

## КОМБИНАЦИОННЫЙ ЛАЗЕР НА СЖАТОМ ВОДОРОДЕ С ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

В. Ф. Ефимков, И. Г. Зубарев, С. И. Михайлов, В. Г. Смирнов, В. Б. Соболев

*Реферат статьи, опубликованной в журнале  
"Квантовая электроника" No. 3 (1993), с. 213-217.*

Известно, что основным препятствием получения высокого энергетического КПД в ВКР-лазерах являются нестационарность генерации во времени при использовании накачки стандартными гигантскими импульсами и оптические потери внутри резонатора. Для уменьшения времени развития генерации необходимо увеличивать добротность резонатора, что достигается обычно путем увеличения коэффициента отражения зеркал, однако при этом возрастают и внутрирезонаторные потери, а реально достижимый энергетический КПД обычно не превышает 10 – 30 %.

Если использовать в резонаторе ВКР-лазера зеркало обратной связи, которое вначале имеет высокий коэффициент отражения, а по достижении насыщения усиления – низкий, то можно получить энергетическую эффективность на уровне 100%. Подобным свойством и обладает зеркало параметрической обратной связи, предложенное и реализованное в данной работе для кольцевого ВКР-лазера с попутной накачкой, принципиальная схема которого изображена на рис. 1. Параллельный пучок накачки по прохождении активной среды при помощи нечетного числа зеркал направляется для пересечения с исходным в объеме активной среды (нечетное число зеркал необходимо для реализации нужной геометрии эксперимента). В этом случае возможен процесс эффективного энергообмена между двумя стоксовыми волнами, каждая из которых распространяется под углом  $\gamma$  к "своему" пучку накачки, и  $\gamma = \frac{\alpha}{2} \left( \frac{\lambda_c}{\lambda_n} - 1 \right)$ , где  $\alpha$  – угол схождения пучков накачки, а  $\lambda_n$  и  $\lambda_c$  длины волн накачки и стоксова сигнала. Анализ системы соответствующих динамических уравнений показывает, что пороговый инкремент генерации в этом случае определяется выражением:

$$\exp(\Gamma_n) \operatorname{sh}(\Gamma_n/2) = 1$$

и  $\Gamma_n = gIL = 0,84$ . Здесь  $\Gamma_n$  – пороговый инкремент усиления,  $g$  – коэффициент усиления активной среды,  $L$  – длина активной области,  $I$  – интенсивность накачки. С учетом

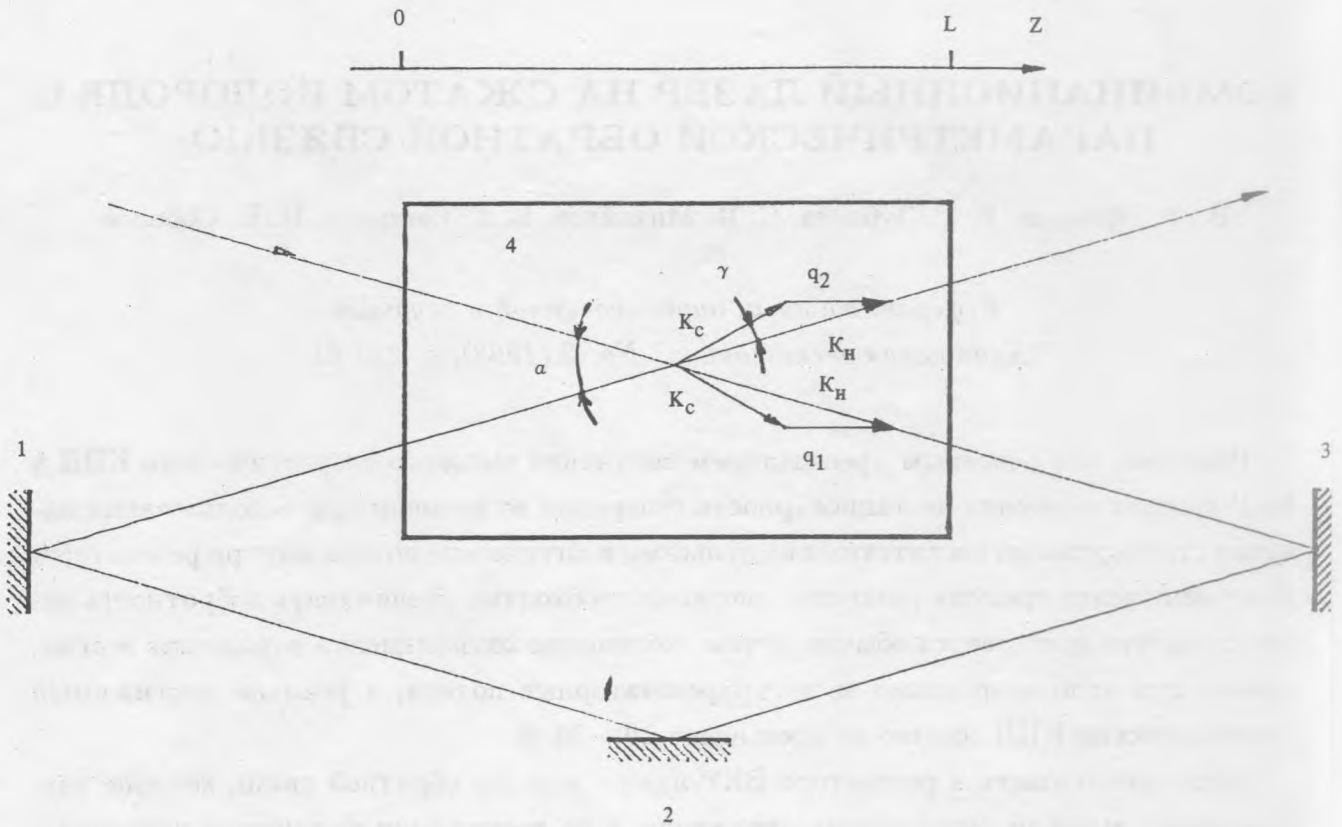


Рис. 1. Принципиальная схема параметрического ВКР-генератора: 1 - 3 - зеркала с  $R = 100\%$ ; 4 - кювета с активным веществом;  $\alpha$  - угол схождения пучков накачки;  $\gamma$  - угол отклонения стоксова излучения относительно накачки;  $k$  - соответствующие волновые вектора;  $q$  - вектора вынужденных колебаний активной среды.

насыщения можно получить выражение для КПД преобразования  $\eta = \frac{\lambda}{\lambda_c} \left(1 - \exp\left[-\frac{\Gamma_n - \Gamma}{2}\right]\right)$ , где  $\Gamma$  - инкремент усиления, из которого следует, что КПД может быть достаточно высок.

Схема была реализована с использованием сжатого до 6 атм водорода, заполнявшего кювету длиной 60 см и циркулярно поляризованных пучков накачки с  $\lambda_n = 1,06$  мкм, поперечными размерами 7 мм и длительностью 70 нсек. Угол схождения пучков накачки составлял  $\alpha \approx 3 \cdot 10^{-2}$  рад. Генерация происходила на вращательных стоксовых компонентах и наблюдалась с уровня инкрементов усиления  $\Gamma \gtrsim 4$ , что объясняется сильной нестационарностью генерации из-за большой длины резонатора  $\sim 1,5$  м. При

$\Gamma \sim 8-10$  коэффициент преобразования в первую стоксову компоненту с  $\lambda_c = 1,13$  мкм составлял по энергии величину  $\eta \simeq 40\%$ . Расходимость излучения  $\theta_c = 0,25 \cdot 10^{-3}$  при расходимости накачки  $\theta_n \simeq 0,2 \cdot 10^{-3}$ , а сама диаграмма направленности была повернута на угол  $\gamma = 10^{-3}$  относительно накачки, что находится в соответствии с вышеприведенной формулой. Высшие стоксовы и антистоксовы компоненты также были развернуты на соответствующие углы. На их долю приходилось около 20% всей преобразованной энергии. Отметим, что эффект пространственного деления стоксовых компонент на практике весьма удобен, так как позволяет без особого труда выделить излучение с нужной частотой.

В заключение укажем на малую чувствительность данного лазера к монохроматичности накачки. Можно показать, что в режиме широкополосного возбуждения пороговый инкремент равен  $\Gamma_n = 1,1$ , что лишь немногим больше чем в монохроматическом случае.

Поступила в редакцию 9 июля 1993 г.