

ЛАЗЕРНЫЙ КОНТРОЛЬ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ ГЕТЕРОГЕННОЙ ПЛАЗМЫ

Гамов Д.Л., Бабаев Р.Г.

Научный руководитель: Мышкин В.Ф. д.ф-м.н., профессор
Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: gdl@tpu.su

Лазерные методы диагностики позволяют определять размеры дисперсных частиц без отбора пробы. Такие безотборные методы диагностики особенно важны при изучении процессов в низкотемпературной плазме. При определении гранулометрического состава дисперсной фазы гетерогенных систем (аэрозоль, запыленная плазма), путем анализа спектра пропускания излучения, используется интегральное уравнение Фредгольма II рода:

$$\tau(\lambda) = \int_0^{\infty} \sigma(\rho, \lambda) f(\rho) d\rho, \quad (1)$$

где $\tau(\lambda)$ – индикатриса рассеяния, $\sigma(\rho, \lambda)$ - эффективное сечение рассеяния частицы радиусом r , $f(\rho)$ - распределение дисперсных частиц по размерам.

Можно получить бесчисленное множество решений уравнения (1) при обработке экспериментальных данных. Это связано с необходимостью численного решения матричного уравнения с неточно известными данными. Не менее важным при этом является то, что любой набор экспериментальных данных может быть обусловлен не единственным набором искомых параметров. Увеличение ошибки измерения приводит к нелинейному увеличению возможного набора решений. При этом в условиях проведения эксперимента реализуется лишь один вариант из всего набора параметров.

Нами разработана методика обработки данных, позволяющая уменьшать неоднозначность интерпретации экспериментальных данных при решении обратной задачи. Это возможно благодаря тому, что имеющаяся в распоряжении экспериментатора аппаратура для научных исследований, в ряде случаев, позволяет регистрировать параллельно большое количество данных. Возможности даже современной вычислительной техники ограничены для решения уравнения (1) с большим набором данных. Предлагается использовать результаты совместной обработки нескольких выборок, из полного набора данных, при регистрации спектрального хода коэффициентов поглощения.

Для уменьшения погрешности определения гранулометрического, при высокой экспериментальной погрешности, используются регуляризующие алгоритмы решения интегрального уравнения, связывающего экспериментально измеряемые параметры лазерного излучения с параметрами гетерогенных систем. На практике, как правило, экспериментальные данные представлены измерениями в конечном числе точек. При этом уравнение (1) может быть заменено матричным $A \times s = \mu$. В качестве приближенного регуляризованного решения матричного уравнения берется вектор S , минимизирующий функционал Тихонова. Важной и достаточно сложной задачей при построении регуляризованного решения интегрального уравнения является выбор величины параметра регуляризации α . При малых значениях α решаемое уравнение близко к исходному. С другой стороны, при очень малой величине α , в силу малой информативности оптических измерений и наличия ошибок, полученное решение будет сглаженным (или вовсе не имеет физического смысла). Величина параметра регуляризации α зависит от уровня ошибок экспериментального измерения.

Важное значение при решении обратных задач имеет учет погрешностей, появляющихся на различных этапах: при регистрации экспериментальных данных и их обработки. Ошибки при проведении экспериментальных исследований связаны со следующими факторами:

1. уровнем оптических и электрических помех при измерении величины рассеянного потока;
2. отклонением формы дисперсных частиц от сферической и неоднородностью;
3. грубой оценкой комплексного показателя преломления;
4. наличием на поверхности дисперсных частиц свободных зарядов;
5. наличием вокруг частиц оболочек из пара из вещества дисперсной частицы.

Следует отметить, что погрешность математической обработки экспериментальных данных, при решении обратной задачи, увеличивается значительно быстрее, чем увеличивается экспериментальная погрешность.