

## НАСЫЩЕННОЕ УСИЛЕНИЕ ИМПУЛЬСОВ ИЗЛУЧЕНИЯ В ЭИ ЛАЗЕРНОМ УСИЛИТЕЛЕ НА ОКСИДИ УГЛЕРОДА

В.Ю. Ананьев, А.А. Ионин, А.А. Котков, А.П. Лыткин, Д.В. Синецын

*Реализован полностью насыщенный режим усиления в электроионизационном лазерном усилителе на оксиде углерода. Экспериментально показана возможность управления многократным спектром излучения лазерной системы с трехпроходным и сверхрегенеративным усилителями.*

Многокаскадные лазерные системы, действующие по схеме задающий генератор (ЗГ) — усилитель (У), позволяют эффективно управлять параметрами мощного лазерного излучения [1]. Одной из проблем, возникающих при создании таких систем, является обеспечение максимального энергоотбора с активной среды У, т.е. реализация насыщенного режима усиления. Эксперименты [2] по исследованию усиления многократного сигнала в электроионизационных (ЭИ) лазерных У на оксиде углерода продемонстрировали трудности достижения такого режима. Целью данной работы является экспериментальное исследование насыщенного усиления многократного импульса излучения в многоуровневой активной среде ЭИ лазерного У на оксиде углерода и исследование возможности управления спектральным составом излучения системы ЗГ-У.

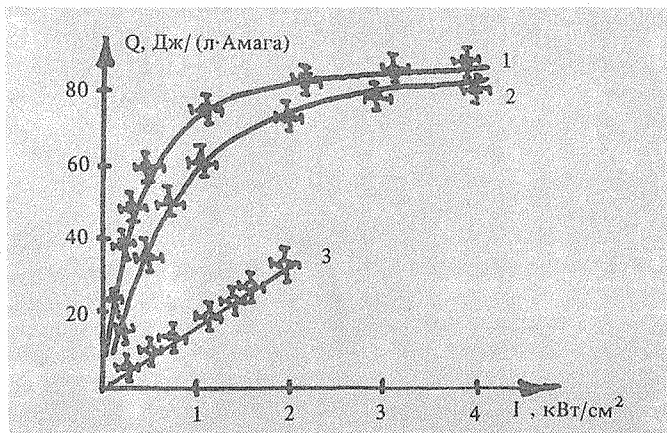
Эксперименты проводились на ЭИ лазерных установках, описанных в [3]. Оптический объем ЗГ составлял  $\sim 2$  л при длине активной области  $\sim 1,5$  м. Оптический объем и длина активной области У были равны соответственно 8 л и  $\sim 1$  м. В экспериментах использовались лазерные смеси  $\text{CO:N}_2 = 1:9$  плотностью 0,5 и 0,25 Амага при начальной температуре 100 К. Длительности импульсов возбуждения ЗГ и У лежали в диапазоне  $25 \div 50$  мкс. Использовалась одно-, либо трехпроходная схема У. В последнем случае применялся телескоп с увеличением  $M \sim 3,3$ , в котором была расположена активная среда У [2]. В ряде экспериментов исследовался сверхрегенеративный У с неустойчивым телескопическим резонатором ( $M \sim 1,5$ ), вдоль оси которого инжектировался слабый внешний сигнал с заданным спектром.

Необходимым условием высокого энергосъема с активной среды ЭИ СО лазерного У при максимально эффективном использовании излучения ЗГ является согласование длительности усиливаемого импульса ( $\tau_{и}$ ) с длительностью импульса излучения активной среды У ( $\tau_{у}$ ), генерирующей в оптимальном резонаторе при оптимальных условиях возбуждения. При  $\tau_{и} > \tau_{у}$  часть импульса излучения ЗГ не усиливается. Если  $\tau_{и} < \tau_{у}$ , часть колебательной энергии, запасенной в активной среде У, не будет преобразована в лазерное излучение. Условие

$$\tau_{и} \approx \tau_{у} \quad (1)$$

будем называть условием согласования длительностей импульсов.

На рис. 1 представлены зависимости удельного энергосъема в однопроходном (кривая 2) и трехпроходном (кривая 1) усилителях, полученные при выполнении условия (1). Для согласования длительностей импульсов в ЗГ и У использовались лазерные смеси одинаковой плотности. ( $N = 0,25$  Амага). Длительность усиливаемого импульса по уровню 0,1 от максимальной интенсивности при этом составляла  $\sim 800$  мкс. Средняя интенсивность насыщения многочастотного сигнала, определенная по половине от максимального энергосъема (кривая 2), в этих условиях  $\sim 0,5$  кВт/см<sup>2</sup>. Увеличение плотности активной среды ЗГ до 0,5 Амага приводило к сокращению длительности им-

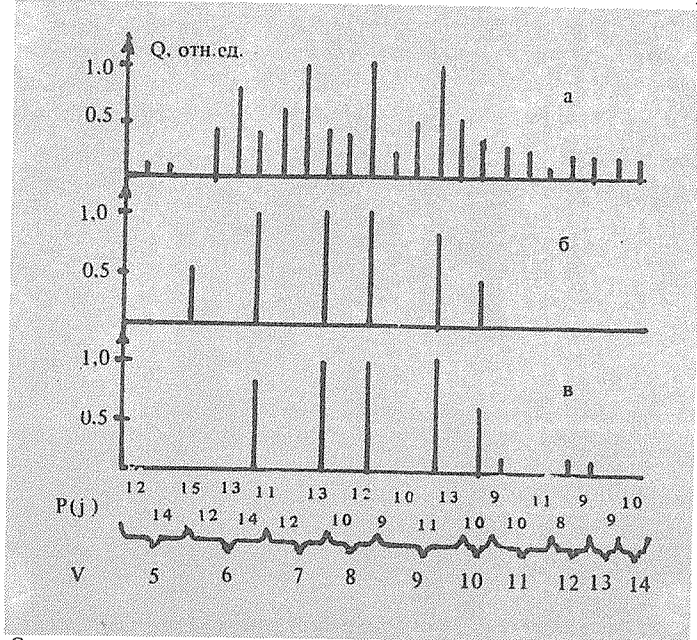


Р и с. 1. Зависимость удельного энергосъема Q от средней интенсивности входного сигнала при условии согласования длительностей импульсов: в трехпроходном (1) и однопроходном (2) усилителях; при нарушении условия согласования длительностей импульсов в однопроходном усилителе (3).

пульса излучения до  $\sim 400$  мкс (по уровню 0,1). Снижение эффективности У при этом (кривая 3 на рис. 1) связано с нарушением условия (1).

Увеличение плотности активной среды У до 0,5 Амага также приводило к снижению эффективности У из-за роста интенсивности насыщения с увеличением плотности. Максимальная энергия излучения трехпроходного усилителя в этих условиях составила 150 Дж при КПД  $\sim 7\%$ . С помощью плоского резонатора с малым числом Френеля ( $\sim 2$ ) в ЗГ было сформировано излучение с расходимостью  $\sim 6 \cdot 10^{-4}$  рад (полный угол по половине энергии), которое усиливалось в трехпроходном У. Расходимость излучения на выходе У уменьшилась до  $\sim 2 \cdot 10^{-4}$  рад (приблизительно в кратность увеличения телескопа, в который была помещена активная среда У). Расходимость, характеризующаяся полным углом по половине интенсивности, была  $\sim 10^{-4}$  рад.

Максимальная энергия излучения на выходе У, равная 230 Дж, была достигнута при плотности активной среды ЗГ и У 0,25 Амага; КПД усилителя при этом  $\sim 15\%$ . Во всех экспериментах ЗГ и У запускались синхронно, поскольку введение задержки между импульсами накачки У и ЗГ приводило



Р и с. 2. Спектры на выходе сверхрегенеративного усилителя: а – при отсутствии инжектируемого сигнала; в – с инжекцией внешнего сигнала; б – спектр инжектируемого внешнего сигнала. Указаны номера верхних уровней переходов  $V \rightarrow V - 1$ .

к снижению энергии на выходе  $U$ , причем при времени задержки, большем  $\sim 100$ – $200$  мкс, наблюдалось поглощение излучения ЗГ в активной среде  $U$ .

Для управления спектром излучения  $U$  с помощью набора селективных резонаторов формировался спектр импульса генерации ЗГ, содержащий 5–7 колебательно-вращательных переходов, принадлежащих различным каскадно-связанным колебательным полосам /4/. Спектр излучения на выходе  $U$  при этом был идентичен спектру импульса генерации ЗГ. Однако длительность импульса излучения ЗГ уменьшалась из-за потерь, вносимых схемой формирования спектра. Нарушение условия согласования длительностей импульсов приводило к снижению КПД  $U$  до значения  $\sim 6\%$ .

Исследовалась также возможность управления характеристиками лазерного излучения путем инжекции внешнего сигнала в приосевую область неустойчивого телескопического резонатора /1/. На рис. 2а представлен спектр ЭИ СО лазера с неустойчивым резонатором ( $M \sim 1,5$ ). Через отверстие диаметром 5 мм в вогнутом зеркале резонатора  $U$  инжектировался импульс излучения ЗГ, спектр которого показан на рис. 2б. Спектр на выходе  $U$  (рис. 2в) при этом почти полностью повторял спектр входного сигнала, кроме линии в полосе  $5 \rightarrow 4$ , излучение на которой отсутствовало в спектре  $U$ . При устранении развитой вращательной структуры спектра КПД ЭИ СО лазера, равный 15%, не изменялся (рис. 2а, в). Энергия входного сигнала, с помощью которого осуществлялось управление спектром, не превышала 200 мДж.

Надежное управление спектром ЭИ СО лазера путем инжекции внешнего сигнала достигалось без выполнения условия (1). Так, длительность импульса излучения сверхрегенеративного  $U$  приблизительно в 3 раза превосходит длительность инжектируемого сигнала. Максимальный энергоъем в сверхрегенеративном лазерном  $U$  достигал  $\sim 80$  Дж/(л.Амага) при КПД  $\sim 20\%$ .

Таким образом, в одно- и трехпроходном ЭИ лазерном  $U$  на окиси углерода достигнут полностью насыщенный режим усиления многочастотного импульса излучения. Осуществлено управление спектром излучения в системе ЗГ- $U$  с помощью усиления импульса излучения с заданным спектром и путем инжекции слабого сигнала в приосевую область неустойчивого телескопического резонатора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А н а н ь е в Ю.А. Оптические резонаторы и проблема расходимости лазерного излучения. М., Наука, 1979.
2. А н а н ь е в В.Ю. и др. Квантовая электроника, 12, 1660 (1985).
3. Б а с о в Н.Г. и др. Препринт ФИАН № 202, М., 1984.
4. А н а н ь е в В.Ю., И о н и н А.А., Л ы т к и н А.П. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 11, 4 (1985).

Поступила в редакцию 1 августа 1985 г.