

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC

VŨ THỊ HOÀN

**PHÁT TRIỂN NGUỒN LASER Nd:YAG
BIẾN ĐIỆU ĐỘ PHẪM CHẤT BUỒNG
CỘNG HƯỞNG THỤ ĐỘNG TÍCH HỢP
TRONG HỆ LIDAR DI ĐỘNG QUAN TRẮC
MÂY TỈ TẦNG CAO**

LUẬN VĂN THẠC SĨ VẬT LÝ

THÁI NGUYÊN - 2018

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI KHOA HỌC

VŨ THỊ HOÀN

**PHÁT TRIỂN NGUỒN LASER Nd:YAG
BIẾN ĐIỆU ĐỘ PHÂN CHẤT BUỒNG
CỘNG HƯỞNG THỤ ĐỘNG TÍCH HỢP
TRONG HỆ LIDAR DI ĐỘNG QUAN TRẮC
MÂY TẦNG CAO**

Chuyên ngành: Quang học

Mã số: 8.44. 01.10

LUẬN VĂN THẠC SĨ VẬT LÝ

Người hướng dẫn khoa học: TS. BÙI VĂN HẢI

THÁI NGUYÊN - 2018

LỜI CAM ĐOAN

Luận văn với tiêu đề “ *Phát triển nguồn Laser Nd: YAG biến điệu độ phẩm chất buồng cộng hưởng thụ động tích hợp trong hệ Lidar di động quan trắc mây Ti tầng cao*” được thực hiện tại Viện Vật lý- Viện Hàn lâm khoa học và Công nghệ Việt Nam dưới sự hướng dẫn của TS Bùi Văn Hải.

Tôi xin cam đoan toàn bộ nội dung khoa học trình bày trong luận văn là công trình nghiên cứu của tôi dưới sự hướng dẫn của TS Bùi Văn Hải và sự giúp đỡ của nhóm Lidar mà trưởng nhóm là PGS. TS Đinh Văn Trung. Các số liệu và kết quả nêu trong luận văn là trung thực và chưa được công bố trước đây cả trong và ngoài nước

Thái Nguyên, tháng 11 năm 2018

Học viên

Vũ Thị Hoàn

LỜI CẢM ƠN

Trong suốt thời gian học tập cũng như tiến hành nghiên cứu và thực hiện làm luận văn, em đã nhận được sự quan tâm, chỉ bảo, giúp đỡ của thầy cô, gia đình và bạn bè.

Với tấm lòng biết ơn vô cùng sâu sắc, em xin gửi lời cảm ơn chân thành đến các Thầy Cô của khoa Vật lý và Công nghệ trường Đại Học Khoa Học – Đại Học Thái Nguyên đã tâm huyết truyền đạt cho em nhiều kiến thức quý báu trong thời gian em học tập tại trường.

Đặc biệt, em xin chân thành cảm ơn **TS. Bùi Văn Hải** đã tận tâm chỉ bảo hướng dẫn em trong suốt quá trình em thực hiện luận văn tại Viện Vật lý - Viện Hàn lâm khoa học và Công nghệ Việt Nam, nhờ có những lời hướng dẫn dạy bảo của thầy, luận văn này của em đã có được kết quả tốt. Em cũng muốn gửi lời cảm ơn tới nhóm Lidar mà trưởng nhóm là PGS.TS Đinh Văn Trung đã tạo điều kiện giúp đỡ em trong quá trình nghiên cứu, đo đạc và xử lý số liệu tại Viện Hàn lâm Khoa học Việt Nam.

Trong quá trình làm luận văn không tránh khỏi những thiếu sót, em rất mong nhận được góp ý của quý Thầy Cô và các bạn lớp K10B1 để luận văn của em được hoàn thiện hơn.

Học viên

Vũ Thị Hoàn

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT VÀ TIẾNG ANH

Thuật ngữ	Tiếng Anh	Tiếng Việt
laser	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation	Bộ khuếch đại ánh sáng bằng phát xạ kích thích
Lidar	Light detection and ranging	Cảm biến quang học và đo xa
PMT	Photomultiplier Tube	Ống nhân quang điện
APD	Avalanche photodiode	Điốt quang thác lũ
ADC	Analog to digital converter	Bộ chuyển đổi tương tự - số

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1.1: Các thông số của một số môi trường laser Neodymium [5 tr. 372, 3].	5
Bảng 2.1: Thành phần và nồng độ chất khí trong khí quyển Trái đất [13, 1].	15
Bảng 2.2: Phân nhóm các tầng mây chủ yếu [15, 2].	17
Bảng 2.3: Phân hạng mây quốc tế theo hình dạng và độ cao của mây [15, 1, 2].	18
Bảng 2.4: Các thông số đặc trưng khối phát của hệ Lidar Raman nhiều bước sóng [1].	30
Bảng 2.5: Các thông số đặc trưng khối thu của hệ Lidar Raman & đàn hồi [1].	32
Bảng 3.1. Thông số kỹ thuật cơ bản của khối phát laser di động.	43
Bảng 3.2. Thông số quang đặc trưng của lớp mây Ti xác định từ tín hiệu đàn hồi của hệ lidar di động.	52

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1.1: Cấu trúc mức năng lượng của môi trường laser Nd:YAG [5 tr. 5, 3].....	7
Hình 1.2: Phổ hấp thụ của môi trường Nd:YAG đo ở nhiệt độ 300 0K [5 tr. 208, 3].....	7
Hình 1.3. Công tua khuếch đại laser và độ rộng vạch bức xạ của các mode dọc [5, 3].	8
Hình 1.4: Quá trình phát xung ML với bộ hấp thụ bão hòa chậm [3, 5],	10
Hình 1.5: BCH laser và quá trình phát xung khóa mode với bộ SA chậm [8].	11
Hình 2.1: Biểu đồ mô tả tỉ lệ các chất khí trong khí quyển Trái Đất [13, 1].	15
Hình 2.2: Mô tả sự hình thành mây: khi không khí càng lên cao nhiệt độ càng giảm. Mây hình thành khi hơi nước lạnh bên dưới điểm sương [14]	16
Hình 2.3: Phân bố các loại mây trong tầng đối lưu theo hiệp hội khí tượng thế giới MWO [16, 2].....	20
Hình 2.4: Một số hình ảnh Mây tầng tích [17, 2].....	21
Hình 2.5: Một số hình ảnh Mây vũ tầng [17, 2].....	21
Hình 2.6: Một số hình ảnh Mây tích [2, 19].	22
Hình 2.7: Một số hình ảnh Mây tầng [2, 20].....	22
Hình 2.8: Một số hình ảnh Mây vũ tích [2, 21]	23
Hình 2.9: Một số hình ảnh Mây trung tích [2, 21]	23
Hình 2.10: Một số hình ảnh Mây trung tầng [2, 19]	24
Hình 2.11: Một số hình ảnh Mây Ti tích [1, 2, 22].....	24
Hình 2.12: Một số hình ảnh Mây Ti tầng [2, 23].	25
Hình 2.13: Một số hình ảnh về Mây Ti [2, 24].	25
Hình 2.14: Sơ đồ khối hệ Lidar xây dựng tại Viện Vật lý [1].	29
Hình 2.15: Hình ảnh hệ Lidar sử dụng laser Nd: YAG bao gồm: kính thiên văn, khối phát laser và máy tính ghi nhận dữ liệu [1].	31
Hình 2.16: a): Khoảng không gian tín hiệu đàn hồi đã chuẩn hóa theo khoảng cách đo sụt giảm mạnh nhất được hiểu là vị trí đỉnh của lớp son khí bề mặt, b): Đồ thị hàm $H(z)$ tương ứng đạt cực tiểu tại vị trí đỉnh lớp son khí [35].	35
Hình 3.1: Khối mạch điện cao thế cấp nguồn cho đèn flash, mạch điện tử điều khiển thay đổi tần số xung phát và cường độ xung laser phát, khối thu sử dụng ống ten quang telescope hiệu Meade 200 mm, ADC 12 bit và máy tính ghép nối để lưu dữ liệu nhận được [25].....	39

Hình 3.2: Buồng cộng hưởng Fabry-Perot, bổ sung thêm pin lọc không gian và tinh thể nhân tần BBO cho phép phát xung laser họa ba bậc hai tại bước sóng 532 nm [25].	41
Hình 3.3. Trong hình A trường hợp kích thước chùm tia ~ 4 mm tương đương góc mở 2,5 mrad và trong hình B là trường hợp kích thước chùm tia ~ 1 mm tương ứng với góc mở chùm tia dưới 1 mrad.	42
Hình 3.4: Mức cường độ năng lượng xung tại bước sóng 532 nm thay đổi theo thông số điều khiển [25].	42
Hình 3.5: A) Cận ảnh của hệ lidar di động được gắn trên bàn giảm chấn thực hiện đo đạc trong Quang Bình. B) BCH của laser được mở ra để lắp đặt các chi tiết quang học.	44
Hình 3.6: A) Hệ lidar gồm khối phát laser xung và telescope loại Cassegrain với giá đỡ cố định. B) Hình ảnh hệ triển khai trong đo đạc thực tế ngoài trời.	44
Hình 3.7. Hai tín hiệu đàn hồi ghi nhận bởi hệ lidar di động trong cùng khoảng thời gian 50 phút tương đương với 50000 xung laser.	45
Hình 3.8. Là kết quả phép đo phân bố mật độ vật chất trong đám mây trôi qua vị trí đo theo thời gian từ 15 h tới 17h 30 phút tại Hà Nội.	47
Hình 3.9. Hình ảnh mây Ti tầng cao được ghi nhận tại Quảng Bình bằng hệ lidar đàn hồi sử dụng laser xung di động được chế tạo tại Việt Nam.	48
Hình 3.10. Hình ảnh mây Ti tầng cao được ghi nhận tại thành phố Hồ Chí Minh bằng hệ lidar đàn hồi sử dụng laser xung di động.	48
Hình 3.11: Đồ thị cho phép xác định độ cao đỉnh và đáy lớp mây Ti kết quả phép đo được lấy lấy trung bình từ 50000 xung laser tương đương 50 phút quan trắc ở chế độ đếm photon được thực hiện tại Quảng Bình sử dụng hệ lidar di động.	49
Hình 3.12: Đồ thị thể hiện tiết hệ số tán xạ ngược của lớp mây Ti theo thuật toán Fernald [1].	50
Hình 3.13: Tỷ số tán xạ ngược của lớp mây Ti so với lớp phân tử khí từ 10 km tới 18 km.	50
Hình 3.14: Sự thay đổi độ sâu quang học của lớp khí quyển có mây Ti trong miền từ 7 tới 18 km, độ sâu quang học đã được chuẩn hóa về 1 đơn vị trên toàn miền dưới 18 km.	51

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CHỮ VIẾT TẮT VÀ TIẾNG ANH	ii
DANH MỤC CÁC BẢNG	iv
DANH MỤC CÁC HÌNH	v
MỤC LỤC	vii
MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1: LASER Nd:YAG CÔNG SUẤT CAO	4
1.1. Tổng quan về laser rắn và các ứng dụng.....	4
1.1.1. Tổng quan về laser rắn	4
1.1.2. Ứng dụng laser rắn trong nghiên cứu.....	6
1.2. Mô hình laser Nd:YAG điều tần thụ động với buồng cộng hưởng Fabry-perot	7
1.2.1. Môi trường laser Nd:YAG	7
1.2.2. Tính toán lý thuyết cho laser Nd: YAG với buồng cộng hưởng Fabry-perot.	8
CHƯƠNG 2: VAI TRÒ CỦA SƠN KHÍ TRONG TẦNG ĐỔI LƯU VÀ KỸ THUẬT LIDAR	14
2.1. Cấu trúc khí quyển và vai trò của mây Ti	14
2.1.1 Cấu trúc khí quyển	14
2.1.2 Quá trình hình thành và vai trò của mây Ti	16
2.1.3. Vai trò của mây Ti đối với khí quyển tầng đối lưu.....	26
2.2 Kỹ thuật Lidar	28
2.2.1. Khó phát.....	29
2.2.2. Khó thu.....	30
2.2.3. Kỹ thuật đo tương tự	32
2.2.4. Kỹ thuật đếm photon.....	33
2.3. Xử lý số liệu xác định các đặc trưng cơ bản của mây Ti.....	33
CHƯƠNG 3: THÔNG SỐ KỸ THUẬT CỦA LASER XUNG Nd:YAG ĐÃ CHẾ TẠO VÀ CÁC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU MÂY TI SỬ DỤNG HỆ LIDAR DI ĐỘNG	38

3.1. Thông số kỹ thuật của laser Nd:YAG di động.....	38
3.1.1. Khối điện tử.....	38
3.1.2. Khối quang học	39
3.1.3. Đặc trưng mode ngang và kích thước chùm tia laser.....	41
3.1.4. Đặc trưng công suất laser tại bước sóng 532 nm	42
3.2. Kết quả quan trắc mây Ti tầng cao sử dụng hệ lidar di động.	44
3.2.1. Đánh giá chất lượng tín hiệu của hệ lidar di động	45
3.2.2. Đặc trưng phân bố không gian của mây Ti tầng cao	46
3.2.3. Các đặc trưng vi mô của mây Ti tầng cao.....	48
3.3. Kết luận chương 3.....	52
KẾT LUẬN	54
DANH MỤC CÔNG TRÌNH CỦA TÁC GIẢ	55
TÀI LIỆU THAM KHẢO	56
PHỤ LỤC	60