

ДЛИННОИМПУЛЬСНЫЙ ХеСІ ЛАЗЕР С ДИАПАЗОНОМ ПЕРЕСТРОЙКИ ГЕНЕРАЦИИ 17 Å

С. В. Ефимовский, А. К. Жигалкин, Ю. И. Карев, С. В. Курбасов

Разработан длинноимпульсный (0,5 мкс) ХеСІ лазер, способный генерировать перестраиваемое узкополосное излучение в интервале 307,225 — 308,925 нм. Перестройка осуществлялась внутрирезонаторным эталоном с резкостью $F = 4,5$. Генерация получена на 8 колебательных полосах с шириной линии до $2,7 \text{ см}^{-1}$. Достигнутый диапазон перестройки $\sim 179 \text{ см}^{-1}$ (17 Å) превышает ранее опубликованные результаты.

В последние годы, наряду с традиционными эксимерными лазерами с самостоятельным разрядом (ЭЛСР), имеющими длительность импульса генерации $\tau_{\text{и}} \leq 20\text{--}50 \text{ нс}$, появились длинноимпульсные ЭЛСР с $\tau_{\text{и}} \geq 200 \text{ нс}$ /1—6/. Наибольшее число публикаций посвящено ХеСІ лазеру ($\lambda_{\text{г}} \sim 308 \text{ нм}$), для которого достигнута длительность импульса $\tau_{\text{и}} \sim 1,5 \text{ мкс}$ /1/, КПД $\sim 5\%$ /2/, а энергия генерации превышает 1 Дж /3/. В длинноимпульсном ХеСІ лазере изучена зависимость параметров усиления от удельной мощности накачки /4/, осуществлен режим активной синхронизации мод; длительность УКИ достигала 120—150 пс /5/.

Спектральные характеристики длинноимпульсного ХеСІ лазера изучены недостаточно. Например, в работе /6/ генерация с шириной линии $\sim 1,5\text{--}2,5 \text{ см}^{-1}$ была получена на переходах полос 0—0, 0—1, 0—2, 0—3 и 0—4. Диапазон перестройки, осуществлявшейся эталоном, составил $\sim 100 \text{ см}^{-1}$ ($\sim 10 \text{ Å}$). В то же время максимальный диапазон перестройки, полученный к настоящему времени для ХеСІ лазеров, составлял $\sim 170 \text{ см}^{-1}$ (16,2 Å) /7/. В /7/ генерация, наряду с упомянутыми уже колебательными переходами, была получена также на полосах 0—5, 1—7 и 1—6.

В настоящей работе исследовалась возможность широкодиапазонной перестройки частоты генерации длинноимпульсного ХеСІ лазера. Такая постановка задачи обусловлена малым значением коэффициента усиления в длинноимпульсных системах по сравнению с короткоимпульсными (к которым относился и лазер в /7/). В /4/ показано, что усиление в длинноимпульсном ХеСІ лазере с $\tau_{\text{и}} \sim 0,5 \text{ мкс}$ на порядок меньше, чем в короткоимпульсных системах с той же длиной активной среды.

Эксперименты проводились на ХеСІ лазере с длительностью импульса свободной генерации 0,5 мкс, описанном в /4/. Активная среда имела размеры $2,0 \times 2,5 \times 50 \text{ см}^3$. Накачка осуществлялась по схеме с двойным разрядом /1—6/ при удельной мощности 70—100 кВт/см³. Выходными окнами

лазера служили просветленные с двух сторон для $\lambda = 308$ нм подложки из кварца КУ-1 с пропусканием $T \geq 98\%$ (до установки в камеру).

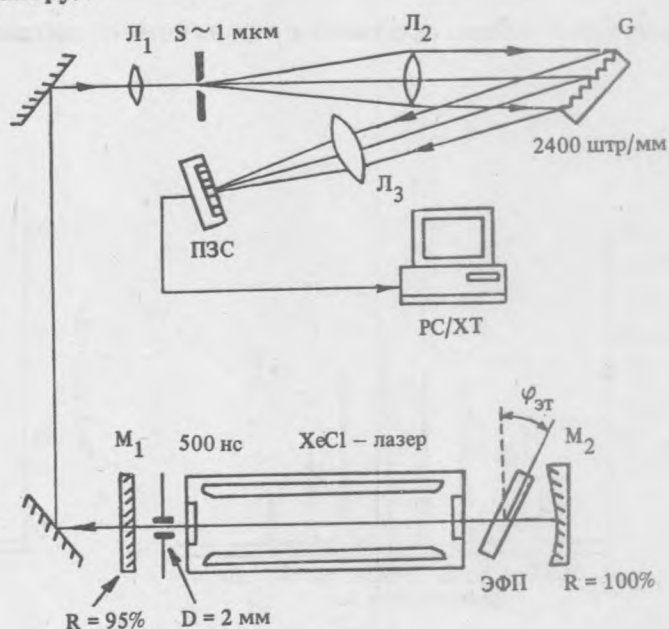


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

Схема экспериментальной установки показана на рис. 1. Резонатор лазера был образован диэлектрическими зеркалами M_1 (коэффициент отражения $R_1 = 99,8\%$; радиус кривизны — 40 м) и M_2 ($R_2 = 95\%$; плоское). Для селекции поперечных мод внутрь резонатора помещалась диафрагма D диаметром ~ 2 мм. Перестройка частоты лазера осуществлялась внутрирезонаторным эталоном Фабри—Перо (ЭФП) с резкостью $F = 4,5$ ($R = 50\%$), воздушный зазор которого изменялся в экспериментах от 50 мкм (область дисперсии 100 см^{-1}) до 22 мкм (225 см^{-1}).

Исследование спектра генерации лазера осуществлялось с помощью решеточного спектрографа, где использовалась реплика G размером $44 \times 44 \text{ мм}^2$ с числом штрихов 2400 штр/мм. Излучение лазера, прошедшее щель шириной ~ 1 мкм, коллимировалось линзой L_2 с фокусным расстоянием $f_2 = 1$ м на решетку G . Дифрагированное во второй порядок излучение регистрировалось в фокусе линзы L_3 с $f_3 = 0,5$ м с помощью многоканального оптического регистратора на основе ПЗС-линейки. Число каналов регистрации — 512, размер регистрирующего элемента — $26 \text{ мкм} \times 500 \text{ мкм}^2$ (высота). Обработка полученной информации производилась на компьютере, совместимом с IBM PC/XT. Линза L_1 с $f_1 = 25$ см использовалась для более полного заполнения коллиматора светом. При $f_3 = 0,5$ м точность определения частоты в регистрируемом спектре ограничивалась пространственным разрешением ПЗС-линейки и составляла $0,45 \text{ см}^{-1}$.

В спектре свободной генерации наблюдались две линии шириной $\sim 4 \text{ см}^{-1}$ каждая, соответствующие наиболее сильным переходам 0—1 и 0—2 в спектре ХеСl лазера. Энергия импульса свободной генерации при удельной мощности накачки лазера 70 кВт/см^3 составляла \sim

150 мкДж. При помещении в резонатор лазера ЭФП энергия импульса снижалась примерно в 1,5 раза и составляла ~ 100 мкДж для сильных переходов. Мы объясняем это внесением в резонатор дополнительных потерь, связанных с отражением от пассивных поверхностей зеркал ЭФП.

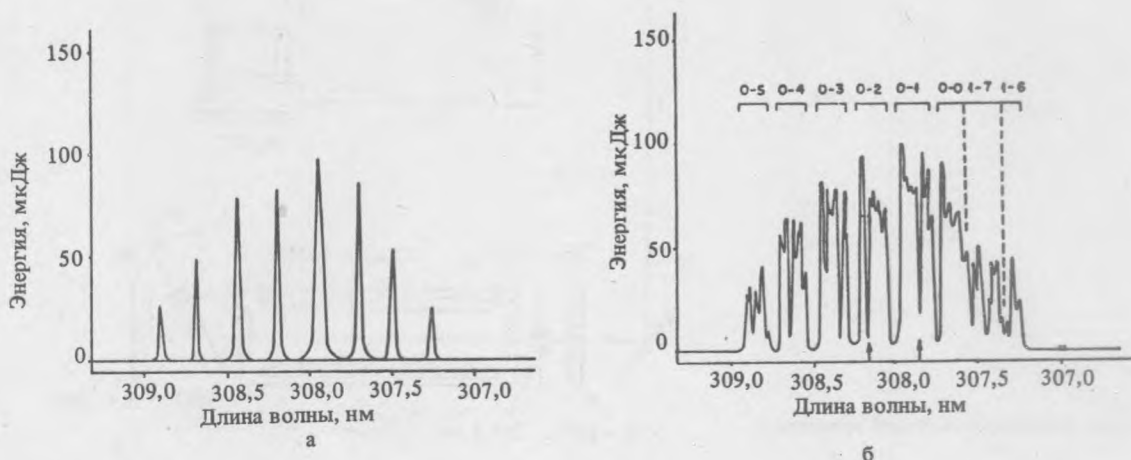


Рис. 2. а) Контуры линий генерации ХеСl лазера при нескольких значениях угла наклона эталона к оси резонатора. б) Зависимость энергии генерации ХеСl лазера от длины волны.

Перестройка частоты лазера осуществлялась изменением угла наклона ЭФП к оси резонатора. На рис. 2а приведены контуры линий генерации лазера при нескольких значениях угла наклона эталона с областью дисперсии 180 см^{-1} . Минимальные по ширине линии генерации получены, когда максимум пропускания ЭФП был близок к частоте наиболее интенсивной линии каждого перехода. При этом спектр генерации лазера состоял из одиночного пика (подобного тем, которые изображены на рис. 2а) шириной $2,7\text{--}5 \text{ см}^{-1}$. В случае значительной ($\geq 5 \text{ см}^{-1}$) отстройки максимума пропускания ЭФП в спектре генерации лазера наблюдалось сразу несколько пиков (с шириной $\leq 2,5 \text{ см}^{-1}$), а ширина области генерируемых в таких импульсах частот не превышала 14 см^{-1} .

На рис. 2б приведена зависимость энергии генерации длинноимпульсного лазера от длины волны при использовании эталона с областью дисперсии 180 см^{-1} . Генерация наблюдалась на переходах 0—0, 0—1, 0—2, 0—3, 0—4, 0—5, 1—7 и 1—6. Диапазон перестройки составил 179 см^{-1} (17 \AA) от $\lambda_{\text{min}} = 307,225 \text{ нм}$ и $\lambda_{\text{max}} = 308,925 \text{ нм}$ (длины волн в воздухе). Вертикальный масштаб зависимости, изображенной на рис. 2б, примерно соответствует энергии генерации на данной длине

волны, выраженной в мкДж.

Попытка дальнейшего увеличения диапазона перестройки за счет использования ЭФП с большей областью дисперсии (225 см^{-1}) оказалась неудачной. Диапазон перестройки в этом случае был даже меньше. Мы объясняем этот результат низкой селективностью использованного эталона с резкостью $F = 4,5$, т.к. наряду с увеличением области дисперсии одновременно увеличивается и ширина контура пропускания эталона.

Калибровка спектрографа по длинам волн осуществлялась двумя независимыми методиками. Во-первых, мы регистрировали в первом порядке дифракции спектр свечения разряда в газообразном Ne, в котором наблюдались две сильные линии NeI на длинах волн 616,359 нм и 614,306 нм. Во-вторых, как видно из рис. 2б, в спектре генерации XeCl лазера на ряде колебательных переходов видны узкие линии поглощения, которые идентифицированы нами как линии поглощения радикала OH в разряде лазера. Длины волн этих переходов измерены с большой точностью /8/. Дополнительный контроль за диапазоном перестройки лазера мог быть проведен на основании совпадения значения области дисперсии эталона (180 см^{-1}) с областью перестройки лазера (179 см^{-1}), т.к. на краях области перестройки соседние порядки ЭФП перекрывались.

Таким образом, в настоящей работе показано, что длинноимпульсный XeCl лазер может генерировать излучение, перестраиваемое по частоте в широком диапазоне. При использовании внутрирезонаторного эталона Фабри-Перо с областью дисперсии $\sim 180 \text{ см}^{-1}$ и резкостью $\sim 4,5$ получен рекордный для всех типов XeCl лазеров диапазон перестройки частоты $\sim 179 \text{ см}^{-1}$ (17 \AA). Генерация наблюдалась на 8 колебательных переходах для длин волн от 307,225 нм до 308,925 нм при ширине линии генерации до $2,7 \text{ см}^{-1}$. Дальнейшее сужение линии генерации и расширение диапазона перестройки мы связываем с использованием ЭФП с большей резкостью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Taylor R. S., Leopold K. E. Appl. Phys. Lett., 47, 81 (1985).
2. Gerritsen J. W., Keet A. L., Ernst G. J., Witteman W. J. J. Appl. Phys., 67, 3715 (1990).
3. McKee T. J., Boyd G., Znotins T. A. IEEE Photon. Technol. Lett., 1, 59 (1989).
4. Ефимовский С. В. и др. Квантовая электроника, 18, № 12 (1991).
5. Грасюк А. З. и др. Квантовая электроника, 17, 35 (1990).
6. McKee T. J. Appl. Opt., 30, 635 (1991).
7. Chaltakov I. V., Minkovski N. I., Tomov I. V. Opt. Commun., 65, 437 (1988).
8. Pacala T. J., Mc Dermid T. S., Laudenslager J. B. Appl. Phys. Lett., 40, 1 (1982).

Поступила в редакцию 24 января 1992 г.
После переработки 16 марта 1992 г.