

В. А. ВЫСЛОУХ, С. С. ЧЕСНОКОВ

О ФАЗОВОЙ КОРРЕКЦИИ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛОВОГО САМОВОЗДЕЙСТВИЯ

При распространении импульсного излучения в поглощающей среде возникает уширение пучка и искажение его профиля, вызванное тепловым самовоздействием. Для подавления этих эффектов в настоящее время широко применяются системы когерентной адаптивной оптики [1]. Вместе с тем представляет интерес использование более простых способов управления пучком, к числу которых относится метод фазовой компенсации [2].

Идея этого метода состоит в том, что нелинейное уширение пучка на трассе распространения компенсируется специальным выбором начального фазового профиля. В настоящей работе на основе численного эксперимента рассматривается задача о фазовой коррекции нестационарного теплового самовоздействия осесимметричного импульса.

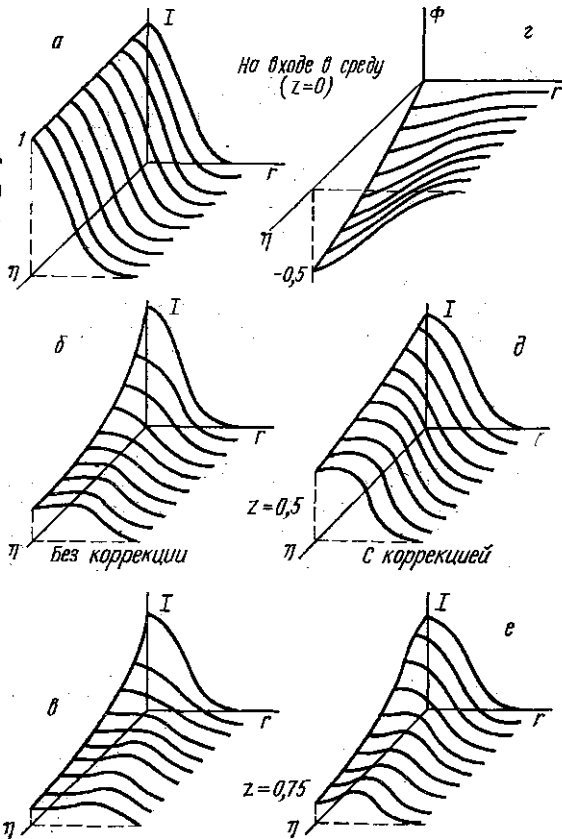
Исходная система уравнений относительно безразмерных комплексной амплитуды электрического поля $E(r, z, \eta)$ и отклонения температуры $T(r, z, \eta)$ от равновесной имеет вид

$$i \frac{\partial E}{\partial z} = \frac{1}{2} \Delta_{\perp} E - RTE, \quad (1)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \eta} - \chi \Delta_{\perp} T = |E|^2. \quad (2)$$

Здесь координата r нормирована на начальный радиус пучка a , z — на дифференциальную длину, «бегущее» время η — на длительность импульса $t_{\text{и}}$.

Предполагается, что $t_{\text{и}}$ больше времени распространения акустической волны через поперечное сечение пучка, поэтому давление в канале пучка можно считать установившимся. Кроме того, $t_{\text{и}}$ должно быть меньше времени возникновения конвекции. Параметр χ равен отношению длительности импульса к характерному времени установления температуры за счет теплопроводности; параметр R пропорционален входной мощности пучка.



Для численного решения уравнения (1) применяется метод конечных элементов [3]. Уравнение (2) интегрируется с помощью прямого и обратного преобразования Фурье — Бесселя. Схема является консервативной и имеет точность $O(h_r^3)$, $O(h_z^4)$, $O(h_\eta^2)$ (h_α — шаг по соответствующей переменной).

Для фазовой компенсации теплового уширения в работе предлагается следующий алгоритм. Вначале до заданного z_k решается задача линейной дифракции. Затем найденное распределение интенсивности $|E(r, z, \eta)|^2$ подставляется в уравнение (2) и вычисляется зависящий от времени тепловой фазовый набег

$$\Phi_T(r, z_k, \eta) = -R \int_0^{z_k} T(r, z, \eta) dz.$$

Полученная фаза, взятая с обратным знаком, используется для задания новых начальных условий. На практике можно использовать фазокорректирующее зеркало на пьезокерамике, кривизна которого меняется во времени при формировании импульса по заданному закону.

Развитую методику проиллюстрируем результатами, полученными для коллимированного пучка, гауссова по радиусу и прямоугольного по времени. Пространственное и временное распределение интенсивности на входе изображено на рис. а; б и в описывают распространение нескорректированного пучка с параметрами $R=8$, $\chi=0,2$; г показывает распределение начальной фазы, д и е — распределение интенсивности при распространении скорректированного пучка. Эффективность фазовой коррекции можно оценить как отношение энергий, протекающих через площадку единичного радиуса для скомпенсированного (W_k) и некомпенсированного (W_0) пучков. Так, при $z_k=0,5$ — $W_k/W_0=1,8$, при $z_k=0,75$ — $W_k/W_0=1,5$. Видно, что динамическая фазовая компенсация может быть с успехом использована для подавления тепловой дефокусировки в нелинейных средах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pearson J. E. et al. «Appl. Opt.», 1974, 13, 391.
2. Bradley L. C. et al. «Appl. Opt.», 1974, 13, 331.
3. Выслоух В. А., Кандидов В. П. Теория дифракции и распространения волн. Краткие тезисы докладов. М., 1977, с. 274.

Кафедра
общей физики для мехмата

Поступила в редакцию
12.05.78

УДК 538.56

К. Д. ЕГОРОВ

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СВЕТОВОГО ПУЧКА В СРЕДЕ, ДВИЖУЩЕЙСЯ С ОКОЛОЗВУКОВОЙ СКОРОСТЬЮ

Хорошо известно явление теплового самовоздействия, возникающее при распространении световых пучков в поглощающих средах [1]. В случае движущейся среды с $dn/dr > 0$ это явление приводит к дефокусировке и поперечному смещению пучка вверх по потоку [2]. Такая рефракция наблюдается при изобарическом расширении среды, нагрет-