

Импульсный обертоновый СО-лазер с КПД 16 %

А.А.Ионин, Ю.М.Климачев, А.Ю.Козлов, А.А.Котков, А.К.Курносков, А.П.Напартович, О.А.Рулев, Л.В.Селезнев, Д.В.Синицын, Г.Д.Хагер, С.Л.Шнырев

Показано, что КПД импульсного электроионизационного обертонового СО-лазера при генерации излучения в многочастотном режиме достигает 16 %, а в частотно-селективном режиме – 0.75 %. Продемонстрировано хорошее согласие расчетных и экспериментальных данных при учете локального удельного энерговклада.

Ключевые слова: электроионизационный лазер, обертоновый СО-лазер, электрооптический КПД, локальный энерговклад.

В последнее время большое внимание уделяется исследованиям лазера, работающего на первом колебательном обертоне молекулы СО [1–9]. Одна из причин такого интереса связана с тем, что генерация излучения в обертоном СО-лазере может происходить в широком спектральном диапазоне (2.5–4.2 мкм) [1–3], который перекрывает окно прозрачности атмосферы (см., например, [10, 11]). Слабое поглощение излучения в атмосфере позволяет использовать такой лазер для транспортировки лазерного излучения на большие расстояния. При этом в ряде применений становятся важными энергетические характеристики данного лазера. К настоящему времени исследованы различные способы возбуждения активной среды обертонового СО-лазера: импульсным электроионизационным (ЭИ) разрядом [1–4], импульсно-периодическим ЭИ разрядом [5, 6], высокочастотным разрядом с последующей сверхзвуковой прокачкой газовой смеси [7, 8], самостоятельным разрядом низкого давления [9]. Наибольший КПД генерации обертонового излучения, определяемый как отношение удельного энергосъема к удельному энерговкладу, был получен в импульсном ЭИ СО-лазере и составил 11 % [1,3]. Эти эксперименты проводились на лазерной установке с большим (~18 л) объемом возбуждения. Оптический объем активной среды в лазерном резонаторе ограничивался размерами лазерных зеркал и не превышал 2.5 л. При исследовании генерационных характеристик импульсного обертонового ЭИ СО-лазера в [1–4] предполагалось, что энерговклад в локальный объем, соответствующий объему и положению лазерного резонатора, совпадает со средним по объему энерговкладом. Однако экспериментально-теоретическое исследование динамики

коэффициента усиления слабого сигнала на колебательно-вращательных переходах молекулы СО показало, что локальный энерговклад на 25 % – 35 % (в зависимости от экспериментальных условий) меньше среднего по объему разрядной области энерговклада [12]. Таким образом, для корректного измерения лазерного КПД и сопоставления экспериментальных и расчетных данных необходимо учитывать различие в локальном и среднем по объему энерговкладах.

На рис.1 показаны расчетная [1, 3] и экспериментальная зависимости электрооптического КПД импульсного обертонового ЭИ СО-лазера от локального энерговклада. Экспериментальный электрооптический КПД определялся как отношение удельного энергосъема к локальному удельному энерговкладу. Наблюдается хорошее согласие расчетных и экспериментальных данных при энерговкладах менее 150 Дж·л⁻¹·Амага⁻¹. При увеличении энерговклада свыше 150 Дж·л⁻¹·Амага⁻¹ различие между экспериментальными и расчетными данными увеличивается, по-видимому, из-за того, что при этом возрастает влияние газодинамических возмущений активной среды лазера на процесс генерации излучения. Максимальное экспериментальное значение КПД импульсного

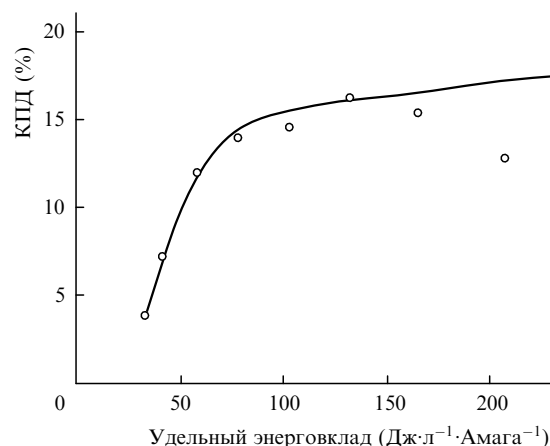


Рис.1. Расчетная (кривая) [1] и экспериментальная (точки) зависимости КПД обертонового ЭИ СО-лазера, работающего в многочастотном режиме, от удельного энерговклада для смеси СО:N₂:He = 1:9:10 при плотности 0.12 Амага и температуре ~100 К.

А.А.Ионин, Ю.М.Климачев, А.Ю.Козлов, А.А.Котков, О.А.Рулев, Л.В.Селезнев, Д.В.Синицын. Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН, Россия, 119991 Москва, Ленинский просп., 53; e-mail: aion@sci.lebedev.ru

А.К.Курносков, А.П.Напартович, С.Л.Шнырев. ФГУП «ГНЦ РФ – Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований», Россия, 142190 Троицк, Московская обл.

G.D.Hager. US Air Force Research Laboratory, Kirtland AFB, Albuquerque, NM, USA

Поступила в редакцию 11 июля 2006 г., после доработки – 30 октября 2006 г.

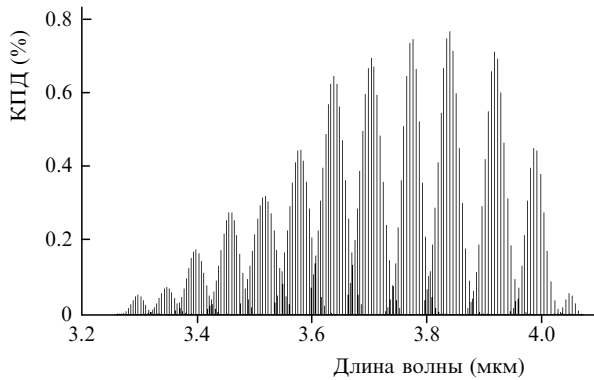


Рис.2. Зависимость КПД частотно-селективного обертонного ЭИ СО-лазера от длины волны для смеси $\text{CO}:\text{N}_2 = 1:6$ при плотности 0.12 Амага , температуре $\sim 100 \text{ К}$ и удельном энергокладе $500 \text{ Дж}\cdot\text{л}^{-1}\cdot\text{Амага}^{-1}$.

обертонного ЭИ СО-лазера, работающего в многочастотном режиме, составляет 16%. В частотно-селективном режиме генерации обертонного излучения [2, 3] максимальное значение электрооптического КПД достигает $\sim 0.75\%$ (рис.2).

Таким образом, продемонстрировано, что для корректного сопоставления расчетных и экспериментальных данных необходимо учитывать энергоклад в активную область, соответствующую положению лазерного резо-

натора (локальный энергоклад). Показано, что электрооптический КПД импульсного обертонного ЭИ СО-лазера достигает 16% в многочастотном режиме генерации излучения и 0.75% – в частотно-селективном.

1. Басов Н.Г., Ионин А.А., Котков А.А. и др. *Квантовая электроника*, **30**, 771 (2000).
2. Басов Н.Г., Ионин А.А., Котков А.А. и др. *Квантовая электроника*, **30**, 859 (2000).
3. Basov N.G., Hager G.D., Ionin A.A., et al. *IEEE J. Quantum Electron.*, **36** (7), 810 (2000).
4. Басов Н.Г., Ионин А.А., Котков А.А. и др. *Квантовая электроника*, **32**, 404 (2002).
5. Zeyfang E., Mayerhofer W., Walther S. *Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng.*, **4184**, 230 (2001).
6. Bohn W.L., Eckel H.-A., Riede W., Walther S. *Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng.*, **4760**, 486 (2002).
7. McCord J.E., Tate R.F., Dass S., et al. *Proc. SPIE Int. Soc. Opt. Eng.*, **5448**, 379 (2004).
8. Бон В., фон Бюлов Х., Дасс Ш., Ионин А.А. и др. *Квантовая электроника*, **35**, 1126 (2005).
9. Utkin Y.G., Goshe M., Adamovich I.V., Rich W.J. *Opt. Commun.*, **263** (1), 105 (2006).
10. Бузыкин О.Г., Иванов С.В., Ионин А.А., Котков А.А., Селезнев Л.В. *Оптика атмосферы и океана*, **14** (5), 400 (2001).
11. Buzukin O.G., Ionin A.A., Ivanov S.V., et al. *Laser and Particle Beams*, **18** (4), 697 (2000).
12. Ветошкин С.В., Ионин А.А., Климачев Ю.М., Козлов А.Ю. и др. *Квантовая электроника*, **35**, 1107 (2005).