

## КОМПЕНСАЦИЯ ФАЗОВЫХ ИСКАЖЕНИЙ ОВФ-ЗЕРКАЛОМ ПРИ НАЛИЧИИ АПЕРТУРНЫХ ПОТЕРЬ

И.Ю.Аникеев, А.А.Гордеев, И.Г.Зубарев, С.И.Михайлов

Экспериментально исследован характер искажений пространственного спектра обращенного излучения в дальней зоне при наличии апертурных потерь на ОВФ-зеркале.

1. Ограничения на качество ОВФ, связанные с потерей информации о волновом фронте обрабатываемого излучения, даже при идеальной работе самого ОВФ-зеркала, в литературе не рассматривались. А такая ситуация может иметь место, например, при компенсации турбулентности атмосферы, при работе со световолокном или при работе с сильно рассеивающими жидкими кристаллами и т.д. Экспериментальному исследованию влияния апертурных потерь на качество компенсации искажений при ОВФ и посвящена данная работа.

2. Экспериментально измерялось распределение отраженного от ОВФ-зеркала излучения в дальней зоне после повторного прохождения фазовой пластинки в зависимости от следующих параметров:  $K_{ап} = E_{ап} / E_{полн}$  — доли энергии излучения накачки, прошедшей через апертурную диафрагму 5 (рис.1);  $L \geq z_k = \lambda_n / \theta_n^2$ , где  $L$  — расстояние от фазовой пластинки до апертурной диафрагмы,  $z_k$  — длина продольной корреляции накачки и  $\theta_n$  — "серая" расходимость излучения накачки после прохождения излучения через фазовую пластинку;  $\theta_v \geq \theta_n$ , где  $\theta_v$  — угол видения засвеченной части фазовой пластинки из центра апертурной диафрагмы.

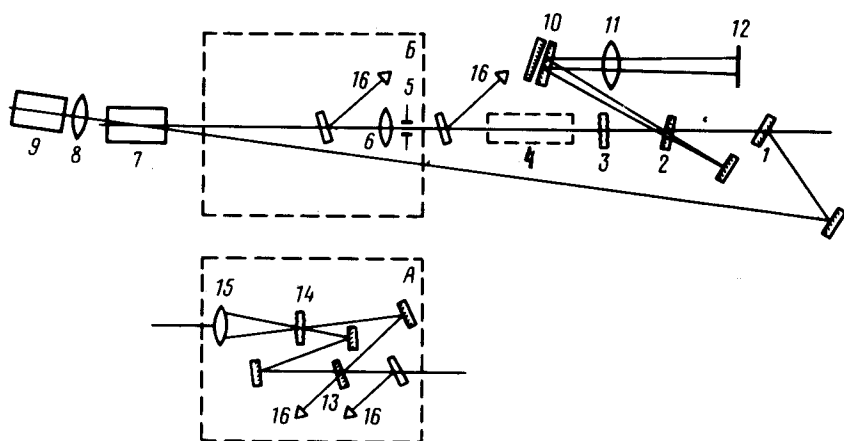


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. А — блок-схема тестирования ОВФ-зеркала. Б — блок-схема моделирования апертурных потерь. 1 — делительное зеркало,  $R = 20\%$ ; 2, 13 — делительные клинья,  $R = 50\%$ ; 3, 14 — фазовые пластинки; 4 — усилитель на  $YAG : Nd^{3+}$ ; 5 — апертурная диафрагма; 6, 8, 15 — линзы; 7 — смесительная кювета с  $CS_2$ ; 9 — генераторная кювета с  $CS_2$ ; 10 — автокалибровочный клин; 12 — фотопластинка; 16 — калориметры

В качестве источника накачки был использован  $YAG : Nd^{3+}$  — лазер с пассивной модуляцией добротности, а ОВФ-зеркало было собрано по схеме беспорогового отражения на бриллюэновской нелинейности<sup>1</sup>. Первоначально с использованием интерферометрической методики<sup>2</sup> совместно с регистрацией диаграмм направленности была исследована зависимость качества ОВФ от пространственных и энергетических характеристик излучения (рис. 1а). При этом "серая" расходимость сигнальной волны варьировалась при помощи фазовых пластинок от  $\theta_n \sim 3 \cdot 10^{-4}$  рад до  $2 \cdot 10^{-2}$  рад, а углы пересечения сигнальных волн с опорны-

ми составляли величину  $\sim 10^{-1}$  рад. Энергия сигнальных волн изменялась в пределах от  $\sim 5$  мДж до  $\sim 60$  мДж, а опорной волны накачки составляла  $\sim 15$  мДж. В качестве активной среды был использован сероуглерод, причем смесительная кювета имела длину 5 см, а генераторная для опорной стоксовой волны — 15 см. Длительность импульсов накачки составляла  $\sim 40$  нс при ширине спектра  $\Delta \nu_{\text{н}} \sim 10^{-3}$  см $^{-1}$ .

Обработка результатов калориметрических измерений видности интерференционной картины <sup>3</sup> и диаграмм направленности накачки и стоксова излучения показала, что для данной схемы ОВФ-зеркала доля обращенной волны в отраженном излучении слабо зависит от энергии и "серой" расходимости сигнальных волн и составляет величину  $\geq 0,9$  в указанном выше диапазоне изменения параметров накачки. Отметим, что для увеличения динамического диапазона ОВФ-зеркала нами был применен дополнительный усилитель излучения, который не вносил существенных искажений в пространственную структуру световых полей, что специально проверялось.

В окончательном виде блок-схема эксперимента представлена на рис. 1б. Величина апертурных потерь варьировалась при помощи изменения размеров апертурной диафрагмы 5, а соотношение между корреляционной длиной  $z_{\text{к}}$  и расстоянием  $L$  от фазовой пластинки до апертурной диафрагмы — путем установки различных фазовых пластинок. Дальняя зона излучения накачки и отраженного стоксова сигнала регистрировалась при помощи автокалибровочной методики.

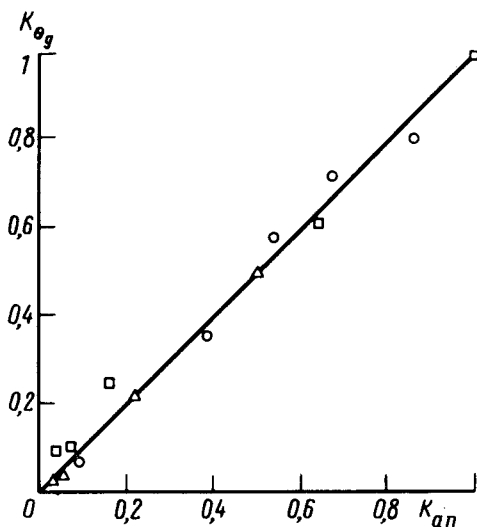


Рис. 2. Зависимость  $K_{\theta g}$  от  $K_{\text{ап}}$ : ○ —  $z_{\text{к}} \gg L$ ; □ —  $z_{\text{к}} \sim L$ ; △ —  $z_{\text{к}} \ll L$

3. На рис. 2 представлена доля энергии отраженного излучения после обратного прохождения фазовой пластинки, приходящаяся на угол  $\theta = 5 \cdot 10^{-4}$  рад, нормированная на ту же величину, измеренную для излучения накачки  $K_{\theta g} = [\Delta E_{\text{отр}}(\theta = 5 \cdot 10^{-4} \text{ рад}) / E_{\text{отр}}(\text{полн})] / [\Delta E_{\text{н}}(\theta = 5 \cdot 10^{-4} \text{ рад}) / E_{\text{н}}(\text{полн})]$  в зависимости от измеренного калориметрами значения величины  $K_{\text{ап}}$  для различных соотношений между  $z_{\text{к}}$  и  $L$ . Хорошо видно, что данная зависимость носит линейный характер и доля энергии отраженного излучения в дальней зоне, идущая в дифракционный угол накачки, определяется только значением  $K_{\text{ап}}$ .

На рис. 3 представлены типичные диаграммы направленности стоксова излучения после обратного прохождения фазовой пластинки при различных соотношениях между  $z_{\text{к}}$  и  $L$ . При  $z_{\text{к}} \geq L$  и  $K_{\text{ап}} = 1$  имеет место полная компенсация искажений, вносимых фазовой пластинкой — рис. 3а. При  $z_{\text{к}} \ll L$ ,  $\theta_{\text{н}} > \theta_{\text{в}}$  и  $K_{\text{ап}} < 1$  диаграмма направленности стоксова излучения состоит из узкого ядра, совпадающего по параметрам с накачкой, и широких крыльев (рис. 3б). При выполнении  $z_{\text{к}} \sim L$ ,  $K_{\text{ап}} < 1$  или  $z_{\text{к}} \ll L$ ,  $\theta_{\text{н}} < \theta_{\text{в}}$ ,  $K_{\text{ап}} < 1$  наблюдается

похожая картина, однако происходит уширение керна (рис.3в); и, наконец, при  $z_k > L$  (здесь всегда  $\theta_n < \theta_v$ ),  $K_{ап} < 1$  происходит уширение керна, а крылья в диаграмме направленности отраженного излучения отсутствуют (рис. 3з).

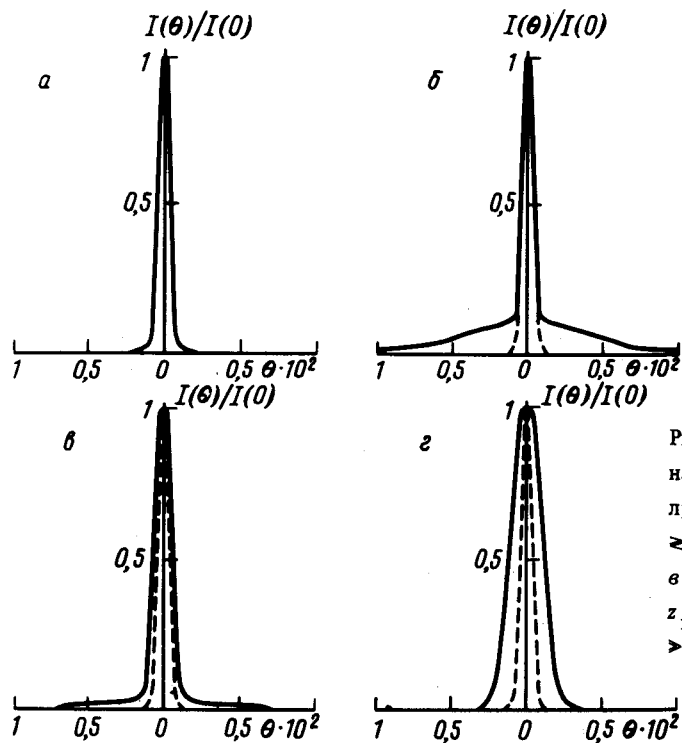


Рис. 3. Диаграммы направленности накачки (---) и отраженного излучения (—): а -  $K_{ап} = 1, z_k \geq L$ ; б -  $K_{ап} \sim 0, 1, z_k < L, \theta_n > \theta_v$ ; в -  $K_{ап} \sim 0, 1, z_k \sim L$  или  $K_{ап} \sim 0, 1, z_k < L, \theta_n < \theta_v$ ; з -  $K_{ап} \sim 0, 1, z_k > L$ .

4. Как показал эксперимент, исследованные выше четыре случая соотношений между параметрами отвечают всем возможным, физически различным структурам отраженного излучения в дальней зоне.

Отсюда можно сделать следующие выводы. Потеря информации о размере засвеченной части фазовой пластинки ( $\theta_n < \theta_v, K_{ап} < 1$ ) приводит к уширению керна отраженного назад излучения. Потеря же информации о размере пятна сигнального излучения в плоскости приемной апертуры ОВФ-зеркала, т.е. потеря информации о фазовых соотношениях между далеко отстоящими компонентами пространственного спектра излучения (на величину  $\theta > \theta_v$ ), при  $\theta_n > \theta_v$  и  $z_k \ll L$  приводит к появлению широких крыльев ( $\sim \theta_n$ ) в угловом распределении отраженного излучения. Эти выводы позволяют делать априорные количественные и качественные оценки конкретных ситуаций.

В заключение авторы хотели бы поблагодарить И.М.Бельдюгина за плодотворные дискуссии.

#### Литература

1. Басов Н.Г., Зубарев И.Г., Котлов А.В., Михайлов С.И., Смирнов М.Г. Квантовая электроника, 1979, 6, 394; Басов Н.Г., Ефимков В.Ф., Зубарев И.Г., Котов А.В., Михайлов С.И. Квантовая электроника, 1981, 8, 2191.
2. Аникеев И.Ю., Глазков Д.А., Гордеев А.А., Зубарев И.Г., Миронов А.Б., Михайлов С.И. Квантовая электроника, 1987, 14, 777.
3. Басов Н.Г., Зубарев И.Г., Миронов А.Б., Михайлов С.И., Окулов А.Ю. ЖЭТФ, 1980, 79, 1678.