

УДК 621.373.826

РАЗРАБОТКА 2 ДЖ 50 ГЦ 1047 НМ Nd:YLF ЛАЗЕРА С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПЛАЗМЫ МЕТОДОМ ТОМСОНОВСКОГО РАССЕЯНИЯ

Макаров А.М. (Университет ИТМО)

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

Разработан 1047 нм Nd:YLF лазер с диодной накачкой, генерирующий импульсы с энергией не менее 2 Дж, длительностью 3 нс на частоте повторения импульсов 50 Гц. Использование в усилителе ОВФ-зеркала и методов коррекции астигматизма усиленного излучения позволило получить высокое качество выходного излучения лазера. Полученные параметры излучения позволяют использовать лазер для измерения электронной температуры плазмы методом томсоновского рассеяния.

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, отдельно 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. Одним из преимуществ кристалла Nd:YLF является его природное двулучепреломление, устраняющее термически наведенные деполаризационные потери. При использовании диодной накачки существенным преимуществом кристалла Nd:YLF является большое время жизни верхнего уровня (480 мкс), что позволяет использовать большую длительность накачки и получать большую запасенную в кристалле энергию по сравнению с кристаллом Nd:YAG (240 мкс). Тем не менее, при разработке мощных усилителей на кристаллах Nd:YLF необходимо учитывать значительную анизотропию кристалла Nd:YLF, приводящую к сильному астигматизму термически наведенной линзы. Для получения высокого качества выходного излучения требуется использовать методы компенсации астигматизма усиленного излучения.

Авторы сообщают о разработке усилителя 1047 нм Nd:YLF лазера с диодной накачкой, отличительными особенностями которого являются энергия в импульсе 2 Дж, короткая длительность импульса 3 нс на частоте повторения импульсов 50 Гц, а также высокое качество выходного излучения лазера.

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. За 45 обходов резонатора излучение DFB-лазера с энергией $\sim 10^{-12}$ Дж усиливается в более чем 10^9 раз до значения 4 мДж.

Излучение задающего генератора, пройдя формирующую оптическую систему, попадает на вход усилителя. Формирующая система используется для согласования апертур задающего генератора и усилителя. Входная энергия усилителя составляет ~ 1 мДж.

Усилитель лазера является двухкаскадным, двухпроходовым. Используются два усилительных каскада с диодной накачкой с цилиндрическими активными элементами Nd:YLF размером $\text{Ø}12 \times 140$ мм и $\text{Ø}10 \times 140$ мм, соответственно. Торцы активных элементов параллельные и закошены под углом 3° . Концентрация ионов Nd^{3+} в активных элементах составляет 0,6 ат.%. Длина волны излучения 1047 нм обеспечивается использованием активных элементов с π -ориентацией ($E \parallel c$). Для компенсации астигматизма усиленного излучения и повышения качества обращения волнового фронта ОВФ-зеркалом оси активных элементов были развернуты относительно друг друга на 90° , а между ними установлена полуволновая пластина.

Вакуумированный ретранслятор, размещенный между активными элементами, используется для пространственной фильтрации пучка, согласования апертур активных элементов, а также для переноса изображения из центра одного активного элемента в центр второго активного элемента.

Второй проход усилителя обеспечивается использованием ОВФ-зеркала, которое также обеспечивает коррекцию искажений волнового фронта излучения после первого прохода усилителя. Коэффициент отражения ОВФ-зеркала составлял $>95\%$ при падающей на зеркало энергии ~ 100 мДж. Вывод излучения после второго прохода усилителя обеспечивался 45° вращателем Фарадея и поляризатором.

Выводы. Разработанный 1047 нм Nd:YLF лазер с диодной накачкой генерирует импульсы с энергией 2 Дж и длительностью 3 нс на частоте повторения импульсов 50 Гц. Проведенные испытания лазера показали, что 24-часовая нестабильность энергии лазера составляет 0,9% (СКО). Распределение интенсивности излучения в ближнем поле близко к П-образному. Расходимость излучения в дальней зоне по уровню 0,5 энергии составляет $1,2 \times DL$.

Макаров А.М. (автор)

Викторов Е.А. (научный руководитель)