

Лазер на основе кристалла $\text{Cr}^{2+} : \text{CdS}$, перестраиваемый в спектральной области 2.2 – 3.3 мкм

В.А.Акимов, В.И.Козловский, Ю.В.Коростелин, А.И.Ландман,
Ю.П.Подмарьков, Я.К.Скасырский, М.П.Фролов

Впервые продемонстрирована лазерная генерация на кристалле $\text{Cr}^{2+} : \text{CdS}$. При импульсной накачке Тм : УАР-лазером с длиной волны 1.94 мкм выходная энергия $\text{Cr}^{2+} : \text{CdS}$ -лазера достигала 4 мДж при дифференциальной эффективности по поглощенной энергии накачки 39%. В дисперсионном резонаторе с призмой осуществлена плавная перестройка длины волны генерации в диапазоне 2.2–3.3 мкм.

Ключевые слова: $\text{Cr}^{2+} : \text{CdS}$ -лазер, лазеры ИК диапазона, перестраиваемые лазеры, твердотельные лазеры.

Необходимость разработки эффективных перестраиваемых лазеров среднего ИК диапазона мотивируется множеством практических задач, которые позволяют решать такие лазеры. Кристаллы A_2B_6 , легированные двухвалентными ионами переходных металлов, являются перспективными лазерными средами для области спектра 2–5 мкм. К настоящему времени лазерная генерация была получена в кристаллах $\text{Cr}^{2+} : \text{ZnSe}$ (реализованная область спектральной перестройки 1.88–3.10 мкм) [1, 2], $\text{Cr}^{2+} : \text{ZnS}$ (2.17–2.86 мкм) [3], $\text{Cr}^{2+} : \text{Cd}_{0.85}\text{Mn}_{0.15}\text{Te}$ (2.30–2.66 мкм) [4], $\text{Cr}^{2+} : \text{Cd}_{0.55}\text{Mn}_{0.45}\text{Te}$ (2.17–3.01 мкм) [5], $\text{Cr}^{2+} : \text{CdTe}$ (2.54 мкм) [6], $\text{Cr}^{2+} : \text{CdSe}$ (2.26–3.61 мкм) [7, 8] и $\text{Fe}^{2+} : \text{ZnSe}$ (3.77–5.05 мкм) [9, 10].

Кристалл $\text{Cr}^{2+} : \text{CdS}$ обладает полосой люминесценции 1.9–3.5 мкм и лучшими механическими и термооптическими характеристиками по сравнению с кристаллом $\text{Cr}^{2+} : \text{CdSe}$, имеющим близкую полосу люминесценции. Однако до сих пор генерацию на нем получить не удавалось. Настоящая работа посвящена изучению лазерных характеристик кристалла $\text{Cr}^{2+} : \text{CdS}$ при импульсной накачке.

Материалом для активного элемента (АЭ) служил монокристалл $\text{Cr}^{2+} : \text{CdS}$, выращенный из паровой фазы на монокристаллической затравке с одновременным легированием по технологии, разработанной для выращивания монокристаллов твердых растворов с высоким структурным совершенством и оптической однородностью [11, 12]. Ранее нами была получена эффективная генерация на выращенных таким методом кристаллах $\text{Cr}^{2+} : \text{ZnSe}$ [13], $\text{Fe}^{2+} : \text{ZnSe}$ [10] и $\text{Cr}^{2+} : \text{CdSe}$ [8]. Длина АЭ равнялась 5 мм. Направление оптической оси кристалла в АЭ составляло $\sim 4^\circ$ с направлением нормали к его полированным поверхностям, угол между которыми не превышал $30''$. Полированные поверхности АЭ не просветлялись.

В.А.Акимов. Московский физико-технический институт (государственный университет), Россия, 141700 Долгопрудный, Московская обл., Институтский пер., 9

В.И.Козловский, Ю.В.Коростелин, А.И.Ландман, Ю.П.Подмарьков, Я.К.Скасырский, М.П.Фролов. Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН, Россия, 119991 Москва, Ленинский просп., 53; e-mail: frolovmp@x4u.lebedev.ru

Поступило в редакцию 19 августа 2008 г.

Резонатор $\text{Cr}^{2+} : \text{CdS}$ -лазера имел длину 145 мм и был образован «глухим» сферическим зеркалом ($R = 150$ мм) и плоским выходным зеркалом с пропусканием 38% на длине волны генерации. АЭ устанавливался вблизи выходного зеркала так, что его рабочие грани были ориентированы перпендикулярно оптической оси резонатора. Накачка кристалла осуществлялась импульсами Тм : УАР-лазера с длительностью 300 мкс и длиной волны 1.94 мкм, энергия импульсов достигала 50 мДж. Импульс накачки состоял из нерегулярных пиков длительностью ~ 0.5 мкс. Использовалась схема продольной накачки через «глухое» зеркало, пропускавшее 85% излучения накачки. Поглощение АЭ на длине волны накачки составляло 48%. Пучок накачки фокусировался на кристалл в пятно площадью ~ 1 мм². Все эксперименты проводились при комнатной температуре АЭ.

В настоящей работе впервые была получена генерация на кристалле $\text{Cr}^{2+} : \text{CdS}$. Спектр генерации в неселективном резонаторе лежал вблизи длины волны 2.6 мкм, его ширина составляла ~ 50 нм. На рис.1 представлена зависимость выходной энергии $\text{Cr}^{2+} : \text{CdS}$ -лазера от поглощенной энергии накачки. Дифференциальная эффективность лазера, определенная по наклону проведенной через экспериментальные точки прямой, равна 39%, что сопоставимо со значением 46%, измеренным ранее для $\text{Cr}^{2+} : \text{CdSe}$ -лазера [8]. Пороговая поглощенная энергия накачки равнялась 6.5 мДж. Максимальная выходная

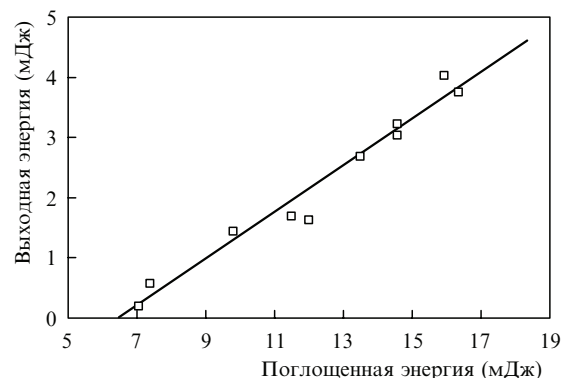


Рис.1. Зависимость выходной энергии $\text{Cr}^{2+} : \text{CdS}$ -лазера от поглощенной энергии накачки.

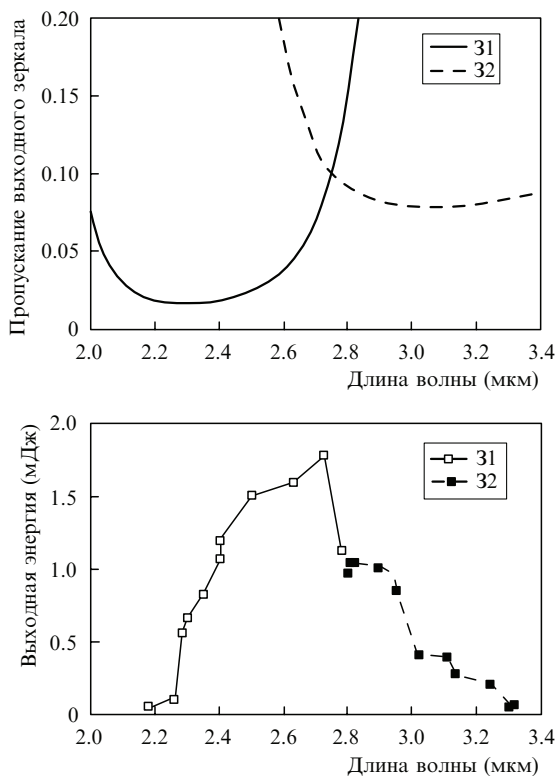


Рис.2. Спектры пропускания выходных зеркал 31 и 32, использовавшихся в экспериментах по перестройке длины волны генерации $\text{Cr}^{2+}:\text{CdS}$ -лазера (а), и полученные с этими зеркалами перестроенные кривые (б).

энергия (4 мДж) была получена при поглощенной энергии накачки 16 мДж.

При исследовании спектральной перестройки $\text{Cr}^{2+}:\text{CdS}$ -лазера использовался модифицированный резонатор с дисперсионной призмой из CaF_2 и «глухим» алюминиевым сферическим ($R = 500$ мм) зеркалом. В этом случае излучение накачки проходило рядом с «глухим» зеркалом и призмой и падало на АЭ под углом $\sim 5^\circ$ к оптической оси резонатора. В качестве выходных зеркал использовались два плоских зеркала 31 и 32, спектральные характеристики которых представлены на рис.2,а.

Плавная перестройка длины волны генерации осуществлялась в спектральном диапазоне 2.2–3.3 мкм (рис.2,б).

Таким образом, в настоящей работе впервые запущен лазер на новом для ИК области спектра лазерном материале – кристалле $\text{Cr}^{2+}:\text{CdS}$. Дифференциальная эффективность лазера по поглощенной энергии накачки составила 39 %. Осуществлена спектральная перестройка в диапазоне 2.2–3.3 мкм.

Работа поддержана Грантом Президента РФ поддержки ведущих научных школ РФ № НШ-3168.2008.02, Программой фундаментальных исследований ОФН РАН «Когерентное оптическое излучение полупроводниковых соединений и структур», Программой Министерства образования и науки РФ «Развитие научного потенциала высшей школы» и ЗАО НТЦ «Реагент».

1. Page R.H., Schaffers K.I., DeLoach L.D., Wilke G.D., Patel F.D., Tassano J.B., Payne S.A., Krupke W.F., Chen K.-T., Burger A. *IEEE J. Quantum Electron.*, **33**, 609 (1997).
2. Demirbas U., Sennaroglu A. *Opt. Lett.*, **31**, 2293 (2006).
3. Sorokina I.T., Sorokin E., Mirov S., Fedorov V., Badikov V.V., Panyutin V., Schaffers K.I. *Opt. Lett.*, **27**, 1040 (2002).
4. Seo J.T., Hömmerich U., Trivedi S.B., Chen R.J., Kutcher S. *Opt. Commun.*, **153**, 267 (1998).
5. Trivedi S.B., Kutcher S.W., Wang C.C., Jagannathan G.V., Hömmerich U., Bluiett A., Turner M., Seo J.T., Schepler K.L., Schumm B., Boyd P.R., Green G. *J. Electronic Mater.*, **30**, 728 (2001).
6. Bluiett A., Hömmerich U., Shah R.T., Trivedi S.B., Kutcher S.W., Wang C.C. *J. Electronic Mater.*, **31**, 806 (2002).
7. McKay J., Schepler K.L., Catella G.C. *Opt. Lett.*, **24**, 1575 (1999).
8. Акимов В.А., Козловский В.И., Коростелин Ю.В., Ландман А.И., Подмарьков Ю.П., Скасьерский Я.К., Фролов М.П. *Квантовая электроника*, **38**, 205 (2008).
9. Adams J.J., Bibeau C., Page R.H., Krol D.M., Furu L.H., Payne S.A. *Opt. Lett.*, **24**, 1720 (1999).
10. Fedorov V.V., Mirov S.B., Gallian A., Badikov V.V., Frolov M.P., Korostelin Yu.V., Kozlovsky V.I. Landman A.I., Podmar'kov Yu.P., Akimov V.A., Voronov A.A. *IEEE J. Quantum Electron.*, **42**, 907 (2006).
11. Korostelin Yu.V., Kozlovsky V.I., Nasibov A.S., Shapkin P.V. *J. Crystal Growth*, **159**, 181 (1996).
12. Korostelin Yu.V., Kozlovsky V.I. *J. Alloys Compounds*, **371**, 25 (2004).
13. Козловский В.И., Коростелин Ю.В., Ландман А.И., Подмарьков Ю.П., Фролов М.П. *Квантовая электроника*, **33**, 408 (2003).