

**А.В. Синявский**

### **ДИФFUЗНЫЙ ТРАССОВЫЙ ОТРАЖАТЕЛЬ**

Описан отражатель с диффузным рассеивателем в фокусе линзы. Приведены информационные характеристики атмосферного канала с отражателем описанного типа. Проведен анализ характеристик отражателя и возможных областей применения.

В задачах измерения оптических характеристик атмосферы, зондирования атмосферной турбулентности, в системах передачи и обработки данных применяются ретрорефлекторы различных типов [1, 2] (световозвращатели), такие, как уголковые, диффузно рассеивающие экраны, типа <кошкин глаз> и др. Свойства отражателей и целесообразность применения того или иного типа световозвращателя определяются характером задачи [2]. В данной статье описан отражатель линзового типа с диффузным рассеивателем в фокальной плоскости линзы.

Известно, что мгновенное распределение интенсивности излучения, отраженного в случайно-неоднородной среде на расстоянии  $L$  от места расположения приемно-передающей системы, определяется характеристиками среды распространения и отражателя, параметрами пучков и оптических систем [2 – 4]. В целях снижения влияния турбулентных неоднородностей на параметры принимаемого излучения и на информационные характеристики канала в целом используются различные модификации отражательных систем. Так, например, в [1, 4] предложен световозвращатель в виде линейки или набора малых уголковых отражателей.

В случае линзового отражателя размещение в фокусе линзы диффузного рассеивателя аналогично использованию диффузного источника частично когерентного излучения, при этом средние по сечению параметры пучка в приближении геометрической оптики определяются как параметры проекционно-осветительных систем [5].

Крупномасштабные неоднородности приводят к смещениям пучка в целом, к изменению положения диффузного источника в фокальной плоскости, а также к изменению размеров последнего за счет перефокусировки, обусловленной средним изгибом [2, 3] волнового фронта пучка.

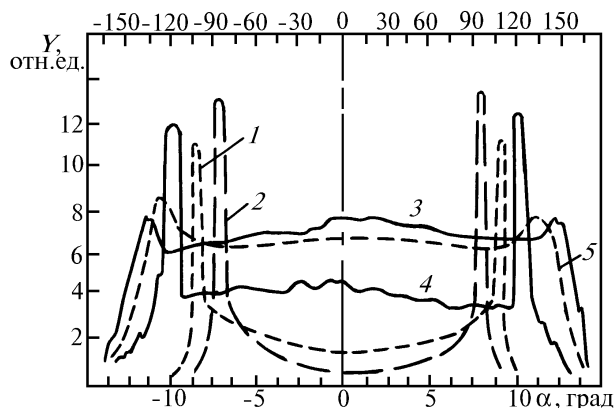


Рис. 1. Денситограммы поперечного распределения интенсивности отраженного излучения  $J(r, \alpha)$

Анализ распределения средней интенсивности на выходе сферического линзового отражателя типа <скотчлайт> (применяемого как световозвращатель на автодорогах) проведен в [6] с учетом диффузной составляющей. Результаты [6] сравниваются с параметрами диффузного линзового отражателя на рис. 1, где приведены денситограммы распределения интенсивности в поперечном сечении отраженного пучка  $J(r, \alpha)$  для коэффициента преломления  $n$ , равного 1,5 (кривая 1) и 1,53 (кривая 2) [6], и кривые (3, 4) распределения  $J(r, \alpha)$  диффузного линзового отражателя (длина волны излучения  $\lambda = 0,63$  мкм) с фокусным расстоянием  $f = 24$  см, диаметром линзы  $D = 12$  см при параметре перефокусировки  $M = l/f$ , где  $l$  – величина смещения рассеивателя от фокальной плоскости, 0,01 и 0,1 соответственно. Кривая 5 –  $J(r, \alpha)$  в случае выполнения диффузного источника в виде набора хаотически перемешанных многомодовых световодов, формирующих поле излучения как суперпозицию большого числа ( $\sim 10^4$ ) пространственных мод, аналогично <обобщенной линзе Микаэляна> [7];  $\alpha, 2r$  – соответственно угловые и пространственные координаты, отсчитываемые от точки пересечения главной оптической оси с поверхностью линзы.

Размер пятен спекл-картины в плоскости линзы

$$a_s \approx x / k a_0 \quad (1)$$

( $a_0$  – размер освещенной площадки рассеивателя;  $x$  – расстояние от рассеивателя до линзы, т. е. для умеренной турбулентности и больших  $N = 2fl/D$ ;  $x = f$ ;  $k$  – волновое число [2]) для размеров обычно применяемых отражателей ( $\sim 10$  см) составляет величину  $\sim 10^{-3}$  м, т.е. размер когерентных областей поля излучения, распространяющегося от отражателя к приемнику, лежит в области характерных размеров внутреннего масштаба турбулентности  $l_0$  и ниже [2, 3]. Размер пятен в плоскости приемно-передающей системы  $a_L$  равен примерно  $a_s$  [2, 3]. Таким образом, суммарное поле отраженного излучения состоит из когерентного и некогерентного компонентов с различными характерными пространственными размерами, вследствие чего взаимодействие с атмосферными неоднородностями для каждого из компонентов различно, что представляет интерес, например, при измерении смещения энергетических центров когерентного и диффузного компонентов в условиях крупномасштабных неоднородностей. В ряде работ [1, 3, 8 – 10] теоретически рассмотрены свойства систем с использованием пучков излучения с неполной пространственной когерентностью, поэтому диффузный отражатель представляет интерес как элемент оптических измерительных и информационных систем. Так как характерные размеры пятенной структуры в плоскости приема меньше размеров обычно применяемых апертур, то, учитывая зависимость флуктуаций тока фотоприемника и отношения сигнала к шуму (с/ш) от  $a_L/d$  [1, 2], можно ожидать изменения информационных характеристик канала с диффузным линзовым отражателем.

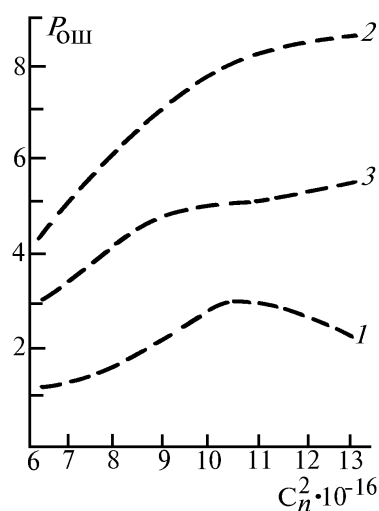


Рис. 2. Суммарная вероятность ошибки как функция  $P_{ош}(C_n^2)$

Описанный отражатель использован для определения информационных характеристик атмосферного канала с бинарной передачей сигнала [1]. Исследовалась сравнительная помехоустойчивость канала, т.е. суммарная вероятность ошибки  $P_{\text{ош}} = P_1 + P_0$ , где  $P_1$  – вероятность ложного приема  $\langle 1 \rangle$  и  $P_0$  – вероятность ложного приема  $\langle 0 \rangle$  при различных значениях параметра турбулентности  $C_n^2$ , измеряемого методом определения полуширины пятна излучения в фокальной плоскости объектива при прямом просвечивании атмосферы на  $\lambda = 0,63$  мкм [8]. Высота измерительной трассы  $h = 10$  м, длина трассы  $L = 950$  м. В качестве фотоприемников использовались фотодиоды ФД-7Г, расположенные в непосредственной близости от коллимированного выхода ( $d = 2,5$  см) излучения с  $\lambda = 0,53$  мкм лазера на АИГ: Nd с частотой посылок 25 Гц, длительность импульса 15 нс. Размер приемной площадки фотодиода равен 2,5 мм, поле зрения – примерно 1 рад. Все измерения проводились в утреннее и дневное время суток, в условиях значительного фона. Диффузный отражатель представлял собой линзу диаметром  $D = 60$  см с фокусным расстоянием  $f = 150$  см, в качестве рассеивателя использовалась керамическая шайба визуализатора.

На рис. 2 приведены зависимости  $P_{\text{ош}}$  от  $C_n^2$  (кривая 1) канала с диффузным отражателем,  $P_{\text{ош}}$  от  $C_n^2$  для отражателя с зеркалом в фокусе линзы (кривая 2) и  $P_{\text{ош}}$  от  $C_n^2$  (кривая 3) для нелинейного обращаемого волновой фронт (ОВФ) зеркала на вынужденном рассеянии Мандельштама – Бриллюэна (ВРМБ) при размещении кюветы с нелинейно-обращающей средой (нитробензол) в фокальной плоскости линзы отражателя [11]. Видно, что при значениях  $C_n^2(\text{max})$  (порядка  $10^{-15} \text{ см}^{-3/2}$ ) зависимость  $P_{\text{ош}}$  от  $C_n^2$  насыщается. При этом зависимость  $P_{\text{ош}}$  от силы турбулентности качественно повторяет ход дисперсии  $\sigma$  флуктуаций интенсивности излучения при увеличении силы турбулентности в условиях насыщенных флуктуаций амплитуды [2, 3].

1. Казарян Р.А., Оганесян А.В., Погосян К.П., Милютин Е.Р. Оптические системы передачи информации по атмосферному каналу. М.: Радио и связь, 1985. 208 с.
2. Воронцов М.А., Шмальгаузен В.И. Принципы адаптивной оптики. М.: Наука, 1985. 336 с.
3. Банах В.А., Миронов В.Л. Локационное распространение лазерного излучения в турбулентной атмосфере. Новосибирск: Наука, 1986. 174 с.
4. Burrett H.H., Jacobs S.F. // Opt. Lett. 1979. V. 4. N 1. P. 190.
5. Бегунов Б.Н. Геометрическая оптика. М.: Изд-во МГУ. 1966. 210 с.
6. Vedam K., Stoudt M.D. // Appl. Opt. 1986. V. 17. N 12. P. 1859–1869.
7. Микаэлян А.Л. Оптические методы в информатике. М.: Наука, 1990. 232 с.
8. Беленький М.С., Вороноев В.В., Гомбоев Н.Ц., Миронов В.Л. Оптическое зондирование атмосферной турбулентности. Новосибирск: Наука, 1986. 92 с.
9. Банах В.А., Чен Б.А. // 3 Всесоюз. конференция <Применение лазеров в технологии и системах передачи и обработки информации>. (Тезисы докл.) Ч. 4. Таллинн, 1987. С. 51–53.
10. Перина Я. Квантовая статистика линейных и нелинейных оптических явлений. М.: Мир, 1987. 368 с.
11. Габриэлян В.Л., Казарян Р.А., Рылов Г.Е., Синявский А.В. // 9 Всесоюз. симпозиум по лазерному и акустическому зондированию атмосферы. (Тезисы докл.) Ч. 1. Томск, 1987. С. 491–493.

НИИ оптико-физических измерений,  
г. Ереван

Поступила в редакцию  
21 апреля 1994 г.

A. V. Sinyavskii. **Diffuse Path Retroreflector.**

A retroreflector with diffuse scatterer in the lense focus as well as informational characteristics of the atmospheric channel including the retroreflector are described. The parameters and possibilities of the retroreflector application are analyzed.