

УДК 621.37

ЛАМПОВЫЙ 2 ДЖ 10 ГЦ 1047 НМ Nd:YLF ЛАЗЕР С КАЧЕСТВОМ ПУЧКА БЛИЗКИМ К ДИФФРАКЦИОННОМУ

Макаров А.М. (Университет ИТМО)

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

Разработан ламповый твердотельный Nd:YLF лазер с длиной волны излучения 1047 нм с качеством пучка близким к диффракционному. Лазер основан на схеме «Задающий генератор – Усилитель мощности». Получено значение энергии в импульсе на выходе лазера 2 Дж при длительности импульса 3 нс на частоте следования импульсов 10 Гц. Высокое качество выходного излучения лазера во многом обеспечено использованием ОВФ-зеркала и коррекцией астигматизма в усилителе.

Введение

Твердотельные лазеры с модуляцией добротности с джоулевым уровнем энергии в импульсе и высоким качеством излучения, работающие на частоте следования импульсов в десятки Гц, нашли широкое применение во многих областях науки – от рамановской спектроскопии до удаленного зондирования. В настоящее время на рынке широко представлены Nd:YAG лазеры с указанными выше параметрами, работающие на длине волны 1064 нм. Тем не менее, отдельно взятые применения, например, диагностика плазмы методом томсоновского рассеяния, требуют использование длины 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, а также высокое 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. Сильная анизотропия кристалла Nd:YLF, однако, приводит к сильному астигматизму термически наведенной линзы, что заметно осложняет получение высокого качества выходного излучения.

Авторы сообщают о разработке лампового 1047 нм Nd:YLF лазера, отличительными особенностями которого являются короткая длительность импульса 3 нс и низкая расходимость излучения.

Основная часть

Разработанный лазер основан на схеме «Задающий генератор – Усилитель мощности». Задающий генератор (ЗГ) представляет собой одномодовый (TEM₀₀) ламповый лазер с линейным резонатором с модуляцией добротности. Длительность импульса ЗГ составляет 5,5 нс и выбрана с учетом укорачивания импульса ОВФ-зеркалом в усилителе. Энергия в импульсе ЗГ – 4,5 мДж на частоте 10 Гц. Доля энергии ЗГ, попадающая в усилитель, составляет 30%. Входная энергия усилителя составляет ~0,2 мДж после ослабления 7-кратным нейтральным фильтром.

Двухпроходовой усилитель лазера основан на двух ламповых усилительных каскадах, в которых используются цилиндрические активные элементы Nd:YLF размером Ø12×140 мм и Ø10×140 мм, соответственно. Торцы активных элементов параллельные и закошены под углом 3°. Концентрация ионов Nd³⁺ в активных элементах составляет 0,6 ат.%. Длина волны излучения 1047 нм обеспечивается использованием активных элементов с π-ориентацией (E || c). Накачка активного элемента Nd:YLF обеспечивается одной лампой. Лампа накачки и активный элемент размещены в цилиндрическом моноблоке с диффузным отражающим покрытием, которое обеспечивает высокую эффективность и хорошую равномерность распределения излучения накачки по поперечному сечению активного элемента.

Для согласования апертур активных элементов между ними размещена положительная линза с фокусным расстоянием 500 мм. Для компенсации астигматизма усиленного излучения и повышения качества обращения волнового фронта ОВФ-зеркалом использовалась заклоненная положительная линза с фокусным расстоянием 300 мм. Использование ОВФ-зеркала обеспечивало второй проход усилителя, а также значительную коррекцию искажений волнового фронта излучения после первого прохода усилителя. Вывод излучения после второго прохода усилителя обеспечивался 45° вращателем Фарадея и поляризатором.

Выводы.

Энергия накачки активных элементов составила 75 Дж на каждый элемент, что обеспечило усиление $G=11$ в активном элементе $\varnothing 12$ мм и $G=25$ в активном элементе $\varnothing 10$ мм. Полученные значения усиления соответствуют запасенной энергии в активных элементах 2,1 Дж и 1,9 Дж, соответственно. Энергия в импульсе на выходе лазера составила 2 Дж при длительности импульса 3 нс на частоте следования импульсов 10 Гц. Дальнейшее повышение частоты импульсов при ламповой накачке ограничено тепловым сопротивлением активных элементов Nd:YLF.

Использование ОВФ-зеркала обеспечило значительную коррекцию искажений волнового фронта в усилителе и высокое качество выходного излучения лазера. Распределение интенсивности излучения в ближнем поле близко к П-образному. Расходимость излучения в дальней зоне по уровню 0,5 энергии составило $1,1 \times DL$.

Авторы впервые сообщают о разработке лампового 1047 нм Nd:YLF лазера с энергией в импульсе 2 Дж на частоте следования импульсов 10 Гц и качеством пучка близким к дифракционному. Данный набор характеристик лазерного излучения подходит для применения лазера в таких системах как диагностика плазмы методом томсоновского рассеяния.

Макаров А.М. (автор)

Викторов Е.А. (научный руководитель)