

О.М. Вохник, В.А. Спажакин, И.В. Терентьева

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДОТЕЛЬНОГО ЛАЗЕРА С ВРМБ-ЗЕРКАЛОМ

Проведено экспериментальное исследование лазера на кристалле ИСГГ: $\text{Cr}^{3+}, \text{Nd}^{3+}$ с поляризационно-замкнутым резонатором и ВРМБ-зеркалом, включаемым собственным затравочным излучением лазера. Измерена энергия выходных импульсов и определен коэффициент отражения возбуждающегося ВРМБ-зеркала в зависимости от начального инкремента усиления вынужденного рассеяния в нелинейной среде. Получена нелинейная зависимость эффективности ВРМБ-зеркала от степени превышения порога возбуждения ВРМБ.

Возможность существенного увеличения энергосъема и компенсации внутррезонаторных фазовых искажений в твердотельном лазере с ОВФ-зеркалом на основе вынужденного рассеяния Мандельштама–Бриллюэна (ВРМБ) делает их исследования весьма актуальными [1, 2]. Особенно перспективны подобные схемы для лазеров, использующих новые активные среды на основе скандиевых гранатов, соактивированных ионами $\text{Cr}^{3+}, \text{Nd}^{3+}$. Свойственные этим кристаллам наряду с хорошими энергетическими характеристиками значительные термооптические искажения приводят к увеличению расходимости и заметной пространственной неоднородности излучения [3]. Ранее сообщалось [4] о возбуждении ВРМБ-зеркала излучением лазера на ИСГГ: $\text{Cr}^{3+}, \text{Nd}^{3+}$ и влиянии, оказываемом этим зеркалом, на динамику генерации лазера. Продолжением этих исследований является настоящая статья, посвященная экспериментальному изучению энергетических характеристик твердотельного лазера на основе кристалла ИСГГ: $\text{Cr}^{3+}, \text{Nd}^{3+}$ с ВРМБ-зеркалом.

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Активный элемент 3 (кристалл ИСГГ: $\text{Cr}^{3+}, \text{Nd}^{3+}$ размером $5,3 \times 75$ мм) помещался в поляризационно-замкнутый резонатор с двухлучевым выводом излучения [3]. Использование поляризационно-замкнутого резонатора позволяло устранять деполаризацию выходного излучения, обусловленную значительным термодвулучепреломлением в ИСГГ: $\text{Cr}^{3+}, \text{Nd}^{3+}$, без снижения энергетической эффективности лазера и получать линейно-поляризованное выходное излучение.

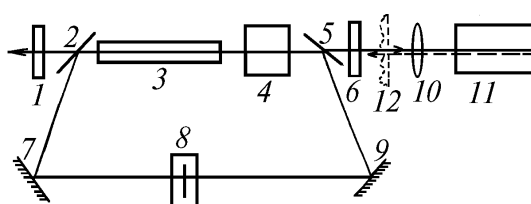


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Излучение исходного лазера возбуждалось как в виде одномодового гауссова пучка, так и в многомодовом режиме. В первом случае выходными зеркалами резонатора служили ненапыленные поверхности клиновидных стеклянных подложек 1 и 6 с коэффициентом отражения 4%, во втором – плоскопараллельные подложки с коэффициентом отражения 15%. Поляризаторы 2, 5 и глухие зеркала 7, 9 образовывали кольцевую часть резонатора, вращатель плоскости поляризации 4, являющийся необходимым элементом поляризационно-замкнутого резонатора, служил для перемешивания в активном элементе излучения различной поляризации. Модуляция добротности резонатора осуществлялась с помощью пассивного затвора 8 с начальным пропусканием $\sim 0,3$.

ВРМБ-зеркало располагалось вблизи одного из выходов резонатора. Оно представляло собой кювету 11 с тетрахлоридом олова и линзу 10, фокусирующую излучение в нелинейную

среду. Горизонтальной штриховой линией на рисунке указано направление распространения рассеянного излучения.

При генерации в исходном резонаторе в отсутствие ВРМБ-зеркала параметры излучения, выходящего через зеркала *1* и *б*, были одинаковы. Выходное излучение было линейно поляризовано в горизонтальной плоскости. Частота повторения импульсов составляла 5 Гц.

В многомодовом режиме энергия затравочного импульса составляла 20 мДж при длительности 40 нс, расходимость пучка была 2,5 мрад, что при диаметре 5 мм превышает дифракционный предел примерно на порядок. Обратное ВРМБ, возбуждавшееся в кювете этими импульсами, оказывало заметное влияние на характеристики излучения, выходящего через зеркало *1*. Средняя и пиковая мощности увеличивались в 2,5 раза при сохранении расходимости и поперечного сечения пучка. Энергия импульса составляла 50 мДж при незначительном уменьшении длительности и появлении неглубокой временной модуляции с периодом, соответствующим времени обхода светом резонатора. Коэффициент отражения возникающего ВРМБ-зеркала, определявшийся путем сравнения измеренного и расчетного значений энергосъема в активной среде [2], составлял 25%.

Значительно большее влияние на выходную мощность оказывало возбуждение ВРМБ-зеркала одномодовым затравочным излучением. Энергия исходного пучка в этом случае составляла 5 мДж, длительность 35 нс, расходимость 0,8 мрад, что близко к дифракционному пределу. Диаметр пучка на линзе составлял 1,2 мм. При подключении ВРМБ-зеркала наблюдался значительный, в 10–12 раз, рост пиковой мощности выходных импульсов, энергия импульса достигала 60 мДж, коэффициент отражения ВРМБ-зеркала – 60%. Расходимость и диаметр пучка практически не изменялись, распределение излучения в поперечном сечении оставалось близким к одномодовому. Временная форма импульса претерпевала такие же изменения, как и при многомодовой накачке.

Существенное различие коэффициента отражения ВРМБ-зеркала в многомодовом и одномодовом режимах обусловлено различием начального инкремента усиления ВРМБ G_0 , создаваемого в нелинейной среде затравочным излучением. Величина G_0 определялась, как обычно, соотношением $G_0 = b I_0 l$, где b – удельный коэффициент усиления ВРМБ в среде; I_0 – интенсивность затравочного лазерного излучения; l – длина нелинейной среды. Для многомодового и одномодового пучков значения G_0 составляли соответственно 20 и 35. С целью измерения относительного роста выходной энергии и коэффициента отражения ВРМБ-зеркала при других значениях G_0 между подложкой *б* и линзой *10* помещались различные фазовые пластинки *12* (на рисунке указаны штриховой линией), вносящие в одномодовый пучок дополнительную расходимость. При этом за счет изменения интенсивности пучка I_0 и длины фокальной перетяжки варьировалось значение G_0 . В то же время степень обратной связи между лазером и ВРМБ-зеркалом не изменялась, поскольку возвращающееся из кюветы рассеянное излучение имеет обращенный волновой фронт и фазовые искажения, вносимые пластинкой, компенсируются.

Измерения показали, что при $G_0 = 14$ и 23, энергия выходных импульсов составляла соответственно 12 и 33 мДж. Поперечная структура выходного пучка оставалась при этом одномодовой, что контролировалось фотографированием поперечного сечения в дальней зоне.

На рис. 2 представлена зависимость коэффициента отражения R возбуждающегося ВРМБ-зеркала от начального инкремента усиления G_0 , создаваемого в ВРМБ-среде затравочным пучком. Хорошо видно, что с увеличением G_0 зависимость R от G_0 становится нелинейной. Это связано с ростом превышения начального инкремента G_0 над пороговым значением G_r . Как известно пороговое значение G_r , соответствующее экспериментально детектируемому уровню рассеянного излучения, лежит в пределах 20–25. Поэтому значения G_0 , равные 20, 23, практически оказываются пороговыми, и эффективность возбуждающегося ВРМБ-зеркала невысока: коэффициент отражения R не превышает 30%. Возбуждение рассеяния при $G_0 = 14$, что несколько ниже пороговой величины G_r , обусловлено близостью активной среды лазера, в которой наблюдается значительное усиление стоксовой волны. В этом случае первоначально очень слабое, лежащее ниже порога регистрации рассеянное излучение при возвращении в активную лазерную среду усиливается, и ВРМБ-зеркало все-таки возбуждается, хотя его эффективность

достаточно низка: $R \sim 15\%$. При значительном превышении порога ($G_0 = 35$) ВРМБ-зеркало обеспечивает высокий $\sim 60\%$ коэффициент отражения. Поскольку в литературе весьма слабо отражены результаты подобных измерений [1], представленные экспериментальные данные могут помочь в создании расчетных методов, описывающих влияние ВРМБ-зеркала на динамику генерации и энергетические характеристики возбуждающего лазера.

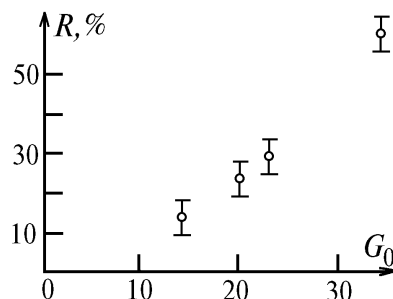


Рис. 2. Экспериментальная зависимость коэффициента отражения ВРМБ-зеркала от начального инкремента усиления ВРМБ

В заключение отметим, что важным результатом выполненных исследований является экспериментально установленная возможность компенсации фазовых искажений, возникающих не только в активном элементе, но и на оптическом пути между резонатором лазера и ВРМБ-зеркалом.

1. Бельдюгин И. М., Зельдович Б. Я., Золотарев М. В., Шкунов В. В. // Квантовая электроника. 1985. Т. 12. Вып. 12. С. 2394–2421.
2. Пашинин П. П., Шкловский Е. И. // Квантовая электроника. 1988. Т. 15. Вып. 9. С. 1905–1908.
3. Michailov V. A., Prochorov A. M., Shcherbakov I. A. // Laser Physics. 1991. V. 1. P. 590–614.
4. Васильев А. Б., Вохник О. М., Корниенко Л. С., и др. // Оптика и спектроскопия. 1993. Т. 75. Вып. 4. С. 877–880.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступила в редакцию
20 июля 1994 г.

O. M. Vokhnik, V. A. Spazhakin, I. V. Terent'eva. **Experimental Investigation of Energy Characteristics of Solid-State Laser with SBS-Mirror.**

The YSGG:Cr³⁺, Nd³⁺ laser with polarization-closed cavity and SBS-mirror switched by original seeding radiation has been studied experimentally. The output energy and the SBS-mirror reflectivity were measured depending on the initial SBS-gain parameter. The nonlinear increase of the SBS-mirror efficiency with the SBS-threshold exceeding was found.