

ОБ ОТКЛОНЕНИИ МОЩНЫХ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЕТРА В ПОГЛОЩАЮЩИХ СРЕДАХ

В.А.Алешкевич, А.П.Сухорукос

Предметом настоящего сообщения является обсуждение воздействия бокового ветра на распространение мощного лазерного пучка в условиях теплового самовоздействия в поглощающих средах. Как известно, нагрев среды световым пучком приводит к линзовым эффектам – тепловой самофокусировке или самодефокусировке. Унос тепла ветром из области пучка изменяет тепловой режим в среде a , следовательно, и свойства тепловой линзы. Асимметрия нагрева среды (температура с подветренной стороны больше чем с наветренной) приводит к отклонению пучка от его первоначального направления распространения [1]. Отклонение пучка навстречу ветру было экспериментально зарегистрировано в жидкостях [2] (аргоновый лазер) и в воздухе (лазер CO_2) [3].

В настоящей работе дается теория обсуждаемого эффекта в условиях близких к экспериментальным. Получены выражения для углов отклонения и дефокусировки пучка при любых величинах скорости ветра (поток предполагается стационарным и однородным).

Пусть гауссовский световой пучок проходит вдоль оси z слой поглощающей среды длины l . Уравнение теплопроводности с учетом бокового ветра, дующего вдоль оси y со скоростью v , имеет вид

$$\frac{\partial T}{\partial T} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \chi \left(\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{\delta P_0 e^{-\delta z}}{\pi a^2 \rho C_p} e^{-\frac{x^2 + y^2}{a^2}}, \quad (1)$$

где χ – коэффициент температуропроводности, δ – коэффициент поглощения, P_0 – входная мощность, a – радиус пучка, ρC_p – удельная теплоемкость.

Пренебрегая в (1) продольной диффузией тепла ($\partial^2 T / \partial z^2 = 0$), можно найти стационарное распределение температуры в виде разложения по координатам x и y вблизи оси пучка

$$T = \frac{\delta P_0 e^{-\delta z}}{4 \pi \chi} \left\{ 2T_y \frac{y}{a} - T_{yy} \left(\frac{y}{a} \right)^2 - T_{xx} \left(\frac{x}{a} \right)^2 + \dots \right\} \quad (2)$$

Дадим оценки эффектов. В случае излучения с $\lambda = 10,6$ мкм критические мощности равны в воде $P_{кр} = 0,4$ вт и в воздухе $P_{кр} = 0,25$ вт. Области средних скоростей ($\gamma = 1$) для пучка с $\sigma = 2$ мм распространяющегося в жидкости соответствует $v = 10^{-2}$ см/сек, а в воздухе — 10 см/сек. При большом запасе входной мощности тепловые явления будут наблюдаться вплоть до скоростей, соответствующих $\gamma = P_{\delta} / P_{кр}$.

Построенная картина тепловой дефокусировки и ветрового отклонения пучка соответствует экспериментальным наблюдениям [2, 3]. Некоторый отход от эллиптичности сечения пучка связан с проявлением аберраций. В дальнейшем представляет интерес рассмотреть эти явления в протяженных средах (с учетом накапливающегося действия дефокусировки и ветра), а также в случае нестационарных, турбулентных потоков. Здесь может возникнуть специфический эффект — ветровое дрожание светового пучка.

Авторы благодарны С.А.Ахманову и Р.В.Хохлову за полезные обсуждения.

Физический факультет
Московского государственного университета
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
18 июня 1970 г.

Литература

- [1] S.A.Akhmanov, D.P.Krindach, A.V.Migulin, A.P.Sukhorukov, R.V.Khokhlov. ИБЕЕ, QE-4, 568, 1968.
- [2] С.А.Ахманов, Д.П.Криндач, А.В.Мигулин, А.П.Сухоруков, Р.В.Хохлов. IV Всесоюзный симпозиум по нелинейной оптике, Киев, 1968 г. Аннотация докладов, Изд. МГУ, 1968 г. стр. 93.
- [3] D.C.Smith, F.G.Gebhardt. Appl. Phys. Lett., 16, 275, 1970.
- [4] А.П.Сухоруков. Тезисы доклада на сессии отделения общей и прикладной физики АН СССР, М., 1969 г. УФН, 101, 81, 1970.