

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN**  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC**



**NGUYỄN ĐÌNH DŨNG**

**TÍNH TOÁN THÔNG SỐ QUANG HỌC CƠ BẢN CỦA  
LASER BÁN DẪN CÔNG SUẤT CAO DFB**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ VẬT LÝ**

**THÁI NGUYÊN - 2018**

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC**



**NGUYỄN ĐÌNH DŨNG**

**TÍNH TOÁN THÔNG SỐ QUANG HỌC CƠ BẢN CỦA  
LASER BÁN DẪN CÔNG SUẤT CAO DFB**

**Chuyên ngành: Quang học**

**Mã số: 84 40 110**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ VẬT LÝ**

**Người hướng dẫn: TS. Nguyễn Thanh Phương**

**THÁI NGUYÊN - 2018**

## **Lời cam đoan**

Tôi xin cam đoan dưới đây là khóa luận tốt nghiệp của riêng tôi, dưới sự hướng dẫn của **TS Nguyễn Thanh Phương** - Viện Vật lý Kỹ thuật - Đại học Bách khoa Hà Nội. Tất cả những kết quả và số liệu trong khóa luận này là trung thực và có được từ những nghiên cứu mà tôi đã thực hiện trong quá trình làm luận văn tại phòng Laser và Kỹ thuật ánh sáng, bộ môn Quang học và Quang điện tử, Viện Vật lý Kỹ thuật, Đại học Bách khoa Hà Nội và phòng Laser bán dẫn- Viện Khoa học Vật liệu- Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Người làm luận văn

**Nguyễn Đình Dũng**

## Lời cảm ơn

Cuốn luận văn này được hoàn thành trong quá trình tôi làm việc tại phòng Laser và Kỹ thuật ánh sáng, bộ môn Quang học và Quang điện tử, Viện Vật lý Kỹ thuật, Đại học Bách khoa Hà Nội và phòng Laser bán dẫn - Viện Khoa học Vật liệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Lời đầu tiên tôi xin tỏ lòng biết ơn sâu sắc tới **TS. Nguyễn Thanh Phương**, người đã hướng dẫn tôi thực hiện luận văn này. Trong suốt quá trình thực hiện luận văn, Cô luôn hướng dẫn và chỉ bảo tận tình, giúp tôi hoàn thành luận văn một cách tốt nhất.

Tôi xin trân trọng cảm ơn các anh chị tại Viện Khoa học Vật liệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã luôn động viên, giúp đỡ và tạo điều kiện thuận lợi cho tôi khi thực hiện luận văn này.

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành tới Ban Giám hiệu, các thầy các cô trong khoa Vật lý - Công nghệ, cán bộ phòng Đào tạo trường Đại học Khoa học - Đại học Thái Nguyên, đã cho tôi những kiến thức, kinh nghiệm vô cùng quý giá cũng như sự giúp đỡ, tạo điều kiện thuận lợi cho tôi trong quá trình học tập và nghiên cứu.

Tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành tới Ban Giám hiệu Trường THPT Nguyễn Trung Ngạn, anh chị em đồng nghiệp nơi tôi công tác, đã giúp đỡ, tạo điều kiện thuận lợi cho tôi trong quá trình học tập và nghiên cứu.

Cuối cùng tôi xin gửi lời cảm ơn đến gia đình, bạn bè những người đã luôn bên tôi, động viên và khích lệ tôi trong quá trình thực hiện đề tài nghiên cứu của mình.

*Thái Nguyên, ngày 10 tháng 5 năm 2018*

Người làm luận văn.

**Nguyễn Đình Dũng**

# MỤC LỤC

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT .....	i
DANH MỤC CÁC BẢNG .....	ii
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ.....	iii
MỞ ĐẦU .....	1
Chương 1. Laser bán dẫn công suất cao DFB .....	2
1.1. Cấu trúc giếng lượng tử [5].....	2
1.2. Khuếch đại quang và điều kiện ngưỡng .....	4
1.3. Dẫn sóng và buồng cộng hưởng.....	7
1.4. Cấu trúc laser bán dẫn công suất cao .....	10
1.5. Hệ số kết hợp mode trong laser bán dẫn DFB .....	11
1.6. Dải dừng trong laser DFB.....	13
Chương 2. Cơ sở phương pháp tính toán các thông số cơ bản của laser bán dẫn DFB .....	17
2.1. Đo đặc trưng công suất, xác định dòng ngưỡng của laser DFB .....	17
2.2. Đo phổ khuếch đại của laser bán dẫn công suất cao DFB .....	19
2.3. Cơ sở lý thuyết của phương pháp tính toán các thông số cơ bản của laser bán dẫn DFB .....	21
Chương 3. Tính toán các thông số quang học cơ bản của laser bán dẫn công suất cao DFB phát xạ vùng 780 nm.....	25
3.1. Kết quả đo đặc laser DFB 780 nm .....	25
3.1.1. Đặc trưng công suất của laser DFB 780 nm .....	25
3.1.2. Phổ khuếch đại của laser DFB 780 nm .....	30
3.2. Chương trình tính toán (chương trình fit).....	34
3.3. Kết quả tính toán cho laser DFB phát xạ vùng 780 nm. ....	38
KẾT LUẬN .....	43
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	44

**DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT ..... i**

<b>Ký hiệu</b>	<b>Tiếng Anh</b>	<b>Tiếng Việt</b>
QW	Quantum Well	Giếng lượng tử
BCH		Buồng cộng hưởng

**DANH MỤC CÁC BẢNG ..... ii**

<i>Bảng 3.1. Tổng hợp kết quả đo của các laser nhóm 1 .....</i>	<i>28</i>
<i>Bảng 3.2. Tổng hợp kết quả đo của các laser nhóm 2 .....</i>	<i>30</i>
<i>Bảng 3.3. Các thông số nhập vào chương trình đối với laser101 .....</i>	<i>35</i>
<i>Bảng 3.4. Các giá trị biên của các thông số.....</i>	<i>36</i>
<i>Bảng 3.5. Kết quả chương trình “fit” với laser101 .....</i>	<i>36</i>
<i>Bảng 3.6. Các thông số quan trọng của laser bán dẫn DFB nhóm 1 từ chương trình tính toán.....</i>	<i>40</i>
<i>Bảng 3.7. Các thông số quan trọng của laser bán dẫn DFB nhóm 2 từ chương trình tính toán.....</i>	<i>42</i>

## DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ ..... iii

Hình 1.1. Mật độ trạng thái của bán dẫn cấu trúc giếng lượng tử (đường liền nét) và bán dẫn cấu trúc khối (đường đứt nét). [21] .....	2
Hình 1.2. Phân bố khe năng lượng và mức năng lượng tương ứng của GaAsP-QW được nhúng trong các lớp sóng dẫn sóng AlGaAs. ....	3
Hình 1. 3. Phổ khuếch đại quang của vật liệu bán dẫn khối GaAs ở mật độ hạt tải $N=2-6 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ [9] .....	5
Hình 1.4. Sơ đồ của một ống dẫn sóng ba lớp: cấu trúc cơ bản của laser bán dẫn. ....	7
Hình 1. 5. Dẫn sóng ngang trong laser. [30] .....	8
Hình 1. 6. Cấu hình của laser bán dẫn sử dụng buồng cộng hưởng Fabry-Perot. ....	9
Hình 1. 7. Sơ đồ cấu trúc laser DFB tích hợp cách tử Bragg, cường độ phân bố theo chiều ngang $I_x$ . ....	10
Hình 1. 8. Sơ đồ mặt cắt ngang của laser bán dẫn DFB; a) Laser bán dẫn DFB ghép mode thuần; b) Laser bán dẫn DFB ghép mode hỗn hợp; c) Laser bán dẫn DFB ghép mode khuếch đại thuần; d) Laser bán dẫn DFB ghép mode mát mát thuần . [36] .....	12
Hình 1. 9. Khuếch đại ngưỡng dao động và dịch chuyển bước sóng dao động bước sóng của một laser DFB ghép mode thuần. [36] .....	14
Hình 1. 10. Cách tử dịch pha $\lambda / 4$ [36] .....	14
Hình 1. 11. Khuếch đại ngưỡng dao động và dịch chuyển bước sóng dao động của một laser bán dẫn DFB kết hợp mode thuần, dịch pha $\lambda / 4$ . [36] .....	15
Hình 1. 12. Sơ đồ mặt cắt ngang (trái) và phổ khuếch đại tương ứng (phải) của một laser bán dẫn DFB có và không có sự dịch pha. [30] .....	16
Hình 1. 13. Khuếch đại ngưỡng dao động và dịch chuyển bước sóng dao động của một laser bán dẫn DFB ghép mode khuếch đại. [36] .....	16
Hình 2. 1. Hệ đo đặc trưng công suất, thế phụ thuộc dòng bơm. ....	18
Hình 2. 2. Đặc trưng công suất, thế phụ thuộc dòng bơm của laser DFB 780 nm tại $25^\circ\text{C}$ ....	18
Hình 2.3. Phổ quang của một laser bán dẫn tại các giá trị dưới ngưỡng (a), gần ngưỡng (b,c) và trên ngưỡng phát laser(d). ....	19
Hình 2.4. Sơ đồ đo phổ. ....	20
Hình 2.5. Quang phổ khuếch đại của laser DFB 780 nm tại dòng bơm 34 mA: ....	21



Hình 3.1. Đặc trưng công suất và thể phụ thuộc dòng bơm của laser101	25
Hình 3.2. Đặc trưng công suất, thể phụ thuộc dòng bơm của laser102 (a), laser103 (b)	26
Hình 3.3. Đặc trưng công suất, thể phụ thuộc dòng bơm của Laser104 (c), Laser105 (d).	27
Hình 3.4. Đặc trưng công suất và thể phụ thuộc dòng bơm của laser201	28
Hình 3.5. Đặc trưng công suất và thể phụ thuộc dòng bơm của laser202(a), laser203(b).	29
Hình 3.6. Phổ khuếch đại của laser101 tại dòng bơm $I = 36 \text{ mA}$ .	30
Hình 3.7. Phổ khuếch đại của laser102 tại $I = 36 \text{ mA}$ (a), Laser103 tại $I = 33 \text{ mA}$ (b)	31
Hình 3.8. Phổ khuếch đại của Laser104 tại $I = 38 \text{ mA}$ (a), Laser105 tại $I = 35 \text{ mA}$ (b)	32
Hình 3.9. Phổ khuếch đại của laser201 tại $I = 33 \text{ mA}$	33
Hình 3.10. Phổ khuếch đại của laser202 tại $I = 36 \text{ mA}$ (a), laser203 tại $I = 34 \text{ mA}$ (b)	33
Hình 3.11. Chương trình “spe and fit”	34
Hình 3.12. Đường thực nghiệm (màu xanh nét đứt) và tính toán (màu đỏ liền nét) phổ khuếch đại của laser101.	37
Hình 3.13. Đường thực nghiệm (màu xanh nét đứt) và tính toán (màu đỏ liền nét) phổ khuếch đại của laser102 (a), laser103 (b).	38
Hình 3.14. Đường thực nghiệm (màu xanh nét đứt) và tính toán (màu đỏ liền nét) phổ khuếch đại của laser104 (a), laser105 (b).	39
Hình 3.15. Đường thực nghiệm (màu xanh nét đứt) và tính toán (màu đỏ liền nét) phổ khuếch đại của laser201.	40
Hình 3.16. Đường thực nghiệm (màu xanh nét đứt) và tính toán (màu đỏ liền nét) phổ khuếch đại của laser202 (a), và laser203 (b)	41

# MỞ ĐẦU

Laser bán dẫn công suất cao phản hồi phân bố đóng vai trò quan trọng trong các ứng dụng quang phổ phân giải cao [1, 2] do các ưu điểm như gọn nhỏ, công suất cao, độ rộng phổ hẹp. Các nghiên cứu gần đây cho thấy độ rộng phổ của DFB laser đạt mức hàng chục kHz [3]. Tuy nhiên, các tính chất quang của laser phụ thuộc chủ yếu vào các thông số quang học cơ bản của laser như chiều dài buồng cộng hưởng, hệ số ghép, hệ số phản xạ của gương ra, pha của trường quang trên bề mặt gương, chiết suất nhóm... Phần lớn các thông số này, đối với laser sau khi chế tạo khó có thể xác định từ các phương pháp trực tiếp [4]. Do đó việc nghiên cứu tính toán, xác định các thông số quang học cơ bản của laser công suất cao phản hồi phân bố để đo đạc đánh giá laser sau chế tạo là cần thiết. Do đó chúng tôi đã lựa chọn đề tài **“TÍNH TOÁN THÔNG SỐ QUANG HỌC CƠ BẢN CỦA LASER BÁN DẪN CÔNG SUẤT CAO DFB”**

Sử dụng phương pháp fit hàm dựa trên cơ sở hàm Green đối với phổ khuếch đại của laser bán dẫn công suất cao DFB 780nm. Sử dụng kết quả thực nghiệm đo phổ khuếch đại của các laser chúng tôi đã tiến hành tính toán và xác định các thông số cơ bản của các laser này. Đưa ra các phản hồi giúp cho việc chế tạo laser phù hợp yêu cầu sử dụng.

Luận văn gồm ba chương:

Chương 1: Laser bán dẫn công suất cao DFB.

Chương 2: Cơ sở phương pháp tính toán các thông số cơ bản của laser bán dẫn DFB.

Chương 3: Tính toán các thông số quang học cơ bản của laser bán dẫn công suất cao DFB phát xạ vùng 780 nm.