

ФОТОТЕРМОРЕАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ В ДИАГНОСТИКЕ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н.Севченко» Белорусского государственного университета.
Минск, Республика Беларусь. sharonov@hotmail.ru

Рассмотрены методы и системы пространственного управления, измерения и передачи лазерного излучения, использующие рефракционные свойства неоднородного газового потока. Основное внимание уделено средствам, основанным на применении струйного и фототермического эффектов.

Известно, что при поглощении электромагнитного излучения газовой средой частиц, атомы и молекулы среды переходят в возбужденное состояние. Дезактивация возбужденных частиц с преобразованием поглощенной энергии происходит по двум основным каналам: радиационному (излучательному) и безизлучательному, в частности, за счет столкновения частиц между собой. В некоторых случаях возможны потери поглощенной энергии на фотохимические процессы. Доминирующий механизм преобразования поглощенной энергии по тем или иным каналам зависит от термодинамических параметров состояния газовой среды, ее состава и характеристик электромагнитного излучения. При безизлучательной дезактивации возбужденных частиц происходит изменение температуры среды, что, в свою очередь, приводит к локальному изменению показателя преломления в месте поглощения средой электромагнитного излучения.

На основе использования фототермически индуцированной неоднородности показателя преломления предложен ряд экспериментальных методов анализа, которые в соответствии с реализованными в них фототермическими аналогами оптических элементов подразделяют на методы фототермической линзы (ФТЛ), призмы или фототерморекфрактометрический (ФТР), зеркала, интерферометра (ФТИ), дифракционной решетки и т.д.

Наиболее разработанными и используемыми в настоящее время являются методы ФТИ, ФТЛ и ФТР.

ФТИ метод заключается в измерении фазы луча, зондирующего фотоиндуцированную другим лучом оптическую неоднородность. Метод труден в юстировке и сложен в аппаратной реализации.

Метод ФТЛ состоит в зондировании профиля показателя преломления, возникающего в среде при поглощении осесимметричного лазерного пучка. Аппаратура, реализующая метод, также сложна в юстировке, требует полупрозрачных оптических пластин и узкополосных фильтров для направления и регистрации светового зондирующего пучка.

ФТР метод заключается в создании неоднородности показателя преломления в среде возбуждающим пучком и измерении угла отклонения светового пучка, зондирующего эту неоднородность.

Существенны фактические различия методов ФТР, ФТИ и ФТЛ. В методе ФТР зондируется градиент показателя преломления, причем неоднородность показателя преломления может иметь произвольную форму и зондироваться под произвольным углом. Важно и аппаратное отличие: не требуется фазочувствительная система регистрации или интерферометр, либо полупрозрачная пластина для поворота и узкополосный фильтр для выделения зондирующего излучения. Аппаратурная простота реализации ФТР метода существенно упрощает юстировку и эксплуатацию измерительной установки.

Если ФТИ и ФТЛ методы были разработаны и реализованы преимущественно для анализа характеристик покоящихся сред, то ФТР метод первоначально был предложен и использован для измерений в движущейся среде, в частности, в газовом потоке. В этом случае

свойства неоднородности показателя преломления зависят от параметров среды, потока и возбуждающего градиент светового пучка, что делает такой метод достаточно универсальным и применимым для диагностики веществ, потоков и лазерного излучения.

Исследование возможностей ФТР метода при измерениях в движущейся среде проведены для продольной и поперечной схем зондирования при импульсном, непрерывном и квазинепрерывном режимах облучения возбуждающим пучком в дозвуковых и сверхзвуковых газовых потоках [1]. В продольной схеме возбуждающий пучок распространяется по потоку, а зондирующий пучок направлен под небольшим углом к нему. В поперечной схеме возбуждающий пучок перпендикулярен газовому потоку, а зондирующий пучок ориентирован нормально к возбуждающему пучку и газовому потоку.

Анализ выражений угла отклонения зондирующего пучка для обеих схем и упомянутых режимов возбуждающего пучка и газового потока указывает на применимость ФТР метода для измерения параметров лазерного излучения, таких как мощность, диаметр, распределения интенсивности в пучке и т.д. При этом продольная схема зондирования обладает наибольшей чувствительностью, а поперечная – максимальным пространственным разрешением, определяемым диаметром зондирующего пучка.

В обеих схемах зондирования при всех отмеченных ранее режимах возбуждающего пучка и газового потока угол отклонения зондирующего пучка доступен измерению. При этом мощности пучков, для исследования параметров которых применим метод ФТЗ, могут изменяться в достаточно широких диапазонах.

Так, например, в дозвуковом потоке при непрерывном режиме возбуждающего пучка с гауссовым профилем интенсивности

$$\alpha = I_0 K_n A_k / V$$

где: α – угол отклонения зондирующего пучка,

I_0 – интенсивность излучения на оси возбуждающего пучка,

K_n – коэффициент поглощения возбуждающего пучка,

V – скорость течения газовой среды,

A_k – коэффициент, характеризующий угол между возбуждающим и зондирующим пучками, диэлектрическую проницаемость и ее температурный коэффициент, плотность и теплоемкость среды в потоке, длину волны излучения, координаты и радиус возбуждающего пучка, а также характерные размеры схем взаимодействия возбуждающего и зондирующего пучков в потоке.

Как видно из приведенного выше выражения, расширить диапазон применимости метода можно, изменяя коэффициент поглощения и скорость газового потока на несколько порядков.

В сверхзвуковом потоке исследуемые лазерные пучки ограничиваются по мощности только пороговой интенсивностью пробоя.

Таким образом, предлагаемый метод является весьма перспективным для использования в приборах экспресс – контроля параметров оптического излучения путем измерения рефракции другого, зондирующего пучка.

Список литературы

1. Виленчиц, Б.Б. Два класса новых градиентно-оптических автоматических анализаторов газовых сред. Материалы 2-ой Всесоюзной конференции «Измерение и контроль при автоматизации производственных процессов». Барнаул. 12 – 14 августа 1991 г., С.125-127.