

УДК 53.087.52

РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОГО ПРИБОРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ КАВИТАЦИОННОЙ ОБЛАСТИ

И.И. Савин, Ю.А. Галенко, О.В. Старыгина, Е.И. Парфутчик

Предложен способ и оптический прибор, предназначенные для контроля состояния кавитационной области, инициированной ультразвуком. Показано, что прибор позволяет определить наличие и момент «схлопывания» кавитационных пузырей по резкому изменению интенсивности рассеянного света, что позволяет использовать полученные результаты в схемах автоматического регулирования интенсивности ультразвукового воздействия на жидкие среды, а также для экспериментальной проверки моделей кавитационного процесса.

Ключевые слова: кавитация, кавитационная область, кавитационный пузырь, дисперсная система, ультразвуковое излучение, рассеяние света.

Введение

Оптические методы исследования дисперсных систем часто применяются для определения параметров кавитационной области, инициированной ультразвуком в жидкости [1, 2]. Для управления интенсивностью кавитационного процесса перспективно использование взаимосвязей таких параметров кавитационной области, как размер, количество, время жизни пузырьков, с оптическими характеристиками, в качестве которых обычно используют коэффициенты ослабления и рассеяния света.

Цель работы – выявление взаимосвязи между параметрами кавитационной области и её коэффициентом рассеяния, и создание на этой основе прибора, оценивающего эффективность ультразвукового воздействия.

В работе рассматривается влияние фазы ультразвуковых колебаний на интенсивность света, рассеиваемого кавитационной областью, поскольку диаметр кавитационных пузырей и их количество зависят от фазы

Для выделения определённой фазы колебаний используется стробоскопический эффект: кавитационную область освещают короткими оптическими импульсами (порядка 1/100 периода ультразвуковых колебаний), момент возникновения которых синхронизован с заданной фазой акустических колебаний. Рассеянное кавитационной областью оптическое излучение регистрируется фотоприемником в течение ~100 периодов акустических колебаний, что позволяет получить достаточный для измерения уровень сигнала.

Схема предлагаемого оптического прибора приведена на рисунке 1.

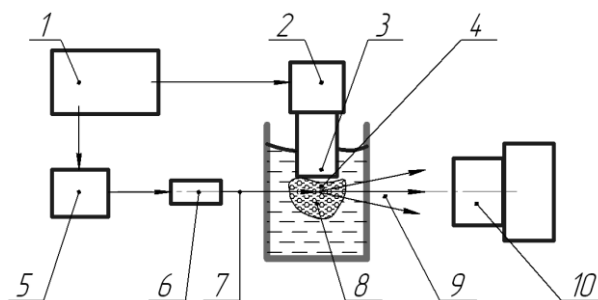


Рисунок 1 – Схема прибора для контроля кавитационной области

Цифрами на рисунке обозначены: 1 – ультразвуковой генератор, 2 – ультразвуковая колебательная система, 3 – ультразвуковой излучатель, 4 – кавитационная область, 5 – формирователь электрических импульсов, 6 – импульсный источник света, 7 – пучок оптического излучения, 8 – кавитационная область, 9 – рассеянное излучение, 10 – фотоприемник.

Характеристики используемой аппаратуры: ультразвуковой генератор имел мощность 20 Вт и частоту 20 кГц. В качестве импульсного источника излучения использовались полупроводниковый лазер мощностью 50 мВт, с длиной волны 630 нм, обеспечивающий частоту импульсов не менее 100 кГц, а также светодиоды с длиной волны излучения 400 нм. В качестве формирователя электрических импульсов использовался модифицированный генератор Г5-54, позволяющий получать импульсы длительностью 1 мкс с запаздыванием Δt от 10 мкс до 10 мс относительно фиксированной фазы ультразвуковых колебаний.

РАЗДЕЛ IV. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ

В качестве дисперсионной среды использовались дистиллированная вода и этанол в условиях ультразвуковой кавитации.

Рисунок 2 иллюстрирует зависимость интенсивности (E) рассеянного кавитационной областью излучения, при освещении ее излучением полупроводникового лазера с длиной волны 630 нм, от запаздывания Δt .

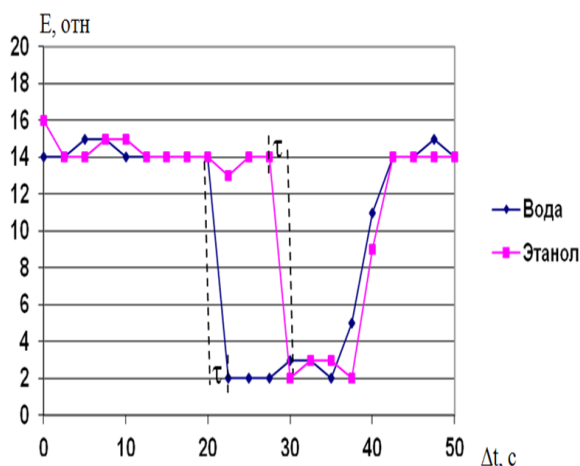


Рисунок 2 – Интенсивность рассеянного излучения E , в зависимости от запаздывания Δt при длине волны 630 нм

Из графика видно, что при изменении фазы формирования импульса света интенсивность рассеянного излучения в течение короткого промежутка времени τ скачкообразно изменяется от максимального значения до значений, близких к нулю. Такое изменение наблюдается и при длине волны света 400 нм (Рисунок 3). Столь быстрое исчезновение рассеивающих оптических неоднородностей можно объяснить только «схлопыванием» кавитационных пузырей.

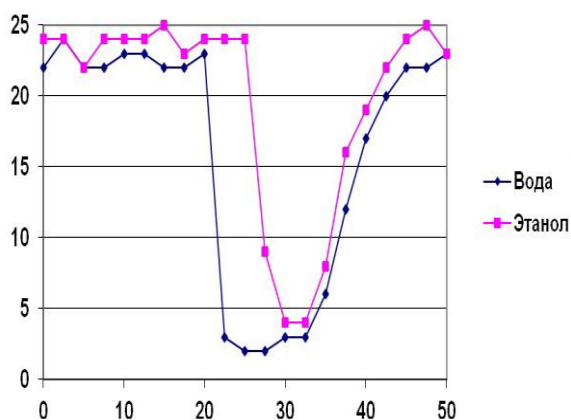


Рисунок 3 – График зависимости яркости изображения кавитационной области, при освещении ее излучением светодиода с длиной волны 400 нм

Эффект резкого уменьшения интенсивности рассеянного излучения наблюдается для различных жидкостей (воды и этанола) и различных длин волн (630 и 400 нм) и, видимо, может использоваться как сигнал об эффективности ультразвукового воздействия, о том, что в данном процессе существенная часть кавитационных пузырей успевает «схлопываться», выделяя большую энергию.

Некоторые различия между вторым и третьим рисунками можно объяснить, сравнивая результаты экспериментов с результатами расчета коэффициента рассеяния света (рисунок 4) [5]

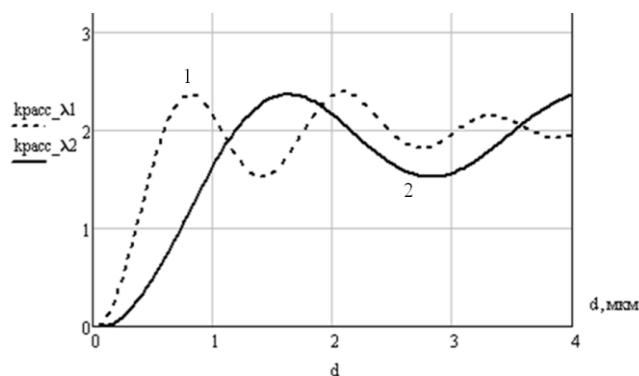


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента рассеяния от диаметра кавитационных пузырей для излучения с длинами волн 400 нм (1) и 630 нм (2)

Из рисунка 4 видно, что коэффициент рассеяния излучения пузырями диаметром менее 1 мкм для длины волны 400 нм существенно выше, чем для 630 нм. Поэтому прибор с меньшей длиной волны реагирует на более мелкие оптические неоднородности, его сигнал позже опускается до минимального значения и раньше начинает расти при увеличении размеров пузырей.

Более позднее «схлопывание» пузырей в этаноле, чем в водной среде, объясняется различием значения коэффициента поверхностного натяжения у этих жидкостей: для воды он составляет 71 мН/м, а для этанола 22 мН/м при температуре 300 С.

Выводы

В результате исследования влияния фазы ультразвуковых колебаний на интенсивность света, рассеиваемого кавитационной областью, выявлен эффект скачкообразного краткого изменения интенсивности рассеянного излучения от максимального до значения, близкого к нулю, объясняемый «схлопыванием» существенного количества кавитационных пузырей. На основании обнаруженного эффекта предложена схема и реализован макетный образец оптического прибора

(Рисунок 1). Уже в существующем виде метод и прибор позволяют обнаружить момент захлопывания кавитационных пузырей и момент начала следующего цикла их роста. Следовательно, метод дает информацию о времени роста кавитационной области и о времени нахождения пузырей в стадии зародышей. Эта информация, даже в отсутствии данных об абсолютном значении размеров пузырей, уже представляет значительную ценность, как для проверки адекватности моделей кавитационных процессов, так и для целей управления кавитационным процессом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипов, В.А., Лазерные методы диагностики гетерогенных потоков. [Текст] / В.А. Архипов – Томск: издательство Томского университета, 1987 г. – 140 с.
2. Степанова, Б.И. Теоретические и прикладные проблемы рассеяния света. [Текст] / Б.И. Степанов/ – Минск: Наука и техника, 1972 г. – 487 с.
3. Леонов, Г.В. Автоматизация процесса измерения амплитуды колебаний излучающей поверхности ультразвуковой колебательной системы. [Текст] / Г.В. Леонов, В.Н. Хмелев, И.И. Савин, Д.С. Абраменко // International Workshops and Tutorials on Electron Devices and Materials EDM'2005 – 2005.
4. Хмелев, В.Н. Способ измерения амплитуды колебаний излучающей поверхности ультразвуковой колебательной системы. [Текст] / В.Н. Хмелев, Д.С. Абраменко, И.И. Савин // Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях. – Бийск, АлтГТУ, 2004.
5. Старыгина, О.В. Особенности нефелометрии при соизмеримости дисперсных частиц с длиной волны излучения. [Текст] / О.В. Старыгина, Ю.А. Галенко, М.О. Сысоева // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: Материалы 4-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (27-29 апреля 2011 г., г. Бийск) / Алт. Гос. Техн. Ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. Гос. Техн. Ун-та, 2011. – С. 127-133.

к.т.н., доцент И.И. Савин – Бийский технологический институт, кафедра физики, sii@bti.secna.ru, (3854)368244; д.ф.-м.н., проф. Ю.А. Галенко – Бийский технологический институт, кафедра информатики и вычислительной математики, gal@bti.secna.ru, (3854)435269; аспирант О.В. Старыгина – Бийский технологический институт, кафедра информатики и вычислительной математики, ict@bti.secna.ru, (3854)435329; инженер Е.И. Парфутчик – Бийский технологический институт, кафедра экономики, ep@bti.secna.ru, (3854)435311.

УДК 621.383

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ОМИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ НЕПОСРЕДСТВЕННО В ПРОЦЕССЕ ИХ ОТЖИГА

В.В. Дохтуров, С.В. Смирнов, А.В. Юрченко, В.И. Юрченко

Проведен анализ процесса отжига омических контактов к полупроводниковым структурам на основе арсенида галлия и его твердых растворов с контролем сопротивления непосредственно в процессе отжига. Приведена эмпирическая формула зависимости приведенного поверхностного сопротивления от температуры. Представлена физическая модель формирования омических контактов.

Ключевые слова: омический контакт, сопротивление, контроль.

Введение

Омические контакты являются важнейшим элементом полупроводниковых приборов и интегральных схем, и их качество в значительной мере определяет эксплуатационную устойчивость и надежность изделий. Наиболее распространенным материалом контакта к структурам на основе арсенида галлия *n*-типа является сплав *AuGe*. Установлено [1,2], что на качество и величину приведенного поверхностного сопротивления ρ_k омических контактов (ОК) влияет режим

термической обработки: длительность отжига t , максимальная температура отжига T , скорости нагрева и охлаждения. Большое влияние оказывает и вид термической обработки; это может быть как традиционная печная обработка, так и обработки с помощью источников некогерентного излучения, лазеров, электронных и ионных пучков. Наиболее важными параметрами, характеризующими процесс отжига, являются:

- морфология поверхности омических контактов,