

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ КОРРЕКЦИИ МОЩНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Мощные твердотельные лазеры широко используются в промышленности, в задачах сварки (пайки), резки (разделения), лазерного удаления материалов (например, сверления), закалки (отжига) и других.

Каждое из направлений налагает специфические требования на характеристики лазерного излучения. Так, при резке металлов ключевым параметром является возможность наиболее острой фокусировки пучка, а при закалке – возможность равномерного распределения энергии по сечению для достижения однородности получаемой поверхностной структуры.

Однако большинство коммерческих устройств такого типа формируют излучение относительно низкого качества. Расходимость пучка обычно в десятки раз выше дифракционной. Кроме того, в зависимости от внешних условий (например, температурного режима) и по мере старения оборудования характер искажений меняется.

Описанный круг проблем предлагается решать методами адаптивной оптики (АО), в рамках которой (в широком смысле) занимаются созданием оптических систем, параметры которых корректируются в реальном масштабе времени, адаптируясь к изменениям условий работы с целью улучшения характеристик всей системы, оптимизации ее поведения.

Технологические приложения определяют повышенные требования в основном к пространственным параметрам пучка – поперечным амплитудному и фазовому распределениям интенсивности. Однако дифракционные расчеты [1] показывают, что для систем с узконаправленным излучением наиболее важными оказываются не амплитудные, а фазовые соотношения. Поэтому задача адаптивной коррекции обычно сводится к устранению искажений волнового фронта (ВФ).

Схема типичной [2] АО системы приведена на рис. 1. Низкокачественный аберрированный пучок, сформированный лазером, направляется на деформируемое зеркало и, отражаясь от него, попадает на выход. Управляющие воздействия рассчитываются компьютером на основе данных, поступающих с датчика ВФ. Они прикладываются к зеркалу через его блок управления. Таким образом, в системе реализуется контур отрицательной обратной связи, что позволяет реагировать на фактическое состояние пучка в данный момент времени.

Поскольку искажения, очевидно, имеют нестационарный характер, процедуру коррекции необходимо выполнять циклически. Чем чаще происходит эта операция, тем более высокочастотные флуктуации фазы удается подавить.

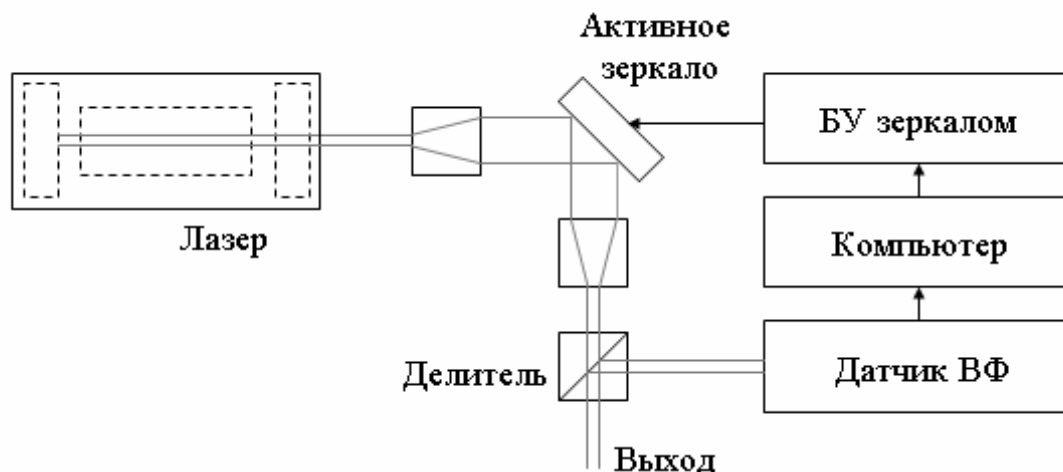


Рис. 1. Схема адаптивной системы с деформируемым зеркалом

Исследование системы производится путем программного моделирования на стандартном компьютере. В качестве исходных величин модель принимает данные о расположении и характеристиках своих элементов, а также о присутствии в начальном ВФ искажений разного типа. Результатом моделирования является преобразованный ВФ, испытавший заданное количество циклов коррекции. Сравнивая исходный и исправленный фазовые профили можно делать выводы об эффективности работы адаптивной системы. В качестве примера на рис. 2 показана эволюция астигматического пучка.

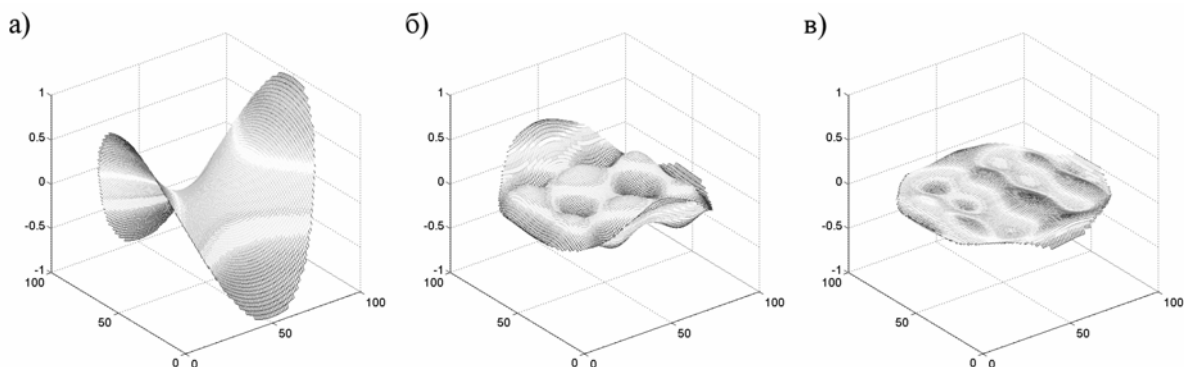


Рис. 2. Демонстрация работы адаптивной системы. а) исходный ВФ; б) ВФ после одного цикла коррекции; в) ВФ после трех циклов коррекции. В дифракционном угле содержится 0.24, 0.53 и 0.97 часть общей мощности, соответственно

Таким образом, в работе исследованы вопросы применения адаптивных оптических систем для улучшения характеристик мощных твердотельных лазеров. Для этих целей разработана программа, позволяющая моделировать преобразование света при отражении от гибкого зеркала. Тем самым открыта возможность для дальнейшего изучения подобных систем, отладки алгоритмов управления и улучшения качества их работы.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Дмитриев В.Г. Нелинейная оптика и обращение волнового фронта – М.: Физматлит, 2003. – 256 с.
2. Воронцов М.А., Шмальгаузен В.И. Принципы адаптивной оптики – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. – 336 с.