

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Ю.И. Терентьев

## О ПОЯВЛЕНИИ СВЕТА ЗА НЕПРОЗРАЧНЫМ ЭКРАНОМ ПРИ ПАДЕНИИ СВЕТОВОГО ПУЧКА НА ГРАНИЦУ СТЕКЛА С ВОЗДУХОМ ПОД УГЛОМ ПОЛНОГО ВНУТРЕННЕГО ОТРАЖЕНИЯ ПЕРЕД ЭКРАНОМ

В работе рассматривается эффект проникновения света в условиях полного внутреннего отражения на границе оптического стекла с воздухом под предельным углом за непрозрачный экран, вклеенный в стекло заподлицо с отражающей поверхностью.

Согласно [1, 2] и экспериментам по образованию аномального светового пучка [3] в области границы раздела двух сред, в оптически менее плотных средах, в том числе и в воздухе, существует зона отклонения световых лучей. Распространяющиеся в ней лучи отклоняются в сторону более плотной среды. Установлено, что эффективность отклонения лучей в зоне падает от границы раздела к ее вершине и от краев преломляющей поверхности вдоль нее.

Реальность существования данной зоны подтверждается также новым эффектом проникновения света за непрозрачный экран в условиях полного внутреннего отражения.

Схема соответствующих экспериментов приведена на рис. 1. I и II — прямоугольные призмы из оптического стекла К8, находящиеся в оптическом контакте с помощью пихтового бальзама. На смежные грани  $AG$  призм напылены непрозрачные пленки  $A1$  ( $n_D = 1,44$ ). Поверхность  $BC$  полировалась после склейки призм. Длина граней  $AB$ ,  $AG$  равна 10 мм, толщина шва  $\approx 2$  мкм. На грань  $AC$  под предельным углом  $\varphi_1 = 41^\circ 10'$  для осевых лучей падает пучок зеленого света с длиной волны 0,53 мкм. Угловая полуширина пучка в воздухе  $\gamma_{\text{п}} = 1,4^\circ$ . Изображение  $S'$  щели  $S$  шириной 30 мкм совмещено с ребром  $A$ , когда ось пучка проходит через него (на рисунке оно приподнято над  $A$ ). Вертикальная ось  $S'$  параллельна  $A$ . Интенсивность света по ширине  $S'$  характеризуется распределением типа гауссовского. Ширина  $S'$  равна 32 мкм.

В случае перемещения сложной призмы по оси  $\mu$  в направлении сближения  $S'$  с ребром  $A$  из левой призмы через некоторое время появляется под углом  $\varphi_2 = \varphi_1$  усиливается, а затем исчезает световой пучок  $L$ . В соответствии с [3] он вызван переходом части лучей, падающих на грань  $AC$  под углами  $\varphi \geq \varphi_1$  в воздух, их отклонением дисперсионной зоной в скользящее положение на уровне шва, вблизи ее вершины, а затем — на грань  $AB$  с последующим преломлением в призму.

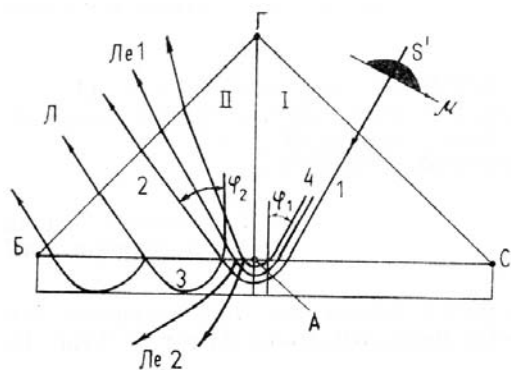


Рис. 1. Схема проникновения лучей за непрозрачный экран в условиях полного внутреннего отражения

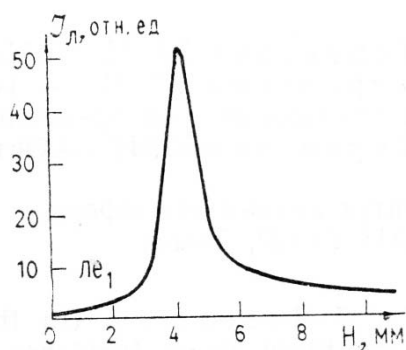


Рис. 2. График распределения интенсивности световых лучей, преломленных за непрозрачный экран, по ширине пучка

На рис. 2 показано распределение интенсивности света  $I_L$  в преломленном пучке по его ширине на расстоянии 144 мм от  $A$ , соответствующее переходу в скользящее положение на уровне шва наиболее интенсивных осевых лучей. Для снятия его на вход фотоумножителя устанавливалась щель шириной 0,5 мм.

В данных опытах наибольшие значения максимальной интенсивности  $I_{\text{оп}}$  и преломленного потока  $\Phi_{\text{л.мах}}$  соответственно в 15 и 5 раз меньше их значений в условиях распространения светового пучка вдоль грани  $AB$  одиночной призмы. Более сильное ослабление  $I_{\text{оп}}$  по сравнению с  $\Phi_{\text{л.мах}}$ , а также

довольно интенсивное и длинное правое крыло графика свидетельствуют об уменьшении количества преломляемых лучей начальным участком грани  $AB$  и его усилении на последующих участках.

Причины этого можно понять на основании следующих соображений. Увеличение эффективности отклонения лучей вдоль преломляющей поверхности в направлении ребер было обнаружено в экспериментах с одной призмой, когда справа от  $AG$  находится протяженная оптически менее плотная среда (воздух). В условиях одинаковой оптической плотности призм и шва и очень малой толщины слоя с меньшим значением показателя преломления ( $A_1$ ), по-видимому, происходит ослабление эффективности зоны в области ребра  $A$ , особенно вблизи ее вершины. В результате этого отклонение лучей, скользящих над ребром  $A$  поблизости от границы зоны, оказывается меньшим или равным отклонению лучей на ее последующих участках. По этой причине лучи  $1$  после отклонения зоной падают на грань  $AB$  более полого. Это приводит к уменьшению интенсивности лучей  $2$ , определяющих величину  $I_{\text{оп}}$ , и усилению отраженных лучей  $3$ . Последние уже не могут покинуть зону через ее вершину и в процессе движения по арочным траекториям постепенно переходят в преломленный пучок, вызывая его уширение, характеризуемое правым крылом графика.

Исходя из фактов существования дисперсионной зоны и ее усиления вблизи ребер, предельным углом является такой угол, при котором лучи падающего пучка становятся скользящими на вершине зоны вдали от ребра  $A$ . Лучи, падающие на грань  $AC$  вблизи него, будут переходить в скользящее положение у вершины зоны на уровне шва при углах падения, несколько меньших предельного. Данное обстоятельство, а также увеличение пропускательной способности грани с уменьшением угла падения должны усиливать  $L$ . Однако из-за слабого усиления зоны влияние указанных факторов в рассматриваемых экспериментах несущественно. Поэтому  $I_{\text{оп}}$  в 3,2 раза меньше ее значения в [3].

Лучи  $4$ , проникающие в воздух очень близко от ребра  $A$ , отклоняются в сильной части зоны с большим градиентом эффективности отклонения и падают на грань  $AB$  с значительными и различными углами наклона. Часть их преломляется, образуя рассеянный свет  $Le_1$ . Остальные лучи, распространяясь после отражения в слабой зоне, выходят из нее, образуя рассеянный свет  $Le_2$ .

В сравнении с [3] рассматриваемое преломление сопровождается сильной поляризацией света. При этом наибольшая интенсивность преломленных лучей с электрическим вектором в плоскости падения в 3,3 раза больше ее значения в пучке с электрическим вектором, перпендикулярным плоскости падения. Поляризация усиливается с увеличением ширины  $S'$  до некоторой величины.

При экране из алюминиевой фольги толщиной 20 мкм и соединении призм с экраном эпоксидной смолой  $I_{\text{оп}}$  уменьшается в 1,4 раза.

Подтверждая существование в воздухе над преломляющей поверхностью зоны отклонения световых лучей, рассмотренный эффект является дополнительным аргументом, указывающим на необходимость учета ее влияния при рассмотрении взаимодействия света с аэрозолем.

1. Терентьев Ю. И. — Известия вузов СССР. Физика, 1977, № 8, с. 49.

2. Терентьев Ю. И. — Тезисы докладов VII Всес. симпозиума по лазерному и акустическому зондированию атмосферы. Томск, 1982, ч. II, с. 103.

3. Терентьев Ю. И. — Оптика атмосферы, 1988, т. 1, № 1, с. 133.

Институт оптики атмосферы  
СО АН СССР, Томск

Поступило в редакцию  
2 октября 1987 г.

**Yu.I. Terent'ev. On the Light Appearance behind the Nontransparent Screen with the Light Beam Incidence to the Glass-Air Boundary at an Angle of Total Inner Reflection before the Screen.**

The paper considers the effect of light penetration behind the nontransparent screen glued to the glass under conditions of total inner reflection on the boundary of optical glass with the air at the critical angle.