

Параллельный алгоритм моделирования распространения излучения импульсного лазера в сильно рассеивающей среде (биоткани) *

Л.П. Басс, О.В. Николаева (ИПМ им. М.В.Келдыша РАН),
В.С. Кузнецов (РНЦ «Курчатовский институт»),
А.В. Быков, А.В. Приезжев (МГУ им. М.В. Ломоносова)

Рассматривается задача о моделировании на многопроцессорных компьютерах распространения излучения от точечного импульсного источника малой апертуры в мутных (сильно рассеивающих) средах детерминистским методом.

Такие процессы описываются нестационарным уравнением переноса с учетом рассеяния. Они часто возникают, например, при локальном зондировании какого-либо участка тела человека одним или несколькими пучками лазерного излучения с целью определения оптических свойств и визуализации внутренней структуры биотканей по отраженному свету (оптическая диффузная томография).

Эффективные алгоритмы решения таких обратных задач часто включают точные и быстрые методы решения соответствующих прямых задач. Для достижения высокой оперативности в прямых расчетах естественно использовать параллельные алгоритмы. Исследование такого алгоритма представлено в настоящей работе.

Он опирается на сеточные схемы метода дискретных ординат, причем расчет на каждом временном шаге выполняется в два этапа. На первом этапе по аналитическим формулам находят плотности потоков нерассеянного и однократно рассеянного излучения; на втором этапе с помощью сеточной схемы вычисляются плотности потоков многократно рассеянного излучения. Каждый этап распараллеливается отдельно по разным алгоритмам. Особенность данной задачи состоит в необходимости корректно моделировать распространение фронта световой волны; при этом на каждом временном шаге расчет должен быть выполнен в некоторой пространственной подобласти, ограниченной фронтом волны.

Исследование эффективности распараллеливания этих алгоритмов выполнено на примере задачи о распространении фемтосекундного лазерного импульса ближнего инфракрасного диапазона в среде, близкой по оптическим свойствам к крови человека. Приведены данные об эффективности распараллеливания каждого из этапов алгоритма, о распределении расчетного времени между различными частями вычислительного процесса.

Также приведены результаты расчетов - временные распределения мощности излучения, зарегистрированного малоапертурным детектором, расположенным на некотором расстоянии от источника. Они в среднем точно совпадают с результатами, полученными методом статистического моделирования Монте-Карло, однако не содержат шумового компонента, характерного для последнего метода в области затухания («хвоста») рассеянного импульса.

* Работа выполнена при финансовой поддержке программы Президиума РАН №2 (2.2) (Л.П.Басс, О.В.Николаева) и РФФИ, грант № 08-02-91-760_АФ (А.В.Быков, А.В.Приезжев)