

ФОТОДИССОЦИОННЫЙ ЙОДНЫЙ ЛАЗЕР С ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЛАМПОВОЙ НАКАЧКОЙ И ПОПЕРЕЧНЫМ ПОТОКОМ СРЕДЫ

А.А. Артемов, О.Б. Данилов,
А.П. Жевлаков, Е.А. Зобов,
В.Н. Пасункин, В.С. Петрыкин

1. В последние годы ряд работ [1-5] посвящен исследованиям, направленным на создание йодного фотодиссоционного лазера (ФЛ)- лазера ближнего ИК диапазона ($\lambda = 1,3$ мкм) - работающего в импульсно-периодическом режиме с замкнутым циклом активной среды. Наибольших успехов к настоящему времени в этом направлении достигли авторы работ [4, 5], применившие внешнюю ламповую накачку, продольный поток и замкнутый контур активной среды, основанный на тепловом насосе, и достигшие частот повторения ~ 10 Гц. Однако средние мощности излучения генерации в [4, 5] невелики и составляют $\sim 1-5$ Вт.

Представляется, что существенное увеличение средней мощности генерации возможно на пути создания фотодиссоционных лазеров с поперечным потоком активной среды, разработки более мощных сильноточных частотно-импульсных ламп накачки и использования принципов центральной ламповой накачки, описанных в [6], где были достигнуты в ФЛ рекордные по энергетическим параметрам результаты в режиме одиночных импульсов.

Настоящая работа является первой в этом направлении.

2. Описание конструкции и исследование сильноточных импульсных ламп в периодическом режиме, работающих на частоте повторения ~ 10 Гц со средней мощностью энергопитания до 100 кВт, приведено в [7].

Здесь кратко укажем основные параметры применяемой лампы.

Разрядный промежуток имел длину $l_p = 1050$ мм, внутренний диаметр кварцевой трубы лампы $\phi 32$ мм, толщина стенки ~ 2 мм. Давление ксенона в лампе 30-60 мм рт. ст., газ в лампе менялся после серии из 400-500 импульсов.

Питание лампы осуществлялось конденсаторным накопителем энергии емкостью $C = 36$ мкФ и напряжением $U \approx 25$ кВ, оснащенным двумя игнитронными коммутаторами ИРТ-4. В этих экспериментах мощность зарядного устройства, выполненного на базе тиристорного регулятора напряжения РНТТ-330-600, ограничена мощностью, отбираемой от силового трансформатора, и составляла ~ 50 кВт, что соответствовало заряду накопителя до уровня $E = \frac{CU^2}{2} = 10$ кДж при частоте следования импульсов $f = 5$ Гц и $E \approx 5$ кДж при $f = 10$ Гц. В течение первого полупериода тока ($\frac{T}{2} \approx 25$ мкс) в лампу вкладывалось $\sim 80-85\%$ запасенной энергии.

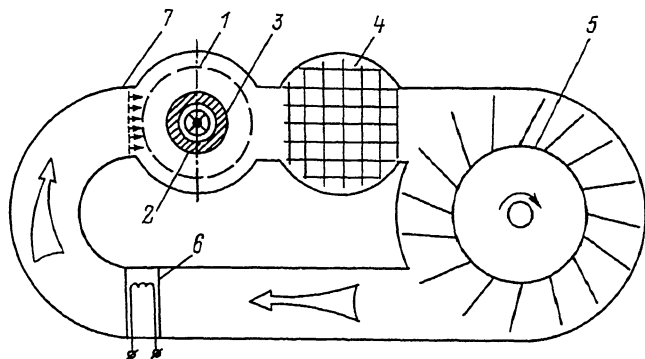


Рис. 1. Схематическое изображение поперечного сечения лазера.

1 - выходное окно лазерной камеры, 2 - лампа накачки, 3 - кварцевый кожух, 4 - теплообменник, 5 - турбинный вентилятор, 6 - кассета адсорбционного фильтра, 7 - хонейкомб.

Режим разряда (также, как в работе [6]) - Z_1 - пинч. Охлаждение лампы - воздушное, потоком воздуха в зазоре между лампой и кварцевым кожухом (см. рис. 1).

На рис. 1 представлен исследуемый иодный ФЛ. Лазерная камера с торцевых сторон закрыта просветленными стеклянными окнами (1) со световым диаметром 160 мм, в центральных отверстиях которых закреплен защитный кварцевый кожух (3) с наружным диаметром 50 мм. Расстояние между окнами 1400 мм, между выносными зеркалами резонатора (Z_1 - „глухое“, Z_2 - с отражением 8%) - 2000 мм, окна и зеркала параллельны друг другу. Внутри кварцевого кожуха установлена лампа накачки (2). Объем области генерации ~ 18 литров. Лазерная камера вакуумно вставлена в систему замкнутого цикла, осуществляющую через нее поперечный поток активной среды. Последний, в отличие от [4, 5], осуществлялся турбинным вентилятором (5), вращаемым электродвигателем мощностью 0,8 кВт через вакуумное сальниковое уплотнение [8]. Объем системы замкнутого цикла примерно в 25 раз превышает объем лазерной камеры.

Для стабилизации состава активной среды в системе использован микропористый адсорбент, кассета которого (6) прозрачна для потока газа и перекрывает поперечное сечение замкнутого контура полностью. (Следует отметить, что впервые система замкнутого цикла ФЛ с адсорбентами и вентилятором описана в работе [2], где был осуществлен продольный поток газовой среды, однако частота повторения импульсов в [2] $\sim 0,1$ Гц).

В кассете (6), наполненной активным углем (СКТ-2 объемом 6 л), вмонтирован нагреватель, позволяющий предварительно в ус-

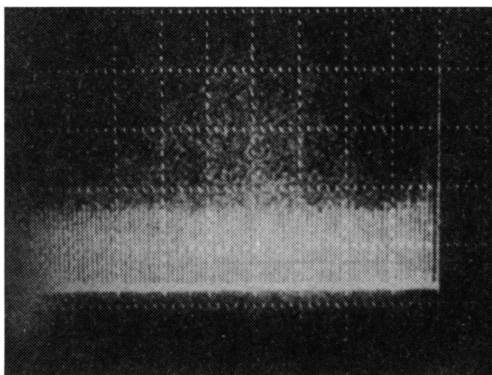


Рис. 2. Оциллограмма цуга импульсов генерации (временная развертка 1 с/дел).

ловиях вакуумной откачки прогреть адсорбент до $T \sim 380-400$ К, после чего адсорбент насыщается рабочим газом — неразбавленным иодидом C_3F_7J — при равновесном давлении газовой фазы ~ 20 мм рт. ст. Оценка величины адсорбции углем СКТ-2, выполненная в соответствии с [9, 12], для C_3F_7J оказалась ~ 0.7 г/г, а для J_2 — основного тушителя верхнего уровня рабочего перехода $^2P_{1/2}$ атома J — 1.7 г/г. Эти цифры показывают, что при использовании сравнительно небольшого объема адсорбента СКТ-2 в системе замкнутого цикла можно, с одной стороны, иметь большой запас вещества C_3F_7J , а с другой — осуществить эффективное поглощение нарабатываемых в процессе фотолиза молекул J_2 , хорошо адсорбируемых активным углем и вытесняющих молекулы иодида из объема микропор в газовую фазу, чем обеспечивается стабилизация состава активной среды в объеме генерации.

Молекулы J_2 наиболее активно нарабатываются при работе ФЛ в режиме волны пиролизного просветления [10], используемого в настоящих опытах.

4. Эксперименты проводились цугами по ~ 500 импульсов. Измерялись параметры разрядного контура, энергия и форма импульсов генерации, а также концентрация молекул J_2 в активной зоне, определяемая по поглощению зондирующего луча на $\lambda = 500$ нм [11].

Работа лазера на неразбавленном $n-C_3F_7J$ в режиме волны пиролиза сопровождалась появлением молекулярного иода с концентрацией $\sim 1.5 \cdot 10^{15}$ см $^{-3}$. Поток газа сносил молекулярный йод, который поглощался в адсорбенте. За длительность ~ 0.06 с его концентрация снижалась до величины $< 2 \cdot 10^{14}$ см $^{-3}$, для которой эффективность тушения состояния $J^2P_{1/2}$ молекулами J_2 не выше эффективности тушения этого состояния молекулами иодида. При увеличенной накачке в одноимпульсном режиме удавалось фиксировать молекулярный йод, не поглощенный адсорбентом после полного

прохода по контуру замкнутого цикла. Это позволяло оценить скорость газового потока, которая в разрядной камере оказалась ~ 5 м/с. В этом случае средняя мощность лазера (\bar{P}) составила при частоте повторения импульсов $f=1$ Гц $\bar{P}=50$ Вт, при $f=5$ Гц $\bar{P}=320$ Вт, при $f=10$ Гц $\bar{P}=450$ Вт. КПД лазера составил $\sim 0,8\%$ по энергии, запасенной в конденсаторах перед каждым импульсом. Длительность основного импульса генерации $FWHM \approx 15$ мкс. На заднем фронте импульса в момент прохождения тока лампы накачки через ноль наблюдается короткий пик, несущий малую долю энергии.

На рис. 2 представлена осциллограмма цуга импульсов генерации ($f=10$ Гц), иллюстрирующая достаточно высокую воспроизводимость амплитуды импульсов, что свидетельствует о низкой концентрации тушителя (J_2), т.е. об эффективной работе источника накачки и адсорбента в системе замкнутого цикла в самом сложном для адсорбента режиме работы ФЛ - режиме волны пиролизного просветления, когда наработка молекулярного йода максимальна [10].

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] В а к е р Н.Д., К и н г Т.А. // J. Phys. D: Appl. Phys. 1981. V. 14. N 8. P. 1367-1376.
- [2] С а б и н и н В.Е., Ш и б а л о в Е.А., П е в н е в Е.Ф., К р а с и л ь н и к о в а Е.Н. // ПТЭ. 1980. № 4. С. 199-200.
- [3] К а ш н и к о в Н.Г., О р л о в В.К., П а н и н А.Н., П и с к у н о в А.К., Р е з н и к о в В.А. // Квантовая электроника. 1980. Т. 7. № 9. С. 2052-2054.
- [4] Е л и н е к Н., К р а й н и ч е к В., Д и в и л ь к о в с к и й И.П., Т р е н д а Т., Г е р м а х В. Тез. XIII Межд. конф. КИНО-88, Минск, 1988. Т. 1У. С. 114.
- [5] В а н н и с т е r J.J., К и н г Т.А. // Laser Focus-Elect. Opt. 1984. V. 20. N 8. P. 88-97.
- [6] Д а н и л о в О.Б., Ж е в л а к о в А.П., Т у л ь с к и й С.А., Я ч н е в И.Л. // Квантовая электроника. 1982. Т. 9. № 6. С. 1245-1250.
- [7] В а к о р и н А.А., В о л ы н к и н В.М., Д а н и л о в О.Б., Ж е в л а к о в А.П., М и л л е r В.А., П е т р о в А.М., Р т и щ е в В.Н. // ОМП. 1988. № 10. С. 48-52.
- [8] Б л и н о в И.Г., Б о р е й к о А.И., Д е у л и н Е.А., К а м ы ш н ы й Н.И., П а н ф и л о в Ю.В. // ПТЭ. 1982. № 1. С. 263.
- [9] Д у б и н и н М.М. Адсорбция и пористость. М.: ВАХЗ, 1972.
- [10] Д а н и л о в О.Б., Ж е в л а к о в А.П., Т у л ь с к и й С.А., Я ч н е в И.Л. // Письма в ЖТФ. 1981. Т. 7. В. 19. С. 1160-1164.

- [11] Белоусова И.М., Горшков Н.Г., Данилов О.Б., Залесский В.Ю., Ячнев И.Л. // ЖЭТФ. 1973. Т. 65. С. 517-524.
- [12] Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1984.

Поступило в Редакцию
15 сентября 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 22
11; 12

26 ноября 1989 г.

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ СТРУКТУРЫ АМОРФНОГО УГЛЕРОДА НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОЖЕ-СПЕКТРОВ

Б.И. Резник, Ю.М. Ротнер,
В.И. Свиридов, В.Ш. Иванов

Уникальное сочетание высоких электрофизических и механических свойств материалов на основе аморфного углерода обуславливает в последнее время их широкое применение [1]. Эти свойства в значительной степени определяются типом ближнего порядка структуры аморфного углерода, которая в силу полиаморфизма определяется суперпозицией кластеров с различными типами ковалентной связи углерода.

В работе [2] было найдено, что осажденный при низкой температуре образец аморфной углеродной пленки содержит около 95% Sp^2 -связей. Такое же количество Sp^2 -связей содержится в стеклоуглероде [3]. Авторами [4] предложена модель аморфного углерода, содержащего 50% Sp^2 - и 50% Sp^3 -связей, в то время как авторы [5] предложили модель, где количество Sp^3 -связей равняется 91%. Отметим, что ранее авторами [6] было показано, что состав поверхности некоторых синтетических алмазных порошков может также соответствовать аморфному углероду.

Очевидно, что соотношение углеродных связей будет связано с конкретными условиями получения материалов на основе аморфного углерода. В этой связи актуальными являются исследования, направленные на разработку методов оценки соотношения вкладов различных типов углеродных кластеров в его структуру.

Для этой цели нами был использован метод электронной оже-спектроскопии, где усредненное энергетическое положение пиков специфично для данного элемента, а тонкая структура его связана с локальной плотностью состояний в валентной зоне, т.е. отражает химический состав исследуемого вещества [7]. Это позволяет оже-спектроскопией исследовать такие известные аллотропные соединения углерода, как алмаз и графит [7], используя для их иден-