là 0,059 nm/°C. Bên cạnh đó, laser có độ rộng vạch phổ siêu hẹp cỡ kHz. Ngoài ra, vị trí trung tâm chùm tia laser không đổi khi thay đổi dòng bơm.

**Từ khóa:** laser bán dẫn, laser công suất cao, laser phản hồi phân bố.

## 1 Mở đầu

Ngày nay, laser được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực như gia công vật liệu, truyền dẫn thông tin, y tế, nghiên cứu, lưu trữ dữ liệu... và mỗi ứng dụng yêu cầu loại laser có các đặc trưng khác nhau. Việc ứng dụng laser trong y tế và chăm sóc sức khỏe được đặc biệt quan tâm từ những năm đầu của thế kỷ 21. Hiện nay phương pháp điều trị bằng laser đã là một lựa chọn cho cả bác sĩ và bệnh nhân trong nhiều trường hợp. Trong các loại laser dùng trong y tế và laser bán dẫn có nhiều ưu điểm vì chúng gọn nhẹ, dễ dàng điều chỉnh công suất phát và hiệu suất hơn hẳn các loại laser khác. Đặc biệt trong nha khoa, do đặc điểm điều trị, yêu cầu thiết bị gọn nhẹ là rất quan trọng. Laser phát xạ trong vùng 940 nm được sử dụng rộng rãi trong điều trị các bệnh đặc biệt là các bệnh về nha khoa. Các laser 940 nm với công suất hàng watt được sử dụng làm dao mổ trong các phẫu thuật mô mềm do việc sử dụng dễ dàng, đông máu tốt, không cần khâu, ít sưng và đau [1]. Tuy nhiên, trong các điều trị viêm nha chu, các điều trị không dùng phẫu thuật, các liệu pháp quang động [2], hay các điều trị sử dụng laser mức độ thấp [3, 4] thì các laser bán dẫn với công suất khoảng từ vài chục đến vài trăm mW chiếm ưu thế. Bên cạnh đó, tính chất hấp thụ hơi nước của laser bước sóng 940 nm cũng được sử dụng trong điều trị [5]. Laser bán dẫn phản hồi phân bố (DFB) phát xạ vùng bước sóng 940 nm là một ứng dụng

\* Liên hệ: [phuong.nguyenthanh@hust.edu.vn](mailto:phuong.nguyenthanh@hust.edu.vn)

sáng giá cho việc chế tạo các thiết bị sử dụng cho các điều trị nói trên với các ưu điểm nổi trội. Công suất các laser này có thể được điều chỉnh đơn giản bằng việc thay đổi dòng bơm. Bên cạnh đó, các laser này có bước sóng dịch chuyển dễ dàng theo dòng bơm và nhiệt độ làm việc. Ngoài ra, độ rộng phổ của các laser DFB nằm ở mức siêu hẹp.

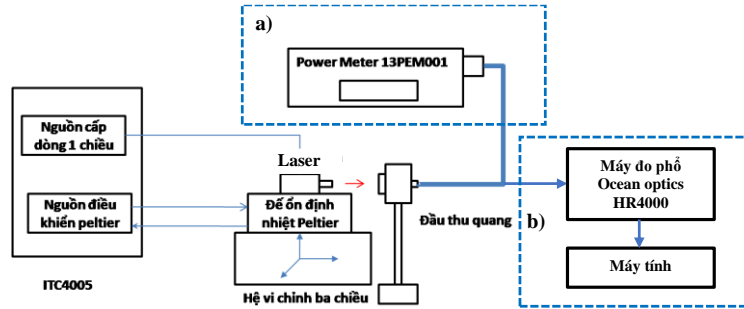
Với các yêu cầu trên, việc khảo sát các tính chất quang điện của laser bán dẫn DFB phát xạ vùng bước sóng 940 nm là vô cùng cần thiết cho việc ứng dụng chế tạo các thiết bị dùng trong y tế nói chung và đặc biệt trong nha khoa. Trong bài báo này, công suất quang ra và thể đặt trên chuyển tiếp phụ thuộc dòng bơm được khảo sát trên các thiết bị có độ chính xác cao. Sự dịch chuyển bước sóng trung tâm của laser được khảo sát theo dòng bơm và nhiệt độ. Phân bố không gian chùm tia được khảo sát nhằm cung cấp các đặc trưng quan trọng trong việc chế tạo các thiết bị phục vụ nha khoa.

## 2 Cấu tạo laser và khảo sát thực nghiệm

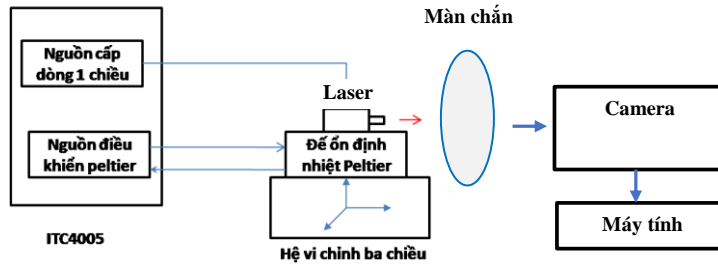
Laser DFB 940 nm được chế tạo cách tử nằm trong buồng cộng hưởng bằng phương pháp quang khắc. Chip laser có chiều dài 1,5 mm và chiều rộng 4 mm. Gương trước và gương sau được phủ màng phản xạ với hệ số phản xạ tương ứng 0,1% và 95% tạo thành buồng cộng hưởng. Chip laser được gắn lên trên đế AlN trước khi đóng vỏ dạng SOT.

Để khảo sát tính chất quang điện và tính chất phổ của laser DFB 940 nm, các thiết bị được bố trí như trên Hình 1. Laser được gắn trên một đế có pin peltier, cho phép điều khiển nhiệt độ hoạt động của laser. Nguồn Thorlabs ITC 4005 có hai kênh, vừa cấp dòng cho laser cần đo, vừa điều khiển nhiệt độ thông qua peltier. Dòng cấp tối đa của nguồn là 5 A với độ phân giải 1 mA. Dòng điều khiển nhiệt độ trong dải -15 A đến +15 A. Sensor nhiệt loại AD590 được sử dụng cho phép điều khiển nhiệt độ trong dải từ -55 °C đến 150 °C với độ phân giải 0,001 °C. Thế roi trên chuyển tiếp của laser hiển thị trực tiếp trên kênh đo thế của nguồn nuôi. Laser được điều chỉnh sát mặt đầu thu photodiode đảm bảo cho toàn bộ bức xạ của laser được thu hoàn toàn. Máy đo công suất quang dải rộng Melles Griot 13 PEM00 được kết nối với photodiode hiển thị kết quả thu được. Máy có dải phổ từ 200 nm đến 2000 nm, đo được công suất liên tục từ nhỏ nhất 10 mW tới lớn nhất 2 W (Hình 1a). Khi khảo sát đặc trưng phổ của laser, nguồn cấp và điều khiển nhiệt độ được giữ nguyên. Tín hiệu laser từ photodiode được dẫn vào sợi quang kết nối với phổ kế phân giải cao Ocean optics HR4000 và hiển thị trên máy tính (Hình 1b). Phổ kế có dải rộng từ 200 nm đến 1100 nm, độ phân giải đạt tới 0,02 nm.

Với laser DFB, phân bố không gian trường xa được khảo sát bằng cách thu lại hình ảnh chùm tia trên một màn chắn màu trắng đặt giữa camera và nguồn laser. Kết quả được phân tích trên máy tính cho phân bố không gian trường xa theo hai trục thẳng đứng và ngang (Hình 2).



Hình 1. Hệ đo đặc trưng công suất (a) và đặc trưng phổ (b) của laser bán dẫn DFB bước sóng 940 nm.



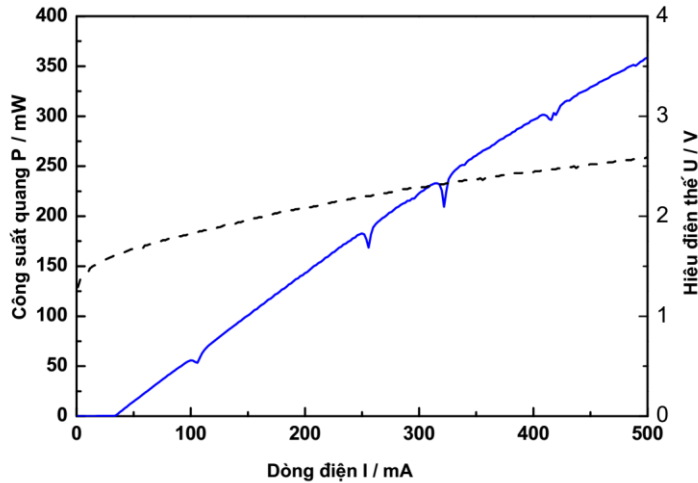
Hình 2. Hệ đo phân bố không gian trường xa của laser bán dẫn DFB bước sóng 940 nm.

### 3 Kết quả và thảo luận

Đối với laser nói chung, đặc trưng đầu tiên không thể thiếu được là tính chất phụ thuộc dòng bơm của công suất bức xạ quang và thế rơi trên chuyển tiếp. Thay đổi dòng bơm từ 0 mA đến 500 mA, laser được giữ ở 25 °C, công suất quang và hiệu điện thế tương ứng thể hiện trên Hình 3.

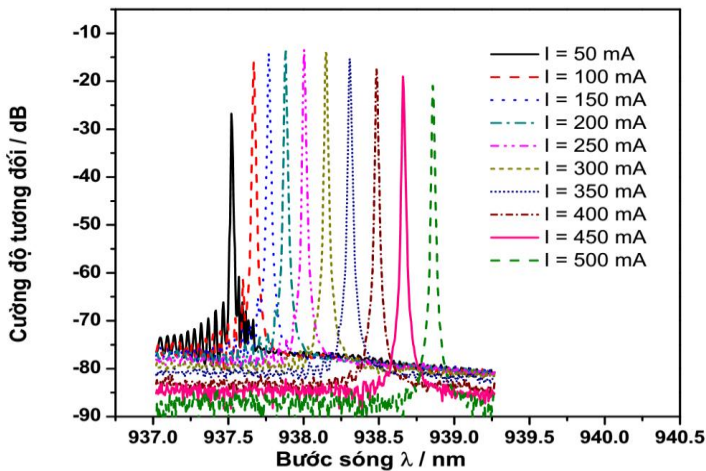
Đường liền nét trên Hình 3 thể hiện công suất quang ra như là hàm của dòng bơm. Laser có dòng ngưỡng tại  $I = 34$  mA, khi tăng dòng bơm tới 500 mA thì công suất quang lồi ra đạt giá trị  $P = 358$  mW. Với các laser có cấu trúc dẫn sóng gò (ridge-waveguide), miền tích cực có bề dày 1 μm, do đó diện tích gương là  $1 \times 4$  μm, dẫn đến mật độ công suất là 89,5 mW/μm<sup>2</sup>. Ở các laser này, ngưỡng của hiệu ứng đánh thủng bề mặt gương là 100 mW/μm<sup>2</sup> [6], do đó nếu tiếp tục tăng dòng bơm sẽ dẫn đến công suất quang bị bão hòa và laser bị đánh thủng. Trên đường đặc trưng công suất xuất hiện các điểm mà tại đó công suất giảm tương ứng với vị trí dòng bơm 105 mA, 255 mA, 320 mA, và 415 mA. Bốn vị trí này so sánh tương ứng với các vạch hấp thụ hơi nước trong cơ sở dữ liệu [7]. Hiện tượng hấp thụ nước chỉ xảy ra trong trường hợp laser có độ rộng vạch phổ đủ hẹp. Bỏ qua các điểm công suất giảm, hiệu suất độ dốc của laser khá cao đạt

0,87 W/A cho tới tận 500 mA dòng bơm. Thế rồi trên chuyển tiếp tăng từ 1,29 V đến 2,59 V khi thay đổi dòng bơm.

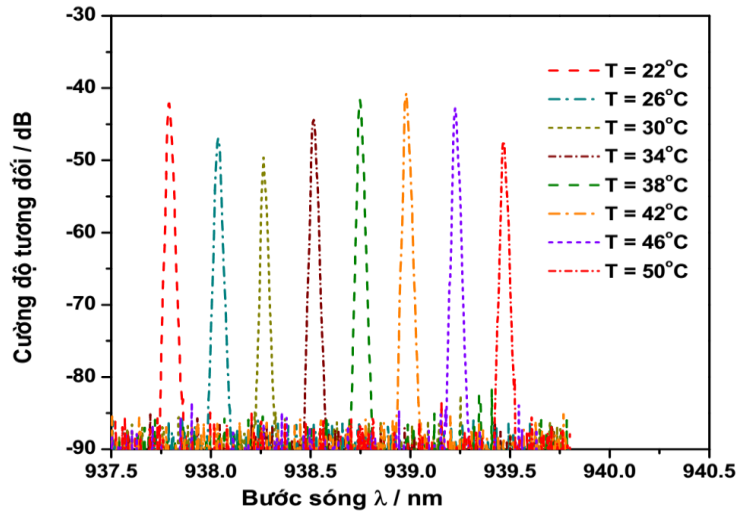


**Hình 3.** Đặc trưng công suất (đường liền nét) và hiệu điện thế trên chuyển tiếp (đường đứt nét) phụ thuộc dòng bơm của laser bán dẫn DFB 940 nm tại 25 °C.

Tiến hành đặc trưng phổ tại 25 °C với dòng cấp từ 50 mA đến 500 mA, bước thay đổi dòng là 50 mA. Kết quả trên Hình 4 cho thấy khi tăng dòng bơm thì bước sóng phát xạ của laser dịch về phía bước sóng dài; điều này hoàn toàn phù hợp với các laser có cấu trúc DFB. Bước sóng trung tâm dịch từ 937,52 nm đến 938,85 nm, do đó độ dịch bước sóng theo dòng bơm là  $\frac{d\lambda}{dI} = 0,0029 \text{ nm/mA}$ .

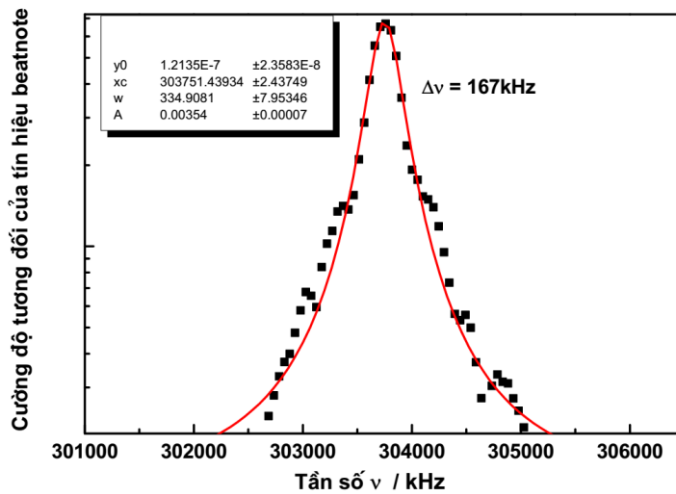


**Hình 4.** Dịch chuyển bước sóng theo dòng bơm của laser bán dẫn DFB 940 nm tại 25 °C.



**Hình 5.** Dịch chuyển bước sóng theo nhiệt độ làm việc của laser bán dẫn DFB 940 nm tại dòng bơm  $I = 300 \text{ mA}$ .

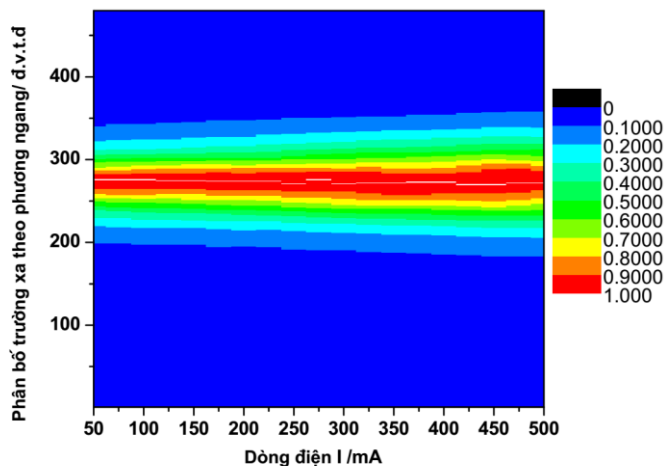
Khi thay đổi nhiệt độ làm việc của laser từ 22 °C tới 50 °C với mỗi bước thay đổi bằng 4 °C, bước sóng trung tâm cũng dịch về phía bước sóng dài từ 937,79 nm tới 939,46 nm, do đó độ dịch bước sóng trung bình theo nhiệt độ là  $\frac{\Delta\lambda}{\Delta T} = 0,059 \text{ nm/}^\circ\text{C}$  (Hình 5). Các dịch chuyển theo dòng và nhiệt độ là do hiện tượng nhiệt Joule đối với laser DFB.



**Hình 6.** Độ rộng vạch phổ của laser bán dẫn DFB phát xạ vùng 940 nm tại 25 °C, đo bằng phương pháp heterodyne.

Với phương pháp đo đặc trưng phổ như trên Hình 1, độ phân giải của phổ kế Ocean Optics chưa đủ để xác định chính xác độ rộng của vạch phổ laser. Để khảo sát kỹ hơn đặc trưng phổ, laser DFB 940 nm được đo độ rộng vạch phổ theo phương pháp heterodyne đã được trình bày trong bài báo [8]. Kết quả trên Hình 6 cho thấy tại 300 mA dòng bơm và 25 °C, độ rộng phổ của laser là 167 kHz. Điều này cho thấy giả thiết các vạch hấp thụ hơi nước trên Hình 3 là hoàn toàn phù hợp. Laser DFB 940 nm được khảo sát có độ rộng phổ siêu hẹp và khi thay đổi dòng bơm, bước sóng của laser bị dịch đi; tại những vị trí trùng với vạch hấp thụ của phân tử nước xảy ra hiện tượng hấp thụ làm giảm công suất quang ra của laser.

Hình 7 là phân bố không gian trường xa của laser đo ở nhiệt độ phòng như một hàm của dòng bơm. Màu sắc thể hiện cường độ tương đối của chùm tia thu được theo phương ngang. Phương thẳng đứng đối với các laser có cấu trúc giếng lượng tử, phân bố không gian được cho là không thay đổi, do đó các khảo sát chỉ tiến hành với các đo đặc theo phương ngang. Tại dòng bơm 500 mA, phần chân của chùm tia mở rộng khoảng 20% so với ở dòng bơm 50 mA. Mặc dù chùm tia nở rộng, nhưng phân bố không gian của chùm tia trên Hình 7 có phần trung tâm ổn định khi dòng cấp tăng. Điều này giúp cho hiệu suất hội tụ chùm tia vào sợi quang hay các hệ thống quang học ít bị thay đổi trong suốt quá trình hoạt động của các thiết bị sử dụng laser.



Hình 7. Phân bố không gian trường xa của laser DFB 940 nm tại 25 °C.

#### 4 Kết luận

Ảnh hưởng của dòng bơm và nhiệt độ lên các đặc trưng phát xạ chính của laser có cấu trúc phản hồi phân bố phát xạ vùng bước sóng 940 nm đã được khảo sát chi tiết bằng các thiết bị đo đặc với độ chính xác cao. Các laser có chiều dài buồng cộng hưởng 1,5 mm và bề ngang lớp tích cực 4 mm cho công suất quang ra đạt đến 358 mW với hiệu suất độ dốc 0,87 W/A. Bước sóng của laser dễ dàng dịch chuyển khi thay đổi dòng bơm hoặc nhiệt độ với độ dịch chuyển =

0,0029 nm/mA và  $\lambda = 0,059 \text{ nm}/^\circ\text{C}$ . Độ rộng vạch phổ siêu hẹp cỡ kHz tạo bởi cấu trúc DFB phù hợp với các ứng dụng hấp thụ hơi nước. Quang trực của chùm tia laser ổn định khi thay đổi dòng bơm với độ thăng giáng nhỏ. Các đặc tính trên hoàn toàn phù hợp cho việc chế tạo các thiết bị sử dụng trong điều trị y tế, đặc biệt là các thiết bị sử dụng ghép nối laser – sợi quang.

**Lời cảm ơn:** Tác giả cảm ơn Viện Ferdinand-Braun-Institut, CHLB Đức đã tài trợ nghiên cứu này.

### Tài liệu tham khảo

1. Afrah A. Kh. A., Tahrir N. A. and Shakir M. A. G., (2017), *Using of Diode Laser (940 nm) in Orofacial Region*, Journal of Research in Medical and Dental Sciences 5(5), 34–39.
2. Giannelli M., and Bani D., (2018), *Appropriate laser wavelengths for photodynamic therapy*, Lasers in Medical Science, 33(8), 1837–1838.
3. Torkzaban P., Kasraei S., Torabi S., Farhadian M., (2018), *Low-level laser therapy with 940 nm diode laser on stability of dental implants: a randomized controlled clinical trial*, Lasers in Medical Science, 33(2), 287–293.
4. Mahmood M., Husein J. A., Azlina A., Alam M. K., Hassan R., and Shaari R., (2013), *Effect of 940 nm low - level laser therapy on osteogenesis in vitro*, Journal of Biomedical Optics, 18(12), 128001–1–6.
5. Odor A. A., Bechir E. S., Violant D., and Badea V., (2018), *Antimicrobial Effect of 940 nm Diode Laser based on Photolysis of Hydrogen Peroxide in the Treatment of Periodontal Disease*, REV.CHIM., 69(8), 2081–2088.
6. Botez D., (1999), *High-power, Al-free diode lasers*, Compound Semiconductor 5(6), 24–29.
7. Rothman A., et al., (2003), *The HITRAN molecular spectroscopic database: edition of 2000 including updates through 2001*, J. Quant Spectrosc Radiat Transfer, 82, 5–44.
8. Nguyen T. P., Tien T. Q., Spiessberger S., Schiemangk M., Wicht A., (2011), *The optical heterodyne technique for characterization of high power DFB diode lasers with ultra-narrow spectral linewidth*, Advances in Optics Photonics Spectroscopy & Applications VI, 117–122.

---

# ELECTRO-OPTICAL AND SPECTRAL PROPERTIES VERSUS INJECTION CURRENT AND TEMPERATURE OF DISTRIBUTED FEEDBACK DIODE LASERS EMITTING AT NIR 940 nm

Nguyen Thanh Phuong\*

School of Engineering Physics, Hanoi University of Science and Technology  
No.1 Dai Co Viet, Hai Ba Trung, Hanoi

**Abstract.** This paper presents studies of electro-optics and spectral properties of distributed feedback diode lasers emitting at the 940 nm region. The optical power of the lasers reaches 358 mW at 25 °C. The obtained results show that the wavelength shift vs. pumping current is 0.0029 nm/mA and vs. temperature is 0.059 nm/°C. The lasers have a narrow linewidth of kHz. Moreover, the centre of the laser beam is unchanged with the various injection currents.

**Keywords:** semiconductor laser, high power laser, distributed feedback laser.