

04;07
©1994

ИМПУЛЬСНЫЙ ЛАЗЕР НА ПАРАХ МЕДИ С ВЫСОКИМИ УДЕЛЬНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

А. И. Федоров

Одним из перспективных в настоящее время остается лазер на парах меди, в котором активная среда создается за счет электрического взрыва проводников в вакууме, а возбуждение осуществляется поперечным самостоятельным разрядом [1-5]. Достоинством данного метода является возможность исследования предельных параметров лазерного излучения большого числа элементов, включая тугоплавкие металлы [2,3]. В работе [4] наблюдалась генерация на парах меди при их концентрации $1.2 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Однако максимальная удельная энергия излучения $0.4 \text{ мДж} \cdot \text{см}^{-3}$ была получена при концентрации атомов меди $4 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Авторы указывали, что не проводилась полная оптимизация всех параметров лазера. За счет лучшего согласования генератора паров и генератора возбуждения с активной длиной электродов 20 см [5] удельная энергия излучения была получена $0.64 \text{ мДж} \cdot \text{см}^{-3}$, а удельная мощность излучения $32 \text{ кВт} \cdot \text{см}^{-3}$. Согласно [3], теоретически возможно получение удельной энергии излучения $\sim 3 \text{ мДж} \cdot \text{см}^{-3}$ при газоразрядном возбуждении.

В данной работе была получена удельная энергия излучения $2.4 \text{ мДж} \cdot \text{см}^{-3}$ в активном объеме 0.25 см^{-3} при оптимизации параметров генератора возбуждения. Удельная мощность излучения соответствовала $120 \text{ кВт} \cdot \text{см}^{-3}$ при КПД 0.16%.

В экспериментах использовалась лазерная установка, которая подробно описана в [6,7]. Взрывающаяся проволока и электроды поперечного разряда помещались в вакуумную камеру, откачанную до давления 10^{-5} мм рт. ст. Пары меди создавались за счет электрического взрыва проводника массой до 0.1 г. Энергия, затрачиваемая на их получение, не превышала 300 Дж. Качество получаемых паров контролировалось по равномерности напыления кварцевой пластины. Проводник располагался параллельно оптической оси резонатора на расстоянии 1.2 см. В [5] представлены особенности режима взрыва проводника. Емкость генератора возбуждения могла меняться от 4.4 нФ до 22 нФ, а разрядное напряжение на лазерном промежутке $U_{\text{пр}}$ до

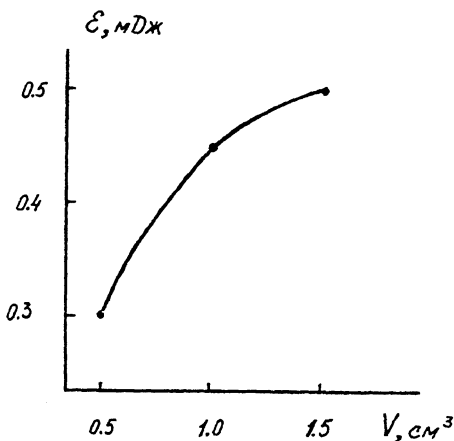


Рис. 1. Зависимость энергии излучения от активного лазерного объема при $D = 1$ см, $C = 22$ нФ, $U_{пр} = 7$ кВ, $t_3 = 70$ мкс.

20 кВ. Длина электродов L активного объема равнялась 5 см. Межэлектродный промежуток D менялся от 0.5 до 1 см, а ширина электродов H от 0.1 до 0.3 см. Исследовались активные лазерные объемы от 0.25 до 1.5 см³. Использовался внешний плоскопараллельный резонатор из зеркал с диэлектрическим покрытием. Выходное зеркало имело коэффициент пропускания на $\lambda = 510.6$ нм 80% и на $\lambda = 578.2$ нм 85%. Во всех экспериментах с различными активными объемами измерялась суммарная энергия излучения на $\lambda = 510.6$ и 578.2 нм. Параметры излучения измерялись с помощью калиброванного вакуумного фотодиода ФЭК-22 и измерителя мощности ИМО-2.

Длительность импульса генерации на полувысоте соответствовала 20 нс. Максимальная генерация наблюдалась при временах задержки $t_3 = 60-90$ мкс импульса возбуждения относительно момента взрыва проводника. На рис. 1 представлена зависимость энергии излучения от величины активного лазерного объема V , которая менялась за счет ширины электродов. Максимальная энергия излучения 0.5 мДж соответствовала $V = 1.5$ см³. С увеличением активного объема в 3 раза энергия излучения возросла на 40%. Удельная энергия излучения уменьшалась в 2 раза. Следовательно за счет простого увеличения активного объема трудно повышать выходные параметры лазерного излучения. Основную роль, видимо, играет плотность разрядного тока J и энергия, вкладываемая в активный объем W_r . В последующих экспериментах использовался $V = 0.25$ см³ с $D = 0.5$ см и $H = 0.1$ см. Для емкости $C = 22$ нФ была измерена энергия излучения от удельной

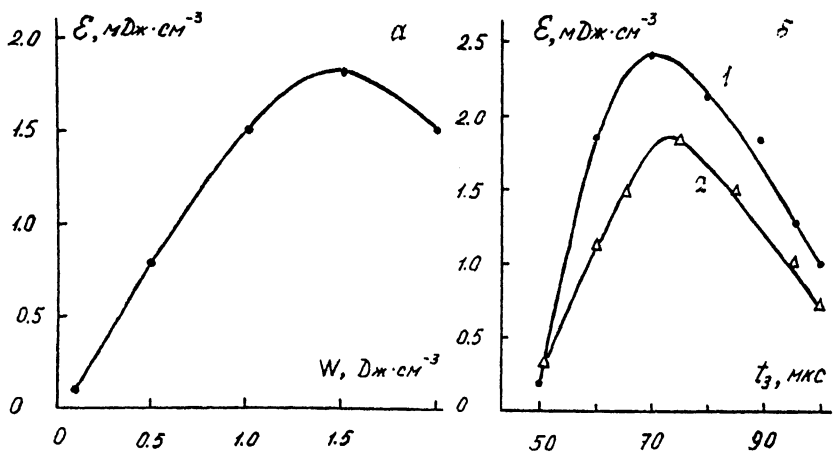


Рис. 2. Зависимость удельной энергии излучения от удельного энерговклада (а) и времени задержки импульса возбуждения (б): а — $C = 22$ нФ, $t_3 = 90$ мкс; б — $W_r = 1.5$ Дж · см⁻³, $C = 2$ нФ (1); $W_r = 1.8$ Дж · см⁻³, $C = 4.4$ нФ (2).

энергии W_r (рис. 2, а). Величина W_r определялась по напряжению, измеренному на лазерном промежутке. При энерговкладах до $1 \text{ Дж} \cdot \text{см}^{-3}$ наблюдался линейный рост удельной энергии излучения. На рис. 2, б приведены зависимости удельной энергии излучения для энерговклада $1.5 \text{ Дж} \cdot \text{см}^{-3}$ и $1.8 \text{ Дж} \cdot \text{см}^{-3}$ от времени задержки импульса возбуждения. Была получена максимальная удельная энергия излучения $2.4 \text{ мДж} \cdot \text{см}^{-3}$ при КПД 0.16%. Для $W_r = 1.8 \text{ Дж} \cdot \text{см}^{-3}$ удельная энергия излучения соответствовала $1.8 \text{ мДж} \cdot \text{см}^{-3}$ при КПД 0.1%.

Таким образом, в данной работе была показана возможность увеличения удельных параметров излучения лазера на парах меди при возбуждении поперечным разрядом.

Список литературы

[1] Astus J.F., Moncur N.K. // Appl. Phys. 1968. V. 13. N 1. P. 384-385.
 [2] Петраш Г.Г. // УФН. 1971. Т. 105. В. 4. С. 646-676.
 [3] Елсцкий А.В., Земцов Ю.К. и др. // ДАН СССР. 1975. Т. 220. С. 318-321.
 [4] Исиков И.М., Леонов А.Г. // Письма в ЖТФ. 1976. Т. 2. В. 19. С. 865-867.

- [5] Федоров А.И., Сергеенко В.П. и др. // Известия вузов. Сер. "Физика". 1977. № 2. С. 135-136.
- [6] Федоров А.И., Сергеенко В.П. и др. // Квантовая электроника. 1977. Т. 4. № 9. С. 2036-2038.
- [7] Fedorov A.I., Tarasenko V.F. Metal Vapor Lasers and Their Applications: CIS Selected Papers, Gueorgii G. Petrash, Editor, Proc. SPIE. 1993. V. 2110. P. 100-103.

Институт оптики атмосферы
Томск

Поступило в Редакцию
7 июня 1994 г.

