

ограничилась  $10^4$  световыми импульсами, при этом мощность генерации падала в два раза. Столь быстрое уменьшение генерации может быть связано с вырабатыванием  $F_2$  в разряде, уходом атомарного фтора на стенки камеры и контура, а также с образованием в разряде продуктов, сильно поглощающих в области 250 нм. Этот вопрос требует дальнейших исследований. Мощность генерации для  $XeCl$  падает в два раза за  $2,2 \cdot 10^5$  световых импульсов.

Таким образом, создан электроразрядный импульсно-периодический эксимерный лазер с энергией генерации в отдельном импульсе 0,2 Дж с замкнутым циклом прокачки рабочего газа и средней мощностью 20 Вт на  $KrF$  и 7 Вт на  $XeCl$  при частоте повторения 100 Гц. Увеличение скорости прокачки газовой смеси может существенно поднять частоту следования импульсов и, следовательно, среднюю мощность.

1. J. H. Clark. *Appl. Phys. Letts*, 32, 46 (1978).
2. T. S. Fahlen. *J. Appl. Phys.*, 49, 455 (1978).
3. *Laser Focus*. 14, № 1, 28 (1978).
4. В. Ю. Баранов, В. М. Борисов, Ф. И. Высикайло, С. Г. Мамонов, Ю. Ю. Степанов. *Квантовая электроника*, 7, № 5 (1980).
5. В. Ю. Баранов, В. М. Борисов, Ф. И. Высикайло, Ю. Б. Кирюхин, И. В. Кочетов, С. Г. Мамонов, В. Г. Певгов, В. Д. Письменный, Ю. Ю. Степанов, О. Б. Христофоров. Исследование характеристик разряда и генерации эксимерных лазеров. Препринт ИАЭ, М., 1979, с. 12.
6. В. Ю. Баранов, В. В. Бреев, Д. Д. Малюта, В. Г. Низьев. *Квантовая электроника*, 4, 1861 (1977).

Институт атомной энергии  
им. И. В. Курчатова, Москва

Поступило в редакцию  
24 августа 1979 г.

V. Yu. Baranov, G. S. Baranov, V. M. Borisov, Yu. B. Kiryukhin, S. G. Mamonov. **A Repetitively Pulsed Excimer Laser.**

Development is reported of a repetitively pulsed electric-discharge excimer  $KrF$  laser with the average power of 20 W, repetition rate of 100 p. p. s. and a closed cycle of the gas mixture flow. The efficiency of the device is 0.5 %.

«Квантовая электроника», 7, № 4 (1980)

УДК 621.373.826

В. В. Ивахник, В. М. Петникова, В. С. Соломатин, М. А. Харченко, В. В. Шувалов

## ОДНОПРОХОДНЫЕ СИСТЕМЫ КОМПЕНСАЦИИ ФАЗОВЫХ ИСКАЖЕНИЙ

Предложена и экспериментально реализована однопроходная схема компенсации фазовых искажений, возникающих при распространении сигнального излучения через тонкую оптически неоднородную среду. Метод восстановления волнового фронта, аналогичный широко используемому в динамической голографии, основан на одновременном фазовом искажении сигнального излучения и одной из плоских волн накачки. Обсуждаются достоинства и недостатки предлагаемых систем компенсации.

Системы нелинейной адаптивной оптики на основе вырожденных четырехчастотных параметрических взаимодействий типа  $\omega + \omega - \omega \rightarrow \omega$  позволяют в целом ряде случаев компенсировать фазовые искажения, вносимые в полезный сигнал оптически неоднородной средой [1]. При этом процесс восстановления волнового фронта заключается в его «обращении во времени» с последующим пропусканием через ту же неоднородную среду. За счет автоматического выполнения условий фазового синхронизма

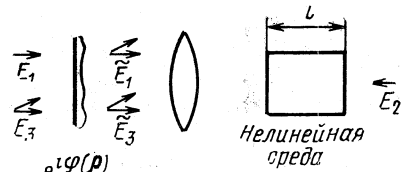


Рис. 1. Принципиальная схема однопроводной системы компенсации

такие устройства отличаются чрезвычайно высокой разрешающей способностью, которая и определяет предельно допустимый размер неоднородностей [2].

Однако область применения таких систем существенно ограничивается тем, что они по своей сути являются двухпроходными. Кроме того, если в неоднородной среде наблюдаются эффекты самовоздействия, реализуемая в преобразователе операция комплексного сопряжения не приведет к вос-

становлению волнового фронта после вторичного прохождения обращенного сигнала через искажающую среду. В настоящей работе предлагается один из методов, который, по-видимому, может устранить указанные недостатки.

Идея метода основана на аналогии принципа таких схем компенсации с хорошо известными принципами динамической голографии [3]. Основа метода — замена двухпроходной схемы восстановления однопроводной. Для этого, как и прежде, используется вырожденное четырехчастотное параметрическое взаимодействие, но одна из плоских волн накачки  $E_1$  и сигнал  $E_3(\rho)$  проходят через тонкую искажающую среду (рис. 1). Выходящие из неоднородной среды волны будут иметь комплексные амплитуды

$$\tilde{E}_1(\rho) = E_1 e^{i\Phi(\rho)}, \quad \tilde{E}_3(\rho) = E_3(\rho) e^{i\Phi(\rho)},$$

где  $\rho$  — радиус-вектор в полярной системе координат. Вторая волна накачки  $E_2$  остается плоской. Если расстояние от искажающей среды до нелинейного преобразователя и его длина сравнительно невелики, можно пренебречь дифракционным распылением волн  $\tilde{E}_1(\rho)$  и  $\tilde{E}_3(\rho)$  на этих расстояниях.

В результате вырожденного четырехчастотного взаимодействия в нелинейной среде будет наводиться поляризация  $P_3 \sim \tilde{E}_1(\rho) E_2 \tilde{E}_3^*(\rho) \sim \tilde{E}_3^*(\rho)$  и генерироваться восстановленная волна  $E_4(\rho) \sim \tilde{E}_3^*(\rho)$ . Аналогичный метод компенсации фазовых искажений при однократном прохождении через искажающую среду как сигнальной, так и опорной волн достаточно широко используется в динамической голографии [4]. Основное отличие предлагаемой схемы компенсации состоит в том, что здесь процесс записи голограммы происходит на практически безынерционной кубичной нелинейной поляризуемости вещества. Тем самым можно произвести процесс записи и воспроизведения голограммы при существенно большей частоте полезной амплитудной и фазовой модуляции сигнального излучения. Кроме того, оказывается возможным улучшить контраст восстановленного изображения, поскольку в описанной схеме кроме пространственной допускается поляризационная и в общем случае спектральная фильтрация излучения накачки.

Следует отметить, что в отличие от двухпроходных схем введенное здесь ограничение на толщину неоднородной среды является принципиальным. В толстой искажающей среде фазовые искажения в результате дифракции будут переходить в амплитудные, которые уже не могут быть скомпенсированы предлагаемым методом. Кроме того, при компенсации фазовых искажений с помощью однопроводной схемы разрешающая способность преобразователя оказывается несколько хуже, чем в двухпроходном случае. Это связано с уширением функции разброса преобразователя за счет расходимости волны накачки  $\tilde{E}_1(\rho)$  [2]. Минимальный размер восстанавливаемых в этом случае неоднородностей  $\rho_n \lesssim \sqrt{\lambda l}$ , где  $l$  — длина взаимодействия в преобразователе частоты.

Практически для создания волн  $E_1$  и  $E_3(\rho)$  можно использовать одну плоскую волну круговой поляризации, освещающую объект. При этом часть поля, рассеянная объектом, будет играть роль сигнала  $E_3$ , а нерассеянная — накачки  $E_1$ . Схема экспериментальной установки для этого случая показана на рис. 2. Излучение лазера на алюмо-иттриевом гранате 7, работающего в режиме генерации основной поперечной моды, стеклянной пластинкой делится на два пучка примерно одинаковой мощности. Линейная поляризация одного пучка с помощью четвертьволновой пластинки преобразовывалась в круговую. Волна с одной из линейных составляющих этой поляризации использовалась в качестве накачки, волна с другой составляющей являлась сигналом.

Формирование в нелинейной среде плоской волны второй накачки осуществлялось оптической системой, состоящей из зеркал 1, 2 и линзы 3. В качестве фазоискажающей среды использовались либо стеклянная пластинка с нанесенным на нее слоем стекло-

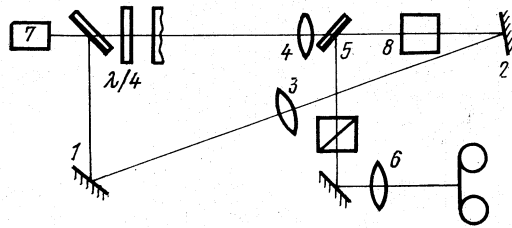


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

Рис. 3. Фотографии распределения интенсивности поля задающего генератора (а) и поля генерируемой в нелинейной среде волны (б) в фокальной плоскости объектива 6



массы, ухудшающая расходимость пучков более чем на порядок, либо пластинка из СаАs толщиной 5 мм, в которой наблюдались эффекты самовоздействия ( $R_{\text{нл}}=45$  см). Уменьшенное в два раза изображение выходной грани фазоискажающей пластинки строилось линзой 4 внутри кюветы с нитробензолом 8 длиной 2 см. Генерируемое в нелинейной среде излучение, выделенное с помощью стеклянной пластинки 5 и поляроида, регистрировалось в фокальной плоскости линзы 6 на фотопленку. Фотометрирование полученного изображения позволило определить расходимость регистрируемого пучка.

Особенностью использованной установки являлась полная (за исключением поляризации) идентичность пучков накачки и сигнала, что приводило к увеличению эффективности преобразования в четыре раза. На рис. 3 приведены фотографии исходного сигнала (накачки) и генерируемого сигнала. Расходимость восстановленной волны составила  $7 \cdot 10^{-4}$  рад при расходимости исходного излучения  $5,5 \cdot 10^{-4}$  рад. Некоторое увеличение расходимости генерируемой волны связано с полной идентичностью амплитудных профилей одной из накачек и сигнала, что должно увеличить расходимость отраженной волны в 1,4 раза. Разрешающая способность системы компенсации была около 250 мкм.

Использованный в работе метод может получить дальнейшее обобщение на более широкий класс задач. Легко убедиться, что практически любая модуляция хотя бы одной из волн накачки (амплитудная, фазовая, временная) позволяет управляемо изменить операцию комплексного сопряжения волнового фронта, которая в целом ряде систем адаптивной оптики не является оптимальной.

1. A. Yariv. *IEEE J. QE-14*, 650 (1978).
2. Э. С. Воронин, В. В. Ивахник, В. М. Петникова, В. С. Соломатин, В. В. Шувалов. *Квантовая электроника*, 6, 2009, 1979.
3. Б. И. Степанов, Е. В. Ивакин, А. С. Рубанов. *ДАН СССР*, 196, 567 (1971).
4. Е. В. Ивакин, И. П. Петрович, А. С. Рубанов. — В кн.: *Оптические методы обработки информации*. — Минск: Наука и техника, 1978, с. 124.

Московский государственный  
университет им. М. В. Ломоносова

Поступило в редакцию  
7 сентября 1979 г.

V. V. Ivakhnik, V. M. Petnikova, V. S. Solomatin,  
M. A. Kharchenko, V. V. Shuvalov. *Single-Pass Systems of Compensation for Phase Distortions*.

A single-pass scheme is suggested and implemented experimentally of compensation for phase distortions which arise under propagation of a signal radiation through a thin optically inhomogeneous medium. A wavefront reconstruction method similar to the one widely used in dynamic holography is based on the simultaneous phase distortion of the signal radiation and one of pump plane waves. Advantages and drawbacks are discussed of suggested compensation systems.

«Квантовая электроника», 7, № 4 (1980)

УДК 621.378.3

И. Я. Ицхоки, С. Л. Серегин

## ИНИЦИИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ОПТИЧЕСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Экспериментально и теоретически исследованы энергетические характеристики однорезонаторного параметрического генератора света (ОПГС) с инжекцией оптического излучения в резонатор. Несмотря на отсутствие согласования спектрального состава инициирующего излучения с модами резонатора ОПГС, наблюдалось увеличение эффективности преобразования. Инжекция оптического излучения в резонатор ОПГС приводит к существенному выигрышу в эффективности преобразования накачки в перестраиваемое излучение и может быть использована для расширения диапазона перестройки.

В настоящее время параметрический генератор света (ПГС) является одним из наиболее перспективных источников перестраиваемого излучения в диапазоне 1—4 мкм. Достижение высоких эффективностей преобразования энергии накачки в энергию перестраиваемого излучения в импульсных ПГС непосредственно связано с уменьше-