

ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ В ЛАБОРАТОРИЯХ

УДК 53.07+532.5+536.25+536.44+615.47+616.7

УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ В ЖИДКИХ СРЕДАХ ВБЛИЗИ ТОРЦА ЛАЗЕРНОГО ВОЛОКНА

© 2020 г. Н. В. Минаев^а, В. С. Жигарьков^а, Е. А. Олейничук^{а,б},
А. А. Туйцына^{а,б}, В. И. Юсупов^а

Поступила в редакцию 27.09.2019 г.

После доработки 27.09.2019 г.

Принята к публикации 29.09.2019 г.

DOI: 10.31857/S0032816220020044

Описана установка, позволяющая изучать лазерно-индуцированные процессы в воде и водных растворах вблизи торца лазерного волокна. Это необходимо, например, для оптимизации лазерного воздействия в ряде медицинских технологий и для изучения термокавитации [1].

Принципиальная схема и общий вид установки представлены на рис. 1. Основным элементом системы является прозрачная кювета из поликарбоната 1. В боковой стенке кюветы размещен ввод 2 для оптического волокна, выполненный из капиллярной трубки из нержавеющей стали, внутри которого установлено резиновое уплотнение. В объем кюветы с водными растворами могут заводиться стандартные оптические волокна диаметром до 1 мм. В качестве источника излучения 3 используется набор волоконных лазеров умеренной мощности с длинами волн 0.97, 1.56 и 1.94 мкм, которые широко применяются в современных медицинских технологиях. При необходимости лазерное излучение заводится в кювету через оптический разветвитель 4, что позволяет получить дополнительный измерительный оптический канал 5. С его помощью регистрируется отраженный от рабочего торца оптического волокна сигнал. Амплитуда этого сигнала связана с показателем преломления среды на границе торца волокна, что позволяет контролировать плотность среды.

Регистрация быстропротекающих процессов вблизи торца лазерного волокна с разрешением в несколько наносекунд осуществляется с помощью одномодового гелий-неонового лазера 6, скоростного фотоприемника (7) OD-08AF/C (Авеста, РФ) и двух линз 8. Для оптической регистрации лазерно-индуцированных процессов, развивающихся вблизи торца волокна, используется камера (9)

ХСАМ 1080 PHD (“TourTek”, Китай) с микроскопическим объективом. Наличие камеры, помимо съемки гидродинамических процессов, позволяет обеспечить точную юстировку положения перетяжки луча гелий-неонового лазера вблизи торца лазерного волокна.

Для дополнительного контроля динамических процессов в жидкости используется оптоакустический метод [2, 3]. В свободном объеме кюветы с рабочей жидкостью размещается широкополосный гидрофон 8103 (B&K, Denmark) (10) с полосой 0.1 Гц–500 кГц, кроме того, под необходимым углом к торцу волокна устанавливается игольчатый гидрофон (Precision Acoustics, UK) (11) диаметром 1 мм с предусилителем с шириной полосы 10 кГц–50 МГц. Регистрация полученных акустических данных и сигнала с фотоприемника 7 осуществляется с помощью цифрового четырехканального осциллографа GOS 72304 (12) с полосой дискретизации 300 МГц. Вся конструкция собрана на раме из конструкционного алюминиевого профиля. Отдельные элементы, такие как кювета, скоростная камера и осветители, размещаются на подвижках с микрометрическими винтами.

В отличие от системы для изучения лазерно-индуцированных гидродинамических процессов [4], предложенная установка для регистрации высокоскоростных процессов использует не скоростную камеру, а оптический блок на основе гелий-неонового лазера 6 и фотоприемника 7. В результате разрешение по времени удалось улучшить с 10 мкс до 3 нс.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты 17-02-00832 в части транспортных процессов, 18-29-06056 в части исследования термокавитации) и Министерства науки и высшего образования в рамках выполнения работ по Государ-

^аИнститут фотонных технологий ФНИЦ “Кристаллография и фотоника” РАН, Москва, Россия

^бНИЯУ “МИФИ”, Москва, Россия

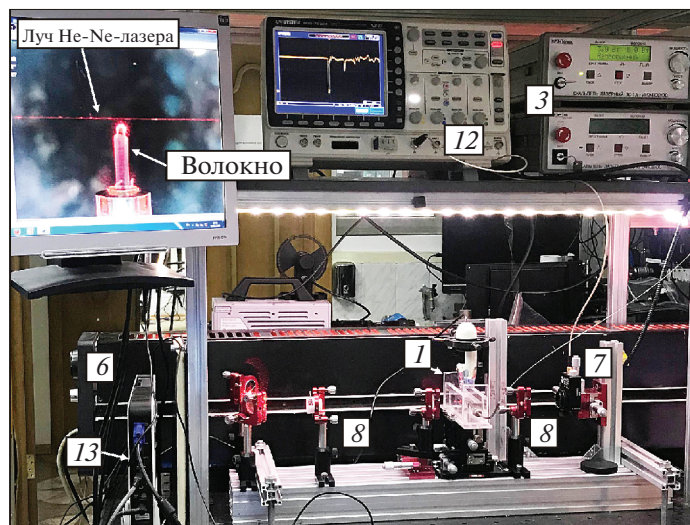
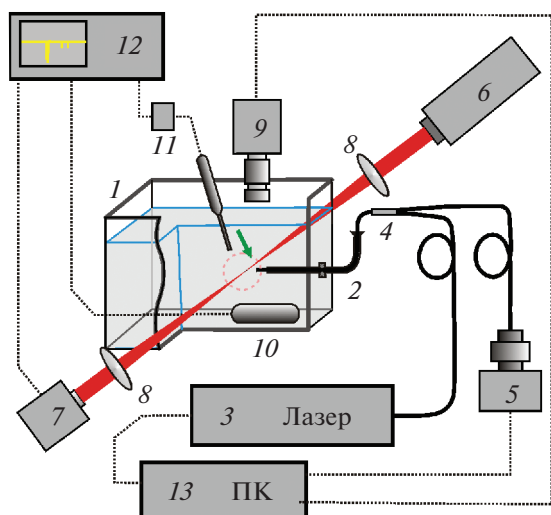


Рис. 1. Принципиальная схема и внешний вид части установки. 1 – прозрачная кювета с водой; 2 – ввод для оптического волокна; 3 – волоконный лазер; 4 – оптический разветвитель; 5 – измерительный оптический канал; 6 – гелий-неоновый лазер; 7 – скоростной фотодиод; 8 – линзы; 9 – цифровая камера; 10 – широкополосный гидрофон; 11 – игольчатый гидрофон с предусилителем; 12 – осциллограф; 13 – компьютер. Стрелкой показана область вблизи торца лазерного волокна.

ственному заданию ФНИЦ “Кристаллография и фотоника” РАН в части исследования лазерно-индуцированной термокавитации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чудновский В.М., Юсупов В.И., Дыдыкин А.В., Невожай В.И., Кисилёв А.Ю., Жуков С.А., Багратшвили В.Н. // Квантовая электроника. 2017. Т. 47. № 4. С. 361.
<https://doi.org/10.1070/QEL16298>
2. Карабутов А.А., Пеливанов И.М., Подымова Н.Б., Скипетров С.Е. // Квантовая электроника. 1999.

Т. 29. № 3. С. 215.

<https://doi.org/10.1070/QE1999v029n12ABEN001630>

3. Юсупов В.И., Коновалов А.Н., Ульянов В.А., Багратшвили В.Н. // Акустический журнал. 2016. Т. 62. № 5. С. 531.
<https://doi.org/10.7868/S0320791916050191>

4. Минаев Н.В., Юсупов В.И., Цыпина С.И., Минаев В.П. // ПТЭ. 2019. № 2. С. 157.
<https://doi.org/10.1134/S0032816219020137>

Адрес для справок: Россия, 108840, Москва, Троицк, ул. Пионерская, 2, Институт фотонных технологий ФНИЦ “Кристаллография и фотоника” РАН. Тел.: +79151862495. e-mail: iouss@yandex.ru (Юсупов В.И.)