

УДК 621.373.826

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДОЛГОВРЕМЕННУЮ
СТАБИЛЬНОСТЬ ПАРАМЕТРОВ МОЩНОГО 1047 НМ Nd:YLF ЛАЗЕРА С
ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ**

Макаров А.М. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – кандидат физ.-мат. наук Викторов Е.А.
(Университет ИТМО)

Разработан мощный 1047 нм Nd:YLF лазер с диодной накачкой, генерирующий 3 нс импульсы с энергией не менее 2 Дж на частоте 50 Гц. Лазер основан на схеме «задающий генератор (регенеративный усилитель) – усилитель мощности». Проведено исследование долговременной стабильности параметров лазерного излучения, и определены факторы, влияющие на долговременную стабильность параметров. Полученные результаты позволяют в перспективе использовать лазер в составе системы мультиволновой диагностики плазмы методом томсоновского рассеяния в режиме реального времени.

Введение. К настоящему времени наносекундные твердотельные лазеры нашли широкое применение в промышленности, удаленном зондировании, спектроскопии и медицине. На рынке широко представлены 1064 нм Nd:YAG лазеры джоулевого уровня энергии, частотой повторения импульсов до сотен Гц и высоким качеством излучения. Тем не менее, отдельные взятые применения, например, диагностика плазмы методом томсоновского рассеяния, требуют использование излучения на длине волны 1047 нм, что определяет выбор кристалла Nd:YLF в качестве усилительной среды.

Как правило, помимо требований к собственно параметрам излучения, к мощным лазерным системам предъявляют также требования по обеспечению долговременной стабильности параметров. Зачастую ресурс мощных твердотельных лазеров должен составлять не менее 10^8 - 10^9 импульсов. Такие требования к ресурсу могут быть связаны с тем, что лазерная система используется как составная часть более сложного исследовательского комплекса, и доступ к ее частому обслуживанию или ремонту может быть затруднен.

Применительно к мощным твердотельным лазерам требования большого ресурса лазера осложняется высокой лучевой нагрузкой на оптические элементы, необходимостью обеспечения высокой стабильности системы накачки, а также необходимостью применения систем диагностики и стабилизации параметров системы.

Авторы сообщают о разработке мощного 1047 нм Nd:YLF лазера с диодной накачкой, обеспечивающего генерацию 3 нс импульсов с энергией 2 Дж на частоте 50 Гц. Проведенные исследования показали высокую стабильность параметров лазера при наработке, превышающей 10^8 импульсов, а также позволили определить основные факторы, влияющие на долговременную стабильность параметров и ресурс мощных твердотельных лазеров.

Основная часть. Лазер основан на схеме «задающий генератор – усилитель мощности». Задающий генератор представляет собой регенеративный усилитель с кольцевым резонатором, в который впрыскивается излучение одночастотного маломощного DFB-лазера. Усилитель лазера является двухкаскадным, двухпроходным. Используются два усилительных каскада с диодной накачкой с цилиндрическими активными элементами Nd:YLF размером $\varnothing 12 \times 140$ мм и $\varnothing 10 \times 140$ мм, соответственно. Длина волны излучения 1047 нм обеспечивается использованием активных элементов с π -ориентацией ($E \parallel c$). Второй проход усилителя обеспечивается использованием ОВФ-зеркала, которое также обеспечивает коррекцию искажений волнового фронта излучения после первого прохода усилителя.

Для проведения испытаний по исследованию долговременной стабильности была собрана оптическая схема, позволяющая одновременно регистрировать и записывать статистику основных параметров лазерного излучения: энергии импульсов, длительность импульсов,

распределение интенсивности в ближнем поле. После испытаний исследовалось состояние отдельных элементов и узлов лазера.

В ходе наработки 10^8 импульсов падение выходной энергии лазера составило $\sim 7\%$ с 2 Дж до $\sim 1,85$ Дж. При этом не было обнаружено заметного изменения качества излучения (равномерности распределения интенсивности в ближнем поле), а также изменения формы и длительности выходного импульса. Также важным показателем явилось то, что, несмотря на падение энергии лазера, значение среднеквадратичного отклонения энергии импульсов не изменилось и составляло $\sim 1\%$.

Проведенные после длительной наработки испытания отдельных узлов лазера показали, что основной причиной уменьшения энергии послужило падение усиления в квантронах усилителя, связанное с постепенным уменьшением мощности лазерных диодных матриц накачки. Были проведены дополнительные измерения мощности и спектра диодных матриц накачки при дополнительных 10^8 импульсов наработки, и выявлены факторы, влияющие на падение мощности лазерных диодных матриц.

Стоит отдельно отметить, что при длительной наработке энергия, стабильность энергии, а также форма и длительность импульса задающего генератора не изменились. Это особенно важно, поскольку именно задающий генератор во многом определяет стабильность энергетических, временных и спектральных характеристик мощных лазеров. Проведенный осмотр лазера не выявил повреждений или дефектов в объеме и покрытиях оптических элементов.

Выводы. Были проведены исследования долговременной стабильности параметров излучения разработанного ранее мощного 1047 нм Nd:YLF лазера. В ходе исследований лазеру была дана наработка, превышающая 10^8 импульсов. В ходе наработки было обнаружено падение выходной энергии лазера. Дальнейшие исследования показали, что основным фактором, повлиявшим на уменьшение энергии лазера стало падение мощности лазерных диодных матриц. Стоит отметить, что несмотря на уменьшение энергии лазера, качество излучения, форма и длительность импульса не изменились. Также стоит отметить высокую стабильность параметров задающего генератора лазера, что подтверждает правильность технических решений, выбранных при разработке и конструировании.

Макаров А.М. (автор)

Викторов Е.А. (научный руководитель)