АКУСТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 1994, том 40, № 4, с. 680 - 682

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 535.212

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДВУМЕРНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ИМПУЛЬСНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ ИЗ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

© 1994 г. Ю. В. Голембеовский, М. Е. Горбунов, В. А. Мякинин

Институт физики атмосферы РАН
117017 Москва, Пыжевский пер., 3

Поступила в редакцию 15.12.93 г.

Явление генерации звука лазерным излучением, распространяющимся в поглощающей среде, широко используется в оптике для исследования поглощающих свойств различных сред и для измерения мощности и энергии световых источников. Если энергия лазерных импульсов достаточно велика (более или порядка 100 кДж для CO_2 лазера), то при поглощении лазерного излучения обычным атмосферным воздухом генерируются звуковые импульсы достаточной амплитуды и акустические измерения могут быть проведены вне лазерного пучка без его искажения [1]. Для измерений малых энергий лазерных пучков (меньше или порядка 1 Дж) более эффективным является использование звука, генерируемого при поглощении лазерного излучения поверхностью твердой мишени [2 - 4]. Как показали натурные эксперименты с эксимерным лазером (с энергией в импульсе порядка 0.5 Дж) на атмосферной трассе длиной 700 м [3], акустический метод может быть успешно использован для измерения полной энергии широких лазерных пучков (диаметром 10 - 50 см) со сложным распределением энергии в поперечном сечении, искаженном атмосферной турбулентностью. В работе [4] показано, что измерение звуковых импульсов, генерируемых при поглощении света твердой поверхностью, может быть использовано не только для определения полной энергии лазерных пучков, но и для восстановления одномерного распределения энергии в его поперечном сечении. Если регистрация акустических сигналов производится несколькими микрофонами, расположенными вблизи облучаемой поверхности, то возможно восстановление двумерного распределения энергии исследуемого пучка методом компьютерной томографии [5]. Эффективность этого метода была подтверждена лабораторными измерениями звука, генерируемого при облучении плоской поверхности твердой мишени излучением импульсного рубинового лазера. В настоящей статье приводятся результаты этих измерений.

На рис. 1 представлена схема экспериментальной установки для восстановления двумерного распределения интенсивности импульсных лазерных пучков. В качестве источника излучения в эксперименте был использован импульсный рубиновый лазер (1), длина волны излучения составляла 0.69 μ, длительность импульса 1 нс, энергия 0.3 Дж. Выходное излучение лазера уширялось коллиматором (2) и направлялось на диафрагму (3), представляющую собой отверстие сложной формы в непрозрачном экране. Форма отверстия задавала распределение интенсивности в прошедшем диафрагму излучении и освещающем поверхность металлической пластины, используемой в качестве мишени.

Звуковые импульсы, генерируемые при поглощении лазерного излучения поверхностью мишени (4) регистрировались с помощью 9 микрофонов (5), установленных на равном расстоянии друг от друга и жестко закрепленных на кольцевом каркасе (6) диаметром $D = 15.6$ см и отстоящем от поверхности мишени на расстоянии $A = 10$ см. Исследуемый световой пучок проходил приблизительно через центр окружности, на которой располагались микрофоны. Принимаемые звуковые сигналы усиливались и записывались в память компьютера.

Для восстановления пространственных характеристик лазерного пучка был использован численный томографический алгоритм [5].

На рис. 2 приведены результаты измерений двумерного распределения интенсивности исследуемого пучка фотометрическим и акустическим методом. Как видно из рисунков, оба эти метода дают достаточно близкие результаты. Некоторое количественное различие связано с недостаточной разрешающей способностью использованной в эксперименте приемной акустической системы, обусловленной ограниченностью ее полосы пропускания (10^{-2} - 30 кГц).

Как показало сравнение полученных экспериментальных данных с данными обычных фотометрических методов, этот метод обладает достаточной точностью и может быть использован для измерения энергетических параметров лазерных пучков. Наиболее эффективно этот метод может

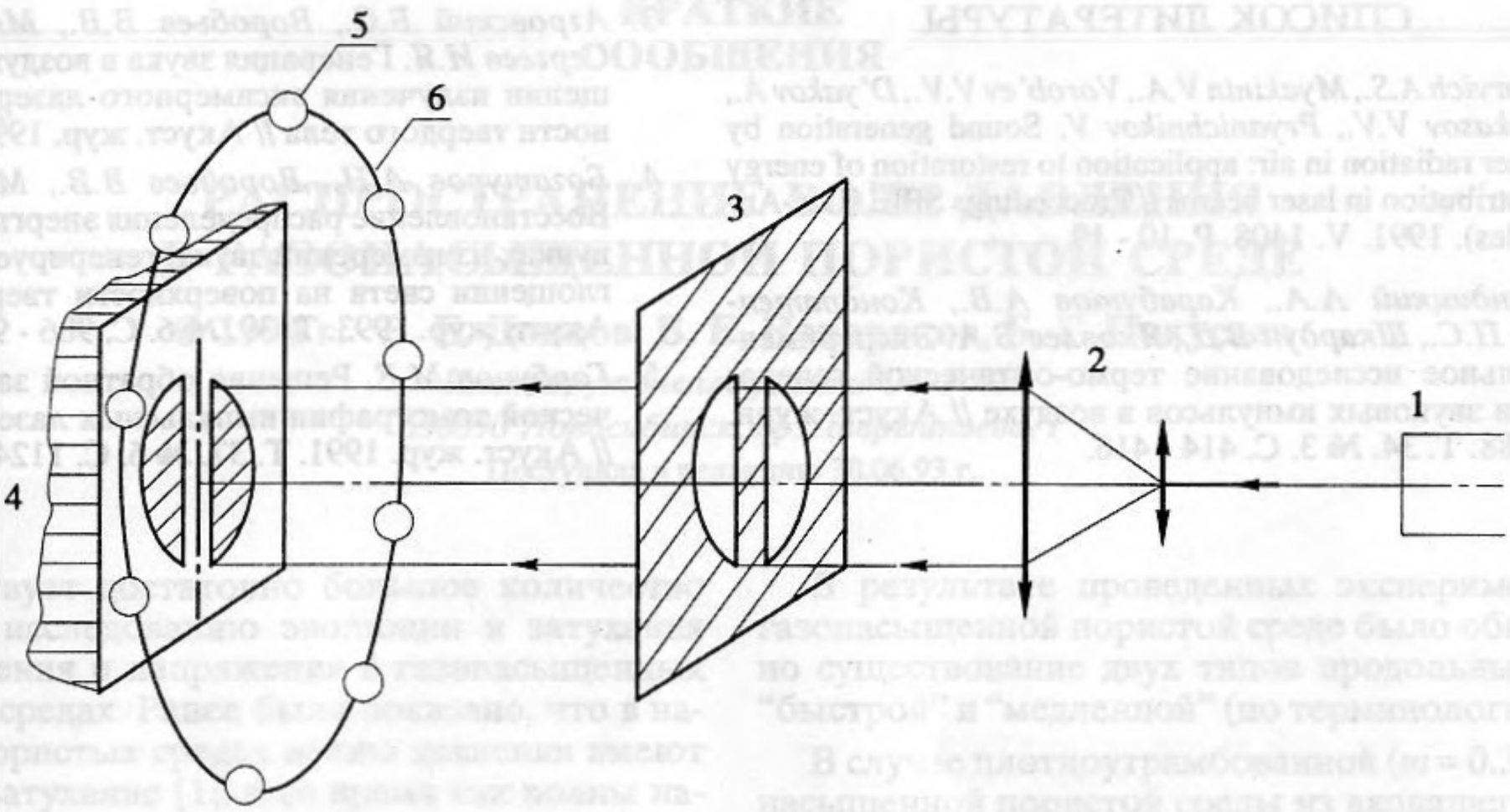

Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

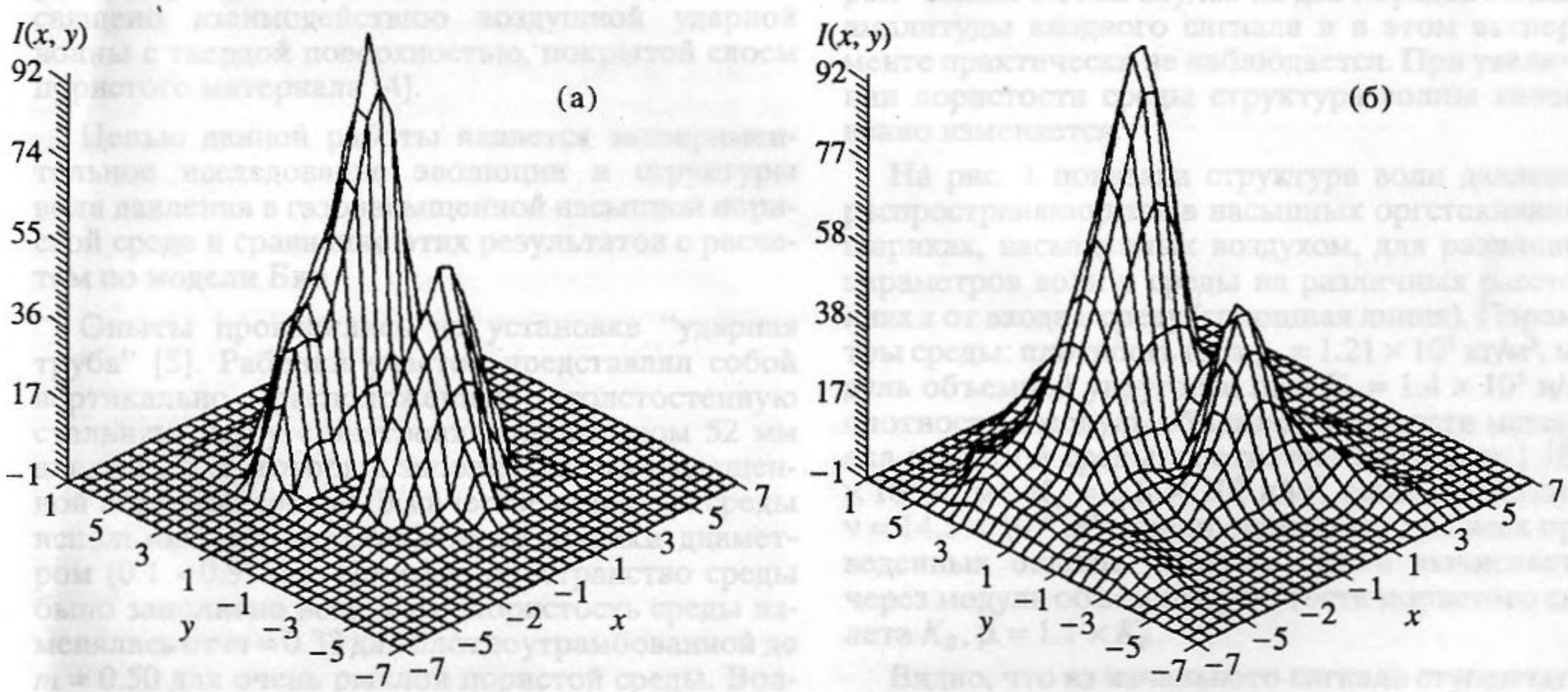

Рис. 2. Двумерные распределения плотности энергии в сечении лазерного пучка, восстановленные фотометрическим (а) и акустическим (б) методами.

быть применен на реальных атмосферных трассах в условиях, когда использование стандартных методов затруднительно из-за сильного уширения диаметра пучка и случайного блуждания его центра (от импульса к импульсу), обусловленное атмосферной турбулентностью. Использование других методов в данных условиях требует использования широкоапертурных измерительных устройств, что является технически достаточно сложным, особенно в случае исследования распространения лазерных пучков инфракрасного и ультрафиолетового диапазона.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований, проект № 93–02–15463. Авторы выражают глубокую признательность А.С. Гурвичу и В.В. Воробьеву за постановку задачи и полезные замечания, высказанные в процессе ее проведения и обсуждения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Gurvich A.S., Myakinin V.A., Vorob'ev V.V., D'yakov A., Pokasov V.V., Pryanichnikov V.* Sound generation by laser radiation in air: application to restoration of energy distribution in laser beams // Proceedings SPIE (Los-Angeles). 1991. V. 1408. P. 10 - 19.

2. *Бендицкий А.А., Карабутов А.В., Кондратенко П.С., Шкардун В.Д., Яковлев В.А.* Экспериментальное исследование термо-оптической генерации звуковых импульсов в воздухе // Акуст. журн. 1988. Т. 34. № 3. С. 414 - 416.

3. *Агровский Б.С., Воробьев В.В., Мякинин В.А., Сергеев И.Я.* Генерация звука в воздухе при поглощении излучения эксимерного лазера на поверхности твердого тела // Акуст. жур. 1993. Т. 39. № 1.

4. *Богатуров А.Н., Воробьев В.В., Мякинин В.А.* Восстановление распределения энергии в лазерных пучках из измерений звука, генерируемого при поглощении света на поверхности твердого тела // Акуст. жур. 1993. Т. 39. № 6. С. 986 - 992.

5. *Горбунов М.Е.* Решение обратной задачи акустической томографии импульсных лазерных пучков // Акуст. жур. 1991. Т. 37. № 6. С. 1124 - 1129.