

01;07  
©1995

## ОПТИЧЕСКАЯ ТОМОГРАФИЯ РАСSEИВАЮЩИХ СРЕД В ДВУХПОТОКОВОЙ МОДЕЛИ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ

*С.В. Селищев, С.А. Терещенко*

Оптическая томография объектов в сильнорассеивающих (мутных) средах затрудняется отсутствием соотношений, аналогичных закону экспоненциального ослабления, являющегося основой для использования известного преобразования Радона [1,2]. Для непрерывного оптического излучения в мутной среде часто используют приближение Кубелки и Мунка, основанное на модели двух световых потоков, распространяющихся в прямом и обратном направлениях [3]. Для теоретического описания прохождения нестационарного, в частности импульсного, оптического излучения через мутные среды используется, как правило, диффузионное приближение уравнения переноса [2-4].

В данной работе рассматривается обобщение двухпоточкового приближения на нестационарные процессы и неоднородные среды. Показано, что восстановление внутренних структур объектов в сильнорассеивающих средах можно свести к анализу преобразования Радона, если считать коэффициенты поглощения и рассеяния в двухпоточковой модели пропорциональными (с разными коэффициентами пропорциональности) плотности поглощающих и рассеивающих центров в среде.

Введем неподвижную систему координат  $(x, y)$  и вращающуюся систему координат  $(\xi, \zeta)$ . Тогда распространение оптического импульса вдоль оси  $\zeta$  в двухпоточковом приближении можно описать следующей системой уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{v} \frac{\partial F_+}{\partial t} + \frac{\partial F_-}{\partial \zeta} &= -\mu F_+ + \mu_s F_- \\ \frac{1}{v} \frac{\partial F_+}{\partial t} - \frac{\partial F_-}{\partial \zeta} &= \mu_s F_+ - \mu F_- \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} F_+(t, \zeta = 0) &= F_0(t) \\ F_-(t, \zeta \rightarrow +\infty) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} F_+(t=0, \zeta) &= 0 \\ F_-(t=0, \zeta) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Здесь  $t$  — время,  $v$  — скорость света в среде без рассеяния,  $F_+(t, \zeta) > 0$  — плотность потока излучения, распространяющегося в направлении оси  $\zeta$ ,  $F_-(t, \zeta) > 0$  — плотность потока излучения, распространяющегося в противоположном направлении,  $\mu = \mu_a + \mu_s$ ,  $\mu_a(\zeta)$  — коэффициент поглощения излучения средой,  $\mu_s(\zeta)$  — коэффициент рассеяния излучения средой.

Выражение (2) определяет граничные условия, (3) — начальные условия.

Перейдем от плотностей потоков излучения к полной энергии соответствующих импульсов:

$$U_0 = \int_0^{+\infty} F_0(t) dt; \quad U_+(\zeta) = \int_0^{+\infty} F_+(t, \zeta) dt; \quad (4)$$

Пусть  $\mu_a(x, y) = An(x, y)$  и  $\mu_s(x, y) = Sn(x, y)$ , где  $n(x, y)$  — плотность поглощающих и рассеивающих центров в среде,  $A$  и  $S$  некоторые константы, не зависящие от координат, тогда из (1)–(4) получаем

$$U_+(\zeta) = U_0 \exp\left(-\sqrt{A(A+2S)} \int_0^{\zeta} n(\zeta) d\zeta\right).$$

Таким образом, для рассмотренного случая задача томографической реконструкции распределения плотности поглощающих и рассеивающих центров в среде  $n(x, y)$  сводится к задаче восстановления с помощью обратного преобразования Радона [5] распределения  $n^*(x, y) = \sqrt{A(A+2S)}n(x, y)$ .

#### Список литературы

- [1] Левин Г.Г., Вишняков Г.Н. Оптическая томография. М.: Радио и связь, 1989. 224 с.
- [2] Medical optical tomography: functional imaging and monitoring. Gerhard I. Müller et al., eds. // Proc. SPIE. 1993. V. IS11. 656 p.
- [3] Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайных неоднородных средах. М.: Мир, 1981. Т. 1. 280 с.
- [4] Любимов В.В. // Оптика и спектроскопия. 1994. Т. 76. № 5. С. 814–815.
- [5] Наттерер Ф. Математические аспекты компьютерной томографии. М.: Мир, 1990. 288 с.

Поступило в Редакцию  
12 декабря 1995 г.