

Численное моделирование кинетических процессов в кислород-йодном лазере с электроразрядным генератором синглетного кислорода.

Чукаловский Александр Александрович¹

студент

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: tinacious@rambler.ru

В последнее время интенсивно разрабатываются электроразрядные генераторы синглетного кислорода (ЭРГСК) для возбуждения генерации в кислород-йодном лазере (КИЛ). Генерация КИЛ осуществляется на электронном переходе атома йода $I^*(^2P_{1/2}) \rightarrow I(^2P_{3/2}) + h\nu$. Передача энергии возбуждения от молекул $O_2(a^1\Delta)$ (синглетный кислород - СК) атому йода происходит при смешении возбуждённого газового потока из ЭРГСК с потоком молекулярного йода и буферным газом. Впервые была получена генерация КИЛ при давлениях ~ 2 Тор [1]. На сегодняшний день на выходе из ЭРГСК в электрических разрядах получено содержание СК $\eta \approx 20\%$ при давлениях $P \approx 5 - 10$ Тор [2,3]. Было показано, что для получения положительного коэффициента усиления (КУ) в рабочей среде лазера и повышения эффективности работы ЭРГСК необходима оптимизация параметров возбуждённого газового потока на выходе ЭРГСК по составу, температуре и давлению, а также расходу I_2 в зоне смешения КИЛ [1,3].

Целью данной работы является: теоретический анализ динамики процессов, происходящих в зоне смешения КИЛ с ЭРГСК и выяснение влияния этих процессов на коэффициент усиления в рабочей смеси. Основное внимание уделяется выяснению механизма диссоциации молекулярного йода в среде, содержащей $O_2(^1\Delta)$, O, O_3 , анализу температурного режима, исследованию воздействия процессов накачки и тушения $I^*(^2P_{1/2})$ и $O_2(^1\Delta)$ на коэффициент усиления. Для этой цели была разработана квазидвумерная кинетическая диффузионная модель описания перемешивания газовых потоков в зоне смешения КИЛ с ЭРГСК. Модель включает в себя систему уравнений непрерывности (для каждой из компонент смеси) и теплопроводности в цилиндрической симметрии с учётом полной системы химических реакций для КИЛ с ЭРГСК, включающей две новые реакции тушения, исследованные в [2,3]. Скорость прокачки смеси предполагается постоянной, смешение газовых потоков (возбуждённого кислорода с молекулярным йодом и гелием) – изобарическим. Разработанная модель позволяет получать пространственное распределение продуктов реакций, температуры среды и рассчитывать коэффициент усиления по радиусу и длине зоны смешения КИЛ. В ходе проведения расчётов варьировалось содержание СК и O на выходе из ЭРГСК, степень предварительной диссоциации и расход I_2 на входе в зону смешения КИЛ. Модель тестировалась на экспериментальных данных [1]. С помощью разработанной модели определены основные процессы диссоциации I_2 , тушения I^* и $O_2(^1\Delta)$. Получены зависимости скорости диссоциации I_2 от содержания O, $O_2(^1\Delta)$ в смеси, КУ и температуры от содержания O, $O_2(^1\Delta)$, и расхода I_2 при различных давлениях. Было установлено, что основными факторами, влияющими на КУ при заданном содержании $O_2(^1\Delta)$ в смеси, являются: содержание O, температура газовой смеси. Проанализирована возможность подбора оптимальных параметров для увеличения КУ КИЛ.

Литература

- [1] D. L. Carroll, et al. Path to the measurement of positive gain on the 1315-nm transition of atomic iodine, pumped by $O_2(^1\Delta)$, produced in an electric discharge. IEEE J. of Quantum Electronics, vol.41, no.2. Feb. 2005.
- [2] T.V. Rakhimova et al., AIAA Paper 2005-4918.
- [3] T.V. Rakhimova et al., 37th AIAA Plasmadynamics and Lasers Conference, San Francisco, 5-8 June 2006.

¹ Автор выражает признательность внс ОМЭ НИИЯФ МГУ Рахимовой Т.В. и Клоповскому К.С. за постановку задачи и обсуждение результатов работы.