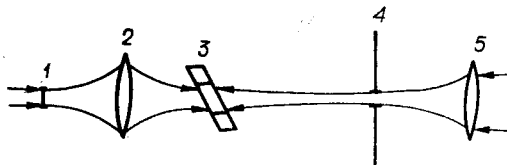


и набора нейтральных калиброванных светофильтров. Величина пространственного разрешения определялась визуально по различимости штрихов соответствующего элемента изображения стандартной миры. Оценка величины контраста усиленного по яркости изображения проводилась по измеренному отношению энергии усиленного сигнала к энергии спонтанного шума ОКУ в согласованном с сигналом угле. При этом ОКУ находился в условиях, близких к режиму насыщения усиления.

В результате эксперимента получена величина визуального разрешения не хуже 40 лин/мм, что превышает в 4 раза разрешение, достигнутое в поперечном варианте накачки квантового усилителя [1]. Величина однопроходного усиления (при плотности энергии накачки 1 Дж/см²) достигала значения ≈ 30 . При этом контраст изображения был не хуже 1:10.

Таким образом, хотя характеристики усилителя далеки от предельно достижимых, полученные результаты позволяют сравнить ОКУ яркости изображения с лучшими типами однокамерных электронно-оптических преобразователей [2]. Принципиальными достоинствами оптического квантового усилителя по сравнению с электронно-оптическими преобразователями являются отсутствие дисторсии, высокое пространственное разрешение по всему полю изображения, малое время послесвечения, высокое временное разрешение (~ 2 нс), возможность работы в высокочастотном импульсном режиме, что позволяет усиливать динамическое изображение, а также простота устройства и его малые размеры.



ЛИТЕРАТУРА

1. Штокман М. И. Спектроскопия рассеянного света в биологии и биофизике.— Автометрия, 1980, № 2.
2. Справочник по лазерам. М.: Сов. радио, 1978, т. 2.

Поступило в редакцию 22 ноября 1979 г.;
окончательный вариант — 10 июня 1980 г.

УДК 535.36

В. К. ПОЛЯНСКИЙ, А. Г. УШЕНКО
(Черновцы)

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ, ПРОШЕДШЕГО СКВОЗЬ РАССЕИВАЮЩИЙ СЛОЙ

Светорассеяние чаще всего рассматривают в одном из двух приближений: либо в ситуации однократного рассеяния [1, 2], либо в приближении глубинного режима [3]. Между этими предельными ситуациями лежит множество переходных, реальных, обладающих разнообразными поляризационными проявлениями [4, 5].

Обычно изучение светорассеяния сводят к нахождению индикатрис — плоских сечений поля. Более того, если исследуются светорассеивающие слои и поверхности, то плоскость рассеяния совмещается с плоскостями падения и отсчета поляризации. В результате возможна потеря информации о наличии асимметричности характеристик поля или некоторых его поляризационных составляющих относительно плоскости рассеяния.

Традиционные подходы и методы позволяют получить важную информацию как о процессах рассеяния света, так и о рассеивающих средах [6]. Однако получаемая в таких исследованиях информация не всегда является достаточно полной, как, например, в задачах нахождения характеристик «объектного» поля, связанных с вопросами структуры оптического изображения, с анализом голографических экспериментов, и в задачах обработки оптической информации. Цель настоящей работы — уточнить представления о структуре тела рассеяния (пространственной индикатрисы), подтвердить предположения о возможной асимметрии поляризационных характеристик, выявить условия проявления этой асимметрии.

Исследовались плоские образцы опаловых и молочных стекол. При планировании эксперимента исходные представления о механизмах рассеяния были взяты из [7]. Для различных исследованных образцов коэффициент рассеяния направленного пропу-

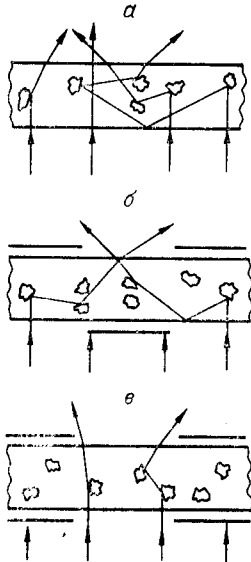


Рис. 1. Схема выделения (по преимуществу) компонент рассеянного излучения высокой или низкой кратности:

a — полный рассеянный поток; *b* — выделение компонент высокой кратности (система «диск — диафрагма»); *c* — выделение компонент низкой кратности (система «диафрагма — диафрагма»).

скания (отношение светового потока, прошедшего через образец и не претерпевшего рассеяния, к световому потоку, упавшему на него) составляет $\tau_r = 0,30$; $\tau_r = 0,15$; $\tau_r = 0,00$. Исследованы поляризационные особенности тела рассеяния в окрестности прямого направления при нормальном освещении образца. В этом расположении не привносятся эффекты, связанные с асимметрией геометрии расположения образца, и выделяются в «чистом виде» поляризационные проявления только механизмов рассеяния. Для оценки влияния кратности актов рассеяния на характеристики поля (при прочих равных условиях) использовал метод выделения (по преимуществу) составляющих высшей или более низкой кратности на том же образце. Идея такого выделения состоит в исключении коротких либо длинных оптических трасс посредством диафрагмирования [8] и иллюстрируется рис. 1. Эффективность способа проверялась измерением степени деполаризации Δ -излучения, прошедшего (в «прямом» направлении) через исследуемые образцы в различных условиях

освещения, если освещение проводилось линейно-поляризованным пучком света. Получены результаты (%):

$\tau_r = 0,30$:	$\Delta_1 = 38$;	$\Delta_1 = 56$;	$\Delta_1 = 23$;
$\tau_r = 0,15$:	$\Delta_2 = 52$;	$\Delta_2 = 77$;	$\Delta_2 = 34$;
$\tau_r = 0,00$:	$\Delta_3 = 100$;	$\Delta_3 = 100$;	$\Delta_3 = 100$.

Здесь Δ_i ($i = 1, 2, 3$) — степень деполаризации рассеянного света в экспериментальных ситуациях, показанных на рис. 1, *a* — *c* соответственно.

Оптическая схема эксперимента и способ отсчета углов представлены на рис. 2. Образцы освещались коллимированным линейно-поляризованным пучком света. Для монохроматизации освещающего пучка использовался интерференционный светофильтр $\lambda = 520 \pm 4$ нм. Измерения выполнялись при скрещенных поляризаторе и анализаторе. В одной серии азимуты поляризатора и анализатора установлены в 0 и 90°, в другой — +45 и -45°.

На рис. 3 показаны примеры полученных диаграмм (или изофот) тел яркости, снятых при положениях поляризатора и анализатора 0 и 90°; на рис. 4 — подобные результаты, но при установке поляризатора и анализатора в азимуты +45 и -45° соответственно. На входе диаграмм (левая колонка) символически показаны условия диафрагмирования; последовательные семейства изофот (слева направо) соответствуют образцам с убывающим коэффициентом направленного пропускания τ_r . Уровни равной яркости тел рассеяния даны в относительных единицах. Возраста-

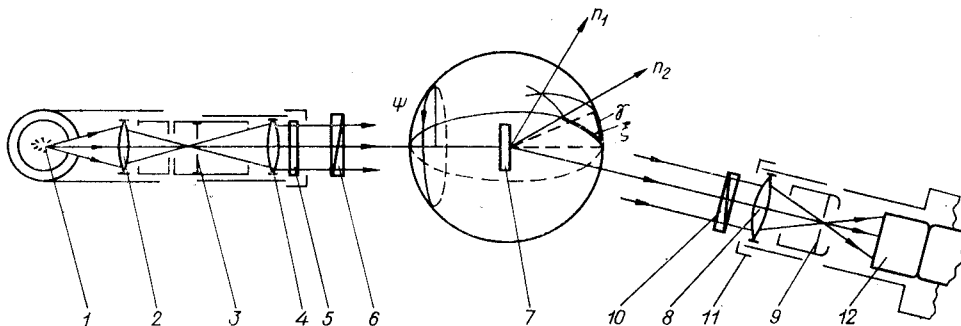


Рис. 2. Оптическая схема установки и способ отсчета углов:

1 — источник света, 2 — осветительная линза (конденсор), 3 — апертурная диафрагма коллиматора, 4 — объектив коллиматора, 5 — интерференционный светофильтр, 6 — поляризатор, 7 — исследуемый объект, 8 — объектив приемного устройства, 9 — апертурная диафрагма приемного устройства, 10 — анализатор, 11 — полевая диафрагма приемного устройства, 12 — фотоумножитель; Ψ — азимут поляризации освещающего пучка; γ и ξ меридиональный и сагиттальный углы поворота нормали образца; n_1 и n_2 — ориентации нормали образца, соответствующие поворотам γ , ξ .

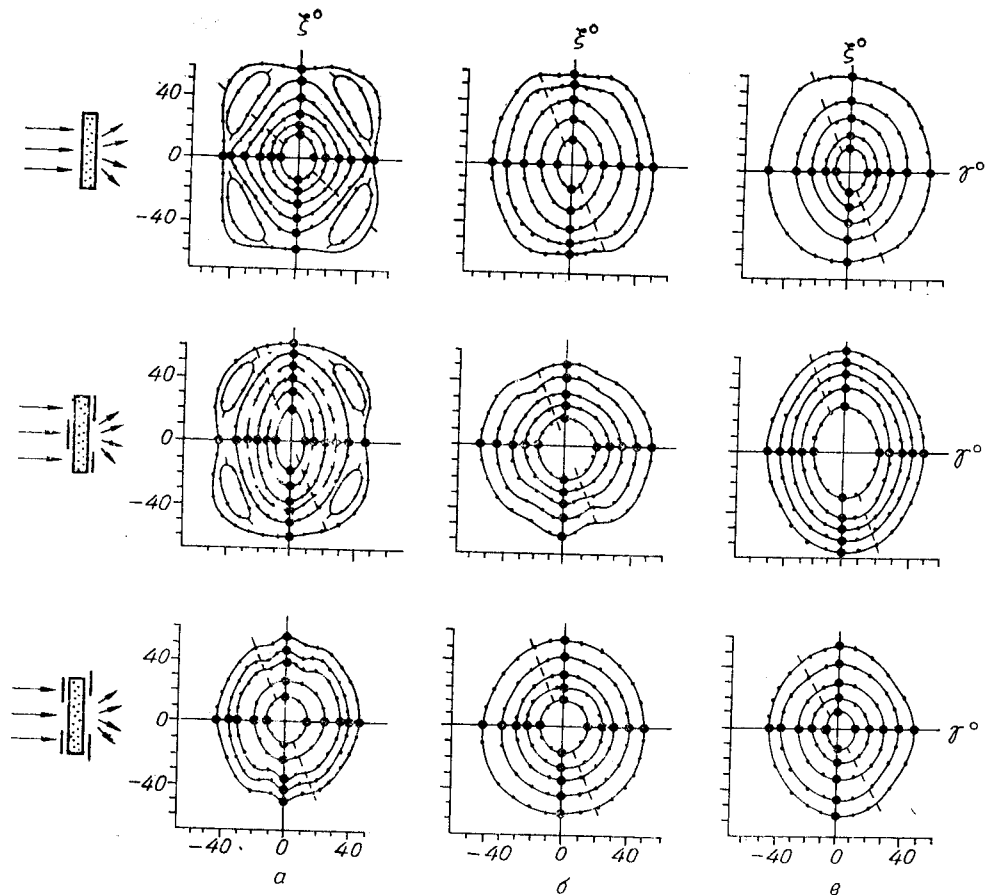


Рис. 3. Диаграммы тел рассеяния образцов с убывающим τ_r (слева направо):
 а — $\tau_r = 0,30$ — уровень яркости замкнутых изофот, каждая из которых полностью расположена в одном из четырех квадрантов, составляет 0,4 (см. рис. 1, а) и 2,7 (см. рис. 1, б); б — $\tau_r = 0,15$; в — $\tau_r = 0,00$. Азимуты поляризатора и анализатора: 0 и 90° .

ние (убывание) уровня яркости символически показано направлением штриха на изофоте. Нумерация кривых производится от изофоты, ближайшей к прямому направлению наблюдения ($\gamma = \xi = 0^\circ$), которая принимается за первую. Штриховыми линиями показаны некоторые промежуточные изофоты. Все кривые пронормированы по своему значению для прямого направления наблюдения. Значение приведенных уровней яркости дано в таблице. В нашем экспериментальном расположении и при выбранных условиях диафрагмирования (см. рис. 1, б, в) значения яркостей пространственных индикатрис увеличены в 60 и 35 раз соответственно.

Исследование тел рассеяния подтвердило, что поляризационная структура поля рассеянного излучения (пространственной индикатрисы) сильно зависит от вклада в рассеянный поток механизмов рассеяния различной кратности. Для образцов с меньшими τ_r поляризационные особенности выражаются менее ярко. Образец с $\tau_r = 0,00$ является эффективным деполаризатором света; структура пространственной индикатрисы практически не зависит ни от выбора поляризационных ситуаций эксперимента, ни от условий диафрагмирования. В этом случае кратность рассеяния столь высока, что диафрагмирование уже не влияет на реальную длину оптической трассы.

Выполненные исследования поляризационных характеристик различных классов светорассеивающих объектов (однородное и неоднородное шлифованное стекло) [9] позволяют считать, что поляризационные особенности поля рассеянного излучения наиболее сильно проявляются для углов рассеяния около 70° от прямого направления и в области углов рассеяния, близких к 180° , — обратное рассеяние. При этом в первом случае критичными являются элементы f_{33} и f_{44} ; во втором — актуально измерение деполаризирующего действия рассеивателя. Рассеяние в прямом направлении значительно менее содержательно в информативном отношении. Показанные примеры тел рассеяния свидетельствуют о том, что даже в наиболее простом геометрическом расположении (рассеяние в окрестности прямого направления) в

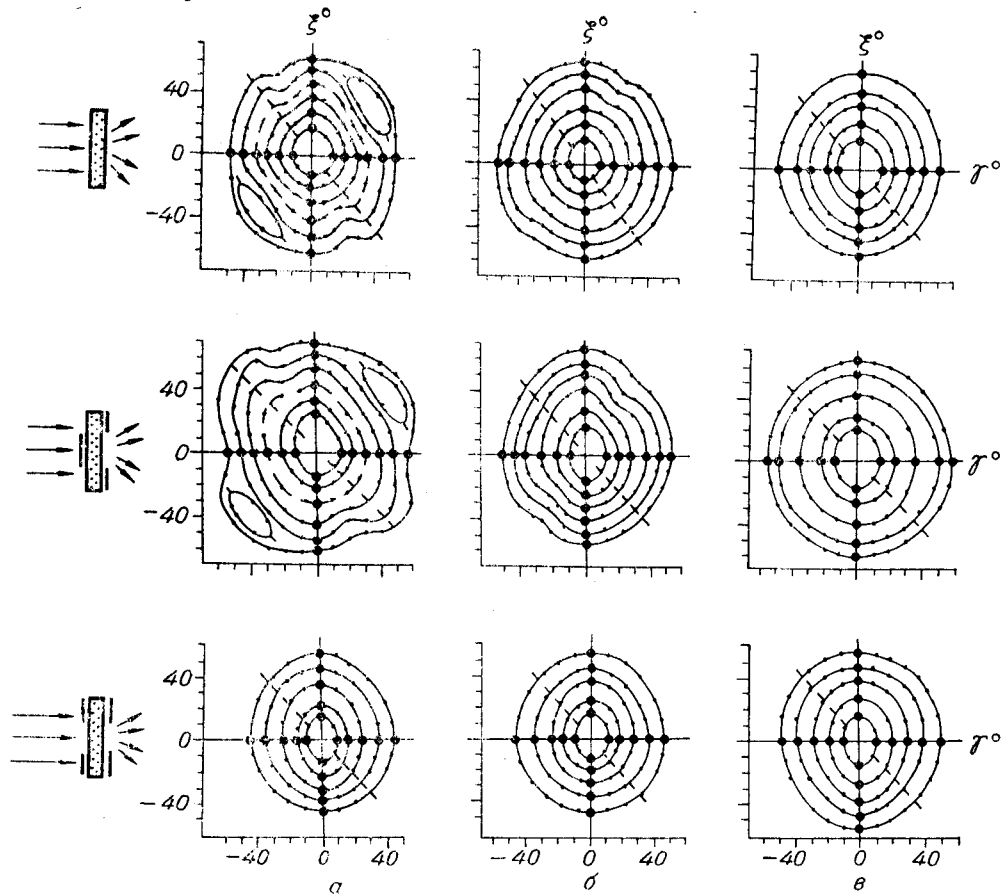


Рис. 4. Тела рассеяния образцов с убывающим τ_r (слева направо):
 $a - \tau_r = 0,30$ — уровень яркости изофот, полностью расположенных в первом и третьем квадрантах, составляет 0,4 (см. рис. 1, а) и 2,7 (см. рис. 1, б); $b - \tau_r = 0,15$; $в - \tau_r = 0,00$. Азимут поляризатора и анализатора: 45 и -45° .

τ_r	Ψ_p, Ψ_a	№ п/п	Значения приведенных уровней яркости для различных схем выделения компонент рассеянного излучения (см. рис. 1)			τ_r	Ψ_p, Ψ_a	№ п/п	Значения приведенных уровней яркости для различных схем выделения компонент рассеянного излучения (см. рис. 1)		
			а	б	в				а	б	в
0,30	0—90°	1	0,9	1,0	0,9	0,30	45, —45°	1	0,9	1,0	0,9
		2	0,7	1,5	0,7			2	0,7	1,5	0,7
		3	0,5	1,8	0,5			3	0,5	1,8	0,5
		4	0,7	2,1	0,3			4	0,4	2,1	0,3
		5	0,5	2,4	0,1			5	0,5	2,4	0,1
		6	0,3	2,45				6	0,3	2,45	
0,15	0—90°	1	0,9	1,0	0,9	0,15	45, —45°	1	0,9	1,0	0,9
		2	0,7	1,2	0,7			2	0,7	1,2	0,7
		3	0,5	1,35	0,5			3	0,5	1,35	0,5
		4	0,3	1,5	0,3			4	0,6	1,5	0,3
		5	0,5	1,6	0,1			5	0,5	1,6	0,1
		6	0,3	1,45				6	0,3	1,45	
0,00	0—90°	1	0,9	0,9	0,9	0,00	45, —45°	1	0,9	0,9	0,9
		2	0,7	0,7	0,7			2	0,7	0,7	0,7
		3	0,5	0,5	0,5			3	0,5	0,5	0,5
		4	0,3	0,3	0,3			4	0,3	0,3	0,3
		5	0,1	0,1	0,1			5	0,1	0,1	0,1

Примечание. Ψ_p и Ψ_a — азимуты поляризатора и анализатора.

поляризационных характеристиках, их асимметрии содержится важная информация о рассеивающей среде. Поляризационные особенности тел рассеяния наиболее сильно выражены для переходных рассеивающих слоев, в которых сравнительно невелика доля нерассеянного проходящего излучения, но не слишком высока кратность рассеяния. Выявленная асимметрия пространственных индикатрис свидетельствует о том, что внутри рассеивающего слоя существуют выраженные поляризационные особенности (структуры) поля рассеянного излучения. Описанный метод исследования эффективен для сред (слоев) переходного типа, в которых рассеяние уже не является однократным, но далеко не достигнуты предельные условия глубинного режима.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ван де Хюлет Г. Рассеяние света малыми частицами. М.: ИЛ, 1961.
2. Шифрин К. С. Рассеяние света в мутной среде. М.—Л.: Техн.-теорет. лит-ра, 1951.
3. Иванов А. П. Оптика рассеивающих сред. Минск: Наука и техника, 1969.
4. Полянский В. К., Ковальский Л. В. О прохождении излучения сквозь шероховатую поверхность.— *Опт. и спектр.*, 1973, т. 35, с. 345.
5. Полянский В. К., Ковальский Л. В. К вопросу о тонкой структуре поля рассеянного излучения.— *Опт. и спектр.*, 1971, т. 31, с. 784.
6. Шмелев А. Б. Рассеяние волн статистически неровными поверхностями.— *УФН*, 1972, т. 106, вып. 3, с. 459.
7. Полянский В. К., Рвачев В. П. О структуре внутренней составляющей светового потока, обусловленной рассеянием на включениях.— *Опт. и спектр.*, 1966, т. 21, с. 365.
8. Танащук М. П., Гильчук Л. П. Матрицы рассеяния шлифованных стекол.— *Опт. и спектр.*, 1978, т. 45, с. 718.

Поступило в редакцию 12 декабря 1979 г.

УДК 621.317.7 : 551.5

М. И. ДЕМЧУК, С. М. ДМИТРИЕВ, В. П. КУЗНЕЦОВ, К. П. УТОЧКИН
(Минск)

ЭКСПРЕСС-РЕГИСТРАТОР ФОРМЫ ЛАЗЕРНЫХ ЭХО-СИГНАЛОВ НА БАЗЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ МНОГОКАНАЛЬНЫХ АМПЛИТУДНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ

Используемая в настоящее время в практике лазерно-локационных исследований аппаратура, предназначенная для экспресс-регистрации формы эхо-сигналов, является недостаточно информативной вследствие прежде всего малого числа каналов и ограниченной емкости памяти*; увеличение же этих параметров делает аппаратуру громоздкой и, естественно, менее надежной. Кроме того, при разработке указанной аппаратуры для каждого конкретного эксперимента трудно использовать накопленный в приборостроении опыт, так как одни и те же базовые элементы систем приходится реализовывать в каждом случае по-разному.

В настоящей работе предлагается для экспресс-регистрации формы лазерных эхо-сигналов применять промышленные многоканальные амплитудные анализаторы (МАО) отечественного производства (АИ-256, АИ-1024 и др.), а также зарубежные анализаторы данного класса.

Блок-схема экспресс-регистратора формы эхо-сигналов приведена на рисунке.

Система функционирует в двух автономных режимах: регистрации аналогового сигнала (эхо-сигнала ближней зоны) и синхронного счета потока квантов (эхо-сигнала дальней зоны).

В первом режиме работы аналоговый сигнал с выхода фотоприемника поступает на вход аналогового запоминающего устройства (АЗУ), состоящего из N -ячеек — быстродействующих стробирующих ключей с расширителями. Импульс синхронизации, соответствующий в общем случае начальной фазе регистрируемого сигнала, запускает блок формирования временной шкалы анализатора (БФВШ), вырабатывающий длительность задержки начала регистрации исследуемого сигнала и сетку из N строб-импульсов; строб-импульсы поступают на вход управления АЗУ. На запо-

* Демчук М. И., Кузнецов В. П., Уточкин К. П. Измерительный комплекс для анализа статистических характеристик распространения оптических сигналов в атмосфере.— *ПТЭ*, 1978, № 5, с. 270.