

УДК 621.373.826

ЛАЗЕР НА КРИСТАЛЛЕ Fe:ZnSe, ВЫРАЩЕННОМ ИЗ ПАРОВОЙ ФАЗЫ

А. А. Воронов¹, В. И. Козловский, Ю. В. Коростелин, А. И. Ландман,
Ю. П. Подмарьков, М. П. Фролов

Лазерный монокристалл Fe:ZnSe был выращен из паровой фазы методом свободного роста с использованием химического транспорта в водороде. При накачке излучением Er:YAG-лазера с длиной волны 2.9364 мкм в кристалле Fe:ZnSe при температуре жидкого азота была получена генерация в спектральной области 4 мкм. Выходная энергия лазера достигала 25 мДж при дифференциальном КПД 18% по поглощенной энергии.

Перестраиваемые лазеры спектрального диапазона 2 – 5 мкм представляют большой интерес для решения широкого круга спектроскопических задач, поскольку в данной области лежат сильные линии поглощения многих молекул, обусловленные обертонами и составными колебаниями. Перспективными лазерными средами для указанного диапазона спектра являются кристаллы на основе халькогенидов (ZnS, ZnSe и др.), легированные ионами переходных металлов (Cr, Ni, Fe и др.) [1]. Наиболее длинноволновым в этом ряду является кристалл Fe:ZnSe, в котором была реализована лазерная генерация в спектральной области 3.98 – 4.54 мкм [2]. Используя кристалл, выращенный методом Бриджмена, авторы [2] получили максимальную выходную энергию 12 мкДж и дифференциальный КПД по поглощенной энергии 8.2%.

Более высокое структурное совершенство и оптическая однородность достигается в кристаллах, выращенных из паровой фазы. Благодаря этому лазерные кристаллы, выращенные таким способом с одновременным легированием, обладают малыми внутренними потерями [3, 4].

¹Московский физико-технический институт.

В настоящей работе исследуются лазерные характеристики кристалла $Fe:ZnSe$, выращенного из паровой фазы и легированного непосредственно в процессе роста. Технология выращивания близка к технологии, разработанной для выращивания монокристаллов твердых растворов соединений A_2B_6 [5]. Монокристалл $Fe:ZnSe$ был выращен из паровой фазы методом свободного роста на монокристаллическую затравку с использованием химического транспорта в водороде. Рост проводился из отдельных источников, содержащих поликристаллические соединения $ZnSe$ и $FeSe$. Из выращенного образца был вырезан лазерный элемент сечением $10 \times 10 \text{ мм}^2$ и длиной 10 мм .

Схема установки представлена на рис. 1. Лазерный элемент был установлен на холодопроводе внутри криостата, окнами которого служили плоскопараллельные пластины из CaF_2 . Все эксперименты проводились при охлаждении кристалла $Fe:ZnSe$ до температуры жидкого азота. Резонатор $Fe:ZnSe$ -лазера был образован задним золотым зеркалом M_1 радиусом 3 м и плоским выходным зеркалом M_2 с коэффициентом отражения 70% на длине волны 4 мкм , нанесенным на подложку из CaF_2 . Длина резонатора составляла 25 см . Торцы лазерного элемента и окна криостата устанавливались перпендикулярно оптической оси резонатора.

Накачка $Fe:ZnSe$ -лазера осуществлялась излучением $Er:YAG$ -лазера, работавшем в режиме свободной генерации на длине волны 2.9364 мкм . Выходная энергия $Er:YAG$ -лазера составляла 400 мДж , длительность импульса была 300 мкс . Излучение накачки заводилось в кристалл $Fe:ZnSe$ под небольшим углом к оптической оси резонатора. В кристалле поглощалось 51% от вошедшей в кристалл энергии накачки. Пятно накачки на входе в кристалл имело форму эллипса с осями $4.5 \times 3 \text{ мм}^2$. При изучении зависимости выходной энергии лазера от энергии накачки снижение уровня накачки осуществлялось с помощью набора ослабителей, в качестве которых использовались калиброванные светофильтры.

Энергия накачки и выходная энергия $Fe:ZnSe$ -лазера измерялись калориметром ИМО-2Н. Форма импульсов накачки и генерации регистрировались с помощью фотоприемника (фотосопротивление ФСГ-22), сигнал с которого поступал на запоминающий осциллограф. Длительность импульса генерации при значительном превышении порога составляла 250 мкс . Импульс состоял из нерегулярных пичков. Длина волны генерации измерялась с помощью дифракционного монохроматора и составила 4.03 мкм при ширине спектра генерации $\sim 0.05 \text{ мкм}$.

На рис. 2 представлена зависимость выходной энергии $Fe:ZnSe$ -лазера от поглощенной энергии накачки. Из построенной по экспериментальным точкам прямой были

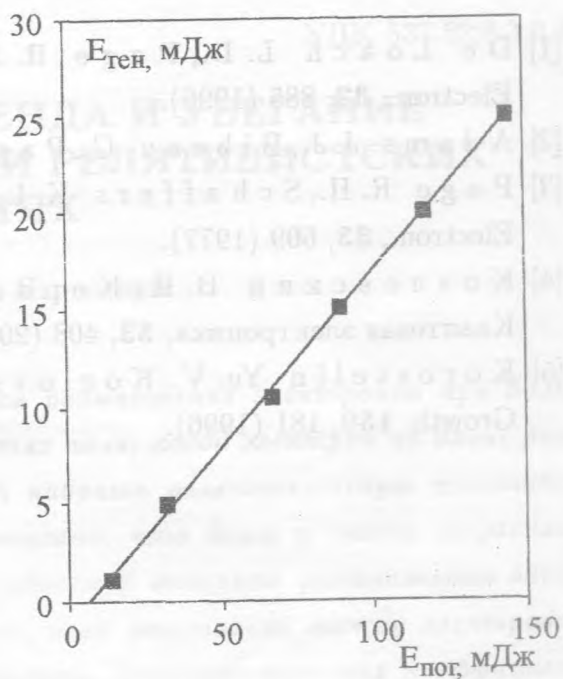


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

Рис. 2. Зависимость выходной энергии $Fe:ZnSe$ -лазера от поглощенной энергии накачки.

определены пороговое значение поглощенной энергии накачки 5.6 мДж и дифференциальный КПД лазера по поглощенной энергии 18%, что соответствует квантовой эффективности 25%. Максимальное значение выходной энергии составило 25 мДж.

Полученные нами выходная энергия $Fe:ZnSe$ -лазера на три порядка, а дифференциальный КПД более чем в два раза превышают значения, полученные в работе [2]. По нашему мнению, эффективность лазера может быть улучшена, если в качестве окон криостата использовать зеркала резонатора, что позволит устранить потери, связанные с наличием в резонаторе двух пластин из CaF_2 . Кроме того, к снижению потерь должна привести более качественная обработка рабочих граней самого кристалла $Fe:ZnSe$ (на поверхностях исследуемого лазерного элемента наблюдалось значительное рассеяние излучения юстировочного $He-Ne$ -лазера). Работу в этом направлении предполагается продолжить.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программой фундаментальных исследований РАН "Новые материалы и структуры".

ЛИТЕРАТУРА

- [1] De Loach L. D., Page R. H., Wilke G. D., et al. IEEE, J. Quantum Electron., **32**, 885 (1996).
- [2] Adams J. J., Vibeau C., Page R. H., et al., Optics Letters, **24**, 1720 (1999).
- [3] Page R. H., Schaffers K. I., De Loach L. D., et al. IEEE, J. Quantum Electron., **33**, 609 (1977).
- [4] Козловский В. И., Коростелин Ю. В., Ландман А. И. и др. Квантовая электроника, **33**, 408 (2003).
- [5] Korostelin Yu. V., Kozlovsky V. I., Nasibov A. S., et al. J. Crystal Growth, **159**, 181 (1996).

Поступила в редакцию 19 декабря 2003 г.