

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

LƯƠNG CAO KỲ

**NGHIÊN CỨU ĐẶC TRƯNG PHỔ CỦA CÁC XUNG LASER
CỰC NGẮN TRONG KHÍ Ar**

LUẬN VĂN THẠC SĨ VẬT LÝ

THÁI NGUYÊN - 2018

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

LƯƠNG CAO KỶ

**NGHIÊN CỨU ĐẶC TRƯNG PHỔ CỦA CÁC XUNG LASER
CỰC NGẮN TRONG KHÍ Ar**

Chuyên ngành: Quang học

Mã số: 84 40 110

LUẬN VĂN THẠC SĨ VẬT LÝ

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: TS. NGUYỄN VĂN HẢO

THÁI NGUYÊN - 2018

LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên, em xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành và sâu sắc nhất tới thầy giáo, TS. Nguyễn Văn Hảo, người đã trực tiếp hướng dẫn, chỉ bảo tận tình và giúp đỡ em trong suốt thời gian học tập, nghiên cứu và hoàn thành luận văn này.

Em xin gửi lời cảm ơn chân thành tới tất cả các thầy cô, tập thể cán bộ khoa Vật lý và Công nghệ, trường Đại học Khoa học – Đại học Thái Nguyên đã nhiệt tình ủng hộ và giúp đỡ em trong quá trình thực hiện luận văn.

Em xin chân thành cảm ơn Giáo sư Imasaka và các anh chị tại Trung tâm Hóa học tương lai, ĐH Kyushu, Nhật Bản đã giúp đỡ trong việc thực hiện các số liệu thực nghiệm cho nội dung luận văn này.

Cuối cùng, em xin cảm ơn toàn thể gia đình và bạn bè đã giúp đỡ và động viên em trong suốt quá trình học tập.

Thái Nguyên, ngày 10 tháng 10 năm 2018

Học viên

Lương Cao Kỳ

MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN	i
MỤC LỤC.....	ii
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT.....	iv
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU	v
DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH, HÌNH VẼ.....	vi
MỞ ĐẦU.....	1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN.....	3
1.1. Giới thiệu về sự truyền sóng	3
1.1.1 Các tính chất thời gian và quang phổ	5
1.1.2. Các hiệu ứng phi tuyến	10
1.2. Sự mở rộng quang phổ trong một capillary lõi rỗng chứa đầy khí.....	20
1.2.1. Sự lan truyền và mất mát	21
1.2.2. Sự tự hội tụ.....	23
1.2.4. Sự mở rộng quang phổ.....	25
1.3. Sự mở rộng quang phổ trong một filament.....	26
CHƯƠNG 2: PHƯƠNG PHÁP THỰC NGHIỆM.....	30
2.1. Hệ laser xung cực ngắn.....	30
2.1.1. Bộ dao động	31
2.1.2. Bộ khuếch đại tái phát	31
2.1.3. Sự khuếch đại nhiều lần truyền qua.....	32
2.1.4. Bộ nén xung	32
2.2. Lắp đặt hệ thực nghiệm.....	32
2.2.1. Khẩu độ	33
2.2.2. Gương hội tụ và gương phẳng	34
2.2.3. Capillary và ống khí.....	35

2.3. Phương pháp thực nghiệm	36
2.3.1. Khí Argon tinh khiết.....	36
2.3.2. Quá trình lắp đặt capillary	37
2.3.3. Hệ hội tụ.....	38
2.3.4. Phương pháp đo các đặc trưng của laser	39
CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN.....	46
3.1. Kết quả đo phổ của xung laser ở 400 nm và 480 nm.....	46
3.2. Nghiên cứu sự mở rộng phổ của xung qua ống khí chứa argon.....	47
3.2.1. Ảnh hưởng của áp suất khí argon tới sự mở rộng phổ	47
3.2.2. Ảnh hưởng của điều kiện hội tụ tới sự mở rộng phổ của xung	50
3.3. Nghiên cứu sự mở rộng phổ xung laser qua sợi lõi rỗng chứa khí Ar .	52
3.3.1. Hiệu suất ghép nối của xung laser và ống capillary	53
3.3.2. Sự mở rộng phổ qua ống capillary chứa khí argon.....	54
3.3.3. Mode xung laser sau ống capillary chứa khí argon	56
KẾT LUẬN	59
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	60

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

SPM (Self-Phase Modulation)	Sự tự điều biến pha
XPM (Cross-Phase Modulation)	Điều biến pha chéo
GD (Group Delay)	Độ trễ nhóm
GDD (Group Delay Dispersion)	Tán sắc trễ nhóm
GVD (Group Velocity Dispersion)	Tán sắc tốc độ nhóm
TOD (Third Order Dispersion)	Tán sắc bậc ba
SHG (Second-Harmonic Generation)	Quá trình phát hòa ba bậc hai
PPT (Perelomov, Popov and Terent'ev)	Mô hình ion hóa đường hầm do Perelomov, Popov and Terent'ev
CPA (Chirped Pulse Amplification)	Bộ khuếch đại xung chirp
DM (Diroich Mirror)	Gương lưỡng chiết

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Tên bảng	Trang
Bảng 1.1: Chiết suất tuyến tính và phi tuyến của một số loại khí hiếm cho $\lambda = 800$ nm và $p = 1$ bar.	11
Bảng 2.1: Một số đặc tính hoạt động cơ bản của hệ laser Ti:sapphire.	30
Bảng 2.2: Các thông số cơ bản của đầu đo công suất	41

DANH MỤC CÁC HÌNH ẢNH, HÌNH VẼ

Tên hình vẽ	Trang
Hình 1.1: Đường bao và điện trường của một xung ở tần số ω_0 của pha $\varphi = 0$.	6
Hình 1.2: Hiệu ứng thời gian của các pha.	6
Hình 1.3: Xung laser bị chirp và không bị chirp.	7
Hình 1.4: Profile thời gian của xung trước (màu xanh) và sau (màu đỏ) ảnh hưởng của GDD.	9
Hình 1.5: Profile thời gian của xung trước (màu xanh) và sau (màu đỏ) ảnh hưởng của TOD.	9
Hình 1.6: Chiết suất phi tuyến của khí Ar phụ thuộc vào bước sóng laser chiếu tới (a) và phụ thuộc vào áp suất khí Ar (b).	11
Hình 1.7: a) Profile thời gian của xung Gauss ở 20 fs, 3 mJ, 800 nm được hội tụ tới bán kính $\omega_0 = 200\mu m$ (xanh dương), $\omega_0 = 115\mu m$ (xanh lục) và $\omega_0 = 80\mu m$ (màu cam). b) Độ dịch bước sóng của xung trước gây ra bởi SPM trong khí Heli, ở áp suất 2 bar, với chiều dài tương tác $L = 0,5$ m.	15
Hình 1.8: Profile phổ của xung trước (màu xanh) và sau (đỏ) do hiệu ứng SPM.	16
Hình 1.9: Profile phổ và thời gian của xung trước (màu xanh) và sau (đỏ) do hiệu ứng của SPM và self-steepening.	17

Hình 1.10: a) Tốc độ ion hóa của ánh sáng phân cực tuyến tính, ở 800 nm, trong Heli, được tính toán bằng lý thuyết PPT (theo lời của Stefanos Carlström). b) Xác suất ion hóa cho xung Gauss 20 fs. c) Mật độ của các electron tự do được tạo ra bởi xung này, trong Heli ở áp suất 2 bar (5.10^{19} nguyên tử / cm^3). d) Chuyển đổi trong chiết suất do các electron tự do gây ra.	18
Hình 1.11: Kết hợp tốt nhất ($H \sim 0.98$) của một profile dạng Gauss (đường liền nét) với mode lai EH_{11} (đường đứt nét), mode mất mát thấp nhất của một ống capillary.	22
Hình 1.12: Độ truyền qua toàn phần như một hàm của bán kính trong cho ống capillary có chiều dài 1 m (màu xanh), 2 m (xanh lá cây) và 3 m (màu cam) chứa đầy Heli với hệ số ghép $H = 0,98$.	23
Hình 1.13: Công suất đỉnh giới hạn cho sự tự hội tụ của chùm Gauss, như một hàm số của áp suất chất khí đối với Xenon (đen), Krypton (đỏ), Argon (xanh dương), Neon (xanh lục) và Helium (màu cam).	24
Hình 1.14: Xác suất ion hóa như một hàm của bán kính trong a, đối với một xung Gauss 20 fs, 3 mJ với eo chùm $\omega_0 = 0,65a$, phân cực tuyến tính, trong Heli.	25
Hình 1.15: Nguyên lý của sự filament.	28
Hình 2.1: Hình ảnh của hệ laser xung cực ngắn Solstice Ace Ti:sapphire.	30
Hình 2.2: Sơ đồ thiết lập hệ laser và khảo sát tính chất phổ của xung.	33
Hình 2.3: Một khẩu độ là một Iris diaphragm có thể thay đổi kích thước hoặc năng lượng chùm laser đi qua.	34

Hình 2.4: Gương cầu lõm có phủ lớp bạc/ nhôm để tăng độ phản xạ.	34
Hình 2.5: Độ phản xạ của các kim loại khác nhau trong dải sóng từ 200 nm tới 5000 nm.	35
Hình 2.6: Sơ đồ ống chứa khí Argon cho sự mở rộng phổ bằng hiệu ứng SPM trong cả hai trường hợp có capillary và không có capillary ở bên trong. TS: Bản vi dịch chuyển; W: cửa sổ lối vào và lối ra của chùm; VP: cửa sổ để nhìn vào trong ống; GI: Đầu vào khí; PG: Đồng hồ đo áp suất; FS: Nâng đỡ sợi capillary; F: sợi lõi rỗng (capillary); C: Đai có thể điều chỉnh được độ cao.	36
Hình 2.7: Hội tụ dạng telescope sẽ làm giảm loạn thị nếu góc tới θ_1 và θ_2 được chọn một cách thích hợp	39
Hình 2.8: Đầu đo công suất laser loại PM125D (Thorlabs, USA)	40
Hình 2.9: Độ hấp thụ của cảm biến nhiệt S415C và S425C (Thorlabs, USA)	41
Hình 2.10: Hình ảnh máy quang phổ Maya2000 Pro (Ocean Optics, Inc. USA).	43
Hình 2.11: Cấu tạo bên trong của máy quang phổ Maya2000 Pro	43
Hình 2.12: Camera CMOS DCC3240M của Thorlabs	45
Hình 3.1: Sơ đồ thí nghiệm phát xung laser ở 400 nm và 480 nm từ bước sóng cơ bản 800 nm của laser Ti:sapphire. Trong đó, M: gương phẳng, DM: gương lưỡng chiết, CM: gương cầu lõm, BBO: tinh thể β -barium borate, D: tấm khuếch tán.	46
Hình 3.2: Phổ của xung laser ở bước sóng 400 nm (a) và 480 nm (b).	47